

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**ANÁLISIS DE INFILTRACIÓN Y ESTABILIDAD DE UNA PRESA
CON NÚCLEO DE SUELO PARCIALMENTE SATURADO**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR
EDER JESÚS GAMARRA ALVAREZ

ASESOR

MSc. CÉSAR AUGUSTO ATALA ABAD

LIMA – PERÚ
2023

© 2023, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados

**“El autor autoriza a la UNI a reproducir de la Tesis en su totalidad o en parte,
con fines estrictamente académicos.”**

Gamarra Alvarez, Eder Jesús

egamarraa@uni.pe

(+51) 989 896 857

DEDICATORIA

A mi padre Jesús Gamarra y a mi madre Bernardina Alvarez por el ejemplo a seguir y confianza que me brindaron en mi desarrollo profesional y académico.

A mi hermano Jarvik por su apoyo moral en los cumplimientos de mis metas.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia y a mi compañera de la vida Karem, por su constante apoyo incondicional y consejos que me brindaron para culminar esta meta.

A mis compañeros y supervisores de mi centro de labores Ausenco, quienes me apoyaron en la absolución de algunas dudas técnicas

A mi asesor Cesar Atala por su guía y asesoramiento técnico en el desarrollo y culminación satisfactoria del presente trabajo.

En general, mi agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la culminación del presente trabajo.

INDICE

Resumen.....	1
Abstract	2
Prólogo	3
Lista de tablas.....	4
Lista de figuras.....	5
Lista de símbolos y siglas.....	6
Capítulo I: Introducción	7
1.1 Generalidades.....	7
1.2 Descripción del problema.....	8
1.3 Objetivos del trabajo	8
1.3.1 Objetivo principal	8
1.3.2 Objetivos específicos	8
1.4 Antecedentes investigados.....	9
Capítulo II: Marco teórico y conceptual	10
2.1 Mecánica del suelo saturado.....	10
2.2 Mecánica del suelo parcialmente saturado.....	11
2.2.1 Succión en suelos parcialmente saturados.....	12
2.2.2 Curva característica	12
2.2.3 Métodos de simulación de la curva característica del suelo	14
2.3 Presas de tierra – clasificación.....	16
2.4 Infiltración en presas de tierra	18
2.4.1 Concepto de la red de flujo y línea piezométrica	19
2.4.2 Influencia de la capilaridad	20
2.5 Estabilidad de taludes	20
2.5.1 Métodos de análisis de estabilidad física	21
2.5.2 Análisis de estabilidad pseudoestático.....	22
Capítulo III: Geología y sismicidad	25
3.1 Geología	25
3.1.1 Geología regional	25
3.1.2 Geología local	25
3.2 Sismicidad.....	25
3.2.1 Peligrosidad sísmica	26
3.2.2 Determinación del coeficiente sísmico.....	26

Capítulo IV: Caracterización geotécnica	30
4.1 Investigaciones geotécnicas	30
4.1.1 Exploraciones geotécnicas.....	30
4.1.2 Ensayos In Situ.....	31
4.1.3 Ensayos de laboratorio	33
4.1.3.1. Ensayos estándar.....	34
4.1.3.2. Ensayos especiales	35
4.2 Descripción de los materiales.....	39
4.2.1 Fundación	39
4.2.2 Núcleo impermeable – Zona I	39
4.2.3 Filtro – Zona II y III	41
4.2.4 Transición– Zona IV	42
4.2.5 Enrocado – Zona V.....	42
Capítulo V: Modelo geotécnico	46
5.1 Sección de análisis	46
5.2 Parámetros geotécnicos	46
5.2.1 Parámetros hidráulicos.....	46
5.2.2 Parámetros de resistencia	48
5.3 Escenarios de análisis	49
Capítulo VI: Análisis de infiltración y estabilidad física.....	51
6.1 Instrumentación geotécnica	51
6.1.1 Información de hitos topográficos	51
6.1.2 Información piezométrica	53
6.2 Análisis de infiltración.....	54
6.3 Análisis de estabilidad física	56
6.4 Evaluación de resultados	59
Conclusiones.....	60
Recomendaciones	62
Referencias bibliográficas	63
Anexos	66

RESUMEN

En la actualidad los análisis de infiltración y estabilidad se realizan considerando principalmente la mecánica de suelos saturados, aunque se sabe que en algunos suelos finos el modelo geotécnico empleando la mecánica de suelos parcialmente saturados se ajusta más a la realidad principalmente para representar la línea piezométrica que pasa por las presas con materiales arcillosos o de partículas fina. El presente trabajo consta del análisis geotécnico de una presa con núcleo arcilloso que contempla la caracterización de los materiales empleados en el modelo geotécnico de la presa principal y lateral según sus propiedades hidráulicas y mecánicas; asimismo para las propiedades hidráulicas del núcleo se definió la curva característica según data de laboratorio y métodos de ajuste que permitan calibrar el comportamiento transitorio de la línea piezométrica según el registro de los piezómetros desde su instalación a la actualidad. El análisis de infiltración se realizó para definir la línea piezométrica en 03 escenarios: posterior a la construcción de las presas, la presa con el embalse lleno y el desembalse rápido; mientras que el análisis de estabilidad física del talud se realizó empleando el método de equilibrio límite para la condición estática y pseudoestática y se determinó las superficies de falla según Morgenstern-Price para cada escenario comparando los resultados de las fallas en bloque que pasen por el núcleo aplicando la mecánica de suelo saturado y parcialmente saturado.

Palabras clave: Presa de tierra, mecánica de suelo no saturado, curva característica, infiltración, estabilidad física

ABSTRACT

Nowadays, infiltration and stability analyze are carried out mainly considering the mechanics of saturated soils, although it is known that for some fine soils, the geotechnical model using the mechanics of unsaturated soils fits the real behaviour of the flow water, mainly to represent the piezometric line that passes through dams with clayey materials or fine particles. The present work consists of the geotechnical analysis of a dam with a clay core that includes the characterization of the materials used in the geotechnical model of the main and lateral dams according to their hydraulic and mechanical properties; Likewise, for the hydraulic properties of the core, the characteristic curve was defined according to laboratory data and adjustment methods that fits the transient behavior of the piezometric line according to the piezometer data from its installation to the present. The infiltration analysis was carried out to define the piezometric line in 03 scenarios: after the construction of the dams, the dam with the full reservoir and the rapid drawdown; while the physical stability analysis of the slope was carried out using the limit equilibrium method for the static and pseudostatic condition and the failure surfaces were determined according to Morgenstern-Price for each scenario, comparing the results of the block failures that pass through the core. applying the mechanics of saturated and partially saturated soil.

Keywords: Earth dams, not saturated soil mechanics, characteristic curve, seepage, slope stability,

PRÓLOGO

El tema es muy importante ya que contempla el análisis de infiltración y estabilidad de una presa construida y en operación, considerando la situación del núcleo parcialmente sumergido, analizando la infiltración y estabilidad de taludes tomando en cuenta las curvas características SWRC del material del núcleo central.

Los estudios se realizaron entre los años 2004 – 2005 y se terminó de construir en el año 2010. En el año 2019 se realizó una verificación de su estabilidad materia de la presente TSP en donde adicionalmente se contempla una comparación de resultados obtenidos de un modelo geotécnico y el monitoreo de la instrumentación geotécnica.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Métodos para simular la curva característica.....	15
Tabla 2: Métodos de análisis de estabilidad de taludes	21
Tabla 3: Comparación del factor de seguridad.....	22
Tabla 4: Coeficiente sísmico para el análisis pseudoestático	23
Tabla 5: Resultados de aceleración del estudio de peligro sísmico.....	26
Tabla 6: Ubicación de las exploraciones geotécnicas	30
Tabla 7: Resultados de ensayo de Densidad In Situ	32
Tabla 8: Resultados de ensayo proctor estándar	34
Tabla 9: Resultados de ensayo SUCS	35
Tabla 10: Resultados de ensayo de compresión triaxial.....	36
Tabla 11: Resultados de ensayo de conductividad hidráulica	36
Tabla 12: Resultados de ensayo de succión matricial – Método de papel filtro.....	37
Tabla 13: Parámetros de ajuste Kovac Modificado (Aubertin et al., 2003)	41
Tabla 14: Parámetros de ajuste Van Genuchten (1980)	41
Tabla 15: Propiedades hidráulicas de los materiales	46
Tabla 16: Propiedades de resistencia de los materiales	48
Tabla 17: Ubicación de los hitos topográficos	51
Tabla 18: Rango de velocidad de hitos topográficos	52
Tabla 19: Ubicación de los piezómetros hidráulicos.....	53
Tabla 20: Lectura de los piezómetros hidráulicos.....	54
Tabla 21: Calibración del modelo geotécnico según análisis de infiltración.....	56
Tabla 22: Resumen de resultados del análisis de estabilidad	57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Categorización de la mecánica de suelos (Fredlund et al, 1993)	11
Figura 2: Elementos de la curva característica del suelo (Alfaro, 2004)	13
Figura 3: Curvas características teóricas según el tipo de suelo (Geo-Slope, 2012)	14
Figura 4: Clasificación de presas de tierra (Novoa & Horta, 1987)	17
Figura 5: Tipo de drenaje en presas de tierra (Spada, 1994)	18
Figura 6: Red de flujo en presa de tierra con núcleo	19
Figura 7: Línea piezométrica según la ecuación de Dupuit (Das, 2008)	19
Figura 8: Línea piezométrica según la ecuación de Schaffernak & Van Itersonv (Das, 2008)	20
Figura 9: Representación del sismo en el análisis pseudoestático (Duncan & Wright, 2005)	23
Figura 10: Zonificación del coeficiente sísmico en el Perú (Ruesta et al, 1988)	27
Figura 11: Mapeo geológico de la zona de estudio	28
Figura 12: Sección transversal de la presa principal y presa lateral	29
Figura 13: Resultados de ensayos de densidad in situ – Núcleo de presa principal	32
Figura 14: Resultados de ensayos de densidad in situ – Núcleo de presa lateral	32
Figura 15: Resultados de ensayos de permeabilidad in situ	33
Figura 16: Calibración de la succión matricial con el contenido de agua del papel filtro	37
Figura 17: Gráfica del contenido volumétrico de agua según resultados de ensayo de laboratorio	38
Figura 18: Comparación de las curvas característica para el núcleo fino y grueso	43
Figura 19: Distribución granulométrica de los materiales que conforman la presa	44
Figura 20: Sección típica de la presa principal	45
Figura 21: Sección típica de la presa lateral	45
Figura 22: Curva característica – Núcleo fino y grueso	47
Figura 23: Curva de retención de agua – Núcleo fino y grueso	47
Figura 24: Resistencia no lineal en enrocado (Leps, 1970)	49
Figura 25: Función de carga de agua vs tiempo para el análisis de desembalse rápido	50
Figura 26: Gráfica de velocidad relativa de los hitos topográficos	52
Figura 27: Vista aguas abajo de la presa lateral	55

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

$\emptyset$	:	Ángulo de fricción
c	:	Cohesión
Dr	:	Compacidad
H	:	Altura del talud
K_h	:	Coeficiente sísmico horizontal
z	:	profundidad
γ_w	:	Peso específico húmedo
γ_d	:	Peso específico seco
W	:	Porcentaje de humedad
σ	:	Esfuerzo normal
T	:	Esfuerzo cortante
u	:	Presión de poros
ψ	:	Succión matricial
ASTM	:	American society for testing and materials
INGEMMET	:	Instituto geológico minero y metalúrgico
MDS	:	Máxima densidad seca
MEL	:	Método de equilibrio límite
MEF	:	Método de elementos finitos
NE	:	No encontrado
FS	:	Factor de seguridad
OCH	:	Optimo contenido de humedad
PGA	:	Aceleración máxima del suelo
RMR	:	Clasificación del macizo rocoso
RNE	:	Reglamento nacional de edificaciones
SUCS	:	Sistema unificado de clasificación de suelos
SWRC	:	<i>Soil water retention curve</i>
UCS	:	Resistencia a la compresión uniaxial
USACE	:	<i>United stated army corps of engineers</i>

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

El proyecto que será evaluado en el presente trabajo corresponde a un embalse de agua que es alimentado por el río Pisit y por las quebradas aledañas, la cual está ubicada en la región de Cajamarca a una altura promedio de 3 500 msnm. La topografía del área presenta una topografía accidentada compuesta por una sucesión de montañas con pendientes que varían entre 30% a 70%, las cuales son cortadas por numerosas quebradas que generan cursos de agua de alta pendiente y se suavizan conforme confluyen en los ríos Pisit, San Lorenzo y Pulán; asimismo en las inmediaciones de las cumbres montañosas se desarrollan planicies altas con pendiente subhorizontal como es el caso del lugar del emplazamiento del embalse que será estudiado en el presente trabajo. Además, de acuerdo con los estudios hidrológicos se ha estimado una precipitación promedio anual de 1 270 mm, la cual también alimenta al embalse de agua.

El embalse ha sido construido en el año 2010 con la finalidad de abastecer de agua a las poblaciones cercanas y a las actividades mineras, su construcción se realizó en 02 etapas, teniendo una capacidad de almacenamiento de 546 000 m³ y 1 203 000 m³ en la etapa 1 y etapa 2 respectivamente, y está conformado por dos presas que contengan el cuerpo de agua. Actualmente se encuentra en operación y monitoreo constante de las presas que contienen el embalse, cuyas características se detallan a continuación:

Presa principal y lateral

- Nivel de corona : 3 527 msnm
- Ancho de corona : 18,4 m
- Borde libre : 1,90 m
- Talud aguas abajo (H:V) : 1,60 : 1,0
- Talud aguas arriba (H:V) : 1,75 : 1,0
- Nivel de agua máximo ordinario – NAMO : 3 525,10 msnm
- Nivel de agua mínimo – NAMI : 3 515,70 msnm
- Nivel de agua máximo extraordinario – NAME : 3 525,70 msnm

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Las presas de tierra son estructuras que permiten la retención de algún material no competente o un líquido como el agua, siendo en este último caso un problema la presencia de filtraciones en el cuerpo de la presa, la cual se presenta debido al grado de permeabilidad que tienen los materiales que lo conforman y a la presión del agua hacia el suelo que afecta sus propiedades reduciendo su resistencia al corte, es por ello que es importante el monitoreo del nivel piezométrico mediante instrumentación como piezómetros para conocer la zona saturada y no saturada, dividida por el nivel piezométrico o nivel freático. Sin embargo, la zona no saturada, la cual se presenta entre el nivel freático y la superficie del terreno, no se encuentra totalmente en una condición seca y presenta dentro de su volumen de vacíos una parte llena de agua y otra de aire debido a la presión negativa del agua en los poros del suelo, siendo esta presión mayor en la presencia de suelos finos como los suelos arcillosos lo cual es el tipo de suelo comúnmente usado como núcleo de las presas de tierra debido a su baja permeabilidad.

En Perú, el análisis de infiltración y estabilidad física de taludes en presas de tierra se realiza generalmente siguiendo los principios de la mecánica de suelos saturados, y existen pocas investigaciones que consideren la mecánica de suelos parcialmente saturados. No obstante, el hecho que no se considere el grado de saturación al cual está expuesto la zona no saturada puede representar una sobrevaloración de los parámetros considerados en el diseño geotécnico, en tal sentido se consideró importante el empleo de la mecánica de suelos parcialmente saturados en el núcleo de la presa de tierra analizada.

1.3 OBJETIVOS DEL TRABAJO

1.3.1 Objetivo principal

Presentar los resultados de la evaluación de la infiltración y estabilidad física de los taludes de la presa de tierra considerando la mecánica de suelos no saturados en el núcleo de la presa de tierra.

1.3.2 Objetivos específicos

- Describir la caracterización realizada según las propiedades físicas y mecánicas del suelo de cimentación y del relleno que conforma la presa.

- Detallar como se definió el modelo geotécnico en función de la estimación de parámetros geotécnicos.
- Interpretar los resultados obtenidos del factor de seguridad en la presa de tierra ante una condición de embalse lleno y desembalse rápido.

1.4 ANTECEDENTES INVESTIGADOS

El presente trabajo consiste en la evaluación de una presa de tierra que está conformada por un núcleo central, filtros y enrocado en las laterales, la cual es una distribución de materiales muy común en presas de tierra para un control adecuado de las filtraciones de agua en el cuerpo de la presa.

Referente al estado del arte del análisis de estabilidad e infiltración en estructuras de tierra se cuenta a nivel nacional con la tesis de Silva (2004) en el cual se emplea el método de elementos finitos para simular la infiltración a través del cuerpo y fundación de la presa Tinajones en donde se evalúa la infiltración de la estructura de tierra y posterior evaluación de la estabilidad física por el método de equilibrio límite simulando las causas del deslizamiento ocurrido en su talud aguas arriba.

Asimismo, a nivel internacional González (2018) y Cordero (2017) realizaron una tesis similar referente a la evaluación de la estabilidad e infiltración en presas de tierra aplicando la mecánica de suelos parcialmente saturados para el territorio cubano, en la cual evaluaron un modelo simplificado de una presa de tierra siguiendo los criterios de dimensionamiento en Cuba y considerando parámetros de resistencia e hidráulicos en condiciones saturadas y parcialmente saturadas obtenidos de ensayos de laboratorio y ecuaciones empíricas; posteriormente realizaron una comparación de la evaluación de la estabilidad física del modelo simplificado de la presa de tierra para condiciones saturadas (las cuales son empleadas comúnmente a nivel nacional) y condiciones parcialmente saturadas, teniendo como resultado factores de seguridad menores en el modelo empleando la mecánica de suelos parcialmente saturados.

En tal sentido, dado que las estructuras de tierra como las presas corresponden a estructuras de gran importancia debido al impacto que puedan generar ante una posible falla, se ha visto importante aumentar más el conocimiento de la aplicación de la mecánica de suelos parcialmente saturados en la evaluación de la integridad de una presa de tierra como la empleada en el presente trabajo.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

Para comprender la evaluación geotécnica que se realizó en las presas del embalse, es necesario comprender los conceptos de la mecánica de suelos saturados y parcialmente saturados que han sido empleados en las propiedades de los materiales que conforman el modelo geotécnico. Así mismo, se describirá los conceptos necesarios del análisis de infiltración y estabilidad física de taludes en presas de tierra.

2.1 MECÁNICA DEL SUELO SATURADO

Uno de los conceptos iniciales de la mecánica de suelos fue desarrollado para entender la condición de un suelo saturado, teniendo en cuenta que en esta condición el sistema del suelo está compuesto por una fase sólida y otra líquida correspondiente al agua que ingresa en los vacíos del suelo.

El agua intersticial, correspondiente al agua dentro de la masa del suelo, influye en el comportamiento del suelo modificando la magnitud de las fuerzas transmitidas a través del esqueleto del suelo. En 1936 Terzaghi planteó el concepto del esfuerzo efectivo, siendo este uno de los principios fundamentales para comprender la mecánica de suelos saturados, para ello se debe entender que ante la consideración de que una masa de suelo se encuentra sumergida por debajo del nivel freático, el comportamiento de la masa de suelo dependerá de la diferencia entre el esfuerzo total y la presión intersticial, siendo este valor resultante el denominado esfuerzo efectivo.

Las ecuaciones propuestas por Terzaghi para determinar el esfuerzo geoestático total en un punto determinado consiste en el producto del peso específico total del suelo y la profundidad, mientras que la presión intersticial consiste en el producto del peso específico del agua y la profundidad. En tal sentido, la definición del esfuerzo efectivo se puede expresar mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma' = \sigma - \mu$$

Donde:

σ' : Esfuerzo efectivo

σ : Esfuerzo total

μ : Presión intersticial

2.2 MECÁNICA DEL SUELO PARCIALMENTE SATURADO

Existen muchas condiciones por la cual a veces las masas de suelos no alcanzan la saturación, sin embargo, tampoco se encuentran en un estado seco, a este estado se le denomina parcialmente saturado. Este comportamiento se presenta en la franja comprendida entre el nivel freático y la superficie del suelo, donde la presión de agua en los poros es negativa. Estos suelos pueden ser de origen natural como los que se encuentran frecuentemente en las regiones áridas y semiáridas; o de origen artificial mediante la compactación de suelos, especialmente en los suelos finos cuando se emplean en obras de tierra, debido a que durante la construcción se requiere llegar a un contenido de humedad óptimo, siendo este valor mayor en suelos finos y lo cual implica que el suelo se encontrará en una condición parcialmente saturada. De manera resumida en la Figura 1 se puede apreciar como categorizar el suelo según su condición.

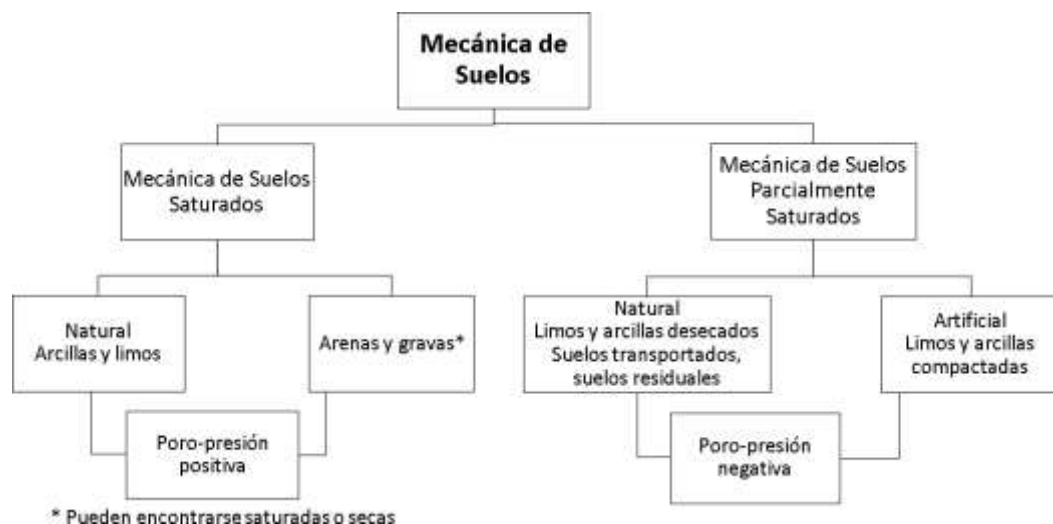


Figura 1: Categorización de la mecánica de suelos (Fredlund et al, 1993)

La mayor parte del comportamiento que experimenta un suelo parcialmente saturado está relacionado a la deformación volumétrica debido a la variación del grado de saturación, tales son los casos del fenómeno de colapso (deformación positiva) y expansión (deformación negativa) en suelos, para lo cual se ha tratado de resolver y estudiar cada fenómeno de manera separada. Sin embargo, los mismos autores proponen un estudio global de los suelos parcialmente saturados desde la perspectiva del comportamiento controlado por la succión. (Barrera et al, 2002)

2.2.1 Succión en suelos parcialmente saturados

La succión está asociada a la capacidad del suelo para absorber y retener agua y permite explicar porque existe agua por encima del nivel freático. Es por ello que, en un suelo parcialmente saturado, la succión total representa el potencial de agua en el suelo y puede ser expresada como la sumatoria de la succión matricial y la succión osmótica como se muestra a continuación:

$$\Psi = S_m + S_o$$

El primer término de la expresión es la succión matricial, la cual está asociada a los fenómenos capilares que ocurren en el suelo inmediatamente por encima del nivel freático generando el ascenso del agua, en esta zona se producen presiones negativas del agua con respecto al aire debido al cambio en la humedad relativa. Por otra parte, el segundo término es la succión osmótica, la cual corresponde al cambio en la humedad relativa provocado por la composición química del agua.

Según Fredlund et al., (2006) la succión matricial es el elemento clave para describir el estado tensional en la mecánica de suelos parcialmente saturados ya que está relacionada con la presión negativa de agua en los poros. En tal sentido, se considera no significativo la influencia de la succión osmótica para los fines de la mecánica de suelos parcialmente saturada.

2.2.2 Curva característica

La curva característica del suelo es la relación gráfica que se establece entre la succión y la humedad del suelo. Según Fredlund et al. (1994), la curva de retención del agua en el suelo puede ser definida como la variación de la succión con la capacidad de retención del agua en los macro y micro poros del suelo. La naturaleza de esa relación está directamente asociada a la granulometría y mineralogía del suelo.

La curva característica tiene tres aspectos fundamentales que conforman su función del contenido volumétrico de agua, las cuales se muestran en la Figura 2 y se describen a continuación:

- el valor de entrada del aire, que representa el valor máximo de la succión matricial del suelo antes de que este comience a desaturarse.
- el coeficiente de compresibilidad del volumen, que corresponde a la pendiente de la función del contenido volumétrico de agua en el intervalo de presión positiva de agua en los poros y describe cuanto se expandirá o

contraerá el volumen de un suelo parcialmente saturado para un cambio de presión de poros,

- el contenido de agua residual, que representa el valor de succión a partir del cual un aumento muy significativo de la succión apenas reduce la humedad.

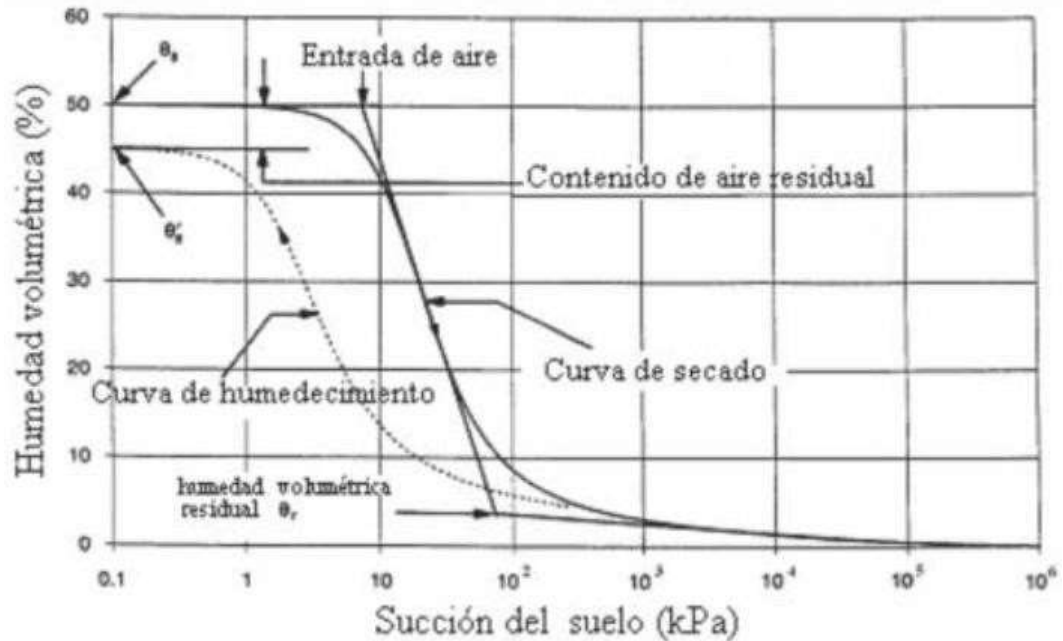


Figura 2: Elementos de la curva característica del suelo (Alfaro, 2004)

Adicionalmente, Geo-Slope (2012), de forma teórica, definió algunas curvas características para arcilla, limo, arena como se muestra en la Figura 3, en donde se observa que en los suelos arcillosos la salida de agua es más lenta y en los suelos arenosos, el agua drena más rápido, lo cual es congruente con el tamaño de granos de cada tipo de suelo.

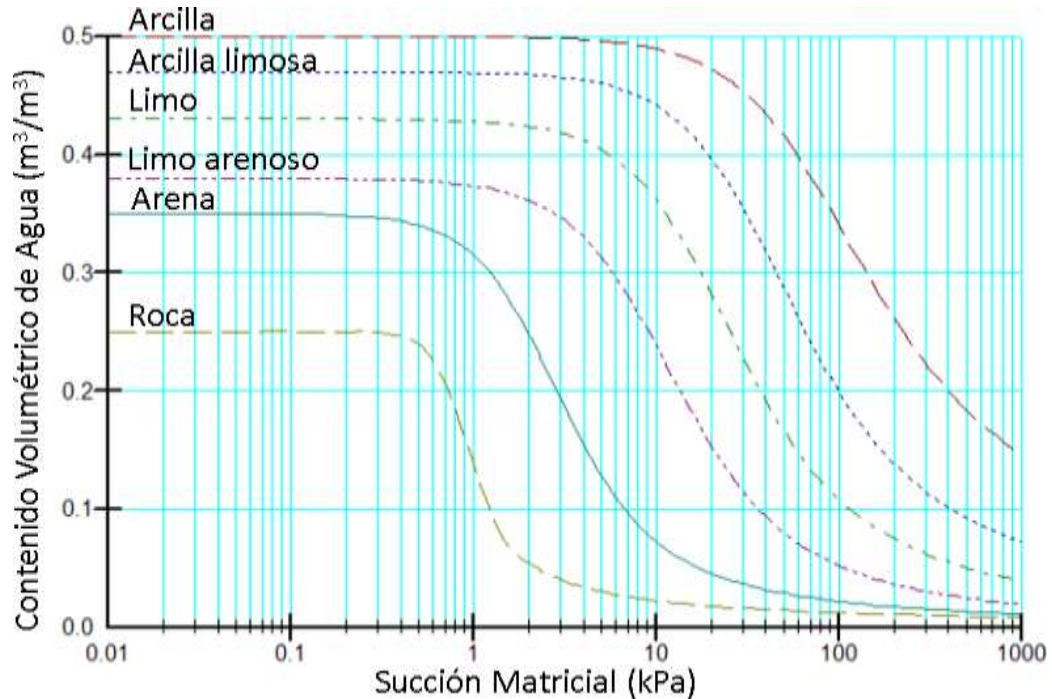


Figura 3: Curvas características teóricas según el tipo de suelo (Geo-Slope, 2012)

2.2.3 Métodos de simulación de la curva característica del suelo

De acuerdo a D. G. Fredlund & Rahardjo (1993), la obtención de la curva característica es vital para resolver problemas de la mecánica de suelos parcialmente saturado ya que a partir de ella se pueden inferir otras propiedades como la función de la conductividad hidráulica, contenido volumétrico de agua y la resistencia cortante.

Las curvas características pueden ser obtenidas de manera experimental mediante ajustes de curvas para corregir las irregularidades que puedan producirse en la data obtenida en laboratorio, en la Tabla 1 se muestran algunos métodos de ajuste de curva característica que también están incluidos en el módulo SEEP/W del software Geostudio.

Para el presente trabajo se emplearán los métodos propuestos por Van Genuchten (1980) y Kovac Modificado (Aubertin et al., 2003), los cuales brindan un ajuste y calibración adecuada al modelo geotécnico.

Tabla 1: Métodos para simular la curva característica

Autores	Ecuación	Parámetros
Van Genuchten (1980)	$\Theta_w = \Theta_r + \frac{\Theta_s - \Theta_r}{\left[1 + \left(\frac{\Psi}{a}\right)^n\right]^m}$	Θ : Contenido volumétrico de agua Ψ : Succión Matricial a, m, n : parámetros de ajuste de curva
Fredlund & Xing (1994)	$\Theta_w = C_\Psi \frac{\Theta_s}{\left\{\ln \left[e + \left(\frac{\Psi}{a}\right)^n \right]\right\}^m}$	Θ : Contenido volumétrico de agua Ψ : Succión Matricial C_Ψ : Factor de corrección a, m, n : parámetros de ajuste de curva
Kovacs Modificado (Aubertin et al., 2003)	$S_r = \frac{\Theta_w}{n} = S_c + S_a^* (1 - S_c)$ $S_a^* = \langle 1 - S_a \rangle + 1$ $S_a = a C_\Psi \frac{\left(\frac{h_{co}}{\Psi_n}\right)^{2/3}}{e^{1/3} \left(\frac{\Psi}{\Psi_n}\right)^{1/6}}$ $S_c = 1 - \left[\left(\frac{h_{co}}{\Psi}\right)^2 + 1 \right]^m \exp \left[-m \left(\frac{h_{co}}{\Psi}\right)^2 \right]$	S_r : Grado de Saturación S_c : Grado de Saturación debido a la fuerza capilar S_a : Grado de saturación debido a la adhesión n : porosidad e : relación de vacíos h_{co} : ascenso capilar medio según granulometría a, m : parámetros de ajuste de curva

Por otra parte, la succión del suelo o poro presión negativa tiene el efecto de agregar resistencia al suelo. De la misma forma que las presiones intersticiales positivas disminuyen la tensión efectiva y por tanto disminuyen la resistencia al corte, las presiones intersticiales negativas aumentan la resistencia al corte

En tal sentido, la resistencia al corte para suelos parcialmente saturados que consideran la influencia de la succión es posible obtenerse mediante la siguiente ecuación:

$$\tau = c' + \sigma \tan(\phi') + \Psi \tan(\phi_b)$$

Donde:

- c', ϕ' : Cohesión y ángulo de fricción efectivos;
 Ψ : Succión Matricial;
 ϕ_b : Ángulo que define el aumento de resistencia debido a la presión intersticial negativa

En la ecuación, el valor de ϕ_b está relacionado con la presión intersticial, en tal sentido a medida que el suelo se desatura, ϕ_b disminuye. Más específicamente, ϕ_b está relacionado a la curva característica del agua del suelo. Asimismo, Vanapalli et. al. (1996) realizó una investigación para cuantificar mejor la resistencia al corte parcialmente saturado de un suelo utilizando la curva característica suelo-agua y los parámetros efectivos de resistencia al corte, formulando la siguiente ecuación:

$$\tau = c' + \sigma \tan(\phi') + \Psi \left(\frac{\theta_w - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} \right) \tan(\phi_b)$$

Donde:

θ_w , θ_s , θ_r : Contenido volumétrico de agua, en su condición saturada y residual respectivamente, las cuales son obtenidas en la curva característica.

Cabe mencionar que la ecuación antes mencionada esta implementada en el módulo Slope/W del software Geostudio, lo cual permite simular la resistencia del suelo parcialmente saturado.

2.3 PRESAS DE TIERRA – CLASIFICACIÓN

Las presas de tierra son denominadas a todas las que se construyen con elementos naturales que pueden ser muy variables como gravas, arenas, arcilla, etc., y son conformadas artificialmente mediante la compactación de los materiales obtenidos de la explotación de canteras que cumplan ciertos criterios de aceptación. Asimismo, de acuerdo a la geometría de la presa empleada y otros criterios de infiltración y estabilidad física, esta puede estar conformada por varios materiales, cada uno con una misión, con propiedades mecánicas e hidráulicas distintas.

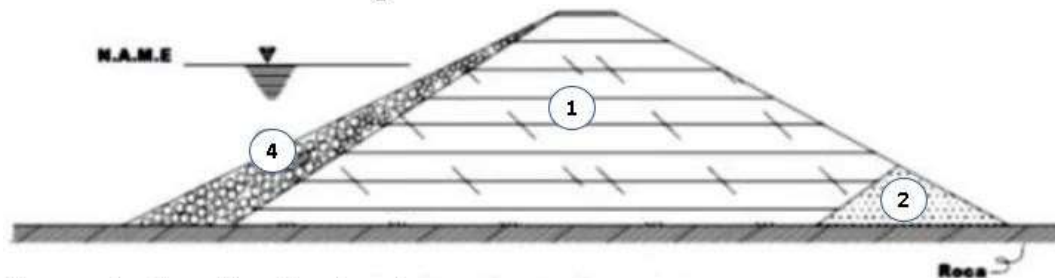
De acuerdo con Novoa & Horta (1987) la sección de una presa de tierra de acuerdo a los materiales utilizados puede ser:

- Sección homogénea: Están constituidas por un solo tipo de material (arcilla, arena arcillosa, limo, etc.) y por otros materiales que no contribuyan a la estabilidad de la presa como el enrocamiento en el talud aguas arriba y la protección de la corona
- Sección graduada: Las presas con este tipo de sección están formadas por distintos materiales en un orden determinado y con espesor definido.

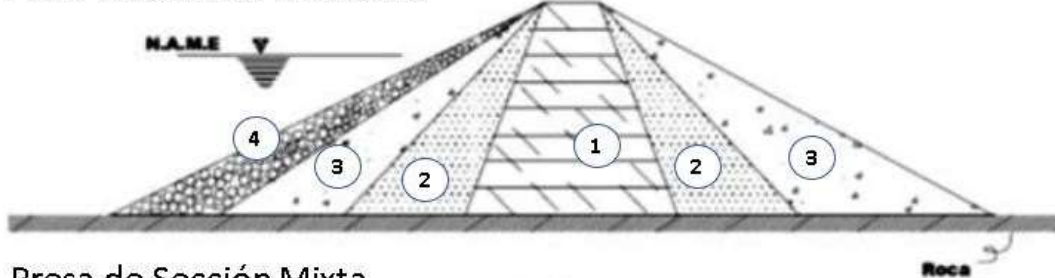
Pueden ser de pantalla o de núcleo dependiendo de la posición del material impermeable (arcilla).

- Sección mixta: Son presas que constan de dos materiales: uno impermeable y otro resistente, con capas de filtro entre uno y otro. Pueden ser también de pantalla y de núcleo.

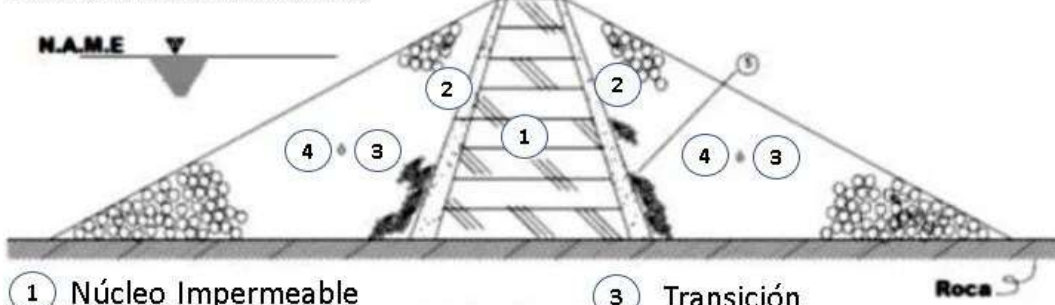
Presa de Sección Homogénea



Presa de Sección Graduada



Presa de Sección Mixta



- | | |
|------------------------------------|----------------|
| ① Núcleo Impermeable | ③ Transición |
| ② Material permeable bien graduado | ④ Enrocamiento |

Figura 4: Clasificación de presas de tierra (Novoa & Horta, 1987)

Adicionalmente, para el diseño de una presa de tierra, es necesario contemplar el drenaje, debido a que hace bajar la línea de saturación, aleja el nivel piezométrico del talud aguas abajo, disminuye el gradiente en esa zona y reduce las presiones intersticiales, siendo su único defecto es que incrementa la filtración, pero esto es de menor importancia, dado el gran margen de impermeabilidad que tienen las presas con núcleo.

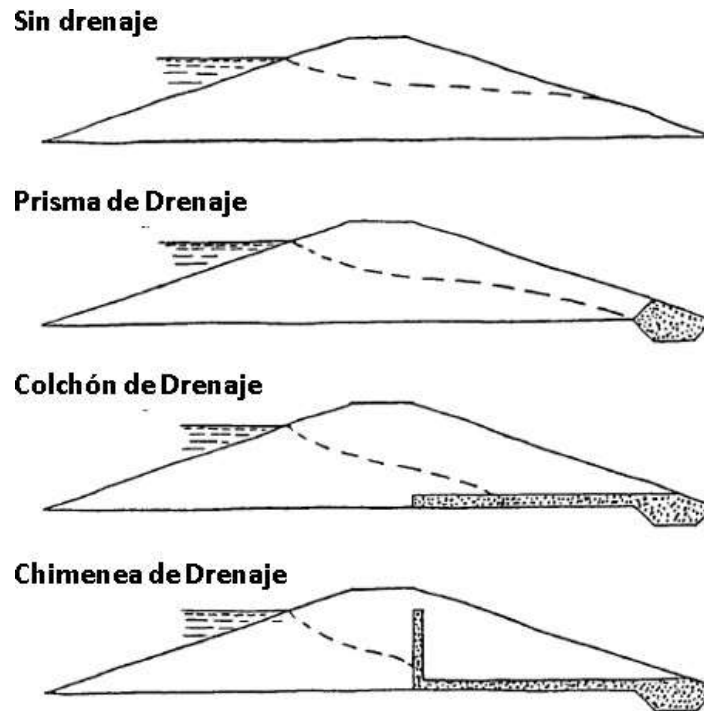


Figura 5: Tipo de drenaje en presas de tierra (Spada, 1994)

La presa evaluada en el presente trabajo corresponde a una presa de sección graduada con filtro tipo chimenea a ambos lados del núcleo impermeable que también tiene la función de filtro.

2.4 INFILTRACIÓN EN PRESAS DE TIERRA

Todas las presas de tierra presentan un flujo de agua filtrado a través de la presa misma o por su cimentación, teniendo el siguiente efecto:

- Pérdida o salida parcial de agua
- Aumento de la presión de poros que conduce a la reducción en la resistencia al corte de los materiales que se encuentren saturados,
- Arrastre de las partículas finas del cuerpo de la presa a través del paso del agua, que en consiguiente puede generar un riesgo de erosión interna progresiva, a este fenómeno se le denomina tubificación o *piping*.

Para simular la infiltración a través del cuerpo de una presa de tierra es necesario definir condiciones de frontera para reproducir las condiciones reales y las propiedades de permeabilidad que presentan los materiales por donde pasará el flujo de agua o línea piezométrica, la cual representa la línea en donde la presión de agua es 0 KPa.

2.4.1 Concepto de la red de flujo y línea piezométrica

La red de flujo generada por la infiltración del flujo de agua está compuesta por líneas equipotenciales y líneas de flujo (ver Figura 6), de las cuales las primeras unen los puntos con una misma carga hidráulica y la segunda representa la trayectoria física que sigue el agua a través de la región de flujo en un régimen permanente desde la zona de mayor potencial a la zona de menor potencial.

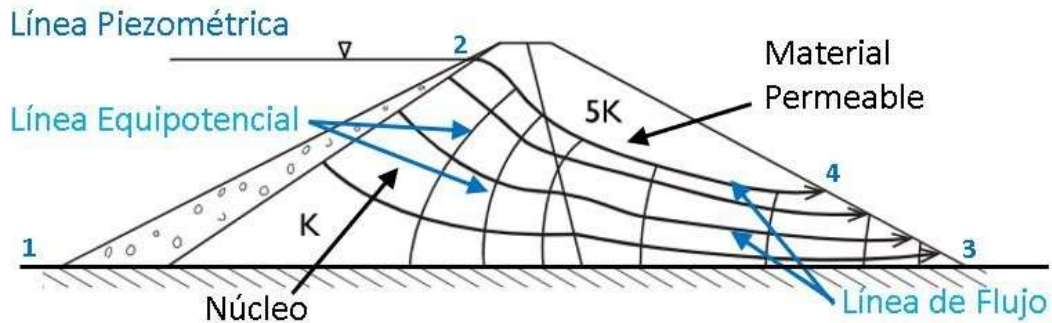


Figura 6: Red de flujo en presa de tierra con núcleo

De acuerdo con la Figura 6, la línea 2-4 divide la región del suelo saturado con la región del suelo en estado seco, salvo la estrecha región capilar. A esta línea se le denomina Línea Piezométrica y es a la vez una línea de flujo y una línea equipotencial donde todas las presiones son iguales a cero.

La línea piezométrica, puede ser determinada mediante soluciones analíticas para el caso de presas de material homogéneo, una primera solución fue propuesta por Dupuit en 1863, quien plantea de manera genérica que la línea piezométrica tiene una forma parabólica dentro del cuerpo de la presa (ver Figura 7) basándose principalmente en la geometría de la presa y en la ley de Darcy.

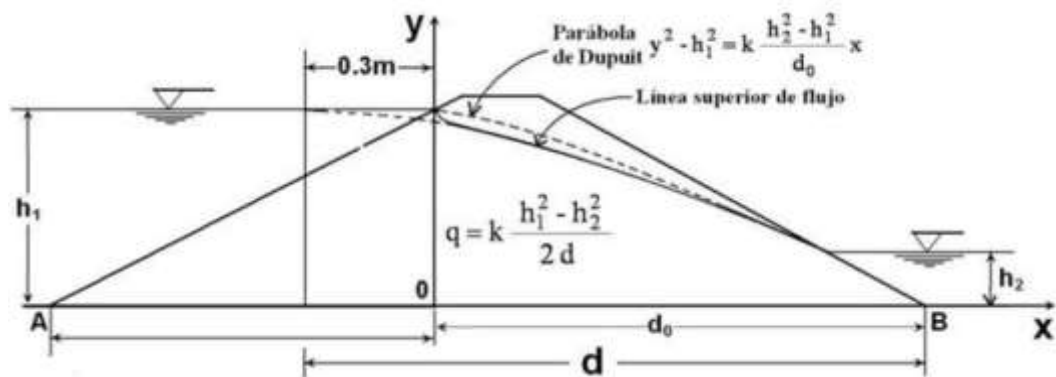


Figura 7: Línea piezométrica según la ecuación de Dupuit (Das, 2008)

Posteriormente, Schaffernak & Van Iterson en 1916 proponen otra formulación (ver Figura 8) manteniendo la hipótesis de Dupuit, dado que la formulación de Dupuit no satisface la condición de salida para tirante cero en la cara aguas abajo.

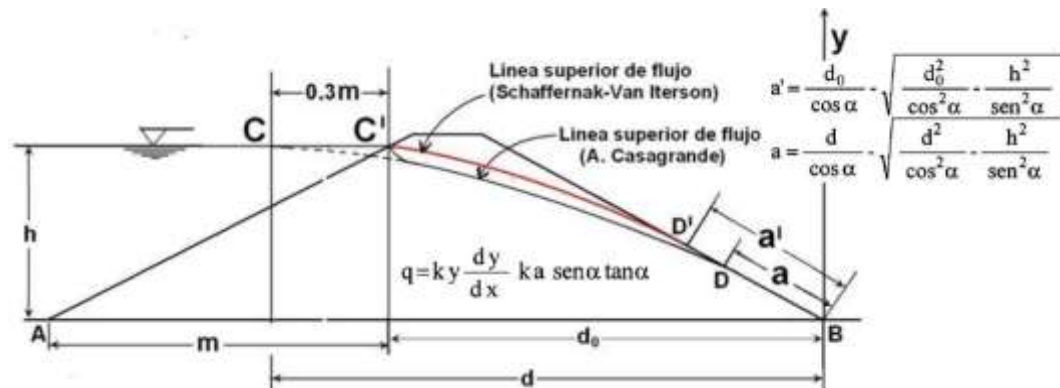


Figura 8: Línea piezométrica según la ecuación de Schaffernak & Van Iterson (Das, 2008)

Para el análisis de infiltración de presas más complejas o compuesto por varios materiales de distinta permeabilidad, se propone el empleo de métodos de elementos finitos que permite resolver el sistema de ecuaciones matricialmente y determinar la red de flujo de manera más exacta, para el presente trabajo se utilizará el módulo SEEP/W del software Geostudio.

2.4.2 Influencia de la capilaridad

El efecto de la capilaridad introduce en la realidad ciertas correcciones a la red de flujo, debido a la posible ascensión de la superficie libre de agua. Se sabe que en suelos con finos los niveles de capilaridad pueden mantenerse algunos metros por encima del nivel estático, pero en arcillas pueden alcanzar valores mayores.

Este efecto en presas puede ser mínimo debido a que la succión capilar suele venir acompañada por un descenso de la humedad e ingreso de aire progresivo, es por ello que la capa capilar no se encuentra saturada, pero si puede presentar un porcentaje de saturación cercano a una condición saturada.

2.5 ESTABILIDAD DE TALUDES

La estabilidad de taludes es influenciada por varios factores y una evaluación completa de la estabilidad considera los efectos de cada uno de estos. La geología, hidrología, topografía y las características de los materiales, todos ellos influyen en la estabilidad del talud (Kramer, 1996).

2.5.1 Métodos de análisis de estabilidad física

Existen diversas metodologías para analizar la estabilidad global de un talud, siendo el método de equilibrio límite uno de los más empleados y que ha sido bastante estudiado demostrando así buenos resultados en su análisis, el cual se basa en la resistencia al deslizamiento de un talud, tomando en cuenta condiciones de equilibrio, la resistencia del suelo entre otros factores externos que son representados en función de fuerzas.

Los métodos de equilibrio límite (MEL) asocian cada superficie de falla con un factor de seguridad, el cual representa una de fuerzas actuantes y resistentes, por ende, el deslizamiento ocurre cuando las fuerzas resistentes son menores que las fuerzas actuantes o de volcamiento.

Para el análisis de estabilidad global de talud se requiere definir valores mínimos de factor de seguridad, siendo los valores recomendados de 1,50 en condición estática y 1,00 en condición pseudoestática. No obstante, según Van Westenn (1994), el valor del factor de seguridad no debe ser usado como un valor absoluto sino como un valor indicativo que se permita evaluar diferentes escenarios de superficies de deslizamiento.

Para el análisis de estabilidad de taludes según el MEL, existen varios métodos definidos por diversos autores, los cuales varían según las consideraciones de equilibrio de fuerzas y momentos. En la Tabla 2 se resumen las consideraciones de cada método, mientras que en la Tabla 3 compara los métodos según sus consideraciones de equilibrio.

Tabla 2: Métodos de análisis de estabilidad de taludes

Método	Superficie de Falla	Hipótesis
Fellenius (1927)	Circular	No considera fuerzas entre dovelas
Bishop Simplificado (1955)	Circular	La fuerza resultante entre las dovelas es horizontal, es decir no considera esfuerzos de corte entre dovelas
Janbu Simplificado (1968)	Cualquier superficie de falla	Similar al método de Bishop. No obstante, considera un factor de corrección f_0 para considerar las fuerzas tangenciales

Método	Superficie de Falla	Hipótesis
Lowe & Karafiath (1960)	Cualquier superficie de falla	Asume que la inclinación de las fuerzas entre dovelas esta inclinada en un ángulo promedio de la superficie del terreno y la base de la dovela.
Morgenstern & Price (1968)	Cualquier superficie de falla	La dirección de fuerzas resultantes entre dovelas se define según una función arbitraria
Spencer (1967)	Cualquier superficie de falla	Asume que la inclinación de las fuerzas laterales son las misma para cada dovela.

Fuente: Adaptado de Duncan & Wright (2005)

Según la Tabla 3, se observa que los métodos que cumplen el equilibrio tanto en fuerzas como en momentos son Spencer y Morgenstern & Price. En tal sentido, para el presente trabajo se empleó el método de (Morgenstern & Price, 1968).

Tabla 3: Comparación del factor de seguridad

Método	Factor de Seguridad basado en	
	Eq. Fuerzas	Eq. Momentos
Fellenius (1927)		X
Bishop Simplificado (1955)		X
Janbu Simplificado (1968)	X	
Lowe & Karafiath (1960)	X	
Morgenstern & Price (1968)	X	X
Spencer (1967)	X	X

Fuente: Adaptado de Duncan & Wright (2005)

2.5.2 Análisis de estabilidad pseudoestático

El método de Equilibrio Límite contempla el análisis de cargas dinámicas monotónicas, mediante la evaluación en condiciones pseudo-estáticas, consiste en adicionar una fuerza horizontal equivalente al peso de la masa a deslizarse multiplicado por un coeficiente sísmico lateral. (Ver Figura 9). Esta metodología

tiene limitaciones debido a que las estructuras de tierra y taludes se comportan como cuerpos deformables y su respuesta a la excitación sísmica depende de los materiales, de la estructura, de la geometría, de la naturaleza del movimiento, etc., como se evidencia en ensayos a escala natural y en las observaciones de la respuesta durante los sismos pasados. Otro inconveniente es que las fuerzas de inercia horizontales no actúan permanentemente en una dirección, por el contrario, fluctúan tanto en magnitud como en dirección. En consecuencia, si el factor de seguridad obtenido del análisis de estabilidad toma valores menores que la unidad, este no será evidencia necesaria de que el talud sufrirá una súbita inestabilidad, por otra parte, puede representar que dicho talud simplemente sufra algunas deformaciones de tipo permanente.

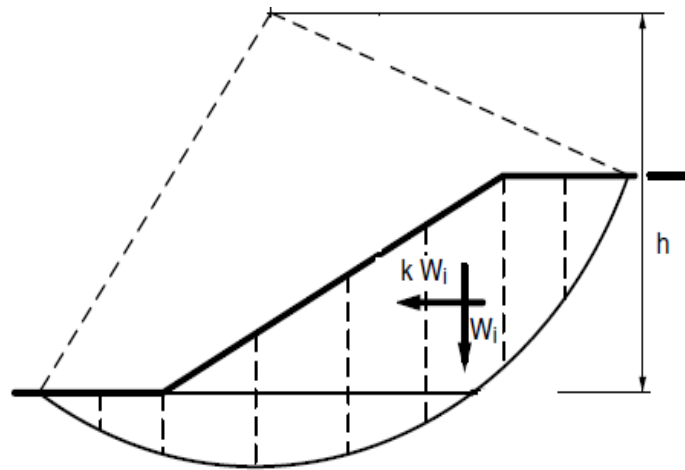


Figura 9: Representación del sismo en el análisis pseudoestático (Duncan & Wright, 2005)

De acuerdo con la literatura técnica, existen diversos métodos para calcular el valor del coeficiente sísmico, los cuales se indican en la Tabla 4. Sin embargo, para el presente trabajo se empleó la recomendación de USACE (2003) la cual es aceptada a nivel internacional mediante la correlación propuesta por Hynes-Griffin & Franklin (1984).

Tabla 4: Coeficiente sísmico para el análisis pseudoestático

Autor	FS_{PSD} mínimo	Kh	Consideraciones
Terzaghi (1950)	1.00	$Kh = 0.10$ $Kh = 0.25$ $Kh = 0.50$	Sismo Severo Sismo Violento Sismo Catastrófico

Autor	FS_{PSD} mínimo	K_h	Consideraciones
Seed (1979)	1.15	$K_h = 0.10$ $K_h = 0.15$	$M \leq 6.5$ $M \leq 7.5$
USACE (2003) - Hynes & Franklin (1984) *	1.00	$K_h = 0.5 \times PGA$	$M \leq 8.3$ $D \leq 1.0 \text{ m}$
Pyke (1991)	1.00	$K_h = 0.20 \times PGA$ $K_h = 0.26 \times PGA$ $K_h = 0.33 \times PGA$ $K_h = 0.44 \times PGA$	$M \leq 6.5$ $M = 7.0$ $M = 7.5$ $M = 8.0$
Saragoni (1993)	1.00	$K_h = 0.3 \times PGA$ $K_h = 0.2 \times PGA^{0.2}$	$PGA \leq 0.67 \text{ g}$ $PGA > 0.67 \text{ g}$

Nota:

(*) USACE (2003) recomienda el uso del método de Hynes & Franklin (1984) para la obtención del coeficiente sísmico horizontal.

CAPÍTULO III: GEOLOGÍA Y SISMICIDAD

3.1 GEOLOGÍA

El área en donde se emplaza el embalse presenta una morfología que corresponde a una incisión volcánica en “V” compuesta por un valle extendido de baja a moderada pendiente en sus laderas y con ondulaciones de poca altura en el interior del valle; sus características geológicas se detallan a continuación.

3.1.1 Geología regional

La zona de estudio se ubica en la franja volcánica de la región Cajamarca, dentro del cuadrángulo Chota (14f) según el INGEMMET, en la que predomina la formación del Grupo Calipuy, la cual comprende rocas de origen volcanoclástico, consistentes en una secuencia de tufos, tobas y lavas, de naturaleza andesítica, dacítica y riolítica, pertenecientes a las formaciones Llama y Porculla de la edad cenozoico terciario. *El volcánico Llama es el inferior y consiste mayormente en andesitas con algunas intercalaciones dacíticas. El Volcánico Porculla es el superior y se encuentra cubriendo discordantemente al Volcánico Llama, está compuesto por dacitas y andesitas.* (Wilson, 1984)

En los alrededores del área del proyecto, también se presentan depósitos piroclásticos y suelos residuales producto de la meteorización de la roca base.

3.1.2 Geología local

De acuerdo al mapeo geológico geotécnico y a las investigaciones geotécnicas realizadas, la geología a nivel de terreno natural dentro de la zona de estudio está conformado por cobertura vegetal y material orgánico con horizontes arcillosos, húmedos a saturados de consistencia pastosa, depósitos de bofedales, suelo hidromorfo color negro con gran cantidad de orgánicos y transiciones limosas muy saturadas; por debajo se encuentra el basamento rocoso volcánico, conglomerado basal, abigarrado con transiciones dacíticas y tobas porfiríticas. El mapeo geológico en planta y sección de la zona de estudio se puede observar en la Figura 11 y Figura 12 respectivamente.

3.2 SISMICIDAD

Perú se encuentra ubicado en una zona de alta sismicidad debido a la cercanía con el cinturón de fuego y a la interacción de las placas de Nazca y Sudamericana, la cual ha ocasionado la formación de cadenas montañosas debido a la

subducción de la placa de Nazca a una velocidad aproximada de 5 a 10 cm/año. La zona de estudio se encuentra ubicada sobre la cordillera occidental de los Andes, en donde los focos sísmicos por debajo de esta zona se encuentran principalmente entre los 70 – 120 km de profundidad (sismos de profundidad intermedia a profunda), focos sísmicos superficiales se originan principalmente en las cercanías de la costa, hacia el oeste de la zona de estudio y focos muy profundos se originan en el extremo de la placa que se subduce a más de 120 km de profundidad, por debajo y hacia el este de la zona de estudio.

3.2.1 Peligrosidad sísmica

Basado en la Norma Técnica E.030 “Diseño Sismorresistente” del RNE (2018) y de acuerdo con el Mapa de Zonificación Sísmica propuesta, la zona de estudio se encuentra comprendida en la Zona 3, de alta sismicidad, habiendo ocurrido en el área cercana al Proyecto sismos de intensidades entre VII y VIII en la Escala de Mercalli Modificada.

Además, en el 2017 se estimó el sismo de diseño mediante un estudio de peligro sísmico aplicando el método determinístico y probabilístico, reportándose que para un nivel de aceleración con periodo de retorno de 475 años para un suelo Tipo B, se obtiene un valor de 0,262 g para la aceleración máxima (PGA) utilizando el método probabilístico; mientras que por el método determinístico, la aceleración en suelo tipo B (roca) para un percentil 84 se obtiene valores de 0,245 g y 0,470 g para un sismo por interfase e intraplaca respectivamente. Un resumen de los valores obtenidos en el estudio de peligro sísmico se muestra en la Tabla 5. Por otro lado, de acuerdo con la Norma E.030 (2018) para la zona 03 corresponde un factor de zona (Z) de 0,35 g.

Tabla 5: Resultados de aceleración del estudio de peligro sísmico

Estudio de peligro sísmico	Análisis probabilístico			Análisis determinístico	
	Tr = 100 años	Tr = 475 años	Tr = 1000 años	Interfase	Intraplaca
PGA (g)	0,143	0,262	0,331	0,245	0,470

3.2.2 Determinación del coeficiente sísmico

De acuerdo a la literatura técnica existente y a la recopilación de los valores de coeficientes sísmicos empleado en los últimos años en las presas de tierra y enrocado en Perú realizado por Ruesta et al. (1988), se recomienda que el

coeficiente sísmico a ser considerado en la condición pseudo-estática de diseño de taludes en estructuras de tierra, sea obtenido como una fracción que varía entre $1/3$ a $1/2$ de la máxima aceleración esperada (PGA). Esta recomendación es consistente con las recomendaciones del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (U.S. Army Corps of Engineers, 2003), quienes sugieren el uso de un coeficiente sísmico igual al 50% de la aceleración pico de diseño. En tal sentido, considerando un sismo de diseño en la zona de estudio con PGA igual a $0,35\text{ g}$, se obtiene un coeficiente sísmico igual a $0,17\text{ g}$, lo cual es concordante con el mapa de zonificación de coeficiente sísmico del Perú propuesto por Ruesta et al. (1988) para el análisis sísmico de presas pequeñas.

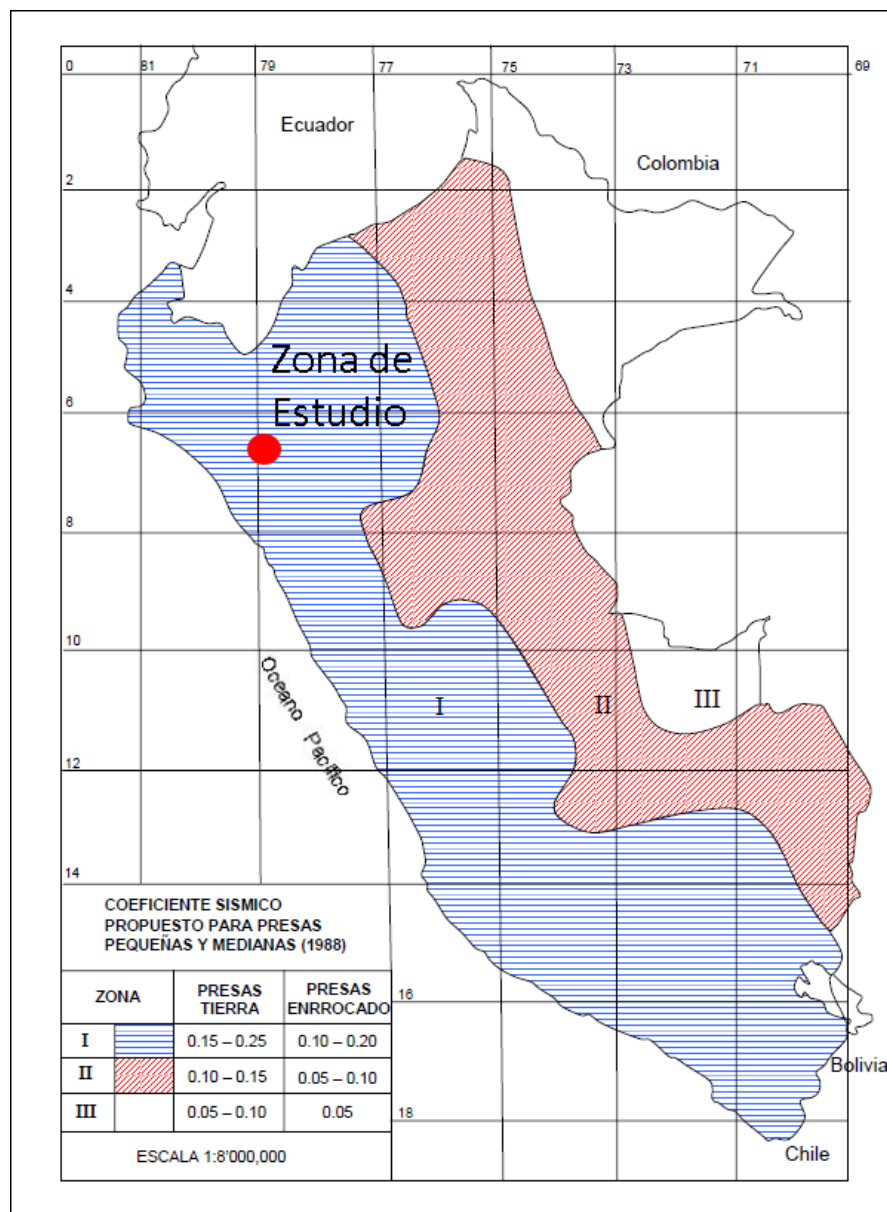


Figura 10: Zonificación del coeficiente sísmico en el Perú (Ruesta et al, 1988)

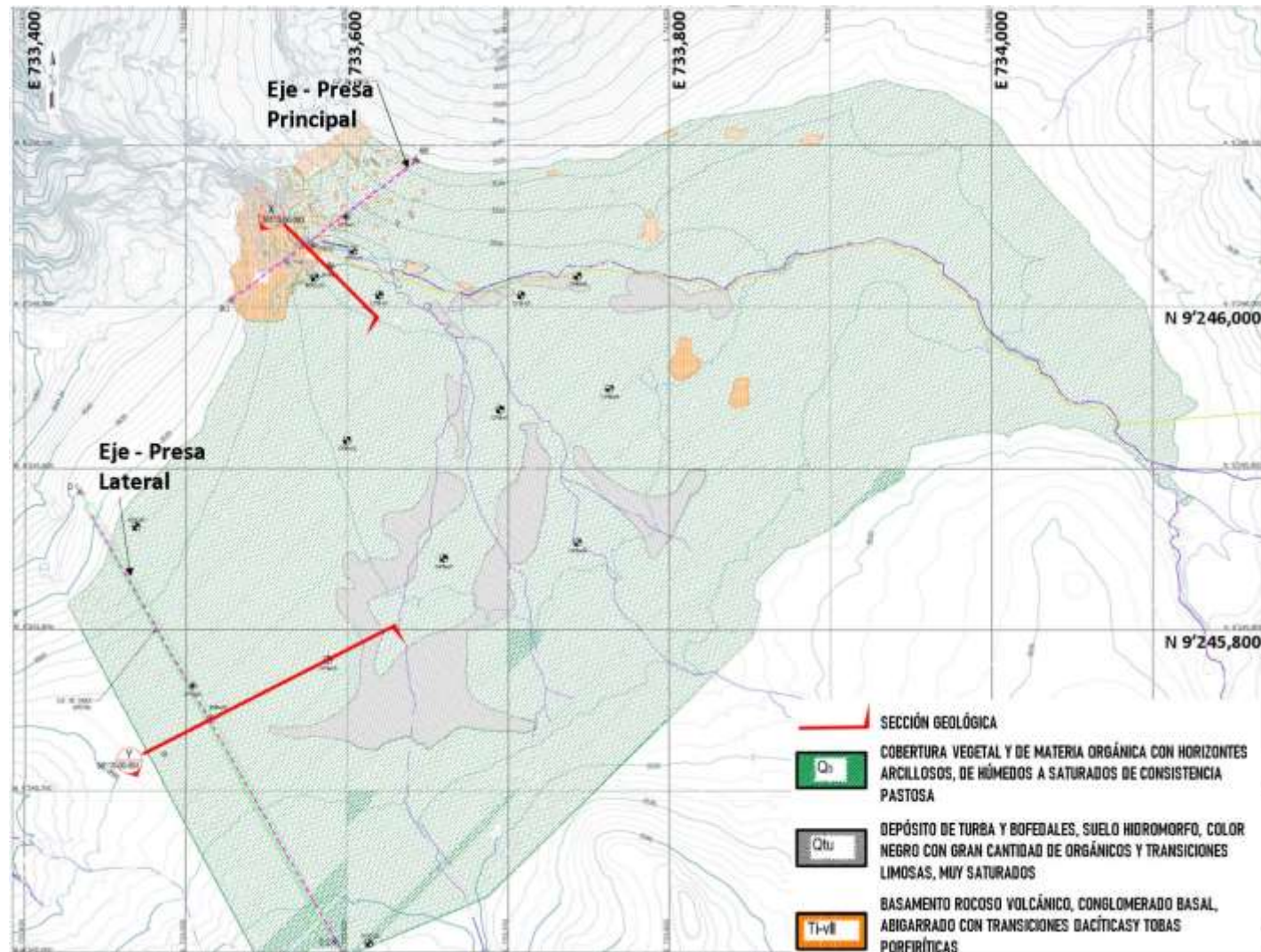


Figura 11: Mapeo geológico de la zona de estudio

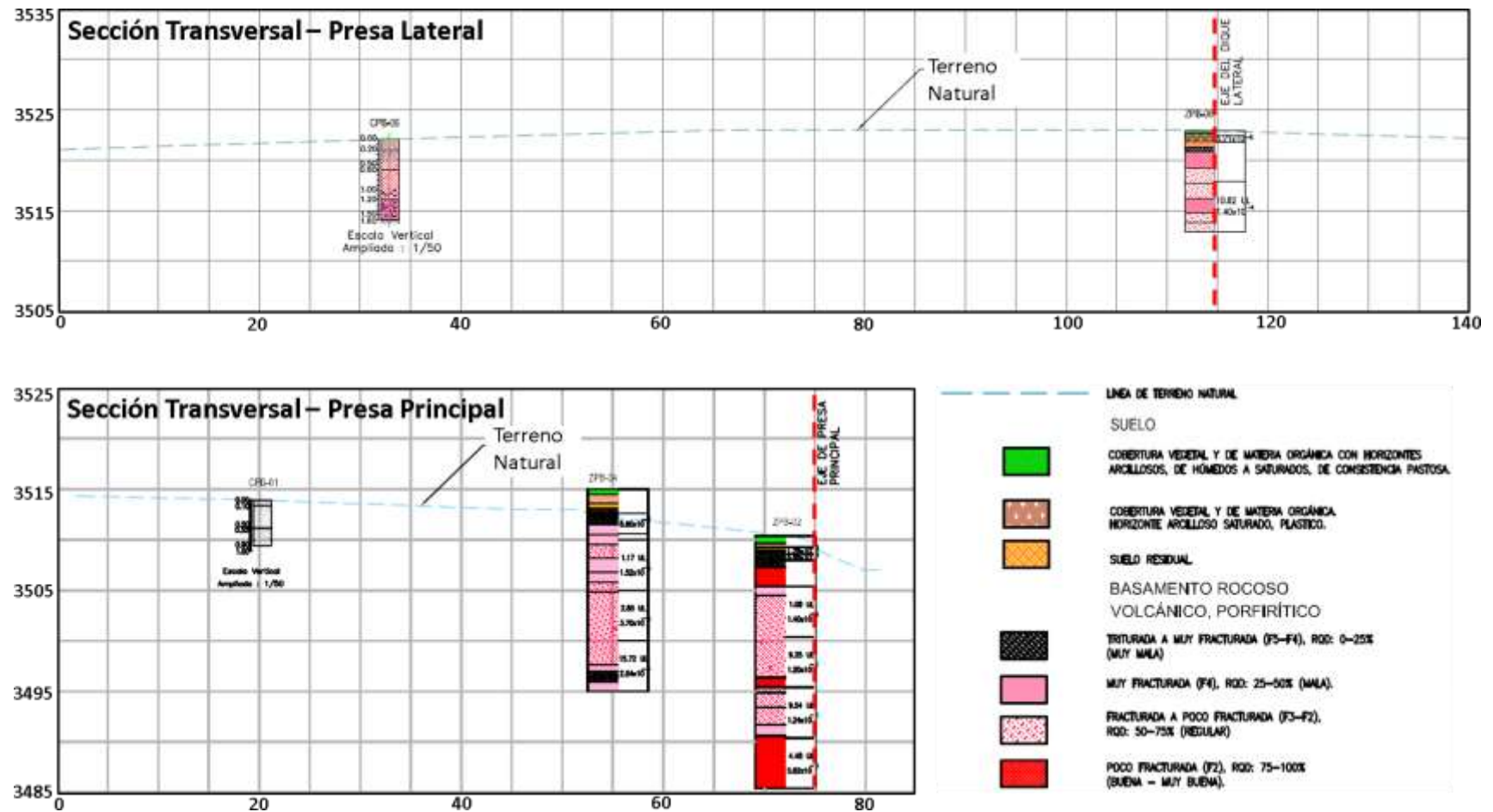


Figura 12: Sección transversal de la presa principal y presa lateral

CAPÍTULO IV: CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

Para realizar la caracterización geotécnica de los materiales que componen el modelo geotécnico, se ha revisado las investigaciones geotécnicas y ensayos de laboratorio realizadas a nivel de terreno natural antes de la construcción del embalse, así como también las realizadas en el cuerpo de la presa para una mejor caracterización de los materiales que componen la presa.

4.1 INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS

Las investigaciones geotécnicas comprenden las exploraciones geotécnicas que se realizaron entre el 2004 y 2009 como parte de la caracterización del suelo de fundación de las presas y las exploraciones y ensayos in situ realizadas durante y posterior a la construcción de las presas como parte del control de calidad de los materiales que la componen.

4.1.1 Exploraciones geotécnicas

En el área de estudio, se realizaron 01 punto de muestreo en el enrocado ubicado en el talud aguas abajo de la presa principal, 02 calicatas en la corona de la presa y 13 calicatas en la fundación de hasta 2,0 m de profundidad distribuidos en el área del vaso del embalse, y 6 perforaciones de hasta 25 m de profundidad, 4 en el eje de la presa principal y 2 en el eje de la presa lateral. La Tabla 6 resume los sondeos de exploración realizado en el área de estudio.

Tabla 6: Ubicación de las exploraciones geotécnicas

Investigaciones	ID	Coordenadas UTM		Profundidad (m)
		Este (m)	Norte (m)	
Muestreo	Enrocado	733 296	9 245 705	-
Calicatas	TP19-01	733 351	9 245 699	0,80
	TP19-02	733 332	9 245 687	0,80
	CPB-01	733 620	9 246 007	0,90
	CPB-02	733 600	9 245 917	1,20
	CPB-03	733 708	9 246 007	2,00
	CPB-04	733 695	9 245 936	1,60
Calicatas	CPB-05	733 743	9 246 019	1,70

Investigaciones	ID	Coordenadas UTM		Profundidad (m)
		Este (m)	Norte (m)	
	CPB-06	733 588	9 245 781	1,60
	CPB-07	733 660	9 245 844	2,20
	CPB-08	733 743	9 245 854	2,50
	CPB-09	733 763	9 245 949	2,50
	EPC-01	733 604	9 246 035	1,70
	EPC-02	733 580	9 246 018	1,25
	EDC-01	733 469	9 245 864	1,10
	EDC-02	733 614	9 245 606	2,00
Perforaciones de diamantina	ZPB-01	733 599	9 246 056	25,00
	ZPB-02	733 578	9 246 038	25,00
	ZPB-03	733 563	9 246 028	25,00
	ZPB-04	733 589	9 246 025	20,00
	ZPB-05	733 504	9 245 765	10,00
	ZPB-06	733 515	9 245 744	10,00

4.1.2 Ensayos In Situ

Entre los ensayos in situ que se han realizado para la caracterización de la cimentación y cuerpo de las presas, se encuentran los ensayos de densidad in situ y de permeabilidad in situ.

4.1.2.1. Densidad in situ

Los ensayos de densidad in situ se realizaron mediante el método de cono de arena (ASTM D-1556), con fines de control de calidad del estado del núcleo de la presa. Entre los años 2009 y 2010, ensayos de densidad in situ como parte del control de calidad durante la construcción de la presa, así como también en el 2019, se realizaron 02 ensayos de densidad in situ en el núcleo de la presa principal a nivel de corona para verificar la condición actual de la presa (ver Tabla 7).

De acuerdo con las Figura 13 y Figura 14, se observa que en los primeros metros de crecimiento de las presas, el núcleo está conformado por un suelo granular arcilloso con clasificación SUCS “GC” y “SC”; mientras que para las etapas de crecimiento posteriores y hasta llegar a la cresta, el núcleo está conformado por un suelo más fino con clasificación SUCS “MH”, “CH” y “SC”.

Tabla 7: Resultados de ensayo de Densidad In Situ

Zona	ID	Profundidad (m)	γ_d (gr/cm ³)	C.H. (%)	γ_h (gr/cm ³)
Presa principal (Corona)	D-1 (TP19-01)	0,80	1,505	27,7	1,921
	D-2 (TP19-01)	0,80	1,484	26,4	1,876

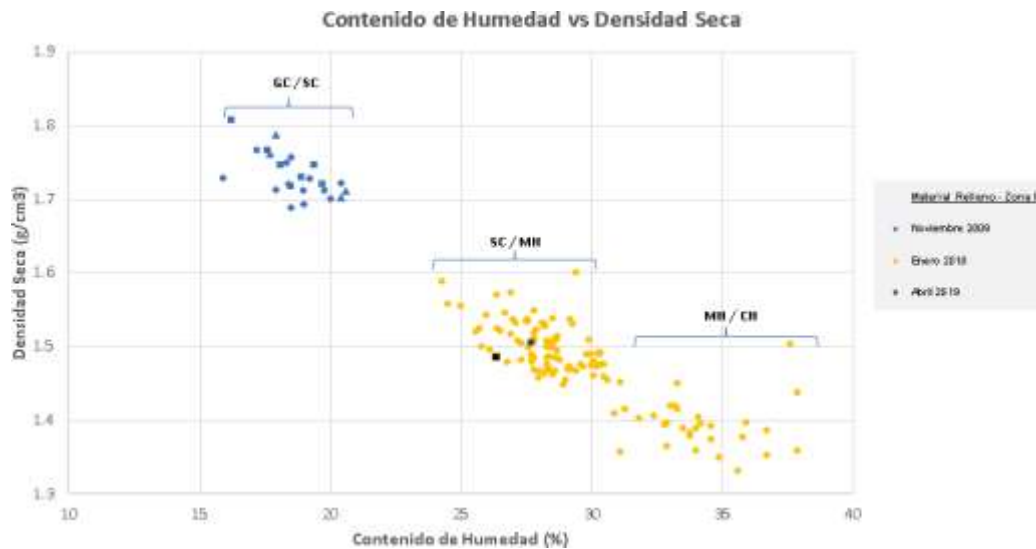


Figura 13: Resultados de ensayos de densidad in situ – Núcleo de presa principal

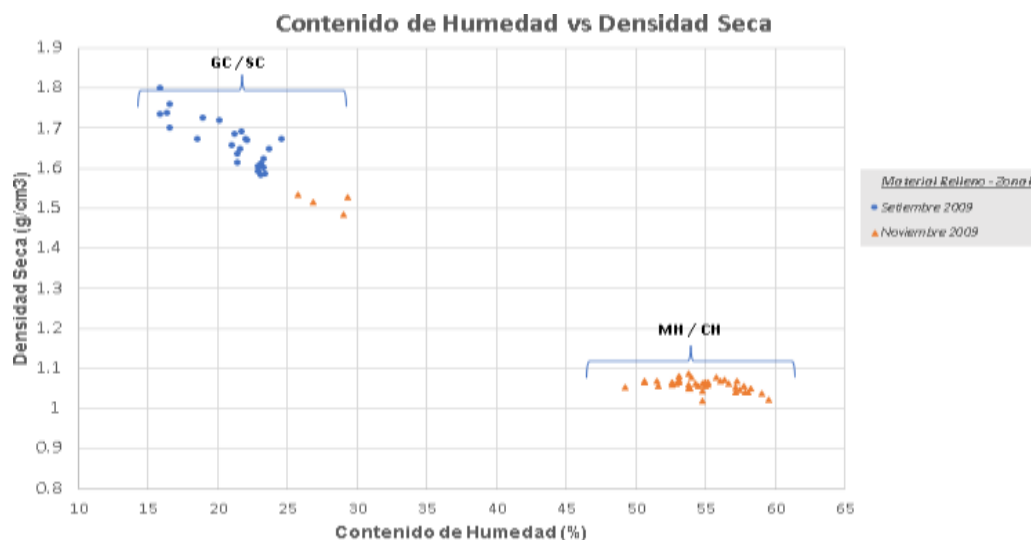
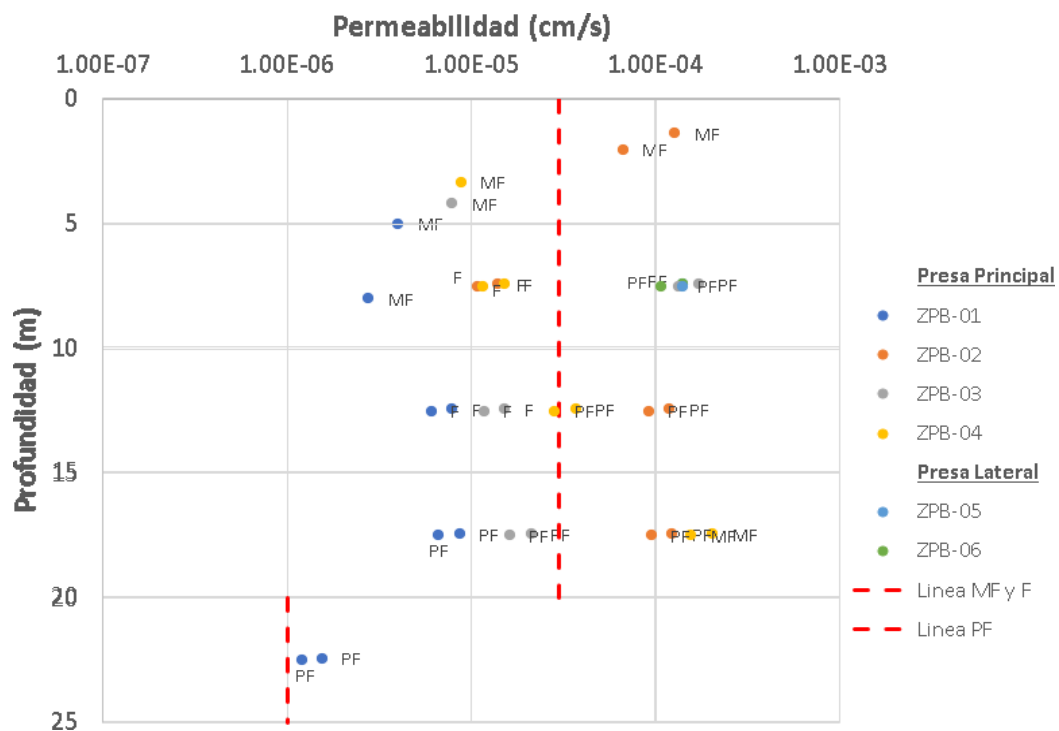


Figura 14: Resultados de ensayos de densidad in situ – Núcleo de presa lateral

4.1.2.1. Permeabilidad In Situ

Con la finalidad de evaluar las propiedades hidráulicas de los materiales de la cimentación, se realizaron ensayos de permeabilidad in situ del tipo Lefranc (ASTM D4631) y Lugeon (ASTM D4630) a ciertas profundidades de las perforaciones de diamantina. En la Figura 15 se recopila el total de ensayos de permeabilidad in situ realizados, evidenciándose una permeabilidad promedio en los primeros 20 m aproximadamente correspondiente a la roca fracturada a muy fracturada y posteriormente con una permeabilidad menor correspondiente a la roca ligeramente fracturada.



