

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

MAESTRÍA EN GEOTECNIA APLICADA

DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO



TEMA: *“COMPARACIÓN DE LA VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE (v_s) DETERMINADA CON EL EQUIPO SDMT, Y EL ENSAYO DE CROSSHOLE EN UN SUELO NO PENETRABLE DEL SECTOR DE NAYÓN”*

AUTOR: Ing. Sebastián Morales F.

DIRECTOR: Ing. Guillermo Realpe

QUITO, 2025

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	IV
ABSTRACT	IV
GLOSARIO	1
1. CAPITULO I	2
<i>INTRODUCCIÓN</i>	<i>2</i>
1.1. GENERALIDADES	2
1.2. OBJETIVOS	2
1.2.1. Objetivo General	2
1.2.2. Objetivos Específicos	2
1.3. JUSTIFICACIÓN	3
1.4. METODOLOGÍA	3
1.4.1. ETAPA I: PROBLEMÁTICA	3
1.4.2. ETAPA II: METODOLOGÍA DE PERFORACIÓN, MUESTREO Y ENSAYOS DE LABORATORIO ..	4
1.4.3. ETAPA III: ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS	7
1.4.4. ETAPA IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE LOS RESULTADOS	7
2. CAPITULO II	8
2.1. Características Geológicas y Geomorfológicas del sector de San Pedro del Valle (Sede Puce Nayón) 8	
2.1.1. Geología	8
2.1.2. Geomorfología	9
2.2. Caracterización del Perfil Estratigráfico y Ensayos de Mecánica de Suelos a las muestras del Sondeo 01.	9
2.3. Perfil Estratigráfico del Sondeo 01	13
2.4. Preparación del sondeo P-01 para el ensayo del SDMT	16
2.4.1. Perforación	16
2.4.2. Material de relleno	17
3. CAPITULO III	18
3.1. Medición de ondas (Vs) y (Vp) con el equipo SDMT.	18
3.2. Preparación e Instalación de tuberías de PVC para sondeo de CrossHole.	19
3.3. Medición de ondas (Vs) y (Vp) con el equipo CrossHole.	20
4. CAPITULO IV	22
4.1. Análisis de datos medidos con el SDMT	22
4.2. Análisis de datos medidos con la Sonda CROSSHOLE.	27
4.3. Comparación de datos y análisis de resultados.	33
4.3.1. Determinación de velocidad (Vs) mediante correlaciones del Nspt.	35
4.3.2. Cálculo de la velocidad media de la onda de corte (Vs30) con los datos obtenidos del ensayo SDMT y con las correlaciones del Nspt.	38

5. CAPITULO V	40
5.1. Conclusiones y Recomendaciones	40
6. REFERENCIAS	44
7. ANEXOS.....	45
7.1. Ensayos de Laboratorio de Mecánica de Suelos	46
7.2. Velocidades de Onda (Vp) y (Vs) obtenidas con el equipo SDMT.....	47
7.3. Velocidades de Onda (Vp) y (Vs) determinadas en el ensayo Crosshole.....	48
Ilustración 1. Flujograma de las etapas de la investigación (SEBASTIAN, 2025).	8
Ilustración 2.a) módulo sísmico y paleta plana dmt b) esquema general y respuesta del ensayo sdmt c) equipo de Dilatómetro sísmico d) mecanismo de generación de ondas de corte en superficie (G. Totani, 2009).....	19
Ilustración 3. Detalle del geófono triaxial del ensayo del Crosshole (GmbH, 2023).	20
Ilustración 4. Orientación y polaridad de la señal del geófono triaxial (GmbH, 2023).....	21
Ilustración 5. Esquema que muestra la medida del ángulo (GmbH, 2023).	21
Ilustración 6. Esquema de la sonda que recepta las ondas (S) (GmbH, 2023).	21
Ilustración 7. Equipo generador de ondas (P) y (S) (GmbH, 2023).	22
Ilustración 8. Esquema del equipo emisor de ondas (P) y (S) (GmbH, 2023).	22
Ilustración 9. Correlaciones para determinar el (Vs) en función del N _{spt} y N ₆₀ . (Brandenberg, 2010)	37
Fotografía 1. Ensayo de Límite Líquido y Límite Plástico (SEBASTIAN, 2025).....	5
Fotografía 2. Ensayo de Granulometría por Tamizado (SEBASTIAN, 2025).....	6
Fotografía 3. Ensayo de Gravedad Específica (SEBASTIAN, 2025).....	6
Fotografía 4. Ensayo de Densidad Natural en Laboratorio (SEBASTIAN, 2025).	7
Fotografía 5. Perforadora Boart Longyear y equipos de perforación a diamantina (SEBASTIAN, 2025). ..	16
Fotografía 6. Vertido de Arena de relleno desde la superficie (SEBASTIAN, 2025).....	18
Gráfico 1. Contenido de humedad vs límite líquido y límite plástico (SEBASTIAN, 2025).....	10
Gráfico 2. Índice de Plasticidad vs Porcentaje de Tamiz #200 (SEBASTIAN, 2025).....	11
Gráfico 3. Densidad Natural vs N _{spt} (SEBASTIAN, 2025).....	12
Gráfico 4. Gravedad Específica (SEBASTIAN, 2025).	13
Gráfico 5. Perfil Estratigráfico del Sondeo P-01 (SEBASTIAN, 2025).	15
Gráfico 6. Curva Granulométrica de la arena utilizada en el relleno del ensayo SDMT (SEBASTIAN, 2025).	17
Gráfico 7. Diagrama de velocidades de ondas Vs con el equipo SDMT (SEBASTIAN, 2025).	23
Gráfico 8. Velocidad de onda (Vp) con Upper y Lower Sensor (SEBASTIAN, 2025).....	24
Gráfico 9. Velocidad Promedio de onda (Vp) con el equipo SDMT (SEBASTIAN, 2025).....	25
Gráfico 10. Velocidad de onda de (Vs) con el equipo SDMT (SEBASTIAN, 2025).	27
Gráfico 11. Sismogramas medidos con el equipo de CrossHole (SEBASTIAN, 2025).	28
Gráfico 12. Velocidad de onda (Vs) del ensayo Crosshole (SEBASTIAN, 2025).	29
Gráfico 13. Velocidad de onda (Vp) del ensayo Crosshole (SEBASTIAN, 2025).....	30
Gráfico 14. Velocidad media de onda (Vp) del ensayo Crosshole (SEBASTIAN, 2025).	31
Gráfico 15. Velocidad media de onda de corte (Vs) del ensayo Crosshole (SEBASTIAN, 2025).	33
Gráfico 16. Comparación entre la velocidad (Vp) con el Ensayo SDMT y obtenido con el CROSSHOLE (SEBASTIAN, 2025).....	34
Gráfico 17. Comparación de la velocidad (Vs) con el ensayo SDMT y el Crosshole (SEBASTIAN, 2025). ...	35
Gráfico 18. Velocidades (Vs) calculadas con las correlaciones del N _{spt} y N ₆₀ (SEBASTIAN, 2025).....	38

Gráfico 19. Comparación de Velocidad (V_s) con el equipo SDMT y con el Ensayo Crosshole (SEBASTIAN, 2025).....	41
Gráfico 20. Comparación de las velocidades de (V_s) del equipo SDMT, Ensayo Crosshole y Correlaciones del N_{spt} y N_{60} (SEBASTIAN, 2025).....	42
Tabla 1. Dosificación del grout para el ensayo del Crosshole (SEBASTIAN, 2025).	19
Tabla 2. Velocidad de onda (V_p) con el Upper Sensor (SEBASTIAN, 2025).	23
Tabla 3. Velocidad de onda (V_p) con el Lower Sensor (SEBASTIAN, 2025).	24
Tabla 4. Velocidad promedio de onda (V_p) con el equipo SDMT (SEBASTIAN, 2025).....	25
Tabla 5. Velocidad de onda de corte (V_s) con el equipo SDMT (SEBASTIAN, 2025).....	26
Tabla 6. Velocidad de onda (V_p) y (V_s) con el ensayo Crosshole (SEBASTIAN, 2025).	28
Tabla 7. Velocidad de onda (V_p) y el coeficiente de variación del ensayo Crosshole.	31
Tabla 8. Velocidad de onda de corte (V_s) y el coeficiente de variación del ensayo Crosshole (SEBASTIAN, 2025).....	32
Tabla 9. Valores del N_{spt} corregidos a un valor N_{60} (SEBASTIAN, 2025).....	36
Tabla 10. Cálculo de Velocidades (V_s) en función a las correlaciones del N_{spt} y N_{60} (SEBASTIAN, 2025)..	37
Tabla 11. Velocidad promedio (V_{s30}) determinada con el ensayo SDMT (SEBASTIAN, 2025).	39
Tabla 12. Velocidad promedio (V_{s30}) determinada con las correlaciones del N_{spt} (SEBASTIAN, 2025)...	39
Tabla 13. Determinación del Coeficiente de Variación entre el (V_s) del SDMT y CROSSHOLE (SEBASTIAN, 2025).....	41
Ecuación 1. Coeficiente de Variación	23
Ecuación 2. Cálculo del Valor DE N_{60}	35
Ecuación 3. Cálculo de la Velocidad media de onda de corte (V_s).	38

RESUMEN

La búsqueda de un procedimiento específico que permita obtener las velocidades de onda de corte (V_s) confiables utilizando la sonda Seismic Dilatometer Test (SDMT) en suelos de difícil penetración, como limos y arenas limosas de consistencia o compacidad compacta, de las cuales predominan en la ciudad de Quito, es de gran importancia. A pesar de que se dispone de una metodología general señalada por el fabricante del equipo en este tipo de depósitos, en esta investigación se ha propuesto un procedimiento para el acondicionamiento del pozo de perforación requerido. Este procedimiento incluye el método de perforación, el tipo de arena de relleno con características físicas definidas (granulometría, gravedad específica) y forma de colocación, especificando una densidad teórica de relleno (16kN/m^3). Bajo este acondicionamiento se midió de manera directa las velocidades de onda (P) y (S) con el equipo SDMT, posterior fueron comparadas con las mediciones obtenidas en un ensayo de Crosshole. Los resultados de la comparación cualitativa evidencian una tendencia de ajuste en profundidad entre los dos métodos, sin embargo, los valores del coeficiente de variación obtenidos en la medida de las velocidades de onda en la mayoría de las profundidades estudiada se encuentran por fuera del recomendado por el fabricante (3%). Se evidencian así mismos valores del coeficiente de variación altos en la comparación entre los dos métodos (entre 7% y 68%). De la experiencia de los trabajos en campo y de los resultados obtenidos, se considera posible la realización de modificaciones al acondicionamiento propuesto con la intención de mejorar los parámetros de validación del procedimiento. Recomendaciones que se esperan sean utilizadas en futuras investigaciones.

ABSTRACT

The search for a specific procedure to obtain reliable shear wave velocities (V_s) using the Seismic Dilatometer Test (SDMT) in soils of difficult penetration, such as silts and silty sands of compact consistency or compactness, which predominate in the city of Quito, is of great importance. Although a general methodology is provided by the equipment manufacturer for this type of deposit, this research proposes a procedure for conditioning the required borehole. This procedure includes the drilling method, the type of fill sand with defined physical characteristics (granulometry, specific gravity), and the method of placement, specifying a theoretical fill density of 16 kN/m^3 . Under this conditioning, the wave velocities (P and S) were measured directly with the SDMT equipment and then compared with measurements obtained in a crosshole test. The results of the qualitative comparison show a trend of alignment in depth between the two methods; however, the values of the coefficient of variation obtained from the wave velocity measurements at most depths studied are outside the recommended range by the manufacturer (3%). High coefficient of variation values are also evident in the comparison between the two methods (ranging from 7% to 68%). This is based on the experience from the fieldwork.

GLOSARIO

A continuación, se detalla definiciones que serán utilizadas en la investigación:

Equipo SDMT: El equipo Dilatómetro Sísmico de Marchetti (SDMT) es una sonda que permite medir la velocidad de la onda de corte V_s , proporcionando resultados precisos y confiables.

NEC-15: Normativa Ecuatoriana de la Construcción última aprobación vigente es del 2015.

Ensayo de Crosshole: Metodología que consiste en generar ondas sísmicas en un sondeo de perforación con un equipo emisor y registrar las velocidades de onda en otro sondeo separado a una distancia conocida con una sonda receptora.

Suelo No Penetrable: Un estrato de suelo que no puede ser atravesado debido a su alta densidad, dureza y rigidez por métodos convencionales como la sonda DMT y el equipo CPT.

Equipo DMT: El equipo Dilatómetro tipo Paleta de Marchetti (DMT) es una paleta que se hincó en los estratos de suelos y permite determinar características geotécnicas del suelo como índice de material, corte no drenado, ángulo de fricción, etc.

Equipo CPT: Es un equipo Cone Penetration Test (CPT) tipo cono metálico que se hincó en el suelo a una velocidad controlada y permite determinar parámetros geotécnicos de los estratos de suelo.

Geófonos: Sensor que proporciona una señal de respuestas de ondas sísmicas utilizando el movimiento relativo de una masa que se mueve dentro de una bobina fijada a la carcasa del sensor.

Ensayo de SPT: Estándar Penetration Test (SPT) es un ensayo utilizado en la geotecnia para determinar la resistencia del suelo a la penetración dinámica de un muestreador, que es hincado a golpes por un martillo estandarizado.

Grout: Fluido compuesto por agua, cemento, bentonita y en algunos casos aditivos específicos. El Grout se usa para llenar fisuras o cavidades donde se necesita mejorar la resistencia.

1. CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. GENERALIDADES

En la ciudad de Quito, la geomorfología del terreno limita un crecimiento urbano horizontal, lo que ha impulsado a una planificación de crecimiento urbano vertical mediante la construcción de edificaciones de mayor altura. Quito presenta solicitaciones mecánicas dinámicas - sísmicas exigentes a las estructuras en altura. En estas condiciones el requerimiento de estudios relacionados con el comportamiento dinámico del suelo se vuelve indispensable y en otros casos como aquellas amparadas en la definición de edificaciones esenciales identificadas en la Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC) tienen el carácter de obligatorio (estudio de sitio) (NEC-15, 2023). Por otro lado, se presentan necesidades como las microzonificaciones sísmicas de zonas urbanas, también señaladas en la NEC donde la caracterización dinámica de los depósitos o suelos son fundamentales.

En este contexto, adquiere relevancia el estudio, profundización, optimización, de los métodos existentes en el medio para determinar la velocidad de onda S, una de las propiedades dinámicas importantes de los depósitos. Donde se establece por medio de la (NEC-15) el uso de técnicas de campo y laboratorio.

Si bien es cierto que existe la disponibilidad de varias metodologías en campo para la obtención de este parámetro, específicamente dentro de los que se conoce como invasivos, no está ajeno estos procedimientos o ensayos normalizados a dificultades de orden económico y técnicos. Uno de los métodos que mejor se adapta a los requerimientos económicos son los del tipo Down-Hole evidenciando en los últimos años un interesante desarrollo tecnológico bajo el sistema propuesto por D. Marchetti conocido como el SDMT. En este desarrollo a pesar de la reconocida eficacia en depósitos blandos se verifica la dificultad que tiene en suelos de consistencias o compacidades muy altas. En la coyuntura de la disponibilidad del equipo de la PUCE, y abundancia de depósitos muy compactos de tipo volcánico que presenta Quito se desarrolla esta investigación con una propuesta experimental de acondicionamiento del pozo de ensayo para el SDMT y se fundamenta en los ensayos de campo y caracterización de los materiales en el laboratorio, utilizando las muestras obtenidas de la perforación geotécnica realizada en la sede de la PUCE Nayón.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Proponer una metodología de preparación y acondicionamiento del pozo para determinar la velocidad de onda de corte (V_s) en suelos no penetrables en el sector de la sede de la PUCE Nayón, a través de mediciones directas con el equipo Seismic Dilatometer Marchetti (SDMT) y la validación mediante comparación con los resultados obtenidos del ensayo de CrossHoe hasta una profundidad de 8.00 metros.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Plantear una metodología de preparación del pozo requerido para la ejecución del ensayo SDMT en un suelo no penetrable; considerando el tipo de material, sus características físicas y manera de colocación de esta.

- Determinar las velocidades de ondas de corte (V_s) mediante el ensayo SDMT bajo la norma ASTM D 6635 y comparar con los resultados obtenidos del ensayo CrossHole ejecutados bajo la norma ASTM D 4428.
- Determinar la velocidad de onda de corte (V_{s30}) de los suelos en la sede de la PUCE Nayón a través de los resultados adquiridos.

1.3. JUSTIFICACIÓN

En la ingeniería geotécnica, caracterizar el perfil estratigráfico del suelo mediante sus parámetros físicos y geomecánicos es fundamental para entender el comportamiento del suelo de fundación y cimentación ante la sollicitación de cargas estáticas y dinámicas. Por lo tanto, es necesario evaluar la respuesta que el suelo presenta cuando una onda atraviesa su masa, en base a los avances en el estudio del comportamiento del material, una de las formas tradicionales es la determinación del valor del (V_{s30}).

La metodología de obtención de ondas de corte (V_s) mediante el equipo del SDMT está bien definida y conocida para suelos blandos con compacidades y consistencias bajas, donde la sonda puede ser hincada sin ningún problema.

No así con los suelos no penetrables donde el fabricante del equipo recomienda una metodología de relleno con material tipo arena (G. Totani, 2009), de manera que la sonda haga contacto con los estratos de suelo permitiendo la transferencia de la onda de corte a los sensores de la sonda del SDMT.

Por este motivo en el Ecuador se justifica el estudio de esta metodología de obtención de velocidad de onda de corte (V_s) de manera directa en el estrato de suelo, dado que aún no está bien definida y adaptada a la interpretación del comportamiento de los suelos no penetrables.

1.4. METODOLOGÍA

1.4.1. ETAPA I: PROBLEMÁTICA

El crecimiento poblacional en el Distrito Metropolitano de Quito da inicio a la construcción de edificios de gran altura, estas edificaciones esbeltas requieren que sus diseños se basen en el control las deformaciones generadas por la acción sísmica. Por esta razón y dentro de las técnicas existentes en la geotecnia es prioridad caracterizar dinámicamente al depósito. Siendo la determinación de la velocidad de onda de corte (V_s) uno de los parámetros fundamentales para la evaluación sísmica de los estratos de suelo.

