

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



**RECRECIMIENTO DE DEPÓSITO DE RELAVES UTILIZANDO
SUELOS REFORZADOS CON GEOMALLA**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

DANIEL BRUNO QUISPE PANIURA

Lima- Perú

2013

ÍNDICE

RESUMEN	3
LISTA DE CUADROS Y GRÁFICOS	5
LISTA DE FIGURAS	6
INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO	9
1.1 RESEÑA HISTÓRICA.....	9
1.2 ESTRUCTURAS DE SUELO REFORZADO	13
1.2.1 Tipos de Estructuras	13
1.3 ELEMENTOS DE LAS ESTRUCTURAS DE SUELO REFORZADO	15
1.3.1 Geosintético como Elementos de refuerzo.....	15
1.3.2 Suelo involucrado en el talud	19
1.4 DISEÑO DE TALUDES DE SUELO REFORZADO (RSS)	20
1.4.1 Consideraciones de diseño	20
1.4.2 Procedimiento de diseño.....	21
CAPÍTULO II: INFORMACIÓN GENERAL DEL SITIO	29
2.1 UBICACIÓN	29
2.2 GEOLOGÍA.....	29
2.3 GEOQUÍMICA.....	30
2.4 GEOTECNIA.....	38
2.5 PELIGRO SÍSMICO.....	46
2.6 HIDROLOGÍA	48
2.7 HIDROGEOLOGÍA	49
CAPÍTULO III: RE-CRECIMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES	50
3.1 GENERALIDADES	50
3.2 RAMPA DE ACCESO DE OBRA	50
3.3 CONSTRUCCIÓN DEL RECRECIMIENTO	51
3.3.1 Preparación de la Cimentación	51
3.3.2 Construcción del Cuerpo del Dique.....	51
3.3.3 Construcción del Revestimiento Impermeable	53
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES	54
4.1 GENERALIDADES	54
4.2 SOFTWARE PARA EL DISEÑO.....	54
4.3 MODELAMIENTO GEOTÉCNICO	55
4.4 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA	56

4.4.1 Metodología.....	56
4.4.2 Geometría y Secciones de Análisis.....	57
4.4.3 Aceleración Sísmica de Diseño.....	58
4.4.4 Nivel Freático.....	59
4.4.5 Propiedades Físicas y Mecánicas de los Materiales.....	59
4.4.6 Factores de Seguridad Mínimos Permisibles.....	61
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	71
5.1 CONCLUSIONES.....	71
5.2 RECOMENDACIONES.....	72
BIBLIOGRAFÍA.....	73
ANEXOS.....	74

RESUMEN

Debido al aumento de los precios de los metales en años recientes, la industria ha incrementado su producción de minerales y por consiguiente la cantidad de relaves que emite, ocasionado que muchos depósitos alcancen su capacidad máxima de almacenamiento con anticipación al tiempo que fueron diseñados.

Este informe titulado "Recrecimiento de Depósito de Relaves utilizando Suelo Reforzado con Geomallas", se refiere a la construcción de Taludes de suelo reforzado (RSS) sobre la cresta del dique existente con el objetivo de incrementar la capacidad de almacenamiento del depósito y a la evaluación de la estabilidad física para condiciones estáticas y pseudo-estáticas.

En este informe se ha recopilado información valiosa existente de informes previos, los cuales han sido complementados con nueva información logrando así una mejor calidad en la información geotécnica de los materiales existentes y por emplear.

Se realizó la evaluación que estuvo acompañada de ensayos in situ y laboratorio, que permitieron caracterizar el material y obtener los parámetros geotécnicos; información que se utilizó en la actualización de las secciones de análisis propuestas, también se reevaluó las propiedades del material de préstamo (material integral), siendo calificado como bueno.

En la evaluación de la estabilidad física del depósito de relaves hasta la cota 4,223.0 msnm, se utilizaron todos los resultados de las investigaciones geotécnicas ejecutadas hasta la fecha y la nueva configuración geométrica planteada.

Con el modelo actualizado y habiendo evaluado la cantera a ser usada, se plantea un recrecimiento del Depósito de Relave, con la siguiente configuración geométrica; desde la cimentación hasta la cota 4,218 msnm se recrecerá con un talud de aguas bajo de 1.85H:1.0V, este recrecimiento está compuesto por material de préstamo (material integral), mientras que desde la cota 4,218 msnm hasta la cota 4,223 msnm. el recrecimiento será reforzado con

geomallas, con un ancho de cresta final de 5.0 m y con taludes de 0.37H:1.0V aguas arriba y 1.0H:1.0V aguas abajo. (Ver planos de diseño).

Para impedir la filtración de la fase líquida de los relaves hacia el terreno de cimentación y su posible migración hacia el río San Juan, se ha diseñado un recubrimiento impermeable mediante geosintéticos, el cual se instalará sobre la superficie interior del recrecimiento del Depósito de Relave. Dicho recubrimiento impermeable estará constituido por una geomembrana de cloruro de polivinilo (PVC) de 2.0 mm de espesor, la cual se instalará sobre un manto de geotextil no-tejido de 300 gr/m² con la finalidad de proteger a la capa de geomembrana contra el punzonamiento de las partículas del terreno.

LISTA DE CUADROS Y GRÁFICOS

Cuadro 2.1: Descripción de las Muestras de Materiales del Tajo Norte	31
Cuadro 2.2: Resultados de Análisis de Conteo Ácido-Base	31
Cuadro 2.3: Interpretación de los Resultados de Laboratorio.....	33
Cuadro 2.4: Resultados de Análisis Acido-Base del material de Desmote	37
Cuadro 2.5: Características de sondeos depurados.....	39
Cuadro 2.6: Características de sondeos Complementarios.....	39
Cuadro 2.7: Método para estimar el ángulo de fricción interna (Ayala, 1986)..	43
Cuadro 2.8: Aceleraciones sísmicas máximas y probabilidades de excedencia para diferentes periodos de retorno	47
Cuadro 2.9: Resumen de características Hidrogeológicas	49
Cuadro 4.1: Propiedades Físicas y Mecánicas de los Materiales.....	60
Cuadro 4.2: Factor de reducción empleados para calcular la resistencia a la tensión de diseño de las geomallas de HDPE.....	61
Cuadro 4.3: Valores mínimos admisibles del factor de seguridad	61
Cuadro 4.4: Resumen de los Factores de Seguridad Obtenidos.....	62
Gráfico 2.1: Capacidad de Generación Ácida en Materiales del Tajo Norte	33
Gráfico 2.2: Resultados de Análisis Acido-Base del material de Desmote	38
Gráfico 2.3: Efecto de la presión de confinamiento en el ángulo de fricción interna (Marsal, 1980).....	45
Gráfico 2.4: Angulo de fricción interna para enrocados (modificado de Leps, 1970)	45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Estructura Romana – “wharfroman” (JONES, 1996)	10
Figura 1.2. Estructura de suelo reforzado Munster (JONES, 1996).....	11
Figura 1.3: Muro Vidal. (NAVFAC, 1986).	11
Figura 1.4: Muros de tierra mecánicamente estabilizada (MSE)	14
Figura 1.5: Talud reforzado con geosintético sobre fundación estable	15
Figura 1.6: Tipos de refuerzo	16
Figura 1.7: Geotextiles tejidos (a y b) Geotextiles no tejidos (c y d). Koerner, 1994.	17
Figura 1.8: Tipos de Geomallas. Koerner, 1994.....	19
Figura 1.9: Esquema terraplén.....	22
Figura 1.10: Resultado de un análisis de estabilidad a un talud sin refuerzo...	25
Figura 1.11: Esquema superficie de falla.	26
Figura 3.1: Características geométricas del Dique.....	53
Figura 3.2: Vaciado y perfilado típico del relleno, en capas sucesivas.	54
Figura 4.1: Imagen del Slide 5.0.	56
Figura 4.2: Ubicación en planta de las secciones típicas para los análisis estabilidad.	57
Figura 4.3: Modelo geotécnico – Sección 1-1’	58
Figura 4.4: Modelo geotécnico – Sección 2-2’	59
Figura 4.5: Modelo geotécnico – Sección 3-3’	59
Figura 4.6: Modelo geotécnico – Sección 4-4’	59
Figura 4.7: Análisis Estático – Aguas Arriba - Sección 1-1’	63
Figura 4.8: Análisis Pseudo Estático – Aguas Arriba - Sección 1-1’	64
Figura 4.9: Análisis Estático – Aguas Abajo - Sección 1-1’	64
Figura 4.10: Análisis Pseudo Estático – Aguas Abajo - Sección 1-1’	65
Figura 4.11: Análisis Estático – Aguas Arriba - Sección 2-2’	65
Figura 4.12: Análisis Pseudo Estático – Aguas Arriba - Sección 2-2’	66
Figura 4.13: Análisis Estático – Aguas Abajo - Sección 2-2’	66
Figura 4.14: Análisis Pseudo Estático – Aguas Abajo - Sección 2-2’	67
Figura 4.15: Análisis Estático – Aguas Arriba - Sección 3-3’	67
Figura 4.16: Análisis Pseudo Estático – Aguas Arriba - Sección 3-3’	68
Figura 4.17: Análisis Estático – Aguas Abajo - Sección 3-3’	68
Figura 4.18: Análisis Pseudo Estático – Aguas Abajo - Sección 3-3’	69
Figura 4.19: Análisis Estático – Aguas Arriba - Sección 4-4’	69

Figura 4.20: Análisis Pseudo Estático – Aguas Arriba - Sección 4-4'70
Figura 4.21: Análisis Estático – Aguas Abajo - Sección 4-4'70
Figura 4.22: Análisis Pseudo Estático – Aguas Abajo - Sección 4-4'.....71

INTRODUCCIÓN

En la construcción de las diferentes obras civiles se hacen necesarios grandes movimientos de tierra para la adecuación de terrenos, esto genera la necesidad de la construcción de terraplenes.

La utilización de Geomallas de refuerzo en la construcción de terraplenes ofrece ventajas técnicas y económicas, como son la construcción de taludes artificiales con inclinaciones mayores a la del ángulo de reposo, permitiendo así considerables ahorros en volumen de material y menor área para la construcción, también la utilización de geomallas en terraplenes ofrece la posibilidad de construcción de estos sobre suelos de baja capacidad portante.

Por tal motivo la empresa minera solicitó los servicios de la empresa consultora para el diseño del re-crecimiento del Depósito de Relaves, para incrementar la capacidad, a partir de la cota actual del dique de contención existente 4 218,00 msnm hasta alcanzar la cota de diseño 4 223,00 msnm.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1 RESEÑA HISTÓRICA

Desde tiempos inmemorables la idea de relacionar distintos elementos de refuerzo con las obras civiles acompañó a la historia de la humanidad. Caminos, persas y la gran muralla china son ejemplos de un sistema de refuerzo que generalmente se realizaban con materiales vegetales fibrosos.

Respecto a la gran muralla china, se tiene conocimiento de que para su construcción se empleó la técnica de suelo reforzado. En esta estructura se empleó como material de relleno una combinación de grava y arena que fue reforzada con ramas de un arbusto llamado "tamarisk". (NCMA, Design Manual for Segmental Retaining Walls, 1997).

Otro de los claros ejemplos en donde se empleó la técnica de suelo reforzado es el Ziggurat, hoy conocida como Agar-Quf de la Antigua ciudad de Dur-Kurigatzu. En la actualidad dicha estructura tiene 45m de altura y está ubicado a cinco kilómetros de la ciudad de Bagdad. La construcción se realizó empleando ladrillos de arcilla, lo cual constituía la fachada de la estructura, además se hizo empleo de esteras tejidas de caña, espaciadas verticalmente entre 0.5 y 2 metros, que eran colocadas como refuerzo horizontal dentro de un estrato de arena y grava. Se calcula que la estructura está por encima de los 3000 años de antigüedad. (BAGIR, 1944, citado por JONES, 1996).

La cultura romana también tuvo conocimiento del concepto de suelo reforzado. Es por ello que construyeron diques a lo largo de río Tiber, el tercero más grande de Italia. Un reciente descubrimiento pone al descubierto que en la ciudad de Londres la Armada Romana construyó un muelle para el puerto de "Londinium", en el cual se emplearon técnicas muy similares a los que usamos hoy en día respecto al suelo reforzado. El muelle de madera, el cual se estima que tiene una longitud de 1.5 kilómetros ha sido conservado por alrededor de 1900 años. Los 2 metros de altura de dicha construcción se realizó empleando bloques de roble que median hasta 9 metros de longitud, los cuales mantenían su cara vertical mediante refuerzos de madera incrustados en el relleno posterior. (Fig. 1.1) (BASSETT, 1981, citado por JONES, 1996).

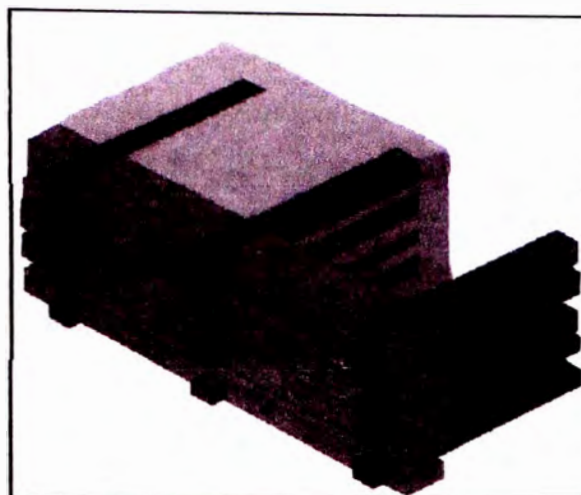


Figura 1.1: Estructura Romana – “wharfman” (JONES, 1996)

Al parecer el inicio de estructuras de suelo reforzado estuvo directamente relacionado con el control del río por medio de obras de contención y diques. Estas estructuras eran formadas teniendo como refuerzo cañas y relleno de arcilla, tal es el caso que se puede apreciar a lo largo del río Tigres y Eufrates, todo esto mucho antes de que los romanos adoptaron la mencionada técnica (FHWA-NHI-00-043, 2001).

En 1925 en los Estados Unidos, Munster desarrolló un muro de suelo reforzado, para lo cual se empleó elementos de madera como refuerzo y un pequeño paramento. Los problemas que este sistema podría generar durante su construcción fueron minimizados por medio del uso de conectores deslizantes que interactuaban entre los elementos de refuerzo y la cara del muro. Las técnicas usadas para la construcción de dicho muro son en esencia las que se utilizan en la actualidad (JONES, 1996) (Fig. 1.2).

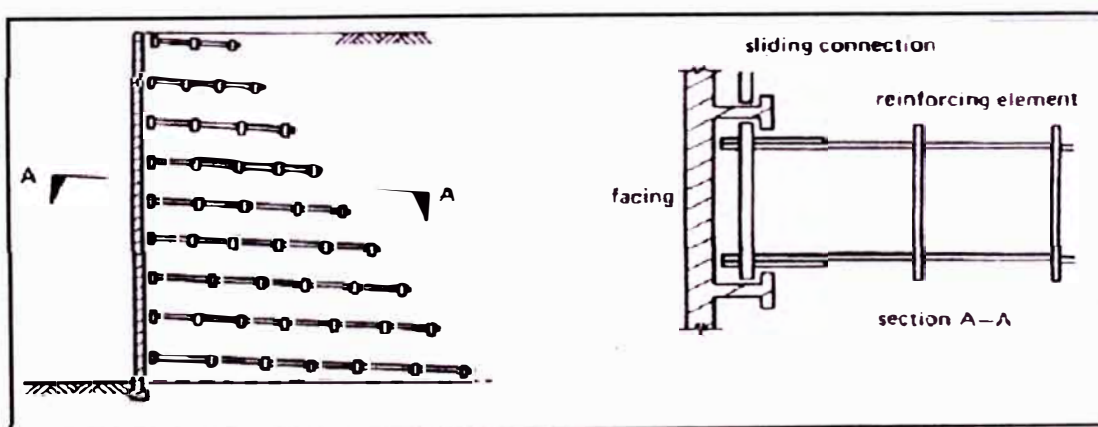


Figura 1.2: Estructura de suelo reforzado Munster (JONES, 1996)

La idea de una estructura de muro de suelo reforzado comenzó a gestarse durante la década de 1960. El concepto denominado "Tierra Armada" fue patentado por el arquitecto francés Henri Vidal en 1966. La idea inicial que tuvo Vidal fue la de un material de relleno reforzado por tiras planas colocadas de manera horizontal sobre un determinado suelo friccionante (Fig. 1.3). El término de "tierra Armada" actualmente se emplea para describir las distintas formas de suelo reforzado (JONES, 1996).

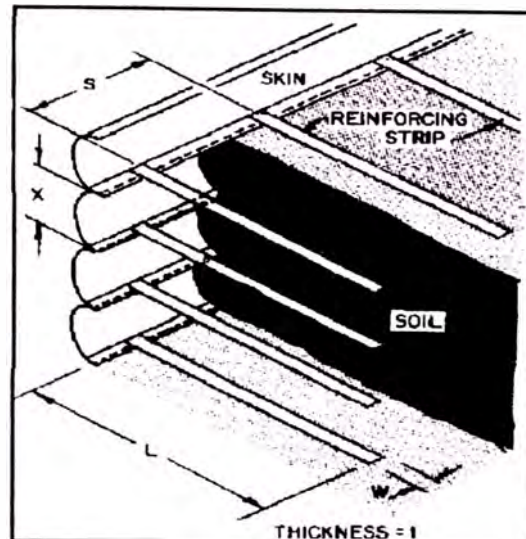


Figura 1.3: Muro Vidal. (NAVFAC, 1986).

Jewell (1992) manifestaba que la construcción de "Tierra Armada" involucraba distintos elementos y materiales tales como tiras metálicas, suelo granular y paramento de paneles. Se pudo constatar que la técnica resultaba económica, razón por la cual se generó interés no solo comercial sino también académico.

Según lo manifestado por Elias (2001) el uso de materiales sintéticos en suelos reforzados fue iniciado a partir del año de 1971 en Francia y en 1974 se hizo en los Estados Unidos. Para el año 1981 se logró construir el primer muro de suelo reforzado con geomallas.

El sistema de "Tierra Armada" propuesto por Vidal se desarrolló de manera muy rápida. Fue así que se comenzó a realizar importantes estudios por importantes compañías entre las cuales destaca el "Laboratoire des Pont Et Chaussées" (LCPC) en Francia, el "United Kingdom Department of Transport", así como también el "United States Department of Transportation" de los Estados Unidos. Este trabajo de investigación permitió la introducción de

distintos elementos perfeccionados que servirían como refuerzo, así mismo permitió mejorar y ahondar mucho más en el concepto que se tenía sobre el diseño del denominado sistema de suelo reforzado.

Fue a partir de la investigación realizada por estas compañías que se comenzó a introducir a los mercados distintos elementos de refuerzo, entre los cuales destacan los textiles, aunque finalmente estos elementos terminaron siendo utilizados en aplicaciones geotécnicas fuera del suelo reforzado. El mayor uso de las telas geotextiles ha sido desarrollado en las áreas de separación, filtración y drenaje. En el año 1974, el "California Department of Transportation" introdujo el uso de mallas o grillas como elementos de refuerzo en los denominados muros de contención, lo cual significó un nuevo avance en el desarrollo de este tipo de estructuras. (JONES y HASSAN, 1992).

La evolución que se viene dando en los materiales tiene consecuencia directa en el desarrollo del suelo reforzado. Los avances tecnológicos que se vienen dando en la actualidad permiten la utilización de materiales artificiales o de ingeniería no sólo para este tipo de estructuras sino para cualquiera que pueda existir.

Dentro del campo de las geomallas existen las geomallas uniaxiales de polietileno de alta densidad, las cuales se vienen usando dentro del campo de la ingeniería civil desde las década de 1960. Una de sus primeras aplicaciones fue en la construcción de terraplenes para una estación ferroviaria, estas geomallas uniaxiales sirvieron como refuerzo del relleno formado por ceniza volcánica y con el propósito de poder conseguir niveles más altos de compactación. Por esa misma década, las geomallas biaxiales de polipropileno fueron empleadas para recuperar suelos blandos en el Aeropuerto de Nyeta en Tokio y a su vez mejorar la capacidad portante de la sub-base, todo de esto de acuerdo a la línea de acción de la "California Highway Authority" y la West Yorkshire Metropolitan Country. (JONES y HASSAN, 1992)

Hoy en la actualidad el empleo de materiales geosintéticos en suelos reforzados y taludes ha crecido con gran notoriedad. Este gran crecimiento se debe fundamentalmente a que el sistema en general constituye una alternativa económica y de fácil construcción.

1.2 ESTRUCTURAS DE SUELO REFORZADO

Las estructuras de suelo reforzado consisten en la colocación de tiras o capas de refuerzo en el proceso de compactación de terraplenes con taludes de alta pendiente. Internamente deben su resistencia principalmente al refuerzo y externamente actúan como estructuras masivas por gravedad. Son fáciles de construir. Utilizan el suelo como su principal componente y pueden adaptarse fácilmente a la topografía.

1.2.1 Tipos de Estructuras

Muros de tierra mecánicamente estabilizada (MSE)

Los muros de tierra mecánicamente estabilizada o tierra armada son estructuras de suelo estabilizado, reforzado mecánicamente con elementos de refuerzo en tensión que consisten en una masa monolítica de suelo lo suficientemente grande y pesada como para soportar los empujes laterales del suelo retenido. Los muros de suelo pueden ser reforzados con flejes o mallas metálicas o con geosintéticos (geotextiles o geomallas).

Son alternativas rentables para la mayoría de aplicaciones con concreto armado o muros de gravedad que tradicionalmente han sido utilizados para retener el suelo. Estos muros ofrecen diversas ventajas técnicas y económicas en comparación con las estructuras convencionales de concreto armado en lugares con pobres condiciones del suelo de fundación.

Como criterio general un muro MSE tiene una pendiente de la fachada de más de 70° con la horizontal, y se comporta como una estructura de contención a gravedad (Figura 1.4). Estas estructuras se diseñan como muros de contención.

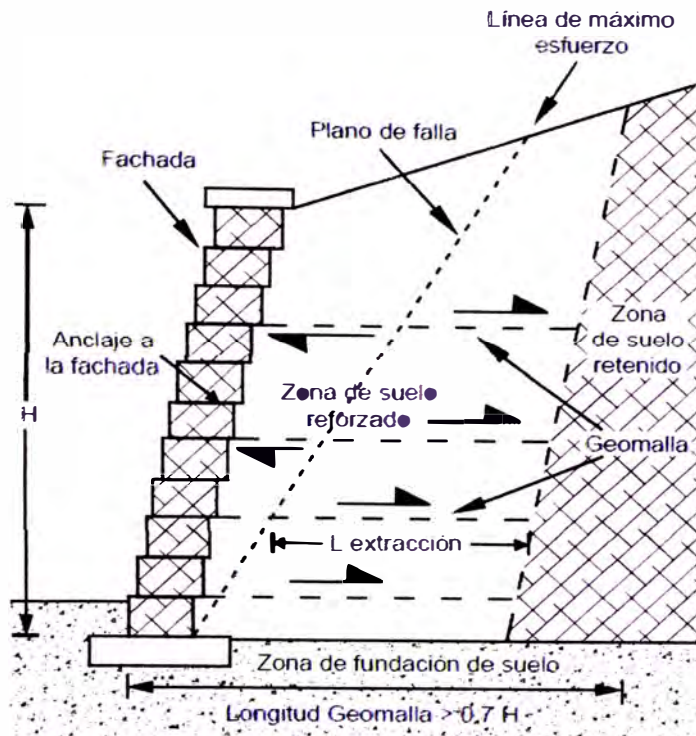


Figura 1.4: Muros de tierra mecánicamente estabilizada (MSE)

Taludes de suelo reforzado (RSS)

Son taludes reforzados con refuerzos de geosintéticos, los cuales tienen inclinación de la fachada de menos de 70° . Aunque técnicamente es posible que se diseñen taludes reforzados con pendiente superior a 70° se recomienda que a partir de esta inclinación las estructuras de suelo reforzado se diseñen como muros y no como taludes.

Los taludes reforzados (RSS) no se diseñan como estructuras de contención sino solamente como taludes, utilizando sistemas de análisis de estabilidad de taludes por el método del equilibrio límite. (Por ejemplo: Bishop o Janbú).

Las capas de refuerzo con geosintéticos son usadas para estabilizar taludes contra potenciales fallas de asentamiento utilizándolas como capas horizontales de refuerzo primario. El talud reforzado puede ser parte de la rehabilitación de taludes y/o para fortalecer los lados de los terraplenes.

Las capas de refuerzo permiten que los taludes sean construidos con inclinaciones más pronunciadas que en taludes no reforzados. Puede ser

necesario estabilizar la cara expuesta del talud (particularmente durante la etapa de relleno y compactación) mediante el uso de refuerzos secundarios relativamente cortos y menos espaciados y/o mediante la envoltura de las capas de refuerzo en el paramento. En la mayoría de los casos la cara expuesta del talud debe ser protegida contra la erosión (Fig. 1.5).

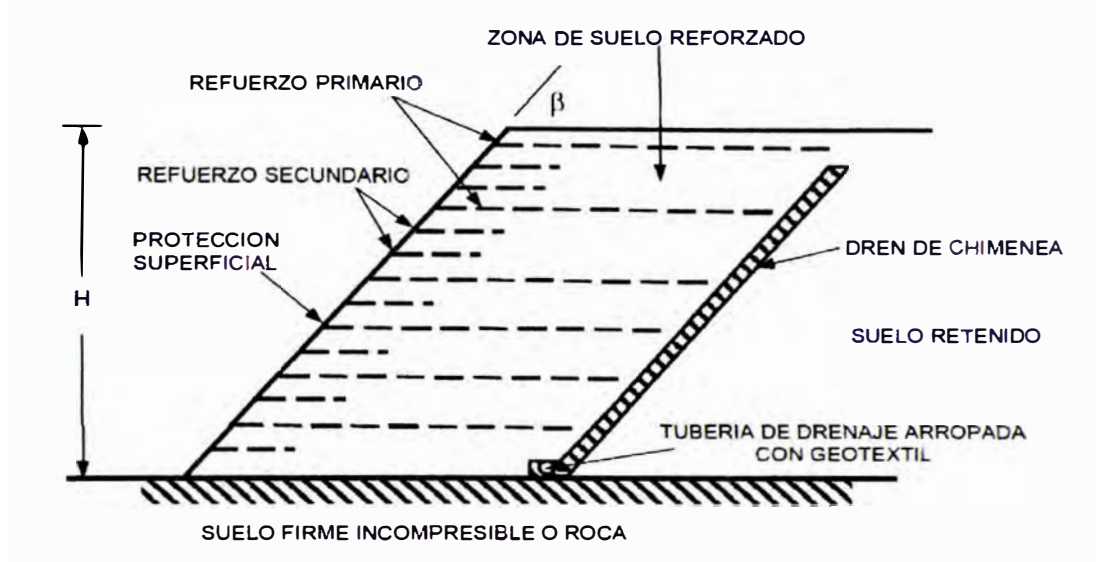


Figura 1.5: Talud reforzado con geosintético sobre fundación estable

1.3 ELEMENTOS DE LAS ESTRUCTURAS DE SUELO REFORZADO

1.3.1 Geosintético como Elementos de refuerzo

Los geosintéticos son productos elaborados a partir de materiales poliméricos termoplásticos mezclados con fibras naturales, las cuales poseen propiedades Físico-Mecánicas e Hidráulicas, que hacen que su utilización sea apropiada en diferentes obras civiles.

Se entiende por refuerzo o inclusión a todo elemento que haya sido creado por el hombre y que pueda ser introducido en la tierra con la finalidad o propósito de mejorar su comportamiento. Existe una diversidad de elementos de refuerzos o inclusiones, tales como los geotextiles, mallas de acero, flejes de acero, etc. El término reforzado solo se podrá aplicar siempre y cuando el suelo transfiera los esfuerzos de manera continua a lo largo de todo el refuerzo o inclusión (Fig. 1.6).

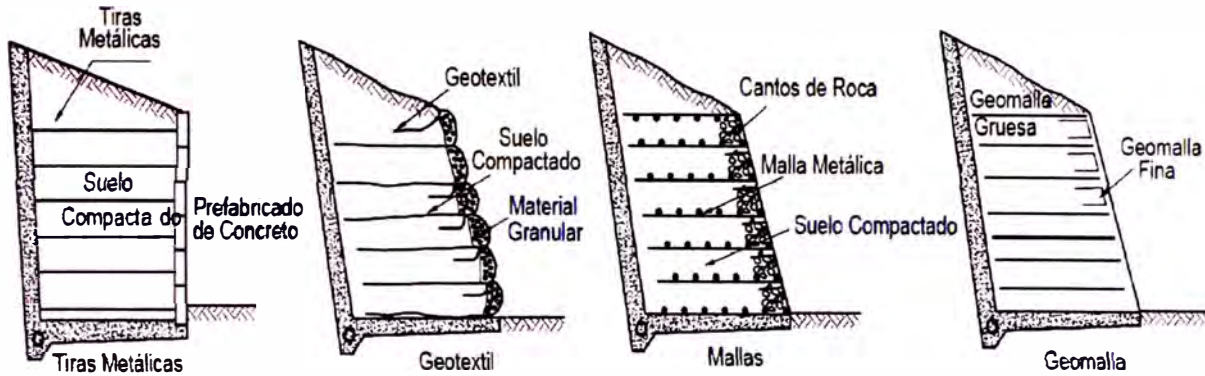


Figura 1.6: Tipos de refuerzo.

Geotextiles

Los geotextiles son mantas permeables, tejidas o no tejidas utilizadas principalmente en las funciones de filtración, protección, refuerzo o separación. La Figura 1.7 muestra algunos geotextiles. Los geotextiles sintéticos son producidos en general con poliéster o polipropileno.

Existen dos tipos diferentes de geotextiles, tejidos o no tejidos clasificados en función del arreglo estructural de sus fibras (Figura 1.7). Los tejidos son materiales oriundos del entrelazamientos de sus hilos, monofilamentos o láminas, según direcciones preferenciales denominadas trama (sentido transversal) y urdume (sentido longitudinal).

Los geotextiles no tejidos son formados por filamentos o fibras distribuidas aleatoriamente y unidos para formar una estructura plana. Esa unión puede ser realizada por el entrelazamiento mecánico con agujas (agujado), por fusión parcial (termoligado), con uso de productos químicos (resinado) o por refuerzo (reforzado).

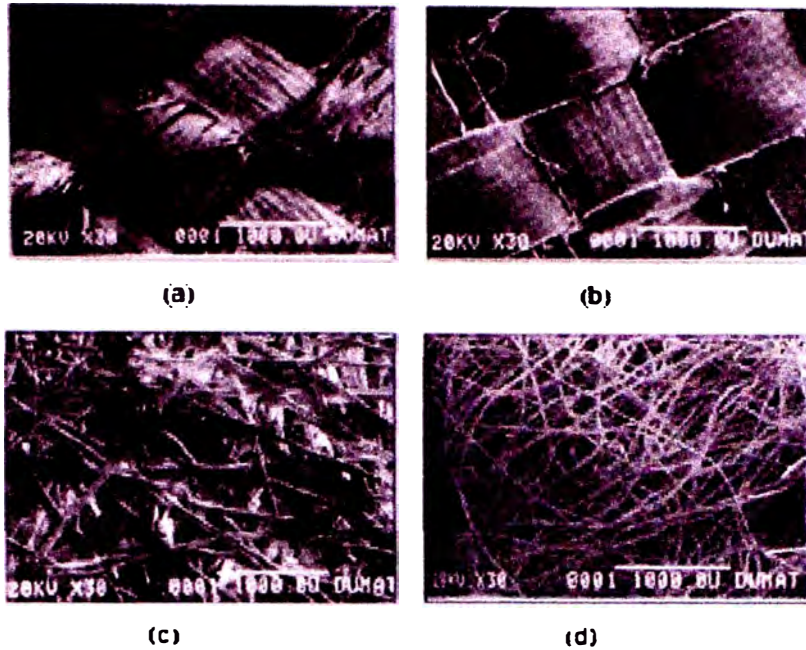


Figura 1.7: Geotextiles tejidos (a y b) Geotextiles no tejidos (c y d). Koerner, 1994.

Algunas de las ventajas asociadas a los geotextiles como elementos de refuerzo son: (a) flexibilidad y facilidad de manejo; (b) resistencia de daños mecánicos de instalación (en especial los no tejidos); (c) capacidad de disipación de presiones de poros generadas durante la compactación y (d) bajo costo de la construcción cuando es comparado con otras estructuras de contención convencional.

Entre tanto, los geotextiles presentan algunas desventajas que, dependiendo de la aplicación o del tamaño de la estructura, pueden inviabilizar su aplicación, como por ejemplo, los desplazamientos durante la construcción que pueden comprometer el alineamiento de la estructura y la baja resistencia a la tracción comparada con otros elementos de refuerzo como las geomallas.

Geomallas

Las geomallas son estructuras planas en forma de mallas, conforme ilustra la Figura 1.8. Su uso es exclusivamente para refuerzo, constituido por elementos resistentes a la tracción. Los dos principales tipos son:

- **Unidireccional**

Cuando presenta elevada resistencia a la tracción apenas en una dirección;

- **Bidireccional**

Cuando presenta elevada resistencia a la tracción en las dos direcciones principales (ortogonales).

Las geomallas son generalmente compuestas de polietileno de alta densidad (PEAD) o poliéster (PET), y se caracterizan por la baja deformabilidad y elevada resistencia a la tracción.

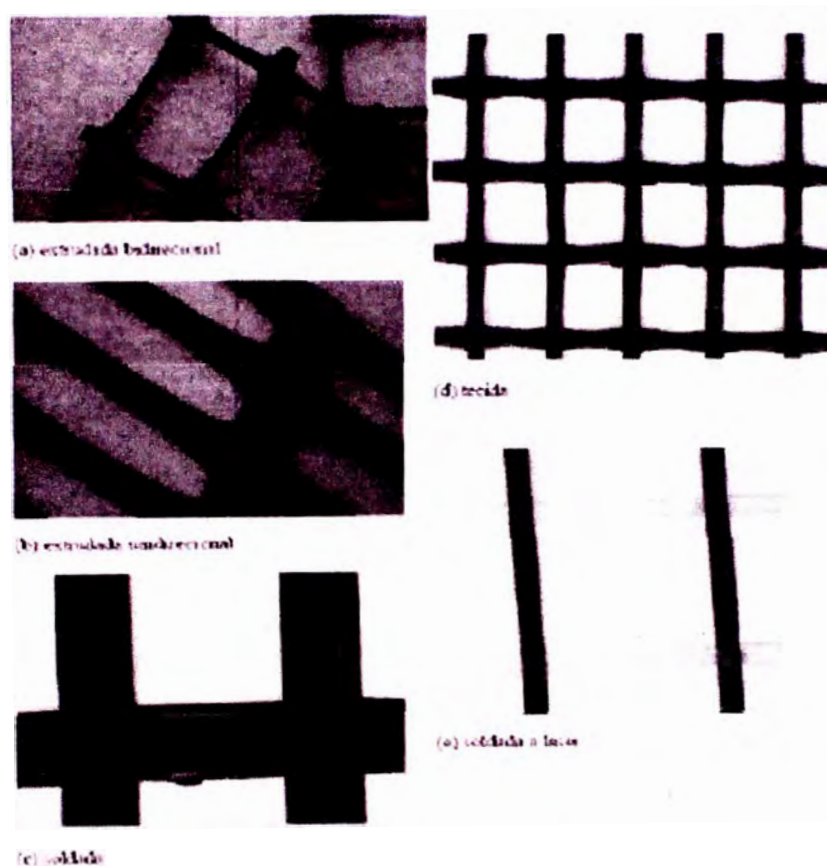


Figura 1.8: Tipos de Geomallas. Koerner, 1994.

Alguna de las ventajas asociadas a su empleo como elementos de refuerzo son: (a) *intertravamiento* con el suelo; (b) simple conexión con boques segmentados; (c) bajas deformaciones y (d) mayor resistencia a la tracción cuando es comparada con los geotextiles.

Pocas desventajas limitan el uso de este material, como por ejemplo la necesidad de utilizar alguna resistencia contra la erosión en conjunto con la geomalla en muros con cara frontal envuelta. En general, para muros de pequeña altura (menores que 4 m), las geomallas presentan un costo más elevado que los muros reforzados con geotextil (Abramento, 1998).

1.3.2 Suelo involucrado en el talud

Los muros MSE necesitan rellenos con materiales de gran durabilidad, buen drenaje y facilidad de construcción, así como de muy buena interacción de resistencia con el refuerzo, la fricción del material es la característica más importante requerida. Los taludes estabilizados RSS tienen menos exigencias no debe ser un material capaz de desarrollar fricción y no debe contener materiales orgánicos o perecederos como vegetación o residuos indeseados.

El uso de altos porcentajes de suelo fino como material de construcción de terraplenes (RSS) depende de la tolerancia a la deformación que se le permita. Los taludes estabilizados no requieren un material de relleno tan granular y limpio como se requiere para los muros MSE y por esta razón en muchas ocasiones es más económico construir un talud reforzado (RSS) que un muro MSE.

Para escoger de una manera adecuada el material de relleno que se va a emplear y que posteriormente va a ser reforzado, es muy importante considerar el rendimiento que tendrá dicho material en un período de largo plazo, en su correspondiente etapa de construcción y la degradación de los refuerzos producto del medio ambiente lo cual afecta directamente la estabilidad de la estructura. Lo que se recomienda por norma como material de relleno son los suelos granulares, los cuales a su vez deben estar libres de materiales nocivos orgánicos, debido a que pueden llegar afectar de una manera negativa el rendimiento de la estructura.

A manera de recomendación y con base en la especificación AASHTO, en el cuadro 1.1 se presenta una descripción del tipo de suelo que puede utilizarse en la construcción de terraplenes.

Cuadro 1.1: Gradación para terraplenes recomendada

Tamiz	% pasa
100	100 – 75
4.75	100 – 20
0.425	0 – 60
0.075	5 – 50

1.4 DISEÑO DE TALUDES DE SUELO REFORZADO (RSS)

1.4.1 Consideraciones de diseño

Se considera diseño al refuerzo interno, la determinación de la geomalla necesaria a colocarse distribuida en capas, de tal manera que el factor de seguridad a la falla aumente, y el terrapén sea internamente estable. La metodología consiste en determinar por los métodos clásicos de equilibrio límite el factor de seguridad de la superficie potencial de falla (más crítica o más probable) que presentan los taludes del terrapén. Este factor de seguridad es el cociente entre las fuerzas resistentes y las fuerzas actuantes.

Las geomallas al tener la capacidad de asumir esfuerzos de tracción, desarrollan fuerzas resistentes por detrás de la superficie de falla, gracias al esfuerzo de corte que se genera entre la geomalla y el suelo, tal efecto hace que se desarrolle una fuerza estabilizadora adicional a las determinadas normalmente y como resultado final el factor de seguridad ante la falla aumenta.

Una vez determinado el factor de seguridad del talud reforzado con la superficie potencial de falla en estudio, se hace necesario revisar el factor de seguridad de la superficie potencial de falla para las condiciones de refuerzo ya establecidas. Las aplicaciones de la geomalla de refuerzo son consideradas críticas si se hace necesaria la movilización del refuerzo a la tracción para estabilizar los taludes del terrapén, de tal forma que el factor de seguridad de la superficie potencial de falla aumente hasta un valor confiable. El refuerzo en el talud del terrapén es considerado típicamente no crítico si el factor de seguridad para el talud no reforzado es mayor a 1.1 y el refuerzo es usado para incrementar el factor de seguridad hasta un valor confiable.

Existen varios programas de computador para análisis de estabilidad de taludes, los cuales son una herramienta que facilitan encontrar las superficies potenciales de falla.

Para diseñar taludes reforzados se recomienda llevar a cabo la siguiente metodología:

1. Establecer las dimensiones geométricas y condiciones de carga del terraplén.
2. Conocer el perfil estratigráfico del suelo de fundación, y determinar las propiedades geomecánicas de los suelos de fundación.
3. Determinar las propiedades geotécnicas de los suelos a usar en la construcción del terraplén.
4. Establecer los parámetros de diseño de la geomalla a usar como refuerzo. (Resistencia a la tracción método tira ancha, criterios de durabilidad, interacción suelo - refuerzo)
5. Determinar el factor de seguridad del talud no reforzado.
6. Determinar el refuerzo necesario para estabilizar el talud.
7. Chequear la estabilidad externa.
8. Establecer los sistemas de drenaje y subdrenaje del terraplén.

1.4.2 Procedimiento de diseño

Establecer las dimensiones geométricas y condiciones de carga:

- Altura del terraplén, H .
- Ángulo del o de los taludes del terraplén, β .
- Establecer las cargas externas que tendrá el terraplén tales como sobrecargas (Q), (q), cargas vivas, diseño sísmico, aceleración α_g .

Conocer el perfil estratigráfico del suelo de fundación, y determinar las propiedades geotécnicas

Es muy importante conocer el perfil estratigráfico, propiedades geotécnicas de los suelos de fundación encontrados: Gradación e índice de plasticidad y

Del suelo a usar se debe determinar:

- Gradación e índice de plasticidad.
- Propiedades para la compactación del Proctor modificado, densidad máxima y humedad óptima de compactación (γ_{dmax} , $\omega_{óptima}$).
- Parámetros de resistencia al corte.

Establecer los parámetros de diseño de la geomalla de refuerzo

Obtener la resistencia a la tracción disponible de la geomalla (T_{perm}) como:

$$T_{perm} = \frac{T_{ult}}{\Pi FR}$$

$$\Pi FR = FR_{DI} * FR_{CR} * FR_D$$

Dónde:

- T_{ult} = Resistencia última de la geomalla por el método de la tira ancha. (ASTM D 4595)
- T_{perm} = Resistencia a la tracción disponible de la geomalla
- FR_{DI} = Factor de reducción por daños de instalación
- FR_{CR} = Factor de reducción por fluencia o creep
- FR_D = Factor de reducción por durabilidad

Determinar la resistencia Pullout:

A este dato se le aplica un factor de seguridad de 1.5 para suelos granulares y de 2.0 para suelos cohesivos.

$$FS_P = \frac{P_R}{T_{req}}$$

$$FS_P = \frac{(2 * L_e * F * \alpha * \sigma_v)}{T_{req}}$$

Dónde:

- T_{req} = Resistencia Pullout requerida
- P_R = Resistencia Pullout por unidad de ancho de refuerzo
- L_e = Longitud de empotramiento, (longitud de la geomalla detrás de la superficie de falla)
- F = Factor de resistencia Pullout
- α = Factor de transferencia de esfuerzo por efecto de escala
- σ_v = Esfuerzo vertical total

Análisis de estabilidad de los taludes del terraplén sin refuerzo

Realizar un análisis de estabilidad de los taludes del terraplén sin refuerzo. Cuando la inclinación de las caras o taludes del terraplén no son simétricas o las condiciones de frontera son diferentes es necesario hacer análisis de estabilidad a los dos taludes del terraplén.

Los análisis de estabilidad se realizan con metodología convencional por medio de análisis de equilibrio límite en donde se determina el factor de seguridad más crítico de las superficies potenciales de falla y la zona crítica a reforzar así como los momentos actuantes.

Varios programas de computador están fácilmente disponibles para su uso alrededor del mundo y son una herramienta que facilita la determinación de las superficies potenciales de falla y la zona crítica a reforzar.

Es apropiado anotar que no sólo se debe analizar la superficie de falla más crítica, también la zona de falla conformada por todas aquellas superficies de falla que presentan un factor de seguridad menor a 1.5 (Ver Figura 1.10).

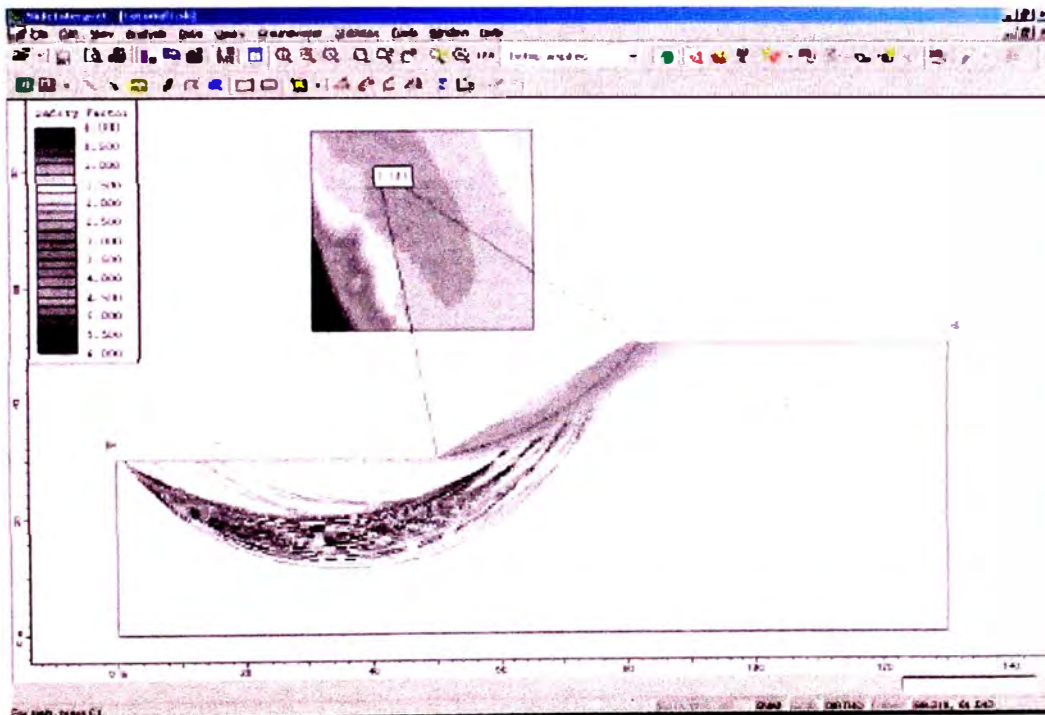


Figura 1.10: Resultado de un análisis de estabilidad a un talud sin refuerzo.

Diseño del refuerzo necesario para la estabilidad del talud

Teniendo en cuenta las superficies de falla con factores de seguridad menores a 1.5, determinados en un programa de estabilidad de taludes o trazando superficies de falla (Fig. 1.11), se procede a aplicar la ecuación de equilibrio límite como:

$$FS = \frac{\Sigma \text{ Momentos Resistentes}}{\Sigma \text{ Momentos Desestabilizante}}$$

$$FS = \frac{(\tau * L_{sf} * R)}{(W * x + q * d)}$$

Dónde:

- τ = Resistencia al corte del suelo
- L_{sf} = Longitud de la superficie de falla
- R = Radio
- W = Peso del segmento de tierra
- q = Sobrecarga

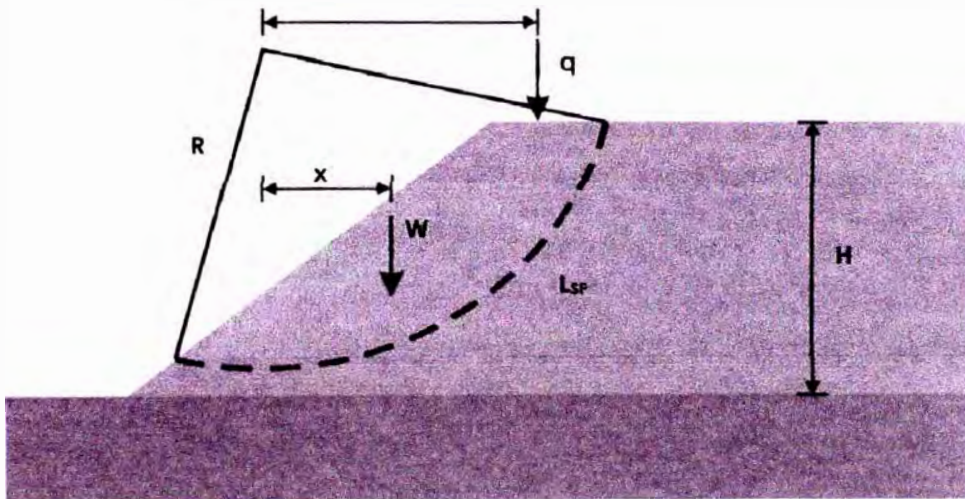


Figura 1.11: Esquema superficie de falla.

Para la superficie de falla que se está diseñando el refuerzo, calcule el momento desestabilizante M_D y el momento resistente M_R .

Como:

$$\begin{aligned}M_D &= W * x + q * d \\M_R &= M_D * FS_U \\M_R &= (W * x + q * d) * FS_U\end{aligned}$$

Dónde:

FS_U = Calculado en el programa de estabilidad u obtenido manualmente trazando superficies de falla.

Determinar la fuerza total a la tensión que suministra el refuerzo T , requerida para obtener el factor de seguridad de talud reforzado $FS_R = 1.5$:

$$\begin{aligned}T_{total} &= (FS_R * MD - MR) / R \\T_{total} &= (FS_R * MD - FS_U * MR) / R \\T_{total} &= [(FS_R - FS_U) * MD] / R\end{aligned}$$

Dónde:

FS_R = Factor de seguridad requerido (Normalmente es 1.5)
 FS_U = Factor de seguridad del talud sin refuerzo
 R = Radio de la superficie de falla

La fuerza necesaria que debe suministrar cada capa de geomalla es:

$$T_g = T_{total} / \text{espaciamentos requeridos}$$

Para taludes con alturas bajas ($H < 6$ m) asumir una distribución uniforme del refuerzo y usar T_{total} para determinar el espaciamiento del refuerzo.

Chequeo de la estabilidad externa

Chequeo al deslizamiento

Se debe determinar el factor de seguridad al deslizamiento el cual debe ser mayor a 1.5. De no ser así se debe ampliar la base y la longitud del refuerzo del terraplén.

$$FSD = \frac{\Sigma \text{ Fuerzas Horizontales Resistentes}}{\Sigma \text{ Fuerzas Horizontales Desestabilizantes}}$$

$$FSD = [(W + Pa * \text{sen } \varphi) \tan \delta_{sg}] / Pa * \cos \varphi$$
$$W = \frac{1}{2} L^2 * \gamma * \tan \beta \Rightarrow \text{para } L < H$$
$$W = [L * H - H^2 / (2 * \tan \beta)] * \gamma \Rightarrow \text{para } L > H$$

Dónde:

FSD = Factor de seguridad al deslizamiento (> 1.5)
 L = Longitud del refuerzo en la capa inferior
 H = Altura del talud
 PA = Presión activa de tierra
 δ_{sg} = Ángulo de fricción entre el suelo de fundación y la geomalla
 β = Ángulo del talud

Chequeo de la estabilidad global o estabilidad general

El efecto de la construcción de un terraplén genera una sobrecarga en el sitio en donde se está colocando, por tal motivo es necesario revisar la estabilidad general o global del sitio con el objeto de garantizar la estabilidad del lugar o de la obra.

Este análisis se realiza por métodos clásicos de estabilidad considerando superficies de falla y evaluando factores de seguridad o probabilidades de falla.

Capacidad portante

Se debe calcular la capacidad portante última y admisible del terreno con el objetivo de compararla con la presión de contacto.

Estimar la magnitud del asentamiento, usando métodos tradicionales de la geotecnia.

Sistemas de subdrenaje y drenaje

El drenaje y subdrenaje es crítico para mantener la estabilidad del terraplén. La redundancia en el drenaje y subdrenaje es recomendable en este tipo de estructuras.

Las obras de drenaje son todas aquellas obras que se deben construir de tal forma que se maneje en forma correcta el agua de escorrentía y se minimice la infiltración, estas obras se deben construir en la mayoría de los casos. Tales obras son por ejemplo las cunetas, zanjas de corona, dissipadores de energía, alcantarillas, etc.

Las obras de subdrenaje se deben construir en todos los casos, estas son vitales en garantizar la estabilidad de la estructura (Fig. 1.12).

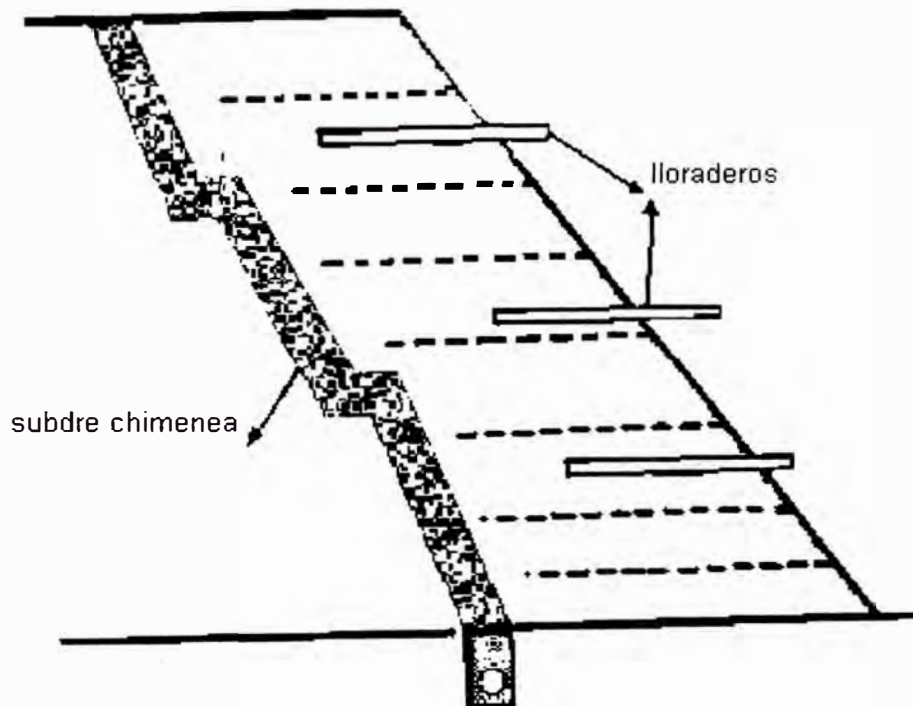


Figura 1.12: Sistemas de subdrenaje y drenaje.

CAPÍTULO II: INFORMACIÓN GENERAL DEL SITIO

2.1 UBICACIÓN

El Depósito de Relaves N° 7 de Huaraucaca se ubica en la localidad del mismo nombre, distante a 7.5 km de la Unidad Minera Colquijirca, a una altitud promedio de 4200 msnm. Este depósito de relaves ocupa una extensión aproximada de 30 Has y se ubica sobre la margen derecha del río San Juan, aproximadamente a 300 m de distancia de la Planta Concentradora de Huaraucaca.

La zona seleccionada para la construcción del Recrecimiento del Depósito de Relaves N° 7, se emplaza en el extremo Sur-Este de los depósitos de relaves existentes, en el distrito de Tinyahuarco, provincia y departamento de Pasco.

2.2 GEOLOGÍA

Los Depósitos de Relaves N° 7 de Huaraucaca han sido construidos sobre una planicie conformada por un gran depósito de origen aluvial, que forma parte de las llamadas "Pampas de Junín" y que presenta una ligera pendiente hacia el río San Juan. Dicho depósito de suelos contiene gravas y guijarros subredondeados que gradan hasta arenas y que consisten mayormente de fragmentos de caliza y roca volcánica de composición dacítica o andesítica.

La potencia de este depósito cuaternario en la zona del proyecto varía entre 40 y 80 m de profundidad, de acuerdo con los registros estratigráficos de los sondeos GN1-327-98 y GN3-327-98. (Ver registros estratigráficos en el Anexo N° 1).

Con la finalidad de complementar el estudio, se realizó un mapeo geológico superficial para evaluar el escenario geológico en detalle, y así poder definir los contactos entre las diferentes unidades litológicas presentes. Estas características estructurales se presentan en el Planos 03 y 04.

2.3 GEOQUÍMICA

Geoquímica del tajo norte

Como parte del estudio “Caracterización del Potencial de Generación de Drenaje Ácido de Roca del Material de Desmonte”, se analizaron muestras de roca del Tajo Norte, seleccionándose 8 muestras representativas de cada una de las principales unidades litológicas. En el Cuadro 2.1 se indica la ubicación y descripción de las muestras.

Las muestras que se presentan en el cuadro anterior, fueron sometidas a pruebas estáticas de balance ácido-base, en las que se determina el potencial hidrógeno en pasta, el potencial de neutralización (PN, de NP-Neutralization Potential) mediante el método ABA Sobek Modificado (Lawrence et al., 1989), el contenido de azufre como azufre total y de carbono como carbonato mediante el horno LECO y el contenido de azufre como sulfatos mediante gravimetría. El contenido de azufre como sulfuros se determina como la diferencia entre el contenido de azufre como totales y azufre como sulfatos. A partir del contenido de azufre como sulfuros se calcula el potencial de acidez (PA, de AP - Acid Potential).

Cuadro 2.1: Descripción de las Muestras de Materiales del Tajo Norte

Muestra	Coordenadas Zona 18		Identificación en Mina	Descripción de Muestras de Mano	
	Norte	Este		Litología	Descripción
M-1	8 811,248	361,209	Caliza silificada	Caliza	Marrón brunoáceo, textura no clástica, dura a muy dura, efervesce violentamente con HCL, presenta vetillas lenticulares a irregulares de cuarzo lechoso y caolín, moderadamente intemperizada. presenta una capa delgada de chert gris oscura criptocristalina.
M-2	8'811,248	361,209	Caliza	Marga recristalizada	Gris parduzco, textura no clástica a granular fina, dura, efervesce moderadamente con HCL, presenta pequeñas drusas y vetillas de calcita cristalizada, caolín y óxidos marrón amarillento; ligeramente intemperizada.
M-2A				Caliza silificada	Gris (mesócrata), textura no clástica, muy dura, no efervesce con HCL, ligeramente intemperizada (solo superficies de fractura presentan oxidaciones marrón amarillentas).
M-3	8'811,262	361,346	Dolomia	Marga	Gris claro, textura no clástica a granular fino, moderadamente dura, efervesce ligeramente con HCL, presencia aislada de cristales de calcita y "puntos" de pirita en superficie de fracturas, ligeramente intemperizada.
M-4	8'811,262	361,346	Dolomia oxidada	Marga recristalizada	Gris parduzco, textura no clástica a granulara fino, dura a muy dura, efervesce moderadamente con HCL, estratificación en capas delgadas a finas, moderadamente intemperizada (oxidaciones).
M-5	8'811,262	361,346	Marga	Marga	Gris claro ligeramente verdoso, textura no clástica a granular fino, dura, efervesce débilmente con HCL, no intemperizada.
M-6	-	-	Limoargilita	Lodolita carbonosa	Gris oscuro, textura no clástica, dura, no efervesce con HCL, presenta vetillas finas de cuarzo con distribución irregular, se fragmenta fácilmente con un golpe de martillo, no intemperizada.
M-7	8'811,026	360,823	Caliza oxidada	Dolomia	Gris claro, textura no clástica, muy dura, no efervesce con HCL, presenta oxidaciones marrón rojizo a amarillento, moderada a altamente intemperizada.

Fuente: Caracterización del Potencial de Generación de Drenaje Ácido de Roca del Material de Desmonte.

Los ensayos fueron realizados en el laboratorio Cantest y los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 2.2 y en la Gráfico 2.1.

Cuadro 2.2: Resultados de Análisis de Conteo Acido-Base

Muestra	pH en Pasta	CO ₂ (Peso %)	Equiv. CaCO ₃ (kg CaCO ₃ /t)	S(T) (Peso %)	S (SO ₄) (Peso %)	S(S ⁻) (Peso %)	MPA (kg CaCO ₃ /t)	PN (kg CaCO ₃ /t)	PNN (kg CaCO ₃ /t)	Fizz
M-1	9.0	24.70	561.4	0.04	0.01	0.03	0.9	508.2	507.2	Fuerte
M-2	9.0	37.55	853.4	0.41	0.02	0.39	12.2	771.4	759.2	Fuerte
M-3	9.0	38.46	874.1	0.47	0.02	0.45	14.1	811.6	797.5	Fuerte
M-4	9.0	37.10	843.2	0.07	0.02	0.05	1.6	799.0	797.4	Fuerte
M-5	8.6	27.12	616.4	0.79	0.02	0.77	24.1	599.2	575.2	Fuerte
M-6	7.9	6.22	141.4	1.93	0.07	1.86	58.1	135.4	77.3	Moderado
M-7	6.5	27.21	618.4	0.75	0.04	0.71	22.2	65.8	43.6	Ligero

Notas:

1. El contenido de carbono como carbonato se determina como CO₂ en el horno Leco y se calcula su equivalente como CaCO₃
2. S (T), azufre total determinado mediante el horno Leco
3. S (SO₄), azufre como sulfato, determinado por gravimetría
4. S (S=), sulfato como sulfuro, $S (S)= S(T) - S (SO_4)$, considerando que todos los sulfuros se conviertan en sulfatos
5. MPA, Potencial máximo de acidez se expresa en kg CaCO₃ equivalentes por tonelada de material. MPA se calcula a partir del contenido de sulfuros presentes
6. Cuando el % de sulfuro total, $S (T) < 0.01\%$, se usa a $S(T) = 0.01\%$ para calcular el MPA.
7. Cuando el % de sulfatos, $S (SO_4) < 0.01\%$, se usa $S (SO_4)=0$ para calcular el MPA.
8. PN, Potencial de Neutralización, expresado en kg CaCO₃ equivalentes por tonelada de material.
9. PNN, Potencial Neto de Neutralización, expresado en kg CaCO₃ equivalentes por tonelada de material.

Fuente: Caracterización del Potencial de Generación de Drenaje Ácido de Roca del Material de Desmonte.

Para predecir el potencial de generación de DAR se compararon los valores obtenidos para los parámetros estándar, así como también los valores de parámetros derivados tales como el Potencial Neto de Neutralización ($PNN = PN-PA$) y la Relación entre ambos potenciales ($NPR = PN/PA$). En el Cuadro 2.3 se indica la interpretación de los resultados de laboratorio sobre la base de pruebas realizadas y los criterios recomendados por el Ministerio de Energía y Minas del Perú y por la Autoridad Ambiental del Gobierno de Columbia Británica de Canadá, para evaluar los resultados de las pruebas ABA.

Cuadro 2.3: Interpretación de los Resultados de Laboratorio

Muestra	Criterios B.C. Canadá (1)				Criterios Guía MEM (2)	
	pH en pasta	S (S=)	PNN	PN/PA	PNN	PN/PA
	≥ 5.0 , ImP	$< 0.3\%$ = ImP	$PNN > 0.0$, ImP	$PN/PA > 4$, ImP	$PNN > 20$, ImP	$PN/PA > 3$, ImP
	< 5.0 = I	$> 0.3\%$ = I		$PN/PA < 4$, I	$-20 < PNN < 20$, I	$1 < PN/PA < 3$, I
< 3.5 = P		$PNN < 0.0$, P		$PNN < -20$, P	$PN/PA < 1$, P	
M-1	ImP	ImP	ImP	ImP	ImP	ImP
M-2	ImP	I	ImP	ImP	ImP	ImP
M-3	ImP	I	ImP	ImP	ImP	ImP
M-4	ImP	ImP	ImP	ImP	ImP	ImP
M-5	ImP	I	ImP	ImP	ImP	ImP
M-6	ImP	I	ImP	I	ImP	I
M-7	ImP	I	ImP	I	ImP	I

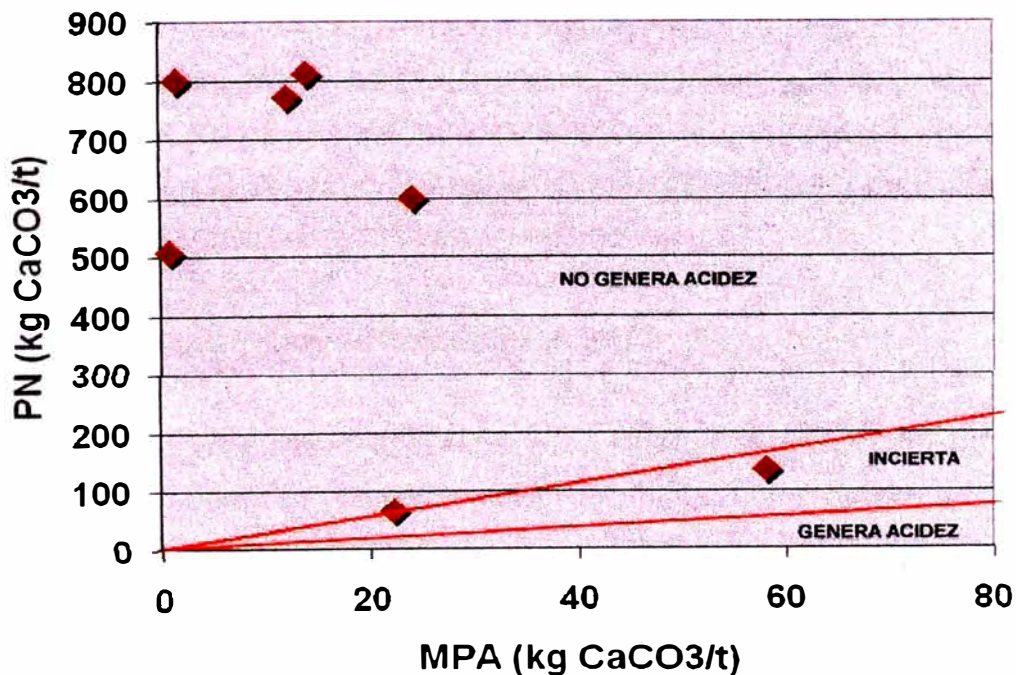
(1) MEND, 1995. ARD Guidelines for mine sites in British Columbia.

(2) MEM, 1995. Guía Ambiental para el Manejo de Drenaje Ácido de Minas.

ImP, Improbable / I, Incierto / P, Probable

Fuente: Caracterización del Potencial de Generación de Drenaje Ácido de Roca del Material de Desmonte.

Gráfico 2.1: Capacidad de Generación Ácida en los Materiales del Tajo Norte.



Los resultados de este análisis se adjuntan en el Anexo 6.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se concluyó lo siguiente:

Las muestras no tienen potencial para generar drenaje ácido de roca, ya que en todos los casos el potencial de neutralización excede largamente al potencial de acidez.

Las muestras M-6 (lodolita) y M-7 (dolomía), tienen menor potencial de neutralización que las demás muestras (65,8 a 135,4 kg CaCO₃/t versus valores que varían entre 508,2 y 811,6 kg CaCO₃/t), correspondiendo estos últimos a margas y calizas. Cabe tomar en cuenta que estas margas y calizas, son más susceptibles a reaccionar con aguas ácidas y neutralizarlas, lo que podría resultar en su disolución parcial.

Geoquímica de los materiales a almacenar en la desmontera (para construcción de dique)

Como parte del minado del Tajo Norte, según la relación estéril/mineral la generación de material de desmonte no económico denominado residuos mineros o desmonte de mina, que se almacena en la Desmontera Condorcayán, la cual se ubica cerca al Tajo Norte (Cuadro 2.1). Para caracterizar el potencial de generación ácida de estos materiales y ver su comportamiento geoquímico a largo plazo, se han realizado ocho ensayos estáticos (muestras M1 a M7) a muestras de rocas y materiales estériles presentes en el Tajo y que se almacenarán en la desmontera, material que será empleado en la construcción de los diques del Depósito de Relaves N° 7 (material de desmonte llamado también relleno integral).

Descripción de los Ensayos Estáticos (ABA)

Los ensayos de laboratorio utilizados para realizar la predicción de drenaje ácido de los materiales de desmonte de mina, consistieron en pruebas estáticas denominadas también pruebas o ensayos ABA (ácido - base accounting). Estos ensayos estáticos son un conjunto de análisis que se complementan entre sí y que permiten conocer el comportamiento geoquímico de los desmontes de mina. Los ensayos que incluye esta prueba son: grado de efervescencia, potencial de acidez máximo (MPA), potencial de neutralización

(NP), potencial neto de neutralización (PNN), pH en pasta, contenido porcentual de sulfuros (expresado como %S) y finalmente la relación NP/MPA.

El grado de efervescencia (Fizz) es una prueba cualitativa que trata de dar una medida de la reactividad de los carbonatos contenidos en el material evaluado cuando reacciona con unas gotas de ácido clorhídrico al 25%. El grado de la efervescencia que pudiera producirse a consecuencia de la liberación de CO₂ de la reacción de neutralización de los carbonatos presentes es una medida de la capacidad de neutralización del drenaje ácido que pudiera producirse. El grado de efervescencia se mide a través de una escala cualitativa como “nula”, “baja”, “moderada” o “fuerte” para lo que se le asigna los valores de 1, 2, 3 y 4; respectivamente. Esto significa que un mayor valor en el grado de efervescencia es un indicio de que existe una mayor capacidad de neutralización de drenaje ácido.

El potencial de acidez máximo, que se expresa en toneladas de CaCO₃ por cada 1000 toneladas de material (t CaCO₃/ 1000 t), es la medida de la capacidad de generación de ácido a partir de una oxidación completa de los sulfuros presentes. En la evaluación del potencial de acidez máximo se cuantifican los sulfuros como azufre total menos sulfatos, es decir el azufre que efectivamente puede transformarse en ácido sulfúrico por oxidación de los sulfuros metálicos.

El potencial de neutralización que se expresa en toneladas de CaCO₃ por cada 1000 toneladas de material (t CaCO₃/1000 t) es la medida de la capacidad neutralizadora del drenaje ácido que pudiera producirse en el depósito de desmonte. En esta prueba se mide la capacidad del material para neutralizar ácido clorhídrico 1 N. El resultado es una medida de la capacidad del material para neutralizar el ácido sulfúrico que pudiera generarse por la oxidación de los sulfuros metálicos.

El potencial neto de neutralización (PNN) resulta de la diferencia entre el potencial de neutralización y el potencial de acidez máximo. En general, si el PNN es menor a -20 toneladas de CaCO₃ por cada 1,000 toneladas de muestra, entonces el material es generador de drenaje ácido, mientras que si se encuentra entre -20 y +20 toneladas de CaCO₃ por cada 1000 toneladas de

nuestra, el material tendría un comportamiento incierto en la generación ácida. Si el PNN es mayor a 20 toneladas de CaCO_3 por cada 1000 toneladas de muestra, indica que el material no genera drenaje ácido.

El pH en pasta sirve para determinar si ha ocurrido generación de drenaje ácido antes del análisis de laboratorio. En general, valores de pH mayores a 8 sugieren la presencia de carbonatos reactivos y si el pH es menor a 5 es probable la ocurrencia de drenaje ácido en la muestra.

En general, se asume que materiales con contenidos porcentuales de S-sulfuros menores a 0.3% no producirán acidez. Es un parámetro indicativo aunque no concluyente ya que debe correlacionarse el %S- sulfuros con los demás parámetros ABA que se evalúan. El contenido porcentual de azufre sulfuro se obtiene de la determinación porcentual de azufre total y sustrayendo el %S- sulfatos.

El cociente NP/MPA es uno de los criterios más utilizado para la predicción del potencial de generación de drenaje ácido. En general, se define un rango de incertidumbre para la generación de drenaje ácido cuando el cociente se encuentra entre 1 y 3. Cuando el NP/MPA es menor a 1, es muy probable que el material sea generador de drenaje ácido y cuando el NP/MPA es mayor a 3, se considera que el material no presenta potencial de generación de drenaje ácido.

Resultados de los Ensayos del Potencial de Generación Ácida

Las muestras seleccionadas para los ensayos estáticos consistieron en muestras representativas obtenidas del Tajo Norte.

Los materiales representativos de desmonte de mina obtenidos del tajo, han sido ensayados mediante ensayos estáticos ácido-base (PKG-03, Método Sobek, y EPA 600/2-78-054).

En el Cuadro 2.1 se muestran las muestras ensayadas, su litología y una descripción de su composición.

En el Cuadro 2.4 se presentan los resultados obtenidos en los ensayos para las distintas muestras de materiales de desmonte, en donde se observa que los valores del potencial neto de neutralización (PNN) en las muestras del material de desmonte formado por calizas, margas, dolomías y lodolitas varían entre 44 y 798, estos valores indican que el material de desmonte se encuentra en el rango de no generadores de acidez, es decir tienen capacidad de neutralización alto.

Los valores de pH en pasta en las muestras del material de desmonte, son valores ligeramente alcalinos (pH 6,5 a 9,0) que indicarían una condición no generadora de drenaje ácido. Esto sugiere que el pH del medio es de neutro a alcalino y que no está ocurriendo generación de drenaje ácido en el momento del muestreo (ver cuadro 2.4).

Los valores de efervescencia registrados en el material de desmonte mayoritariamente son 4, que reflejan alta capacidad neutralizadora de los materiales por presencia de carbonatos.

Cuadro 2.4: Resultados de Análisis Acido-Base del material de Desmonte

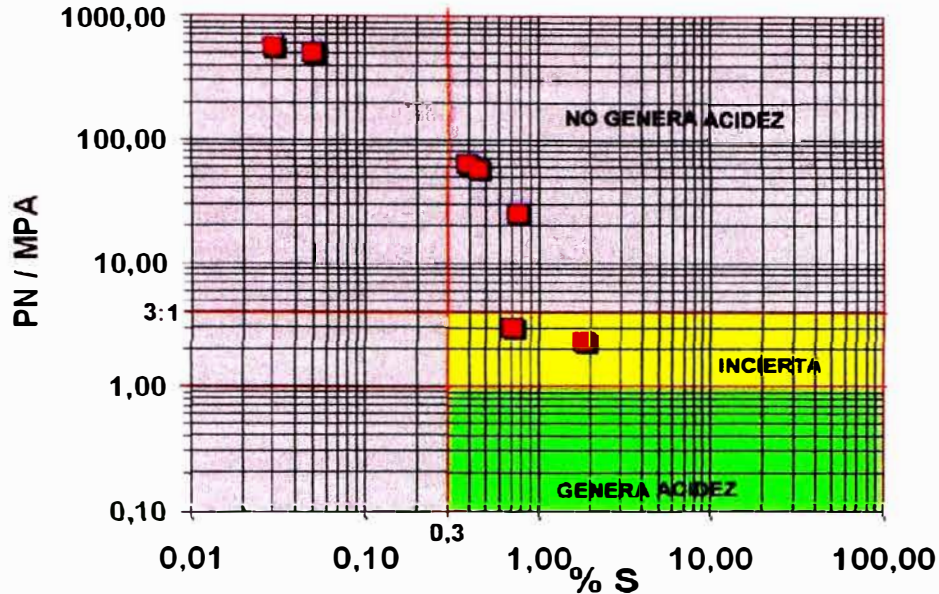
Muestra	pH Pasta	Equiv .CaCO ₃ (kg CaCO ₃ /t)	S(S ⁻) (peso %)	MPA (kg CaCO ₃ /t)	PN (kg CaCO ₃ /t)	PN/MPA (kg CaCO ₃ /t)	PNN (kg CaCO ₃ /t)	Efervescencia
M-1	9,0	561,4	0,03	0,9	508,2	564,67	507,2	4
M-2	9,0	853,4	0,39	12,2	771,4	63,23	759,2	4
M-3	9,0	874,1	0,45	14,1	811,6	57,56	797,5	4
M-4	9,0	843,2	0,05	1,6	799,0	499,38	797,4	4
M-5	8,6	616,4	0,77	24,1	599,2	24,86	575,2	4
M-6	7,9	141,4	1,86	58,1	135,4	2,33	77,3	3
M-7	6,5	618,4	0,71	22,2	65,8	2,96	43,6	2

Fuente: Caracterización del Potencial de Generación Ácida del Material de Desmonte.