Abreviaturas: MF: Muy Fracturada; F: Fracturada; PF: Poco o ligeramente fracturada

Figura 15: Resultados de ensayos de permeabilidad in situ

4.1.3 Ensayos de laboratorio

Para determinar las características físicas, mecánicas e hidráulicas de las muestras extraídas de la presa, se realizaron una serie de ensayos de laboratorio siguiendo los lineamientos de las normas ASTM, los cuales se listan a continuación:

- Ensayos índices de mecánica de suelos:
 - Clasificación SUCS, ASTM D 2487;
 - Análisis granulométrico por tamizado, ASTM D-422;

- Análisis granulométrico por sedimentación (Hidrómetro), ASTM D-7928;
- Límites de Atterberg, ASTM D-4318;
- Contenido natural de humedad, ASTM D-2216;
- Gravedad específica de sólidos, ASTM C-127 / D 854;
- Ensayo de compactación proctor estándar, ASTM D-698;
- Ensayo de conductividad hidráulica (pared flexible), ASTM D -5084;
- Ensayo de conductividad hidráulica (pared rígida), ASTM D -2434;
- Ensayo de compresión triaxial consolidado no-drenado (CU), ASTM D-4767;
- Ensayo de compresión triaxial no-consolidado no-drenado (UU), ASTM D-2850; y
- Medición del potencial de succión de suelos utilizando papel filtro, ASTM D 5298

Cabe indicar que, la medición del potencial de succión en muestras de suelo utilizando papel filtro tiene como objetivo, la medición del contenido volumétrico de agua vs la succión.

4.1.3.1. Ensayos estándar

Los ensayos estándar se realizaron para determinar las propiedades índices de mecánica de suelos, incluyendo la clasificación del suelo, según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS); así como, las propiedades de compactación mediante el método de proctor estándar de las muestras del núcleo provenientes de la cantera durante la etapa de construcción y las obtenidas posteriormente del mismo núcleo de la presa en el 2019. En la Tabla 8 y Tabla 9 se muestran los resultados de los ensayos estándar realizados.

Tabla 8: Resultados de ensayo proctor estándar

Zona	Fecha	Sondaje	Clasif. SUCS	M.D.S. (%)	O.C.H. (%)
Presa principal (Corona)	Abril 2019	TP19-01 /M-02	SC	1,534	24,70
	Enero 2010	ZIEB-0021	CH	1,399	31,10
		ZIEB-0022	CL	1,530	25,90
		ZIEB-0024	CH	1,524	25,90
		ZIEB-0025	MH	1,536	25,48

Zona	Fecha	Sondaje	Clasif. SUCS	M.D.S. (%)	O.C.H. (%)
	Noviembre 2009	ZIEB-0026	MH	1,524	25,90
		ZIEB-0010	SC	1,780	16,32
		ZIEB-0012	MH	1,519	26,04
		ZIEB-0014	GC	1,788	16,26

Abreviaturas:

M.D.S. : Máxima densidad seca; y
O.C.H. : Óptimo contenido de humedad.

Tabla 9: Resultados de ensayo SUCS

Zona	Sondaje	Prof. (m)	Clasif. SUCS	Granulometría				Lím. At.		C.H. (%)	Gs
				G (%)	S (%)	M (%)	C* (%)	LL (%)	IP (%)		
Presa principal - Núcleo	TP19-01 /M-01	0,80	CH	9,8	38,9	51,1	0,2	62	32	26,4	-
	TP19-01 /M-02	0,70 – 0,80	SC	19,0	36,5	44,4	0,1	62	37	29,9	2,63
	Cantera	-	MH	13,8	28,0	58,2	-	55	21	-	2,59
Filtro	TP19-02 /M-02	0,50 – 0,70	GM	58,9	26,0	13,2	1,9	NP	NP	8,9	2,67

Nota: (*) Valores obtenidos mediante el análisis granulométrico por hidrómetro sin aditivo.

Abreviaturas:

Clasif. SUCS : Clasificación mediante el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
G, S, M y C : Grava, Arena, Limo y Arcilla;
Lím. At. : Límite de Atterberg
LL : Límite Líquido;
IP : Índice Plástico;
C.H. : Contenido de Humedad;
Gs : Gravedad Específica; y
Prof. : Profundidad.

4.1.3.2. Ensayos especiales

Los ensayos especiales se realizaron para determinar las propiedades mecánicas e hidráulicas del suelo, lo cual incluye ensayos de compresión triaxial, conductividad hidráulica y potencial de succión. Los resultados de los ensayos antes mencionados se encuentran en las Tabla 10 y Tabla 11.

Tabla 10: Resultados de ensayo de compresión triaxial

Zona	Sondaje	Clasif. SUCS	Tipo de Ensayo	E. efectivos		E. totales	
				C' (kPa)	ϕ' (°)	C (kPa)	ϕ (°)
Presa principal (Núcleo)	TP19-01 /M-01	SC	CU	0	19,5	1	10,9
			UU	-	-	75	14,3
	Cantera	MH	CU	32	21,0	46	17,0

Abreviaturas:

Clasif. SUCS : Clasificación mediante el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos;
 E. efectivos : Esfuerzos efectivos;
 E. totales : Esfuerzos totales;
 C.U. : Ensayo consolidado no drenado; y
 U.U. : Ensayo no consolidado no drenado

Tabla 11: Resultados de ensayo de conductividad hidráulica

Zona	Sondaje	Tipo de Ensayo	Clasif. SUCS	Peso específico (KN/m ³)	Conductividad hidráulica (cm/s)
Núcleo	TP19-01 /M-01	P. flexible	SC	13,54	7,6 E-08
Filtro	TP19-02 /M-02	P. rígida	GM	16,00	6,3 E-02
Cantera del núcleo	Cantera	P. flexible	MH	-	3,3 E-08
	C-1	P. flexible	-	18,13	9,8 E-08
	C-2	P. flexible	-	15,06	1,4 E-07

Abreviaturas:

Clasif. SUCS : Clasificación mediante el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos;
 P.flexible- : Ensayo de conductividad hidráulica mediante pared flexible; y
 P.rígida- : Ensayo de conductividad hidráulica mediante pared rígida; y

Por otro lado, para la determinación de la curva característica o curva de retención de agua del material impermeable que conforma el núcleo de la presa, se ha realizado dos sets de ensayos para medir el potencial de succión por el método de papel filtro (Whatman N°42), variando la densidad del material (1,35 g/cm³ y 1,55 gr/cm³) para simular el núcleo fino y grueso. Este ensayo se ha realizado tomando como referencia la norma ASTM D5298-16 (2016) y la metodología de Chandler et al. (1992).

La curva de calibración que emplea Chandler et al. (1992) para transformar el contenido de humedad del papel filtro, determinado mediante el ensayo de la norma ASTM en mención, a valores de succión matricial se emplea las

ecuaciones mostradas en la Figura 16, obteniéndose valores de succión matricial que se muestran en la Tabla 12 y se grafica en la Figura 17.

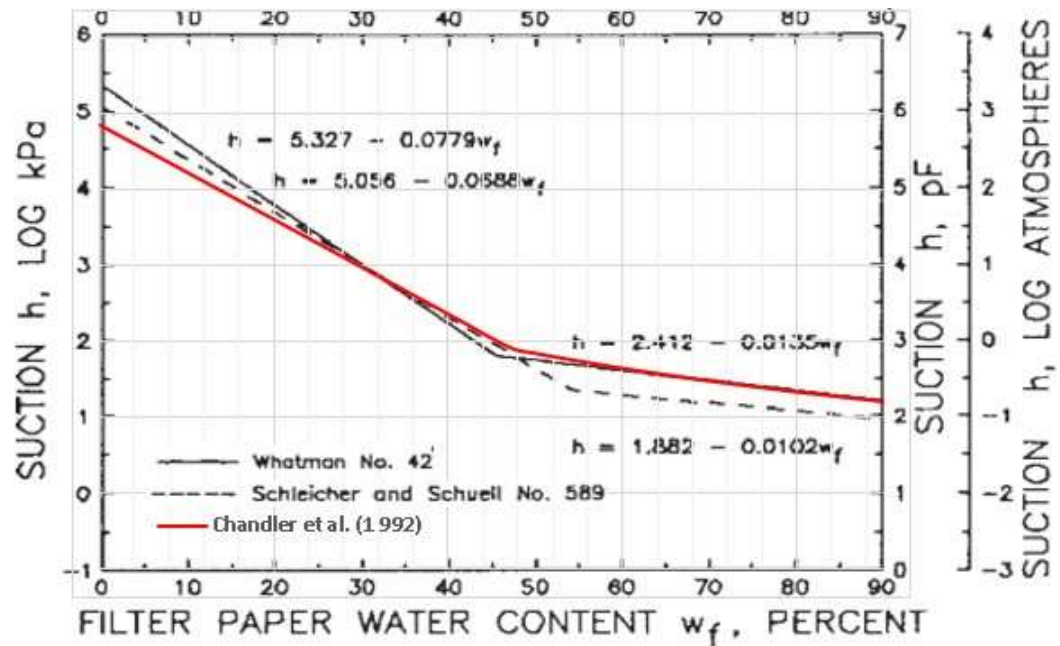


Figura 16: Calibración de la succión matricial con el contenido de agua del papel filtro

Tabla 12: Resultados de ensayo de succión matricial – Método de papel filtro

Zona ¹	Propiedades índices			Ensayo método papel filtro			
	n (%)	W (%)	S (%)	W _{wh} ²	Ψ(kPa)	θ _{lab} ³	θ _{vg} ⁴
Núcleo fino yd = 1,35 g/cm ³	49,37	32	87,3	65,74	34,81	0,43	0,485
	49,34	26	70,5	36,26	384,40	0,35	0,392
	49,21	24	69,3	24,09	2195,85	0,34	0,207
	49,20	13	36,5	18,29	5041,01	0,18	0,145
	50,38	7	18,3	8,51	20463,93	0,09	0,081
Núcleo grueso yd = 1,55 g/cm ³	41,74	23	85,4	30,98	819,13	0,36	0,323
	41,84	19	68,4	29,48	1015,08	0,29	0,300
	41,79	14	51,9	23,95	2240,32	0,22	0,211
	41,84	10	35,1	14,85	8247,65	0,15	0,105
	41,86	4	14,8	6,98	25468,27	0,06	0,056

Nota:

- (1) De acuerdo con los ensayos estándar el valor de G_s es 2.66
- (2) El valor de W_{wh} corresponde al promedio de 2 de 3 valores con menor margen de error
- (3) Los resultados del ensayo de laboratorio emplearon la formulación de Chandler et al. (1992)

(4) Contenido volumétrico de agua mediante el ajuste Van Genuchten (1980) según los parámetros indicados en la Tabla 8

Abreviaturas:

γ_d	: Densidad seca;
n	: Porosidad;
W	: Contenido de humedad del suelo;
S	: Saturación;
W_{wh}	: Contenido de humedad en el papel filtro;
Ψ	: Succión Matricial;
θ_{lab}	: Contenido volumétrico de agua – Laboratorio;
θ_{VG}	: Contenido volumétrico de agua – ajuste Van Genuchten

De acuerdo con la gráfica de contenido volumétrico y succión matricial, mostrada en la Figura 17, se identifica una tendencia en la nube de puntos, lo cual serán definida mediante curvas de ajuste que se muestran en la Figura 18.

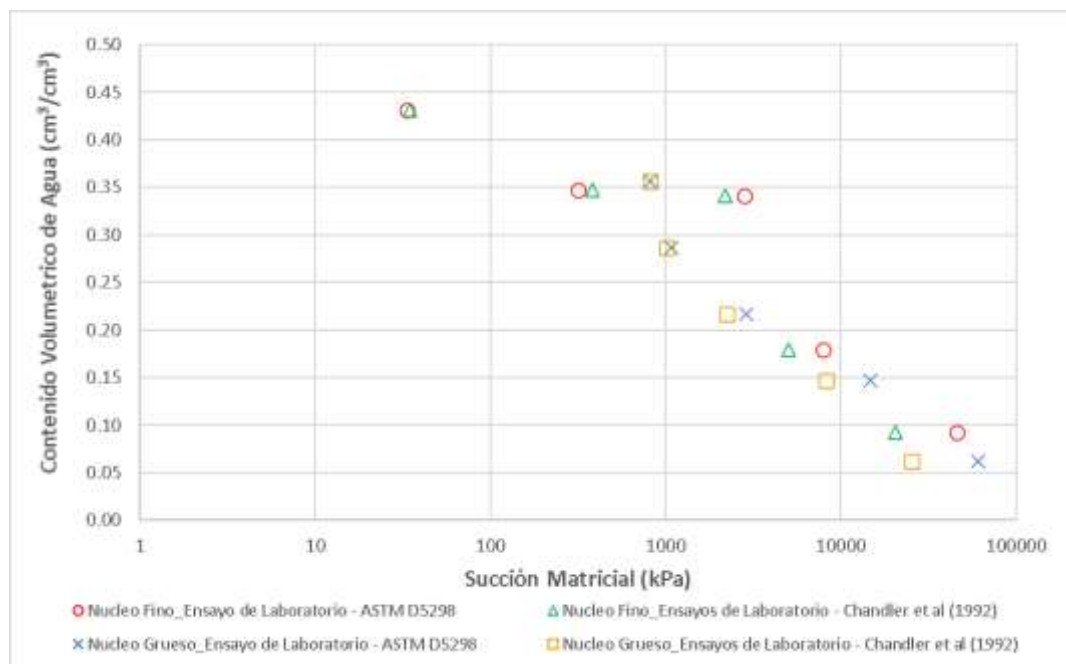


Figura 17: Gráfica del contenido volumétrico de agua según resultados de ensayo de laboratorio

4.2 DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES

Esta sección describe los principales materiales que componen la presa principal y presa lateral; así como también, el suelo y roca registrados a nivel de cimentación.

4.2.1 Fundación

De acuerdo con las calicatas y perforaciones realizadas a nivel del terreno natural, previo a la construcción de la presa, el terreno de fundación está conformado por una cobertura vegetal de hasta 0,50 m (material orgánico con horizontes arcillosos), subyace suelo residual cuyo espesor promedio varía de 1,0 a 3,0 m; por debajo, se encuentra el macizo rocoso volcánico – porfírito, cuyos primeros 5,0 m se encuentra muy fracturado con un RQD entre 0 a 25%, con clasificación RMR “Muy Mala”, sus condiciones geomecánicas tienden a mejorar con respecto a la profundidad. Aproximadamente, a 20,0 m de profundidad, la roca se encuentra ligeramente fracturada con un RQD entre 75 a 100% con clasificación RMR de “Buena a Muy Buena”.

Por otro lado, durante la construcción, la cobertura de suelo fue removido por ser un material blando no competente, así como también la roca muy fracturada de muy mala calidad que se encuentre suelta o fija, lo cual fue utilizado posteriormente como material de transición y enrocado (Zona IV y V) del cuerpo de la presa. Finalmente, la presa principal fue cimentada sobre roca fracturada a ligeramente fracturada.

Las propiedades de la roca fueron obtenidas a partir de ensayos índice realizado en los testigos obtenidos de las perforaciones de diamantina, mediante lo cual se ha obtenido un peso específico promedio de 23 kN/m^3 , y sus propiedades de resistencia fueron estimadas en base al rango del RMR que presenta el basamento rocoso, lo cual varía entre 30 a 45. En tal sentido, según el criterio de Bieniawski (1993) corresponde a un ángulo de fricción de 27° y cohesión de 150 kPa. Por otro lado, para la conductividad hidráulica se ha separado en dos tramos según la Figura 15, para la roca muy fracturada una conductividad hidráulica de $3,0\text{E-}05 \text{ cm/s}$ y $1,0\text{E-}06 \text{ cm/s}$ en la roca ligeramente fracturada.

4.2.2 Núcleo impermeable – Zona I

El núcleo impermeable o Zona I se ubica en la parte central de la presa, corresponde una barrera de baja permeabilidad para impedir el paso del agua

hacia la cara aguas abajo de la presa. Este material fue colocado con un ancho de 4 m, a cada lado del eje de la presa, y una pendiente de 1H:8V (con menor ancho en la cresta).

El material está conformado principalmente por suelo fino (limo y/o arcilla) proveniente de canteras. No obstante, de acuerdo con el dossier de calidad, los primeros metros del núcleo está conformado por grava y arena arcillosa, y la parte superior por limo, arcilla y arena arcillosa, el rango de su huso granulométrico se muestra en la Figura 19. Por otro lado, de acuerdo con el control de compactación, se registró valores altos de contenido de humedad en la parte superior del núcleo, debido a la infiltración y proximidad con la línea piezométrica que se genera en la presa (ver Figura 13 y Figura 14). Así mismo, se colocó un sello impermeable de lechada de concreto en el fondo del valle como parte del mejoramiento de la fundación.

Las propiedades de este material según los ensayos de densidad in situ presentan un peso específico que varía de 14 a 18 kN/m³ y de acuerdo con los ensayos triaxiales corresponden a una cohesión variando entre 0 a 32 kPa y de 1 a 75 kPa, un ángulo de fricción de 19,5° a 21° y de 10,9 a 17,0 kPa bajo esfuerzos efectivos y totales respectivamente, además de una conductividad hidráulica entre 1,4E-07 y 3,3E-08 cm/s, siendo menos permeable bajo un confinamiento mayor. Asimismo, se ha definido curvas características según el tipo de suelo de acuerdo a data histórica en suelos similares; según el tamaño de partículas mediante el método de Kovacs Modificado (Aubertin et al., 2003), según los parámetros mostrados en la Tabla 13; así como también según al ajuste de los resultados obtenidos en laboratorio del cálculo de succión matricial mediante el ajuste Van Genuchten (1980), según los parámetros mostrados en la Tabla 14. En la Figura 18 se muestra la comparación de las curvas características obtenidos para el núcleo fino y grueso de acuerdo con los ajustes antes mencionados.

Tabla 13: Parámetros de ajuste Kovac Modificado (Aubertin et al., 2003)

Material	θ_s	D10 (mm)	D60 (mm)	LL (%)	Ks (cm/s)
Núcleo fino	0,49	0,002	0,05	65	1E-07
Núcleo grueso	0,42	0,014	0,25	50	1E-06

Abreviaturas:

θ_s : Contenido volumétrico de agua en condición saturada
 D10 : Diámetro en la malla pasante al 10% de la curva granulométrica
 D60 : Diámetro en la malla pasante al 60% de la curva granulométrica
 LL : Límite líquido;
 Ks : Conductividad hidráulica en condición saturada;

Tabla 14: Parámetros de ajuste Van Genuchten (1980)

Material	θ_s	θ_r	n	m	a (cm H ₂ O)	Ks (cm/s)
Núcleo fino	0,49	0	1,35	0,30	2500	1E-07
Núcleo grueso	0,42	0	1,35	0,26	2500	1E-06

Abreviaturas:

θ_s : Contenido volumétrico de agua en condición saturada
 θ_r : Contenido volumétrico de agua residual
 a, n, m : Parámetros de ajuste de curva Van Genuchten (1980)
 Ks : Conductividad hidráulica en condición saturada;

4.2.3 Filtro – Zona II y III

El Filtro está conformado por dos tipos: un filtro fino o Zona II y otro filtro grueso o Zona III, los cuales se encuentra adyacentes al núcleo, tienen 1 m de ancho a cada lado del eje de la presa y una pendiente de 1H:8V (con un menor ancho en la cresta), este material forma parte de la transición entre el núcleo y el enrocado, lo cual evita que las partículas contenidas en el agua colmaten los intersticios de los materiales de mayor tamaño.

Esta zona es conformada por material granular proveniente de operaciones de chancado y zarandeo de las canteras aledañas, correspondiente a un suelo arenoso (SP) para el filtro fino y un suelo gravoso (GP) para el filtro grueso, cuyo rango granulométrico se muestra en la Figura 19.

Las propiedades de este material son asumidas conservadoramente, teniendo en cuenta que se encuentra en una condición compactada, considerándose un peso específico 18 kN/m³, una cohesión de 0 kPa debido a que es un material granular, un ángulo de fricción 32° y 35° para el filtro fino y grueso respectivamente y una conductividad hidráulica de 1,0E-03 cm/s y 1,0E-02 cm/s para el filtro fino y grueso respectivamente.

4.2.4 Transición– Zona IV

El enrocado de transición o Zona IV se encuentra adyacente a la capa del filtro grueso. Este material fue colocado a cada lado del eje de la presa considerando una pendiente de 1H:2V (con menor ancho en la cresta), este material forma parte de la transición entre el núcleo y el enrocado, lo cual evita que las partículas contenidas en el agua colmaten los intersticios de los materiales de mayor tamaño.

Esta zona está conformada por material rocoso y bolonería proveniente de operaciones de chancado y zarandeado de las canteras aledañas, correspondiente a un suelo gravoso con partículas de TM 6", cuyo rango granulométrico se muestra en la Figura 19.

Las propiedades de este material son asumidas conservadoramente, teniendo en cuenta que se encuentra en una condición compactada, considerándose un peso específico 19 kN/m^3 , una cohesión de 0 kPa debido a que es un material granular, un ángulo de fricción de 38° propio de materiales compactados con partículas de sobretamaño y una conductividad hidráulica de $1,0\text{E-}01 \text{ cm/s}$

4.2.5 Enrocado – Zona V

El enrocado del espaldón o Zona V se encuentra adyacente a la capa de transición. Este material fue colocado a cada lado del eje de la presa considerando una pendiente de 1H:1,75V (con menor ancho en la cresta). Así mismo, este material también es empleado como relleno masivo en la cimentación.

Esta zona está conformada por material rocoso y bolonería de TM 24" proveniente de operaciones de chancado y zarandeado extraído del afloramiento rocoso de los cerros aledaños a la cuenca del embalse ubicado hacia el lado este de la presa. Su rango granulométrico se muestra en la Figura 19.

Las propiedades de este material son asumidas conservadoramente, teniendo en cuenta que se encuentra en una condición compactada, considerándose un peso específico 21 kN/m^3 , una cohesión de 0 kPa debido a que es un material granular, un ángulo de fricción acorde a la curva inferior de Leps (1970), lo cual varía según el nivel de confinamiento, además se ha considerado una conductividad hidráulica de $5,0\text{E-}01 \text{ cm/s}$.

La distribución de los materiales que conforman la presa principal y lateral se muestran en la Figura 20 y Figura 21 respectivamente.

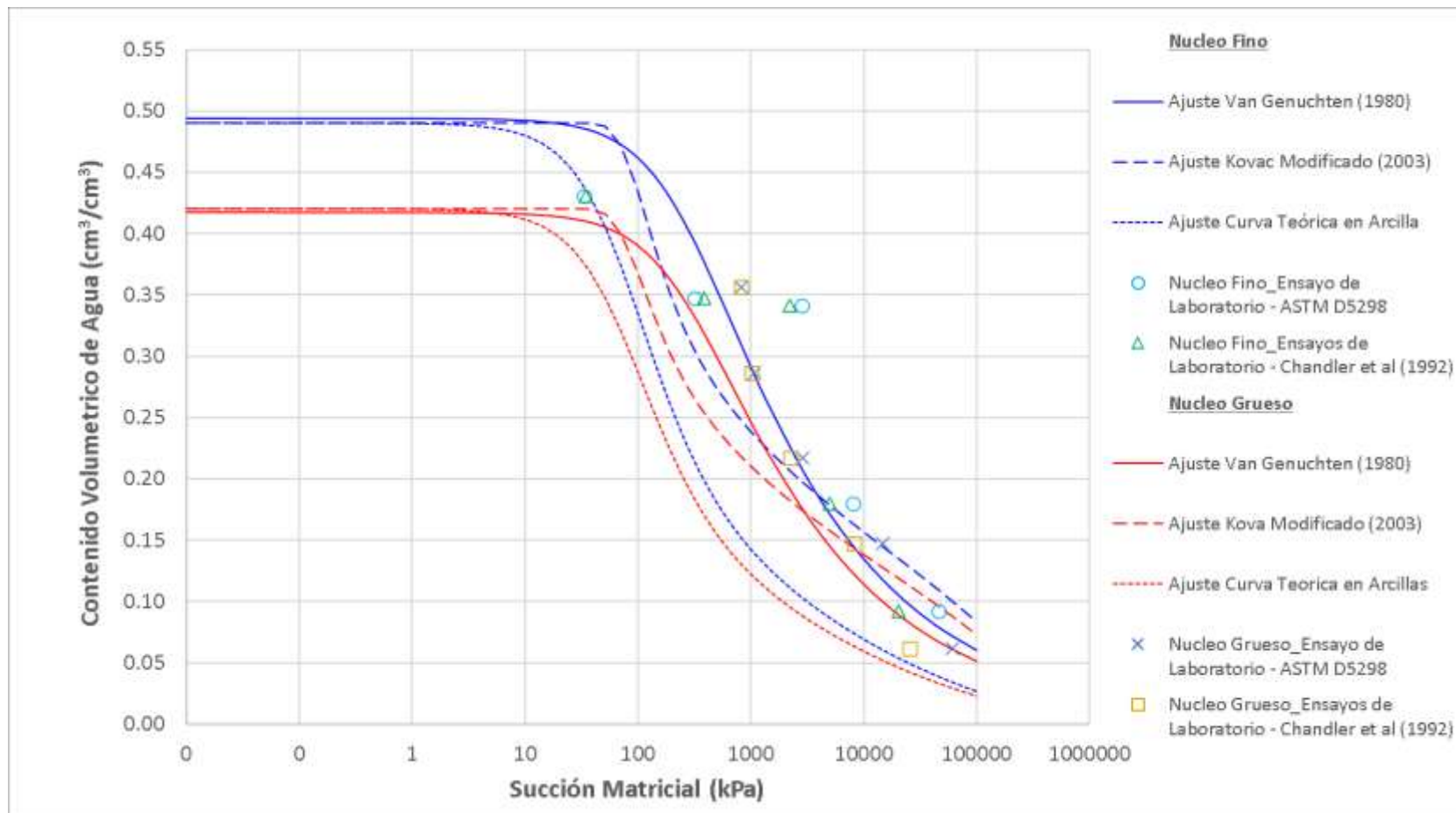


Figura 18: Comparación de las curvas característica para el núcleo fino y grueso

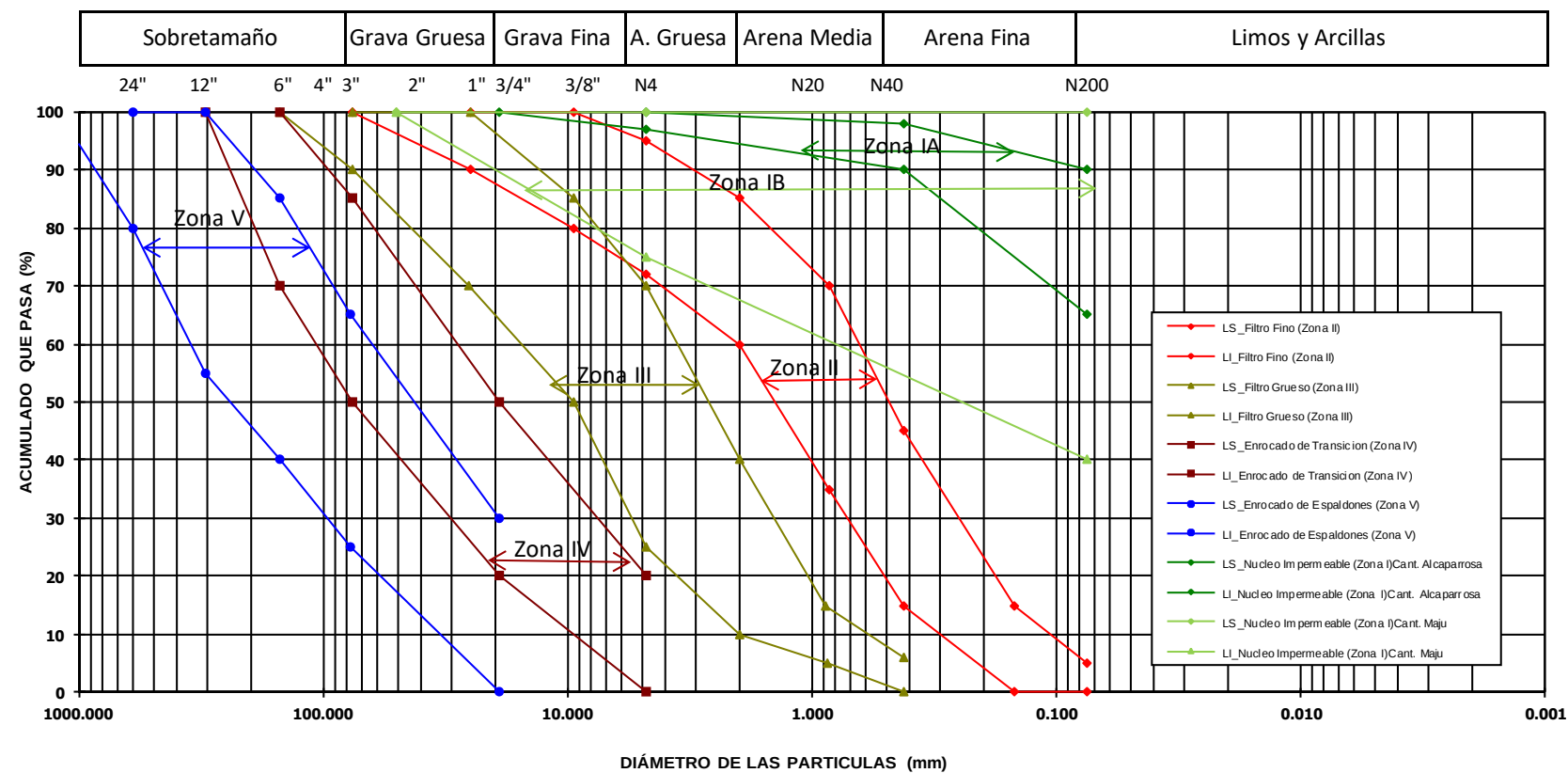


Figura 19: Distribución granulométrica de los materiales que conforman la presa

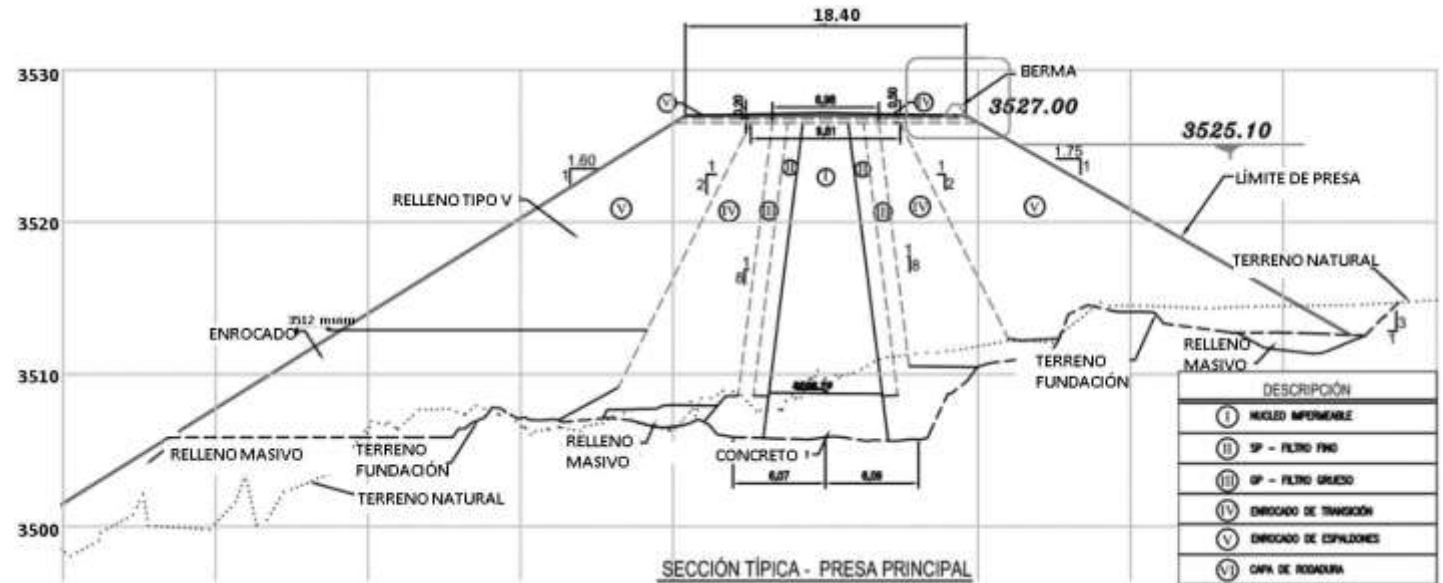


Figura 20: Sección típica de la presa principal

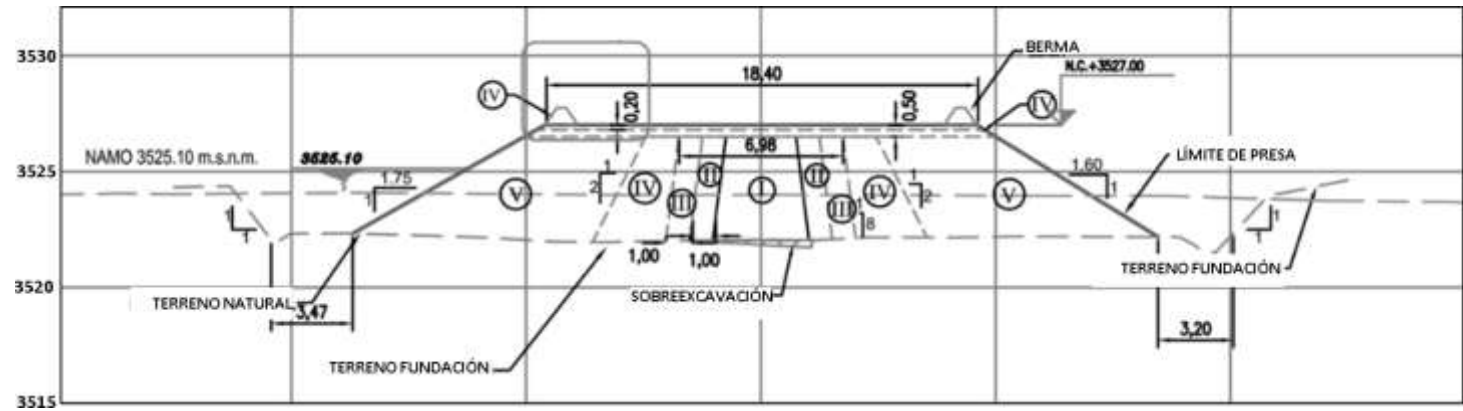


Figura 21: Sección típica de la presa lateral

CAPÍTULO V: MODELO GEOTÉCNICO

El modelo geotécnico ha sido generado empleando el programa de cómputo Geostudio, el cual contempla el módulo SEEP/W, el cual emplea el método de elementos finitos para evaluar el flujo de agua bidimensional y SLOPE/W, el cual permite evaluar la estabilidad física empleando el método de equilibrio límite.

5.1 SECCIÓN DE ANÁLISIS

Se ha elaborado el modelo geotécnico de la sección más crítica que pasa a través de la presa principal y presa lateral, considerando la altura e inclinación máxima de los taludes. El trazo y sección de análisis se muestra en la Gráfica 5.1 y Gráfica 5.2 respectivamente, lo cual se encuentra anexado en el presente trabajo.

5.2 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS

Los parámetros de los materiales para el análisis de infiltración y estabilidad física de taludes fueron definidos en base a los resultados obtenidos de las investigaciones de campo, los resultados de los ensayos y control de compactación realizados durante la construcción y ensayos de laboratorio.

5.2.1 Parámetros hidráulicos

Para el análisis de infiltración, se ha considerado una conductividad hidráulica constante en dirección x e y para materiales granulares permeables, tales como enrocado y filtro; mientras que para el núcleo se ha considerado una condición parcialmente saturada, lo cual relaciona la conductividad hidráulica con la succión matricial. La Tabla 15 presenta los valores de conductividad hidráulica de los materiales considerados para el análisis de infiltración y la Figura 22 y Figura 23 muestra la curva característica y la curva de retención de agua respectivamente que se aplica para el núcleo fino y grueso, los cuales han sido definidos mediante las características del suelo y resultados de los ensayos de laboratorio según lo descrito en el ítem 4.2.2 y en base al retro análisis según los registros piezométricos

Tabla 15: Propiedades hidráulicas de los materiales

Material	Conductividad hidráulica - Kx (cm/s)	
Núcleo fino	1E-07	Curva de retención de agua para la condición parcialmente saturada (Ver Figura 23)*
Núcleo grueso	1E-06	

Material	Conductividad hidráulica - Kx (cm/s)
Filtro fino	1,0 E-03
Filtro grueso	1,0 E-02
Transición	1,0 E-01
Enrocado	5,0 E-01
Relleno material masivo	5,0 E-01
Dentellón	1,0 E-07
Roca muy fracturada	3,0 E-05
Roca ligeramente fracturada	1,0 E-06

Nota: *Cuando el embalse se encuentre lleno, los materiales de baja permeabilidad retendrán la humedad comportándose en una condición parcialmente saturada, lo cual ocurre en el núcleo de la presa

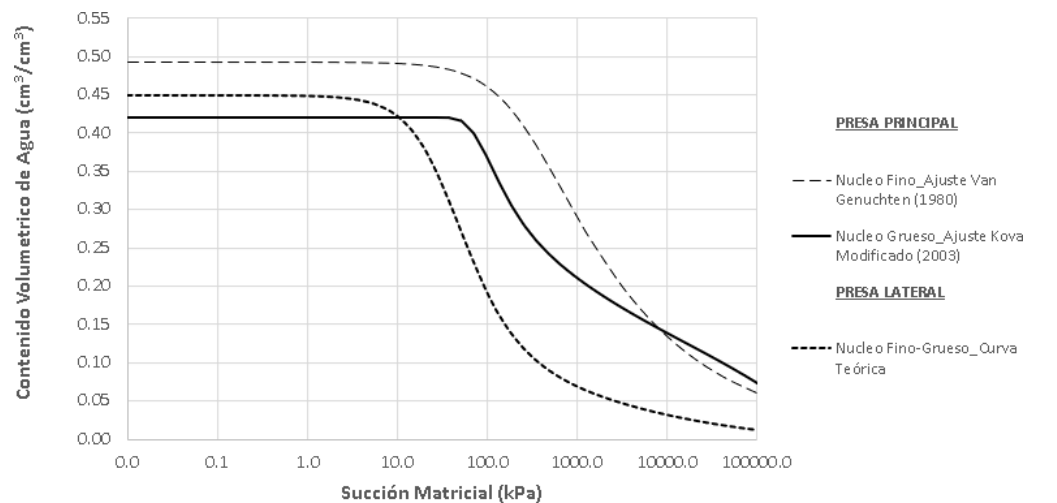


Figura 22: Curva característica – Núcleo fino y grueso

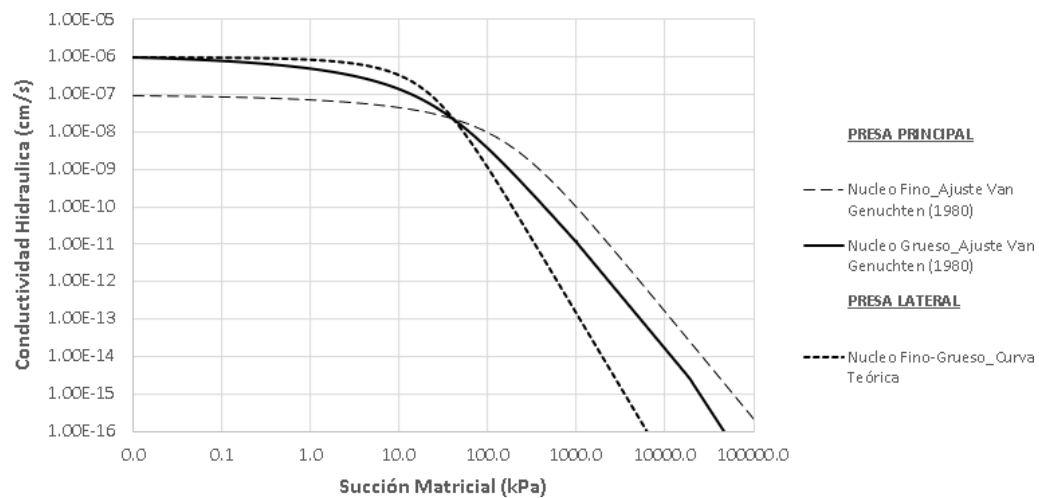


Figura 23: Curva de retención de agua – Núcleo fino y grueso

5.2.2 Parámetros de resistencia

Los parámetros de resistencia han sido definidos en función a los ensayos de laboratorio y a sus propiedades índice de los materiales. En la Tabla 16 se resume las propiedades de resistencia de los materiales empleados en el modelo geotécnico.

Tabla 16: Propiedades de resistencia de los materiales

Material	y_w (KN/m ³)	Parámetros bajo esfuerzos efectivos ¹		Parámetros bajo esfuerzos totales ²	
		C (KPa)	Ø (°)	C (KPa)	Ø (°)
Núcleo fino ³	16,0	0	15	10	10
Núcleo grueso ³	18,0	0	19	5	14
Filtro fino	18,0	0	32	-	-
Filtro grueso	18,0	0	35	-	-
Transición	19,0	0	38	-	-
Enrocado	21,0	Curva de leys inferior (ver Figura 24)			
Relleno material masivo	20,0	0	36	-	-
Dentellón	23,0	Resistencia infinita			
Roca muy fracturada	23,0	150	27	-	-
Roca ligeramente fracturada	24,0	250	30	-	-

Nota:

- 1 Parámetros efectivos empleados en condición estática en el escenario de condición inicial y a largo plazo del escenario del embalse lleno
- 2 Parámetros totales empleados en condición pseudo-estática o estático a corto plazo (embalse lleno en los 3 primeros meses y para el desembalse rápido)
- 3 Se empleará parámetros de suelo parcialmente saturado bajo el enfoque de Vanapalli et al (1996) para la condición estática a corto plazo (escenario de embalse lleno en los 3 primeros meses y para el desembalse rápido)

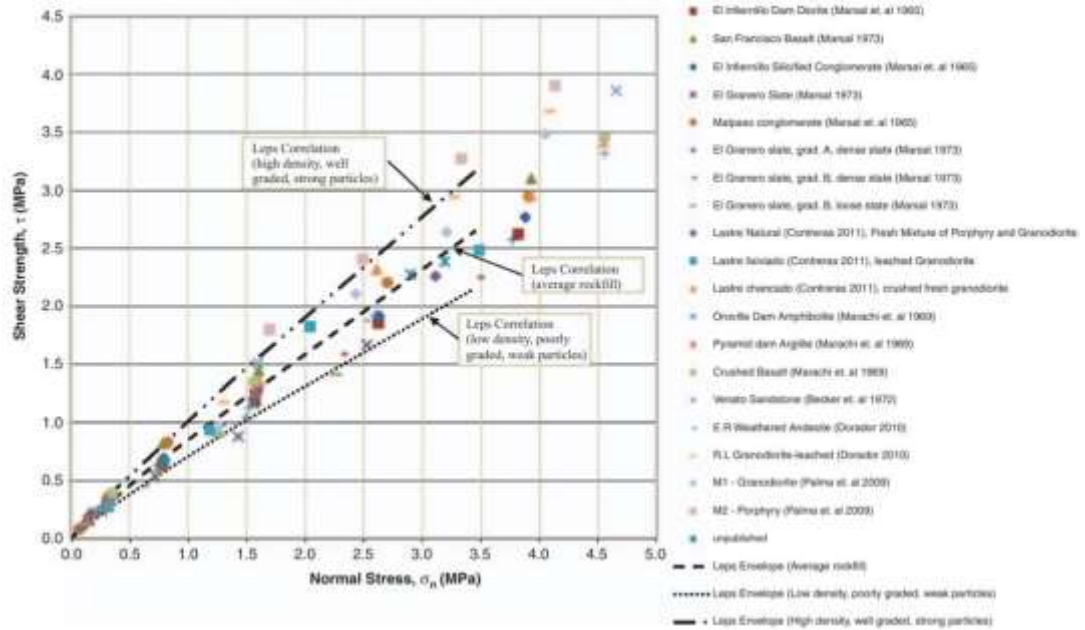


Figura 24: Resistencia no lineal en enrocado (Leps, 1970)

5.3 ESCENARIOS DE ANÁLISIS

Para el modelo geotécnico se ha considerado diferentes escenarios, con la finalidad de simular la trayectoria de la línea piezométrica en el cuerpo de la presa y su estabilidad física.

- Escenario1: Condición inicial: Analiza la condición inicial de la presa, luego de su construcción, antes del llenado del embalse.
- Escenario 2: Embalse lleno: Analiza la infiltración de la presa cuando el embalse se llena hasta el nivel de agua máximo operacional (NAMO = 3525,10 msnm), simulando el flujo de agua o línea piezométrica dentro del cuerpo de la presa, en condición actual.
- Escenario 3: Desembalse rápido: Analiza la infiltración de la presa cuando el embalse se descarga continuamente hasta llegar al nivel de agua mínimo (NAMI = 3 515,70 msnm), para ello se utiliza el caudal de descarga máxima del aliviadero de 9,70 m³/s para un volumen del embalse de 546 900 m³, lo cual se logra descargar en un tiempo de 14,64 horas.

La Figura 25 representa la función de la curva de descarga de agua del embalse considerando la altura de agua en la presa principal.

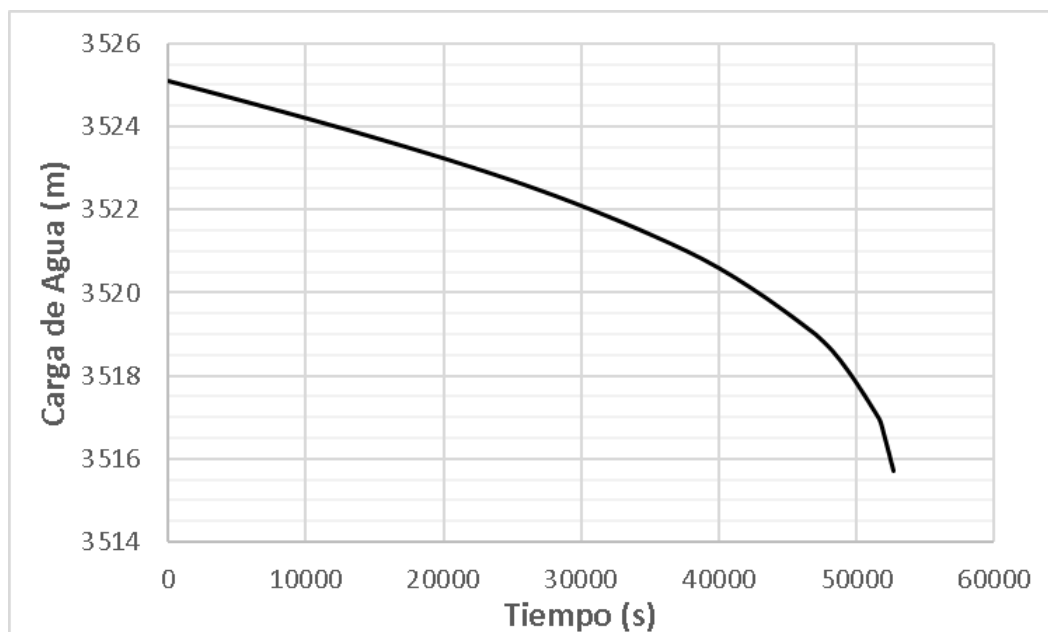


Figura 25: Función de carga de agua vs tiempo para el análisis de desembalse rápido

CAPÍTULO VI: ANÁLISIS DE INFILTRACIÓN Y ESTABILIDAD FÍSICA

La evaluación geotécnica de las presas contempla la revisión e interpretación de la instrumentación geotécnica existente para posteriormente poder emplearla como input en los modelos del análisis de infiltración y estabilidad física y se pueda simular las condiciones reales de sitio.

6.1 INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA

Las presas del presente trabajo presentan instrumentación geotécnica compuesta por 06 hitos topográficos, y 05 piezómetros Casagrande. Esta información ha permitido conocer el estado actual de la presa con relación al nivel de agua dentro del cuerpo de la presa y los desplazamientos superficiales que presentan los diques. A continuación, se describirá un resumen de la interpretación de la data registrada.

6.1.1 Información de hitos topográficos

El registro de los cambios de las coordenadas en el tiempo de los hitos topográficos permite monitorear desplazamientos y/o asentamientos superficiales que pudiesen comprometer la integridad de la presa. En la Gráfica 5.1 se muestra la ubicación en planta de los hitos topográficos existentes, los mismos que se indican su ubicación en la Tabla 17.

Tabla 17: Ubicación de los hitos topográficos

Ubicación	ID	Coordenadas UTM		Cota (msnm)
		Este (m)	Norte (m)	
Presa principal	HB01	733 586,10	9 246 064,80	3 524,55
	HB02	733 570,70	9 246 052,10	3 525,06
	HB03	733 595,30	9 246 038,80	3 525,47
	HB04	733 557,20	9 246 075,20	3 510,31
Presa lateral*	HB05	733 360,46	9 245 691,57	3 520,05
	HB06	733 361,44	9 245 645,30	3 525,26

Nota:

* La data topográfica corresponde al periodo de diciembre del 2018 -al 2019

Asimismo, para evaluar la condición de estabilidad de la presa en función de los hitos topográficos, se revisa la velocidad relativa definida como la medición de dos

monitoreos consecutivos dividido entre el intervalo de tiempo en que se ha tomado dichas lecturas, obteniéndose la gráfica mostrada en la Figura 26. Así mismo, se definen niveles de alerta en función a la velocidad relativa la cual está asociada a las acciones que se deban tomar para los diferentes rangos de variación en la medición de los hitos topográficos, lo cual se muestra en la Tabla 18.

Tabla 18: Rango de velocidad de hitos topográficos

Condición	Rango de velocidad (cm/día)	Descripción	Acciones
Normal	$< 0,2$	La estructura opera en condiciones normales	- La operación se realiza normalmente - Monitoreo mensual
Observación	$0,2 - 0,5$	Posiblemente se presenten grietas o escarpas superficiales	- Notificar al ingeniero de registro encargado - Monitoreo semanal
Precaución	$0,5 - 1,0$		- Notificar al ingeniero de registro encargado - Monitoreo diario - Paralizar actividades
Peligro	$> 1,0$	Se presentan grietas longitudinales que pueden comprometer la estabilidad de la estructura	- Notificar al ingeniero de registro encargado - Monitoreo diario - Evacuar el lugar e implementar plan de emergencia

Fuente: Adaptado de Osinergmin (2018)

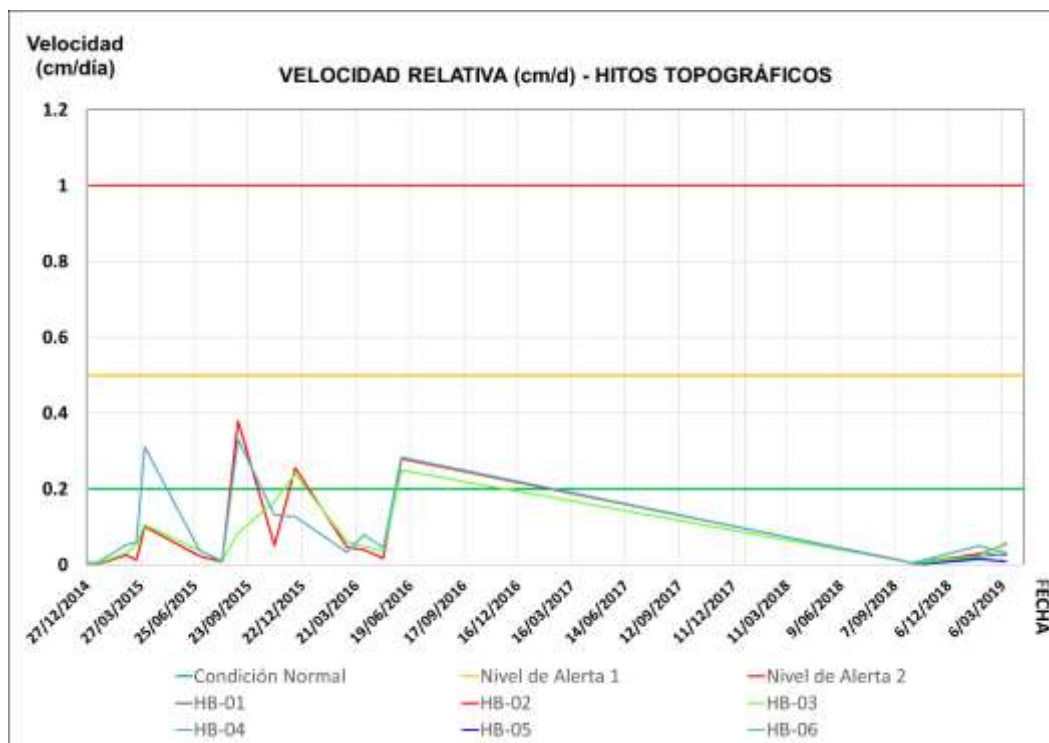


Figura 26: Gráfica de velocidad relativa de los hitos topográficos

De acuerdo con lo antes mencionado, se evidencia que en el periodo del 2014 al 2016 se presentó algunos hitos con velocidad de movimiento en condición de observación. Sin embargo, posteriormente convergieron a una condición normal con velocidad de movimiento menor a 0,1 cm/día, por lo tanto, se puede concluir que la estructura de las presas se encuentra en condiciones de operación normal sin presencia de grietas.

6.1.2 Información piezométrica

Los piezómetros hidráulicos constan de tuberías verticales que presenta un material poroso en el fondo para que permita el ingreso de agua mediante la tubería ranurada y conocer el nivel piezométrico en dicho punto. En el presente trabajo se presentan los piezómetros PZ01, PZ02, PZ03 ubicados en la cresta de la presa principal y el piezómetro PZ04 en la cresta de la presa lateral; mientras que el piezómetro PZ05 se ubica aguas abajo de la presa principal. Las características de los piezómetros se indican en la Tabla 19 y su ubicación en planta se muestran en la Gráfica 5.1.

Tabla 19: Ubicación de los piezómetros hidráulicos

Ubicación	ID	Coordenadas UTM		Cota (msnm)	Profundidad (m)
		Este (m)	Norte (m)		
Presa Principal (Corona)	PZ01	733 597,44	9 246 058,29	3 527,00	25,00
	PZ02	733 575,47	9 246 041, 57	3 527,00	30,00
	PZ03	733 561,15	9 246 030,68	3 527,00	25,00
Presa Lateral (Corona)	PZ04	733 513,42	9 245 743,25	3 527,00	12,00
Presa Principal (Pie aguas abajo)	PZ05	733 559,00	9 246 080,00	3 509,50	12,00

Nota:

* La data topográfica corresponde al periodo de diciembre del 2018 -al 2019

De acuerdo con los registros de los piezómetros mencionados en la Tabla 20, el nivel de agua se encuentre entre 7,50 a 9,00 m por debajo de la cresta de la presa principal, y a 10,85 m por debajo de la superficie del pie de la presa, en la cara aguas abajo; mientras que en la presa lateral, se registra entre 3,50 a 4,00 m por debajo del nivel de la cresta.

Tabla 20: Lectura de los piezómetros hidráulicos

Piezómetro	Abril – 2010* (msnm)	Febrero – 2012 (msnm)	Noviembre – 2018 (msnm)	Enero – 2019 (msnm)	Marzo – 2019 (msnm)
PZ01	3 512,50	3 518,80	3 518,20	3 518,13	3 518,31
PZ02	3 501,80	3 519,15	3 518,90	3 519,32	3 519,44
PZ03	3 511,55	3 518,50	3 517,90	3 517,89	3 518,01
PZ04	3 521,00	3 523,40	3 523,30	3 523,31	3 523,43
PZ05	**	3 505,50	**	3 498,62	3 498,65

Nota:

* El registro de los piezómetros se realizó antes del llenado del embalse (26 de abril del 2010)

** No se registró nivel de agua hasta el fondo del piezómetro.

6.2 ANÁLISIS DE INFILTRACIÓN

El análisis de infiltración tiene como objetivo estimar el nivel piezométrico al interior del cuerpo de la presa principal y presa lateral. Este análisis fue realizado utilizando el módulo de infiltración del programa SEEP/W de GeoStudio, el cual realiza un análisis numérico por el método de elementos finitos (MEF), en estado estacionario y transitorio, para la condición actual y desembalse rápido, respectivamente.

Los resultados obtenidos se emplean como entrada para realizar el análisis de estabilidad física de taludes presentados en el ítem 6.4.

El análisis de infiltración se ha simulado y calibrado en función a etapas, lo cual está relacionado con los escenarios descritos en el ítem 5.3, para ello se ha calibrado el modelo en función a los registros piezométricos obtenidos en el tiempo. A continuación, se describe brevemente cada etapa analizada.

Escenario 1: Fin de la construcción de las presas

- La línea freática al pie de la presa principal y presa lateral, luego de la construcción, se encuentran a 3 501,8 msnm y 3 521 msnm según el nivel registrado en los piezómetros PZ02 y PZ04 en abril del 2010 respectivamente.

Escenario 2: Embalse lleno (condición actual)

- La línea piezométrica dentro del cuerpo de la presa principal y lateral, luego del llenado de la presa, se encuentra a una cota máxima de 3 519.44 msnm

y 3 523.43 msnm, valor registro por los piezómetros PZ02 y PZ04 en marzo del 2019 respectivamente.

- La línea piezométrica aguas abajo de la presa principal y lateral, luego del llenado de la presa, se encuentra a una cota máxima de 3 505.5 msnm y 3 523.0 msnm, valor registro por el piezómetro PZ05 y el nivel medido en la visita en campo en marzo del 2019 (ver Figura 27) respectivamente
- Análisis transitorio representando el tiempo de 8 años desde la construcción a fines del año 2010. El análisis representa el flujo dentro del cuerpo de la presa, correspondiente con el nivel de agua registrado con el piezómetro PZ02 y PZ04 ubicados en el núcleo de las presa principal y lateral respectivamente.
- Condición de contorno para el análisis transitorio, contempla la presión de poros inicial antes del llenado; mientras que en la etapa de llenado del embalse se considera la aplicación de la carga total de agua en la cara aguas arriba.

Escenario 3: Desembalse rápido

- Considera la presión de poros para el almacenamiento máximo, de acuerdo con el proceso de calibración.
- Condición de contorno que contempla la curva de desembalse rápido según la Figura 25 en la cara aguas arriba, teniendo un tiempo de desembalse es de 14,64 horas desde la cota 3 525,10 a 3 515,70 msnm.



Figura 27: Vista aguas abajo de la presa lateral

La Tabla 21 resume los niveles piezométricos obtenidos del análisis de infiltración realizado para cada escenario definido en la sección 6.3. El Anexo C presenta los resultados gráficos del análisis de infiltración para cada escenario.

Tabla 21: Calibración del modelo geotécnico según análisis de infiltración

Ubicación del Piezómetro	Monitoreo piezométrico (msnm)		Modelo numérico (msnm)		
	Condición inicial	Embalse lleno	Condición inicial	Embalse lleno	Desembalse rápido
PZ02	3 501.80	3 519,20	3 501,33	3 520,40	3 520,40
PZ04	3521.00	3 523.30	3 521.01	3 523.30	3 521.40
PZ05	3 498.65	3 505,50	3 499,50	3 506,00	3 505,90

6.3 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA

Los análisis de estabilidad física de taludes se realizaron siguiendo la teoría de equilibrio límite y el método de Morgenstern-Price, bajo condiciones estáticas y pseudo-estáticas empleando un modelo bidimensional con el programa SLOPE/W de GeoStudio. Este método permite determinar la relación entre las fuerzas normales y cortantes existentes en las superficies de falla, obteniendo un factor de seguridad mínimo del talud. El análisis considera superficies de falla de tipo circular y bloque, debido al tipo de material y configuración de la estructura. Las condiciones analizadas son:

- Estático: Factores de seguridad (FS) de estabilidad mayores o iguales a 1,50 indican que, la estructura es estable en condición estática.
- Pseudo-estático: Factores de seguridad (FS) de estabilidad mayores o iguales a 1,00 indican que, la estructura es estable en condiciones sísmicas y que no se espera que experimente grandes deformaciones de ocurrir un sismo. De acuerdo con el ítem 3.2.2, el coeficiente sísmico empleado en el modelo geotécnico es igual a 0,17g.

Para el análisis se considera que las propiedades de los materiales que conforman las diferentes estructuras son homogéneas e isotrópicas, y que el colapso se produciría como resultado de fallas simultáneas a lo largo de la superficie de deslizamiento. Cada material es representado con sus respectivas propiedades y características físico-mecánicas. Así mismo, para el caso del núcleo de la presa,

se ha considerado el siguiente criterio para los parámetros empleados en cada escenario:

Escenario 1: Fin de la construcción de las presas

- El núcleo será modelado con parámetros efectivos debido a que el momento al finalizar la construcción de la presa, el núcleo se encuentra con una humedad asociada a la compactación.

Escenario 2: Embalse lleno (condición actual)

- El núcleo será modelado con parámetros totales y parcialmente saturados para el caso del embalse lleno a corto plazo, y parámetros efectivos para el caso a largo plazo, debido a la composición arcillosa del núcleo que captura parte del agua y se mantiene en este material por un largo periodo.

Escenario 3: Desembalse rápido

- El núcleo será modelado con parámetros totales y parcialmente saturados debido a que el desembalse rápido es un suceso rápido y dado que el núcleo es un material de baja permeabilidad, la presión de poros demorará en disiparse.

La Tabla 22 resume los resultados obtenidos en el análisis de estabilidad física realizado a la presa principal y presa lateral, en términos de factores de seguridad. En el Anexo D se presentan las salidas gráficas del programa SLOPE/W, las que contienen información de configuración de la sección transversal, propiedades de los materiales, línea piezométrica y superficie de falla.

Tabla 22: Resumen de resultados del análisis de estabilidad

Estructura	Escenario	Sector	Condición	Tipo de falla	FS EST	FS PSD
Presa principal	Condición inicial	Aguas abajo	Corto plazo	Circular	1.628	-
				Bloque	1.888	-
		Aguas arriba		Circular	1.879	-
				Bloque	2.772	-
	Embalse lleno	Aguas abajo	Corto plazo	Bloque*	2.564 / 2.518	-
			Largo plazo	Circular	1.608	1.144
				Bloque	1.895	1.562

Estructura	Escenario	Sector	Condición	Tipo de falla	FS EST	FS PSD
Presa principal	Embalse lleno	Aguas arriba	Corto plazo	Bloque*	3.075 / 2.781	-
			Largo plazo	Circular	2.165	1.244
				Bloque	2.723	1.386
	Desembalse rápido	Aguas abajo	Corto plazo	Circular	1.626	1.148
				Bloque*	2.729 / 2.701	1.568
		Aguas arriba		Circular	1.864	1.318
				Bloque*	2.697 / 2.660	1.693
	Presa lateral	Condición inicial	Aguas abajo	Corto plazo	Circular	1.922
Bloque					3.819	-
Aguas arriba			Circular		1.924	-
			Bloque		3.539	-
Embalse lleno		Aguas abajo	Corto plazo	Bloque*	3.626 / 3.575	-
			Largo plazo	Circular	1.820	1.252
		Bloque		3.534	2.001	
		Aguas arriba	Corto plazo	Bloque*	3.397 / 3.380	-
			Largo plazo	Circular	1.885	1.209
		Bloque		3.336	1.849	
Desembalse rápido		Aguas abajo	Corto plazo	Circular	1.921	1.379
				Bloque*	3.877 / 3.857	1.991
		Aguas arriba		Circular	1.916	1.389
				Bloque*	3.580 / 3.559	2.088

Nota:* La falla en bloque simula la falla que cruza por el núcleo de la presa para lo cual se comparó los resultados considerando parámetros saturados no drenado (color en negro) y no saturados (color en azul).

De acuerdo con los resultados del análisis de estabilidad física, la presa principal y lateral se encuentra estable en condición estática y pseudoestática, obteniéndose factores de seguridad (FS) estático mayor a 1,5 en todos los casos; y el FS en condición sísmica es mayor a 1,0.

6.4 EVALUACIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo con los resultados del modelo geotécnico analizado se puede detallar lo siguiente:

- Del análisis de infiltración, se definió la línea piezométrica obtenida en el interior de la presa principal y lateral para la condición del embalse lleno, la cual presenta una buena correlación y similitud con el comportamiento obtenido en el tiempo según los registros de los piezómetros, lo cual se puede observar en la Tabla 21.
- Del análisis de estabilidad física, se evidencia que las presas principal y lateral se encuentran estables en su condición actual según la Tabla 22, siendo la superficie de falla crítica encontrada en el enrocado (zona V). Asimismo, estos resultados son congruentes con las lecturas de los hitos topográficos, los cuales registran principalmente un comportamiento normal según la velocidad relativa registrada a lo largo de la vida útil de ambos diques según se muestra en la Figura 26.
- De acuerdo con los resultados obtenidos en la estabilidad por falla en bloque, se evidencia un factor de seguridad mayor considerando la mecánica de suelo parcialmente saturado comparado con el resultado obtenido con los parámetros saturados.

CONCLUSIONES

Las conclusiones del presente trabajo son las siguientes:

- De acuerdo con la caracterización geotécnica, el núcleo de las presas está conformado por un material impermeable arcilloso, siendo más granular en la parte inferior y más fino en la parte superior; por otro lado, el filtro fino está conformado por un material arenoso y el filtro grueso por un material gravoso; y la transición y enrocado están compuestos por bloques de sobretamaño con grava, procurando de esa forma evitar la migración de partículas finas hacia las capas de materiales gruesos.
- Para el análisis de infiltración se ha considerado tres (3) escenarios: escenario 1, fin de la construcción; escenario 2, embalse lleno pasado 8 años luego de la construcción; y escenario 3: desembalse rápido, para lo cual se calibró el modelo geotécnico según la data de monitoreo (piezómetros ubicados en la cresta y al pie de la presa principal, y piezómetro colocado en la cresta de la presa lateral), lo cual ha permitido ajustar la conductividad hidráulica de los materiales que conforman las presas.
- De acuerdo con el monitoreo de los piezómetros, en el 2010, previo al llenado del embalse, el nivel freático en las presas principal y lateral, de acuerdo a los piezómetros PZ02 y PZ04, se encontraban a 3501.8 msnm y 3521.0 msnm respectivamente; mientras que entre el 2018 y 2019, condición actual con el embalse lleno, el nivel de agua registrado es de 3519.4 y 3523.4 msnm respectivamente. Esta información fue empleada para simular un análisis transitorio representando el tiempo de 8 años desde la construcción. El análisis representa el flujo dentro del cuerpo de las presas, correspondiente con el nivel de agua registrado por los piezómetros y lo visto en campo.
- El desembalse rápido del embalse y su influencia en la presa principal, fue analizado mediante un análisis de infiltración en estado transitorio; considerando la descarga desde el nivel de agua operacional (NAMO) hasta el nivel mínimo permisible (NAMI). Para el modelo se ha considerado una curva de retención de agua para el núcleo fino, determinado experimentalmente con resultados de laboratorio, así como una curva

teórica para el núcleo grueso, de acuerdo con el modelo propuesto por Kovac Modificado (Aubertin et al., 2003);

- De acuerdo con el estudio de peligro sísmico, se determinó un valor de $PGA=0,262g$ correspondiente a un periodo de retorno de 475 años. Sin embargo, debido a que la zona de estudio se encuentra ubicado en la Zona 3, se espera un valor de $PGA = 0,35g$ según la norma E030, 2019, En tal sentido, para el análisis pseudo-estático, se ha considerado un coeficiente sísmico de 0,17 equivalente a 1/2 de la aceleración pico.
- Los resultados del análisis de estabilidad física de la presa principal y lateral en condición actual indican que esta estructura se encuentra estable en condición estática y pseudo-estática, con un FS mayor a 1,5 y 1,0, respectivamente. La superficie de falla crítica encontrada pasa principalmente por el enrocado (zona V);
- De los resultados del análisis de estabilidad física considerando fallas en bloque que crucen por el núcleo, se identificó un factor de seguridad mayor considerando la mecánica de suelo parcialmente saturado comparado con el resultado obtenido con los parámetros saturados; y
- Los factores de seguridad obtenidos en el análisis estabilidad física de la presa principal y lateral y data de monitoreo (hitos topográficos) en base a la velocidad de desplazamiento en el cuerpo de la presa, muestran que las presas se han mantenido estables a lo largo de su vida útil.

RECOMENDACIONES

En base a las conclusiones, se recomienda lo siguiente:

- Considerar la mecánica de suelos parcialmente saturados para el análisis de infiltración y estabilidad física dado que reflejan un comportamiento más cercano a la realidad y tiene un efecto favorable en la evaluación de estabilidad a corto plazo donde la presión de poros aún no se disipa.
- Dar mantenimiento a la instrumentación geotécnica (piezómetros e hitos) instalada en los diques (presa principal y presa lateral), verificando: la cota de fondo y cabeza de los piezómetros, la estabilidad y fijación de hitos;
- Realizar un control de filtraciones dentro de las presas mediante métodos indirectos como tomografía eléctrica y conservar y mantener el área de la corona de los diques, nivelado y compactado;
- Continuar con el monitoreo del piezómetro para verificar que no exista filtraciones a través de la presa principal y lateral; y
- Continuar con el monitoreo de hitos para verificar la velocidad de movimiento relativo y si existiera alguna tendencia de la dirección de movimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfaro, M. (2004). Comparação entre Métodos de Imposição e de Controle de Sucção em Ensaio com Solos não Saturados. *Biblioteca Digital de La Univesidade de Sao Paulo*.
- ASTM D5298-16. (2016). Standard Test Method for Measurement of Soil Potential (Suction) Using Filter Paper. *Astm International*, 04.08, 1–6. <https://doi.org/10.1520/D5298-03.2>
- Aubertin, M., Mbonimpa, M., Bussière, B., & Chapuis, R. P. (2003). A model to predict the water retention curve from basic geotechnical properties. *Canadian Geotechnical Journal*, 40(6), 1104–1122. <https://doi.org/10.1139/t03-054>
- Barrera-Bucio, M., & Garnica-Anguas, P. (2002). Introducción a la mecánica de suelos no saturados en vías terrestres. *Publicación Técnica N°198. Instituto Mexicano de Transporte*, 143. <http://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt198.pdf>
- Bieniawski, Z. T. (1993). Classification of rock masses for engineering: The RMR system and future trends, comprehensive rock engineering. In J. A. Hudson (Ed.), 3, 553–574.
- Chandler, R. J., Crilly, M. S., & Montgomery-Smith, G. (1992). A low cost method of assessing clay desiccation for low rise buildings. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Civil Engineering*, 108(3), 135–136. <https://doi.org/10.1680/icien.1995.27840>
- Cordero, L. (2017). Análisis de filtraciones y estabilidad de taludes en presas de tierra para suelos parcialmente saturados. *Repositorio Institucional de La Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas*.
- Das, B. M. (2008). *Advanced Soil Mechanics*. Taylor & Francis (ed.).
- Duncan, J. M., & Wright, S. G. (2005). *Soil Strength and Slope Stability*. John Wiley & Sons (ed.).
- Fredlund, D. G., Anqing Xing, & Shangyan Huang. (1994). Predicting the permeability function for unsaturated soils using the soil-water characteristic curve. *Canadian Geotechnical Journal*, 31(4), 533–546. <https://doi.org/10.1139/t94-062>

- Fredlund, D. G., & Rahardjo, H. (1993). Soil Mechanics for Unsaturated Soils. In *Wiley Interscience*. <https://doi.org/10.1002/9780470172759>
- Fredlund, Delwyn G., Rahardjo, H., & Fredlund, M. D. (2006). Unsaturated Soil Mechanics in Engineering Practice. *Unsaturated Soil Mechanics in Engineering Practice*, March, 286–321. <https://doi.org/10.1002/9781118280492>
- Geo-Slope. (2012). Seepage Modeling with SEEP / W 2015. *Geostudio Helpfile*, July, 199. <http://www.geo-slope.com>
- González, G. (2018). Modelación de presas de tierra considerando la mecánica de suelos no saturados. *Repositorio Institucional de La Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas*.
- Hynes-Griffin, M. E., & Franklin, A. G. (1984). Rationalizing the seismic coefficient method. *Technical Information Center US Army Corps of Engineers*, 1–40.
- Kramer, S. L. (1996). *Geotechnical Earthquake-Engineering*. Prentice Hall (ed.).
- Leps, T. M. (1970). Review of shearing strength rockfill. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE*, Vol. 96, pp 1159-1170.
- Morgenstern, N., & Price, V. (1968). The analysis of the stability of general slip surfaces. *Geotechnique*, 18(1), 92–93. <https://doi.org/10.1680/geot.1968.18.1.92>
- Novoa, R. A., & Horta, E. M. (1987). *Presa de Tierra*. ISPJAE (ed.).
- Ruesta Ruiz, P. F., Diaz Collantes, J., & Alva Hurtado, J. E. (1988). El Coeficiente Sísmico en el Diseño de Presas de Tierra y Enrocado. *Ponencia Presentada En El VII Congreso Nacional de Ingeniería Civil*.
- Silva, Y. (2004). Infiltración en estructuras de tierra. *Repositorio Institucional de La Universidad Nacional de Ingeniería*.
- Spada, A. (1994). *Las presas en material suelto. Consideraciones sobre derrumbes ocurridos y sus causas*. XIX.
- U.S. Army Corps of Engineers. (2003). Engineering and Design, Slope Stability, Engineer Manual. *US Army Corps of Engineers*, EM 1110-2-1902.

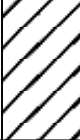
- Van Genuchten, M. T. (1980). A Closed-form Equation for Predicting the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Soils. *Soil Science Society of America Journal*, 44. <https://doi.org/10.2136/sssaj1980.03615995004400050002x>
- Van Westenn. (1994). Application of geographic information systems to deterministic landslides hazard zonation. *International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC)*, 1.
- Wilson, J. (1984). Geología de los cuadrángulos de Jayanca, Incahuasi, Catervo, Chiclayo, Chongayape, Chota, Celedín, Pacasmayo y Chepen. *Carta Geologica Nacional, INGEMMET, Boletín 38 Serie A*, 121. <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/157>

ANEXOS

ANEXO A: Investigaciones de Campo

ANEXO A.1: Calicatas

			Ubicación : Presa Principal Fecha de excavación : 19/03/2019		TP19-01 (Página 1 de 1)		
			Fecha de registro : 19/03/2019 Método : Mecánico - Manual Equipo : CAT 420 F Dimensión calicata : 1,00 m x 0,80 m Registrado por : K.A.R. Revisado y Aprobado : Condición superficial : Superficie plana		Sist. de coordenadas : WGS 84 Norte : 9 245 699 Este : 733 351 Elevación (msnm) : 3 532 Nivel freático (m) : No presenta Prof. calicata (m) : 0,80		
Profundidad (m)	SUCS	Gráfico	Condición de muestra ✕ Disturbada ▨ En bloque		Muestra	Código muestra	Comentarios
			Descripción				
0.0			Relleno de Plataforma				La calicata se ubico entre la zona del filtro y del nucleo de la presa.
0.5	SP		Arena pobremente graduada con grava, plasticidad baja, medianamente densa a densa, seco, color beige claro, heterogénea, presencia de gravas subangulares T.M.= 5". Gravas: 40,0% Arena: 60,0% Finos: -				Material encontrado en la zona de filtro.
	SC		Arena arcillosa con grava, plasticidad muy alta, medianamente densa a densa, seco, pardo anaranjado a amarillento, heterogéneo, presencia de gravas subangulares T.M.= 1/2". Grava: 19,0% Arena: 37,6% Finos: 43.4%		✕	M-02	Material encontrado en la zona del nucleo.
1.0	Nota: T.M.= Tamaño máximo. Df = Nivel de fundación						

			Ubicación : Presa Principal Fecha de excavación : 19/03/2019		TP19-02 (Página 1 de 1)		
			Fecha de registro : 19/03/2019 Método : Mecánico - Manual Equipo : CAT 420 F Dimensión calicata : 1,00 m x 0,80 m Registrado por : Revisado y Aprobado : Condición superficial : Superficie plana		Sist. de coordenadas : WGS 84 Norte : 9 245 687 Este : 733 332 Elevación (msnm) : 3 531 Nivel freático (m) : No presenta Prof. calicata (m) : 0,80		
Profundidad (m)	SUCS	Gráfico	Condición de muestra		Muestra	Código muestra	Comentarios
			 Disturbada  En bloque				
			Descripción				
0.0			Relleno de Plataforma				La calicata se ubico entre la zona del filtro y del nucleo de la presa.
0.5	GM		Grava limosa con arena, plasticidad baja, medianamente densa a densa, seco, color beige claro, heterogéneo, presencia de gravas subangulares T.M.= 5". Gravas: 58,9% Arena: 26,7% Finos: 14,4%			M-02	Material encontrado en la zona de filtro.
	CH		Arcilla de alta plasticidad arenosa, rígida a dura, seco, pardo anaranjado a amarillento, heterogéneo, presencia de gravas subangulares T.M.= 1/2". Grava: 62,0% Arena: 30,0% Finos: 32,0%			M-01	Material encontrado en la zona del núcleo.
1.0	Nota: T.M.= Tamaño máximo. Df = Nivel de fundación						

SECTOR : DIQUE LATERAL
ESTUDIO : I

CALICATA N° : EDC - 01
COTA DE SUPERFICIE : msnm.