La metodología para determinar las velocidades de ondas de corte (V_s) en suelos de consistencia o compacidad baja está probada y normada bajo la ASTM D 6635, donde la sonda tiene contacto suficiente con el suelo y permite captar la onda generada artificialmente al momento del ensayo. Sin embargo, este método presenta dificultades cuando se tienen depósitos muy compactos o muy consistente, como es la formación cangahua con suelos de origen volcánico a partir de cenizas que, con el tiempo se consolida y endurece debido a su compactación y cementación natural. Esta característica hace que estos suelos sean difíciles de penetrar con el equipo SDMT, lo que complica la medición directa de la velocidad de onda de corte (V_s).

Cuando se tiene un suelo no penetrable el fabricante del equipo recomienda la preparación de una perforación previa en el suelo que después tiene que ser rellenado con un material que permita el contacto adecuado del equipo SDMT con el suelo (G.

Totani, 2009). Hasta la realización de esta investigación no se ha generado especificaciones concretas tanto del procedimiento de perforación y acondicionamiento del pozo y material de relleno.

Aquí el problema; qué procedimiento debe aplicarse en suelos con alta compacidad o consistencia, que dificultan la penetración de la sonda SDMT, para medir de manera directa la velocidad de onda de corte (V_s) en los estratos de suelo. El propósito de acondicionar el pozo es obtener mediciones confiables de la velocidad de las ondas (V_s), reduciendo la variabilidad e incertidumbre de los resultados obtenidos con la sonda SDMT. Al obtener resultados confiables a través de esta metodología, a un costo accesible en comparación con otros métodos, esta técnica podría convertirse en una opción atractiva frente a otros métodos directos, así como en relación con la geofísica convencional. Donde es necesario conocer previamente el perfil stratigráfico del terreno y realizar iteraciones hasta encontrar un perfil sísmico adecuado al área de estudio.

En la investigación se especifica como un procedimiento alternativo para las condiciones en la sede PUCE-Nayón realizar una perforación previamente con metodología a diamantina y rellenar el sondeo con un material conocido, de características definidas como granulometría, gravedad específica y densidad suelta. Permitiendo que el suelo no penetrable este en contacto con la sonda del equipo SDMT y facilite las mediciones de velocidad de onda de corte (V_s) hasta a los 30 metros de profundidad.

1.4.2. ETAPA II: METODOLOGÍA DE PERFORACIÓN, MUESTREO Y ENSAYOS DE LABORATORIO

Para el desarrollo de la investigación, ha sido necesario extraer muestras alteradas e inalteradas. Las muestras alteradas con el propósito de clasificar el material mediante ensayos de granulometría, gravedad específica, contenido de humedad, límites de Atterberg y las muestras inalteradas la determinación de la densidad natural. La densidad natural es un parámetro importante debido a la relación que existe entre la velocidad de onda de corte (V_s) y el módulo de corte (G).

De esta manera se planificó obtener muestras alteradas e inalteradas de suelo mediante la metodología de rotación-percusión, con el uso de una perforadora Boart Longyear Delta Base 520. Este equipo cuenta con un martillo de SPT automático con una masa de 63.5 kg y una altura de caída de 74 cm, generando un promedio de eficiencia de energía del 78% medido con el equipo SPT Analyzer.

Se ejecutaron ensayos de muestreo tipo SPT siguiendo los parámetros de la norma ASTM D 1586 en intervalos de 1.50 metros entre los tramos de SPT, se extrajeron las muestras inalteradas mediante metodología a diamantina usando muestreadores de triple pared en diámetros de tubería de (HQ3) y para el enfriamiento de la broca de perforación se utilizó agua como fluido de perforación.

Las muestras obtenidas fueron identificadas mediante la práctica de descripción manual visual, basándose en los parámetros de la norma ASTM D 2488. Los parámetros que determinan la clasificación de las muestras en suelos finos son: el tamaño de partícula, plasticidad, resistencia en seco, dilatancia, color, olor y contenido de humedad.

A continuación, se detallan los ensayos de laboratorio realizados a las muestras inalteradas y alteradas:

1. **Contenido de Humedad:** Es un ensayo que permite determinar el contenido de agua que posee una muestra de suelo. Este parámetro es prioridad en la geotecnia, dado que la cantidad de agua influye en la determinación de las propiedades físicas.
2. **Límites de Atterberg:** Este ensayo permite determinar el cambio en el comportamiento de un suelo fino (arcilla o limos) en función al contenido de humedad. Este parámetro es necesario para clasificar el suelo mediante el límite líquido (LL) e Índice de Plasticidad (IP) bajo el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS).



FOTOGRAFÍA 1. ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO (SEBASTIAN, 2025).

3. **Granulometría:** El ensayo de granulometría determina la distribución del tamaño de las partículas de un suelo mediante el tamizado del suelo por diferentes tamices. Con el porcentaje de cada material retenido en los diferentes tamaños se realiza una curva granulometría en escala logarítmica y se determina el porcentaje de grava, arena y limo o arcilla que contiene un suelo.



FOTOGRAFÍA 2. ENSAYO DE GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO (SEBASTIAN, 2025).

4. **Gravedad Específica:** Es un ensayo utilizado para determinar la gravedad específica de las partículas sólidas de los suelos finos que pasan el tamiz N° 4 o abertura 4.75mm. El GS es la relación de la densidad del suelo con respecto a la densidad del agua determinada a una temperatura específica. Este parámetro es primordial para el cálculo de los parámetros volumétricos de los suelos.



FOTOGRAFÍA 3. ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA (SEBASTIAN, 2025)

5. **Ensayo de Densidad Natural en el Laboratorio:** Consiste en un ensayo donde se determina la cantidad de masa de suelo por unidad de volumen en su estado natural, es decir tratando de no tener alteraciones con respecto a su estado original. Conociendo la gravedad específica del suelo se puede determinar de manera matemática los siguientes parámetros geotécnicos como son: relación de vacíos, índice de porosidad, grado de saturación.



FOTOGRAFÍA 4. ENSAYO DE DENSIDAD NATURAL EN LABORATORIO (SEBASTIAN, 2025).

1.4.3. ETAPA III: ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS

Los datos obtenidos en los ensayos de campo fueron procesados y analizados, de manera independiente:

- Determinación de la velocidad de onda (V_p) y (V_s) obtenido con el equipo SDMT a cada 1.50 metros de profundidad en un pozo acondicionado, motivo de esta investigación, hasta los 30 metros de prospección desde la superficie.
- Se planteó originalmente la determinación de las velocidades de onda (V_p) y (V_s) medida por medio de ensayos de Crosshole a cada metro de profundidad hasta alcanzar los 15.00 metros de prospección. Sin embargo, debido a una rotura de la tubería de PVC a una profundidad de 9.20 metros se produjo el relleno con grout en el tramo desde los 9.20m y los 15.00m. Por este motivo la comparación entre los métodos SDMT y Crosshole se realizó hasta los 8.00 metros.
- Estimación de la velocidad de onda de corte calculada mediante el uso de correlaciones con el N_{spt} .

1.4.4. ETAPA IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE LOS RESULTADOS

En la interpretación de los datos obtenidos se utilizó el siguiente flujograma definiendo los lineamientos para definir las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

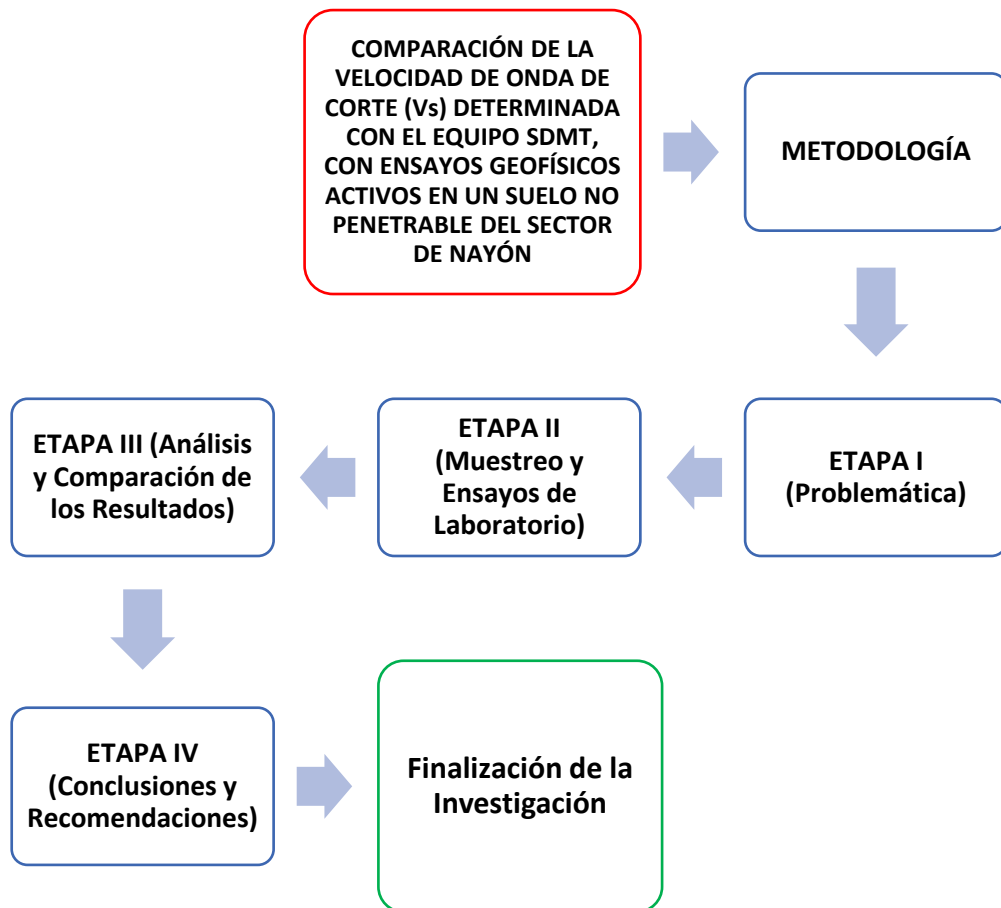


ILUSTRACIÓN 1. FLUJOGRAMA DE LAS ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN (SEBASTIAN, 2025).

2. CAPITULO II

2.1. Características Geológicas y Geomorfológicas del sector de San Pedro del Valle (Sede Puce Nayón)

2.1.1. Geología

En el sector de estudio la unidad cangahua o mejor conocida como Formación Cangahua se encuentra ampliamente distribuida denominadas como tobas alteradas con un color típico amarillento a marrón, es parte de un depósito más antiguo que comprende edades entre el Pleistoceno Superior a Holoceno. La unidad cangahua se asocia a los periodos donde la actividad volcánica explosiva de las épocas interglaciares, el mismo que aparece intercalado con sedimentos fluviales y lacustres, de esta manera se permitió la deposición y meteorización a partir del material volcánico preexistente. Lo que se define como una toba eólica de alta compacidad. (Torres, 2012).

En el sector de Nayón la formación cangahua se presenta estratigráficamente en capas gruesas de color café claro, en posición horizontal o subhorizontal con intercalaciones de depósitos importante de cangahua retrabajados, intercalados con flujos de lodo y depósitos de arena gruesa y gran cantidad de líticos (Valverde, 2024).

La unidad cangahua de estudio pertenece a la formación Chiche que se encuentra localizada desde el sector de Tumbaco hacia los afloramientos en la Loma San Luis por el sector de Guayllabamba. La litología de la formación Chiche consiste en conglomerados, areniscas

gruesas intercaladas con tobas que en su mayoría son cremas, ricas en micas, plagioclasa y líticos volcánicos intercaladas con cangahua (VILLAGÓMEZ, 2003).

2.1.2. Geomorfología

En la zona de San Pedro del Valle sector donde se ubica la sede de la PUCE Nayón, se evidencia que las siguientes unidades Geomorfológicas:

Escarpes de la quebrada Santana Huayco: En la formación Cangahua aflora en las paredes de la Quebrada Santana Huayco, donde se forman farallones verticales, típico de este tipo de suelos que se presentan a lo largo de la quebrada.

Escarpes del río Machángara: Las vertientes del río Machángara se observan en la mayoría de la parte escarpadas teniendo relevancia en la estabilidad de las laderas, principalmente cuando presentan taludes agrestes. Al sur del terreno de la PUCE, se observan bloques descendidos de la Cangahua, posiblemente por movimientos tectónicos.

Coluviales: En los flancos del río Machángara y de la quebrada Santana Huayco se observan coluviales y escarpes de antiguos desprendimientos de bloques de Cangahua, pero estos no representan deslizamientos propiamente dichos.

Vertientes no rocosas orientales: Esta es la unidad más importante a lo largo de la zona de San Pedro del Valle sector donde se ubicada la sede de la PUCE Nayón, las pendientes varían entre 10% y 15% en los tramos de la PUCE. (Torres, 2012).

2.2. Caracterización del Perfil Estratigráfico y Ensayos de Mecánica de Suelos a las muestras del Sondeo 01.

Las muestras obtenidas en la perforación del sondeo P-01 fueron ensayadas en el laboratorio para determinar las características físicas. En el Gráfico 1 se observa que el porcentaje de humedad se encuentra en un intervalo de 15% al 33%. Los materiales como Arcillas limosas, Limos y Arenas limosas presentan un intervalo de límite líquido entre 25% a 50%.

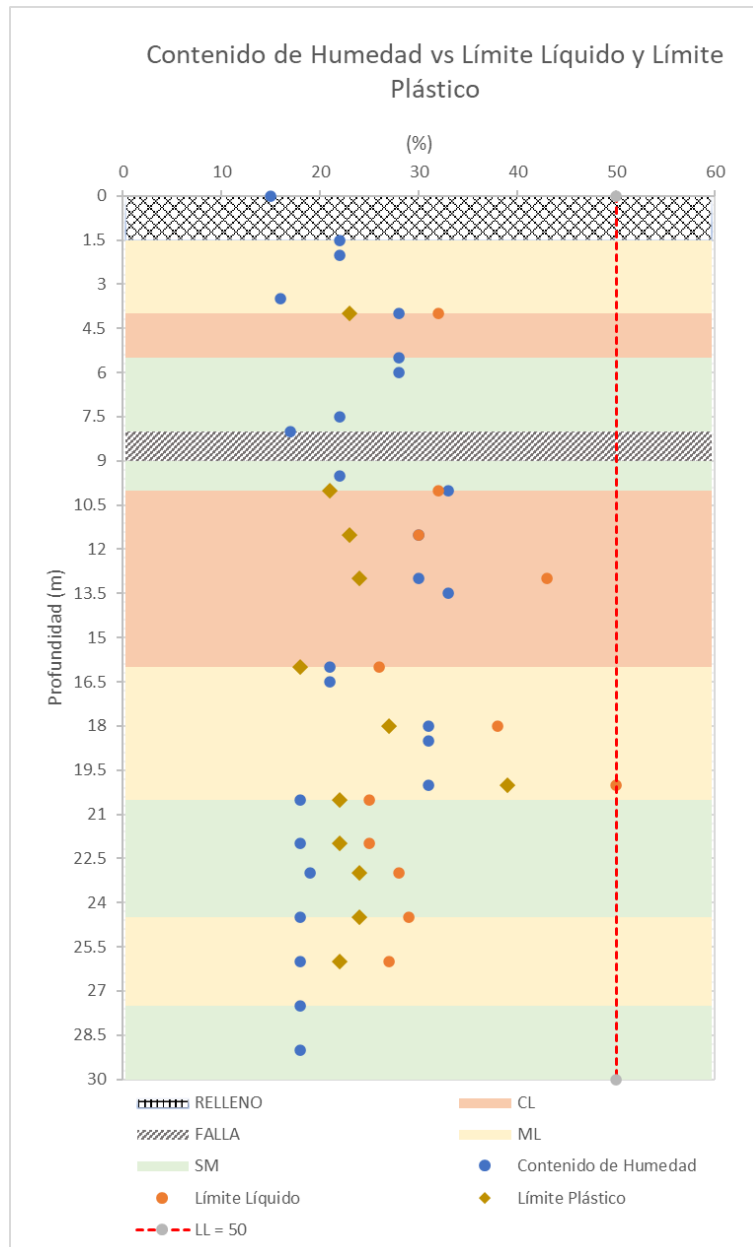


GRÁFICO 1. CONTENIDO DE HUMEDAD VS LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO (SEBASTIAN, 2025).

En el Gráfico 2 se observa que los materiales donde fue factible determinar su índice de plasticidad se encuentran en un intervalo de 3% a 19%. Esta condición se presenta en muestras cuyo porcentaje que pasa el tamiz #200 se encuentran en un intervalo de 16% al 78%.

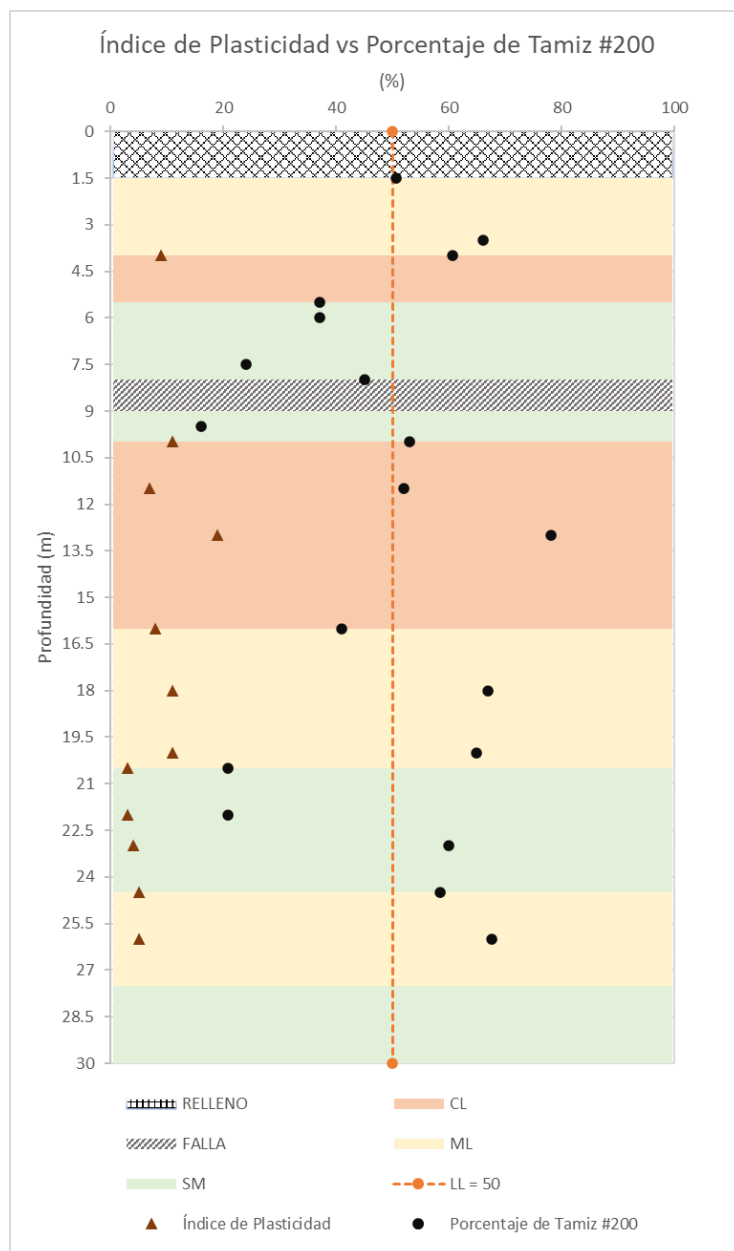


GRÁFICO 2. ÍNDICE DE PLASTICIDAD VS PORCENTAJE DE TAMIZ #200 (SEBASTIAN, 2025).