El cociente NP/MPA casi en todas las muestras está por encima de 3 y el contenido de azufre por debajo de 0.03%, esto indica que el material de desmonte (muestras M-1, M-2, M-3, M-4 y M-5) no presentan potencial de generación ácida, se puede considerar como altamente consumidoras de acidez, aspecto que también se manifiesta en los valores de pH en pasta (8,6 a

9) y de la efervescencia (4); excepto las muestras M-6 y M-7 que estarían en un rango ligeramente incierto (ver gráfico 2.2).

Gráfico 2.2: Resultados de Análisis Acido-Base del material de Desmorte



Los resultados de este análisis se adjuntan en el Anexo 6.

2.4 GEOTECNIA

En la elaboración de este informe se recopiló la información existente contenida en informes previos no obstante, se elaboró un programa de investigación geotécnica que consistió en la evaluación de las condiciones de cimentación del nuevo recrecimiento y la caracterización del material a ser utilizado.

Recopilación de Información Geotécnica de Campo

La información de campo existente fue depurada, validada y empleada en este informe, para ello se tomó la siguiente información; dos (2) perforaciones diamantinas, denominadas GN1-327-98 y GN3-327-98, dos (2) perforaciones tipo Wash Boring, denominadas P11 y P12 y cuatro (4) perforaciones diamantinas, denominadas GWI08-01, GWI08-02, GWI08-03 y GWI08-04; asimismo, se recopiló dos (2) calicatas, denominadas C-15 y C-16 (de mayo de 2005) y tres (3) calicatas, denominadas C-7, C-8 y C-9 (de abril de 2009). En el Cuadro 2.5 se indican las características de dichos sondeos. En el Anexo 1 y 2 se muestra el detalle de la información recopilada.

Cuadro 2.5: Características de sondeos depurados

Sondeo	Ubicación	Coordenadas UTM		Cota Superficie de Terreno (msnm)	Profundidad Alcanzada (m)
		Este (m)	Norte (m)		
GN1-327-98	Cimentación Dique 7	359,279.91	8'806,100.38	4,189.20	337.50
GN3-327-98	Vaso del Depósito 7	358,559.69	8'806,102.06	4,217.00	93.75
P-11	Zona de Relave Fino	358,511.00	8'806,423.00	4,218.80	21.60
P-12	Zona de Relave Fino	358,444.92	8'806,469.33	4,218.50	20.30
GW108-01	Cimentación Dique 7	359,129.00	8'806,531.00	4,190.90	42.00
GW108-02	Cimentación Dique 7	359,174.20	8'806,274.20	4,190.50	24.70
GW108-03	Cimentación Dique 7	359,180.00	8'806,203.00	4,190.40	27.00
GW108-04	Cresta Dique 7	359,368.00	8'805,900.00	4,190.40	25.00
C-15	Cimentación Dique 7	358,970.29	8'805,813.59	4,218.00	3.50
C-16	Cimentación Dique 7	358,593.02	8'806,295.00	4,218.00	4.00
C-7	Zona de Relave Fino	358,644.34	8'806,445.27	4,235.50	0.50
C-8	Zona de Relave Fino	358,657.47	8'806,394.56	4,235.50	0.50
C-9	Zona de Relave Fino	358,695.25	8'806,370.62	4,234.50	0.70

Investigaciones Geotécnicas Complementarias

El programa de investigaciones de campo comprendió la ejecución de cuatro (4) excavaciones en las áreas que corresponden al pie del nuevo recrecimiento, denominadas C-1, C-2, C-3 y C-5, en las cuales se alcanzaron profundidades comprendidas entre 3.5 y 4.7 m con respecto a la superficie del terreno. Dichas excavaciones tuvieron por finalidad corroborar y complementar la data existente. En el Cuadro 2.6 se indican las características de dichas calicatas.

Cuadro 2.6: Características de sondeos Complementarios

Sondeo	Ubicación	Coordenadas UTM		Cota Superficie de Terreno (msnm)	Profundidad Alcanzada (m)
		Este (m)	Norte (m)		
C-1	Cimentación Dique 7	359,100.67	8'806,531.32	4,193.00	3.50
C-2	Cimentación Dique 7	359,225.76	8'806,188.91	4,190.00	3.50
C-3	Cimentación Dique 7	359,116.69	8'805,745.07	4,196.00	4.70
C-5	Cimentación Dique 7	358,711.61	8'805,718.62	4,196.00	3.70

En cada una de las calicatas se registraron cuidadosamente el perfil estratigráfico y se clasificaron visualmente los materiales encontrados, de acuerdo a los procedimientos del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS - norma ASTM D-2488). Se extrajeron muestras representativas de los suelos típicos, las cuales debidamente protegidas e identificadas fueron remitidas al laboratorio para su respectivo análisis. En el Anexo 2 se muestra el detalle de dichos sondeos, al mismo tiempo que en el Plano 03 se muestra la

ubicación de todas las investigaciones geotécnicas efectuadas en la zona de estudio.

Ensayos de Densidad In-situ

En vista de la numerosa información correspondiente al dique del Depósito de Relaves N° 7 existente, se recopilaron los ensayos más representativos de densidad in-situ por el método de reemplazo de agua (ASTM D-5030) y cono de arena (ASTM D-1556) realizados en el material que compone al mismo.

Como complemento a la información obtenida, durante el periodo de investigaciones complementarias se efectuaron pruebas de densidad in-situ mediante el método del cono de arena (ASTM D-1556), en las calicatas C-1, C-2, C3 y C-5, denominadas D-1, D-2, D3 y D-5 en el material de cimentación existente.

En el Plano 03 se muestra la ubicación de los ensayos efectuados en la zona de estudio y el detalle de los registros se encuentran contenidos en el Anexo 4 del presente informe.

Ensayos de Laboratorio

Se realizaron ensayos de laboratorio con la finalidad de determinar valores de parámetros físicos y mecánicos, así como de clasificación SUCS, de los diversos materiales involucrados en el análisis de estabilidad. Estos ensayos fueron los siguientes:

- Análisis Granulométrico por Tamizado (ASTM D-422)
- Límites de Atterberg (ASTM D-4318)
- Contenido de Humedad (ASTM D-2216)
- Compactación Proctor Modificado (ASTM D-1557)

Los ensayos de laboratorio fueron supervisados por un especialista, para garantizar el cumplimiento estricto de los procedimientos y normas correspondientes.

Luego se procedió a comparar sus resultados con las características de los suelos estimadas en campo, efectuándose las compatibilizaciones correspondientes en los casos en que fue necesario. De esta manera se obtuvieron los perfiles de suelos definitivos, que son los que se presentan en este informe. En el Anexo 5 se presentan los resultados de los ensayos de laboratorio.

Caracterización del Emplazamiento

Sobre la base de la información proporcionada por la Minera (SMEB), que fuera complementada con los estudios previos realizados en la zona del proyecto y las investigaciones de campo, se ha efectuado la caracterización del área donde se proyecta ubicar el recrecimiento del Depósito de Relaves, que en síntesis se describe en las secciones siguientes.

Material de Cimentación

La cimentación fue evaluada mediante un programa de investigaciones geotécnicas que incluyeron, la ejecución de calicatas y ensayos de laboratorio de mecánica de suelos. Dicha cimentación está constituida por una grava arenosa mal gradada (GP), densa, con bolones sub-angulares a redondeados de un tamaño máximo de 10 a 12”.

Materiales de Estructuras Existentes

Teniendo en cuenta los registros de supervisión de la construcción del dique perimétrico del Depósito de Relaves N° 7, se sabe que dicha estructura tiene una conformación mixta desde la progresiva 0+000 hasta la progresiva 0+880; constituida por un dique interno de gravas arenosa densa a muy densa; luego un relave grueso compactado denso y finalmente recubierta por un espaldón de grava arenosa densa a muy densa. Igualmente, desde la progresiva 0+880 hasta 1+709.72 el dique está constituido por una grava arenosa, densa a muy densa, grava arenosa densa con cantos (desmonte de mina) y se consideran apropiados para la fundación del recrecimiento del Depósito de Relave. La geometría interna del dique perimétrico se puede observar en detalle en el Plano 04, secciones 1-1', 2-2', 3-3' y 4-4.

Asimismo, en base a los resultados de los ensayos in-situ y de laboratorio compilados en este informe, se sabe que los diques perimétricos de los depósitos N° 2 y N° 4 adyacentes al Depósito de Relaves N° 7, están compuestos por relave predominantemente grueso que se clasifica básicamente como arena fina limosa (SM), medianamente densa y que se extiende al Noroeste del Depósito de Relaves N° 7 en mención.

De igual manera, se sabe que la zona central del Depósito de Relaves N° 7 está constituida por un depósito de relave predominantemente fino conformado mayormente por arcilla limosa (CL-ML), de plasticidad baja a media, presentando consistencias que varían desde blanda en la superficie hasta medianamente compacta hacia el fondo del depósito.

Material de Préstamo

Compuesto por el actual depósito de desmontes de mina (material integral), que se ubica al norte del tajo abierto Colquijirca, a una distancia de aproximadamente 9.5 km desde el pie de obra. El mismo que está constituida por grava arenosa proveniente de una roca caliza, mal gradada (GP) con un contenido de finos menor a 0.2%, de plasticidad nula, así como 25% a 28% de clastos de 1" hasta 12" y 66% a 68% de bolones con tamaños que varían entre 12" a 32" de tamaño. El contenido de humedad natural de la cantera está en el orden de 5% a 10%.

La resistencia de los bloques de caliza se ha estimado en 70 MPa. En el diseño se han utilizado parámetros conservadores como un ángulo de fricción interna de 41° y una cohesión de 0.0 kg/cm².

Debido a que el material acumulado en la desmontera será depositado mediante descarga directa al talud, para luego ser compactado, llegará a tener un cierto acomodo y trabamiento ya que el material de desmonte es friccionante y su resistencia está caracterizada básicamente por su ángulo de fricción. Para estimar el ángulo de fricción del depósito se ha utilizado la expresión de Ayala (1986), que tiene en consideración las características del depósito indicadas en el Cuadro 2.7 que se incluye a continuación:

Cuadro 2.7: Método para estimar el ángulo de fricción interna (Ayala, 1986).

$\phi' = (M + \phi_1 + \phi_2 + \phi_3 + \phi_4)\alpha$		
CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL		VALORES
Naturaleza (M)	Silicea	36°
	Carbonatada	34°
	Esquistosa	32°
	Arcillosa	30°
Compacidad (ϕ_1)	Suelta	- 5°
	Media	0°
	Compacta	+ 5°
Forma y rugosidad (ϕ_2)	Angulosa	+ 2°
	Media	0°
	Lajosa	- 1°
	Redondeada	- 2°
	Muy redondeada	- 3°
Tamaño (ϕ_3)	Arena	0°
	Grava fina	1°
	Grava gruesa	2°
	Bloques	3°
Granulometría (ϕ_4)	Uniforme	- 3°
	Media	0°
	Extendida	+ 3°
Nivel de tensiones - altura de escombros (α)	Bajo (H<20 m.)	1.1
	Medio (20<H<40 m)	1.0
	Alto (H>40 m)	0.9

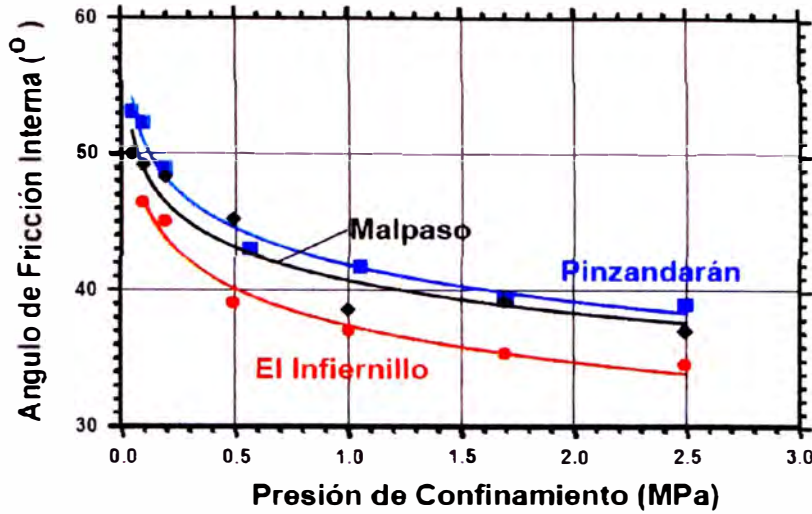
El material se presenta con fragmentos de roca compuestos por minerales con contenido de sílice, predominantemente grava fina a gruesa con una compacidad media a alta, los fragmentos son medianamente angulosos y de superficie rugosa. Sabiendo que la altura máxima del dique es 34 m, el nivel de tensiones producto de la altura máxima efectiva está en el orden de 25.5 m. Aplicando el cuadro anterior se tiene que el ángulo de fricción es $\phi = (36+1+1+2+1)1.0 = 41^\circ$.

La estimación del ángulo de fricción del material de relleno de desmonte de mina, descrita anteriormente, resulta válida debido a que uno de los principales problemas cuando se enfrentan proyectos donde se involucran suelos granulares gruesos es la falta de equipos para ensayar probetas de grandes dimensiones. Aún con esta carencia, desde el punto de vista de la ingeniería geotécnica es posible señalar que los suelos gruesos, o de grandes partículas, presentan un buen comportamiento y comparativamente desarrollan, en general, mayor rigidez y resistencia que suelos de granos más pequeños como suelos arenosos.

Sin embargo, la evaluación de sus propiedades mecánicas es dificultosa y de alto costo, por el tamaño que requieren las muestras a ser ensayadas. En la práctica hay una escasez de equipos capaces de ensayar suelos granulares con partículas de tamaños sobre 3" y además, la toma de muestras "inalteradas" es de gran complejidad técnica y por lo tanto raramente utilizada. Por lo anterior, es usual que en proyectos donde están involucrados suelos gruesos se opte por utilizar información disponible en la literatura técnica, utilizándose parámetros conservadores y además, aplicando factores de seguridad compatibles con la limitada información disponible.

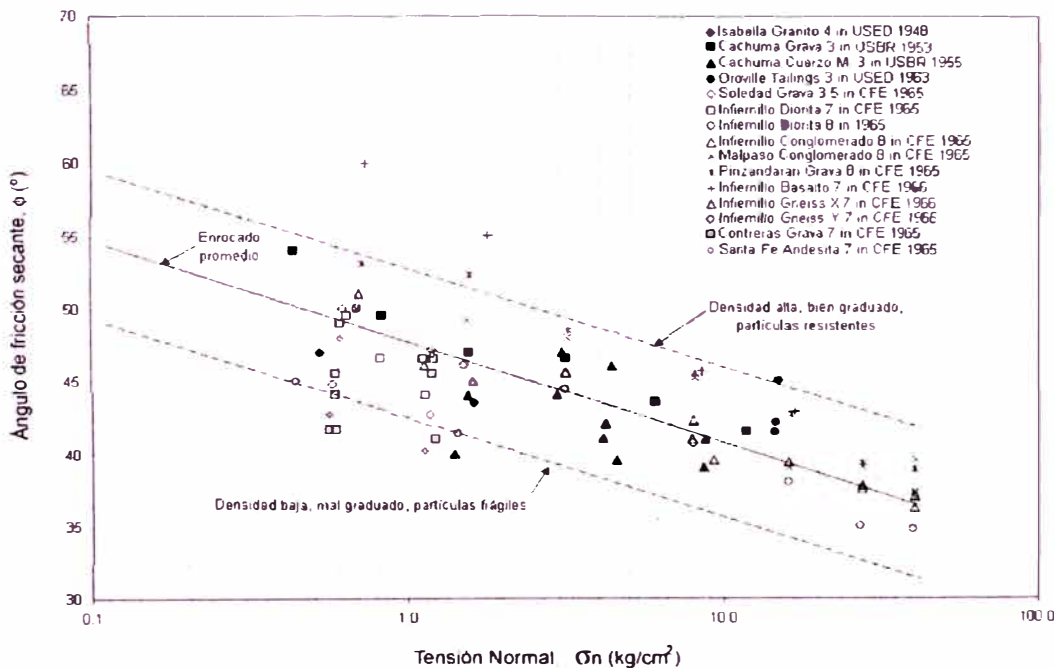
Dicho esto y luego de revisar la literatura técnica existente, podemos mencionar que entre los estudios más completos sobre la resistencia al corte de suelos gruesos, sin lugar a duda están los llevados a cabo por Marsal y colaboradores en México en la década de los 60s. Por ejemplo, en el Gráfico 2.3 se presentan las variaciones del ángulo de fricción máximo obtenidos por Marsal (1980) en ensayos triaxiales en compresión, utilizando materiales gruesos de diferente origen y cubriendo un amplio rango de presiones de confinamiento. De estos datos resulta evidente la curvatura que deben presentar las envolventes de falla. El hecho de que el ángulo de fricción movilizado en la falla disminuya de manera importante cuando los niveles de presión confinante aumentan, estaría principalmente asociado a la rotura de partículas. Luego, si se tiene presente que en problemas donde se involucran materiales gruesos es usual que los niveles de sollicitación y confinamiento sean elevados, resulta especialmente relevante para todo efecto práctico tener en consideración la variación de resistencia que se genera de acuerdo a los niveles de tensión involucrados.

Gráfico 2.3: Efecto de la presión de confinamiento en el ángulo de fricción interna (Marsal, 1980)



Así mismo, un muy útil resumen de valores del ángulo de fricción interna en función del nivel de presión confinante para diferentes materiales granulares fue publicado por Leps (1970), el cual se reproduce sólo para materiales de enrocado en el Gráfico 2.4. Es interesante observar que el ángulo de fricción interna movilizado a bajas presiones de confinamiento puede sobrepasar los 55°, pero para presiones altas en torno a los 4 MPa, el ángulo de fricción interna disminuye a un valor medio de 37°. Estos resultados son indicativos de la alta resistencia drenada que los materiales gruesos pueden desarrollar.

Gráfico 2.4: Ángulo de fricción interna para enrocado (modificado Leps, 1970)



En síntesis el material de relleno granular (relleno proyectado para conformar el dique del depósito integral N° 7) estará sometido a esfuerzos de confinamiento de 0.545 MPa (5.56 kg/cm²), por lo que empleando el Gráfico 2.4, para una condición de enrocado promedio, el ángulo de fricción estimado será de 42.6°. Esta estimación contribuye a validar que el ángulo de fricción interna calculado a partir del criterio de Ayala (1986), descrito anteriormente, el cual resulta conservador y adecuado ante la falta de equipos para ensayar probetas de grandes dimensiones.

Particularmente en este diseño se ha utilizado un ángulo de fricción interna de 41° y una cohesión de 0.0 kg/cm². La configuración geotécnica de los materiales existentes mencionados se pueden observar en el Anexo N° 7 del presente informe.

2.5 PELIGRO SÍSMICO

La localidad de Huaraucaca se ubica a 10.78° latitud Sur y 76.28° longitud Oeste, zona que de acuerdo a la clasificación del Instituto Geofísico del Perú (I. Bernal, H. Tavera y Y. Antayhua - 2002), es considerada como altamente sísmica, por la magnitud e intensidad de los sismos ocurridos en su historia.

Esta zona es afectada por la actividad tectónica que tiene su origen en sismos con hipocentros superficiales y profundos. Los más profundos están asociados al proceso de subducción de la Placa de Nazca (oceánica) bajo la Placa Sudamericana (continental), generando frecuentemente terremotos de gran magnitud. Los sismos superficiales, en cambio, están relacionados con fallas regionales que existen a lo largo de la Cordillera Andina, siendo estos sismos menores, tanto en magnitud como en frecuencia.

Sólo desde 1963 se cuenta en el Perú con registros instrumentales relativamente confiables de eventos sísmicos, con los cuales se pueden efectuar análisis estadísticos y probabilísticos.

Haciendo uso de la información instrumental contenida en el Catálogo Sísmico de la NGDC/NOAA (National Geophysical Data Center/National Oceanic and Atmospheric Administration), se procedió a calcular la aceleración máxima del

terreno en la zona de estudio, atribuible a eventos sísmicos, para lo cual se emplearon las fórmulas de atenuación de CASAVARDE y VARGAS (1980) para sismos cuyo origen está asociado a fenómenos de subducción, y la fórmula de McGUIRE (1974) para sismos cuyo origen está asociado a fallas continentales.

La información así obtenida fue analizada empleando el Método de Valores Extremos (tipo Gumbel), siguiendo la metodología recomendada por LOMNITZ (1974) y GLASS (1981). Los resultados de dicho análisis se resumen en el Cuadro 2.8, donde se muestra, para diferentes periodos de retorno, las aceleraciones máximas esperadas como múltiplos de la aceleración de la gravedad ($g = 9.81 \text{ m/s}^2$).

Cuadro 2.8: Aceleraciones sísmicas máximas y probabilidades de excedencia para diferentes periodos de retorno

Periodo de Retorno (años)	Aceleración Sísmica Máxima (g)	Probabilidad de Excedencia
2	0.05	100%
5	0.08	100%
10	0.10	99%
50	0.15	64%
100	0.17	39%
150	0.19	28%
200	0.20	22%
300	0.21	15%
400	0.22	12%
500	0.22	10%
1000	0.24	5%
3000	0.28	2%
10000	0.31	0%

No obstante, debido a que las aceleraciones sísmicas máximas se manifiestan sólo durante un periodo muy corto, la aceleración de diseño se define como una fracción de la aceleración máxima, Marcuson (1981) recomienda utilizar valores entre 1/3 a 1/2 de la aceleración máxima esperada. Asimismo, el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (U.S. Army Corps of

Engineers), recomienda el uso de un coeficiente sísmico igual al 50% de la aceleración pico de diseño, la misma que está basada en numerosos estudios del comportamiento de terraplenes durante eventos sísmicos. También, en la Guía Ambiental publicada por el Ministerio de Energía y Minas, se sugiere el uso de una fracción comprendida entre 1/2 a 2/3 de la aceleración pico de diseño.

Considerando las recomendaciones descritas en el anterior párrafo y los niveles de riesgo en la zona del proyecto, se ha empleado una aceleración de diseño igual a 0.15g, que equivale 2/3 de la aceleración pico (0.22g) del área de estudio.

2.6 HIDROLOGÍA

La precipitación promedio anual registrada en las estaciones meteorológicas de Paragsha, Upamayo y Carhuamayo (ubicadas en la misma zona climática en la que se encuentra la localidad de Huaraucaca) es de 870, 913 y 737 mm respectivamente, concentrándose el 85% durante la temporada de lluvias que se extiende entre la segunda mitad de octubre y la primera quincena de abril. Estos valores son similares al obtenido por medio de la ecuación regional de precipitaciones (IILA-SENAMHI-UNI 1983), el cual es estimado en 994 mm.

La estación meteorológica de Upamayo cuenta con registros de la tasa de evaporación mensual para el periodo comprendido entre 1958 y 1993, siendo la evaporación anual promedio igual a 833 mm, valor que afectado por un coeficiente típico de evaporímetro de 0.70, equivale a una evaporación desde una superficie grande de agua (como es el caso de una cancha de relaves) de 583 mm.

El curso principal de agua comprendido dentro de los límites de la concesión minera de SMEB es el río San Juan, el cual nace de la confluencia de los ríos Alcacochoa y Chumpacancha a una altitud de 4300 msnm, discurriendo en dirección Norte - Sur hasta su desembocadura en la laguna de Chinchaycochita ubicada entre el lago Junín y la represa de Upamayo, constituyendo esta última la naciente del río Mantaro. Los Depósitos de Relaves de Huaraucaca se ubican sobre la margen derecha del río San Juan.

2.7 HIDROGEOLOGÍA

Los depósitos de relaves de Huaraucaca están situadas sobre sedimentos glacioaluviales. Los perfiles hidrogeológicos en los alrededores de las depósitos muestran acuíferos (generalmente unidades geológicas o estructuras capaces de transmitir una cantidad significativa de agua) y acuitardos (unidades confinantes de baja permeabilidad) que representan tipos de unidades hidrogeológicas. Un resumen de características hidrogeológicas se presenta en el Cuadro 2.9.

Cuadro 2.9: Resumen de características Hidrogeológicas

Fuente: GWI (Mayo de 2009)

Unidad Hidrogeológica	Rango Estimado de Conductividad Hidráulica (m/s)	Rango Estimado de Rendimiento Específico	Espesor (m)	Clasificación de Formación Portadora de Agua
Depósitos Sedimentarios no Consolidados				
Relaves	1×10^{-8} a 1×10^{-6}	3 a 10%	~0 a 40	Acuitardo
Sedimentos Glacioaluviales: GRAVA (CANTOS) y ARENA, lig. traza Limo	3×10^{-6} hasta y 2×10^{-3} , promedio geométrica de 4.8×10^{-5}	10 a 25%	~3 a 20	Acuífero

CAPÍTULO III: RE-CRECIMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES

3.1 GENERALIDADES

Considerando que la producción diaria actual 3,570 TM (toneladas métricas) requiere de una mayor capacidad de almacenamiento de relaves, el proyecto considero proyectar la máxima capacidad disponible dentro de los límites de propiedad establecidos en los criterios de diseño.

Bajo este concepto, el recrecimiento del Depósito de Relaves proyectaba incrementar la altura del dique actual en 5 metros, es decir desde la cota 4,218 msnm hasta la cota 4,223 msnm.

Como obras civiles para el recrecimiento del Depósito de Relaves se ha considerado las siguientes estructuras:

- Rampa de acceso
- Contrafuerte de contención
- Dique reforzado y la instalación del revestimiento impermeable.

Luego de concluidas las obras, este depósito almacenará desde la cota 4,218 a 4,223 msnm un volumen de relaves de 1'745,665.0 m³, procedentes de la operación minera, hasta alcanzar el borde libre del vaso que se estimó en 1.0 m por debajo del nivel de cresta del dique.

3.2 RAMPA DE ACCESO DE OBRA

El trazo del acceso se realizó tratando en lo posible de adecuar el relieve del talud de aguas abajo del dique con el alineamiento de la nueva rampa. Y se culminará conforme se realice el avance de la construcción del dique perimétrico del Depósito Relave N° 7.

La rampa tiene una longitud total de 411.95 m, con un ancho de vía mínimo de 5.0 m, y está dividida en un tramo horizontal de 70 m, tres tramos inclinados; la primera consta de una distancia de 180 m con una pendiente máxima de 10%, luego un descanso de 20 m con una pendiente de 5%, y finalmente una

distancia de 110 m con una pendiente de 10% culminando con un tramo horizontal final de 32 m.

Para facilitar el llenado progresivo del dique, el trazo inicia unos metros atrás del pie de talud del dique de acuerdo a la proyección mostrada en el Plano 09 que muestra las características geométricas del trazo y la sección típica de dicha rampa para su replanteo en campo.

3.3 CONSTRUCCIÓN DEL RECRECIMIENTO

3.3.1 Preparación de la Cimentación

Esta actividad tiene por objeto excavar y remover los materiales inadecuados, como material aluvial suelto, ubicado dentro del área de cimentación del dique. Dichos materiales serán excavados hasta exponer la superficie de los materiales de cimentación, los cuales podrán consistir en gravas arenosas densas a muy densas. La profundidad de excavación considerada para cada sector del trazo se indica en los planos de construcción y se ha basado en los registros de los sondeos efectuados en la fase de exploración de campo. Sin embargo, en el caso poco probable de que al excavar hasta la profundidad indicada en los planos no se encuentren los materiales competentes, se deberá continuar la excavación hasta encontrarlos, posteriormente se procederá a la nivelación de la superficie de cimentación mediante el paso de un tractor (D6), hasta que la superficie cumpla con los requerimientos indicados en las especificaciones técnicas, tanto para la superficie correspondiente al dique como para la rampa proyectada.

3.3.2 Construcción del Cuerpo del Dique

En base al nuevo diseño y habiendo evaluado la canteras disponibles a ser usadas, se plantea un recrecimiento del Depósito Relaves N° 7 en dos etapas constructivas según el tipo de material a emplear; una primera desde la cimentación hasta alcanzar la cota 4,218 msnm, y una segunda desde la cota 4,218 msnm hasta la cota 4,223 msnm, con un ancho de cresta final de 5.0 m. (Ver plano 05), en la cual las características geométricas del recrecimiento según el tipo de material es el siguiente:

- a. **Etapa 1:** Contrafuerte (desde la cimentación - 4,218 msnm)
Tipo de material: desmante de Mina (material integral)
Ancho de cresta: 13 m (en la cota 4,218 msnm)
Talud externo: 1.85(H):1.0(V)
- b. **Etapa 2:** Recrecimiento de Dique perimétrico (desde la cota 4,218 - 4,223 msnm)
Tipo de material: material de préstamo reforzado con geomallas
Ancho de cresta: 5 m (en la cota 4,223 msnm)
Talud interno: 0.37(H):1.0(V) ó 70°
Talud externo: 1.0(H):1.0(V) y Borde libre 1 m

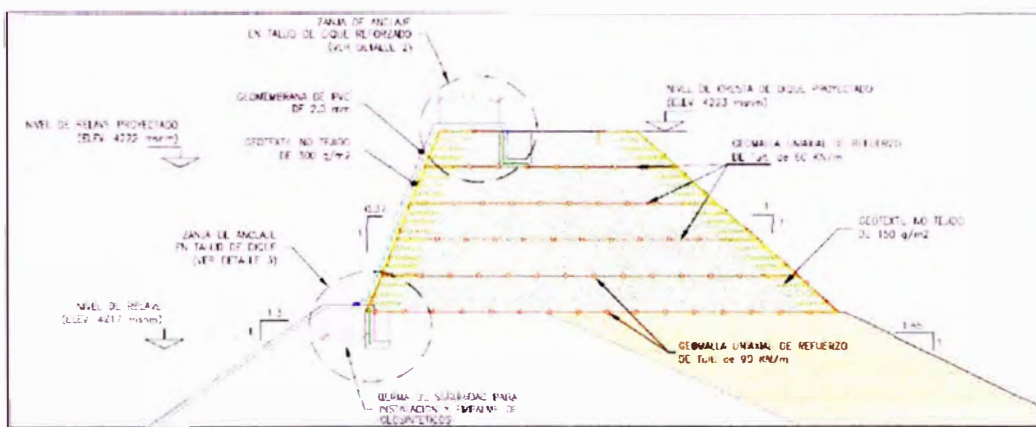


Figura 3.1: Características geométricas del Dique.

La etapa 1 contempla la construcción de un contrafuerte compuesto por material de préstamo (material integral) el cual será colocado en capas sucesivas de 0.4 m de espesor suelto, perfilado por medio de un tractor de orugas (D6) el cual deberá pasar 6 veces como mínimo por cada capa colocada hasta alcanzar una densidad mínima de 2.2 gr/cm³, para lograr así la superficie de relleno y geometría requerida e indicada en los planos de construcción.

La fase 2 contempla la construcción de un dique reforzado con cinco (5) geomallas uniaxiales espaciadas a 1.0 m una de otra; las dos primeras geomallas serán de 90 kN/m y las tres últimas de 60 kN/m. Por cada capa de geomalla se deberán instalar cuatro (4) envolturas de geotextil, tal y como lo muestra el detalle 1 y 2 del Plano 08.

El material con el cual será construido el cuerpo del dique reforzado, será colocado en capas horizontales de 0.25 m de espesor, cada una de las cuales

será compactada hasta alcanzar una densidad mínima del 95% con respecto a la máxima densidad seca a ser obtenida en el laboratorio mediante el ensayo Proctor modificado.

El método de construcción del dique perimétrico del Depósito de Relaves N° 7 es ascendente (ver Figura 3.2). Se ha elegido este tipo de construcción debido a que cada banco sucesivo es apoyado en un banco previamente construido, con lo cual se obtiene un comportamiento esperado ya que cualquier superficie de falla tendrá que desarrollarse en el banco construido previamente, asimismo actúa también como un pilar para la base y proporciona confinamiento para los suelos de cimentación. Otra ventaja de la construcción ascendente es que siempre está apoyada en un terreno plano o semi-inclinado.

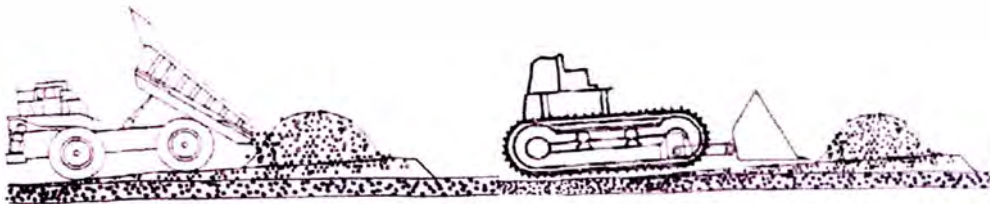


Figura 3.2: Vaciado y perfilado típico del relleno, en capas sucesivas.

3.3.3 Construcción del Revestimiento Impermeable

Para impedir la filtración de la fase líquida de los relaves hacia el terreno de cimentación, se ha previsto ampliar el recubrimiento impermeable mediante geosintéticos, el cual se instalará sobre la superficie del talud interior del dique perimétrico del Depósito. Dicho recubrimiento impermeable estará constituido por una geomembrana de cloruro de polivinilo (PVC) de 2.0 mm de espesor, la cual se instalará sobre un manto de geotextil no-tejido de 300 gr/m² con la finalidad de proteger a la capa de geomembrana contra el punzonamiento de las partículas del terreno. Los geocompuestos serán anclados en zanjas perimetrales que serán excavadas en la corona del dique perimétrico y en los taludes adyacentes correspondientes al recrecimiento del Depósito.

En el Plano N° 10 se indican los límites en planta de dicha cobertura impermeable. Asimismo, se puede observar en detalle la disposición de los componentes de la cobertura propuesta así como las características de instalación de la misma.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES

4.1 GENERALIDADES

El recrecimiento se emplazará sobre el actual Depósito de Relaves N° 7, entre las cotas 4,218.00 y 4,223.00 msnm y en la cimentación sobre un área aproximada de 47 Has.

El Depósito almacenará un volumen de relaves de 1'745,665.0 m³, procedentes de la operación minera.

4.2 SOFTWARE PARA EL DISEÑO

Slide 5.0, es un software disponible para el análisis de estabilidad de taludes. Este programa en 2D tiene un atractivo CAD (diseño con ayuda del ordenador) basado en la interfaz gráfica con una amplia variedad de modelos y tiene opciones de interpretación de datos que permiten realizar un análisis complejo y rápido.

Usando el programa Slide 5.0, se puede evaluar la estabilidad de falla circular y no circular en taludes de suelos y roca.

Fácilmente se modela la geometría de un talud complejo, se dibuja como se haría en cualquier CAD o importamos una imagen y digitalizamos encima de ella. Los taludes artificiales y naturales con estratos complejos, lentes de arcilla, se planean e incorporan fácilmente. La presa de tierra con el centro complejo y geometrías de pantallas también se planea fácilmente. El intérprete de los datos tiene un conjunto de herramientas que permite el despliegue conveniente de resultados ejemplares. Con el Slide 5.0, se puede muy rápidamente y fácilmente crear un modelo, realizar el análisis de estabilidad, e interpretar los resultados (Fig. 4.1).

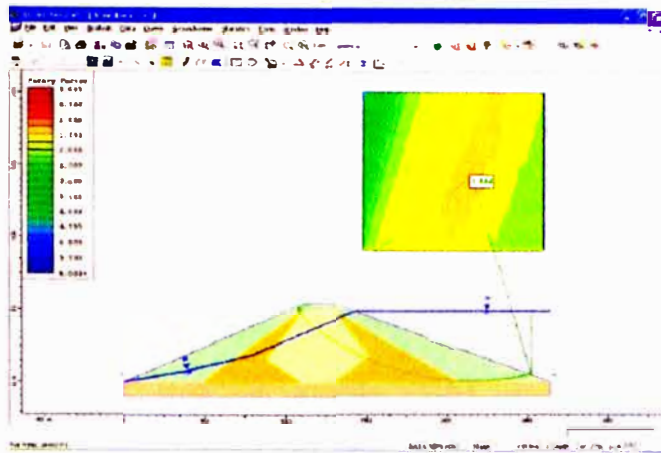


Figura 4.1: Imagen del Slide 5.0.

Slide analiza la estabilidad en superficies de deslizamientos usando métodos de equilibrio límite con rodajas verticales. Analiza superficies de deslizamiento individuales o los métodos pueden ser aplicados para buscar y localizar la superficie del deslizamiento crítico para un talud dado.

Características:

- Métodos de búsqueda de la superficie crítica para superficies de deslizamiento circular o no circular.
- Bishop, Janbu, Spencer, GLE/Morgenstern - Price y otros métodos de análisis.
- Múltiples materiales. Anisotrópicos, materiales no-lineales Mohr-coulomb y otros.
- Agua subterránea a presión, factores R_u , red de presiones de poro, o el análisis de infiltración.
- Carga externa lineal, distribuida o sísmica.
- Soportes, geotextiles, pilotes, análisis de fuerzas de apoyo requeridas.
- Vista de cualquiera o todas las superficies generadas por la búsqueda. Los resultados individuales detallados pueden trazarse para las superficies de deslizamiento.

4.3 MODELAMIENTO GEOTÉCNICO

El diseño geotécnico contempla los siguientes aspectos: geometría, capacidad de almacenamiento, impermeabilización y estabilidad física para condiciones estáticas y pseudo-estáticas.

La integridad del Modelamiento se puede apreciar en las secciones geológicas-geotécnicas y las secciones de diseño (Fig. 4.2), ambos aspectos se plasman en el modelo de cálculo (secciones 1-1', 2-2' 3-3' y 4-4') correspondientes al análisis de estabilidad que se aprecia en el Anexo N° 7.

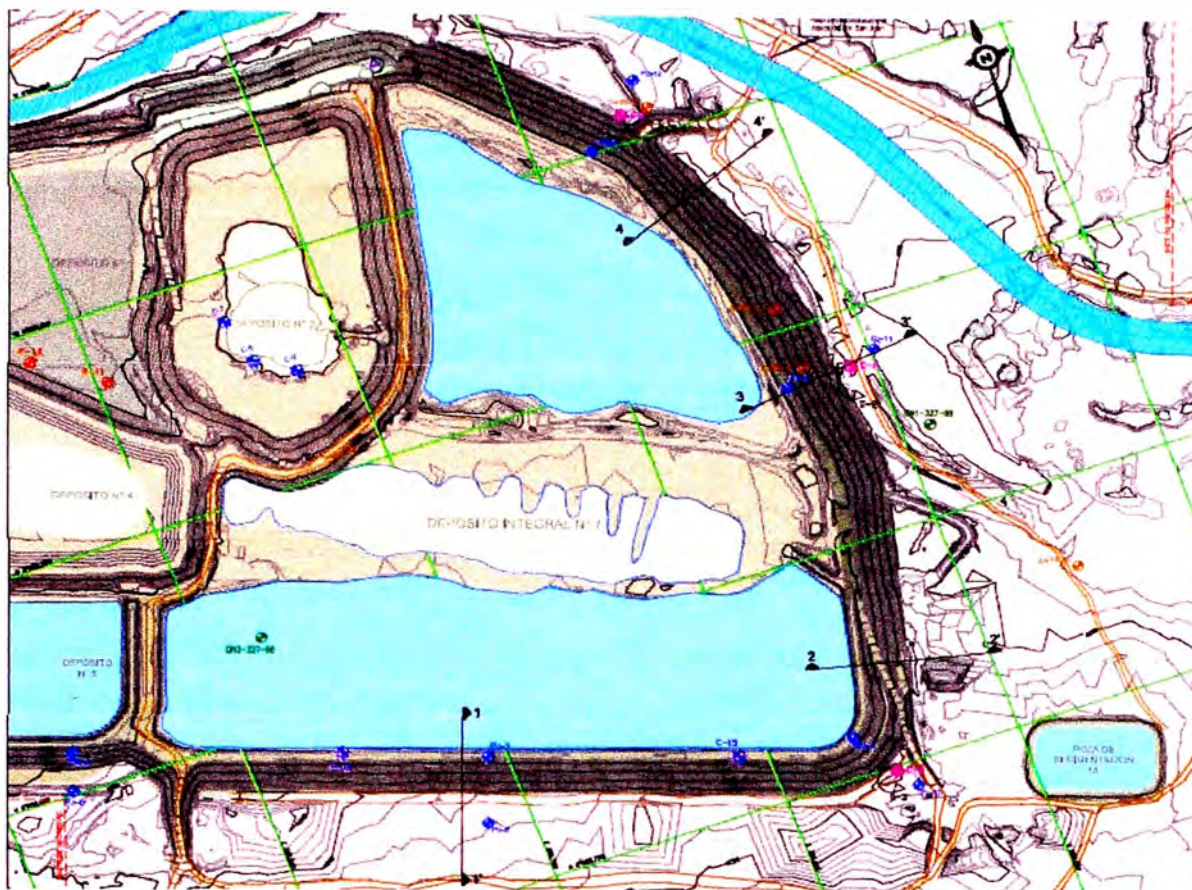


Figura 4.2: Ubicación en planta de las secciones típicas para los análisis de estabilidad.

4.4 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA

4.4.1 Metodología

La evaluación de la estabilidad física de dique perimétrico, se ha llevado a cabo para las condiciones de análisis estático y pseudo-estático de la geometría propuesta, el cual contempla las siguientes condiciones:

- El análisis estático evalúa la estabilidad del dique en condiciones normales, donde las únicas fuerzas desequilibrantes son el peso propio del material y las presiones de poros presentes en el cuerpo del dique.

- El análisis pseudo-estático, representa 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) que permite la visualización gráfica de las superficies potenciales de falla.

4.4.2 Geometría y Secciones de Análisis

De acuerdo a la configuración general del proyecto el Depósito de Relaves N° 7 tendrá una altura máxima de 34 m desde su cimentación. Dicha geometría del depósito se muestra en detalle en el Anexo 7.

Para evaluar las condiciones de estabilidad se han seleccionado cuatro secciones representativas con taludes acordes al tipo de material usado, denominadas 1-1', 2-2', 3-3' y 4-4', tanto desde el punto de vista de su geometría interna como por su ubicación en planta (Fig. 4.3 al 4.6). En el Plano 06 se presentan dichas secciones de análisis.

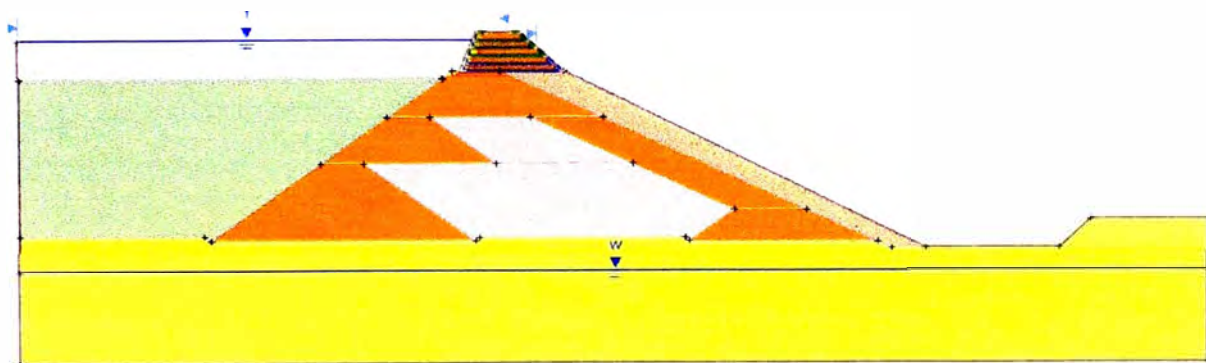


Figura 4.3: Modelo geotécnico – Sección 1-1'

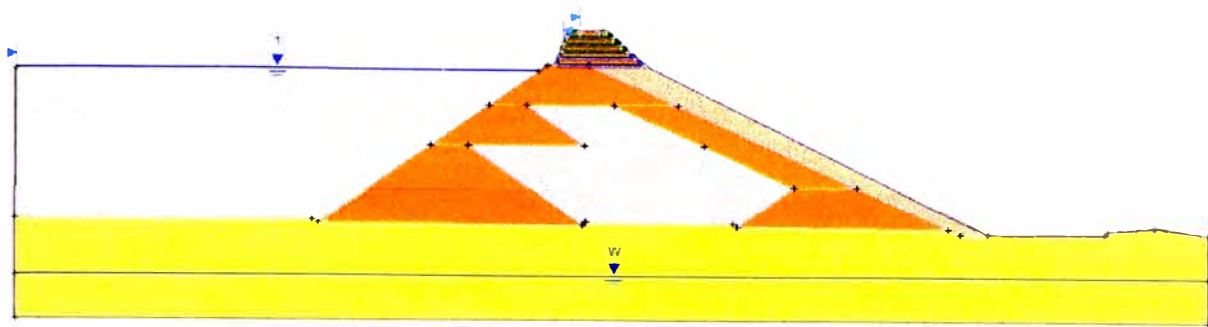


Figura 4.4: Modelo geotécnico – Sección 2-2'

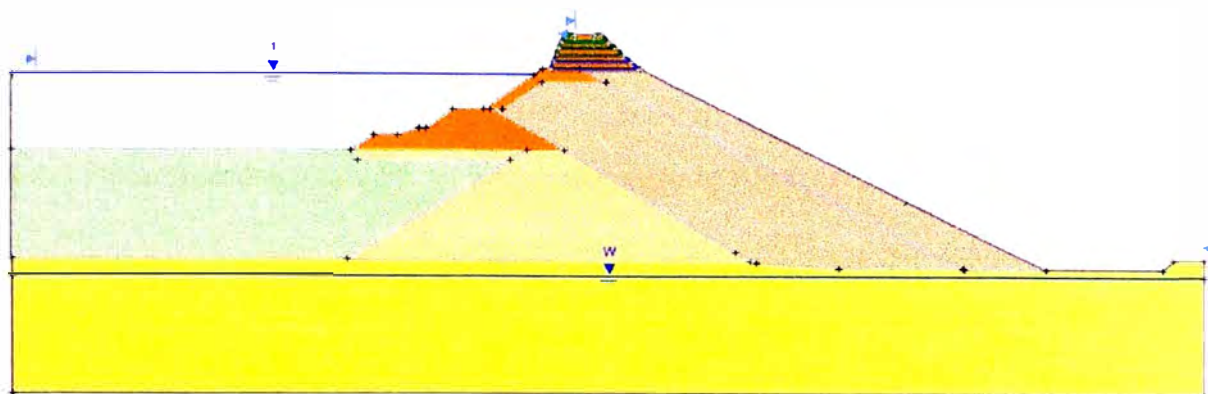


Figura 4.5: Modelo geotécnico – Sección 3-3'

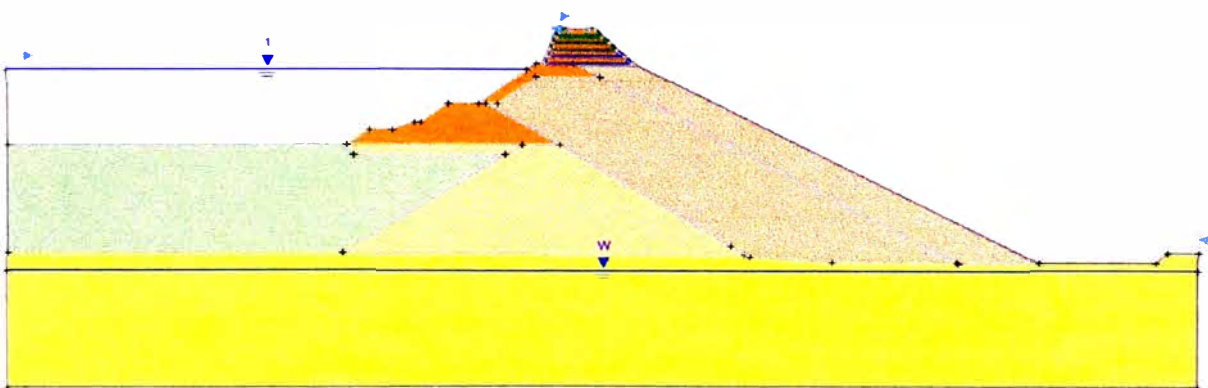


Figura 4.6: Modelo geotécnico – Sección 4-4'

4.4.3 Aceleración Sísmica de Diseño

De acuerdo a lo descrito, la aceleración sísmica de diseño recomendada para el análisis de estabilidad es de 0.15g, valor que equivale a 2/3 de la aceleración máxima (0.22g) correspondiente a un sismo con una probabilidad excedencia de 10 % en 50 años de exposición y para un sismo con periodo de retomo de 500 años.

4.4.4 Nivel Freático

En base a la cercanía del cauce del río San Juan, a los registros de las perforaciones desarrolladas por GWI en mayo de 2009 y a las calicatas recientes en el área del proyecto, así como a las condiciones geotécnicas y geométricas de la cimentación, se ha asumido un nivel freático muy conservador para realizar el análisis de estabilidad, el cual representa la condición *más* desfavorable para dicho depósito. Y como el desmonte de mina se colocará en seco, no existe la posibilidad que se origine una napa freática al interior del mismo. En el Anexo 7 se muestra la posición de la napa freática asumida para cada caso.

4.4.5 Propiedades Físicas y Mecánicas de los Materiales

La caracterización geotécnica de los materiales involucrados en el análisis de estabilidad de los Depósitos de Relaves ha sido efectuada sobre la base de los resultados de los ensayos de laboratorio, las investigaciones in-situ y la revisión de la información existente, de donde se estimaron valores de las propiedades físicas y mecánicas de cada uno de los materiales que intervienen en este análisis, que se presentan en el Cuadro 4.1 y Cuadro 4.2.

Cuadro 4.1: Propiedades Físicas y Mecánicas de los Materiales

Material	Peso Unitario (kN/m ³)		Angulo de Fricción Interna (Grados)	Cohesión (kPa)	
	Natural	Saturado			
1	Deposito futuro de relave fino, muy blando a blando	14	15	0	15
2	Deposito existente de relave fino, blando a medianamente compacto	15	16	5	16
3	Dique de relave grueso (SM), medianamente denso a suelto	17.4	18.5	32	0
4	Dique de grava bien gradada con arcilla y arena, medianamente densa	20	21	34	5
5	Dique de grava bien gradada con arcilla y arena, densa	21.77	22.77	37	25
6	Suelo de cimentación. Grava arenosa, densa	20	21	36	20
7	Relleno (desmante de Mina) Grava densa	21.58	22.58	41*	0*

** Debido a las dimensiones de las partículas de suelo (desmante de mina), resulta imposible llevar a cabo evaluaciones mediante ensayos triaxiales disponibles en el Perú. Sin embargo, es posible estimar las propiedades para este tipo de materiales mediante procedimientos y estudios reconocidos mundialmente. (Cuadro 2.7)

Cuadro 4.2: Factor de reducción empleados para calcular la resistencia a la tensión de diseño de las geomallas de HDPE.

Geomalla	Resistencia a la tracción (kN/m)		T diseño
	T _{ult}	FR _{global}	
R1	90	2	45
R2	60	2	30

Los factores de reducción empleados para el cálculo de la resistencia a la tensión a largo plazo (LTDS) de las geomallas están basados en las recomendaciones de AASHTO a través del manual FHWA – NHI – 00 – 043.

4.4.6 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 el Cuadro 4.3 siguiente:

Cuadro 4.3: 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

5.5.7 Resultados del Análisis de Estabilidad Física

Los resultados obtenidos en los análisis de estabilidad para la condición de diseño final se resumen en el Cuadro 4.4 y las Figuras 4.7 al 4.22, mientras que el detalle de los mismos se presenta en el Anexo N° 7 de este informe.

Cuadro 4.4: Resumen de los Factores de Seguridad Obtenidos

Sección Típica de Análisis	ESTADO	Factor de Seguridad	
		Estático	Pseudo-Estático
1-1'	Aguas Arriba	2.74	1.49
	Aguas Abajo	1.72	1.25
2-2'	Aguas Arriba	2.74	1.49
	Aguas Abajo	1.72	1.24
3-3'	Aguas Arriba	2.70	1.21
	Aguas Abajo	1.77	1.30
4-4'	Aguas Arriba	2.70	1.21
	Aguas Abajo	1.76	1.29

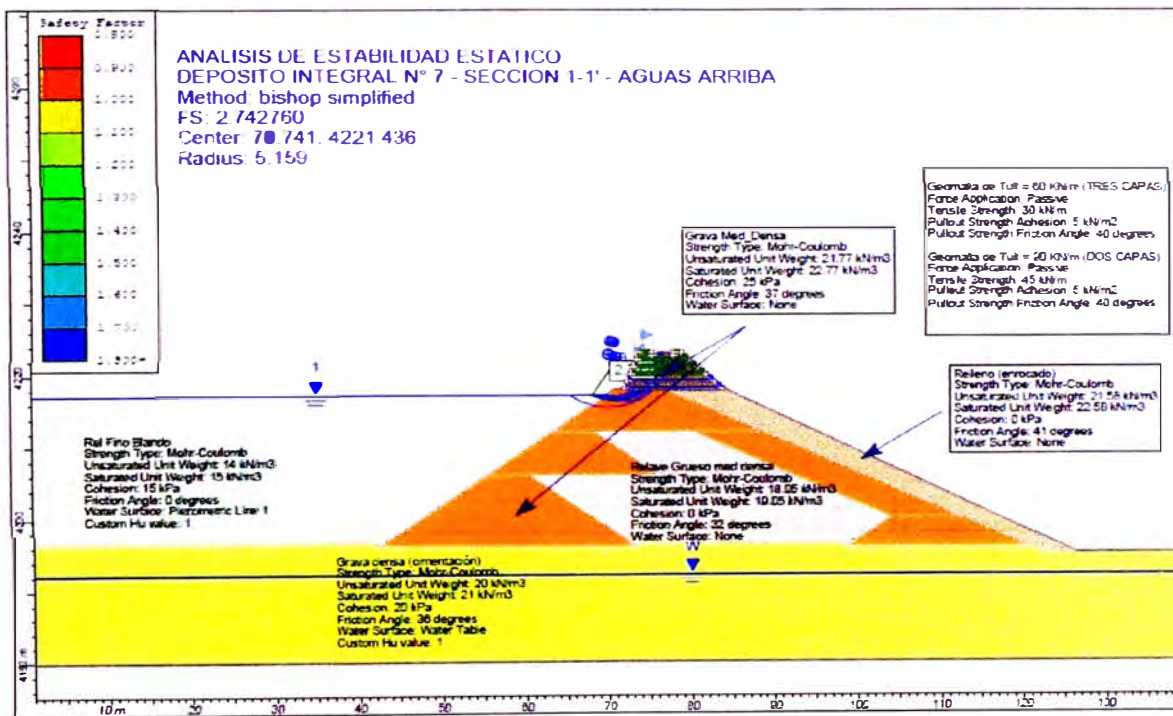


Figura 4.7: Análisis Estático – Aguas Arriba - Sección 1-1'

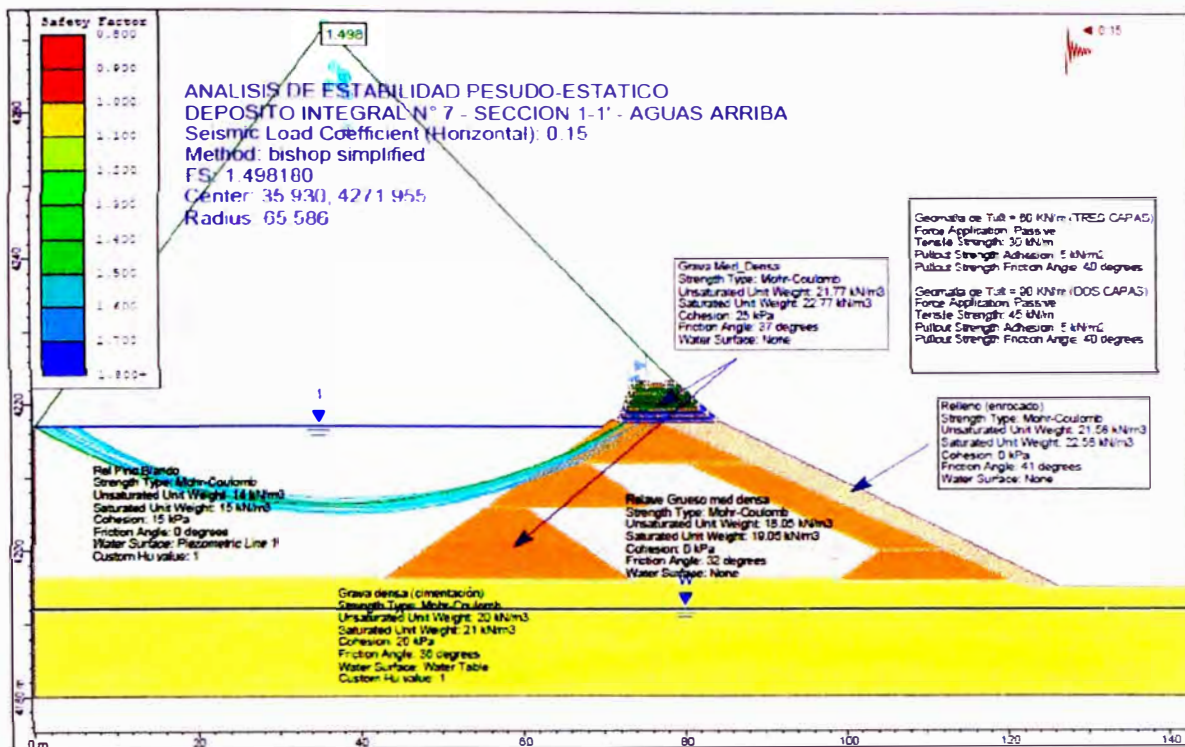


Figura 4.8: Análisis Pseudo Estático – Aguas Arriba - Sección 1-1'

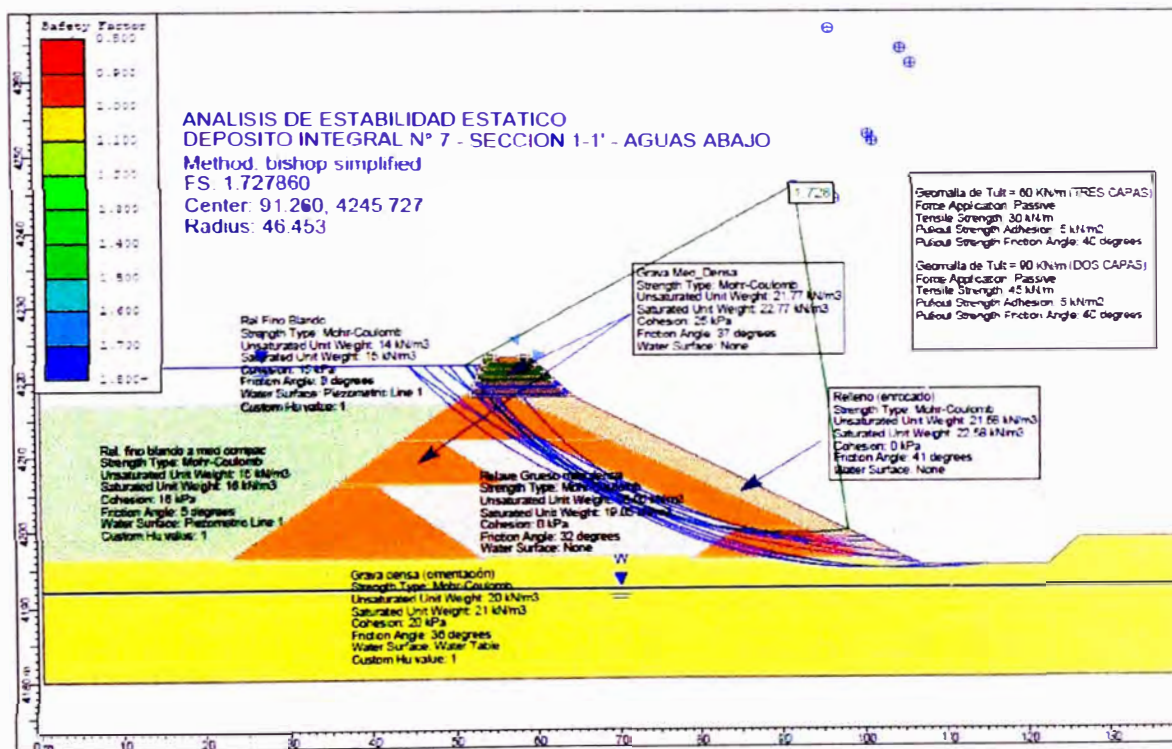


Figura 4.9: Análisis Estático – Aguas Abajo - Sección 1-1'

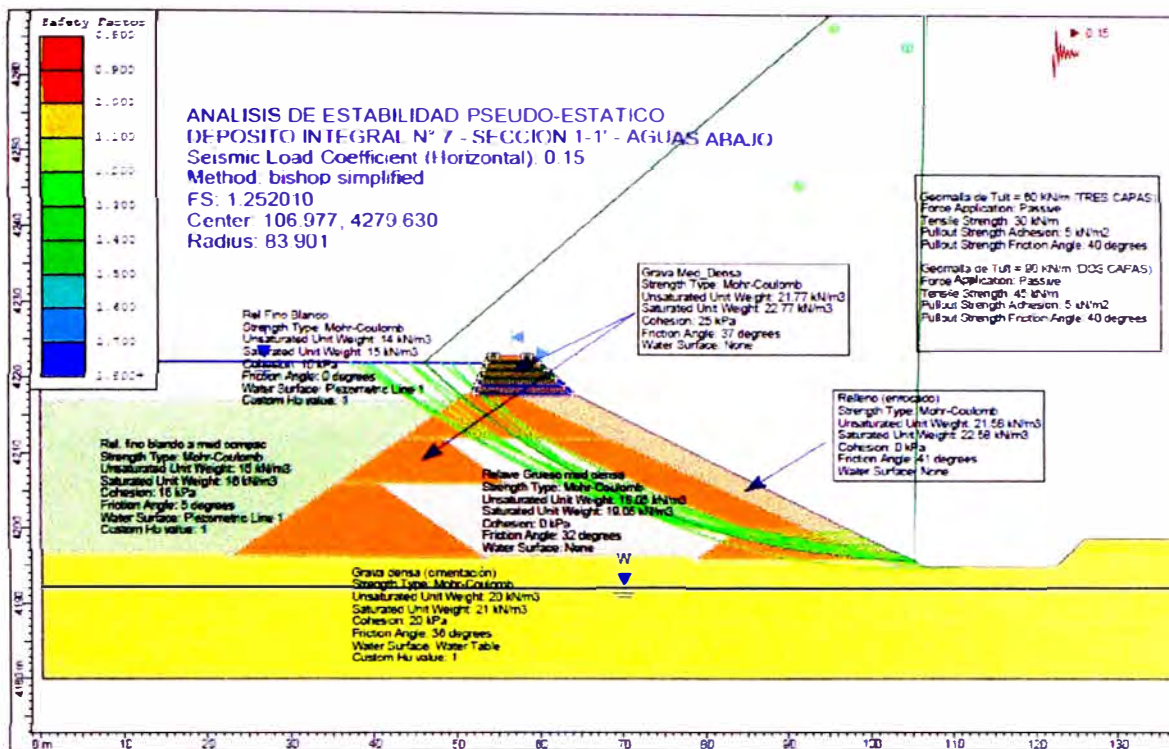


Figura 4.10: Análisis Pseudo Estático – Aguas Abajo - Sección 1-1'

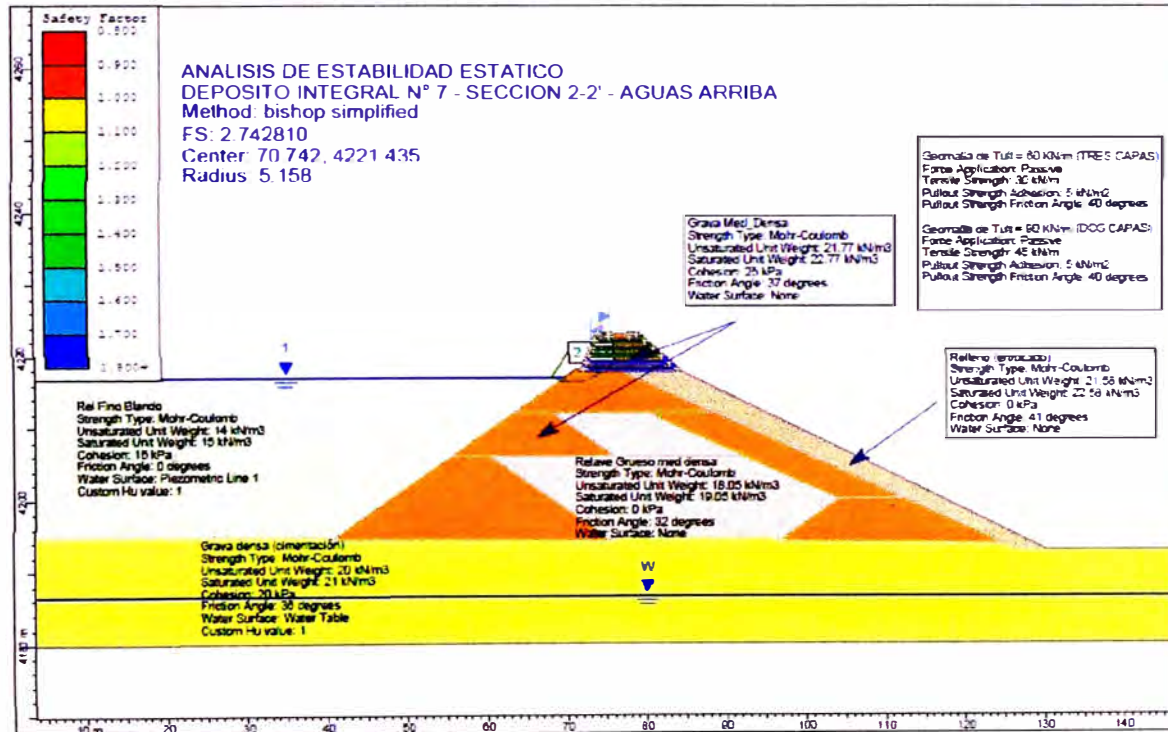


Figura 4.11: Análisis Estático – Aguas Arriba - Sección 2-2'

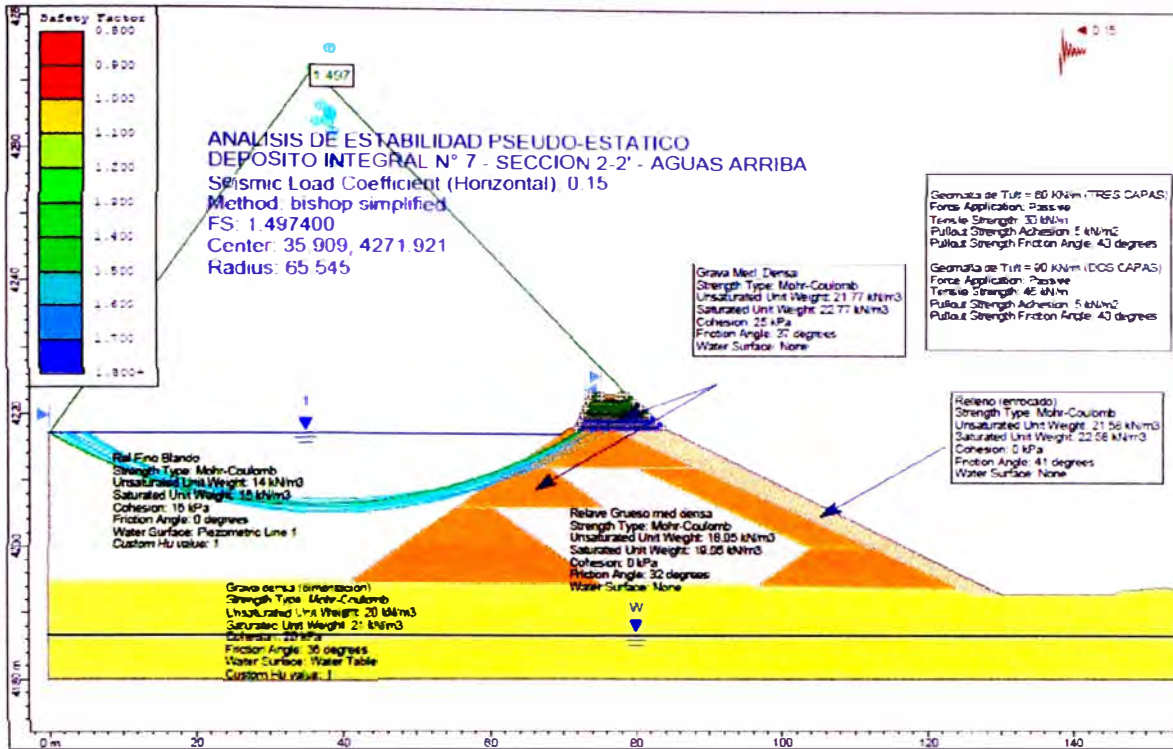


Figura 4.12: Análisis Pseudo Estático – Aguas Arriba - Sección 2-2'

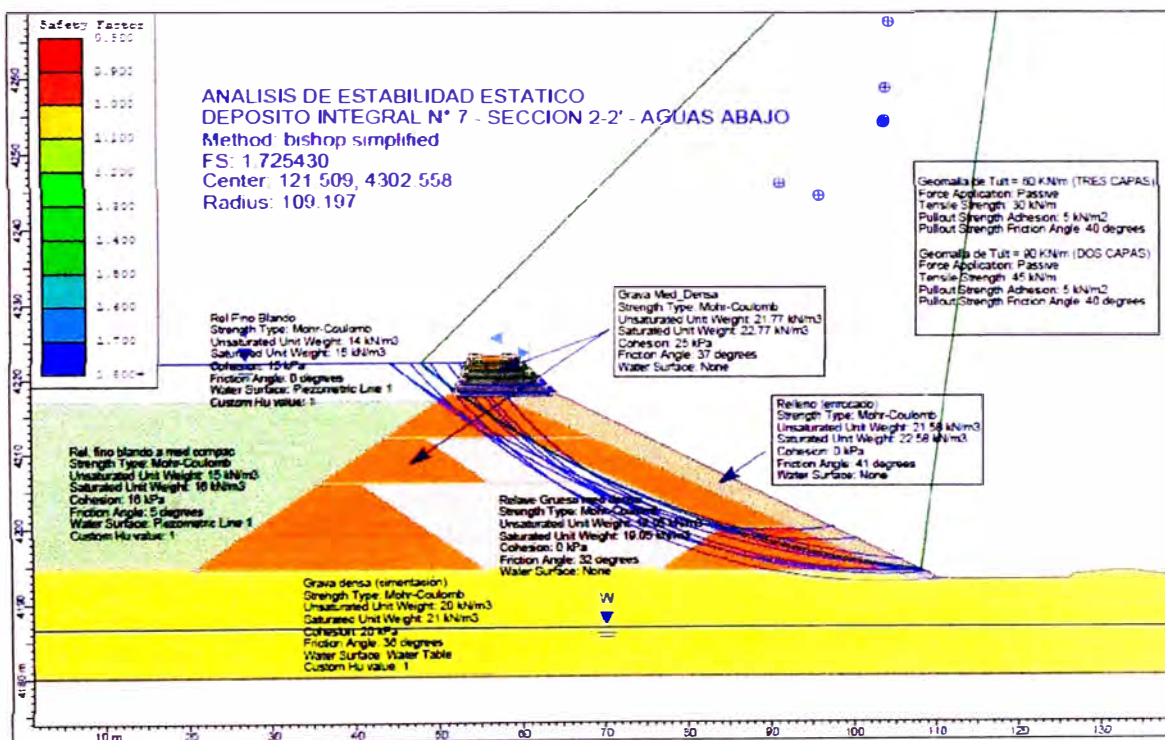


Figura 4.13: Análisis Estático – Aguas Abajo - Sección 2-2'

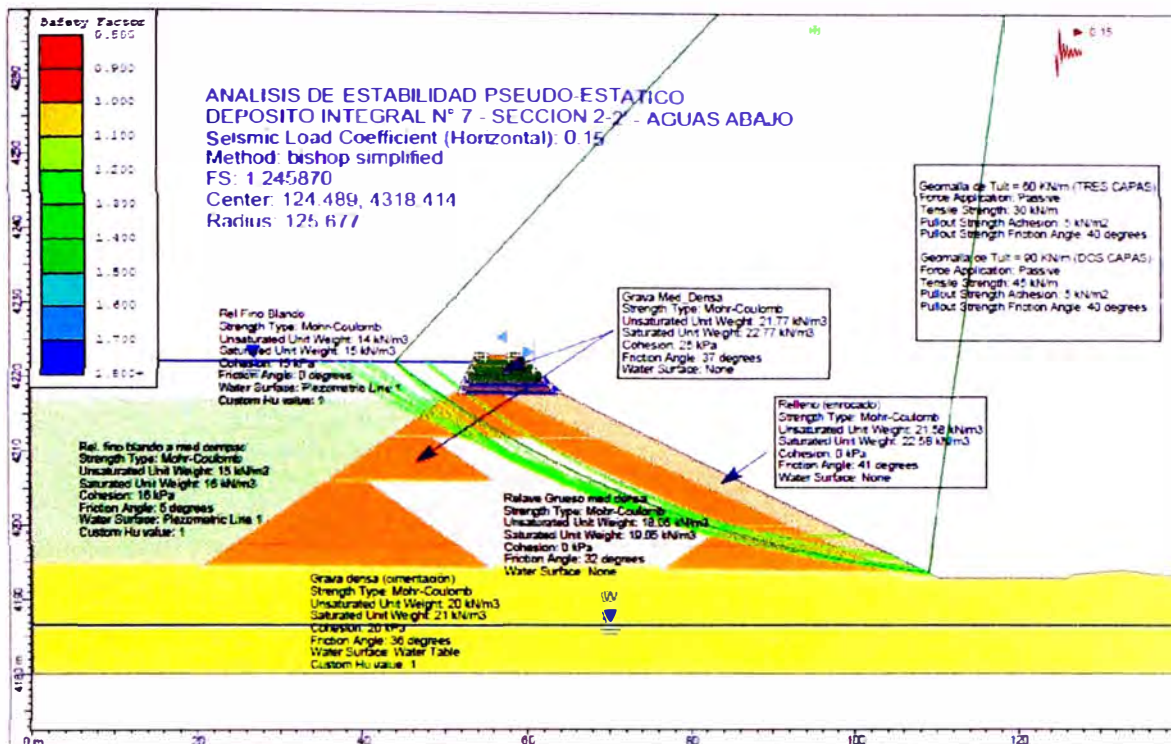


Figura 4.14: Análisis Pseudo Estático – Aguas Abajo - Sección 2-2'