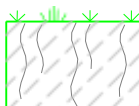
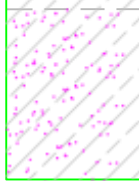
PROF. (m)	DESCRIPCION	NOMENCLATURA	PRUEBAS Y MUESTRAS
0.00	Cobertura vegetal (pasto), enraizada en matriz de limo orgánico saturado, de color negruzco, top-soil.		 M-1
0.40	Transicion de limo y/o arcilla plástica.		
0.50	Aluviales y Coluviales de grava y arena en matriz de arcilla poco plástica		
0.55	Suelo residual areno limoso y fragmentos angulosos de roca meteorizada color blanquesino.		
0.80			
1.00			
1.50			
2.00			
2.50			
OBSERVACIONES :		COORDENADAS GPS :	
La roca se identifica como toba volcanica piroclástica		Este : 733469 Norte : 9245864	
LEYENDA :			
	Muestra disturbada.		Top-soil, vegetación
	Muestra inalterada.		Limo
	Pruebas In situ.		Arcilla
			Arena
			Grava
			Roca

FECHA :
06/11/2005

**SECTOR DIQUE LATERAL
ESTUDIO**

CALICATA N° : EDC - 02

COTA DE SUPERFICIE : msnm.

PROF. (m)	DESCRIPCION	NOMENCLATURA	PRUEBAS Y MUESTRAS
0.00	Cobertura vegetal (pasto), enraizada en matriz de suelo limoso orgánico - bofedal.		
0.50			
0.60	Arcilla y/o Limo de consistencia blanda, mediana plasticidad de color gris vetado amarillento.		 M-1 Filtraciones
1.00			
1.15	Comprende el tapiz impermeable natural del vaso.		
1.50			
1.55	Suelo Limoso Arenoso fino, con intercalaciones de arcillas poco plástica y lentes de material organico. Abundante agua de filtración.		
2.00			
2.50			

OBSERVACIONES :

Abundancia de filtración impide continuar la excavación.

COORDENADAS GPS :

**Este : 733614
Norte : 9245606**

LEYENDA :



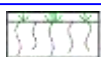
Muestra disturbada.



Muestra inalterada.



Pruebas In situ.



Top-soil, vegetación



Limo



Arcilla



Arena



Grava



Roca

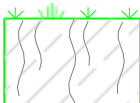
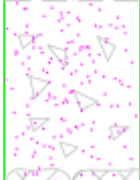
FECHA :

06/11/2005

SECTOR PRESA PRINCIPAL
ESTUDIO

CALICATA N° : EPC - 01

COTA DE SUPERFICIE : msnm.

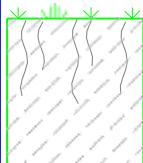
PROF. (m)	DESCRIPCION	NOMENCLATURA	PRUEBAS Y MUESTRAS
0.00	Cobertura vegetal (pasto), enraizada en matriz de suelo organico saturado, de color negruzco a plumizo - tipico bofedal.		
0.50			
0.80			
1.00	Limo y/o arcilla de baja a mediana plasticidad, de consistencia blanda muy humeda.		 M-1  Filtraciones
1.20			
1.50	Suelo aluvial compuesto de arena (gruesa y fina) y grava sub - angulosas de pobre gradacion ,englobadas en escasa matriz licuosa. Esporadicos fragmentos de roca residual. al fondo la roca descompuesta		 M-2
1.70			
2.00			
2.50			
OBSERVACIONES : A la profundidad de 1.60 m , se localizan suelos residuales y la roca de basamento meteorizada		COORDENADAS GPS : Este : 733604 Norte : 9246035	
LEYENDA :  Muestra disturbada.  Muestra inalterada.  Pruebas In situ.  Top-soil, vegetación  Limo  Arcilla  Arena  Grava  Roca			

FECHA :

06/11/2005

SECTOR :
ESTUDIO : EMBALSE BRAMADERO

CALICATA N° : EPC - 02
COTA DE SUPERFICIE : msnm.

PROF. (m)	DESCRIPCION	NOMENCLATURA	PRUEBAS Y MUESTRAS
0.00	Cobertura vegetal y suelo orgánico de tipo limoso no plástico		 M-1
0.40			
0.50	Interficies de suelo coluvial compuesto de gravas y arenas semi angulosas en matriz de limo de baja plasticidad, mediana compactidad, humedo de color beige amarillento al fondo, suelo residual y algunos fragmentos de roca intemperizada.		
1.00			
1.25	Suelo residual y roca meteorizada		
1.50			
2.00			
2.50			
OBSERVACIONES : Roca de basamento: Toba volcánica piroclástica		COORDENADAS GPS : Este : 733580 Norte : 9246018	
LEYENDA :  Muestra disturbada.  Muestra inalterada.  Pruebas In situ.  Top-soil, vegetacón  Limo  Arcilla  Arena  Grava  Roca			

FECHA :
06/11/2005

ANEXO A.2: Densidad de Campo

	Ensayo de Densidad de Campo Método del Cono de Arena ASTM D1556			
	Componente : Estructura : Presa Principal		Ubicación : Fecha de ensayo : 19/03/2019	
	Sistema de Coordenadas: WGS 84		Realizado por :	
Datos generales				
Sector	Corona	Corona	-	-
Código de ensayo	D-1	D-2	-	-
Calicata	TP19-01	TP19-02	-	-
Este	733 351.0	9245 699.0	-	-
Norte	733 332.0	9245 687.0	-	-
Profundidad del ensayo(m)	0,80	0,80	-	-
Densidad Húmeda				
Peso del frasco + arena(gr.)	6380	6380	-	-
Peso del frasco + arena sobrante(gr.)	850	1270	-	-
Peso de la muestra(gr.)	5001	4345	-	-
Peso de arena en el cono(calibrado en laboratorio)(gr.)	1722	1722	-	-
Peso de arena en la excavación(gr.)	3808	3388	-	-
Densidad de la arena (gr/cm ³)	1.463	1.463	-	-
Volumen del material extraído(cm ³)	2602.87	2315.79	-	-
Densidad húmeda(gr/cm ³)	1.921	1.876	-	-
Resultados				
Densidad Húmeda(gr/cm ³)	1.921	1.876	-	-
Contenido de Humedad(%)	27.7	26.4	-	-
Densidad Seca(gr/cm ³)	1.505	1.484	-	-

ANEXO A.3: Perforación de Diamantina

REGISTRO DE PERFORACION

SONDEO N° ZPB-02

UBICACION : PRESA PRINCIPAL INCLINACION DEL SONDEO : 90° REGISTRADO POR :
 COORDENADAS : N 9246037.75 DIRECCION DEL SONDEO : REVISADO POR :
 E 733578.37 PROFUNDIDAD EJECUTADA : 25.00m FECHA DE INICIO : 29-08-04
 COTA DE BOCA : 3510 masnm EQUIPO : LONG YEAR-38 FECHA DE FINALIZACION : 01-09-04
 PERFORISTAS : N° DE CAJAS : 07

PROFUNDIDAD (m)	TIPO Y DIAMETRO DE PERFORACION	REVESTIMIENTO EN PERFORACION Y FECHA	PERDIDA DE AGUA DE PERFORACION EN %	DESCRIPCION	PERFIL GEOLOGICO	INDICE GEOTECNICO	RECUPERACION DE MUESTRA (%)	PARAMETROS DE ROCA	ROCA MUY FRAGILIZADA	N° CAJAS DE TESTIGO
		HW	EN SECO	HORIZONTE ALTAMENTE ORGANICO, SATURADO, COLOR NEGRO, PASTOSO DE 0.70 A 1.10 TRANSICION ARCILLO-LIMOSO COLOR MARRON, SATURADO, PLASTICO CON RANES.		E-1				
			10 - 15 % (EL RETORNO DE AGUA FUE DE COLOR ROJIZO)	TRANSICION COLUMO-ALUVAL: CONGLOMERADO DE CANTOS SUB REDONDOS		E-1				
				BASAMENTO ROCOSO VOLCANICO, LEUCOCRATA CON MATICES VIOLACEOS, TEXTURA PORFIRITICA, SISTEMA DE FRACTURAMIENTO CONJUGADOS DE SUB VERTICAL, OBLIQUOS DE BAJO ANGULO Y SUB HORIZONTALES. INTENSAMENTE METEORIZADO, ALTERACION DE SILICIFICACION MODERADA.		E-2				
				VOLCANICO LEUCOCRATA (GRIS CLARO - VERDOSO) MASIVO, POCO FRACTURADO TEXTURA PORFIRITICA, FRACTURAMIENTO PRINCIPAL SUB- HORIZONTAL, SECUNDARIO OBLIQUO DE BAJO ANGULO.		E-2 A E-3				
5										
10			20 - 30 % (EL RETORNO DE AGUA FUE DE COLOR PLOMISO)	BASAMENTO VOLCANICO (SEGREGACION MAGMATICA) COLOR VIOLACEO - BLANQUECINO CON BOTONES AMARILLENOS, TEXTURA PORFIRITICA, SISTEMA DE FRACTURAMIENTO PRINCIPAL VERTICAL, SECUNDARIO OBLIQUO Y SUB HORIZONTAL, FRACTURAS ABIERTAS (1-3mm) RUGOSAS CON PATINA DE OXIDOS ALGUNAS CAVIDADES CON CUARZO DRUSICO.		E-3				
15										
20			15 - 20 % (EL RETORNO DE AGUA FUE DE COLOR GRIS)	VOLCANICO GRIS CLARO DE TEXTURA PORFIRITICA CON FRAGMENTOS LITICOS MAYORES DE 1cm SISTEMA DE FRACTURAMIENTO PRINCIPAL SUB HORIZONTAL Y ESPORADICAMENTE FRACTURAS OBLIQUAS CON VENILLAS DE CALCITA (CERRADAS) DEBIL OXIDACION.						
				BASAMENTO VOLCANICO (SEGREGACION MAGMATICA) COLOR VIOLACEO - BLANQUECINO CON BOTONES AMARILLENOS, TEXTURA PORFIRITICA, SISTEMA DE FRACTURAMIENTO PRINCIPAL VERTICAL, SECUNDARIO OBLIQUO Y SUB HORIZONTAL, FRACTURAS ABIERTAS (1-3mm) RUGOSAS CON PATINA DE OXIDOS						
25										

OBSERVACIONES:

SE INSTALO PIEZOMETRO CASAGRANDE
 1.00 UL = 1.30×10^{-6} cm/seg.

FILTRACION ACUOSA
 NIVEL FREATICO
 FALLA GEOLOGICA

SIMBOLOGIA :

LEYENDA :

TOP-SOLI: HORIZONTE ORGANICO, COLOR NEGRO, HUMEDO, CON TRANSICIONES ARCILLOSO LIMOSO, HUMEDO Y PLASTICO
 SUELO RESIDUAL
 CONGLOMERADO BASAL ARRIGARADO, TRANSICIONES DACTICAS, RIO DACTICAS Y TOBASAS DE TEXTURA PORFIRITICA

PARAMETROS DE ROCA	GRADO DE FRACTURAMIENTO (ISRM, 1978)			GRADO DE METEORIZACION (ISRM, 1980)			GRADO DE DUREZA (ISRM, 1978)			INDICE GEOTECNICO	
	GRADO	CALIFICACION	ESPACIAMIENTO DE FRACTURAS	GRADO	CALIFICACION		GRADO	CALIFICACION	RANGO APROX. DE RESISTENCIA (MPa)	PARAMETRO DE EXCAVABILIDAD	EQUIPO Y/O MAQUINARIA
	F1	MASIVA	> 2.0 m	W1	FRESCA (SANA)		D-0	EXTREMADAMENTE DEBIL	0.25 - 1.0	E - 1	CON EQUIPO LIGERO; PICO LAMPA, BARRETILLAS
	F2	POCO FRACTURADA	0.6 - 2.0 m	W2	LEGERAMENTE METEORIZADA		D-1	MUY DEBIL	1.0 - 5.0	E - 2	MAQUINARIA PESADA
	F3	FRACTURADA	0.2 - 0.6 m	W3	MODERADAMENTE METEORIZADA		D-2	DEBIL	5.0 - 25.0	E - 3	NECESIDAD DE EXPLOSIVOS
	F4	MUY FRACTURADA	0.06 - 0.2 m	W4	INTENSAMENTE METEORIZADA		D-3	MODERADAMENTE RESISTENTE	25.0 - 50.0		
	F5	TRETURADA	< 0.06 m	W5	COMPLETAMENTE METEORIZADA		D-4	RESISTENTE	50.0 - 100.0		
							D-5	MUY RESISTENTE	100.0 - 250.0		
							D-6	EXTREMADAMENTE RESISTENTE	> 250.0		

REVISADO:

APROBADO:

DEBIDO:

FECHA:

SONDEO :

ZPB-02

HOJA :

1/1

REGISTRO DE PERFORACION

SONDEO N° ZPB-03

UBICACION : PRESA PRINCIPAL INCLINACION DEL SONDEO : 90° REGISTRADO POR :
 COORDENADAS : N 9246027.75 DIRECCION DEL SONDEO : REVISADO POR :
 E 733563.38 PROFUNDIDAD EJECUTADA : 25.00m FECHA DE INICIO : 13-09-04
 COTA DE BOCA : 3522 masnm EQUIPO : LONG YEAR-38 FECHA DE FINALIZACION : 14-09-04
 PERFORISTAS : N° DE CAJAS : 08

PROFUNDIDAD (m)	TIPO Y DIAMETRO DE PERFORACION	REVESTIMIENTO EN PERFORACION Y FECHA	PERDIDA DE AGUA DE PERFORACION EN %	DESCRIPCION	PERFIL GEOLOGICO	INDICE GEOTECNICO	RECUPERACION DE MUESTRA (%) R Q D (%) 	PARAMETROS DE ROCA				ROCA MUY FRACTURADA	N° CAJAS DE TESTIGO			
								PRUEBAS LUGEON	UNIDAD LUGEON	K (cm/seg)	GRADO DE FRACTURAMIENTO	GRADO DE METEORIZACION		GRADO DE DUREZA	PERMEABILIDAD (cm/seg)	
5			10 - 15 % (EL RETORNO DE AGUA FUE DE COLOR BEIS A CREMA)	BASAMENTO VOLCANICO, LEUCOCRATA, PORFIRITICO, DE 0.00 A 0.90 ROCA MUY FRACTURADO E INTENSAMENTE METEORIZADO, HACIA 6.60 TESTIGO FUERTEMENTE FRACTURADO; SISTEMA PRINCIPAL DE FRACTURAMIENTO ES SUB VERTICAL Y SECUNDARIO, OBLICUAS DE BAJO ANGULO, EN LAS FRACTURAS ABIERTAS SE OBSERVA RELLENO ARCILLOSO (1-3mm) Y PATINAS DE OXIDO, PLANO RUGOSOS. EN LAS FRACTURAS CERRADAS SE OBSERVA VENILLAS CUARCITICAS.		E-2 - E-3		13.31 U.L.	1.73 x 10 ⁻⁴	F2	F4	W3 A W4	D-3 A D-4	7.92x10 ⁻⁴	01	
10				ROCA VOLCANICA ABIGARRADO CON TRANSICIONES VOLCAICAS, BLANQUESINOS Y GRIS. ANGULO PRINCIPAL DEL SISTEMA DE FRACTURAMIENTO ES 45° A 50° Y EL SISTEMA SECUNDARIO ES SUB HORIZONTAL EN LAS FRACTURAS ABIERTAS LAS JUNTAS TIENEN PAREDES RUGOSAS CON RELLENOS DE ARCILLAS Y PATINAS DE OXIDO. SILIFICACION MODERADO EN TRAMO 9.60-10.50m ROCA INTENSAMENTE ALTERADO Y ARCILLOSO POSIBLE ZONA DE FALLA				1.18 U.L.	1.53 x 10 ⁻⁵	F4 - F3	F2	F4	W4 A W3	D-3		02
15								1.63 U.L.	2.12 x 10 ⁻⁵	F2 - F3	F4 - F3	F4	W4 A W3	D-3		03
20			10 - 15 % (EL RETORNO DE AGUA FUE DE COLOR GRIS - CREMOSO)	ROCA VOLCANICA GRIS BLANQUESINO A GRIS VOLCAICO, PORFIRITICO CON FRAGMENTOS LITICOS, SISTEMA PRINCIPAL DE FRACTURAMIENTO ES SUB VERTICAL CONJUGADO CON FRACTURAS OBLICUAS. LAS FRACTURAS ABIERTAS (SUB VERTICALES) CON PLANOS RUGOSOS, CON RELLENOS ARCILLOSO Y PATINAS DE OXIDO. A LO LARGO DEL TRAMO SE IDENTIFICA SEGREGACIONES MAGMATICAS UBICADOS EN TRAMOS 17.50 A 17.80 Y 23.70 A 24.00 SE OBSERVAN VENILLAS ESPORADICAS DE CUARZO LECHOSO UBICADOS EN LAS FRACTURAS OBLICUAS EN TRAMOS 21.60 A 22.30 Y 24.30 A 25.00m.		E-3		1.53 U.L.	1.99 x 10 ⁻⁵	F2 - F3	F2 - F3	F4	W4 A W3	D-4 A D-5		04
25																05
																06
																07
																08

OBSERVACIONES:

SIMBOLOGIA :

LEYENDA :

1.00 UL = 1.30×10^{-8} cm/seg.

FILTRACION ACUOSA
 NIVEL FREATICO
 FALLA GEOLOGICA

TOP-SOL: HORIZONTE ORGANICO, COLOR NEGRO, HUMEDO,
CON TRANSICIONES ARCILLOSO LIMSO, HUMEDO Y PLASTICO
 SUELO RESIDUAL
 CONGLOMERADO BASAL ABIGARRADO,
TRANSICIONES DACTICAS, RIO DACTICAS Y
TOBAS DE TEXTURA PORFIRITICA

PARAMETROS DE ROCA	GRADO DE FRACTURAMIENTO (ISRM, 1978)			GRADO DE METEORIZACION (ISRM, 1980)			GRADO DE DUREZA (ISRM, 1978)			INDICE GEOTECNICO	
	GRADO	CALIFICACION	ESPACIAMIENTO DE FRACTURAS	GRADO	CALIFICACION	GRADO	CALIFICACION	RANGO APROX. DE RESISTENCIA (MPa)		PARAMETRO DE EXCAVABILIDAD	EQUIPO Y/O MAQUINARIA
	F1	MASIVA	>2.0 m	W1	FRESCA (SANA)	D-0	EXTREMADAMENTE DEBIL	0.25 - 1.0		E = 1	CON EQUIPO LIGERO; POCO LAMPAS, BARRETELAS
	F2	POCO FRACTURADA	0.6 - 2.0 m	W2	LIGERAMENTE METEORIZADA	D-1	MUY DEBIL	1.0 - 5.0		E = 2	MAQUINARIA PESADA
	F3	FRACTURADA	0.2-0.6 m	W3	MODERADAMENTE METEORIZADA	D-2	DEBIL	5.0 - 25.0		E = 3	NECESIDAD DE EXPLOSIVOS
	F4	MUY FRACTURADA	0.06 - 0.2 m	W4	INTENSAMENTE METEORIZADA	D-3	MODERADAMENTE RESISTENTE	25.0 - 50.0			
	F5	TRETURADA	< 0.06 m	W5	COMPLETAMENTE METEORIZADA	D-4	RESISTENTE	50.0 - 100.0			
						D-5	MUY RESISTENTE	100.0 - 250.0			
						D-6	EXTREMADAMENTE RESISTENTE	> 250.0			

REVISADO:

APROBADO:

DIBUJO:

FECHA:

SONDEO :

HOJA :

REGISTRO DE PERFORACION

SONDEO N° ZPB-04

UBICACION : ESPALDON AGUAS ARRIBA INCLINACION DEL SONDEO : 90° REGISTRADO POR :
 COORDENADAS : N 9246024.75 DIRECCION DEL SONDEO : REVISADO POR :
 E 733589.37 PROFUNDIDAD EJECUTADA : 20.00m FECHA DE INICIO : 10-09-04
 COTA DE BOCA : 3514.30 msnm EQUIPO : LONG YEAR-38 FECHA DE FINALIZACION : 11-09-04
 PERFORISTAS : N° DE CAJAS : 06

PROFUNDIDAD (m)	PERFORACION DIAMANTINA ROTATIVA - HQ			DESCRIPCION	PERFIL GEOLOGICO	INDICE GEOTECNICO	RECUPERACION DE MUESTRA	PARAMETROS DE ROCA				ROCA MUY FRACTURADA	N° CAJAS DE TESTIGO		
TIPO Y DIAMETRO DE PERFORACION	REVESTIMIENTO EN PERFORACION Y FECHA	PERDIDA DE AGUA DE PERFORACION EN %					(%) R Q D (%)	PRUEBAS LUGEOON	UNIDAD LUGEOON	K (cm/seg)	GRADO DE FRACTURAMIENTO	GRADO DE METEORIZACION	GRADO DE DUREZA	PRUEBAS LEFRANC	
	HW	EN SECO		HORIZONTE ORGANICO (0.00 A 0.50), TRANSICION LIMO ARCILLOSO COLOR MARRON PLASTICO, SATURADO (0.50 A 1.40).		E-1									
5		5 - 10% (EL RETORNO DE AGUA FUE DE COLOR ROJIZO)		TRANSICION LITOLÓGICA (1.40 A 1.90) FRAGMENTOS ROCOSOS MUY FRACTURADOS Y ANGULOSOS, DE 1.90m AFLORA BASAMENTO ROCOSO VOLCANICO, LEUCOCRATA, PORFIRITICO CON INCLUSIONES CLASTICAS FRACTURAMIENTO PRINCIPAL ES SUB HORIZONTAL CONJUGADOS CON FRACTURAS OBLICUAS DE BAJO ANGULO, FRACTURAS ABIERTAS CON RELLENOS LIMONITICOS (1 A 3mm) PLANOS RUGOSOS.		E-2					F4	W3	D-3	8.80x10 ⁻⁶	01
10		15 - 20% (EL RETORNO DE AGUA FUE DE COLOR AMARILLO)		BASAMENTO VOLCANICO ABIGARRADO, PORFIRITICO SISTEMA DE FRACTURAMIENTO PRINCIPAL HASTA LOS 15 m ES SUB HORIZONTAL Y DE 15 A 17.40 ES SUB VERTICAL, TRANSICIONES DE FRACTURAS ABIERTAS (DE 1 A 3mm) DE PAREDES RUGOSAS CON PATINAS DE OXIDO.		E-3					F3	W3 - W1	D-3 A D-4		02
15		30 - 40% (EL RETORNO DE AGUA FUE DE COLOR ROJIZO)		VOLCANICO GRIS CLARO CON TRANSICIONES VOLCAICAS, PORFIRITICO DE 17.40 A 19.10 FRACTURA SUB VERTICAL ABIERTA DE PAREDES RUGOSAS CON PATINAS IMPORTANTE DE OXIDOS, CONJUGACION DE FRACTURAS OBLICUAS Y SUB VERTICALES, EN FRACTURAS OBLICUAS PRESENCIAS ARCILLOSAS POR ALTERACION DE PLAGIOCLASAS							F4	W3	D-4 A D-5		03
20															
25															

OBSERVACIONES:

SIMBOLOGIA :

LEYENDA :

1.00 UL = 1.30×10^{-6} cm/seg.

FILTRACION ACUOSA

NIVEL FREATICO

FALLA GEOLOGICA

TOP-SOLI: HORIZONTE ORGANICO, COLOR NEGRO, HUMEDO, CON TRANSICIONES ARCILLOSO LIMOSO, HUMEDO Y PLASTICO

SUELO RESIDUAL

CONGLOMERADO BASAL ABIGARRADO, TRANSICIONES DACITAS, RIO DACITAS Y TOBASAS DE TEXTURA PORFIRITICA

PARAMETROS DE ROCA	GRADO DE FRACTURAMIENTO (ISRM, 1978)			GRADO DE METEORIZACION (ISRM, 1980)		GRADO DE DUREZA (ISRM, 1978)			INDICE GEOTECNICO	
	GRADO	CALIFICACION	ESPACIAMIENTO DE FRACTURAS	GRADO	CALIFICACION	GRADO	CALIFICACION	RANGO APROX. DE RESISTENCIA (MPa)	PARAMETRO DE EXCAVABILIDAD	EQUIPO Y/O MAQUINARIA
									E - 1	CON EQUIPO LIGERO; PICO LAMPA, BARRELLAS
F1	MASIVA	> 2.0 m	W1	FRESCA (SANA)	D-0	EXTREMADAMENTE DEBIL	0.25 - 1.0	E - 1	CON EQUIPO LIGERO; PICO LAMPA, BARRELLAS	
F2	POCO FRACTURADA	0.8 - 2.0 m	W2	LEGERAMENTE METEORIZADA	D-1	MUY DEBIL	1.0 - 5.0	E - 2	MAQUINARIA PESADA	
F3	FRACTURADA	0.2 - 0.6 m	W3	MODERADAMENTE METEORIZADA	D-2	DEBIL	5.0 - 25.0	E - 3	NECESIDAD DE EXPLOSIVOS	
F4	MUY FRACTURADA	0.08 - 0.2 m	W4	INTENSAMENTE METEORIZADA	D-3	MODERADAMENTE RESISTENTE	25.0 - 50.0			
F5	TRITURADA	< 0.06 m	W5	COMPLETAMENTE METEORIZADA	D-4	RESISTENTE	50.0 - 100.0			
					D-5 <th>MUY RESISTENTE</th> <th>100.0 - 250.0</th> <td></td> <td></td>	MUY RESISTENTE	100.0 - 250.0			
					D-6 <th>EXTREMADAMENTE RESISTENTE</th> <th>> 250.0</th> <td></td> <td></td>	EXTREMADAMENTE RESISTENTE	> 250.0			
		REVISADO:	APROBADO:		DIBUJO:		FECHA:		SONDEO : ZPB-04	
					HJCH		SET. 2004		HOJA : 1/1	

REVISADO:

APROBADO:

DIBUJO:

FECHA:

SONDEO :

HOJA :

REGISTRO DE PERFORACION

SONDEO N° ZPB-05

UBICACION : DIQUE SECUNDARIO INCLINACION DEL SONDEO : 90° REGISTRADO POR :
 COORDENADAS : N 9245765 DIRECCION DEL SONDEO : REVISADO POR : ING. E. RUIZ R.
 E 733504 PROFUNDIDAD EJECUTADA : 10.00m FECHA DE INICIO : 15-09-04
 COTA DE BOCA : 3523 msnm EQUIPO : LONG YEAR-38 FECHA DE FINALIZACION : 16-09-04
 PERFORISTAS : N° DE CAJAS : 03

PROFUNDIDAD (m)	TIPO Y DIAMETRO DE PERFORACION	REVESTIMIENTO EN PERFORACION Y FECHA	PERDIDA DE AGUA DE PERFORACION EN %	DESCRIPCION	PERFIL GEOLOGICO	INDICE GEOTECNICO	RECUPERACION DE MUESTRA (%) R Q D (%)	PARAMETROS DE ROCA	ROCA MUY FRACTURADA	N° CAJAS DE TESTIGO				
	PERFORACION DIAMANTINA ROTATIVA Ø 100	HW	EN SECO	DE 0.00 A 0.50 HORIZONTE ALTAMENTE ORGANICO, SATURADO COLOR NEGRO, DE 0.50 A 1.50 TRANSICION ARCILLO - LIMOSO, COLOR AMARILLO OCRE HUMEDO Y PLASTICO CON RAICES. DE 1.50 A 1.90 SUELO RESIDUAL.		E-1 E-2		UNIDAD LUGION K (cm/seg)	GRADO DE FRACTURAMIENTO F4	GRADO DE METEORIZACION W2 - W1	GRADO DE DUREZA D-2 A D-3	PERMEABILIDAD (cm/seg) 2.17x10 ⁻⁴	01	
5			20% (EL RETORNO DE AGUA FUE COLOR PLOMIZO)	BASAMENTO VOLCANICO JOBACO COLOR GRIS CLARO, TEXTURA PORFIRITICO CON FRAGMENTOS LITICOS (MENORES DE 1cm) MINERIZACION CUPIROSA XENOLITICA SISTEMA DE FRACTURAMIENTO PRINCIPAL ES SUB HORIZONTAL CON TRANSICIONES DE FRACTURAS OBLICUAS ABIERTAS (1-3mm) PAREDES RUGOSAS SIN RELLENOS		E-3		10.94 U.L. 1.42 x 10 ⁻⁴	F3 - F2		D-3 A D-4		02	
10														03
15														
20														
25														

OBSERVACIONES:

SIMBOLOGIA :

LEYENDA :

1.00 UL = 1.30 x 10⁻⁴ cm/seg.

FILTRACION ACUOSA
 NIVEL FREATICO
 FALLA GEOLOGICA

Q-de TOP-SOL: HORIZONTE ORGANICO, COLOR NEGRO, HUMEDO,
CON TRANSICIONES ARCILLOSO LIMOSO, HUMEDO Y PLASTICO
 Cs SUELO RESIDUAL
 Ti-VLL CONGLOMERADO BASAL ARRIGARADO,
TRANSICIONES DACTICAS, RIO DACTICAS Y
TOBACOSAS DE TEXTURA PORFIRITICA

PARAMETROS DE ROCA	GRADO DE FRACTURAMIENTO (ISRM, 1978)			GRADO DE METEORIZACION (ISRM, 1980)			GRADO DE DUREZA (ISRM, 1978)			INDICE GEOTECNICO	
	GRADO	CALIFICACION	ESPACIAMIENTO DE FRACTURAS	GRADO	CALIFICACION	GRADO	CALIFICACION	RANGO APROX. DE RESISTENCIA (MPa)		PARAMETRO DE EXCAVABILIDAD	EQUIPO Y/O MAQUINARIA
	F1	MASIVA	> 2.0 m	W1	FRESCA (SANA)	D-0	EXTREMADAMENTE DEBIL	0.25 - 1.0		E - 1	CON EQUIPO LIGERO; PICO LAMPA, BARRETELAS
	F2	POCO FRACTURADA	0.6 - 2.0 m	W2	LEGERAMENTE METEORIZADA	D-1	MUY DEBIL	1.0 - 5.0		E - 2	MAQUINARIA PESADA
	F3	FRACTURADA	0.2 - 0.6 m	W3	MODERADAMENTE METEORIZADA	D-2	DEBIL	5.0 - 25.0		E - 3	NECESIDAD DE EXPLOSIVOS
	F4	MUY FRACTURADA	0.06 - 0.2 m	W4	INTENSAMENTE METEORIZADA	D-3	MODERADAMENTE RESISTENTE	25.0 - 50.0			
	F5	TERTURADA	< 0.06 m	W5	COMPLETAMENTE METEORIZADA	D-4	RESISTENTE	50.0 - 100.0			
						D-5	MUY RESISTENTE	100.0 - 250.0			
						D-6	EXTREMADAMENTE RESISTENTE	> 250.0			
APROBADO: _____											
REVISADO: _____											
DIBUJO: HUCH											
FECHA: SET. 2004											
SONDEO : ZPB-05											
HOJA : 1/1											

REGISTRO DE PERFORACION

SONDEO N° ZPB-06

UBICACION : DIQUE SECUNDARIO INCLINACION DEL SONDEO : 90° REGISTRADO POR :
 COORDENADAS : N 9245744 DIRECCION DEL SONDEO : REVISADO POR :
 E 733515 PROFUNDIDAD EJECUTADA : 10.00m FECHA DE INICIO : 17-09-04
 COTA DE BOCA : 3523 msnm EQUIPO : LONG YEAR-38 FECHA DE FINALIZACION : 17-09-04
 PERFORISTAS : N° DE CAJAS : 03

(m)	TIPO Y DIAMETRO DE PERFORACION	REVESTIMIENTO EN PERFORACION Y FECHA	PERDIDA DE AGUA DE PERFORACION EN %	DESCRIPCION	PERFIL GEOLOGICO	INDICE GEOTECNICO	RECUPERACION DE MUESTRA (%)	PARAMETROS DE ROCA					ROCA MUY FRACTURADA	N° CAJAS DE TESTIGO
								PRUEBAS LUQUEON	PRUEBAS LUQUEON	PRUEBAS LUQUEON	PRUEBAS LUQUEON	PRUEBAS LUQUEON		
								UNIDAD LUQUEON	K (cm/sec)	GRADO DE FRACTURAMIENTO	GRADO DE METEORIZACION	GRADO DE DUREZA	PERMEABILIDAD (cm/sec)	
		HW	EN SECO	DE 0.00 A 0.30 HORIZONTE ORGANICO COLOR NEGRO, HUMEDO DE 0.30 A 1.00 TRANSICION LIMO ARCILLOSO, COLOR MARRON CON MATICES AMARILLENOS, HUMEDO Y PLASTICO. DE 1.00 A 1.80 SUELO RESIDUAL		E-1 E-2								
5	PERFORACION DIAMANTINA ROTATIVA Ø HQ		20% (EL RETORNO DE AGUA FUE COLOR PLUMIZO)	BASAMENTO VOLCANICO TOBACCO, COLOR GRIS CLARO, TEXTURA PORFIRITICA CON FRAGMENTOS LITICOS (MENOR DE 1cm) MINERALIZACION CUPROSA XENOLITICA. SISTEMA DE FRACTURAMIENTO ES SUB HORIZONTAL, HACIA LOS 9.50m CONJUGACION DE FRACTURAS OBLICUAS Y SUB VERTICALES.		E-3		10.82 U.L.	1.40 x 10 ⁻⁴	F4	W2 - W1	D-2 A D-3	2.17x10 ⁻⁸	01
10										F4		D-3 A D-4		02
15														03
20														
25														

OBSERVACIONES:

SIMBOLOGIA :

LEYENDA :

SE INSTALO PIEZOMETRO CASAGRANDE
 1.00 U.L. = 1.30 x 10⁻⁶ cm/sec.

⊕ FILTRACION ACUOSA
 5 NIVEL FREATICO
 XXXXXX FALLA GEOLOGICA

Q-de TOP-SOLI HORIZONTE ORGANICO, COLOR NEGRO, HUMEDO.
 Cs SUELO RESIDUAL
 Ti-VLL CONGLOMERADO BASAL ABIGARRADO, TRANSICIONES DACTICAS, RIO DACTICAS Y TOBACOS DE TEXTURA PORFIRITICA

PARAMETROS DE ROCA	GRADO DE FRACTURAMIENTO (ISRM, 1978)			GRADO DE METEORIZACION (ISRM, 1980)		GRADO DE DUREZA (ISRM, 1978)			INDICE GEOTECNICO	
	GRADO	CALIFICACION	ESPACIAMIENTO DE FRACTURAS	GRADO	CALIFICACION	GRADO	CALIFICACION	RANGO APROX. DE RESISTENCIA (MPa)	PARAMETRO DE EXCAVABILIDAD	EQUIPO Y/O MAQUINARIA
									E - 1	CON EQUIPO LIGERO; POCO LAMPFA, BARRETIJAS
F1	MASIVA	>2.0 m	W1	FRESCA (SANA)	D-0	EXTREMADAMENTE DEBIL	0.25 - 1.0	E - 3	NECESIDAD DE EXPLOSIVOS	
F2	POCO FRACTURADA	0.8 - 2.0 m	W2	LIGERAMENTE METEORIZADA	D-1	MUY DEBIL	1.0 - 5.0			
F3	FRACTURADA	0.2-0.6 m	W3	MODERADAMENTE METEORIZADA	D-2	DEBIL	5.0 - 25.0			
F4	MUY FRACTURADA	0.08 - 0.2 m	W4	INTENSAMENTE METEORIZADA	D-3	MODERADAMENTE RESISTENTE	25.0 - 50.0			
F5	TERTURADA	< 0.06 m	W5	COMPLETAMENTE METEORIZADA	D-4	RESISTENTE	50.0 - 100.0			
						D-5	MUY RESISTENTE	100.0 - 250.0		
						D-6	EXTREMADAMENTE RESISTENTE	> 250.0		
REVISADO:				APROBADO:		DIBUJO:		FECHA:		SONDEO : ZPB-06
						HJCH		SET. 2004		HOJA : 1/1

REVISADO:

APROBADO:

DIBUJO:

FECHA:

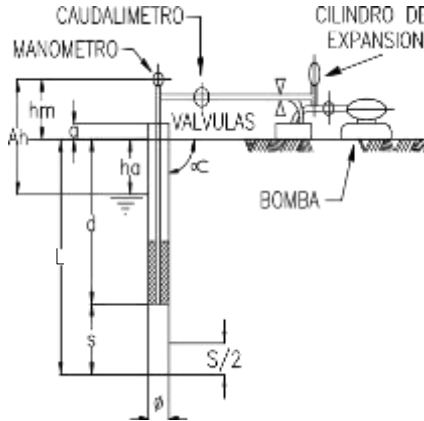
SONDEO :

HOJA :

ANEXO A.4: Permeabilidad In Situ

PRUEBA LUGEON

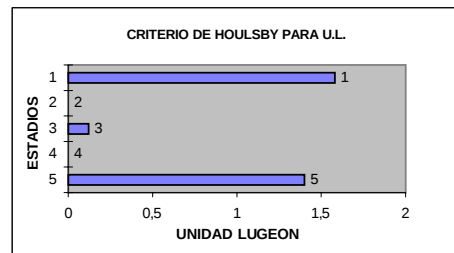
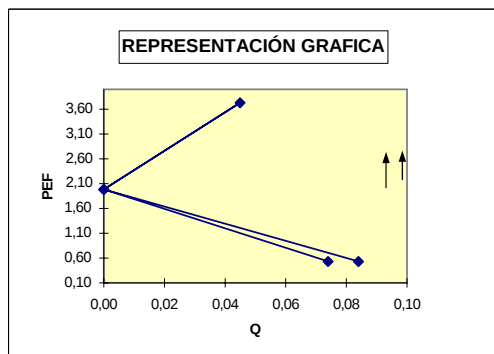
PROYECTO :	SONDEO N°	ZPB - 01	INCLINACION: 90°
SECTOR	PRESA PRINCIPAL	ENSAYO N° : 03	FECHA: 09-09-04
UBICACIÓN	N: 9246055.75 - E: 733599.38	COTA: 3 5 1 7.5 0 msnm	TRAMO DE ENSAYO : 20,00 A 25,00



hm	=	DISTANCIA DEL MANÓMETRO (m)	0,92
a	=	SOBRANTE DE REVESTIMIENTO (m)	0,30
ha	=	DISTANCIA NIVEL FREÁTICO (m)	0,00
Ah	=	LONG. COLUMNA DE AGUA (m)	2,34
d	=	DISTANCIA OBSTURADOR (m)	20,00
L	=	LONGITUD DE PERFORACIÓN (m)	25,00
i	=	INCLINACIÓN DE PERF. C/HORIZONTAL (°)	90,00
Ah'	=	CARGA HIDRAULICA = SENI*Ah (m)	2,34
S	=	LONGITUD DE TRAMO DE ENSAYO (m)	5,00
	=	DIAMETRO DEL BULBO DE ENSAYO (cm)	7,57
PM	=	PRESIÓN MANOMÉTRICA (kg/cm ²)	
PEF	=	PRESION EFECTIVA (kg/cm ²)	
Ap	=	PERDIDA DE CARGA (kg/cm ²)	
q	=	CAUDAL DE AGUA (l/min)	
Q	=	ABSORCIÓN DE AGUA (l/m/min)	
U.L.	=	UNIDAD LUGEON (1 l/m/min a 10 kg/cm ² de PEF)	

T (min)	Pm = 0,30		Pm = 1,75		Pm = 3,50		Pm = 1,75		Pm = 0,30	
	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)
0,00	829,30		836,20		836,90		838,50		836,10	
1,00	829,90	0,60	836,20	0,00	837,20	0,30	838,50	0,00	836,55	0,45
2,00	830,50	0,60	836,20	0,00	837,40	0,20	838,50	0,00	836,90	0,35
3,00	831,00	0,50	836,20	0,00	837,55	0,15	838,50	0,00	837,25	0,35
4,00	831,40	0,40	836,20	0,00	837,90	0,35	838,50	0,00	837,60	0,35
5,00	831,80	0,40	836,20	0,00	838,15	0,25	838,50	0,00	838,05	0,45
6,00	832,10	0,30	836,20	0,00	838,35	0,20	838,50	0,00	838,40	0,35
7,00	832,40	0,30	836,20	0,00	838,60	0,25	838,50	0,00	838,75	0,35
8,00	832,80	0,40	836,20	0,00	838,80	0,20	838,50	0,00	839,10	0,35
9,00	833,10	0,30	836,20	0,00	839,00	0,20	838,50	0,00	839,45	0,35
10,00	833,50	0,40	836,20	0,00	839,15	0,15	838,50	0,00	839,80	0,35

q (l/min)	0,42	0,00	0,23	0,00	0,37
Q (l/m/min)	0,08	0,00	0,05	0,00	0,07
Pm (kg/cm ²)	0,30	1,75	3,50	1,75	0,30
Ap (kg/cm ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ah/10 (kg/cm ²)	0,2342	0,2342	0,2342	0,2342	0,2342
PEF (kg/cm ²)	0,53	1,98	3,73	1,98	0,53
U.L.	1,58	0	0,12	0	1,4



UNIDAD LUGEON = 0,12 UL
K (PERMEABILIDAD) = 1,56E-06 cm/sg

OBSERVACIONES:

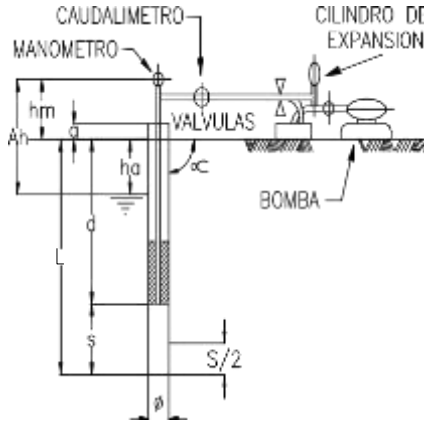
EL FLUJO TIENDE A SER TURBULENTO.

REVISADO

APROBADO

PRUEBA LUGEON

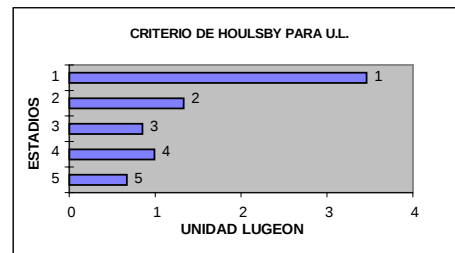
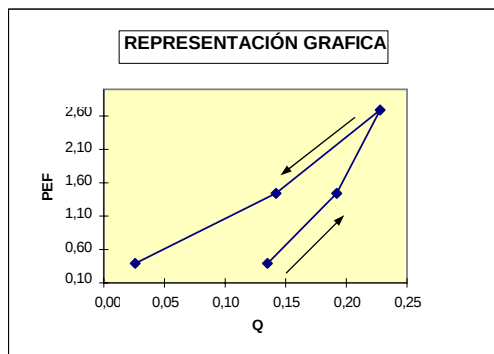
PROYECTO :	SONDEO N°	ZPB - 01	INCLINACION: 90°
SECTOR	PRESA PRINCIPAL	ENSAYO N° : 02	FECHA: 09-09-04
UBICACIÓN	N: 9246055.75 - E: 733599.38	COTA: 3 5 1 7.5 0 msnm	TRAMO DE ENSAYO : 15,00 A 20,00



hm	=	DISTANCIA DEL MANÓMETRO (m)	1,00
a	=	SOBRANTE DE REVESTIMIENTO (m)	0,33
ha	=	DISTANCIA NIVEL FREÁTICO (m)	0,00
Ah	=	LONG. COLUMNA DE AGUA (m)	1,85
d	=	DISTANCIA OBSTURADOR (m)	15,00
L	=	LONGITUD DE PERFORACIÓN (m)	20,00
i	=	INCLINACIÓN DE PERF. C/HORIZONTAL (°)	90,00
Ah'	=	CARGA HIDRAULICA = SENi*Ah (m)	1,85
S	=	LONGITUD DE TRAMO DE ENSAYO (m)	5,00
	=	DIAMETRO DEL BULBO DE ENSAYO (cm)	7,57
PM	=	PRESIÓN MANOMÉTRICA (kg/cm ²)	
PEF	=	PRESION EFECTIVA (kg/cm ²)	
Ap	=	PERDIDA DE CARGA (kg/cm ²)	
q	=	CAUDAL DE AGUA (l/min)	
Q	=	ABSORCIÓN DE AGUA (l/m/min)	
U.L.	=	UNIDAD LUGEON (1 l/m/min a 10 kg/cm ² de PEF)	

T (min)	Pm = 0,20		Pm = 1,25		Pm = 2,50		Pm = 1,25		Pm = 0,20	
	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)
0,00	710,00		720,00		735,00		750,00		760,00	
1,00	710,65	0,65	721,00	1,00	736,20	1,20	750,70	0,70	760,10	0,10
2,00	711,35	0,70	721,90	0,90	737,30	1,10	751,50	0,80	760,25	0,15
3,00	712,00	0,65	722,90	1,00	738,40	1,10	752,20	0,70	760,40	0,15
4,00	712,65	0,65	723,80	0,90	739,60	1,20	752,90	0,70	760,50	0,10
5,00	713,35	0,70	724,80	1,00	740,80	1,20	753,60	0,70	760,65	0,15
6,00	714,05	0,70	725,70	0,90	741,90	1,10	754,60	1,00	760,80	0,15
7,00	714,70	0,65	726,70	1,00	743,00	1,10	755,10	0,50	760,90	0,10
8,00	715,40	0,70	727,70	1,00	744,10	1,10	755,70	0,60	761,00	0,10
9,00	716,05	0,65	728,70	1,00	745,30	1,20	756,40	0,70	761,15	0,15
10,00	716,75	0,70	729,60	0,90	746,40	1,10	757,10	0,70	761,30	0,15

q (l/min)	0,68	0,96	1,14	0,71	0,13
Q (l/m/min)	0,14	0,19	0,23	0,14	0,03
Pm (kg/cm ²)	0,20	1,25	2,50	1,25	0,20
Ap (kg/cm ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ah/10 (kg/cm ²)	0,185	0,185	0,185	0,185	0,185
PEF (kg/cm ²)	0,39	1,44	2,69	1,44	0,39
U.L.	3,46	1,33	0,85	0,99	0,67



UNIDAD LUGEON = 0,67 UL
K (PERMEABILIDAD) = 8,71E-06 cm/sg

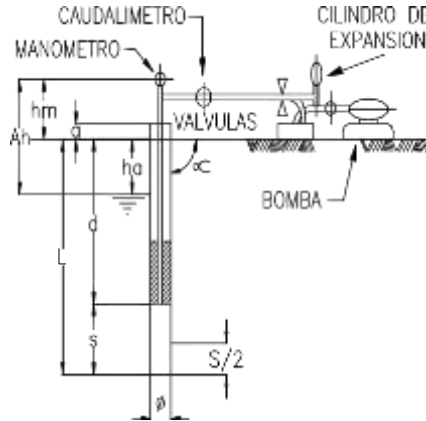
OBSERVACIONES:
LOS LUGEONES DECRECEN EN EL PROCESO DE LA PRUEBA, LOS VACIOS SON GRADUALMENTE RELLENADOS.

REVISADO

APROBADO

PRUEBA LUGEON

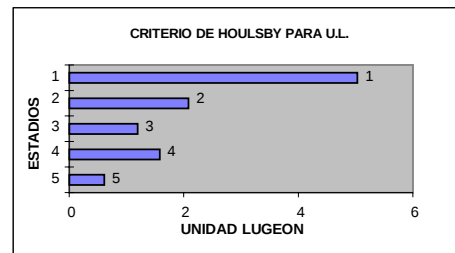
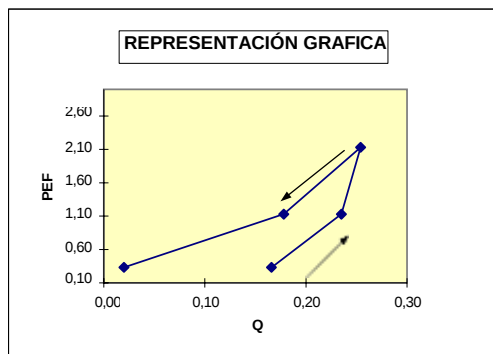
PROYECTO :	SONDEO N°	ZPB - 01	INCLINACION: 90°
SECTOR	PRESA PRINCIPAL	ENSAYO N° : 01	FECHA: 08-09-04
UBICACIÓN	N: 9246055,75 - E: 733599,38	COTA: 3 5 1 7,5 0 msnm	TRAMO DE ENSAYO : 10,00 A 15,00



hm	=	DISTANCIA DEL MANOMETRO (m)	0,80
a	=	SOBRANTE DE REVESTIMIENTO (m)	0,40
ha	=	DISTANCIA NIVEL FREÁTICO (m)	0,00
Ah	=	LONG. COLUMNA DE AGUA (m)	1,33
d	=	DISTANCIA OBSTURADOR (m)	10,00
L	=	LONGITUD DE PERFORACIÓN (m)	15,00
i	=	INCLINACIÓN DE PERF. C/HORIZONTAL (°)	90,00
Ah'	=	CARGA HIDRAULICA = SENi*Ah (m)	1,33
S	=	LONGITUD DE TRAMO DE ENSAYO (m)	5,00
		DIAMETRO DEL BULBO DE ENSAYO (cm)	7,57
PM	=	PRESIÓN MANOMETRICA (kg/cm2)	
PEF	=	PRESION EFECTIVA (kg/cm2)	
Ap	=	PERDIDA DE CARGA (kg/cm2)	
q	=	CAUDAL DE AGUA (l/min)	
Q	=	ABSORCIÓN DE AGUA (l/m/min)	
U.L.	=	UNIDAD LUGEON (1 l/m/min a 10 kg/cm2 de PEF)	

T (min)	Pm = 0,20		Pm = 1,00		Pm = 2,00		Pm = 1,00		Pm = 0,20	
	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)
0,00	623,00		632,00		650,00		666,50		680,40	
1,00	624,00	1,00	633,15	1,15	651,30	1,30	667,40	0,90	680,50	0,10
2,00	624,90	0,90	634,30	1,15	652,50	1,20	668,30	0,90	680,60	0,10
3,00	625,80	0,90	635,60	1,30	653,70	1,20	669,20	0,90	680,70	0,10
4,00	626,50	0,70	636,75	1,15	655,00	1,30	670,10	0,90	680,80	0,10
5,00	627,30	0,80	638,00	1,25	656,30	1,30	670,90	0,80	680,90	0,10
6,00	628,10	0,80	639,15	1,15	657,60	1,30	671,80	0,90	681,00	0,10
7,00	628,90	0,80	640,30	1,15	658,90	1,30	672,70	0,90	681,10	0,10
8,00	629,70	0,80	641,45	1,15	660,10	1,20	673,60	0,90	681,20	0,10
9,00	630,50	0,80	642,60	1,15	661,40	1,30	674,50	0,90	681,30	0,10
10,00	631,30	0,80	643,75	1,15	662,70	1,30	675,40	0,90	681,40	0,10

q (l/min)	0,83	1,18	1,27	0,89	0,10
Q (l/m/min)	0,17	0,24	0,25	0,18	0,02
Pm (kg/cm2)	0,20	1,00	2,00	1,00	0,20
Ap (kg/cm2)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ah/10 (kg/cm2)	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
PEF (kg/cm2)	0,33	1,13	2,13	1,13	0,33
U.L.	5,03	2,08	1,19	1,58	0,61



UNIDAD LUGEON = 0,61 UL
K (PERMEABILIDAD) = 7,93E-06 cm/sg

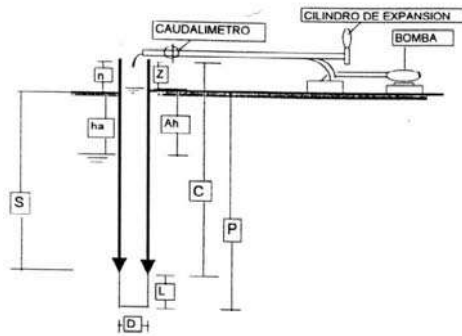
OBSERVACIONES:
LOS LUGEONES DECRECEN EN EL PROCESO DE LA PRUEBA, LOS VACIOS SON GRADUALMENTE RELLENADOS.

REVISADO

APROBADO

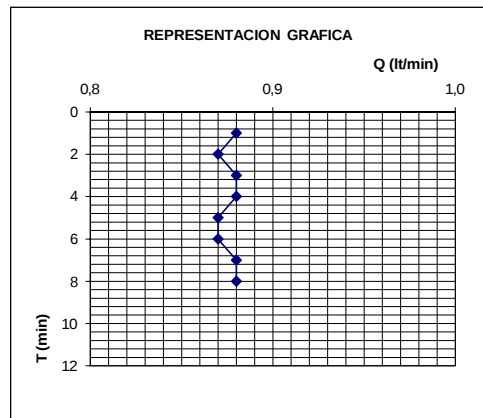
REGISTRO DE PRUEBA LEFRANC

PROYECTO	PRESA PRINCIPAL		SONDEO N°	ZPB - 01	INCLINACION:	90°
SECTOR			ENSAYO N°	01	FECHA:	08-09-04
UBICACIÓN	N: 9246063 - E: 733608	COTA: 3 5 1 7.5 0 (msnm)	TRAMO DE ENSAYO	DE 3.50	A	6,65



ha : Prof. nivel freático (m)	0,00
n : Sobranse del revestimiento (m)	0,30
S : Prof. del revestimiento (m)	3,50
C : Long. Total del revestimiento (m)	3,80
P : Profundidad del frente de perforación (m)	6,65
L : Longitud del bulbo de ensayo (cm)	315,00
Z : Prof. agua a nivel constante (m)	0,06
D : Diámetro del bulbo de ensayo (cm)	9,00
hn : Carga hidráulica (cm)	
d : Diámetro interno del revestimiento (cm)	7,57

tiempo (min)	Hidrometro (lt)	Q (lt/min)
0	20,00	
1	20,88	0,880
2	21,75	0,870
3	22,63	0,880
4	23,51	0,880
5	24,38	0,870
6	25,25	0,870
7	26,13	0,880
8	27,01	0,880
9	27,89	0,880
10	28,77	0,880
Q promedio =		0,877



$$H = (P+S)/2 + (n - z)$$

$$H = 531,5 \text{ centímetros}$$

CALCULO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

CALCULO DEL CAUDAL NIVEL CONSTANTE

$$Q = 14,61959 \text{ cm}^3/\text{seg}$$

CALCULO DE K

Con $L/D < 2$	$K = Q / (PI \times D \times H)$
Con $L/D = 2$	$K = Q / (2 \times PI \times D \times H \times (L/D + 0.25)^{(0.5)})$
Con $L/D > 2$	$K = Q \times \ln (2L/D) / (2 \times PI \times H \times L)$

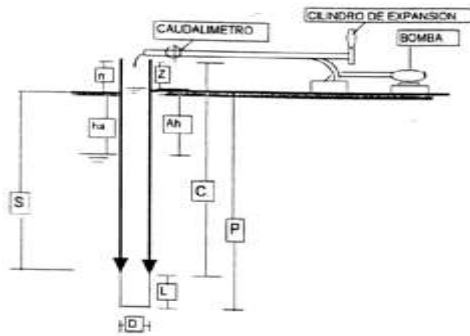
$$K = 4,04E-06 \text{ cm / seg}$$

OBSERVACIONES

DESPUES DE LOS 20 MINUTOS SE ESTABILIZO EL CONSUMO DE AGUA

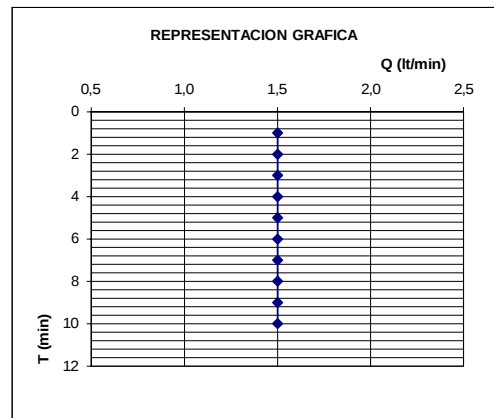
REGISTRO DE PRUEBA LEFRANC

PROYECTO	PRESA PRINCIPAL		SONDEO N°	ZPB - 01	INCLINACION:	90°
SECTOR			ENSAYO N°	02	FECHA:	08-09-04
UBICACIÓN	N: 9246063 - E: 733608	COTA: 3 5 1 7.5 0 (msnm)	TRAMO DE ENSAYO	: DE 6.65	A	9,50



ha : Prof. nivel freático (m)	0,00
n : Sobrante del revestimiento (m)	0,35
S : Prof. del revestimiento (m)	6,65
C : Long. Total del revestimiento (m)	7,00
P : Profundidad del frente de perforación (m)	9,50
L : Longitud del bulbo de ensayo (cm)	285,00
Z : Prof. agua a nivel constante (m)	0,07
D : Diámetro del bulbo de ensayo (cm)	9,00
hn : Carga hidráulica (cm)	
d : Diámetro interno del revestimiento (cm)	7,57

tiempo (min)	Hidrometro (lt)	Q (lt/min)
0	640,00	
1	641,50	1,500
2	643,00	1,500
3	644,50	1,500
4	646,00	1,500
5	647,50	1,500
6	649,00	1,500
7	650,50	1,500
8	652,00	1,500
9	653,50	1,500
10	655,00	1,500
Q promedio =		1,5



$$H = (P+S)/2 + (n - z)$$

$$H = 835,5 \text{ centímetros}$$

CALCULO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

CALCULO DEL CAUDAL NIVEL CONSTANTE

$$Q = 25,005 \text{ cm}^3/\text{seg}$$

CALCULO DE K

Con $L/D < 2$	$K = Q / (\pi \times D \times H)$
Con $L/D = 2$	$K = Q / (2 \times \pi \times D \times H \times (L/D + 0.25)^{(0.5)})$
Con $L/D > 2$	$K = Q \times \ln(2L/D) / (2 \times \pi \times H \times L)$

$$K = 2,77E-06 \text{ cm / seg}$$

OBSERVACIONES

DESPUES DE LOS 25 MINUTOS SE ESTABILIZO EL CONSUMO DE AGUA

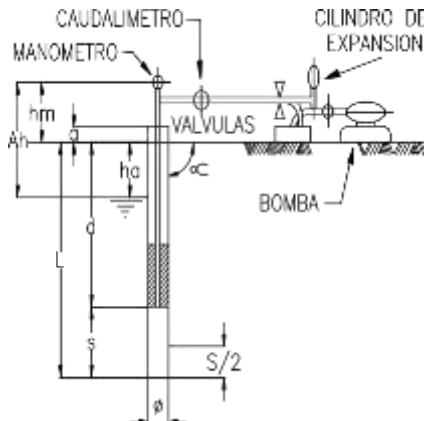
PRUEBA LUGEON																																																																																																																																									
PROYECTO : _____					SONDEO N° ZPB - 02		INCLINACIÓN: 90°																																																																																																																																		
SECTOR PRESA PRINCIPAL					ENSAYO N° : 01		FECHA: 01-09-04																																																																																																																																		
UBICACIÓN		N: 9246037.75 - E: 733578.37		COTA: 3 5 1 0 msnm		TRAMO DE ENSAYO : 5,00		A 10,00																																																																																																																																	
					hm = DISTANCIA DEL MANOMETRO (m) a = SOBRANTE DE REVESTIMIENTO (m) ha = DISTANCIA NIVEL FREÁTICO (m) Ah = LONG. COLUMNA DE AGUA (m) d = DISTANCIA OBSTURADO L = LONGITUD DE PERFORACIÓN (m) i = INCLINACIÓN DE PERF. Ah' = CARGA HIDRAULICA = S = LONGITUD DE TRAMO DIAMETRO DEL BULBO DE ENSAYO (cm) PM = PRESIÓN MANOMÉTRICA (kg/cm²) PEF = PRESIÓN EFECTIVA (kg/cm²) Ap = PERDIDA DE CARGA (kg) q = CAUDAL DE AGUA (l/min) Q = ABSORCIÓN DE AGUA $U.L.$ = UNIDAD LUGEON (1 l/m/min a 10 kg/cm² de PEF)																																																																																																																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">T (min)</th> <th colspan="2">Pm = 0,10</th> <th colspan="2">Pm = 0,50</th> <th colspan="2">Pm = 1,00</th> <th colspan="2">Pm = 0,50</th> <th rowspan="2"></th> </tr> <tr> <th>Hidrom (l)</th> <th>q (l)</th> <th>Hidrom (l)</th> <th>q (l)</th> <th>Hidrom (l)</th> <th>q (l)</th> <th>Hidrom (l)</th> <th>q</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,00</td><td>45,65</td><td></td><td>49,80</td><td></td><td>54,80</td><td></td><td>62,00</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1,00</td><td>45,70</td><td>0,05</td><td>50,00</td><td>0,20</td><td>55,50</td><td>0,70</td><td>62,10</td><td>0,10</td><td>63,50</td></tr> <tr><td>2,00</td><td>45,80</td><td>0,10</td><td>50,20</td><td>0,20</td><td>56,20</td><td>0,70</td><td>62,15</td><td>0,05</td><td>63,50</td></tr> <tr><td>3,00</td><td>45,85</td><td>0,05</td><td>50,40</td><td>0,20</td><td>56,95</td><td>0,75</td><td>62,20</td><td>0,05</td><td>63,50</td></tr> <tr><td>4,00</td><td>45,90</td><td>0,05</td><td>50,55</td><td>0,15</td><td>57,60</td><td>0,65</td><td>62,30</td><td>0,10</td><td>63,50</td></tr> <tr><td>5,00</td><td>46,00</td><td>0,10</td><td>50,75</td><td>0,20</td><td>58,20</td><td>0,60</td><td>62,40</td><td>0,10</td><td>63,50</td></tr> <tr><td>6,00</td><td>46,05</td><td>0,05</td><td>50,95</td><td>0,20</td><td>58,75</td><td>0,55</td><td>62,50</td><td>0,10</td><td>63,50</td></tr> <tr><td>7,00</td><td>46,10</td><td>0,05</td><td>51,15</td><td>0,20</td><td>59,35</td><td>0,60</td><td>62,60</td><td>0,10</td><td>63,50</td></tr> <tr><td>8,00</td><td>46,20</td><td>0,10</td><td>51,40</td><td>0,25</td><td>60,00</td><td>0,65</td><td>62,70</td><td>0,10</td><td>63,50</td></tr> <tr><td>9,00</td><td>46,25</td><td>0,05</td><td>51,60</td><td>0,20</td><td>60,60</td><td>0,60</td><td>62,80</td><td>0,10</td><td>63,50</td></tr> <tr><td>10,00</td><td>46,35</td><td>0,10</td><td>51,85</td><td>0,25</td><td>61,20</td><td>0,60</td><td>62,90</td><td>0,10</td><td>63,50</td></tr> </tbody> </table>										T (min)	Pm = 0,10		Pm = 0,50		Pm = 1,00		Pm = 0,50			Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q	0,00	45,65		49,80		54,80		62,00			1,00	45,70	0,05	50,00	0,20	55,50	0,70	62,10	0,10	63,50	2,00	45,80	0,10	50,20	0,20	56,20	0,70	62,15	0,05	63,50	3,00	45,85	0,05	50,40	0,20	56,95	0,75	62,20	0,05	63,50	4,00	45,90	0,05	50,55	0,15	57,60	0,65	62,30	0,10	63,50	5,00	46,00	0,10	50,75	0,20	58,20	0,60	62,40	0,10	63,50	6,00	46,05	0,05	50,95	0,20	58,75	0,55	62,50	0,10	63,50	7,00	46,10	0,05	51,15	0,20	59,35	0,60	62,60	0,10	63,50	8,00	46,20	0,10	51,40	0,25	60,00	0,65	62,70	0,10	63,50	9,00	46,25	0,05	51,60	0,20	60,60	0,60	62,80	0,10	63,50	10,00	46,35	0,10	51,85	0,25	61,20	0,60	62,90	0,10	63,50
T (min)	Pm = 0,10		Pm = 0,50		Pm = 1,00		Pm = 0,50																																																																																																																																		
	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q																																																																																																																																	
0,00	45,65		49,80		54,80		62,00																																																																																																																																		
1,00	45,70	0,05	50,00	0,20	55,50	0,70	62,10	0,10	63,50																																																																																																																																
2,00	45,80	0,10	50,20	0,20	56,20	0,70	62,15	0,05	63,50																																																																																																																																
3,00	45,85	0,05	50,40	0,20	56,95	0,75	62,20	0,05	63,50																																																																																																																																
4,00	45,90	0,05	50,55	0,15	57,60	0,65	62,30	0,10	63,50																																																																																																																																
5,00	46,00	0,10	50,75	0,20	58,20	0,60	62,40	0,10	63,50																																																																																																																																
6,00	46,05	0,05	50,95	0,20	58,75	0,55	62,50	0,10	63,50																																																																																																																																
7,00	46,10	0,05	51,15	0,20	59,35	0,60	62,60	0,10	63,50																																																																																																																																
8,00	46,20	0,10	51,40	0,25	60,00	0,65	62,70	0,10	63,50																																																																																																																																
9,00	46,25	0,05	51,60	0,20	60,60	0,60	62,80	0,10	63,50																																																																																																																																
10,00	46,35	0,10	51,85	0,25	61,20	0,60	62,90	0,10	63,50																																																																																																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th></th> <th>0,10</th> <th>0,50</th> <th>1,00</th> <th>0,50</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>q (l/min)</td><td>0,07</td><td>0,21</td><td>0,64</td><td>0,09</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>Q (l/m/min)</td><td>0,01</td><td>0,04</td><td>0,13</td><td>0,02</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>Pm (kg/cm²)</td><td>0,10</td><td>0,50</td><td>1,00</td><td>0,50</td><td>0,10</td></tr> <tr><td>Ap (kg/cm²)</td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>Ah/10 (kg/cm²)</td><td>0,183</td><td>0,183</td><td>0,183</td><td>0,183</td><td>0,183</td></tr> <tr><td>PEF (kg/cm²)</td><td>0,28</td><td>0,68</td><td>1,18</td><td>0,68</td><td>0,28</td></tr> <tr><td>U.L.</td><td>0,50</td><td>0,6</td><td>1,08</td><td>0,26</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>											0,10	0,50	1,00	0,50		q (l/min)	0,07	0,21	0,64	0,09	0,00	Q (l/m/min)	0,01	0,04	0,13	0,02	0,00	Pm (kg/cm ²)	0,10	0,50	1,00	0,50	0,10	Ap (kg/cm ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Ah/10 (kg/cm ²)	0,183	0,183	0,183	0,183	0,183	PEF (kg/cm ²)	0,28	0,68	1,18	0,68	0,28	U.L.	0,50	0,6	1,08	0,26	0																																																																																
	0,10	0,50	1,00	0,50																																																																																																																																					
q (l/min)	0,07	0,21	0,64	0,09	0,00																																																																																																																																				
Q (l/m/min)	0,01	0,04	0,13	0,02	0,00																																																																																																																																				
Pm (kg/cm ²)	0,10	0,50	1,00	0,50	0,10																																																																																																																																				
Ap (kg/cm ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																																																																																																																																				
Ah/10 (kg/cm ²)	0,183	0,183	0,183	0,183	0,183																																																																																																																																				
PEF (kg/cm ²)	0,28	0,68	1,18	0,68	0,28																																																																																																																																				
U.L.	0,50	0,6	1,08	0,26	0																																																																																																																																				
REPRESENTACIÓN GRAFICA					CRITERIO DE HOULSBY PARA U.L.																																																																																																																																				
UNIDAD LUGEON = 1,08 UL K (PERMEABILIDAD) = 1,40E-05 cm/sg																																																																																																																																									
OBSERVACIONES: EL ENSAYO DEFINE UN FLUJO EROSIVO, CAUSANDO CAMBIOS DEFINITIVOS EN EL MEDIO ROCOSO																																																																																																																																									

REVISADO

APROBADO

PRUEBA LUGEON

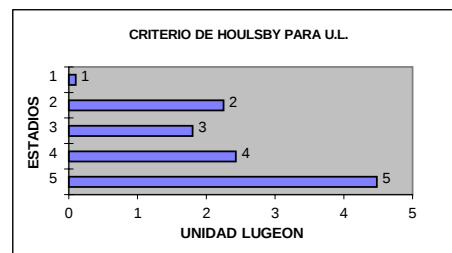
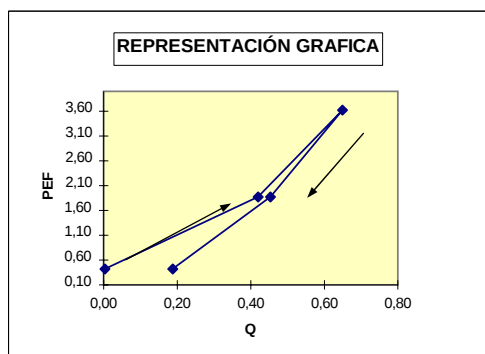
PROYECTO :	SONDEO N°	ZPB - 02	INCLINACION: 90°
SECTOR	PRESA PRINCIPAL	ENSAYO N° : 04	FECHA: 02-09-04
UBICACIÓN	N:9246037.75 - E:733578.37	COTA: 3 5 1 0 msnm	TRAMO DE ENSAYO : 20,00 A 25,00



hm	=	DISTANCIA DEL MANOMETRO (m)	0,82
a	=	SOBRANTE DE REVESTIMIENTO (m)	0,30
ha	=	DISTANCIA NIVEL FREÁTICO (m)	0,40
Ah	=	LONG. COLUMNA DE AGUA (m)	1,22
d	=	DISTANCIA OBSTURADOR (m)	20,00
L	=	LONGITUD DE PERFORACIÓN (m)	25,00
i	=	INCLINACIÓN DE PERF. C/HORIZONTAL (°)	90,00
Ah'	=	CARGA HIDRAULICA = SEN*i*Ah (m)	1,22
S	=	LONGITUD DE TRAMO DE ENSAYO (m)	5,00
	=	DIAMETRO DEL BULBO DE ENSAYO (cm)	7,57
PM	=	PRESIÓN MANOMETRICA (kg/cm2)	
PEF	=	PRESION EFECTIVA (kg/cm2)	
Ap	=	PERDIDA DE CARGA (kg/cm2)	
q	=	CAUDAL DE AGUA (l/min)	
Q	=	ABSORCIÓN DE AGUA (l/m/min)	
U.L.	=	UNIDAD LUGEON (1 l/m/min a 10 kg/cm2 de PEF)	

T (min)	Pm = 0,30		Pm = 1,75		Pm = 3,50		Pm = 1,75		Pm = 0,30	
	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)
0,00	17,20		25,20		55,00		92,00		117,50	
1,00	17,25	0,05	26,90	1,70	58,00	3,00	94,30	2,30	118,40	0,90
2,00	17,25	0,00	28,80	1,90	61,40	3,40	96,50	2,20	119,20	0,80
3,00	17,25	0,00	31,00	2,20	64,70	3,30	98,80	2,30	120,80	1,60
4,00	17,30	0,05	33,00	2,00	68,00	3,30	101,10	2,30	121,60	0,80
5,00	17,30	0,00	35,20	2,20	71,30	3,30	103,30	2,20	122,50	0,90
6,00	17,30	0,00	37,50	2,30	74,60	3,30	105,60	2,30	123,40	0,90
7,00	17,30	0,00	39,60	2,10	78,00	3,40	107,90	2,30	124,20	0,80
8,00	17,30	0,00	41,80	2,20	81,00	3,00	110,20	2,30	125,10	0,90
9,00	17,30	0,00	44,00	2,20	84,30	3,30	112,50	2,30	126,00	0,90
10,00	17,40	0,10	46,20	2,20	87,50	3,20	114,70	2,20	126,90	0,90

q (l/min)	0,02	2,10	3,25	2,27	0,94
Q (l/m/min)	0,00	0,42	0,65	0,45	0,19
Pm (kg/cm2)	0,30	1,75	3,50	1,75	0,30
Ap (kg/cm2)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ah/10 (kg/cm2)	0,122	0,122	0,122	0,122	0,122
PEF (kg/cm2)	0,42	1,87	3,62	1,87	0,42
U.L.	0,10	2,25	1,8	2,43	4,48



UNIDAD LUGEON = **4,48** UL

K (PERMEABILIDAD) = 5,82E-05 cm/sg

OBSERVACIONES:

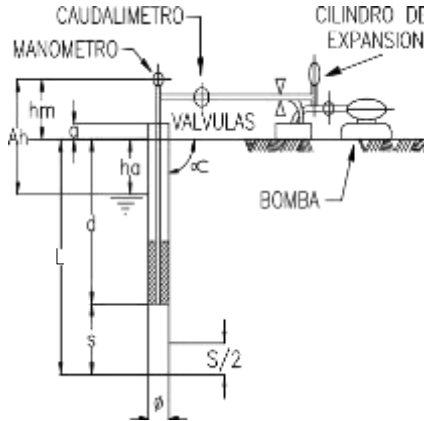
EL ENSAYO DEFINE UN FLUJO EROSIVO.

REVISADO

APROBADO

PRUEBA LUGEON

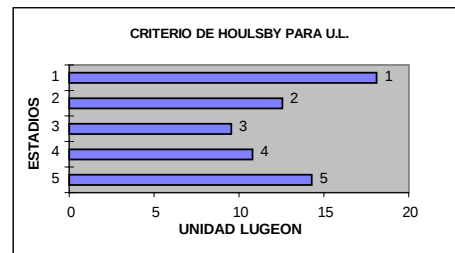
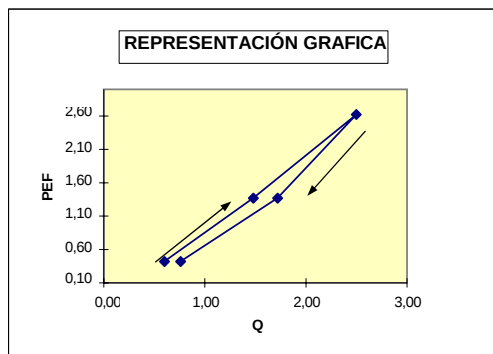
PROYECTO :	SONDEO N°	ZPB - 02	INCLINACION: 90°
SECTOR	PRESA PRINCIPAL	ENSAYO N° : 03	FECHA: 01-09-04
UBICACIÓN	N:9246037.75 - E:733578.37	COTA: 3 5 1 0 msnm	TRAMO DE ENSAYO : 15,00 A 20,00



hm	=	DISTANCIA DEL MANÓMETRO (m)	0,75
a	=	SOBRANTE DE REVESTIMIENTO (m)	0,30
ha	=	DISTANCIA NIVEL FREÁTICO (m)	0,40
Ah	=	LONG. COLUMNA DE AGUA (m)	1,15
d	=	DISTANCIA OBSTURADOR (m)	15,00
L	=	LONGITUD DE PERFORACIÓN (m)	20,00
i	=	INCLINACIÓN DE PERF. C/HORIZONTAL (°)	90,00
Ah'	=	CARGA HIDRAULICA = SENi*Ah (m)	1,15
S	=	LONGITUD DE TRAMO DE ENSAYO (m)	5,00
	=	DIAMETRO DEL BULBO DE ENSAYO (cm)	7,57
PM	=	PRESIÓN MANOMÉTRICA (kg/cm ²)	
PEF	=	PRESION EFECTIVA (kg/cm ²)	
Ap	=	PERDIDA DE CARGA (kg/cm ²)	
q	=	CAUDAL DE AGUA (l/min)	
Q	=	ABSORCIÓN DE AGUA (l/m/min)	
U.L.	=	UNIDAD LUGEON (1 l/m/min a 10 kg/cm ² de PEF)	

T (min)	Pm = 0,30		Pm = 1,25		Pm = 2,50		Pm = 1,25		Pm = 0,30	
	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)
0,00	480,00		560,00		680,00		830,00		920,00	
1,00	483,00	3,00	568,00	8,00	693,00	13,00	838,00	8,00	923,00	3,00
2,00	487,00	4,00	577,00	9,00	705,00	12,00	845,00	7,00	926,00	3,00
3,00	490,00	3,00	585,00	8,00	718,00	13,00	853,00	8,00	929,00	3,00
4,00	494,00	4,00	594,00	9,00	730,00	12,00	861,00	8,00	932,00	3,00
5,00	498,00	4,00	602,00	8,00	742,00	12,00	868,00	7,00	935,00	3,00
6,00	502,00	4,00	610,00	8,00	755,00	13,00	875,00	7,00	938,00	3,00
7,00	506,00	4,00	619,00	9,00	768,00	13,00	882,00	7,00	941,00	3,00
8,00	510,00	4,00	628,00	9,00	780,00	12,00	890,00	8,00	944,00	3,00
9,00	514,00	4,00	637,00	9,00	793,00	13,00	897,00	7,00	947,00	3,00
10,00	518,00	4,00	646,00	9,00	805,00	12,00	904,00	7,00	950,00	3,00

q (l/min)	3,80	8,60	12,50	7,40	3,00
Q (l/m/min)	0,76	1,72	2,50	1,48	0,60
Pm (kg/cm ²)	0,30	1,25	2,50	1,25	0,30
Ap (kg/cm ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ah/10 (kg/cm ²)	0,115	0,115	0,115	0,115	0,115
PEF (kg/cm ²)	0,42	1,37	2,62	1,37	0,42
U.L.	18,10	12,55	9,54	10,8	14,29



UNIDAD LUGEON = 9,54 UL
K (PERMEABILIDAD) = 1,24E-04 cm/sg

OBSERVACIONES:

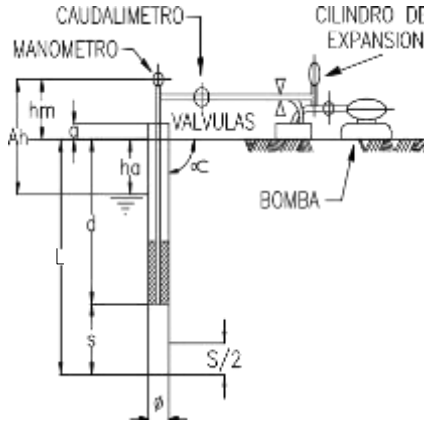
EL ENSAYO DEFINE UN FLUJO TURBULENTO.