Los estratos que predominan en el perfil estratigráfico del suelo son limos de baja plasticidad (ML) y arenas limosas (SM) donde la densidad natural tiene un intervalo de 17.4 kN/m³ a 19.5 kN/m³, la densidad seca tiene un intervalo de 13.6 kN/m³ a 15.6 kN/m³ como se detalla en el Gráfico 3.

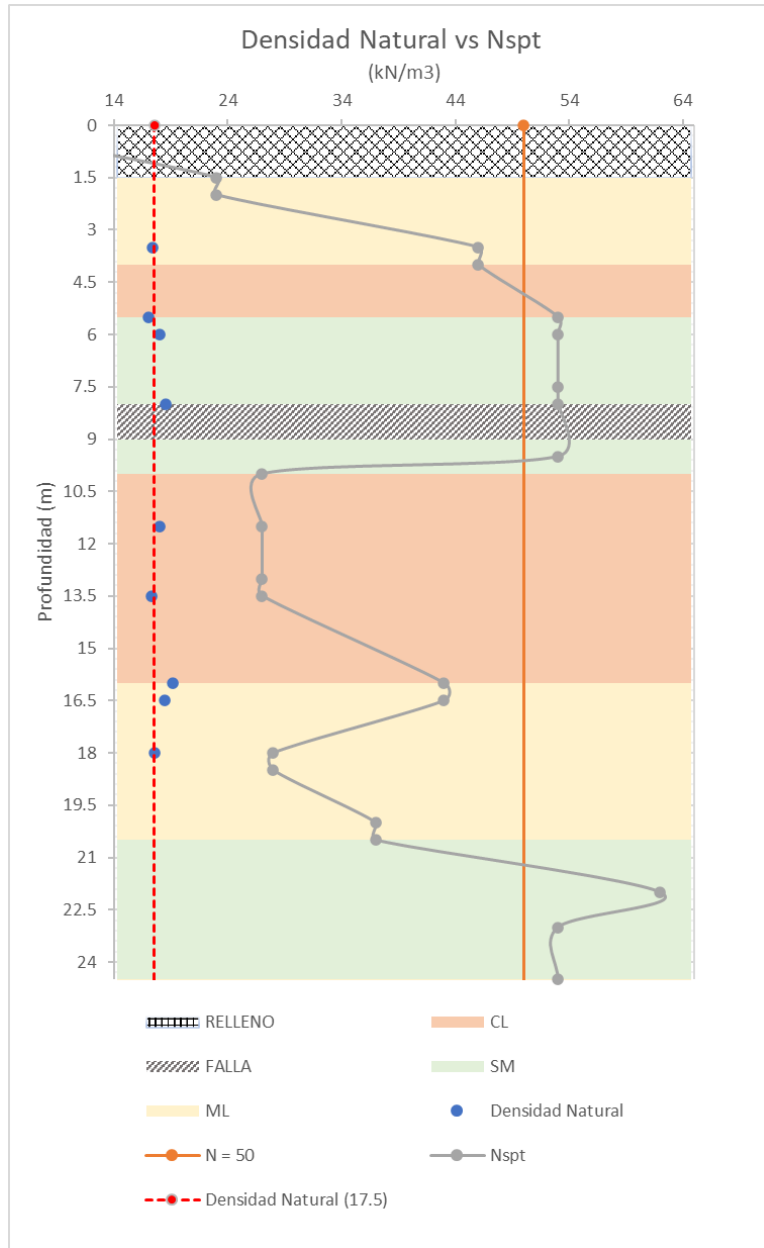


GRÁFICO 3. DENSIDAD NATURAL VS NSPT (SEBASTIAN, 2025).

Los estratos de Limo (ML) y arenas limosas (SM) son depósitos provenientes de erupciones volcánicas. Por este motivo se realizó ensayos de gravedad específica determinando que su intervalo es de 2.60 a 2.70 como se muestra en el Gráfico 4:

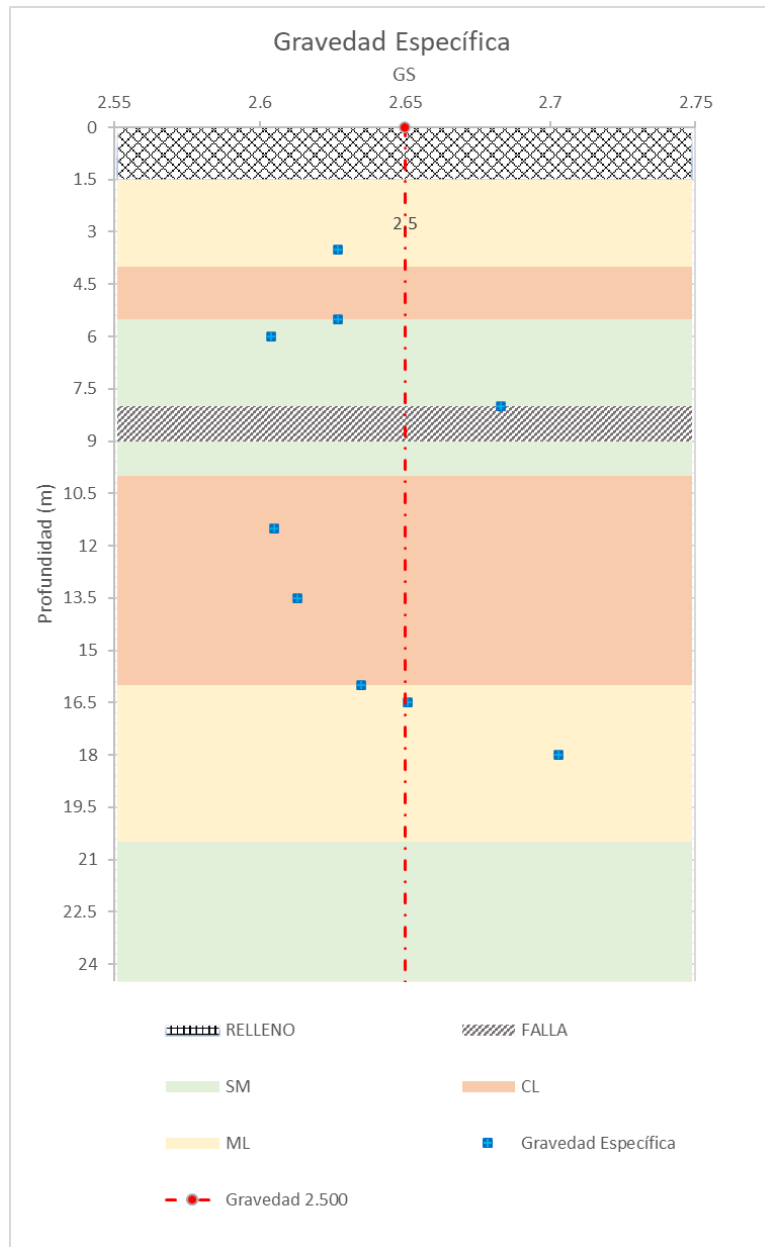


GRÁFICO 4. GRAVEDAD ESPECÍFICA (SEBASTIAN, 2025).

2.3. Perfil Estratigráfico del Sondeo 01.

Al finalizar la perforación de treinta metros y analizar los ensayos de clasificación SUCS a las muestras obtenidas en el sondeo geotécnico se pudo determinar el siguiente perfil estratigráfico:

De 0.55 a 1.50m.- Material de relleno con presencia de raíces y gravas de 1" a 2".

De 1.50 a 4.00m.- Limo arenoso sin plasticidad (ML) de color café con una humedad de 16% a 21%, sin plasticidad. El N_{60} de 29.9 a 59.8, lo que indica una consistencia dura.

De 4.00 a 5.50m.- Arcilla arenosa (CL) de color café con una humedad de 28%, límite líquido 32%, límite plástico de 23% e índice de plasticidad de 9%. El N_{60} de 59.8 lo que indica una consistencia dura.

De 5.50 a 10.00m.- Arena limosa (SM) de color café con intercalación de lentes de arena de grano grueso de color gris con una humedad de 17% a 28%, sin plasticidad. El N_{60} de 59.8 a 68.9 lo que indica una compacidad muy densa.

De 10.00 a 16.00m.- Arcilla arenosa (CL) de color café con una humedad de 30% a 33%, limite líquido 30% a 43%, limite plástico de 21% a 24% e índice de plasticidad de 7% a 19%. El N_{60} de 35.1 lo que indica una consistencia rígida.

De 16.50 a 20.50m.- Limo arenoso (ML) de color café con una humedad de 21% a 51%, limite líquido 38% a 50%, limite plástico de 27% a 39% e índice de plasticidad de 11%. El N_{60} de 36.4 a 48.1, lo que indica una consistencia muy rígida a dura.

De 20.50 a 24.50m.- Arena limosa (SM) de color café con intercalación de lentes de arena de grano grueso y material pómez de color gris con una humedad de 51%, sin plasticidad. El N_{60} de 48.1 a 68.9 lo que indica una compacidad muy densa.

De 24.50 a 27.50m.- Limo arenoso (ML) de color café con una humedad de 51%. El N_{60} de 68.9, lo que indica una consistencia dura.

De 27.50 a 30.00m.- Arena limosa (SM) de color café con intercalación de lentes de arena de grano grueso sin plasticidad. El N_{60} de 68.9 lo que indica una compacidad muy densa.

Con las muestras extraídas del muestreo triple pared se realizaron, ensayos de relaciones fundamentales, gravedad específica y clasificación SUCS.

A los 8.00 a 8.20 metros se identifica una falla en el estrato de arena limosa, produciendo una pérdida del fluido de perforación. A partir de los 10.50 metros en el estrato de arcilla de baja plasticidad se recupera el fluido de perforación.

En la siguiente Gráfico 5 se detalla el perfil estratigráfico del sondeo P-01.

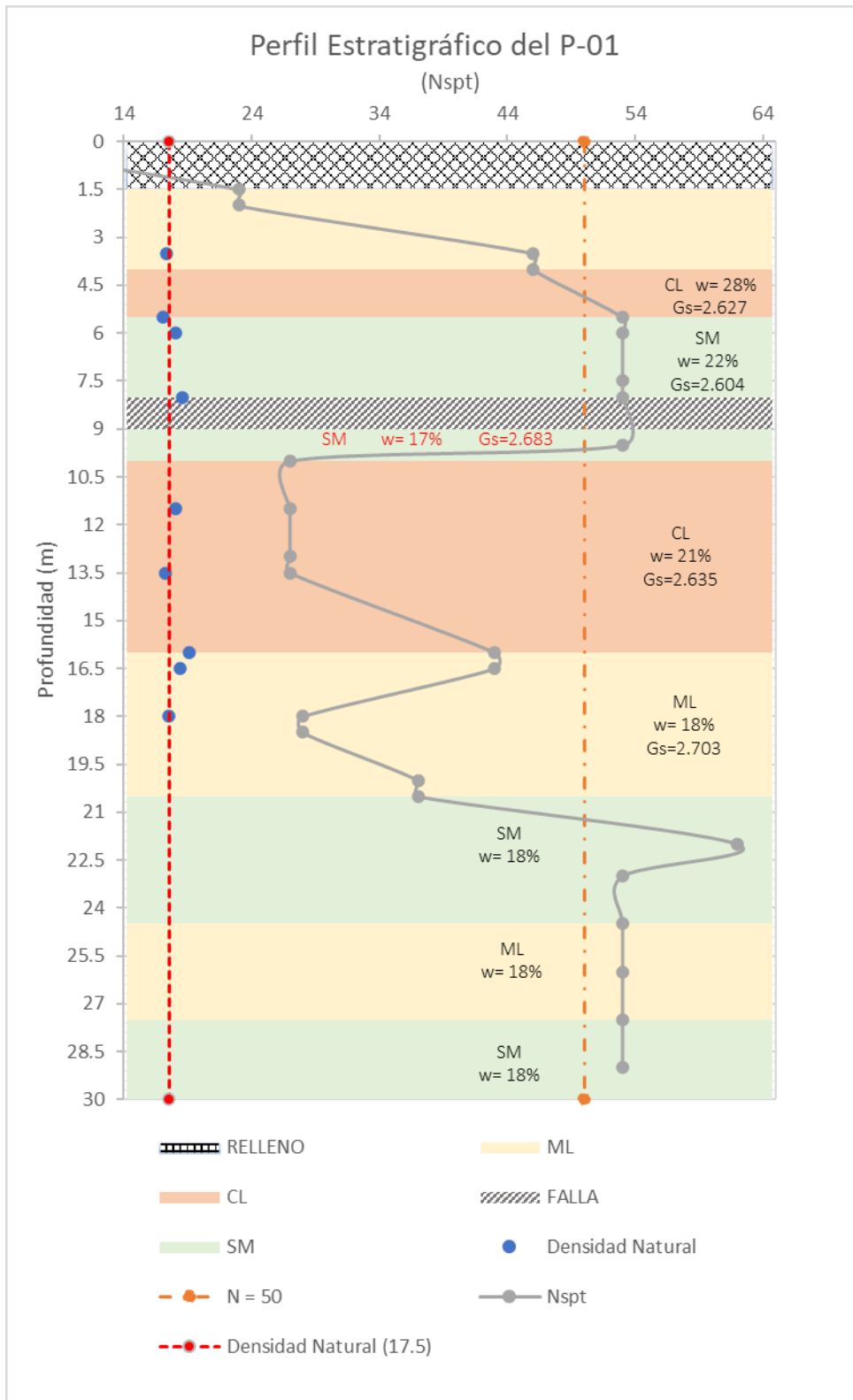


GRÁFICO 5. PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SONDEO P-01 (SEBASTIAN, 2025).

2.4. Preparación del sondeo P-01 para el ensayo del SDMT

2.4.1. Perforación

Se requiere una perforación de un diámetro mínimo 100mm debido a que la sonda del SDMT tiene un diámetro de 43.01mm. La perforación ha sido realizada con la máquina de perforación Boart Longyear Delta Base 520, debido a la capacidad del equipo de garantizar una perforación vertical y en base a su tecnología existe una menor alteración y la mayor estabilidad de las paredes del pozo. Estas condiciones se logran en el pozo debido a la configuración estructural y la disponibilidad de sensores que controla la horizontalidad del equipo.

- ✓ Como procedimiento de avance se utilizó la metodología de diamantina con el uso de tuberías huecas de perforación y muestreadores de triple pared. La decisión de utilizar un muestreador de triple pared tipo (HQ3) es para garantizar una recuperación mayor a la 90% con respecto a la longitud de avance.
- ✓ Se utilizó un muestreador Longyear del tipo (HQ3) que tiene un diámetro exterior de 96.10 mm, así también las maniobras de perforación fueron de 1.00 a 1.50 metros garantizando que no se ocupe demasiada agua para minimizar la alteración de la muestra.



FOTOGRAFÍA 5. PERFORADORA BOART LONGYEAR Y EQUIPOS DE PERFORACIÓN A DIAMANTINA (SEBASTIAN, 2025).

- ✓ El agua potable fue utilizada como fluido para el enfriamiento de la broca y tuberías de perforación. El consumo por cada maniobra fue de 80 litros por metro.

Al final de toda la maniobra de la perforación, el diámetro del sondeo fue de 105 mm.

Como se señaló anteriormente el diámetro del equipo SDMT es de 43.01 mm dejando un espacio vacío de 53.09 mm entre la pared del sondeo del suelo no penetrable y los sensores del SDMT. Este espacio fue rellenado con un material que permita confinar la sonda del SDMT con el suelo no penetrable.

2.4.2. Material de relleno

2.4.2.1. Características físicas de la Arena de Relleno

En la investigación se escogió una arena triturada por ser un material de fácil acceso en el sector de la construcción, la arena de relleno tiene las siguientes características:

- Arena gruesa con un tamaño de partículas de 0.20 mm a 4 mm.
- Coeficiente de Uniformidad (Cu) de 9.61
- Coeficiente de Curvatura (Cc) de 0.88
- Gravedad Específica Seca (Gs) de 2.51 y Absorción de 3.5%.
- Peso Unitario Suelto de 16.40 kN/m³ y Peso Unitario Compacto en el laboratorio de 17.99 kN/m³.

Clasificando al material como una arena mal graduada bajo la norma ASTM D 2487 tiene un grupo de símbolo SP.

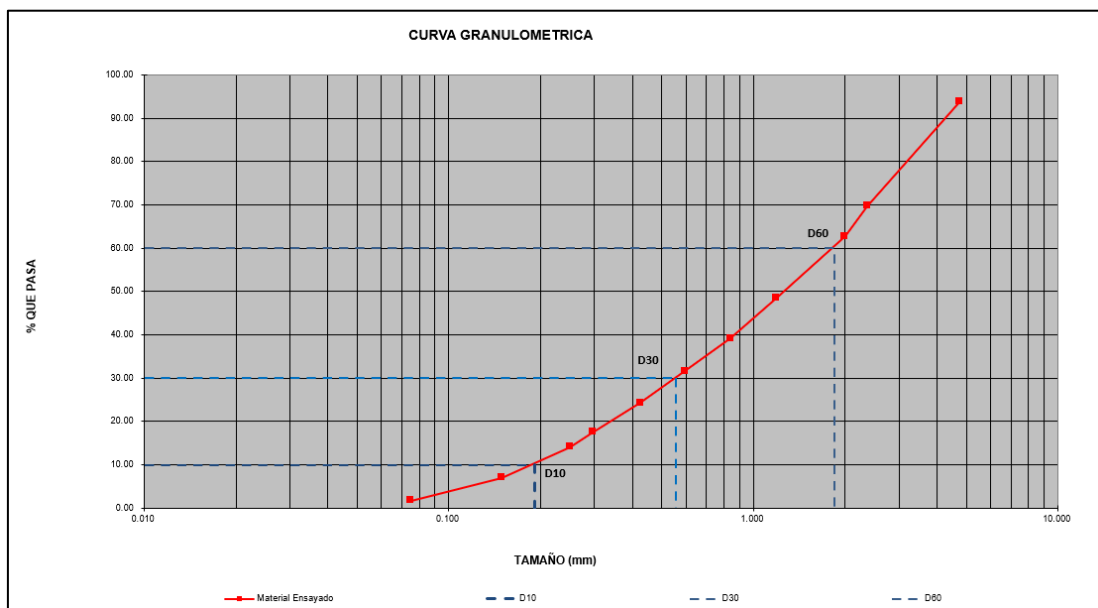


GRÁFICO 6. CURVA GRANULOMÉTRICA DE LA ARENA UTILIZADA EN EL RELLENO DEL ENSAYO SDMT (SEBASTIAN, 2025).