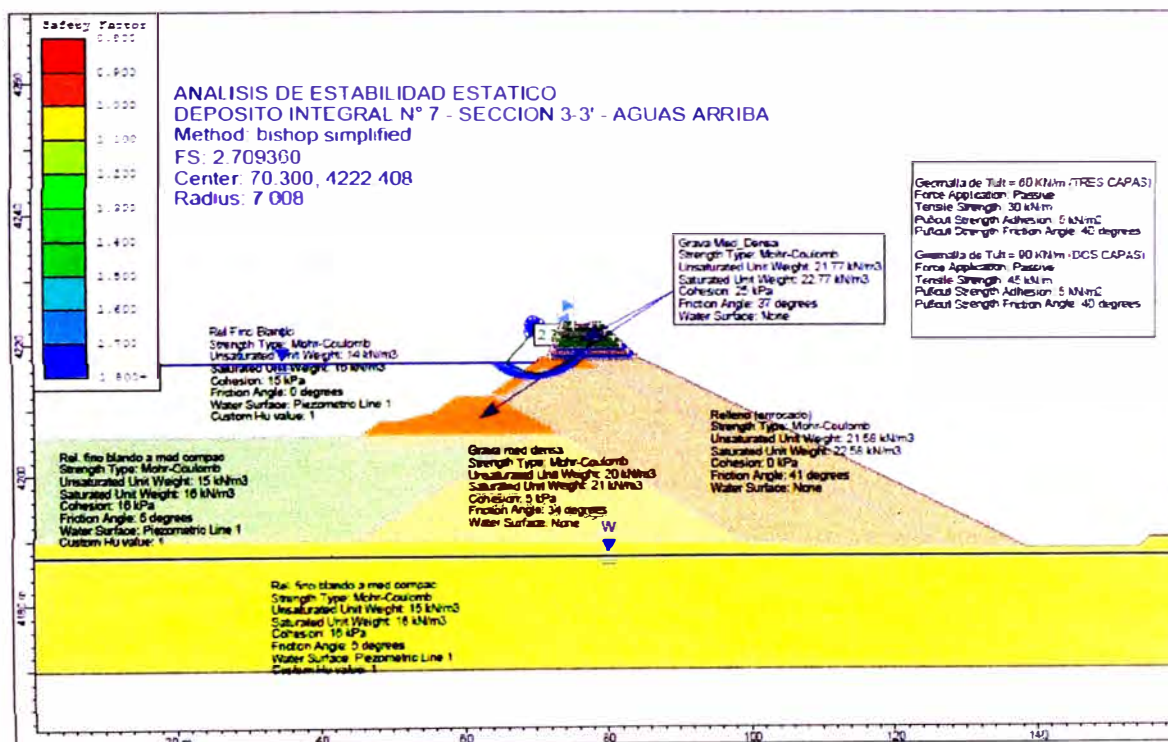


Figura 4.15: Análisis Estático – Aguas Arriba - Sección 3-3'

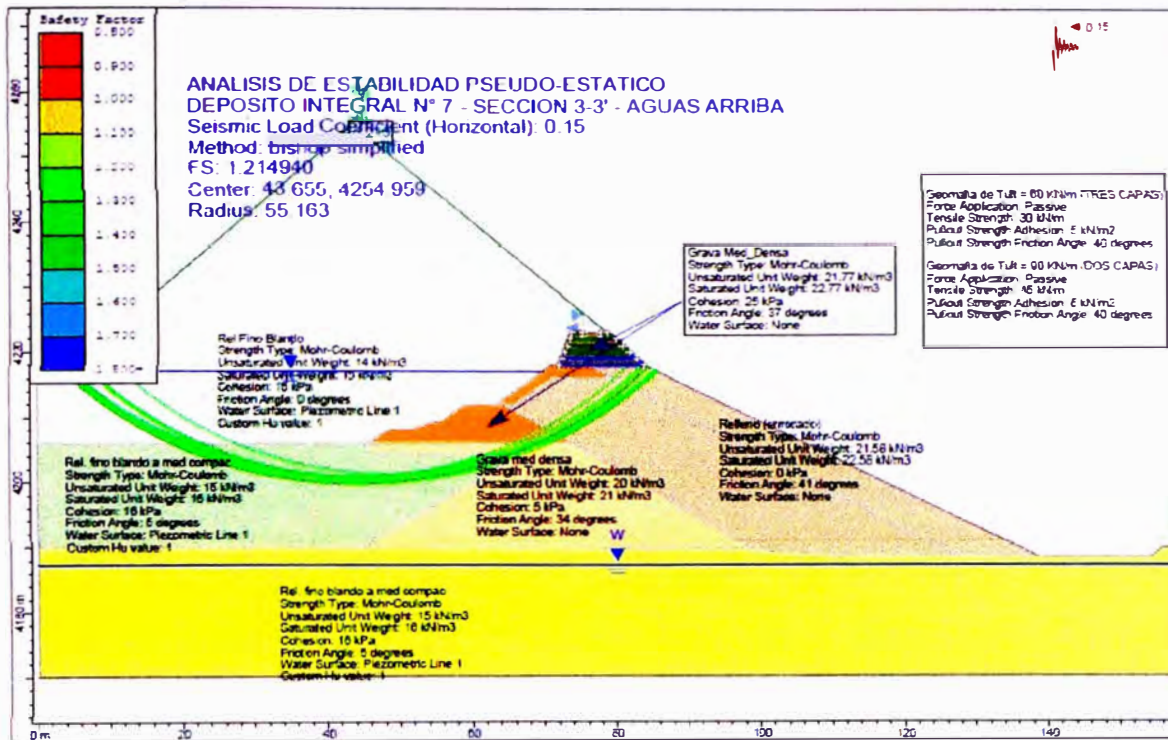


Figura 4.16: Análisis Pseudo Estático – Aguas Arriba - Sección 3-3'

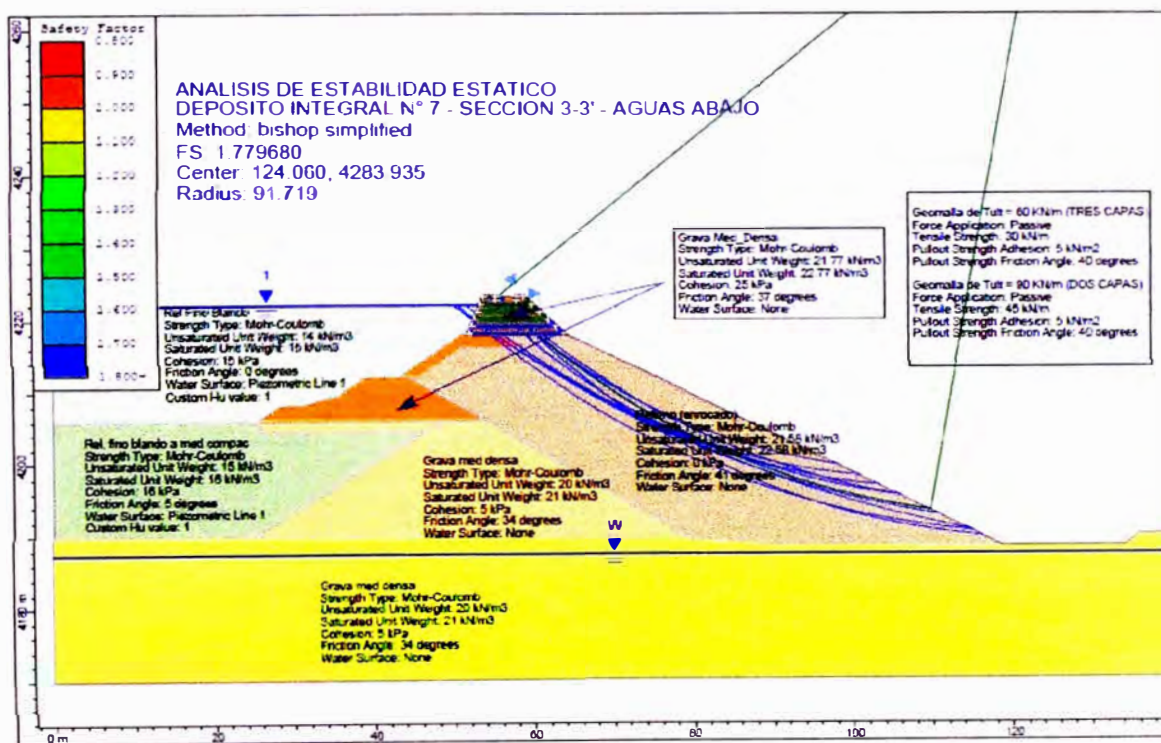


Figura 4.17: Análisis Estático – Aguas Abajo - Sección 3-3'

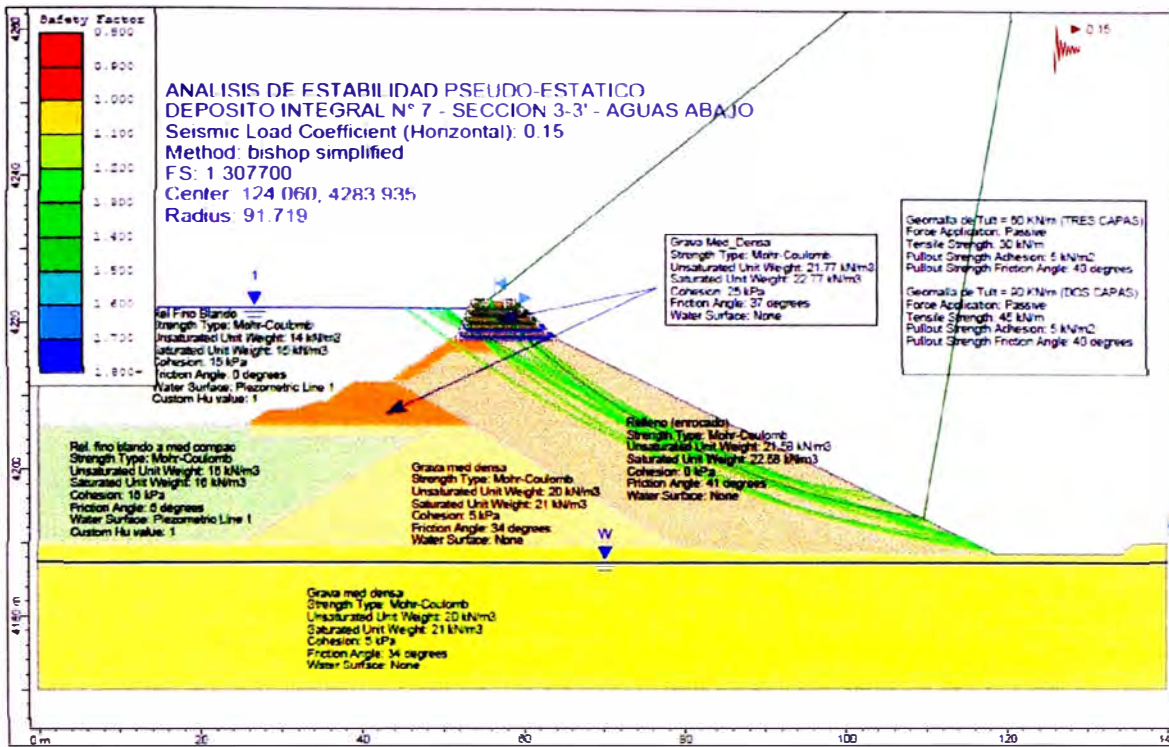


Figura 4.18: Análisis Pseudo Estático – Aguas Abajo - Sección 3-3'

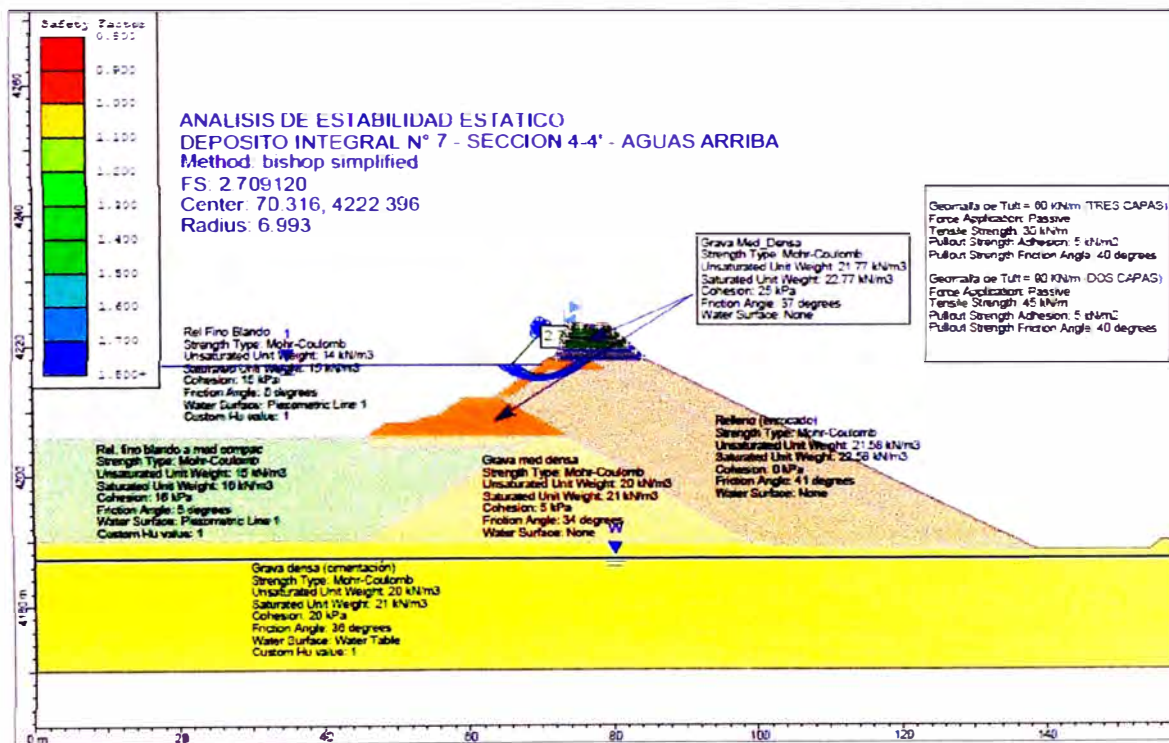


Figura 4.19: Análisis Estático – Aguas Arriba - Sección 4-4'

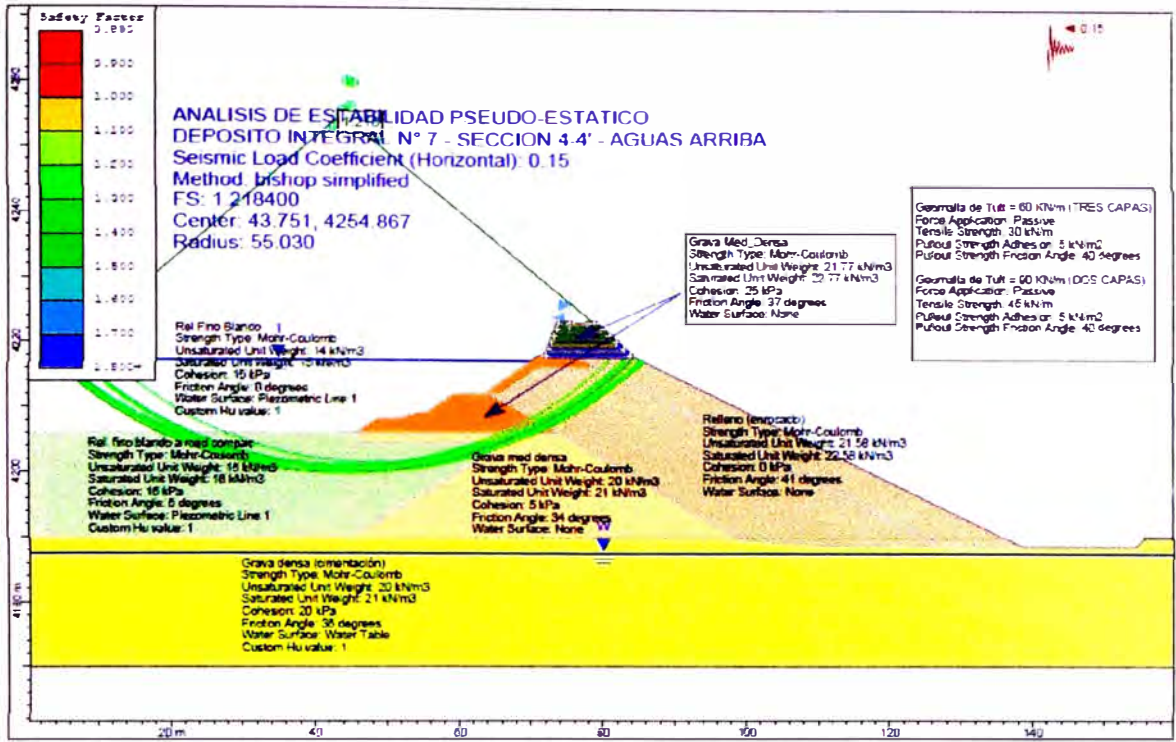


Figura 4.20: Análisis Pseudo Estático – Aguas Arriba - Sección 4-4'

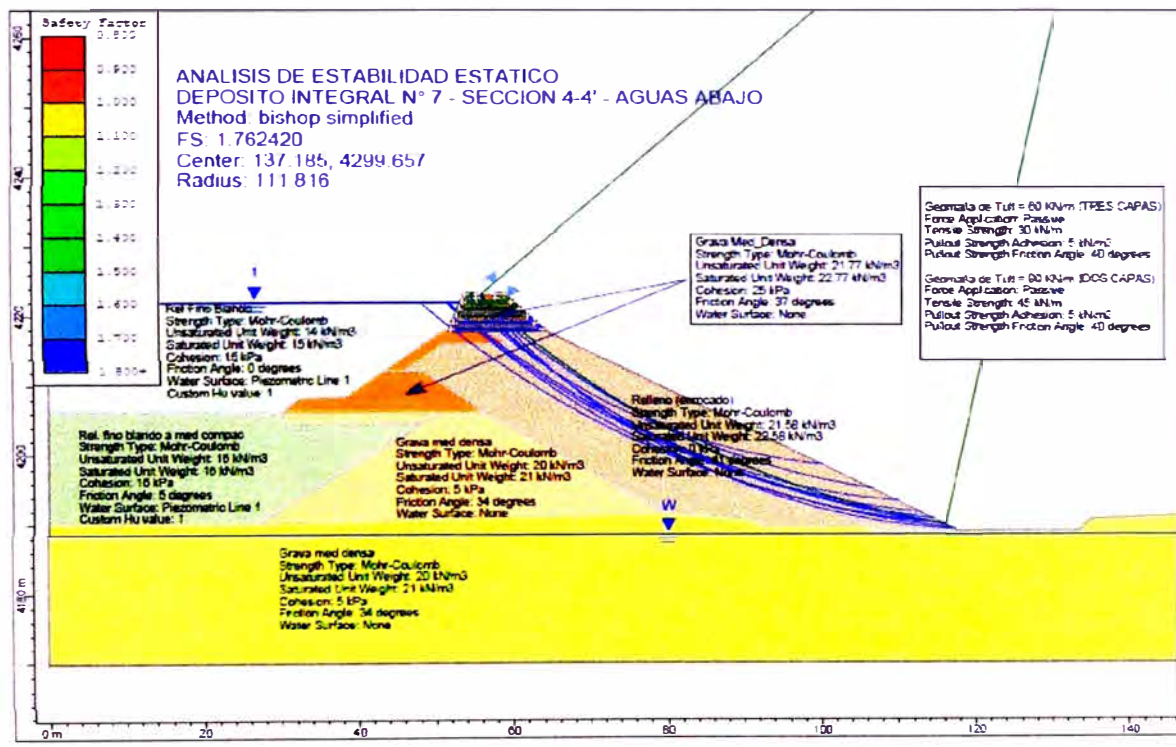


Figura 4.21: Análisis Estático – Aguas Abajo - Sección 4-4'

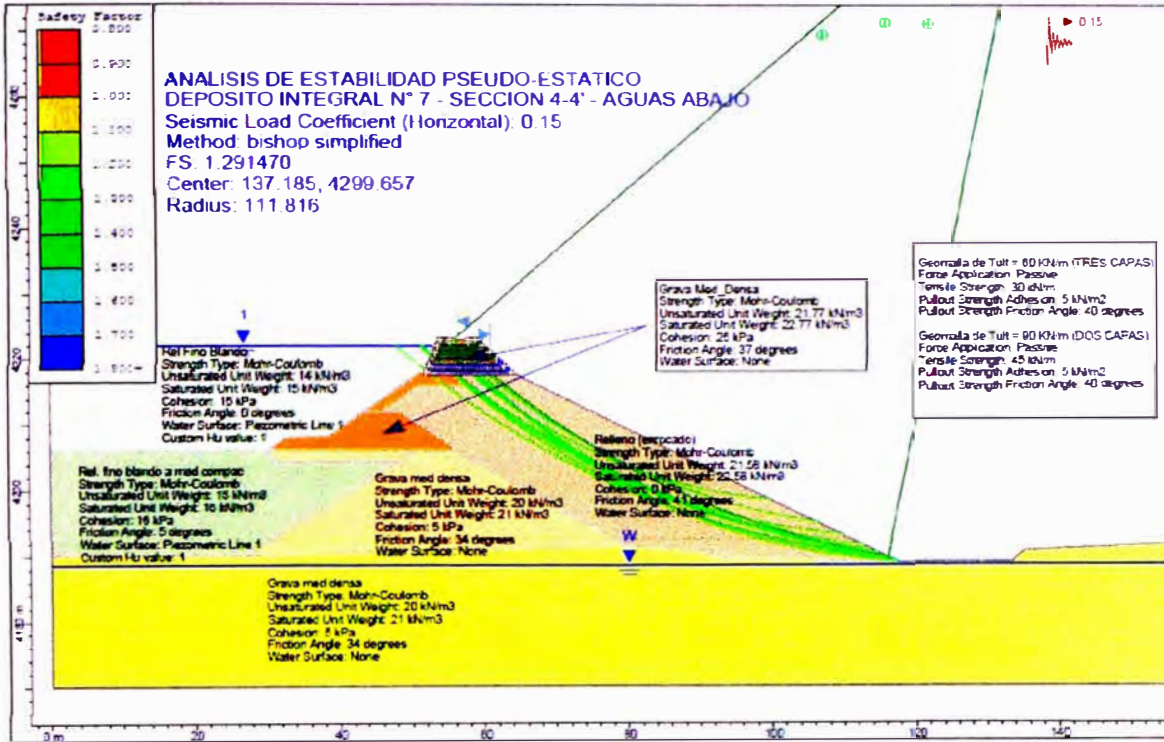


Figura 4.22: Análisis Pseudo Estático – Aguas Abajo - Sección 4-4'

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- El re-crecimiento del Depósito de Relaves utilizando suelo reforzado con geomallas sobre la cresta del dique incrementa la capacidad del depósito, reduce el área ocupada y disminuye los volúmenes de relleno.
- La estabilidad física y química del depósito de relaves se ve garantizada mediante un sistema de revestimiento con geomembranas, el cual reduce las filtraciones dentro del cuerpo del dique.
- Los resultados de los factores de seguridad obtenidos, tanto para una condición estática, pseudo-estática del dique perimétrico del Depósito Relave, los resultados son todos mayores que los mínimos exigidos por el MEM vigente, lo que permite concluir que para la condición estática, y pseudo-estática, dicha estructura es físicamente estable.
- Se puede concluir (análisis Geoquímicos) que los desmontes no son generadores de acidez, por lo que su utilización como material de préstamo para la construcción es adecuada y garantiza su estabilidad química.
- En el diseño de Taludes de suelo reforzado (RSS) con Geomallas, se puede verificar que los elementos de refuerzo (Geomallas) están afectados por numerosos factores de reducción, los cuales reducen significativamente su resistencia a la tracción en un 50%, lo cual genera un mayor factor de seguridad para la estructura. Los factores de reducción de resistencia no son otra cosa más que factores de incertidumbre, es por ello que los refuerzos (Geomallas) se encuentran más afectados por estos, ya que es muy difícil prever su comportamiento a largo plazo.
- Los diseños se realizaron teniendo en cuenta los distintos factores a los cuales la estructura estará sometida durante su vida útil tales como las consideraciones del tipo de suelo, topografía, sismo, sobrecargas, etc.

5.2 RECOMENDACIONES

Antes del extendido de la geomalla, se saneará y preparará el terreno hasta lograr una superficie de asiento uniforme y consistente.

La geomalla debe ser químicamente inerte, debe ofrecer una gran resistencia a la degradación causada por los rayos ultravioleta, y una óptima interacción en todo tipo de terreno.

Se deberá evitar en todo momento el contacto directo de los equipos mecánicos con las geomallas; y verificar tanto que, las propiedades del relleno satisfagan las especificaciones,

La geomalla deberá ser desenrollada por partes y en la dirección de instalación como se indica en los planos. La parte libre de la geomalla deberá ser fijada por estacas o pesos en la posición exacta prevista en el diseño. Se desenrolla entonces cuidadosamente la parte restante asegurándose que no se formen ondulaciones (no se deberá lanzar el relleno sobre la geomalla con ondulaciones).

La colocación del geotextil deberá realizarse sobre una superficie previamente preparada, emparejada, compactada si es posible, y libre de materiales punzocortantes. El geotextil deberá colocarse cuidadosamente sin arrugas ni pliegues y no se permitirá el tránsito de maquinaria ni vehículos sobre la tela.

BIBLIOGRAFÍA

- Braja M. Das, "Principio de Ingeniería de Cimentaciones". Editorial Thomson, 4° edición.
- Cariapaza Nayhua, Oscar, "Mejoramiento de la Carretera Cañete – Yauyos del km 57+900 al km 58+200 Diseño de Suelo Reforzado". Informe de Suficiencia para Obtener el Título Profesional, FIC-UNI. Lima, Perú, 2008.
- Guevara Peralta, Freddy, "Recrecimiento de Deposito de Relaves Utilizando Muros de Suelo Reforzado con Geomalla". Informe de Competencia Profesional para obtener el Título Profesional_FIC-UNI. Lima, Perú, 2009.
- KOERNER, R.M., Designing with Geosynthetics, Prentice-Hall Inc., 4rd Ed., New Jersey - USA, 1994.
- VIDAL, D., Os geosintéticos e suas principais aplicações. Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2002, Brasil.
- JEWELL, R.A., Strength and deformation in reinforced soil design. Geotextile, geomembranes, 1992, USA.
- JONES, C. J. F. P. Earth reinforcement and soil structures, Thomas Telford, 1996, Inglaterra.
- ELIAS, V., CHRISTOPHER, B.R., and BERG, R.R, Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes – Design and Construction Guidelines, Federal Highway Administration, 2001, USA.
- ABRAMENTO, M. Geossintéticos em estruturas de contenção e taludesingremes. Curso de aplicações de Geossinteticos em Geotecnia e Meio Ambiente. Instituto de Engenharia, São Paulo, 32pp, 1998, Brasil.

ANEXOS

PLANOS GENERALES

- Plano 1. Ubicación del Proyecto
- Plano 2. Levantamiento Topográfico
- Plano 3. Geología de Superficie y Ubicación de Sondeos
- Plano 4. Secciones Geológicas – Geotécnicas

PLANOS DE DETALLE

- Plano 5. Arreglo General del Recrecimiento del Depósito Integral N° 7
- Plano 6. Recrecimiento del Depósito Integral N° 7 – Fase 1A
- Plano 7. Recrecimiento del Depósito Integral N° 7 – Fase 1B
- Plano 8. Secciones Transversales Típicas y Detalles
- Plano 9. Rampa de Acceso – Planta, perfil Longitudinal y Sección Típica
- Plano 10. Impermeabilización – Planta, Sección Típica y Detalles
- Plano 11. Instrumentación de Monitoreo – Planta y Detalles

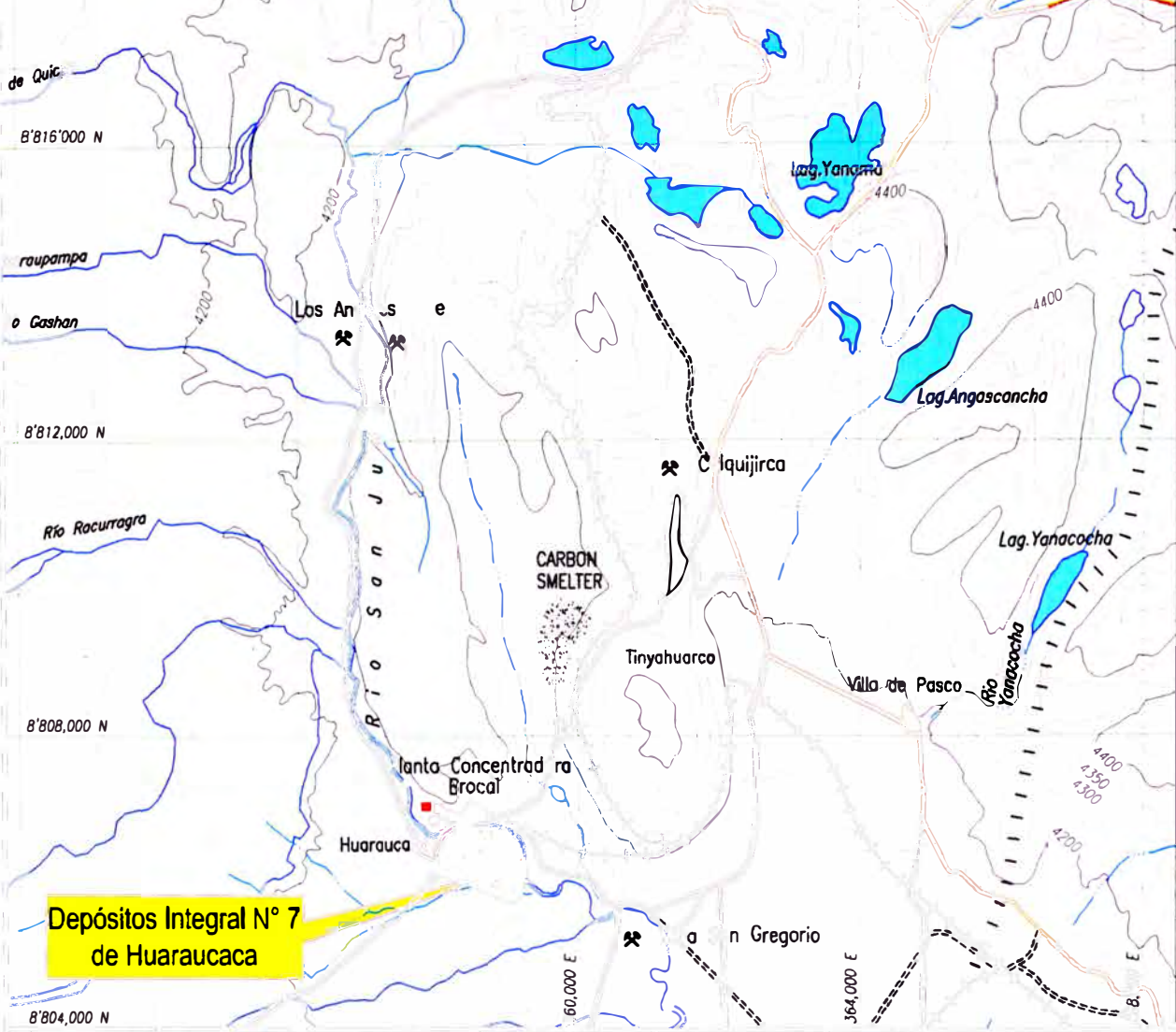
ANEXOS DE INFORME

- Anexo 1: Perfil Estratigráfico de Sondeos
- Anexo 2: Perfil Estratigráfico de Calicatas
- Anexo 3: Registro de Piezómetros de Tubo Abierto
- Anexo 4: Resultados de Ensayos de Densidad In-situ
- Anexo 5: Resultados de Ensayos de laboratorio
- Anexo 6: Resultados de Ensayos Geoquímicos
- Anexo 7: Resultados del Análisis de Estabilidad Física
- Anexo 8: Álbum Fotográfico

ANEXO

PLANOS GENERALES

SAN ANTONIO DE RANCAS



CERRO DE PASCO



UBICACION S/E



REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DEBIDO POR	DISEÑO POR	REV. DISEÑO	REV. DISEÑO
0	EMITIDO PARA REVISION DE INFORME FINAL	FEB-2011	V.A	S.V.S.	S.V.S.	S.V.S.

SOCIEDAD MINERA "EL BROCAL" S.A.
UNIDAD
MINA COLOQUIJRCA

INGENIERIA DE DETALLE PARA EL RECRECIMIENTO DEL DEPOSITO INTEGRAL N° 7 DE HUARAUCACA

INGENIEROS S.A.C.

PLANO: UBICACIÓN DEL PROYECTO

ESCALA: Indicadas

PROYECTO N°: 1-M-057-023

PLANO N°: 01

REVISI N°: 0

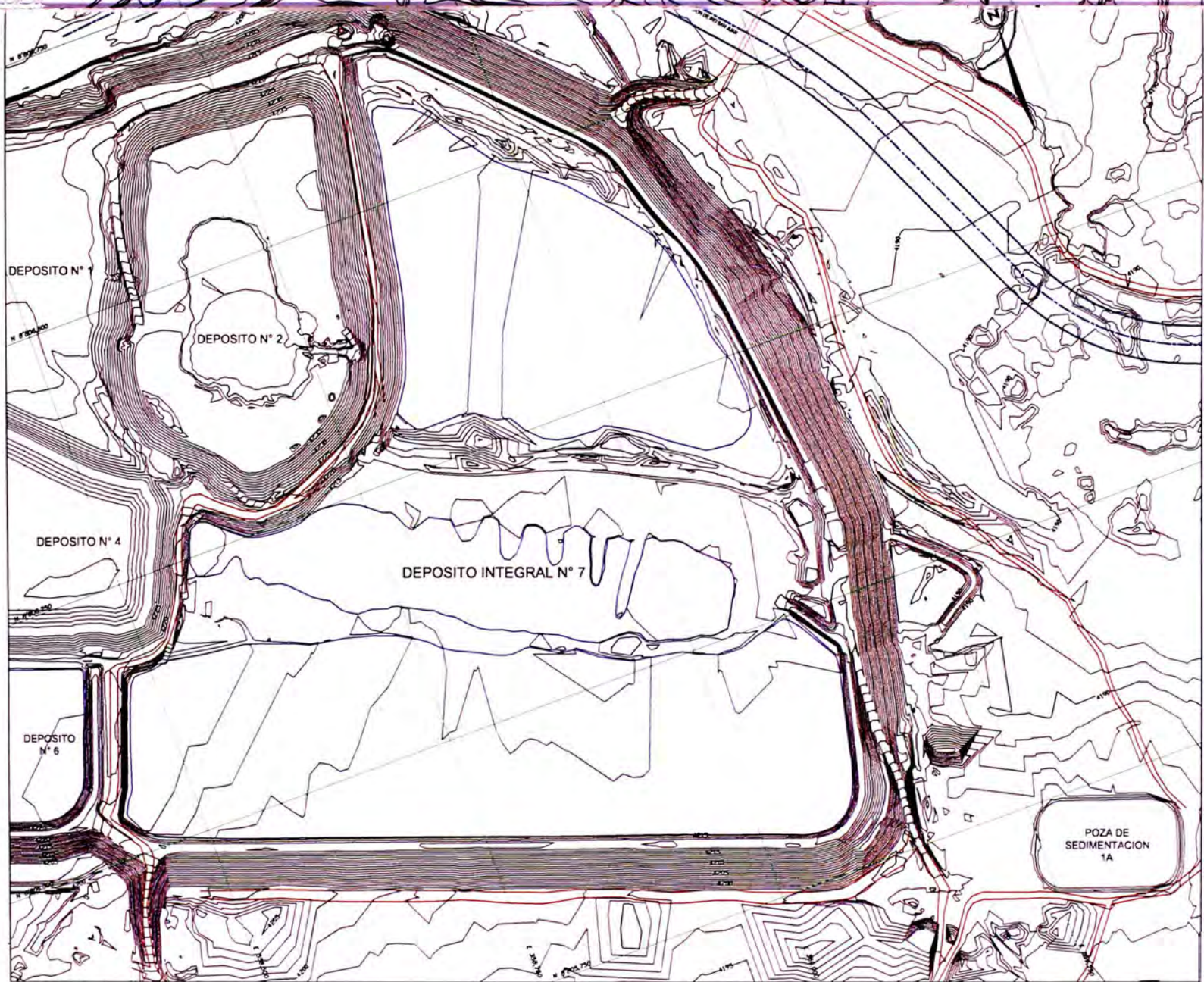
ARCHIVO CAD: 114057023-01.dwg

LEYENDA

	CLAVIA DE NIVEL PRINCIPAL, COTA 3 m
	CLAVIA DE NIVEL SECUNDARIA, COTA 1 m
	ACCESOS EXISTENTES
	ESPALDA DE AGUA EXISTENTE
	ESTACION TOPOGRAFICA

CUADRO DE UBICACION DE ESTACIONES TOPOGRAFICAS

ESTACION	ELEVACION	COORDENADAS X	COORDENADAS Y
P1	2588.77	483431.10	621723



0 100 200 m
ESCALA GRAFICA 1:2.000

NOTA:
El levantamiento topográfico se realizó de acuerdo a la Ley N° 28111, D. SUPLENTE N° 01 del 2011, D. SUPLENTE N° 02 del 2011 y D. SUPLENTE N° 03 del 2011, del Sistema de Coordinación Planimétrica.

NO.	FECHA	DESCRIPCION	ELABORADO	REVISADO	APROBADO	OTRO
1	11 FEB 11	LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO	SVS	SVS	SVS	
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

	PROYECTO: INGENIERIA DE DETALLE PARA EL RECRECIMIENTO DEL DEPOSITO INTEGRAL N° 7 DE HUARAUCACA		
	PLAN: LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO		
	ESCALA: 1:2.000	PROYECTO N°: 1-AJ-057-023	PLAN N°: 02

Plano preliminar de detalle
Cauce de riego "San Juan"

CUADRO DE UBICACION DE SONDEOS

LEYENDA

- ACCESO EXISTENTES
- - - LIMITE DE PROPIEDAD
- SECCION GEOLOGICA - GEOLOGICA
- PERFORACION 2005
- PERFORACION 1998
- P-11 PERFORACION CON SPL 2008
- C-15 PERFORACION CALCICAS 2008
- C-7 CALCICAS 2009
- C-1 CALCICAS 2010
- PZ-12 PIEZOMETRO INSTALADO 2009
- D-2 LUGAR DE MUESTRA 1:5 - 2010
- ESPEJO DE AGUA EN POZA
- RO SAN JUAN

CUADRO DE UBICACION DE SONDEOS

AÑO	SONDEO	ESTE	NORTE	COTA
1998	OH-17	28275.17	8826103.38	4192.80
1998	OH-11	28259.68	8826102.58	4171.00
2005	OH-01	28179.88	8826111.88	4211.80
2005	OH-02	28114.30	8826121.30	4203.88
2005	OH-03	28140.00	8826120.00	4205.50
2005	OH-04	28138.00	8826120.00	4201.50
2008	P-11	28111.00	8826111.88	4218.80
2009	P-7	28144.40	8826126.33	4218.50

CUADRO DE UBICACION DE CALCICAS

AÑO	CALCAICA	ESTE	NORTE	COTA
2005	C18	28275.17	8826113.8	4181.00
2005	C18	28283.02	8826127.87	4218.00
2005	C7	28284.34	8826145.77	4235.50
2005	C8	28271.41	8826139.84	4239.00
2009	C9	28089.71	8826151.42	4236.30
2010	C1	28180.87	8826131.11	4193.00
2010	C2	28278.78	8826138.81	4192.00
2010	C3	28114.30	8826145.10	4198.00
2010	C5	28171.81	8826148.81	4198.00

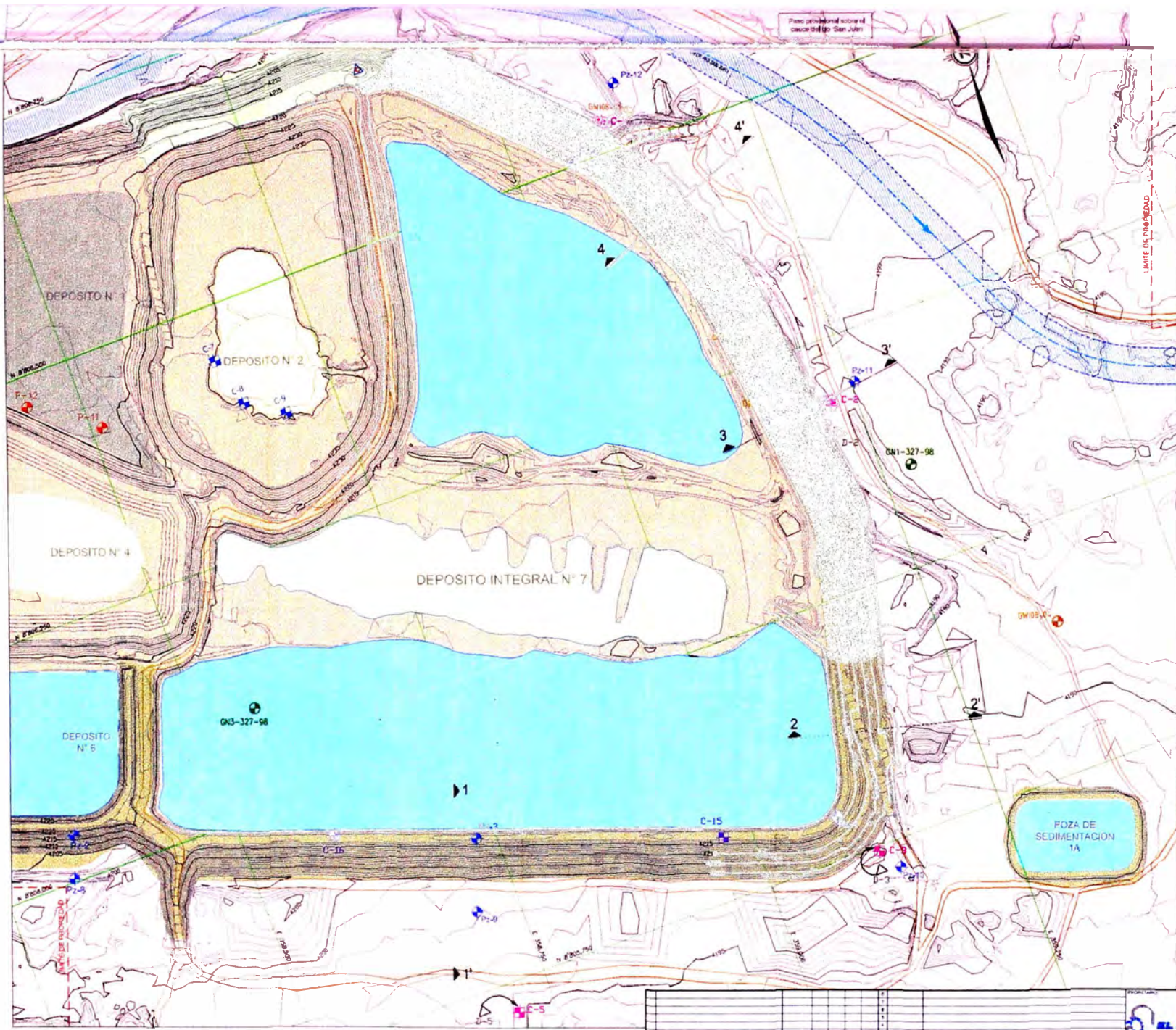
CUADRO DE UBICACION DE PIEZOMETROS

AÑO	SONDEO	ESTE	NORTE	COTA
2009	PZ3	28179.88	8826126.33	4218.00
2009	PZ4	28188.12	8826121.30	4218.00
2009	PZ5	28178.02	8826128.20	4218.00
2009	PZ6	28180.88	8826126.41	4218.00
2009	PZ8	28271.41	8826131.11	4218.00
2009	PZ9	28282.43	8826131.11	4218.00
2009	PZ10	28112.02	8826122.55	4218.50
2009	PZ11	28275.17	8826126.33	4218.50
2009	PZ12	28179.78	8826145.10	4218.50

CONVENCIONES

SUELO

- RELLENO DE TIPO DE SUELO DE MARA (Cauce antiguo) con piedras de arena
- RELLENO DE MATERIA DE PRESIONADO (Cauce antiguo) predominantemente arena
- CONTRALIMITE DE MARRA Y PRESIONADO (Cauce antiguo) predominantemente arena o gravas
- RELLENO (ING. ANTO) (Pres. de arena) predominantemente arena o predominantemente compacto (C. M.)
- RELLENO GRESO: Arena gruesa predominantemente arena o suelo (S)
- RELLENO CON MATERIA DE PRESIONADO (Cauce antiguo) (Cauce antiguo) predominantemente arena o gravas
- DEPOSITO ALUVA ANTIQUO (Cauce antiguo) con gravas con coque carbon, arena o m. de arena (C)



ESCALA GRAFICA 1:2 000

NOTA:
EL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO HA SIDO ACTUALIZADO POR SVS EN ENERO DE 2011. EL CUADRO DE COORDENADAS ES EN METROS EN EL SISTEMA DE COORDENADAS UTM/86

NO.	FECHA	REALIZADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR
1	12/2009
2
3
4
5
6
7
8
9
10

EL BROCAL

INGENIERIA DE DETALLE PARA EL RECRECIMIENTO DEL DEPOSITO INTEGRAL N° 7 DE HUARAUCACA

PLANO: GEOLOGIA SUPERFICIAL Y UBICACION DE SONDEOS

INGENIEROS SAC

FECHA: 12/2009 PROYECTO: 44-01-023 PLANO: 03

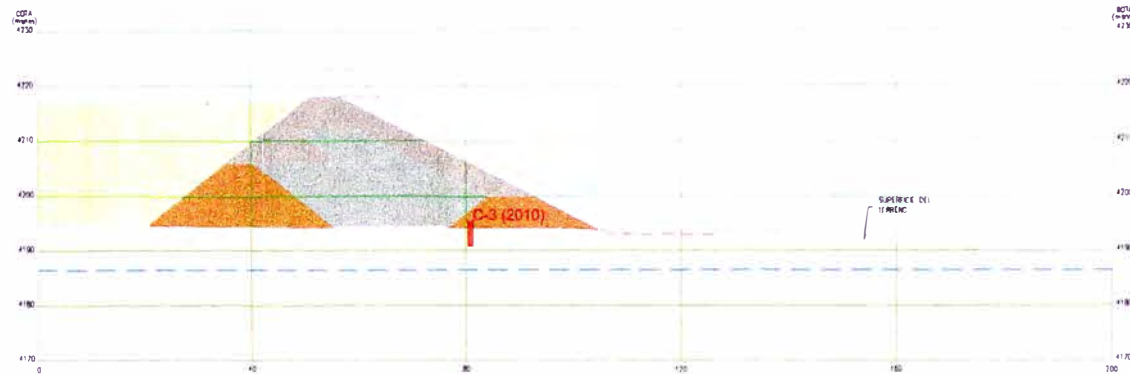


SECCION 1-1'
Escala 1:500

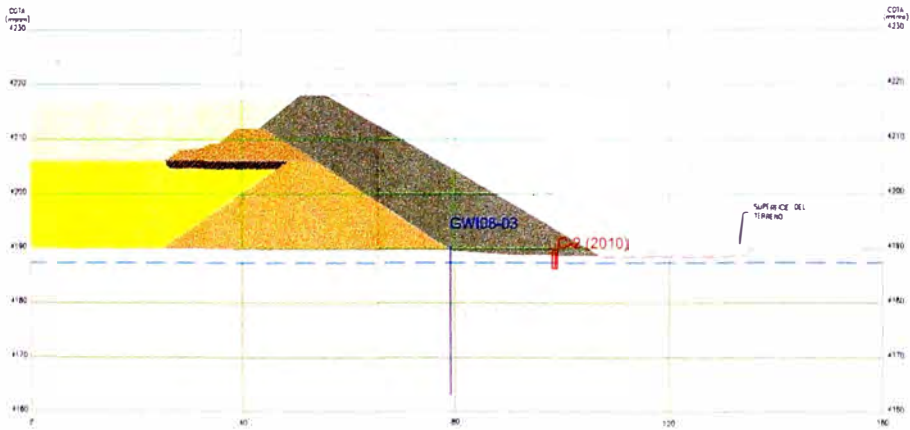
	PERFORACION 2005
	CALCAYAS 2005 y 2010
	LINEA TENDIDA

CONVENCIONES

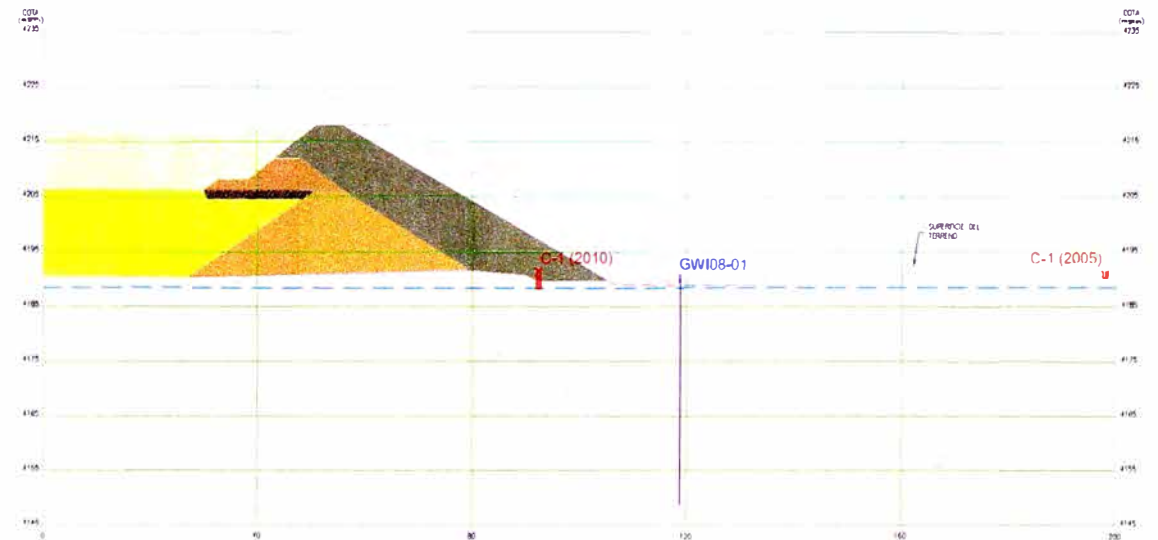
SUELO	
	RELLENO DE DESMONTES DE HERRERA Grava arenaosa con ciertos arenas
	RELLENO DE MATERIAL DE PRESIADO Grava arenaosa, medianamente densa
	RELLENO FINO Y MEDIO AUNQUE AUNQUE DE BAJA PLASTICIDAD, BLENDO Y MEDIANAMENTE COMPACTO (CL-ML)
	RELLENO FINO Y MEDIO AUNQUE AUNQUE DE BAJA PLASTICIDAD, BLENDO Y MEDIANAMENTE COMPACTO (CL-ML)
	RELLENO GRUESO COMPACTADO Arena arenaosa densa (SM)
	RELLENO CON MATERIAL DE PRESIADO MEDIANO Grava arenaosa con ciertos medianamente densa a gruesa
	RELLENO CON MATERIAL DE PRESIADO Grava arenaosa densa a muy densa (SP)
	RELLENO CON MATERIAL DE PRESIADO Grava arenaosa medianamente densa (SP)
	DEPOSITO ALMAN ANTIGUO Grava gruesa med a gruesa con ciertos arena a muy densa (SP)



SECCION 2-2'
Escala 1:500



SECCION 3-3'
Escala 1:500



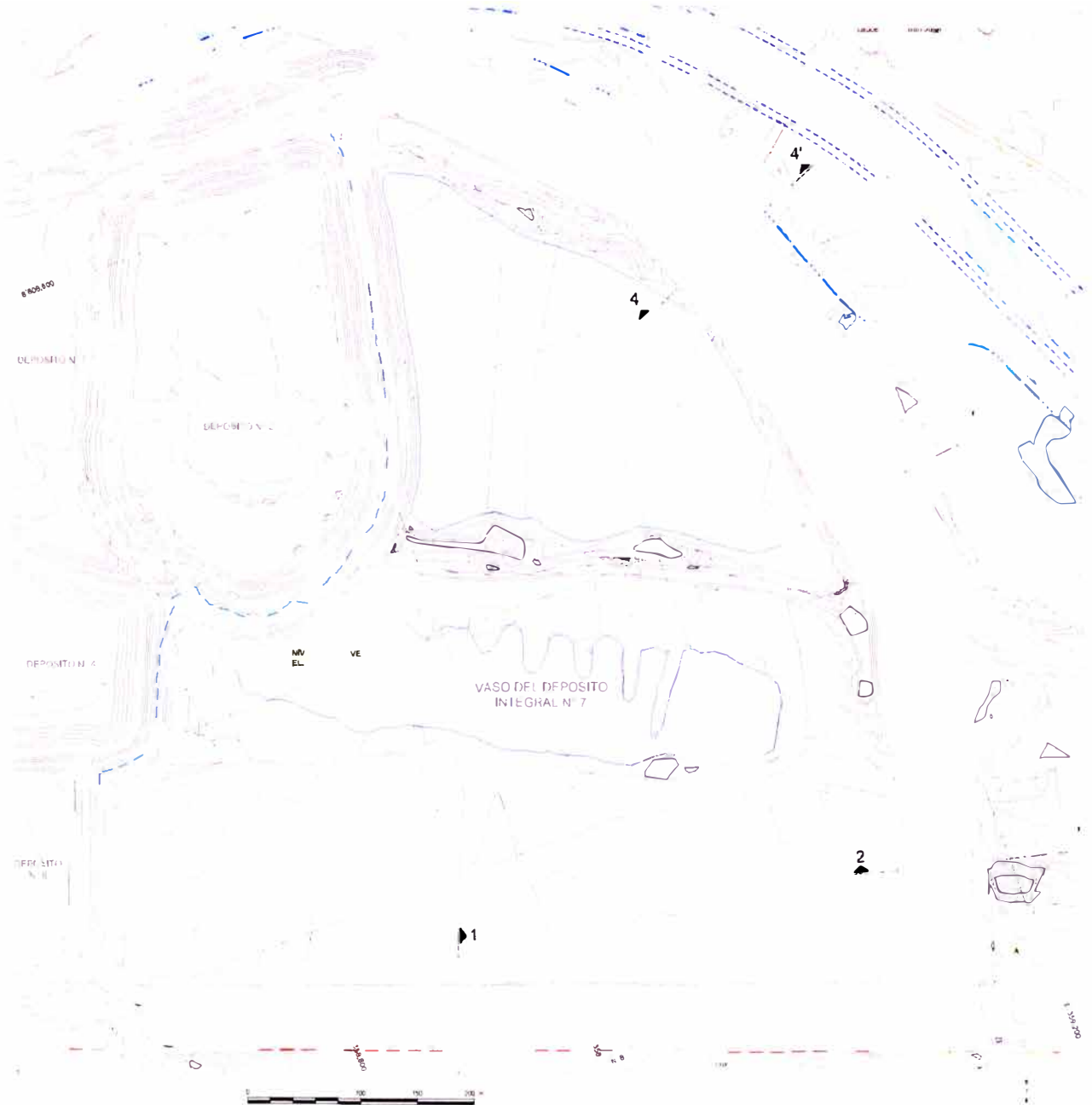
SECCION 4-4'
Escala 1:500

NOTA:
EL DISEÑO Y/O MODIFICACIONES AL DISEÑO ACTUALIZADO POR SVS EN JUNIO DE 2011, D. CUAL SE
ENCUENTRA EN EL SISTEMA DE COORDINADAS "SBOA"



ANEXO

PLANOS DE DETALLE



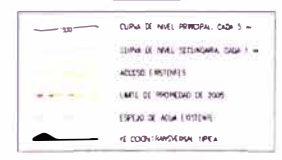
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DEL RECRECIMIENTO PROYECTADO

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
RECRECIMIENTO DE DEQUE DESDE LA (C1) A (21) A (22) m=mm		
- ANCHO DE CRESTA	mm	5.0
DIQUE DE SUELO REFORZADO (4718 A 4223 m=mm)		
- TALLADO ACUAS ARRIBA	Talud	0.37 m ² 0 V
- TALLADO ACUAS ABAJO	Talud	1.0 m ² 0 V
DIQUE DE MATERIAL SUELO (CONCRETO A 4718 m=mm)		
- TALLADO ACUAS ABAJO	Talud	1.85 m ² 0 V

METRADOS DEL DEPOSITO

DESCRIPCIÓN	METRADO
VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO ACUMULADO - FASE 1 (m ³)	1745.665 0
VOLUMEN DEL DIQUE - FASE 1A (m ³)	271.273 0
VOLUMEN DEL DIQUE - FASE 1B (m ³)	74.218 0

LEYENDA



NOTA:
EL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO HA SIDO ACTUALIZADO POR DVS EN EL AÑO DE 2011. EL CUAL SE ENCUENTRA EN EL SISTEMA DE COORDENADAS PSAD56

ESCALA GRAFICA 1:20.000



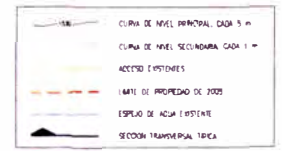
CUADRO DE PUNTOS DE REPLANTEO Y ELEMENTOS DE CURVA DEL EJE DEL RECRECIMIENTO PROYECTADO

PI	DELTA	PUNTO (m)	E (CALLE) (m)	TANGENTE (m)	E (CURVA) (m)	P.C.	P.T.	P.F.	COORDENADAS	
									NORTE (m)	ESTE (m)
INICIO	-	-	-	-	-	-	-	-	8+000	256+431.000
PI-1	54°20'57"	86.50	58.317	143.02	2.904	0+208.38	0+245.17	0+277.87	8782.965.825	256+431.000
PI-2	95°23'07"	86.50	88.027	413.64	26.800	0+308.84	0+377.87	0+436.87	8782.965.729	256+431.000
PI-3	20°31'27"	110.00	26.389	25.295	1.766	1+217.88	1+252.47	1+252.89	8782.977.883	256+431.000
PI-4	135°07'40"	263.00	68.070	12.741	1.367	1+260.17	1+314.85	1+365.65	8782.977.878	256+431.000
PI-5	2°49'24"	81.00	35.878	18.768	1.688	1+412.29	1+458.22	1+485.58	8782.982.558	256+431.000
PI-6	3°59'17"	86.50	41.311	27.077	1.380	1+468.97	1+526.14	1+588.83	8782.983.145	256+431.000
PI-7	-	-	-	-	-	-	-	1+616.17	8782.983.136	256+431.000
FIN	-	-	-	-	-	-	-	1+644.383	8782.983.425	256+431.000

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DEL RECRECIMIENTO PROYECTADO

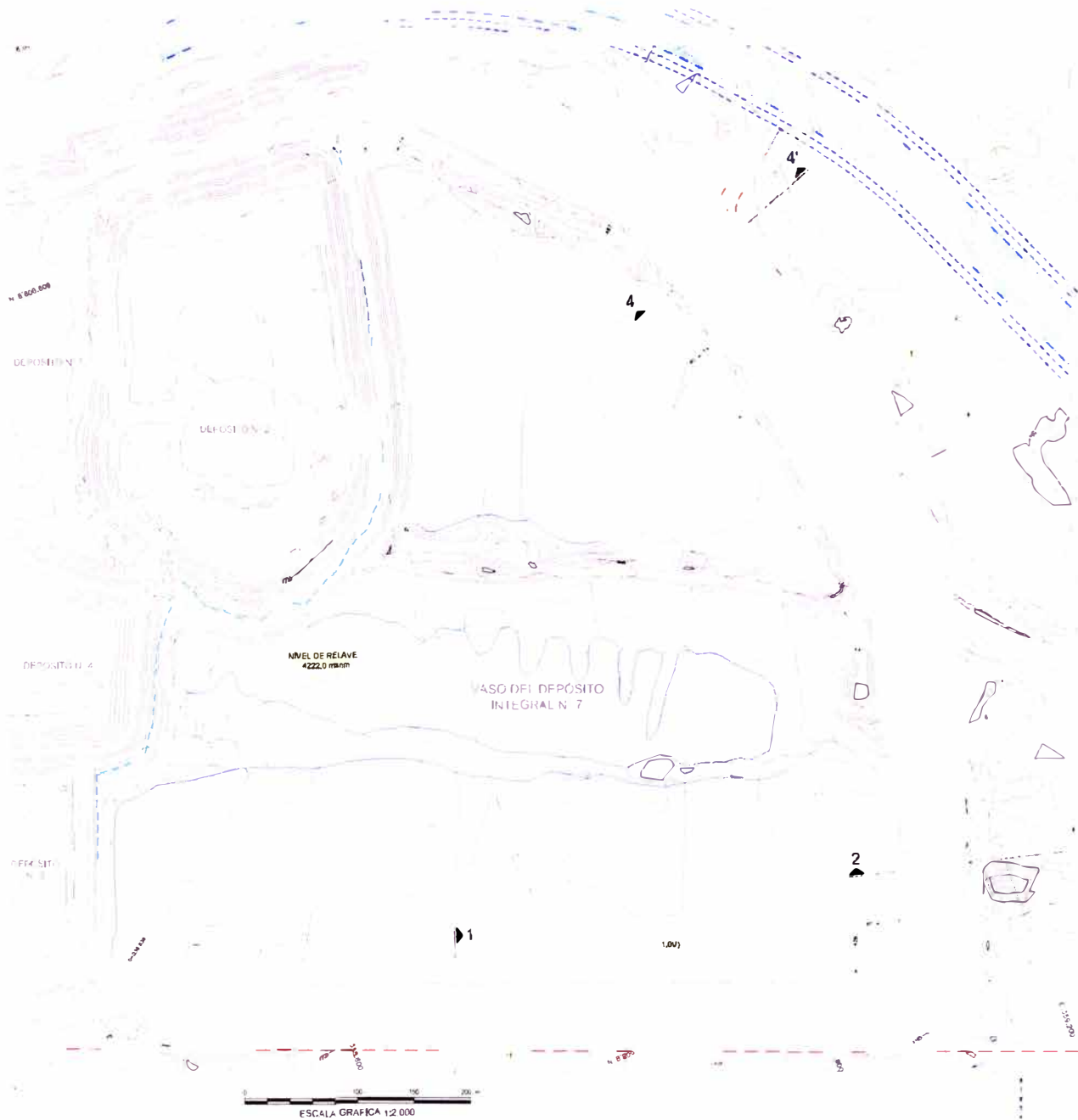
GEOMÉTRICAS	UNIDAD	CANTIDAD
DOSE DE BUNTA MEXICAL (CONCRETO A 018 mm)	m ³	13.0
ANCHO DE CRESTA TOTAL (EL 4218 mm)	m	8.0
APLICACION CRESTA (CONCRETO EL 4218 mm)	m ³	8.0
TALLE AGUAS ANAJO	Talud	1.85 H=1.0 V

LEYENDA



NOTA
EL EQUIPAMIENTO TOPOGRAFICO HA SIDO ACTUALIZADO POR SVA EN ENERO DE 2011 EL CUAL SE ENCUENTRA EN EL SISTEMA DE COORDENADAS PLANAS

© 2011 SVA S.A.S. INGENIERIA DE DETALLE PARA EL RECRECIMIENTO DEL DEPOSITO INTEGRAL N. 7 DE HUARAUCACA



CUADRO DE PUNTOS DE REPLANTEO Y ELEMENTOS DE CURVA DEL EJE DEL RECERCIAMIENTO PROYECTADO

PK	DELINEA	PUNTO (m)	L (C.A.P.M)	TANGENTE (m)	ESTIPAN (m)	P.C.	P.T.	P.V.	R1	R2	COORDENADAS	
											NORTE (m)	ESTE (m)
PK-1	54205.7	57.85	31.73	18.63	255	0+000.00	0+000.00	0+000.00	0+000.00	0+000.00	5785.00	3173.00
PK-2	49520.01	57.85	78.47	58.24	76.03	0+000.00	0+000.00	0+000.00	0+000.00	0+000.00	5785.00	7847.00
PK-3	20731.25	102.85	1.85	18.62	1.87	1+000.00	1+000.00	1+000.00	1+000.00	1+000.00	10285.00	1862.00
PK-4	12071.00	296.31	47.93	22.40	1.88	1+000.00	1+000.00	1+000.00	1+000.00	1+000.00	29631.00	4793.00
PK-5	24492.51	75.35	32.34	18.58	1.89	1+000.00	1+000.00	1+000.00	1+000.00	1+000.00	7535.00	3234.00
PK-6	32798.11	57.85	36.14	19.23	1.90	1+000.00	1+000.00	1+000.00	1+000.00	1+000.00	5785.00	3614.00
PK-7	36000.00	31.00	29.10	18.48	1.91	1+000.00	1+000.00	1+000.00	1+000.00	1+000.00	3100.00	2910.00
PK-8												

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DEL RECERCIAMIENTO PROYECTADO

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CAVIDAD
RECERCIAMIENTO DE OBLA (DEDE LA COTA 4218 A 4222 mm/m)		
- ANCHO DE OBLA		5.0
DEDE DE SUELO RECERCIADO (4218 A 4222 mm/m)		
- TALUD ACUAS ARRIBA	Talud	0.57 H:1.0 V
- TALUD ACUAS ABAJO	Talud	1.0 H:1.0 V

LEYENDA



NOTA: EL PLANEAMIENTO TOPOGRÁFICO HA SIDO ACTUALIZADO POR S.V.S. EN EL AÑO DE 2011, EL CUAL SE ENCUENTRA EN EL SISTEMA DE COORDENADAS UTM.

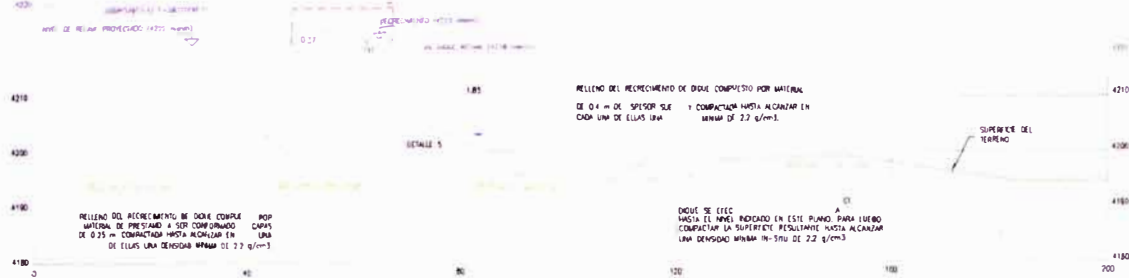


EL BROCAL SV

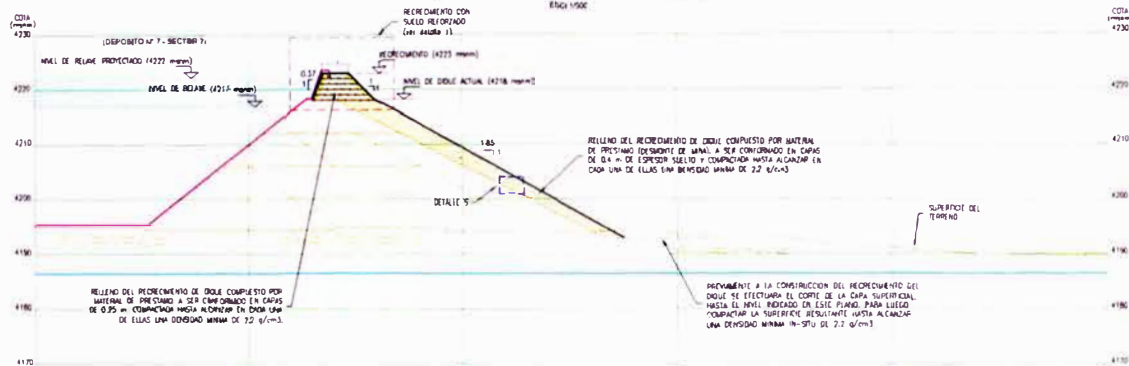
INGENIERÍA DE DETALLE PARA EL RECERCIAMIENTO DEL DEPOSITO INTEGRAL N° 7 DE HUARAUCACA

PROYECTO: RECERCIAMIENTO DEL DEPOSITO INTEGRAL N° 7 FASE 1B

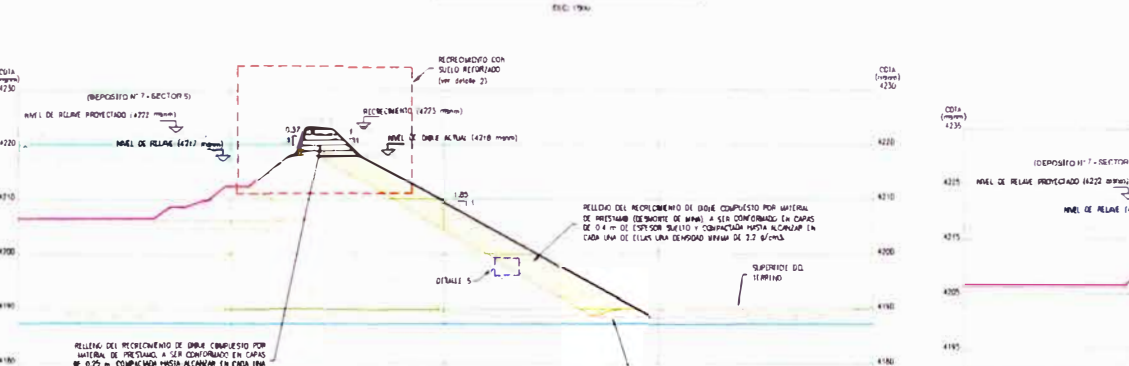
12.000 1.44-057-023 PLANO N° 01



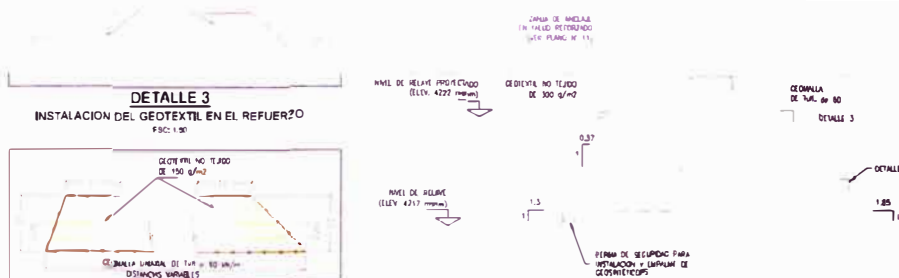
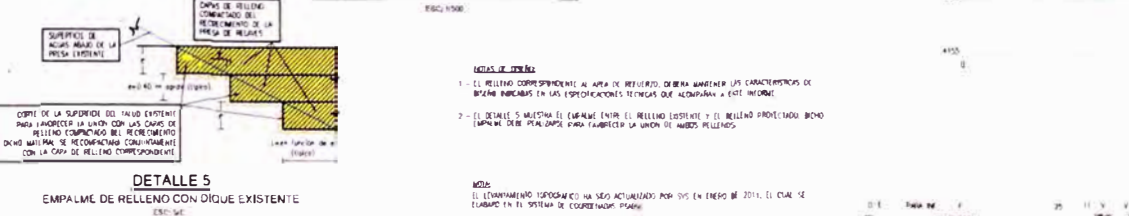
SECCION TRANSVERSAL TIPICA 1-1'



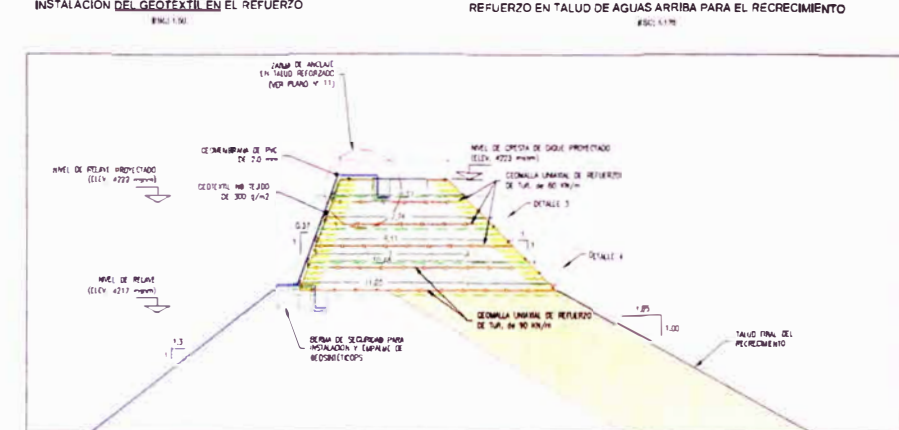
SECCION TRANSVERSAL TIPICA 2-2'



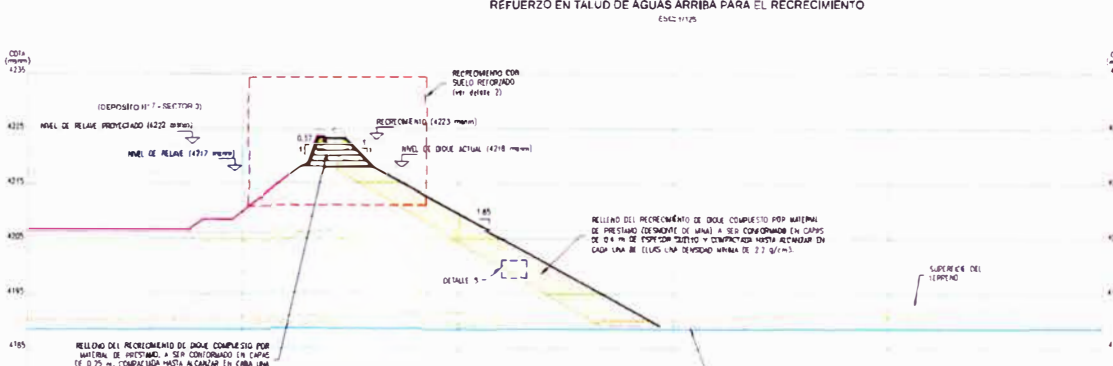
SECCION TRANSVERSAL TIPICA 3-3'



DETALLE 4
INSTALACION DEL GEOTEXTIL EN EL REFUEZO



DETALLE 2
REFUEZO EN TALUD DE AGUAS ARRIBA PARA EL RECRECIMIENTO



SECCION TRANSVERSAL TIPICA 4-4'

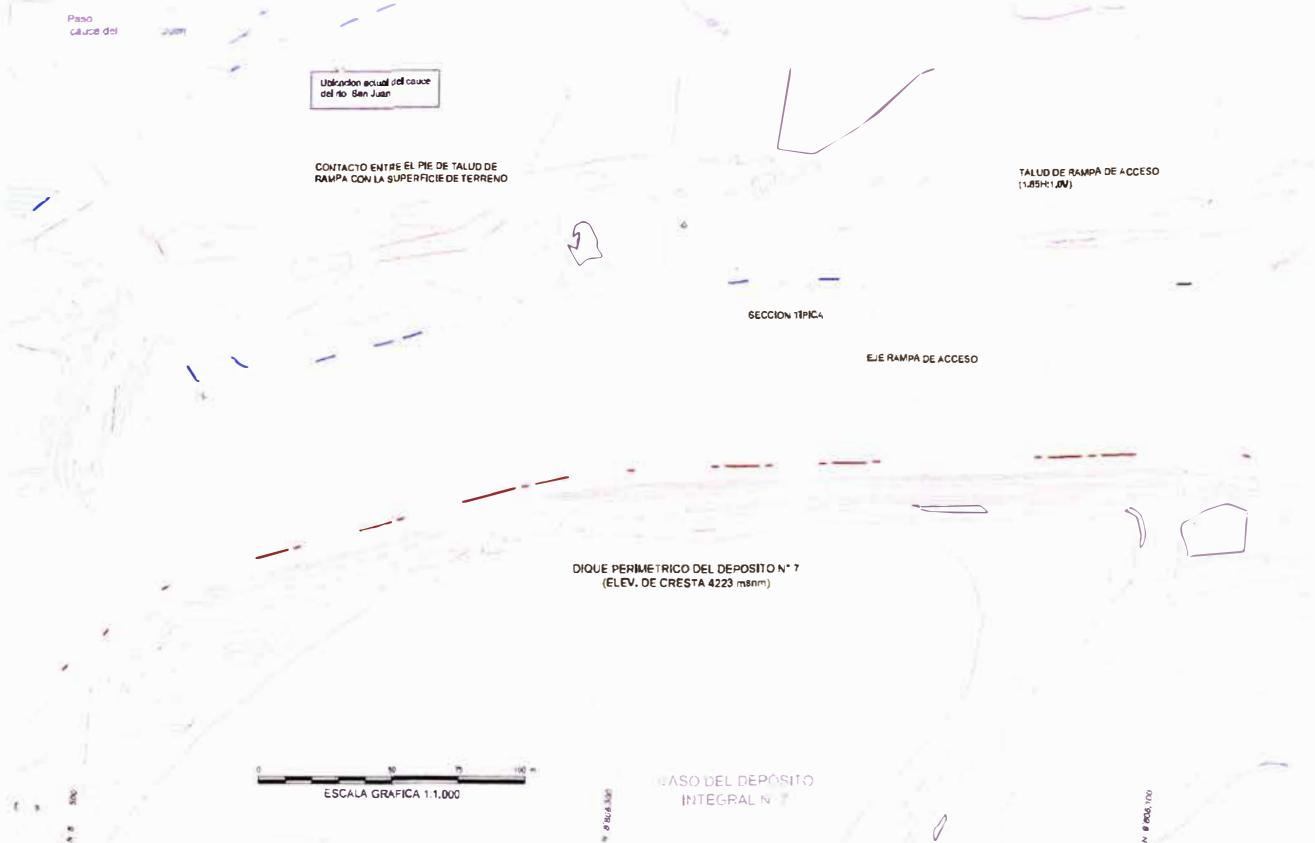


DETALLE 5
EMPALME DE RELLENO CON DIQUE EXISTENTE

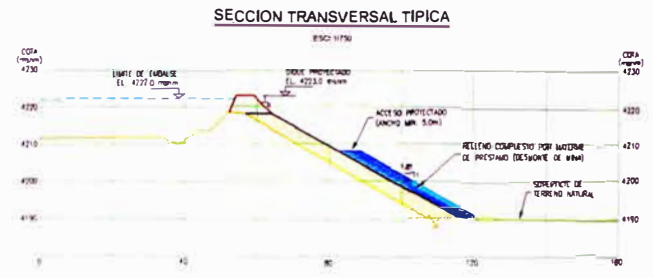
NOTAS DE OBSERVA

- EL RELLENO CORRESPONDIENTE AL AREA DE REFUEZO, DEBERA MANTENER LAS CARACTERISTICAS DE BLENDO EN LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS QUE ACOMPAÑAN A ESTE INFORME.
- EL DETALLE 5 MUESTRA EL EMPALME ENTRE EL RELLENO EXISTENTE Y EL RELLENO PROYECTADO BIEN DEBE PREVERSE PARA FACILITAR LA UNION DE AMBOS RELLENOS.