REVISADO

APROBADO

PRUEBA LUGEON

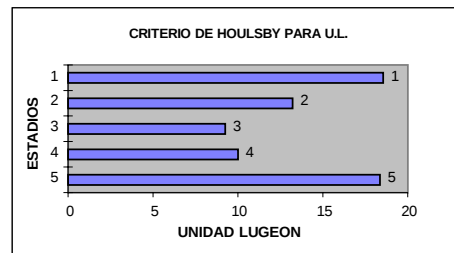
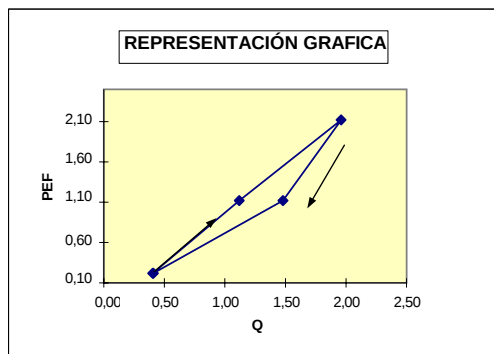
PROYECTO :	SONDEO N°	ZPB - 02	INCLINACION: 90°
SECTOR	PRESA PRINCIPAL	ENSAYO N° : 02	FECHA: 01-09-04
UBICACIÓN	N:9246037.75 - E:733578.37	COTA: 3 5 1 0 msnm	TRAMO DE ENSAYO : 10,00 A 15,00



hm	=	DISTANCIA DEL MANÓMETRO (m)	0,80
a	=	SOBRANTE DE REVESTIMIENTO (m)	0,33
ha	=	DISTANCIA NIVEL FREÁTICO (m)	0,40
Ah	=	LONG. COLUMNA DE AGUA (m)	1,20
d	=	DISTANCIA OBSTURADOR (m)	10,00
L	=	LONGITUD DE PERFORACIÓN (m)	15,00
i	=	INCLINACIÓN DE PERF. C/HORIZONTAL (°)	90,00
Ah'	=	CARGA HIDRAULICA = SENi*Ah (m)	1,20
S	=	LONGITUD DE TRAMO DE ENSAYO (m)	5,00
	=	DIAMETRO DEL BULBO DE ENSAYO (cm)	7,57
PM	=	PRESIÓN MANOMÉTRICA (kg/cm ²)	
PEF	=	PRESION EFECTIVA (kg/cm ²)	
Ap	=	PERDIDA DE CARGA (kg/cm ²)	
q	=	CAUDAL DE AGUA (l/min)	
Q	=	ABSORCIÓN DE AGUA (l/m/min)	
U.L.	=	UNIDAD LUGEON (1 l/m/min a 10 kg/cm ² de PEF)	

T (min)	Pm = 0,10		Pm = 1,00		Pm = 2,00		Pm = 1,00		Pm = 0,10	
	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)
0,00	73,00		96,00		198,00		334,00		400,00	
1,00	75,00	2,00	105,00	9,00	210,00	12,00	340,00	6,00	402,20	2,20
2,00	77,10	2,10	114,00	9,00	220,00	10,00	345,00	5,00	404,00	1,80
3,00	78,10	1,00	121,00	7,00	230,00	10,00	351,00	6,00	406,10	2,10
4,00	80,10	2,00	128,00	7,00	240,00	10,00	356,00	5,00	408,00	1,90
5,00	83,10	3,00	135,00	7,00	249,00	9,00	362,00	6,00	410,20	2,20
6,00	85,20	2,10	142,00	7,00	258,00	9,00	368,00	6,00	412,00	1,80
7,00	87,30	2,10	149,00	7,00	267,00	9,00	374,00	6,00	414,30	2,30
8,00	89,40	2,10	156,00	7,00	277,00	10,00	379,00	5,00	416,10	1,80
9,00	91,40	2,00	163,00	7,00	286,00	9,00	384,00	5,00	418,20	2,10
10,00	93,40	2,00	170,00	7,00	296,00	10,00	390,00	6,00	420,20	2,00

q (l/min)	2,04	7,40	9,80	5,60	2,02
Q (l/m/min)	0,41	1,48	1,96	1,12	0,40
Pm (kg/cm ²)	0,10	1,00	2,00	1,00	0,10
Ap (kg/cm ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ah/10 (kg/cm ²)	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
PEF (kg/cm ²)	0,22	1,12	2,12	1,12	0,22
U.L.	18,55	13,21	9,25	10	18,36



UNIDAD LUGEON = 9,25 UL

K (PERMEABILIDAD) = 1,20E-04 cm/sg

OBSERVACIONES:

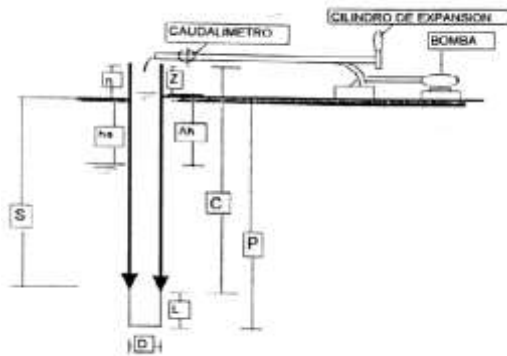
EL ENSAYO DEFINE UN FLUJO TURBULENTO.

REVISADO

APROBADO

REGISTRO DE PRUEBA LEFRANC

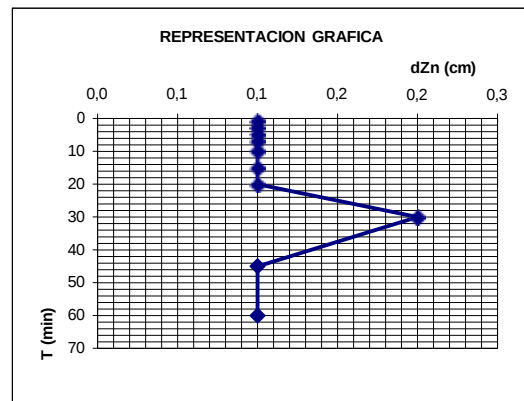
PROYECTO	SONDEO N°	Z P B - 0 2	INCLINACION: 90°
SECTOR	ENSAYO N°	: 02	FECHA: 31-08-04
UBICACIÓN	N: 9246041 - E: 733586	COTA: 3 5 1 0 (msnm)	TRAMO DE ENSAYO: 1.80 A 2.40



ha : Prof. nivel freático (m)	0,99
n : Sobrante del revestimiento (m)	0,30
S : Prof. del revestimiento (m)	1,80
C : Long. Total del revestimiento (m)	2,10
P : Profundidad del frente de perforación (m)	2,40
L : Longitud del bulbo de ensayo (cm)	60,00
Z : Prof. agua a nivel constante (m)	0,10
D : Diámetro del bulbo de ensayo (cm)	8,20
hn : Carga hidráulica (cm)	
d : Diámetro interno del revestimiento (cm)	7,50

hn	=	ha + n - Zn	cm
hi	=	119,0	cm
hf	=	116,5	cm

t (min)	Zn (cm)	dZn (cm)
0	11,4	
1	11,5	0,1
3	11,6	0,1
5	11,7	0,1
7	11,8	0,1
10	11,9	0,1
15	12,0	0,1
20	12,1	0,1
30	12,3	0,2
45	12,4	0,1
60	12,5	0,1
PROMEDIO		



CARGA VARIABLE		$H = (h_i + h_f)/2$	=	117,8	cm
Zf - Zi	=	90 - 0	=	90,0	cm
Tf - Ti	=	60 - 0	=	60	min

CALCULO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

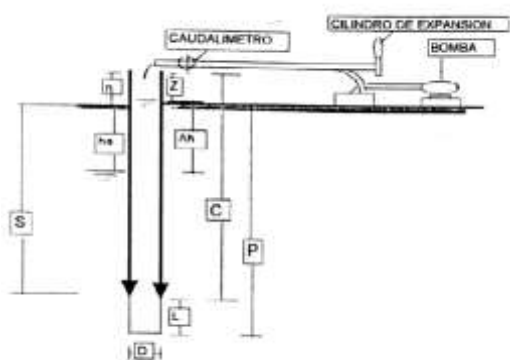
CALCULO DEL CAUDAL	CALCULO DE K
NIVEL VARIABLE	
$Q = \frac{\pi \times d^2 \times (Z_f - Z_i) \text{ (cm}^3\text{/s)}}{4 \times 60 \times (T_f - T_i)}$	Con $L/D < 2$ $K = Q / (\pi \times D \times H)$
	Con $L/D = 2$ $K = Q / (2 \times \pi \times D \times H \times (L/D + 0.25)^{(0.5)})$
	Con $L/D > 2$ $K = Q \times \ln(2L/D) / (2 \times \pi \times H \times L)$

K de Permeabilidad = 6,68E-05 cm / s

OBSERVACIONES

REGISTRO DE PRUEBA LEFRANC

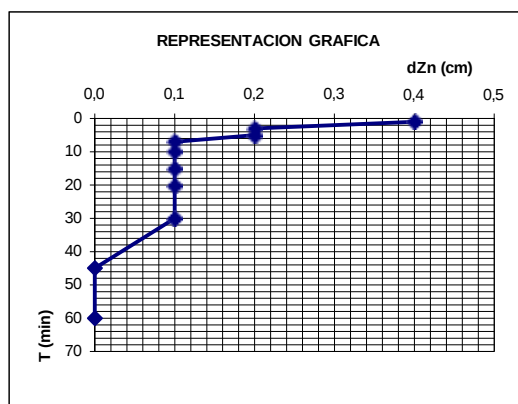
PROYECTO	SONDEO N°	Z P B - 02	INCLINACION: 90°
SECTOR	ENSAYO N°	01	FECHA: 31-08-04
UBICACIÓN	N: 9246041 - E: 733586	COTA: 3 5 1 0 (msnm)	TRAMO DE ENSAYO: 1.10 A 1.80



ha : Prof. nivel freático (m)	0,99
n : Sobrante del revestimiento (m)	0,12
S : Prof. del revestimiento (m)	1,10
C : Long. Total del revestimiento (m)	1,22
P : Profundidad del frente de perforación (m)	1,80
L : Longitud del bulbo de ensayo (cm)	70,00
Z : Prof. agua a nivel constante (m)	0,10
D : Diámetro del bulbo de ensayo (cm)	11,50
hn : Carga hidráulica (cm)	
d : Diámetro interno del revestimiento (cm)	10,70

hn	=	ha + n - Zn	cm
hi	=	101,0	cm
hf	=	98,7	cm

t (min)	Zn (cm)	dZn (cm)
0	11,0	
1	11,4	0,4
3	11,6	0,2
5	11,8	0,2
7	11,9	0,1
10	12,0	0,1
15	12,1	0,1
20	12,2	0,1
30	12,3	0,1
45	12,3	0,0
60	12,3	0,0
PROMEDIO		



CARGA VARIABLE	H = (hi + hf)/2	=	99,9	cm	
Zf - Zi	=	90 - 0	=	90,0	cm
Tf - Ti	=	60 - 0	=	60	min

CALCULO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

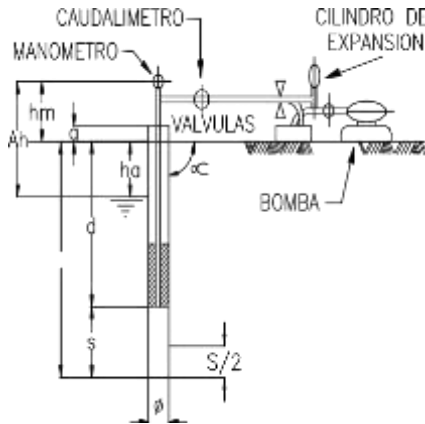
CALCULO DEL CAUDAL	CALCULO DE K
NIVEL VARIABLE	
$Q = \frac{PI \times d^2 \times (Zf - Zi) (cm^3/s)}{4 \times 60 (Tf - Ti)}$	Con L/D < 2 K = Q / (PI x D x H) Con L/D = 2 K = Q / (2 x PI x D x H x (L/D + 0.25)^(0.5)) Con L/D > 2 K = Q x ln (2L/D) / (2 x PI x H x L)
Q = 2,25	

K de Permeabilidad = 1,28E-04 cm / s

OBSERVACIONES

PRUEBA LUGEON

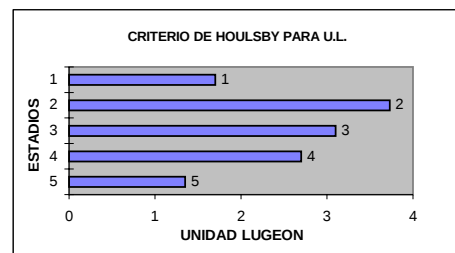
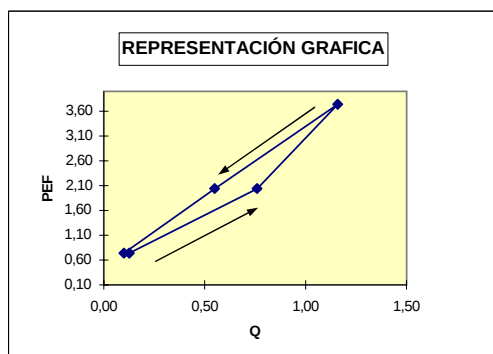
PROYECTO :	SONDEO N°	ZPB - 03	INCLINACION: 90°
SECTOR	PRESA PRINCIPAL	ENSAYO N° : 04	FECHA: 14-09-04
UBICACIÓN	N: 9246027.75 - E: 733563.38	COTA: 3 5 2 2 msnm	TRAMO DE ENSAYO : 20,00 A 25,00



hm	=	DISTANCIA DEL MANÓMETRO (m)
a	=	SOBRANTE DE REVESTIMIENTO (m)
ha	=	DISTANCIA NIVEL FREÁTICO (m)
Ah	=	LONG. COLUMNA DE AGUA (m)
d	=	DISTANCIA OBSTACULO
L	=	LONGITUD DE PERFORACIÓN (m)
i	=	INCLINACIÓN DE PERF.
Ah'	=	CARGA HIDRAULICA =
S	=	LONGITUD DE TRAMO
	=	DIÁMETRO DEL BULBO DE ENSAYO (cm)
PM	=	PRESIÓN MANOMÉTRICA (kg/cm ²)
PEF	=	PRESION EFECTIVA (kg/cm ²)
Ap	=	PERDIDA DE CARGA (kg)
q	=	CAUDAL DE AGUA (l/min)
Q	=	ABSORCIÓN DE AGUA
U.L.	=	UNIDAD LUGEON (1 l/m/min a 10 kg/cm ² de PEF)

T (min)	Pm = 0,50	Pm = 1,80	Pm = 3,50	Pm = 1,80	
	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	
0,00	185,00		200,00		
1,00	185,60	0,60	203,50	3,50	
2,00	186,20	0,60	207,50	4,00	
3,00	186,90	0,70	211,50	4,00	
4,00	187,50	0,60	215,50	4,00	
5,00	188,10	0,60	219,00	3,50	
6,00	188,70	0,60	222,50	3,50	
7,00	189,40	0,70	226,50	4,00	
8,00	190,00	0,60	230,50	4,00	
9,00	190,60	0,60	234,00	3,50	
10,00	191,30	0,70	238,00	4,00	

q (l/min)	0,63	3,80	5,80	2,75	0,50
Q (l/m/min)	0,13	0,76	1,16	0,55	0,10
Pm (kg/cm ²)	0,50	1,80	3,50	1,80	0,50
Ap (kg/cm ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ah/10 (kg/cm ²)	0,236	0,236	0,236	0,236	0,236
PEF (kg/cm ²)	0,74	2,04	3,74	2,04	0,74
U.L.	1,70	3,73	3,1	2,7	1,35



UNIDAD LUGEON = **1,53** UL

K (PERMEABILIDAD) = **1,98E-05** cm/sg

OBSERVACIONES:

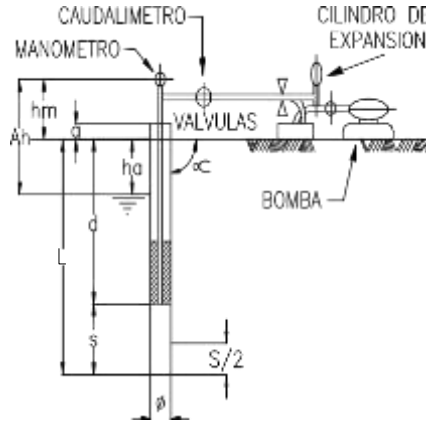
LAS MAGNITUDES RELATIVAS MUESTRAN UN FLUJO DE DILATACION.

REVISADO

APROBADO

PRUEBA LUGEON

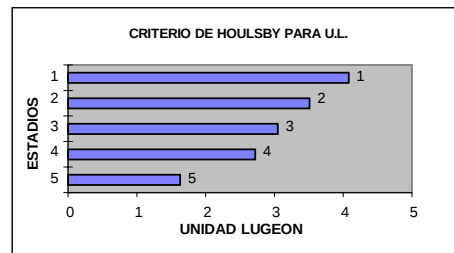
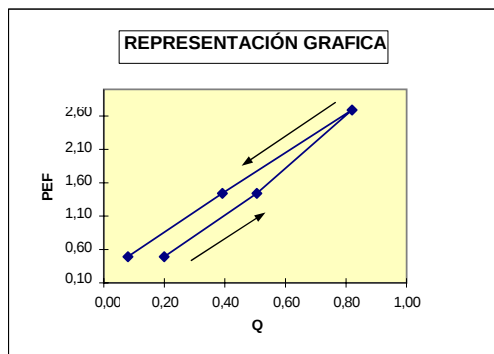
PROYECTO :	SONDEO N°	ZPB - 03	INCLINACION: 90°
SECTOR	PRESA PRINCIPAL	ENSAYO N° : 03	FECHA: 14-09-04
UBICACIÓN	N: 9246027.75 - E: 733563.38	COTA: 3 5 2 2 msnm	TRAMO DE ENSAYO : 15,00 A 20,00



hm	=	DISTANCIA DEL MANÓMETRO (m)	1,00
a	=	SOBRANTE DE REVESTIMIENTO (m)	0,48
ha	=	DISTANCIA NIVEL FREÁTICO (m)	0,00
Ah	=	LONG. COLUMNA DE AGUA (m)	1,85
d	=	DISTANCIA OBSTURADOR (m)	15,00
L	=	LONGITUD DE PERFORACIÓN (m)	20,00
i	=	INCLINACIÓN DE PERF. C/HORIZONTAL (°)	90,00
Ah'	=	CARGA HIDRAULICA = SENi*Ah (m)	1,85
S	=	LONGITUD DE TRAMO DE ENSAYO (m)	5,00
		DIAMETRO DEL BULBO DE ENSAYO (cm)	7,57
PM	=	PRESIÓN MANOMÉTRICA (kg/cm ²)	
PEF	=	PRESION EFECTIVA (kg/cm ²)	
Ap	=	PERDIDA DE CARGA (kg/cm ²)	
q	=	CAUDAL DE AGUA (l/min)	
Q	=	ABSORCIÓN DE AGUA (l/m/min)	
U.L.	=	UNIDAD LUGEON (1 l/m/min a 10 kg/cm ² de PEF)	

T (min)	Pm = 0,30		Pm = 1,25		Pm = 2,50		Pm = 1,25		Pm = 0,30	
	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)
0,00	45,00		60,00		90,00		135,00		160,00	
1,00	46,00	1,00	62,50	2,50	94,00	4,00	136,80	1,80	160,40	0,40
2,00	47,00	1,00	65,50	3,00	98,00	4,00	138,60	1,80	160,80	0,40
3,00	48,00	1,00	68,00	2,50	102,00	4,00	140,60	2,00	161,20	0,40
4,00	49,00	1,00	70,50	2,50	106,50	4,50	142,60	2,00	161,60	0,40
5,00	50,00	1,00	72,90	2,40	111,00	4,50	144,60	2,00	162,00	0,40
6,00	51,00	1,00	75,40	2,50	115,00	4,00	146,60	2,00	162,40	0,40
7,00	52,00	1,00	77,90	2,50	119,00	4,00	148,60	2,00	162,80	0,40
8,00	53,00	1,00	80,40	2,50	123,00	4,00	150,60	2,00	163,20	0,40
9,00	54,00	1,00	82,80	2,40	127,00	4,00	152,60	2,00	163,60	0,40
10,00	55,00	1,00	85,30	2,50	131,00	4,00	154,60	2,00	164,00	0,40

q (l/min)	1,00	2,53	4,10	1,96	0,40
Q (l/m/min)	0,20	0,51	0,82	0,39	0,08
Pm (kg/cm ²)	0,30	1,25	2,50	1,25	0,30
Ap (kg/cm ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ah/10 (kg/cm ²)	0,185	0,185	0,185	0,185	0,185
PEF (kg/cm ²)	0,49	1,44	2,69	1,44	0,49
U.L.	4,08	3,51	3,05	2,72	1,63



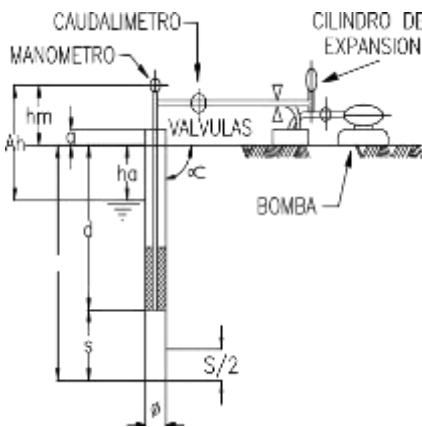
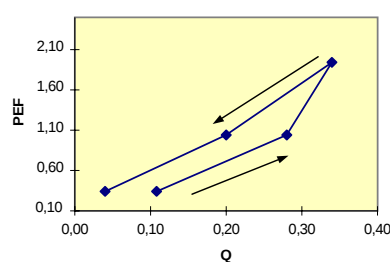
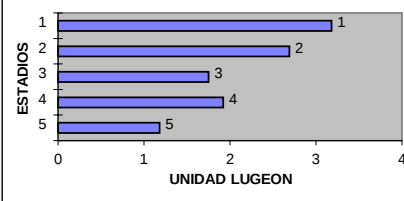
UNIDAD LUGEON = 1,63 UL

K (PERMEABILIDAD) = 2,12E-05 cm/sg

OBSERVACIONES:
LOS LUGEONES DECRECEN EN EL PROCESO DE LA PRUEBA, LOS VACIOS SON GRADUALMENTE RELLENADOS.

REVISADO

APROBADO

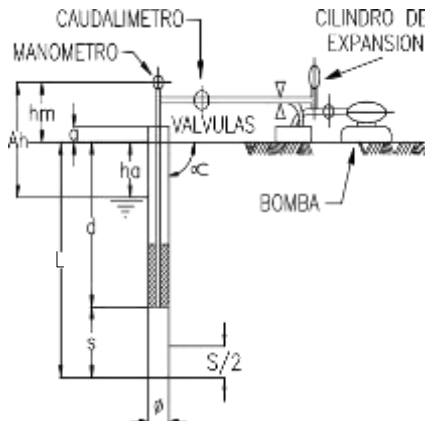
PRUEBA LUGEON																																																																																																																																																									
PROYECTO : PRESA PRINCIPAL					SONDEO N° ZPB - 03		INCLINACION: 90°																																																																																																																																																		
SECTOR					ENSAYO N° : 02		FECHA: 14-09-04																																																																																																																																																		
UBICACION		N: 9246027.75 - E: 733563.38			COTA: 3 5 2 2 msnm		TRAMO DE ENSAYO : 10,00		A 15,00																																																																																																																																																
					hm = DISTANCIA DEL MANOMETRO (m)1,05 a = SOBRANTE DE REVESTIMIENTO (m)0,40 ha = DISTANCIA NIVEL FREATICO (m)0,00 Ah = LONG. COLUMNA DE AGUA (m)1,36 d = DISTANCIA OBSTURADO L = LONGITUD DE PERFORACIÓN (m)15,00 i = INCLINACIÓN DE PERF. Ah' = CARGA HIDRAULICA = S = LONGITUD DE TRAMO DIAMETRO DEL BULBO DE ENSAYO (cm)7,57 PM = PRESIÓN MANOMETRICA (kg/cm2) PEF = PRESION EFECTIVA (kg/cm2) Ap = PERDIDA DE CARGA (kg q = CAUDAL DE AGUA (l/min) Q = ABSORCIÓN DE AGUA U.L. = UNIDAD LUGEON (1 l/m/min a 10 kg/cm2 de PEF)																																																																																																																																																				
<table><tr><th>T (min)</th><th colspan="2">Pm = 0,20</th><th colspan="2">Pm = 0,90</th><th colspan="2">Pm = 1,80</th><th colspan="2">Pm = 0,90</th><th colspan="2"></th></tr><tr><td></td><td>Hidrom (l)</td><td>q (l)</td><td>Hidrom (l)</td><td>q (l)</td><td>Hidrom (l)</td><td>q (l)</td><td>Hidrom (l)</td><td>q</td><td></td><td></td></tr><tr><td>0,00</td><td>30,20</td><td></td><td>37,00</td><td></td><td>59,80</td><td></td><td>79,50</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1,00</td><td>30,80</td><td>0,60</td><td>38,50</td><td>1,50</td><td>61,50</td><td>1,70</td><td>80,50</td><td>1,00</td><td>94,70</td><td>0,20</td></tr><tr><td>2,00</td><td>31,50</td><td>0,70</td><td>40,00</td><td>1,50</td><td>63,00</td><td>1,50</td><td>81,50</td><td>1,00</td><td>94,90</td><td>0,20</td></tr><tr><td>3,00</td><td>32,00</td><td>0,50</td><td>41,50</td><td>1,50</td><td>64,80</td><td>1,80</td><td>82,50</td><td>1,00</td><td>95,10</td><td>0,20</td></tr><tr><td>4,00</td><td>32,50</td><td>0,50</td><td>42,80</td><td>1,30</td><td>66,50</td><td>1,70</td><td>83,50</td><td>1,00</td><td>95,30</td><td>0,20</td></tr><tr><td>5,00</td><td>33,00</td><td>0,50</td><td>44,10</td><td>1,30</td><td>68,20</td><td>1,70</td><td>84,50</td><td>1,00</td><td>95,50</td><td>0,20</td></tr><tr><td>6,00</td><td>33,50</td><td>0,50</td><td>45,40</td><td>1,30</td><td>70,00</td><td>1,80</td><td>85,50</td><td>1,00</td><td>95,70</td><td>0,20</td></tr><tr><td>7,00</td><td>34,00</td><td>0,50</td><td>46,80</td><td>1,40</td><td>71,70</td><td>1,70</td><td>86,50</td><td>1,00</td><td>95,90</td><td>0,20</td></tr><tr><td>8,00</td><td>34,50</td><td>0,50</td><td>48,10</td><td>1,30</td><td>73,40</td><td>1,70</td><td>87,50</td><td>1,00</td><td>96,10</td><td>0,20</td></tr><tr><td>9,00</td><td>35,00</td><td>0,50</td><td>49,50</td><td>1,40</td><td>75,10</td><td>1,70</td><td>88,50</td><td>1,00</td><td>96,30</td><td>0,20</td></tr><tr><td>10,00</td><td>35,60</td><td>0,60</td><td>51,00</td><td>1,50</td><td>76,80</td><td>1,70</td><td>89,50</td><td>1,00</td><td>96,50</td><td>0,20</td></tr></table>											T (min)	Pm = 0,20		Pm = 0,90		Pm = 1,80		Pm = 0,90					Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q			0,00	30,20		37,00		59,80		79,50				1,00	30,80	0,60	38,50	1,50	61,50	1,70	80,50	1,00	94,70	0,20	2,00	31,50	0,70	40,00	1,50	63,00	1,50	81,50	1,00	94,90	0,20	3,00	32,00	0,50	41,50	1,50	64,80	1,80	82,50	1,00	95,10	0,20	4,00	32,50	0,50	42,80	1,30	66,50	1,70	83,50	1,00	95,30	0,20	5,00	33,00	0,50	44,10	1,30	68,20	1,70	84,50	1,00	95,50	0,20	6,00	33,50	0,50	45,40	1,30	70,00	1,80	85,50	1,00	95,70	0,20	7,00	34,00	0,50	46,80	1,40	71,70	1,70	86,50	1,00	95,90	0,20	8,00	34,50	0,50	48,10	1,30	73,40	1,70	87,50	1,00	96,10	0,20	9,00	35,00	0,50	49,50	1,40	75,10	1,70	88,50	1,00	96,30	0,20	10,00	35,60	0,60	51,00	1,50	76,80	1,70	89,50	1,00	96,50	0,20
T (min)	Pm = 0,20		Pm = 0,90		Pm = 1,80		Pm = 0,90																																																																																																																																																		
	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q																																																																																																																																																	
0,00	30,20		37,00		59,80		79,50																																																																																																																																																		
1,00	30,80	0,60	38,50	1,50	61,50	1,70	80,50	1,00	94,70	0,20																																																																																																																																															
2,00	31,50	0,70	40,00	1,50	63,00	1,50	81,50	1,00	94,90	0,20																																																																																																																																															
3,00	32,00	0,50	41,50	1,50	64,80	1,80	82,50	1,00	95,10	0,20																																																																																																																																															
4,00	32,50	0,50	42,80	1,30	66,50	1,70	83,50	1,00	95,30	0,20																																																																																																																																															
5,00	33,00	0,50	44,10	1,30	68,20	1,70	84,50	1,00	95,50	0,20																																																																																																																																															
6,00	33,50	0,50	45,40	1,30	70,00	1,80	85,50	1,00	95,70	0,20																																																																																																																																															
7,00	34,00	0,50	46,80	1,40	71,70	1,70	86,50	1,00	95,90	0,20																																																																																																																																															
8,00	34,50	0,50	48,10	1,30	73,40	1,70	87,50	1,00	96,10	0,20																																																																																																																																															
9,00	35,00	0,50	49,50	1,40	75,10	1,70	88,50	1,00	96,30	0,20																																																																																																																																															
10,00	35,60	0,60	51,00	1,50	76,80	1,70	89,50	1,00	96,50	0,20																																																																																																																																															
<table><tr><td>q (l/min)</td><td>0,54</td><td>1,40</td><td>1,70</td><td>1,00</td><td>0,20</td></tr><tr><td>Q (l/m/min)</td><td>0,11</td><td>0,28</td><td>0,34</td><td>0,20</td><td>0,04</td></tr><tr><td>Pm (kg/cm2)</td><td>0,20</td><td>0,90</td><td>1,80</td><td>0,90</td><td>0,20</td></tr><tr><td>Ap (kg/cm2)</td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,00</td></tr><tr><td>Ah/10 (kg/cm2)</td><td>0,1355</td><td>0,1355</td><td>0,1355</td><td>0,1355</td><td>0,1355</td></tr><tr><td>PEF (kg/cm2)</td><td>0,34</td><td>1,04</td><td>1,94</td><td>1,04</td><td>0,34</td></tr><tr><td>U.L.</td><td>3,18</td><td>2,69</td><td>1,75</td><td>1,92</td><td>1,18</td></tr></table>											q (l/min)	0,54	1,40	1,70	1,00	0,20	Q (l/m/min)	0,11	0,28	0,34	0,20	0,04	Pm (kg/cm2)	0,20	0,90	1,80	0,90	0,20	Ap (kg/cm2)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Ah/10 (kg/cm2)	0,1355	0,1355	0,1355	0,1355	0,1355	PEF (kg/cm2)	0,34	1,04	1,94	1,04	0,34	U.L.	3,18	2,69	1,75	1,92	1,18																																																																																																					
q (l/min)	0,54	1,40	1,70	1,00	0,20																																																																																																																																																				
Q (l/m/min)	0,11	0,28	0,34	0,20	0,04																																																																																																																																																				
Pm (kg/cm2)	0,20	0,90	1,80	0,90	0,20																																																																																																																																																				
Ap (kg/cm2)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																																																																																																																																																				
Ah/10 (kg/cm2)	0,1355	0,1355	0,1355	0,1355	0,1355																																																																																																																																																				
PEF (kg/cm2)	0,34	1,04	1,94	1,04	0,34																																																																																																																																																				
U.L.	3,18	2,69	1,75	1,92	1,18																																																																																																																																																				
REPRESENTACIÓN GRAFICA 					CRITERIO DE HOULSBY PARA U.L. 																																																																																																																																																				
UNIDAD LUGEON = 1,18 UL K (PERMEABILIDAD) = 1,53E-05 cm/sg																																																																																																																																																									
OBSERVACIONES: LOS LUGEONES DECRECEN EN EL PROCESO DE LA PRUEBA, LOS VACIOS SON GRADUALMENTE RELLENADOS.																																																																																																																																																									

REVISADO

APROBADO

PRUEBA LUGEON

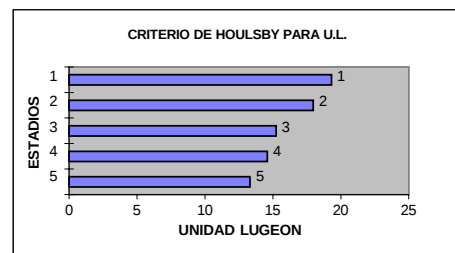
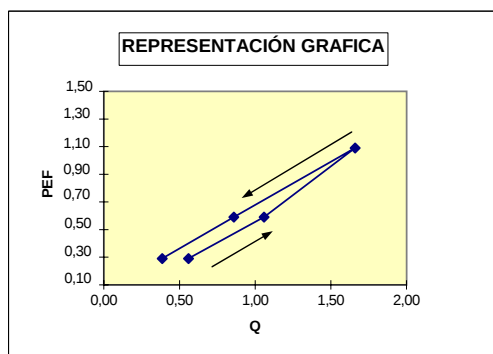
PROYECTO :	SONDEO N°	ZPB - 03	INCLINACION: 90°
SECTOR	PRESA PRINCIPAL	ENSAYO N° : 01	FECHA: 13-09-04
UBICACIÓN	N: 9246027.75 - E: 733563.38	COTA: 3 5 2 2 msnm	TRAMO DE ENSAYO : 5,00 A 10,00



hm	=	DISTANCIA DEL MANÓMETRO (m)	1,20
a	=	SOBRANTE DE REVESTIMIENTO (m)	0,50
ha	=	DISTANCIA NIVEL FREÁTICO (m)	0,00
Ah	=	LONG. COLUMNA DE AGUA (m)	0,87
d	=	DISTANCIA OBSTURADOR (m)	5,00
L	=	LONGITUD DE PERFORACIÓN (m)	10,00
i	=	INCLINACIÓN DE PERF. C/HORIZONTAL (°)	90,00
Ah'	=	CARGA HIDRAULICA = SENi*Ah (m)	0,87
S	=	LONGITUD DE TRAMO DE ENSAYO (m)	5,00
		DIAMETRO DEL BULBO DE ENSAYO (cm)	7,57
PM	=	PRESIÓN MANOMÉTRICA (kg/cm2)	
PEF	=	PRESION EFECTIVA (kg/cm2)	
Ap	=	PERDIDA DE CARGA (kg/cm2)	
q	=	CAUDAL DE AGUA (l/min)	
Q	=	ABSORCIÓN DE AGUA (l/m/min)	
U.L.	=	UNIDAD LUGEON (1 l/m/min a 10 kg/cm2 de PEF)	

T (min)	Pm = 0,20		Pm = 0,50		Pm = 1,00		Pm = 0,50		Pm = 0,20	
	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)
0,00	12,00		45,00		105,00		195,00		245,00	
1,00	15,00	3,00	50,00	5,00	113,00	8,00	200,00	5,00	247,00	2,00
2,00	17,50	2,50	56,00	6,00	121,00	8,00	204,00	4,00	249,00	2,00
3,00	20,50	3,00	61,00	5,00	130,00	9,00	209,00	5,00	251,00	2,00
4,00	23,50	3,00	66,00	5,00	139,00	9,00	214,00	5,00	252,90	1,90
5,00	26,00	2,50	72,00	6,00	147,00	8,00	218,00	4,00	254,80	1,90
6,00	29,00	3,00	78,00	6,00	156,00	9,00	222,00	4,00	256,80	2,00
7,00	32,00	3,00	82,00	4,00	164,00	8,00	226,00	4,00	258,60	1,80
8,00	34,50	2,50	88,00	6,00	173,00	9,00	230,00	4,00	260,50	1,90
9,00	37,00	2,50	93,00	5,00	181,00	8,00	234,00	4,00	262,40	1,90
10,00	40,00	3,00	98,00	5,00	188,00	7,00	238,00	4,00	264,30	1,90

q (l/min)	2,80	5,30	8,30	4,30	1,93
Q (l/m/min)	0,56	1,06	1,66	0,86	0,39
Pm (kg/cm2)	0,20	0,50	1,00	0,50	0,20
Ap (kg/cm2)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ah/10 (kg/cm2)	0,087	0,087	0,087	0,087	0,087
PEF (kg/cm2)	0,29	0,59	1,09	0,59	0,29
U.L.	19,31	17,97	15,23	14,58	13,31



UNIDAD LUGEON = **13,31** UL

K (PERMEABILIDAD) = 1,73E-04 cm/sg

OBSERVACIONES:

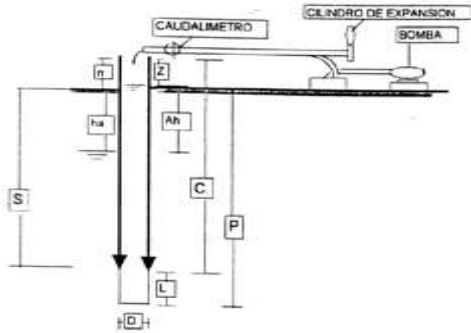
LOS LUGEONES DECRECEN EN EL PROCESO DE LA PRUEBA, LOS VACIOS SON GRADUALMENTE RELLENADOS.

REVISADO

APROBADO

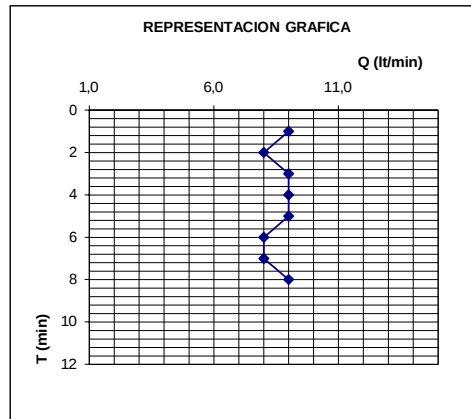
REGISTRO DE PRUEBA LEFRANC

PROYECTO	PRESA PRINCIPAL		SONDEO N°	ZPB - 03	INCLINACION: 90°
SECTOR			ENSAYO N°	01	FECHA: 13-09-04
UBICACIÓN	N: 9246033 - E: 733574	COTA: 3 5 2 2 (msnm)	TRAMO DE ENSAYO	: DE 3.50	A 5.00



ha : Prof. nivel freático (m)	0,00
n : Sobranse del revestimiento (m)	0,50
S : Prof. del revestimiento (m)	3,50
C : Long. Total del revestimiento (m)	4,00
P : Profundidad del frente de perforación (m)	5,00
L : Longitud del bulbo de ensayo (cm)	150,00
Z : Prof. agua a nivel constante (m)	0,05
D : Diámetro del bulbo de ensayo (cm)	9,00
hn : Carga hidráulica (cm)	
d : Diámetro interno del revestimiento (cm)	7,57

tiempo (min)	Hidrometro (lt)	Q (lt/min)
0	105,00	
1	114,00	9,000
2	122,00	8,000
3	131,00	9,000
4	140,00	9,000
5	149,00	9,000
6	157,00	8,000
7	165,00	8,000
8	174,00	9,000
9	183,00	9,000
10	191,00	8,000
Q promedio =		8,6



$$H = (P+S)/2 + (n - z)$$

$$H = 470 \text{ centímetros}$$

CALCULO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

CALCULO DEL CAUDAL NIVEL CONSTANTE	CALCULO DE K
$Q = 143,362 \text{ cm}^3/\text{seg}$	Con $L/D < 2$ $K = Q / (PI \times D \times H)$ Con $L/D = 2$ $K = Q / (2 \times PI \times D \times H \times (L/D + 0.25)^{(0.5)})$ Con $L/D > 2$ $K = Q \times \ln(2L/D) / (2 \times PI \times H \times L)$

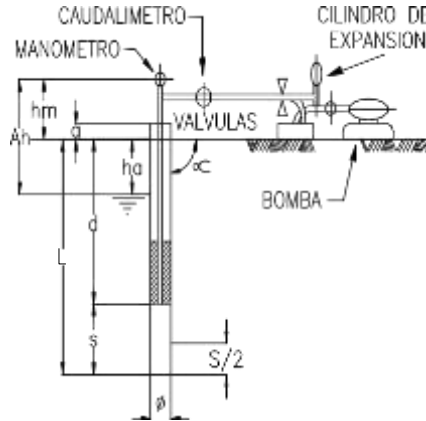
$$K = 7,92E-06 \text{ cm / seg}$$

OBSERVACIONES

DESPUES DE LOS 20 MINUTOS SE ESTABILIZO EL CONSUMO DE AGUA

PRUEBA LUGEON

PROYECTO :	SONDEO N°	ZPB - 04	INCLINACION: 90°
SECTOR: PRESA PRINCIPAL - INICIO DE ESPALDON AGUAS ARRIBA	ENSAYO N° : 03	FECHA: 12-09-04	
UBICACIÓN	N: 9246024.75 - E: 733589.37	COTA: 3 5 1 4.3 0 msnm	TRAMO DE ENSAYO : 15,00 A 20,00

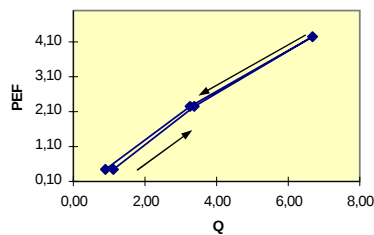


hm	=	DISTANCIA DEL MANÓMETRO (m)	1,05
a	=	SOBRANTE DE REVESTIMIENTO (m)	0,40
ha	=	DISTANCIA NIVEL FREÁTICO (m)	1,40
Ah	=	LONG. COLUMNA DE AGUA (m)	2,45
d	=	DISTANCIA OBSTURADOR (m)	15,00
L	=	LONGITUD DE PERFORACIÓN (m)	20,00
i	=	INCLINACIÓN DE PERF. C/HORIZONTAL (°)	90,00
Ah'	=	CARGA HIDRAULICA = SENI*Ah (m)	2,45
S	=	LONGITUD DE TRAMO DE ENSAYO (m)	5,00
	=	DIAMETRO DEL BULBO DE ENSAYO (cm)	7,57
PM	=	PRESIÓN MANOMÉTRICA (kg/cm ²)	
PEF	=	PRESION EFECTIVA (kg/cm ²)	
Ap	=	PERDIDA DE CARGA (kg/cm ²)	
q	=	CAUDAL DE AGUA (l/min)	
Q	=	ABSORCIÓN DE AGUA (l/m/min)	
U.L.	=	UNIDAD LUGEON (1 l/m/min a 10 kg/cm ² de PEF)	

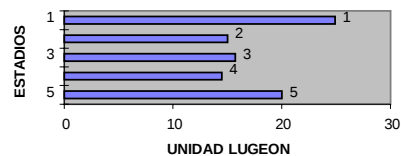
T (min)	Pm = 0,20		Pm = 2,00		Pm = 4,00		Pm = 2,00		Pm = 0,20	
	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)
0,00	107,00		186,00		430,00		814,00		1012,00	
1,00	113,00	6,00	204,00	18,00	463,00	33,00	831,00	17,00	1016,00	4,00
2,00	119,00	6,00	220,00	16,00	497,00	34,00	847,00	16,00	1021,00	5,00
3,00	124,00	5,00	237,00	17,00	530,00	33,00	864,00	17,00	1025,00	4,00
4,00	130,00	6,00	254,00	17,00	563,00	33,00	880,00	16,00	1030,00	5,00
5,00	135,00	5,00	272,00	18,00	597,00	34,00	896,00	16,00	1034,00	4,00
6,00	141,00	6,00	289,00	17,00	630,00	33,00	912,00	16,00	1039,00	5,00
7,00	146,00	5,00	305,00	16,00	664,00	34,00	928,00	16,00	1043,00	4,00
8,00	152,00	6,00	322,00	17,00	697,00	33,00	944,00	16,00	1048,00	5,00
9,00	158,00	6,00	338,00	16,00	731,00	34,00	961,00	17,00	1052,00	4,00
10,00	163,00	5,00	355,00	17,00	764,00	33,00	977,00	16,00	1057,00	5,00

q (l/min)	5,60	16,90	33,40	16,30	4,50
Q (l/m/min)	1,12	3,38	6,68	3,26	0,90
Pm (kg/cm ²)	0,20	2,00	4,00	2,00	0,20
Ap (kg/cm ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ah/10 (kg/cm ²)	0,245	0,245	0,245	0,245	0,245
PEF (kg/cm ²)	0,45	2,25	4,25	2,25	0,45
U.L.	24,89	15,02	15,72	14,49	20

REPRESENTACIÓN GRAFICA



CRITERIO DE HOULSBY PARA U.L.



UNIDAD LUGEON = 15,72 UL

K (PERMEABILIDAD) = 2,04E-04 cm/sg

OBSERVACIONES:

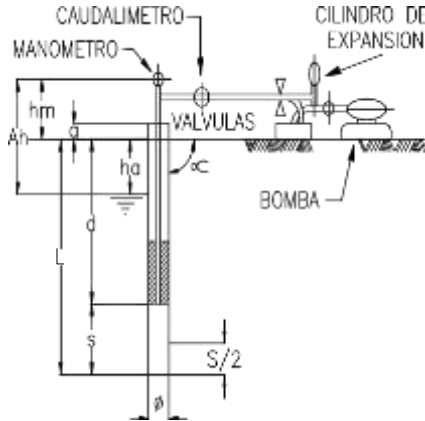
EL ENSAYO DEFINE UN FLUJO TURBULENTO, CAUSANDO CAMBIOS EN EL MEDIO ROCOSO

REVISADO

APROBADO

PRUEBA LUGEON

PROYECTO :	SONDEO N°	Z P B - 0 4	INCLINACION: 90°
SECTOR: PRESA PRINCIPAL - INICIO DE ESPALDON AGUAS ARRIBA	ENSAYO N° : 02	FECHA: 11-09-04	
UBICACIÓN	N: 9246024.75 - E: 733589.37	COTA: 3 5 1 4.3 0 msnm	TRAMO DE ENSAYO : 10,00 A 15,00

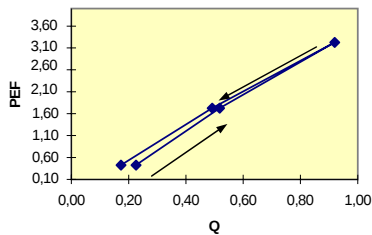


hm	=	DISTANCIA DEL MANOMETRO (m)	0,90
a	=	SOBRANTE DE REVESTIMIENTO (m)	0,40
ha	=	DISTANCIA NIVEL FREÁTICO (m)	1,40
Ah	=	LONG. COLUMNA DE AGUA (m)	2,30
d	=	DISTANCIA OBSTURADOR (m)	10,00
L	=	LONGITUD DE PERFORACIÓN (m)	15,00
i	=	INCLINACIÓN DE PERF. C/HORIZONTAL (°)	90,00
Ah'	=	CARGA HIDRAULICA = SENi*Ah (m)	2,30
S	=	LONGITUD DE TRAMO DE ENSAYO (m)	5,00
	=	DIAMETRO DEL BULBO DE ENSAYO (cm)	7,57
PM	=	PRESIÓN MANOMETRICA (kg/cm2)	
PEF	=	PRESION EFECTIVA (kg/cm2)	
Ap	=	PERDIDA DE CARGA (kg/cm2)	
q	=	CAUDAL DE AGUA (l/min)	
Q	=	ABSORCIÓN DE AGUA (l/m/min)	
U.L.	=	UNIDAD LUGEON (1 l/m/min a 10 kg/cm2 de PEF)	

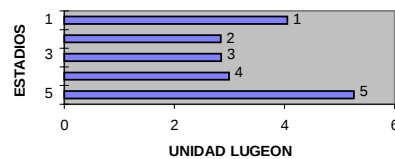
T (min)	Pm = 0,20		Pm = 1,50		Pm = 3,00		Pm = 1,50		Pm = 0,20	
	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)
0,00	820,00		832,00		865,00		930,00		960,00	
1,00	820,90	0,90	834,40	2,40	870,00	5,00	932,70	2,70	961,00	1,00
2,00	821,70	0,80	836,90	2,50	875,00	5,00	935,30	2,60	962,20	1,20
3,00	822,60	0,90	839,40	2,50	879,00	4,00	937,80	2,50	963,50	1,30
4,00	823,50	0,90	841,90	2,50	883,00	4,00	940,30	2,50	964,70	1,20
5,00	824,30	0,80	844,30	2,40	888,00	5,00	942,40	2,10	965,80	1,10
6,00	825,20	0,90	846,70	2,40	893,00	5,00	945,50	3,10	966,90	1,10
7,00	826,00	0,80	849,20	2,50	897,00	4,00	948,10	2,60	968,00	1,10
8,00	826,90	0,90	851,70	2,50	901,00	4,00	950,70	2,60	969,10	1,10
9,00	827,80	0,90	854,20	2,50	906,00	5,00	953,30	2,60	970,10	1,00
10,00	828,70	0,90	856,60	2,40	911,00	5,00	955,90	2,60	971,30	1,20

q (l/min)	0,87	2,46	4,60	2,59	1,13
Q (l/m/min)	0,17	0,49	0,92	0,52	0,23
Pm (kg/cm2)	0,20	1,50	3,00	1,50	0,20
Ap (kg/cm2)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ah/10 (kg/cm2)	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
PEF (kg/cm2)	0,43	1,73	3,23	1,73	0,43
U.L.	4,05	2,84	2,85	2,99	5,26

REPRESENTACIÓN GRAFICA



CRITERIO DE HOULSBY PARA U.L.



UNIDAD LUGEON = 2,85 UL

K (PERMEABILIDAD) = 3,71E-05 cm/sg

OBSERVACIONES:

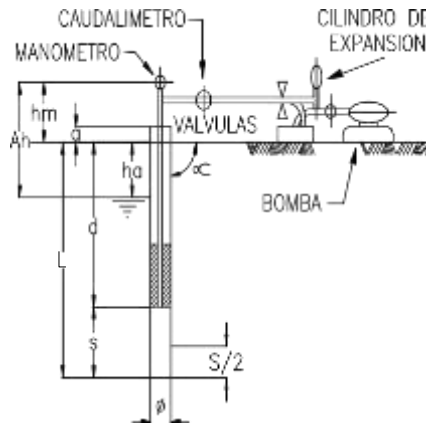
EL ENSAYO DEFINE UN FLUJO TURBULENTO EN EL MEDIO ROCOSO

REVISADO

APROBADO

PRUEBA LUGEON

PROYECTO :	SONDEO N° ZPB - 04	INCLINACION: 90°
SECTOR: PRESA PRINCIPAL - INICIO DE ESPALDON AGUAS ARRIBA	ENSAYO N° : 01	FECHA: 11-09-04
UBICACIÓN	N: 9246024.75 - E: 733589.37	COTA: 3 5 1 4.3 0 msnm
TRAMO DE ENSAYO :	5,00	A 10,00

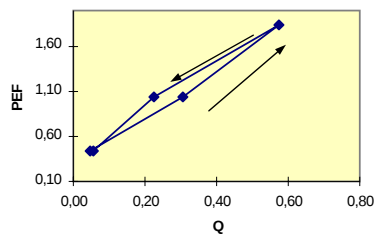


hm	=	DISTANCIA DEL MANOMETRO (m)	0,95
a	=	SOBRANTE DE REVESTIMIENTO (m)	0,35
ha	=	DISTANCIA NIVEL FREATICO (m)	1,40
Ah	=	LONG. COLUMNA DE AGUA (m)	2,35
d	=	DISTANCIA OBSTURADOR (m)	5,00
L	=	LONGITUD DE PERFORACIÓN (m)	10,00
i	=	INCLINACIÓN DE PERF. C/HORIZONTAL (°)	90,00
Ah'	=	CARGA HIDRAULICA = SENI*Ah (m)	2,35
S	=	LONGITUD DE TRAMO DE ENSAYO (m)	5,00
	=	DIAMETRO DEL BULBO DE ENSAYO (cm)	7,57
PM	=	PRESIÓN MANOMETRICA (kg/cm2)	
PEF	=	PRESION EFECTIVA (kg/cm2)	
Ap	=	PERDIDA DE CARGA (kg/cm2)	
q	=	CAUDAL DE AGUA (l/min)	
Q	=	ABSORCIÓN DE AGUA (l/m/min)	
U.L.	=	UNIDAD LUGEON (1 l/m/min a 10 kg/cm2 de PEF)	

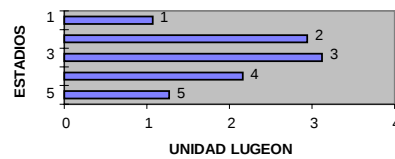
T (min)	Pm = 0,20		Pm = 0,80		Pm = 1,60		Pm = 0,80		Pm = 0,20	
	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)
0,00	740,00		745,20		762,00		792,20		805,50	
1,00	740,30	0,30	746,50	1,30	765,10	3,10	793,15	0,95	805,70	0,20
2,00	740,50	0,20	748,00	1,50	768,00	2,90	794,25	1,10	805,90	0,20
3,00	740,70	0,20	749,50	1,50	771,00	3,00	795,40	1,15	806,25	0,35
4,00	740,95	0,25	751,50	2,00	773,60	2,60	796,60	1,20	806,70	0,45
5,00	741,20	0,25	753,00	1,50	776,50	2,90	797,70	1,10	806,95	0,25
6,00	741,40	0,20	754,50	1,50	779,30	2,80	798,85	1,15	807,20	0,25
7,00	741,65	0,25	756,00	1,50	782,20	2,90	800,05	1,20	807,50	0,30
8,00	741,90	0,25	757,50	1,50	785,10	2,90	801,20	1,15	807,80	0,30
9,00	742,10	0,20	759,00	1,50	787,90	2,80	802,30	1,10	808,05	0,25
10,00	742,35	0,25	760,50	1,50	790,70	2,80	803,45	1,15	808,30	0,25

q (l/min)	0,24	1,53	2,87	1,13	0,28
Q (l/m/min)	0,05	0,31	0,57	0,23	0,06
Pm (kg/cm2)	0,20	0,80	1,60	0,80	0,20
Ap (kg/cm2)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ah/10 (kg/cm2)	0,235	0,235	0,235	0,235	0,235
PEF (kg/cm2)	0,44	1,04	1,84	1,04	0,44
U.L.	1,07	2,94	3,12	2,16	1,27

REPRESENTACIÓN GRAFICA



CRITERIO DE HOULSBY PARA U.L.



UNIDAD LUGEON = 1,17 UL

K (PERMEABILIDAD) = 1,52E-05 cm/sg

OBSERVACIONES:

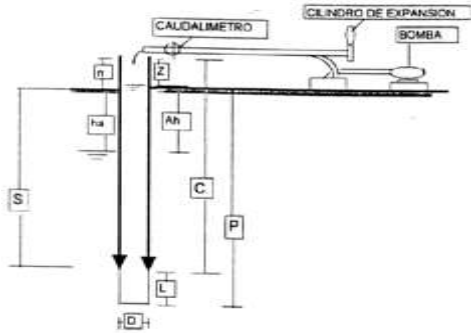
EL ENSAYO CAUSA CAMBIOS DE DILATACION EN EL MEDIO ROCOSO

REVISADO

APROBADO

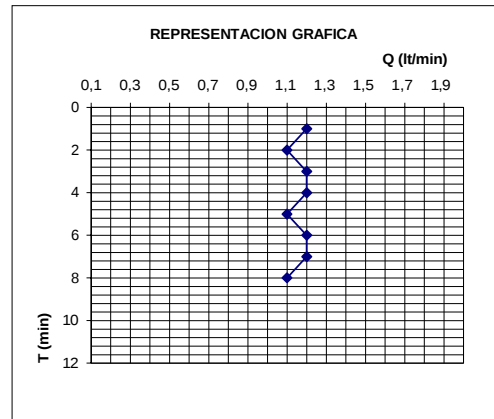
REGISTRO DE PRUEBA LEFRANC

PROYECTO	SONDEO N°	ZPB - 04	INCLINACION: 90°
SECTOR	ENSAYO N°	01	FECHA: 10-09-04
UBICACIÓN	N: 9246030 - E: 733599	COTA: 3 514.30 (msnm)	TRAMO DE ENSAYO : DE 2.40 A 4.40



ha : Prof. nivel freático (m)	0,90
n : Sobrante del revestimiento (m)	0,10
S : Prof. del revestimiento (m)	2,40
C : Long. Total del revestimiento (m)	2,50
P : Profundidad del frente de perforación (m)	4,40
L : Longitud del bulbo de ensayo (cm)	200,00
Z : Prof. agua a nivel constante (m)	0,07
D : Diámetro del bulbo de ensayo (cm)	9,00
hn : Carga hidráulica (cm)	
d : Diámetro interno del revestimiento (cm)	7,57

tiempo (min)	Hidrometro (lt)	Q (lt/min)
0	10,00	
1	11,20	1,200
2	12,30	1,100
3	13,50	1,200
4	14,70	1,200
5	15,80	1,100
6	17,00	1,200
7	18,20	1,200
8	19,30	1,100
9	20,40	1,100
10	21,60	1,200
Q promedio =		1,16



$$H = \frac{(P+S)}{2} + (n - z)$$

H = 343 centímetros

CALCULO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

CALCULO DEL CAUDAL NIVEL CONSTANTE	CALCULO DE K
$Q = 19,3372 \text{ cm}^3/\text{seg}$	Con $L/D < 2$ $K = Q / (PI \times D \times H)$ Con $L/D = 2$ $K = Q / (2 \times PI \times D \times H \times (L/D + 0.25)^{(0.5)})$ Con $L/D > 2$ $K = Q \times \ln(2L/D) / (2 \times PI \times H \times L)$

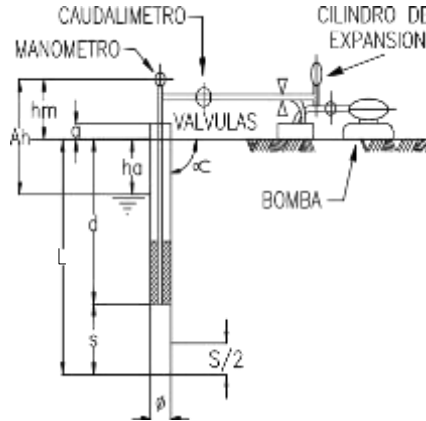
$$K = 8,80E-06 \text{ cm / seg}$$

OBSERVACIONES

DESPUES DE LOS 15 MINUTOS SE ESTABILIZO EL CONSUMO DE AGUA

PRUEBA LUGEON

PROYECTO :	SONDEO N°	ZPB - 05	INCLINACION: 90°
SECTOR: PRESA PRINCIPAL - INICIO DE ESPALDON AGUAS ARRIBA	ENSAYO N° : 01	FECHA: 16-09-04	
UBICACIÓN	N: 9245765 - E: 733504	COTA: 3 5 2 3 msnm	TRAMO DE ENSAYO : 5,00 A 10,00

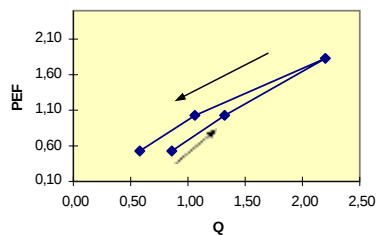


hm	=	DISTANCIA DEL MANÓMETRO (m)	1,10
a	=	SOBRANTE DE REVESTIMIENTO (m)	0,50
ha	=	DISTANCIA NIVEL FREÁTICO (m)	1,20
Ah	=	LONG. COLUMNA DE AGUA (m)	2,30
d	=	DISTANCIA OBSTURADOR (m)	5,00
L	=	LONGITUD DE PERFORACIÓN (m)	10,00
i	=	INCLINACIÓN DE PERF. C/HORIZONTAL (°)	90,00
Ah'	=	CARGA HIDRAULICA = SENi*Ah (m)	2,30
S	=	LONGITUD DE TRAMO DE ENSAYO (m)	5,00
	=	DIAMETRO DEL BULBO DE ENSAYO (cm)	7,57
PM	=	PRESIÓN MANOMÉTRICA (kg/cm ²)	
PEF	=	PRESION EFECTIVA (kg/cm ²)	
Ap	=	PERDIDA DE CARGA (kg/cm ²)	
q	=	CAUDAL DE AGUA (l/min)	
Q	=	ABSORCIÓN DE AGUA (l/m/min)	
U.L.	=	UNIDAD LUGEON (1 l/m/min a 10 kg/cm ² de PEF)	

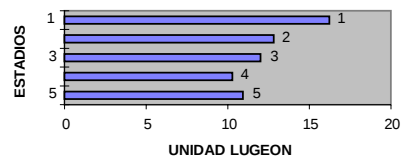
T (min)	Pm = 0,30		Pm = 0,80		Pm = 1,60		Pm = 0,80		Pm = 0,30	
	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)
0,00	650,00		702,00		851,00		1015,00		1076,00	
1,00	654,00	4,00	711,00	9,00	865,00	14,00	1020,00	5,00	1078,00	2,00
2,00	658,00	4,00	717,00	6,00	876,00	11,00	1026,00	6,00	1081,00	3,00
3,00	663,00	5,00	723,00	6,00	887,00	11,00	1031,00	5,00	1084,00	3,00
4,00	667,00	4,00	729,00	6,00	897,00	10,00	1037,00	6,00	1087,00	3,00
5,00	672,00	5,00	736,00	7,00	908,00	11,00	1042,00	5,00	1090,00	3,00
6,00	676,00	4,00	742,00	6,00	919,00	11,00	1047,00	5,00	1093,00	3,00
7,00	680,00	4,00	749,00	7,00	929,00	10,00	1053,00	6,00	1096,00	3,00
8,00	685,00	5,00	755,00	6,00	940,00	11,00	1058,00	5,00	1099,00	3,00
9,00	689,00	4,00	762,00	7,00	950,00	10,00	1063,00	5,00	1102,00	3,00
10,00	693,00	4,00	768,00	6,00	961,00	11,00	1068,00	5,00	1105,00	3,00

q (l/min)	4,30	6,60	11,00	5,30	2,90
Q (l/m/min)	0,86	1,32	2,20	1,06	0,58
Pm (kg/cm ²)	0,30	0,80	1,60	0,80	0,30
Ap (kg/cm ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ah/10 (kg/cm ²)	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
PEF (kg/cm ²)	0,53	1,03	1,83	1,03	0,53
U.L.	16,23	12,82	12,02	10,29	10,94

REPRESENTACIÓN GRAFICA



CRITERIO DE HOULSBY PARA U.L.



UNIDAD LUGEON = 10,94 UL

K (PERMEABILIDAD) = 1,42E-04 cm/sg

OBSERVACIONES:

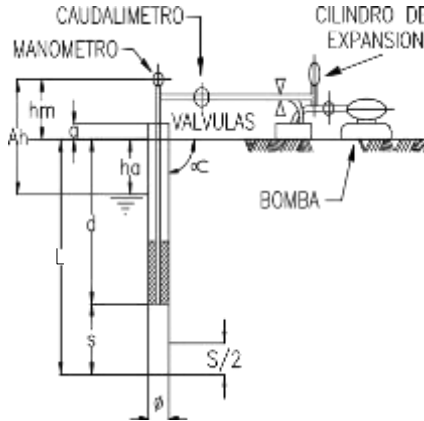
EL ENSAYO DEFINE UN FLUJO DE RELLENO, LOS VACIOS SON RELLENADOS GRADUALMENTE.

REVISADO

APROBADO

PRUEBA LUGEON

PROYECTO :	SONDEO N° ZPB - 06	INCLINACION: 90°
SECTOR: PRESA PRINCIPAL - INICIO DE ESPALDON AGUAS ARRIBA	ENSAYO N° : 01	FECHA: 17-09-04
UBICACIÓN N: 9245744 - E: 733515 COTA: 3523 msnm	TRAMO DE ENSAYO : 5,00	A 10,00

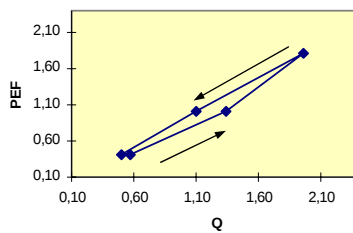


hm	=	DISTANCIA DEL MANÓMETRO (m)	1,05
a	=	SOBRANTE DE REVESTIMIENTO (m)	0,38
ha	=	DISTANCIA NIVEL FREÁTICO (m)	1,00
Ah	=	LONG. COLUMNA DE AGUA (m)	2,05
d	=	DISTANCIA OBSTURADOR (m)	5,00
L	=	LONGITUD DE PERFORACIÓN (m)	10,00
i	=	INCLINACIÓN DE PERF. C/HORIZONTAL (°)	90,00
Ah'	=	CARGA HIDRAULICA = SENi*Ah (m)	2,05
S	=	LONGITUD DE TRAMO DE ENSAYO (m)	5,00
	=	DIAMETRO DEL BULBO DE ENSAYO (cm)	7,57
PM	=	PRESIÓN MANOMÉTRICA (kg/cm2)	
PEF	=	PRESION EFECTIVA (kg/cm2)	
Ap	=	PERDIDA DE CARGA (kg/cm2)	
q	=	CAUDAL DE AGUA (l/min)	
Q	=	ABSORCIÓN DE AGUA (l/m/min)	
U.L.	=	UNIDAD LUGEON (1 l/m/min a 10 kg/cm2 de PEF)	

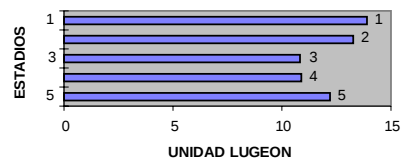
T (min)	Pm = 0,20		Pm = 0,80		Pm = 1,60		Pm = 0,80		Pm = 0,20	
	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)
0,00	76,00		110,00		190,00		300,00		365,00	
1,00	79,00	3,00	116,00	6,00	200,00	10,00	306,00	6,00	368,00	3,00
2,00	82,00	3,00	123,00	7,00	209,00	9,00	311,00	5,00	370,00	2,00
3,00	85,00	3,00	129,00	6,00	219,00	10,00	317,00	6,00	373,00	3,00
4,00	87,50	2,50	135,00	6,00	229,00	10,00	322,00	5,00	375,00	2,00
5,00	90,00	2,50	142,00	7,00	240,00	11,00	328,00	6,00	378,00	3,00
6,00	92,50	2,50	148,00	6,00	249,00	9,00	333,00	5,00	380,00	2,00
7,00	95,50	3,00	156,00	8,00	258,00	9,00	339,00	6,00	383,00	3,00
8,00	98,50	3,00	163,00	7,00	268,00	10,00	344,00	5,00	385,00	2,00
9,00	101,50	3,00	170,00	7,00	278,00	10,00	350,00	6,00	388,00	3,00
10,00	104,50	3,00	177,00	7,00	288,00	10,00	355,00	5,00	390,00	2,00

q (l/min)	2,85	6,70	9,80	5,50	2,50
Q (l/m/min)	0,57	1,34	1,96	1,10	0,50
Pm (kg/cm2)	0,20	0,80	1,60	0,80	0,20
Ap (kg/cm2)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ah/10 (kg/cm2)	0,205	0,205	0,205	0,205	0,205
PEF (kg/cm2)	0,41	1,01	1,81	1,01	0,41
U.L.	13,90	13,27	10,83	10,89	12,20

REPRESENTACIÓN GRAFICA



CRITERIO DE HOULSBY PARA U.L.



UNIDAD LUGEON = 10,83 UL

K (PERMEABILIDAD) = 1,41E-04 cm/seg

OBSERVACIONES:

EL ENSAYO DEFINE UN FLUJO TURBULENTO, EL VALOR LUGEON MAS BAJO OCURRE EN LA PRESION MAXIMA..

REVISADO

APROBADO

ANEXO B: Ensayos de Laboratorio

Contenido de Humedad

ASTM - D2216

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente

Nº de muestra / Prof. (m): **D-1 (TP19-01)/M-1/0.80**

Nº Informe Lab :

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº de Proyecto:

Solicitado por:

Fecha: **2-Abr-19**

Ubicación:

Nº de Prueba	1	2	3
(1) Peso Recip + Suelo Húmedo (g)	6728.0		
(2) Peso Recip + Suelo Seco (g)	5655.0		
(3) Peso Recipiente (g)	1777.0		
(4) Peso del Agua (1) - (2)	1073.0		
(5) Peso Suelo Seco (2) - (3)	3878.0		
(6) Humedad (4/5)*100 %	27.7		
Humedad Promedio (%)	27.7		

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.
Se ensayo toda la muestra.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM - D6913

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº Informe Lab :

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº de Proyecto:

Solicitado por:

Fecha: **2-Abr-19**

Ubicación:

Partículas >3" (%) :

D10 :

Grava (%) :

19.0

D30:

0.35

Arena (%) :

37.6

D60:

Limos y Arcillas (%) :

43.4

Cu:

Cc:

Límites de Atterberg:

LL (%) : 62

LP (%) : 25

IP (%) : 37

Humedad (%) :

29.9

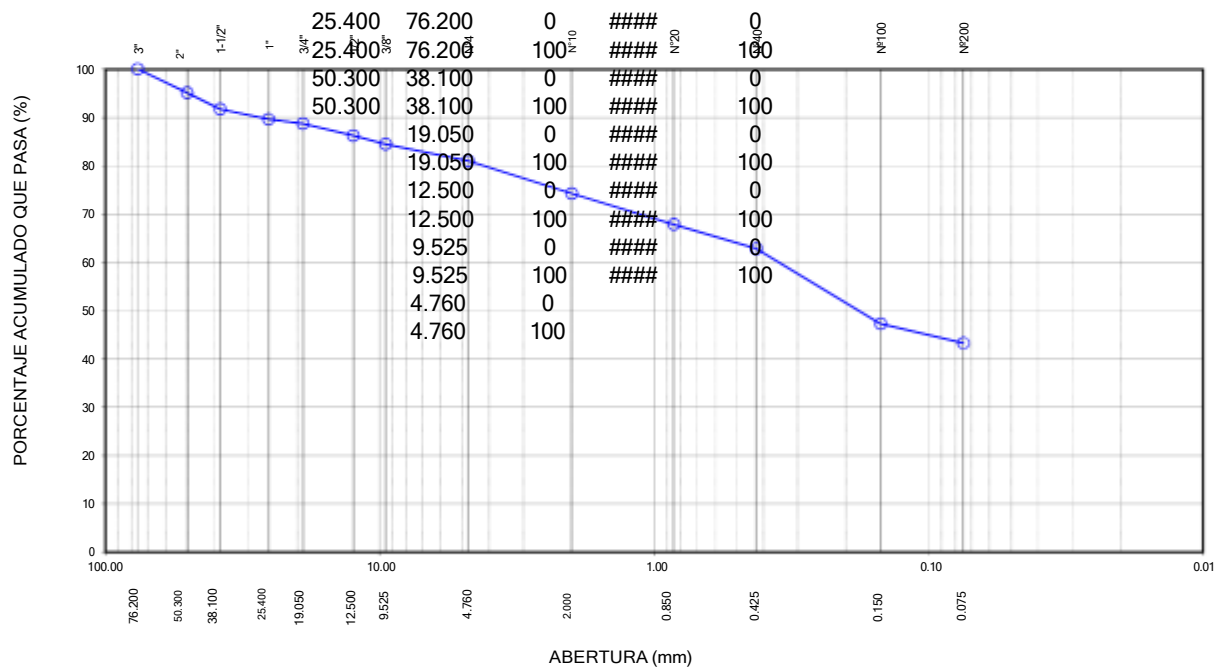
Clasificación SUCS :

SC

Arena arcillosa con grava

Tamiz	Abertura (mm)	% de material que pasa
3"	76.200	100.0
2"	50.300	95.1
1 1/2"	38.100	91.7
1"	25.400	89.6
3/4"	19.050	88.7
1/2"	12.500	86.2
3/8"	9.525	84.5
Nº4	4.760	81.0
Nº10	2.000	74.3
Nº20	0.850	67.9
Nº40	0.425	62.9
Nº100	0.150	47.4
Nº200	0.075	43.4

CURVA GRANULOMÉTRICA



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.

LÍMITES DE ATTERBERG

ASTM - D4318

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº Informe Lab :

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº de Proyecto:

Solicitado por:

Fecha: **2-Abr-19**

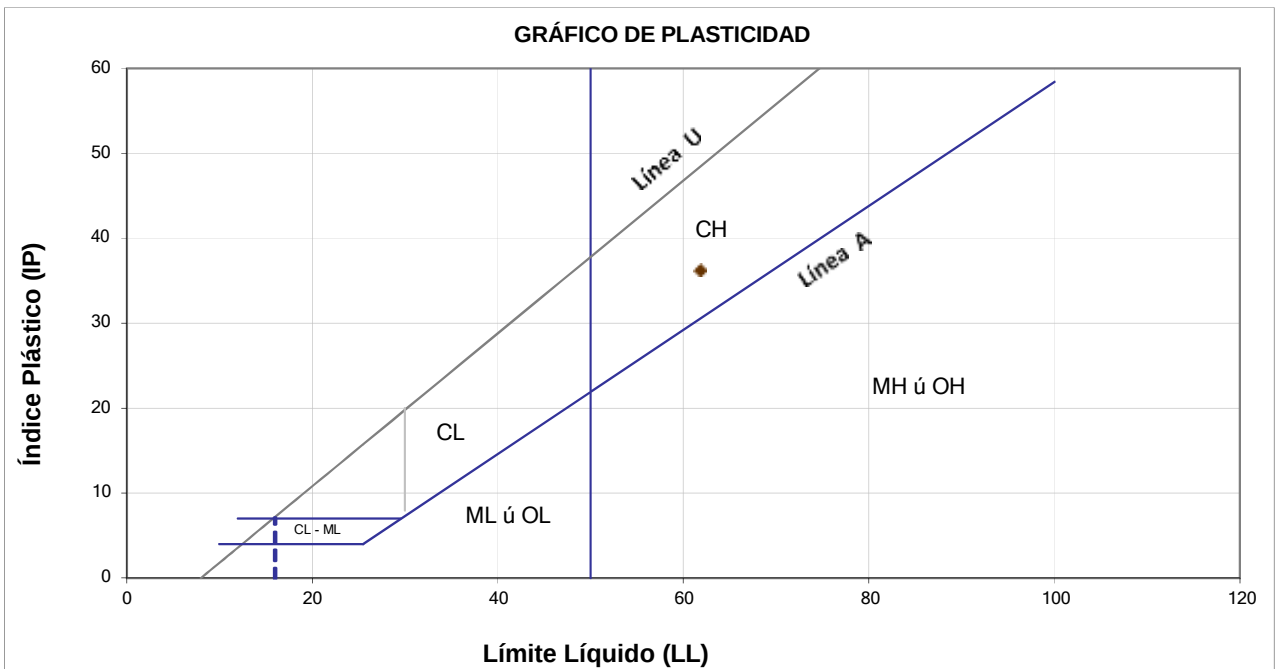
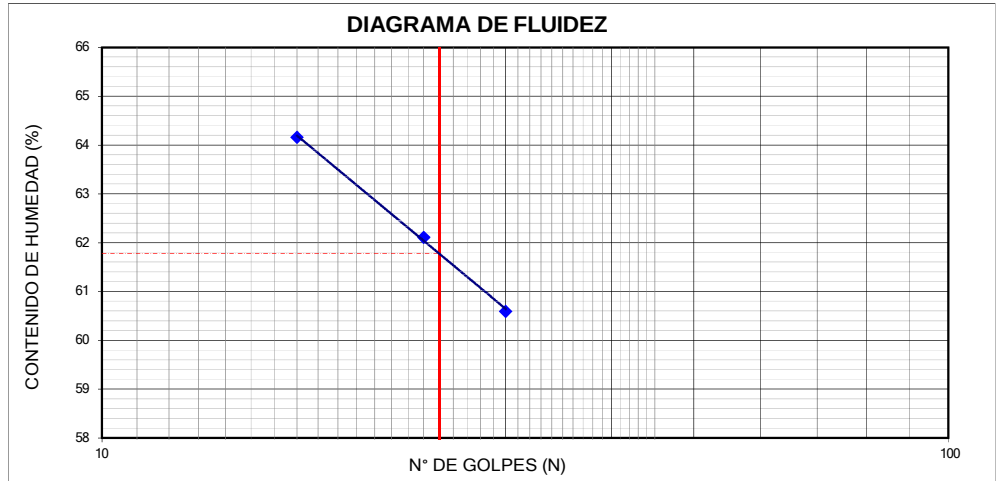
Ubicación:

Límites de Atterberg

LL (%): 62

LP (%): 25

IP (%): 37



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.

PROCTOR ESTÁNDAR

ASTM - D698 (A)

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº Informe Lab :

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

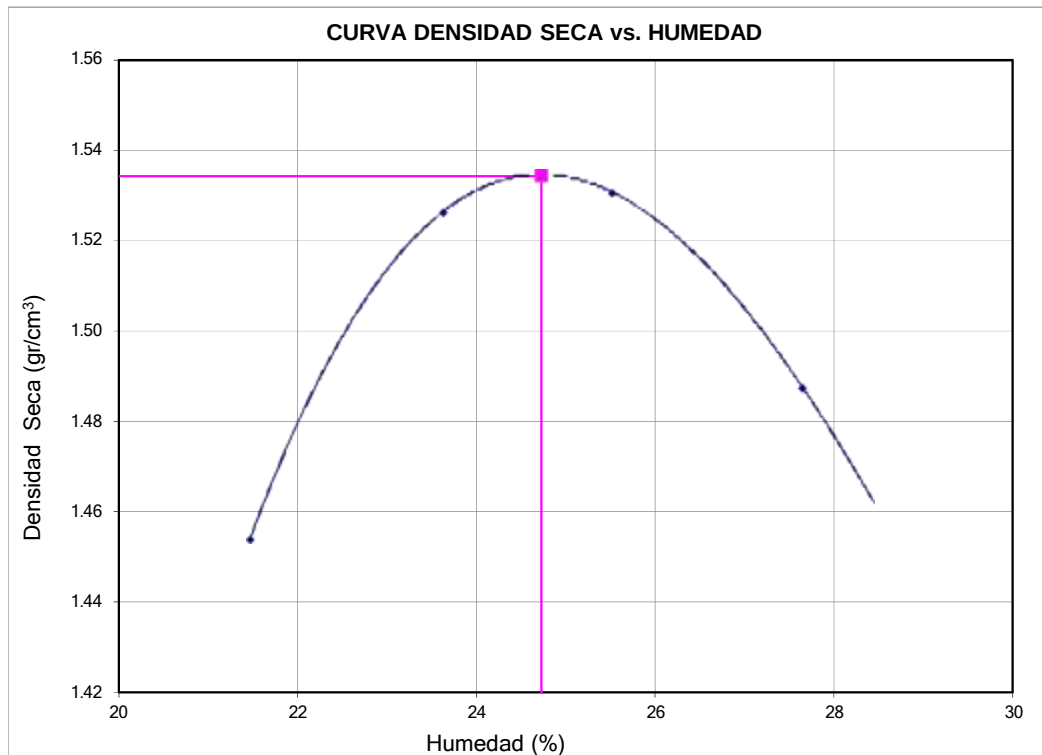
Nº de Proyecto:

Solicitado por:

Fecha: **2-Abr-19**

Ubicación:

Prueba Nº	1	2	3	4	5	6
Densidad seca (gr/cm ³)	1.454	1.526	1.530	1.487		
Humedad(%)	21.5	23.6	25.5	27.6		



Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	1.534
Óptimo Contenido de Humedad (%)	24.7

Máx. Dens. Seca Corregida (gr/cm ³)	1.614
Ópt. Cont. de Humedad Corregida (%)	21.4

Fracción Sobre tamaño	
GS (Bulk)	= 2.08
w(%)	= 7.3

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS

ASTM C-127 & D-854

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº Informe Lab :

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº de Proyecto:

Solicitado por:

Fecha: **2-Abr-19**

Ubicación:

MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA Nº 4

% Retenido en la Malla Nº 4	P ₁	19.0	
Nº de Prueba		1	2
1) Peso de grava en agua S.S.S. en aire (gr)		708.4	565.4
2) Peso de grava en agua S.S.S. en agua (gr)		390.5	316.5
3) Peso de grava seca (gr)		647.2	527.2
4) Gravedad Específica de Sólidos Aparente	(3) / [(3)-(2)] G _{s1}	2.52	2.50
5) Gravedad Específica de Sólidos Seca	(3) / [(1)-(2)]	2.04	2.12
6) Gravedad Específica de Sólidos S.S.S.	(1) / [(1)-(2)]	2.23	2.27
7) Absorción (%)	[(1)-(3)] / (3) * 100	9.46	7.25
		Promedio	
		2.51	2.08
		2.25	8.35

MATERIAL PASA LA MALLA Nº 4

% Pasa la Malla Nº 4	P ₂	81.0	
1) Nº de Fiola			
2) Peso de Fiola (gr)		142.7	163.3
3) Peso de Muestra Seca (gr)		100.0	100.0
4) Peso de Muestra Seca + Fiola (gr)		242.7	263.3
5) Peso de Muestra Seca + Fiola + Agua (gr)		703.7	724.2
6) Peso de Fiola + Peso de agua		641.3	661.7
7) Gravedad Específica de Sólidos	(3)/[(3)+(6)-(5)] G _{s2}	2.66	2.67
8) Temperatura (°C)		23	23
9) Corrección por Temperatura (K)		0.9993	0.9993
10) Gravedad Específica de Sólidos Corregido	(7)*(9) G _{s2} (20°C)	2.66	

$$G_{s_{prom}} = \frac{1}{\frac{P_1}{100 \times G_{s1}} + \frac{P_2}{100 \times G_{s2} (20^\circ C)}}$$

$$G_{s_{prom}} = 2.63$$

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.