2.4.2.2. Procedimiento de Relleno

En un tubo de perforación (HQ) se cuantificó la cantidad de arena necesario para rellenar 1.50 metros del tubo, donde se determinó que se necesitaba un balde 20 litros. Posterior a eso se colocó la sonda del SDMT y se volvió a rellenar el espacio entre el tubo (HQ) y la sonda SDMT, verificando que la arena subió hasta 2.00 metros de altura.



FOTOGRAFÍA 6. VERTIDO DE ARENA DE RELLENO DESDE LA SUPERFICIE (SEBASTIAN, 2025).

Al momento del relleno de la arena en el ensayo del SDMT se fue comprobando que tanto la profundidad del SDMT y la profundidad de la arena tengan una diferencia de 2.00 metros, es decir que siempre la sonda del SDMT se encuentre cubierta por la arena de relleno. Para densificar la arena se vertió 20 litros de agua por cada balde de arena colocada en el sondeo.

3. CAPITULO III

3.1. Medición de ondas (V_s) y (V_p) con el equipo SDMT.

3.1.1. Equipo Dilatómetro Sísmico (SDMT)

El equipo de SDMT es una combinación del dilatómetro estándar DMT con el equipo de medición de velocidad de onda de corte (V_s). Este equipo fue desarrollado en Italia por Marchetti, utilizado principalmente para determinar la caracterización geotécnica del subsuelo, permitiendo determinar parámetros sísmicos del subsuelo.

El equipo incorpora dos geófonos integrados espaciados 50 cm uno del otro que permiten la medición de ondas generadas por una fuente sísmica en la superficie, las ondas se generan con el golpe de un martillo sobre una placa o viga metálica. Para determinar la velocidad de corte se determina el tiempo de llegada de onda desde el geófono superior al geófono inferior, al conocer la distancia y el tiempo se determina la velocidad de corte (V_s).

La excitación del suelo para generar una onda se realiza con un equipo de una masa conocida con una altura de caída que golpea al suelo de forma paralela al perfil natural del suelo, de esta manera se genera una onda de corte que se desplaza a través del estrato.

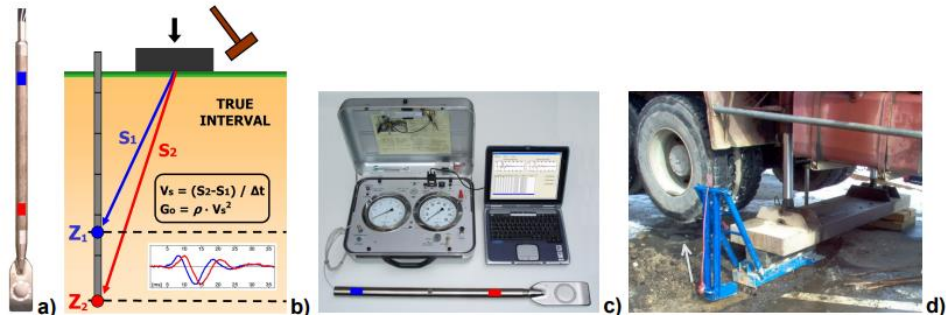


ILUSTRACIÓN 2.A) MÓDULO SÍSMICO Y PALETA PLANA DMT B) ESQUEMA GENERAL Y RESPUESTA DEL ENSAYO SDMT C) EQUIPO DE DILATÓMETRO SÍSMICO D) MECANISMO DE GENERACIÓN DE ONDAS DE CORTE EN SUPERFICIE (G. TOTANI, 2009)

El procedimiento SDMT demuestra ser una alternativa, rápida y económica a las pruebas Down-Hole convencionales en suelos blandos a compactos, sin requerir de sondeos con tuberías instaladas con grout, operaciones que requieren una pausa de algunos días antes de iniciar las pruebas (Monaco, 2013).

3.2. Preparación e Instalación de tuberías de PVC para sondeo de CrossHole.

El ensayo de CrossHole permite la medición directa de las ondas (P) y ondas (S) generadas en el estrato de suelo y medidas a la misma altura del sensor que emite las ondas como el sensor que las recepta.

Los dos sondeos necesarios para la ejecución del ensayo de Crosshole fueron implantados de tal forma que tengan una separación no menos de 3.00 metros considerado de centro a centro de la tubería de PVC, según recomendaciones de la normativa. En el proyecto inicialmente se consideró dos sondeos de 30.00 metros, pero debido a consideraciones técnicas y económicas que se presentaron luego de la planificación y durante la ejecución de la investigación, se decidió estudiar únicamente hasta los 15.00 metros.

En la instalación de las tuberías de PVC se produjo una falla en la máquina de perforación lo que generó una rotura en la tubería de PVC aproximadamente a los 9.20 metros generando el taponamiento de la perforación con el grout entre los 9.20 metros y los 15 metros. Por este motivo fue posible únicamente realizar el ensayo de Crosshole hasta una profundidad de 8.00 metros alineados en la misma dirección y espaciados exactamente a 3.01 metros de centro a centro.

La metodología de instalación y preparación del sondeo se escogió como norma de referencia a la ASTM D 4428-07.

La tubería instalada fue de PVC de 90 mm de diámetro exterior y resistencia de 1.25MPa. Posterior a la instalación de la tubería se realiza una mezcla de cemento, agua, y bentonita, el grout se dosifica de manera que la densidad sea cercana a la densidad natural detallada en el Gráfico 3 de los estratos de estudio. La dosificación del grout fue de la siguiente manera:

Materiales	Dosificación por Masa
Agua	2.0
Cemento	1.5
Bentonita	1.0

TABLA 1. DOSIFICACIÓN DEL GROUT PARA EL ENSAYO DEL CROSSHOLE (SEBASTIAN, 2025).

La inyección del grout se realizó desde el fondo del sondeo mediante la utilización de una bomba de inyección, de esta manera se garantiza la homogeneidad del grout y minimizar los espacios vacíos que se pueden producir al verter el grout desde la superficie.

El tiempo de fraguado del grout fue de 28 días garantizando que el grout alcance la densidad de 16 KN/m³.

3.3. Medición de ondas (Vs) y (Vp) con el equipo CrossHole.

El equipo que se utilizó para en el ensayo del Crossholes es el Geophone BGK3 que contiene un sensor triaxial, este equipo permite recibir ondas (P) y (S). El geófono se adhiere a la tubería de PVC mediante un sistema de membrana neumática que permite el ingreso del aire. La membrana se infla con ayuda de una bomba neumática, un nanómetro de presión indica la presión de sujeción del sistema a la tubería de PVC.

El equipo tiene un compás magnético que indica el ángulo azimutal con respecto al Norte, este mecanismo permite orientar al geófono en dirección al Norte y definir la ubicación con respecto al sondeo.

El cable del geófono se conecta a un sismógrafo, el equipo permite medir en tuberías de diámetro de 50mm hasta 75mm y profundidades de 200 metros. El cable está marcado cada 2 metros.

La unidad del geófono BGK3 este compuesto por tres partes principales siendo la sesión H1 la componente (X) que se dirección con el Norte como se detalla en la Ilustración 3:

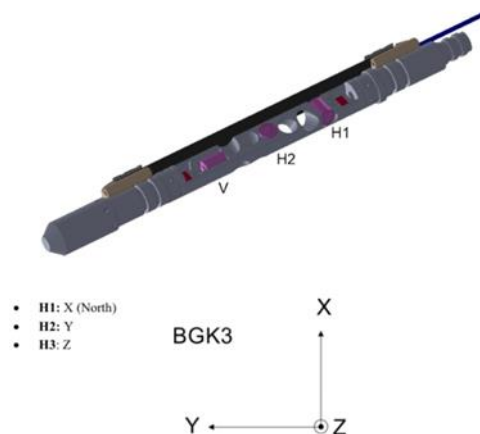


ILUSTRACIÓN 3. DETALLE DEL GEÓFONO TRIAXIAL DEL ENSAYO DEL CROSSHOLE (GMBH, 2023).

El eje de referencia del geófono es elemento H1. En la sonda del geófono existen dos marcas (N) que indican el eje de referencia, esta marca se alinea con el Norte magnético.

Los sensores darán una señal ascendente positiva en la dirección de la matriz de sensores. La onda sísmica en dirección de la línea del marcador proporcionará una señal ascendente positiva. Los demás componentes pueden probarse de la misma manera.

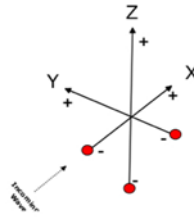


Figure 1: Sensor orientation and signal polarity

1.2 Geophone wiring

The following three channels are active:

Channel 1	Geophone H1 (X)	Pin A Signal +
		Pin B Signal -
Channel 2	Geophone H2 (Y)	Pin C Signal +
		Pin D Signal -
Channel 3	Geophone V	Pin E Signal +
		Pin F Signal -

ILUSTRACIÓN 4. ORIENTACIÓN Y POLARIDAD DE LA SEÑAL DEL GEÓFONO TRIAXIAL (GMBH, 2023).

El compás magnético se encuentra en la parte baja del geófono, es un sensor magnético tipo 3C ubicado en una carcasa no magnética.

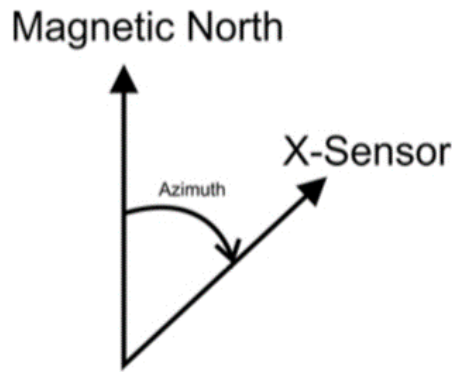


ILUSTRACIÓN 5. ESQUEMA QUE MUESTRA LA MEDIDA DEL ÁNGULO (GMBH, 2023).

El ángulo azimutal medido entre el norte magnético y la componente H1 tiene una precisión de +/- 1grado, en la pantalla del equipo se puede observar el azimut medido del sondeo en el momento del ensayo.

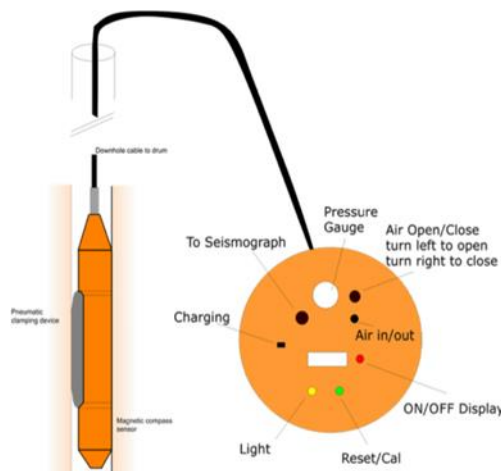


ILUSTRACIÓN 6. ESQUEMA DE LA SONDA QUE RECEPTA LAS ONDAS (S) (GMBH, 2023).

El equipo que permite generar las ondas (P) y (S) es el impulsador BIS-SH-DS, este equipo se introduce en el sondeo gemelo distanciados 3.00 metros de centro a centro. El equipo cuenta con una sonda de 65 mm con un sistema neumático que le permite adherirse al tubo de PVC. Una vez alcanzada la presión de adherencia se cierra la válvula de aire.



ILUSTRACIÓN 7. EQUIPO GENERADOR DE ONDAS (P) Y (S) (GMBH, 2023).

La sonda BIS consiste en la cabeza de la sonda, dos mangas que protegen la sonda activa con un sello de goma como se muestra en la Ilustración 8.



ILUSTRACIÓN 8. ESQUEMA DEL EQUIPO EMISOR DE ONDAS (P) Y (S) (GMBH, 2023).

Para emitir las ondas horizontales de corte el equipo emite una descarga eléctrica de 5 Amperios. Lo que indica al geófono receptor el instante cuando la onda se emite.

4. CAPITULO IV

4.1. Análisis de datos medidos con el SDMT

Los sismogramas generados por los dos geófonos del equipo del SDMT son amplificados y digitalizados en el software de Marchetti. Mediante el uso de una PC se puede visualizar el retraso que existe entre la fuente y los dos receptores (S2-S1) y el retraso entre el primer receptor y el segundo se denomina un (Δt). El uso de estos dos receptores minimiza la imprecisión para determinar el tiempo cero al momento del impacto del martillo de 10 kg que golpea a una placa horizontal la misma que transmite al suelo una velocidad de onda de corte (Marchetti, 2012).

En el siguiente Gráfico 7 se muestra un sismograma de las dos ondas que receptaron los geófonos, estas ondas son ajustadas para definir el tiempo cero.

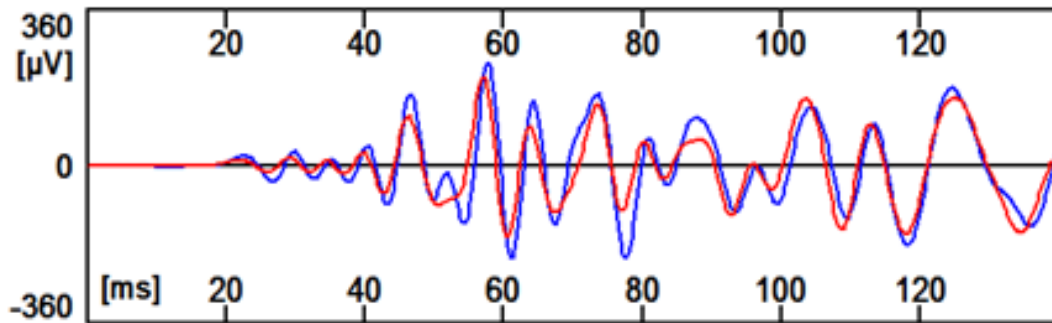


GRÁFICO 7. DIAGRAMA DE VELOCIDADES DE ONDAS Vs CON EL EQUIPO SDMT (SEBASTIAN, 2025).

En las mediciones de las velocidades de onda de corte (V_s) es necesario verificar su repetibilidad siendo recomendable que este valor es aceptable si el coeficiente de correlación está en un rango de 1% al 3% (MARCHETTI, 2008).

La repetibilidad es controlada por medio del coeficiente de variación (CV). El CV permite medir la variabilidad o dispersión relativa de los datos en relación con su media aritmética (Luceño, 2024).

La ecuación para calcular el coeficiente de variación es:

$$CV = \frac{\text{Desviación estándar}}{\text{media aritmética}} * 100 [\%]$$

ECUACIÓN 1. COEFICIENTE DE VARIACIÓN

En la Tabla 2 detalla las velocidades de onda (V_p) medidos con el equipo SDMT. Donde Z1 y Z2 corresponde a la distancia desde el sensor inferior ubicado más cercano a la punta del DMT.

N	Z1 [m]	Z2 [m]	V_p [m/s]
1	0.656	1.156	233
2	1.156	2.656	272
3	2.656	4.156	344
4	4.156	5.656	519
5	5.656	7.656	907
6	7.656	9.156	424
7	9.156	10.656	536
8	10.656	12.156	659
9	12.156	13.656	382
10	13.656	15.156	766
11	15.156	16.656	694
12	16.656	18.156	583
13	18.156	19.656	767
14	19.656	21.156	1122
15	21.156	22.656	912
16	22.656	24.156	1043
17	24.156	25.656	1622
18	25.656	27.156	1327
19	27.156	27.656	1217
20	27.656	28.656	1183

TABLA 2. VELOCIDAD DE ONDA (V_p) CON EL UPPER SENSOR (SEBASTIAN, 2025).

N	Z1 [m]	Z2 [m]	Vp [m/s]
1	1.26	1.76	270
2	1.76	3.26	299
3	3.26	4.76	352
4	4.76	6.26	428
5	6.26	8.26	956
6	8.26	9.76	451
7	9.76	11.26	579
8	11.26	12.76	631
9	12.76	14.26	338
10	14.26	15.76	633
11	15.76	17.26	607
12	17.26	18.76	521
13	18.76	20.26	768
14	20.26	21.76	1122
15	21.76	23.26	912
16	23.26	24.76	973
17	24.76	26.26	1217
18	26.26	27.76	1328
19	27.76	28.26	1217
20	28.26	29.26	1052

TABLA 3. VELOCIDAD DE ONDA (Vp) CON EL LOWER SENSOR (SEBASTIAN, 2025).

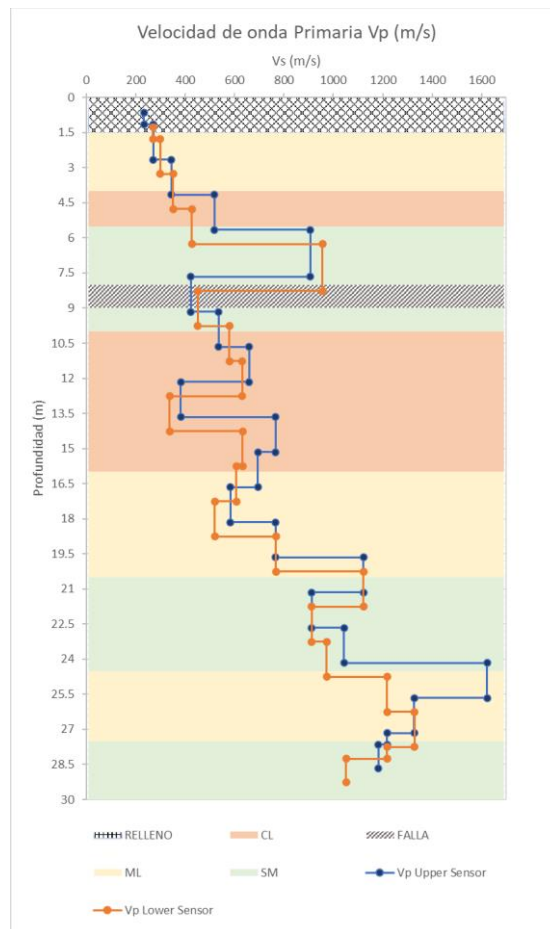


GRÁFICO 8. VELOCIDAD DE ONDA (Vp) CON UPPER Y LOWER SENSOR (SEBASTIAN, 2025).