NOTA:
EL ENTORNO GEOTECNICO HA SIDO ACTUALIZADO POR SIS EN ENERO DE 2011, EL CUAL SE ENCUENTRA EN EL SISTEMA DE COORDINACION PLANOS.

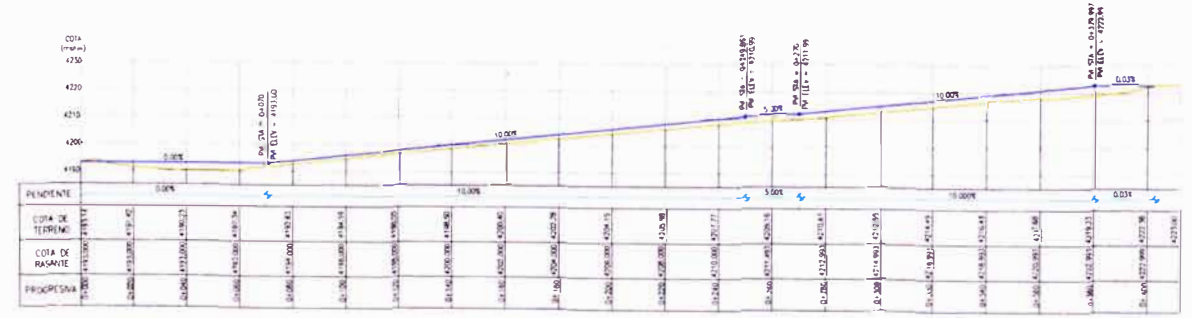


RAMPA DE ACCESO - PLANTA
ESCA: 1:1000



CUADRO DE PUNTOS DE REPLANTEO Y ELEMENTOS DE CURVA DEL EJE DE RAMPA DE ACCESO PROYECTADO

PI	DETA	RADIO (m)	L (CURVA) (m)	TANGENTE (m)	ESTRICAL (m)	P.E.	P.T.	P.C.	COORDENADAS	
									NORTE (m)	ESTE (m)
PI-0	EMP-0+0	31.50	28.83	14.92	4.71	0+00.00	0+00.00	0+00.00	0+00.00	536.200 022
PI-1	OP-0+30	133.90	20.32	24.48	1.86	0+30.00	0+30.00	0+30.00	0+30.00	536.198 777
PI-2	OP-0+70	77.50	8.27	5.18	0.68	0+70.00	0+70.00	0+70.00	0+70.00	536.175 014
PI-3	OP-0+95	-	-	-	-	0+95.00	0+95.00	0+95.00	0+95.00	536.175 036
PI-4	OP-0+95	-	-	-	-	0+95.00	0+95.00	0+95.00	0+95.00	536.175 036

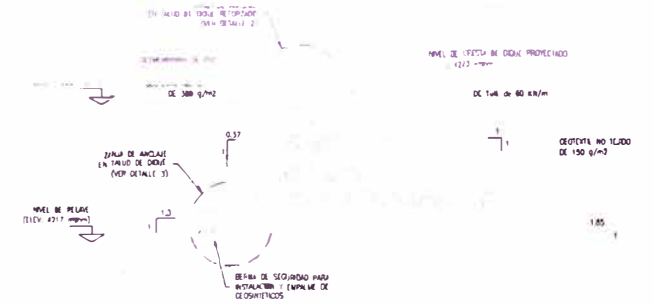
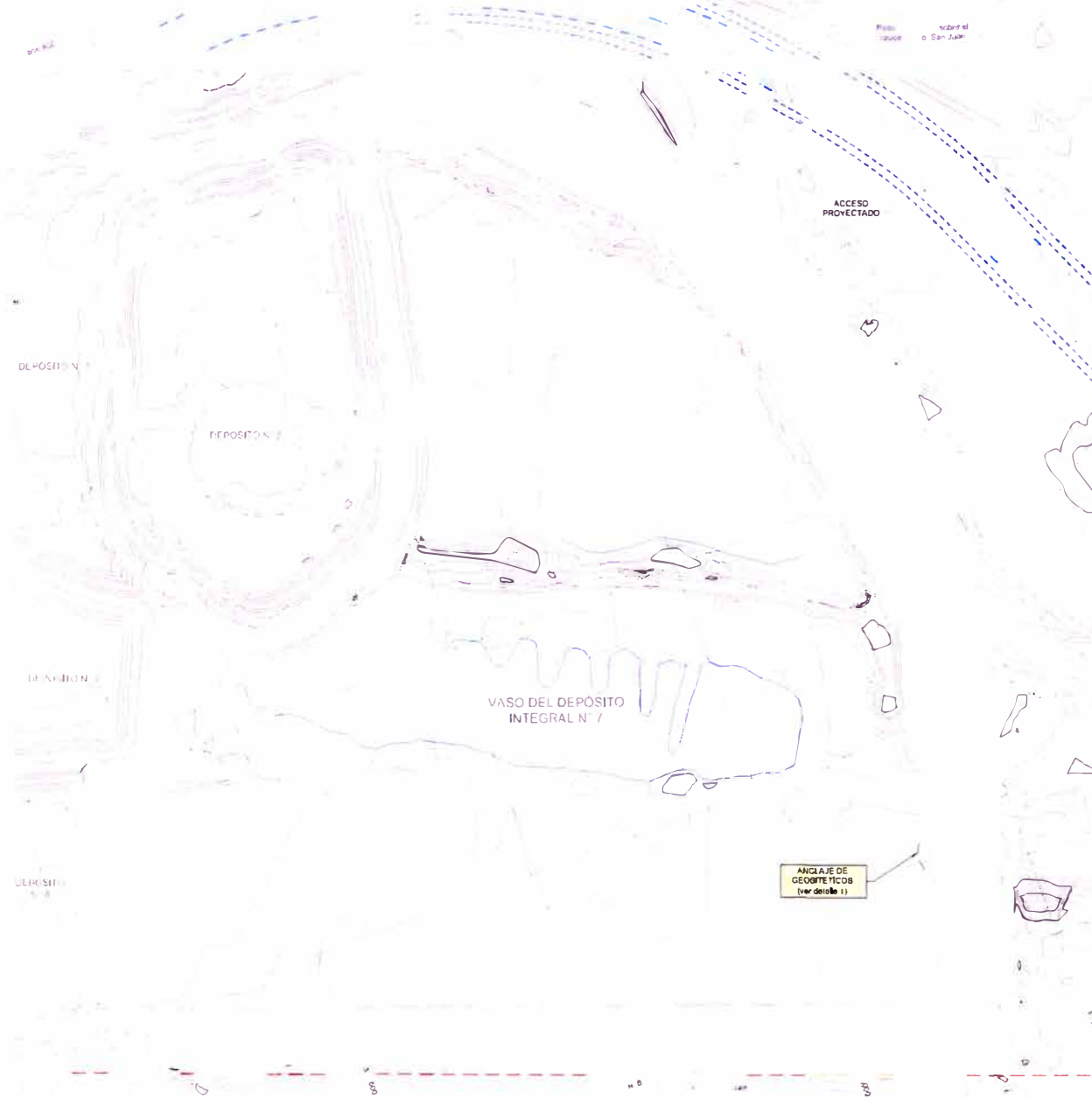


RAMPA DE ACCESO - PERFIL LONGITUDINAL
ESCA: 1:100

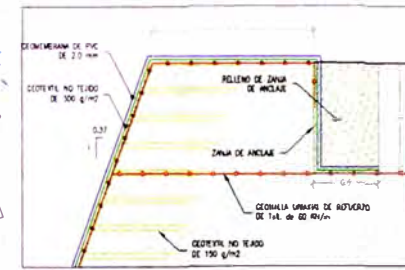
LEYENDA

- CURVA DE NIVEL PERIMETRAL CADA 5 m
- CURVA DE NIVEL SECCIONARIA CADA 1 m
- ACCESO ELEMENTOS
- RECERCAMIENTO DE DIQUE PERIMETRICO FASE IA
- RECERCAMIENTO DE DIQUE PERIMETRICO FASE IB

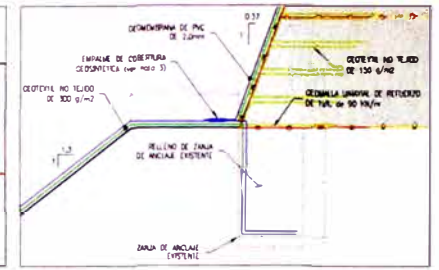
NOTA:
EL DISEÑO Y PLANTAS DE OBRA SE HA SIDO ACTUALIZADO POR SVS EN FEBRERO DE 2011. EL CUAL SE ENCUENTRA EN EL SISTEMA DE COORDINACION SVS.



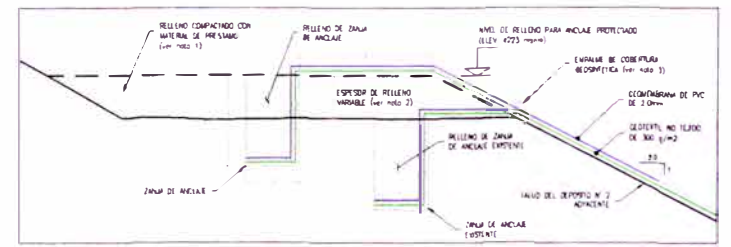
DETALLE 1
COBERTURA GEOSINTETICA IMPERMEABLE Y ANCLAJE DE GEOSINTETICOS
Escala: 1:100



DETALLE 2
ANCLAJE DE GEOSINTETICOS EN DIQUE REFORZADO
Escala: 1:50



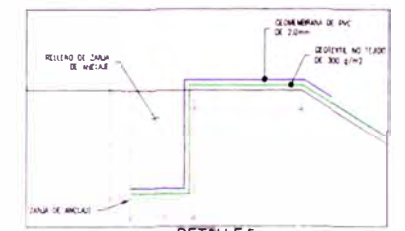
DETALLE 3
ANCLAJE DE GEOSINTETICOS EN DIQUE
Escala: 1:50



DETALLE 4
ANCLAJE DE GEOSINTETICOS EN TALUD POSTERIOR (DEPOSITO N° 2)
Escala: 1:50

LEYENDA

	CURVA DE NIVEL PRINCIPAL: CADA 5 m
	CURVA DE NIVEL SECUNDARIA: CADA 1 m
	ACCESOS EXISTENTES
	LIMITES DE PROPIEDAD DE 200m
	ESPEJO DE AGUA EXISTENTE
	COBERTURA GEOSINTETICA IMPERMEABLE
	RECRECIMIENTO DEL DIQUE DEL DEPOSITO INTEGRAL N° 7 - FASE 1A
	RECRECIMIENTO DEL DIQUE DEL DEPOSITO INTEGRAL N° 7 - FASE 1A



DETALLE 5
ANCLAJE DE GEOSINTETICOS EN TALUD POSTERIOR (DEPOSITO 4 Y 5)
Escala: 1:50

- NOTAS DE CONSULTA:**
- 1) EL MATERIAL DE RELLENO CONSTARA EN UNA GRANA ARENOSA LA CUAL SERA COMPACTADA HASTA ALCANZAR UNA DENSIDAD MINIMA DE 2:1 (g/cm3) CON UN TALUD DE RELLENDO OBLICUO A 1:1.00 (1:1)
 - 2) EL RELLENDO CUANTO A UNA ZANJA ANCLAJE HASTA LA COTA +223 msnnm. DENTRO DEL RELLENDO SE ENTRENDRAN EN TODA LA BARRA EXISTENTE DEL TALUD DE AGUA ADYACENTE DEL DEPOSITO N° 7
 - 3) LA UNION ENTRE LAS LAMINAS DE GEOMALLA ANCLAJE Y RELLENDO SE REALIZARAN EN BASE A LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS QUE ACOMPAÑAN A LOS PLANOS DE OBLICUO.

NOTAS:
EL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO HA SIDO ACTUALIZADO POR DVS EN ENERO DE 2011. EL CUAL SE ELABORO EN EL SISTEMA DE COORDENADAS PLANAS.

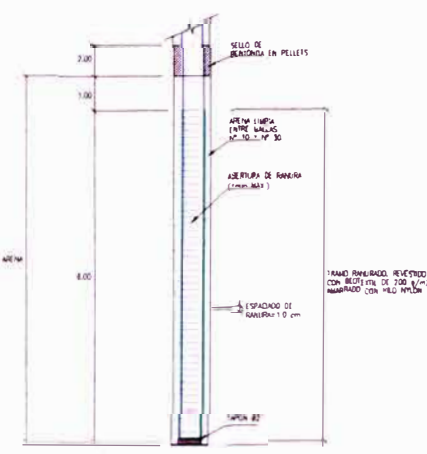


INGENIERIA DE DETALLE PARA EL RECRECIMIENTO DEL DEPOSITO INTEGRAL N° 7 DE HUARAUCACA
PLANTA SECCION TIPICA Y DETALLES

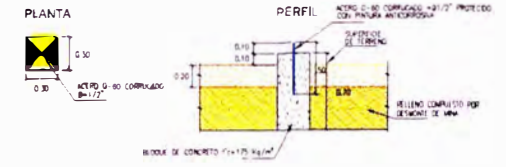


USO PARA METRICA DE PROYECCION LIBRE Y CON PLANIMETRÍA EN COORDENADAS UTM

0.10 SUPERFICIE DE TERRENO
0.50
PIEZOMETRO
TUBERIA DE PVC ø 2"



DETALLE DE PIEZOMETRO DE TUBO ABIERTO
ESC = 5/1



DETALLE DE HITO DE CONTROL TOPOGRAFICO
ESC = 1/25

CUADRO DE UBICACION DE PIEZOMETROS PARA EL CONTROL DEL NIVEL FREATICO

PIEZOMETRO	COORDENADAS UTM	ALTIMETRIA	PROYECTOS
Pz-1	485.520.30	485.520.30	PROYECTO AEREA 72/73A/73B
Pz-2	485.520.30	485.520.30	PROYECTO AEREA 72/73A/73B
Pz-3	485.520.30	485.520.30	PROYECTO AEREA 72/73A/73B
Pz-4	485.520.30	485.520.30	PROYECTO AEREA 72/73A/73B
Pz-5	485.520.30	485.520.30	PROYECTO AEREA 72/73A/73B
Pz-6	485.520.30	485.520.30	PROYECTO AEREA 72/73A/73B
Pz-7	485.520.30	485.520.30	PROYECTO AEREA 72/73A/73B
Pz-8	485.520.30	485.520.30	PROYECTO AEREA 72/73A/73B
Pz-9	485.520.30	485.520.30	PROYECTO AEREA 72/73A/73B
Pz-10	485.520.30	485.520.30	PROYECTO AEREA 72/73A/73B

CUADRO DE UBICACION DE HITOS PARA EL CONTROL TOPOGRAFICO

HITO	COORDENADAS UTM	ALTIMETRIA
HT-1	485.520.30	485.520.30
HT-2	485.520.30	485.520.30
HT-3	485.520.30	485.520.30
HT-4	485.520.30	485.520.30
HT-5	485.520.30	485.520.30
HT-6	485.520.30	485.520.30
HT-7	485.520.30	485.520.30
HT-8	485.520.30	485.520.30

LEYENDA

- CURVA DE NIVEL PRINCIPAL CADA 5 m.
- CURVA DE NIVEL SECUNDARIA CADA 1 m.
- ACCESOS EXISTENTES
- ESPACIO DE AREA EXISTENTE
- HITO DE CONTROL TOPOGRAFICO
- PIEZOMETRO DE TUBO ABIERTO

INGENIERIA DE DETALLE PARA EL RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO INTEGRAL N° 7 DE HUARAUCACA

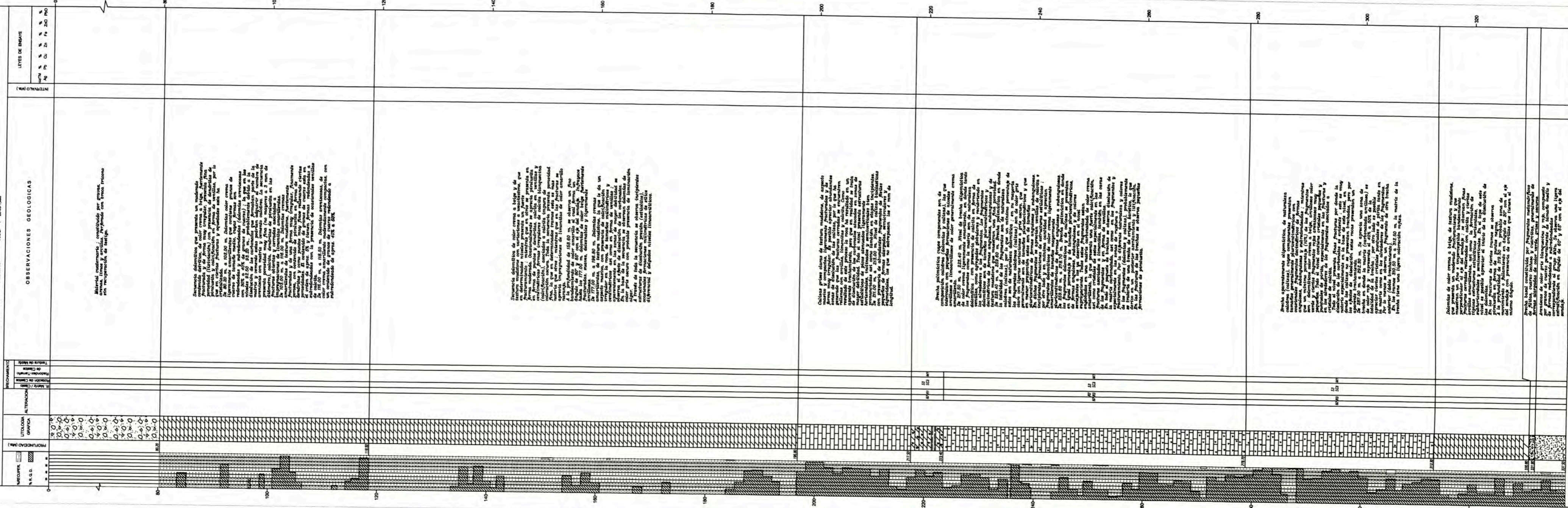
NOTA:
EL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO HA SIDO ACTUALIZADO POR NOS EN OCTUBRE DE 2010. EL CUAL SE REALIZO EN EL SISTEMA DE COORDENADAS UTM.

PROYECTO PARA EL RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO INTEGRAL N° 7 DE HUARAUCACA
INGENIERIA DE DETALLE PARA EL RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO INTEGRAL N° 7 DE HUARAUCACA

ANEXO 1

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE SONDEOS

SONDEOS, 1998



Mineral, carbonífero, constituido por grafito, con fragmentos de lignito y carbón, en un ambiente de deposición de mar.

Observación geológica que presenta un material arenoso y de grano muy irregular, formado por fragmentos de cuarzo, limonita amarillenta y fragmentos de lignito y carbón, en un ambiente de deposición de mar.

Observación geológica que presenta un material arenoso y de grano muy irregular, formado por fragmentos de cuarzo, limonita amarillenta y fragmentos de lignito y carbón, en un ambiente de deposición de mar.

Observación geológica que presenta un material arenoso y de grano muy irregular, formado por fragmentos de cuarzo, limonita amarillenta y fragmentos de lignito y carbón, en un ambiente de deposición de mar.

Observación geológica que presenta un material arenoso y de grano muy irregular, formado por fragmentos de cuarzo, limonita amarillenta y fragmentos de lignito y carbón, en un ambiente de deposición de mar.

Observación geológica que presenta un material arenoso y de grano muy irregular, formado por fragmentos de cuarzo, limonita amarillenta y fragmentos de lignito y carbón, en un ambiente de deposición de mar.

Observación geológica que presenta un material arenoso y de grano muy irregular, formado por fragmentos de cuarzo, limonita amarillenta y fragmentos de lignito y carbón, en un ambiente de deposición de mar.

REGISTRO GEOLOGICO SONDAJE GN3-327-98

COORDENADAS { N - 8'806.102.125
E - 358.559.999
ESCALA : 1/250

COTA : 4.197.979 m.s.n.m.
AZIMUT : —
ANGULO : -90°

UBICACION : HUARAUCACA
LONGITUD PERFORADA : 43.85 m.
LONGITUD RECUPERADA : 43.56 m.
LONGITUD TOTAL : 93.75 m.

% DE RECUPERACION : 99.34 %
TRICONO: 49.90 m. VACIOS :
INICIO : 18-04-98
FINAL : 25-04-98

RECUPER. R. Q. D.	PROFUNDIDAD (Mts.)	LITOLOGIA GRAFICA	ALTERACION	DRECHAMIENTO				OBSERVACIONES GEOLOGICAS	INTERVALO (Mts.)	LEYES DE ENSA YE						
				R. Matriz / Clasto	Rotación de Clastos	Redondez-Tamaño de Clastos	Textura de Matriz			Gr. TM	% Ag	% Pb	% Cu	% Zn	% Fe	% ZnO
	49.90									Tramo perforado con broca tricónica dentada, sin recuperación de testigos. Constituido por gravas de matrices arenosas y limoarcillosas de origen mixto (aluvial, fluvial y glacial).						
	52.00									Dolomías masivas, de color crema, con moderado grado de fracturamiento. Presentan en algunos intervalos, evidencias de deformación, cuyo origen muy probablemente sea tectónico. Asimismo, presentan tramos de textura detrítica, debido a su contenido de granos de cuarzo que pueden llegar a constituir de 15% a 20% del volumen de la roca. Estas dolomías tienen, además, porosidad secundaria, apreciable por las innumerables y diminutas cavidades y fisuras de origen cárstico que en ellas se observan; las cuales se aprecian rellenas de cristales de cuarzo y calcita esencialmente. Asimismo, estas dolomías se intercalan con tres horizontes limoarcillosos de color verde claro, que se asemejan a los horizontes cloritizados de tobas que se aprecian en el C ^o Lachipana.						
	53.00		CLO													
	55.75		CLO													
	56.25		CLO													
	63.50									Secuencia en la cual se intercalan brechas de origen cárstico con dolomías, ambas de color crema. Las brechas son oligomíticas, ya que en las mismas predominan los clastos carbonatados. Asimismo, éstas contienen arenosas de cuarzo y calcita que se presentan vetiformes y como relleno de cavidades. La matriz se presenta masosa, pues deriva de la decarbonatización parcial de las dolomías pre-existentes. Los tramos netamente dolomíticos se presentan fracturados y también contienen ocurrencias de calcita y cuarzo vetiformes y como relleno de cavidades.						
	64.55		CLO													
	67.65															
	68.30															
	75.25									Secuencia en la cual se intercalan brechas de origen cárstico con dolomías, ambas de color crema. Las brechas son oligomíticas, ya que en las mismas predominan los clastos carbonatados. Asimismo, éstas contienen arenosas de cuarzo y calcita que se presentan vetiformes y como relleno de cavidades. La matriz se presenta masosa, pues deriva de la decarbonatización parcial de las dolomías pre-existentes. Los tramos netamente dolomíticos se presentan fracturados y también contienen ocurrencias de calcita y cuarzo vetiformes y como relleno de cavidades.						
	77.40															
	78.75															
	81.15															
	84.05									Secuencia en la cual se intercalan brechas de origen cárstico con dolomías, ambas de color crema. Las brechas son oligomíticas, ya que en las mismas predominan los clastos carbonatados. Asimismo, éstas contienen arenosas de cuarzo y calcita que se presentan vetiformes y como relleno de cavidades. La matriz se presenta masosa, pues deriva de la decarbonatización parcial de las dolomías pre-existentes. Los tramos netamente dolomíticos se presentan fracturados y también contienen ocurrencias de calcita y cuarzo vetiformes y como relleno de cavidades.						
	93.75															

FIN DEL SONDAJE

REGISTRADO POR : M. PANEZ L.

REVISADO POR : M. YARINGAÑO Y

DIBUJO : G. Calderon C.

FECHA : Mayo de 1998

SONDEOS, 2005

CLIENTE: **SOCIEDAD MINERA EL BROCAL S.A.A.**

HOJA: **1** DE **2**

PROYECTO: **ESTUDIO DEFINITIVO PARA EL RECRECIMIENTO DEL DEPOSITO DE RELAVES INTEGRADO DE HUARAUCACA**

TIPO DE SONDEO: **WASH BORING**

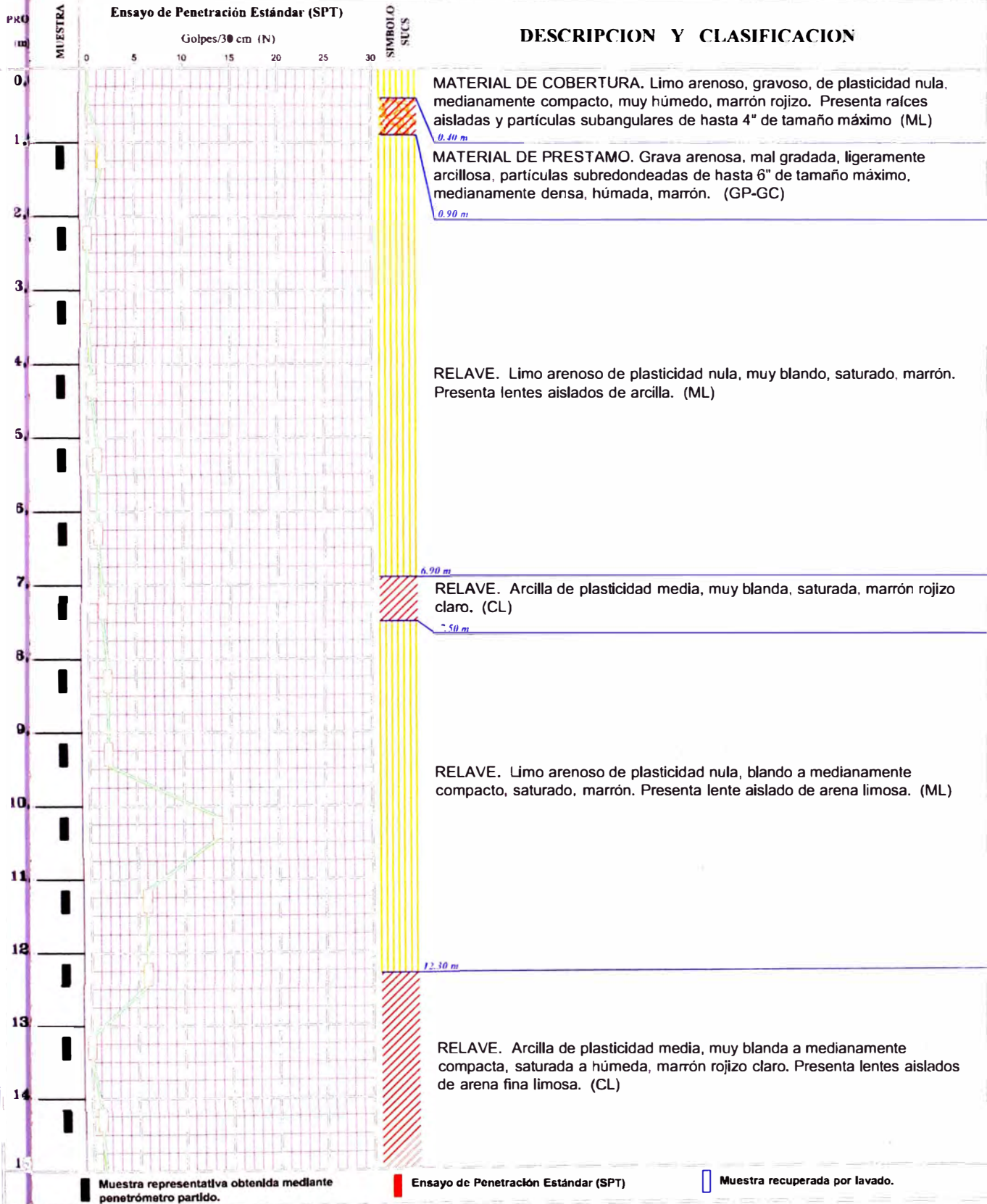
COTA: **4218.80 msnm**

COORDENADAS: **358,511.00 E 8'806,423.00 N**

EJECUTADO POR: **V.Y.U.**

REVISADO: **E.E.E. / E.V.R.**

FECHA (INICIO/FIN): **23-11-05 / 24-11-05**



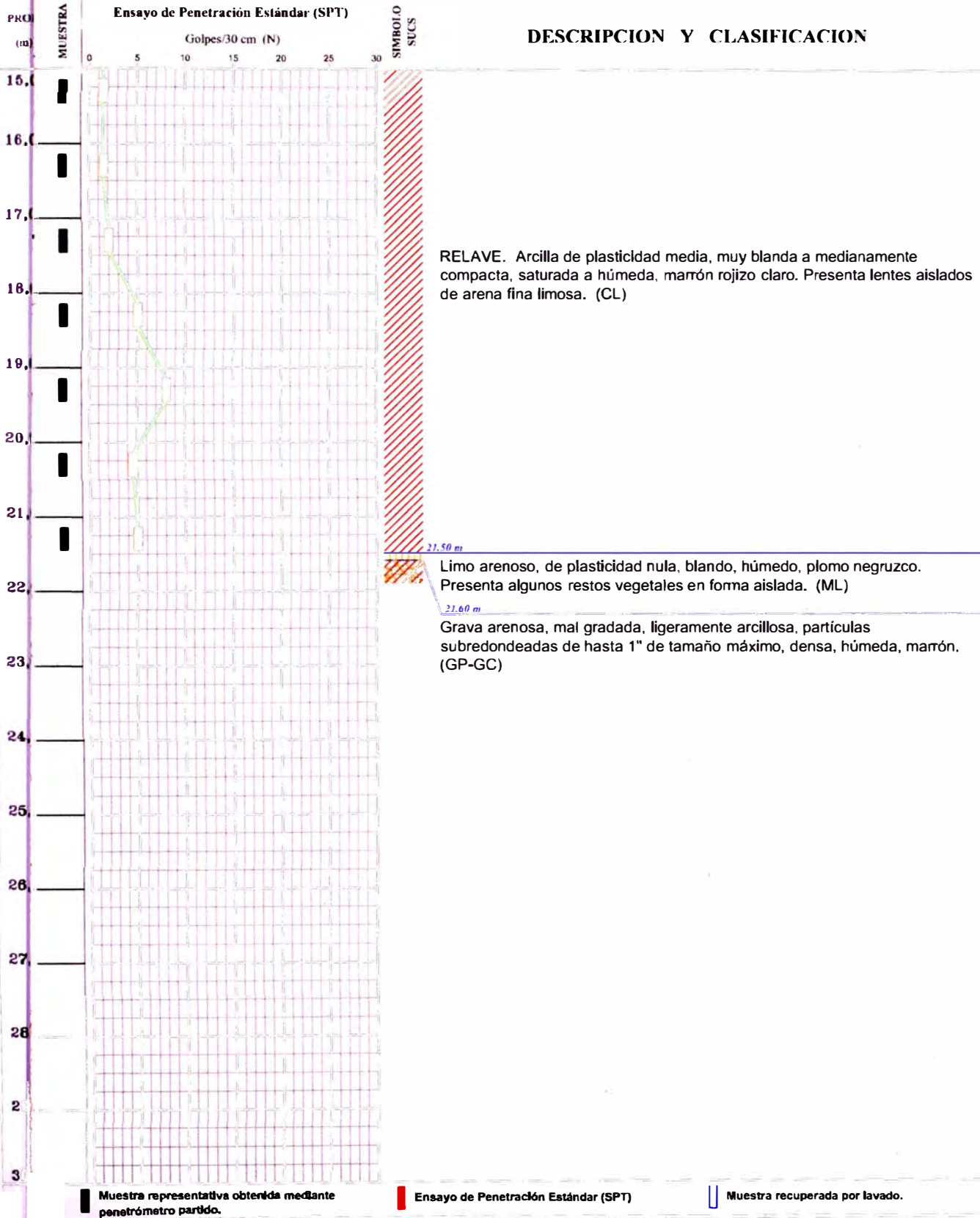
CLIENTE: **SOCIEDAD MINERA EL BROCAL S.A.A.**

HOJA: 2 DE 2

OBJETO: **ESTUDIO DEFINITIVO PARA EL RECRECIMIENTO DEL DEPOSITO DE RELAVES INTEGRADO DE HUARAUCACA**

TIPO SONDEO: **WASH BORING** COTA: **4218.80 msnm** COORDENADAS: **358,511.00 E 8'806,423.00 N**

EJECUTADO POR: **V.Y.U.** REVISADO: **E.E.E. / E.V.R.** FECHA (INICIO/FIN): **23-11-05 / 24-11-05**



EMPRESA: **SOCIEDAD MINERA EL BROCAL S.A.A.**

HOJA: **1** DE **2**

OBJETIVO: **ESTUDIO DEFINITIVO PARA EL RECRECIMIENTO DEL DEPOSITO DE RELAVES INTEGRADO DE HUARAUCACA**

TIPO DE SONDEO: **WASH BORING**

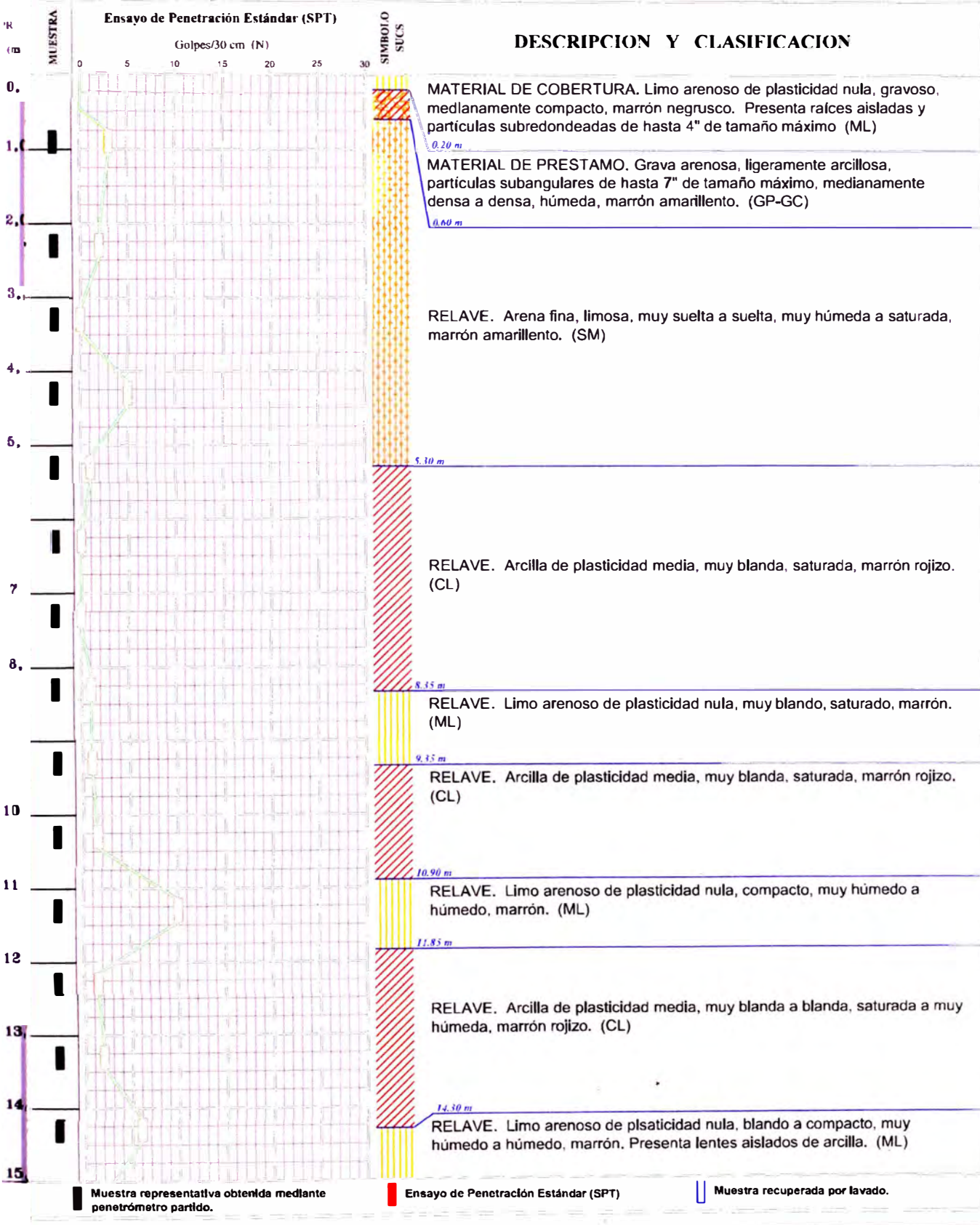
COTA: **4.218.85 msnm**

COORDENADAS: **358,444.92 E 8'806,469.33 N**

ELABORADO POR: **V.Y.U.**

REVISADO: **E.E.E. / E.V.R.**

FECHA (INICIO/FIN): **25-11-05 / 25-11-05**



CLIENTE: **SOCIEDAD MINERA EL BROCAL S.A.A.**

HOJA: 2 DE 2

PROYECTO: **ESTUDIO DEFINITIVO PARA EL RECRECIMIENTO DEL DEPOSITO DE RELAVES INTEGRADO DE HUARAUCACA**

TIPO DE SONDEO: **WASH BORING**

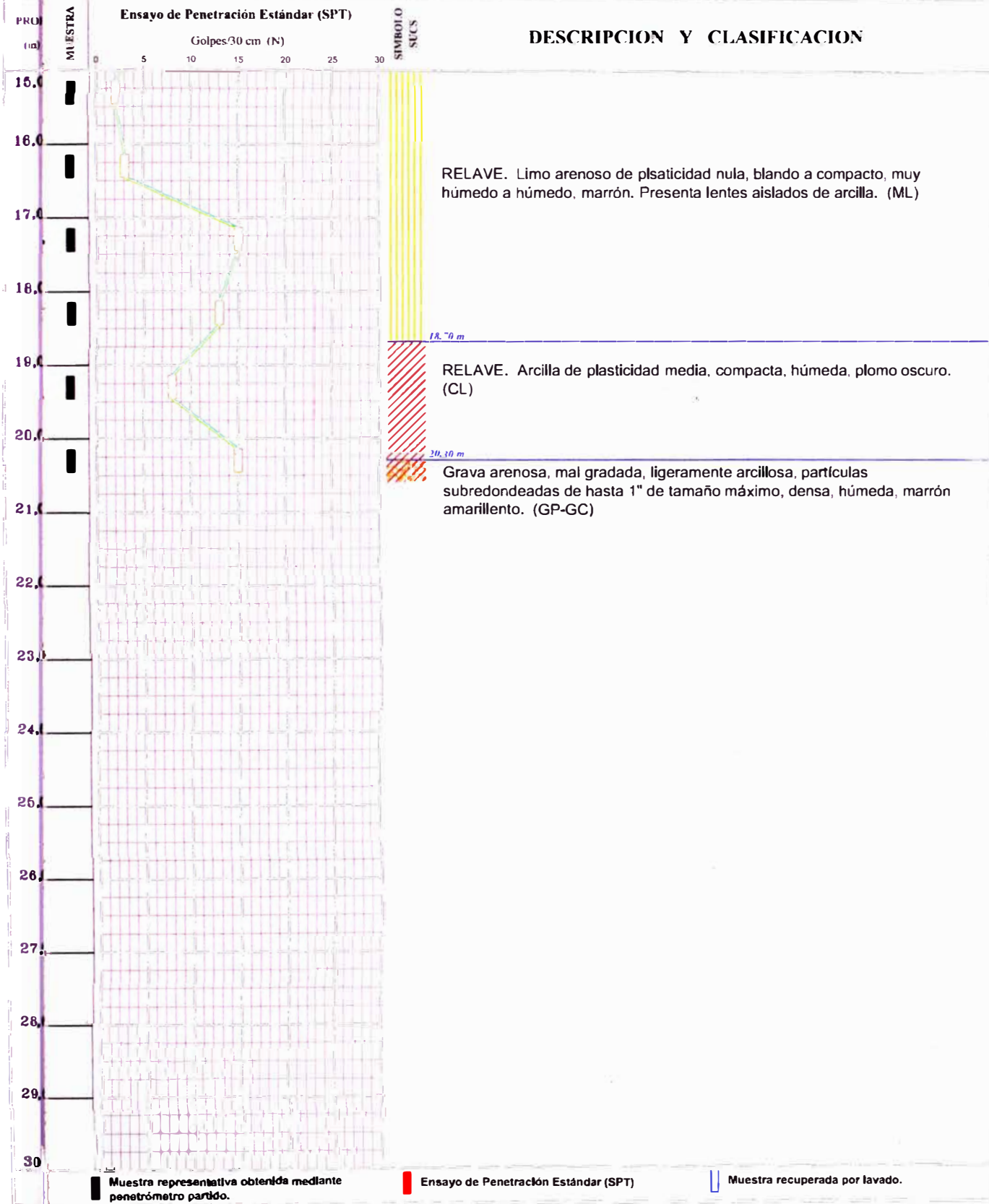
COTA: **4,218.85 msnm**

COORDENADAS: **358,444.92 E 8'806,469.33 N**

EJECUTADO POR: **V.Y.U.**

REVISADO: **E.E.E. / E.V.R.**

FECHA (INICIO/FIN): **25-11-05 / 25-11-05**

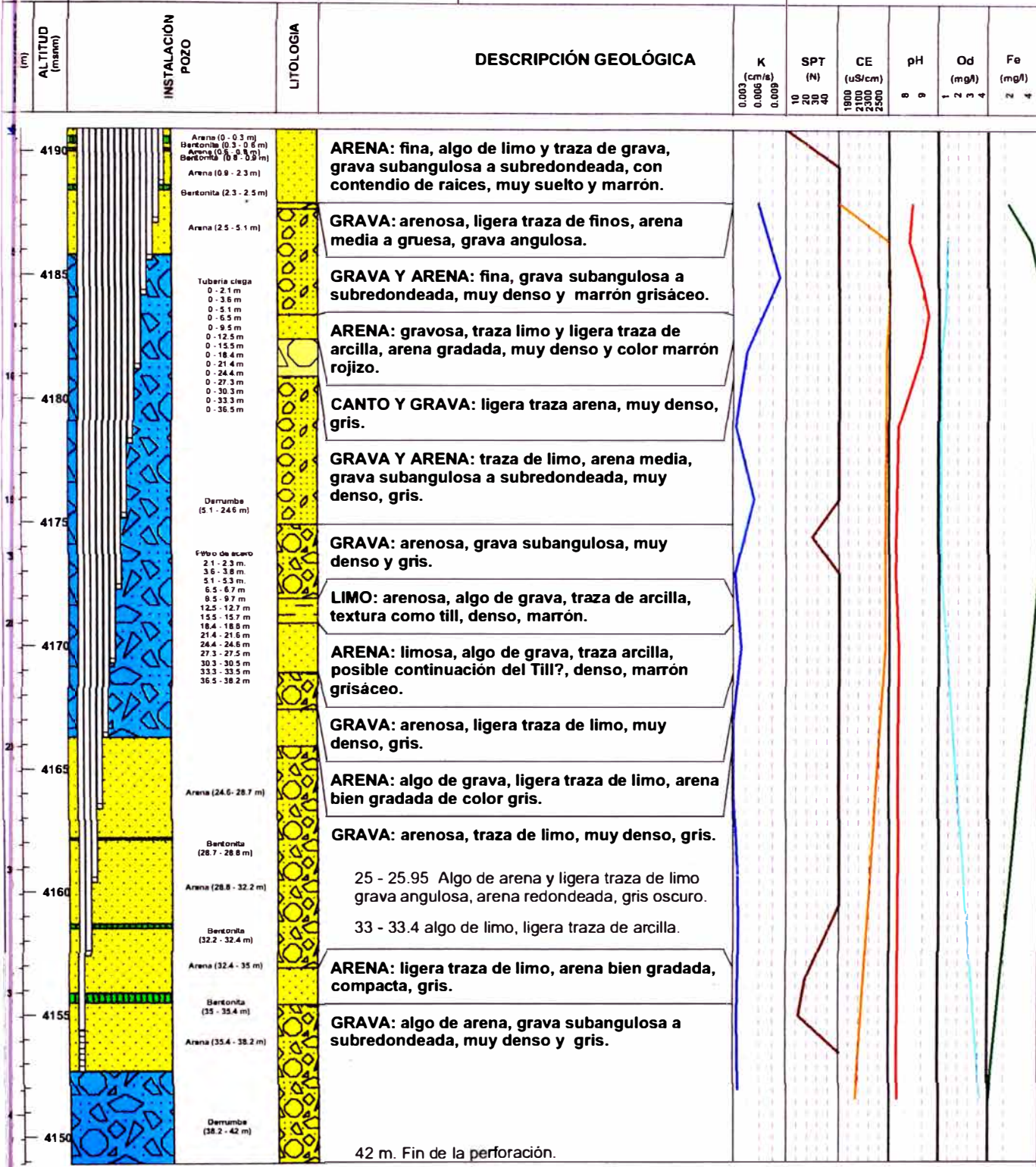


SONDEOS, 2008

EÓLOGO : L.E.
CONTRATISTA : RUN PERU
TIPO DE MAQUINA : LY-38
MÉTODO PERFORACIÓN : Diamantina
DIÁMETRO TUBERÍA (mm) : 78
PROFUNDIDAD POZO (m) : 42

ALTITUD COLLAR (msnm) : 4190.9
AZIMUT (°) : 0
INCLINACIÓN (°) : -90
DIÁMETRO POZO (mm) : 96
PROFUNDIDAD CASING (m) : 42

STICK UP (m) : 0.99
NORTE (m) : 8806531
ESTE (m) : 359129
FECHA INICIO : 24/06/2008
FECHA FINAL : 08/07/2008

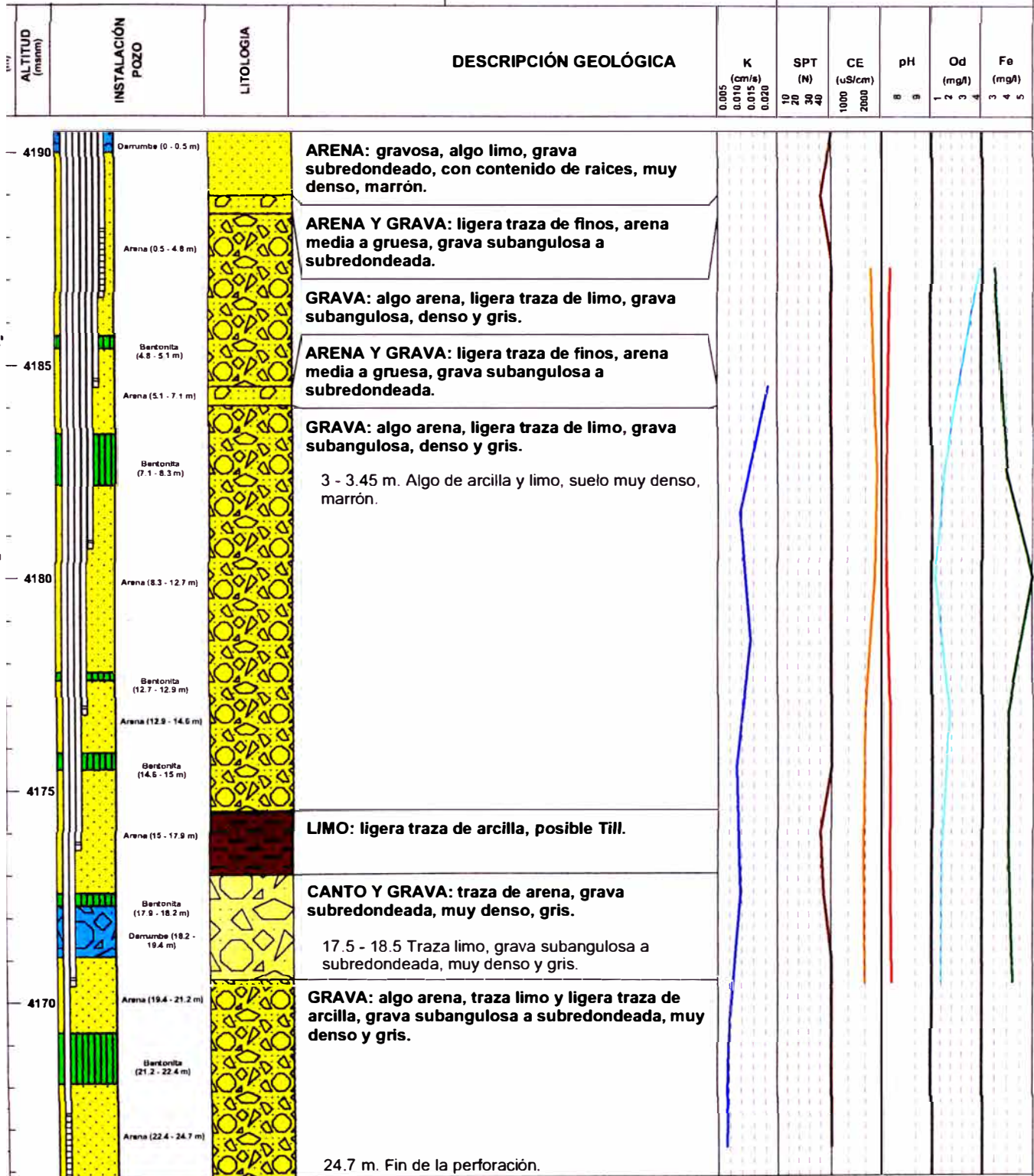


Notas : Piezómetro Monitoreo Multi-Nivel
Datum: PSAD 56
Nivel de agua, simbología Azul (03-07-08)
Nivel piezométrico profundo (17-07-08)

ÓLOGO : L.E.
ONTRATISTA : RUN PERU
PO DE MAQUINA : LY-44
MÉTODO PERFORACIÓN : Diamantina
DIAMETRO TUBERIA (mm) 78
PROFUNDIDAD POZO (m) :24.7

ALTITUD COLLAR (msnm) : 4190.5
AZIMUT (°) : 0
INCLINACIÓN (°) : -90
DIAMETRO POZO (mm) : 96
PROFUNDIDAD CASING (m) : 24.7

STICK UP (m) : 0.74
NORTE (m) : 8806274.2
ESTE (m) : 359174.2
FECHA INICIO : 11/07/2008
FECHA FINAL : 18/07/2008

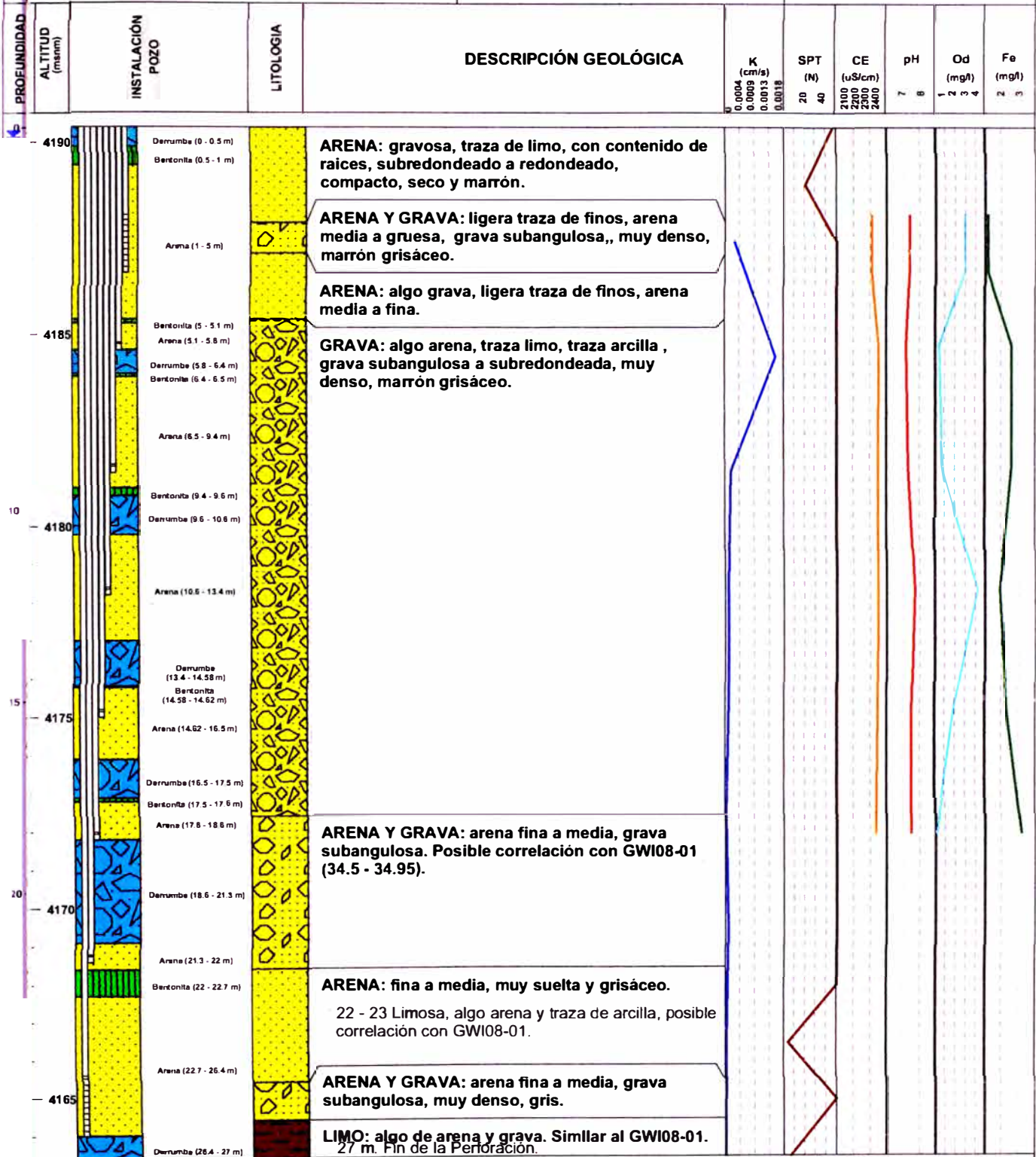


Notas : Pozo de Monitoreo Multi-Nivel
Datum: PSAD 56
Nivel de Agua, simbología Azul (12-07-08)
Nivel piezométrico profundo, simbología Negra (16-07-08)

LOGÓLOGO : L.E.
CONTRATISTA : RUN PERU
MODELO DE MAQUINA : LY-38
MÉTODO PERFORACIÓN : Diamantina
DIÁMETRO TUBERIA (mm) : 78
PROFUNDIDAD POZO (m) : 27

ALTITUD COLLAR (msnm) : 4190.4
AZIMUT (°) : 0
INCLINACIÓN (°) : -90
DIÁMETRO POZO (mm) : 96
PROFUNDIDAD CASING (m) : 27

STICK UP (m) : 0.72
NORTE (m) : 8806203
ESTE (m) : 359180
FECHA INICIO : 20/07/2008
FECHA FINAL : 23/07/2008



LOGEO

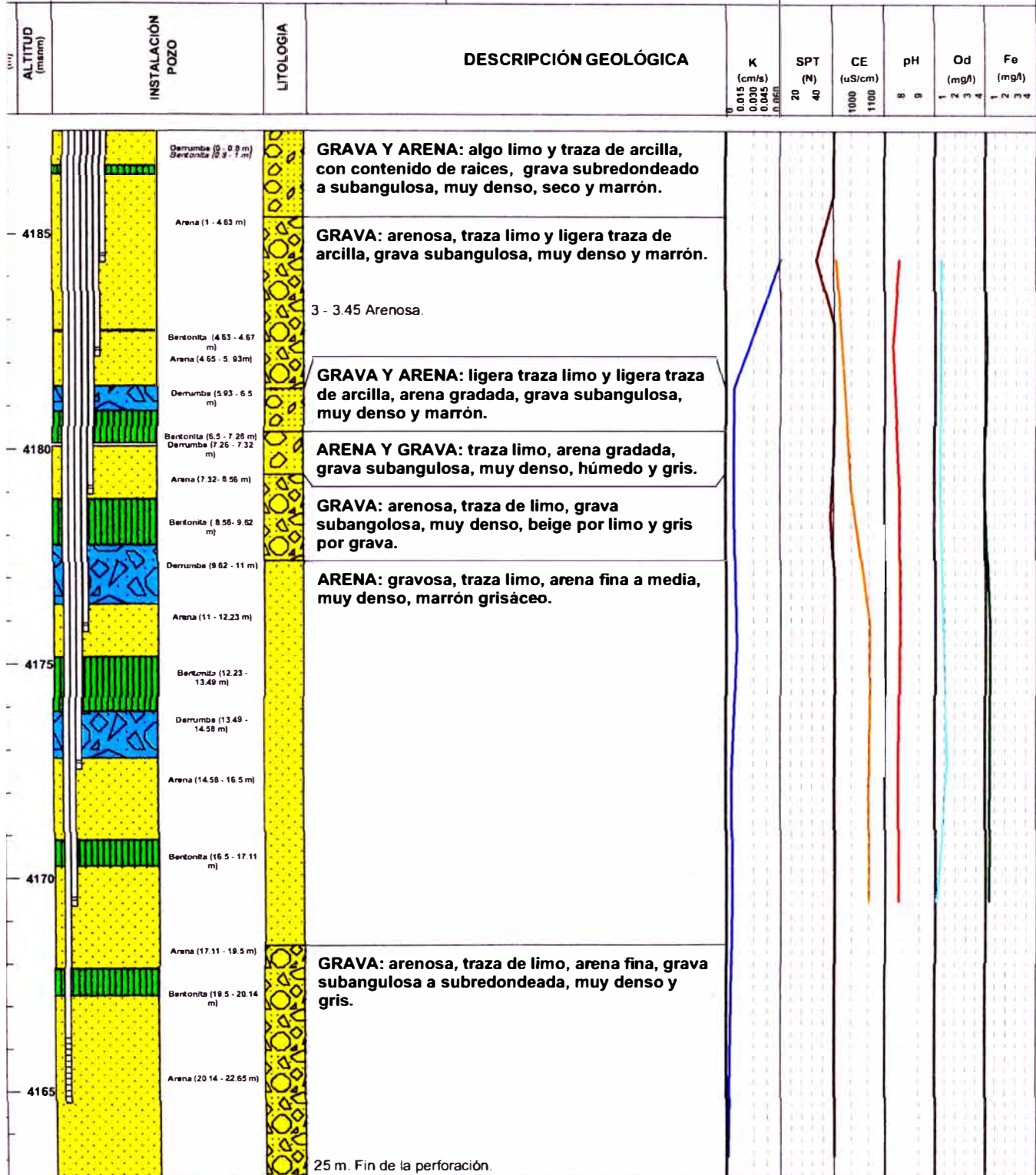
PERFORACIÓN
GW108-04

PROYECTO : Remediación San Juan
PROYECTO N° : 3705
CLIENTE: El Brocal

TÍTULO : L.E.
CONTRATISTA : RIVERA
TIPO DE MAQUINA : L38
MÉTODO PERFORACIÓN : Diamantina
DIAMETRO TUBERIA (mm) : 78
PROFUNDIDAD POZO (m) : 22.65

ALTITUD COLLAR (msnm) :
AZIMUT (°) : 0
INCLINACIÓN (°) : -90
DIAMETRO POZO (mm) : 96
PROFUNDIDAD CASING (m) : 25

STICK UP (m) : 0.99
NORTE (m) : 8805900
ESTE (m) : 359368
FECHA INICIO : 25/07/2008
FECHA FINAL : 01/08/2008



Notas : Pozo de Monitoreo Multi-Nivel
Datum: BAD 56
Nivel freático, simbología Azul (27-07-08)
Nivel piezométrico profundo, simbología Negra (31-07-08)

ANEXO 2

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE CALICATAS

CALICATAS, 2005



PERFIL
DE
SUELOS

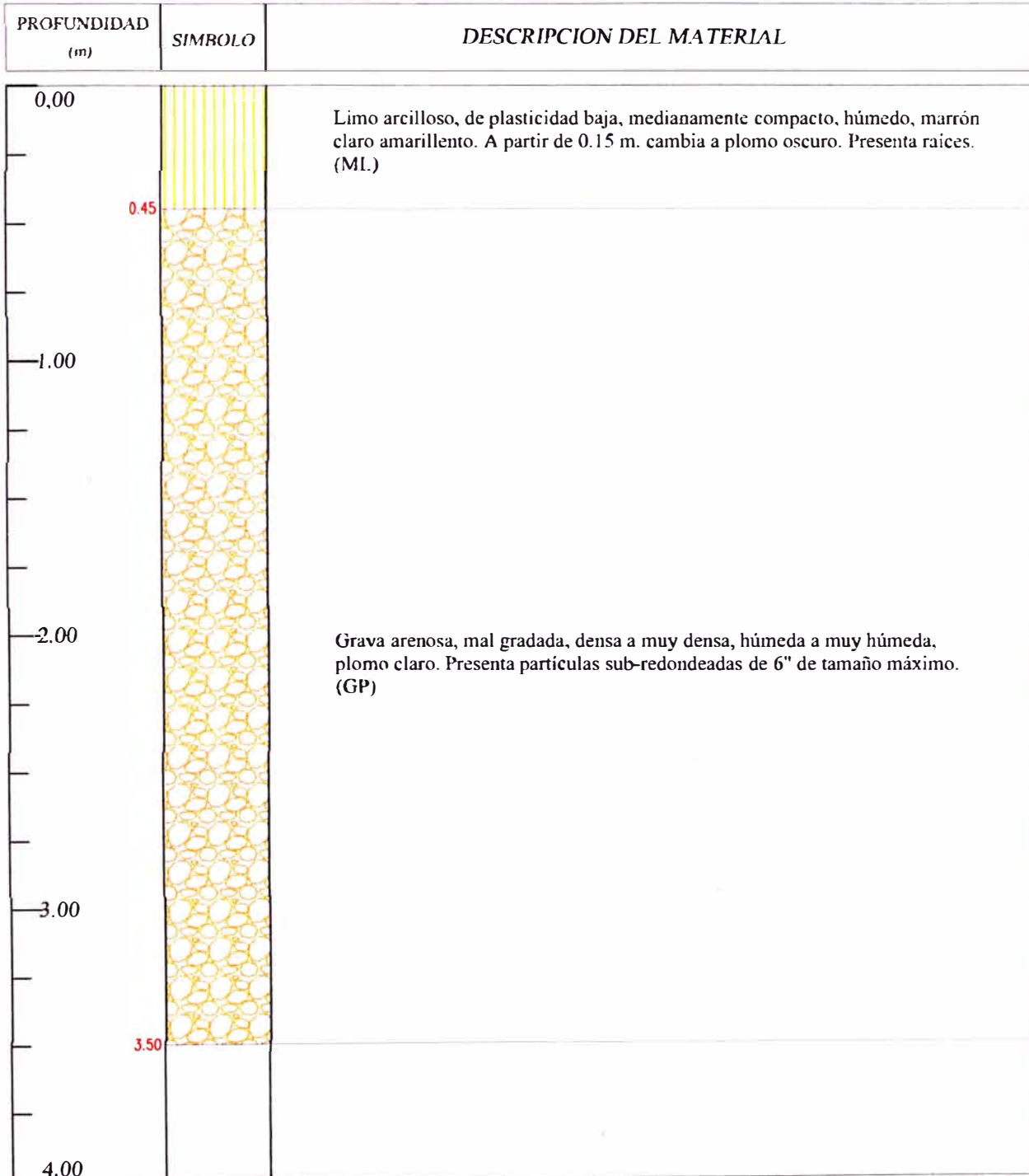
CALICATA:

C-15

CLIENTE: SOCIEDAD MINERA EL BROCAL S.A.A.

PROYECTO: ESTUDIO DEFINITIVO PARA EL RECRECIMIENTO INTEGRAL DE
LOS DEPÓSITOS DE RELAVES DE HUARAUCACA

TIPO DE SONDEO:	CALICATA	NIVEL FREÁTICO:	-	FECHA:	06-05-05
EJECUTADO POR:	M. T. T.	PROF. TOTAL:	3.50 m	COTA DE TERRENO:	4196.00 msnm
REVISADO:	E. V. R.	COORDENADAS:	358,970.30 E 8'805,813.59 N		



Notas:



PERFIL
DE
SUELOS

CALICATA:

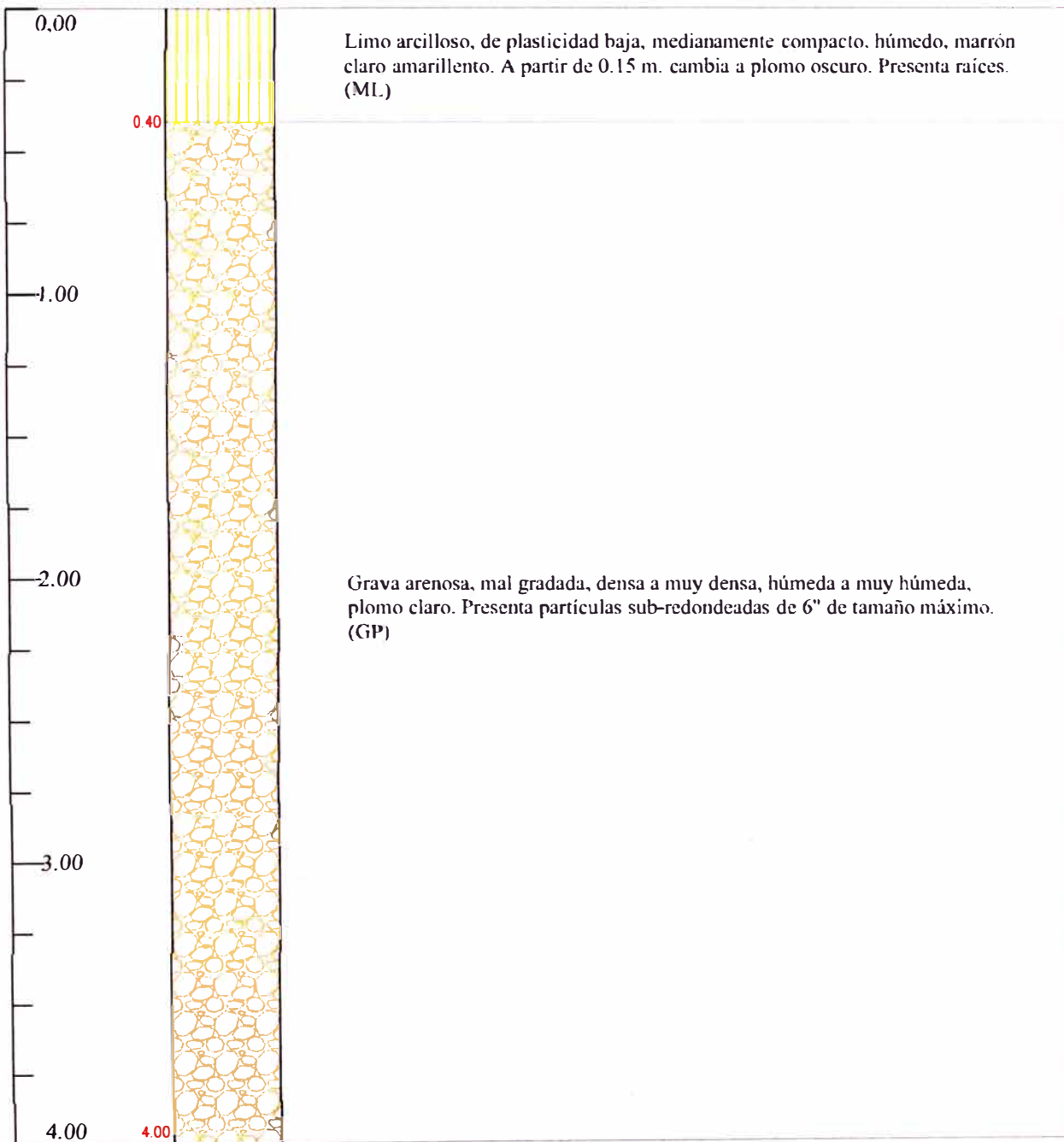
C-16

CLIENTE: SOCIEDAD MINERA EL BROCAL S.A.A.