El G_{s_{prom}} reportado está dado en función al Peso Especifico de Sólidos Aparente.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO E HIDRÓMETRO

LABORATORIO GEOTÉCNICO

ASTM - D422

Nombre del Proyecto:

Ciente

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº Informe Lab :

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº de Proyecto:

Solicitado por:

Fecha: **8-Abr-19**

Ubicación:

Hexametáfosfato de Sodio

Partículas >3" (%):

Grava (%) : 19.0

Arena (%) : 32.4

Limos y Arcillas (%) : 48.6

Límites de Atterberg:

LL (%) : 62

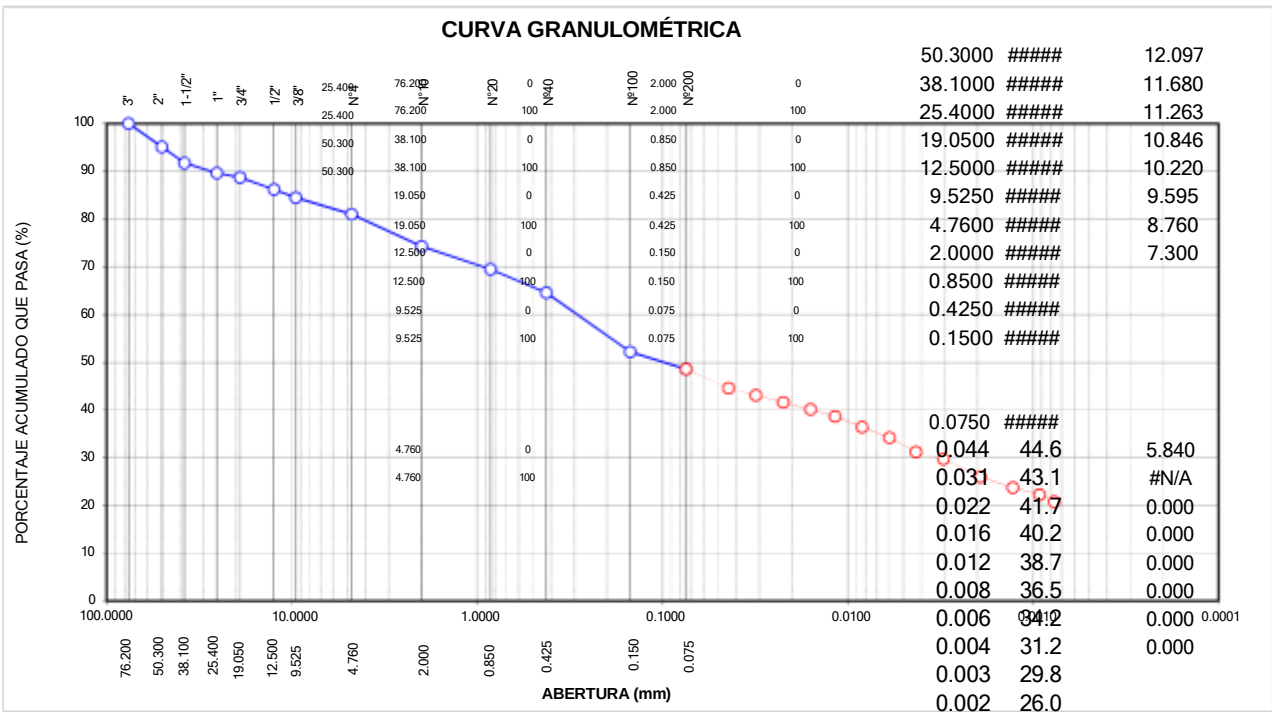
LP (%) : 25

IP (%) : 37

Clasificación SUCS : **SC**

Arena arcillosa con grava

Análisis por Tamizado			Análisis por Hidrómetro		
Tamiz	Abertura(mm)	% Acumulado que pasa	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa	Material
3"	76.200	100.0	0.0441	44.6	Limos
2"	50.300	95.1	0.0315	43.1	Limos
1 1/2"	38.100	91.7	0.0224	41.7	Limos
1"	25.400	89.6	0.0160	40.2	Limos
3/4"	19.050	88.7	0.0118	38.7	Limos
1/2"	12.500	86.2	0.0084	36.5	Limos
3/8"	9.525	84.5	0.0060	34.2	Limos
Nº4	4.760	81.0	0.0043	31.2	Arcillas
Nº10	2.000	74.3	0.0031	29.8	Arcillas
Nº20	0.850	69.5	0.0019	26.0	Arcillas
Nº40	0.425	64.6	0.0013	23.8	Arcillas
Nº100	0.150	52.2	0.0009	22.3	Arcillas
Nº200	0.075	48.6	0.0008	20.8	Coloides



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO E HIDRÓMETRO

ASTM - D422

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Ciente

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº Informe Lab :

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº de Proyecto:

Solicitado por:

Fecha: **8-Abr-19**

Ubicación:

Sin Hexametafosfato de Sodio

Partículas >3" (%):

Grava (%) : 19.0

Arena (%) : 36.5

Limos y Arcillas (%) : 44.5

Límites de Atterberg:

LL (%) : 62

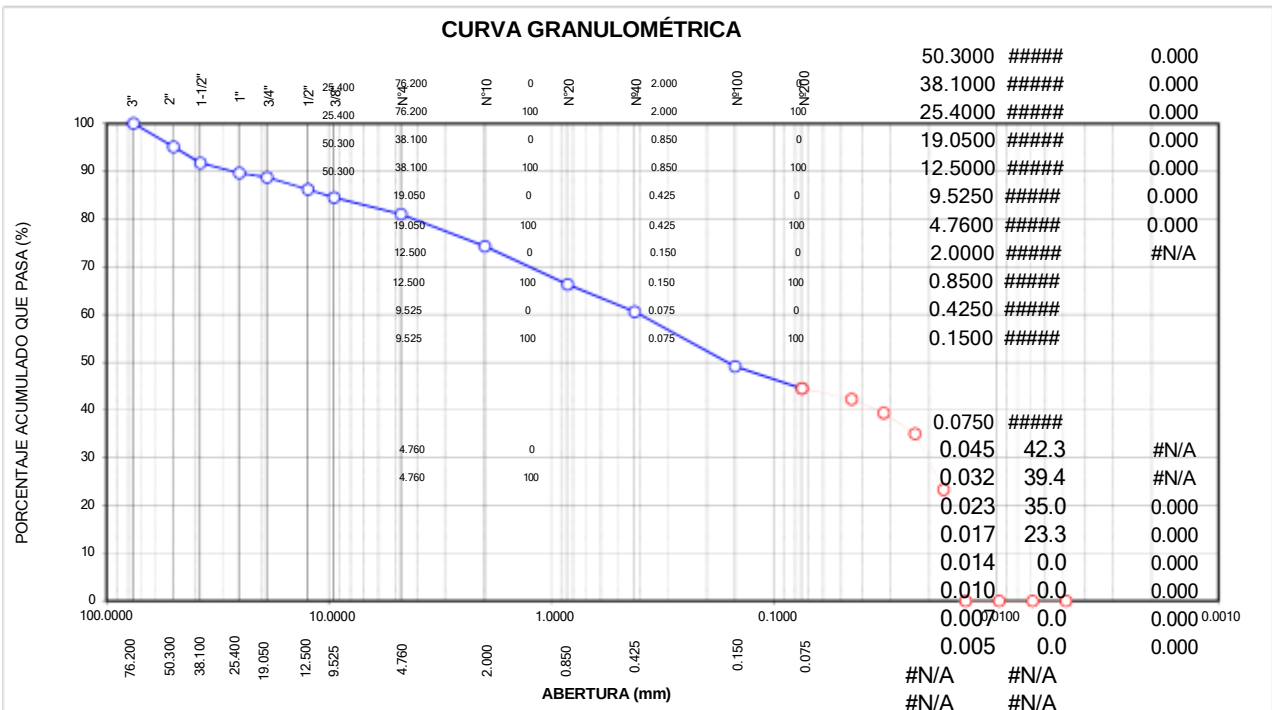
LP (%) : 25

IP (%) : 37

Clasificación SUCS : **SC**

Arena arcillosa con grava

Análisis por Tamizado			Análisis por Hidrómetro		
Tamiz	Abertura(mm)	% Acumulado que pasa	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa	Material
3"	76.200	100.0	0.0450	42.3	Limos
2"	50.300	95.1	0.0322	39.4	Limos
1 1/2"	38.100	91.7	0.0233	35.0	Limos
1"	25.400	89.6	0.0173	23.3	Limos
3/4"	19.050	88.7	0.0138	0.0	Limos
1/2"	12.500	86.2	0.0098	0.0	Limos
3/8"	9.525	84.5	0.0069	0.0	Limos
Nº4	4.760	81.0	0.0049	0.0	Arcillas
Nº10	2.000	74.3			
Nº20	0.850	66.3			
Nº40	0.425	60.6			
Nº100	0.150	49.1			
Nº200	0.075	44.5			



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.

CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA
PARED FLEXIBLE
ASTM D-5084

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:
Cliente

Nº de muestra / Prof. (m): TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: Núcleo / Presa PrincipalNº Informe Lab :

Solicitado por:

Ubicación:

Estado de la muestra: Remoldeada al 90% del Proctor (Dens Seca = 1.3806g
Clasificación SUCS: SC
Confinamiento efectivo: 120 kPa

Datos del Ensayo

Diámetro (cm)	7.09	Densidad inicial seca(gr/cm³)	1.380	Densidad final seca(g	
Altura (cm)	9.00	Humedad Inicial (%)	24.7	Humedad final (%)	
Gravedad de Sólidos	2.63	Saturación inicial (%)	71.7	Saturación final (%)	99

Calculo del Parámetro B

Presión de Poros PSI	Presión de Celda PSI	B
31.8	31.5	0.97
34.7	34.5	

Medición del Coeficiente de Permeabilidad

Nº	Gradiente (Dh/l)	Vol (V) (cm3)	Caudal (Q) (cm3/seg)	Perm. (Kr) (cm/seg)	T °C	KT20°C (cm/seg)
1	2.73	0.20	6.67E-05	3.0E-07	21	3.0E-07
2	2.69	0.20	6.67E-05	3.1E-07	21	3.0E-07
3	2.64	0.20	6.67E-05	3.1E-07	21	3.0E-07
4	2.60	0.20	6.67E-05	3.1E-07	21	3.1E-07
5	2.56	0.20	6.67E-05	3.2E-07	21	3.1E-07
Promedio	2.64	0.20		3.1E-07	21	3.0E-07

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.

Ensayo de carga variable.

Grado de compactación:

☐ Bajo

☐ Ligero

☒ Medio

☐ Alto

☐ Elevado

CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA

PARED FLEXIBLE

ASTM D-5084

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80 Núcleo /**

Nº Informe Lab :

Descripción / Zona: **Presa Principal**

Nº de Proyecto:

Solicitado por:

Fecha: **9-Abr-19**

Ubicación:

Estado de la muestra: **Remoldeada al 90% del Proctor (Dens Seca = 1.3806g/cm³) y O.C.H. = 24.7 %**
Clasificación SUCS: **SC**
Confinamiento efectivo: **360 kPa**

Datos del Ensayo

Diámetro (cm)	7.09	Densidad inicial seca(gr/cm³)	1.380	Densidad final seca(gr/cm³)	1.451
Altura (cm)	9.00	Humedad Inicial (%)	24.7	Humedad final (%)	31.1
Gravedad de Sólidos	2.63	Saturación inicial (%)	72	Saturación final (%)	100

Calculo del Parámetro B

Presión de Poros PSI	Presión de Celda PSI	B
31.7	31.5	0.97
34.6	34.5	

Medición del Coeficiente de Permeabilidad

Nº	Gradiente (Dh/l)	Vol (V) (cm³)	Caudal (Q) (cm³/s)	Perm. (K _T) (cm/s)	T °C	KT20°C (cm/s)
1	23.05	0.20	7.1E-05	7.8E-08	21.0	7.6E-08
2	23.00	0.20	7.1E-05	7.8E-08	21.0	7.6E-08
3	22.96	0.20	7.1E-05	7.8E-08	21.0	7.6E-08
4	22.92	0.20	7.1E-05	7.8E-08	21.0	7.6E-08
5	22.87	0.20	7.1E-05	7.8E-08	21.0	7.6E-08
6	22.83	0.20	7.1E-05	7.8E-08	21.0	7.6E-08
Promedio	22.94	0.20		7.8E-08	21.0	7.6E-08

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.

Ensayo de carga constante.

Grado de compactación:

☐ Bajo

☐ Ligero

☒ Medio

☐ Alto

☐ Elevado

ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Consolidado - No drenado (CU)

LABORATORIO GEOTÉCNICO

ASTM - D4767

Nombre del Proyecto:

Cliente

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº Informe Lab :

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº de Proyecto:

Solicitado por:

Fecha: **10-Abr-19**

Ubicación:

Estado : Remoldeada al 90% del Proctor (Dens Seca = 1.3806g/cm³) y O.C.H. = 24.7 %

Clasificación SUCS: SC

Etapas de consolidación	Inicial	Final
Altura (cm)	14.55	14.06
Diámetro (cm)	7.09	7.05
Humedad (%)	24.70	30.24
Densidad seca (gr/cc)	1.383	1.446

Velocidad (pulg/min)	0.01
Parámetro "B"	0.97
Presión de celda kPa	607
Contra presión kPa	207
Esf. Efect. Inicial kPa	400

Deformación (%)	Esf. Desv. kPa	ϵ_v kPa	s_3 kPa	s_1 kPa	p kPa	q kPa	$\frac{q}{p}$	Oblicuidad (s_1/s_3)
0.00	0.00	0.00	400.00	400.00	400.00	0.00	0.00	1.00
0.05	20.22	7.71	392.29	412.51	402.40	10.11	0.03	1.05
0.10	29.17	14.54	385.46	414.63	400.04	14.58	0.04	1.08
0.20	44.33	29.53	370.47	414.81	392.64	22.17	0.06	1.12
0.35	54.90	48.30	351.70	406.60	379.15	27.45	0.07	1.16
0.50	67.12	64.44	335.56	402.69	369.13	33.56	0.09	1.20
0.75	83.37	90.69	309.31	392.69	351.00	41.69	0.12	1.27
1.00	93.14	105.68	294.32	387.46	340.89	46.57	0.14	1.32
1.25	101.75	126.21	273.79	375.54	324.66	50.87	0.16	1.37
1.50	113.44	141.73	258.27	371.72	315.00	56.72	0.18	1.44
1.75	119.86	155.33	244.67	364.53	304.60	59.93	0.20	1.49
2.00	124.62	162.61	237.39	362.01	299.70	62.31	0.21	1.52
2.50	135.31	180.12	219.88	355.19	287.54	67.65	0.24	1.62
3.00	139.66	192.49	207.51	347.18	277.35	69.83	0.25	1.67
3.50	144.88	202.22	197.78	342.67	270.23	72.44	0.27	1.73
4.00	149.82	211.94	188.06	337.88	262.97	74.91	0.28	1.80
4.50	155.34	218.17	181.83	337.16	259.50	77.67	0.30	1.85
5.00	160.22	223.50	176.50	336.72	256.61	80.11	0.31	1.91
6.00	166.50	233.80	166.20	332.70	249.45	83.25	0.33	2.00
7.00	171.00	243.38	156.62	327.62	242.12	85.50	0.35	2.09
8.00	177.57	248.42	151.58	329.15	240.37	88.79	0.37	2.17
9.00	180.14	253.08	146.92	327.06	236.99	90.07	0.38	2.23
10.00	187.05	257.67	142.33	329.37	235.85	93.52	0.40	2.31
11.00	191.89	260.75	139.25	331.14	235.19	95.94	0.41	2.38
12.00	191.27	262.53	137.47	328.75	233.11	95.64	0.41	2.39
13.00	194.18	264.48	135.52	329.70	232.61	97.09	0.42	2.43
14.00	194.13	264.32	135.68	329.82	232.75	97.07	0.42	2.43

Nota:

Grado de compactación ☐ Bajo ☐ Ligero ☒ Medio ☐ Alto ☐ Elevado

ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Consolidado - No drenado (CU)

LABORATORIO GEOTÉCNICO

ASTM - D4767

Nombre del Proyecto:

Cliente

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº Informe Lab :

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº de Proyecto:

Solicitado por:

Fecha: **10-Abr-19**

Ubicación:

Clasificación SUCS: SC

Estado : Remoldeada al 90% del Proctor (Dens Seca = 1.3806g/cm³) y O.C.H. = 24.7 %

Etapas de consolidación	Inicial	Final
Altura (cm)	14.55	14.22
Diámetro (cm)	7.09	7.02
Humedad (%)	24.70	33.07
Densidad seca (gr/cc)	1.383	1.444

Velocidad (pulg/min)	0.01
Parámetro "B"	0.97
Presión de celda kPa	407
Contra presión kPa	207
Esf. Efect. Inicial kPa	200

Deformación (%)	Esf. Dev. kPa	m kPa	s ₃ kPa	s ₁ kPa	p kPa	q kPa	$\frac{q}{p}$	Oblicuidad (s ₁ /s ₃)
0.00	0.00	0.00	200.00	200.00	200.00	0.00	0.00	1.00
0.05	14.93	3.75	196.25	211.18	203.72	7.47	0.04	1.08
0.10	18.79	6.52	193.48	212.27	202.88	9.40	0.05	1.10
0.20	24.70	11.12	188.88	213.58	201.23	12.35	0.06	1.13
0.35	30.59	19.10	180.90	211.49	196.20	15.29	0.08	1.17
0.50	36.83	26.18	173.82	210.65	192.23	18.42	0.10	1.21
0.75	42.95	35.26	164.74	207.69	186.22	21.47	0.12	1.26
1.00	48.68	41.96	158.04	206.72	182.38	24.34	0.13	1.31
1.25	53.14	46.66	153.34	206.48	179.91	26.57	0.15	1.35
1.50	57.77	51.87	148.13	205.91	177.02	28.89	0.16	1.39
1.75	62.31	55.70	144.30	206.62	175.46	31.16	0.18	1.43
2.00	60.95	59.20	140.80	201.75	171.27	30.47	0.18	1.43
2.50	67.59	64.05	135.95	203.54	169.75	33.79	0.20	1.50
3.00	70.25	69.32	130.68	200.94	165.81	35.13	0.21	1.54
3.50	75.10	72.65	127.35	202.45	164.90	37.55	0.23	1.59
4.00	77.60	76.10	123.90	201.50	162.70	38.80	0.24	1.63
4.50	81.58	78.91	121.09	202.68	161.88	40.79	0.25	1.67
5.00	82.71	80.97	119.03	201.74	160.38	41.35	0.26	1.69
6.00	83.49	84.49	115.51	199.01	157.26	41.75	0.27	1.72
7.00	86.28	87.40	112.60	198.88	155.74	43.14	0.28	1.77
8.00	89.43	90.16	109.84	199.27	154.55	44.72	0.29	1.81
9.00	91.30	91.69	108.31	199.62	153.96	45.65	0.30	1.84
10.00	93.69	93.22	106.78	200.46	153.62	46.84	0.30	1.88
11.00	95.69	94.11	105.89	201.58	153.73	47.84	0.31	1.90
12.00	98.17	94.50	105.50	203.67	154.59	49.08	0.32	1.93
13.00	99.99	93.91	106.09	206.08	156.08	50.00	0.32	1.94
14.00	103.20	95.20	104.80	208.00	156.40	51.60	0.33	1.98

Nota:

Grado de compactación:

☐ Bajo

☐ Ligero

☒ Medio

☐ Alto

☐ Elevado

ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Consolidado - No drenado (CU)

LABORATORIO GEOTÉCNICO

ASTM - D4767

Nombre del Proyecto:

Cliente

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº Informe Lab :

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº de Proyecto:

Solicitado por:

Fecha: **10-Abr-19**

Ubicación:

Clasificación SUCS: SC

Estado : Remoldeada al 90% del Proctor (Dens Seca = 1.3806g/cm³) y O.C.H. = 24.7 %

Etapas de consolidación	Inicial	Final
Altura (cm)	14.55	14.29
Diámetro (cm)	7.09	7.10
Humedad (%)	24.70	35.99
Densidad seca (gr/cc)	1.383	1.405

Velocidad (pulg/min)	0.01
Parámetro "B"	0.97
Presión de celda kPa	307
Contra presión kPa	207
Esf. Efect. Inicial kPa	100

Deformación (%)	Esf. Dev. kPa	m kPa	s ₃ kPa	s ₁ kPa	p kPa	q kPa	- q / p	Oblicuidad (s ₁ /s ₃)
0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	0.00	0.00	1.00
0.05	7.30	1.50	98.50	105.80	102.15	3.65	0.04	1.07
0.10	9.19	2.61	97.39	106.58	101.99	4.60	0.05	1.09
0.20	12.08	4.45	95.55	107.63	101.59	6.04	0.06	1.13
0.35	14.96	7.64	92.36	107.32	99.84	7.48	0.07	1.16
0.50	18.01	10.47	89.53	107.54	98.53	9.01	0.09	1.20
0.75	21.00	14.10	85.90	106.90	96.40	10.50	0.11	1.24
1.00	23.80	16.78	83.22	107.02	95.12	11.90	0.13	1.29
1.25	25.99	18.66	81.34	107.32	94.33	12.99	0.14	1.32
1.50	28.25	20.75	79.25	107.50	93.38	14.12	0.15	1.36
1.75	29.13	21.99	78.01	107.14	92.58	14.57	0.16	1.37
2.00	29.80	23.68	76.32	106.12	91.22	14.90	0.16	1.39
2.50	33.04	25.62	74.38	107.43	90.90	16.52	0.18	1.44
3.00	34.34	27.73	72.27	106.62	89.45	17.17	0.19	1.48
3.50	36.71	29.06	70.94	107.65	89.30	18.35	0.21	1.52
4.00	37.93	30.44	69.56	107.49	88.53	18.97	0.21	1.55
4.50	39.87	31.56	68.44	108.31	88.37	19.94	0.23	1.58
5.00	40.42	32.39	67.61	108.03	87.82	20.21	0.23	1.60
6.00	40.80	33.79	66.21	107.01	86.61	20.40	0.24	1.62
7.00	42.16	34.96	65.04	107.20	86.12	21.08	0.24	1.65
8.00	43.71	36.07	63.93	107.64	85.79	21.85	0.25	1.68
9.00	44.63	36.67	63.33	107.95	85.64	22.31	0.26	1.70
10.00	45.79	37.29	62.71	108.51	85.61	22.90	0.27	1.73
11.00	46.78	37.64	62.36	109.13	85.75	23.39	0.27	1.75
12.00	47.99	37.80	62.20	110.19	86.20	23.99	0.28	1.77
13.00	48.88	37.56	62.44	111.32	86.88	24.44	0.28	1.78
14.00	50.44	38.08	61.92	112.36	87.14	25.22	0.29	1.81

Nota:

Grado de compactación:



Bajo



Ligero



Medio



Alto



Elevado

ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Consolidado - No drenado (CU)

LABORATORIO GEOTÉCNICO

ASTM - D4767

Nombre del Proyecto:

Cliente

Nº de muestra / Prof. (m): TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80

Nº Informe Lab :

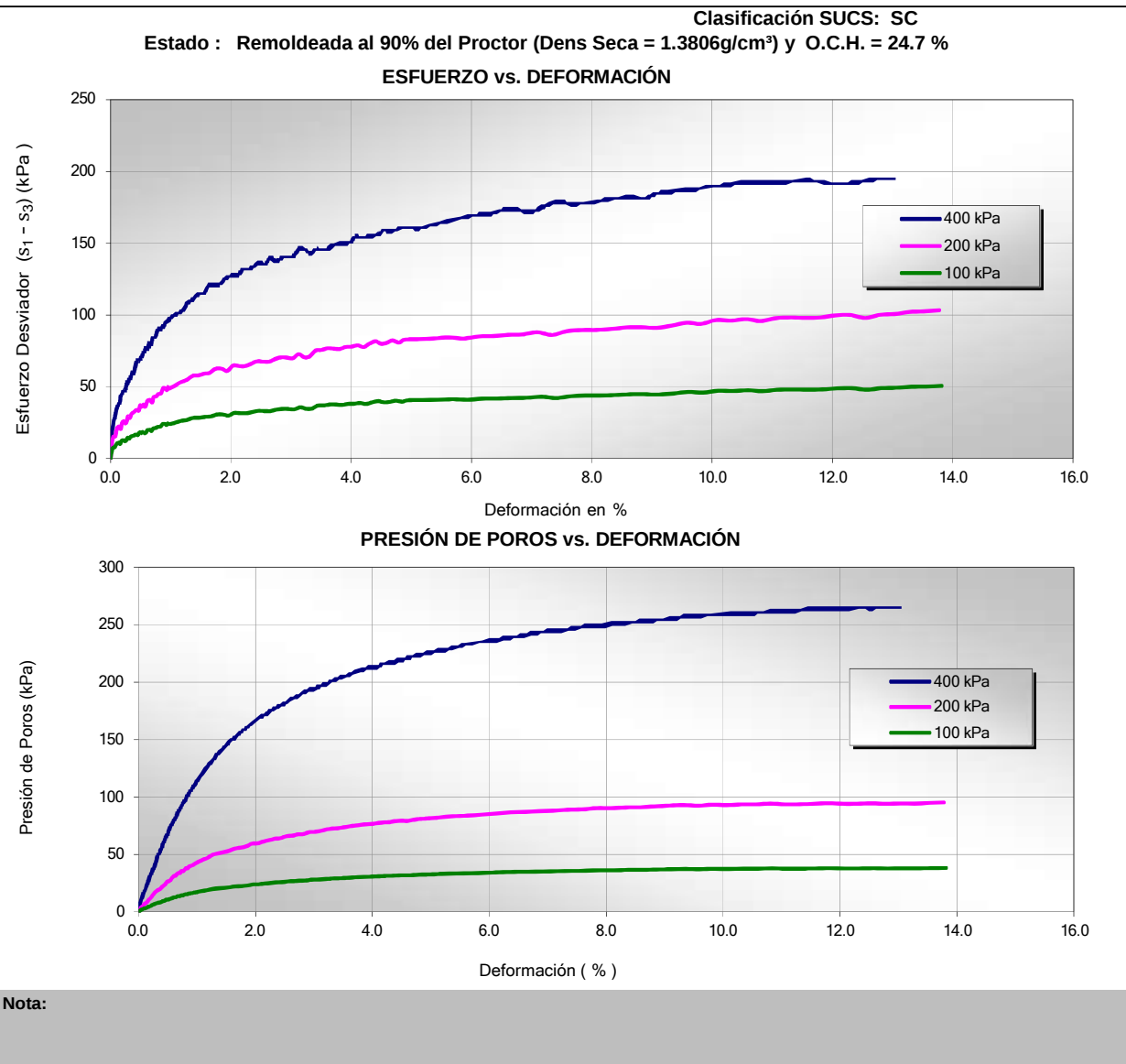
Descripción / Zona: Núcleo / Presa Principal

Nº de Proyecto:

Solicitado por:

Fecha: 10-Abr-19

Ubicación:



Grado de compactación

☐ Bajo ☐ Ligero ☒ Medio ☐ Alto ☐ Elevado

ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Consolidado - No drenado (CU)

ASTM - D4767

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente

Nº de muestra / Prof. (m): TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80

Nº Informe Lab :

Descripción / Zona: Núcleo / Presa Principal

Nº de Proyecto:

Solicitado por:

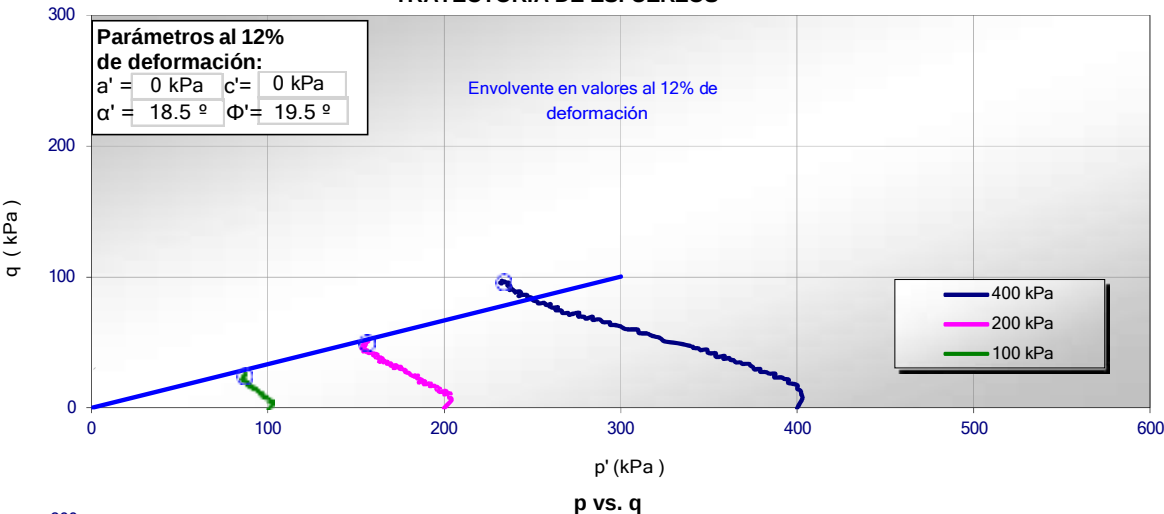
Fecha: 10-Abr-19

Ubicación:

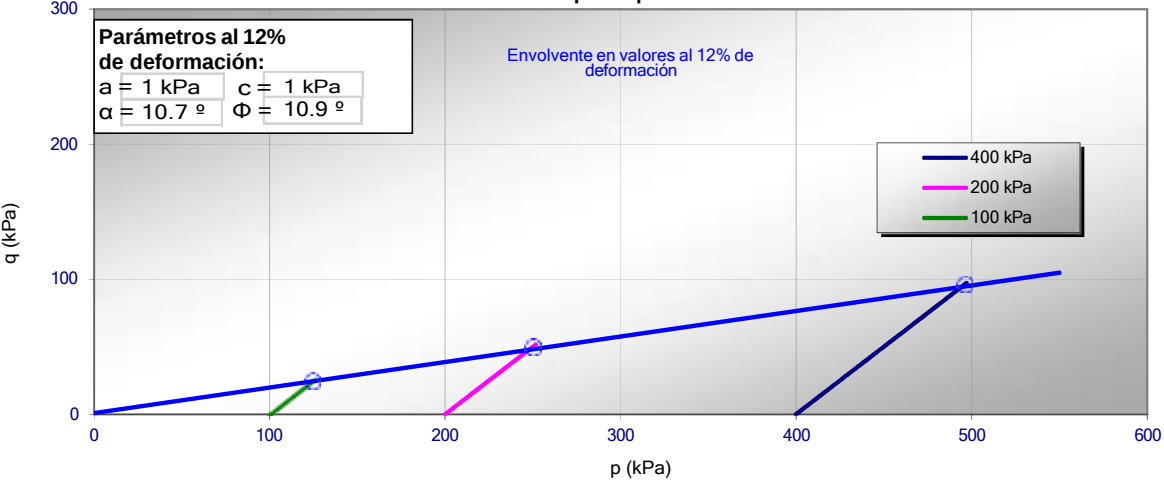
Clasificación SUCS: SC

Estado : Remoldeada al 90% del Proctor (Dens Seca = 1.3806g/cm³) y O.C.H. = 24.7 %

TRAYECTORIA DE ESFUERZOS



p vs. q



Nota:

Grado de compactación



Bajo



Ligero



Medio



Alto



Elevado

ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Consolidado - No drenado (CU)

ASTM - D4767

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº Informe Lab :

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº de Proyecto:

Solicitado por:

Fecha: **10-Abr-19**

Ubicación:

Clasificación SUCS: SC

Estado : Remoldeada al 90% del Proctor (Dens Seca = 1.3806g/cm³) y O.C.H. = 24.7 %

PANEL FOTOGRAFICO



Nota:

Observaciones:

Grado de compactación:



Bajo



Ligero



Medio



Alto



Elevado

ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

No Consolidado - No drenado (UU)

ASTM - D2850

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Ciente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **8-Abr-19**

Ubicación:

Estado : Remoldeado al 90% de la MDS; Densidad Seca= 1,3806 y OCH= 24,7 % **Clasificación SUCS:** SC

Velocidad:	(pulg/min)
0.02	

Altura (cm)	14.55
Diámetro (cm)	7.06
Humedad (%)	24.9
Densidad seca (gr/cc)	1.395

Altura (cm)	14.55
Diámetro (cm)	7.06
Humedad (%)	24.9
Densidad seca (gr/cc)	1.395

Altura (cm)	14.53
Diámetro (cm)	7.06
Humedad (%)	24.7
Densidad seca (gr/cc)	1.394

Calculos de Esfuerzos					
400 kPa		200 kPa		100 kPa	
Def (%)	Esfuerzo (kPa)	Def (%)	Esfuerzo (kPa)	Def (%)	Esfuerzo (kPa)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	49.40	0.05	37.91	0.05	47.44
0.10	68.85	0.10	48.66	0.10	72.29
0.20	78.62	0.20	57.44	0.20	93.59
0.35	87.06	0.35	72.90	0.35	104.01
0.50	96.41	0.50	84.52	0.50	112.04
0.75	111.95	0.75	98.46	0.75	122.85
1.00	123.76	1.00	105.73	1.00	128.82
1.25	139.34	1.25	117.17	1.25	137.56
1.50	149.57	1.50	126.35	1.50	145.93
1.75	161.09	1.75	137.21	1.75	155.73
2.00	174.22	2.00	142.80	2.00	157.58
2.50	194.29	2.50	157.97	2.50	169.38
3.00	214.45	3.00	168.48	3.00	180.10
3.50	230.52	3.50	180.77	3.50	189.41
4.00	253.52	4.00	191.68	4.00	195.95
4.50	270.90	4.50	203.78	4.50	202.97
5.00	278.81	5.00	210.32	5.00	209.73
6.00	313.61	6.00	229.29	6.00	218.94
7.00	339.26	7.00	247.35	7.00	223.59
8.00	364.77	8.00	259.98	8.00	232.48
9.00	382.02	9.00	274.47	9.00	237.12
10.00	403.95	10.00	284.74	10.00	246.28
11.00	417.14	11.00	291.75	11.00	249.65
12.00	433.66	12.00	301.69	12.00	254.82
13.00	447.17	13.00	306.89	13.00	258.29
14.00	454.81	14.00	313.23	14.00	258.63

Nota: Muestras proporcionadas e identificadas por el solicitante

Grado de compactación: ☐ Bajo ☐ Ligero ☒ Medio ☐ Alto ☐ Elevado

ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

No Consolidado - No drenado (UU)

ASTM - D2850

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Ciente:

N° de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

N° de Proyecto:

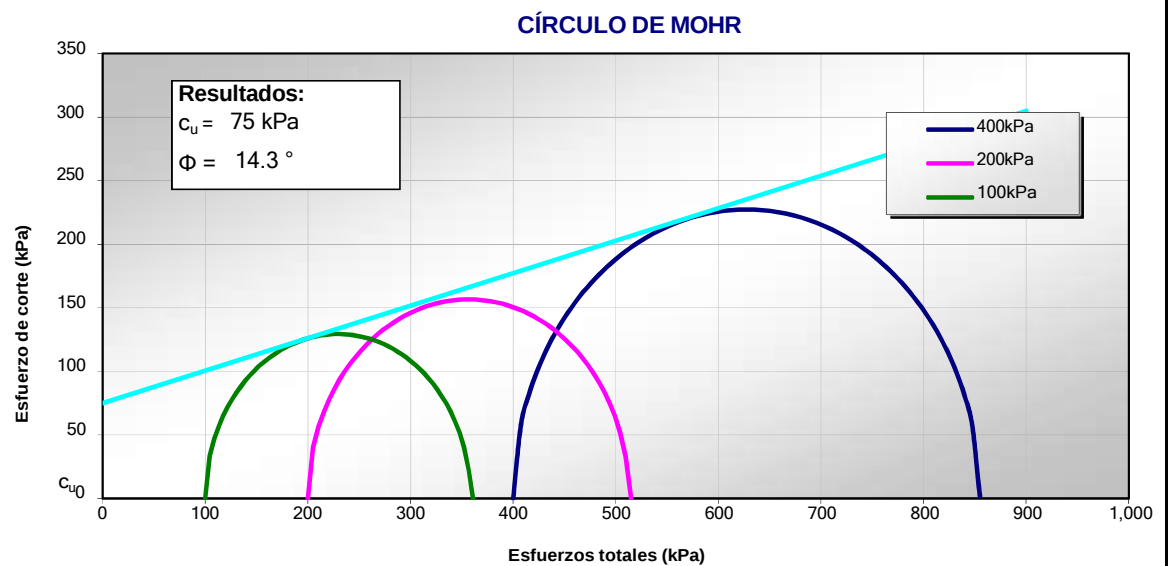
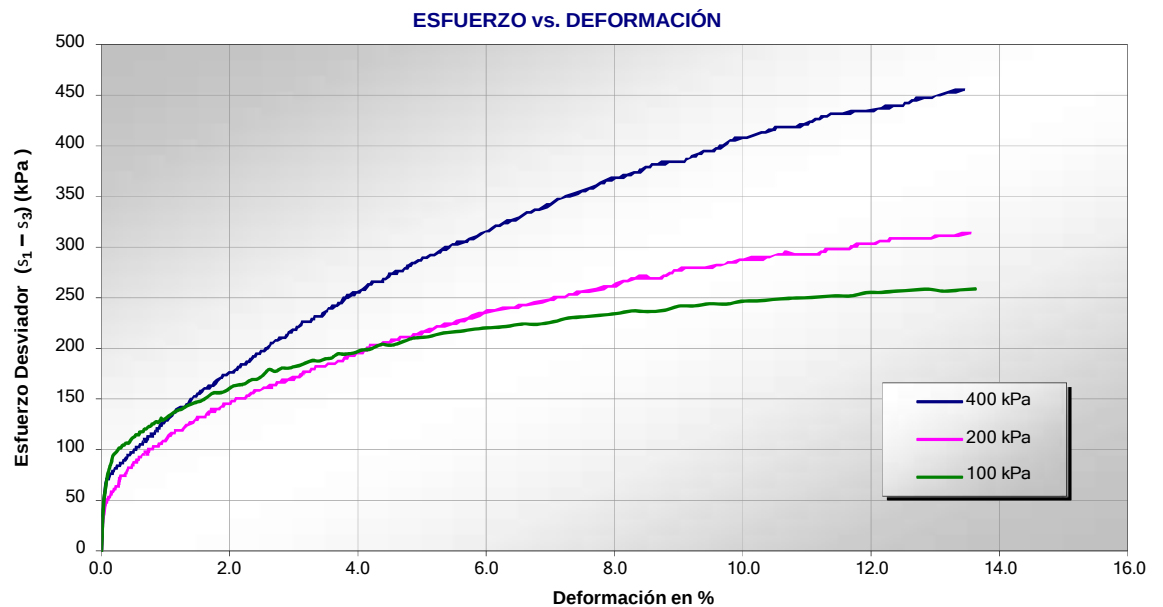
Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

N° Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **8-Abr-19**

Ubicación:



Nota: Muestras proporcionadas e identificadas por el solicitante

Grado de compactación:

☐ Bajo

☐ Ligero

☒ Medio

☐ Alto

☐ Elevado

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM - D6913

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:	
Cliente	
Nº de muestra / Prof. (m):	TP19-01 / M-1 / 0.80
Descripción / Zona:	Núcleo / Presa Principal
Solicitado por:	Nº Informe Lab :
Ubicación:	Nº de Proyecto:
Fecha: 2-Abr-19	

Partículas >3" (%) :

Grava (%) :

9.8

Arena (%) :

40.2

Limos y Arcillas (%) :

50.0

D10 :

76.200

D30:

76.200

D60:

0.14

Cu:

Cc:

Límites de Atterberg:

LL (%) : 62

LP (%) : 30

IP (%) : 32

Humedad (%) :

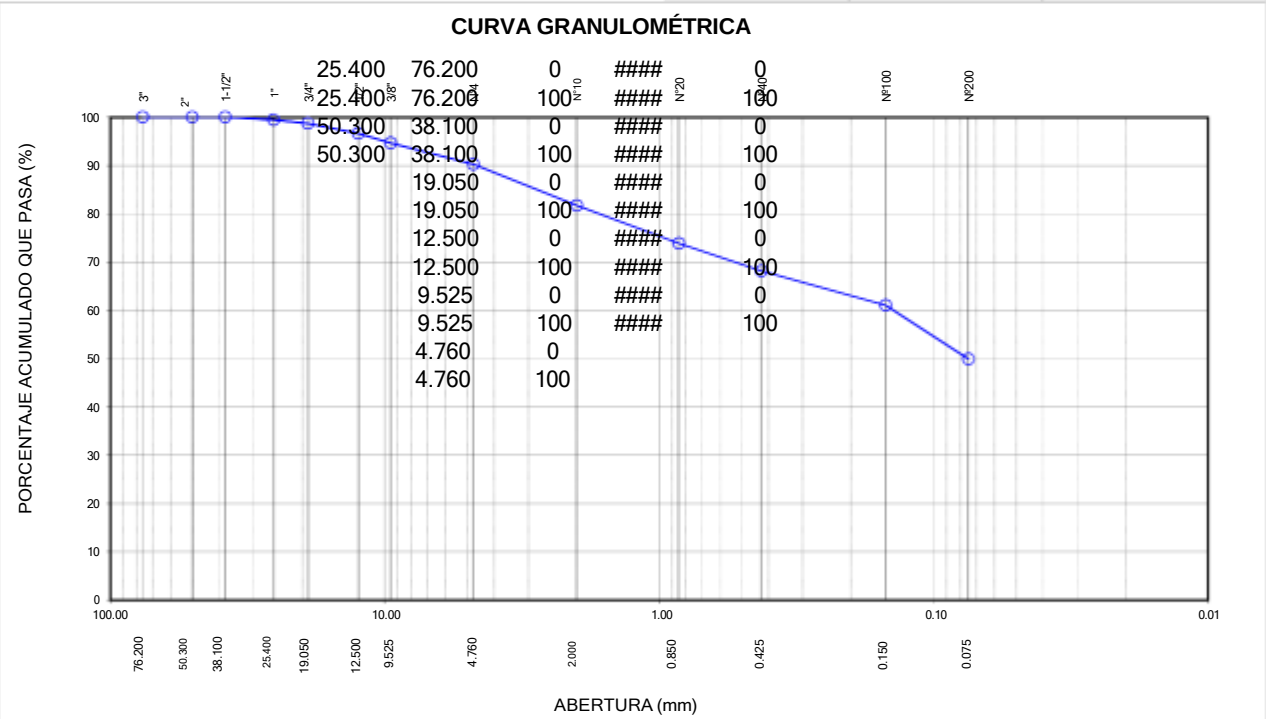
26.4

Clasificación SUCS :

CH

Arcilla de alta plasticidad arenosa

Tamiz	Abertura (mm)	% acumulada que pasa
3"	76.200	100.0
2"	50.300	100.0
1 1/2"	38.100	100.0
1"	25.400	99.4
3/4"	19.050	98.7
1/2"	12.500	96.6
3/8"	9.525	94.6
Nº4	4.760	90.2
Nº10	2.000	81.7
Nº20	0.850	73.9
Nº40	0.425	68.2
Nº100	0.150	61.1
Nº200	0.075	50.0



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.

LÍMITES DE ATTERBERG

ASTM - D4318

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-1 / 0.80**

Nº Informe Lab :

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº de Proyecto:

Solicitado por:

Fecha: **2-Abr-19**

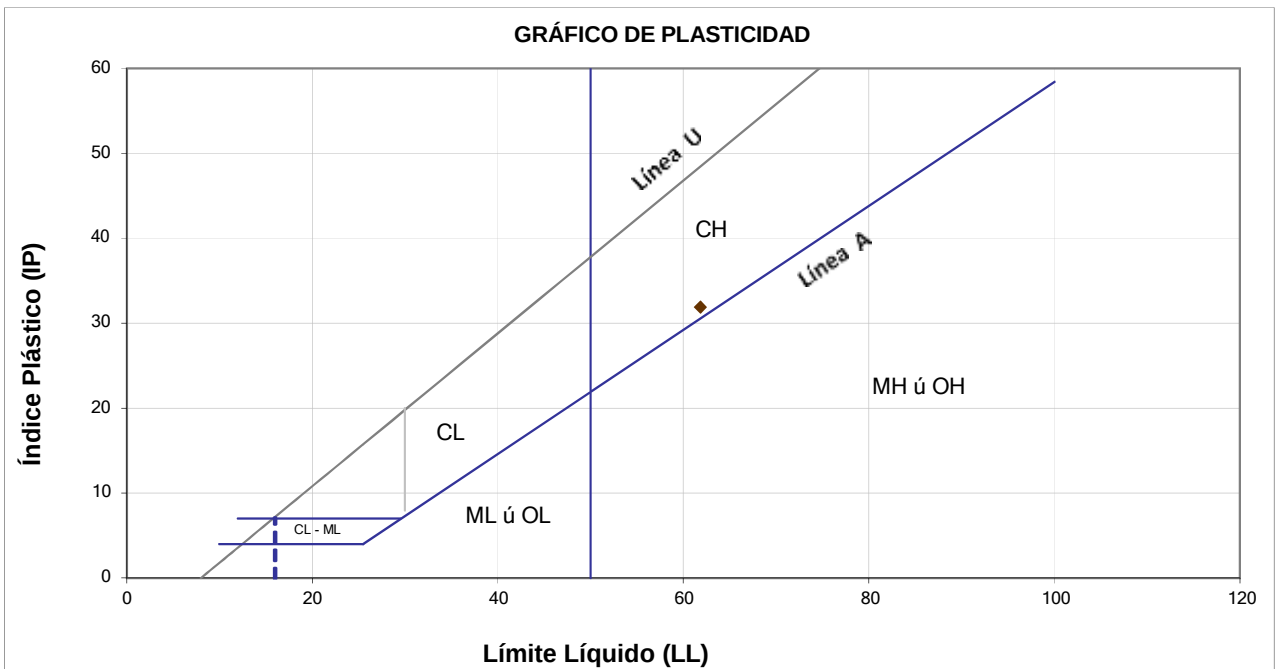
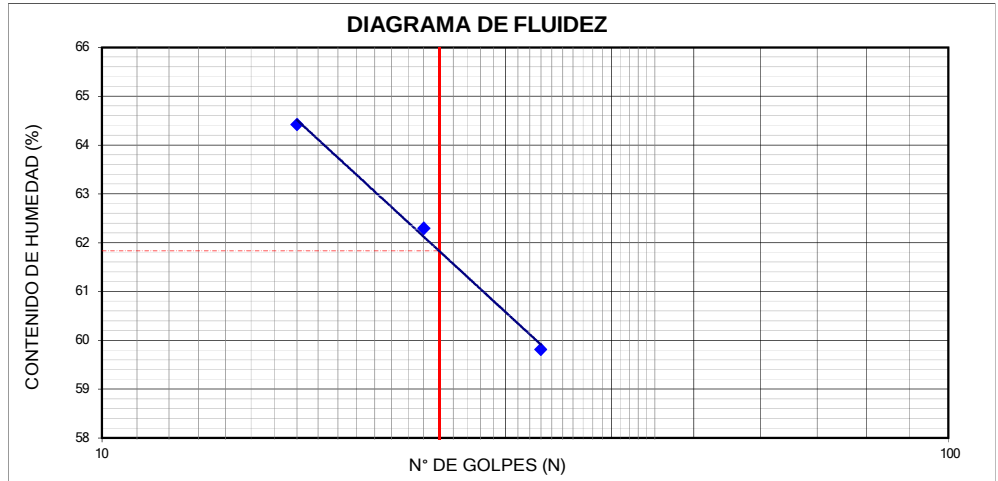
Ubicación:

Límites de Atterberg

LL (%): 62

LP (%): 30

IP (%): 32



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
POR TAMIZADO E HIDRÓMETRO
ASTM - D422

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Ciente

Nº de muestra / Prof. (m): TP19-01 / M-1 / 0.80

Nº Informe Lab :

Descripción / Zona: Núcleo / Presa Principal

Nº de Proyecto:

Solicitado por:

Fecha: 8-Abr-19

Ubicación:

Sin Hexametafosfato de Sodio

Partículas >3" (%):

Grava (%) :

9.8

Arena (%) :

38.9

Limos y Arcillas (%) :

51.3

Límites de Atterberg:

LL (%) :

62

LP (%) :

30

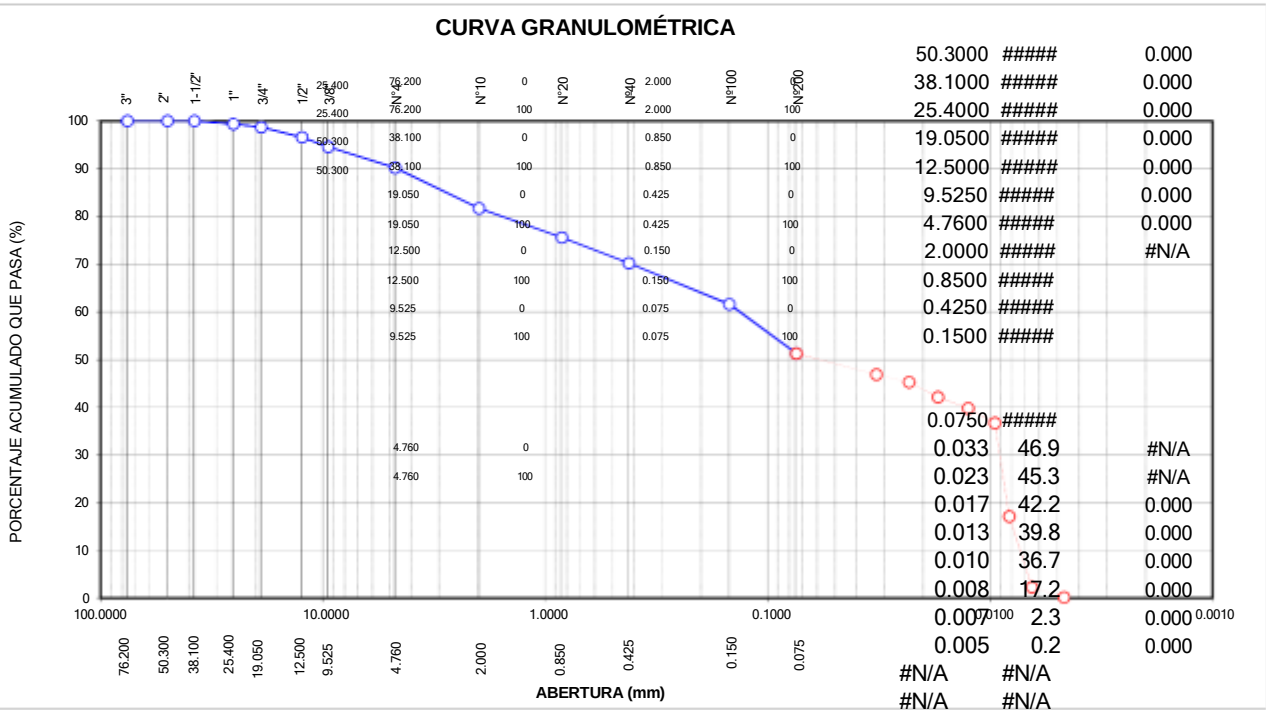
IP (%) :

32

Clasificación SUCS : CH

Arcilla alta plasticidad arenosa

Análisis por Tamizado			Análisis por Hidrómetro		
Tamiz	Abertura(mm)	% Acumulado que pasa	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa	Material
3"	76.200	100.0	0.0327	46.9	Limos
2"	50.300	100.0	0.0233	45.3	Limos
1 1/2"	38.100	100.0	0.0173	42.2	Limos
1"	25.400	99.4	0.0127	39.8	Limos
3/4"	19.050	98.7	0.0096	36.7	Limos
1/2"	12.500	96.6	0.0083	17.2	Limos
3/8"	9.525	94.6	0.0065	2.3	Limos
Nº4	4.760	90.2	0.0047	0.2	Arcillas
Nº10	2.000	81.7			
Nº20	0.850	75.6			
Nº40	0.425	70.2			
Nº100	0.150	61.6			
Nº200	0.075	51.3			



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM - D6913

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-1 / 0.50-0.70**

Nº Informe Lab :

Descripción / Zona: **Filtro / Presa Principal**

Nº de Proyecto:

Solicitado por:

Fecha: **2-Abr-19**

Ubicación:

Partículas >3" (%) :

D10 :

Grava (%) :

58.9

D30:

1.68

Arena (%) :

26.7

D60:

14.33

Limos y Arcillas (%) :

14.4

Cu:

Cc:

Límites de Atterberg:

LL (%) : NP

LP (%) : NP

IP (%) : NP

Humedad (%) :

8.9

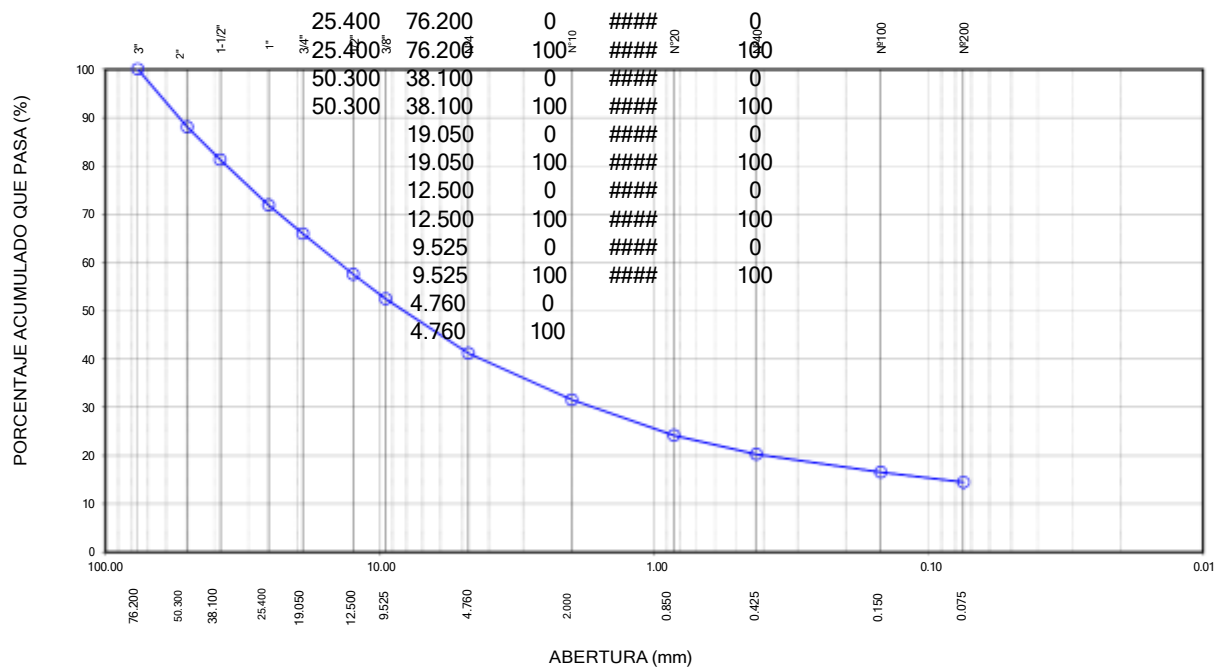
Clasificación SUCS :

GM

Grava limosa con arena

Tamiz	Abertura (mm)	% acumulada que pasa
3"	76.200	100.0
2"	50.300	88.0
1 1/2"	38.100	81.2
1"	25.400	71.8
3/4"	19.050	65.9
1/2"	12.500	57.5
3/8"	9.525	52.4
Nº4	4.760	41.1
Nº10	2.000	31.5
Nº20	0.850	24.1
Nº40	0.425	20.2
Nº100	0.150	16.5
Nº200	0.075	14.4

CURVA GRANULOMÉTRICA



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS

ASTM C-127 & D-854

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-02 / M-2 / 0.50-0.70** aterial de

Nº Informe Lab :

Descripción / Zona: **Filtro / Presa Principal**

Nº de Proyecto:

Solicitado por:

Fecha: **2-Abr-19**

Ubicación:

MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA Nº 4

% Retenido en la Malla Nº 4	P ₁	58.9	
Nº de Prueba		1	2
1) Peso de grava en agua S.S.S. en aire (gr)		1571.7	1764.0
2) Peso de grava en agua S.S.S. en agua (gr)		946.3	1065.1
3) Peso de grava seca (gr)		1516.8	1710.9
4) Gravedad Específica de Solidos Aparente	(3) / [(3)-(2)] G _{S1}	2.66	2.65
5) Gravedad Específica de Solidos Seca	(3) / [(1)-(2)]	2.43	2.45
6) Gravedad Específica de Solidos S.S.S.	(1) / [(1)-(2)]	2.51	2.52
7) Absorción (%)	[(1)-(3)] / (3) * 100	3.62	3.10
		Promedio	
		2.65	2.44
		2.52	3.36

MATERIAL PASA LA MALLA Nº 4

% Pasa la Malla Nº 4	P ₂	41.1	
1) Nº de Fiola			
2) Peso de Fiola (gr)		161.7	135.1
3) Peso de Muestra Seca (gr)		100.0	100.0
4) Peso de Muestra Seca + Fiola (gr)		261.7	235.1
5) Peso de Muestra Seca + Fiola + Agua (gr)		723.3	696.6
6) Peso de Fiola + Peso de agua		660.4	633.5
7) Gravedad Específica de Sólidos	(3)/[(3)+(6)-(5)] G _{S2}	2.70	2.71
8) Temperatura (°C)		23	23
9) Corrección por Temperatura (K)		0.9993	0.9993
10) Gravedad Específica de Sólidos Corregido	(7)*(9) G _{S2} (20°C)	2.70	

$$G_{S_{prom}} = \frac{1}{\frac{P_1}{100 \times G_{S1}} + \frac{P_2}{100 \times G_{S2} (20^\circ C)}}$$

$$G_{S_{prom}} = 2.67$$

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.

El $G_{S_{prom}}$ reportado está dado en función al Peso Especifico de Solidos Aparente.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
POR TAMIZADO E HIDRÓMETRO
ASTM - D422

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Ciente

Nº de muestra / Prof. (m): TP19-02 / M-2 / 0.50-0.70

Nº Informe Lab :

Descripción / Zona: Material de Filtro / Presa Principal

Nº de Proyecto:

Solicitado por:

Fecha: 8-Abr-19

Ubicación:

Sin Hexametafosfato de Sodio

Partículas >3" (%): --

Grava (%) : 58.9

Arena (%) : 26.0

Limos y Arcillas (%): 15.1

Límites de Atterberg:

LL (%) : NP

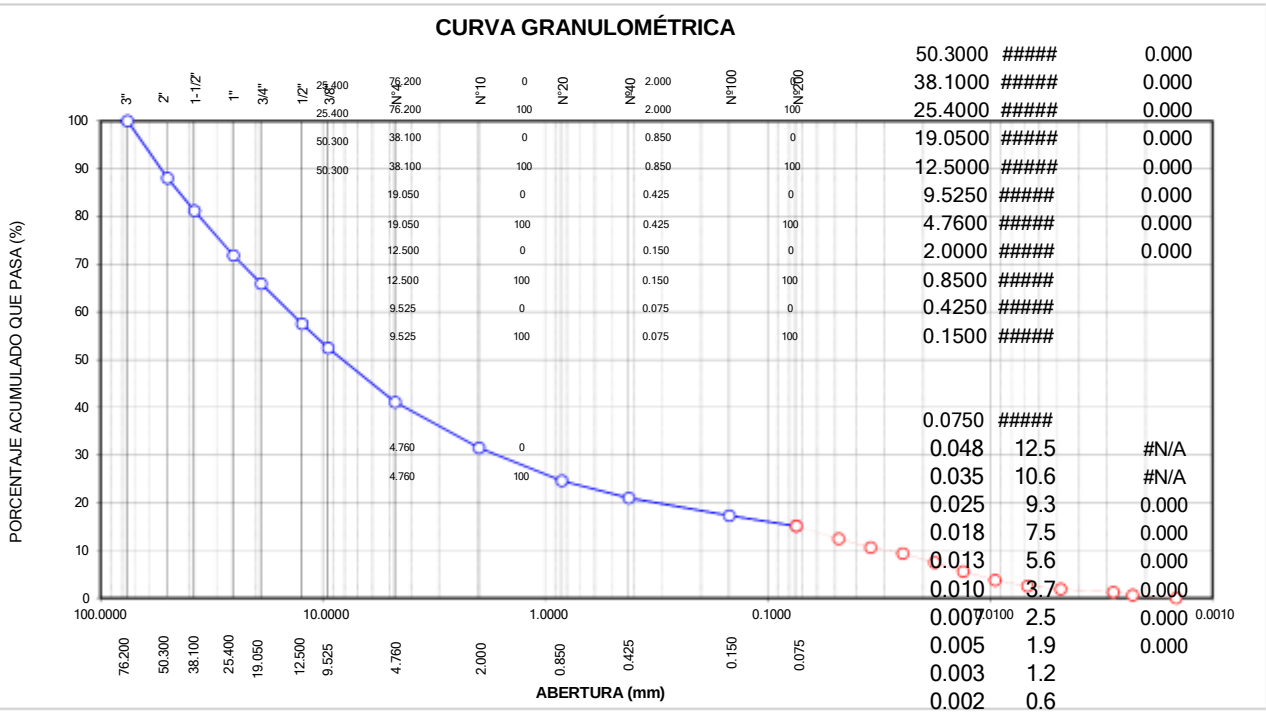
LP (%) : NP

IP (%) : NP

Clasificación SUCS : GM

Grava limosa con arena

Análisis por Tamizado			Análisis por Hidrómetro		
Tamiz	Abertura(mm)	% Acumulado que pasa	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa	Material
3"	76.200	100.0	0.0483	12.5	Limos
2"	50.300	88.0	0.0347	10.6	Limos
1 1/2"	38.100	81.2	0.0249	9.3	Limos
1"	25.400	71.8	0.0179	7.5	Limos
3/4"	19.050	65.9	0.0133	5.6	Limos
1/2"	12.500	57.5	0.0096	3.7	Limos
3/8"	9.525	52.4	0.0068	2.5	Limos
Nº4	4.760	41.1	0.0049	1.9	Arcillas
Nº10	2.000	31.5	0.0028	1.2	Arcillas
Nº20	0.850	24.6	0.0023	0.6	Arcillas
Nº40	0.425	21.0	0.0015	0.0	Arcillas
Nº100	0.150	17.3			
Nº200	0.075	15.1			



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.

CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA

PARED RÍGIDA

ASTM D- 2434, Modificado

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-02 / M-2 / 0.50-0.70**

Nº Informe Lab :

Descripción / Zona: **Material de Filtro / Presa Principal**

Nº de Proyecto:

Solicitado por:

8-Abr-19

Ubicación:

Estado de la muestra: Remoldeada con Densidad seca= 1,63 gr/cm³ y %w= 8,9 %

Clasificación SUCS: **GM**

(*) El promedio corresponde a 10 lecturas pero solo se reportan 4 de éstas.

Datos del Ensayo

Diámetro (cm)	29.90	Densidad inicial seca(gr/cm³)	1.64	Densidad final seca(gr/cm³)	1.87
Altura (cm)	30.74	Humedad Inicial (%)	8.9	Humedad final (%)	16.6
Gravedad de Sólidos	2.67	Saturación inicial (%)	37.9	Saturación final (%)	99

Medición del Coeficiente de Permeabilidad

Carga

Gradiente hidráulico promedio				0.016	—				
H1 (cm)	H2 (cm)	Dh (cm)	Tiempo (s)	Volumen (cm³)	Caudal (cm³/s)	K T (cm/s)	Temp. (°C)	K T20°C (cm/s)	
22.1	21.6	0.5	60.06	816.0	13.59	1.2E+00	24.0	1.1E+00	
22.1	21.6	0.5	60.13	818.0	13.60	1.2E+00	24.0	1.1E+00	
22.1	21.6	0.5	60.88	829.0	13.62	1.2E+00	24.0	1.1E+00	
22.1	21.6	0.5	60.00	817.0	13.62	1.2E+00	24.0	1.1E+00	

Promedio (cm/s) : 1.1E+00 (*)

Medición del Coeficiente de Permeabilidad

Carga

Gradiente hidráulico promedio				0.133	130 kPa				
H1 (cm)	H2 (cm)	Dh (cm)	Tiempo (s)	Volumen (cm³)	Caudal (cm³/s)	K T (cm/s)	Temp. (°C)	K T20°C (cm/s)	
25.2	21.5	3.7	60.52	821.0	13.57	1.5 E-01	25.0	1.3E-01	
25.2	21.5	3.7	60.52	904.0	14.94	1.6 E-01	25.0	1.5E-01	
25.2	21.5	3.7	59.32	804.0	13.55	1.5E-01	25.0	1.3E-01	
25.2	21.5	3.7	60.75	823.0	13.55	1.4E-01	25.0	1.3E-01	

Promedio (cm/s) : 1.3E-01 (*)

Medición del Coeficiente de Permeabilidad

Carga

Gradiente hidráulico promedio				0.200	400 kPa				
H1 (cm)	H2 (cm)	Dh (cm)	Tiempo (s)	Volumen (cm³)	Caudal (cm³/s)	K T (cm/s)	Temp. (°C)	K T20°C (cm/s)	
26.9	21.5	5.4	60.52	591.0	9.77	6.9E-02	25.5	6.3E-02	
26.9	21.5	5.4	60.01	589.0	9.82	7.0E-02	25.5	6.3E-02	
26.9	21.5	5.4	60.32	590.0	9.78	7.0E-02	25.5	6.3E-02	
26.9	21.5	5.4	61.01	596.0	9.77	6.9E-02	25.5	6.3E-02	

Promedio (cm/s) : 6.3E-02 (*)

Notas:

Ensayo de carga constante.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.

CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA

PARED RÍGIDA

ASTM D- 2434, Modificado

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Ciente

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-02 / M-2 / 0.50-0.70**

Nº Informe Lab :

Descripción / Zona: **Material de Filtro / Presa Principal**

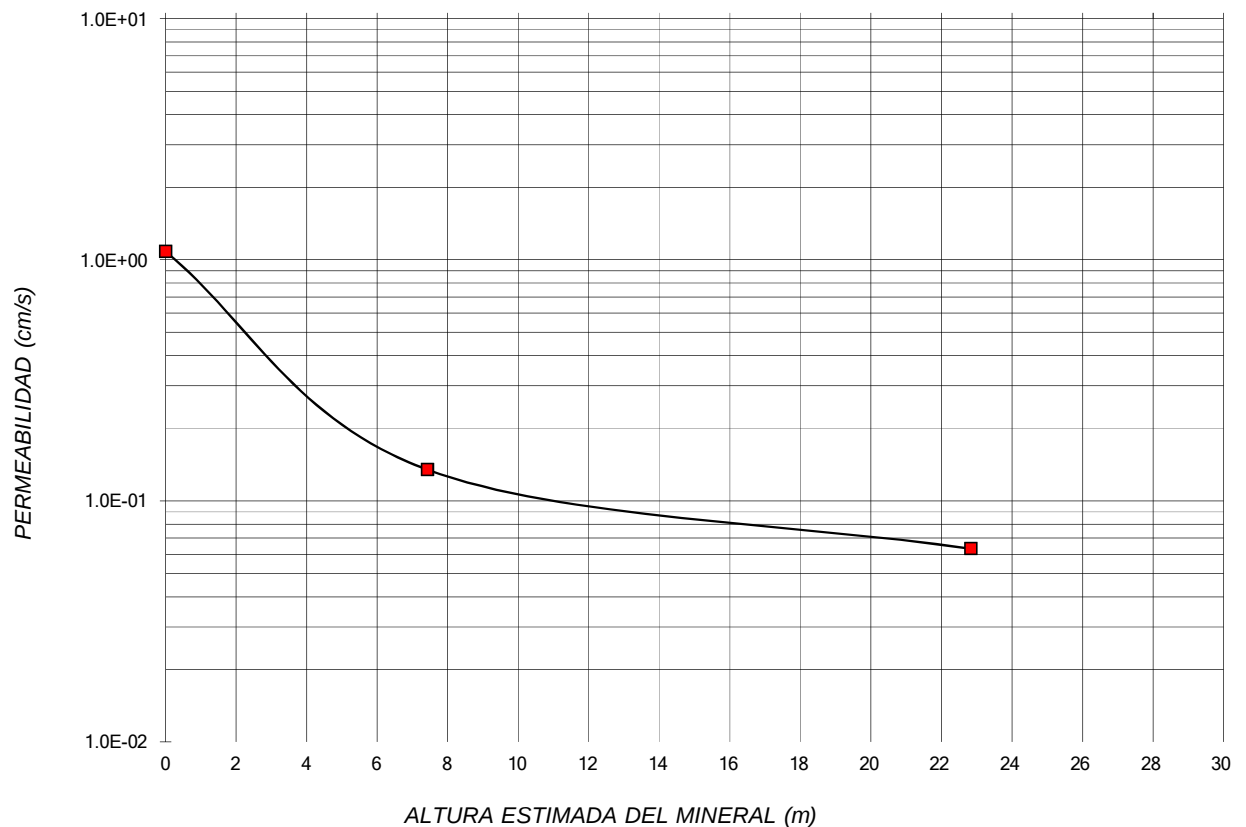
Nº de Proyecto:

Solicitado por:

Fecha: **8-Abr-19**

Ubicación:

Nº ENSAYO	CONTENIDO DE AGUA %	DENSIDAD SECA (g/cm³)	ALTURA ESTIMADA DEL MINERAL (m)	ESFUERZO NORMAL (kPa)	CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA (cm/s)
Inicial	8.9	-	-	-	-
1		1.64	0	0.0	1.1E+00
2		1.81	7	130.0	1.3E-01
3		1.87	23	400.0	6.3E-02
Final	16.6	1.87			



NOTAS: Uso permeámetro de 12" de pared rígida.

Ensayo a carga constante.

Altura, basada en la densidad húmeda inicial promedio .

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 1 - 1.1 Superior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,35 t/m³ y %w= 32,0 %			
Tara Nº	4		Humedad del Suelo			
Diámetro	5,00	cm	Tara Nº	Z-3		
Altura	2,03	cm	Tara+suelo húmedo (g)	52,5		
Volumen	39,86	cm³	Tara+suelo seco (g)	47,5		
Peso anillo + suelo húmedo	94,3	g	Tara (g)	31,8		
Peso anillo	23,32	g	Suelo seco (g)	15,7		
Peso suelo húmedo	70,98	g	Peso agua (g)	5		
Densidad húmeda	1,78	g/cm³	Humedad gravimétrica	31,85		
Densidad seca	1,35	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	31,847		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	43,014		
			Relación de vacíos	0,969		
			Porosidad (%)	49,22		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,1253 0,1927

Humedad Papel Filtro (%) **65,05**

Succión Mátrica (kPa) = **35,74**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.

El material ensayado es pasante a la malla Nº 4.

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 1 - 1.1 Inferior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,35 t/m³ y %w= 32,0 %			
Tara N° 4			Humedad del Suelo			
Diámetro	5,00	cm	Tara N°	Z-3		
Altura	2,03	cm	Tara+suelo húmedo (g)	52,5		
Volumen	39,86	cm³	Tara+suelo seco (g)	47,5		
Peso anillo + suelo húmedo	94,3	g	Tara (g)	31,8		
Peso anillo	23,32	g	Suelo seco (g)	15,7		
Peso suelo húmedo	70,98	g	Peso agua (g)	5		
Densidad húmeda	1,78	g/cm³	Humedad gravimétrica	31,85		
Densidad seca	1,35	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	31,847		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	43,014		
			Relación de vacíos	0,969		
			Porosidad (%)	49,22		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,1291 0,1842

Humedad Papel Filtro (%) **70,09**

Succión Mátrica (kPa) = **29,70**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.

El material ensayado es pasante a la malla Nº 4.

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 1 - 1.2 Superior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,35 t/m³ y %w= 32,0 %			
Tara Nº	5		Humedad del Suelo			
Diámetro	5,01	cm	Tara Nº	Z-3		
Altura	2,08	cm	Tara+suelo húmedo (g)	52,5		
Volumen	41,00	cm³	Tara+suelo seco (g)	47,50		
Peso anillo + suelo húmedo	105,1	g	Tara (g)	31,8		
Peso anillo	32,49	g	Suelo seco (g)	15,7		
Peso suelo húmedo	72,61	g	Peso agua (g)	5		
Densidad húmeda	1,77	g/cm³	Humedad gravimétrica	31,85		
Densidad seca	1,34	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	31,847		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	42,773		
			Relación de vacíos	0,981		
			Porosidad (%)	49,51		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,1196 0,1902

Humedad Papel Filtro (%) **62,91**

Succión Mátrica (kPa) = **38,84**

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 1 - 1.2 Inferior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,35 t/m³ y %w= 32,0 %			
Tara Nº 5			Humedad del Suelo			
Diámetro	5,01	cm	Tara Nº	Z-3		
Altura	2,08	cm	Tara+suelo húmedo (g)	52,5		
Volumen	41,00	cm³	Tara+suelo seco (g)	47,50		
Peso anillo + suelo húmedo	105,1	g	Tara (g)	31,8		
Peso anillo	32,49	g	Suelo seco (g)	15,7		
Peso suelo húmedo	72,61	g	Peso agua (g)	5		
Densidad húmeda	1,77	g/cm³	Humedad gravimétrica	31,85		
Densidad seca	1,34	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	31,847		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	42,773		
			Relación de vacíos	0,981		
			Porosidad (%)	49,51		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,1259 0,1939

Humedad Papel Filtro (%) **64,92**

Succión Mátrica (kPa) = **35,92**

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 1 - 1.3 Superior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,35 t/m³ y %w= 32,0 %			
Tara Nº	6		Humedad del Suelo			
Diámetro	5,02	cm	Tara Nº	Z-3		
Altura	2,04	cm	Tara+suelo húmedo (g)	52,5		
Volumen	40,38	cm³	Tara+suelo seco (g)	47,50		
Peso anillo + suelo húmedo	96,1	g	Tara (g)	31,8		
Peso anillo	24,05	g	Suelo seco (g)	15,7		
Peso suelo húmedo	72,05	g	Peso agua (g)	5		
Densidad húmeda	1,78	g/cm³	Humedad gravimétrica	31,85		
Densidad seca	1,35	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	31,847		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	43,103		
			Relación de vacíos	0,965		
			Porosidad (%)	49,12		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,1420 0,1995

Humedad Papel Filtro (%) **71,16**

Succión Mátrica (kPa) = **28,61**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.
El material ensayado es pasante a la malla Nº 4.

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 1 - 1.3 Inferior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,35 t/m³ y %w= 32,0 %			
Tara N°	6		Humedad del Suelo			
Diámetro	5,02	cm	Tara N°	Z-3		
Altura	2,04	cm	Tara+suelo húmedo (g)	52,5		
Volumen	40,38	cm³	Tara+suelo seco (g)	47,50		
Peso anillo + suelo húmedo	96,1	g	Tara (g)	31,8		
Peso anillo	24,05	g	Suelo seco (g)	15,7		
Peso suelo húmedo	72,05	g	Peso agua (g)	5		
Densidad húmeda	1,78	g/cm³	Humedad gravimétrica	31,85		
Densidad seca	1,35	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	31,847		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	43,103		
			Relación de vacíos	0,965		
			Porosidad (%)	49,12		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,1372 0,1862

Humedad Papel Filtro (%) **73,69**

Succión Mátrica (kPa) = **26,23**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.
El material ensayado es pasante a la malla Nº 4.

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 1 - 2.1 Superior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,35 t/m³ y %w= 25,8 %			
Tara Nº 13			Humedad del Suelo			
Diámetro	5,01	cm	Tara Nº	05		
Altura	2,03	cm	Tara+suelo húmedo (g)	55,9		
Volumen	40,02	cm³	Tara+suelo seco (g)	49,30		
Peso anillo + suelo húmedo	96,4	g	Tara (g)	23,7		
Peso anillo	27,31	g	Suelo seco (g)	25,6		
Peso suelo húmedo	69,09	g	Peso agua (g)	6,6		
Densidad húmeda	1,73	g/cm³	Humedad gravimétrica	25,78		
Densidad seca	1,37	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	25,781		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	35,387		
			Relación de vacíos	0,938		
			Porosidad (%)	48,40		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0799 0,1937

Humedad Papel Filtro (%) **41,28**

Succión Mátrica (kPa) = **187,33**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.

El material ensayado es pasante a la malla Nº 4.

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 1 - 2.1 Inferior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,35 t/m³ y %w= 25,8 %			
Tara Nº 13			Humedad del Suelo			
Diámetro	5,01	cm	Tara Nº	05		
Altura	2,03	cm	Tara+suelo húmedo (g)	55,9		
Volumen	40,02	cm³	Tara+suelo seco (g)	49,30		
Peso anillo + suelo húmedo	96,4	g	Tara (g)	23,7		
Peso anillo	27,31	g	Suelo seco (g)	25,6		
Peso suelo húmedo	69,09	g	Peso agua (g)	6,6		
Densidad húmeda	1,73	g/cm³	Humedad gravimétrica	25,78		
Densidad seca	1,37	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	25,781		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	35,387		
			Relación de vacios	0,938		
			Porosidad (%)	48,40		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0749 0,1854

Humedad Papel Filtro (%) **40,38**

Succión Mátrica (kPa) = **213,00**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.
El material ensayado es pasante a la malla Nº 4.

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 1 - 2.2 Superior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,35 t/m³ y %w= 25,8 %			
Tara N°	14		Humedad del Suelo			
Diámetro	5,01	cm	Tara N°	05		
Altura	2,02	cm	Tara+suelo húmedo (g)	55,9		
Volumen	39,82	cm³	Tara+suelo seco (g)	49,30		
Peso anillo + suelo húmedo	90,7	g	Tara (g)	23,7		
Peso anillo	23,35	g	Suelo seco (g)	25,6		
Peso suelo húmedo	67,35	g	Peso agua (g)	6,6		
Densidad húmeda	1,69	g/cm³	Humedad gravimétrica	25,78		
Densidad seca	1,34	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	25,781		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	34,666		
			Relación de vacios	0,978		
			Porosidad (%)	49,45		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0737 0,1939

Humedad Papel Filtro (%) **38,03**

Succión Mátrica (kPa) = **298,40**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.
El material ensayado es pasante a la malla N° 4.