Para el cálculo de la velocidad de onda prima (V_p) se determinó el promedio de los valores de (V_p) obtenidos con los sensores Upper y Lower como se muestra en la Tabla 4.

Prof. (m)	V_p (m/s)
1.458	251.5
2.958	285.5
4.458	348
5.958	473.5
7.958	931.5
9.458	437.5
10.958	557.5
12.458	645
13.958	360
15.458	699.5
16.958	650.5
18.458	552
19.958	767.5
21.458	1122
22.958	912
24.458	1008
25.958	1419.5
27.458	1327.5
27.958	1217
28.958	1117.5

TABLA 4. VELOCIDAD PROMEDIO DE ONDA (V_p) CON EL EQUIPO SDMT (SEBASTIAN, 2025).

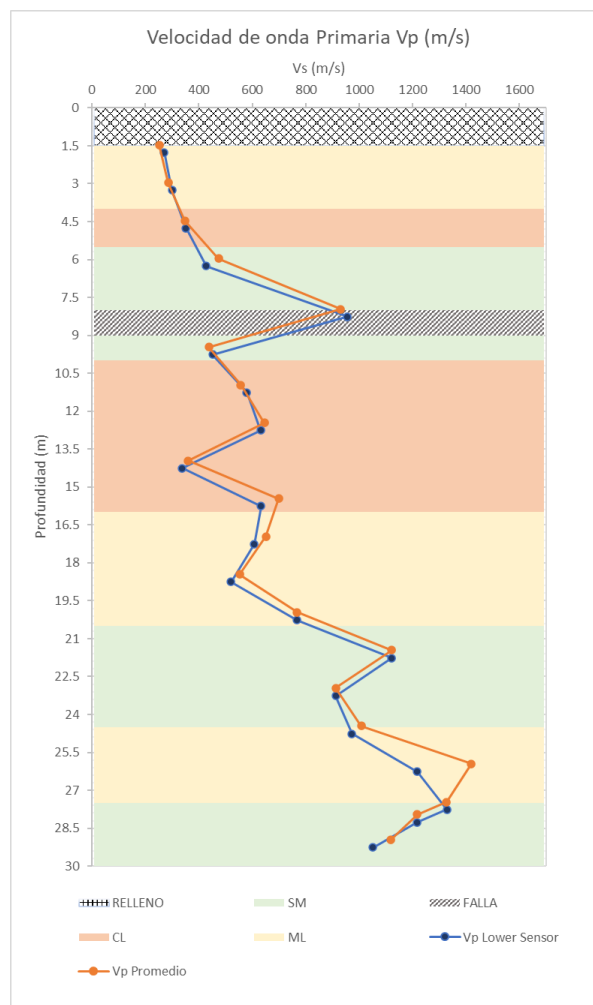


GRÁFICO 9. VELOCIDAD PROMEDIO DE ONDA (V_p) CON EL EQUIPO SDMT (SEBASTIAN, 2025).

En la siguiente Tabla 5 se detalla las velocidades de onda de corte Vs medidas en el sondeo P-01, el coeficiente de variación varía de 0% hasta 10.86%. Las medidas de onda se determinaron en intervalos de 1.50 metros y al finalizar el sondeo en intervalos de 0.5 y 1 metros respectivamente. La profundidad máxima de medición fue de 29 metros con respecto al nivel del suelo natural.

Z	Vs	Vs Repeatability	Var Coeff.
[m]	[m/s]	[m/s]	[%]
1.00	174	178,170,174	1.88
1.50	90	93,88,95,84	4.78
3.00	158	146,160,168	5.75
4.50	65	65,68,63	3.20
6.00	274	267,271,267,292	3.79
8.00	686	674,665,683,723	3.23
9.50	117	121,107,124	6.34
11.00	178	168,196,163,184	7.35
12.50	148	162,130,149,149	7.72
14.00	110	102,104,101,112,133	10.86
15.50	496	534,459	7.56
17.00	116	113,113,121	3.26
18.50	124	125,125,116,128	3.65
20.00	296	252,318,333,283	10.63
21.50	641	660,666,618,620	3.45
23.00	660	622,688,670	4.22
24.50	840	852,828	1.43
26.00	914	937,934,979,804	7.19
27.50	731	668,794	8.62
28.00	780	780	0.00
29.00	694	674,646,689,766	6.41

TABLA 5. VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE (Vs) CON EL EQUIPO SDMT (SEBASTIAN, 2025).

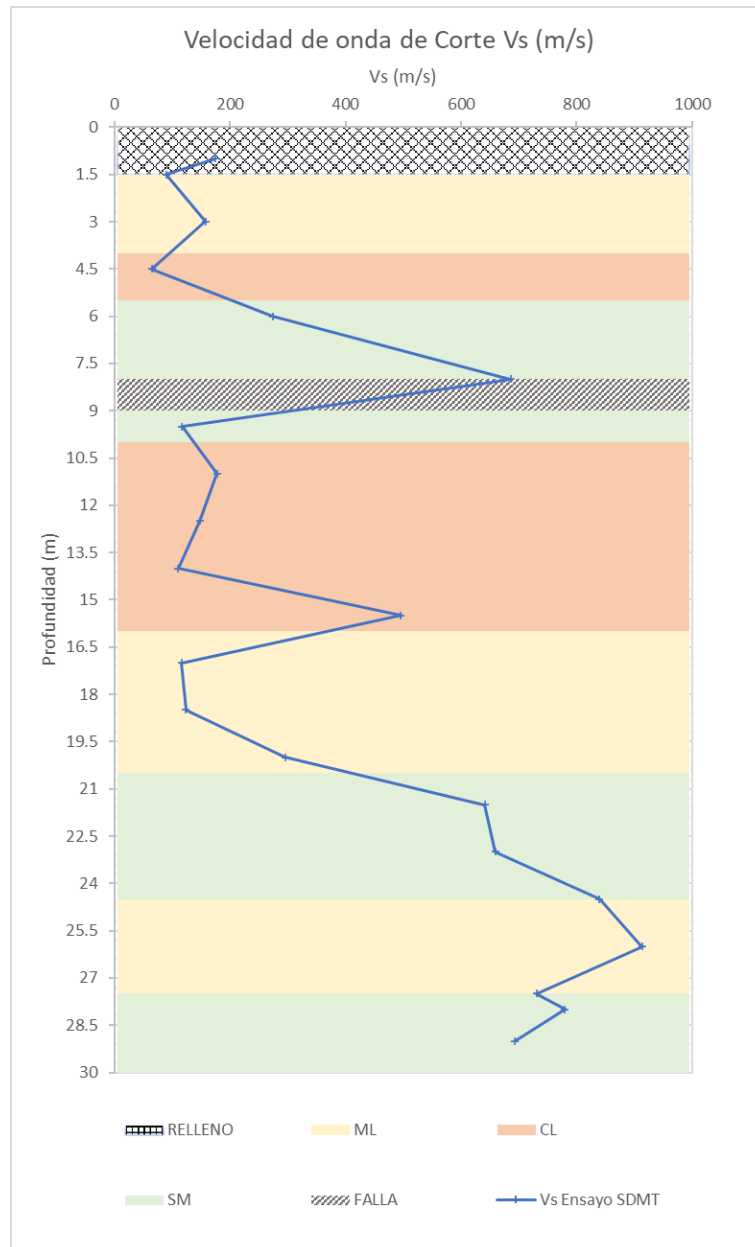


GRÁFICO 10. VELOCIDAD DE ONDA DE (Vs) CON EL EQUIPO SDMT (SEBASTIAN, 2025).

4.2. Análisis de datos medidos con la Sonda CROSSHOLE.

La determinación de las velocidades de onda de corte con el ensayo Crosshole fue determinado haciendo tres medidas de forma ascendente y descendente en las tuberías de PVC.

- Primera lectura fue realizada desde el fondo del sondeo a los 7.29m en sentido sur – norte, siendo instalado el receptor en la tubería ubicada en el sentido norte.
- Segunda lectura fue realizada desde el fondo del sondeo a los 7.29m en sentido norte – sur, siendo instalado el receptor en la tubería ubicada en el sentido sur.
- Tercera lectura fue realizada desde la superficie hasta los 7.29m en sentido norte – sur, siendo instalado el receptor en la tubería ubicada en el sentido sur. Adicionalmente se realizó un proceso de apilado de ondas.

En el siguiente Gráfico 11 se observa las velocidades de ondas registrado en el geófono triaxial, medidos en el eje X, Y, Z.

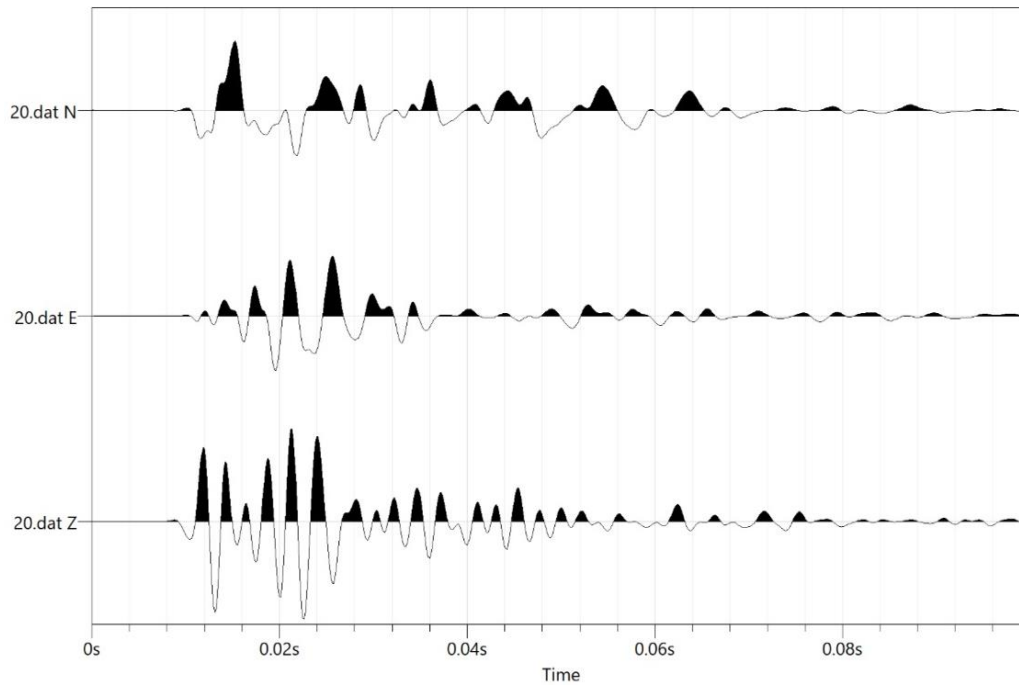


GRÁFICO 11. SISMOGRAMAS MEDIDOS CON EL EQUIPO DE CROSSHOLE (SEBASTIAN, 2025).

Las lecturas determinadas en las mediciones realizadas in situ, se detallan en la Tabla 6.

Primera Prueba							
Z	Vs	Vp	Azimut	Tiempo 1	Tiempo 2	Longitud	Longitud corregida
[m]	(m/s)	(m/s)	[grados]	(Seg)	(Seg)	(m)	(m)
7.29	462	502	25	0.0058	0.0063	3.00	2.91
7.29	455	477	25	0.0061	0.0064	3.00	2.91
7.29	441	477	25	0.0061	0.0066	3.00	2.91
6.29	421	486	40	0.0064	0.0074	3.00	3.11
5.29	332	374	0	0.0078	0.0088	3.00	2.92
4.29	318	356	334	0.0085	0.0095	3.00	3.03
3.29	369	419	28	0.0074	0.0084	3.00	3.10
2.29	509	1018	328	0.003	0.006	3.00	3.05
1.29	393	644	343	0.0047	0.0077	3.00	3.03
Segunda Prueba							
7.29	581	723	13	0.0041	0.0051	3.00	2.96
6.29	320	449	29	0.0067	0.0094	3.00	3.01
5.29	320	473	32	0.0063	0.0093	3.00	2.98
4.29	362	575	36	0.0051	0.0081	3.00	2.93
3.29	262	402	36	0.0073	0.0112	3.00	2.93
2.29	487	974	11	0.003	0.006	3.00	2.92
1.29	381	624	352	0.0047	0.0077	3.00	2.93
Tercera Prueba							
1.29	386	444	352	0.0066	0.0076	3.00	2.93
1.29	381	438	352	0.0067	0.0077	3.00	2.93
2.29	452	536	24	0.0054	0.0064	3.00	2.89
3.29	403	464	9	0.0067	0.0077	3.00	3.11
4.29	378	431	27	0.0072	0.0082	3.00	3.10
5.29	308	353	357	0.0082	0.0094	3.00	2.89
6.29	407	461	3	0.0067	0.0076	3.00	3.09
7.29	597	740	9	0.0042	0.0052	3.00	3.11

TABLA 6. VELOCIDAD DE ONDA (VP) Y (VS) CON EL ENSAYO CROSSHOLE (SEBASTIAN, 2025).

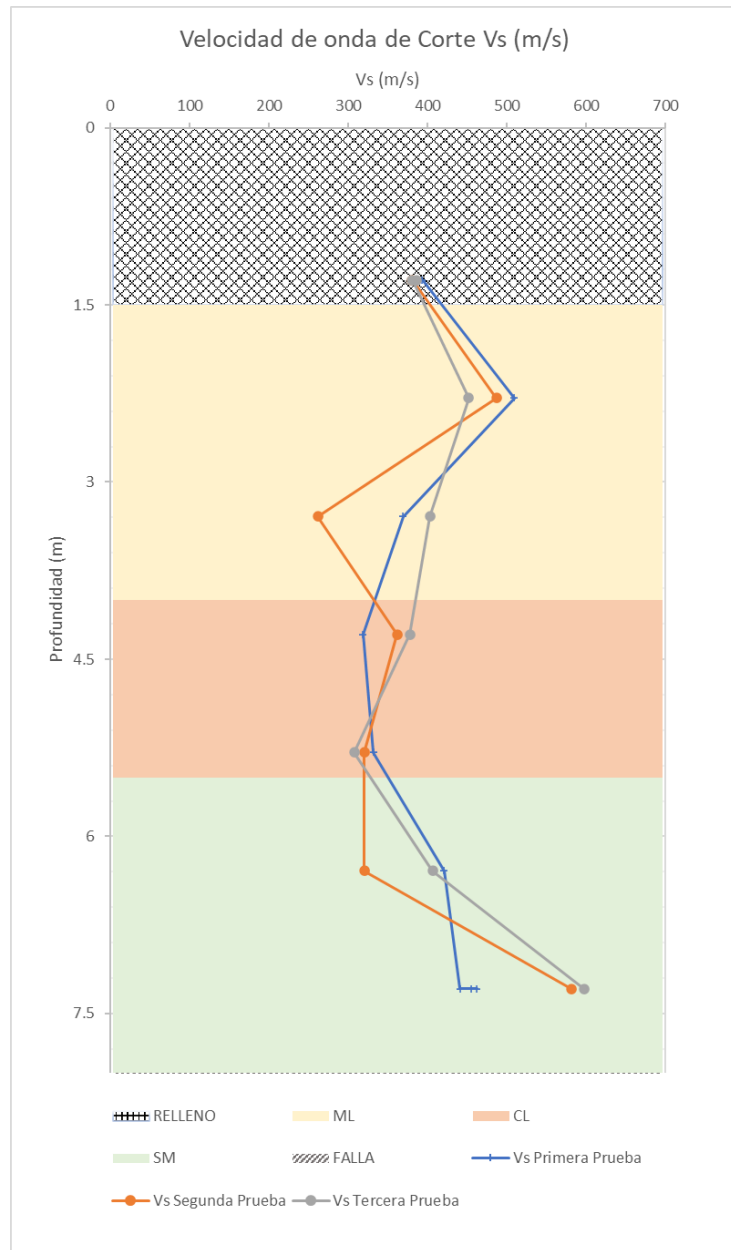


GRÁFICO 12. VELOCIDAD DE ONDA (Vs) DEL ENSAYO CROSSHOLE (SEBASTIAN, 2025).

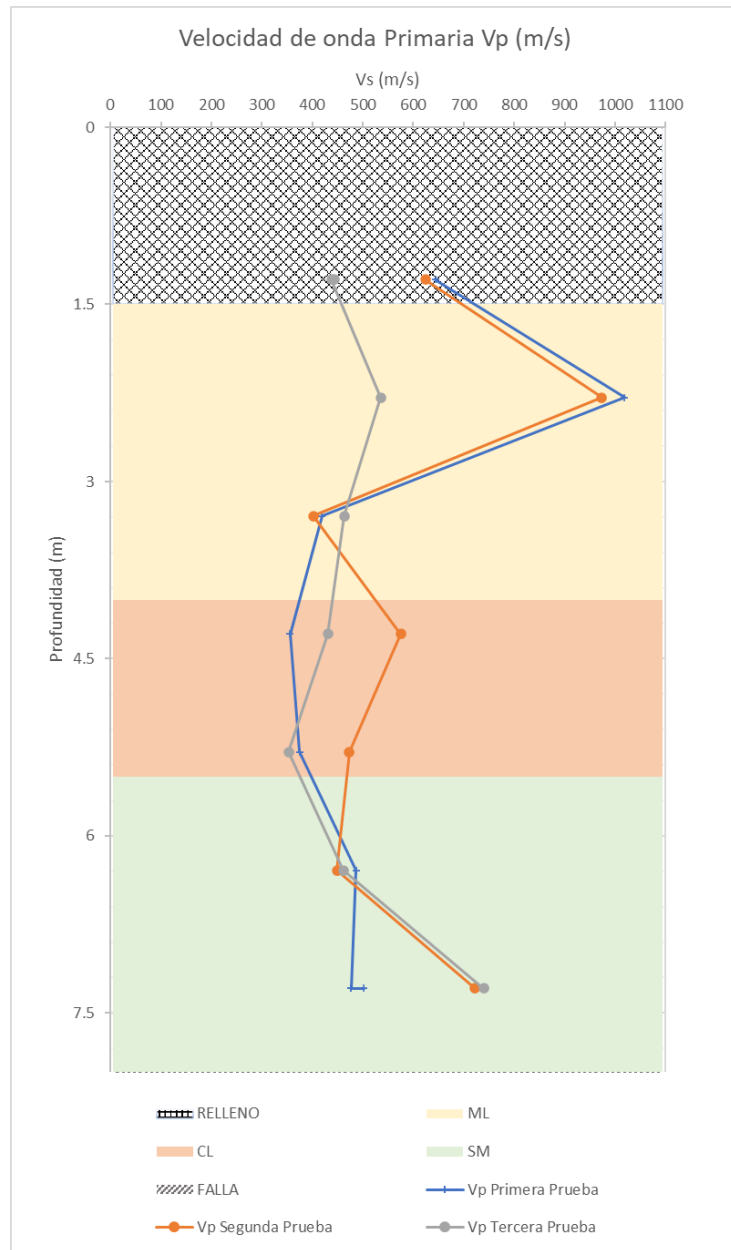


GRÁFICO 13. VELOCIDAD DE ONDA (VP) DEL ENSAYO CROSSHOLE (SEBASTIAN, 2025).