PROYECTO: ESTUDIO DEFINITIVO PARA EL RECRECIMIENTO INTEGRAL DE LOS DEPÓSITOS DE RELAVES DE HUARAUCACA

TIPO DE SONDEO:	CALICATA	NIVEL FREÁTICO:	-	FECHA:	07-05-05
EJECUTADO POR:	M. T. T.	PROF. TOTAL:	1.10 m	COTA DE TERRENO:	4198.00 msum
REVISADO:	E. V. R.	COORDENADAS:	358,593.02 E 8'805,952.82 N		

PROFUNDIDAD (m)	SIMBOLO	DESCRIPCION DEL MATERIAL
--------------------	---------	--------------------------



Notas:

CALICATAS, 2009



**PERFIL
DE
SUELOS**

CALICATA: **C-7**

CLIENTE: **SOCIEDAD MINERA EL BROCAL S.A.A.**

UBICACION: **Huaraucaca
Cerro de Pasco**

PROYECTO: **ESTUDIO DE ESTABILIDAD FISICA DEL DEPÓSITO DE RELAVES
Nº2 PARA EL CIERRE**

Nº: **1-M-057-018**

TIPO DE SONDAJE: **Calicata**

COTA TERRENO: **4.234.741 mslm**

PROF. TOTAL: **0.50 m**

FECHA: **Abril 2009**

REGISTRADO: **V.Y.U.**

REVISADO: **J.C.L.**

COORDENADAS: **358.644.337 E - 8'806.445.275 N**

PROFUNDIDAD (m)	SIMBOLO SUCS	CLASIFICACION Y DESCRIPCION
0.00		RELAVE GRUESO. Arena fina con arcilla, medianamente compacta, húmeda, marrón. (SM)
0.10		RELAVE FINO. Arcilla de plasticidad media, medianamente compacta, muy húmeda, marrón a plomo. (CL) Presenta adoquines de arcilla de 30 cm de diámetro con grietas de 1 cm de espesor entre ellas.
0.50		
1.00		
1.50		
2.00		
2.50		
3.00		
3.50		



PERFIL
DE
SUELOS

CALICATA: **C-8**

CLIENTE: **SOCIEDAD MINERA EL BROCAL S.A.A.**

UBICACION: **Huaraucaca
Cerro de Pasco**

PROYECTO: **ESTUDIO DE ESTABILIDAD FISICA DEL DEPÓSITO DE RELAVES
Nº2 PARA EL CIERRE**

Nº: **1-M-057-018**

TIPO DE SONDAJE: **Calicata**

COTA TERRENO: **4.234.959 msnm**

PROF. TOTAL: **0.50 m**

FECHA: **Abril 2009**

REGISTRADO: **V.Y.U.**

REVISADO: **J.C.L.**

COORDENADAS: **358,657.465 E - 8'806,394.955 N**

PROFUNDIDAD (m)	SIMBOLO SUCS	CLASIFICACION Y DESCRIPCION
0.00	0.10	RELAVE GRUESO. Arena fina con arcilla, dedianamente compacta, húmeda, marrón. (SM)
		RELAVE FINO. Arcil lade plasticidad media, medianamente compacta, muy húmeda, marrón a plomo. (CL) Presenta adoquines de arcilla de 30 cm de diámetro con grietas de 1 cm de espesor entre ellas.
0.50	0.50	
1.00		
1.50		
2.00		
2.50		
3.00		
3.50		
4.00		



PERFIL
DE
SUELOS

CALICATA: **C-9**

CLIENTE:	SOCIEDAD MINERA EL BROCAL S.A.A.		UBICACION:	Huaracaca Cerro de Pasco	
PROYECTO:	ESTUDIO DE ESTABILIDAD FISICA DEL DEPÓSITO DE RELAVES Nº2 PARA EL CIERRE			Nº:	1-M-057-018
TIPO DE SONDAJE:	Calicata	COTA TERRENO: 4.234.887 <i>msnm</i>	PROF. TOTAL:	0.70 m	FECHA: Abril 2009
REGISTRADO:	V.Y.U.	REVISADO:	J.C.L.	COORDENADAS: 358.695.254 E - 8'06,370.616 N	

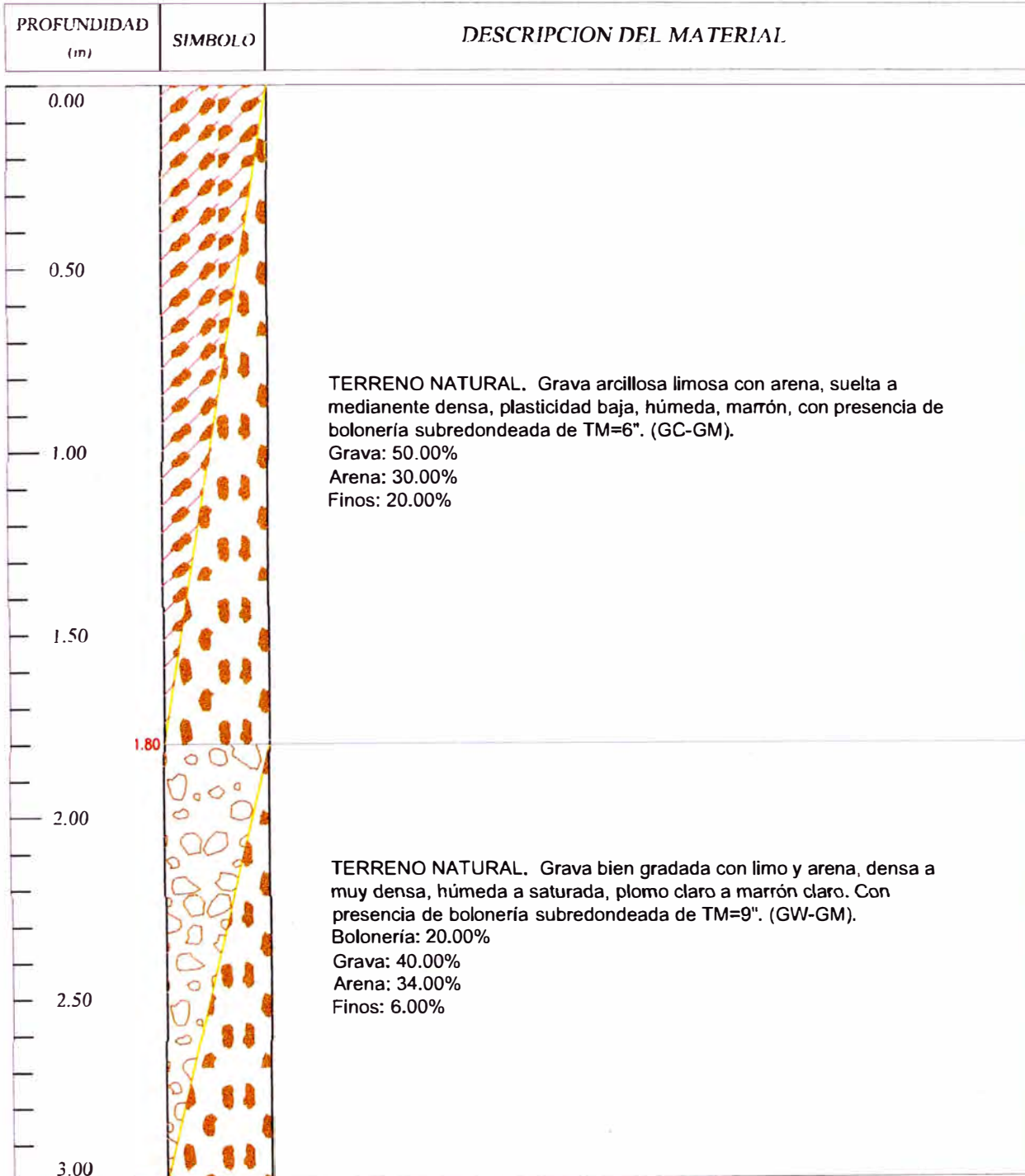
PROFUNDIDAD (m)	SIMBOLO SUC'S	CLASIFICACION Y DESCRIPCION
0.00	2.10	RELAVE GRUESO. Arena fina con arcilla, dedianamente compacta, húmeda, marrón. (SM)
0.50		RELAVE FINO. Arcilla de plasticidad media, medianamente compacta, muy húmeda, marrón a plomo. (CL) Presenta adoquines de arcilla de 30 cm de diámetro con grietas de 1 cm de espesor entre ellas.
0.70		
1.00		
1.50		
2.00		
2.50		
3.00		
3.50		
4.00		

CALICATAS, 2010

CLIENTE: **SOCIEDAD MINERA EL BROCAL S.A.A.**

PROYECTO: **INGENIERÍA DE DETALLE PARA EL RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES N°7 DE HUARAUCACA**

TIPO DE SONDEO:	CALICATA	NIVEL FREÁTICO:	-	FECHA:	06 OCT. 2010
EJECUTADO POR:	V. Y. U.	PROF. TOTAL:	3.50 m	COTA DE TERRENO:	4193.00 msum
REVISADO:	N. L. O.	COORDENADAS:	359,100.669 E 8'806,531.315 N		



Notas:



PERFIL
DE
SUELOS

CALICATA:

C-1

CLIENTE: SOCIEDAD MINERA EL BROCAL S.A.A.

PROYECTO: INGENIERÍA DE DETALLE PARA EL RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES N°7 DE HUARAUCACA

TIPO DE SONDEO:	CALICATA	NIVEL FREÁTICO:	3.20 m	FECHA:	06 OCT. 2010
EJECUTADO POR:	V. Y. U.	PROF. TOTAL:	3.50 m	COTA DE TERRENO:	4193.00 msum
REVISADO:	N. L. O.	COORDENADAS:	359,100.669 E 8'806,531.315 N		

PROFUNDIDAD (m)	SIMBOLO	DESCRIPCION DEL MATERIAL
3.00		<p>TERRENO NATURAL. Grava bien gradada con limo y arena, densa a muy densa, húmeda a saturada, plomo claro a marrón claro, con presencia de bolonería subredondeada de TM=9". (GW-GM). Bolonería: 20.00% Grava: 40.00% Arena: 34.00% Finos: 6.00%</p>
3.50		
4.00		
4.50		
5.00		
5.50		
6.00		

Notas:

CLIENTE: **SOCIEDAD MINERA EL BROCAL S.A.A.**

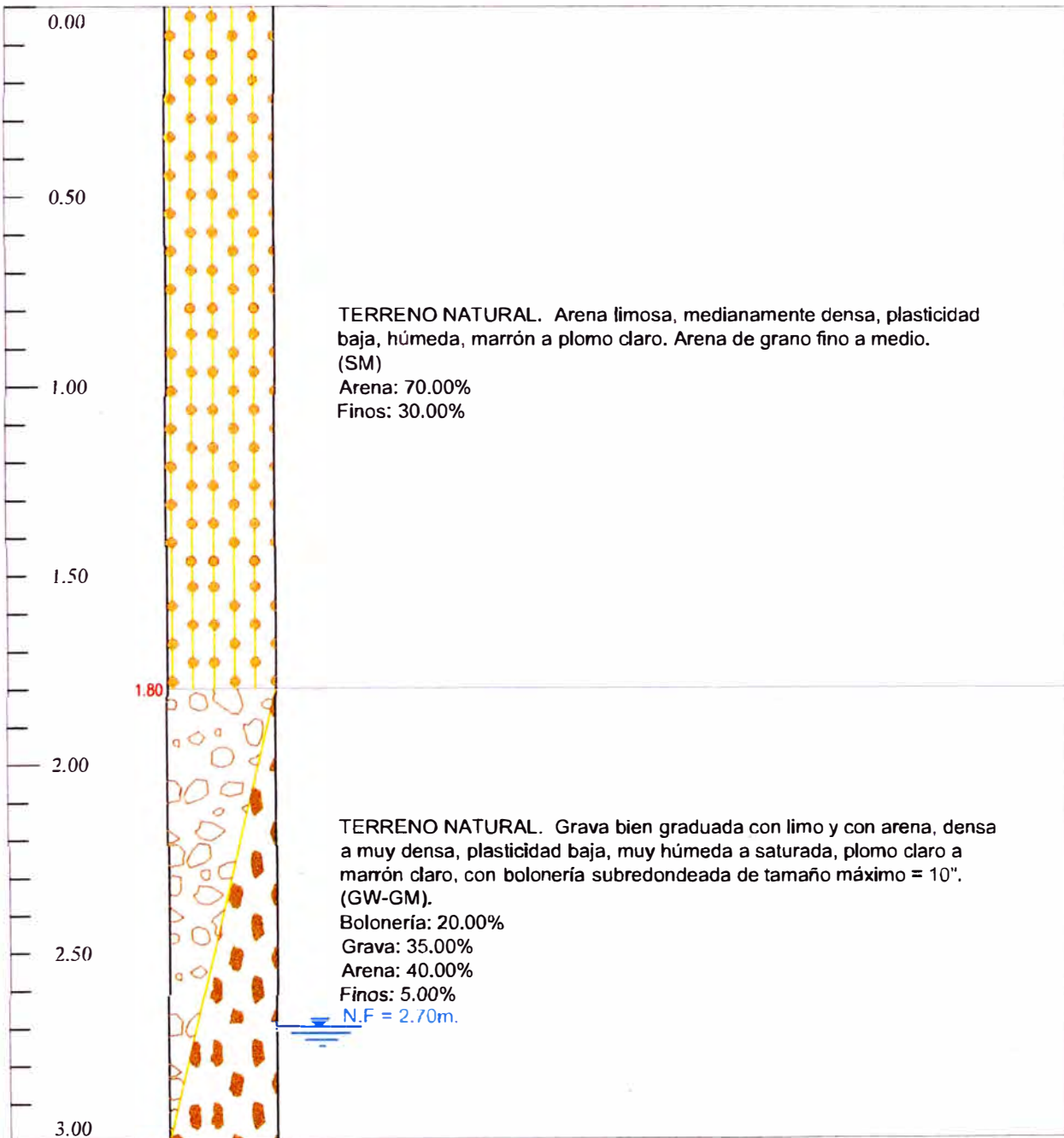
PROYECTO: **INGENIERÍA DE DETALLE PARA EL RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES N°7 DE HUARAUCACA**

TIPO DE SONDEO: **CALICATA** NIVEL FREÁTICO: **2.70 m** FECHA: **06 OCT. 2010**

EJECUTADO POR: **V. Y. U.** PROF. TOTAL: **3.50 m** COTA DE TERRENO: **4190.00 msum**

REVISADO: **N. L. O.** COORDENADAS: **359,225.760 E 8'806,188.910 N**

PROFUNDIDAD (m)	SIMBOLO	DESCRIPCION DEL MATERIAL
-----------------	---------	--------------------------



Notas:



PERFIL
DE
SUELOS

CALICATA:

C-2

CLIENTE: SOCIEDAD MINERA EL BROCAL S.A.A.

PROYECTO: INGENIERÍA DE DETALLE PARA EL RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES N°7 DE HUARAUCACA

TIPO DE SONDEO:	CALICATA	NIVEL FREÁTICO:	2.70 m	FECHA:	06 OCT. 2010
EJECUTADO POR:	V. Y. U.	PROF. TOTAL:	3.50 m	COTA DE TERRENO:	4190.00 msum
REVISADO:	N. L. O.	COORDENADAS:	359,225.760 E 8'806,188.910 N		

PROFUNDIDAD (m)	SIMBOLO	DESCRIPCION DEL MATERIAL
3.00		<p>TERRENO NATURAL. Grava bien graduada con limo y con arena, densa a muy densa, plasticidad baja, muy húmeda a saturada, plomo claro a marrón claro, con bolonería subredondeada de tamaño máximo = 10". (GW-GM).</p> <p>Bolonería: 20.00%</p> <p>Grava: 35.00%</p> <p>Arena: 40.00%</p> <p>Finos: 5.00%</p>
3.50		<p>Límite de excavación.</p>
4.00		
4.50		
5.00		
5.50		
6.00		

Notas:



PERFIL
DE
SUELOS

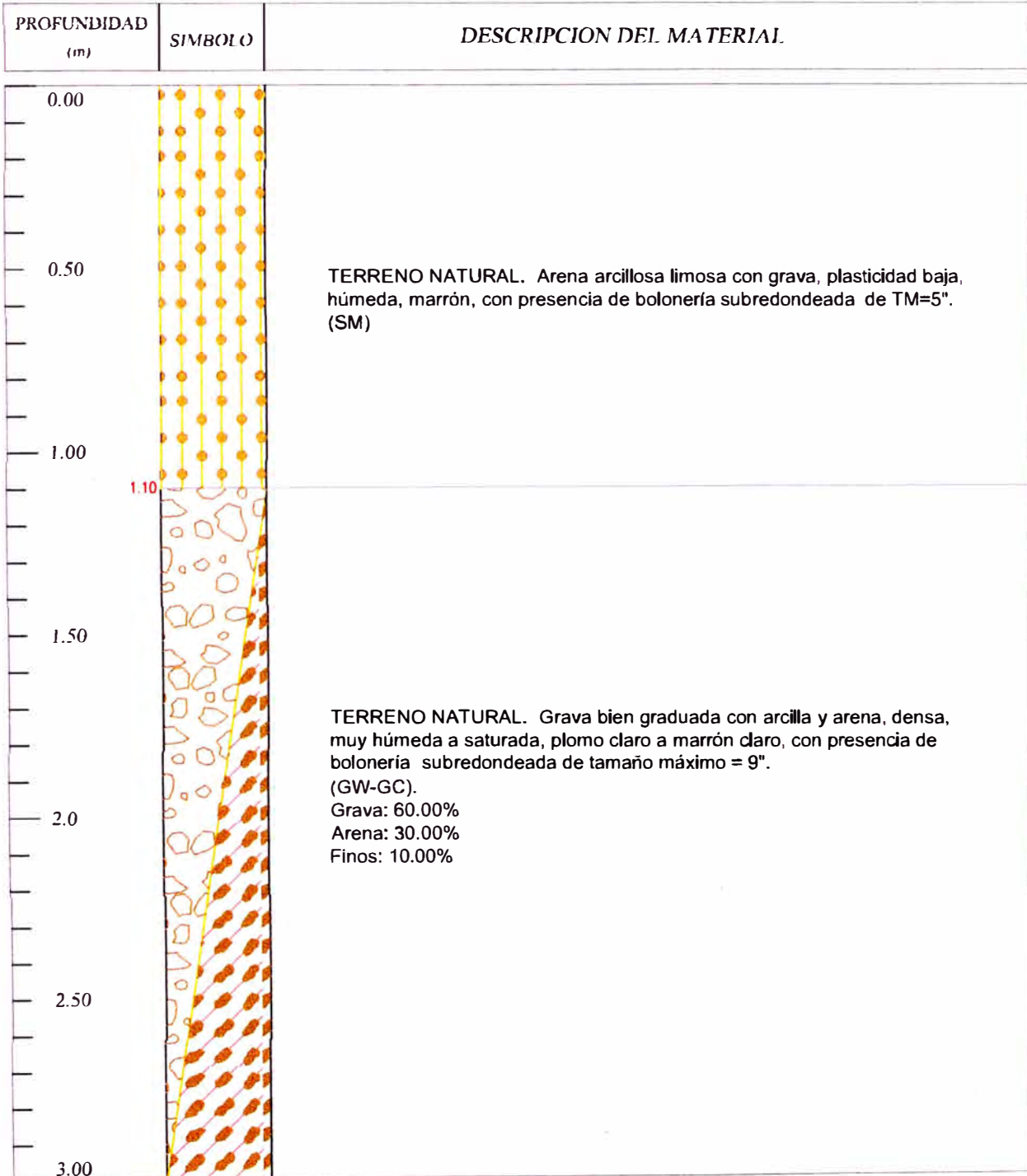
CALICATA:

C-3

CLIENTE: SOCIEDAD MINERA EL BROCAL S.A.A.

PROYECTO: INGENIERÍA DE DETALLE PARA EL RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES N°7 DE HUARAUCACA

TIPO DE SONDEO:	CALICATA	NIVEL FREÁTICO:	-	FECHA:	06 OCT. 2010
EJECUTADO POR:	V. Y. U.	PROF. TOTAL:	4.70 m	COTA DE TERRENO:	4196.00 msum
REVISADO:	N. L. O.	COORDENADAS:	359,116.689 E 8'805,745.067 N		



Notas:



PERFIL
DE
SUELOS

CALICATA:

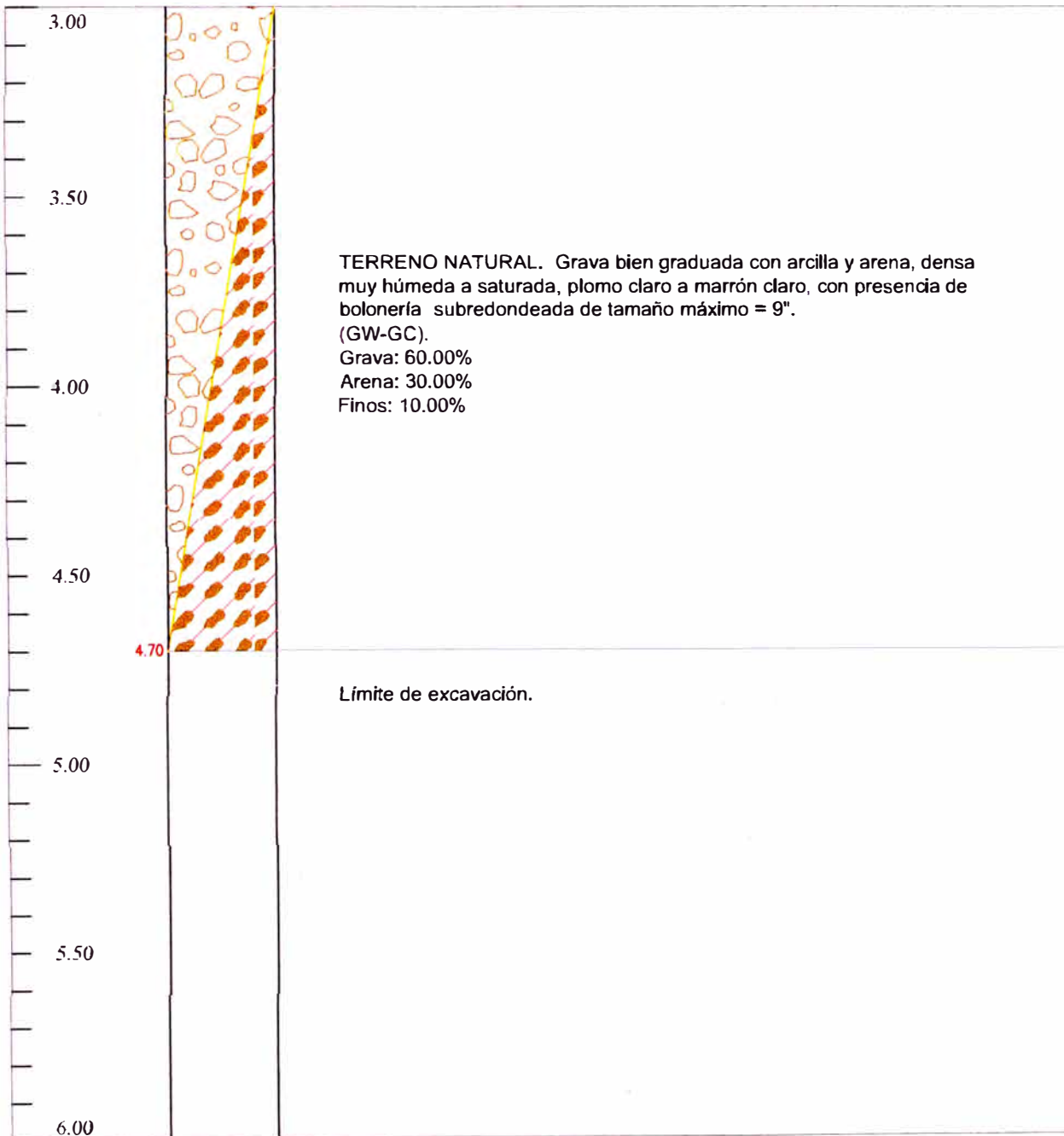
C-3

CLIENTE: SOCIEDAD MINERA EL BROCAL S.A.A.

PROYECTO: INGENIERÍA DE DETALLE PARA EL RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES N°7 DE HUARAUCACA

TIPO DE SONDEO:	CALICATA	NIVEL FREÁTICO:	-	FECHA:	06 OCT. 2010
EJECUTADO POR:	V. Y. U.	PROF. TOTAL:	4.70 m	COTA DE TERRENO:	4196.00 msum
REVISADO:	N. L. O.	COORDENADAS:	359,116.689 E 8'805,745.067 N		

PROFUNDIDAD (m)	SIMBOLO	DESCRIPCION DEL MATERIAL
--------------------	---------	--------------------------



Notas:



PERFIL
DE
SUELOS

CALICATA:

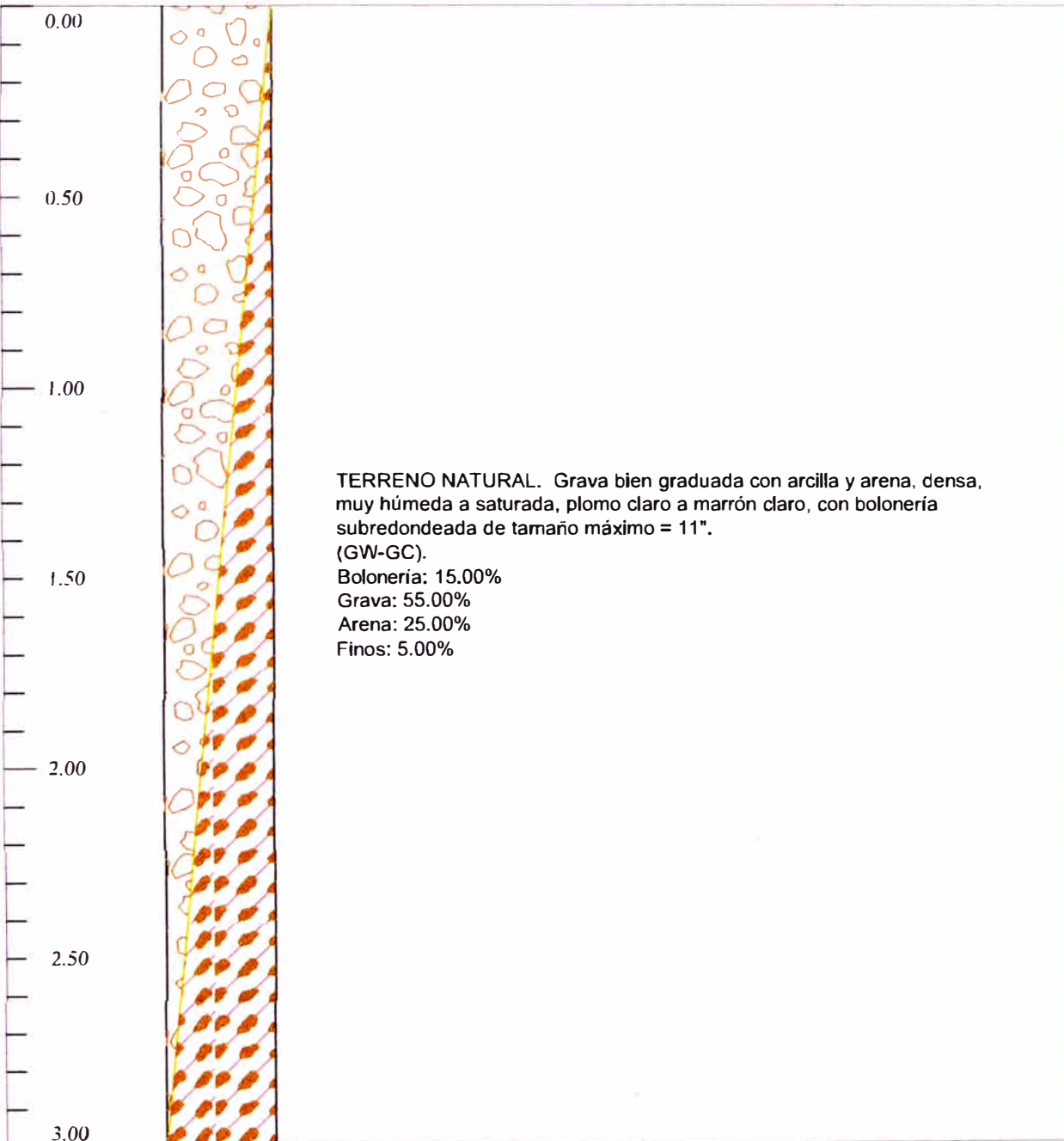
C-5

CLIENTE: SOCIEDAD MINERA EL BROCAL S.A.A.

PROYECTO: INGENIERÍA DE DETALLE PARA EL RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES N°7 DE HUARAUCACA

TIPO DE SONDEO:	CALICATA	NIVEL FREÁTICO:	-	FECHA:	06 OCT. 2010
EJECUTADO POR:	V. Y. U.	PROF. TOTAL:	3.70 m	COTA DE TERRENO:	4196.00 msum
REVISADO:	N. L. O.	COORDENADAS:	358,711.606 E 8'805,718.621 N		

PROFUNDIDAD (m)	SIMBOLO	DESCRIPCION DEL MATERIAL
--------------------	---------	--------------------------



TERRENO NATURAL. Grava bien graduada con arcilla y arena, densa, muy húmeda a saturada, plomo claro a marrón claro, con bolonería subredondeada de tamaño máximo = 11".
(GW-GC).
Bolonería: 15.00%
Grava: 55.00%
Arena: 25.00%
Finos: 5.00%

Notas:



PERFIL
DE
SUELOS

CALICATA:

C-5

CLIENTE: SOCIEDAD MINERA EL BROCAL S.A.A.

PROYECTO: INGENIERÍA DE DETALLE PARA EL RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES N°7 DE HUARAUCACA

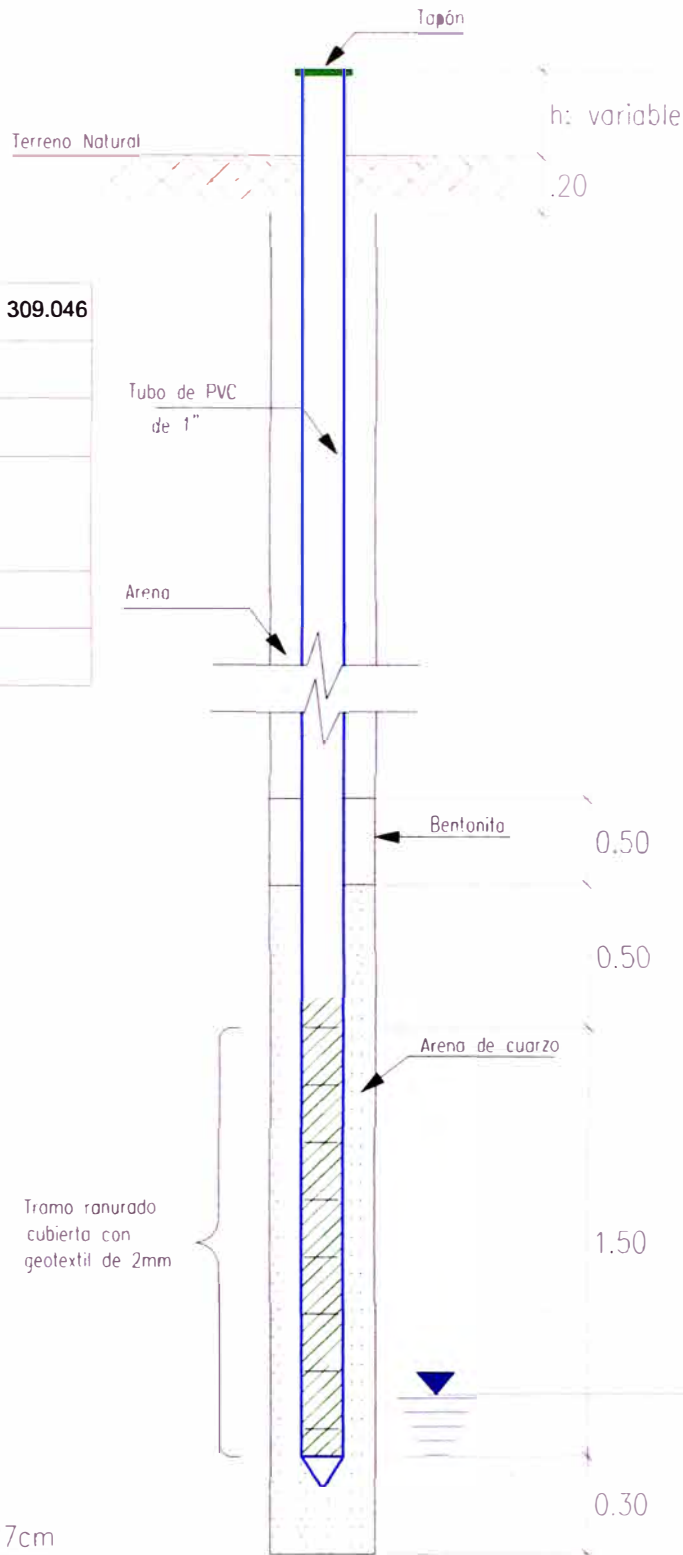
TIPO DE SONDEO:	CALICATA	NIVEL FREÁTICO:	-	FECHA:	06 OCT. 2010
EJECUTADO POR:	V. Y. U.	PROF. TOTAL:	3.70 m	COTA DE TERRENO:	4196.00 msum
REVISADO:	N. L. O.	COORDENADAS:	358,711.606 E 8'805,718.621 N		

PROFUNDIDAD (m)	SIMBOLO	DESCRIPCION DEL MATERIAL
3.00		<p>TERRENO NATURAL. Grava bien graduada con arcilla y arena, densa, muy húmeda a saturada, plomo claro a marrón claro, con bolonería de tamaño máximo = 10". (GW - GC). Bolonería: 15.00% Grava: 55.00% Arena: 25.00% Finos: 5.00%</p>
3.50		
3.70		Límite de excavación.
4.00		
4.50		
5.00		
5.50		
6.00		

Notas:

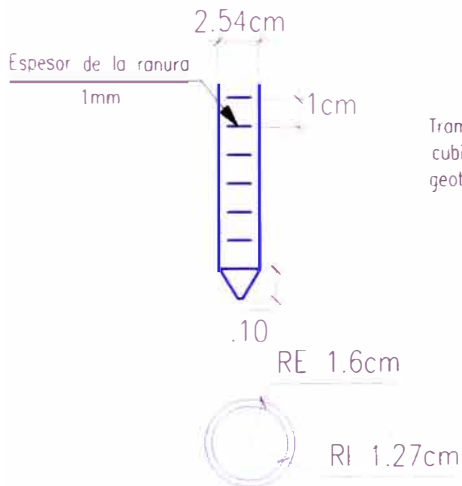
ANEXO 3
REGISTRÓ DE PIEZÓMETROS DE TUBO
ABIERTO

Coordenadas: N 8 806 014.531, E 358 309.046
Prof. N.F.: 7.40 m
Profundidad de Perforación: 7.50 m
Perforación HQ: 15.00 m NQ: 25.00 m BQ: resto
Longitud del Piezometro: 7.70 m
Tramo ranurado: 1.50 m



PROF. NF: 7.40 m

DETALLE DEL TRAMO RANURADO



Nota: El tubo ranurado lleva tres columnas de ranuras



SOCIEDAD MINERA "EL BROCAL" S.A.A.
UNIDAD
MINA COLQUIJIRCA

PROYECTO:

**ESTUDIO DE ESTABILIDAD FÍSICA DEL DEPÓSITO DE RELAVES N°2
PARA EL CIERRE**



ESQUEMA:

INSTALACION DE PIEZOMETRO Pz-8

ESCALA:

S/E

PROYECTO N°

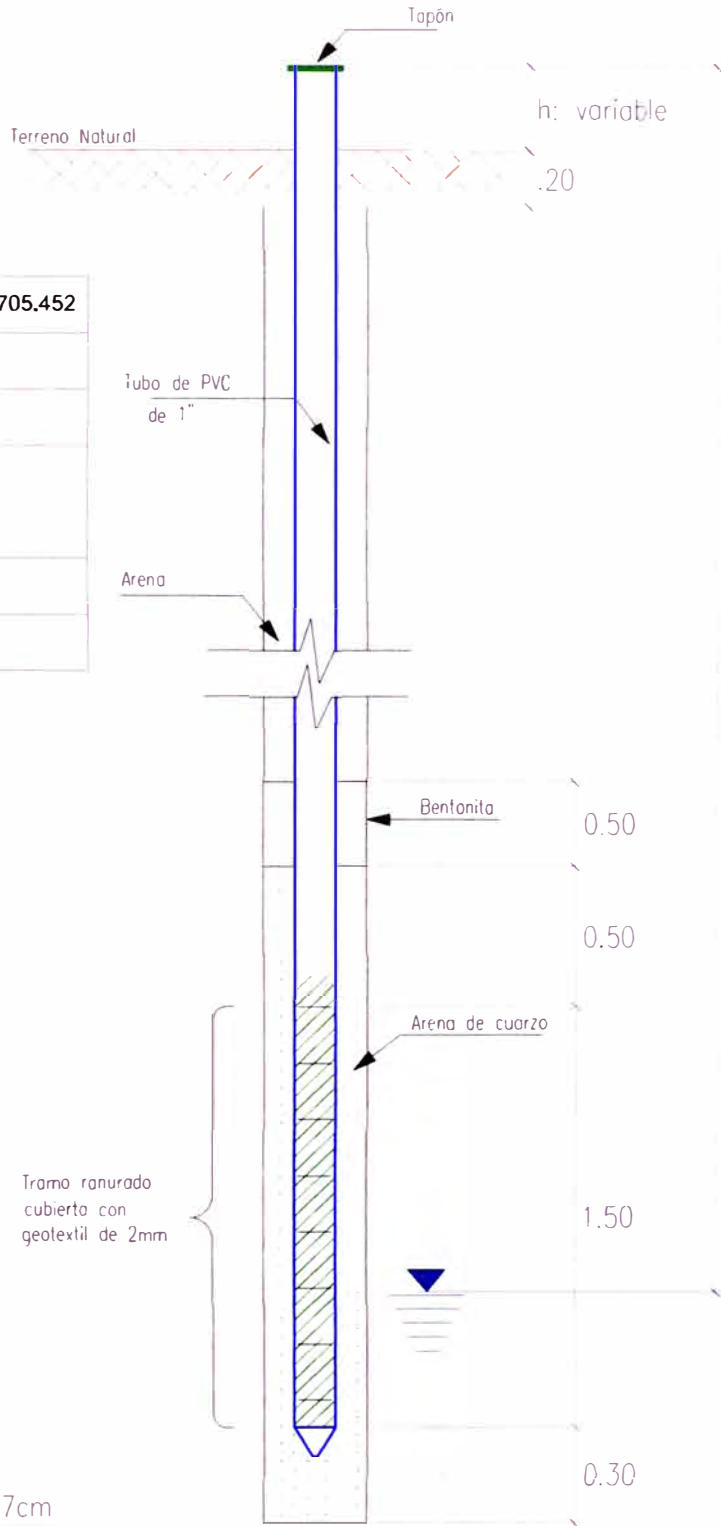
1-M-057-018

PIEZOMETRO N°

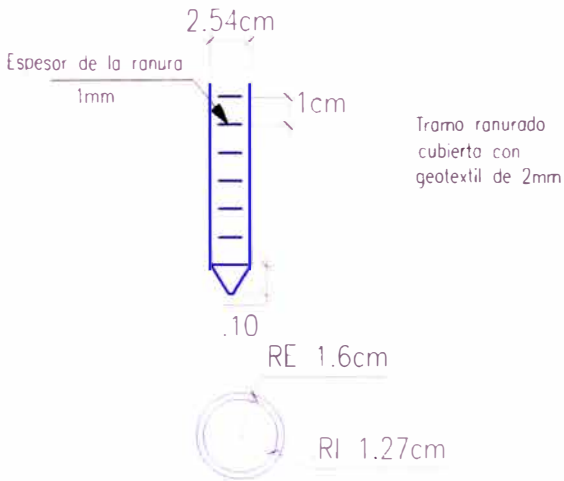
08

ANEXO

Coordenadas: N 8 858 29.228, E 358 705.452
Prof. N.F.: 7.24 m
Profundidad de Perforación: 7.50 m
Perforación HQ: 15.00 m NQ: 25.00 m BQ: resto
Longitud del Piezometro: 7.70 m
Tramo ranurado: 1.50 m



DETALLE DEL TRAMO RANURADO



Nota: El tubo ranurado lleva tres columnas de ranuras



SOC JAD MINERA "EL BROCAL" S.A.A.
UNIDAD
MINA COLQUIJIRCA

PROYECTO:

ESTUDIO DE ESTABILIDAD FÍSICA DEL DEPÓSITO DE RELAVES N°2
PARA EL CIERRE



INGENIEROS SAC

ESQUEMA:

INSTALACION DE PIEZOMETRO Pz-9

ESCALA:

S/E

PROYECTO N°

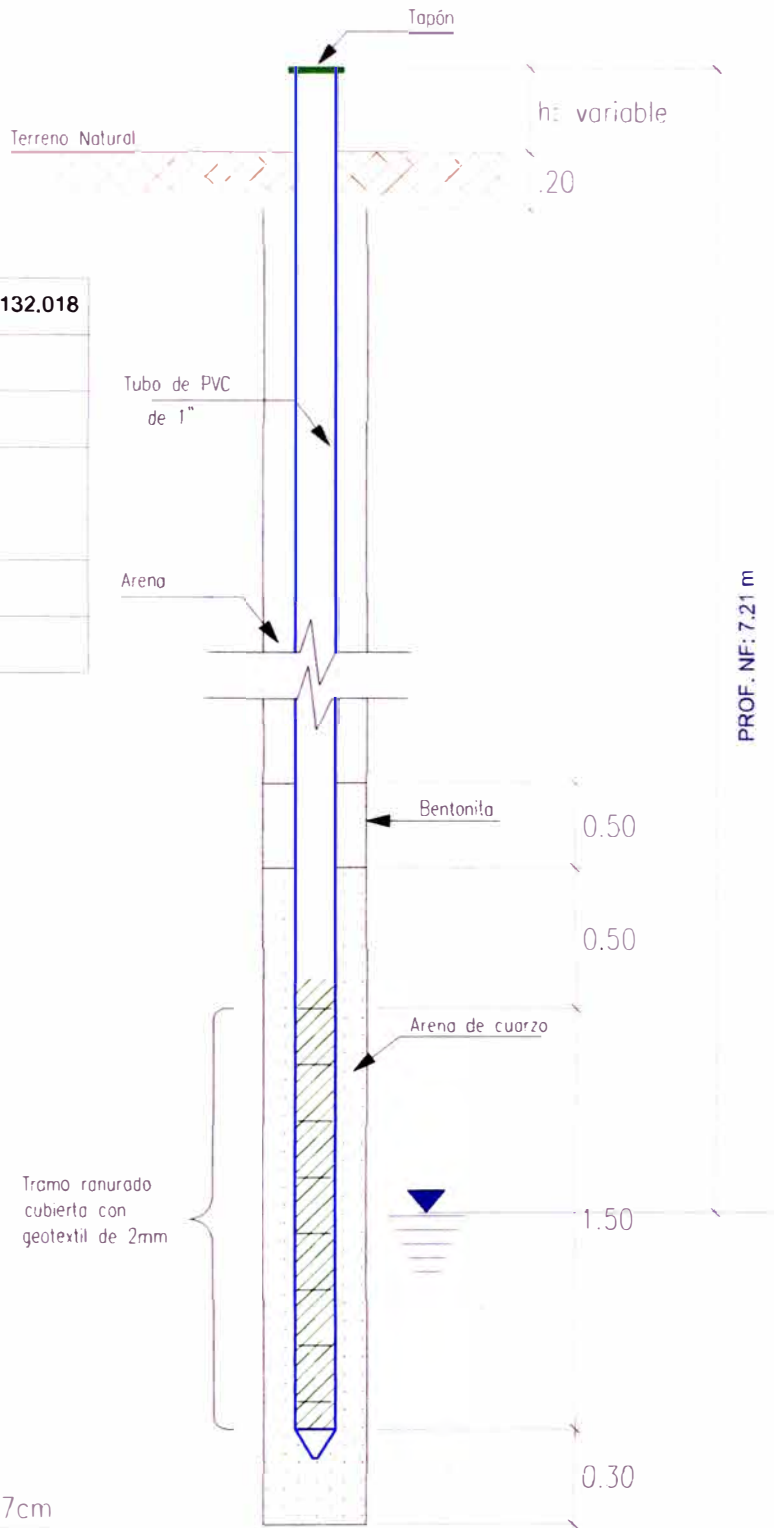
1-M-05 7-018

PIEZOMETRO N°

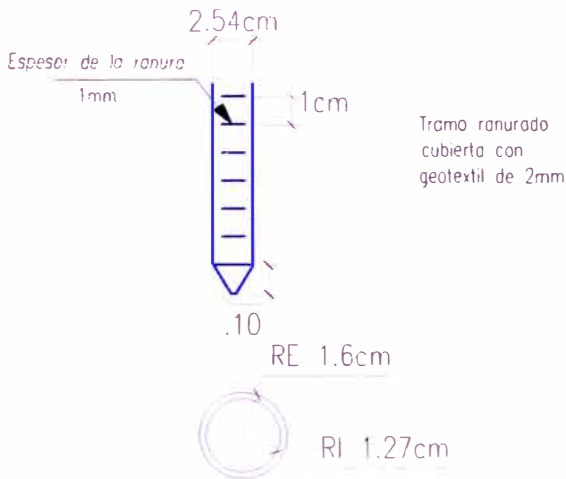
09

ANEXO

Coordenadas: N 8 805722.548, E 359 132.018
Prof. N.F.: 7.21 m
Profundidad de Perforación: 7.50 m
Perforación HQ: 15.00 m NQ: 25.00 m BQ: resto
Longitud del Piezometro: 7.90 m
Tramo ranurado: 1.50 m



DETALLE DEL TRAMO RANURADO



Nota: El tubo ranurado llevo tres columnas de ranuras



SOCIAD MINERA "EL BROCAL" S.A.A.
UNIDAD
MINA COLQUIJRCA

PROYECTO:

ESTUDIO DE ESTABILIDAD FÍSICA DEL DEPÓSITO DE RELAVES N°2 PARA EL CIERRE



ESQUEMA:

INSTALACION DE PIEZOMETRO Pz-10

ESCALA:

S/E

PROYECTO N°

1-M-057-018

PIEZOMETRO N°

10

ANEXO:

ANEXO 4
RESULTADOS DE ENSAYOS DE
DENSIDAD IN-SITU

MATERIAL INTEGRAL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

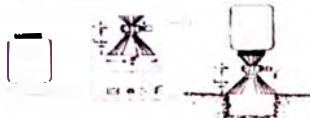
OBJETIVO: RECUPERACION INTEGRAL DE LOS DEPOSITOS DE RELAVES DE HUARAUCACA CANCHA 3.5 Y 7

MATERIAL: DE PRESTAMO PARA RELLENO DE LA CANCHA DE RELAVES N°3 FASE II (COTA 4218.0)

TECNICO: J.A.V.R

ING. RESP.: V.H.C.P.

DENSIDAD DE CAMPO - CONO Y ARENA - ASTM D1556



TRAMO KM	CIMENTACION TRAMO 1+400 - 0+300 CANCHA N° 3			
FECHA	13/07/2010	13/07/2010		
CODIGO DE PRUEBAS				
COTA				
CAPA N°				
PROGRESIVA	1+380	1+290		
LADO	DER	IZQ		
A	Peso del frasco + arena (gr)	9000	9000	
B	Peso del frasco + arena sobrante (gr)	3031	2970	
C	Peso de arena empleada (A) - (B) (gr)	5969	6030	
D	Peso de la arena en el cono (gr)	1450	1450	
E	Peso de la arena del hueco (gr) (C) - (D)	4519	4580	
F	Densidad de la arena (gr/cc)	1.46	1.46	
G	Volumen del hueco cc (E) / (F)	3095	3137	
H	Peso del tarro + suelo + grava (gr)			
I	Peso del tarro (gr)			
J	Peso del suelo + grava (H) - (I) (gr)	7410	7610	
K	Peso retenido en el tamiz ¾ (gr) (N° 4)	3860	4581	
L	% grava ¾ (N° 4)	52.1	60.2	
M	Peso especifico de la grava (gr/cc)	2.600	2.600	
N	Volumen de la grava (cc) (K) / (M)	1485	1762	
O	Peso del suelo (gr) (J) - (K)	3550	3029	
P	Volumen del suelo (cc) (G) - (N)	1611	1375	
Q	Densidad Humeda (gr/cm3) (O) / (P)	2.204	2.203	
CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216-80)				
R	Recipiente N°			
S	suelo humedo (gr)	830	820	
T	suelo seco (gr)	790	780	
U	Peso del agua (gr) (S) - (T)	40	40	
V	Peso del recipiente (gr)			
W	Peso del suelo seco (gr) (T) - (V)	790	780	
X	Contenido de humedad (U) / (W) x 100	5.1	5.1	
RESUMEN DEL ENSAYO PROCTOR				
XY	Máxima densidad seca P.S. o P.M. (gr/cc)	2.200	2.200	
Y	Optimo contenido de humedad %	6.80	6.80	
Z	Densidad seca (gr/cc) Q / (X + 100) x 100	2.098	2.095	
	% COMPACTACION (Z) / (XY) x 100	95.4%	95.2%	
	% COMPACTACION (Especificación)	95%	95%	
	Evaluación de la capa	Aprobada	Aprobada	
	DIFERENCIA DE HUMEDAD	-1.7	-1.7	

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

RA : RECRECIMIENTO INTEGRAL DE LOS DEPOSITOS DE RELAVES DE HUARAUCACA CANCHA 3. 5 Y 7

TERIAL : DE PRESTAMO PARA RELLENO DE LA CANCHA DE RELAVES N°3 FASE II (COTA 4218 0)

TECNICO : J A V R

ING RESP : V H C P

DENSIDAD DE CAMPO - CONO Y ARENA - ASTM D1556



TRAMO KM	CIMENTACION TRAMO 1+400 - 0+300 CANCHA N° 3			
FECHA	13/07/2010	13/07/2010		
CODIGO DE PRUEBAS				
COTA				
CAPA N°				
PROGRESIVA	1+360	1+280		
LADO	EJE	EJE		
A	Peso del frasco + arena (gr)	9000	9000	
B	Peso del frasco + arena sobrante (gr)	3220	3150	
C	Peso de arena empleada (A) - (B) (gr)	5780	5850	
D	Peso de la arena en el cono (gr)	1450	1450	
E	Peso de la arena del hueco (gr) (C) - (D)	4330	4400	
F	Densidad de la arena (gr/cc)	1.46	1.46	
G	Volumen del hueco cc (E) / (F)	2966	3014	
H	Peso del tarro + suelo + grava (gr)			
I	Peso del tarro (gr)			
J	Peso del suelo + grava (H) - (I) (gr)	6800	6990	
K	Peso retenido en el tamiz ¾ (gr) (N° 4)	3510	3580	
L	% grava ¾ (N° 4)	51.6	51.2	
M	Peso especifico de la grava (gr/cc)	2.600	2.600	
N	Volumen de la grava (cc) (K) / (M)	1350	1377	
O	Peso del suelo (gr) (J) - (K)	3290	3410	
P	Volumen del suelo (cc) (G) - (N)	1616	1637	
Q	Densidad Humeda (gr/cm3) (O) / (P)	2.036	2.083	
CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216-80)				
R	Recipiente N°			
S	suelo humedo (gr)	810	800	
T	suelo seco (gr)	770	760	
U	Peso del agua (gr) (S) - (T)	40	40	
V	Peso del recipiente (gr)			
W	Peso del suelo seco (gr) (T) - (V)	770	760	
X	Contenido de humedad (U) / (W) x 100	5.2	5.3	
RESUMEN DEL ENSAYO PROCTOR				
XY	Maxima densidad seca P.S. o P.M. (gr/cc)	2.200	2.200	
Y	Optimo contenido de humedad %	6.80	6.80	
Z	Densidad seca (gr/cc) Q / (X + 100) x 100	1.936	1.979	
	% COMPACTACION (Z) / (XY) x 100	88.0%	90.0%	
	% COMPACTACION (Especificación)	95%	95%	
	Evaluación de la capa	Desaprobada	Desaprobada	
	DIFERENCIA DE HUMEDAD	-1.6	-1.5	



EL BROCAL

**REEMPLAZO POR VOLUMEN DE AGUA
ASTM D5030**

Proyecto	RECRECIMIENTO DEL DEPOSITO DE RELAVES N° 3 FASE 2 (COTA 4218 msnm)		
Obra	DEPOSITO DE RELAVES N° 3 Y 5		
Material	MATERIAL INTEGRAL	(4402 msnm)	técnico AVR
Edificio	20		Ing Resp VHC
Profundidad (m)	0.60		Fecha : 09/07/2010
Ubicación	1+600		
Cota (msnm)	4184.80		
Ramo	1+430 - 1+620		
Capa	3		

	INICIAL	FINAL	NETO	
a. Litros de agua usada para llenar el anillo/marco	200	66	134.00	Litros
b. Nivel de agua marcada en el anillo				cm
c. Litros de agua para llenar el anillo + hoyo	2000	686	1314	Litros
				Litros
Relleno				Litros
				Litros
d. Litros de agua para llenar el anillo + hoyo			1448	Litros
e. Litros de agua usada para llenar el hoyo (c-a)			1314.0	Litros
f. Peso del material Total			2995.2	Kg
g. Peso del material adicional + tara				Kg
h. Peso total de material + tara (f + g)				Kg
i. Peso de medidas - tara				Kg
j. Peso del material Total (h - i)			2995200	gr
k. Peso del fondo muestra			2995200	gr
l. Peso seco muestra			2804494	gr
m. Peso del agua de muestra			2804494	gr
n. Peso del agua en muestra (k - l)			190706	gr
p. Contenido de humedad en muestra (n / m)			6.8	%
Cálculos				
q. Volumen de hoyo	Cantidad de litros * cm ³		1314920	cm ³
r. Densidad húmeda de muestra ((j * 1000) / q)			2.278	gr/cm ³
s. Densidad seca de muestra (r / (1.0 + (p/100)))			2.133	gr/cm ³

Observaciones : Temperatura del agua 16 °C
 Factor K = 1.0007

Tec. ALBERTO VILLEGAS R.

Ing. VICTOR HUGO CRUZ POLO



GENIEROS S.A.C.



EL BROCAL

**REEMPLAZO POR VOLUMEN DE AGUA
ASTM D5030**

Proyecto	RECRECIMIENTO DEL DEPOSITO DE RELAVES N° 3 FASE 2 (COTA 4218 msnm)		
Obra	DEPOSITO DE RELAVES N° 3 Y 5		
Material	MATERIAL INTEGRAL (4402 msnm)	técnico	A V R
N° de Muestra	21	Ing Resp	V.H.C
Prof.(m)	0.60	Fecha	: 11/07/2010
Ubicaci	1+400		
Cota (mm)	4185.40		
Tramo	1+430 - 1+620		
Capa	6		

	INICIAL	FINAL	NETO	
a. Litros de agua usada para llenar el anillo/marco	200	68	132.00	Lts
b. Nivel de agua marcada en el anillo				cm
c. Lts. de agua para llenar el anillo + hoyo	2000	524.6	1475.4	Lts
				Lts
				Lts
				Lts
c. Lts. de agua para llenar el anillo + hoyo			1607.4	Lts
d. Lts. de agua usada para llenar el hoyo (c-a)			1475.0	Lts
f. Peso de material Total			3324.8	Kg
g. Peso de material adicional + tara				Kg
h. Peso total de material + tara (f + g)				Kg
i. Peso total de medidas - tara				Kg
j. Peso de material Total (h - i)			3324800	gr
k. Peso de muestra			3324800	gr
l. Peso seco muestra			3113109	gr
m. Peso seco de muestra			3113109	gr
n. Peso de agua en muestra (k - l)			211691	gr
p. Contenido de humedad en muestra (n / m)			6.8	%
Cálculos				
q. Volumen de hoyo	Cantidad de litros * cm ³		1476033	cm ³
r. Densidad húmeda de muestra ((j * 1000) / q)			2.253	gr/cm ³
s. Densidad seca de muestra (r / (1.0 + (p/100)))			2.109	gr/cm ³
Observaciones :	Temperatura del agua	16 °C		
	Factor K	= 1.0007		

Tec. ALBERTO VILLEGAS R.

Ing. VICTOR HUGO CRUZ POLO

CANTERA 3

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

OBRA : RECRECIMIENTO INTEGRAL DE LOS DEPOSITOS DE RELAVES DE HUARAUCACA CANCHA 3, 5 Y 7

MATERIAL : DE PRESTAMO PARA RELLENO DE LA CANCHA DE RELAVES N°6 FASE II (COTA 4222.0)

TECNICO J.A.V.R.

ING RESP V.H.C.P.

DENSIDAD DE CAMPO - CONO Y ARENA - ASTM D1556



TRAMO KM.	0+120-0+560				
	23/07/2010	23/07/2010	23/07/2010	23/07/2010	23/07/2010
FECHA	23/07/2010	23/07/2010	23/07/2010	23/07/2010	23/07/2010
CODIGO DE PRUEBAS					
COTA	4204.00	4204.00	4204.00	4204.00	4204.00
CAPA N°	10	10	10	10	10
PROGRESIVA	0+150	0+260	0+350	0+480	0+550
LADO	IZQ	DER	IZQ	EJE	IZQ
A	Peso del frasco + arena (gr)	17000	17000	17000	17000
B	Peso del frasco + arena sobrante (gr)	5910	6323	6579	6134
C	Peso de arena empleada (A) - (B) (gr)	11090	10677	10421	10866
D	Peso de la arena en el cono (gr)	2930	2930	2930	2930
E	Peso de la arena del hueco (gr) (C) - (D)	8160	7747	7491	7936
F	Densidad de la arena (gr/cc)	1.40	1.40	1.40	1.40
G	Volumen del hueco cc (E) / (F)	5829	5534	5351	5669
H	Peso del tarro + suelo + grava (gr)				
I	Peso del tarro (gr)				
J	Peso del suelo + grava (H) - (I) (gr)	14530	13768	13134	14111
K	Peso retenido en el tamiz ¾ (gr) (N° 4)	5367	5678	5623	6234
L	% grava ¾ (N° 4)	36.9	41.2	42.8	44.2
M	Peso específico de la grava (gr/cc)	2.680	2.680	2.680	2.680
N	Volumen de la grava (cc) (K) / (M)	2003	2119	2098	2326
O	Peso del suelo (gr) (J) - (K)	9163	8090	7511	7877
P	Volumen del suelo (cc) (G) - (N)	3826	3415	3253	3342
Q	Densidad Humeda (gr/cm3) (O) / (P)	2.395	2.369	2.309	2.357
CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216-80)					
R	Recipiente N°				
S	suelo humedo (gr)	720.0	792.0	610.0	715.0
T	suelo seco (gr)	674.0	740.0	569.0	668.0
U	Peso del agua (gr) (S) - (T)	46	52	41	47
V	Peso del recipiente (gr)				
W	Peso del suelo seco (gr) (T) - (V)	674	740	569	668
X	Contenido de humedad (U) / (W) x 100	6.8	7.0	7.2	7.0
RESUMEN DEL ENSAYO PROCTOR					
XY	Máxima densidad seca P.S. o P.M. (gr/cc)	2.245	2.245	2.245	2.245
Y	Optimo contenido de humedad %	6.70	6.70	6.70	6.70
Z	Densidad seca (gr/cc) $Q / (X + 100) \times 100$	2.242	2.213	2.154	2.202
	% COMPACTACION $(Z) / (XY) \times 100$	99.9%	98.6%	95.9%	98.1%
	% COMPACTACION (Especificación)	95%	95%	95%	95%
	Evaluación de la capa	Aprobada	Aprobada	Aprobada	Aprobada
	DIFERENCIA DE HUMEDAD	0.1	0.3	0.5	0.3

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

OBRA : RECRECIMIENTO INTEGRAL DE LOS DEPOSITOS DE RELAVES DE HUARAUCACA CANCHA 3, 5 Y 7

MATERIAL : DE PRESTAMO PARA RELLENO DE LA CANCHA DE RELAVES N°6 FASE II (COTA 4222.0)

TECNICO J.A.V.R.

ING RESP V.H.C.P.

DENSIDAD DE CAMPO - CONO Y ARENA - ASTM D1556



TRAMO KM	0+080-0+560				
FECHA	23/07/2010	23/07/2010	23/07/2010	23/07/2010	23/07/2010
CODIGO DE PRUEBAS					
COTA	4204.30	4204.30	4204.30	4204.30	4204.30
CAPA N°	11	11	11	11	11
PROGRESIVA	0+100	0+210	0+330	0+440	0+540
LADO	IZQ	DER	IZQ	EJE	IZQ
A	Peso del frasco + arena (gr)	17000	17000	17000	17000
B	Peso del frasco + arena sobrante (gr)	6123	5634	6780	6234
C	Peso de arena empleada (A) - (B) (gr)	10877	11366	10220	10766
D	Peso de la arena en el cono (gr)	2930	2930	2930	2930
E	Peso de la arena del hueco (gr) (C) - (D)	7947	8436	7290	7836
F	Densidad de la arena (gr/cc)	1.40	1.40	1.40	1.40
G	Volumen del hueco cc (E) / (F)	5676	6026	5207	5597
H	Peso del tarro + suelo + grava (gr)				
I	Peso del tarro (gr)				
J	Peso del suelo + grava (H) - (I) (gr)	14009	14689	13134	14005
K	Peso retenido en el tamiz ¾ (gr). (N° 4)	5565	5456	6234	6345
L	% grava ¾ (N° 4)	39.7	37.1	47.5	45.3
M	Peso específico de la grava (gr/cc)	2.680	2.680	2.680	2.680
N	Volumen de la grava cc (K) / (M)	2076	2036	2326	2368
O	Peso del suelo (gr). (J) - (K)	8444	9233	6900	7660
P	Volumen del suelo cc. (G) - (N)	3600	3990	2881	3230
Q	Densidad Humeda (gr/cm³) (O) / (P)	2.346	2.314	2.395	2.372
CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216-80)					
R	Recipiente N°				
S	suelo humedo (gr)	723.0	715.0	611.0	594.0
T	suelo seco (gr)	674.0	668.0	569.0	556.0
U	Peso del agua (ar). (S) - (T)	49	47	42	38
V	Peso del recipiente (gr)				
W	Peso del suelo seco (gr) (T) - (V)	674	668	569	556
X	Contenido de humedad (U) / (W) x 100	7.3	7.0	7.4	6.8
RESUMEN DEL ENSAYO PROCTOR					
XY	Maxima densidad seca P.S. o P.M. (gr/cc)	2.245	2.245	2.245	2.245
Y	Optimo contenido de humedad %	6.70	6.70	6.70	6.70
Z	Densidad seca (gr/cc) Q / (X + 100) x 100	2.187	2.162	2.230	2.220
	% COMPACTACION (Z)/(XY) x 100	97.4%	96.3%	99.3%	98.9%
	% COMPACTACION (Especificacion)	95%	95%	95%	95%
	Evaluación de la capa	Aprobada	Aprobada	Aprobada	Aprobada
	DIFERENCIA DE HUMEDAD	0.6	0.3	0.7	0.1

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

OBRA : RECRECIMIENTO INTEGRAL DE LOS DEPOSITOS DE RELAVES DE HUARAUCACA CANCHA 3, 5 Y 7

MATERIAL : DE PRESTAMO PARA RELLENO DE LA CANCHA DE RELAVES N°6 FASE II (COTA 4222.0)

TECNICO : JAVR

ING RESP : V.H.C.P

DENSIDAD DE CAMPO - CONO Y ARENA - ASTM D1556



TRAMO KM	0+060-0+560					
FECHA	24/07/2010	24/07/2010	24/07/2010	24/07/2010	24/07/2010	
CODIGO DE PRUEBAS						
COTA	4204.60	4204.60	4204.60	4204.60	4204.60	
CAPA N°	12	12	12	12	12	
PROGRESIVA	0+090	0+210	0+340	0+450	0+540	
LADO	IZQ	DER	IZQ	EJE	IZQ	
A	Peso del frasco + arena (gr)	17800	17800	17800	17800	17800
B	Peso del frasco + arena sobrante (gr)	6250	6430	6645	6540	6450
C	Peso de arena empleada (A) - (B) (gr)	11550	11370	11155	11260	11350
D	Peso de la arena en el cono (gr)	2930	2930	2930	2930	2930
E	Peso de la arena del hueco (gr) (C) - (D)	8620	8440	8225	8330	8420
F	Densidad de la arena (gr/cc)	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
G	Volumen del hueco cc (E) / (F)	6157	6029	5875	5950	6014
H	Peso del tarro + suelo + grava (gr)					
I	Peso del tarro (gr)					
J	Peso del suelo + grava (H) - (I) (gr)	15002	14800	14559	14786	14800
K	Peso retenido en el tamiz ¾" (N° 4)	5565	5980	6000	6345	6123
L	% grava ¾" (N° 4)	37.1	40.4	41.2	42.9	41.4
M	Peso específico de la grava (gr/cc)	2.720	2.720	2.720	2.720	2.720
N	Volumen de la grava (cc) (K) / (M)	2046	2199	2206	2333	2251
O	Peso del suelo (gr) (J) - (K)	9437	8820	8559	8441	8677
P	Volumen del suelo (cc) (G) - (N)	4111	3830	3669	3617	3763
Q	Densidad Humeda (gr/cm3) (O) / (P)	2.295	2.303	2.333	2.334	2.306
CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216-80)						
R	Recipiente N°					
S	suelo húmedo (gr)	609.1	610.2	601.0	595.0	820.0
T	suelo seco (gr)	569.0	569.0	562.2	556.0	767.0
U	Peso del agua (gr) (S) - (T)	40.1	41.2	38.8	39	53
V	Peso del recipiente (gr)					
W	Peso del suelo seco (gr) (T) - (V)	569	569	562.2	556	767
X	Contenido de humedad (U) / (W) x 100	7.0	7.2	6.9	7.0	6.9
RESUMEN DEL ENSAYO PROCTOR						
XY	Máxima densidad seca P.S. o P.M. (gr/cc)	2.255	2.255	2.255	2.255	2.255
Y	Óptimo contenido de humedad %	6.70	6.70	6.70	6.70	6.70
Z	Densidad seca (gr/cc) Q / (X + 100) x 100	2.144	2.147	2.182	2.181	2.157
	% COMPACTACION (Z) / (XY) x 100	95.1%	95.2%	96.8%	96.7%	95.6%
	% COMPACTACION (Especificación)	95%	95%	95%	95%	95%
	Evaluación de la capa	Aprobada	Aprobada	Aprobada	Aprobada	Aprobada
	DIFERENCIA DE HUMEDAD	0.3	0.5	0.2	0.3	0.2

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

OBRA : RECRECIMIENTO INTEGRAL DE LOS DEPOSITOS DE RELAVES DE HUARAUCACA CANCHA 3, 5 Y 7

MATERIAL : DE PRESTAMO PARA RELLENO DE LA CANCHA DE RELAVES N°6 FASE II (COTA 4222.0)

TECNICO A V R

ING RESP V H C P

DENSIDAD DE CAMPO - CONO Y ARENA - ASTM D1556



TRAMO KM :		0+060-0+560				
FECHA		24/07/2010	24/07/2010	24/07/2010	24/07/2010	24/07/2010
CODIGO DE PRUEBAS						
COTA		4204.90	4204.90	4204.90	4204.90	4204.90
CAPA N°		13	13	13	13	13
PROGRESIVA		0+090	0+210	0+340	0+450	0+540
LADO		IZO	DER	IZO	EJE	IZO
A	Peso del frasco + arena (gr)	17800	17800	17800	17800	17800
B	Peso del frasco + arena sobrante (gr)	6250	6400	6290	6428	6505
C	Peso de arena empleada (A) - (B) (gr)	11550	11400	11510	11372	11295
D	Peso de la arena en el cono (gr)	2930	2930	2930	2930	2930
E	Peso de la arena del hueco (gr) (C) - (D)	8620	8470	8580	8442	8365
F	Densidad de la arena (gr/cc)	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
G	Volumen del hueco cc (E) / (F)	6157	6050	6129	6030	5975
H	Peso del tarro + suelo + grava (gr)					
I	Peso del tarro (gr)					
J	Peso del suelo + grava (H) - (I) (gr)	15100	14800	15090	14900	14780
K	Peso retenido en el tamiz ¼ (gr) (N° 4)	6245	5870	6234	6000	6080
L	% grava ¼* (N° 4)	41.4	39.7	41.3	40.3	41.1
M	Peso específico de la grava (gr/cc)	2.720	2.720	2.720	2.720	2.720
N	Volumen de la grava (cc) (K) / (M)	2296	2158	2292	2206	2235
O	Peso del suelo (gr) (J) - (K)	8855	8930	8856	8900	8700
P	Volumen del suelo (cc) (G) - (N)	3861	3892	3837	3824	3740
Q	Densidad Húmeda (gr/cm³) (O) / (P)	2.293	2.295	2.308	2.327	2.326
CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216-80)						
R	Recipiente N°					
S	suelo húmedo (gr)	820.4	595.0	705.0	640.2	601.0
T	suelo seco (gr)	767.0	556.3	659.2	597.0	562.2
U	Peso del agua (gr) (S) - (T)	53.4	38.7	45.8	43.2	38.8
V	Peso del recipiente (gr)					
W	Peso del suelo seco (gr) (T) - (V)	767	556.3	659.2	597	562.2
X	Contenido de humedad (U) / (W) x 100	7.0	7.0	6.9	7.2	6.9
RESUMEN DEL ENSAYO PROCTOR						
XY	Máxima densidad seca P.S. o P.M. (gr/cc)	2.255	2.255	2.255	2.255	2.255
Y	Óptimo contenido de humedad %	6.70	6.70	6.70	6.70	6.70
Z	Densidad seca (gr/cc) Q / (X + 100) x 100	2.144	2.145	2.158	2.170	2.176
	% COMPACTACION (Z) / (XY) x 100	95.1%	95.1%	95.7%	96.2%	96.5%
	% COMPACTACION (Especificación)	95%	95%	95%	95%	95%
	Evaluación de la capa	Aprobada	Aprobada	Aprobada	Aprobada	Aprobada
	DIFERENCIA DE HUMEDAD	0.3	0.3	0.2	0.5	0.2

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

OBRA : RECRECIMIENTO INTEGRAL DE LOS DEPOSITOS DE RELAVES DE HUARAUCACA CANCHA 3.5 Y 7

MATERIAL : DE PRESTAMO PARA RELLENO DE LA CANCHA DE RELAVES N°6 FASE II (COTA 4222.0)

TECNICO : A.V.R

ING RESP : V.H.C.P.

DENSIDAD DE CAMPO - CONO Y ARENA - ASTM D1556



TRAMO KM	0+020 - 0+560				
FECHA	26/07/2010	26/07/2010	26/07/2010	26/07/2010	26/07/2010
CODIGO DE PRUEBAS					
COTA	4205.20	4205.20	4205.20	4205.20	4205.20
CAPA N°	14	14	14	14	14
PROGRESIVA	0+020	0+120	0+220	0+320	0+430
LADO	IZO	IZO	IZO	DER	EJE
A	Peso del frasco + arena (gr)	17800	17800	17800	17800
B	Peso del frasco + arena sobrante (gr)	5800	5930	6000	6035
C	Peso de arena empleada (A) - (B) (gr)	12000	11870	11800	11765
D	Peso de la arena en el cono (gr)	2930	2930	2930	2930
E	Peso de la arena del hueco (gr) (C) - (D)	9070	8940	8870	8835
F	Densidad de la arena (gr/cc)	1.40	1.40	1.40	1.40
G	Volumen del hueco cc (E) / (F)	6479	6386	6336	6311
H	Peso del tarro + suelo + grava (gr)				
I	Peso del tarro (gr)				
J	Peso del suelo + grava (H) - (I) (gr)	16000	15700	15560	15485
K	Peso retenido en el tamiz ¾ (gr) (N° 4)	6151	6503	6400	6190
L	% grava ¾ (N° 4)	38.4	41.4	41.1	40.0
M	Peso específico de la grava (gr/cc)	2.720	2.720	2.720	2.720
N	Volumen de la grava (cc) (K) / (M)	2261	2391	2353	2276
O	Peso del suelo (gr) (J) - (K)	9849	9197	9160	9295
P	Volumen del suelo (cc) (G) - (N)	4217	3995	3983	4035
Q	Densidad Humeda (gr/cm ³) (O) / (P)	2.335	2.302	2.300	2.304
CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216-80)					
R	Recipiente N°				
S	suelo humedo (gr)	820.4	595.0	705.0	640.2
T	suelo seco (gr)	767.0	556.3	659.2	597.0
U	Peso del agua (gr) (S) - (T)	53.4	38.7	45.8	43.2
V	Peso del recipiente (gr)				
W	Peso del suelo seco (gr) (T) - (V)	767	556.3	659.2	597
X	Contenido de humedad (U) / (W) x 100	7.0	7.0	6.9	7.2
RESUMEN DEL ENSAYO PROCTOR					
XY	Maxima densidad seca P.S. o P.M. (gr/cc)	2.260	2.260	2.260	2.260
Y	Optimo contenido de humedad %	6.90	6.90	6.90	6.90
Z	Densidad seca (gr/cc) Q / (X + 100) x 100	2.183	2.152	2.150	2.148
	% COMPACTACION (Z) / (XY) x 100	96.6%	95.2%	95.2%	95.1%
	% COMPACTACION (Especificacion)	95%	95%	95%	95%
	Evaluación de la capa	Aprobada	Aprobada	Aprobada	Aprobada
	DIFERENCIA DE HUMEDAD	0.1	0.1	0.0	0.3

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

OBRA : RECRECIMIENTO INTEGRAL DE LOS DEPOSITOS DE RELAVES DE HUARAUCACA CANCHA 3, 5 Y 7

MATERIAL : DE PRESTAMO PARA RELLENO DE LA CANCHA DE RELAVES N°6 FASE II (COTA 4222.0)

TECNICO : A.V.R

ING RESP. : V.H.C.P

DENSIDAD DE CAMPO - CONO Y ARENA - ASTM D1556



TRAMO KM	0+020 - 0+560					
FECHA	26/07/2010	26/07/2010	26/07/2010	26/07/2010	26/07/2010	
CODIGO DE PRUEBAS						
COTA	4205.50	4205.50	4205.50	4205.50	4205.50	
CAPA N°	15	15	15	15	15	
PROGRESIVA	0+050	0+160	0+280	0+400	0+520	
LADO	DER	DER	DER	DER	IZQ	
A	Peso del frasco + arena (gr)	17800	17800	17800	17800	17800
B	Peso del frasco + arena sobrante (gr)	5650	5700	5780	5645	5430
C	Peso de arena empleada (A) - (B) (gr)	12150	12100	12020	12155	12370
D	Peso de la arena en el cono (gr)	2930	2930	2930	2930	2930
E	Peso de la arena del hueco (gr) (C) - (D)	9220	9170	9090	9225	9440
F	Densidad de la arena (gr/cc)	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
G	Volumen del hueco cc (E) / (F)	6586	6550	6493	6589	6743
H	Peso del tarro + suelo + grava (gr)					
I	Peso del tarro (gr)					
J	Peso del suelo + grava (H) - (I) (gr)	16200	16000	16100	16300	16620
K	Peso retenido en el tamiz ¼ (gr) (N° 4)	6090	5800	6580	5900	5850
L	% grava ¾ (N° 4)	37.6	36.3	40.9	36.2	35.2
M	Peso especifico de la grava (gr/cc)	2.720	2.720	2.720	2.720	2.720
N	Volumen de la grava cc (K) / (M)	2239	2132	2419	2169	2151
O	Peso del suelo (gr) (J) - (K)	10110	10200	9520	10400	10770
P	Volumen del suelo cc (G) - (N)	4347	4418	4074	4420	4592
Q	Densidad Humeda (gr/cm³) (O) / (P)	2.326	2.309	2.337	2.353	2.345
CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216-80)						
R	Recipiente N°					
S	suelo humedo (gr)	820.4	595.0	705.0	640.2	601.0
T	suelo seco (gr)	767.0	556.3	659.2	597.0	562.2
U	Peso del agua (gr) (S) - (T)	53.4	38.7	45.8	43.2	38.8
V	Peso del recipiente (gr)					
W	Peso del suelo seco (gr) (T) - (V)	767	556.3	659.2	597	562.2
X	Contenido de humedad (U) / (W) x 100	7.0	7.0	6.9	7.2	6.9
RESUMEN DEL ENSAYO PROCTOR						
XY	Máxima densidad seca P.S. o P.M. (gr/cc)	2.260	2.260	2.260	2.260	2.260
Y	Óptimo contenido de humedad %	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90
Z	Densidad seca (gr/cc) Q / (X + 100) x 100	2.174	2.159	2.185	2.194	2.194
	% COMPACTACION (Z) / (XY) x 100	96.2%	95.5%	96.7%	97.1%	97.1%
	% COMPACTACION (Especificación)	95%	95%	95%	95%	95%
	Evaluación de la capa	Aprobada	Aprobada	Aprobada	Aprobada	Aprobada
	DIFERENCIA DE HUMEDAD	0.1	0.1	0.0	0.3	0.0

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

OBJETO : RECRECIMIENTO INTEGRAL DE LOS DEPOSITOS DE RELAVES DE HUARAUCACA CANCHA 3, 5 Y 7

MATERIAL : DE PRESTAMO PARA RELLENO DE LA CANCHA DE RELAVES N°6 FASE II (COTA 4222.0)

TECNICO : AVR

ING RESP : V.H.C.P

DENSIDAD DE CAMPO - CONO Y ARENA - ASTM D1556



TRAMO KM	0+020 - 0+560					
FECHA	26/07/2010	26/07/2010	26/07/2010	26/07/2010	26/07/2010	
CODIGO DE PRUEBAS						
COTA	4205.80	4205.80	4205.80	4205.80	4205.80	
CAPA N°	16	16	16	16	16	
PROGRESIVA	0+010	0+100	0+320	0+440	0+540	
LADO	IZO	DER	DER	DER	EJE	
A	Peso del frasco + arena (gr)	17800	17800	17800	17800	17800
B	Peso del frasco + arena sobrante (gr)	5700	5980	6000	5690	5876
C	Peso de arena empleada (A) - (B) (gr)	12100	11820	11800	12110	11924
D	Peso de la arena en el cono (gr)	2930	2930	2930	2930	2930
E	Peso de la arena del hueco (gr) (C) - (D)	9170	8890	8870	9180	8994
F	Densidad de la arena (gr/cc)	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
G	Volumen del hueco cc (E) / (F)	6550	6350	6336	6557	6424
H	Peso del tarro + suelo + grava (gr)					
I	Peso del tarro (gr)					
J	Peso del suelo + grava (H) - (I) (gr)	16000	15650	15350	16000	15740
K	Peso retenido en el tamiz ¾ (gr) (N° 4)	5700	5800	5100	5750	5500
L	% grava ¾ (N° 4)	35.6	37.1	33.2	35.9	34.9
M	Peso especifico de la grava (gr/cc)	2.720	2.720	2.720	2.720	2.720
N	Volumen de la grava (cc) (K) / (M)	2096	2132	1875	2114	2022
O	Peso del suelo (gr) (J) - (K)	10300	9850	10250	10250	10240
P	Volumen del suelo (cc) (G) - (N)	4454	4218	4461	4443	4402
Q	Densidad Humeda (gr/cm3) (O) / (P)	2.312	2.335	2.298	2.307	2.326
CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216-80)						
R	Recipiente N°					
S	suelo húmedo (gr)	820.4	595.0	705.0	640.2	601.0
T	suelo seco (gr)	767.0	556.3	659.2	597.0	562.2
U	Peso del agua (gr) (S) - (T)	53.4	38.7	45.8	43.2	38.8
V	Peso del recipiente (gr)					
W	Peso del suelo seco (gr) (T) - (V)	767	556.3	659.2	597	562.2
X	Contenido de humedad (U) / (W) x 100	7.0	7.0	6.9	7.2	6.9
RESUMEN DEL ENSAYO PROCTOR						
XY	Máxima densidad seca P.S. o P.M. (gr/cc)	2.260	2.260	2.260	2.260	2.260
Y	Optimo contenido de humedad %	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90
Z	Densidad seca (gr/cc) O / (X + 100) x 100	2.162	2.184	2.149	2.151	2.176
	% COMPACTACION (Z) / (XY) x 100	95.7%	96.6%	95.1%	95.2%	96.3%
	% COMPACTACION (Especificación)	95%	95%	95%	95%	95%
	Evaluación de la capa	Aprobada	Aprobada	Aprobada	Aprobada	Aprobada
	DIFERENCIA DE HUMEDAD	0.1	0.1	0.0	0.3	0.0

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

OBJETO : RECRECIMIENTO INTEGRAL DE LOS DEPOSITOS DE RELAVES DE HUARAUCACA CANCHA 3, 5 Y 7

MATERIAL : DE PRESTAMO PARA RELLENO DE LA CANCHA DE RELAVES N°6 FASE II (COTA 4222.0)

TECNICO : AVR

ING RESP : VHCP

DENSIDAD DE CAMPO - CONO Y ARENA - ASTM D1556



TRAMO KM	0+000 - 0+560					
FECHA	27/07/2010	27/07/2010	27/07/2010	27/07/2010	27/07/2010	
CODIGO DE PRUEBAS						
COTA	4206.10	4206.10	4206.10	4206.10	4206.10	
CAPA N°	17	17	17	17	17	
PROGRESIVA	0+060	0+150	0+260	0+380	0+500	
LADO	IZQ	IZQ	IZQ	DER	IZQ	
A	Peso del frasco + arena (gr)	17800	17800	17800	17800	17800
B	Peso del frasco + arena sobrante (gr)	6000	5799	5990	5890	5898
C	Peso de arena empleada (A) - (B) (gr)	11800	12001	11810	11910	11902
D	Peso de la arena en el cono (gr)	2930	2930	2930	2930	2930
E	Peso de la arena del hueco (gr) (C) - (D)	8870	9071	8880	8980	8972
F	Densidad de la arena (gr/cc)	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
G	Volumen del hueco cc (E) / (F)	6336	6479	6343	6414	6409
H	Peso del tarro + suelo + grava (gr)					
I	Peso del tarro (gr)					
J	Peso del suelo + grava (H) - (I) (gr)	15711	15806	15600	15766	15644
K	Peso retenido en el tamiz ¾ (gr) (N° 4)	5866	5754	5876	5945	5769
L	% grava ¾ (N° 4)	37.3	36.4	37.7	37.7	36.9
M	Peso específico de la grava (gr/cc)	2.710	2.710	2.710	2.710	2.710
N	Volumen de la grava (cc) (K) / (M)	2165	2123	2168	2194	2129
O	Peso del suelo (gr) (J) - (K)	9845	10052	9724	9821	9875
P	Volumen del suelo (cc) (G) - (N)	4171	4356	4175	4221	4280
Q	Densidad Humeda (gr/cm3) (O) / (P)	2.360	2.308	2.329	2.327	2.307
CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216-80)						
R	Recipiente N°					
S	suelo húmedo (gr)	820.4	595.0	705.0	640.2	601.0
T	suelo seco (gr)	767.0	556.3	659.2	597.0	562.2
U	Peso del agua (gr) (S) - (T)	53.4	38.7	45.8	43.2	38.8
V	Peso del recipiente (gr)					
W	Peso del suelo seco (gr) (T) - (V)	767	556.3	659.2	597	562.2
X	Contenido de humedad (U) / (W) x 100	7.0	7.0	6.9	7.2	6.9
RESUMEN DEL ENSAYO PROCTOR						
XY	Máxima densidad seca P.S. o P.M. (gr/cc)	2.260	2.260	2.260	2.260	2.260
Y	Óptimo contenido de humedad %	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90
Z	Densidad seca (gr/cc) Q / (X + 100) x 100	2.207	2.158	2.178	2.170	2.158
	% COMPACTACION (Z) / (XY) x 100	97.6%	95.5%	96.4%	96.0%	95.5%
	% COMPACTACION (Especificación)	95%	95%	95%	95%	95%
	Evaluación de la capa	Aprobada	Aprobada	Aprobada	Aprobada	Aprobada
	DIFERENCIA DE HUMEDAD	0.1	0.1	0.0	0.3	0.0

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

OBJETIVO: RECRECIMIENTO INTEGRAL DE LOS DEPOSITOS DE RELAVES DE HUARAUCACA CANCHA 3, 5 Y 7

MATERIAL: DE PRESTAMO PARA RELLENO DE LA CANCHA DE RELAVES N°6 FASE II (COTA 4222.0)

TECNICO: A.V.R.