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 1 - 2.2 Inferior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,35 t/m³ y %w= 25,8 %			
Tara Nº	14		Humedad del Suelo			
Diámetro	5,01	cm	Tara Nº	05		
Altura	2,02	cm	Tara+suelo húmedo (g)	55,9		
Volumen	39,82	cm³	Tara+suelo seco (g)	49,30		
Peso anillo + suelo húmedo	90,7	g	Tara (g)	23,7		
Peso anillo	23,35	g	Suelo seco (g)	25,6		
Peso suelo húmedo	67,35	g	Peso agua (g)	6,6		
Densidad húmeda	1,69	g/cm³	Humedad gravimétrica	25,78		
Densidad seca	1,34	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	25,781		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	34,666		
			Relación de vacios	0,978		
			Porosidad (%)	49,45		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0664 0,1944

Humedad Papel Filtro (%) **34,16**

Succión Mátrica (kPa) = **519,31**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.
El material ensayado es pasante a la malla Nº 4.

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 1 - 2.3 Superior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,35 t/m³ y %w= 25,8 %			
Tara Nº	15		Humedad del Suelo			
Diámetro	5,00	cm	Tara Nº	05		
Altura	2,03	cm	Tara+suelo húmedo (g)	55,9		
Volumen	39,86	cm³	Tara+suelo seco (g)	49,30		
Peso anillo + suelo húmedo	96,7	g	Tara (g)	23,7		
Peso anillo	29,02	g	Suelo seco (g)	25,6		
Peso suelo húmedo	67,68	g	Peso agua (g)	6,6		
Densidad húmeda	1,70	g/cm³	Humedad gravimétrica	25,78		
Densidad seca	1,35	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	25,781		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	34,803		
			Relación de vacíos	0,970		
			Porosidad (%)	49,25		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0693 0,1870

Humedad Papel Filtro (%) **37,05**

Succión Mátrica (kPa) = **343,11**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.
El material ensayado es pasante a la malla Nº 4.

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 1 - 2.3 Inferior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,35 t/m³ y %w= 25,8 %			
Tara Nº	15		Humedad del Suelo			
Diámetro	5,00	cm	Tara Nº	05		
Altura	2,03	cm	Tara+suelo húmedo (g)	55,9		
Volumen	39,86	cm³	Tara+suelo seco (g)	49,30		
Peso anillo + suelo húmedo	96,7	g	Tara (g)	23,7		
Peso anillo	29,02	g	Suelo seco (g)	25,6		
Peso suelo húmedo	67,68	g	Peso agua (g)	6,6		
Densidad húmeda	1,70	g/cm³	Humedad gravimétrica	25,78		
Densidad seca	1,35	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	25,781		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	34,803		
			Relación de vacíos	0,970		
			Porosidad (%)	49,25		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0663 0,1853

Humedad Papel Filtro (%) **35,79**

Succión Mátrica (kPa) = **411,26**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.
El material ensayado es pasante a la malla Nº 4.

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 1 - 3.1 Superior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,35 t/m³ y %w= 19,5 %			
Tara Nº	7		Humedad del Suelo			
Diámetro	5,02	cm	Tara Nº	V-15		
Altura	2,03	cm	Tara+suelo húmedo (g)	47,8		
Volumen	40,18	cm³	Tara+suelo seco (g)	43,90		
Peso anillo + suelo húmedo	91,8	g	Tara (g)	24		
Peso anillo	26,93	g	Suelo seco (g)	19,9		
Peso suelo húmedo	64,87	g	Peso agua (g)	3,9		
Densidad húmeda	1,61	g/cm³	Humedad gravimétrica	19,60		
Densidad seca	1,35	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	19,598		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	26,457		
			Relación de vacios	0,970		
			Porosidad (%)	49,25		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0529 0,1948

Humedad Papel Filtro (%) **27,17**

Succión Mátrica (kPa) = **1412,85**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.
El material ensayado es pasante a la malla Nº 4.

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 1 - 3.1 Inferior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,35 t/m³ y %w= 19,5 %			
Tara N°	7		Humedad del Suelo			
Diámetro	5,02	cm	Tara N°	V-15		
Altura	2,03	cm	Tara+suelo húmedo (g)	47,8		
Volumen	40,18	cm³	Tara+suelo seco (g)	43,90		
Peso anillo + suelo húmedo	91,8	g	Tara (g)	24		
Peso anillo	26,93	g	Suelo seco (g)	19,9		
Peso suelo húmedo	64,87	g	Peso agua (g)	3,9		
Densidad húmeda	1,61	g/cm³	Humedad gravimétrica	19,60		
Densidad seca	1,35	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	19,598		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	26,457		
			Relación de vacios	0,970		
			Porosidad (%)	49,25		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0502 0,1924

Humedad Papel Filtro (%) **26,09**

Succión Mátrica (kPa) = **1648,40**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.
El material ensayado es pasante a la malla N° 4.

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 1 - 3.2 Superior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,35 t/m³ y %w= 19,5 %			
Tara Nº 8			Humedad del Suelo			
Diámetro	5,02	cm	Tara Nº	V-15		
Altura	2,03	cm	Tara+suelo húmedo (g)	47,8		
Volumen	40,18	cm³	Tara+suelo seco (g)	43,90		
Peso anillo + suelo húmedo	93,9	g	Tara (g)	24		
Peso anillo	28,96	g	Suelo seco (g)	19,9		
Peso suelo húmedo	64,94	g	Peso agua (g)	3,9		
Densidad húmeda	1,62	g/cm³	Humedad gravimétrica	19,60		
Densidad seca	1,35	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	19,598		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	26,485		
			Relación de vacíos	0,968		
			Porosidad (%)	49,19		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0568 0,1953

Humedad Papel Filtro (%) **29,08**

Succión Mátrica (kPa) = **1075,15**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.

El material ensayado es pasante a la malla Nº 4.

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 1 - 3.2 Inferior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,35 t/m³ y %w= 19,5 %			
Tara Nº 8			Humedad del Suelo			
Diámetro	5,02	cm	Tara Nº	V-15		
Altura	2,03	cm	Tara+suelo húmedo (g)	47,8		
Volumen	40,18	cm³	Tara+suelo seco (g)	43,90		
Peso anillo + suelo húmedo	93,9	g	Tara (g)	24		
Peso anillo	28,96	g	Suelo seco (g)	19,9		
Peso suelo húmedo	64,94	g	Peso agua (g)	3,9		
Densidad húmeda	1,62	g/cm³	Humedad gravimétrica	19,60		
Densidad seca	1,35	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	19,598		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	26,485		
			Relación de vacíos	0,968		
			Porosidad (%)	49,19		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0379 0,1895

Humedad Papel Filtro (%) **20,02**

Succión Mátrica (kPa) = **3933,38**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.
El material ensayado es pasante a la malla Nº 4.

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 1 - 3.3 Superior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,35 t/m³ y %w= 19,5 %			
Tara Nº 9			Humedad del Suelo			
Diámetro	5,01	cm	Tara Nº	V-15		
Altura	2,05	cm	Tara+suelo húmedo (g)	47,8		
Volumen	40,41	cm³	Tara+suelo seco (g)	43,90		
Peso anillo + suelo húmedo	91,4	g	Tara (g)	24		
Peso anillo	26,53	g	Suelo seco (g)	19,9		
Peso suelo húmedo	64,87	g	Peso agua (g)	3,9		
Densidad húmeda	1,61	g/cm³	Humedad gravimétrica	19,60		
Densidad seca	1,34	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	19,598		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	26,303		
			Relación de vacíos	0,982		
			Porosidad (%)	49,54		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0526 0,2002

Humedad Papel Filtro (%) **26,27**

Succión Mátrica (kPa) = **1607,76**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.
El material ensayado es pasante a la malla Nº 4.

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 1 - 3.3 Inferior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,35 t/m³ y %w= 19,5 %			
Tara Nº 9			Humedad del Suelo			
Diámetro	5,01	cm	Tara Nº	V-15		
Altura	2,05	cm	Tara+suelo húmedo (g)	47,8		
Volumen	40,41	cm³	Tara+suelo seco (g)	43,90		
Peso anillo + suelo húmedo	91,4	g	Tara (g)	24		
Peso anillo	26,53	g	Suelo seco (g)	19,9		
Peso suelo húmedo	64,87	g	Peso agua (g)	3,9		
Densidad húmeda	1,61	g/cm³	Humedad gravimétrica	19,60		
Densidad seca	1,34	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	19,598		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	26,303		
			Relación de vacíos	0,982		
			Porosidad (%)	49,54		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0541 0,2019

Humedad Papel Filtro (%) **26,82**

Succión Mátrica (kPa) = **1485,05**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.
El material ensayado es pasante a la malla Nº 4.

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 1 - 4.1 Superior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,35 t/m³ y %w= 13,3 %			
Tara Nº 10			Humedad del Suelo			
Diámetro	5,02	cm	Tara Nº	W-5		
Altura	2,02	cm	Tara+suelo húmedo (g)	50,3		
Volumen	39,98	cm³	Tara+suelo seco (g)	47,00		
Peso anillo + suelo húmedo	85,0	g	Tara (g)	21,8		
Peso anillo	24,24	g	Suelo seco (g)	25,2		
Peso suelo húmedo	60,76	g	Peso agua (g)	3,3		
Densidad húmeda	1,52	g/cm³	Humedad gravimétrica	13,10		
Densidad seca	1,34	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	13,095		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	17,597		
			Relación de vacíos	0,980		
			Porosidad (%)	49,48		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0300 0,1914

Humedad Papel Filtro (%) **15,65**

Succión Mátrica (kPa) = **7352,52**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.
El material ensayado es pasante a la malla Nº 4.

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 1 - 4.1 Inferior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,35 t/m³ y %w= 13,3 %			
Tara Nº 10			Humedad del Suelo			
Diámetro	5,02	cm	Tara Nº	W-5		
Altura	2,02	cm	Tara+suelo húmedo (g)	50,3		
Volumen	39,98	cm³	Tara+suelo seco (g)	47,00		
Peso anillo + suelo húmedo	85,0	g	Tara (g)	21,8		
Peso anillo	24,24	g	Suelo seco (g)	25,2		
Peso suelo húmedo	60,76	g	Peso agua (g)	3,3		
Densidad húmeda	1,52	g/cm³	Humedad gravimétrica	13,10		
Densidad seca	1,34	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	13,095		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	17,597		
			Relación de vacíos	0,980		
			Porosidad (%)	49,48		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0334 0,1925

Humedad Papel Filtro (%) **17,36**

Succión Mátrica (kPa) = **5757,56**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.
El material ensayado es pasante a la malla Nº 4.

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 1 - 4.2 Superior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,35 t/m³ y %w= 13,3 %			
Tara Nº	11		Humedad del Suelo			
Diámetro	5,02	cm	Tara Nº	W-5		
Altura	2,00	cm	Tara+suelo húmedo (g)	50,3		
Volumen	39,58	cm³	Tara+suelo seco (g)	47,00		
Peso anillo + suelo húmedo	84,6	g	Tara (g)	21,8		
Peso anillo	23,84	g	Suelo seco (g)	25,2		
Peso suelo húmedo	60,76	g	Peso agua (g)	3,3		
Densidad húmeda	1,53	g/cm³	Humedad gravimétrica	13,10		
Densidad seca	1,36	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	13,095		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	17,773		
			Relación de vacios	0,960		
			Porosidad (%)	48,98		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0347 0,1913

Humedad Papel Filtro (%) **18,13**

Succión Mátrica (kPa) = **5153,75**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.
El material ensayado es pasante a la malla Nº 4.

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Ciente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 1 - 4.2 Inferior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,35 t/m³ y %w= 13,3 %			
Tara Nº 11			Humedad del Suelo			
Diámetro	5,02	cm	Tara Nº	W-5		
Altura	2,00	cm	Tara+suelo húmedo (g)	50,3		
Volumen	39,58	cm³	Tara+suelo seco (g)	47,00		
Peso anillo + suelo húmedo	84,6	g	Tara (g)	21,8		
Peso anillo	23,84	g	Suelo seco (g)	25,2		
Peso suelo húmedo	60,76	g	Peso agua (g)	3,3		
Densidad húmeda	1,53	g/cm³	Humedad gravimétrica	13,10		
Densidad seca	1,36	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	13,095		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	17,773		
			Relación de vacíos	0,960		
			Porosidad (%)	48,98		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0372 0,1990

Humedad Papel Filtro (%) **18,69**

Succión Mátrica (kPa) = **4761,28**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.
El material ensayado es pasante a la malla Nº 4.

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 1 - 4.3 Superior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,35 t/m³ y %w= 13,3 %			
Tara N°	12		Humedad del Suelo			
Diámetro	5,00	cm	Tara N°	W-5		
Altura	2,06	cm	Tara+suelo húmedo (g)	50,3		
Volumen	40,45	cm³	Tara+suelo seco (g)	47,00		
Peso anillo + suelo húmedo	95,3	g	Tara (g)	21,8		
Peso anillo	33,74	g	Suelo seco (g)	25,2		
Peso suelo húmedo	61,56	g	Peso agua (g)	3,3		
Densidad húmeda	1,52	g/cm³	Humedad gravimétrica	13,10		
Densidad seca	1,35	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	13,095		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	17,623		
			Relación de vacios	0,977		
			Porosidad (%)	49,41		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0339 0,1934

Humedad Papel Filtro (%) **17,55**

Succión Mátrica (kPa) = **5602,05**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.
El material ensayado es pasante a la malla N° 4.

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 1 - 4.3 Inferior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,35 t/m³ y %w= 13,3 %			
Tara Nº	12		Humedad del Suelo			
Diámetro	5,00	cm	Tara Nº	W-5		
Altura	2,06	cm	Tara+suelo húmedo (g)	50,3		
Volumen	40,45	cm³	Tara+suelo seco (g)	47,00		
Peso anillo + suelo húmedo	95,3	g	Tara (g)	21,8		
Peso anillo	33,74	g	Suelo seco (g)	25,2		
Peso suelo húmedo	61,56	g	Peso agua (g)	3,3		
Densidad húmeda	1,52	g/cm³	Humedad gravimétrica	13,10		
Densidad seca	1,35	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	13,095		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	17,623		
			Relación de vacios	0,977		
			Porosidad (%)	49,41		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0356 0,1898

Humedad Papel Filtro (%) **18,78**

Succión Mátrica (kPa) = **4700,78**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.
El material ensayado es pasante a la malla Nº 4.

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 1 - 5.1 Superior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,35 t/m³ y %w= 7 %			
Tara Nº	1		Humedad del Suelo			
Diámetro	5,02	cm	Tara Nº	Z-1		
Altura	2,00	cm	Tara+suelo húmedo (g)	55		
Volumen	39,58	cm³	Tara+suelo seco (g)	53,40		
Peso anillo + suelo húmedo	82,60	g	Tara (g)	31,4		
Peso anillo	27,34	g	Suelo seco (g)	22		
Peso suelo húmedo	55,26	g	Peso agua (g)	1,6		
Densidad húmeda	1,40	g/cm³	Humedad gravimétrica	7,27		
Densidad seca	1,30	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	7,273		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	9,464		
			Relación de vacíos	1,044		
			Porosidad (%)	51,08		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0159 0,2009

Humedad Papel Filtro (%) **7,92**

Succión Mátrica (kPa) = **22239,87**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.
El material ensayado es pasante a la malla Nº 4.

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 1 - 5.1 Inferior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,35 t/m³ y %w= 7 %			
Tara Nº	1		Humedad del Suelo			
Diámetro	5,02	cm	Tara Nº	Z-1		
Altura	2,00	cm	Tara+suelo húmedo (g)	55		
Volumen	39,58	cm³	Tara+suelo seco (g)	53,40		
Peso anillo + suelo húmedo	82,60	g	Tara (g)	31,4		
Peso anillo	27,34	g	Suelo seco (g)	22		
Peso suelo húmedo	55,26	g	Peso agua (g)	1,6		
Densidad húmeda	1,40	g/cm³	Humedad gravimétrica	7,27		
Densidad seca	1,30	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	7,273		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	9,464		
			Relación de vacíos	1,044		
			Porosidad (%)	51,08		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0158 0,1985

Humedad Papel Filtro (%) **7,96**

Succión Mátrica (kPa) = **22111,03**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.
El material ensayado es pasante a la malla Nº 4.

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Ciente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 1 - 5.2 Superior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,35 t/m³ y %w= 7 %			
Tara Nº	2		Humedad del Suelo			
Diámetro	5,01	cm	Tara Nº	Z-1		
Altura	2,01	cm	Tara+suelo húmedo (g)	55		
Volumen	39,62	cm³	Tara+suelo seco (g)	53,40		
Peso anillo + suelo húmedo	90,50	g	Tara (g)	31,4		
Peso anillo	33,59	g	Suelo seco (g)	22		
Peso suelo húmedo	56,91	g	Peso agua (g)	1,6		
Densidad húmeda	1,44	g/cm³	Humedad gravimétrica	7,27		
Densidad seca	1,34	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	7,273		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	9,737		
			Relación de vacios	0,987		
			Porosidad (%)	49,67		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0145 0,2017

Humedad Papel Filtro (%) **7,21**

Succión Mátrica (kPa) = **24643,60**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.
El material ensayado es pasante a la malla Nº 4.

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 1 - 5.2 Inferior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,35 t/m³ y %w= 7 %			
Tara Nº	2		Humedad del Suelo			
Diámetro	5,01	cm	Tara Nº	Z-1		
Altura	2,01	cm	Tara+suelo húmedo (g)	55		
Volumen	39,62	cm³	Tara+suelo seco (g)	53,40		
Peso anillo + suelo húmedo	90,50	g	Tara (g)	31,4		
Peso anillo	33,59	g	Suelo seco (g)	22		
Peso suelo húmedo	56,91	g	Peso agua (g)	1,6		
Densidad húmeda	1,44	g/cm³	Humedad gravimétrica	7,27		
Densidad seca	1,34	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	7,273		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	9,737		
			Relación de vacíos	0,987		
			Porosidad (%)	49,67		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0203 0,1860

Humedad Papel Filtro (%) **10,93**

Succión Mátrica (kPa) = **14453,08**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.
El material ensayado es pasante a la malla Nº 4.

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 1 - 5.3 Superior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,35 t/m³ y %w= 7 %			
Tara Nº 3			Humedad del Suelo			
Diámetro	5,02	cm	Tara Nº	Z-1		
Altura	2,04	cm	Tara+suelo húmedo (g)	55		
Volumen	40,38	cm³	Tara+suelo seco (g)	53,40		
Peso anillo + suelo húmedo	84,30	g	Tara (g)	31,4		
Peso anillo	25,89	g	Suelo seco (g)	22		
Peso suelo húmedo	58,41	g	Peso agua (g)	1,6		
Densidad húmeda	1,45	g/cm³	Humedad gravimétrica	7,27		
Densidad seca	1,35	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	7,273		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	9,808		
			Relación de vacíos	0,972		
			Porosidad (%)	49,30		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0198 0,1997

Humedad Papel Filtro (%) **9,93**

Succión Mátrica (kPa) = **16683,02**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.
El material ensayado es pasante a la malla Nº 4.

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 1 - 5.3 Inferior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,35 t/m³ y %w= 7 %			
Tara Nº 3			Humedad del Suelo			
Diámetro	5,02	cm	Tara Nº	Z-1		
Altura	2,04	cm	Tara+suelo húmedo (g)	55		
Volumen	40,38	cm³	Tara+suelo seco (g)	53,40		
Peso anillo + suelo húmedo	84,30	g	Tara (g)	31,4		
Peso anillo	25,89	g	Suelo seco (g)	22		
Peso suelo húmedo	58,41	g	Peso agua (g)	1,6		
Densidad húmeda	1,45	g/cm³	Humedad gravimétrica	7,27		
Densidad seca	1,35	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	7,273		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	9,808		
			Relación de vacios	0,972		
			Porosidad (%)	49,30		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0284 0,1891

Humedad Papel Filtro (%) **15,00**

Succión Mátrica (kPa) = **8071,52**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.
El material ensayado es pasante a la malla Nº 4.

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 2 - 1.1 Superior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,55 t/m³ y %w= 23,0 %		
Tara Nº	1		Humedad del Suelo		
Diámetro	5,02	cm	Tara Nº		
Altura	2,00	cm	Tara+suelo húmedo (g)	64,2	66,50
Volumen	39,58	cm³	Tara+suelo seco (g)	56,7	58,50
Peso anillo + suelo húmedo	102,8	g	Tara (g)	23,6	23,800
Peso anillo	27,34	g	Suelo seco (g)	33,1	34,7
Peso suelo húmedo	75,46	g	Peso agua (g)	7,5	8
Densidad húmeda	1,91	g/cm³	Humedad gravimétrica	22,66	23,05
Densidad seca	1,55	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	22,857	
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	35,465	
			Relación de vacios	0,714	
			Porosidad (%)	41,67	

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0638 0,1953

Humedad Papel Filtro (%) **32,69**

Succión Mátrica (kPa) = **641,11**

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 2 - 1.1 Inferior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,55 t/m³ y %w= 23,0 %			
Tara Nº 1			Humedad del Suelo			
Diámetro	5,02	cm	Tara Nº			
Altura	2,00	cm	Tara+suelo húmedo (g)	64,2	66,50	
Volumen	39,58	cm³	Tara+suelo seco (g)	56,7	58,50	
Peso anillo + suelo húmedo	102,8	g	Tara (g)	23,6	23,800	
Peso anillo	27,34	g	Suelo seco (g)	33,1	34,7	
Peso suelo húmedo	75,46	g	Peso agua (g)	7,5	8	
Densidad húmeda	1,91	g/cm³	Humedad gravimétrica	22,66	23,05	
Densidad seca	1,55	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	22,857		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	35,465		
			Relación de vacios	0,714		
			Porosidad (%)	41,67		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0598 0,1938

Humedad Papel Filtro (%) **30,88**

Succión Mátrica (kPa) = **829,77**

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 2 - 1.2 Superior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,55 t/m³ y %w= 23,0 %			
Tara Nº 2			Humedad del Suelo			
Diámetro	5,01	cm	Tara Nº			
Altura	2,01	cm	Tara+suelo húmedo (g)	64,2	66,50	
Volumen	39,62	cm³	Tara+suelo seco (g)	56,7	58,50	
Peso anillo + suelo húmedo	108,9	g	Tara (g)	23,6	23,800	
Peso anillo	33,59	g	Suelo seco (g)	33,1	34,7	
Peso suelo húmedo	75,31	g	Peso agua (g)	7,5	8	
Densidad húmeda	1,90	g/cm³	Humedad gravimétrica	22,66	23,05	
Densidad seca	1,55	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	22,857		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	35,359		
			Relación de vacíos	0,719		
			Porosidad (%)	41,84		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0623 0,1990

Humedad Papel Filtro (%) **31,29**

Succión Mátrica (kPa) = **782,84**

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 2 - 1.2 Inferior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,55 t/m³ y %w= 23,0 %			
Tara Nº 2			Humedad del Suelo			
Diámetro	5,01	cm	Tara Nº			
Altura	2,01	cm	Tara+suelo húmedo (g)	64,2	66,50	
Volumen	39,62	cm³	Tara+suelo seco (g)	56,7	58,50	
Peso anillo + suelo húmedo	108,9	g	Tara (g)	23,6	23,800	
Peso anillo	33,59	g	Suelo seco (g)	33,1	34,7	
Peso suelo húmedo	75,31	g	Peso agua (g)	7,5	8	
Densidad húmeda	1,90	g/cm³	Humedad gravimétrica	22,66	23,05	
Densidad seca	1,55	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	22,857		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	35,359		
			Relación de vacíos	0,719		
			Porosidad (%)	41,84		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0565 0,1946

Humedad Papel Filtro (%) **29,04**

Succión Mátrica (kPa) = **1080,64**

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 2 - 1.3 Superior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,55 t/m³ y %w= 23,0 %			
Tara Nº	3		Humedad del Suelo			
Diámetro	5,02	cm	Tara Nº			
Altura	2,04	cm	Tara+suelo húmedo (g)	64,2	66,50	
Volumen	40,38	cm³	Tara+suelo seco (g)	56,7	58,50	
Peso anillo + suelo húmedo	102,9	g	Tara (g)	23,6	23,800	
Peso anillo	25,89	g	Suelo seco (g)	33,1	34,7	
Peso suelo húmedo	77,01	g	Peso agua (g)	7,5	8	
Densidad húmeda	1,91	g/cm³	Humedad gravimétrica	22,66	23,05	
Densidad seca	1,55	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	22,857		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	35,484		
			Relación de vacíos	0,713		
			Porosidad (%)	41,64		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0660 0,1948

Humedad Papel Filtro (%) = **33,86**

Succión Mátrica (kPa) = **542,23**

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 2 - 1.3 Inferior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,55 t/m³ y %w= 23,0 %			
Tara Nº 3			Humedad del Suelo			
Diámetro	5,02	cm	Tara Nº			
Altura	2,04	cm	Tara+suelo húmedo (g)	64,2	66,50	
Volumen	40,38	cm³	Tara+suelo seco (g)	56,7	58,50	
Peso anillo + suelo húmedo	102,9	g	Tara (g)	23,6	23,800	
Peso anillo	25,89	g	Suelo seco (g)	33,1	34,7	
Peso suelo húmedo	77,01	g	Peso agua (g)	7,5	8	
Densidad húmeda	1,91	g/cm³	Humedad gravimétrica	22,66	23,05	
Densidad seca	1,55	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	22,857		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	35,484		
			Relación de vacíos	0,713		
			Porosidad (%)	41,64		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0656 0,1919

Humedad Papel Filtro (%) = **34,19**

Succión Mátrica (kPa) = **517,10**

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Ciente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 2 - 2.1 Superior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,55 t/m³ y %w= 18,5 %			
Tara Nº	4		Humedad del Suelo			
Diámetro	5,00	cm	Tara Nº			
Altura	2,03	cm	Tara+suelo húmedo (g)	69,4	64,00	
Volumen	39,86	cm³	Tara+suelo seco (g)	63,60	57,60	
Peso anillo + suelo húmedo	96,4	g	Tara (g)	31,8	23,700	
Peso anillo	23,32	g	Suelo seco (g)	31,8	33,9	
Peso suelo húmedo	73,08	g	Peso agua (g)	5,8	6,4	
Densidad húmeda	1,83	g/cm³	Humedad gravimétrica	18,24	18,88	
Densidad seca	1,55	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	18,559		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	28,701		
			Relación de vacios	0,720		
			Porosidad (%)	41,86		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0559 0,1980

Humedad Papel Filtro (%) **28,23**

Succión Mátrica (kPa) = **1214,08**

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 2 - 2.1 Inferior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,55 t/m³ y %w= 18,5 %		
Tara Nº	4		Humedad del Suelo		
Diámetro	5,00	cm	Tara Nº		
Altura	2,03	cm	Tara+suelo húmedo (g)	69,4	64,00
Volumen	39,86	cm³	Tara+suelo seco (g)	63,60	57,60
Peso anillo + suelo húmedo	96,4	g	Tara (g)	31,8	23,700
Peso anillo	23,32	g	Suelo seco (g)	31,8	33,9
Peso suelo húmedo	73,08	g	Peso agua (g)	5,8	6,4
Densidad húmeda	1,83	g/cm³	Humedad gravimétrica	18,24	18,88
Densidad seca	1,55	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	18,559	
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	28,701	
			Relación de vacíos	0,720	
			Porosidad (%)	41,86	

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0586 0,2053

Humedad Papel Filtro (%) **28,57**

Succión Mátrica (kPa) = **1156,44**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.
El material ensayado es pasante a la malla Nº 4.

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 2 - 2.2 Superior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,55 t/m³ y %w= 18,5 %			
Tara Nº	5		Humedad del Suelo			
Diámetro	5,01	cm	Tara Nº			
Altura	2,08	cm	Tara+suelo húmedo (g)	69,4	64,00	
Volumen	41,00	cm³	Tara+suelo seco (g)	63,60	57,60	
Peso anillo + suelo húmedo	107,7	g	Tara (g)	31,8	23,700	
Peso anillo	32,49	g	Suelo seco (g)	31,8	33,9	
Peso suelo húmedo	75,21	g	Peso agua (g)	5,8	6,4	
Densidad húmeda	1,83	g/cm³	Humedad gravimétrica	18,24	18,88	
Densidad seca	1,55	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	18,559		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	28,712		
			Relación de vacios	0,719		
			Porosidad (%)	41,84		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0604 0,2075

Humedad Papel Filtro (%) **29,10**

Succión Mátrica (kPa) = **1071,11**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.
El material ensayado es pasante a la malla Nº 4.

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 2 - 2.2 Inferior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,55 t/m³ y %w= 18,5 %			
Tara Nº	5		Humedad del Suelo			
Diámetro	5,01	cm	Tara Nº			
Altura	2,08	cm	Tara+suelo húmedo (g)	69,4	64,00	
Volumen	41,00	cm³	Tara+suelo seco (g)	63,60	57,60	
Peso anillo + suelo húmedo	107,7	g	Tara (g)	31,8	23,700	
Peso anillo	32,49	g	Suelo seco (g)	31,8	33,9	
Peso suelo húmedo	75,21	g	Peso agua (g)	5,8	6,4	
Densidad húmeda	1,83	g/cm³	Humedad gravimétrica	18,24	18,88	
Densidad seca	1,55	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	18,559		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	28,712		
			Relación de vacios	0,719		
			Porosidad (%)	41,84		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua / Peso papel

0,0605 0,2003

Humedad Papel Filtro (%) **30,19**

Succión Mátrica (kPa) = **916,40**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.
El material ensayado es pasante a la malla Nº 4.

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 2 - 2.3 Superior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,55 t/m³ y %w= 18,5 %			
Tara Nº	6		Humedad del Suelo			
Diámetro	5,02	cm	Tara Nº			
Altura	2,04	cm	Tara+suelo húmedo (g)	69,4	64,00	
Volumen	40,38	cm³	Tara+suelo seco (g)	63,60	57,60	
Peso anillo + suelo húmedo	98,10	g	Tara (g)	31,8	23,700	
Peso anillo	24,05	g	Suelo seco (g)	31,8	33,9	
Peso suelo húmedo	74,05	g	Peso agua (g)	5,8	6,4	
Densidad húmeda	1,83	g/cm³	Humedad gravimétrica	18,24	18,88	
Densidad seca	1,55	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	18,559		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	28,709		
			Relación de vacios	0,720		
			Porosidad (%)	41,85		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0607 0,1976

Humedad Papel Filtro (%) **30,71**

Succión Mátrica (kPa) = **850,97**

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 2 - 2.3 Inferior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,55 t/m³ y %w= 18,5 %			
Tara Nº	6		Humedad del Suelo			
Diámetro	5,02	cm	Tara Nº			
Altura	2,04	cm	Tara+suelo húmedo (g)	69,4	64,00	
Volumen	40,38	cm³	Tara+suelo seco (g)	63,60	57,60	
Peso anillo + suelo húmedo	98,10	g	Tara (g)	31,8	23,700	
Peso anillo	24,05	g	Suelo seco (g)	31,8	33,9	
Peso suelo húmedo	74,05	g	Peso agua (g)	5,8	6,4	
Densidad húmeda	1,83	g/cm³	Humedad gravimétrica	18,24	18,88	
Densidad seca	1,55	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	18,559		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	28,709		
			Relación de vacios	0,720		
			Porosidad (%)	41,85		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0538 0,1929

Humedad Papel Filtro (%) **27,91**

Succión Mátrica (kPa) = **1270,28**

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 2 - 3.1 Superior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,55 t/m³ y %w= 14 %			
Tara Nº 7			Humedad del Suelo			
Diámetro	5,02	cm	Tara Nº			
Altura	2,03	cm	Tara+suelo húmedo (g)	81,6	79,60	
Volumen	40,18	cm³	Tara+suelo seco (g)	75,40	72,90	
Peso anillo + suelo húmedo	97,8	g	Tara (g)	31,4	24,000	
Peso anillo	26,93	g	Suelo seco (g)	44	48,9	
Peso suelo húmedo	70,87	g	Peso agua (g)	6,2	6,7	
Densidad húmeda	1,76	g/cm³	Humedad gravimétrica	14,09	13,70	
Densidad seca	1,55	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	13,896		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	21,521		
			Relación de vacíos	0,718		
			Porosidad (%)	41,78		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0407 0,2061

Humedad Papel Filtro (%) **19,73**

Succión Mátrica (kPa) = **4098,50**

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Ciente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 2 - 3.1 Inferior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,55 t/m³ y %w= 14 %			
Tara Nº	7		Humedad del Suelo			
Diámetro	5,02	cm	Tara Nº			
Altura	2,03	cm	Tara+suelo húmedo (g)	81,6	79,60	
Volumen	40,18	cm³	Tara+suelo seco (g)	75,40	72,90	
Peso anillo + suelo húmedo	97,8	g	Tara (g)	31,4	24,000	
Peso anillo	26,93	g	Suelo seco (g)	44	48,9	
Peso suelo húmedo	70,87	g	Peso agua (g)	6,2	6,7	
Densidad húmeda	1,76	g/cm³	Humedad gravimétrica	14,09	13,70	
Densidad seca	1,55	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	13,896		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	21,521		
			Relación de vacíos	0,718		
			Porosidad (%)	41,78		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0478 0,2049

Humedad Papel Filtro (%) **23,34**

Succión Mátrica (kPa) = **2444,17**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.
El material ensayado es pasante a la malla Nº 4.

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Ciente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 2 - 3.2 Superior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,55 t/m³ y %w= 14 %			
Tara N°	8		Humedad del Suelo			
Diámetro	5,02	cm	Tara N°			
Altura	2,03	cm	Tara+suelo húmedo (g)	81,6	79,60	
Volumen	40,18	cm³	Tara+suelo seco (g)	75,40	72,90	
Peso anillo + suelo húmedo	99,8	g	Tara (g)	31,4	24,000	
Peso anillo	28,96	g	Suelo seco (g)	44	48,9	
Peso suelo húmedo	70,84	g	Peso agua (g)	6,2	6,7	
Densidad húmeda	1,76	g/cm³	Humedad gravimétrica	14,09	13,70	
Densidad seca	1,55	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	13,896		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	21,512		
			Relación de vacios	0,718		
			Porosidad (%)	41,80		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0445 0,1969

Humedad Papel Filtro (%) **22,59**

Succión Mátrica (kPa) = **2721,32**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.
El material ensayado es pasante a la malla N° 4.

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 2 - 3.2 Inferior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,55 t/m³ y %w= 14 %			
Tara N°	8		Humedad del Suelo			
Diámetro	5,02	cm	Tara N°			
Altura	2,03	cm	Tara+suelo húmedo (g)	81,6	79,60	
Volumen	40,18	cm³	Tara+suelo seco (g)	75,40	72,90	
Peso anillo + suelo húmedo	99,8	g	Tara (g)	31,4	24,000	
Peso anillo	28,96	g	Suelo seco (g)	44	48,9	
Peso suelo húmedo	70,84	g	Peso agua (g)	6,2	6,7	
Densidad húmeda	1,76	g/cm³	Humedad gravimétrica	14,09	13,70	
Densidad seca	1,55	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	13,896		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	21,512		
			Relación de vacios	0,718		
			Porosidad (%)	41,80		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0506 0,2016

Humedad Papel Filtro (%) **25,12**

Succión Mátrica (kPa) = **1895,55**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.
El material ensayado es pasante a la malla N° 4.

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Ciente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 2 - 3.3 Superior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,55 t/m³ y %w= 14 %			
Tara N°	9		Humedad del Suelo			
Diámetro	5,01	cm	Tara N°			
Altura	2,05	cm	Tara+suelo húmedo (g)	81,6	79,60	
Volumen	40,41	cm³	Tara+suelo seco (g)	75,40	72,90	
Peso anillo + suelo húmedo	97,8	g	Tara (g)	31,4	24,000	
Peso anillo	26,53	g	Suelo seco (g)	44	48,9	
Peso suelo húmedo	71,27	g	Peso agua (g)	6,2	6,7	
Densidad húmeda	1,76	g/cm³	Humedad gravimétrica	14,09	13,70	
Densidad seca	1,55	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	13,896		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	21,517		
			Relación de vacios	0,718		
			Porosidad (%)	41,79		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0515 0,2102

Humedad Papel Filtro (%) **24,52**

Succión Mátrica (kPa) = **2066,13**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.
El material ensayado es pasante a la malla Nº 4.

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 2 - 3.3 Inferior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,55 t/m³ y %w= 14 %			
Tara Nº	9		Humedad del Suelo			
Diámetro	5,01	cm	Tara Nº			
Altura	2,05	cm	Tara+suelo húmedo (g)	81,6	79,60	
Volumen	40,41	cm³	Tara+suelo seco (g)	75,40	72,90	
Peso anillo + suelo húmedo	97,8	g	Tara (g)	31,4	24,000	
Peso anillo	26,53	g	Suelo seco (g)	44	48,9	
Peso suelo húmedo	71,27	g	Peso agua (g)	6,2	6,7	
Densidad húmeda	1,76	g/cm³	Humedad gravimétrica	14,09	13,70	
Densidad seca	1,55	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	13,896		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	21,517		
			Relación de vacios	0,718		
			Porosidad (%)	41,79		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0481 0,2041

Humedad Papel Filtro (%) **23,57**

Succión Mátrica (kPa) = **2364,11**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.
El material ensayado es pasante a la malla Nº 4.

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 2 - 4.1 Superior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,55 t/m³ y %w= 9,5 %			
Tara Nº	10		Humedad del Suelo			
Diámetro	5,02	cm	Tara Nº			
Altura	2,02	cm	Tara+suelo húmedo (g)	82,7	76,80	
Volumen	39,98	cm³	Tara+suelo seco (g)	78,40	72,90	
Peso anillo + suelo húmedo	92,1	g	Tara (g)	32,5	30,600	
Peso anillo	24,24	g	Suelo seco (g)	45,9	42,3	
Peso suelo húmedo	67,86	g	Peso agua (g)	4,3	3,9	
Densidad húmeda	1,70	g/cm³	Humedad gravimétrica	9,37	9,22	
Densidad seca	1,55	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	9,294		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	14,434		
			Relación de vacíos	0,713		
			Porosidad (%)	41,62		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0290 0,2044

Humedad Papel Filtro (%) **14,20**

Succión Mátrica (kPa) = **9050,73**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.
El material ensayado es pasante a la malla Nº 4.

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 2 - 4.1 Inferior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,55 t/m³ y %w= 9,5 %			
Tara Nº	10		Humedad del Suelo			
Diámetro	5,02	cm	Tara Nº			
Altura	2,02	cm	Tara+suelo húmedo (g)	82,7	76,80	
Volumen	39,98	cm³	Tara+suelo seco (g)	78,40	72,90	
Peso anillo + suelo húmedo	92,1	g	Tara (g)	32,5	30,600	
Peso anillo	24,24	g	Suelo seco (g)	45,9	42,3	
Peso suelo húmedo	67,86	g	Peso agua (g)	4,3	3,9	
Densidad húmeda	1,70	g/cm³	Humedad gravimétrica	9,37	9,22	
Densidad seca	1,55	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	9,294		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	14,434		
			Relación de vacíos	0,713		
			Porosidad (%)	41,62		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0279 0,1962

Humedad Papel Filtro (%) **14,24**

Succión Mátrica (kPa) = **9005,24**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.
El material ensayado es pasante a la malla Nº 4.

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 2 - 4.2 Superior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,55 t/m³ y %w= 9,5 %			
Tara Nº 11			Humedad del Suelo			
Diámetro	5,02	cm	Tara Nº			
Altura	2	cm	Tara+suelo húmedo (g)	82,7	76,80	
Volumen	39,58	cm³	Tara+suelo seco (g)	78,40	72,90	
Peso anillo + suelo húmedo	90,8	g	Tara (g)	32,5	30,600	
Peso anillo	23,84	g	Suelo seco (g)	45,9	42,3	
Peso suelo húmedo	66,96	g	Peso agua (g)	4,3	3,9	
Densidad húmeda	1,69	g/cm³	Humedad gravimétrica	9,37	9,22	
Densidad seca	1,55	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	9,294		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	14,385		
			Relación de vacíos	0,719		
			Porosidad (%)	41,82		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0308 0,2089

Humedad Papel Filtro (%) **14,76**

Succión Mátrica (kPa) = **8351,76**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.
El material ensayado es pasante a la malla Nº 4.

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 2 - 4.2 Inferior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,55 t/m³ y %w= 9,5 %			
Tara N°	11		Humedad del Suelo			
Diámetro	5,02	cm	Tara N°			
Altura	2	cm	Tara+suelo húmedo (g)	82,7	76,80	
Volumen	39,58	cm³	Tara+suelo seco (g)	78,40	72,90	
Peso anillo + suelo húmedo	90,8	g	Tara (g)	32,5	30,600	
Peso anillo	23,84	g	Suelo seco (g)	45,9	42,3	
Peso suelo húmedo	66,96	g	Peso agua (g)	4,3	3,9	
Densidad húmeda	1,69	g/cm³	Humedad gravimétrica	9,37	9,22	
Densidad seca	1,55	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	9,294		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	14,385		
			Relación de vacíos	0,719		
			Porosidad (%)	41,82		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0288 0,1960

Humedad Papel Filtro (%) **14,70**

Succión Mátrica (kPa) = **8432,67**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.
El material ensayado es pasante a la malla N° 4.

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 2 - 4.3 Superior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,55 t/m³ y %w= 9,5 %			
Tara Nº 12			Humedad del Suelo			
Diámetro	5,00	cm	Tara Nº			
Altura	2,06	cm	Tara+suelo húmedo (g)	82,7	76,80	
Volumen	40,45	cm³	Tara+suelo seco (g)	78,40	72,90	
Peso anillo + suelo húmedo	102,1	g	Tara (g)	32,5	30,600	
Peso anillo	33,74	g	Suelo seco (g)	45,9	42,3	
Peso suelo húmedo	68,36	g	Peso agua (g)	4,3	3,9	
Densidad húmeda	1,69	g/cm³	Humedad gravimétrica	9,37	9,22	
Densidad seca	1,55	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	9,294		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	14,372		
			Relación de vacíos	0,720		
			Porosidad (%)	41,87		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0293 0,1950

Humedad Papel Filtro (%) **15,02**

Succión Mátrica (kPa) = **8051,07**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.
El material ensayado es pasante a la malla Nº 4.

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 2 - 4.3 Inferior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,55 t/m³ y %w= 9,5 %			
Tara Nº	12		Humedad del Suelo			
Diámetro	5,00	cm	Tara Nº			
Altura	2,06	cm	Tara+suelo húmedo (g)	82,7	76,80	
Volumen	40,45	cm³	Tara+suelo seco (g)	78,40	72,90	
Peso anillo + suelo húmedo	102,1	g	Tara (g)	32,5	30,600	
Peso anillo	33,74	g	Suelo seco (g)	45,9	42,3	
Peso suelo húmedo	68,36	g	Peso agua (g)	4,3	3,9	
Densidad húmeda	1,69	g/cm³	Humedad gravimétrica	9,37	9,22	
Densidad seca	1,55	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	9,294		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	14,372		
			Relación de vacíos	0,720		
			Porosidad (%)	41,87		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0296 0,1985

Humedad Papel Filtro (%) **14,92**

Succión Mátrica (kPa) = **8166,90**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.
El material ensayado es pasante a la malla Nº 4.

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 2 - 5.1 Superior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,55 t/m³ y %w= 4,0 %			
Tara N°	13		Humedad del Suelo			
Diámetro	5,01	cm	Tara N°			
Altura	2,03	cm	Tara+suelo húmedo (g)	87,3	82,30	
Volumen	40,02	cm³	Tara+suelo seco (g)	85,10	79,90	
Peso anillo + suelo húmedo	91,80	g	Tara (g)	31,1	21,700	
Peso anillo	27,31	g	Suelo seco (g)	54	58,2	
Peso suelo húmedo	64,49	g	Peso agua (g)	2,2	2,4	
Densidad húmeda	1,61	g/cm³	Humedad gravimétrica	4,07	4,12	
Densidad seca	1,55	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	4,099		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	6,345		
			Relación de vacíos	0,718		
			Porosidad (%)	41,80		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0142 0,2027

Humedad Papel Filtro (%) **7,00**

Succión Mátrica (kPa) = **25386,99**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.
El material ensayado es pasante a la malla Nº 4.

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Ciente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 2 - 5.1 Inferior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,55 t/m³ y %w= 4,0 %			
Tara N°	13		Humedad del Suelo			
Diámetro	5,01	cm	Tara N°			
Altura	2,03	cm	Tara+suelo húmedo (g)	87,3	82,30	
Volumen	40,02	cm³	Tara+suelo seco (g)	85,10	79,90	
Peso anillo + suelo húmedo	91,80	g	Tara (g)	31,1	21,700	
Peso anillo	27,31	g	Suelo seco (g)	54	58,2	
Peso suelo húmedo	64,49	g	Peso agua (g)	2,2	2,4	
Densidad húmeda	1,61	g/cm³	Humedad gravimétrica	4,07	4,12	
Densidad seca	1,55	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	4,099		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	6,345		
			Relación de vacios	0,718		
			Porosidad (%)	41,80		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0146 0,2080

Humedad Papel Filtro (%) **7,00**

Succión Mátrica (kPa) = **25384,06**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.
El material ensayado es pasante a la malla Nº 4.

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 2 - 5.2 Superior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,55 t/m³ y %w= 4,0 %			
Tara N°	14		Humedad del Suelo			
Diámetro	5,01	cm	Tara N°			
Altura	2,02	cm	Tara+suelo húmedo (g)	87,3	82,30	
Volumen	39,82	cm³	Tara+suelo seco (g)	85,10	79,90	
Peso anillo + suelo húmedo	87,40	g	Tara (g)	31,1	21,700	
Peso anillo	23,35	g	Suelo seco (g)	54	58,2	
Peso suelo húmedo	64,05	g	Peso agua (g)	2,2	2,4	
Densidad húmeda	1,61	g/cm³	Humedad gravimétrica	4,07	4,12	
Densidad seca	1,55	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	4,099		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	6,333		
			Relación de vacios	0,722		
			Porosidad (%)	41,91		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0136 0,2011

Humedad Papel Filtro (%) **6,76**

Succión Mátrica (kPa) = **26272,45**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.
El material ensayado es pasante a la malla Nº 4.

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 2 - 5.2 Inferior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,55 t/m³ y %w= 4,0 %			
Tara Nº	14		Humedad del Suelo			
Diámetro	5,01	cm	Tara Nº			
Altura	2,02	cm	Tara+suelo húmedo (g)	87,3	82,30	
Volumen	39,82	cm³	Tara+suelo seco (g)	85,10	79,90	
Peso anillo + suelo húmedo	87,40	g	Tara (g)	31,1	21,700	
Peso anillo	23,35	g	Suelo seco (g)	54	58,2	
Peso suelo húmedo	64,05	g	Peso agua (g)	2,2	2,4	
Densidad húmeda	1,61	g/cm³	Humedad gravimétrica	4,07	4,12	
Densidad seca	1,55	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	4,099		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	6,333		
			Relación de vacíos	0,722		
			Porosidad (%)	41,91		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0152 0,2129

Humedad Papel Filtro (%) **7,15**

Succión Mátrica (kPa) = **24847,13**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.
El material ensayado es pasante a la malla Nº 4.

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 2 - 5.3 Superior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,55 t/m³ y %w= 4,0 %			
Tara Nº	15		Humedad del Suelo			
Diámetro	5,00	cm	Tara Nº			
Altura	2,03	cm	Tara+suelo húmedo (g)	87,3	82,30	
Volumen	39,86	cm³	Tara+suelo seco (g)	85,10	79,90	
Peso anillo + suelo húmedo	93,10	g	Tara (g)	31,1	21,700	
Peso anillo	29,02	g	Suelo seco (g)	54	58,2	
Peso suelo húmedo	64,08	g	Peso agua (g)	2,2	2,4	
Densidad húmeda	1,61	g/cm³	Humedad gravimétrica	4,07	4,12	
Densidad seca	1,54	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	4,099		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	6,330		
			Relación de vacios	0,722		
			Porosidad (%)	41,94		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0157 0,1947

Humedad Papel Filtro (%) **8,06**

Succión Mátrica (kPa) = **21821,70**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.
El material ensayado es pasante a la malla Nº 4.

Determinación de Curva Característica - Método de Papel Filtro

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:

Cliente:

Nº de muestra / Prof. (m): **TP19-01 / M-2 / 0.70-0.80**

Nº de Proyecto:

Descripción / Zona: **Núcleo / Presa Principal**

Nº Informe Lab :

Solicitado por:

Fecha: **03-may-19**

Ubicación:

SET 2 - 5.3 Inferior

Succión matricial

Datos iniciales			Condición: Densidad Seca= 1,55 t/m³ y %w= 4,0 %			
Tara Nº	15		Humedad del Suelo			
Diámetro	5,00	cm	Tara Nº			
Altura	2,03	cm	Tara+suelo húmedo (g)	87,3	82,30	
Volumen	39,86	cm³	Tara+suelo seco (g)	85,10	79,90	
Peso anillo + suelo húmedo	93,10	g	Tara (g)	31,1	21,700	
Peso anillo	29,02	g	Suelo seco (g)	54	58,2	
Peso suelo húmedo	64,08	g	Peso agua (g)	2,2	2,4	
Densidad húmeda	1,61	g/cm³	Humedad gravimétrica	4,07	4,12	
Densidad seca	1,54	g/cm³	Humedad gravimétrica promedio	4,099		
Gs	2,66	g/cm³	Humedad volumétrica	6,330		
			Relación de vacíos	0,722		
			Porosidad (%)	41,94		

Humedad en el Papel Filtro (Chandler et al., 1992)

Peso Agua Peso papel

0,0159 0,1930

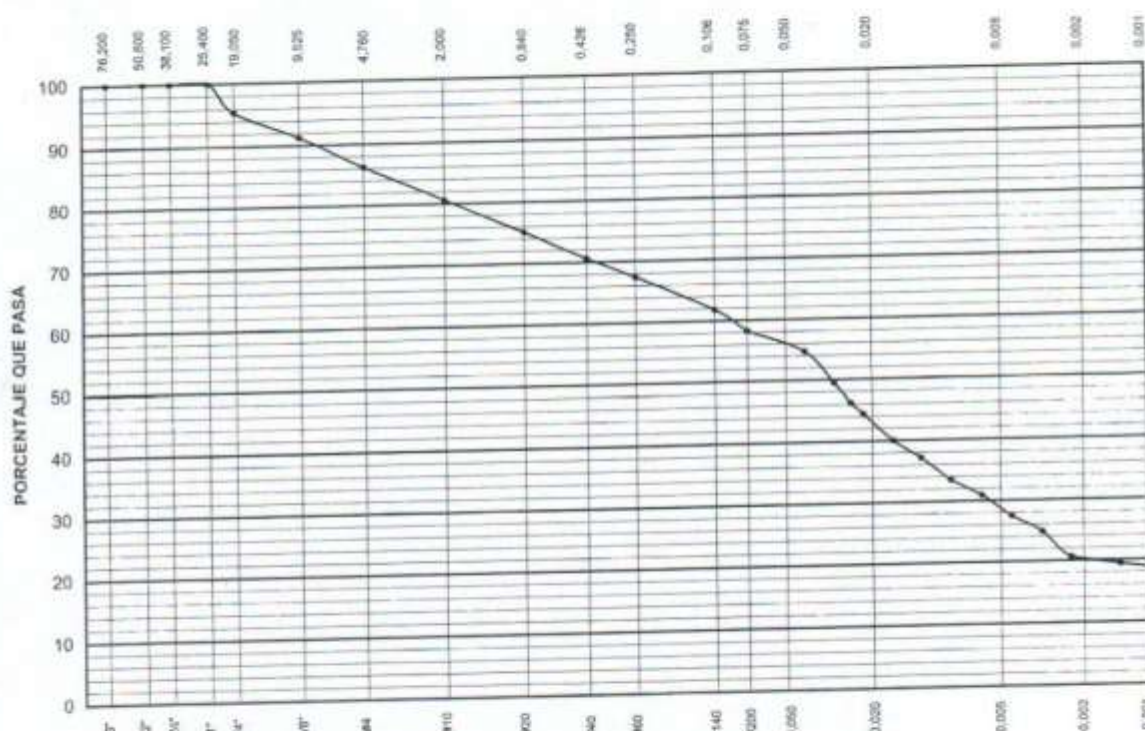
Humedad Papel Filtro (%) **8,25**

Succión Mátrica (kPa) = **21219,75**

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.
El material ensayado es pasante a la malla Nº 4.

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN **NTP 339.127, 339.128, 339.129, 339.131**

Solicitante :	Expediente :
Proyecto :	Fecha : 13-Oct-2004
Muestra : CANTERA COCAN	Profundidad: -----



Tamiz ASTM	Porcentaje que pasa	Diámetro en mm	Porcentaje que pasa	LL = 50 LP = 29 IP = 21	----- Gs = 2,59 -----	CLASIFICACIÓN SUCS : MH AASHTO : -----
3"	100,0	0,041	54,7			
2"	100,0	0,030	49,5			
1 1/2"	100,0	0,025	46,2			
1"	100,0	0,022	44,4			
3/4"	95,5	0,016	40,0			
3/8"	91,3	0,012	37,1			
#4	86,2	0,009	33,5			
#10	80,6	0,006	30,9			
#20	75,1	0,004	27,5			
#40	70,6	0,003	24,8			
#60	67,4	0,002	20,6			
#140	61,8	0,001	19,4			
#200	58,2	-----	-----			

ENSAYO DE PERMEABILIDAD
(Permeámetro de pared flexible) NTP 339.156

Solicitante :	Expediente :
Proyecto :	Fecha : 26-Oct-2004
Muestra : CANTERA COCAN	

CARACTERÍSTICAS DEL ESPÉCIMEN

		Inicial	Final
Diámetro	cm	5,00	5,00
Altura	cm	5,00	5,00
Peso esp. sólidos	G_s	2,59	
Humedad	w %	19,73%	23,93%
Saturación	S_r %	82,4%	99,9%
Relacion de vacíos	e	0,62	0,62
Porosidad	n %	38,3%	38,3%
Densidad	γ g/cm ³	1,91	1,98
Densidad seca	γ_d g/cm ³	1,60	1,60
Tipo de muestra		REMOLDEADA	
Presión aplicada	kg/cm ²	3,000	
Presión de confinamiento	σ_3 kg/cm ²	3,50	
Gradiente hidráulico	i	600,0	

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

$$k_{20} = 3,33 \times 10^{-8} \text{ cm/s}$$



ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NPT 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante		Expediente :
Proyecto		
Muestra	CANTERA COCAN	Profundidad
		Fecha : 2 Nov 2004

CARACTERISTICAS DE LOS ESPECIMENES EN LA FALLA

FALLA DEFINIDA CONFORME A LA NORMA NPT 339.166 (ASTM D 4767)

Especimen	A	B	C
-----------	---	---	---

MAXIMA RELACION DE TENSIONES

σ'_1/σ'_3 máximo	2.89	2.64	2.33
σ'_1 kg/cm ²	2.72	4.26	8.13
σ'_3 kg/cm ²	0.94	1.62	3.48
u kg/cm ²	0.08	0.42	0.60
ε %	2.51	7.85	7.54
A_f	0.04	0.16	0.13

MAXIMO ESFUERZO DESVIADOR

$\sigma'_1 - \sigma'_3$ máximo kg/cm ²	2.15	2.73	4.64
σ'_1 kg/cm ²	3.17	4.77	8.72
σ'_3 kg/cm ²	1.21	1.70	3.48
u %	-0.19	0.34	0.60
ε kg/cm ²	14.45	11.31	7.54
A_f	-0.09	0.12	0.13

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NPT 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante		Expediente :	
Proyecto		Fecha	: 2 Nov 2004
Muestra	CANTERA COCAN	Profundidad	

CARACTERISTICAS DE LOS ESPECIMENES

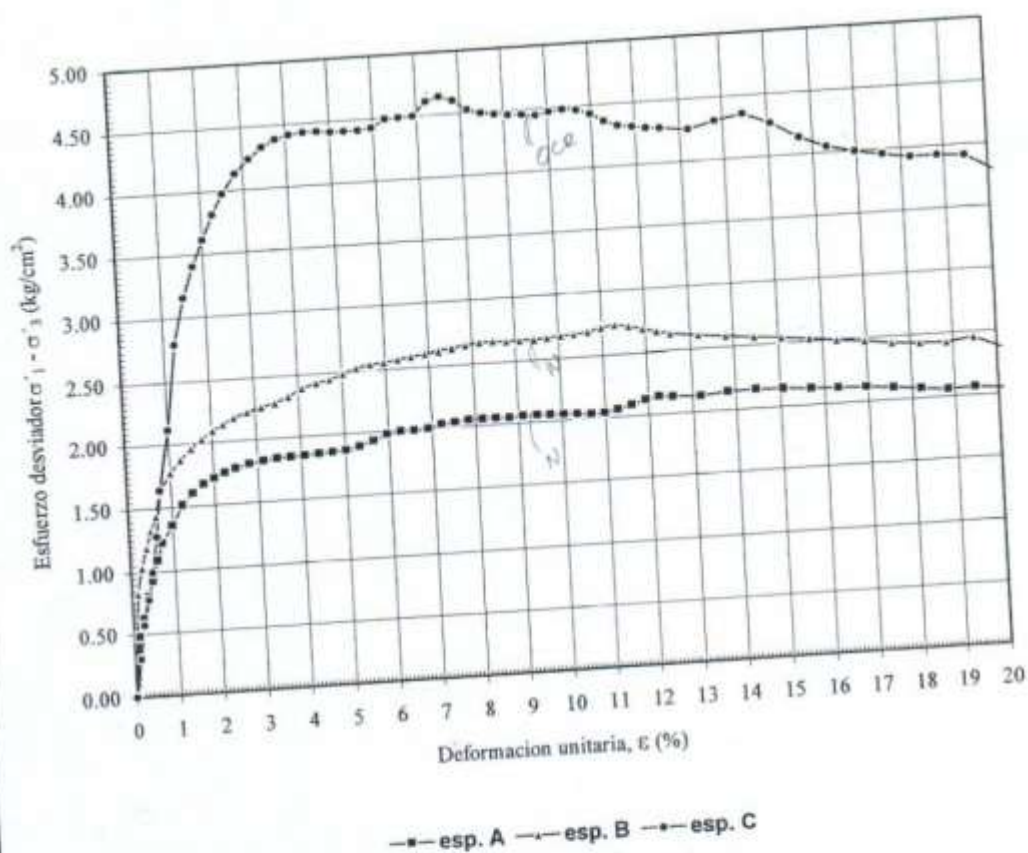
Tipo de muestra :	Remoldeada
Peso esp. solidos G _s	2.59

Especimen		A	B	C
Diámetro	cm	3.56	3.56	3.56
Altura	cm	7.96	7.96	7.96
Humedad inicial		19.5%	20.6%	20.0%
Humedad final		26.8%	29.8%	27.9%
Saturacion inicial		80.2%	83.5%	82.0%
Saturación final		98.4%	98.1%	97.1%
Relacion de vacios e		0.63	0.64	0.63
Porosidad n		38.6%	38.9%	38.7%
Densidad inicial	g/cm ³	1.90	1.91	1.91
Densidad final	g/cm ³	2.02	2.05	2.03
Densidad seca	g/cm ³	1.59	1.58	1.59
Presión de cámara	kg/cm ²	5.00	6.00	8.00
Contra presión	kg/cm ²	4.00	4.00	4.00
Coefficiente de poros B		0.98	0.97	0.98

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NPT 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante		Expediente:
Proyecto		Fecha : 2 Nov 2004
Muestra	CANTERA COCAN	Profundidad

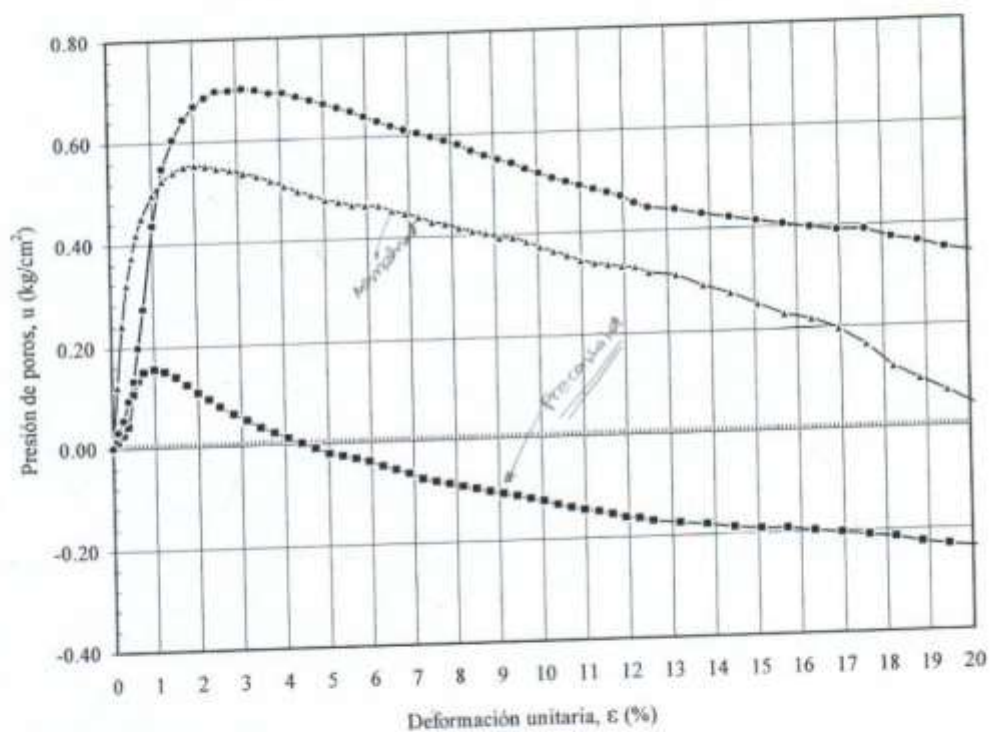
DEFORMACIÓN vs ESFUERZO DESVIADOR (ϵ vs $\sigma'_1 - \sigma'_3$)



ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NPT 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante		Expediente :
Proyecto		Fecha : 2 Nov 2004
Muestra	CANTERA COCAN	Profundidad

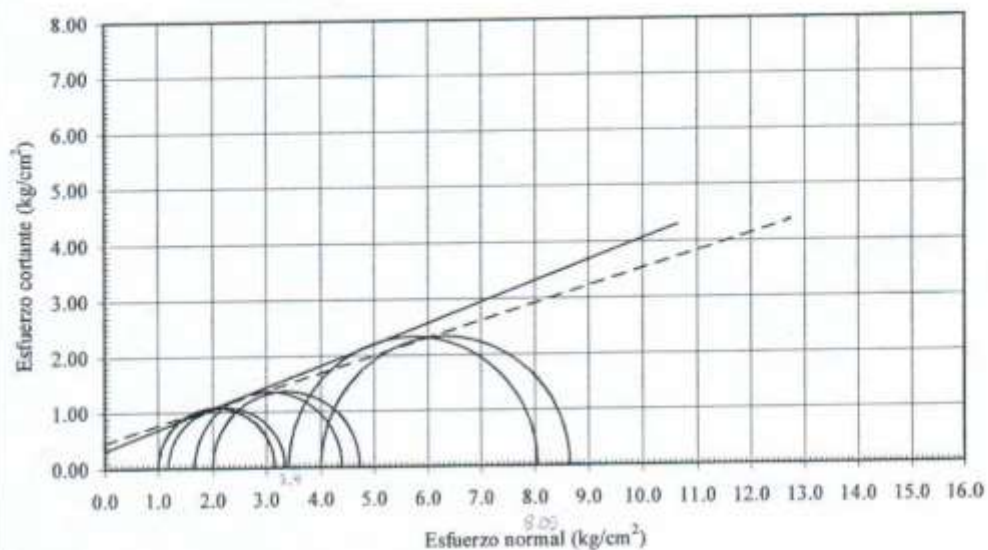
DEFORMACIÓN vs PRESIÓN DE POROS (ϵ vs u)



ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NPT 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante		Expediente	
Proyecto			
Muestra	CANTERA COCAN	Profundidad	Fecha : 2 Nov 2004

ENVOLVENTE DE FALLA - ESFUERZO DESVIADOR MÁXIMO



--- $\sigma'_1 - \sigma'_3$ — $\sigma_1 - \sigma_3$

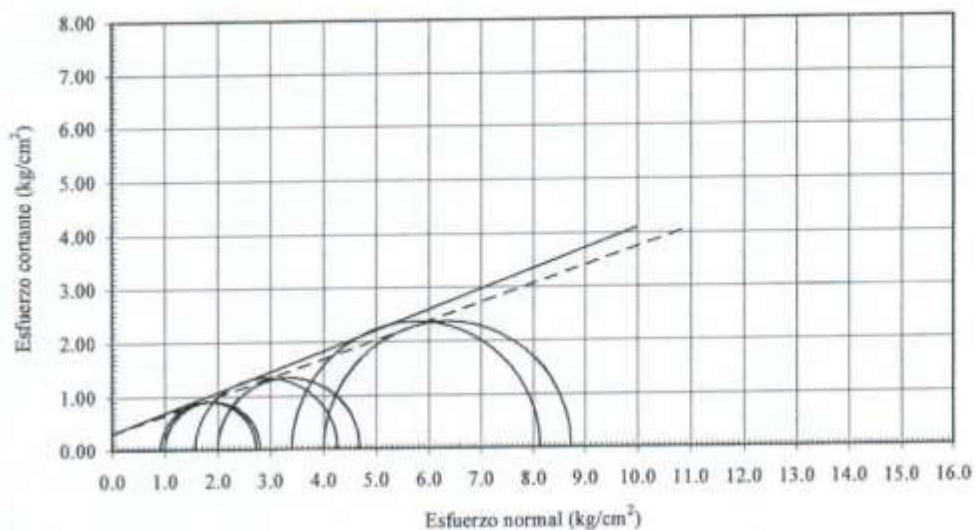
$c = 0.46 \text{ kg/cm}^2$ $\phi = 17^\circ$

$c' = 0.32 \text{ kg/cm}^2$ $\phi' = 21^\circ$

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NPT 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante	Expediente	
Proyecto		
Muestra	CANtera COCAN	Profundidad
		Fecha : 2 Nov 2004

ENVOLVENTE DE FALLA - RELACIÓN DE TENSIONES MÁXIMA



--- σ_1/σ_3 — σ'_1/σ'_3

$c = 0.30 \text{ kg/cm}^2$ $\phi = 19^\circ$

$c' = 0.32 \text{ kg/cm}^2$ $\phi' = 21^\circ$

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO (CU) NPT 339.166 (ASTM D 4767)

Solicitante		Expediente
Proyecto		
Muestra	CANtera COCAN	Profundidad
		Fecha : 2 Nov 2004

FOTOS



ESPECIMEN "A"



ESPECIMEN "B"



ESPECIMEN "C"

DATOS DE LA MUESTRA

Muestra	Sondeo	Profundidad (m)
M - 1	ZPB-04	4.27 - 4.40
M - 2	ZPB-03	4.78 - 5.00
M - 3	ZPB-01	4.10 - 4.23
M - 4	ZPB-02	3.80 - 4.00

ENSAYOS DE PROPIEDADES FÍSICAS

Los ensayos se realizaron según la norma ASTM C 97 - 02

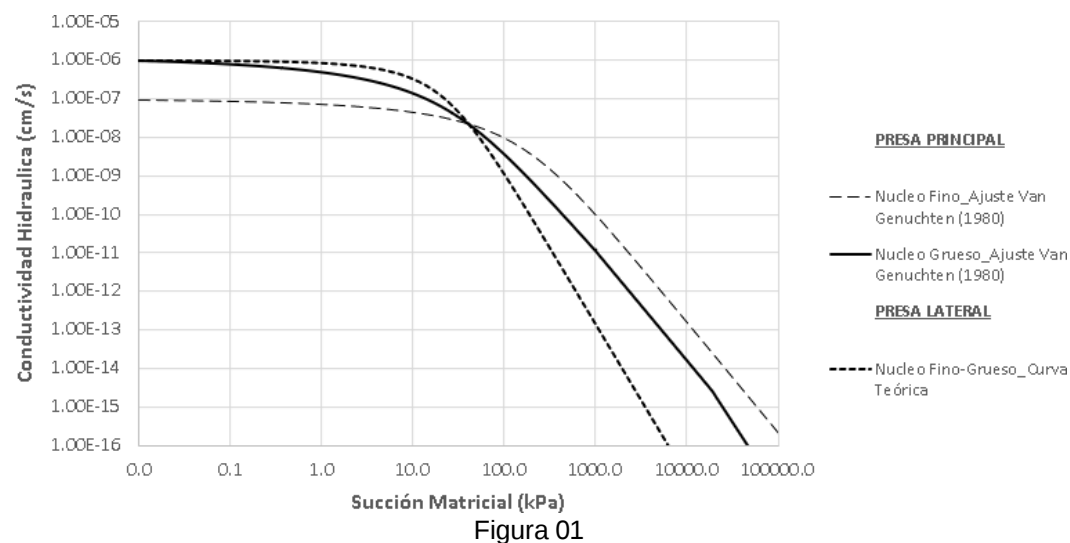
Obteniéndose los siguientes resultados:

Muestra	Densidad Seca (g/cm ³)	Densidad Saturada (g/cm ³)	Porosidad %	Absorción %
M1 A	2.552	2.582	3.08	1.21
B	2.528	2.568	3.97	1.57
M1 A	2.227	2.367	13.98	6.28
B	2.265	2.386	12.14	5.36
M1 A	2.398	2.471	7.27	3.03
B	2.369	2.461	9.17	3.87
	Promedio 2.361	Promedio 2.451	Promedio 9.12	Promedio 3.97

ANEXO C: Análisis de Infiltración

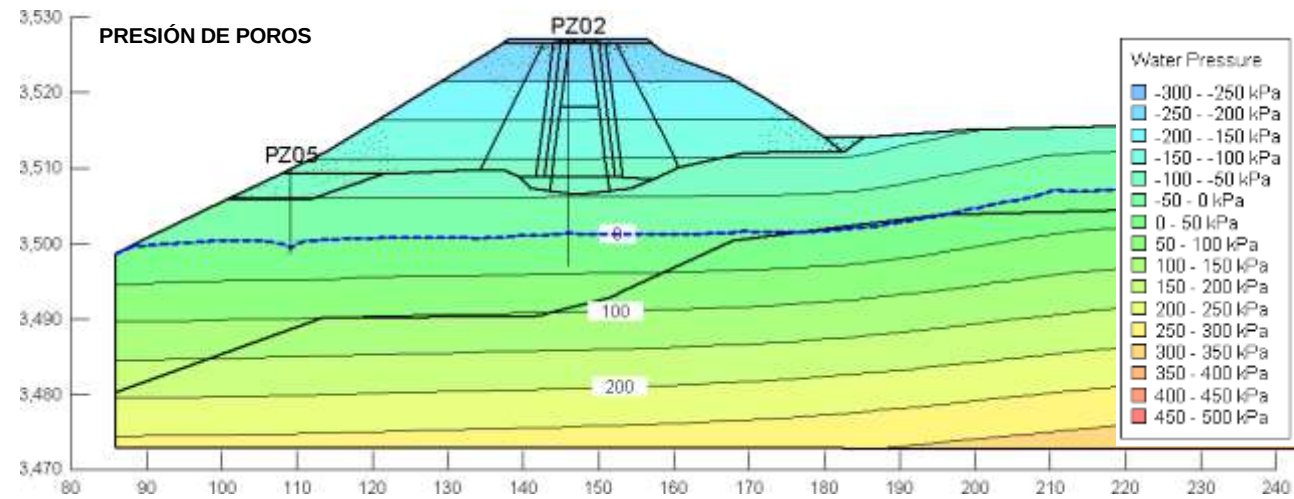
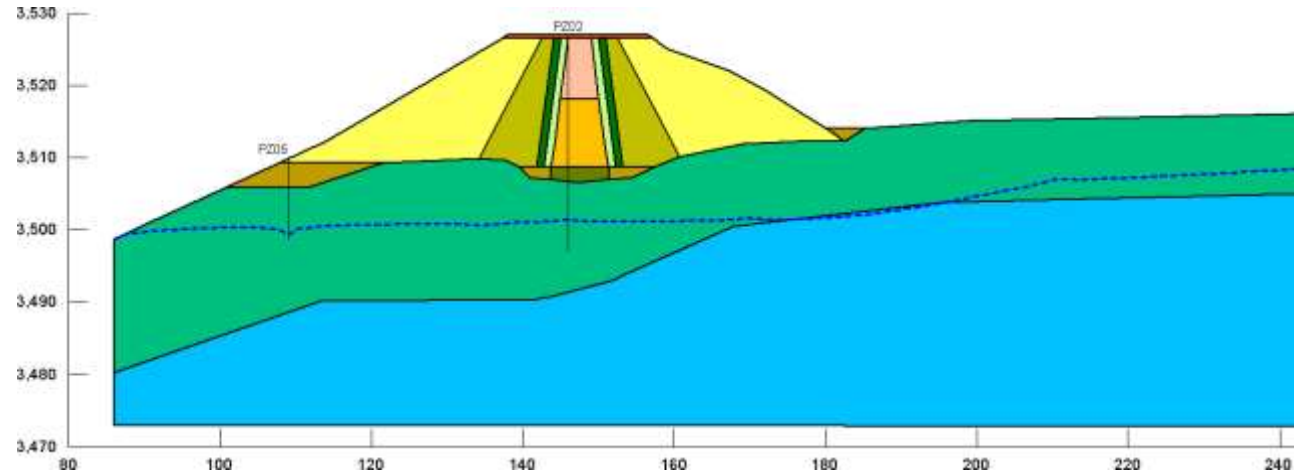
ANEXO C: Análisis de Infiltración Propiedades Hidráulicas

Material		Conductividad Hidráulica - Kx (m/s)	
		Condición Inicial	Embalse Lleno y Desembalse Rápido
Enrocado			5E-03
Transición			1E-03
Filtro Grueso			1E-04
Filtro Fino			1E-05
Núcleo Grueso		1E-08	Curva de Retención de Agua (Ver Figura 01)
Núcleo Fino		1E-09	
Relleno de Fundación			5E-03
Dentellón – Concreto			1E-09
Roca Fracturada			3E-07
Roca Poco Fracturada			1E-08
Capa de Rodadura			1E-04