Para la tabulación de los datos de las tres medidas se utilizó el mismo principio del coeficiente de variación utilizando Ecuación 1. Por lo tanto, en la Tabla 7 se detalla el promedio de las velocidades (Vp) determinados por el ensayo Crosshole.

Z	Vp	Vp Repeatability	Var Coeff.
[m]	[m/s]	[m/s]	[%]
1.29	538	644,624,444,438	18.01
2.29	843	1,018,974,536	25.82
3.29	428	419,402,464	6.11
4.29	454	356,575,431	20.02
5.29	400	374,473,353	13.08
6.29	465	486,449,461	3.31
7.29	584	502,477,477,723,740	20.74

TABLA 7. VELOCIDAD DE ONDA (Vp) Y EL COEFICIENTE DE VARIACIÓN DEL ENSAYO CROSSHOLE.

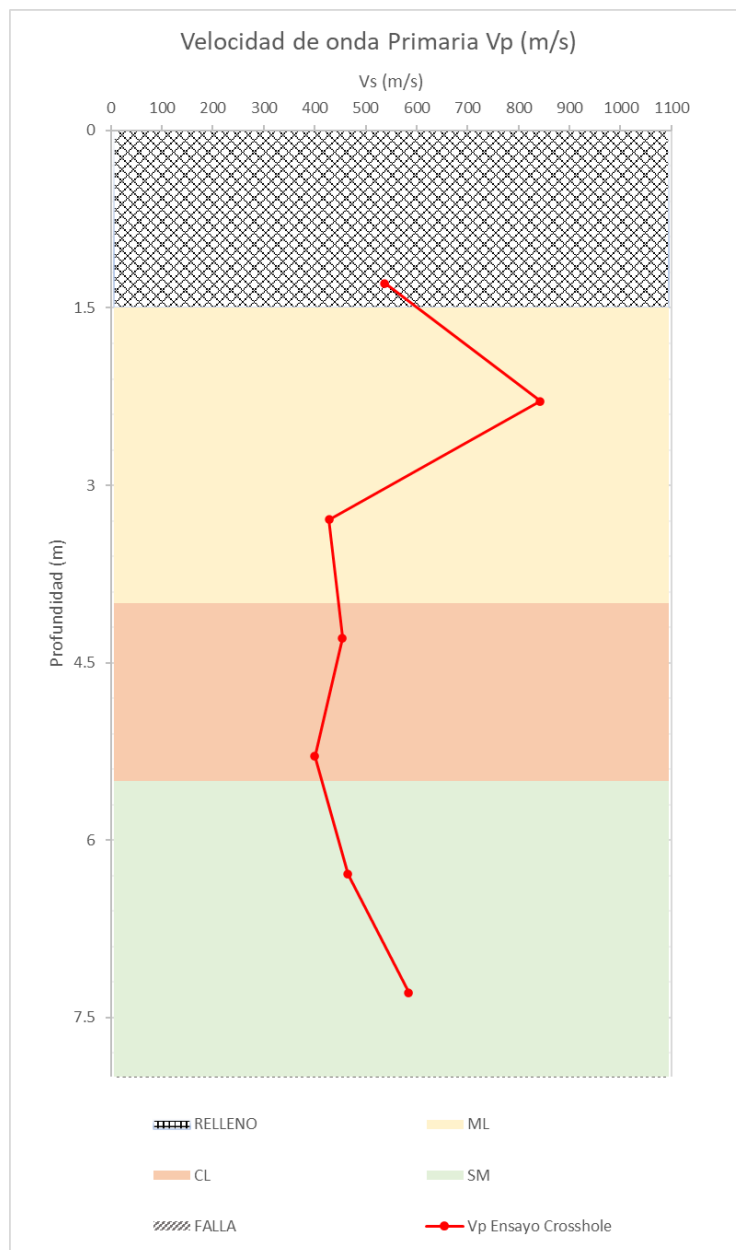


GRÁFICO 14. VELOCIDAD MEDIA DE ONDA (Vp) DEL ENSAYO CROSSHOLE (SEBASTIAN, 2025).

En la Tabla 8 se detalla el promedio de las velocidades (V_s) determinados por el ensayo Crosshole.

Z	V_s	V_s Repeatability	Var Coeff.
[m]	[m/s]	[m/s]	[%]
1.29	385	393,381,386,381	1.28
2.29	483	509,487,452	4.86
3.29	345	262,369,403	17.43
4.29	353	362,318,378	7.19
5.29	320	320,332,308	3.06
6.29	383	320,421,407	11.68
7.29	507	581,462,455,441,597	13.27

TABLA 8. VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE (V_s) Y EL COEFICIENTE DE VARIACIÓN DEL ENSAYO CROSSHOLE (SEBASTIAN, 2025).

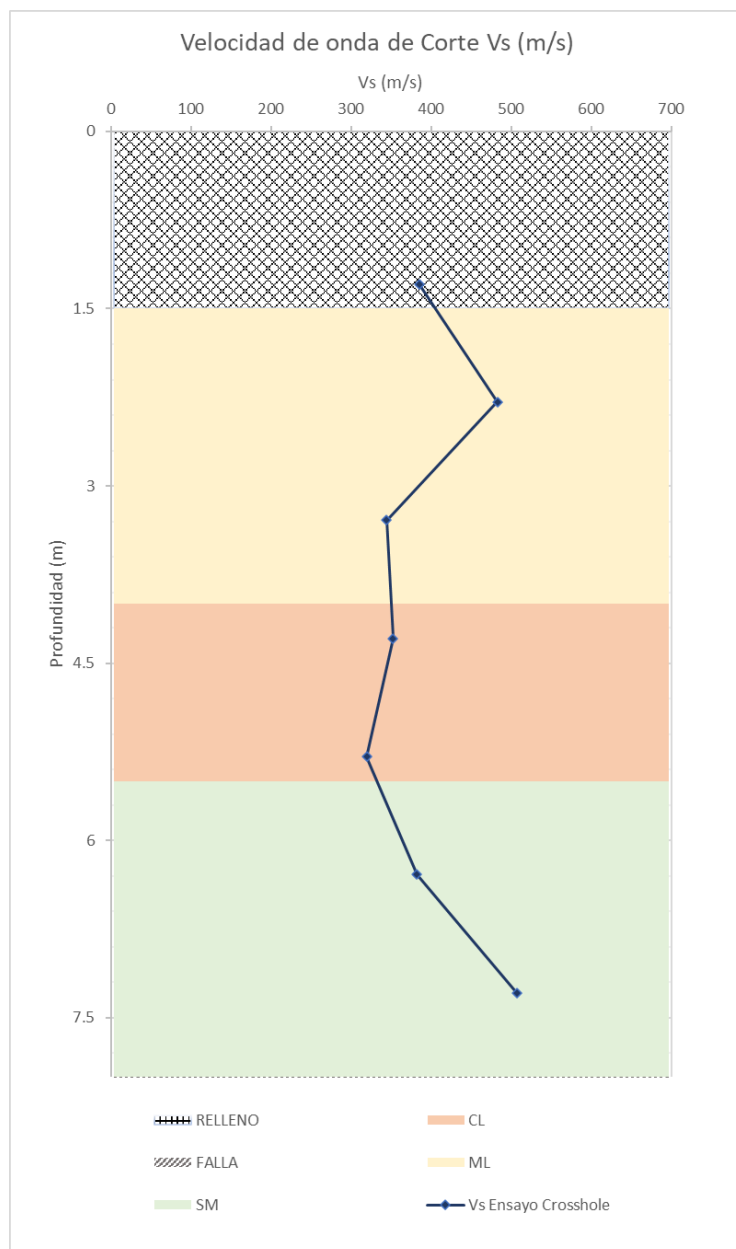


GRÁFICO 15. VELOCIDAD MEDIA DE ONDA DE CORTE (Vs) DEL ENSAYO CROSSHOLE (SEBASTIAN, 2025).

4.3. Comparación de datos y análisis de resultados.

En el siguiente Gráfico 16 se detalla las velocidades (V_p) medidas con el equipo SDMT y con el equipo CROSSHOLE. Donde se observa que a partir de los 4 metros de profundidad las mediciones del equipo SDMT son semejantes a las mediciones realizadas con el ensayo Crosshole. Como se tiene una limitante de la profundidad de medición con el ensayo Crosshole no se puede definir que las mediciones continúen con la misma tendencia.

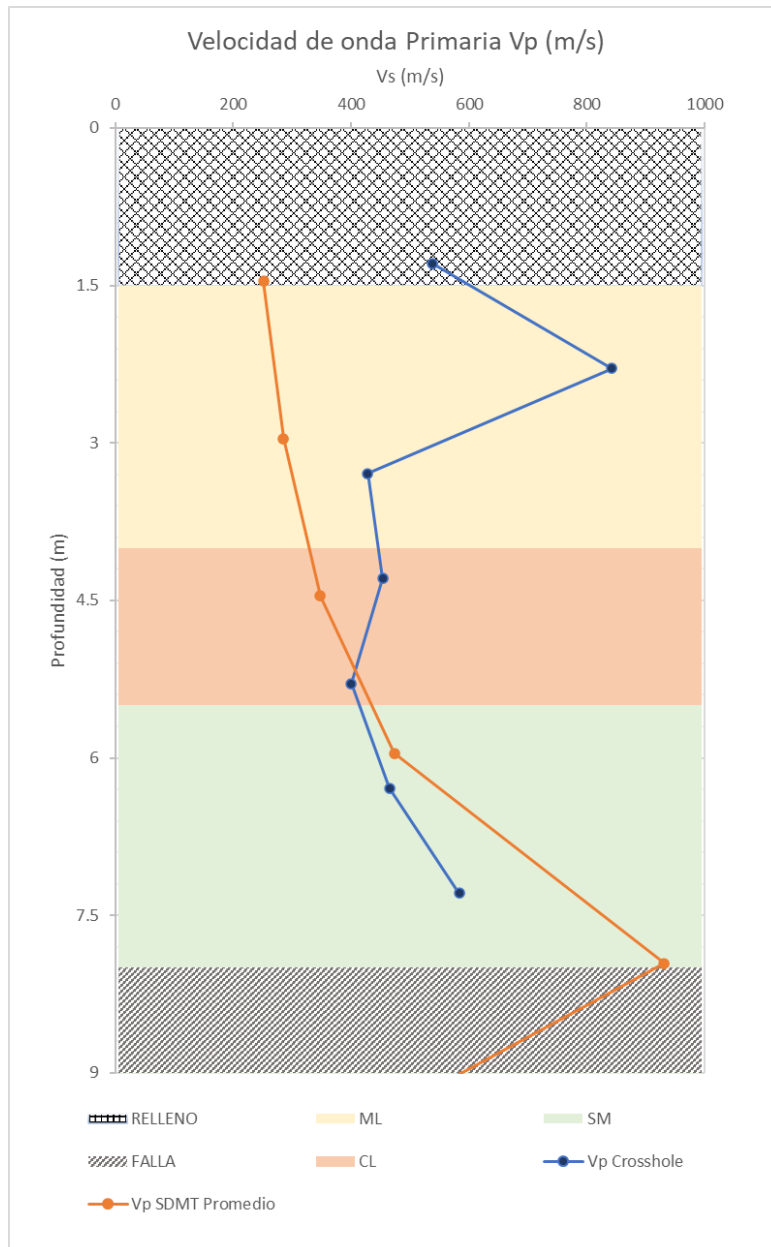


GRÁFICO 16. COMPARACIÓN ENTRE LA VELOCIDAD (VP) CON EL ENSAYO SDMT Y OBTENIDO CON EL CROSSHOLE (SEBASTIAN, 2025).

En el siguiente Gráfico 17 se detalla las velocidades (V_s) medidas con el equipo SDMT y con el equipo CROSSHOLE. Donde se observa que las medidas del equipo SDMT discrepan de las velocidades medidas con el ensayo Crosshole. Al no tener más datos del ensayo Crosshole no se puede comparar las mediciones del SDMT. Por lo tanto, se decide aumentar un análisis comparando las mediciones de la velocidad de (V_s) medidos con el equipo Crosshole con correlaciones basadas en el N_{spt} determinados en la perforación de 30 metros.

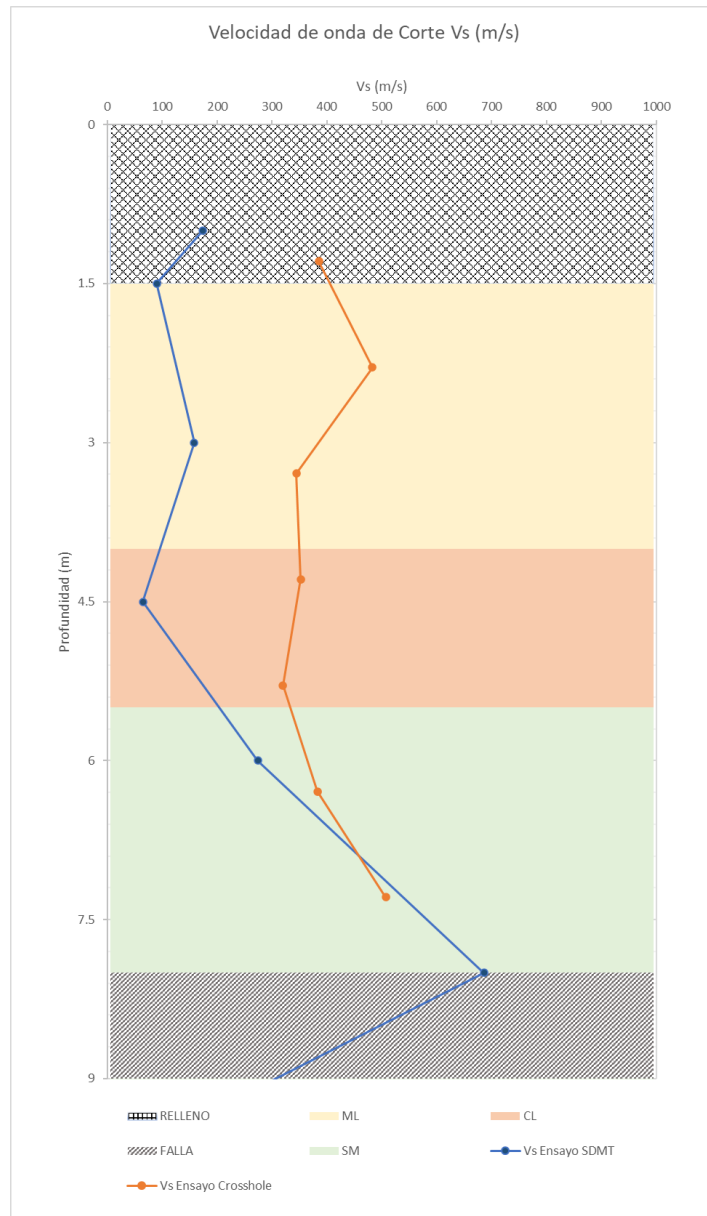


GRÁFICO 17. COMPARACIÓN DE LA VELOCIDAD (Vs) CON EL ENSAYO SDMT Y EL CROSSHOLE (SEBASTIAN, 2025).

4.3.1. Determinación de velocidad (Vs) mediante correlaciones del N_{spt}.

El ensayo de penetración estándar (SPT) por sus siglas en inglés es el método más utilizado en la geotecnia para estimar las propiedades físicas. Este ensayo nos permite correlacionar mediante la cantidad de golpes de (SPT) la compacidad de los estratos de arena y con menor confianza la consistencia de los estratos finos (arcillas y limos).

En el caso de estudio se utilizó un martillo automático de la perforadora Boart Longyear Delta Base 520 #2. Con una eficiencia de la energía del 78% este valor será usado para calcular el N₆₀.

La fórmula para calcular el N₆₀ es:

$$N_{60} = C_b * C_r * N * \left(\frac{E_m}{60}\right)$$

ECUACIÓN 2. CÁLCULO DEL VALOR DE N₆₀.

Donde:

N_{60} : Número de golpes Nspt corregido por los procedimientos de campo.

C_b : Factor de corrección por el diámetro de la perforación (1.0 a 1.15)

C_r : Factor de corrección por longitud de la varilla de perforación (0.75 a 1.00)

N : Número de golpes registrado en el ensayo de SPT.

E_m : Eficiencia del Martillo en porcentaje (%) (Day, 2006)

A continuación, se detalla en la Tabla 9.

Z	Nspt	N60spt
[m]	[-]	[-]
0.0	0	0
1.5	23	30
2.0	23	30
3.5	46	60
4.0	46	60
5.5	53	69
6.0	53	69
7.5	53	69
8.0	53	69
9.5	53	69
10.0	27	35
11.5	27	35
13.0	27	35
13.5	27	35
16.0	43	56
16.5	43	56
18.0	28	36
18.5	28	36
20.0	37	48
20.5	37	48

TABLA 9. VALORES DEL NSPT CORREGIDOS A UN VALOR N60 (SEBASTIAN, 2025).

Existen numerosas correlaciones que permiten determinar la velocidad de onda de corte Vs en base al Nspt, las mismas que fueron desarrolladas en laboratorio y ajustadas mediante se actualizaba las metodologías de campo. La mayoría de las correlaciones no consideraba la corrección del Nspt por la energía del martillo, longitud de tubería, diámetro de perforación. Lo que hacía imposible en ocasiones utilizar estas correlaciones. Actualmente se resumen 28 diferentes correlaciones que consideran el Nspt y el N₆₀ para la determinación del (Vs).