ING. RESP.: V.H.C.P.

DENSIDAD DE CAMPO - CONO Y ARENA - ASTM D1556



TRAMO KM	0+00 - 0+560					
FECHA	27/07/2010	27/07/2010	27/07/2010	27/07/2010	27/07/2010	
CODIGO DE PRUEBAS						
COTA	4206.40	4206.40	4206.40	4206.40	4206.40	
CAPA N°	18	18	18	18	18	
PROGRESIVA	0+010	0+140	0+260	0+400	0+480	
LADO	IZQ	IZQ	IZQ	DER	IZQ	
A	Peso del frasco + arena (gr)	17800	17800	17800	17800	17800
B	Peso del frasco + arena sobrante (gr)	5877	5930	5872	5779	6035
C	Peso de arena empleada (A) - (B) (gr)	11923	11870	11928	12021	11765
D	Peso de la arena en el cono (gr)	2930	2930	2930	2930	2930
E	Peso de la arena del hueco (C) - (D)	8993	8940	8998	9091	8835
F	Densidad de la arena (gr/cc)	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
G	Volumen del hueco cc. (E) / (F)	6424	6386	6427	6494	6311
H	Peso del tarro + suelo + grava (gr)					
I	Peso del tarro (gr)					
J	Peso del suelo + grava (H) - (I) (gr)	15877	15833	15720	15922	15630
K	Peso retenido en el tamiz ¾" (N° 4)	5788	5944	5790	6010	5860
L	% grava ¾" (N° 4)	36.5	37.5	36.8	37.7	37.5
M	Peso específico de la grava (gr/cc)	2.710	2.710	2.710	2.710	2.710
N	Volumen de la grava (cc) (K) / (M)	2136	2193	2137	2218	2162
O	Peso del suelo (gr) (J) - (K)	10089	9889	9930	9912	9770
P	Volumen del suelo (cc) (G) - (N)	4288	4192	4291	4276	4148
Q	Densidad Humeda (gr/cm3) (O) / (P)	2.353	2.359	2.314	2.318	2.355
CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216-80)						
R	Recipiente N°					
S	suelo húmedo (gr)	820.4	595.0	705.0	640.2	601.0
T	suelo seco (gr)	767.0	556.3	659.2	597.0	562.2
U	Peso del agua (gr) (S) - (T)	53.4	38.7	45.8	43.2	38.8
V	Peso del recipiente (gr)					
W	Peso del suelo seco (gr) (T) - (V)	767	556.3	659.2	597	562.2
X	Contenido de humedad (U) / (W) x 100	7.0	7.0	6.9	7.2	6.9
RESUMEN DEL ENSAYO PROCTOR						
XY	Máxima densidad seca P.S. o P.M. (gr/cc)	2.260	2.260	2.260	2.260	2.260
Y	Óptimo contenido de humedad %	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90
Z	Densidad seca (gr/cc) Q / (X + 100) x 100	2.200	2.205	2.164	2.162	2.203
	% COMPACTACION (Z) / (XY) x 100	97.3%	97.6%	95.8%	95.7%	97.5%
	% COMPACTACION (Especificación)	95%	95%	95%	95%	95%
	Evaluación de la capa	Aprobada	Aprobada	Aprobada	Aprobada	Aprobada
	DIFERENCIA DE HUMEDAD	0.1	0.1	0.0	0.3	0.0

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

OBJETIVO: RECRECIMIENTO INTEGRAL DE LOS DEPOSITOS DE RELAVES DE HUARAUCACA CANCHA 3, 5 Y 7

MATERIAL: DE PRESTAMO PARA RELLENO DE LA CANCHA DE RELAVES N°6 FASE II (COTA 4222.0)

TECNICO: AVR

ING RESP: V.H.C.P

DENSIDAD DE CAMPO - CONO Y ARENA - ASTM D1556



TRAMO KM:		0+00 - 0+520				
FECHA		28/07/2010	28/07/2010	28/07/2010	28/07/2010	28/07/2010
CODIGO DE PRUEBAS						
COTA		4206.70	4206.70	4206.70	4206.70	4206.70
CAPA N°		19	19	19	19	19
PROGRESIVA		0+000	0+110	0+220	0+340	0+460
LADO		EJE	EJE	IZQ	DER	DER
A	Peso del frasco + arena (gr)	17800	17800	17800	17800	17800
B	Peso del frasco + arena sobrante (gr)	5864	5768	5908	5879	5872
C	Peso de arena empleada (A) - (B) (gr)	11936	12032	11892	11921	11928
D	Peso de la arena en el cono (gr)	2930	2930	2930	2930	2930
E	Peso de la arena del hueco (gr) (C) - (D)	9006	9102	8962	8991	8998
F	Densidad de la arena (gr/cc)	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
G	Volumen del hueco cc (E) / (F)	6433	6501	6401	6422	6427
H	Peso del tarro + suelo + grava (gr)					
I	Peso del tarro (gr)					
J	Peso del suelo + grava (H) - (I) (gr)	15833	15966	15800	15954	15891
K	Peso retenido en el tamiz ¾ (gr) (N° 4)	5600	5750	5490	5870	5699
L	% grava ¾ (N°4)	35.4	36.0	34.7	36.8	35.9
M	Peso específico de la grava (gr/cc)	2.710	2.710	2.710	2.710	2.710
N	Volumen de la grava (cc) (K) / (M)	2066	2122	2026	2166	2103
O	Peso del suelo (gr) (J) - (K)	10233	10216	10310	10084	10192
P	Volumen del suelo (cc) (G) - (N)	4366	4380	4376	4256	4324
Q	Densidad Humeda (gr/cm ³) (O) / (P)	2.344	2.333	2.356	2.369	2.357
CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216-80)						
R	Recipiente N°					
S	suelo humedo (gr)	820.4	595.0	705.0	640.2	601.0
T	suelo seco (gr)	767.0	556.3	659.2	597.0	562.2
U	Peso del agua (gr) (S) - (T)	53.4	38.7	45.8	43.2	38.8
V	Peso del recipiente (gr)					
W	Peso del suelo seco (gr) (T) - (V)	767	556.3	659.2	597	562.2
X	Contenido de humedad (U) / (W) x 100	7.0	7.0	6.9	7.2	6.9
RESUMEN DEL ENSAYO PROCTOR						
XY	Máxima densidad seca P.S. o P.M. (gr/cc)	2.260	2.260	2.260	2.260	2.260
Y	Óptimo contenido de humedad %	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90
Z	Densidad seca (gr/cc) Q / (X + 100) x 100	2.191	2.181	2.203	2.209	2.205
	% COMPACTACION (Z) / (XY) x 100	96.9%	96.5%	97.5%	97.8%	97.6%
	% COMPACTACION (Especificación)	95%	95%	95%	95%	95%
	Evaluación de la capa	Aprobada	Aprobada	Aprobada	Aprobada	Aprobada
	DIFERENCIA DE HUMEDAD	0.1	0.1	0.0	0.3	0.0

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

BRA : RECRECIMIENTO INTEGRAL DE LOS DEPOSITOS DE RELAVES DE HUARAUCACA CANCHA 3, 5 Y 7
 MATERIAL : DE PRESTAMO PARA RELLENO DE LA CANCHA DE RELAVES N°6 FASE II (COTA 4222 0)

TECNICO AV R
 ING RESP VH C P

DENSIDAD DE CAMPO - CONO Y ARENA - ASTM D1556



TRAMO KM	0+00 - 0+560				
	28/07/2010	28/07/2010	28/07/2010	28/07/2010	28/07/2010
FECHA	28/07/2010	28/07/2010	28/07/2010	28/07/2010	28/07/2010
CODIGO DE PRUEBAS					
COTA	4207 00	4207 00	4207 00	4207 00	4207 00
CAPA N°	20	20	20	20	20
PROGRESIVA	0+000	0+140	0+220	0+340	0+480
LADO	DER	IZQ	IZQ	DER	DER
A	Peso del frasco + arena (gr)	17800	17800	17800	17800
B	Peso del frasco + arena sobrante (gr)	5980	5782	5866	5798
C	Peso de arena empleada (A) - (B) (gr)	11820	12018	11934	12002
D	Peso de la arena en el cono (gr)	2930	2930	2930	2930
E	Peso de la arena del hueco (gr) (C) - (D)	8890	9088	9004	9072
F	Densidad de la arena (gr/cc)	1 40	1 40	1 40	1 40
G	Volumen del hueco cc (E) / (F)	6350	6491	6431	6480
H	Peso del tarro + suelo + grava (gr)				
I	Peso del tarro (gr)				
J	Peso del suelo + grava (H) - (I) (gr)	15720	15810	15745	15833
K	Peso retenido en el tamiz ¼ (gr) (N° 4)	5600	5543	5490	5870
L	% grava ¼ (N° 4)	35.6	35.1	34.9	37.1
M	Peso especifico de la grava (gr/cc)	2.710	2.710	2.710	2.710
N	Volumen de la grava (cc) (K) / (M)	2066	2045	2026	2166
O	Peso del suelo (gr) (J) - (K)	10120	10267	10255	9963
P	Volumen del suelo (cc) (G) - (N)	4284	4446	4406	4314
Q	Densidad Humeda (gr/cm3) (O) / (P)	2.363	2.309	2.328	2.309
CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216-80)					
R	Recipiente N°				
S	suelo humedo (gr)	820 4	595 0	705 0	640 2
T	suelo seco (gr)	767 0	556 3	659 2	597 0
U	Peso del agua (gr) (S) - (T)	53 4	38 7	45 8	43 2
V	Peso del recipiente (gr)				
W	Peso del suelo seco (gr) (T) - (V)	767	556.3	659.2	597
X	Contenido de humedad (U) / (W) x 100	7.0	7.0	6.9	7.2
RESUMEN DEL ENSAYO PROCTOR					
XY	Máxima densidad seca P.S. o P.M. (gr/cc)	2.260	2.260	2.260	2.260
Y	Optimo contenido de humedad %	6.90	6.90	6.90	6.90
Z	Densidad seca (gr/cc) Q / (X + 100) x 100	2.209	2.159	2.177	2.154
	% COMPACTACION (Z)/(XY) x 100	97.7%	95.5%	96.3%	95.3%
	% COMPACTACION (Especificación)	95%	95%	95%	95%
	Evaluación de la capa	Aprobada	Aprobada	Aprobada	Aprobada
	DIFERENCIA DE HUMEDAD	0.1	0.1	0.0	0.3

CIMENTACIÓN



**ENSAYOS DE DENSIDAD IN-SITU
METODO DEL CONO DE ARENA
ASTM D1556**

Proyecto : Ingeniería de Detalle para el Recrecimiento del Depósito de Relaves N°7
Ubicación : Colquijirca_ Cerro de Pasco **Fecha :** Oct-10
Cliente : Sociedad Minera El Brocal S.A.A.
Nro Proyecto : 1-M-057-023 **Calculo :** V. Yauri

ZONA:

Sondaje :	C-1	C-2	C-3	C-5
ENSAYO N°:	D-1	D-2	D-3	D-5
PROFUNDIDAD DE ENSAYO (m):	2.00	1.50	1.50	1.50

DENSIDAD DE CAMPO

1	Densidad de la arena calibrada (gr/cm ³)	1.460	1.460	1.460	1.460
2	Peso inicial de arena calibrada (gr)	6000.00	6000.00	6000.00	6000.00
3	Peso de la arena calibrada en el cono (gr)	1644.00	1644.00	1644.00	1644.00
4	Peso de la arena calibrada sobrante (gr)	250.00	637.00	1107.00	668.00
5	Peso de la arena calibrada en el orificio de prueba (gr) (2)-(3)-(4)	4106.00	3719.00	3249.00	3688.00
6	Volumen del orificio de prueba (cm ³) (5)/(1)	2812.33	2547.26	2225.34	2526.03
7	Peso total de la muestra húmeda (gr)	6053.00	5551.00	4944.00	5500.00
8	Peso material > 3/4" (grava) (gr)	2358.00	2206.00	1365.00	2480.00
9	Peso material < 3/4" (gr) (7)-(8)	3695.00	3345.00	3579.00	3020.00
10	Peso específico de grava (gr/cm ³)	2.63	2.63	2.65	2.65
11	Volumen de grava (cm ³) (8)/(10)	896.58	838.78	515.09	935.85
12	Volumen de material < 3/4" (cm ³) (6)-(11)	1915.75	1708.48	1710.25	1590.18
13	Densidad húmeda del material < 3/4" (gr/cm ³) (9)/(12)	1.93	1.96	2.09	1.90
14	Densidad muestra seca (gr/cm ³) (13)/(1+(21))	1.78	1.80	1.96	1.71
15	Densidad sin corregir seca (global)	1.99	2.00	2.09	1.96

CONTENIDO DE HUMEDAD

16	Código del recipiente	J4	J44	J12	J50
17	Peso del recipiente+suelo húmedo (gr)	252.13	306.91	287.43	270.11
18	Peso del recipiente+suelo seco (gr)	234.35	284.03	271.36	245.84
19	Peso del agua (gr) (16)-(17)	17.78	22.88	16.07	24.27
20	Peso del recipiente (gr)	23.26	23.15	22.62	22.99
21	Peso del suelo seco (gr) (17)-(19)	211.09	260.88	248.74	222.85
22	Contenido de humedad 100x(18)/(20)	8.42%	8.77%	6.46%	10.89%

NOTA:

RELAVE FINO

ENSAYOS DE DENSIDAD IN-SITU
METODO DEL CONO DE ARENA
ASTM D1556

Proyecto : ESTUDIO DE ESTABILIDAD FÍSICA DEL DEPÓSITO DE RELAVES N° 2 PARA EL CIERRE
 Ubicación : HUARAUCACA - CERRO DE PASCO
 Cliente : SOCIEDAD MINERA EL BROCAL S.A.A.
 No Proyecto : 1-M-057-018

Operador : VYU

BICACIÓN:	CALICATA :		
ENSAYO N°:	C-7	C-8	C-9
PROFUNDIDAD DE ENSAYO (m):	0.20	0.25	0.40
FECHA DE ENSAYO :	06-05-09	06-05-09	06-05-09

DENSIDAD DE CAMPO

1 Densidad de la arena calibrada (gr/cm ³)	1.440	1.440	1.440
2 Peso inicial de arena calibrada (gr)	5975.00	5975.00	5975.00
3 Peso de la arena calibrada en el cono (gr)	1638.00	1638.00	1638.00
4 Peso de la arena calibrada sobrante (gr)	887.00	840.00	370.00
5 Peso de la arena calibrada en el orificio de prueba (gr) (2)-(3)-(4)	3450.00	3497.00	3967.00
6 Volumen del orificio de prueba (cm ³) (5)/(1)	2395.83	2428.47	2754.86
7 Peso total de la muestra húmeda (gr)	4698.00	5107.00	5281.00
8 Peso material > 3/4" (grava) (gr)			
9 Peso material < 3/4" (gr) (7)-(8)	4698.00	5107.00	5281.00
10 Peso específico de grava (gr/cm ³)			
11 Volumen de grava (cm ³) (8)/(10)	0.00	0.00	0.00
12 Volumen de material < 3/4" (cm ³) (6)-(11)	2395.83	2428.47	2754.86
13 Densidad húmeda del material < 3/4" (gr/cm ³) (9)/(12)	1.96	2.10	1.92
14 Densidad muestra seca (gr/cm ³) (13)/(1+(21))	1.45	1.45	1.42

CONTENIDO DE HUMEDAD

15 Código del recipiente.	v29	v32	v30
16 Peso del recipiente+suelo húmedo (gr)	248.10	271.80	252.65
17 Peso del recipiente+suelo seco (gr)	187.38	192.68	190.25
18 Peso del agua (gr) (16)-(17)	60.72	79.12	62.40
19 Peso del recipiente (gr)	14.90	14.60	14.70
20 Peso del suelo seco (gr) (17)-(19)	172.48	178.08	175.55
21 Contenido de humedad 100x(18)/(20)	35.20%	44.43%	35.55%

ANEXO 5
RESULTADOS DE ENSAYOS DE
LABORATORIO

MATERIAL INTEGRAL

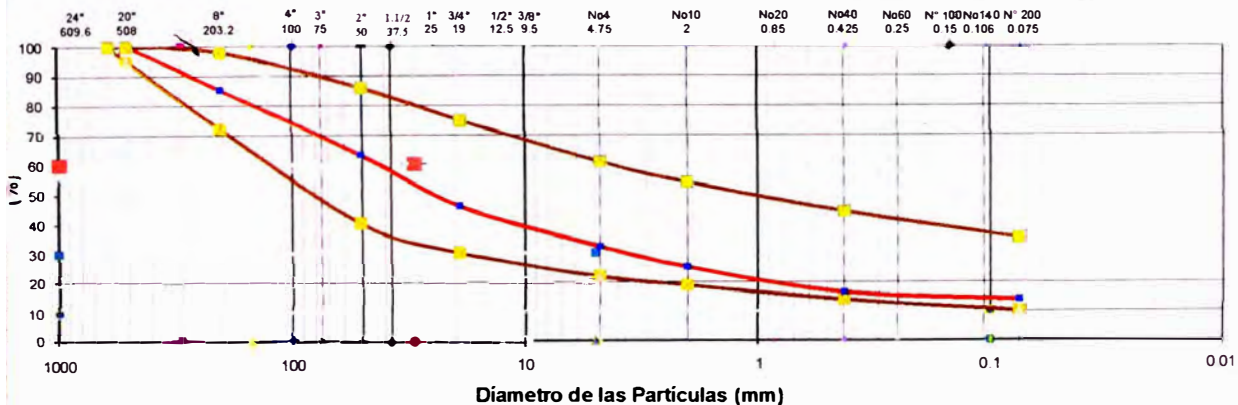
**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(NORMA ASTM D422)**

RECRECIMIENTO DEL DEPOSITO DE RELAVE S N°7,FASE - 2 (COTA 4218 msnm)
 DEPOSITOS DE RELAVES N° 3 Y 5
 DESMONTE DE MINA (4402 msnm)
 INTEGRAL
 09/07/2010

TECNICO : A.V.R.
 ING : B.S.P

Tamiz (mm)	Peso Ret (gr)	% Ret	% Ret Acum (%)	% Que Pasa (%)	Especificaciones		Condiciones de Secado del Suelo Retenido en la Malla N° 4		Temperatura	60°C	110°C	Condiciones de Lavado y Secado del Suelo Que Pasa la Malla N° 4	
					Min (%)	Max (%)							
609.6				100.0	100	100							
508.0				100.0	95	100							
457.2				100.0									
406.4				100.0									
355.6				100.0									
304.8	114600	4.5	4.5	95.5								890350	(gr)
254.0	187300	7.3	11.7	8.83								826690	(gr)
203.2	80400	3.1	14.9	85.1	72	98						1743310	(gr)
177.8	90000	3.5	18.4	81.6								2570000	(gr)
152.4	76200	3.0	21.3	78.7									
127.0	118240	4.6	25.9	74.1									
101.6	39600	1.5	27.5	72.5									
76.2	90100	3.5	31.0	69.0									
50.8	150200	5.8	36.8	63.2	40	80							
38.1	210300	8.2	45.0	55.0									
25.4	120100	4.7	49.7	50.3									
19.1	115260	4.5	54.2	45.8	30	70	Tara+Suelo Húmedo	(gr)	200	Tara+Suelo Seco	(gr)	18.57	
9.5	140890	5.5	59.7	40.3			Tara+Suelo Seco	(gr)	185.7	Tara+S. Seco Lavado	(gr)	218.4	
4.75	210120	8.2	67.8	32.2	22	60	Tara	(gr)		Tara	(gr)	0	
2.000	108.2	6.96	74.8	25.2	19.0	51	Agua	(gr)	14.3	Suelo Seco -(No 200)	(gr)	-32.7	
0.850	85.2	5.48	80.3	19.7			Fracción Fina Seca	(gr)	500	Suelo Seco -(No 200)	(gr)	218.4	
0.600	25.1	1.61	81.9	18.1			Contenido Humedad	(%)	7.7	Suelo Seco -(N° 200)	(%)	-2.1	
0.425	25.4	1.63	83.5	16.5	4	41	LIMITE LIQUIDO		40.30	MAXIMA DENSIDAD		2.15	
0.150	22.5	1.45	85.0	15.0			LIMITE PLATICO		24.35	OPTIMA HUMEDAD		7.8	
0.106	0.0						INDICE DE PLASTICIDAD		15.95	ABSORCION		2.63	
0.075	15.2	0.98	85.9	14.1	10	35	HUMEDAD NATURAL		6.8	PESO ESPESIFICO		2.460	
N° 200	218.4	14.05	100.0	0.0			CLASIFICACION		cc				
							Bloques > 12"	(%)		4.5			
							Cantos > 3" < 10"	(%)		26.5			
							Gravas > N° 4 < 3"	(%)		36.8			
							Arenas > N° 200 < N° 4	(%)		18.1			
							Finos < N° 200	(%)		14.1			
							Total	(%)		100			

CURVA GRANULOMETRICA



**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(NORMA ASTM D422)**

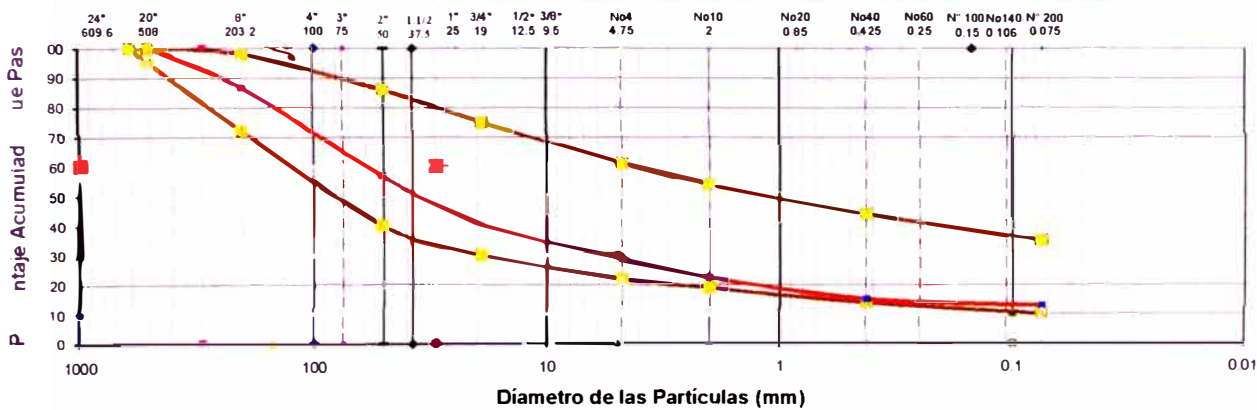
RECRECIMIENTO DEL DEPOSITO DE RELAVES N°7.FASE - 2 (COTA : 4218 msnm)
 DEPOSITOS DE RELAVES N° 3 Y 5
 DESMONTE DE MINA (4402 msnm)
 INTEGRAL

12/07/2010

TECNICO : A V R
 ING : V C P

Tamiz (mm)	Peso Ret (gr)	% Ret	% Ret Acum.	% Que Pasa	Especificaciones		Condiciones de Secado del Suelo Retenido en la Malla N° 4	
					Min.	Max.	Temperatura	60°C
609.6				100.0	100	100	Condiciones de Lavado y Secado del Suelo Que Pasa la Malla N° 4	
508.0				100.0	95	100	Lavado con agua potable y secado a 110°C <input checked="" type="checkbox"/>	
457.2				100.0			Peso Suelo Humedo Que Pasa N° 4: 890350 (gr)	
406.4				100.0			Peso Suelo Seco Que Pasa N° 4: 826690 (gr)	
355.6				100.0			Peso Suelo Seco Retenido en N° 4: 2052710 (gr)	
304.8	160000	5.6	5.6	94.4			Peso Suelo Seco Total: 2879100 (gr)	
254.0	120000	4.2	9.7	90.3			w % < N° 4	
203.2	110200	3.8	13.6	86.4	72	98	% de Suelo que pasa la Malla N° 200	
177.8	150600	5.2	18.8	81.2			No Tara	
152.4	130200	4.5	23.3	76.7			No Tara	
127.0	140000	4.9	28.2	71.8			No Tara	
101.6	140250	4.9	33.0	67.0			No Tara	
76.2	90500	3.1	36.2	63.8			No Tara	
50.8	210000	7.3	43.5	56.5	40	80	Tara + Suelo Humedo (gr): 200	
38.1	250000	8.7	52.2	47.8			Tara + Suelo Seco (gr): 185.7	
25.4	120000	4.2	56.3	43.7			Tara + S. Seco Lavado (gr): 135.3	
19.1	90820	3.2	59.5	40.5	30	75	Tara (gr): 0	
9.5	160000	5.6	65.0	35.0			Agua (gr): 14.3	
4.75	180220	6.3	71.3	28.7	22	67	Suelo Seco -(No 200) (gr): 50.4	
2.000	65.2	6.24	77.5	22.5	9.0	53	Fraccion Fina Seca (gr): 300	
0.850	45.8	4.38	81.9	18.1			Contenido Humedad (%): 7.7	
0.600	18.2	1.74	83.7	16.3			Suelo Seco -(N° 200) (%): 4.8	
0.425	12.2	1.17	84.8	15.2	4	13	LIMITE LIQUIDO: 40.10	
0.150	8.1	0.78	85.6	14.4			LIMITE PLATICO: 22.80	
0.106	0.0						INDICE DE PLASTICIDAD: 17.30	
0.075	15.2	1.45	87.1	12.9	10	35	HUMEDAD NATURAL: 6.5	
0.00	135.3	12.95	100.0	0.0			CLASIFICACION: GC	
							Bloques Ø > 12" (%): 5.6	
							Cantos > 3" Ø < 10" (%): 30.6	
							Gravas > N° 4 Ø < 3" (%): 35.1	
							Arenas > N° 200 Ø < N° 4 (%): 15.8	
							Finos Ø < N° 200 (%): 12.9	
							Total (%): 100	

CURVA GRANULOMETRICA



**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(NORMA ASTM D422)**

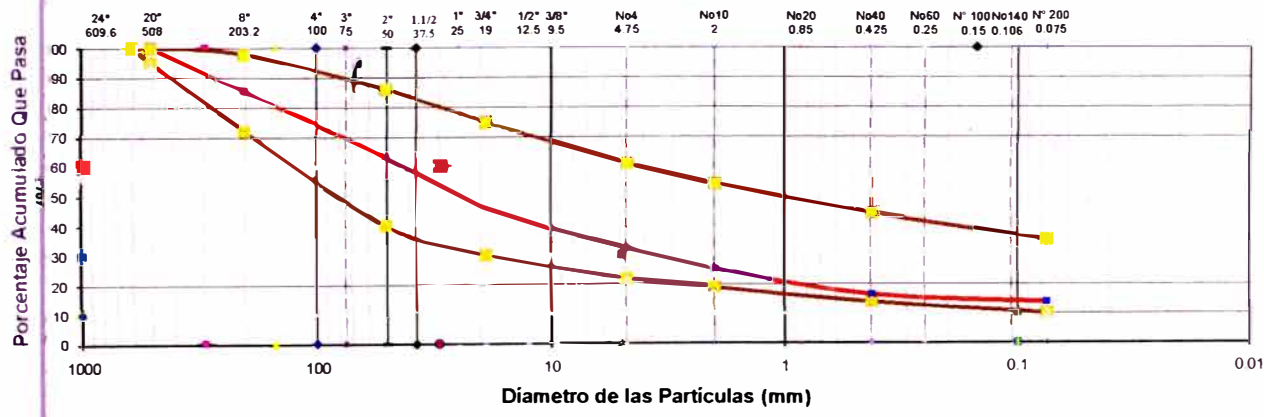
OBJETO	RECRECIMIENTO DEL DEPOSITO DE RELAVES N°7,FASE -2 (COTA : 4218 msnm)	TECNICO : A.V.R.
UBICACION	DEPOSITOS DE RELAVES N° 3 Y 5	INGENIERO : B.S.P
INTERVENCIÓN	DESMONTE DE MINA (4402 msnm)	
MATERIAL	INTEGRAL	
FECHA	09/07/2010	
PROYECTO N°	20	

Tamiz Pulgadas	Tamiz mm	Peso Ret. (gr)	% Ret.	% Ret Acum.	% Que Pasa	Especificaciones		Condiciones de Secado del Suelo Retenido en la Malla N° 4	
						Min (%)	Max (%)	Temperatura	60°C. <input type="checkbox"/>
24"	609.6				100.0	100	100	Condiciones de Lavado y Secado del Suelo Que Pasa la Malla N°4	
20"	508.0				100.0	95	100	Lavado con agua potable y secado a 110°C. <input checked="" type="checkbox"/>	
18"	457.2				100.0			Peso Suelo Húmedo Que Pasa N° 4 <u>890350</u> (gr)	
16"	406.4				100.0			Peso Suelo Seco Que Pasa N° 4 <u>826690</u> (gr)	
14"	355.6				100.0			Peso Suelo Seco Retenido en N° 4 <u>1743310</u> (gr)	
12"	304.8	114600	4.5	4.5	95.5			Peso Suelo Seco Total <u>2570000</u> (gr)	
10"	254.0	187300	7.3	11.7	88.3			w % < N° 4	
8"	203.2	80400	3.1	14.9	85.1	72	98	% de Suelo que pasa la Malla N° 200	
7"	177.8	90000	3.5	18.4	81.6			No Tara	
6"	152.4	76200	3.0	21.3	78.7			No Tara	
5"	127.0	118240	4.6	25.9	74.1			No Tara	
4"	101.6	39600	1.5	27.5	72.5			No Tara	
3"	76.2	90100	3.5	31.0	69.0			No Tara	
2"	50.8	150200	5.8	36.8	63.2	40	86	No Tara	
1 1/2"	38.1	210300	8.2	45.0	55.0			Tara+Suelo Húmedo (gr) 200 Tara+Suelo Seco (gr) 185.7	
1"	25.4	120100	4.7	49.7	50.3			Tara+Suelo Seco (gr) 185.7 Tara+S. Seco Lavado (gr) 218.4	
3/4"	19.1	115260	4.5	54.2	45.8	30	75	Tara (gr) 0 Tara (gr) 0	
3/8"	9.5	140890	5.5	59.7	40.3			Agua (gr) 14.3 Suelo Seco -(No 200) (gr) -32.7	
No 4	4.75	210120	8.2	67.8	32.2	22	61	Fraccion Fina Seca (gr) 509 Suelo Seco +(No 200) (gr) 218.4	
No 10	2.000	1082	6.96	74.8	25.2	19.0	54	Contenido Humedad (%) 7.7 Suelo Seco -(N° 200) (%) -2.1	
No 20	0.850	85.2	5.48	80.3	19.7			LIMITE LIQUIDO 40.30 MAXIMA DENSIDAD 2.15	
No 30	0.600	25.1	1.61	81.9	18.1			LIMITE PLATICO 24.35 OPTIMA HUMEDAD 7.8	
No 40	0.425	25.4	1.63	83.5	16.5	1.1	34	INDICE DE PLASTICIDAD 15.95 ABSORCION 2.63	
No 100	0.150	22.5	1.45	85.0	15.0			HUMEDAD NATURAL 6.8 PESO ESPECIFICO 2.460	
No 110	0.106	0.0						CLASIFICACION cc	
No 200	0.075	15.2	0.98	86.9	14.1	10	35	Bloques Ø > 12" (%) 4.5	
No 400	0.0475	218.4	14.05	100.0	0.0			Cantos > 3" Ø < 10" (%) 26.5	
								Gravas > N° 4 Ø < 3" (%) 36.8	
								Arenas > N° 200 Ø < N° 4 (%) 18.1	
								Finos Ø < N° 200 (%) 14.1	
								Total (%) 100	

$Cu = D_{60}/D_{10}$

$Cc = D_{30}^2 / (D_{10} * D_{60})$

CURVA GRANULOMETRICA

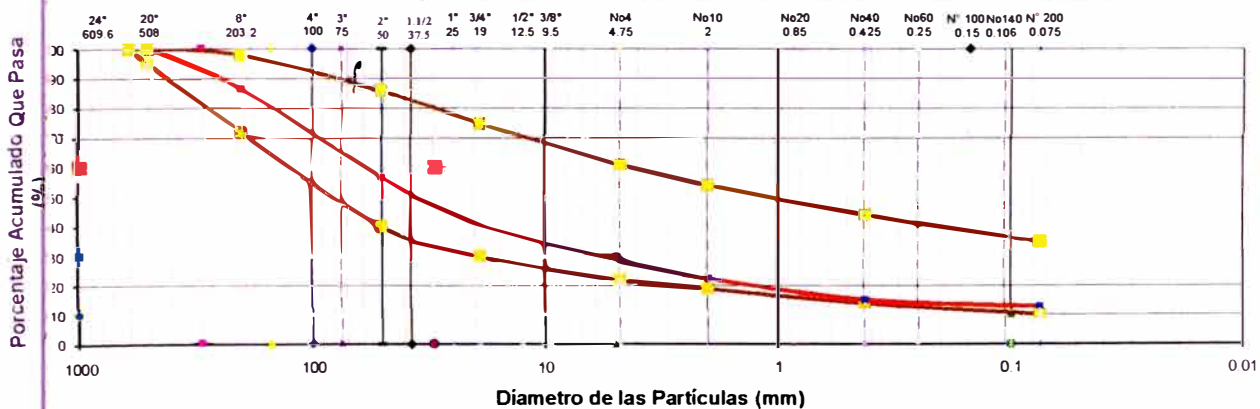


**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(NORMA ASTM D422)**

PROYECTO:	RECRECIMIENTO DEL DEPOSITO DE RELAVES N°7,FASE - 2 (COTA = 4218 msnm)	TECNICO:	A V R
UBICACION:	DEPOSITOS DE RELAVES N° 3 Y 5	INGENIERO:	V C P
ANTERIOR:	ESMONTE DE MINA (4402 msnm)		
MATERIAL:	INTEGRAL		
FECHA:	12/07/2010		
REGISTRO N°:	21		

Tamaño Tamaño pulgadas	Peso Ret	% Ret	% Ret Acum	% Que Pasa	Especificaciones		Condiciones de Secado del Suelo Retenido en la Malla N° 4	
mm	(gr)	(%)	(%)	(%)	Min.	Max.	Temperatura:	60°C
24"	609.6			100.0	00	100	110°C	
20"	508.0			100.0	05	100	Condiciones de Lavado y Secado del Suelo Que Pasa la Malla N°4:	
18"	457.2			100.0			Lavado con agua potable y secado a 110°C	
16"	406.4			100.0			<input checked="" type="checkbox"/>	
14"	355.6			100.0			Peso Suelo Humedo Que Pasa N° 4	
12"	304.8	160000	5.6	5.6			890350 (gr)	
10"	254.0	120000	4.2	9.7			Peso Suelo Seco Que Pasa N° 4	
8"	203.2	110200	3.8	13.6	72	98	826690 (gr)	
7"	177.8	150600	5.2	18.8			Peso Suelo Seco Retenido en N° 4	
6"	152.4	130120	4.5	23.3			2052710 (gr)	
5"	127.0	140000	4.9	28.2			Peso Suelo Seco Total	
4"	101.6	140250	4.9	33.0			2879400 (gr)	
3"	76.2	90500	3.1	36.2			w % < N° 4	
2"	50.8	210000	7.3	43.5	0	86	% de Suelo que pasa la Malla N° 200	
1 1/2"	38.1	250000	8.7	52.2			No Tara	
1"	25.4	120000	4.2	56.3			No Tara	
3/4"	19.1	90820	3.2	59.5	30	75	Tara+Suelo Humedo	(gr) 200
3/8"	9.5	160000	5.6	65.0			Tara+Suelo Seco	(gr) 185.7
No 4	4.75	180220	6.3	71.3	22	61	Tara	(gr) 0
No 10	2.000	65.2	6.24	77.5	19.0	52	Agua	(gr) 14.3
No 20	0.850	45.8	4.38	81.9			Fraición Fina Seca	(gr) 300
No 30	0.600	18.2	1.74	83.7			Contenido Humedad	(%) 7.7
No 40	0.425	12.2	1.17	84.8	14	41	Suelo Seco -(No 200)	(gr) 50.4
No 100	0.150	8.1	0.78	85.6			Suelo Seco +(No 200)	(gr) 135.3
No 140	0.106	0.0					Suelo Seco -(N° 200)	(%) 4.8
No 200	0.075	15.2	1.45	87.1	10	35	LIMITE LIQUIDO	40.10
		135.3	12.95	100.0			LIMITE PLATICO	22.80
							INDICE DE PLASTICIDAD	17.30
							HUMEDAD NATURAL	6.5
							CLASIFICACION	cc
							Bloques Ø > 12"	(%) 5.6
							Cantos > 3" Ø < 10"	(%) 30.6
							Gravas > N° 4 Ø < 3"	(%) 35.1
							Arenas > N° 200 Ø < N° 4	(%) 15.8
							Finos Ø < N° 200	(%) 12.9
							Total	(%) 100

CURVA GRANULOMETRICA



CANTERA 3



ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FISICAS

(ASTM - D4426; D422; D4318; D427; D2487; D-3282)

Informe : LG11-056
Solicitante : SVS INGENIEROS S. A. C.
Proyecto : Recrecimiento de los Depósitos de Relaves Huaraucaca -Dique Parimétrico
Ubicación : Cerro de Pasco

Fecha : Febrero, 2011

Precedencia : Material de Préstamo
Muestra : ---
Profundidad (m) : ---

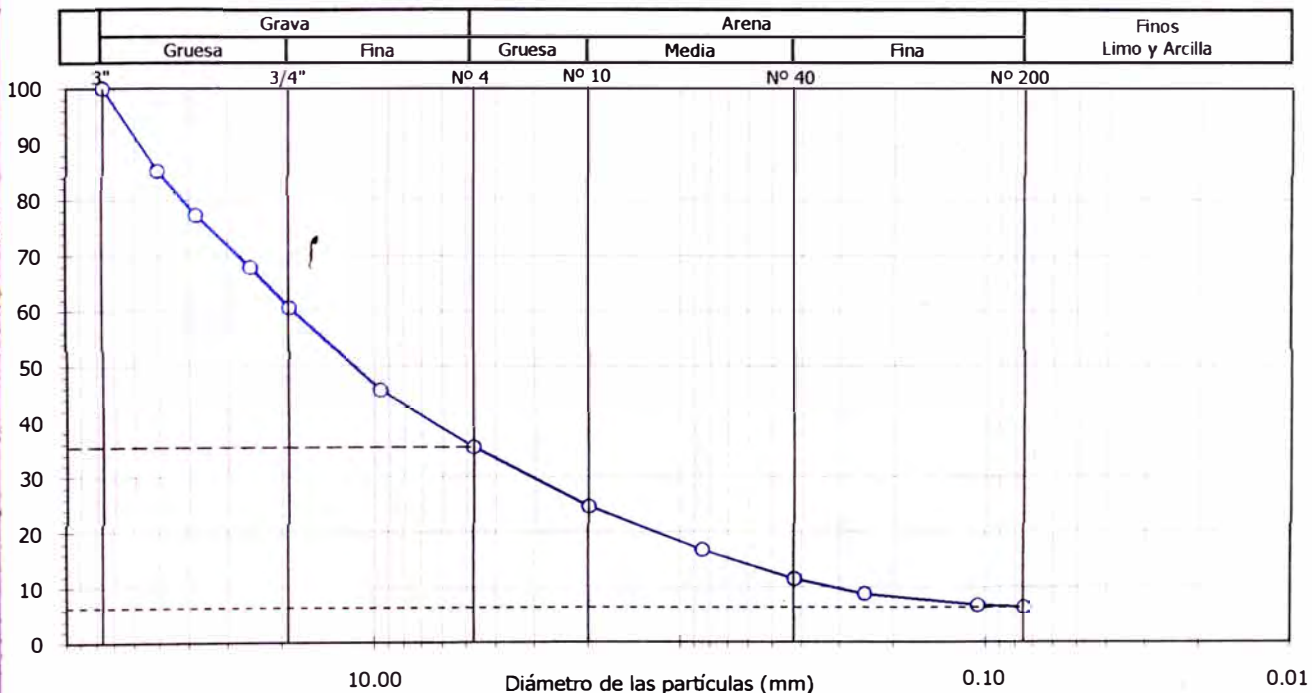
Hoja : 1 de 1

Granulometría por tamizado		
Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.200	100.0
2"	50.800	85.3
1½"	38.100	77.3
1"	25.400	67.9
¾"	19.050	60.6
3/8"	9.525	45.6
Nº 4	4.750	35.4
Nº 10	2.000	24.7
Nº 20	0.850	16.8
Nº 40	0.425	11.5
Nº 60	0.250	8.8
Nº 140	0.106	6.7
Nº 200	0.075	6.4

Contenido de humedad		(%)	6.0
Límites de consistencia	Límite Líquido	(%)	27
	Límite Plástico	(%)	14
	Índice de Plasticidad	(%)	13
	Límite de Contracción	(%)	---
Resultados de granulometría por tamizado	Coeficiente de Uniformidad (Cu)		58.7
	Coeficiente de Curvatura (Cc)		1.6
	Grava [Nº 4 < ϕ < 3"]	(%)	64.6
	Arena [Nº 200 < ϕ < Nº 4]	(%)	29.0
	Finos [ϕ < Nº 200]	(%)	6.4

Clasificación	
AASHTO	SUCS
A-2-6 (0)	GW - GC
Grava bien gradada con arcilla y arena	

CURVA GRANULOMETRICA



Observación : La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante.

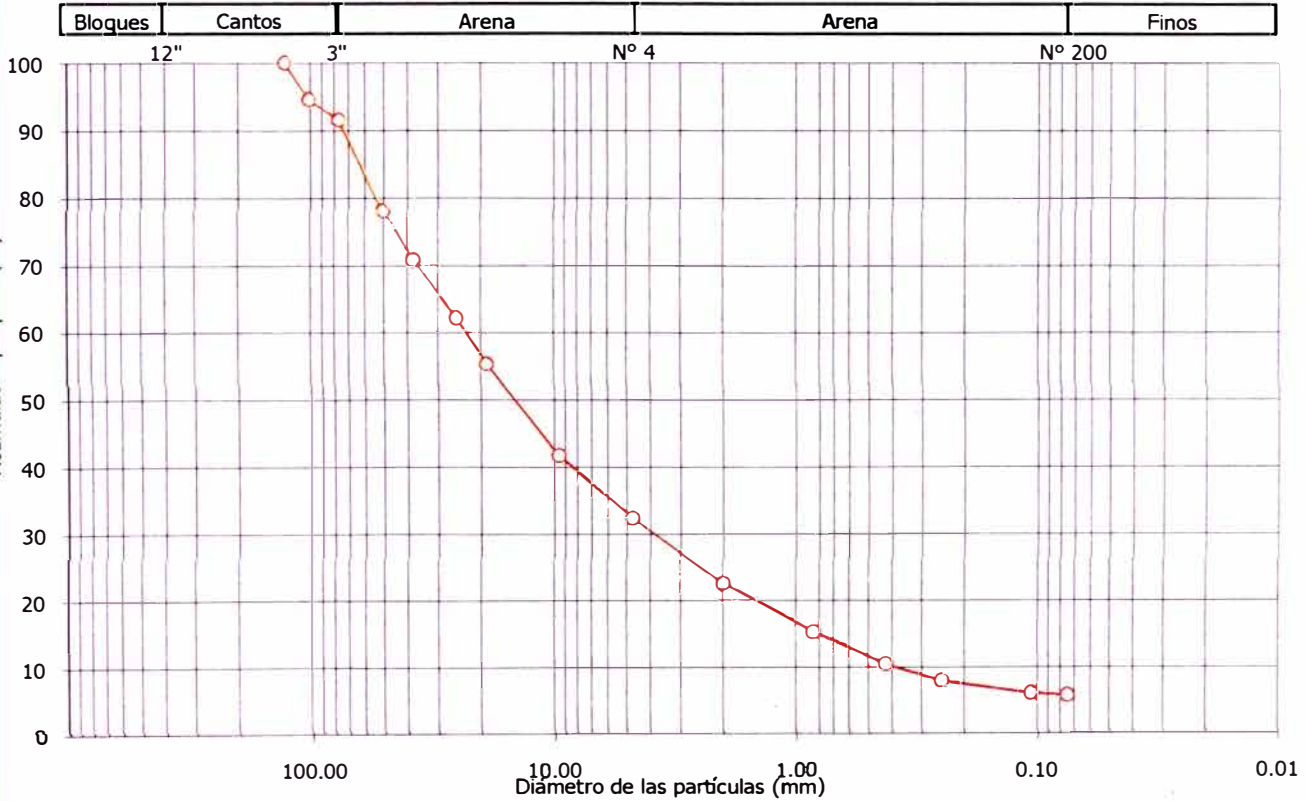
GRANULOMETRIA INTEGRAL POR TAMIZADO

Informe : LG11-056
 Fecha : Febrero, 2011
 Solicitante : SVS INGENIEROS S. A. C.
 Proyecto : Recrecimiento de los Depósitos de Relaves Huaraucaca -Dique Parimétrico
 Ubicación : Cerro de Pasco
 Soltaje : Material de Préstamo
 Muestra : ---
 Pro (m) : ---

Tamiz	(mm)	(%)
5 "	127.0	100.0
4 "	101.6	94.6
3 "	76.20	91.6
2 "	50.80	78.1
1 1/2"	38.10	70.8
1 "	25.40	62.2
3/4"	19.05	55.5
3/8"	9.525	41.7
Nº 004	4.750	32.4
Nº 010	2.000	22.6
Nº 020	0.850	15.4
Nº 040	0.425	10.5
Nº 060	0.250	8.1
Nº 140	0.106	6.1
Nº 200	0.075	5.9

Bloques [$\phi > 12''$]	(%)	0.0
Cantos [$3'' < \phi < 12''$]	(%)	8.4
Grava [Nº 4 < $\phi < 3''$]	(%)	59.1
Arena [Nº 200 < $\phi < Nº 4$]	(%)	26.6
Finos [$\phi < Nº 200$]	(%)	5.9

CURVA GRANULOMETRICA



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



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONES DE INVESTIGACIONES SISMICAS Y MITIGACION DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTECNICO



Av. Tupac 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@cismid.uni.pe

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (A GRAN ESCALA) ASTM - D3080

Informe Nº

LG11-056

Solicitante : SVS INGENIEROS S. A. C.
Objeto : Recrecimiento de los Depósitos de Relaves Huaraucaca -Dique Parimétrico

Ubicación : Cerro de Pasco

Fecha : Febrero, 2011

Procedencia : Material de préstamo

Muestra : ---

Prof. (m) : ---

Página : 1 de 11

Esfuerzo Normal : 0.50 kg/cm²

Características del espécimen

Velocidad : 0.50 mm/min
Método : Remoldeado
Condición : Sin saturar
Humedad : 6.9 %
Densidad seca : 2.08 g/cm³

Al inicio del ensayo

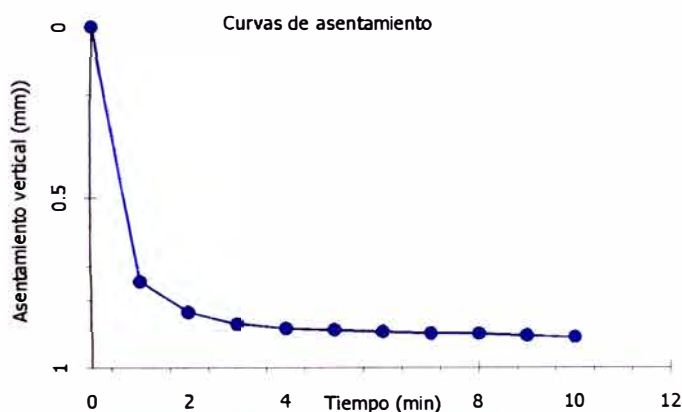
Humedad : 6.9 %
Densidad seca : 2.08 g/cm³

Al final del ensayo

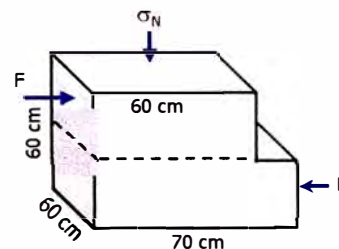
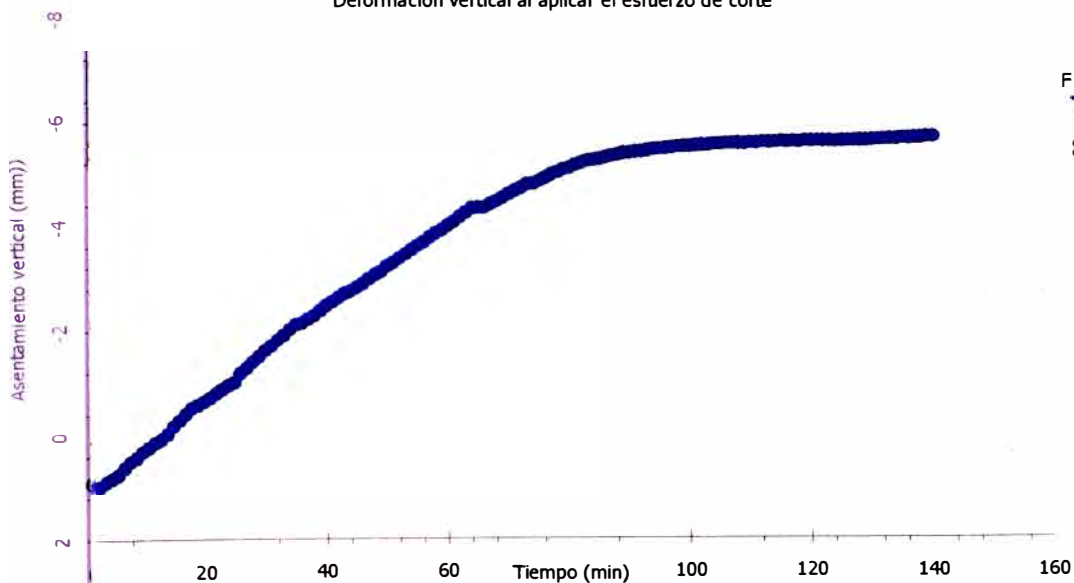
Humedad : 6.9 %
Densidad seca : 2.06 g/cm³

Deformación vertical al aplicar el esfuerzo normal

Tiempo (min)	Def. (mm)
0	0.00
1	0.75
2	0.84
3	0.87
4	0.89
5	0.89
6	0.90
7	0.90
8	0.90
9	0.91
10	0.91



Deformación vertical al aplicar el esfuerzo de corte



Observaciones :

La muestra ha sido proporcionada e identificada por el solicitante. Material menor de 4", humedad = 6.9%, máxima densidad seca remoldeable = 2.08g/cm³ (densidad seca sugerida = 2.19g/cm³). Los datos de remoldeo han sido autorizados por el solicitante.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONES DE INVESTIGACIONES SISMICAS Y MITIGACION DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTECNICO



Av. Tupac Amaru N° 1150, Lima 25, Peru - Apurto postal 31-250, Lima 31 - Telefono: (51-1) 482-0777 - Telefax: 482-0804 / 481-0170 - E-mail: labgeo@cismid.univ.pe

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
(A GRAN ESCALA) ASTM - D3080

Informe N°

LG11-056

Solicitante : SVS INGENIEROS S. A. C.
Proyecto : Recreimiento de los Depósitos de Relaves Huaraucaca -Dique Parimétrico

Ubicación : Cerro de Pasco

Fecha : Febrero, 2011

Procedencia : Material de préstamo

Muestra : ---

Prof. (m) : ---

Página : 2 de 11

Esfuerzo Normal : 0.50 kg/cm²

Aplicación del Esfuerzo de Corte (Hoja de detalle)

Tiempo (n)	Def. Vertical (mm)	Def. Tang. (mm)	Def. Tang. (%)	Esf. de corte (kg/cm ²)	Tiempo (min)	Def. Vertical (mm)	Def. Tang. (mm)	Def. Tang. (%)	Esf. de corte (kg/cm ²)
0	0.91	0.00	0.00	0.00	35	-2.11	18.06	3.01	0.76
1	0.98	0.49	0.08	0.25	36	-2.14	18.56	3.09	0.81
2	0.99	1.04	0.17	0.43	37	-2.22	19.03	3.17	0.80
3	0.97	1.60	0.27	0.55	38	-2.28	19.38	3.23	0.79
4	0.88	2.62	0.44	0.63	39	-2.38	19.98	3.33	0.78
5	0.82	3.14	0.52	0.68	40	-2.48	20.54	3.42	0.78
6	0.75	3.65	0.61	0.72	41	-2.54	20.75	3.46	0.78
7	0.61	4.21	0.70	0.75	42	-2.63	21.51	3.58	0.78
8	0.50	4.58	0.76	0.72	43	-2.70	21.92	3.65	0.77
9	0.42	5.08	0.85	0.73	44	-2.75	22.37	3.73	0.81
10	0.31	5.66	0.94	0.76	45	-2.82	22.94	3.82	0.81
11	0.23	6.14	1.02	0.76	46	-2.88	23.42	3.90	0.80
12	0.14	6.64	1.11	0.78	47	-2.98	23.95	3.99	0.82
13	0.07	7.11	1.19	0.79	48	-3.05	24.50	4.08	0.79
14	-0.03	7.63	1.27	0.80	49	-3.12	24.86	4.14	0.80
15	-0.18	8.20	1.37	0.77	50	-3.22	25.52	4.25	0.81
16	-0.29	8.64	1.44	0.75	51	-3.28	25.91	4.32	0.79
17	-0.41	9.09	1.51	0.76	52	-3.37	26.39	4.40	0.79
18	-0.53	9.64	1.61	0.75	53	-3.44	26.88	4.48	0.78
19	-0.58	10.12	1.69	0.80	54	-3.53	27.33	4.56	0.81
20	-0.65	10.61	1.77	0.79	55	-3.61	27.85	4.64	0.78
21	-0.72	11.05	1.84	0.81	56	-3.68	28.32	4.72	0.78
22	-0.80	11.56	1.93	0.83	57	-3.76	28.85	4.81	0.79
23	-0.89	12.11	2.02	0.85	58	-3.85	29.30	4.88	0.79
24	-0.96	12.64	2.11	0.83	59	-3.91	29.73	4.95	0.78
25	-1.02	13.07	2.18	0.85	60	-3.99	30.31	5.05	0.76
26	-1.19	13.65	2.27	0.79	61	-4.07	30.78	5.13	0.77
27	-1.29	14.07	2.35	0.79	62	-4.16	31.31	5.22	0.77
28	-1.41	14.57	2.43	0.78	63	-4.24	31.79	5.30	0.76
29	-1.51	15.04	2.51	0.77	64	-4.32	32.27	5.38	0.76
30	-1.62	15.53	2.59	0.78	65	-4.34	32.76	5.46	0.82
31	-1.71	16.05	2.68	0.77	66	-4.34	32.76	5.46	0.80
32	-1.82	16.54	2.76	0.75	67	-4.40	33.32	5.55	0.80
33	-1.91	16.99	2.83	0.76	68	-4.45	33.74	5.62	0.79
34	-2.02	17.56	2.93	0.75	69	-4.52	34.24	5.71	0.76
35	-2.11	18.06	3.01	0.76	70	-4.59	34.72	5.79	0.81



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONES DE INVESTIGACIONES SISMICAS Y MITIGACION DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTECNICO



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@cismid.uni.pe

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
(A GRAN ESCALA) ASTM - D3080

Informe N°

LG11-056

Solicitante : SVS INGENIEROS S. A. C.
Proyecto : Recrecimiento de los Depósitos de Relaves Huaraucaca -Dique Parimétrico

Ubicación : Cerro de Pasco

Fecha : Febrero, 2011

Procedencia : Material de préstamo

Muestra : ---

Prof. (m) : ---

Página : 3 de 11

Esfuerzo Normal : 0.50 kg/cm²

Aplicación del Esfuerzo de Corte (Hoja de detalle)

Tempo (min)	Def. Vertical (mm)	Def. Tang. (mm)	Def. Tang. (%)	Esf. de corte (kg/cm ²)	Tiempo (min)	Def. Vertical (mm)	Def. Tang. (mm)	Def. Tang. (%)	Esf. de corte (kg/cm ²)
70	-4.59	34.72	5.79	0.81	105	-5.57	52.33	8.72	0.76
71	-4.66	35.27	5.88	0.77	106	-5.57	52.81	8.80	0.80
72	-4.71	35.72	5.95	0.76	107	-5.58	53.35	8.89	0.81
73	-4.78	36.20	6.03	0.78	108	-5.58	53.87	8.98	0.78
74	-4.79	36.70	6.12	0.78	109	-5.58	54.30	9.05	0.79
75	-4.84	37.13	6.19	0.77	110	-5.59	54.83	9.14	0.81
76	-4.90	37.68	6.28	0.81	111	-5.59	55.37	9.23	0.82
77	-4.96	38.19	6.36	0.79	112	-5.60	55.79	9.30	0.80
78	-5.01	38.63	6.44	0.78	113	-5.60	56.37	9.40	0.78
79	-5.07	39.17	6.53	0.74	114	-5.60	56.81	9.47	0.79
80	-5.09	39.54	6.59	0.78	115	-5.61	57.41	9.57	0.80
81	-5.15	40.14	6.69	0.75	116	-5.61	58.02	9.67	0.77
82	-5.19	40.64	6.77	0.76	117	-5.61	58.37	9.73	0.79
83	-5.24	41.13	6.85	0.76	118	-5.61	58.62	9.77	0.76
84	-5.25	41.63	6.94	0.78	119	-5.62	59.23	9.87	0.80
85	-5.27	42.10	7.02	0.77	120	-5.62	59.97	9.99	0.81
86	-5.31	42.60	7.10	0.80	121	-5.62	60.38	10.06	0.81
87	-5.34	43.14	7.19	0.80	122	-5.62	60.97	10.16	0.78
88	-5.36	43.67	7.28	0.78	123	-5.62	61.44	10.24	0.76
89	-5.39	44.31	7.38	0.81	124	-5.62	61.47	10.24	0.79
90	-5.40	44.79	7.46	0.79	125	-5.63	62.36	10.39	0.77
91	-5.42	45.17	7.53	0.80	126	-5.63	62.92	10.49	0.77
92	-5.43	45.60	7.60	0.80	127	-5.63	63.49	10.58	0.76
93	-5.44	45.96	7.66	0.80	128	-5.63	63.78	10.63	0.78
94	-5.47	46.78	7.80	0.81	129	-5.64	64.34	10.72	0.79
95	-5.48	47.20	7.87	0.80	130	-5.65	64.97	10.83	0.81
96	-5.49	47.87	7.98	0.80	131	-5.65	65.48	10.91	0.80
97	-5.50	48.24	8.04	0.79	132	-5.66	65.88	10.98	0.78
98	-5.51	48.81	8.14	0.78	133	-5.66	66.36	11.06	0.76
99	-5.52	49.33	8.22	0.78	134	-5.67	66.93	11.15	0.78
100	-5.52	49.70	8.28	0.80	135	-5.68	67.37	11.23	0.78
101	-5.54	50.26	8.38	0.81	136	-5.68	67.87	11.31	0.75
102	-5.54	50.85	8.47	0.80	137	-5.69	68.41	11.40	0.78
103	-5.55	51.14	8.52	0.78	138	-5.69	68.94	11.49	0.81
104	-5.56	51.85	8.64	0.78	139	-5.70	69.46	11.58	0.80
105	-5.57	52.33	8.72	0.76	140	-5.70	69.88	11.65	0.79



ENSAYO DE CORTE DIRECTO
(A GRAN ESCALA) ASTM - D3080

Informe N°

LG11-056

Solicitante : SVS INGENIEROS S. A. C.
Proyecto : Recrecimiento de los Depósitos de Relaves Huaraucaca -Dique Parimétrico

Ubicación : Cerro de Pasco

Fecha : Febrero, 2011

Procedencia : Material de préstamo

Muestra : ---

Prof. (m) : ---

Página : 4 de 11

Esfuerzo Normal : 1.00 kg/cm²

Características del espécimen

Velocidad : 0.50 mm/min
Estado : Remoldeado
Condición : Sin saturar
Humedad : 6.9 %
Densidad seca : 2.08 g/cm³

Etapa inicial del ensayo

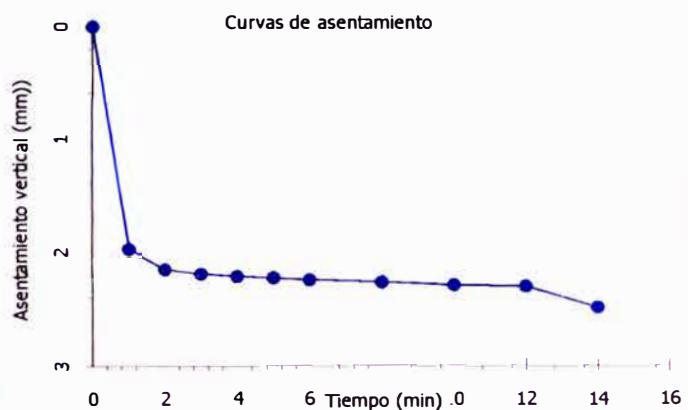
Humedad : 6.9 %
Densidad seca : 2.08 g/cm³

Etapa final del ensayo

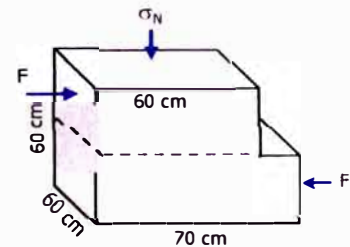
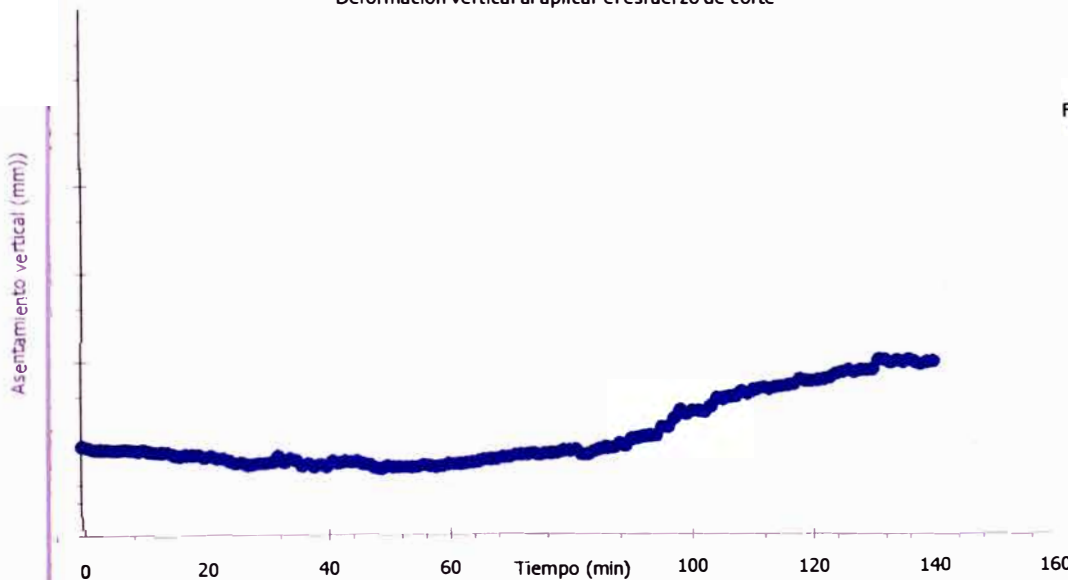
Humedad : 6.9 %
Densidad seca : 2.08 g/cm³

Deformación vertical al aplicar el esfuerzo normal

Tiempo (min)	Def. (mm)
0	0.00
1	1.97
2	2.15
3	2.19
4	2.21
5	2.22
6	2.24
8	2.26
10	2.28
12	2.29
14	2.48



Deformación vertical al aplicar el esfuerzo de corte



Observaciones :
La muestra ha sido proporcionada e identificada por el solicitante. Material menor de 4", humedad = 6.9%, máxima densidad seca remoldeable = 2.08g/cm³ (densidad seca sugerida = 2.19g/cm³). Los datos de remoldeo han sido autorizados por el solicitante.