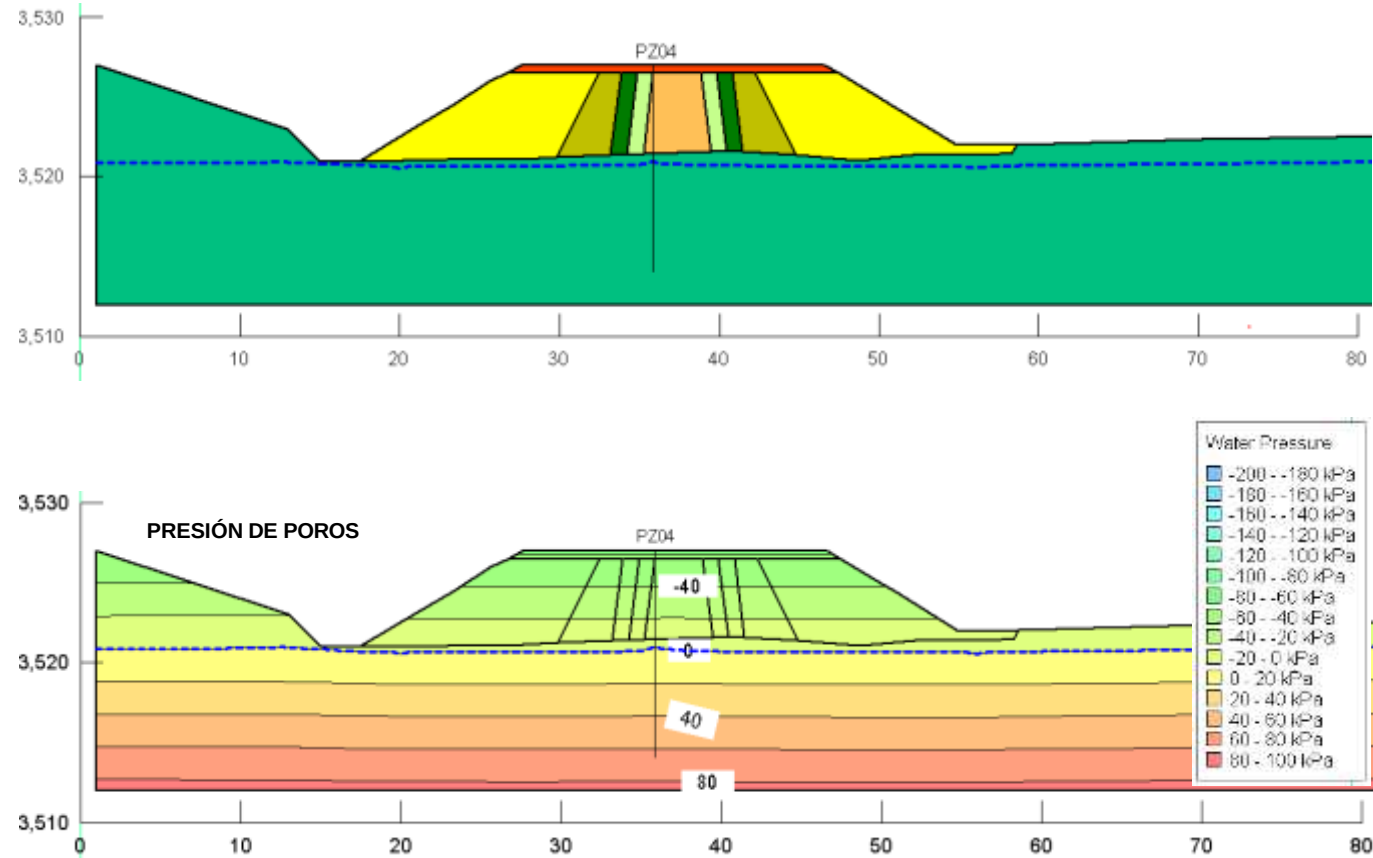


Escenario 01: Condición Inicial

Presa Principal

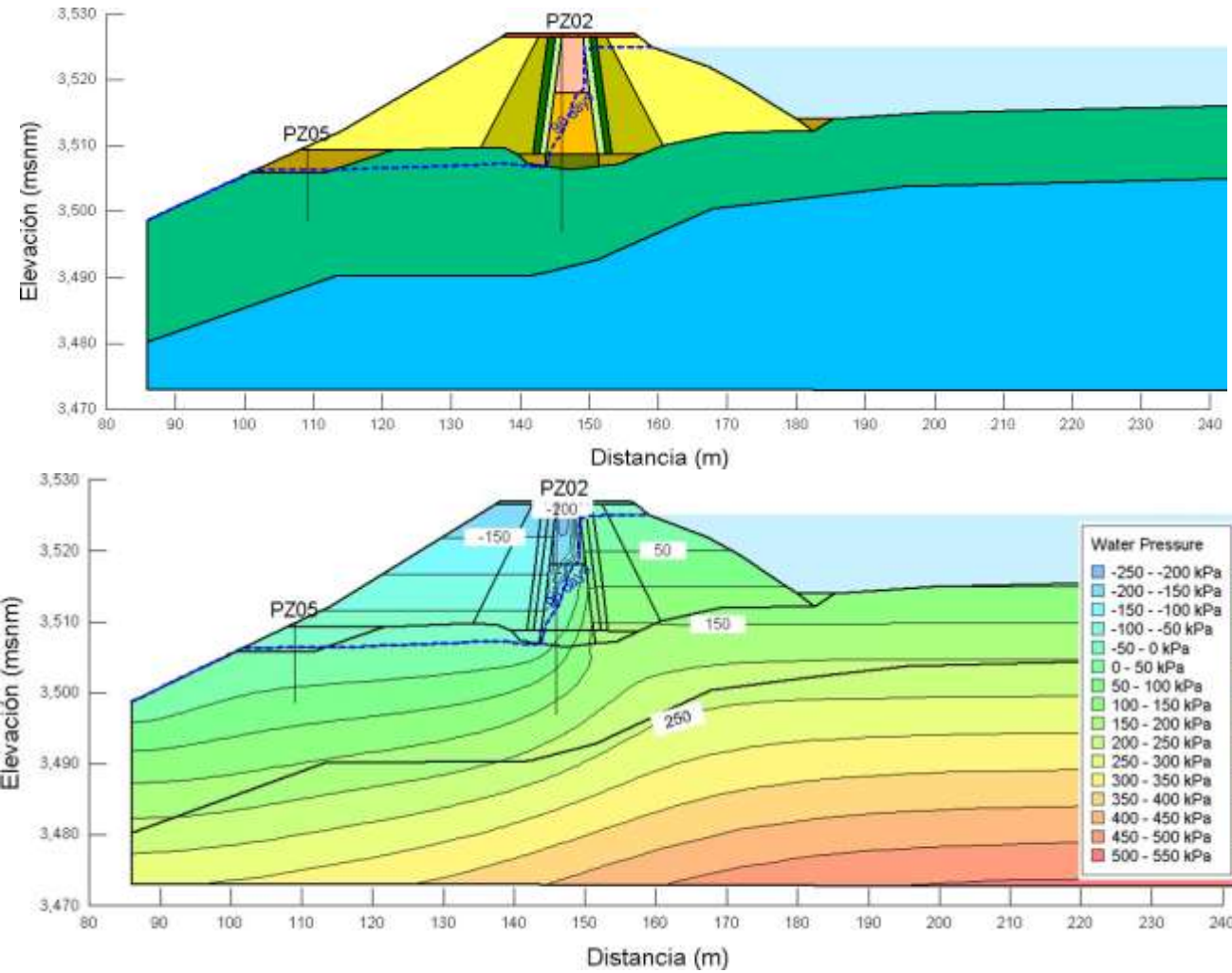


Presa Lateral

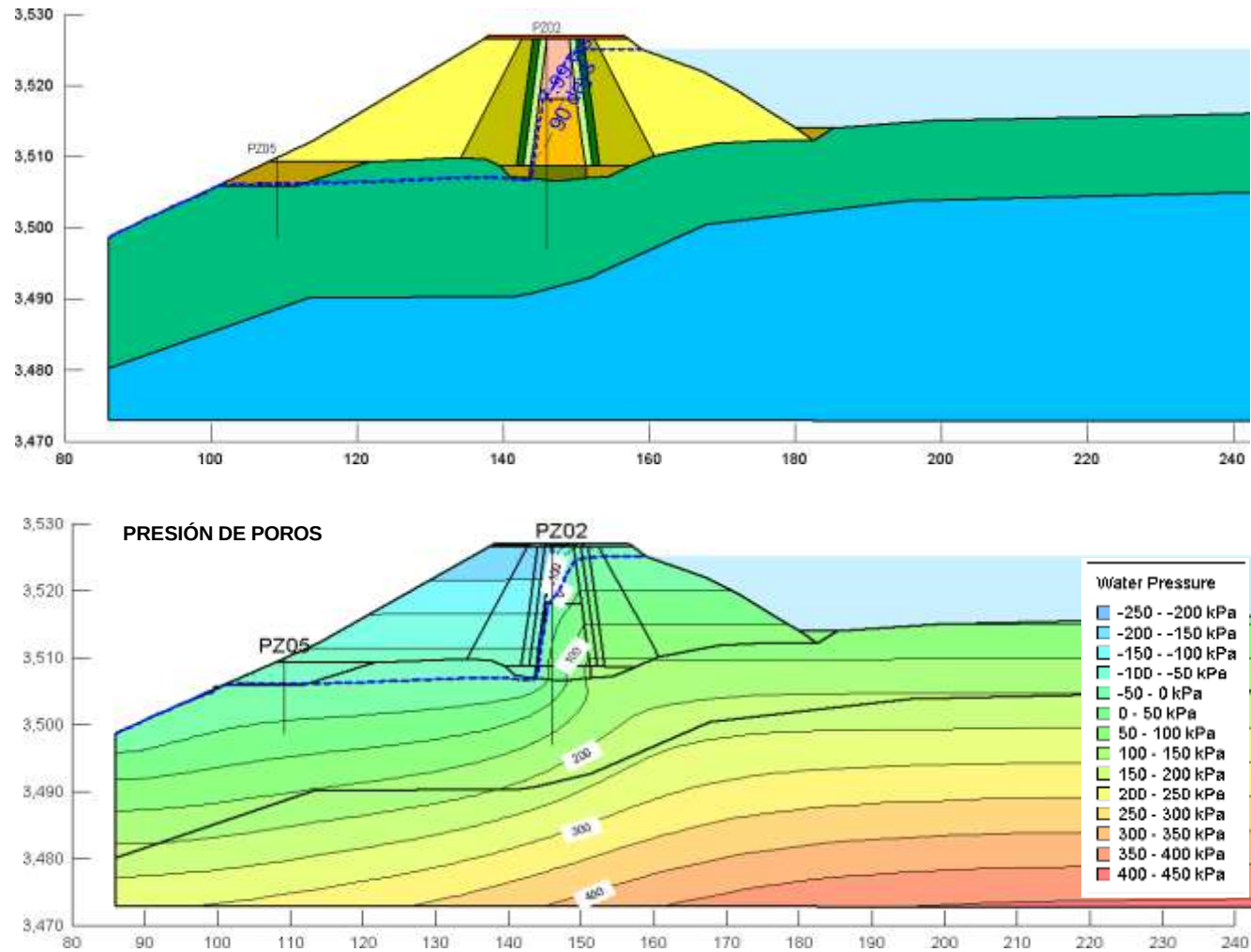


Escenario 02: Embalse Lleno

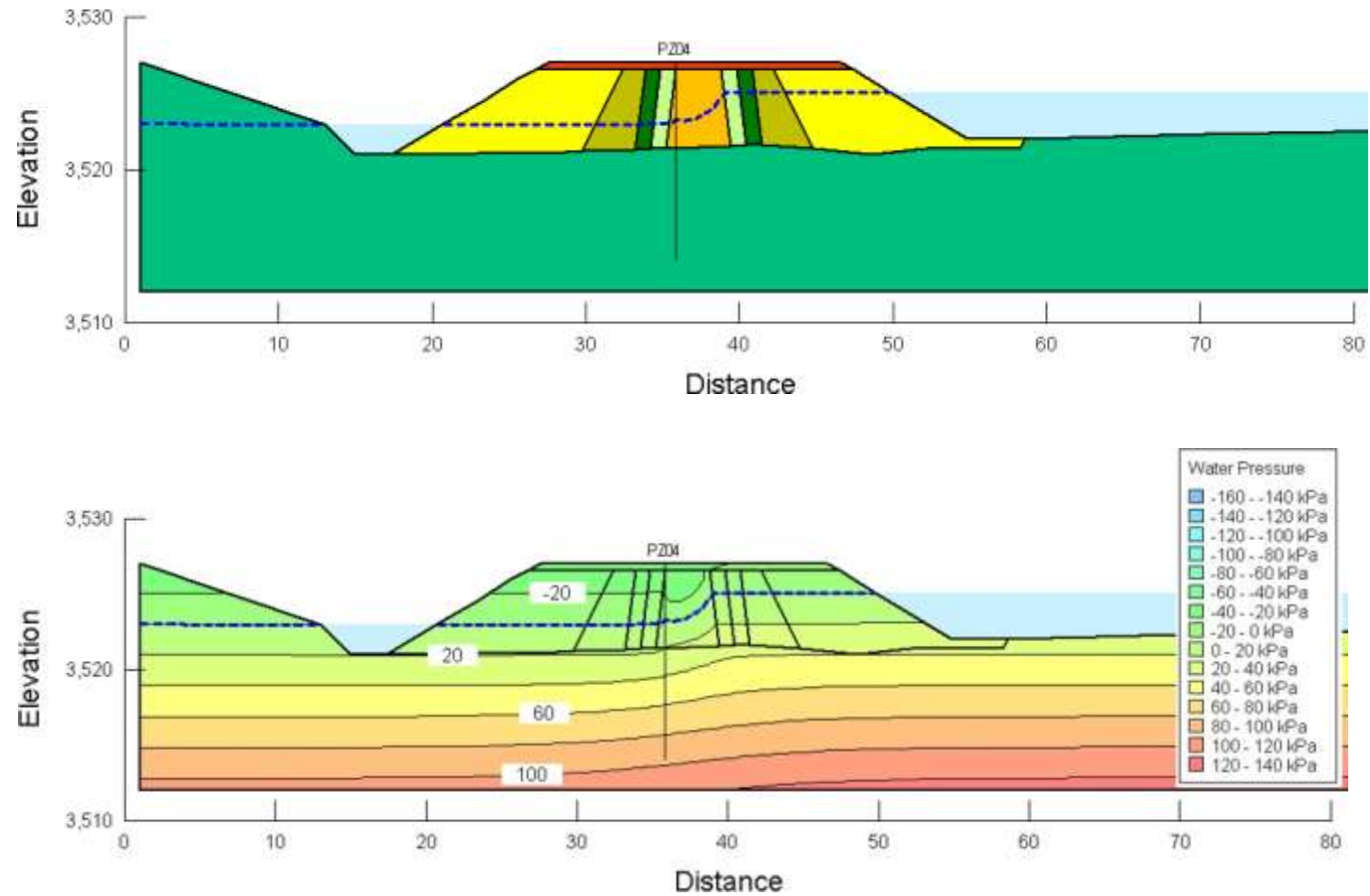
Presa Principal – 3 meses



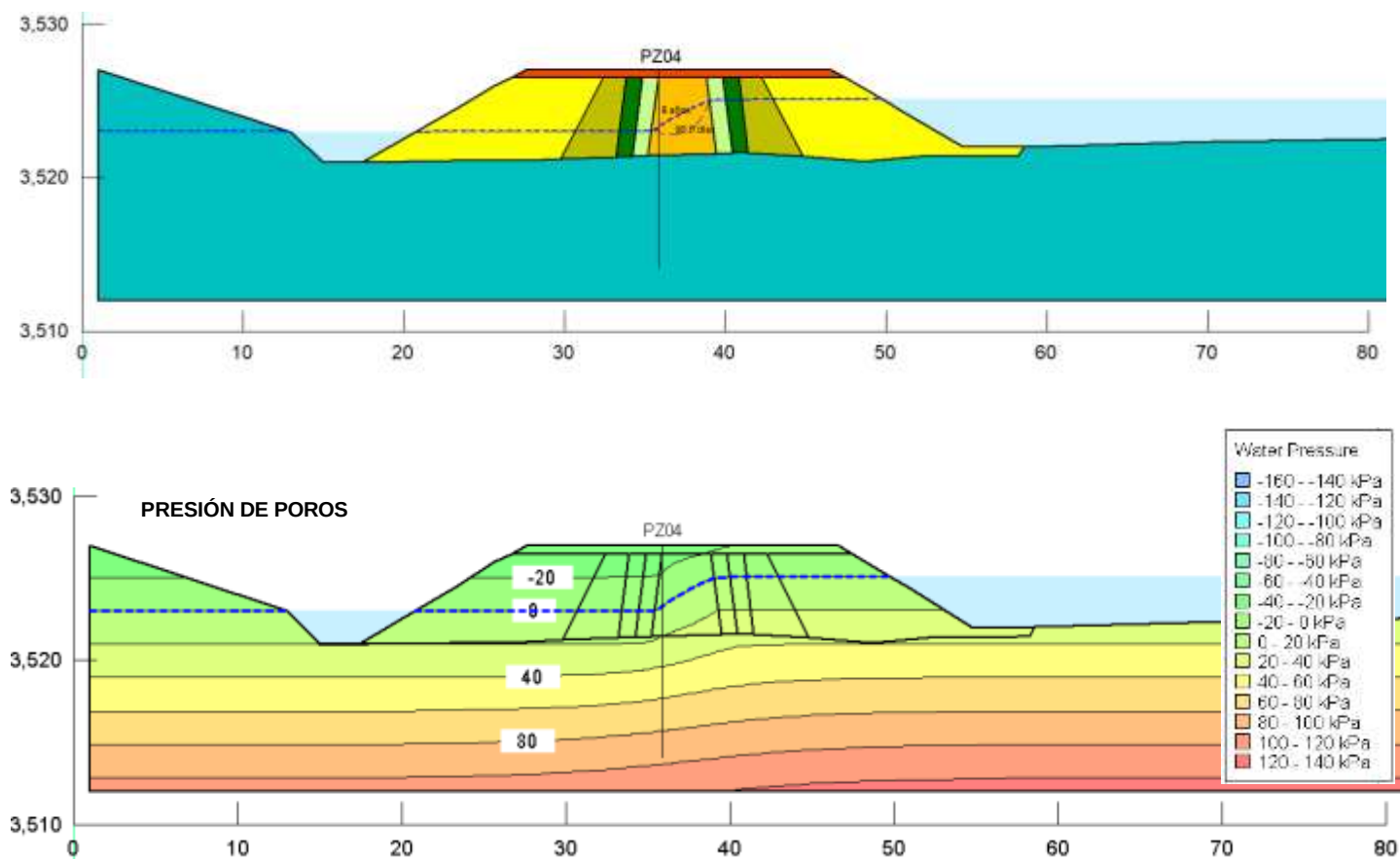
Presa Principal – Condición actual



Presa Lateral – 3 meses

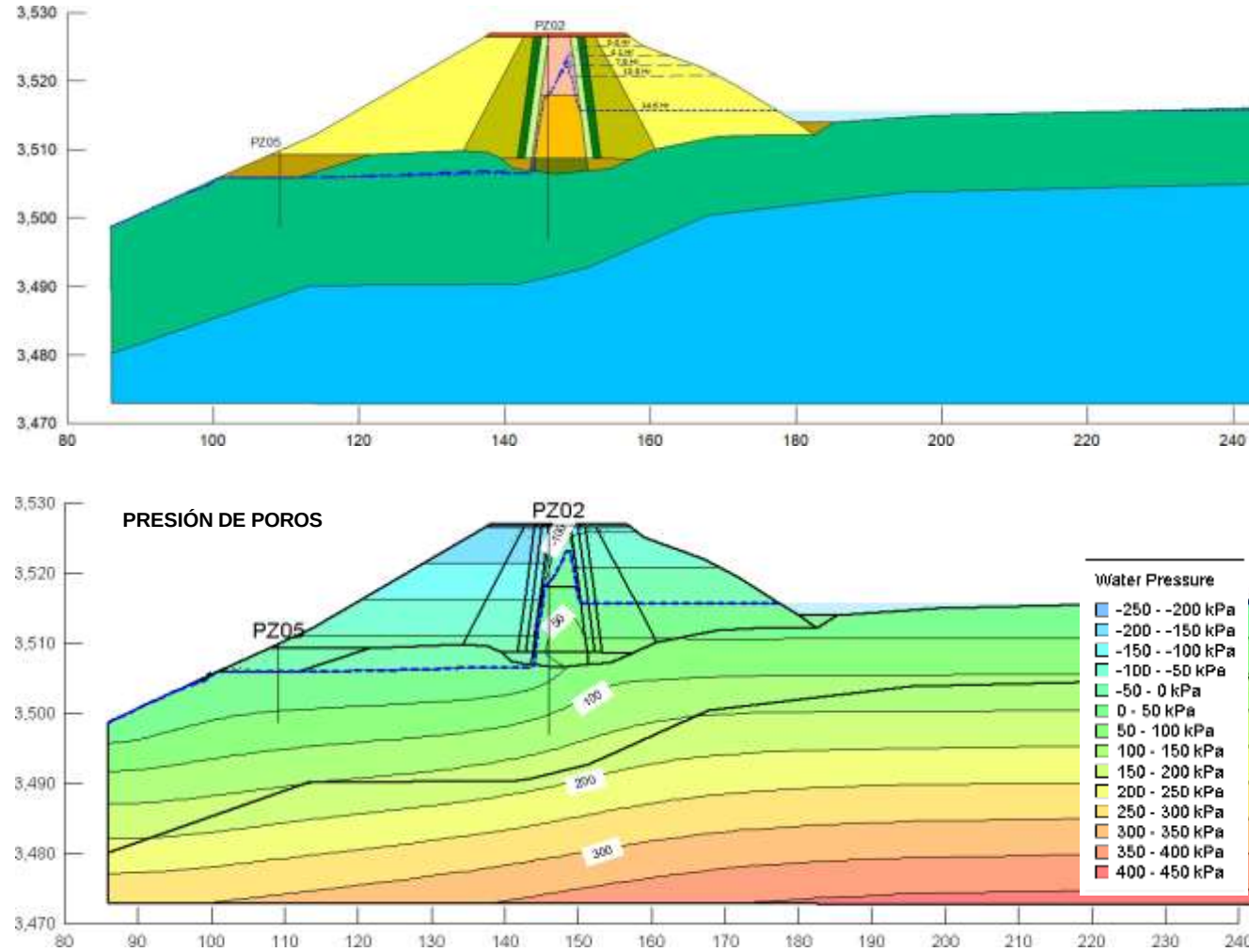


Presa Lateral– Condición actual

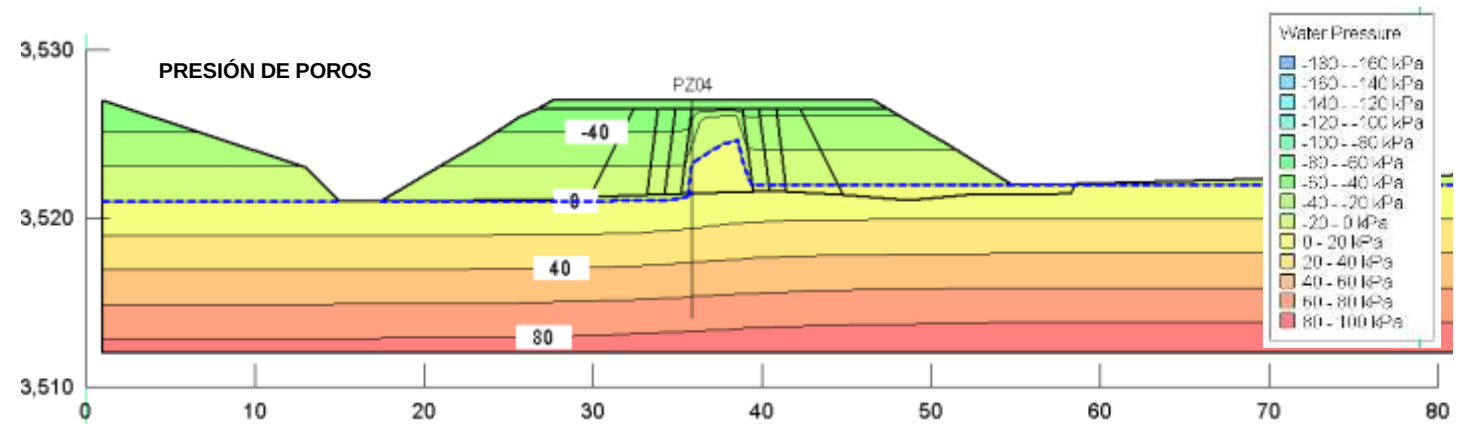
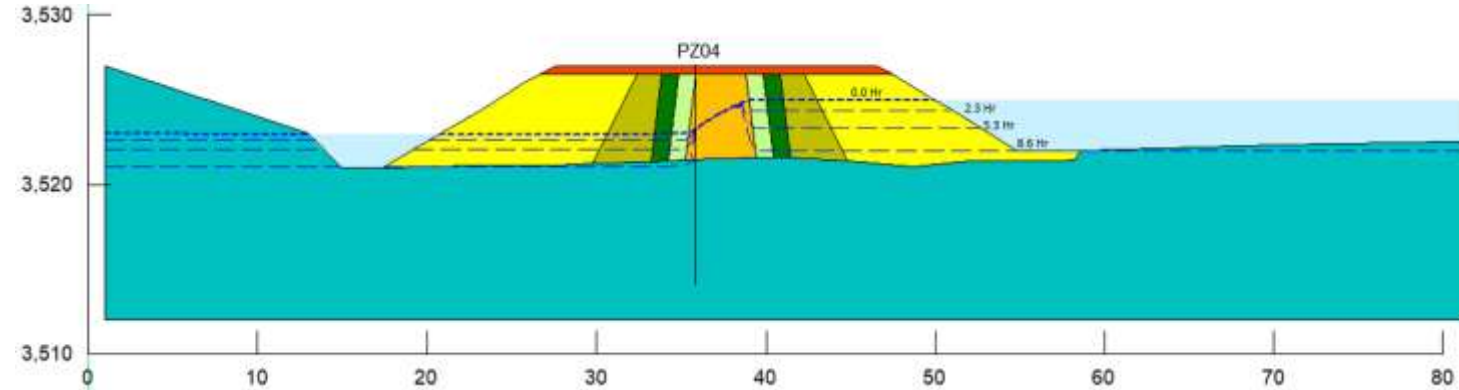


Escenario 03: Desembalse Rápido

Presa Principal



Presa Lateral



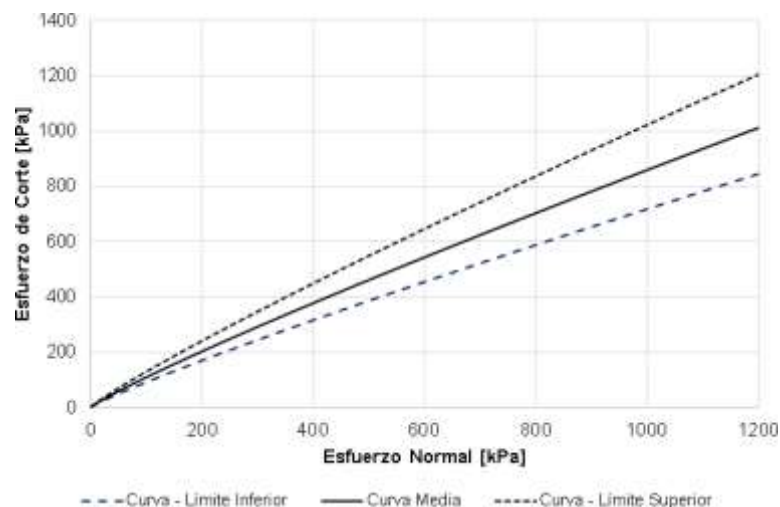
ANEXO D: Análisis de Estabilidad Física

Anexo D- Análisis de Estabilidad Física

Propiedades de Resistencia

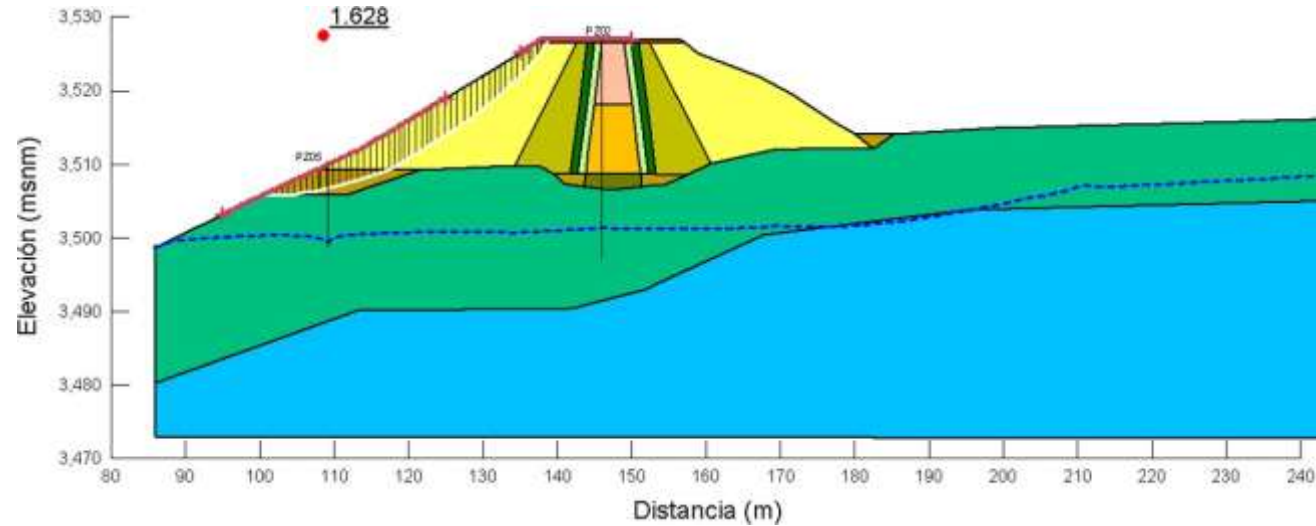
Material	Peso Específico γ (kN/m ³)	Parámetros Efectivos		Parámetros Totales	
		C' (kPa)	ϕ' (°)	C (kPa)	ϕ (°)
Enrocado	21	Leps (1970) – Curva Inferior		-	-
Transición	19	0	38	-	-
Filtro Grueso	18	0	35	-	-
Filtro Fino	18	0	32	-	-
Núcleo Grueso	18	0	15	5	10
Núcleo Fino	16	0	19	5	14
Relleno de Fundación	20	0	36	-	-
Dentellón – Concreto	23	Resistencia Infinita			-
Roca Fracturada	23	150	27	-	-
Roca Poco Fracturada	24	250	30	-	-
Capa de Rodadura	20	0	35	-	-

Nota: (*) Los parámetros totales son empleados en la condición pseudoestática en todos los escenarios; y en el escenario de desembalse rápido para la condición estática debido a que es un suceso rápido o a corto plazo.



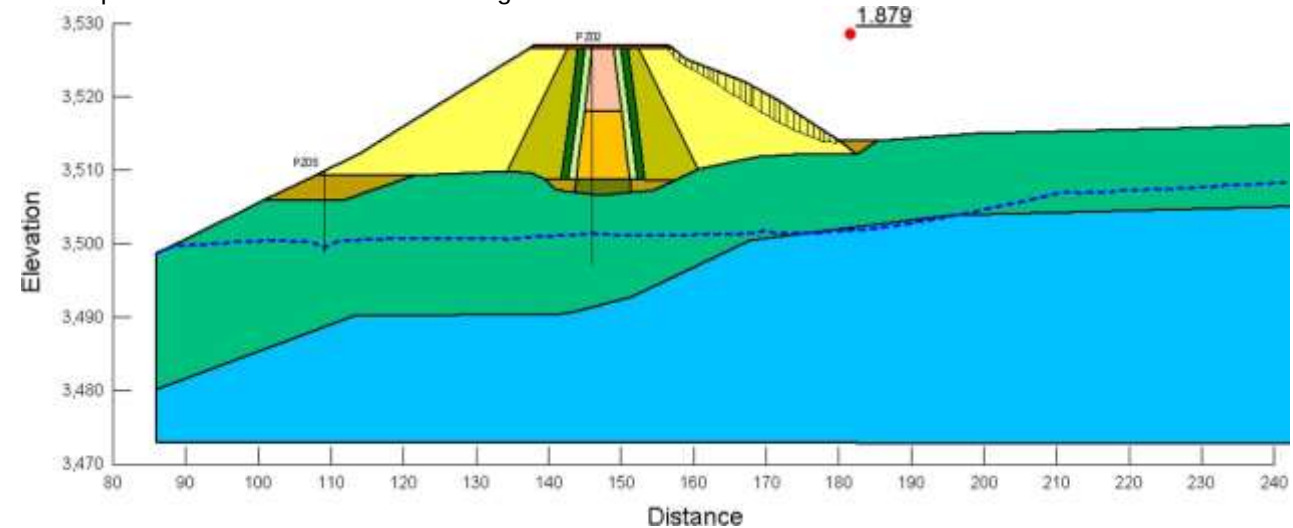
Análisis de Estabilidad Física – Presa Principal – Condición Inicial

Falla Tipo Circular – Análisis Estático – Aguas Abajo



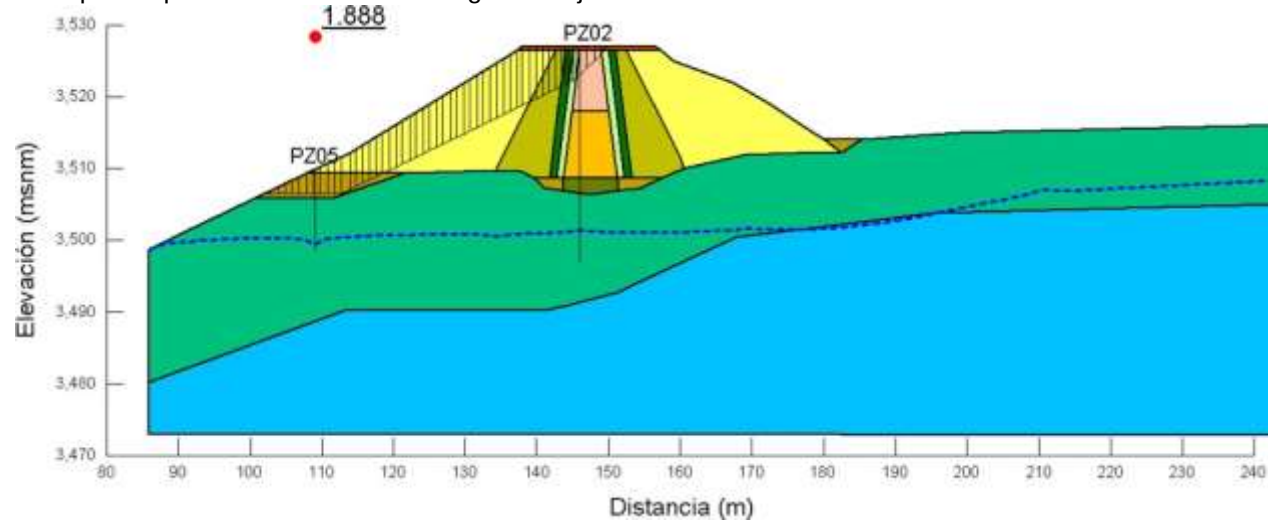
Análisis de Estabilidad Física – Presa Principal – Condición Inicial

Falla Tipo Circular – Análisis Estático – Aguas Arriba



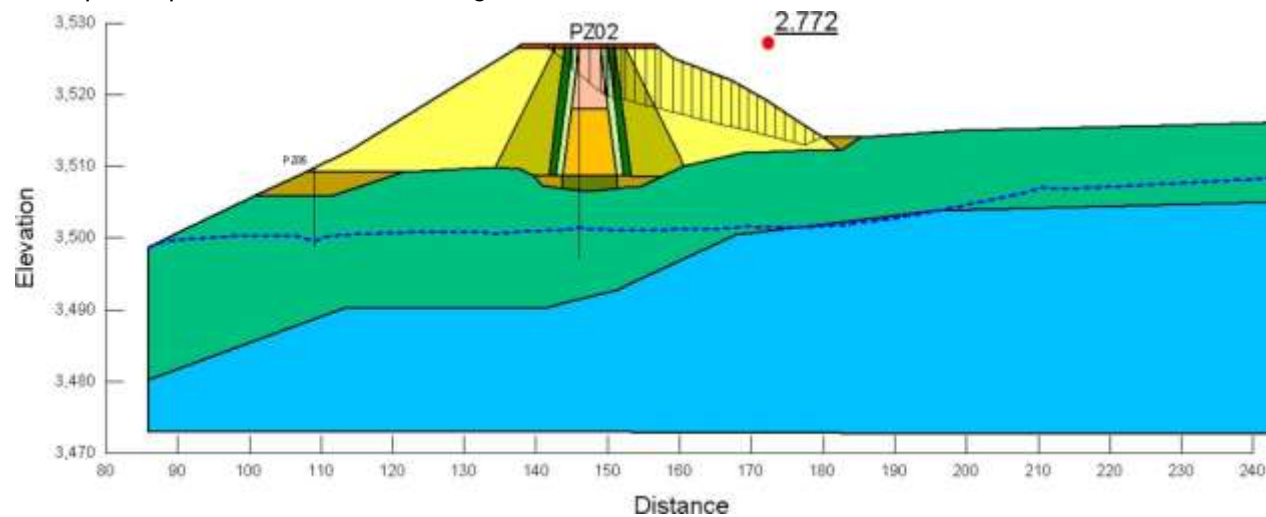
Análisis de Estabilidad Física – Presa Principal – Condición Inicial

Falla Tipo Bloque – Análisis Estático – Aguas Abajo



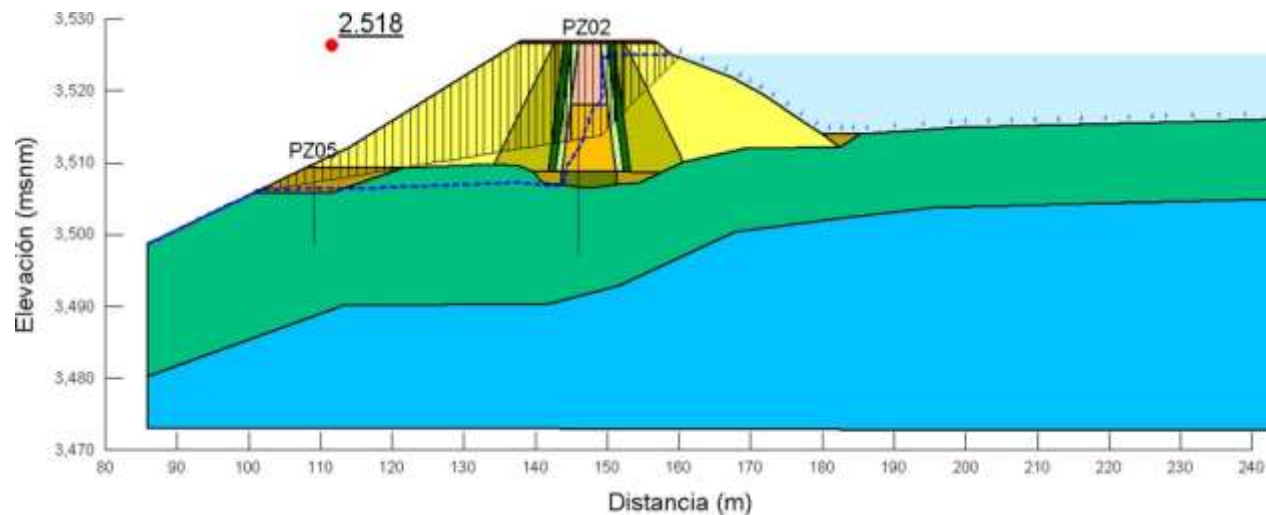
Análisis de Estabilidad Física – Presa Principal – Condición Inicial

Falla Tipo Bloque – Análisis Estático – Aguas Arriba

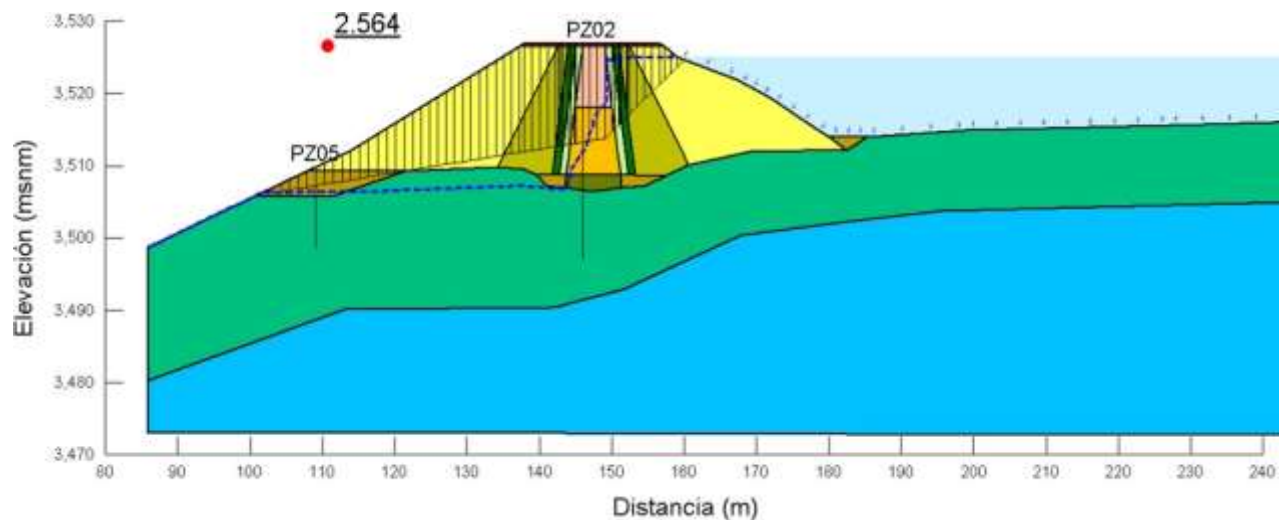


Análisis de Estabilidad Física – Presa Principal – Embalse Lleno

Falla Tipo Bloque – Análisis Estático Corto Plazo – Aguas Abajo



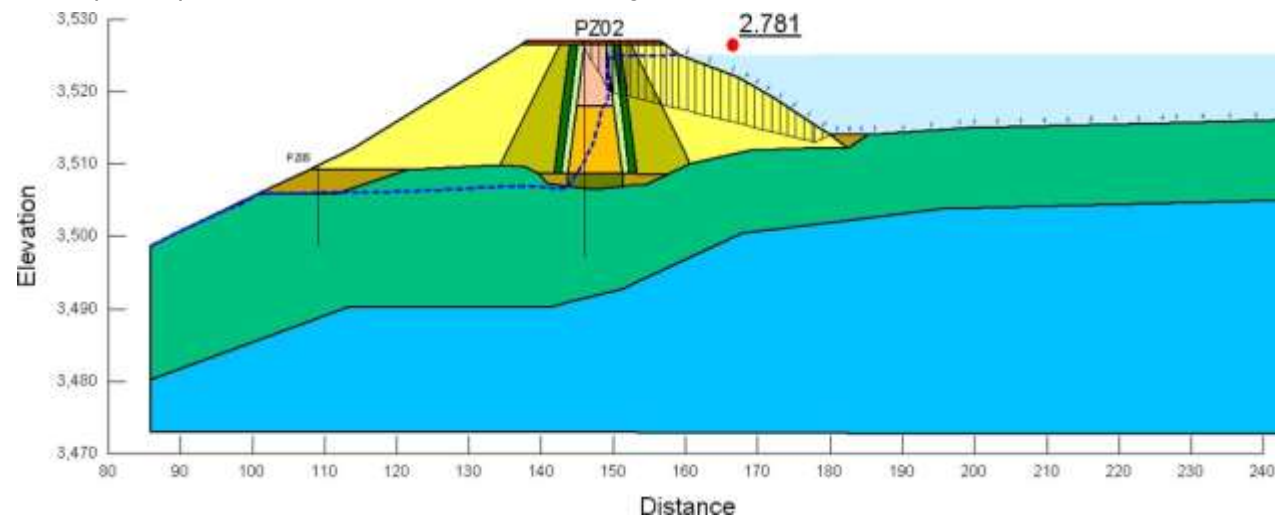
Análisis bajo parámetros saturados en el núcleo



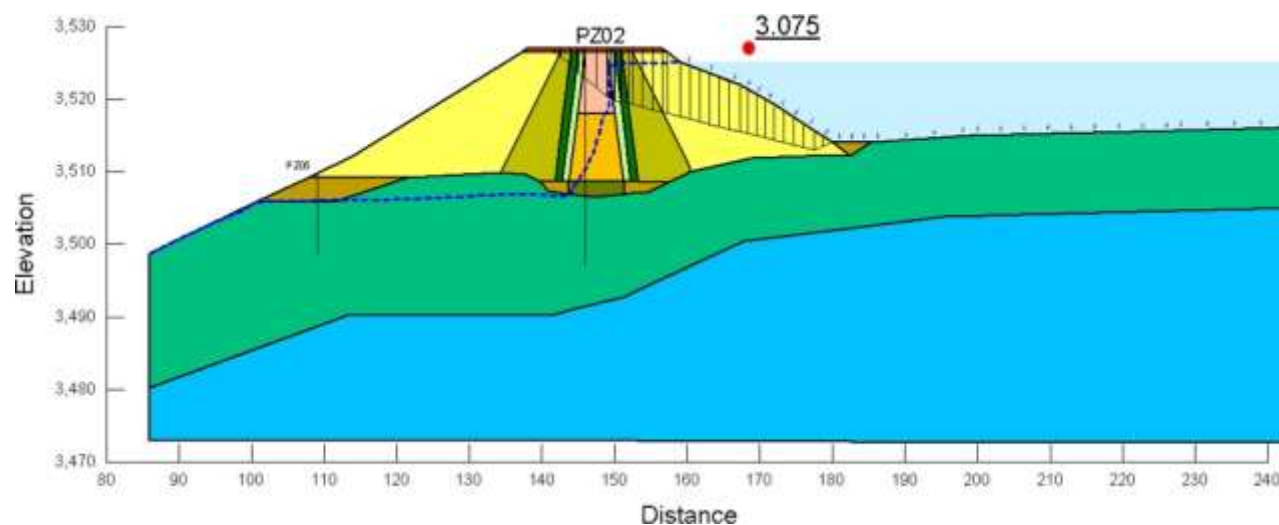
Análisis bajo parámetros no saturados en el núcleo

Análisis de Estabilidad Física – Presa Principal – Embalse Lleno

Falla Tipo Bloque – Análisis Estático Corto Plazo – Aguas Arriba



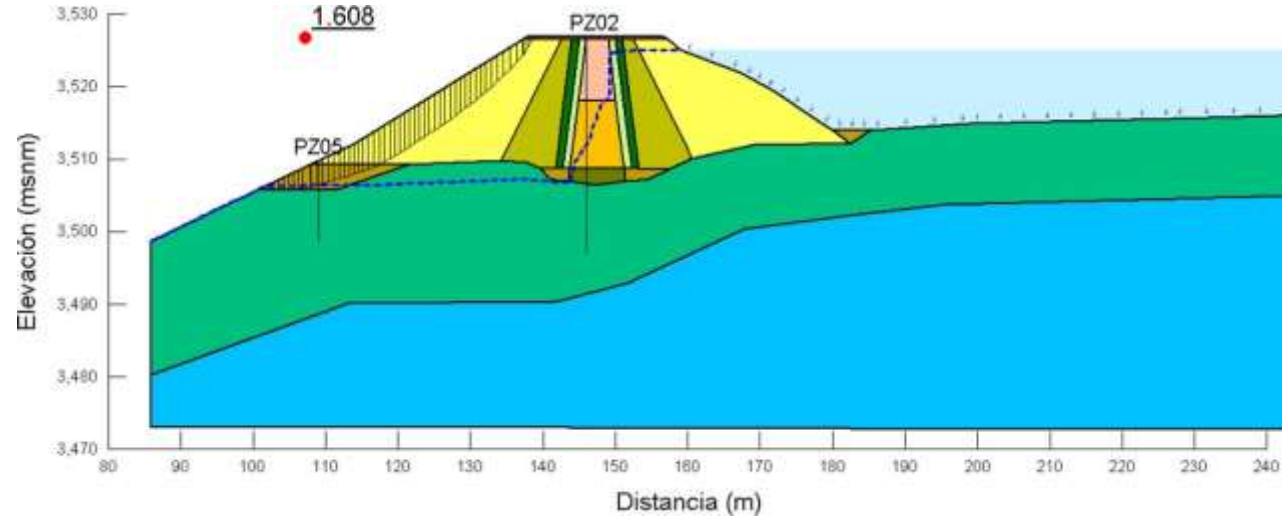
Análisis bajo parámetros saturados en el núcleo



Análisis bajo parámetros no saturados en el núcleo

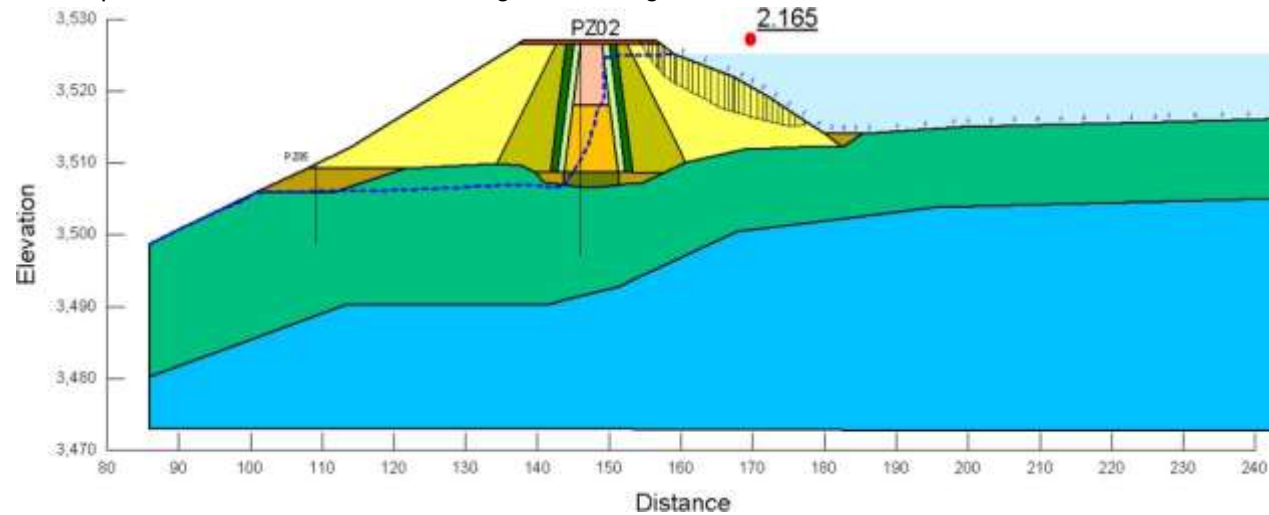
Análisis de Estabilidad Física – Presa Principal – Embalse Lleno

Falla Tipo Circular – Análisis Estático Largo Plazo – Aguas Abajo



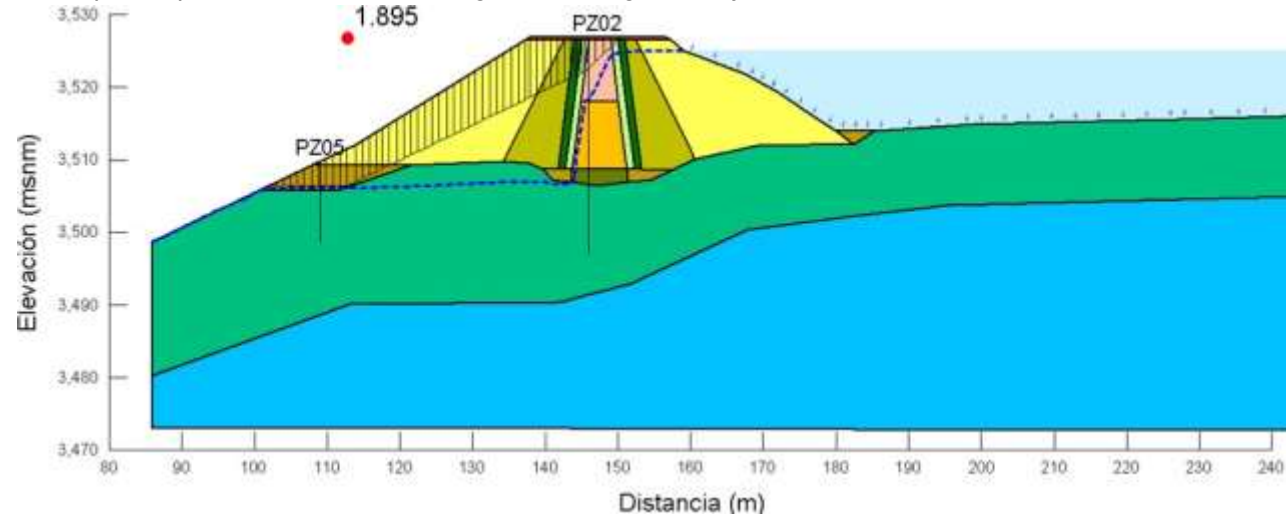
Análisis de Estabilidad Física – Presa Principal – Embalse Lleno

Falla Tipo Circular – Análisis Estático Largo Plazo – Aguas Arriba



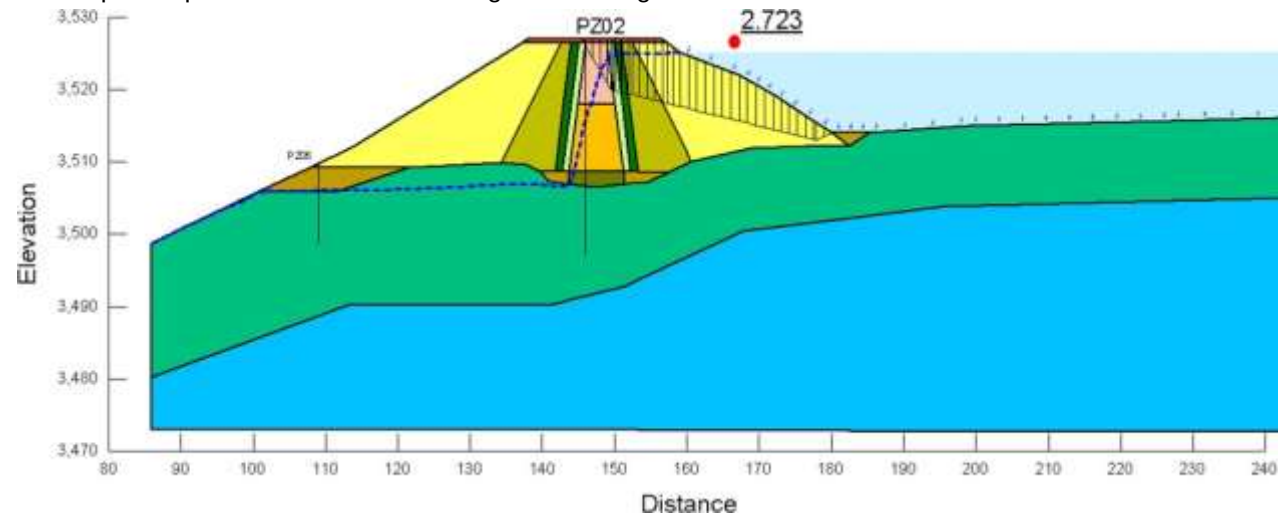
Análisis de Estabilidad Física – Presa Principal – Embalse Lleno

Falla Tipo Bloque – Análisis Estático Largo Plazo – Aguas Abajo



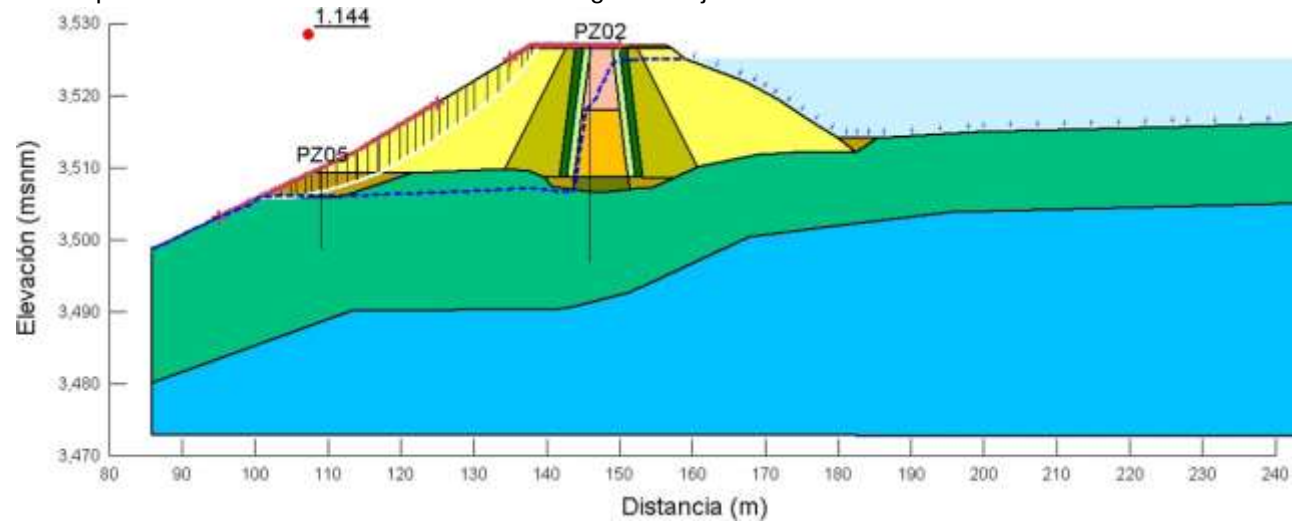
Análisis de Estabilidad Física – Presa Principal – Embalse Lleno

Falla Tipo Bloque – Análisis Estático Largo Plazo – Aguas Arriba



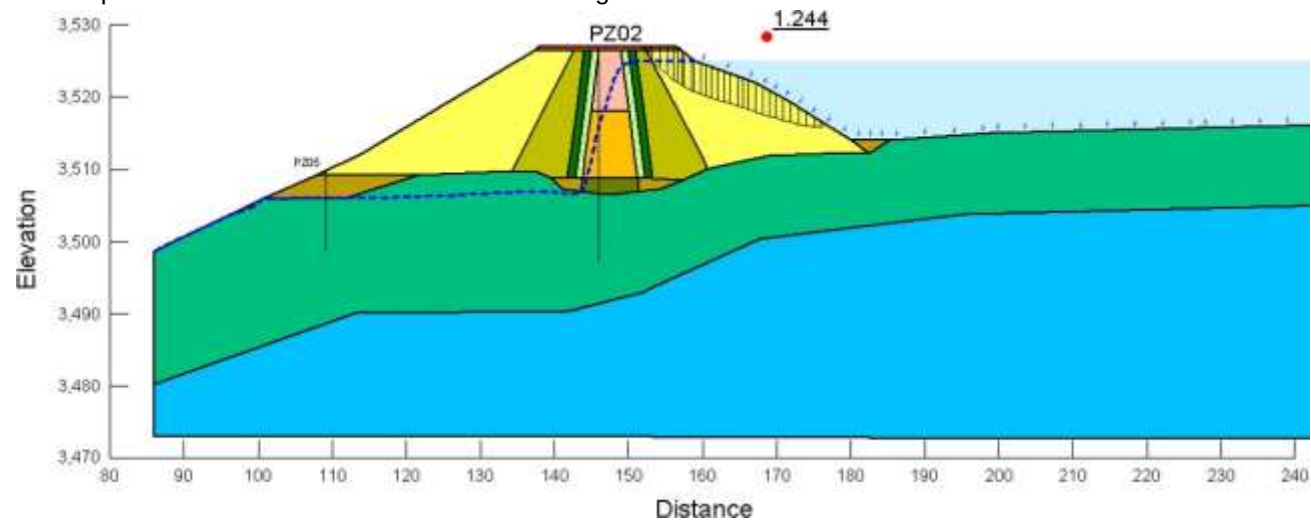
Análisis de Estabilidad Física – Presa Principal – Embalse Lleno

Falla Tipo Circular – Análisis Pseudo-Estático – Aguas Abajo



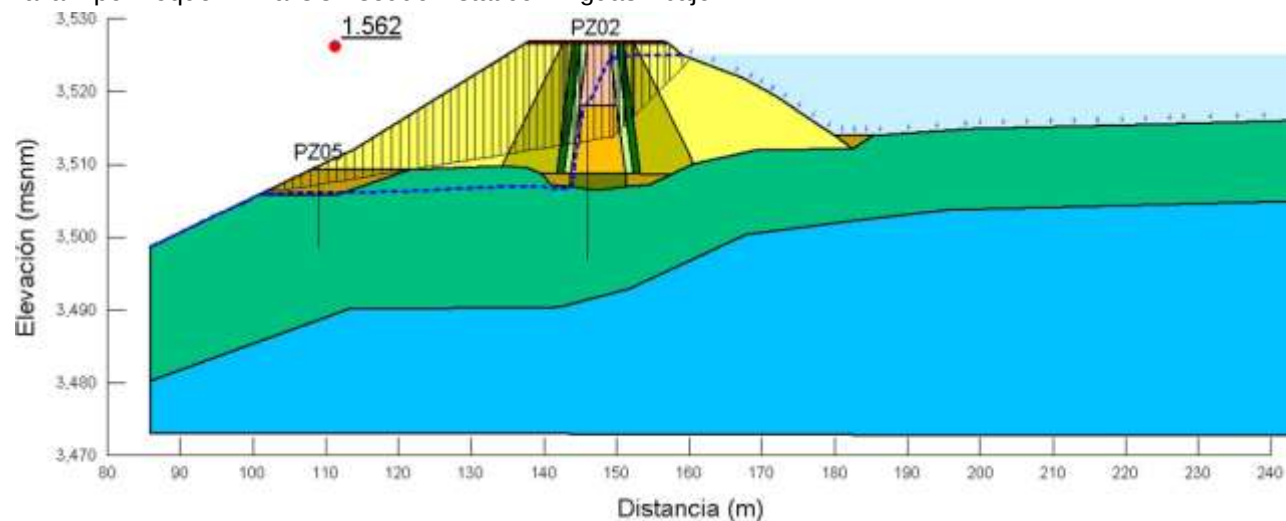
Análisis de Estabilidad Física – Presa Principal – Embalse Lleno

Falla Tipo Circular – Análisis Pseudo-Estático – Aguas Arriba



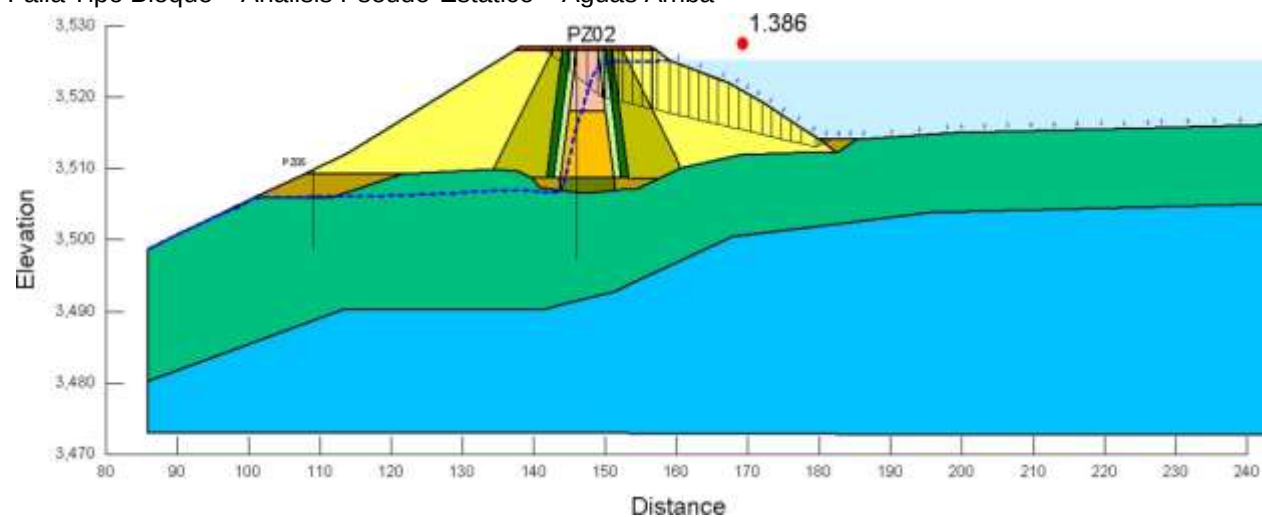
Análisis de Estabilidad Física – Presa Principal – Embalse Lleno

Falla Tipo Bloque – Análisis Pseudo-Estático – Aguas Abajo



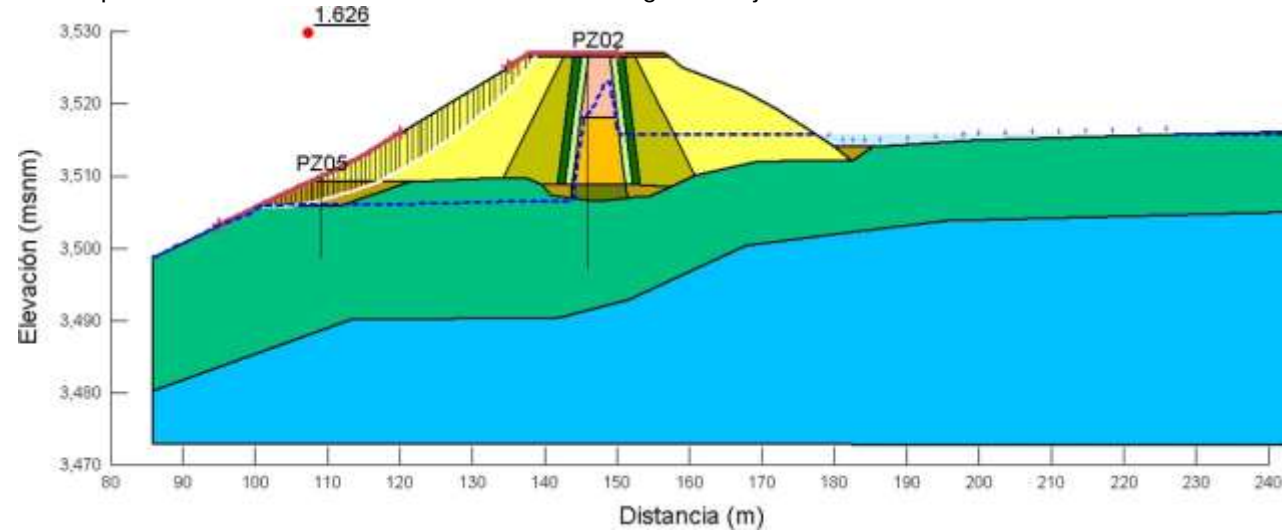
Análisis de Estabilidad Física – Presa Principal – Embalse Lleno

Falla Tipo Bloque – Análisis Pseudo-Estático – Aguas Arriba



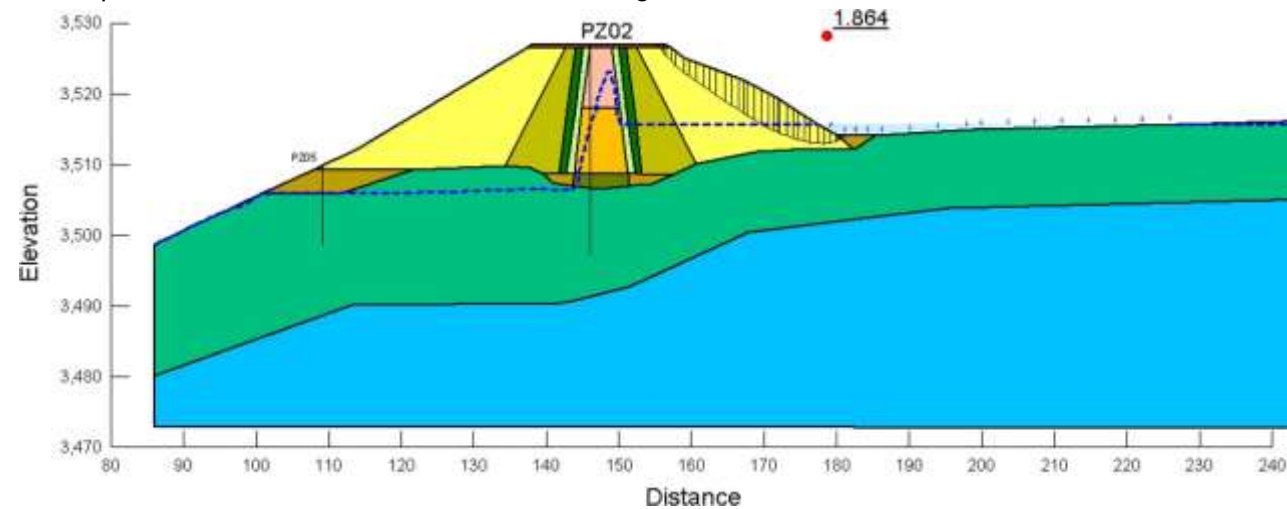
Análisis de Estabilidad Física – Presa Principal – Desembalse Rápido

Falla Tipo Circular – Análisis Estático Corto Plazo – Aguas Abajo



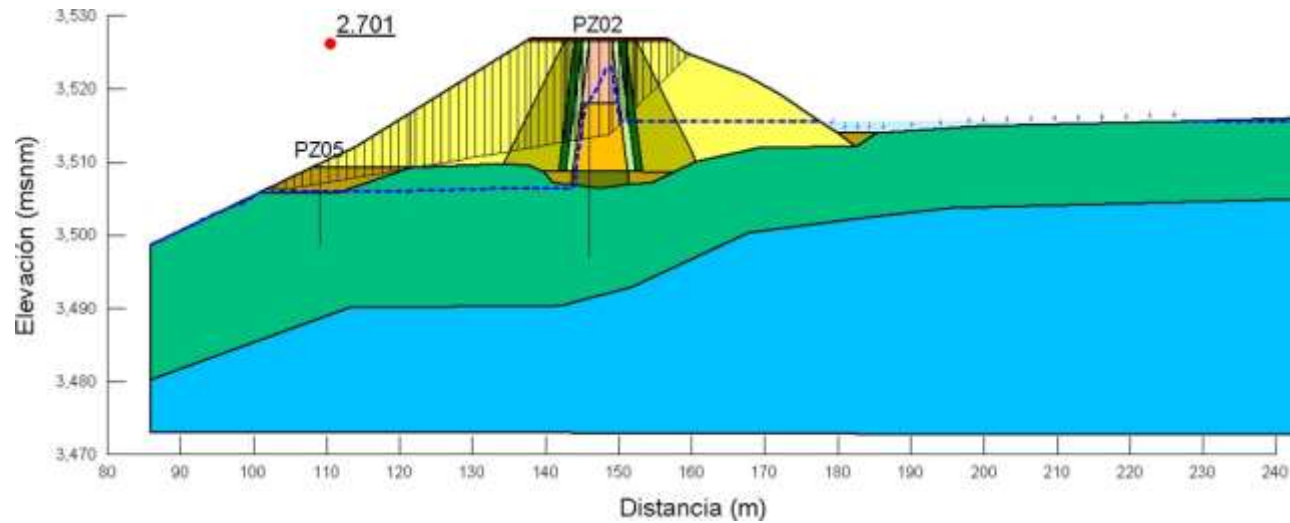
Análisis de Estabilidad Física – Presa Principal – Desembalse Rápido

Falla Tipo Circular – Análisis Estático Corto Plazo – Aguas Arriba

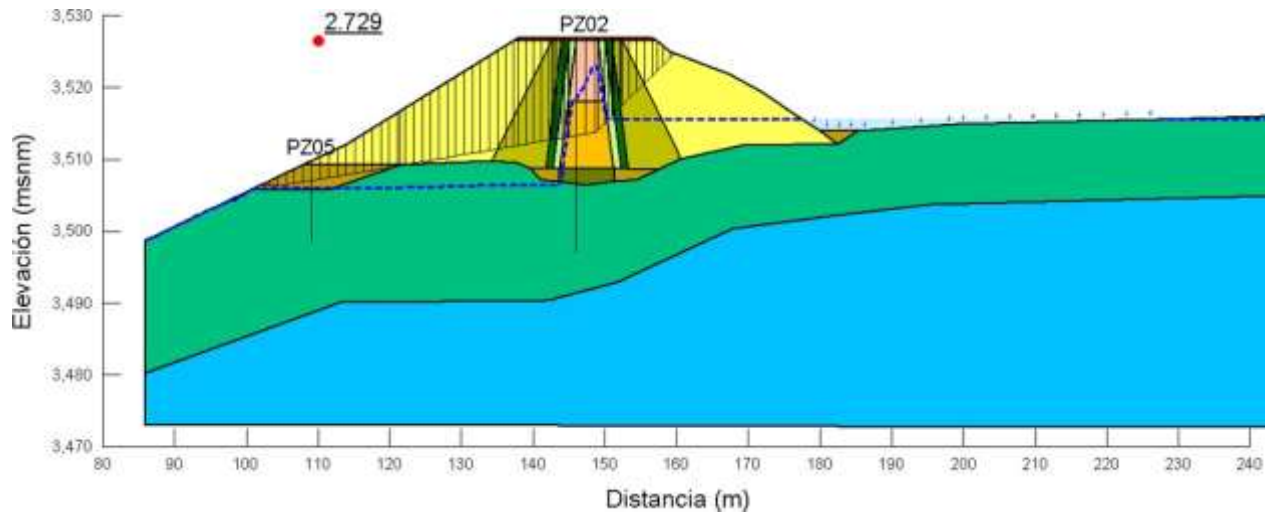


Análisis de Estabilidad Física – Presa Principal – Desembalse Rápido

Falla Tipo Bloque – Análisis Estático Corto Plazo – Aguas Abajo



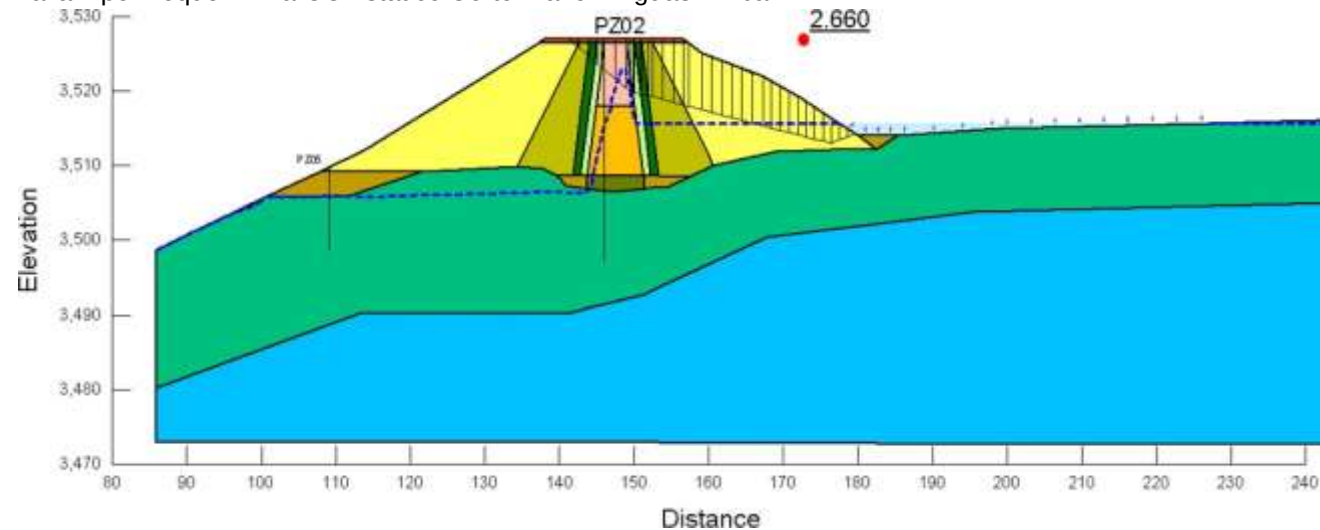
Análisis bajo parámetros saturados en el núcleo



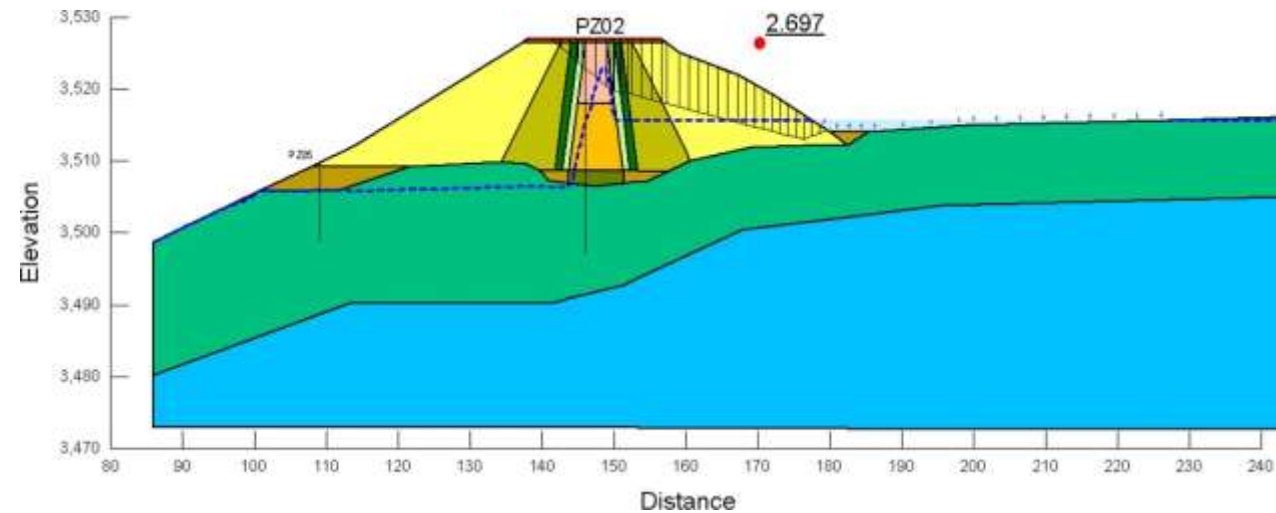
Análisis bajo parámetros no saturados en el núcleo

Análisis de Estabilidad Física – Presa Principal – Desembalse Rápido

Falla Tipo Bloque – Análisis Estático Corto Plazo – Aguas Arriba



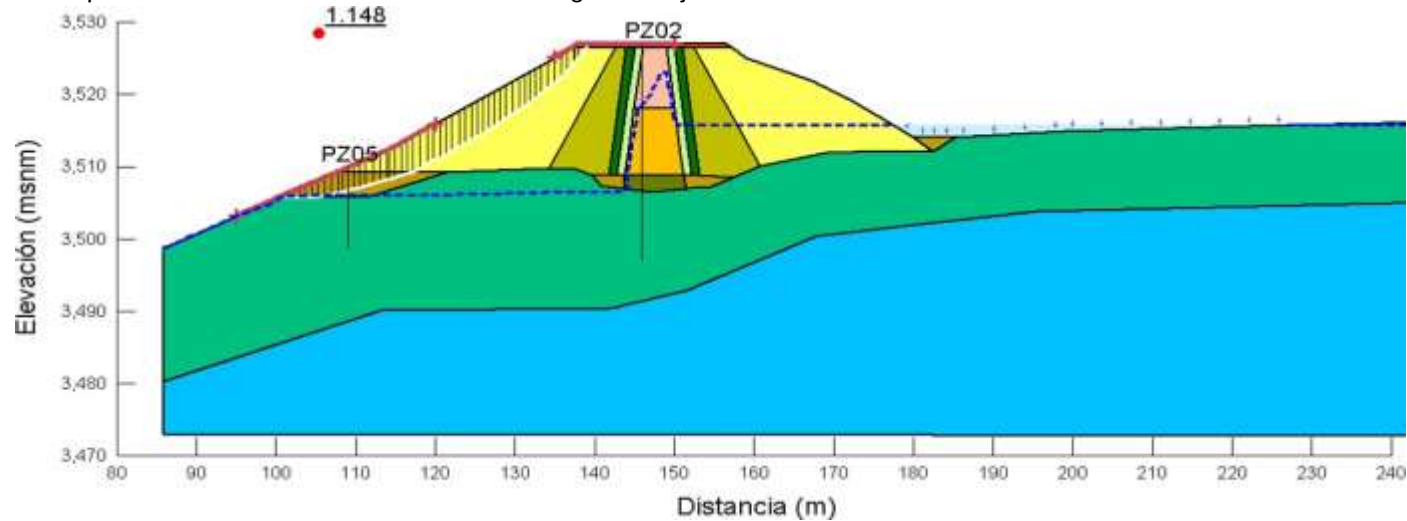
Análisis bajo parámetros saturados en el núcleo



Análisis bajo parámetros no saturados en el núcleo

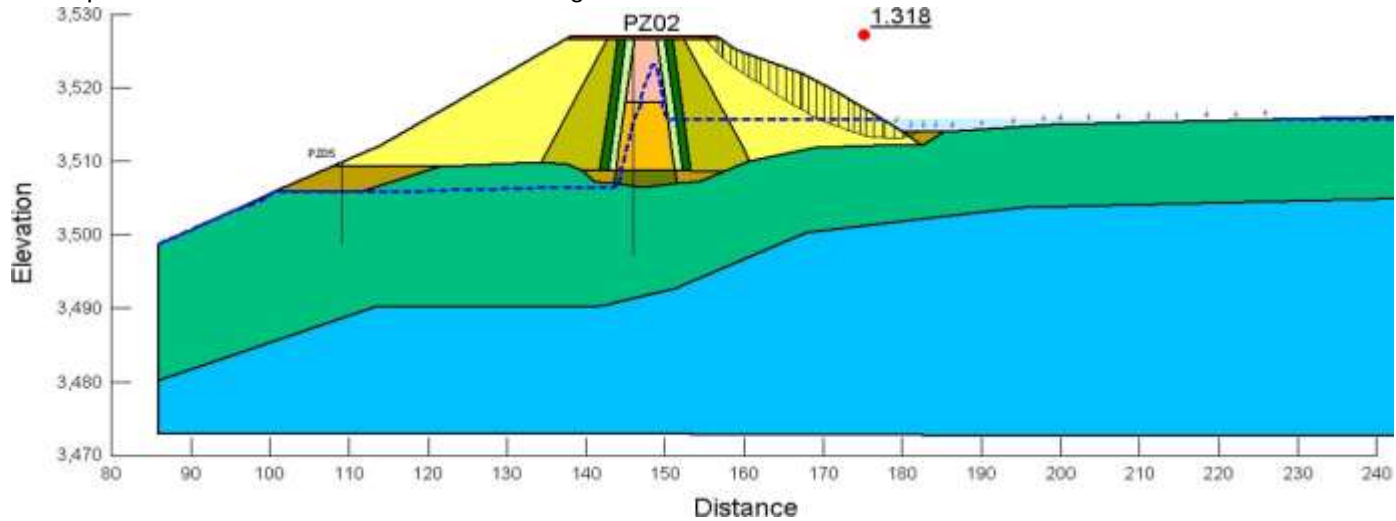
Análisis de Estabilidad Física – Presa Principal – Desembalse Rápido

Falla Tipo Circular – Análisis Pseudoestático – Aguas Abajo



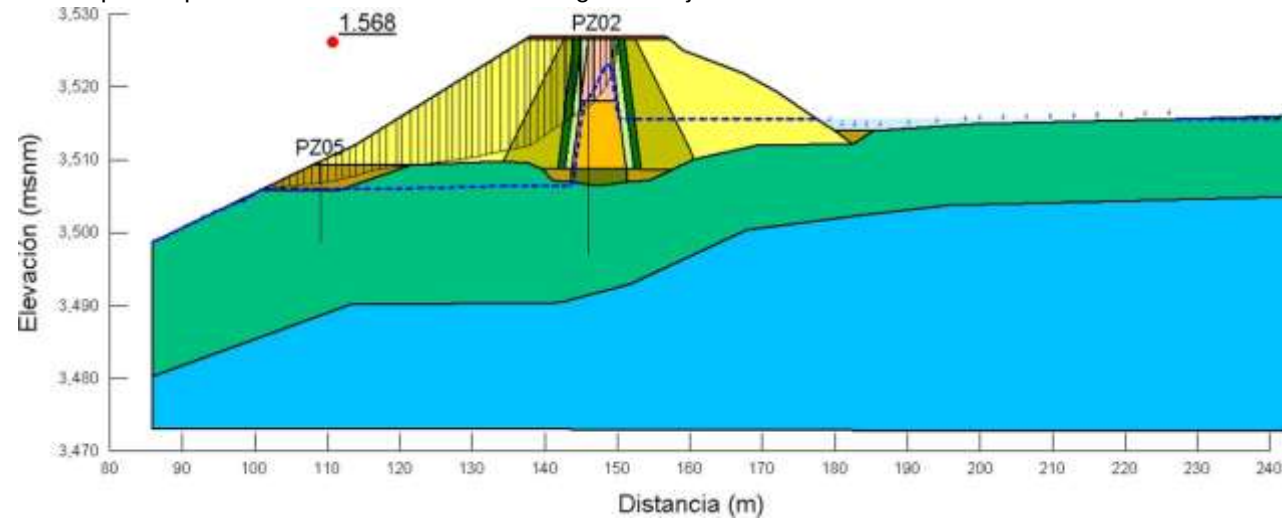
Análisis de Estabilidad Física – Presa Principal – Desembalse Rápido