Author(s)	I.D.	All Soils	Sand	Silt
Imai (1977)	H	$V_S = 91N^{0.337}$	$V_S = 80.6N^{0.331}$	—
Ohta and Goto (1978)	I	$V_S = 85.35N^{0.348}$	—	—
Ohta and Goto Prof. (1978)	—	$V_S = 85.35(N + 0.5)^{0.348} * z^{0.162}$	—	—
Shibata (1970)	A	—	$V_S = 31.7N^{0.54}$	—
Dikmen (2009)	Z	$V_S = 58N^{0.39}$	$V_S = 73N^{0.33}$	$V_S = 60N^{0.36}$
Pitilakis et al. (1999)	AA	—	$V_S = 145(N_{60})^{0.178}$	—
Hasancebi and Ulusay (2006)	AB	$V_S = 104.79(N_{60})^{0.26}$	$V_S = 131(N_{60})^{0.205}$	—

ILUSTRACIÓN 9. CORRELACIONES PARA DETERMINAR EL (VS) EN FUNCIÓN DEL NSPT Y N₆₀. (BRANDENBERG, 2010)

El alcance de esta investigación no es determinar una correlación para determinar el Vs en función al N_{spt}. Pero al tener la limitación de falta de información de resultados a mayor profundidad por el ensayo Crosshole, se decide ocupar las siguientes correlaciones:

- Imai (1977)
- Ohta y Goto (1978) sin considerar la profundidad.
- Ohta y Goto (1978) considerando la profundidad.
- Shibata (1970)
- Pitilakis et al. (1999) considera N₆₀.
- Dikmen (2009)
- Hasancebi and Ulusay (2006) considera N₆₀.

En la siguiente Tabla 10 se detalla los valores calculados con cada correlación y en el Gráfico 18 se muestra las velocidades (Vs) a cada profundidad.

Z	Nspt	N60spt	Correc. Imai (1977) Vs	Correc. Ohta y Goto (1978) Vs	Correc. Ohta y Goto considera profundidad (1978) Vs	Correc. Shibata (1970) Vs	Pitilakis et al. (1999)	Dikmen (2009)	Hasancebi and Ulusay (2006)
[m]	[-]	[-]	[m/s]	[m/s]	[m/s]	[m/s]	[m/s]	[m/s]	[m/s]
0.0	0	0	0	67	0	0	0	0	0
1.5	23	30	228	256	272	172	265	186	263
2.0	23	30	228	256	285	172	265	186	263
3.5	46	60	286	325	396	251	300	238	303
4.0	46	60	286	325	405	251	300	238	303
5.5	53	69	300	341	448	271	308	251	312
6.0	53	69	300	341	454	271	308	251	312
7.5	53	69	300	341	471	271	308	251	312
8.0	53	69	300	341	476	271	308	251	312
9.5	53	69	300	341	489	271	308	251	312
10.0	27	35	240	270	391	188	273	197	272
11.5	27	35	240	270	400	188	273	197	272
13.0	27	35	240	270	408	188	273	197	272
13.5	27	35	240	270	411	188	273	197	272
16.0	43	56	280	317	495	242	297	232	299
16.5	43	56	280	317	498	242	297	232	299
18.0	28	36	243	274	436	192	275	199	274
18.5	28	36	243	274	438	192	275	199	274
20.0	37	48	266	301	487	223	289	220	290
20.5	37	48	266	301	489	223	289	220	290

TABLA 10. CÁLCULO DE VELOCIDADES (VS) EN FUNCIÓN A LAS CORRELACIONES DEL NSPT Y N₆₀ (SEBASTIAN, 2025).

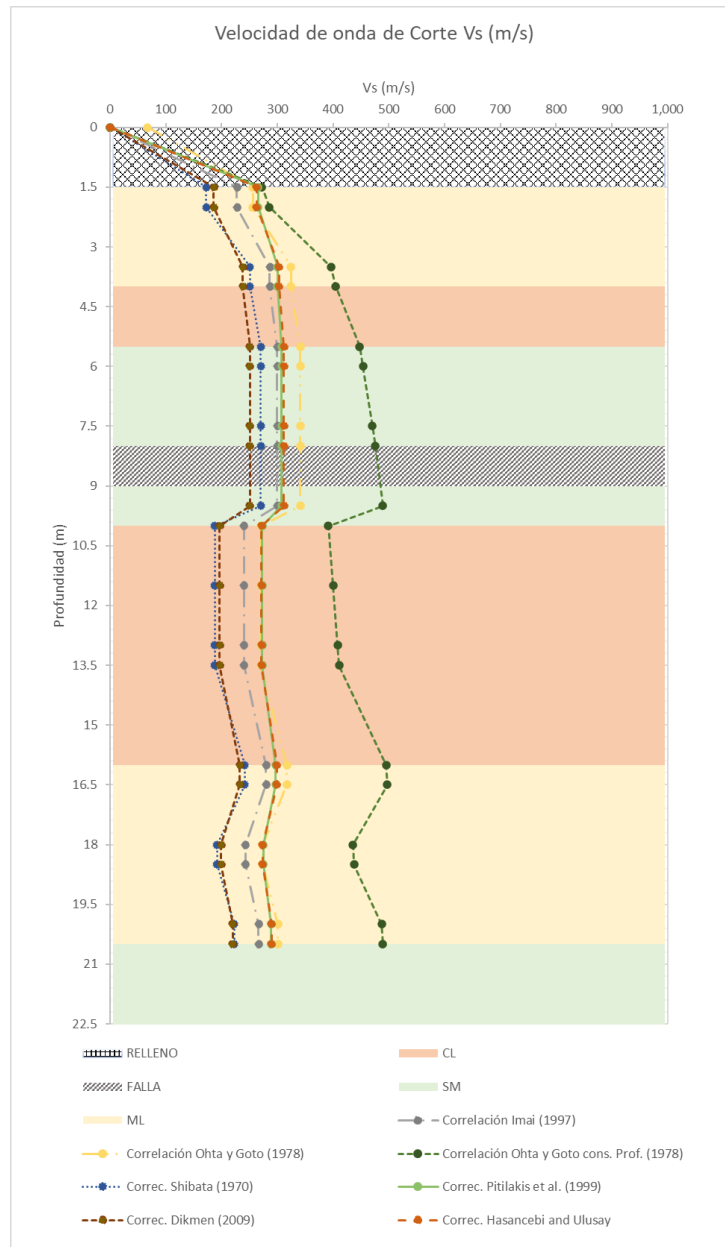


GRÁFICO 18. VELOCIDADES (Vs) CALCULADAS CON LAS CORRELACIONES DEL NSPT Y N₆₀ (SEBASTIAN, 2025).

4.3.2. Cálculo de la velocidad media de la onda de corte (Vs30) con los datos obtenidos del ensayo SDMT y con las correlaciones del N_{spt}.

Para determinar la velocidad media de onda de corte (Vs30) se utilizará la metodología especificada en la NEC-15, donde estipula que se debe calcular hasta los 30 metros de profundidad como se detalla en la siguiente ecuación:

$$Vs30 = \frac{\sum_{i=1}^n di}{\sum_{i=1}^n \frac{di}{Vs_i}}$$

ECUACIÓN 3. CÁLCULO DE LA VELOCIDAD MEDIA DE ONDA DE CORTE (Vs).

Donde:

$\sum_{i=1}^n di=30$ metros:

di: Espesor del estrato *i*, localizado dentro de los 30 metros superiores del perfil.

V_{si} : Velocidad media de la onda de cortante del suelo del estrato i, medida en campo, (m/s) (NEC, 2015).

Para los datos obtenidos con el ensayo del SDMT la velocidad (V_{s30}) es de 190 m/s lo que indica un perfil de suelo tipo D.

Z	Vs	Vs30	TIPO DE PERFIL DE SUELO
[m]	[m/s]	[m/s]	
1	174	190	D
1.5	90		
3	158		
4.5	65		
6	274		
8	686		
9.5	117		
11	178		
12.5	148		
14	110		
15.5	496		
17	116		
18.5	124		
20	296		
21.5	641		
23	660		
24.5	840		
26	914		
27.5	731		
28	780		
29	694		

TABLA 11. VELOCIDAD PROMEDIO (V_{s30}) DETERMINADA CON EL ENSAYO SDMT (SEBASTIAN, 2025).

En el caso de las velocidades de onda de corte calculadas mediante correlaciones el valor del (V_{s30}) es de 287 m/s lo que indica un perfil de suelo tipo D.

Z	Vs Promedio	Vs30	TIPO DE PERFIL DE SUELO
[m]	[m/s]	[m/s]	
1.5	238	287	D
2.0	240		
3.5	300		
4.0	301		
5.5	318		
6.0	318		
7.5	321		
8.0	321		
9.5	323		
10.0	263		
11.5	264		
13.0	265		
13.5	265		
16.0	308		
16.5	308		
18.0	271		
18.5	271		
20.0	296		
20.5	296		

TABLA 12. VELOCIDAD PROMEDIO (V_{s30}) DETERMINADA CON LAS CORRELACIONES DEL NSPT (SEBASTIAN, 2025).

5. CAPITULO V

5.1. Conclusiones y Recomendaciones

Los materiales que componen hasta los 30 metros de profundidad en el sector de la sede PUCE-Nayón predominan los suelos de tamaños en limos y arenas limosas que según la norma (ASTMD2487, 2017) se clasifican como (ML) y (SM) respectivamente, de color café con intercalación de lentes de arena de grano grueso de color gris con una humedad de 17% a 28%, limite líquido promedio 32%, limite plástico promedio de 23% e índice de plasticidad de 9% o en algunos casos sin plasticidad. El N60 de 30 a 69 lo que indica una compacidad muy densa confirmando que el depósito es de difícil penetración.

Se comprueba que la metodología de perforación mediante diamantina con muestreadores del tipo triple pared (HQ3) de diámetro exterior de 96.10 mm son factibles para este tipo de materiales, dado que la recuperación de la muestra con respecto a la longitud de perforación fue mayor al 90% y minimizando la alteración de la muestra extraída.

De acuerdo al procedimiento establecido ha permitido de manera práctica la colocación de la arena de relleno, así como la introducción del agua para un mejor acomodo de la arena en profundidad.

Se ha podido comprobar que la velocidad (V_p) determinada bajo la metodología del SDMT en las condiciones del pozo preparado P-01, generó velocidad de onda (V_p) en el rango de 251 m/s hasta 1420 m/s como se muestra en el Gráfico 9. Y la velocidad de onda de corte (V_s) en un rango de 90 m/s hasta 914 m/s como se muestra en el Gráfico 10. considerando los 30 metros de profundidad.

Desde los 0.00 a 8.00 metros las velocidades de ondas (V_p) determinada con la metodología SDMT se encuentran en un rango de 251.5 m/s hasta 931.5 m/s y la velocidad de onda de corte (V_s) está en un rango de 90 m/s hasta 686 m/s como se muestra en el Gráfico 19.

Las velocidades de onda (V_p) y (V_s) determinadas en el ensayo de Crosshole bajo la norma (ASTMD4428, 2007) se encuentran entre 400 m/s a 843 m/s la (V_p) y la velocidad (V_s) entre 320 m/s a 507m/s como se muestran en la Tabla 7 y Tabla 8 respectivamente.

Se evidencia que las medidas obtenidas mediante el ensayo con el SDMT en las diferentes profundidades estudiadas no son confiables debido a que el valor del coeficiente de variación es mayor al 3% como se muestra en la Tabla 5, valor de control recomendado por el fabricante.

A pesar de estos resultados, en el cálculo referencial en los promedios de las velocidades de onda (V_s) del ensayo del SDMT (con los errores del coeficiente de variación superior al 3%), comparando con las velocidades (V_s) del ensayo de Crosshole se evidencia cualitativamente una tendencia al ajuste en profundidad Gráfico 19. Esta calificación contrasta con el valor del coeficiente de variación obtenido entre los dos métodos como se muestra en la Tabla 13. Por lo tanto, se concluye que los métodos no pueden ser comparados.

Z	Prom. Vs SDMT	Prom. Vs CROSSHOLE	Prom. Var Coeff. SDMT vs Crosshole
[m]	[m/s]	[m/s]	[%]
1.29	174	385	37.77
2.29	90	483	68.57
3.29	158	345	37.14
4.29	65	353	68.74
5.29	274	320	7.70
6.29	274	383	16.50
7.29	686	507	15.00

TABLA 13. DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN ENTRE EL (Vs) DEL SDMT Y CROSSHOLE (SEBASTIAN, 2025).

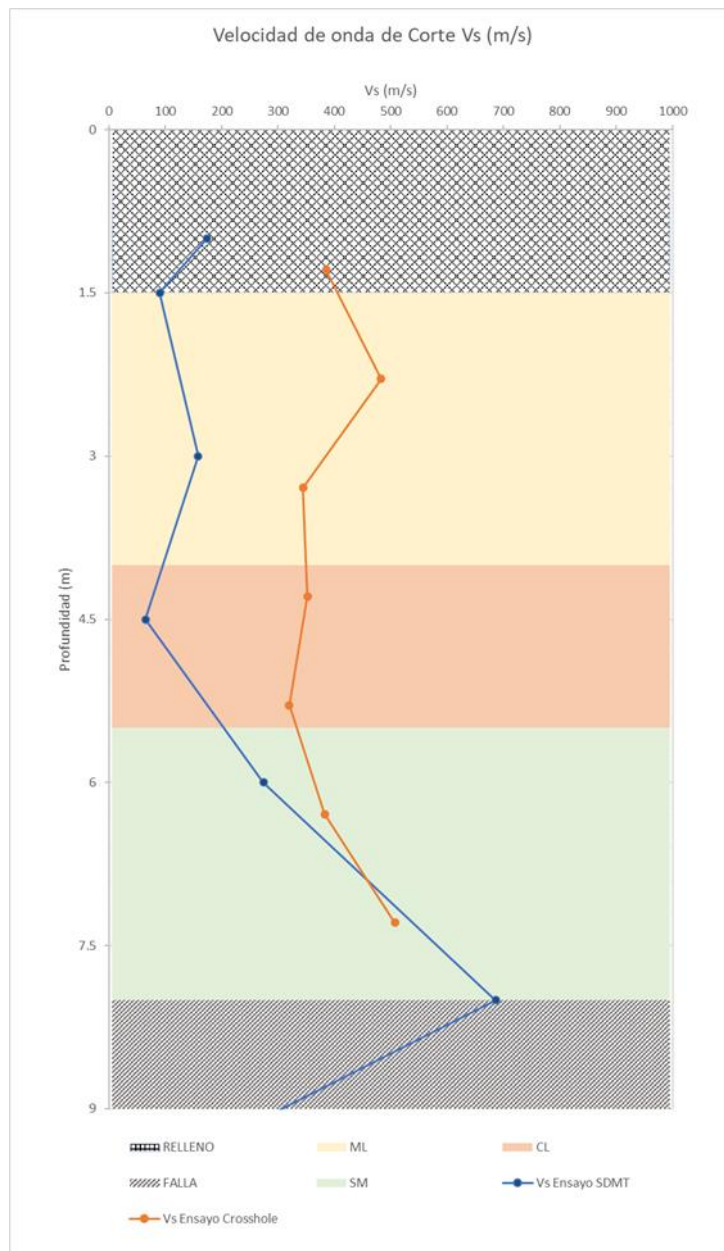


GRÁFICO 19. COMPARACIÓN DE VELOCIDAD (Vs) CON EL EQUIPO SDMT Y CON EL ENSAYO CROSSHOLE (SEBASTIAN, 2025).

Por las razones antes mencionadas se concluye que el procedimiento utilizado en el acondicionamiento del pozo no genera condiciones adecuadas para obtener medidas de velocidad de onda (V_s) y (V_p) confiables. Dentro del proceso de acondicionamiento del pozo se especula que la causa de los resultados se debe a la composición granulométrica de la arena utilizada y a la posible deficiencia del acomodo de ésta en el pozo.

Comparando las velocidades (V_s) calculadas con las correlaciones en función al N_{spt} y N_{60} se evidencia que las correlaciones se acercan más a los valores obtenidos por el ensayo Crosshole como se muestra en el Gráfico 20 con esta tendencia se ratifica que el tipo de arena utilizada, forma de colocación y densidad de ésta en el pozo no es la adecuada.

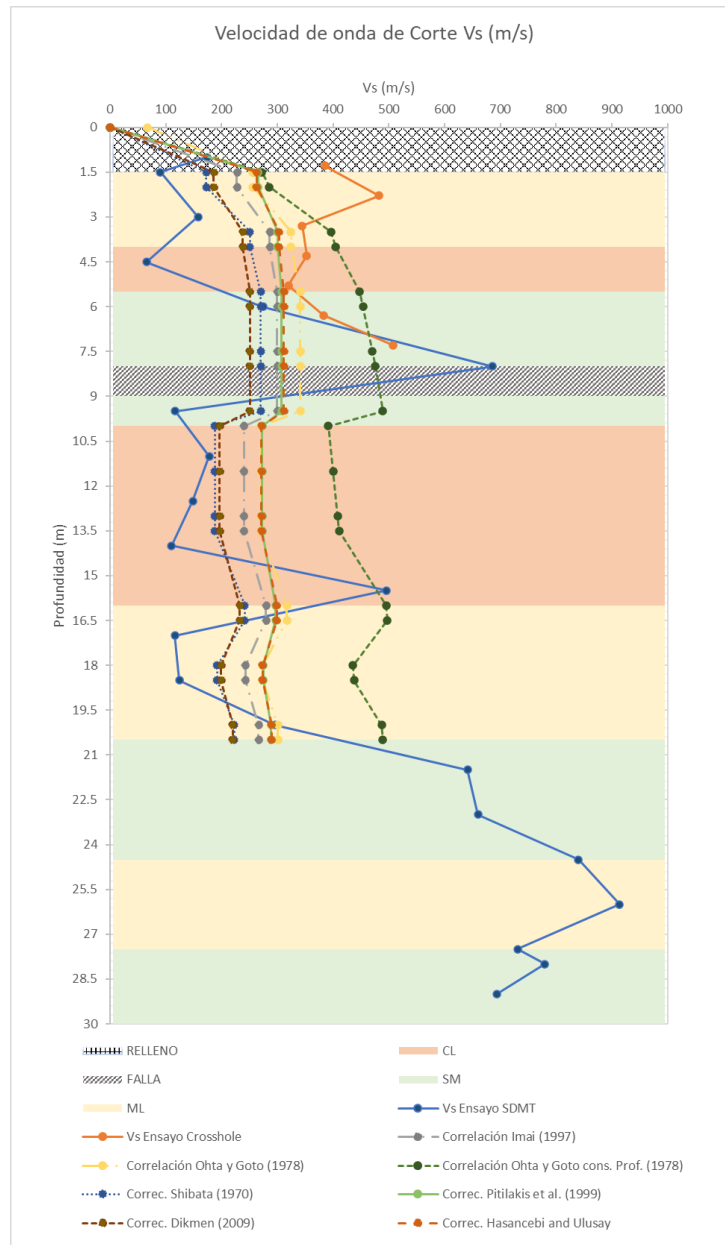


GRÁFICO 20. COMPARACIÓN DE LAS VELOCIDADES DE (V_s) DEL EQUIPO SDMT, ENSAYO CROSSHOLE Y CORRELACIONES DEL N_{spt} Y N_{60} (SEBASTIAN, 2025).