ENSAYO DE CORTE DIRECTO
(A GRAN ESCALA) ASTM - D3080

Informe N°

LG11-056

Solicitar : SVS INGENIEROS S. A. C.
Proyecto : Recrecimiento de los Depósitos de Relaves Huaraucaca -Dique Parimétrico

Ubicación : Cerro de Pasco

Fecha : Febrero, 2011

Procedencia : Material de préstamo

Muestra : ---

Prof. (m) : ---

Página : 5 de 11

Esfuerzo Normal : 1.00 kg/cm²

Aplicación del Esfuerzo de Corte (Hoja de detalle)

Tiempo (min)	Def. Vertical (mm)	Def. Tang. (mm)	Def. Tang. (%)	Esf. de corte (kg/cm ²)	Tiempo (min)	Def. Vertical (mm)	Def. Tang. (mm)	Def. Tang. (%)	Esf. de corte (kg/cm ²)
	2.48	0.00	0.00	0.00	35	2.57	17.90	2.98	0.87
	2.49	0.61	0.10	0.38	36	2.60	18.62	3.10	0.81
	2.50	1.22	0.20	0.52	37	2.59	19.18	3.20	0.88
	2.50	1.79	0.30	0.57	38	2.61	19.83	3.31	0.83
	2.50	2.36	0.39	0.61	39	2.60	20.76	3.46	0.84
	2.51	2.86	0.48	0.63	40	2.61	20.99	3.50	0.84
	2.51	3.39	0.57	0.64	41	2.58	21.31	3.55	0.92
	2.50	3.90	0.65	0.67	42	2.59	22.69	3.78	0.87
	2.51	4.43	0.74	0.67	43	2.58	23.30	3.88	0.90
	2.51	4.95	0.82	0.68	44	2.58	23.72	3.95	0.93
	2.51	5.47	0.91	0.68	45	2.58	24.27	4.04	0.88
	2.52	5.95	0.99	0.70	46	2.59	24.81	4.13	0.92
	2.52	6.47	1.08	0.72	47	2.60	25.28	4.21	0.91
	2.52	7.19	1.20	0.70	48	2.62	25.77	4.30	0.90
	2.52	7.54	1.26	0.72	49	2.62	25.99	4.33	0.95
	2.54	8.04	1.34	0.71	50	2.61	26.83	4.47	0.94
	2.54	8.50	1.42	0.71	51	2.61	27.11	4.52	0.94
	2.54	9.07	1.51	0.71	52	2.61	27.60	4.60	0.93
	2.54	9.49	1.58	0.76	53	2.61	28.31	4.72	0.92
	2.54	10.08	1.68	0.76	54	2.61	28.80	4.80	0.94
	2.55	10.46	1.74	0.75	55	2.61	29.31	4.88	0.94
	2.54	11.09	1.85	0.79	56	2.60	29.85	4.98	0.94
	2.56	11.40	1.90	0.81	57	2.61	30.44	5.07	0.95
	2.56	12.11	2.02	0.75	58	2.61	30.81	5.14	1.00
	2.57	12.50	2.08	0.80	59	2.61	31.28	5.21	0.99
	2.59	13.07	2.18	0.77	60	2.60	31.90	5.32	0.97
	2.58	13.60	2.27	0.78	61	2.60	32.38	5.40	1.01
	2.60	13.82	2.30	0.80	62	2.60	32.86	5.48	0.98
	2.59	14.62	2.44	0.78	63	2.59	33.19	5.53	0.97
	2.59	15.21	2.54	0.83	64	2.59	33.87	5.65	0.96
	2.59	15.48	2.58	0.80	65	2.58	34.10	5.68	0.98
	2.58	15.96	2.66	0.80	66	2.57	34.95	5.83	0.96
	2.55	16.69	2.78	0.87	67	2.57	35.40	5.90	1.01
	2.58	17.25	2.88	0.82	68	2.57	35.91	5.99	0.99
	2.56	17.68	2.95	0.85	69	2.56	36.48	6.08	1.00
	2.57	17.90	2.98	0.87	70	2.56	36.91	6.15	1.00



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONES DE INVESTIGACIONES SISMICAS Y MITIGACION DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTECNICO



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@cismid.uni.pe

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
(A GRAN ESCALA) ASTM - D3080

Informe N°

LG11-056

Solicitud : SVS INGENIEROS S. A. C.
Proyecto : Recrecimiento de los Depósitos de Relaves Huaraucaca -Dique Parimétrico

Ubicación : Cerro de Pasco

Fecha : Febrero, 2011

Procedencia : Material de préstamo

Muestra : ---

Prof. (m) : ---

Página : 6 de 11

Esfuerzo Normal : 1.00 kg/cm²

Aplicación del Esfuerzo de Corte (Hoja de detalle)

Tiempo (in)	Def. Vertical (mm)	Def. Tang. (mm)	Def. Tang. (%)	Esf. de corte (kg/cm ²)	Tiempo (min)	Def. Vertical (mm)	Def. Tang. (mm)	Def. Tang. (%)	Esf. de corte (kg/cm ²)
0	2.56	36.91	6.15	1.00	105	2.24	54.35	9.06	1.01
1	2.55	37.48	6.25	1.01	106	2.23	54.90	9.15	1.02
2	2.54	37.96	6.33	1.03	107	2.22	55.36	9.23	1.03
3	2.54	38.50	6.42	0.98	108	2.20	55.94	9.32	1.01
4	2.54	38.90	6.48	1.05	109	2.21	56.11	9.35	1.01
5	2.55	39.46	6.58	0.99	110	2.19	56.67	9.44	1.00
6	2.54	39.94	6.66	1.03	111	2.17	57.42	9.57	1.01
7	2.54	40.46	6.74	1.01	112	2.17	57.89	9.65	1.00
8	2.53	40.98	6.83	1.01	113	2.17	58.24	9.71	1.04
9	2.52	41.56	6.93	1.00	114	2.16	58.93	9.82	1.00
10	2.52	42.01	7.00	0.99	115	2.16	59.32	9.89	1.02
11	2.52	42.56	7.09	1.03	116	2.15	59.89	9.98	1.01
12	2.54	42.94	7.16	1.01	117	2.15	60.31	10.05	1.02
13	2.54	43.28	7.21	1.03	118	2.12	60.87	10.14	1.04
14	2.53	43.91	7.32	1.06	119	2.13	61.29	10.21	1.02
15	2.51	44.43	7.41	1.06	120	2.13	61.79	10.30	1.05
16	2.50	44.90	7.48	1.01	121	2.12	62.26	10.38	1.03
17	2.50	45.19	7.53	1.02	122	2.12	62.78	10.46	1.05
18	2.48	46.04	7.67	1.02	123	2.11	63.26	10.54	1.01
19	2.49	46.41	7.74	1.04	124	2.09	63.86	10.64	1.06
20	2.46	46.98	7.83	1.06	125	2.08	64.27	10.71	1.07
21	2.45	47.37	7.90	1.09	126	2.07	64.72	10.79	1.08
22	2.44	48.03	8.01	1.02	127	2.08	65.19	10.86	1.02
23	2.44	48.54	8.09	1.03	128	2.07	65.79	10.97	1.01
24	2.44	48.93	8.16	1.04	129	2.07	66.17	11.03	1.03
25	2.39	49.42	8.24	1.05	130	2.06	66.35	11.06	1.02
26	2.39	49.55	8.26	0.99	131	2.01	67.10	11.18	1.13
27	2.34	50.47	8.41	1.01	132	2.01	67.82	11.30	1.04
28	2.30	50.99	8.50	1.07	133	2.03	67.86	11.31	1.02
29	2.32	51.36	8.56	0.98	134	2.01	68.81	11.47	1.07
30	2.30	51.93	8.65	1.03	135	2.02	69.26	11.54	1.08
31	2.30	52.24	8.71	1.00	136	2.01	69.77	11.63	1.12
32	2.31	52.34	8.72	1.00	137	2.02	70.24	11.71	1.09
33	2.28	52.88	8.81	1.00	138	2.03	70.30	11.72	1.07
34	2.24	53.96	8.99	0.99	139	2.02	70.76	11.79	1.15
35	2.24	54.35	9.06	1.01	140	2.02	71.28	11.88	1.12



ENSAYO DE CORTE DIRECTO
(A GRAN ESCALA) ASTM - D3080

Informe N°

LG11-056

Solicitante : SVS INGENIEROS S. A. C.
Proyecto : Recrecimiento de los Depósitos de Relaves Huaraucaca -Dique Parimétrico

Ubicación : Cerro de Pasco

Fecha : Febrero, 2011

Procedencia : Material de préstamo

Muestra : ---

Prof. (m) : ---

Página : 7 de 11

Esfuerzo Normal : 2.00 kg/cm²

Características del espécimen

Velocidad : 0.50 mm/min
Estado : Remoldeado
Condición : Sin saturar
Humedad : 6.9 %
Densidad seca : 2.08 g/cm³

Etapa inicial del ensayo

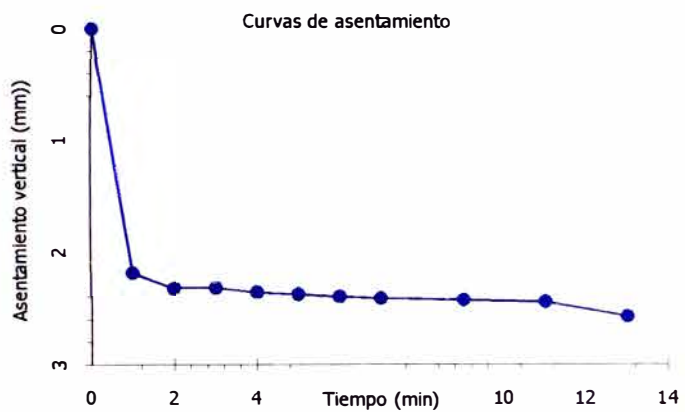
Humedad : 6.9 %
Densidad seca : 2.09 g/cm³

Etapa final del ensayo

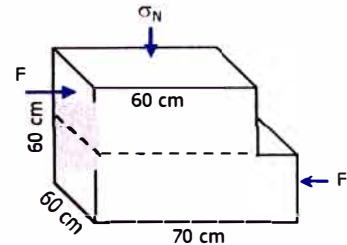
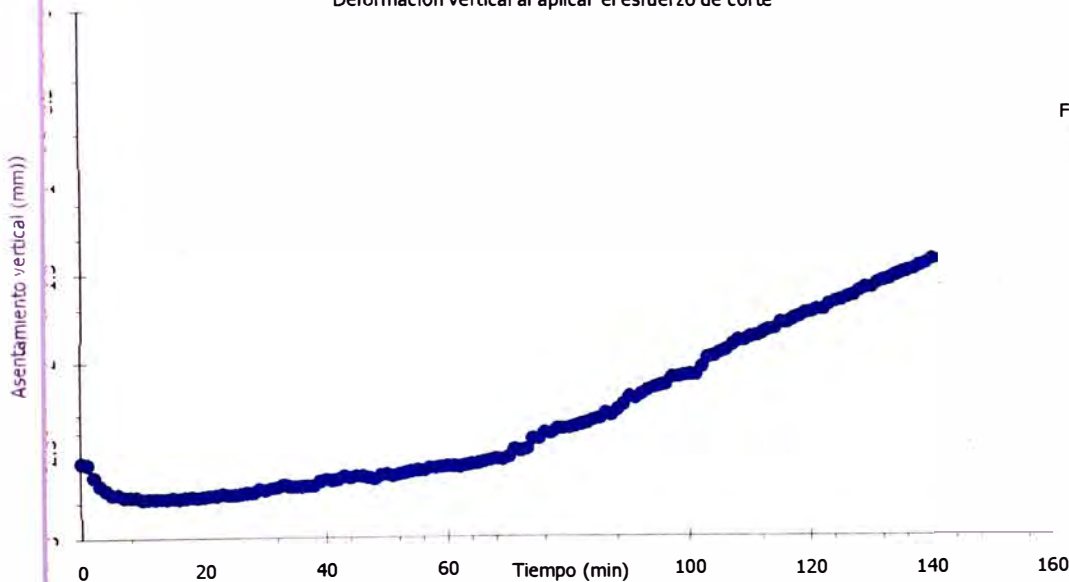
Humedad : 6.9 %
Densidad seca : 2.08 g/cm³

Deformación vertical al aplicar el esfuerzo normal

Tiempo (min)	Def. (mm)
0	0.00
1	2.18
2	2.32
3	2.32
4	2.36
5	2.38
6	2.40
7	2.41
9	2.43
11	2.44
13	2.57



Deformación vertical al aplicar el esfuerzo de corte



Observaciones :

La muestra ha sido proporcionada e identificada por el solicitante. Material menor de 4", humedad = 6.9%, máxima densidad seca remoldeable = 2.08g/cm³ (densidad seca sugerida = 2.19g/cm³). Los datos de remoldeo han sido autorizados por el solicitante.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONES DE INVESTIGACIONES SISMICAS Y MITIGACION DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTECNICO



Av. Tupac Amaru N° 1150, Lima 25, Peru - Apartado postal 31-250, Lima 31 - Telefono: (51-1)482-0777 - Telefax: 482-0804 / 481-0170 - E-mail: labgeo@cismid.uni.pe

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
(A GRAN ESCALA) ASTM - D3080

Informe N°

LG11-056

Solicitante : SVS INGENIEROS S. A. C.
Proyecto : Recrecimiento de los Depósitos de Relaves Huaraucaca -Dique Parimétrico

Ubicación : Cerro de Pasco

Fecha : Febrero, 2011

Procedencia : Material de préstamo

Muestra : ---

Prof. (m) : ---

Página : 8 de 11

Esfuerzo Normal : 2.00 kg/cm²

Aplicación del Esfuerzo de Corte (Hoja de detalle)

Tiempo (min)	Def. Vertical (mm)	Def. Tang. (mm)	Def. Tang. (%)	Esf. de corte (kg/cm ²)	Tiempo (min)	Def. Vertical (mm)	Def. Tang. (mm)	Def. Tang. (%)	Esf. de corte (kg/cm ²)
0	2.57	0.00	0.00	0.00	35	2.71	18.95	3.16	1.52
1	2.58	0.50	0.08	0.28	36	2.71	19.59	3.26	1.53
2	2.65	1.49	0.25	0.52	37	2.71	19.96	3.33	1.48
3	2.70	2.27	0.38	0.73	38	2.71	20.22	3.37	1.54
4	2.73	2.90	0.48	0.89	39	2.68	20.97	3.50	1.55
5	2.75	3.46	0.58	0.96	40	2.67	21.44	3.57	1.54
6	2.75	4.06	0.68	1.00	41	2.68	21.82	3.64	1.63
7	2.77	4.60	0.77	1.07	42	2.67	22.53	3.76	1.57
8	2.77	5.10	0.85	1.10	43	2.65	23.10	3.85	1.57
9	2.77	5.66	0.94	1.16	44	2.66	23.54	3.92	1.60
10	2.78	6.14	1.02	1.19	45	2.65	24.06	4.01	1.58
11	2.78	6.72	1.12	1.19	46	2.65	24.57	4.09	1.62
12	2.78	7.22	1.20	1.22	47	2.66	25.05	4.17	1.66
13	2.78	7.87	1.31	1.23	48	2.67	25.27	4.21	1.63
14	2.78	8.26	1.38	1.24	49	2.65	26.12	4.35	1.62
15	2.77	8.82	1.47	1.28	50	2.64	26.57	4.43	1.63
16	2.78	9.26	1.54	1.27	51	2.65	27.07	4.51	1.67
17	2.77	9.83	1.64	1.27	52	2.64	27.60	4.60	1.67
18	2.77	10.31	1.72	1.28	53	2.64	28.08	4.68	1.68
19	2.77	10.80	1.80	1.30	54	2.63	28.62	4.77	1.72
20	2.77	11.31	1.88	1.33	55	2.62	29.10	4.85	1.72
21	2.76	11.82	1.97	1.38	56	2.62	29.59	4.93	1.77
22	2.76	12.40	2.07	1.35	57	2.61	30.11	5.02	1.70
23	2.75	12.94	2.16	1.37	58	2.61	30.61	5.10	1.76
24	2.76	13.32	2.22	1.38	59	2.60	31.11	5.19	1.74
25	2.76	13.86	2.31	1.43	60	2.60	31.62	5.27	1.79
26	2.75	14.37	2.39	1.41	61	2.60	32.14	5.36	1.76
27	2.75	14.92	2.49	1.46	62	2.60	32.65	5.44	1.78
28	2.75	15.35	2.56	1.42	63	2.59	33.14	5.52	1.77
29	2.73	15.83	2.64	1.46	64	2.59	34.17	5.69	1.84
30	2.73	16.37	2.73	1.53	65	2.58	34.68	5.78	1.77
31	2.72	16.98	2.83	1.43	66	2.57	35.22	5.87	1.79
32	2.72	17.43	2.91	1.46	67	2.57	35.67	5.95	1.81
33	2.70	17.96	2.99	1.51	68	2.56	36.18	6.03	1.83
34	2.71	18.45	3.08	1.56	69	2.56	36.82	6.14	1.81
35	2.71	18.95	3.16	1.52	70	2.55	37.21	6.20	1.78



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SISMICAS Y MITIGACION DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTECNICO



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@cismud.uni.pe

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
(A GRAN ESCALA) ASTM - D3080

Informe N°

LG11-056

Solicitante : SVS INGENIEROS S. A. C.
Proyecto : Recrecimiento de los Depósitos de Relaves Huaracaca - Dique Parimétrico

Ubicación : Cerro de Pasco

Fecha : Febrero, 2011

Procedencia : Material de préstamo

Muestra : ---

Prof. (m) : ---

Página : 9 de 11

Esfuerzo Normal : 2.00 kg/cm²

Aplicación del Esfuerzo de Corte (Hoja de detalle)

Tiempo (min)	Def. Vertical (mm)	Def. Tang. (mm)	Def. Tang. (%)	Esf. de corte (kg/cm ²)	Tiempo (min)	Def. Vertical (mm)	Def. Tang. (mm)	Def. Tang. (%)	Esf. de corte (kg/cm ²)
100	2.55	37.21	6.20	1.78	105	1.95	57.08	9.51	1.93
101	2.50	37.83	6.30	1.81	106	1.94	57.55	9.59	1.95
102	2.51	38.21	6.37	1.86	107	1.91	58.01	9.67	1.97
103	2.50	38.74	6.46	1.89	108	1.88	58.55	9.76	2.05
104	2.44	39.31	6.55	1.84	109	1.88	59.02	9.84	2.00
105	2.44	40.40	6.73	1.96	110	1.86	59.52	9.92	1.97
106	2.41	42.26	7.04	1.95	111	1.86	60.05	10.01	2.01
107	2.41	42.74	7.12	1.82	112	1.84	60.54	10.09	1.97
108	2.39	43.27	7.21	1.86	113	1.82	61.03	10.17	1.98
109	2.39	43.76	7.29	1.90	114	1.82	61.48	10.25	1.99
110	2.38	44.27	7.38	1.89	115	1.78	61.99	10.33	2.00
111	2.37	44.73	7.45	1.93	116	1.78	62.41	10.40	2.03
112	2.36	45.81	7.63	1.90	117	1.76	63.02	10.50	2.02
113	2.35	46.29	7.71	1.89	118	1.75	63.47	10.58	1.96
114	2.34	46.82	7.80	1.92	119	1.73	63.97	10.66	2.00
115	2.33	47.28	7.88	1.92	120	1.72	64.52	10.75	2.02
116	2.30	48.16	8.03	1.95	121	1.71	64.98	10.83	1.96
117	2.31	48.68	8.11	1.99	122	1.71	65.43	10.91	2.02
118	2.28	49.11	8.19	1.90	123	1.68	66.01	11.00	1.96
119	2.25	49.62	8.27	1.88	124	1.66	66.54	11.09	2.02
120	2.20	50.19	8.37	1.92	125	1.65	66.91	11.15	1.92
121	2.21	50.58	8.43	1.94	126	1.64	67.40	11.23	1.99
122	2.19	51.09	8.52	1.91	127	1.63	67.80	11.30	1.97
123	2.17	51.60	8.60	1.96	128	1.60	68.39	11.40	1.98
124	2.15	52.07	8.68	1.92	129	1.58	68.93	11.49	1.99
125	2.14	52.58	8.76	1.95	130	1.58	69.43	11.57	1.98
126	2.13	53.11	8.85	1.91	131	1.56	69.92	11.65	1.94
127	2.09	53.58	8.93	1.88	132	1.54	70.42	11.74	2.00
128	2.09	54.08	9.01	1.99	133	1.53	70.90	11.82	2.00
129	2.08	54.55	9.09	1.93	134	1.51	71.38	11.90	1.98
130	2.08	54.87	9.14	1.93	135	1.50	71.90	11.98	1.99
131	2.08	55.05	9.17	1.95	136	1.49	72.41	12.07	1.97
132	2.03	55.55	9.26	1.93	137	1.48	72.85	12.14	1.98
133	1.98	56.15	9.36	2.02	138	1.46	73.31	12.22	2.00
134	1.97	56.60	9.43	1.96	139	1.45	73.78	12.30	2.03
135	1.95	57.08	9.51	1.93	140	1.42	74.32	12.39	2.03

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
(A GRAN ESCALA) ASTM - D3080

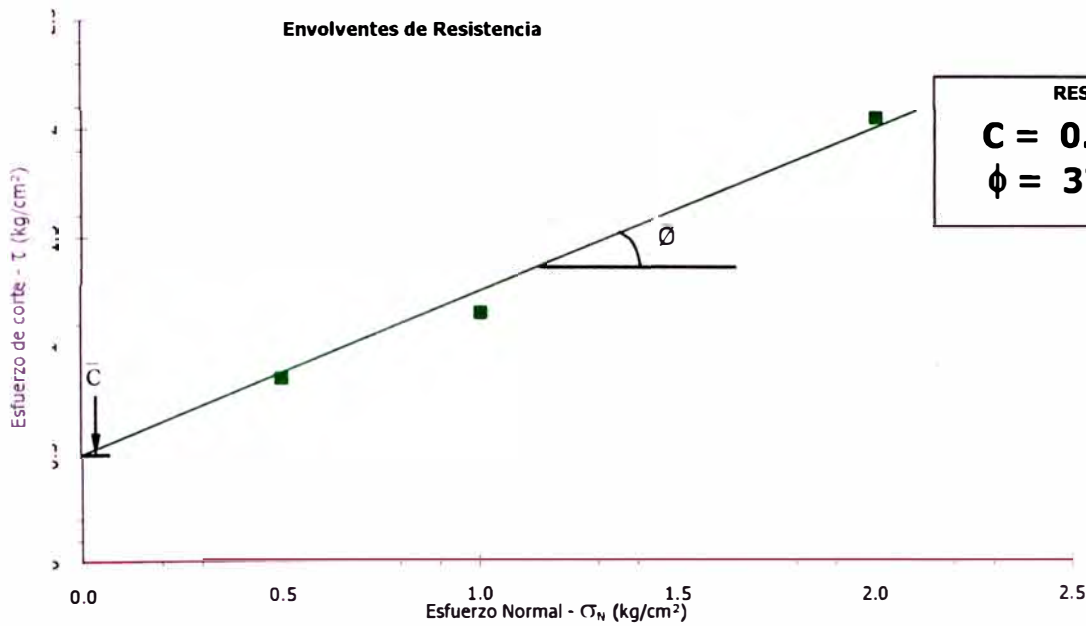
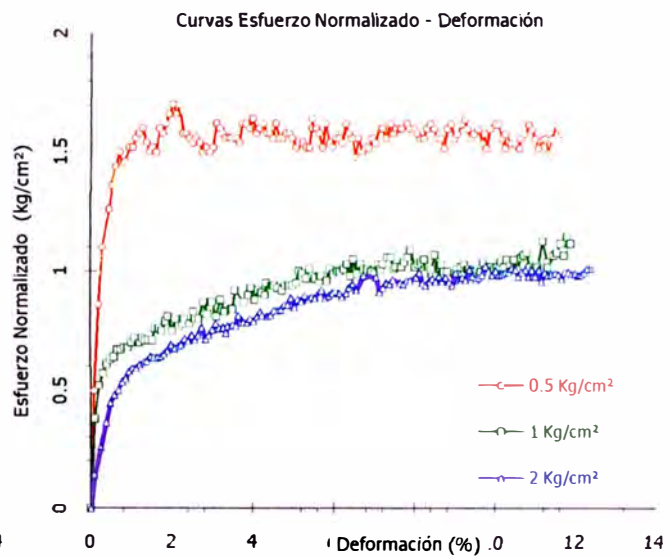
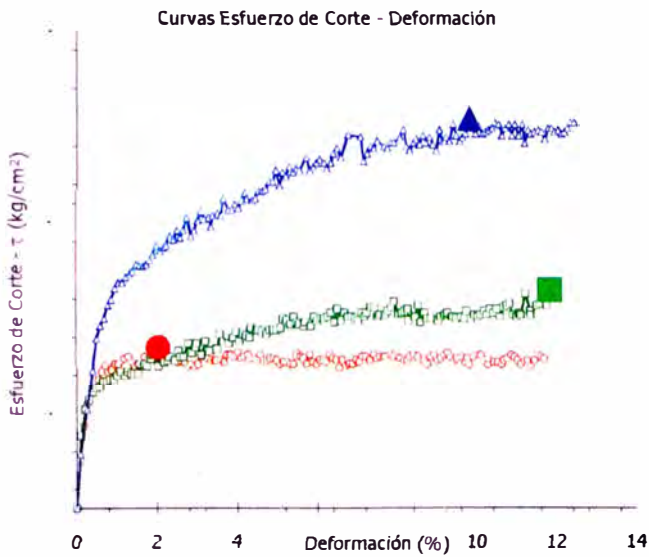
Solicita : SVS INGENIEROS S. A. C.
 Proye : Recrecimiento de los Depósitos de Relaves Huaraucaca -Dique Parimétrico
 Ubicación : Cerro de Pasco
 Procedimiento : Material de préstamo Muestra : --- Prof. (m) : ---

Informe N°
LG11-056

Fecha : Febrero, 2011

Página : 10 de 11

Resultados



RESULTADOS
C = 0.5 kg/cm²
φ = 37 °

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
(A GRAN ESCALA) ASTM - D3080

Informe N°

LG11-056

Solicita : SVS INGENIEROS S. A. C.
Proye : Recrecimiento de los Depósitos de Relaves Huaraucaca -Dique Parimétrico

Ubicaci : Cerro de Pasco

Fecha : Febrero, 2011

Proced yia : Material de préstamo

Muestra : ---

Prof. (m) : ---

Página : 11 de 11

Fotos



foto N° 1 : Material a ser ensayado. Se puede apreciar el material menor de 4".



Foto N° 2.- Muestra remoldeada.



to N° 3 : Se aprecia el marco de carga que sirve para aplicar el esfuerzo vertical y el sistema de adquisición de datos.

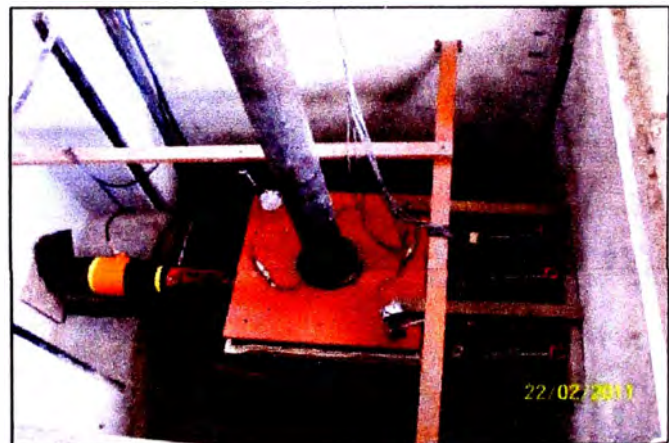


Foto N° 4 : Aplicación del Esfuerzo Normal y Esfuerzo de Corte.

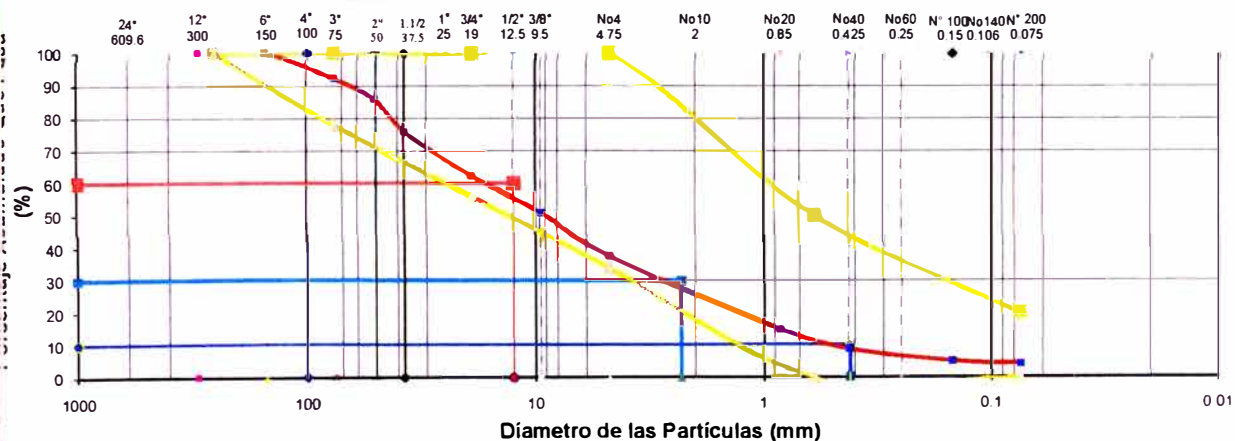
**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(NORMA ASTM D422)**

PROYECTO : RECRECIMIENTO DEL DEPOSITO DE RELAVE N° 6, FASE - II (COTA 4222 msnm)
 OBRA : DEPOSITOS DE RELAVE N° 6
 CANTERA : N° 3
 MATERIAL : DE PRESTAMO PARA RELLENO DEL DEPOSITO DE RELAVE N° 6
 FECHA : 23/01/1900
 REGISTRO N° 04

TECNICO : A V R
 ING : V H C P

Tamaño Tamiz	Peso Ret (gr)	% Ret	% Ret Acum (%)	% Que Pasa (%)	Especificaciones		Condiciones de Secado del Suelo Retenido en la Malla N° 4:		
					Min (%)	Máx (%)	Temperatura: 60°C <input type="checkbox"/>	110°C <input type="checkbox"/>	
10"	254				100	100	Condiciones de Lavado y Secado del Suelo Que Pasa la Malla N°4:		
7"	177.8						Lavado con agua potable y secado a 110°C <input checked="" type="checkbox"/>		
6"	152.4			100.0			Peso Suelo Húmedo Que Pasa N° 4 <u>22389</u> (gr)		
4"	101.6	2349	4.1	4.1	95.9		Peso Suelo Seco Que Pasa N° 4 <u>21493</u> (gr)		
3"	76.2	2187	3.8	7.9	92.1	78	100	Peso Suelo Seco Retenido en N° 4 <u>35835</u> (gr)	
2"	50.8	3675	6.4	14.3	85.7			Peso Suelo Seco Total <u>57328</u> (gr)	
1 1/2"	37.5	5671	9.9	24.2	75.8				
1"	25	3456	6.0	30.2	69.8			w % < N° 4	
3/4"	19	4239	7.4	37.6	62.4	56	100	% de Suelo que pasa la Malla N° 200	
1/2"	12.5							No Tara	No Tara
3/8"	9.5	6578	11.5	49.1	50.9			Tara+Suelo Húmedo (gr) 500	Tara+Suelo Seco (gr) 480
No 4	4.75	7680	13.4	62.5	37.5	34	100	Tara+Suelo Seco (gr) 480	Tara+S. Seco Lavado (gr) 39.0
No 10	2.000	124.0	12.91	75.4	24.6			Tara (gr) 0	Tara (gr) 0
No 20	0.850	93.0	9.69	85.1	14.9			Agua (gr) 20.0	Suelo Seco -(No 200) (gr) 441.0
No 30	0.600	38.0	3.96	89.1	10.9	0	50	Fraccion Fina Seca (gr) 36.0	Suelo Seco +(No 200) (gr) 39.0
No 40	0.425	21.0	2.19	91.3	8.7			Contenido Humedad (%) 4.2	Suelo Seco -(N° 200) (%) 45.9
No 100	0.150	36.0	3.75	95.0	5.0			LIMITE LIQUIDO 24.00	MAXIMA DENSIDAD 2.255
No 140	0.106							LIMITE PLATICO 19.43	OPTIMA HUMEDAD 6.7
No 200	0.075	9.0	0.94	95.9	4.1	1	20	INDICE DE PLASTICIDAD 4.57	ABSORCION 0.90
200	39.0	4.06	100.0	0.0				HUMEDAD NATURAL 6.0	PESO ESPECIFICO 2.720
Observaciones								CLASIFICACION CW	
Bloques Ø > 12" (%)									
Cantos > 3" Ø < 10" (%)								7.9	
Gravas > N° 4 Ø < 3" (%)								54.6	
Arenas > N° 200 Ø < N° 4 (%)								33.4	
Finos Ø < N° 200 (%)								4.1	
Total (%)								100	

CURVA GRANULOMETRICA

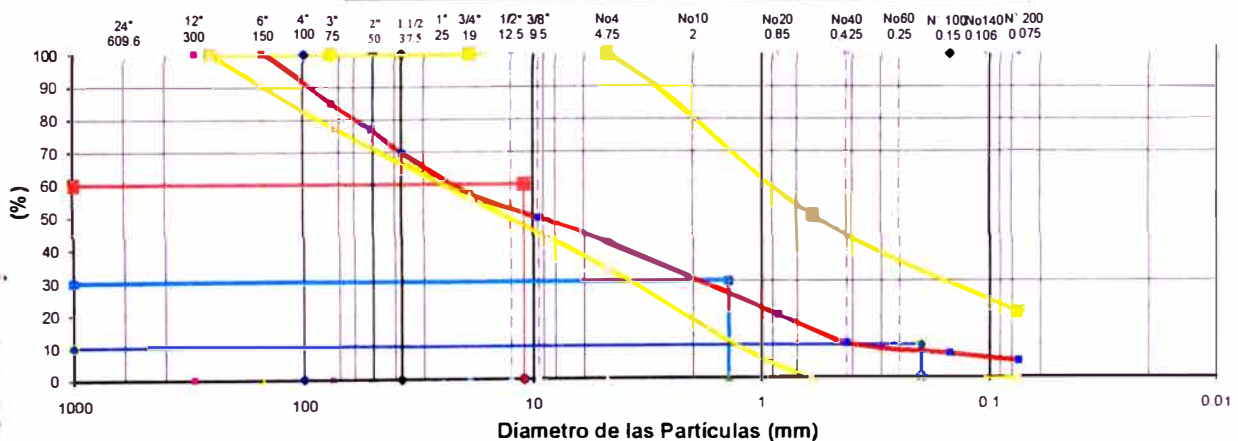


ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

PROYECTO : RECRECIMIENTO DEL DEPOSITO DE RELAVES N°7.FASE - 2 (COTA -4222 msnm)	TECNICO : A.V.R
OBRA : DEPOSITOS DE RELAVES N° 6	ING : V.H.C.P
CANTERA : N° 3	
MATERIAL : DE PRESTAMO PARA RELLENO DEL DEPOSITO DE RELAVES N° 6	
FECHA : 29/07/2010	
REGISTRO N° 06	

Tamaño Puz	Peso Ret (gr)	% Ret	% Ret Acum. (%)	% Que Pasa (%)	Especificaciones Min	Especificaciones Max	Condiciones de Secado del Suelo Retenido en la Malla N° 4:		
10"	254				100	100	Temperatura: 60°C <input type="checkbox"/>	110°C <input type="checkbox"/>	
7"	177.8						Condiciones de Lavado y Secado del Suelo Que Pasa la Malla N°4:		
6"	152.4			100.0			Lavado con agua potable y secado a 110°C. <input checked="" type="checkbox"/>		
4"	101.6	3212	7.3	7.3	92.7		Peso Suelo Húmedo Que Pasa N° 4	19345 (gr)	
3"	76.2	3421	7.8	15.2	84.8	78	Peso Suelo Seco Que Pasa N° 4	18378 (gr)	
2"	50.8	3567	8.1	23.3	76.7		Peso Suelo Seco Retenido en N° 4	25394 (gr)	
1.1.2"	37.5	3121	7.1	30.4	69.6		Peso Suelo Seco Total	43772 (gr)	
1"	25	3123	7.1	37.6	62.4		w % < N° 4		
3/4"	19	2345	5.4	42.9	57.1	56	100	% de Suelo que pasa la Malla N° 200	
1.2"	12.5						No Tara	No Tara	
3/8"	9.5	3260	7.4	50.4	49.6		Tara+Suelo Húmedo (gr)	400	
No 4	4.75	3345	7.6	58.0	42.0	34	100	Tara+Suelo Seco (gr)	380
No 10	2.000	114.0	17.09	75.1	24.9			Tara+S. Seco Lavado (gr)	34.1
No 20	0.850	36.4	5.46	80.6	19.4			Tara (gr)	0
No 30	0.600	35.4	5.31	85.9	14.1	0	50	Agua (gr)	20.0
No 40	0.425	23.5	3.52	89.4	10.6			Fraccion Fina Seca (gr)	280
No 100	0.150	21.3	3.19	92.6	7.4			Contenido Humedad (%)	5.3
No 140	0.106							LIMITE LIQUIDO	25.70
No 200	0.075	15.3	2.29	94.9	5.1	1	20	LIMITE PLATICO	18.69
								INDICE DE PLASTICIDAD	7.01
								HUMEDAD NATURAL	6.7
								CLASIFICACION	CP-GM
Observaciones							Bloques Ø > 12" (%)		
							Cantos > 3" Ø < 10" (%)		15.2
							Gravas > N° 4 Ø < 3" (%)		42.9
D ₆₀	11.0	Cu = D ₆₀ /D ₁₀				55.0		Arenas > N° 200 Ø < N° 4 (%)	36.9
D ₃₀	1.4							Finos Ø < N° 200 (%)	5.1
D ₁₀	0.2	Cc = D ₃₀ ² /(D ₁₀ *D ₆₀)				0.89		Total (%)	100

CURVA GRANULOMETRICA



ENSAYO DE COMPACTACION MODIFICADO ASTM D1557

Proyecto : Ingeniería de Detalle para el Recreimiento del Depósito de Relaves N°7
Ubicación : Colquijirca, Cerro de Pasco
Cliente : Sociedad Minera El Brocal S A A
N° Proyecto : 1-M-057-023

Revisado : NLO
Responsable : M VYU
Operador : JAS
Fecha : Oct-10

N° Proctor: 01
Muestra : M1
Sondaje: Cantera N° 3
SUCS : GW-GC
Profundidad (f) Representativa

Proctor Tipo: C
N° de Capas: 5
N° Golpes por Capa: 56
Altura de caída: 45,72cm
Peso del Martillo: 4,54kg

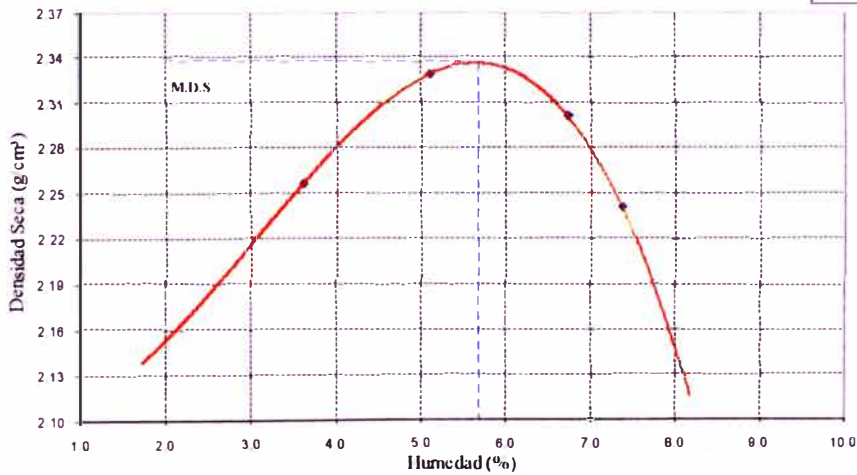
1	Ensayo N°	1	2	3	4	5
2	Peso suelo + molde (g)	10637	10868	10885	10780	
3	Peso del molde (g)	5701	5701	5701	5701	
4	Peso suelo húmedo compactado (g) (2)-(3)	4936	5167	5184	5079	
5	Volumen del molde (cm³)	2111	2111	2111	2111	
6	Peso volumétrico húmedo (g/cm³) (5)/(4)	2.34	2.45	2.46	2.41	

CONTENIDO DE HUMEDAD

7	Código del recipiente	j12	j13	j39	j14	j38	j3	j13	j22
8	Peso del recipiente+suelo húmedo (g)	316.76	326.24	252.46	257.99	308.90	305.47	333.74	308.19
9	Peso del recipiente+suelo seco (g)	307.25	314.92	240.92	247.03	291.39	287.22	313.76	287.48
10	Peso del agua (g) (8)-(9)	9.51	11.32	11.54	10.96	17.51	18.25	19.98	20.71
11	Peso del recipiente (g)	22.62	22.97	22.91	23.22	22.98	23.26	23.20	23.32
12	Peso del suelo seco (g) (9)-(11)	284.63	291.95	218.01	223.81	268.41	263.96	290.56	264.16
13	Contenido de humedad 100x(10)/(12)	3.34	3.88	5.29	4.90	6.52	6.91	6.88	7.84
14	Contenido de humedad promedio 100x(prom13)	3.6	5.1	6.7	7.4				
15	Peso volumétrico seco (g/cm³) (6)/(1)-(14)	2.26	2.33	2.30	2.24				

CURVA DE COMPACTACION

Resultados
 OCH = 5.67%
 MDS = 2.337g/cm³



Fración gruesa:
 Retenido en el tamiz 3/4": 38.83
 Gravedad de sólidos: 2.63
 Contenido de Humedad: 1.96

Correcciones por Grava:
 Norma ASTM - D 4718
 Humedad Corregida: 4.2%
 Densidad Seca Corregida: 2.44g/cm³

CIMENTACIÓN

Análisis Granulométrico por Tamizado

Proyecto:	Ingeniería de Detalle para el Recreimiento del Depósito de Relaves N°7		
Ubicación:	Colquijirca_Cerro de Pasco	No:	1-M-057-023
Sondaje:	C-2	Zona:	Depósito de Relaves N°7
Profundidad:	1.80-3.50	Muestra N°:	M-1
Operador:	JAS	Cálculo:	VYU
Muestra de:	Suelo Natural	Fecha:	Oct-10
		Rev:	NLO

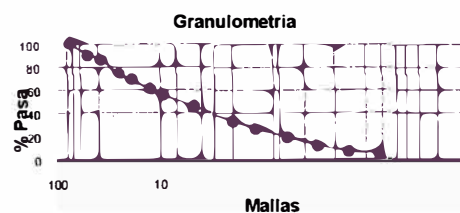
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr.)	PARCIAL RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA ACUMULADO (%)	OBSERVACIONES	
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	ANALISIS DE LA MUESTRA	
2"	50.800	460.00	9.64	9.64	90.36		
1½"	38.100	185.00	3.88	13.52	86.48	PESO INICIAL (gr)	4770.00
1"	25.400	590.00	12.37	25.89	74.11	HUMEDAD (%)	11.56
¾"	19.100	268.00	5.62	31.51	68.49	GRUESOS (%)	94.86
½"	12.700	396.00	8.30	39.81	60.19	GRAVA (%)	55.09
3/8"	9.520	220.00	4.61	44.42	55.58	ARENA (%)	39.76
#4	4.760	509.00	10.67	55.09	44.91		
Suma		2628.00				BANDEJA N°	

TAMIZ.	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr.)	PARCIAL RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA ACUMULADO (%)		OBSERVACIONES	
					>#20	Total		
#10	2.000	65.79	26.32	26.32	73.68	33.09	ANALISIS DE LA MUESTRA	
#16	1.190	36.89	14.76	41.07	58.93	26.46		
#30	0.590	38.33	15.33	56.40	43.60	19.58	PESO INICIAL	
#50	0.297	40.80	16.32	72.72	27.28	12.25	MENOR DE LA	250.00
#100	0.149	28.30	11.32	84.04	15.96	7.17	MALLA # 4 (gr)	
#200	0.074	11.25	4.50	88.54	11.46	5.14	< # 200 (%)	5.14
Bandeja		0.55						
Suma		221.91					BANDEJA N°	

Límite líquido LL (%)	24.64
Límite plástico LP (%)	18.7
Índice plasticidad IP (%)	5.94
d ₆₀ (mm)	12.55
d ₃₀ (mm)	1.57
d ₁₀ (diámetro efectivo, mm)	0.22
Coefficiente de uniformidad (Cu)	57.34
Grado de curvatura (Cc)	0.90

Clasificación SUCS

GW-GM



Análisis Granulométrico por Tamizado

Proyecto:	Ingeniería de Detalle para el Recreclimiento del Depósito de Relaves N°7		
Ubicación:	Colquijirca Cerro de Pasco	No:	1-M-057-023
Condaje:	C-5	Zona.:	Depósito de Relaves N°7
Profundidad:	1.10-4.70	Muestra N°:	M-1
Operador:	JAS	Cálculo:	VYU
Muestra de:	Suelo Natural	Rev:	NLO

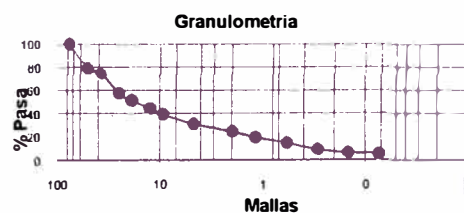
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr.)	PARCIAL RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA ACUMULADO (%)	OBSERVACIONES	
3"	76.200		0.00	0.00	100.00	ANALISIS DE LA MUESTRA	
2"	50.800	943.00	20.92	20.92	79.08		
1½"	38.100	205.00	4.55	25.47	74.53	PESO INICIAL (gr)	4507.00
1"	25.400	789.00	17.51	42.98	57.02	HUMEDAD (%)	9.29
¾"	19.100	277.00	6.15	49.12	50.88	GRUESOS (%)	94.85
½"	12.700	297.00	6.59	55.71	44.29	GRAVA (%)	69.16
⅜"	9.520	234.00	5.19	60.91	39.09	ARENA (%)	25.69
#4	4.760	372.00	8.25	69.16	30.84		
Suma		3117.00				BANDEJA N°	

TAMIZ.	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr.)	PARCIAL RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA ACUMULADO (%)		OBSERVACIONES
					>#20	Total	
#10	2.000	52.77	21.11	21.11	78.89	24.33	ANALISIS DE LA MUESTRA
#16	1.190	40.14	16.06	37.16	62.84	19.38	
#30	0.590	39.45	15.78	52.94	47.06	14.51	PESO INICIAL
#50	0.297	46.87	18.75	71.69	28.31	8.73	MINOR DE LA
#100	0.149	22.12	8.85	80.54	19.46	6.00	MALLA # 4 (gr)
#200	0.074	6.89	2.76	83.30	16.70	5.15	< # 200 (%)
Bandeja		0.39					
Suma		208.63					BANDEJA N°

Límite líquido LL (%)	25.62
Límite plástico LP (%)	18.39
Índice plasticidad IP (%)	7.23
D ₆₀ (mm)	27.21
D ₃₀ (mm)	4.26
D ₁₀ (diámetro efectivo, mm)	0.35
Coefficiente de uniformidad (Cu)	78.81
Grado de curvatura (Cc)	1.93

Clasificación SUCS

GW-GC



Análisis Granulométrico por Tamizado

Proyecto:	Ingeniería de Detalle para el Recreclimiento del Depósito de Relaves N°7				
Ubicación:	Colquijirca Cerro de Pasco	No:	1-M-057-023		
Condaje:	Cantera	Zona:	Depósito de Relaves N°7		
Profundidad:	Representativa	Muestra N°:	M-1	Fecha:	Oct-10
Operador:	JAS	Cálculo:	VYU	Rev:	NLO
Muestra de	Cantera N°3				

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr.)	PARCIAL RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA ACUMULADO (%)	OBSERVACIONES	
3"	76 200	0.00	0.00	0.00	100.00	ANALISIS DE LA MUESTRA	
2"	50 800	890.00	20.47	20.47	79.53		
1½"	38 100	207.00	4.76	25.24	74.76	PESO INICIAL (gr)	4347.00
1"	25 400	294.00	6.76	32.00	68.00	HUMEDAD (%)	5.14
¾"	19 100	297.00	6.83	38.83	61.17	GRUESOS (%)	94.83
½"	12 700	489.00	11.25	50.08	49.92	GRAVA (%)	65.49
⅜"	9 520	244.00	5.61	55.69	44.31	ARENA (%)	29.44
#4	4 760	426.00	9.80	65.49	34.51		
Suma		2847.00				BANDEJA N°	

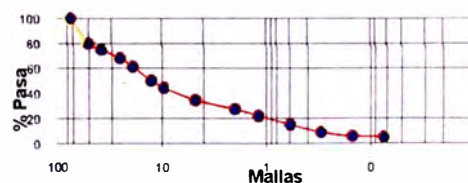
TAMIZ.	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr.)	PARCIAL RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA ACUMULADO (%)		OBSERVACIONES
					>#20	Total	
#10	2.000	51.43	20.57	20.57	79.43	27.41	ANALISIS DE LA MUESTRA
#16	1.190	38.60	15.44	36.01	63.99	22.08	
#30	0.590	50.00	20.00	56.01	43.99	15.18	PESO INICIAL
#50	0.297	45.03	18.01	74.02	25.98	8.96	MENOR DE LA
#100	0.149	21.39	8.56	82.58	17.42	6.01	MALLA # 4 (gr)
#200	0.074	6.81	2.72	85.30	14.70	5.07	< # 200 (%)
Bandeja		0.26					
Suma		213.52					BANDEJA N°

Límite líquido LL (%)	27.45
Límite plástico LP (%)	14.31
Índice de plasticidad IP (%)	13.14
D ₆₀ (mm)	18.31
D ₃₀ (mm)	2.74
D ₁₀ (diámetro efectivo, mm)	0.33
Coefficiente de uniformidad (Cu)	54.97
Coeficiente de curvatura (Cc)	1.24

Clasificación SUCS

GW-GC

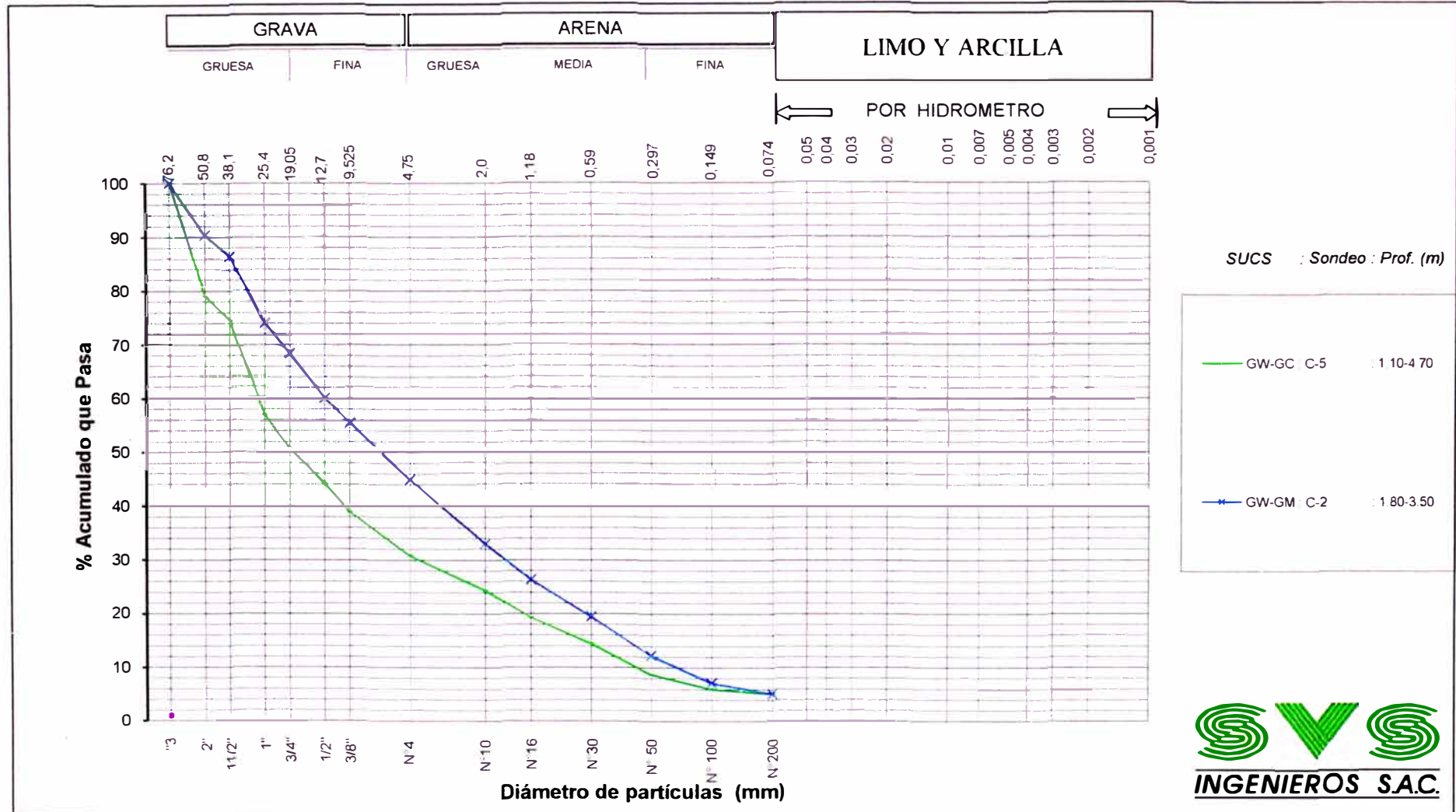
Granulometria



Análisis Granulométrico por Tamizado (ASTM D422-63)

PROYECTO : Ingeniería de Detalle Para El Recrecimiento del Depósito de Relaves N°7 de Huraucaca

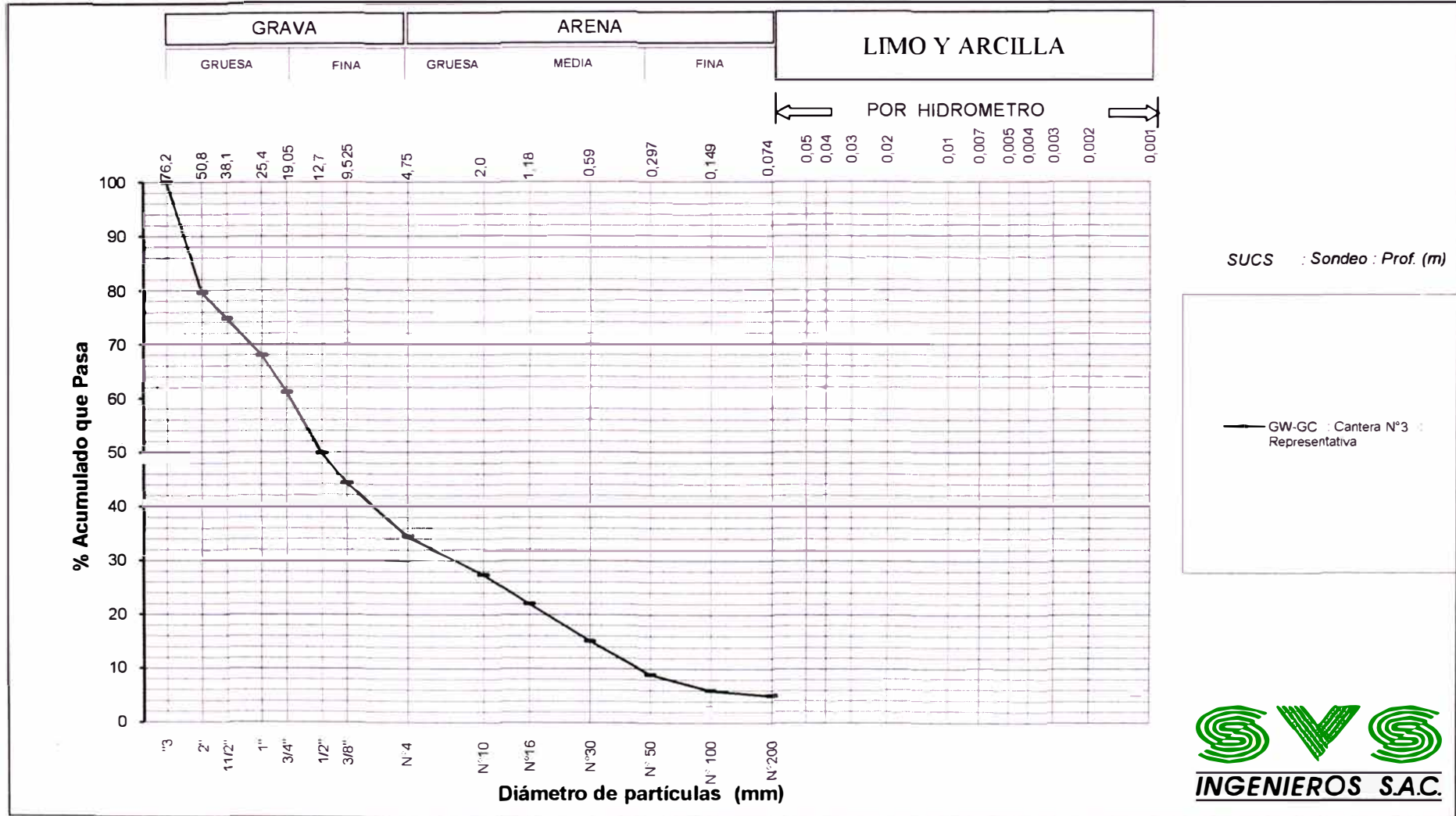
CLIENTE : Sociedad Minera El Brocal S.A.A.



Análisis Granulométrico por Tamizado (ASTM D422-63)

PROYECTO : Ingeniería de Detalle Para El Recreclimiento del Depósito de Relaves N°7 de Huraucaca

CLIENTE : Sociedad Minera El Brocal S.A.A

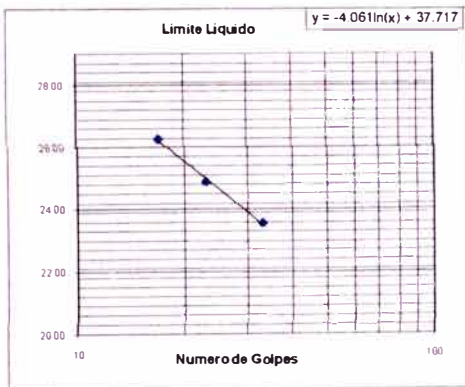


LIMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D423 - ASTM D424

PROYECTO : Ingeniería de Detalle para el Recreimiento del Depósito de Relaves N°7 **CLIENTE :** Sociedad Minera El Brocal S A A
UBICACIÓN : Colquijirca_ Cerro de Pasco **ZONA:** Depósito de Relaves N°7
FECHA : Oct-10 **MUESTRA :** M-1
SONDEO : C-5 **PROFUNDIDAD :** 1 10-4 70

LIMITE LIQUIDO ASTM D-423			
TARA N°	T5	T17	T9
N° DE GOLPES	33	23	17
TARA+SUELO HUMEDO	43.55	36.17	43.36
TARA+SUELO SECO	41.01	33.46	40.66
PESO DE AGUA	2.54	2.71	2.70
PESO DE TARA	30.23	22.57	30.38
PESO DE SUELO SECO	10.78	10.89	10.28
HUMEDAD (%)	23.56	24.89	26.26

LIMITE PLASTICO ASTM D-424			
TARA N°	K8	K12	-
TARA+SUELO HUMEDO	27.45	30.07	-
TARA+SUELO SECO	26.53	29.05	-
PESO DE AGUA	0.92	1.02	-
PESO DE TARA	21.57	23.64	-
PESO DE SUELO SECO	4.96	5.41	-
HUMEDAD (%)	18.55	16.86	-



Limites de Consistencia	
Limite Liquido	24.64
Limite Plastico	18.70
Indice Plastico	5.94

Observaciones	

Ing. Especialista

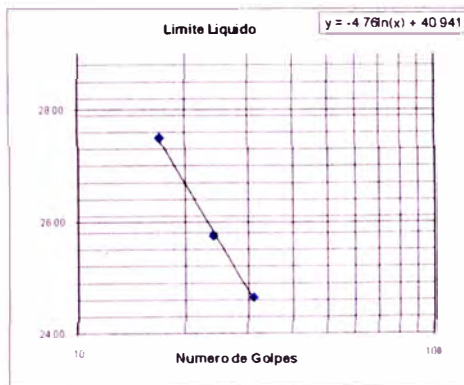
Laboratorista

**LIMITE DE CONSISTENCIA
ASTM D423 - ASTM D424**

PROYECTO : Ingeniería de Detalle para el Recreimiento del Depósito de Relaves N°7 CLIENTE : Sociedad Minera El Brocal S.A.A.
 UBICACIÓN : Colquijirca_ Cerro de Pasco ZONA : Depósito de Relaves N°7
 FECHA : Oct-10 MUESTRA : M-1
 SONDEO : C-5 PROFUNDIDAD : 1 10-4 70

LIMITE LIQUIDO ASTM D-423				
TARA N°	T7	T14	T20	
N° DE GOLPES	31	24	17	
TARA+SUELO HUMEDO	44.75	44.28	32.99	
TARA+SUELO SECO	41.88	41.41	29.95	
PESO DE AGUA	2.89	2.87	3.04	
PESO DE TARA	30.13	30.26	18.89	
PESO DE SUELO SECO	11.73	11.15	11.06	
HUMEDAD (%)	24.64	25.74	27.48	

LIMITE PLASTICO ASTM D-424				
TARA N°	K9	K16	-	
TARA+SUELO HUMEDO	24.28	31.32	-	
TARA+SUELO SECO	23.37	30.51	-	
PESO DE AGUA	0.91	0.81	-	
PESO DE TARA	18.37	26.15	-	
PESO DE SUELO SECO	5.00	4.36	-	
HUMEDAD (%)	18.20	18.58	-	



Límites de Consistencia	
Limite Liquido	25.62
Limite Plastico	18.39
Indice Plastico	7.23

Observaciones	

Ing. Especialista

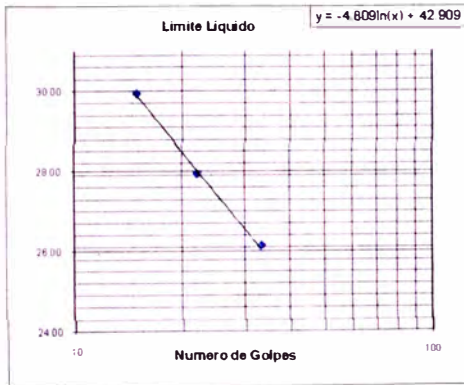
Laboratorista

**LIMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D423 - ASTM D424**

PROYECTO : Ingeniería de Detalle para el Recrecimiento del Depósito de Relaves N°7 CLIENTE : Sociedad Minera El Brocal S.A.A.
 UBICACIÓN : Colquijirca_ Cerro de Pasco ZONA : Depósito de Relaves N°7
 FECHA : Oct-10 MUESTRA : M-1
 SONDEO : Cantera N°3 PROFUNDIDAD : Superficial

LIMITE LIQUIDO ASTM D-423				
TARA N°	T4	T13	T30	
N° DE GOLPES	33	22	15	
TARA+SUELO HUMEDO	44.89	29.38	31.99	
TARA+SUELO SECO	41.86	26.96	29.11	
PESO DE AGUA	3.03	2.42	2.88	
PESO DE TARA	30.27	18.30	19.49	
PESO DE SUELO SECO	11.59	8.66	9.62	
HUMEDAD (%)	26.14	27.94	29.94	

LIMITE PLASTICO ASTM D-424				
TARA N°	K18	K20	-	
TARA+SUELO HUMEDO	33.13	31.13	-	
TARA+SUELO SECO	32.42	30.42	-	
PESO DE AGUA	0.71	0.71	-	
PESO DE TARA	27.45	25.47	-	
PESO DE SUELO SECO	4.97	4.95	-	
HUMEDAD (%)	14.29	14.34	-	



Límites de Consistencia	
Limite Líquido	27.45
Limite Plástico	14.31
Índice Plástico	13.13

Observaciones	

Ing. Especialista

Laboratorista

ANEXO 6
RESULTADOS DE ENSAYOS
GEOQUÍMICOS

Para : Ing. Carlos Soldi CC.:
Proyecto: I-M-057-011 Fecha: 17/07/2007
Compañía: Sociedad Minera El Brocal S.A.A.
Dc: Karin de Samaniego
Asunto: Caracterización del Potencial de Generación de Drenaje Ácido de Roca del Material de Desmonte
No. de páginas (incluyendo ésta):

1 INTRODUCCIÓN

Está comprobado que los minerales sulfurosos, al estar expuestos al oxígeno y al agua, se oxidan y acidifican el agua que entra en contacto con ellos.

Estas aguas reaccionan con los minerales con los que posteriormente entra en contacto, y de no haber en estos últimos suficientes elementos con capacidad de neutralización, los metales contenidos en dichos minerales podrían ser lixiviados por las aguas ácidas.

Este fenómeno puede dar origen a la generación de efluentes con un alto grado de acidez y/o con una elevada concentración de metales disueltos, lo que podría dar lugar a la generación de impactos ambientales en el entorno inmediato de la operación minera.

Para realizar la caracterización geoquímica del material de desmonte, que posiblemente podrían usar para construir el dique de la presa de relaves Huashuacaja, se realizó una visita a la mina el día 29 de mayo de 2007 para recolectar muestras de roca representativas del material de desmonte.

Se reunió con el ing. Antonio Arias para acordar la estrategia de muestreo y se revisó información geológica del tajo.

2 METODOLOGÍA

Se optó para tomar muestras de las diferentes unidades litológicas presentes en el tajo, ya que el desmonte proviene del mismo, pero que en los depósitos de desmonte se encuentran mezcladas.

Las muestras, debidamente embaladas en bolsas de polietileno y etiquetadas en la mina, fueron enviadas a los laboratorios de Cantest¹ el 9 de junio de 2007 para ser sometidos a pruebas estáticas de balance ácido-base según el método de Sobek modificado (ABA), las cuales permiten evaluar el potencial de generación de aguas ácidas a partir de la cuantificación del potencial de generación de acidez y del potencial de neutralización de la muestra.

La interpretación de los resultados consistió en la caracterización del potencial de generación de aguas ácidas del material estudiado, sobre la base de la información

¹ CANTEST Ltd., 3650 Wesbrook Mall, Vancouver, BC, V6S 2L2.

obtenida por medio de las descripciones petrográficas y los resultados de los análisis antes mencionados y diferenciar entre aquellos materiales que son potencialmente generadores de aguas ácidas, no generadores y generadores inciertos.

Conviene señalar que los criterios utilizados normalmente para asignar el potencial de generación de aguas ácidas son empíricos, por lo que es recomendable cruzar la información proporcionada por las pruebas ABA con los resultados de los análisis mineralógicos.

3 MUESTREO

En el tajo, con la asistencia de los geólogos de la Sociedad Minera El Brocal S.A.A., se llegó a seleccionar muestras representativas de cada una de las principales unidades litológicas de las cuales podría estar compuesto el material de desmonte. La Tabla 1 indica la descripción de las muestras de mano.

Tabla 1: Descripción de las Muestras de Mano

Muestra	Identificación En Mina	Descripción de Muestras de Mano	
		Litología	Descripción
M-1	Caliza silicificada Zona 18 361209 E 8811248 N	Caliza	Marrón brunáceo, textura no elástica, dura a muy dura, efervesce violentamente con HCl., presenta vetillas lenticulares a irregulares de cuarzo lechoso y caolín, moderadamente intemperizada, presenta una capa delgada de chert gris oscura criptocristalina.
M-2	Caliza Zona 18 361209 E 8811248 N	Marga recristalizada	Gris parduzco, textura no elástica a granular fina, dura, efervesce moderadamente con HCl., presenta pequeñas drusas y vetillas de calcita cristalizada, caolín y óxidos marrón amarillento; ligeramente intemperizada.
M-2A		Caliza silicificada	Gris (mesócrata), textura no elástica, muy dura, no efervesce con HCl., ligeramente intemperizada (solo superficies de fractura presentan oxidaciones marrón amarillentas).
M-3	Dolomía Zona 18 361346 E 8811262 N	Marga	Gris claro, textura no elástica a granular fino, moderadamente dura, efervesce ligeramente con HCl., presencia aislada de cristales de calcita y "puntos" de piritita en superficie de fracturas, ligeramente intemperizada.
M-4	Dolomía oxidada Zona 18 361346 E 8811262 N	Marga recristalizada	Gris parduzco, textura no elástica a granulara fino, dura a muy dura, efervesce moderadamente con HCl., estratificación en capas delgadas a finas, moderadamente intemperizada (oxidaciones).
M-5	Marga Zona 18 361346 E 8811262 N	Marga	Gris claro ligeramente verdoso, textura no elástica a granular fino, dura, efervesce débilmente con HCl., no intemperizada.
M-6	Limoargilita	Lodolita carbonosa	Gris oscuro, textura no elástica, dura, no efervesce con HCl., presenta vetillas finas de cuarzo con distribución irregular, se fragmenta fácilmente con un golpe de martillo, no intemperizada.
M-7	Caliza oxidada Zona 18 360823 E 8811026 N	Dolomía	Gris claro, textura no elástica, muy dura, no efervesce con HCl., presenta oxidaciones marrón rojizo a amarillento, moderada a altamente intemperizada.

4 ANÁLISIS EN LABORATORIO

Las muestras fueron analizadas químicamente para caracterizar el potencial de generación de DAR conduciendo pruebas de balance ácido-base en las que se determina el potencial hidrógeno en pasta, el potencial de neutralización (PN, de *NP-Neutralization Potential*) mediante el método ABA Modificado (Lawrence et al., 1989), el contenido de azufre como totales y en carbono como carbonato mediante el horno LECO y el contenido de azufre como sulfatos mediante gravimetría. El contenido de azufre como sulfuros se determina como la diferencia entre el contenido de azufre como totales y azufre como sulfatos. A partir del contenido de azufre como sulfuros se calcula el potencial de acidez (PA, de *AP - Acid Potential*).

5 RESULTADOS

La Tabla 2 muestra los resultados de laboratorio.

Tabla 2: Resultados de las Pruebas de Balance Ácido-base

Muestra	pH Pasta	CO ₂ (peso %)	Equiv. CaCO ₃ (kg CaCO ₃ /t)	S(T) (peso %)	S(SO ₄) (peso %)	S(S=) (peso %)	MPA (kg CaCO ₃ /t)	PN (kg CaCO ₃ /t)	PNN (kg CaCO ₃ /t)	Fizz
M-1	9.0	24.70	561.4	0.04	0.01	0.03	0.9	508.2	507.2	Fuerte
M-2	9.0	37.55	853.4	0.41	0.02	0.39	12.2	771.4	759.2	Fuerte
M-3	9.0	38.46	874.1	0.47	0.02	0.45	14.1	811.6	797.5	Fuerte
M-4	9.0	37.10	843.2	0.07	0.02	0.05	1.6	799.0	797.4	Fuerte
M-5	8.6	27.12	616.4	0.79	0.02	0.77	24.1	599.2	575.2	Fuerte
M-6	7.9	6.22	141.4	1.93	0.07	1.86	58.1	135.4	77.3	Moderado
M-7	6.5	27.21	618.4	0.75	0.04	0.71	22.2	65.8	43.6	Ligero

Notas:

1. El contenido de carbono como carbonato se determina como CO₂ en el horno Leco y se calcula su equivalente como CaCO₃.
2. S(T), azufre total determinado mediante el horno Leco.
3. S(SO₄), azufre como sulfato, determinado por gravimetría.
4. S(S=), sulfato como sulfuro, $S(S=) = S(T) - S(SO_4)$, considerando que todos los sulfuros se convierten en sulfatos.
5. MPA, Potencial máximo de acidez, se expresa en kg CaCO₃ equivalentes por tonelada de material. MPA se calcula a partir del contenido de sulfuros presentes.
6. Cuando el % de sulfuro total, S(T) < 0.01%, se usa a S(T) = 0.01% para calcular el MPA.
7. Cuando el % de sulfatos, S(SO₄) < 0.01%, se usa S(SO₄)=0 para calcular el MPA.
8. PN, Potencial de Neutralización, expresado en kg CaCO₃ equivalentes por tonelada de material.
9. PNN, Potencial Neto de Neutralización, expresado en kg CaCO₃ equivalentes por tonelada de material.

El reporte de laboratorio se adjunta en el Anexo.

6 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Para predecir el potencial de generación de DAR se comparan los valores obtenidos para los parámetros estándar, así como también los valores de parámetros derivados tales como el potencial neto de neutralización (PNN = PN-PA) y la relación entre ambos potenciales (NPR = PN/PA). El cuadro siguiente resume los criterios recomendados por el Ministerio de Energía y Minas del Perú y por la Autoridad Ambiental del Gobierno de Columbia Británica de Canadá, para evaluar los resultados de las pruebas ABA.

Tabla 3: Criterios de Evaluación de las Pruebas de Balance Ácido-base

Potencial de generación de aguas ácidas	Guía MEM (1)		Guía B.C. Canadá (2)			
	PNN kg CaCO ₃ equivalente /t material	PN/PA	pH en pasta	%S como sulfuros	PNN	PN/PA
No tiene	> +20	> 3.0				
Incierto	-20 < x < +20		< 5.0	> 0.3		< 4
Probable	< 0	< 1.0	< 3.5		< 0	

(1) MEM, 1995. Guía Ambiental para el Manejo de Drenaje Ácido de Minas.

(2) MEND, 1995. ARD Guidelines for mine sites in British Columbia.

Cabe mencionar que la clasificación y/o predicción basada sobre parámetros de balance ácido base solamente son de carácter de índice y deberá ser confirmada y complementada con pruebas cinéticas para estimar con mayor precisión la capacidad de generación de DAR de un determinado tipo de roca o mineralización.

En la Tabla 4 se indica la interpretación de los resultados de laboratorio sobre la base de pruebas realizadas.

Tabla 4: Interpretación de los Resultados de Laboratorio

Mues- tra	Criterios B.C. Canada				Criterios Guía MEM	
	pH en pasta	S (S=)	PNN	PN/PA	PNN	PN/PA
	>/= 5.0, ImP < 5.0 = I < 3.5 = P	< 0.3 % = ImP > 0.3 % = I	PNN>0.0, ImP PNN<0.0, P	PN/PA>4, ImP PN/PA<4, I	PNN>20, ImP -20<PNN<+20, I PNN<-20, P	PN/PA>3, ImP 1<PN/PA<3, I PN/PA<1, P
M-1	ImP	ImP	ImP	ImP	ImP	ImP
M-2	ImP	I	ImP	ImP	ImP	ImP
M-3	ImP	I	ImP	ImP	ImP	ImP
M-4	ImP	ImP	ImP	ImP	ImP	ImP
M-5	ImP	I	ImP	ImP	ImP	ImP
M-6	ImP	I	ImP	I	ImP	I
M-7	ImP	I	ImP	I	ImP	I

Imp, Improbable

I, Incierto

P, Probable

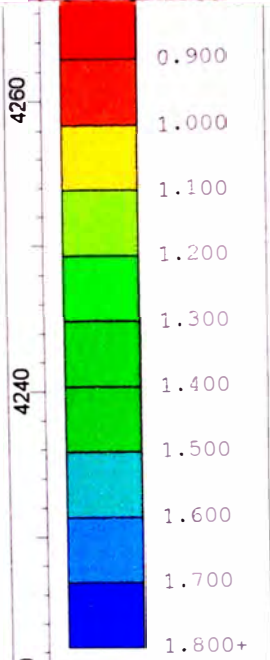
Tal como se puede observar las muestras no tienen potencial para generar drenaje ácido de roca, ya que en todos los casos el potencial de neutralización excede largamente el potencial de acidez.

Se observa que las muestras M-6 (lodosita) y M-7 (dolomía), tienen menor potencial de neutralización que los demás muestras (65.8 a 135.4 kg CaCO₃/t versus valores que varían entre 508.2 y 811.6 kg CaCO₃/t), correspondiendo estos últimos a margas y calizas. Cabe tomar en cuenta que estas margas y calizas, por la misma razón, son más susceptibles a reaccionar con aguas ácidas al estar en contacto con ello, lo que podría resultar en un su disolución parcial.