Falla Tipo Circular – Análisis Pseudoestático – Aguas Arriba



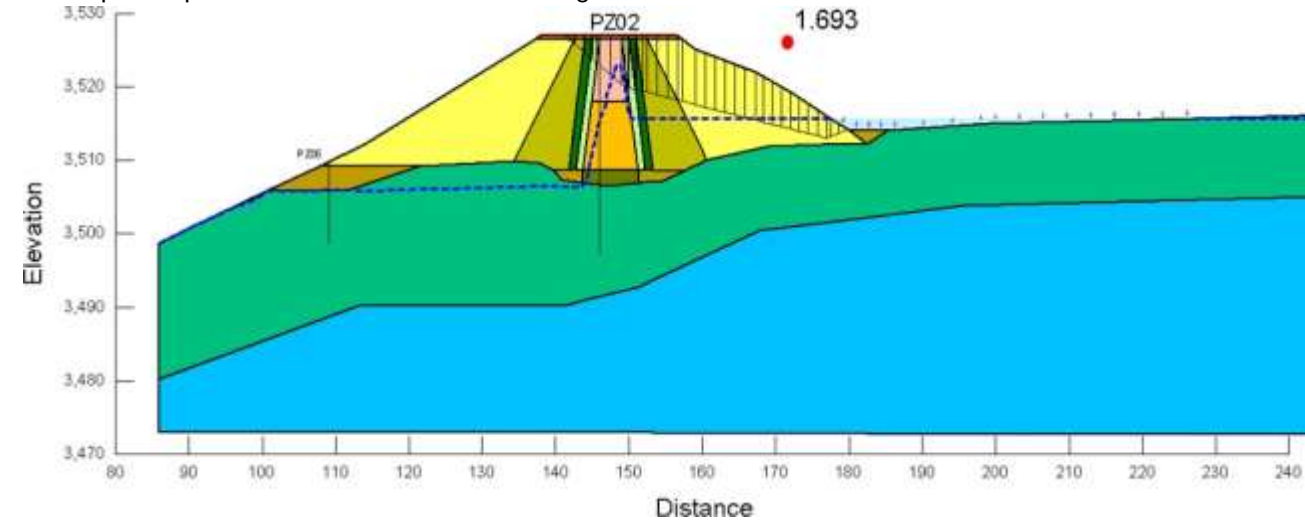
Análisis de Estabilidad Física – Presa Principal – Desembalse Rápido

Falla Tipo Bloque – Análisis Pseudoestático – Aguas Abajo



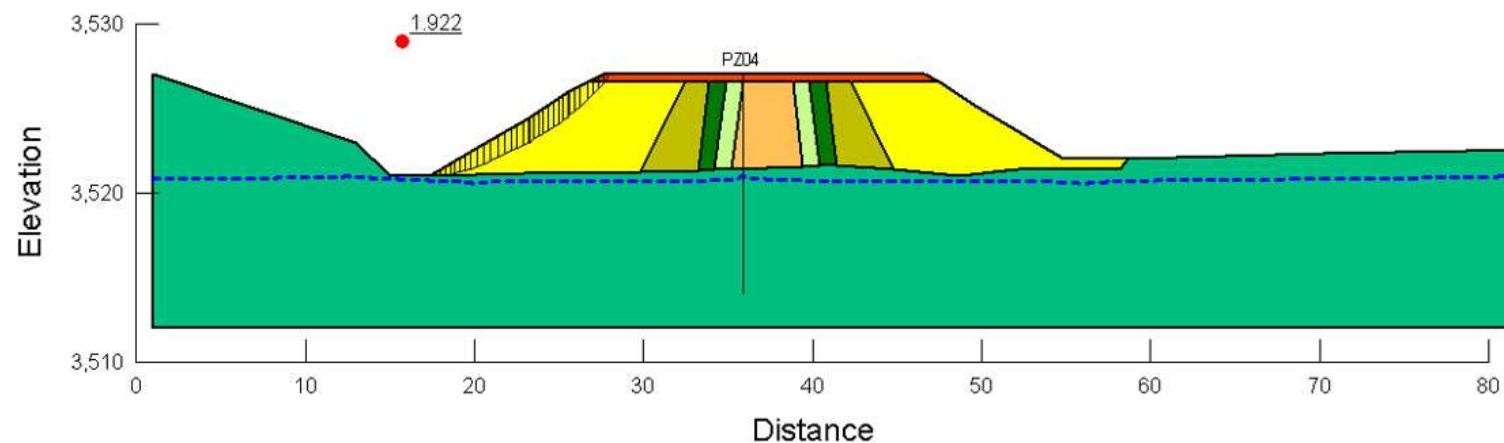
Análisis de Estabilidad Física – Presa Principal – Desembalse Rápido

Falla Tipo Bloque – Análisis Pseudoestático – Aguas Arriba



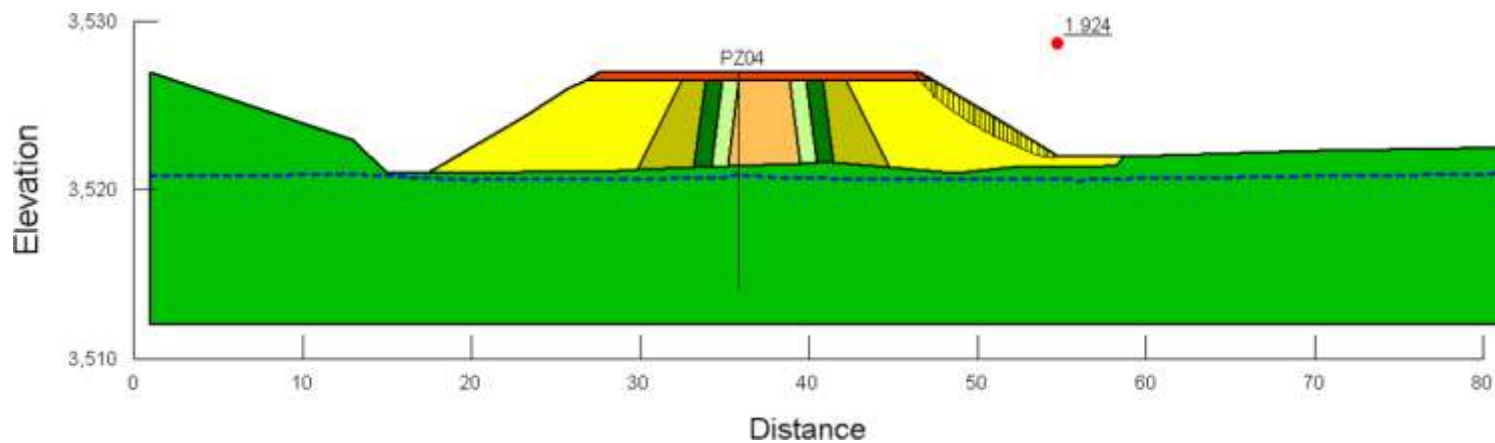
Análisis de Estabilidad Física – Presa Lateral – Condición Inicial

Falla Tipo Circular – Análisis Estático – Aguas Abajo



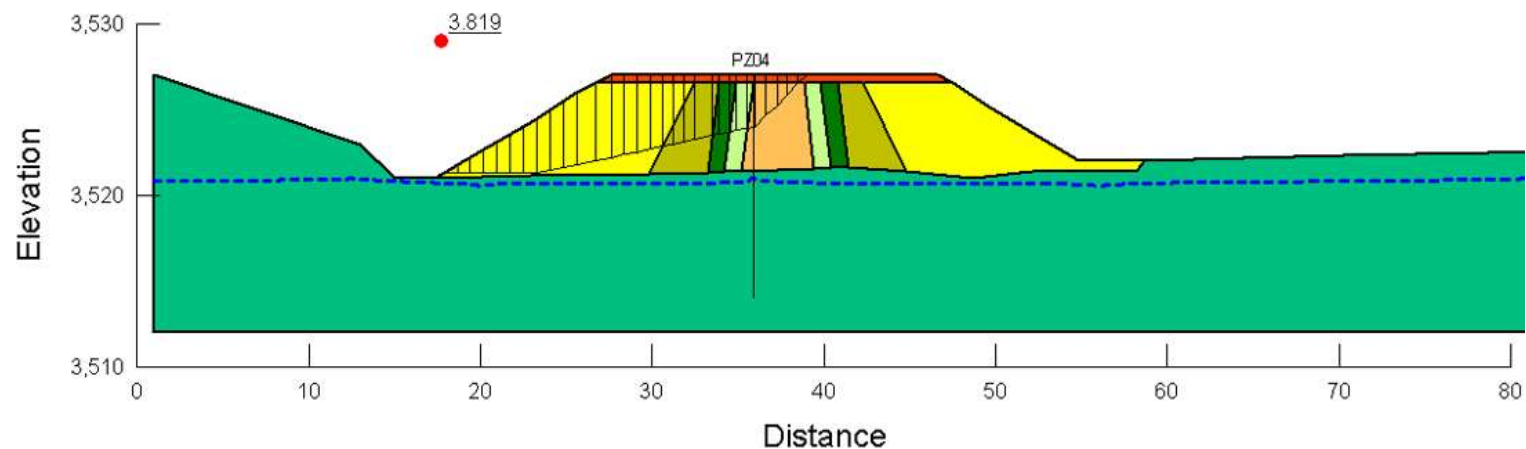
Análisis de Estabilidad Física – Presa Lateral – Condición Inicial

Falla Tipo Circular – Análisis Estático – Aguas Arriba



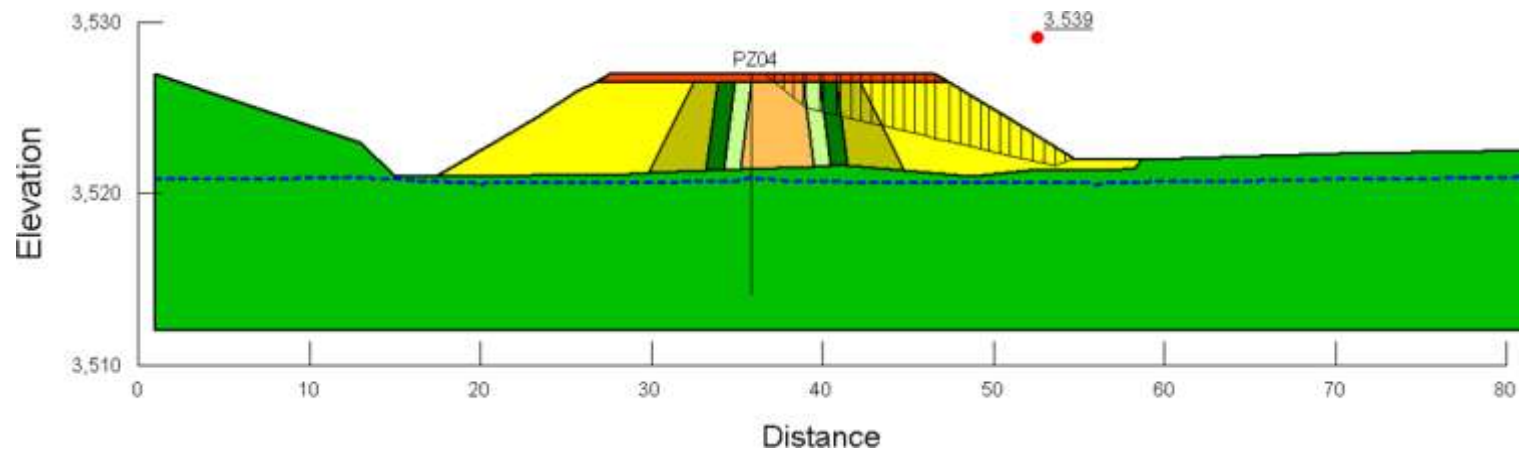
Análisis de Estabilidad Física – Presa Lateral – Condición Inicial

Falla Tipo Bloque – Análisis Estático – Aguas Abajo

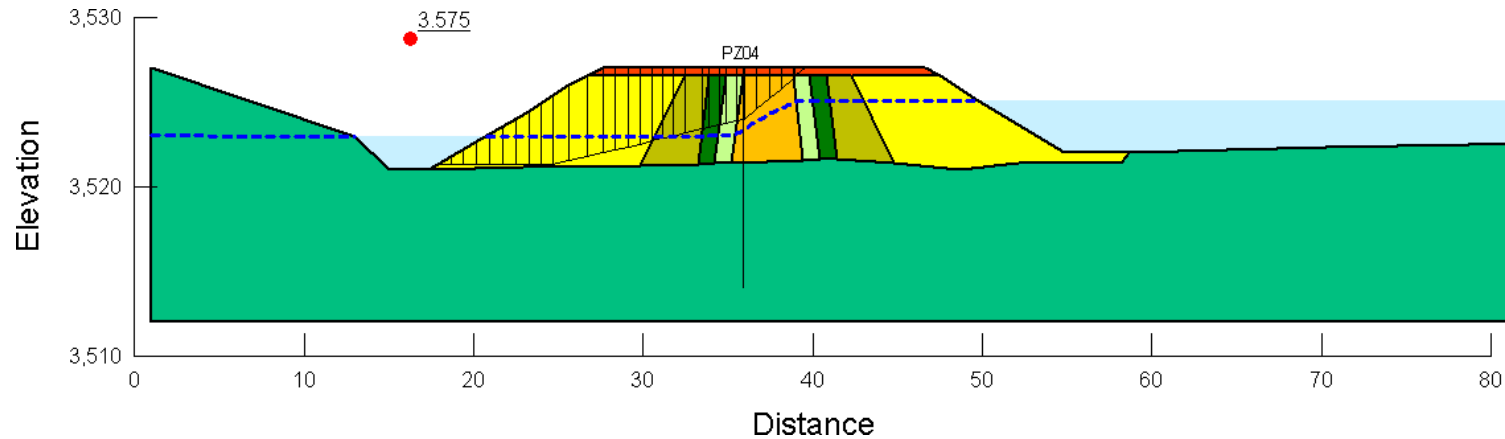


Análisis de Estabilidad Física – Presa Lateral – Condición Inicial

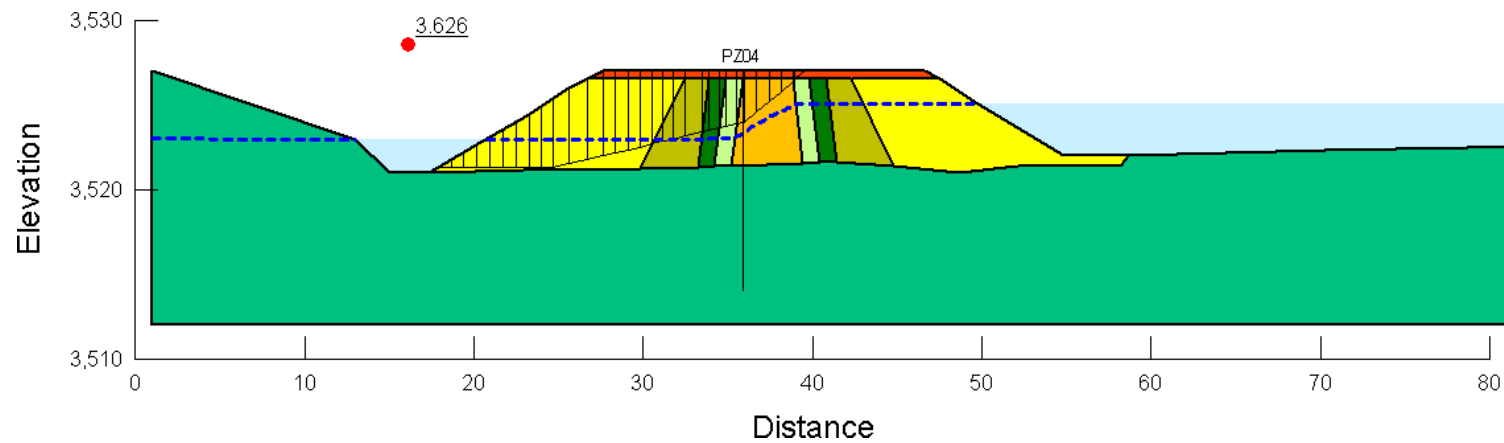
Falla Tipo Bloque – Análisis Estático – Aguas Arriba



Análisis de Estabilidad Física – Presa Lateral – Embalse Lleno
Falla Tipo Bloque – Análisis Estático Corto Plazo – Aguas Abajo

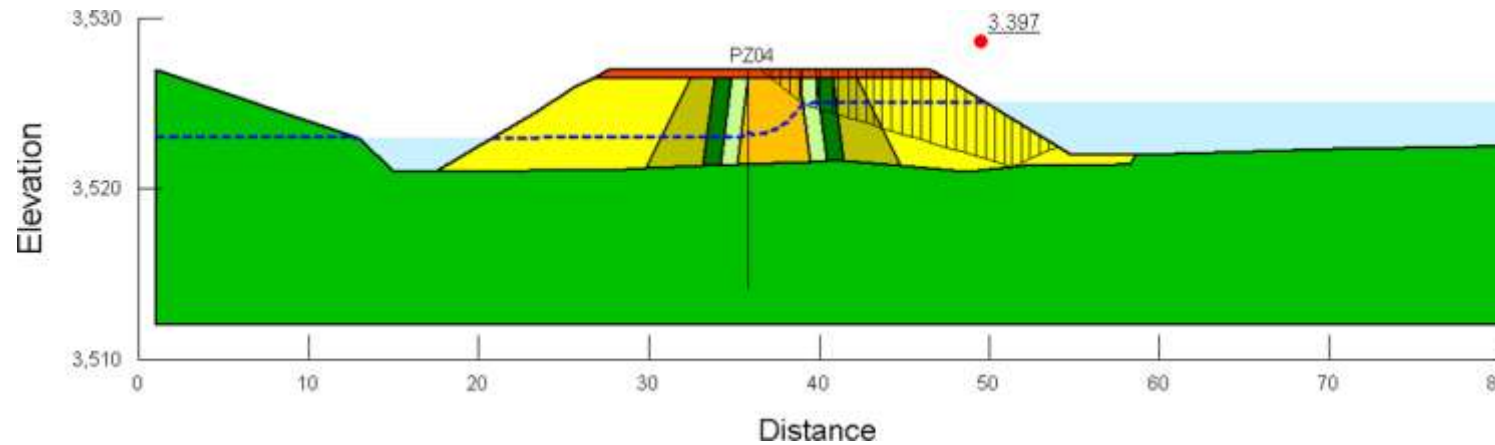


Análisis bajo parámetros saturados en el núcleo

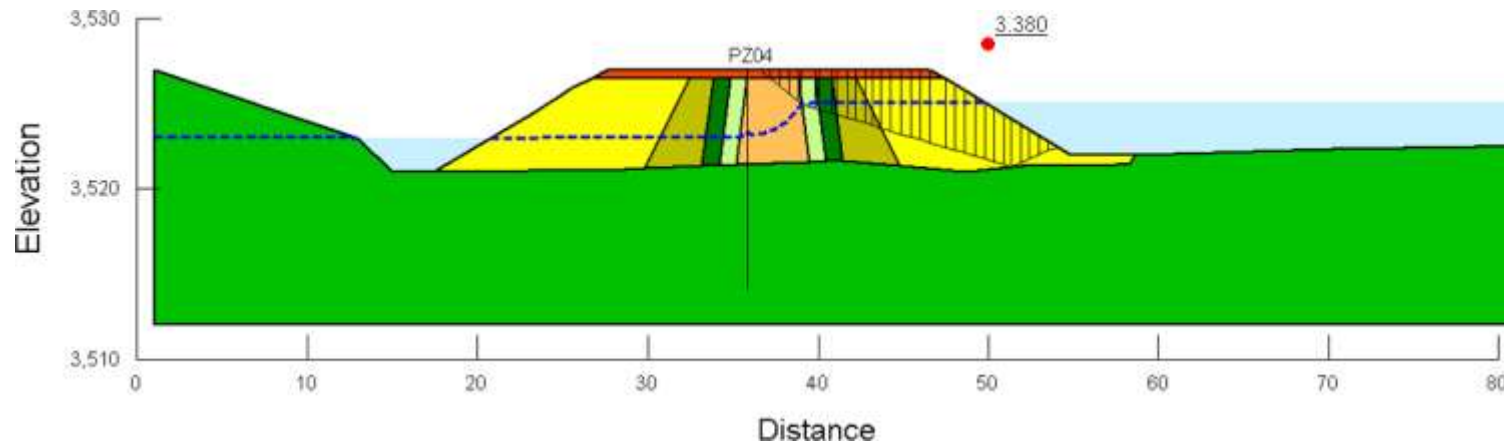


Análisis bajo parámetros no saturados en el núcleo

Análisis de Estabilidad Física – Presa Lateral – Embalse Lleno
Falla Tipo Bloque – Análisis Estático Corto Plazo – Aguas Arriba



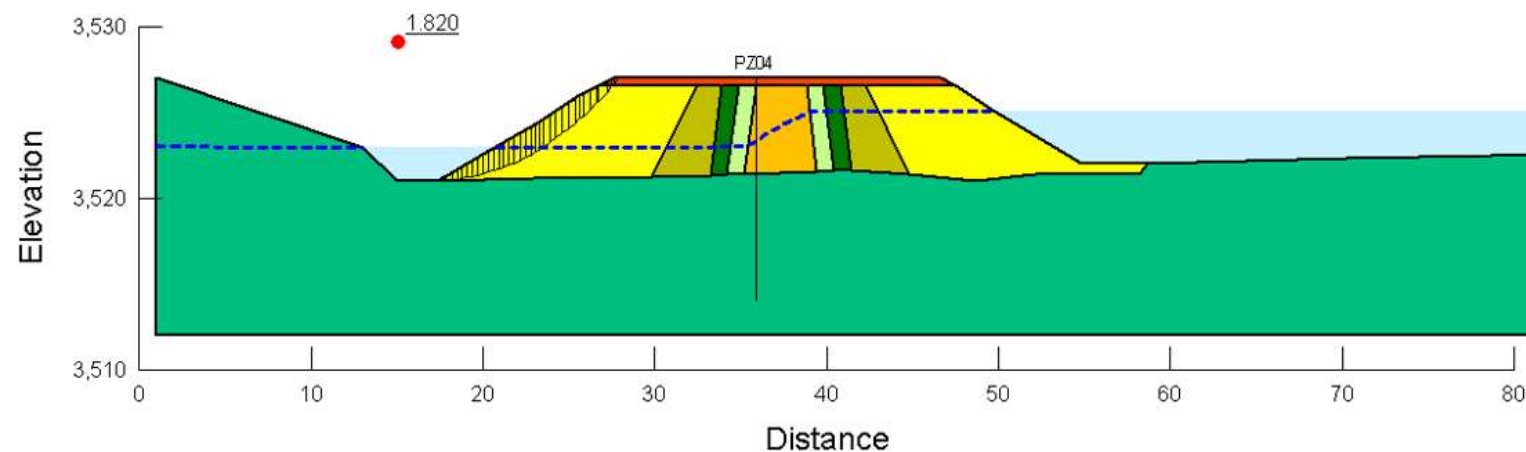
Análisis bajo parámetros saturados en el núcleo



Análisis bajo parámetros no saturados en el núcleo

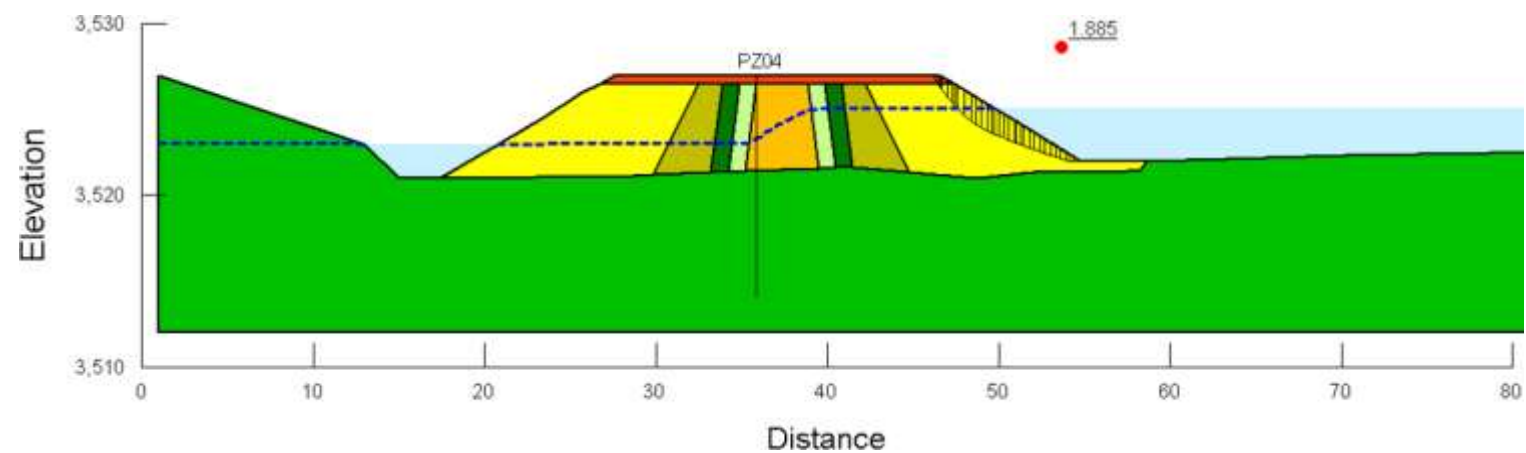
Análisis de Estabilidad Física – Presa Lateral – Embalse Lleno

Falla Tipo Circular – Análisis Estático Largo Plazo – Aguas Abajo



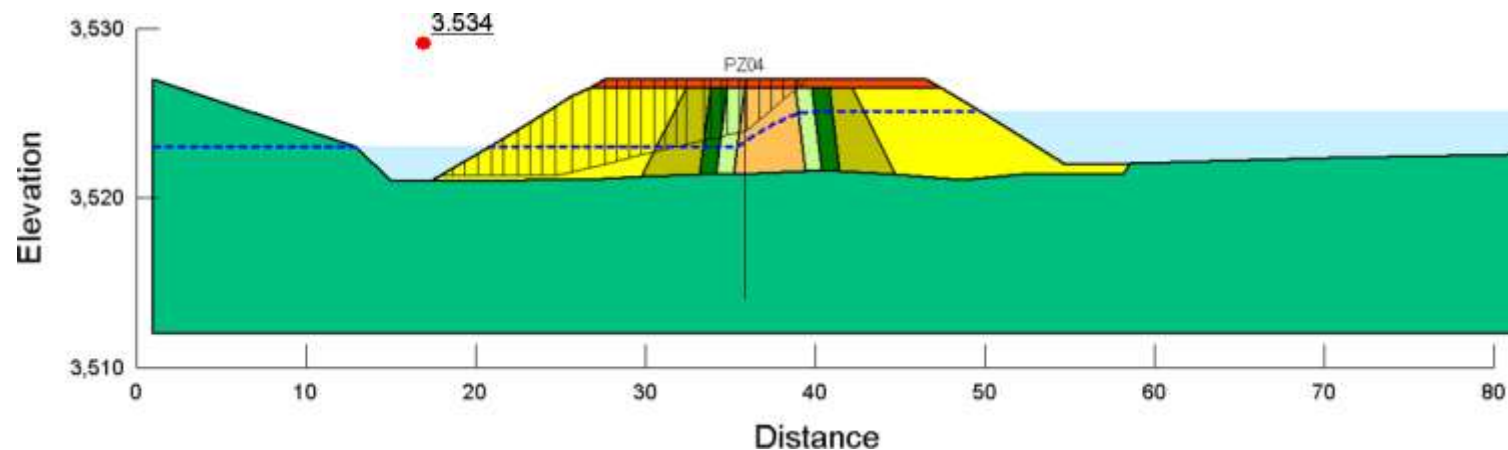
Análisis de Estabilidad Física – Presa Lateral – Embalse Lleno

Falla Tipo Circular – Análisis Estático Largo Plazo – Aguas Arriba



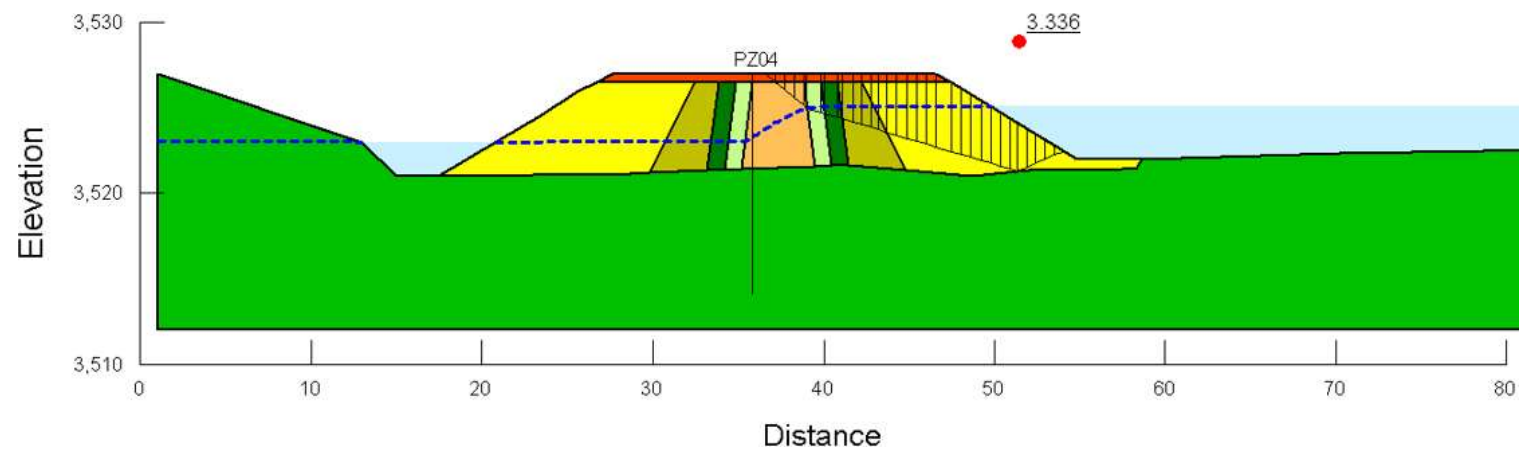
Análisis de Estabilidad Física – Presa Lateral – Embalse Lleno

Falla Tipo Bloque – Análisis Estático Largo Plazo – Aguas Abajo



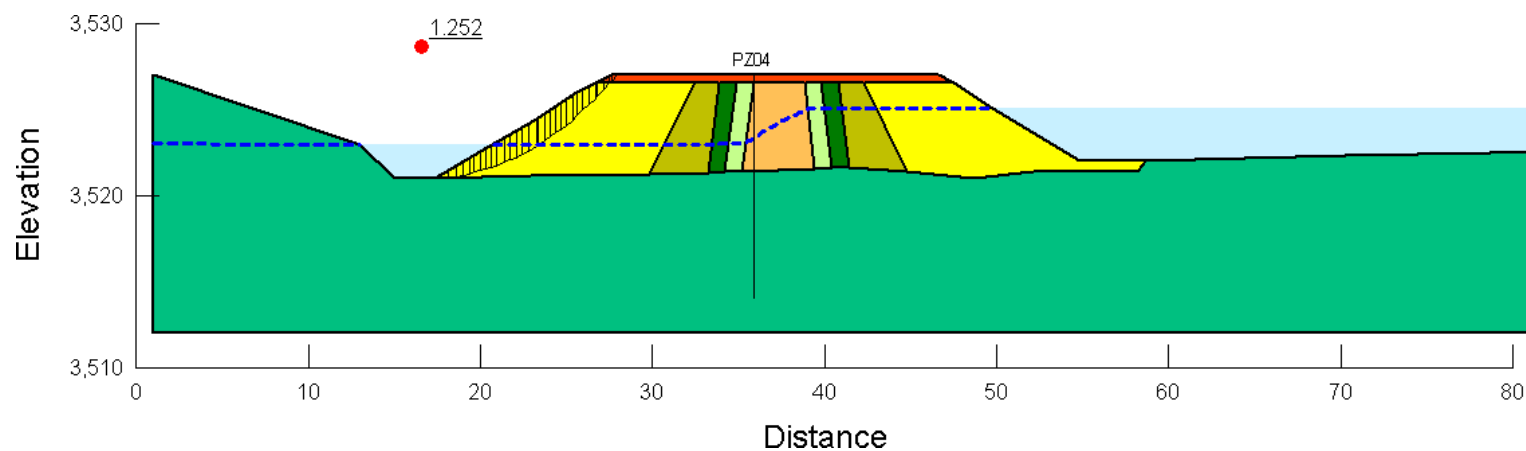
Análisis de Estabilidad Física – Presa Lateral – Embalse Lleno

Falla Tipo Bloque – Análisis Estático Largo Plazo – Aguas Arriba



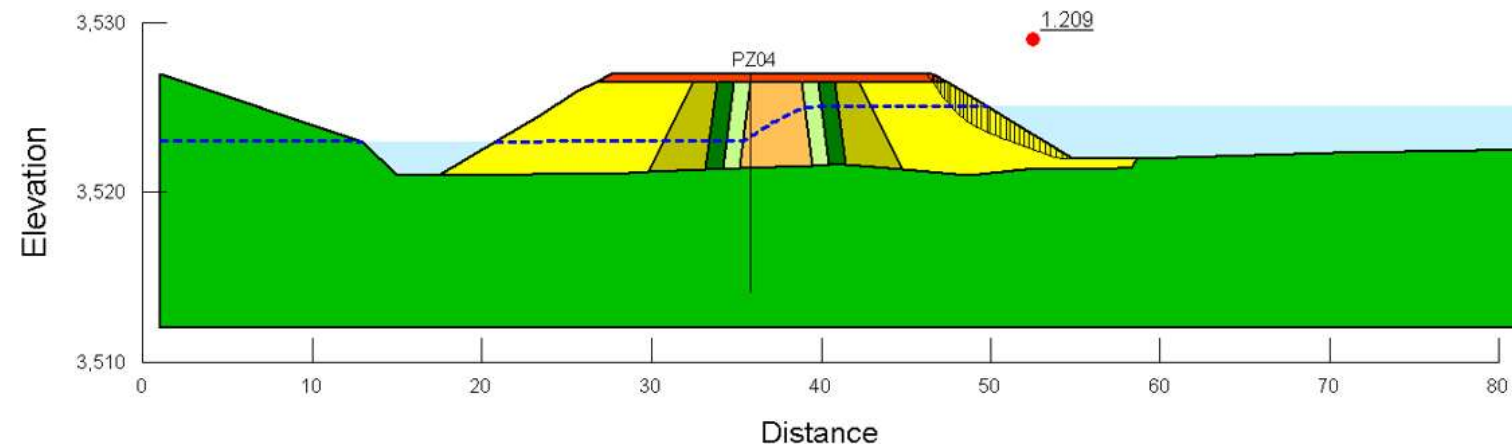
Análisis de Estabilidad Física – Presa Lateral – Embalse Lleno

Falla Tipo Circular – Análisis Pseudoestático – Aguas Abajo

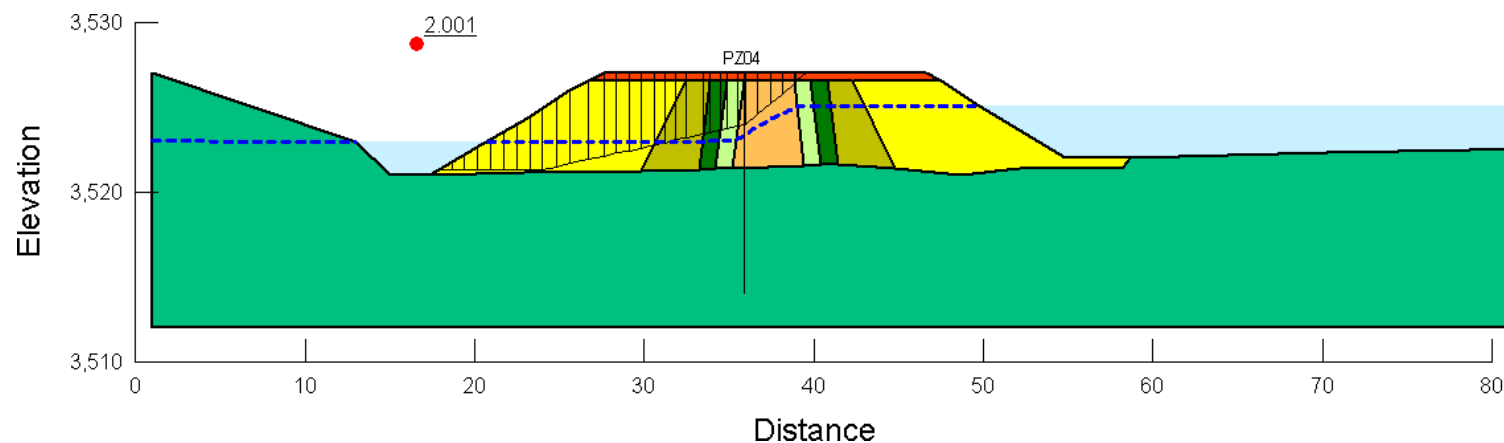


Análisis de Estabilidad Física – Presa Lateral – Embalse Lleno

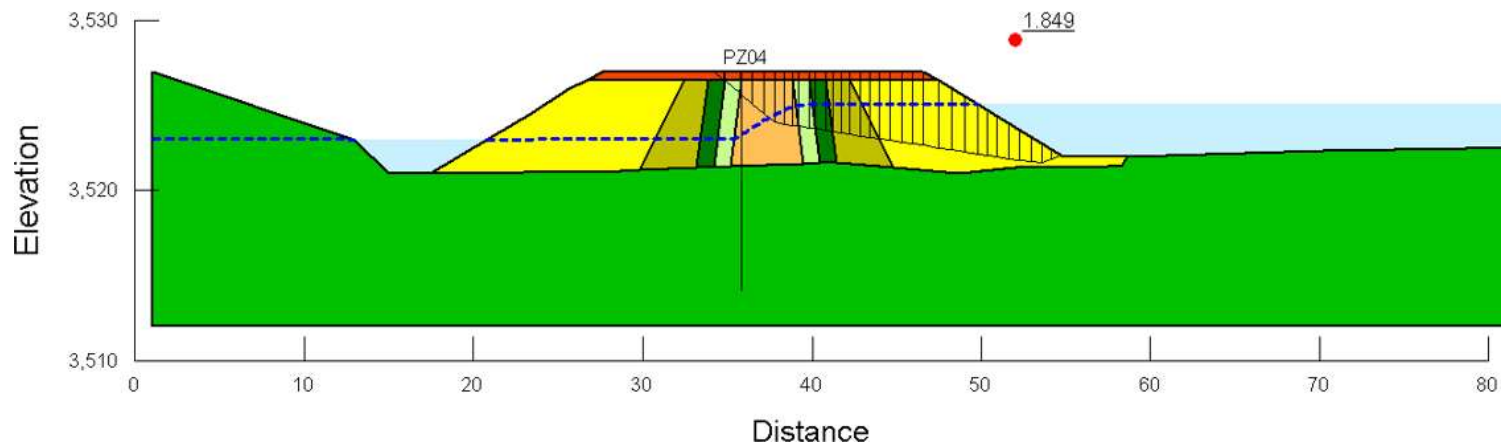
Falla Tipo Circular – Análisis Pseudoestático – Aguas Arriba



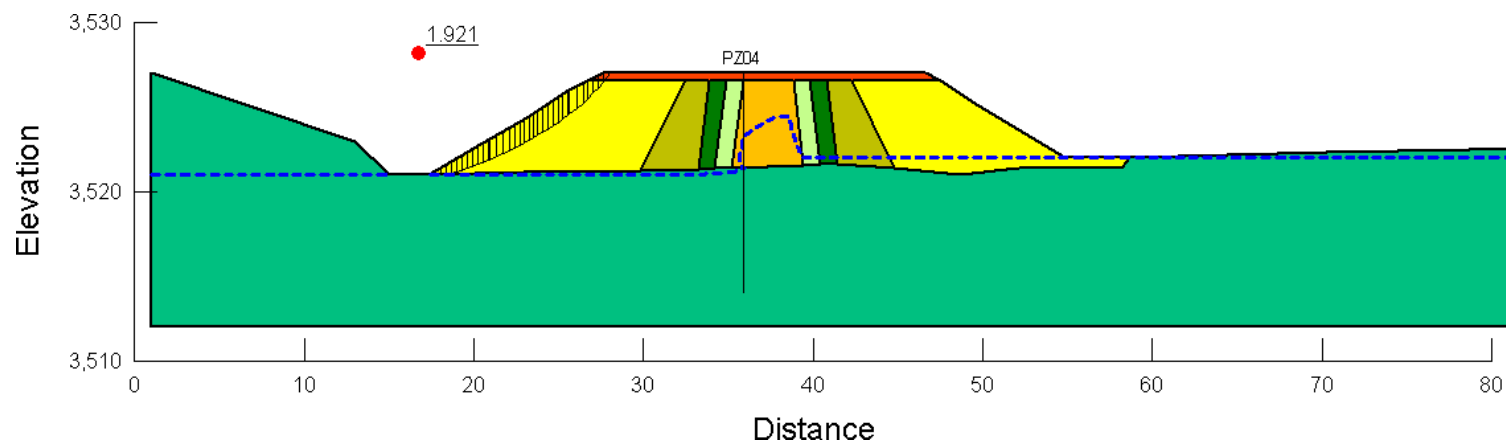
Análisis de Estabilidad Física – Presa Lateral – Embalse Lleno
Falla Tipo Bloque – Análisis Pseudoestático – Aguas Abajo



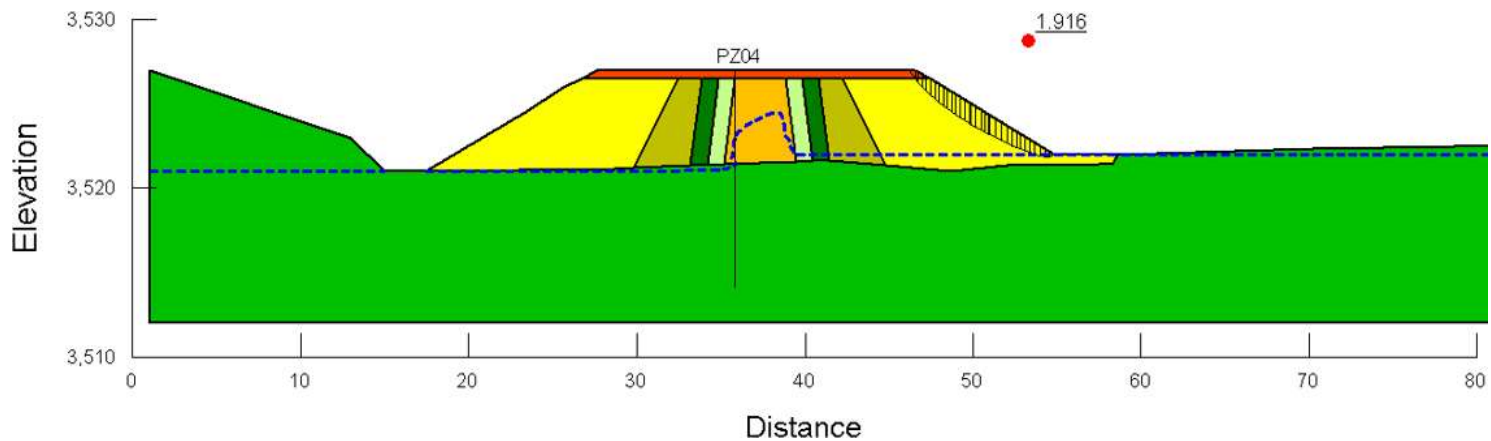
Análisis de Estabilidad Física – Presa Lateral – Embalse Lleno
Falla Tipo Bloque – Análisis Pseudoestático – Aguas Arriba



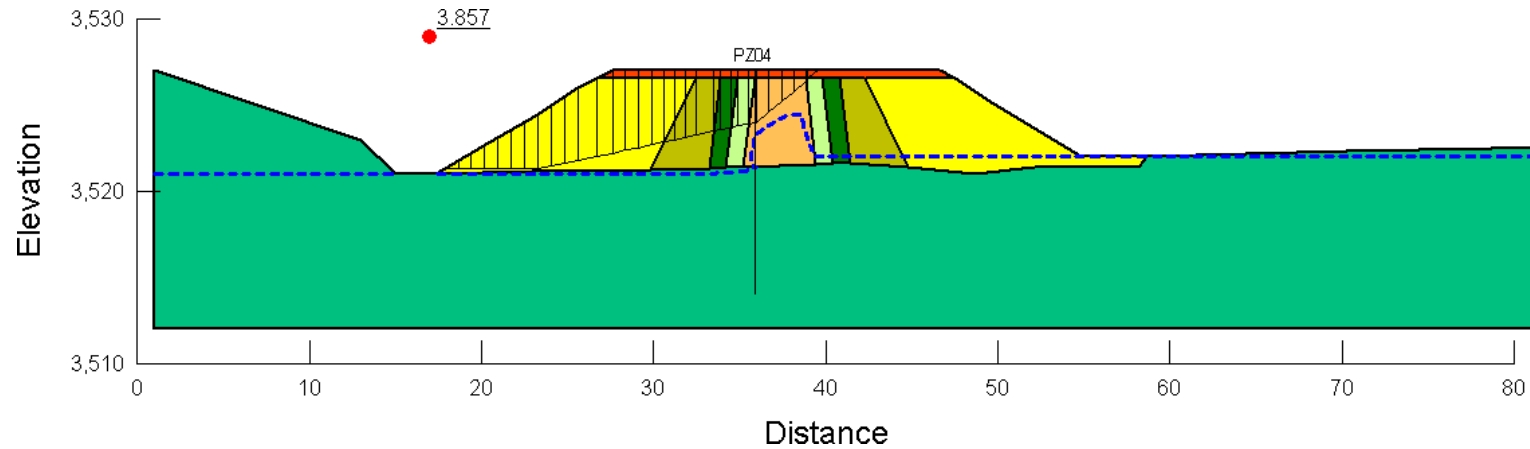
Análisis de Estabilidad Física – Presa Lateral – Desembalse Rápido
Falla Tipo Circular – Análisis Estático Corto Plazo – Aguas Abajo



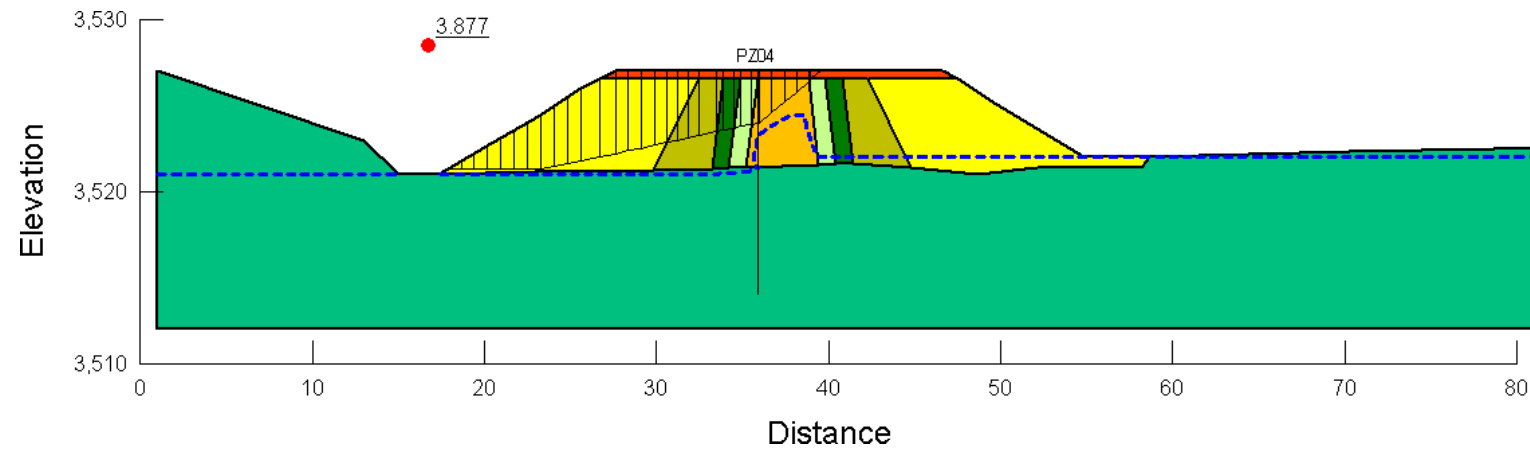
Análisis de Estabilidad Física – Presa Lateral – Desembalse Rápido
Falla Tipo Circular – Análisis Estático Corto Plazo – Aguas Arriba



Análisis de Estabilidad Física – Presa Lateral – Desembalse Rápido
Falla Tipo Bloque – Análisis Estático Corto Plazo – Aguas Abajo

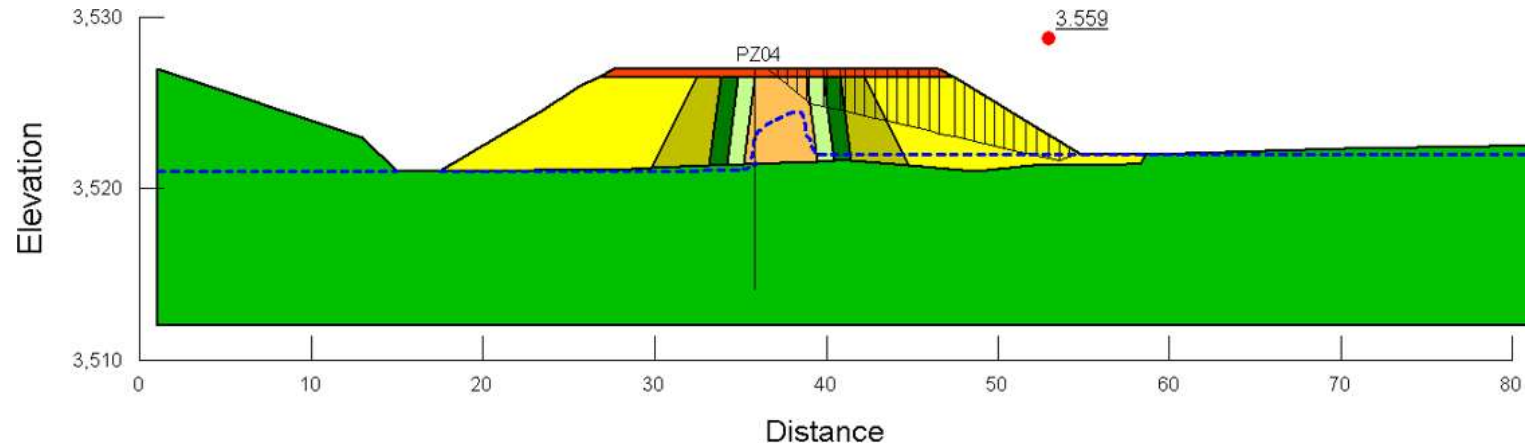


Análisis bajo parámetros saturados en el núcleo

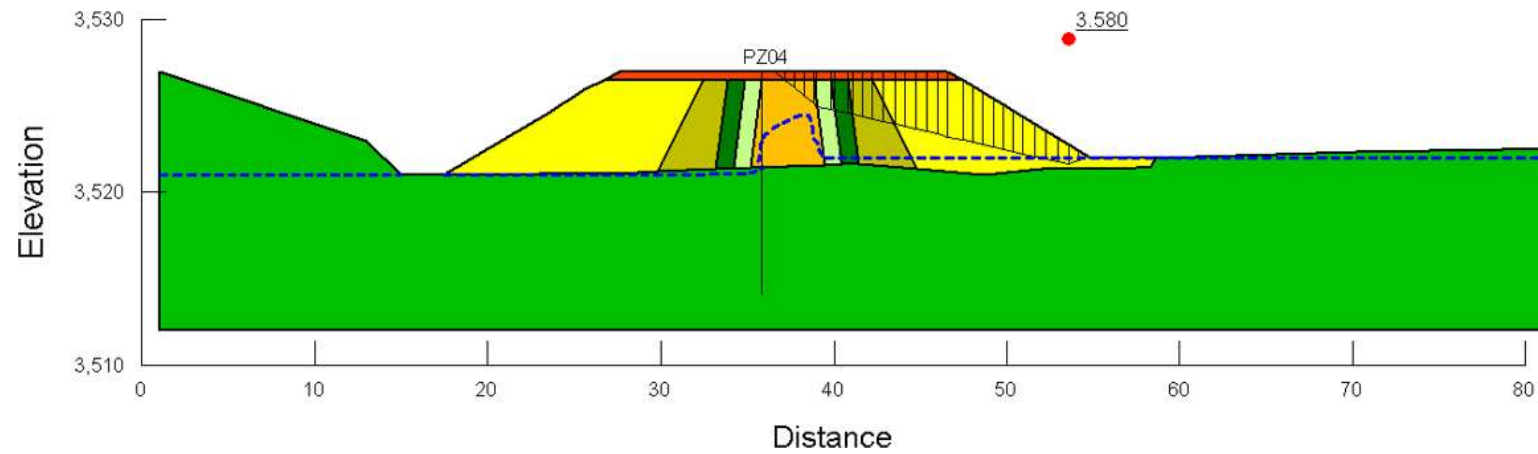


Análisis bajo parámetros no saturados en el núcleo

Análisis de Estabilidad Física – Presa Lateral – Desembalse Rápido
Falla Tipo Bloque – Análisis Estático Corto Plazo – Aguas Arriba

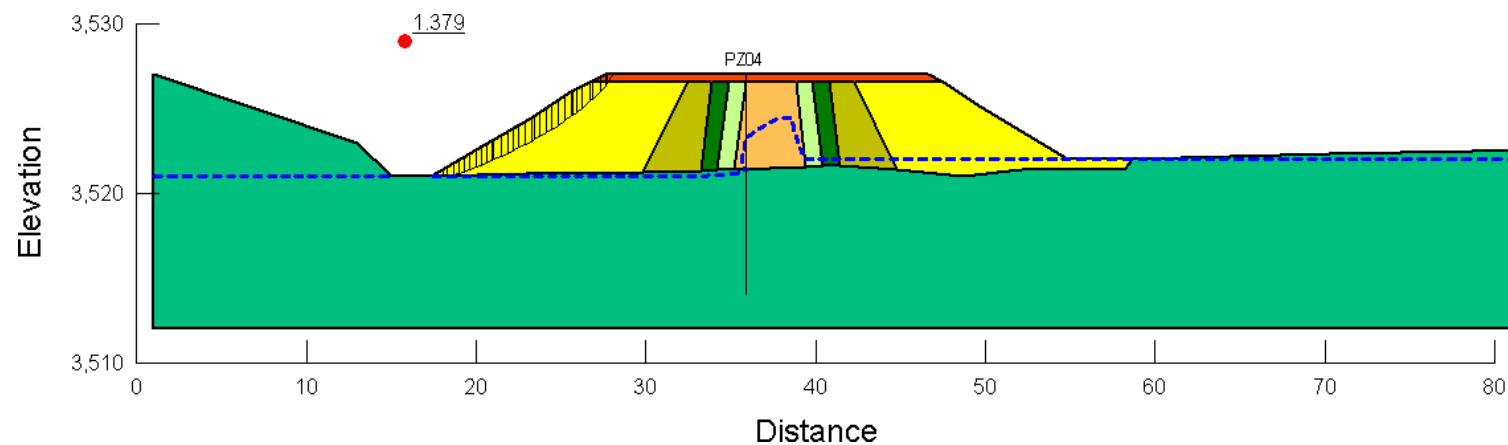


Análisis bajo parámetros saturados en el núcleo

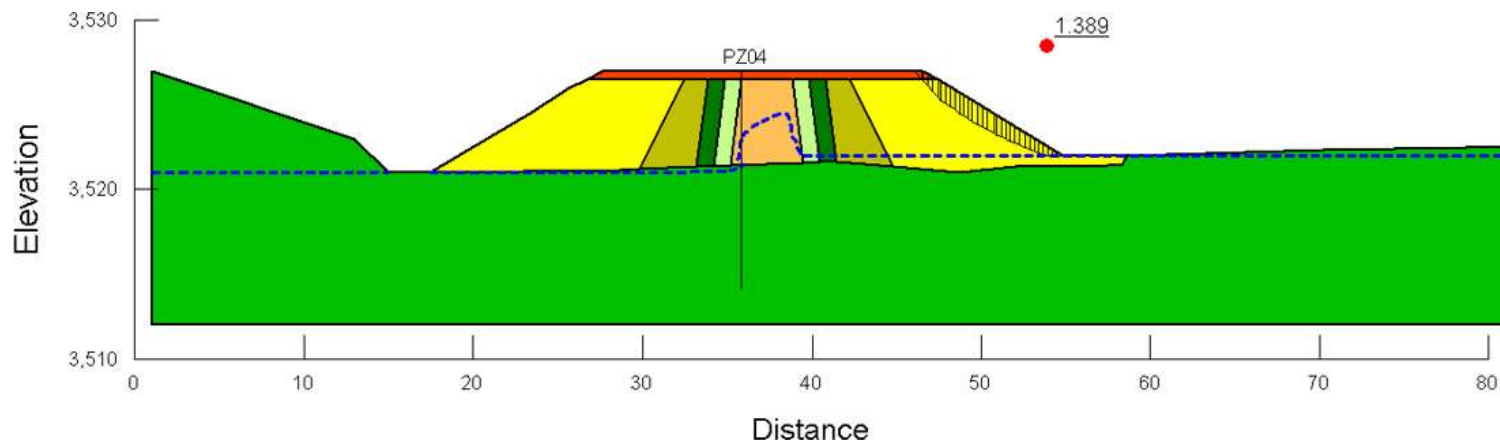


Análisis bajo parámetros no saturados en el núcleo

Análisis de Estabilidad Física – Presa Lateral – Desembalse Rápido
Falla Tipo Circular – Análisis Pseudoestático – Aguas Abajo

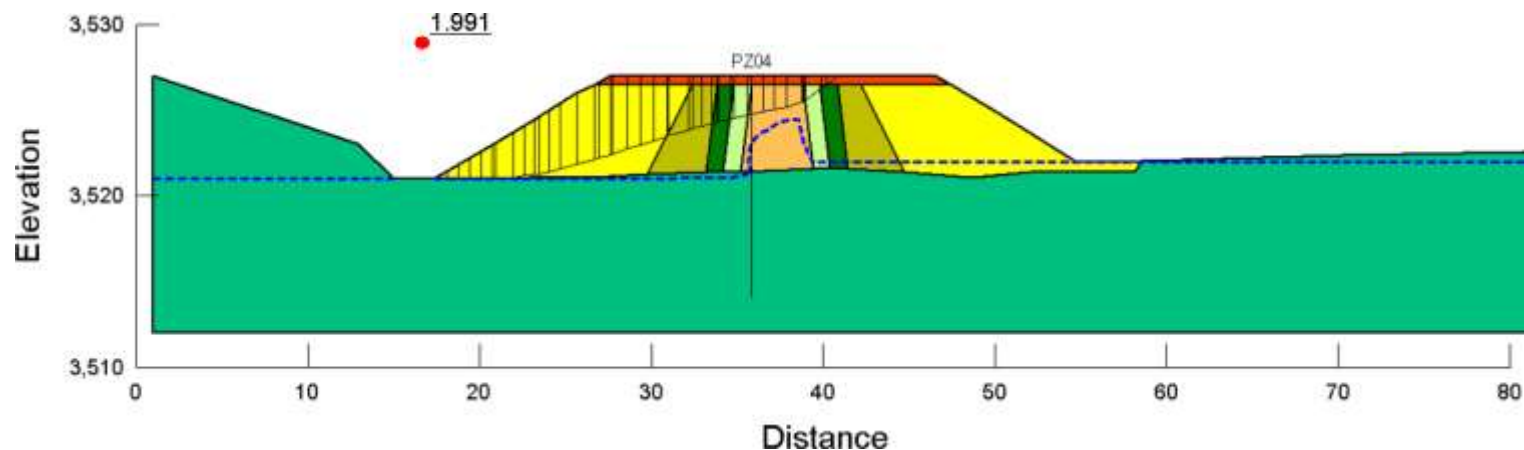


Análisis de Estabilidad Física – Presa Lateral – Desembalse Rápido
Falla Tipo Circular – Análisis Pseudoestático – Aguas Arriba



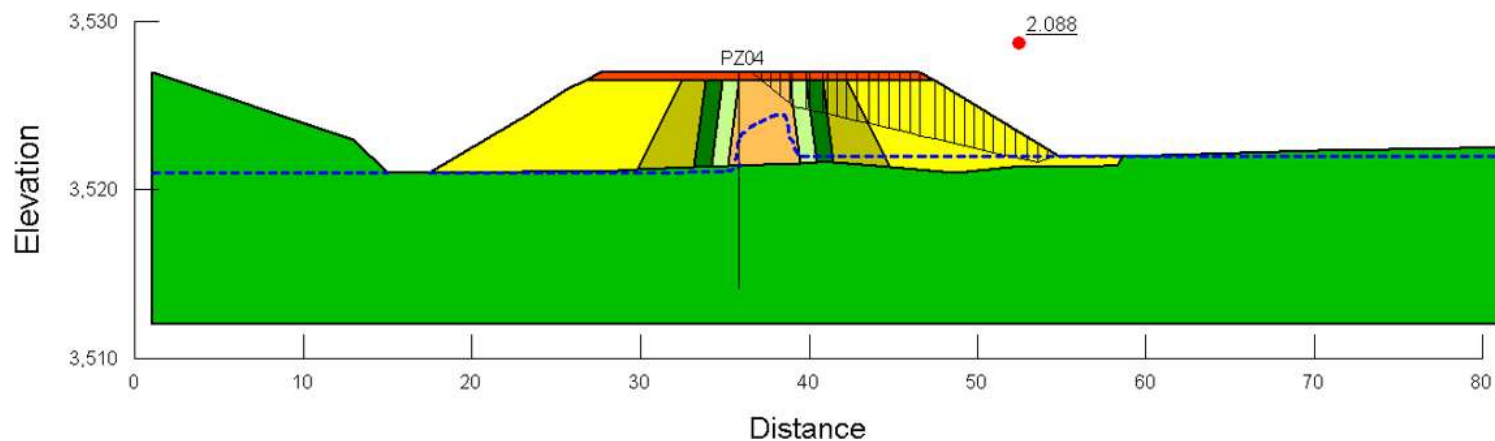
Análisis de Estabilidad Física – Presa Lateral – Desembalse Rápido

Falla Tipo Bloque – Análisis Pseudoestático – Aguas Abajo



Análisis de Estabilidad Física – Presa Lateral – Desembalse Rápido

Falla Tipo Bloque – Análisis Pseudoestático – Aguas Arriba



ANEXO E: Panel Fotográfico

ANEXO E: Panel Fotográfico



Zona I: Núcleo Impermeable



Zona II: Filtro Fino



Zona III: Filtro Grueso



Zona IV: Enrocado de Transición



Zona V: Enrocado de para Espaldón

Ilustración 1: Vista general de la extracción de materiales que conformarán el cuerpo de las presas

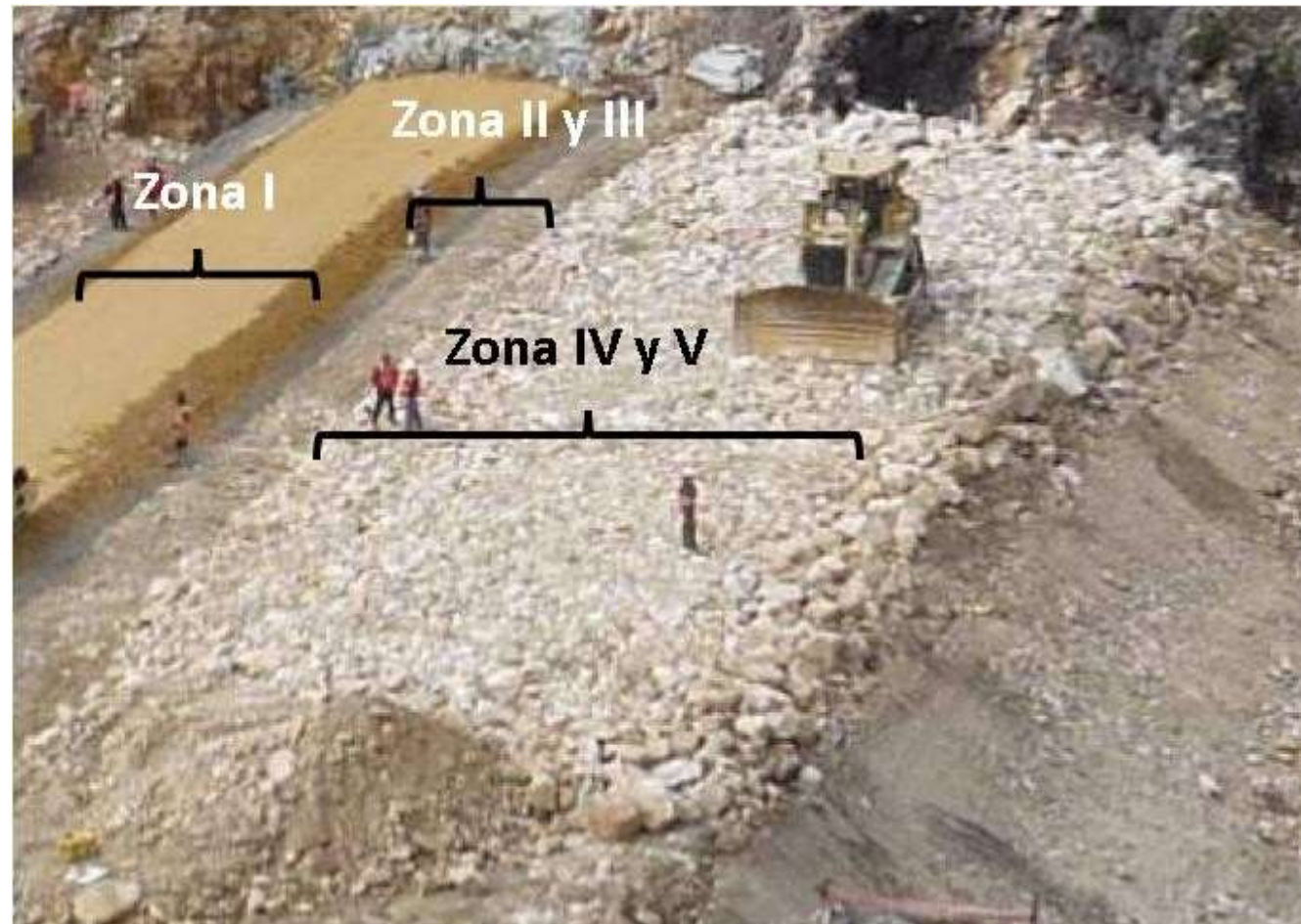


Ilustración 2: Vista en Planta del cuerpo de la Presa Principal



Ilustración 3: Vista frontal del cuerpo de la Presa Principal



Ilustración 4: Vista panorámica de las presas

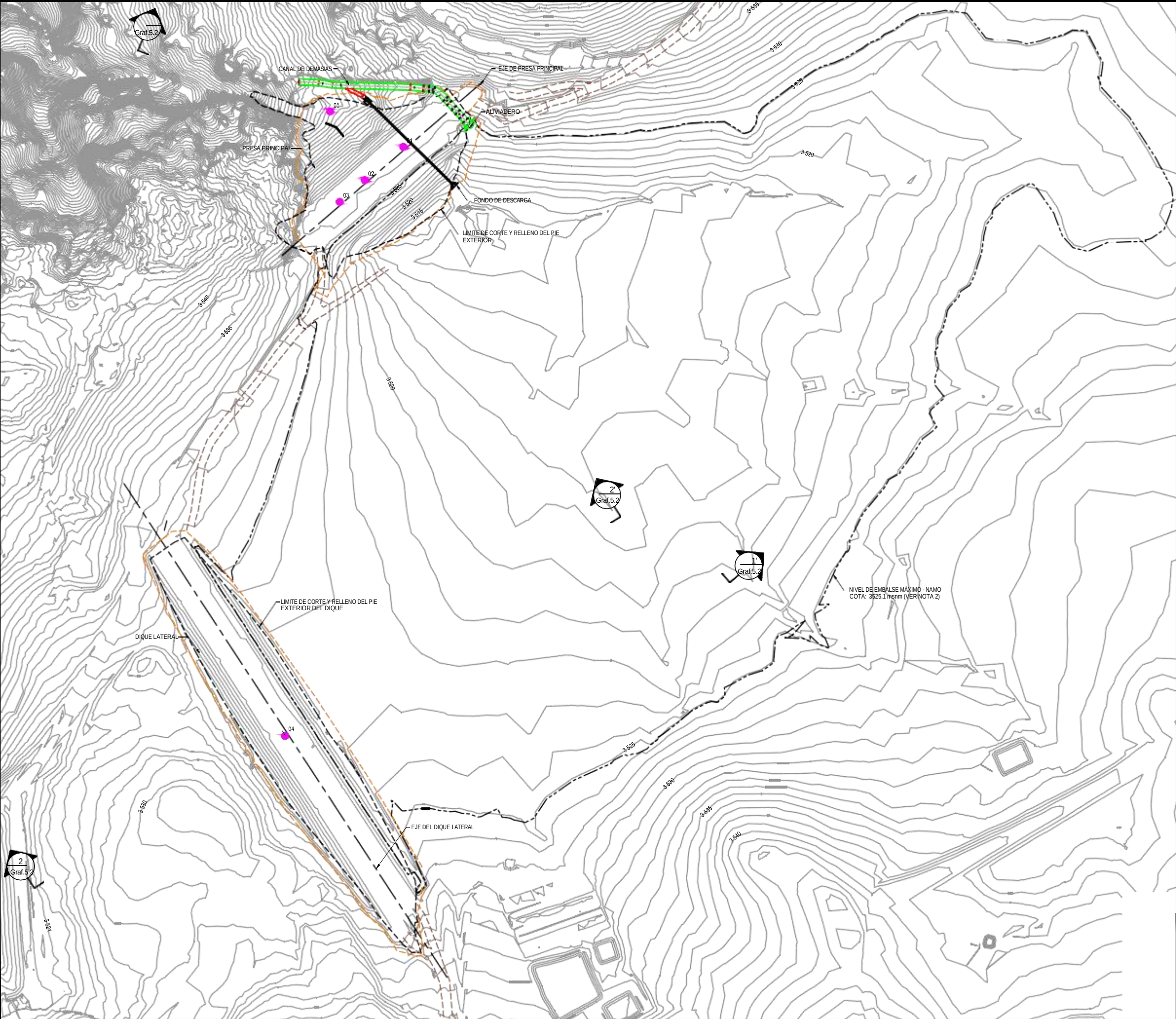


Ilustración 5: Vista de la cara aguas abajo de la presa principal



Ilustración 6: Vista de la acumulación de agua en la cara aguas abajo de la presa lateral

Gráficas



LEYENDA

ACCESO EXISTENTE

NIVEL DE EMBALSE

LIMITE DE CORTE DE CIMENTACIÓN

LIMITE DE CORTE Y RELLENO DEL PIE EXTERIOR DE LA PRESA

PIEZÓMETROS DE CASAGRANDE

- NOTAS:
1.

LA BASE TOPOGRÁFICA CORRESPONDE A LA FECHA DE MARZO DE 2019.
2.

LA HUELLA DEL EMBALSE CORRESPONDE AL NAMO (NIVEL MÁXIMO OPERACIONAL)



TEMA DE TSP:
ANÁLISIS DE INFILTRACIÓN Y ESTABILIDAD DE UNA PRESA
CON NÚCLEO DE SUELO PARCIALMENTE SATURADO

TÍTULO DEL GRÁFICO:
VISTA EN PLANTA DEL EMBALSE

PROYECCIÓN: UTM

DATUM: PSAD 56

ZONA: 18S

ESCALA: 1:2 000

FECHA EMISIÓN: 25/11/2021

ELABORADO: EDER GAMARRA

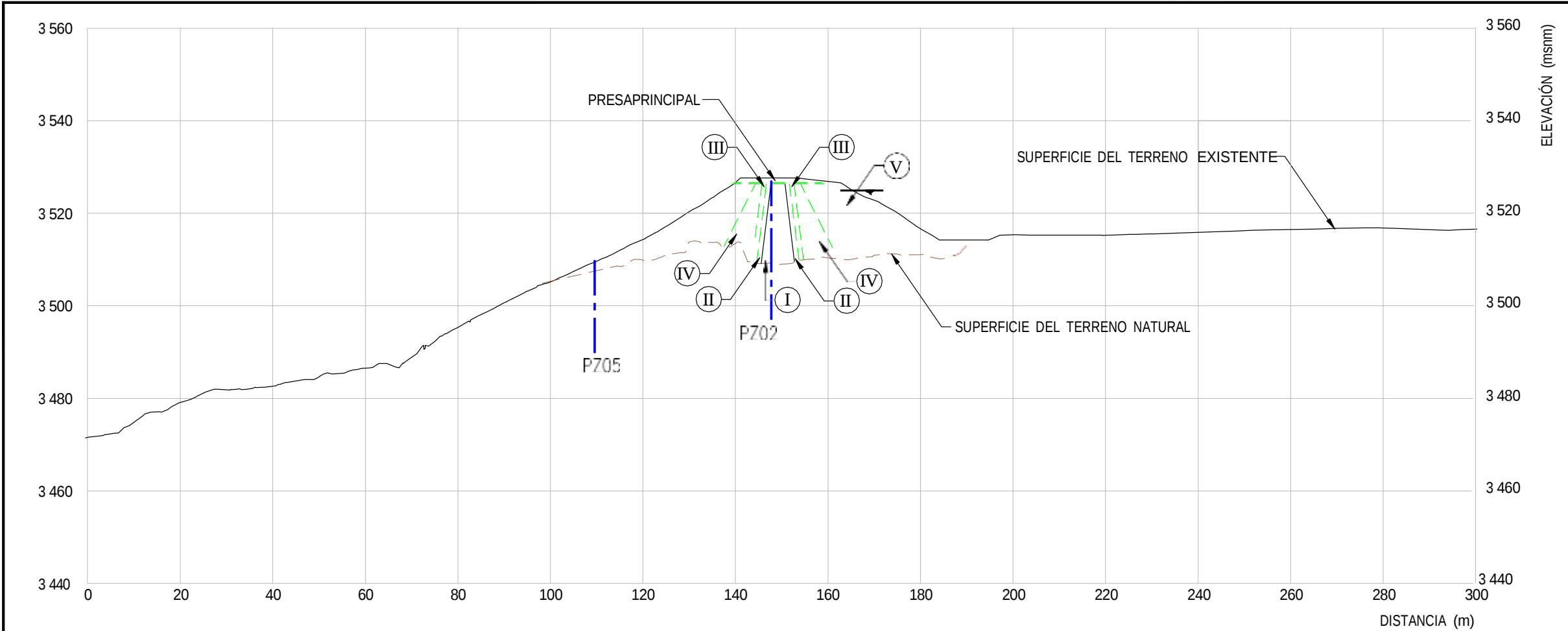
REVISADO: CESAR ATALA

APROBADO: CESAR ATALA

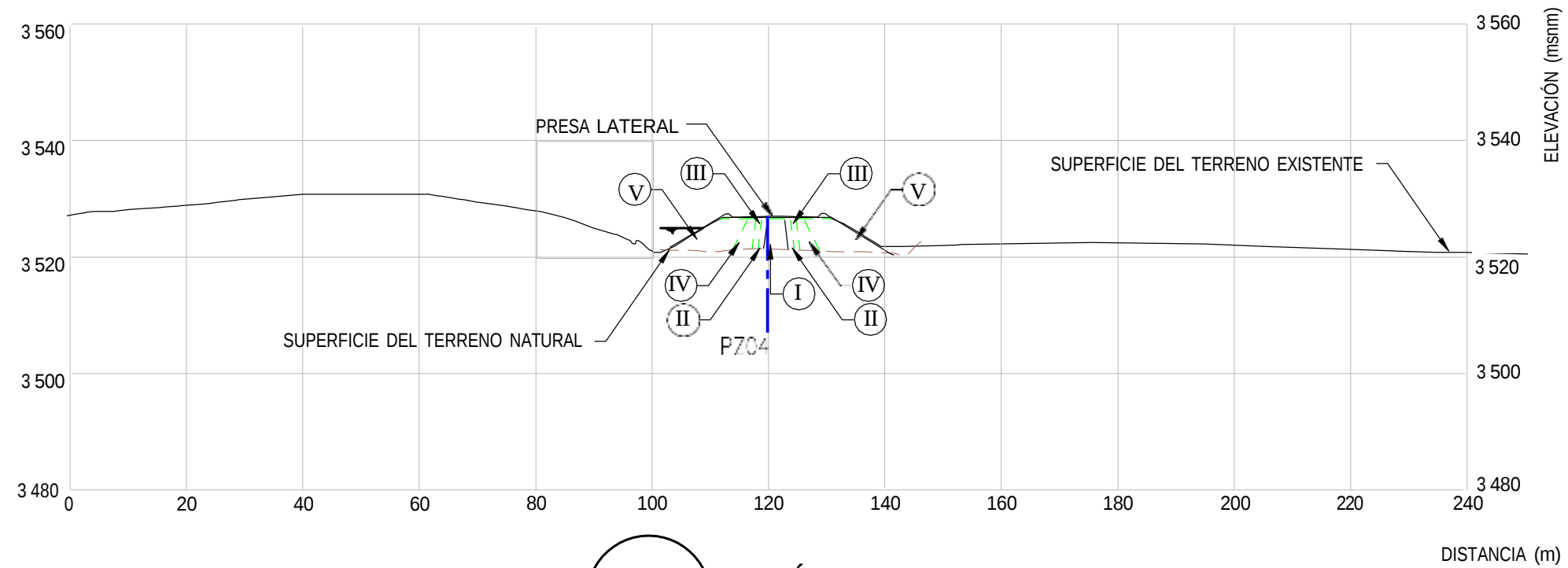
FORMATO: A3

GRÁFICA N°:

5.1



1-1' SECCIÓN
Graf. 5.1 ESCALA 1:1 000



2-2' SECCIÓN
Graf. 5.1 ESCALA 1:1 000

LEYENDA	
	SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE
	SUPERFICIE DEL TERRENO NATURAL
	MH - NÚCLEO IMPERMEABLE
	SP - FILTRO FINO
	GP - FILTRO GRUESO
	ENROCADO DE TRANSICIÓN
	ENROCADO DE ESPALDONES

TEMA DE TSP: ANÁLISIS DE INFILTRACIÓN Y ESTABILIDAD DE UNA PRESA CON NÚCLEO DE SUELO PARCIALMENTE SATURADO			
TÍTULO DEL GRÁFICO: VISTA EN SECCIÓN DEL EMBALSE			
	PROYECCIÓN: UTM	FECHA EMISIÓN: 25/11/2021	FORMATO: A3
	DATUM: PSAD 56	ELABORADO: EDER GAMARRA	5.2
	ZONA: 18S	REVISADO: CESAR ATALA	
	ESCALA: 1:1 000	APROBADO: CESAR ATALA	