Karin de Samaniego

ANEXO 7
RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE
ESTABILIDAD FÍSICA

Safety factor



ANALISIS DE ESTABILIDAD ESTATICO DEPOSITO INTEGRAL N° 7 - SECCION 1-1' - AGUAS ARRIBA

Method: bishop simplified
FS: 2.742760
Center: 70.741, 4221.436
Radius: 5.159

4220

4200

4180 m

Rel Fino Blando
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 14 kN/m³
Saturated Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 15 kPa
Friction Angle: 0 degrees
Water Surface: Piezometric Line 1
Custom Hu value: 1

Grava Med_Densa
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 21.77 kN/m³
Saturated Unit Weight: 22.77 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Friction Angle: 37 degrees
Water Surface: None

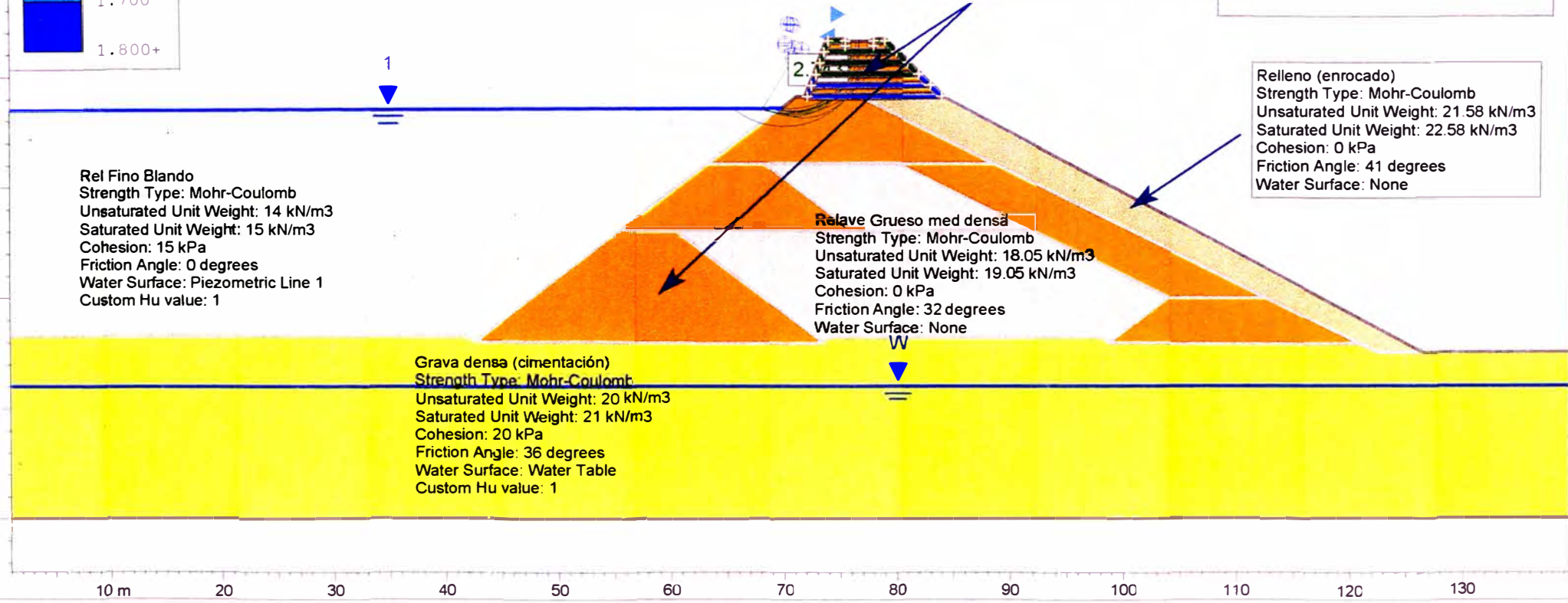
Geomalla de Tult = 60 KN/m (TRES CAPAS)
Force Application: Passive
Tensile Strength: 30 kN/m
Pullout Strength Adhesion: 5 kN/m²
Pullout Strength Friction Angle: 40 degrees

Geomalla de Tult = 90 KN/m (DOS CAPAS)
Force Application: Passive
Tensile Strength: 45 kN/m
Pullout Strength Adhesion: 5 kN/m²
Pullout Strength Friction Angle: 40 degrees

Relleno (enrocado)
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 21.58 kN/m³
Saturated Unit Weight: 22.58 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 41 degrees
Water Surface: None

Relave Grueso med densa
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 18.05 kN/m³
Saturated Unit Weight: 19.05 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 32 degrees
Water Surface: None

Grava densa (cimentación)
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 20 kN/m³
Saturated Unit Weight: 21 kN/m³
Cohesion: 20 kPa
Friction Angle: 36 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1



10 m 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130

1.498

◀ 0.15

ANALISIS DE ESTABILIDAD PESUDO-ESTATICO DEPOSITO INTEGRAL N° 7 - SECCION 1-1' - AGUAS ARRIBA

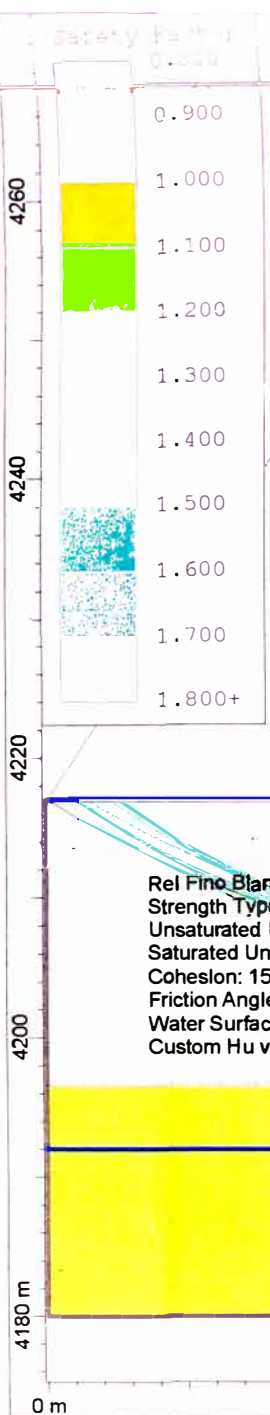
Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.15

Method: bishop simplified

FS: 1.498180

Center: 35.930, 4271.955

Radius: 65.586



Geomalla de Tult = 60 kN/m (TRES CAPAS)
 Force Application: Passive
 Tensile Strength: 30 kN/m
 Pullout Strength Adhesion: 5 kN/m²
 Pullout Strength Friction Angle: 40 degrees

Geomalla de Tult = 90 kN/m (DOS CAPAS)
 Force Application: Passive
 Tensile Strength: 45 kN/m
 Pullout Strength Adhesion: 5 kN/m²
 Pullout Strength Friction Angle: 40 degrees

Grava Med_Densa
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unsaturated Unit Weight: 21.77 kN/m³
 Saturated Unit Weight: 22.77 kN/m³
 Cohesion: 25 kPa
 Friction Angle: 37 degrees
 Water Surface: None

Relleno (enrocado)
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unsaturated Unit Weight: 21.58 kN/m³
 Saturated Unit Weight: 22.58 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Friction Angle: 41 degrees
 Water Surface: None

Rel Fino Blando
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unsaturated Unit Weight: 14 kN/m³
 Saturated Unit Weight: 15 kN/m³
 Cohesion: 15 kPa
 Friction Angle: 0 degrees
 Water Surface: Piezometric Line 1
 Custom Hu value: 1

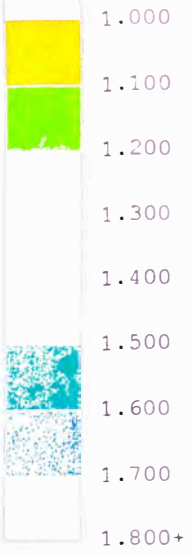
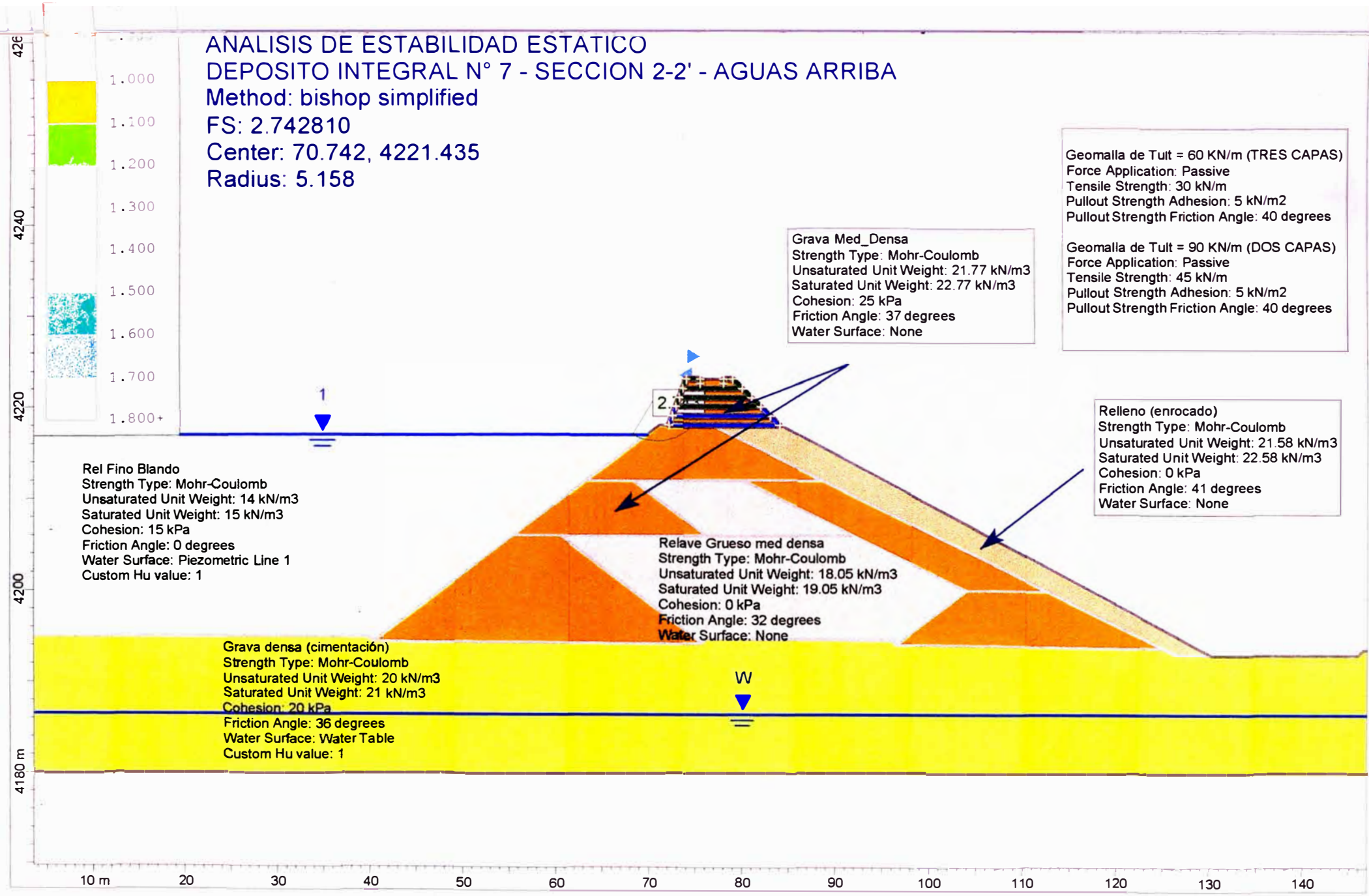
Relave Grueso med densa
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unsaturated Unit Weight: 18.05 kN/m³
 Saturated Unit Weight: 19.05 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Friction Angle: 32 degrees
 Water Surface: None

Grava densa (cimentación)
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unsaturated Unit Weight: 20 kN/m³
 Saturated Unit Weight: 21 kN/m³
 Cohesion: 20 kPa
 Friction Angle: 36 degrees
 Water Surface: Water Table
 Custom Hu value: 1



ANALISIS DE ESTABILIDAD ESTATICO DEPOSITO INTEGRAL N° 7 - SECCION 2-2' - AGUAS ARRIBA

Method: bishop simplified
FS: 2.742810
Center: 70.742, 4221.435
Radius: 5.158



Geomalla de Tuit = 60 KN/m (TRES CAPAS)
Force Application: Passive
Tensile Strength: 30 kN/m
Pullout Strength Adhesion: 5 kN/m2
Pullout Strength Friction Angle: 40 degrees

Geomalla de Tuit = 90 KN/m (DOS CAPAS)
Force Application: Passive
Tensile Strength: 45 kN/m
Pullout Strength Adhesion: 5 kN/m2
Pullout Strength Friction Angle: 40 degrees

Grava Med_Densa
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 21.77 kN/m3
Saturated Unit Weight: 22.77 kN/m3
Cohesion: 25 kPa
Friction Angle: 37 degrees
Water Surface: None

Relleno (enrocado)
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 21.58 kN/m3
Saturated Unit Weight: 22.58 kN/m3
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 41 degrees
Water Surface: None

Rel Fino Blando
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 14 kN/m3
Saturated Unit Weight: 15 kN/m3
Cohesion: 15 kPa
Friction Angle: 0 degrees
Water Surface: Piezometric Line 1
Custom Hu value: 1

Relave Grueso med densa
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 18.05 kN/m3
Saturated Unit Weight: 19.05 kN/m3
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 32 degrees
Water Surface: None

Grava densa (cimentación)
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 20 kN/m3
Saturated Unit Weight: 21 kN/m3
Cohesion: 20 kPa
Friction Angle: 36 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1

1

2

W

4180 m

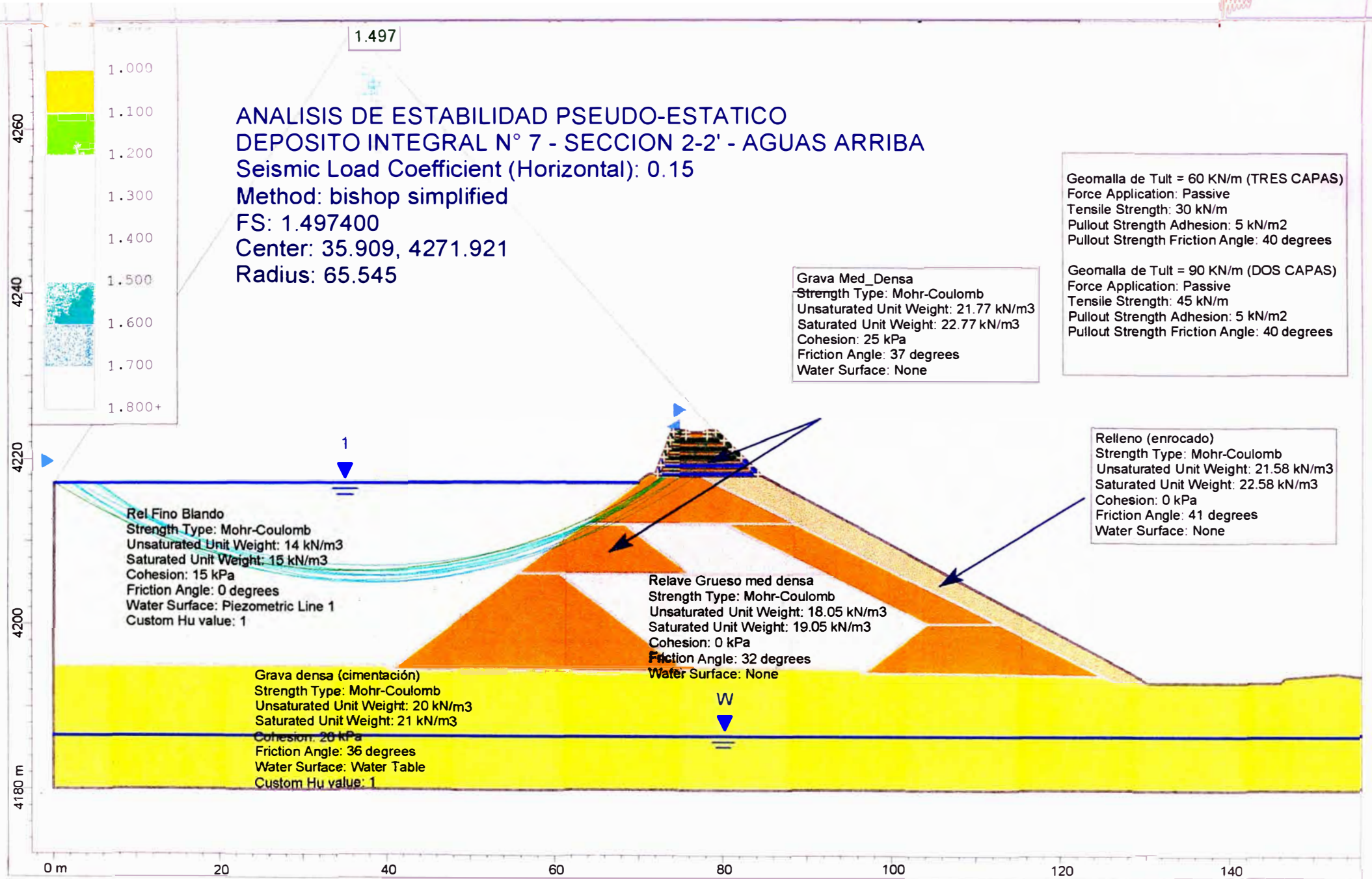
4200

4220

4240

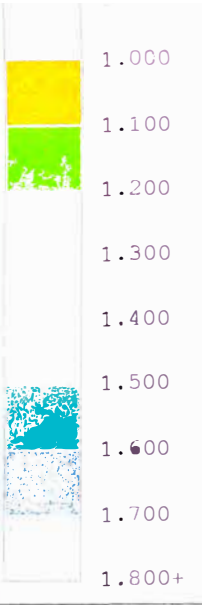
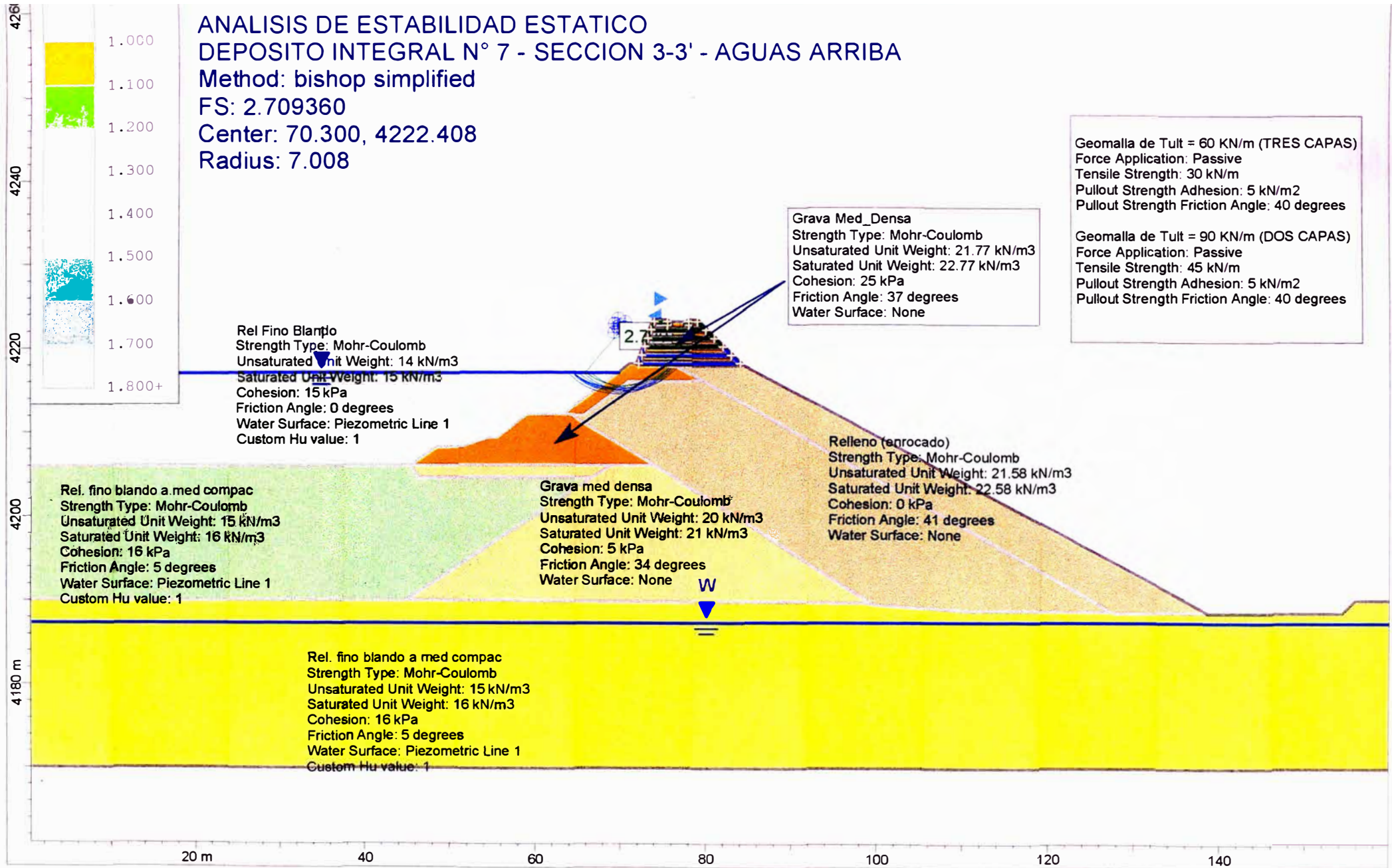
426

10 m 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140



ANALISIS DE ESTABILIDAD ESTATICO DEPOSITO INTEGRAL N° 7 - SECCION 3-3' - AGUAS ARRIBA

Method: bishop simplified
FS: 2.709360
Center: 70.300, 4222.408
Radius: 7.008



Rel Fino Blanco
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 14 kN/m³
Saturated Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 15 kPa
Friction Angle: 0 degrees
Water Surface: Piezometric Line 1
Custom Hu value: 1

Grava Med_Densa
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 21.77 kN/m³
Saturated Unit Weight: 22.77 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Friction Angle: 37 degrees
Water Surface: None

Geomalla de Tult = 60 kN/m (TRES CAPAS)
Force Application: Passive
Tensile Strength: 30 kN/m
Pullout Strength Adhesion: 5 kN/m²
Pullout Strength Friction Angle: 40 degrees

Geomalla de Tult = 90 kN/m (DOS CAPAS)
Force Application: Passive
Tensile Strength: 45 kN/m
Pullout Strength Adhesion: 5 kN/m²
Pullout Strength Friction Angle: 40 degrees

Rel. fino blando a med compac
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 15 kN/m³
Saturated Unit Weight: 16 kN/m³
Cohesion: 16 kPa
Friction Angle: 5 degrees
Water Surface: Piezometric Line 1
Custom Hu value: 1

Grava med densa
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 20 kN/m³
Saturated Unit Weight: 21 kN/m³
Cohesion: 5 kPa
Friction Angle: 34 degrees
Water Surface: None

Refrero (enrocado)
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 21.58 kN/m³
Saturated Unit Weight: 22.58 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 41 degrees
Water Surface: None

Rel. fino blando a med compac
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 15 kN/m³
Saturated Unit Weight: 16 kN/m³
Cohesion: 16 kPa
Friction Angle: 5 degrees
Water Surface: Piezometric Line 1
Custom Hu value: 1

W

20 m 40 60 80 100 120 140

ANALISIS DE ESTABILIDAD PSEUDO-ESTATICO DEPOSITO INTEGRAL N° 7 - SECCION 3-3' - AGUAS ARRIBA

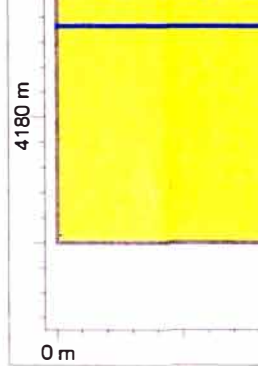
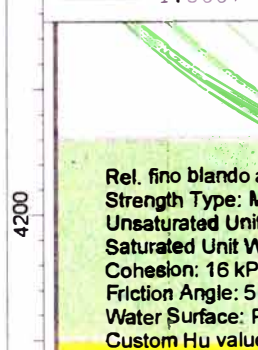
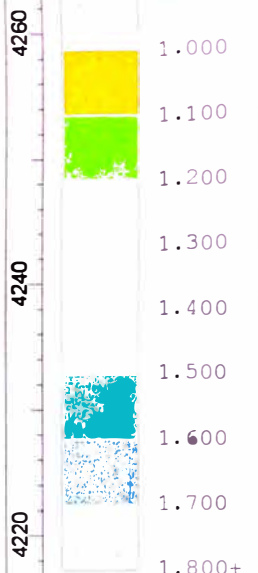
Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.15

Method: bishop simplified

FS: 1.214940

Center: 43.655, 4254.959

Radius: 55.163



Rel Fino Blanco
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 14 kN/m³
Saturated Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 15 kPa
Friction Angle: 0 degrees
Water Surface: Piezometric Line 1
Custom Hu value: 1

Rel. fino blando a med compac
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 15 kN/m³
Saturated Unit Weight: 16 kN/m³
Cohesion: 16 kPa
Friction Angle: 5 degrees
Water Surface: Piezometric Line 1
Custom Hu value: 1

Grava Med_Densa
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 20 kN/m³
Saturated Unit Weight: 21 kN/m³
Cohesion: 5 kPa
Friction Angle: 34 degrees
Water Surface: None

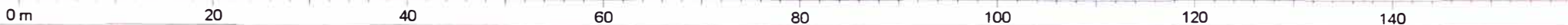
Grava Med_Densa
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 21.77 kN/m³
Saturated Unit Weight: 22.77 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Friction Angle: 37 degrees
Water Surface: None

Relleno (enrocado)
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 21.58 kN/m³
Saturated Unit Weight: 22.58 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 41 degrees
Water Surface: None

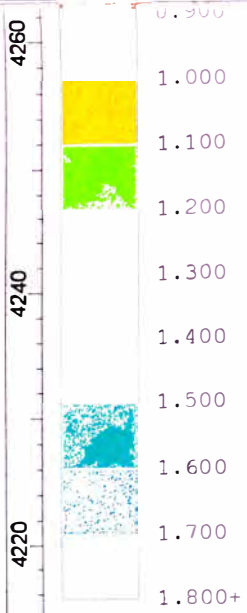
Rel. fino blando a med compac
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 15 kN/m³
Saturated Unit Weight: 16 kN/m³
Cohesion: 16 kPa
Friction Angle: 5 degrees
Water Surface: Piezometric Line 1
Custom Hu value: 1

Geomalla de Tult = 60 kN/m (TRES CAPAS)
Force Application: Passive
Tensile Strength: 30 kN/m
Pullout Strength Adhesion: 5 kN/m²
Pullout Strength Friction Angle: 40 degrees

Geomalla de Tult = 90 kN/m (DOS CAPAS)
Force Application: Passive
Tensile Strength: 45 kN/m
Pullout Strength Adhesion: 5 kN/m²
Pullout Strength Friction Angle: 40 degrees



Safety Factor
2.709



ANALISIS DE ESTABILIDAD ESTATICO DEPOSITO INTEGRAL N° 7 - SECCION 4-4' - AGUAS ARRIBA

Method: bishop simplified
FS: 2.709120
Center: 70.316, 4222.396
Radius: 6.993

Rel Fino Blando 1
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 14 kN/m³
Saturated Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 15 kPa
Friction Angle: 0 degrees
Water Surface: Piezometric Line 1
Custom Hu value: 1

Rel. fino blando a med compac
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 15 kN/m³
Saturated Unit Weight: 16 kN/m³
Cohesion: 16 kPa
Friction Angle: 5 degrees
Water Surface: Piezometric Line 1
Custom Hu value: 1

Grava med densa
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 20 kN/m³
Saturated Unit Weight: 21 kN/m³
Cohesion: 5 kPa
Friction Angle: 34 degrees
Water Surface: None

Grava Med_Densa
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 21.77 kN/m³
Saturated Unit Weight: 22.77 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Friction Angle: 37 degrees
Water Surface: None

Relleno (enrocado)
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 21.58 kN/m³
Saturated Unit Weight: 22.58 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 41 degrees
Water Surface: None

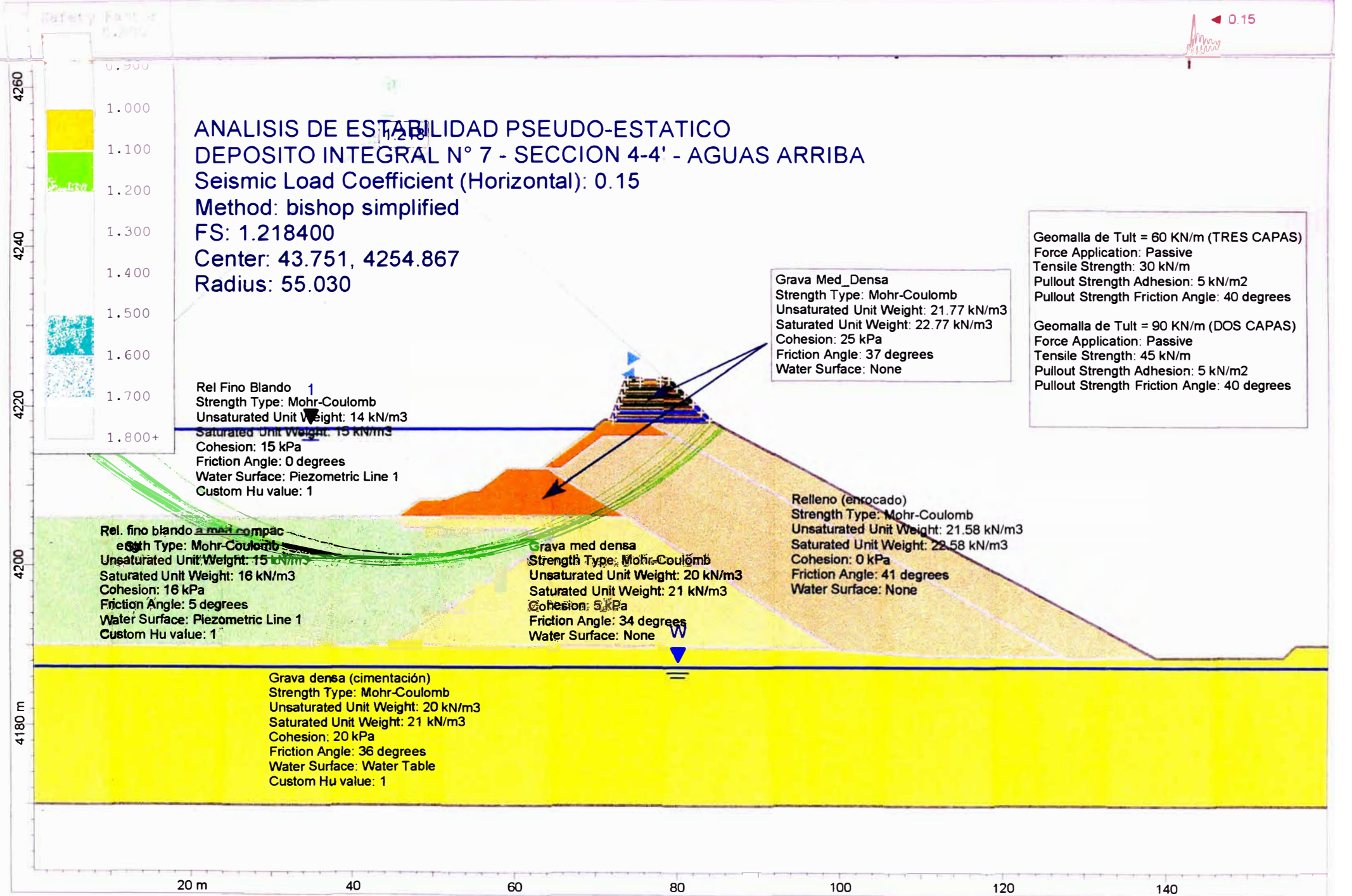
Grava densa (cimentación)
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 20 kN/m³
Saturated Unit Weight: 21 kN/m³
Cohesion: 20 kPa
Friction Angle: 36 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1

Geomalla de Tult = 60 KN/m (TRES CAPAS)
Force Application: Passive
Tensile Strength: 30 kN/m
Pullout Strength Adhesion: 5 kN/m²
Pullout Strength Friction Angle: 40 degrees

Geomalla de Tult = 90 KN/m (DOS CAPAS)
Force Application: Passive
Tensile Strength: 45 kN/m
Pullout Strength Adhesion: 5 kN/m²
Pullout Strength Friction Angle: 40 degrees



ANALISIS DE ESTABILIDAD PSEUDO-ESTATICO
DEPOSITO INTEGRAL N° 7 - SECCION 4-4' - AGUAS ARRIBA
 Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.15
 Method: bishop simplified
 FS: 1.218400
 Center: 43.751, 4254.867
 Radius: 55.030



Rel Fino Blando 1
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unsaturated Unit Weight: 14 kN/m³
 Saturated Unit Weight: 15 kN/m³
 Cohesion: 15 kPa
 Friction Angle: 0 degrees
 Water Surface: Piezometric Line 1
 Custom Hu value: 1

Rel. fino blando a med compact
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unsaturated Unit Weight: 15 kN/m³
 Saturated Unit Weight: 16 kN/m³
 Cohesion: 16 kPa
 Friction Angle: 5 degrees
 Water Surface: Piezometric Line 1
 Custom Hu value: 1

Grava med densa
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unsaturated Unit Weight: 20 kN/m³
 Saturated Unit Weight: 21 kN/m³
 Cohesion: 5 kPa
 Friction Angle: 34 degrees
 Water Surface: None

Grava Med_Densa
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unsaturated Unit Weight: 21.77 kN/m³
 Saturated Unit Weight: 22.77 kN/m³
 Cohesion: 25 kPa
 Friction Angle: 37 degrees
 Water Surface: None

Relleno (enrocado)
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unsaturated Unit Weight: 21.58 kN/m³
 Saturated Unit Weight: 22.58 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Friction Angle: 41 degrees
 Water Surface: None

Grava densa (cimentación)
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unsaturated Unit Weight: 20 kN/m³
 Saturated Unit Weight: 21 kN/m³
 Cohesion: 20 kPa
 Friction Angle: 36 degrees
 Water Surface: Water Table
 Custom Hu value: 1

Geomalla de Tult = 60 KN/m (TRES CAPAS)
 Force Application: Passive
 Tensile Strength: 30 kN/m
 Pullout Strength Adhesion: 5 kN/m²
 Pullout Strength Friction Angle: 40 degrees

Geomalla de Tult = 90 KN/m (DOS CAPAS)
 Force Application: Passive
 Tensile Strength: 45 kN/m
 Pullout Strength Adhesion: 5 kN/m²
 Pullout Strength Friction Angle: 40 degrees

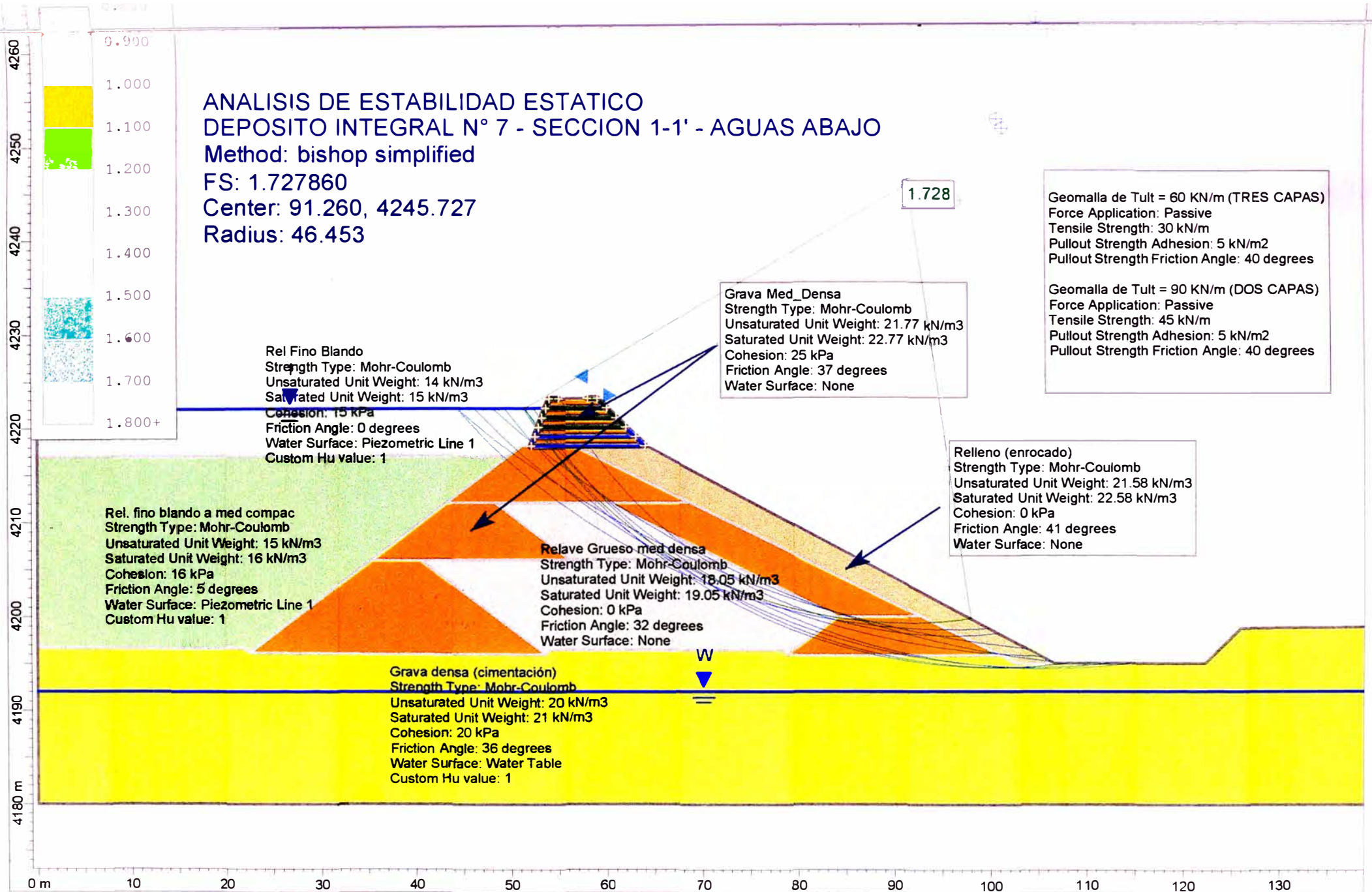
ANALISIS DE ESTABILIDAD ESTATICO DEPOSITO INTEGRAL N° 7 - SECCION 1-1' - AGUAS ABAJO

Method: bishop simplified

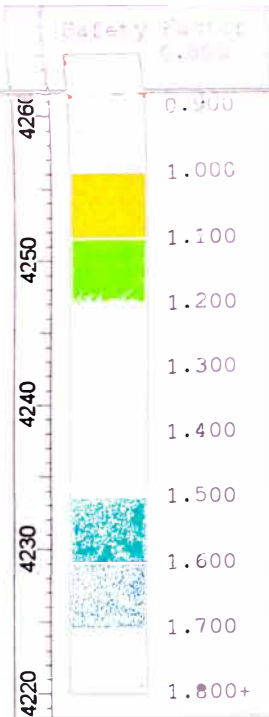
FS: 1.727860

Center: 91.260, 4245.727

Radius: 46.453



ANALISIS DE ESTABILIDAD PSEUDO-ESTATICO
DEPOSITO INTEGRAL N° 7 - SECCION 1-1' - AGUAS ABAJO
 Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.15
 Method: bishop simplified
 FS: 1.252010
 Center: 106.977, 4279.630
 Radius: 83.901



Geomalla de Tult = 60 KN/m (TRES CAPAS)
 Force Application: Passive
 Tensile Strength: 30 kN/m
 Pullout Strength Adhesion: 5 kN/m2
 Pullout Strength Friction Angle: 40 degrees

Geomalla de Tult = 90 KN/m (DOS CAPAS)
 Force Application: Passive
 Tensile Strength: 45 kN/m
 Pullout Strength Adhesion: 5 kN/m2
 Pullout Strength Friction Angle: 40 degrees

Rel Fino Blando
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unsaturated Unit Weight: 14 kN/m3
 Saturated Unit Weight: 15 kN/m3
 Cohesion: 15 kPa
 Friction Angle: 0 degrees
 Water Surface: Piezometric Line 1
 Custom Hu value: 1

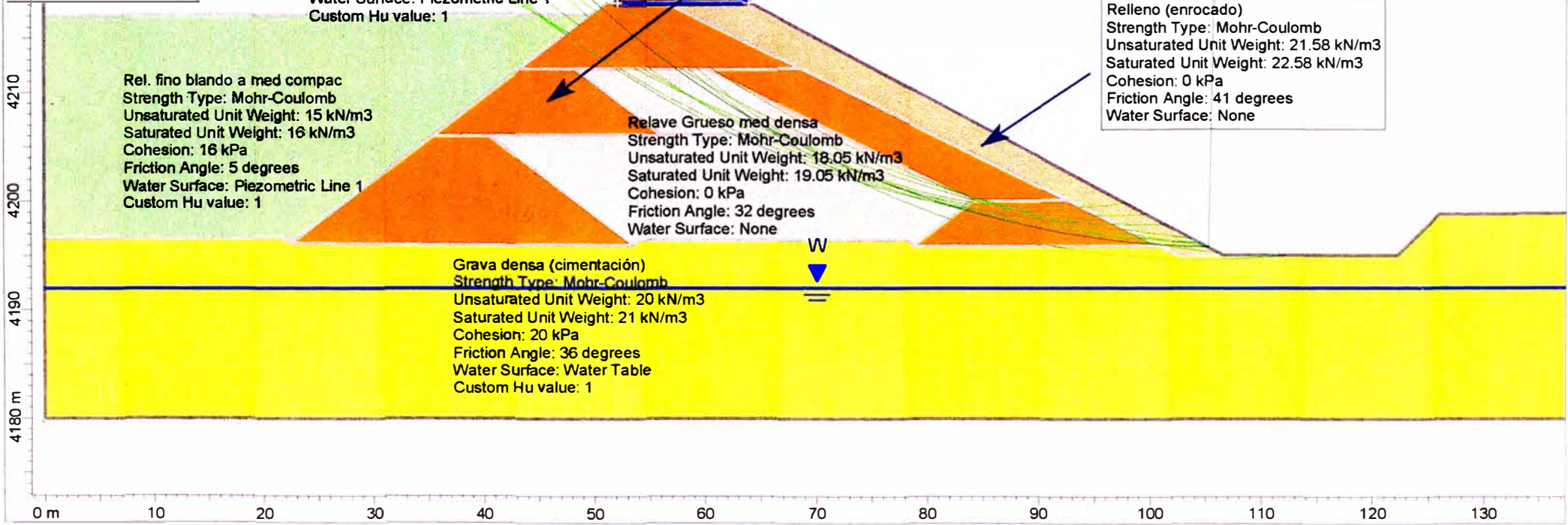
Grava Med_Densa
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unsaturated Unit Weight: 21.77 kN/m3
 Saturated Unit Weight: 22.77 kN/m3
 Cohesion: 25 kPa
 Friction Angle: 37 degrees
 Water Surface: None

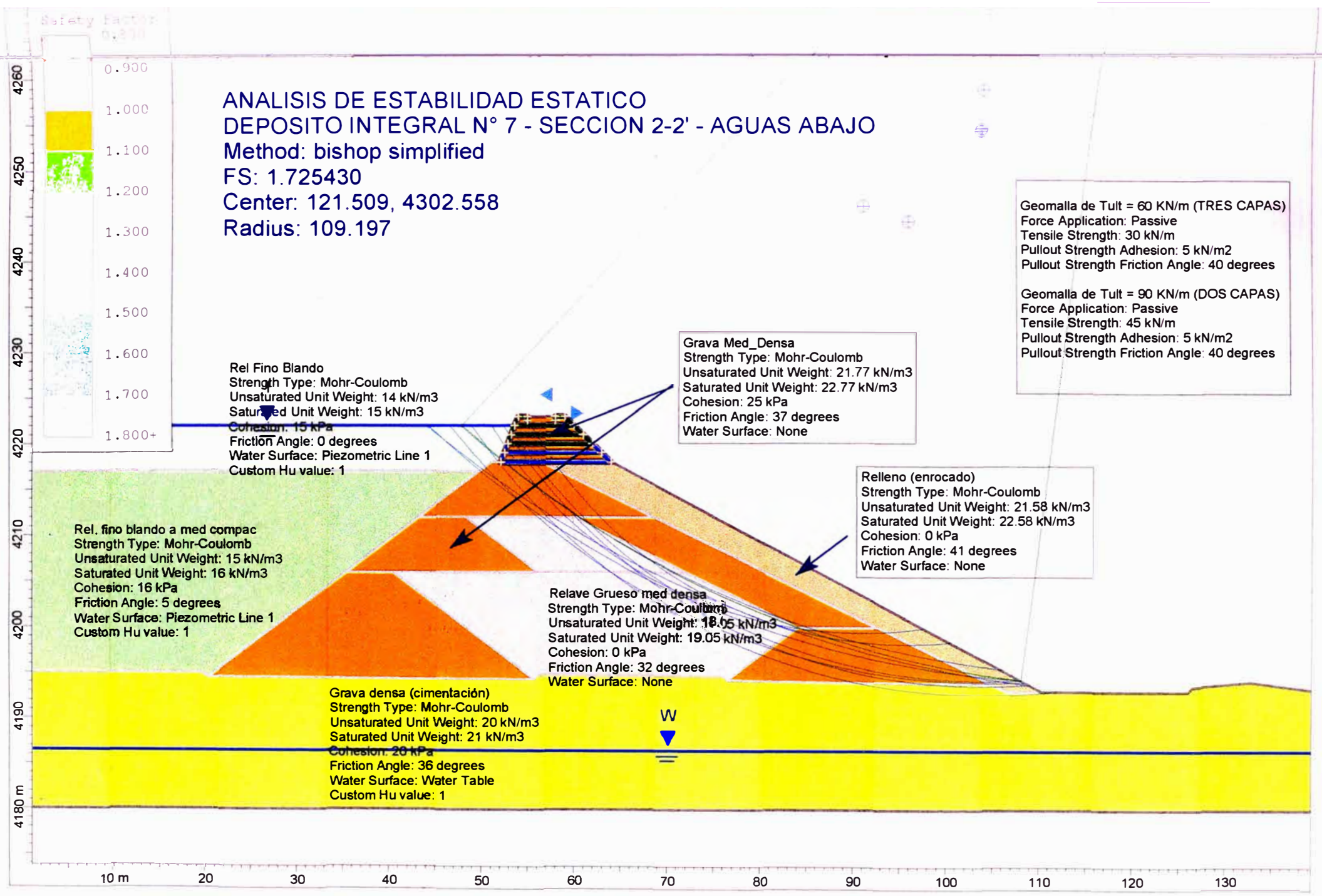
Relleno (enrocado)
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unsaturated Unit Weight: 21.58 kN/m3
 Saturated Unit Weight: 22.58 kN/m3
 Cohesion: 0 kPa
 Friction Angle: 41 degrees
 Water Surface: None

Rel. fino blando a med compac
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unsaturated Unit Weight: 15 kN/m3
 Saturated Unit Weight: 16 kN/m3
 Cohesion: 16 kPa
 Friction Angle: 5 degrees
 Water Surface: Piezometric Line 1
 Custom Hu value: 1

Relave Grueso med densa
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unsaturated Unit Weight: 18.05 kN/m3
 Saturated Unit Weight: 19.05 kN/m3
 Cohesion: 0 kPa
 Friction Angle: 32 degrees
 Water Surface: None

Grava densa (cimentación)
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unsaturated Unit Weight: 20 kN/m3
 Saturated Unit Weight: 21 kN/m3
 Cohesion: 20 kPa
 Friction Angle: 36 degrees
 Water Surface: Water Table
 Custom Hu value: 1





ANALISIS DE ESTABILIDAD ESTATICO
DEPOSITO INTEGRAL N° 7 - SECCION 2-2' - AGUAS ABAJO
 Method: bishop simplified
 FS: 1.725430
 Center: 121.509, 4302.558
 Radius: 109.197

Geomalla de Tuit = 60 KN/m (TRES CAPAS)
 Force Application: Passive
 Tensile Strength: 30 kN/m
 Pullout Strength Adhesion: 5 kN/m²
 Pullout Strength Friction Angle: 40 degrees

Geomalla de Tuit = 90 KN/m (DOS CAPAS)
 Force Application: Passive
 Tensile Strength: 45 kN/m
 Pullout Strength Adhesion: 5 kN/m²
 Pullout Strength Friction Angle: 40 degrees

Rel Fino Blando
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unsaturated Unit Weight: 14 kN/m³
 Saturated Unit Weight: 15 kN/m³
 Cohesion: 15 kPa
 Friction Angle: 0 degrees
 Water Surface: Piezometric Line 1
 Custom Hu value: 1

Grava Med_Densa
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unsaturated Unit Weight: 21.77 kN/m³
 Saturated Unit Weight: 22.77 kN/m³
 Cohesion: 25 kPa
 Friction Angle: 37 degrees
 Water Surface: None

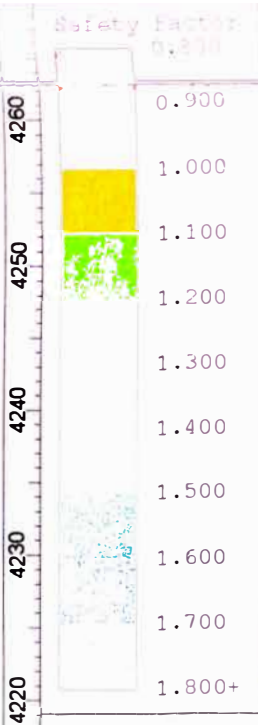
Relleno (enrocado)
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unsaturated Unit Weight: 21.58 kN/m³
 Saturated Unit Weight: 22.58 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Friction Angle: 41 degrees
 Water Surface: None

Rel. fino blando a med compac
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unsaturated Unit Weight: 15 kN/m³
 Saturated Unit Weight: 16 kN/m³
 Cohesion: 16 kPa
 Friction Angle: 5 degrees
 Water Surface: Piezometric Line 1
 Custom Hu value: 1

Relave Grueso med densa
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unsaturated Unit Weight: 18.05 kN/m³
 Saturated Unit Weight: 19.05 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Friction Angle: 32 degrees
 Water Surface: None

Grava densa (cimentación)
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unsaturated Unit Weight: 20 kN/m³
 Saturated Unit Weight: 21 kN/m³
 Cohesion: 20 kPa
 Friction Angle: 36 degrees
 Water Surface: Water Table
 Custom Hu value: 1

W



10 m 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130

4180 m

4190

4200

4210

4220

4230

4240

4250

4260

ANALISIS DE ESTABILIDAD PSEUDO-ESTATICO DEPOSITO INTEGRAL N° 7 - SECCION 2-2' - AGUAS ABAJO

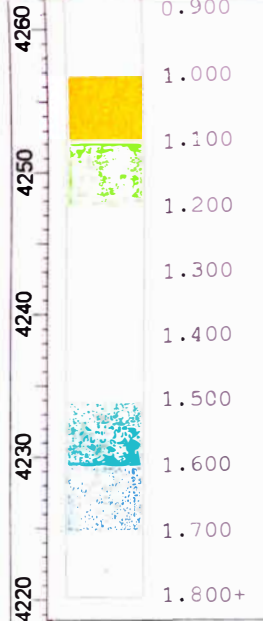
Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.15

Method: bishop simplified

FS: 1.245870

Center: 124.489, 4318.414

Radius: 125.677



Rel Fino Blando
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 14 kN/m³
Saturated Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 15 kPa
Friction Angle: 0 degrees
Water Surface: Piezometric Line 1
Custom Hu value: 1

Grava Med_Densa
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 21.77 kN/m³
Saturated Unit Weight: 22.77 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Friction Angle: 37 degrees
Water Surface: None

Geomalla de Tult = 60 KN/m (TRES CAPAS)
Force Application: Passive
Tensile Strength: 30 kN/m
Pullout Strength Adhesion: 5 kN/m²
Pullout Strength Friction Angle: 40 degrees

Geomalla de Tult = 90 KN/m (DOS CAPAS)
Force Application: Passive
Tensile Strength: 45 kN/m
Pullout Strength Adhesion: 5 kN/m²
Pullout Strength Friction Angle: 40 degrees

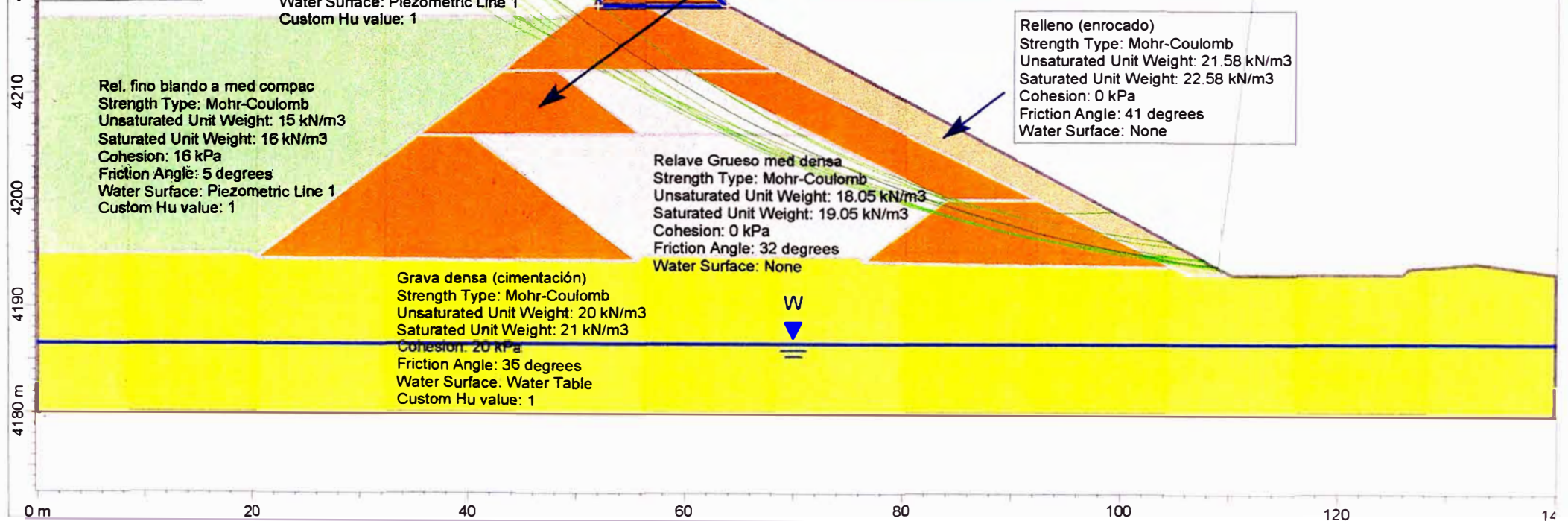
Rel. fino blando a med compac
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 15 kN/m³
Saturated Unit Weight: 16 kN/m³
Cohesion: 16 kPa
Friction Angle: 5 degrees
Water Surface: Piezometric Line 1
Custom Hu value: 1

Relleno (enrocado)
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 21.58 kN/m³
Saturated Unit Weight: 22.58 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 41 degrees
Water Surface: None

Relave Grueso med densa
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 18.05 kN/m³
Saturated Unit Weight: 19.05 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 32 degrees
Water Surface: None

Grava densa (cimentación)
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 20 kN/m³
Saturated Unit Weight: 21 kN/m³
Cohesion: 20 kPa
Friction Angle: 35 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1

W



4260

Safety Factor: 1.779680



ANALISIS DE ESTABILIDAD ESTATICO DEPOSITO INTEGRAL N° 7 - SECCION 3-3' - AGUAS ABAJO

Method: bishop simplified
FS: 1.779680
Center: 124.060, 4283.935
Radius: 91.719

4240

4220

4200

4180 m

0 m 20 40 60 80 100 120 14

1
Rel Fino Blando
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 14 kN/m³
Saturated Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 15 kPa
Friction Angle: 0 degrees
Water Surface: Piezometric Line 1
Custom Hu value: 1

Rel. fino blando a med compac
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 15 kN/m³
Saturated Unit Weight: 16 kN/m³
Cohesion: 16 kPa
Friction Angle: 5 degrees
Water Surface: Piezometric Line 1
Custom Hu value: 1

Grava med densa
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 20 kN/m³
Saturated Unit Weight: 21 kN/m³
Cohesion: 5 kPa
Friction Angle: 34 degrees
Water Surface: None

Grava med densa
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 20 kN/m³
Saturated Unit Weight: 21 kN/m³
Cohesion: 5 kPa
Friction Angle: 34 degrees
Water Surface: None

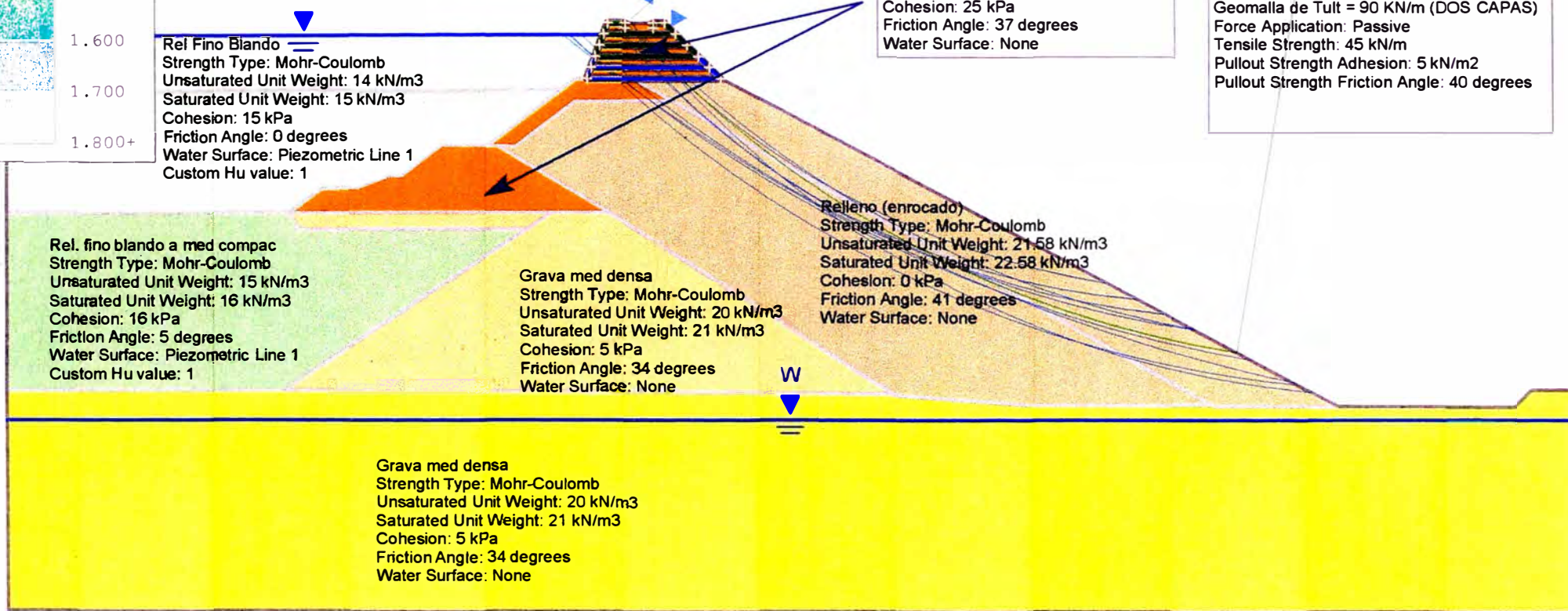
Grava Med_Densa
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 21.77 kN/m³
Saturated Unit Weight: 22.77 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Friction Angle: 37 degrees
Water Surface: None

Repleno (enrocado)
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 21.58 kN/m³
Saturated Unit Weight: 22.58 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 41 degrees
Water Surface: None

Geomalla de Tult = 60 KN/m (TRES CAPAS)
Force Application: Passive
Tensile Strength: 30 kN/m
Pullout Strength Adhesion: 5 kN/m²
Pullout Strength Friction Angle: 40 degrees

Geomalla de Tult = 90 KN/m (DOS CAPAS)
Force Application: Passive
Tensile Strength: 45 kN/m
Pullout Strength Adhesion: 5 kN/m²
Pullout Strength Friction Angle: 40 degrees

W



4260

Safety Factor: 1.307700

0.15

ANALISIS DE ESTABILIDAD PSEUDO-ESTATICO DEPOSITO INTEGRAL N° 7 - SECCION 3-3' - AGUAS ABAJO

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.15

Method: bishop simplified

FS: 1.307700

Center: 124.060, 4283.935

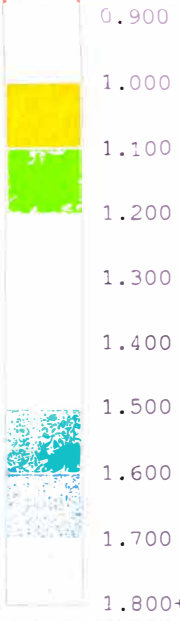
Radius: 91.719

4240

4220

4200

4180 m



1
Rel Fino Blando
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 14 kN/m³
Saturated Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 15 kPa
Friction Angle: 0 degrees
Water Surface: Piezometric Line 1
Custom Hu value: 1

Grava Med_Densa
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 21.77 kN/m³
Saturated Unit Weight: 22.77 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Friction Angle: 37 degrees
Water Surface: None

Geomalla de Tult = 60 KN/m (TRES CAPAS)
Force Application: Passive
Tensile Strength: 30 kN/m
Pullout Strength Adhesion: 5 kN/m²
Pullout Strength Friction Angle: 40 degrees

Geomalla de Tult = 90 KN/m (DOS CAPAS)
Force Application: Passive
Tensile Strength: 45 kN/m
Pullout Strength Adhesion: 5 kN/m²
Pullout Strength Friction Angle: 40 degrees

Rel. fino blando a med compac
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 15 kN/m³
Saturated Unit Weight: 16 kN/m³
Cohesion: 16 kPa
Friction Angle: 5 degrees
Water Surface: Piezometric Line 1
Custom Hu value: 1

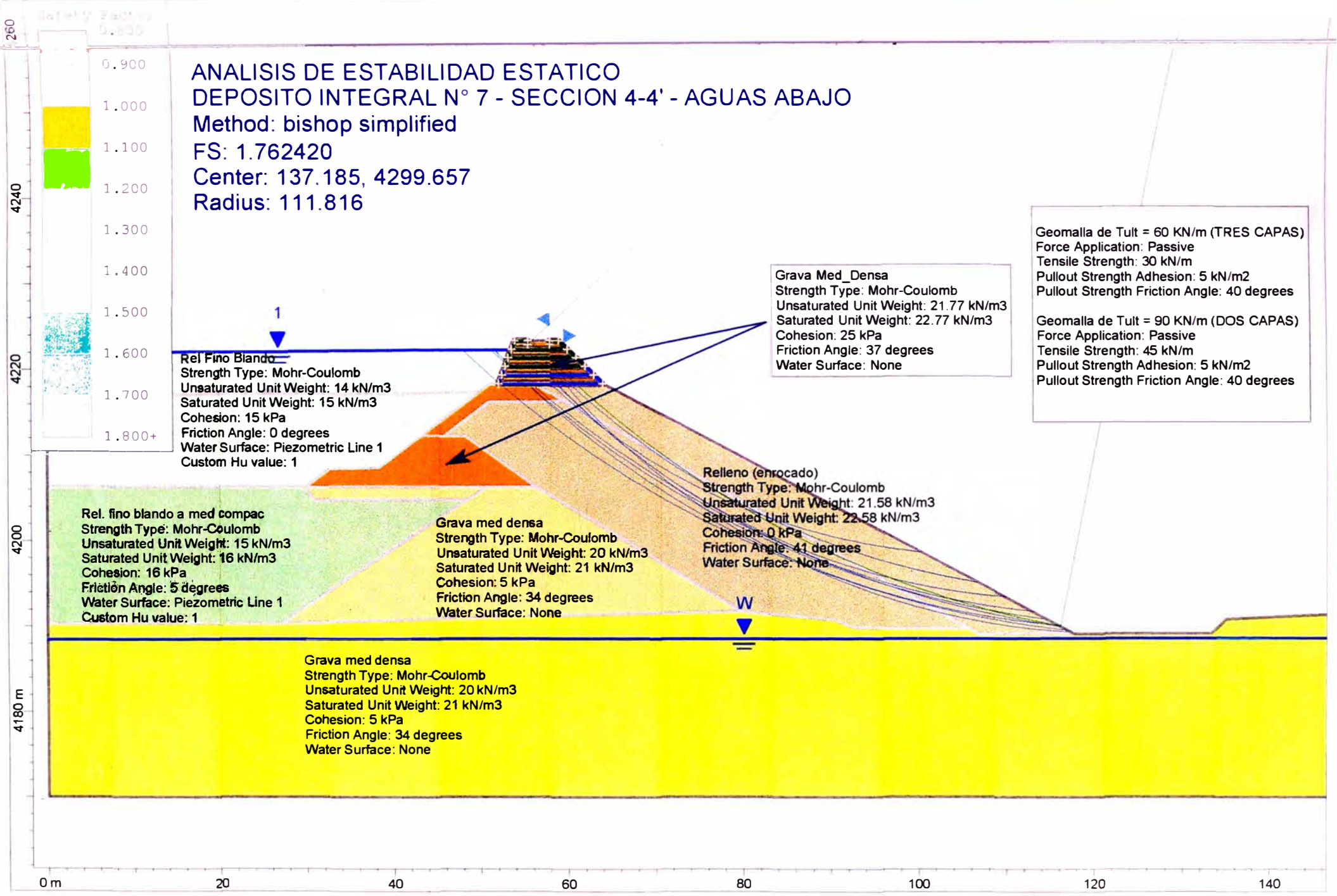
Grava med densa
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 20 kN/m³
Saturated Unit Weight: 21 kN/m³
Cohesion: 5 kPa
Friction Angle: 34 degrees
Water Surface: None

Refrano (enrocado)
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 21.58 kN/m³
Saturated Unit Weight: 22.58 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 41 degrees
Water Surface: None

Grava med densa
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 20 kN/m³
Saturated Unit Weight: 21 kN/m³
Cohesion: 5 kPa
Friction Angle: 34 degrees
Water Surface: None

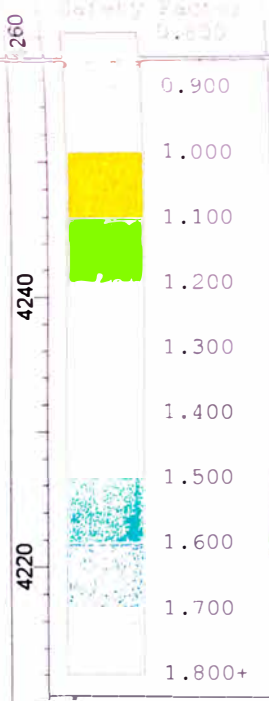
W





ANALISIS DE ESTABILIDAD ESTATICO
DEPOSITO INTEGRAL N° 7 - SECCION 4-4' - AGUAS ABAJO

Method: bishop simplified
 FS: 1.762420
 Center: 137.185, 4299.657
 Radius: 111.816



Rel Fino Blando
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unsaturated Unit Weight: 14 kN/m³
 Saturated Unit Weight: 15 kN/m³
 Cohesion: 15 kPa
 Friction Angle: 0 degrees
 Water Surface: Piezometric Line 1
 Custom Hu value: 1

Grava Med_Densa
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unsaturated Unit Weight: 21.77 kN/m³
 Saturated Unit Weight: 22.77 kN/m³
 Cohesion: 25 kPa
 Friction Angle: 37 degrees
 Water Surface: None

Geomalla de Tult = 60 KN/m (TRES CAPAS)
 Force Application: Passive
 Tensile Strength: 30 kN/m
 Pullout Strength Adhesion: 5 kN/m²
 Pullout Strength Friction Angle: 40 degrees

Geomalla de Tult = 90 KN/m (DOS CAPAS)
 Force Application: Passive
 Tensile Strength: 45 kN/m
 Pullout Strength Adhesion: 5 kN/m²
 Pullout Strength Friction Angle: 40 degrees

Rel. fino blando a med compac
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unsaturated Unit Weight: 15 kN/m³
 Saturated Unit Weight: 16 kN/m³
 Cohesion: 16 kPa
 Friction Angle: 5 degrees
 Water Surface: Piezometric Line 1
 Custom Hu value: 1

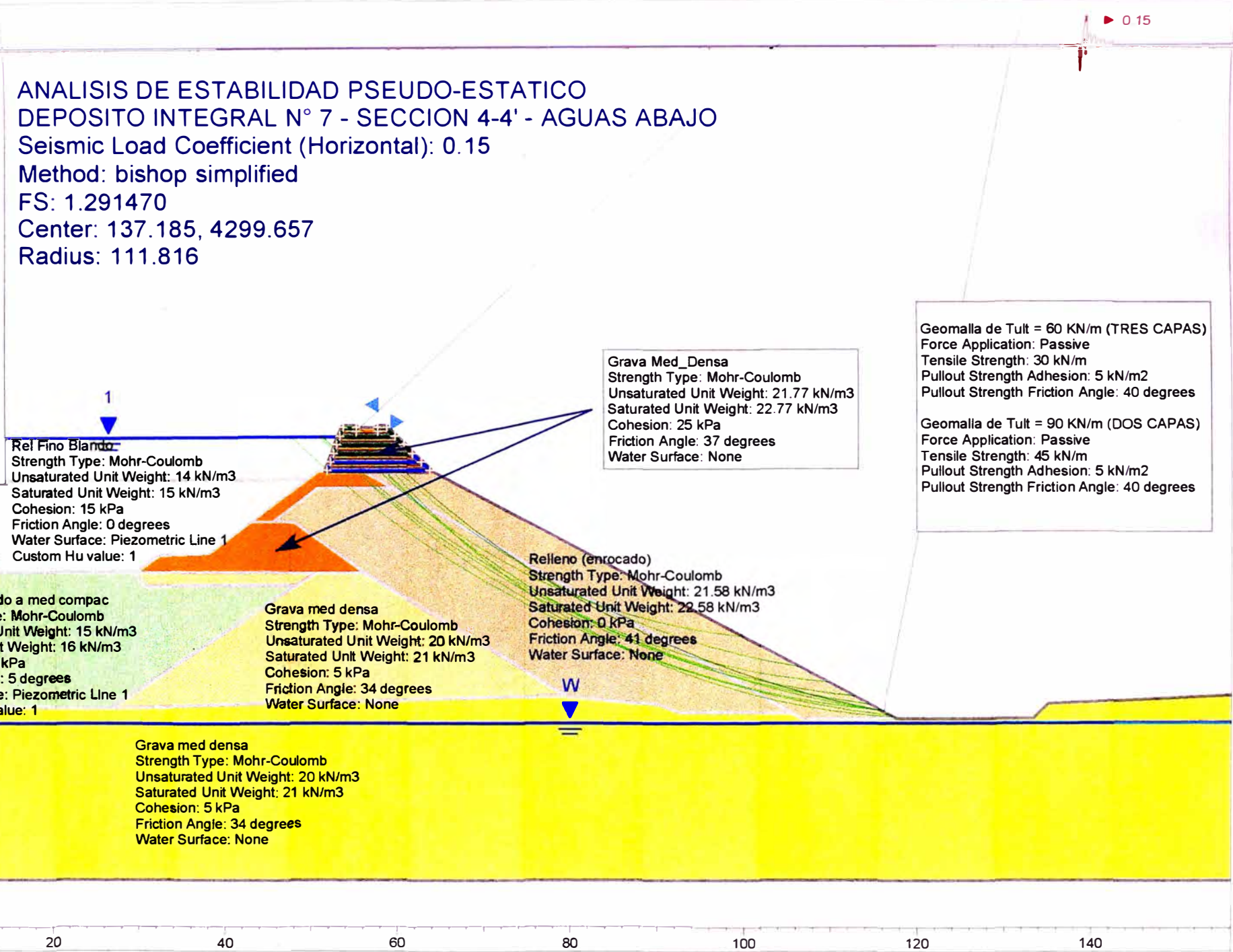
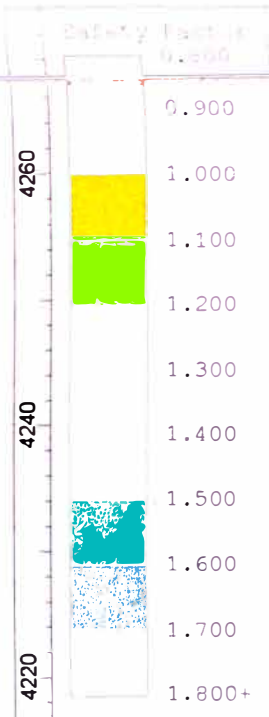
Grava med densa
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unsaturated Unit Weight: 20 kN/m³
 Saturated Unit Weight: 21 kN/m³
 Cohesion: 5 kPa
 Friction Angle: 34 degrees
 Water Surface: None

Relleno (enrocado)
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unsaturated Unit Weight: 21.58 kN/m³
 Saturated Unit Weight: 22.58 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Friction Angle: 41 degrees
 Water Surface: None

Grava med densa
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unsaturated Unit Weight: 20 kN/m³
 Saturated Unit Weight: 21 kN/m³
 Cohesion: 5 kPa
 Friction Angle: 34 degrees
 Water Surface: None

W

ANALISIS DE ESTABILIDAD PSEUDO-ESTATICO
DEPOSITO INTEGRAL N° 7 - SECCION 4-4' - AGUAS ABAJO
 Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.15
 Method: bishop simplified
 FS: 1.291470
 Center: 137.185, 4299.657
 Radius: 111.816



1
 Rel Fino Blando
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unsaturated Unit Weight: 14 kN/m³
 Saturated Unit Weight: 15 kN/m³
 Cohesion: 15 kPa
 Friction Angle: 0 degrees
 Water Surface: Piezometric Line 1
 Custom Hu value: 1

Grava Med_Densa
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unsaturated Unit Weight: 21.77 kN/m³
 Saturated Unit Weight: 22.77 kN/m³
 Cohesion: 25 kPa
 Friction Angle: 37 degrees
 Water Surface: None

Geomalla de Tult = 60 KN/m (TRES CAPAS)
 Force Application: Passive
 Tensile Strength: 30 kN/m
 Pullout Strength Adhesion: 5 kN/m²
 Pullout Strength Friction Angle: 40 degrees

Geomalla de Tult = 90 KN/m (DOS CAPAS)
 Force Application: Passive
 Tensile Strength: 45 kN/m
 Pullout Strength Adhesion: 5 kN/m²
 Pullout Strength Friction Angle: 40 degrees

Rel. fino blando a med compac
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unsaturated Unit Weight: 15 kN/m³
 Saturated Unit Weight: 16 kN/m³
 Cohesion: 16 kPa
 Friction Angle: 5 degrees
 Water Surface: Piezometric Line 1
 Custom Hu value: 1

Grava med densa
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unsaturated Unit Weight: 20 kN/m³
 Saturated Unit Weight: 21 kN/m³
 Cohesion: 5 kPa
 Friction Angle: 34 degrees
 Water Surface: None

relleno (enrocado)
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unsaturated Unit Weight: 21.58 kN/m³
 Saturated Unit Weight: 22.58 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Friction Angle: 41 degrees
 Water Surface: None

Grava med densa
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unsaturated Unit Weight: 20 kN/m³
 Saturated Unit Weight: 21 kN/m³
 Cohesion: 5 kPa
 Friction Angle: 34 degrees
 Water Surface: None

W

ANEXO 8

ÁLBUM FOTOGRAFÍCO



Foto N° 01: Vista Panorámica del Depósito Integral de Relaves N°7



Foto N° 02: Vista Panorámica del Depósito Integral de Relaves N°7



Foto N° 03: Vista del talud Noreste de aguas abajo del Depósito Integral de Relaves N°7



Foto N° 04: Vista del talud Sur de aguas abajo del Depósito Integral de Relaves N°7



Foto N° 05: Vista del talud Sureste de aguas abajo del Depósito Integral de Relaves N°7



Foto N° 06: Vista del talud Suroeste de aguas abajo del Depósito Integral de Relaves N°7



Foto N° 07: Vista del interior de la Calicata C-1

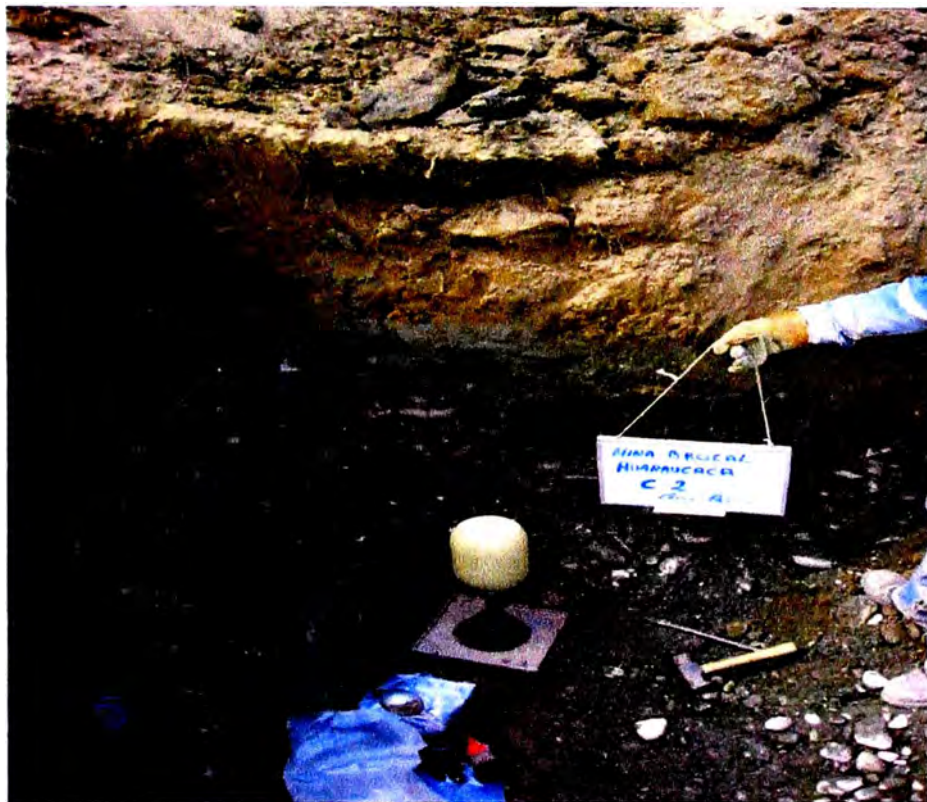


Foto N° 08: Vista del interior de la Calicata C-2 y ensayo de densidad In-situ



Foto N° 09: Vista del interior de la Calicata C-3 y ensayo de densidad In-situ



Foto N° 10: Vista del interior de la Calicata C-5 y ensayo de densidad In-situ