Con las velocidades de onda de corte V_s determinadas con el equipo SDMT, se calculó velocidad de onda ponderada de corte (V_{s30}) bajo la metodología especificada en la norma NEC-15 dando

un valor de 190 m/s. De esta manera se caracteriza como un perfil de suelo tipo D. Comparando con el (V_{s30}) determinado de las correlaciones del Nspt donde fue de 287 m/s, se observa una significativa diferencia, pero al caracterizar el tipo de suelo este valor también corresponde como un perfil de suelo tipo D.

Se considera que a pesar de los resultados obtenidos en este estudio se debe continuar con proyectos de investigación que contemplen mejora a la propuesta estudiada en esta investigación. Se recomienda que se tome en consideración lo siguiente:

En la Arena de relleno:

- Partículas redondeadas de tamaño máximo de 5 mm el material pase el tamiz N°4 (4.75mm) y no más del 5% del material pasante el tamiz N 200.
- Coeficiente de Uniformidad (C_u) ≥ 6 .
- Coeficiente de Curvatura de $1 \leq (C_c) \leq 3$.
- Gravedad específica no menor a 2.70.
- Verificar el desempeño de la arena mediante pruebas de densidad relativa en laboratorio con referencia a la norma ASTM D 4253 según la cual en la densidad mínima se alcance la densidad requerida

En el proceso de relleno:

- La colocación de la arena tiene que ser desde el fondo mediante el uso de un sistema tipo Tremie, además de ir verificando el nivel de la arena dentro del pozo.

También es necesario que el ensayo de referencia Crosshole sea ejecutado hasta los 30 metros con el propósito de tener mayor información, a través de lo cual permitirá una mejor comparación entre los métodos.

6. REFERENCIAS

- ASTMD2487. (2017). Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purpose (Unified Soil Classification System). *ASTM INTERNATIONAL*.
- ASTMD4428. (2007). Standard Test Methods for Crosshole Seismic Testing. *ASTM INTERNATIONAL*.
- Brandenberg, S. J. (2010, 12 20). *PACIFIC EARTHQUAKE ENGINEERING*. Obtenido de Shear Wave Velocity as a Statistical Function of:
https://peer.berkeley.edu/sites/default/files/web_peer10_03_scott_j._brandenberg_naresh_bellana_and_thomas_shantz.pdf
- Day, R. W. (2006). *Foundation Engineering Handbook* . McGraw Hill Construction .
- G. Totani, P. M. (2009). VS measurements by seismic dilatometer (SDMT) in non-penetrable soils. *Proc. 17th ICSMGE*.
- GmbH, G. (2023, MAYO). *Multi-Component Borehole Geophone BGK3*. Obtenido de <https://geotomographie.de/equipment/crosshole-equipment/>
- Guarachi, F. H. (2015). Manual de Aplicación de Técnicas Geofísicas Basadas en Ondas de Superficie para la Determinación del Parámetro Vs30. *Instituto de la Construcción* , (pág. 13).
- Luceño, A. (2024, octubre 23). *books.google.es*. Obtenido de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=b3d5DAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=coeficiente+de+variabilidad+estad%C3%ADstica&ots=IBN3YlpMRI&sig=UUhN86GJUfDXLQyBr1U4pdfs0kY#v=onepage&q=coeficiente%20de%20variabilidad%20estad%C3%ADstica&f=false>
- MARCHETTI, D. (2008). *TEST SPECIFICATIONS SDMT-MARCHETTI SEISMIC DILATOMETER*. ITALY.
- Marchetti, S. M. (2012). El Dilatómetro Sísmico (SDMT) para ensayos de suelos in situ . *Congreso Argentino de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica* , CAMSIG XXI.
- Monaco, P. (2013). Site Characterization by seismic dilatometer (SDMT) in the city of L'Aquila. *LUGLIO*.
- NEC, N. E. (2015). *PELIGRO SÍSMICO DISEÑO SISMO RESISTENTE (NEC-SE-DS)*.
- NEC-15. (2023, septiembre 9). Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/2.-NEC-SE-DS-Peligro-Sismico-parte-1.pdf>
- SEBASTIAN, M. F. (2025).
- Torres, I. M. (2012). *Análisis Geológico Geotécnico del Terreno donde se Construirá el Nuevo Campus de la PUCE, en la parroquia de Nayón*. Quito.
- Valverde, J. (2024, 09 11). *Flacsoandes*. Obtenido de Microzonificación sísmica de los suelos del distrito metropolitano de la ciudad de Quito: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/58524.pdf>
- VILLAGÓMEZ, D. (2003). Evolución Geológica Plio-cuaternaria del Valle Interandino Central en Ecuador (Zona de Quito - Guayllabamba - San Antonio). *Escuela Politécnica Nacional*, 56.

7. ANEXOS

7.1. Ensayos de Laboratorio de Mecánica de Suelos

**INFORME DE ENSAYO
REGISTRO DE LOG GEOTÉCNICO**

OBRA: TESIS SEBAS
LOCALIZACIÓN: PUCE - NAYÓN
DESCRIPCIÓN: Sondeo P-01

PROFUNDIDAD TOTAL (m): 30.00
PERFORADOR: Wilson Simbaña
COTA DEL NIVEL NATURAL (mCD): 2386.000
COORDENADAS UTM:
N: 9980070.440
E: 786215.260

MARTILLO UTILIZADO: Tipo Safety
TIPO DE MARTILLO: Automático

DIÁMETRO DE LA TUBERÍA: 2"
DIÁMETRO DE REVESTIMIENTO: -----

REGISTRO NIVEL FREÁTICO

NIVEL: ----- FECHA: -----
NIVEL: ----- FECHA: -----
NIVEL: ----- FECHA: -----

FECHA DE INICIO SONDEO: 2024-07-01
FECHA DE FINALIZACIÓN: 2024-07-05
TIPO DE MUESTREADOR: Cuchara partida

PESO DEL MARTILLO: 140 lb
ALTURA DE CAÍDA DEL MARTILLO: 76.2 cm
ENERGÍA TEÓRICA DEL ENSAYO: 475 J
PORCENTAJE DE ENERGÍA ENTREGADA (%): 78

SOLICITADO POR: -----
FISCALIZACIÓN: -----
CONTRATISTA: -----
FECHA DE ELABORACIÓN: 2024-07-20
FECHA DE ENTREGA: 2024-07-20
ORDEN: 1 de 4
HOJA: 4859 S

PERFORADORA: Longyear Delta Base 520 #2
MODELO: Delta Base 520

PROFUNDIDAD (metros)	COTA (mCD)	REVESTIMIENTO	TIPO DE MUESTRAS	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	LÍMITE LÍQUIDO [%]	LÍMITE PLÁSTICO [%]	ÍNDICE DE PLASTICIDAD [%]	% QUE PASA EL TAMIZ N° 4 (4.75 mm)	% QUE PASA EL TAMIZ N° 40	% QUE PASA EL TAMIZ N° 200	SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (UCS)	RECUPERACIÓN (cm)	RECUPERACIÓN (%)	NSPT MEDIDO	N corregido (60)	ESTRATIGRAFÍA	N corregido (60) ASTM D 6066							VARIACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD, LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO	DESCRIPCIÓN MANUAL-VISUAL DEL SUELO		
																	10	20	30	40	50	60	R				
0.00	2386.0	PS	15									80	53	0.0	0.0											De 0.00 a 1.50 .-	Material de relleno con gravas de 1" a 2", presencia de raíces.
1.50	2384.5	SS	22	NP	NP	NP	100	90	51		ML	30	67	23	29.9											De 1.50 a 2.00 .-	Limo de color café en estado húmedo, resistencia en seco baja, dilatancia rápida y una consistencia muy rígida.
2.00	2384.0	PS	22									30	20	23	29.9											De 2.00 a 3.50 .-	Limo de color café en estado húmedo, resistencia en seco baja, dilatancia rápida.
3.50	2382.5	SS	16	NP	NP	NP	100	97	66		ML	30	67	46	59.8											De 3.50 a 4.00 .-	Limo de color café en estado húmedo, resistencia en seco baja, dilatancia rápida y una consistencia dura.
4.00	2382.0	SS	28	32	23	9	100	97	61		CL	80	53	46	59.8											De 4.00 a 5.50 .-	Arcilla arenosa de color café en estado húmedo, resistencia en seco media, dilatancia media y una consistencia dura.
5.50	2380.5	SS	28	NP	NP	NP	100	84	37		SM	30	67	53	68.9											De 5.50 a 6.00 .-	Arena limosa de color café en estado húmedo, resistencia en seco nula, dilatancia rápida y compacidad muy densa.
6.00	2380.0	PS	28									80	53	53	68.9											De 6.00 a 7.50 .-	Arena de grano grueso de color gris en estado húmedo, resistencia en seco nula, dilatancia rápida y compacidad muy densa.

SIMBOLOGÍA:

M Limos	ML - CL	CL	NP SUELO NO PLÁSTICO	OL	ML	RELLENO	LÍMITE PLÁSTICO	CH	SM	SC	ROCA	GP/GW	GM	NIVEL FREÁTICO	LÍMITE LÍQUIDO
C Arcilla															
S Arena															
L Baja plasticidad															
H Alta plasticidad															


 Ing. Sebastián Morales
 REALIZADO POR

INFORME DE ENSAYO

CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SUCS)

OBRA : TESIS SEBASTIAN MORALES
 LOCALIZACIÓN : PUCE-NAYÓN
 MUESTRA : Muestra tomada por el Cliente
 NORMA : ASTM D 2487
 SONDEO N° : P-01
 PROFUNDIDAD : 1.55 - 2.00 m

SOLICITADO POR : -----
 FISCALIZACIÓN : -----
 CONTRATISTA : -----
 FECHA INGRESO : -----
 FECHA ENTREGA : -----
 ORDEN DE TRABAJO N° : 4859 S
 HOJA : -----

1.- CONTENIDO DE HUMEDAD - Norma ASTM D 2216

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
17.93	48.08	42.61	22.16	22.23
17.81	59.11	51.58	22.30	

2.- LÍMITE PLÁSTICO - Norma ASTM D 4318

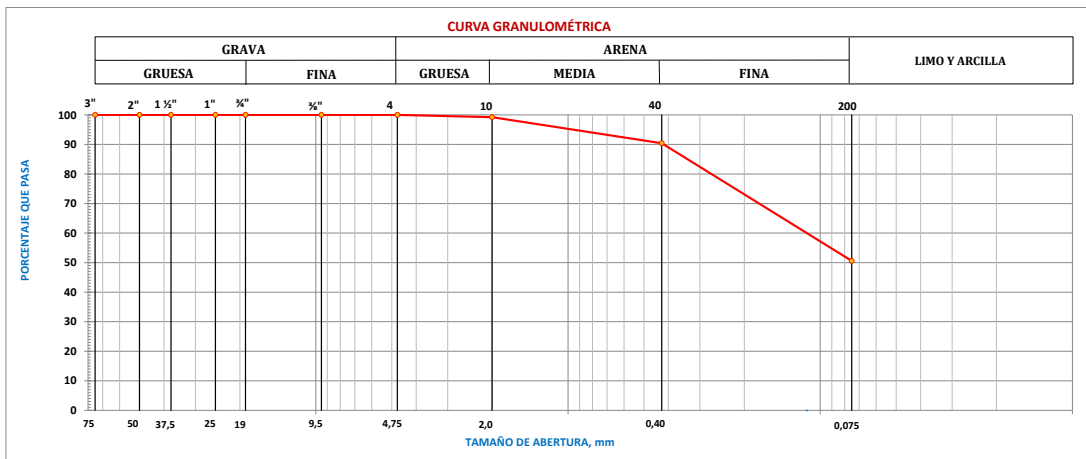
SUELO NO PLÁSTICO

3.- LÍMITE LÍQUIDO - Norma ASTM D 4318

SUELO NO PLÁSTICO

4.- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - Norma ASTM D 6913

TAMIZ N°	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200
ABERTURA (mm)	75.0	50.0	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.0	0.425	0.075
PORCENTAJE RETENIDO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.78	9.57	49.41
% QUE PASA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.2	90.4	50.6



5.- RESUMEN DE RESULTADOS Y CLASIFICACIÓN

HUMEDAD NATURAL (%)

% Humedad : **22**

LÍMITES DE ATTERBERG

Límite Líquido, LL : **NP**

Límite Plástico, LP : **NP**

Índice de Plasticidad, IP : **NP**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

% Grava : **0**

% Arena : **49**

% Finos : **51**

CONTENIDO ORGÁNICO : **NO**

CLASIFICACIÓN SUCS : ML	NOMBRE TÍPICO : Limo
--------------------------------	-----------------------------

NOTA: Este informe no puede ser reproducido parcialmente

Ing. Sebastián Morales
 REALIZADO POR

INFORME DE ENSAYO

CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SUCS)

OBRA : TESIS SEBASTIAN MORALES
 LOCALIZACIÓN : PUCE-NAYÓN
 MUESTRA : Muestra tomada por el Cliente
 NORMA : ASTM D 2487
 SONDEO N° : P-01
 PROFUNDIDAD : 3.55 - 4.00 m

SOLICITADO POR : -----
 FISCALIZACIÓN : -----
 CONTRATISTA : -----
 FECHA INGRESO : -----
 FECHA ENTREGA : -----
 ORDEN DE TRABAJO N° : 4859 S
 HOJA : -----

1.- CONTENIDO DE HUMEDAD - Norma ASTM D 2216

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
17.93	47.05	42.90	16.62	16.42
17.81	58.01	52.40	16.22	

2.- LÍMITE PLÁSTICO - Norma ASTM D 4318

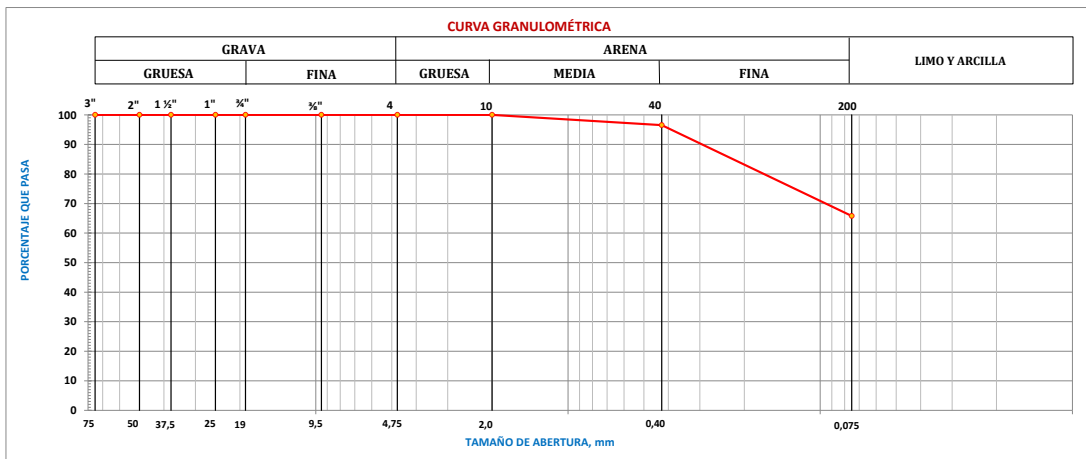
SUELO NO PLÁSTICO

3.- LÍMITE LÍQUIDO - Norma ASTM D 4318

SUELO NO PLÁSTICO

4.- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - Norma ASTM D 6913

TAMIZ N°	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200
ABERTURA (mm)	75.0	50.0	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.0	0.425	0.075
PORCENTAJE RETENIDO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.49	34.21
% QUE PASA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	96.5	65.8



5.- RESUMEN DE RESULTADOS Y CLASIFICACIÓN

HUMEDAD NATURAL (%)

% Humedad : **16**

LÍMITES DE ATTERBERG

Límite Líquido, LL : **NP**

Límite Plástico, LP : **NP**

Índice de Plasticidad, IP : **NP**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

% Grava : **0**

% Arena : **34**

% Finos : **66**

CONTENIDO ORGÁNICO : **NO**

CLASIFICACIÓN SUCS : ML	NOMBRE TÍPICO : Limo
--------------------------------	-----------------------------

NOTA: Este informe no puede ser reproducido parcialmente

Ing. Sebastián Morales
 REALIZADO POR

INFORME DE ENSAYO

CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SUCS)

PROYECTO: TESIS SEBASTIAN MORALES
LOCALIZACIÓN: PUCE-NAVÓN
MUESTRA: Tomada por el cliente
DESCRIPCIÓN: Muestra SPT
NORMA: ASTM D 2487
SONDEO: P-01
PROFUNDIDAD: 4.08 - 5.00 m

SOLICITADO POR:
FISCALIZACIÓN:
CONTRATISTA:
FECHA DE INGRESO:
FECHA DE ENTREGA:
ORDEN DE TRABAJO N°: 4859 S
HOJA:

1.- CONTENIDO DE HUMEDAD - Norma ASTM D 2216

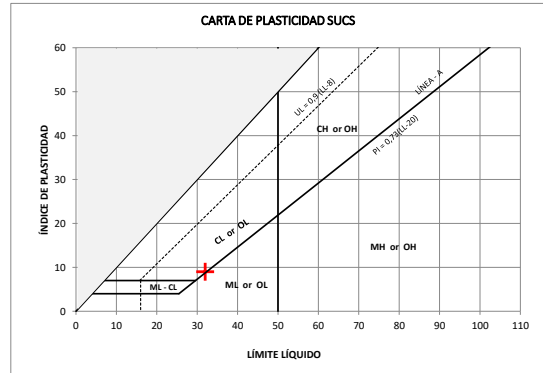
Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
17.90	70.03	58.50	28.40	28.04
18.22	70.86	59.45	27.67	

2.- LÍMITE PLÁSTICO - Norma ASTM D 4318

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
9.24	16.98	15.53	23.05	22.87
7.16	13.54	12.36	22.69	

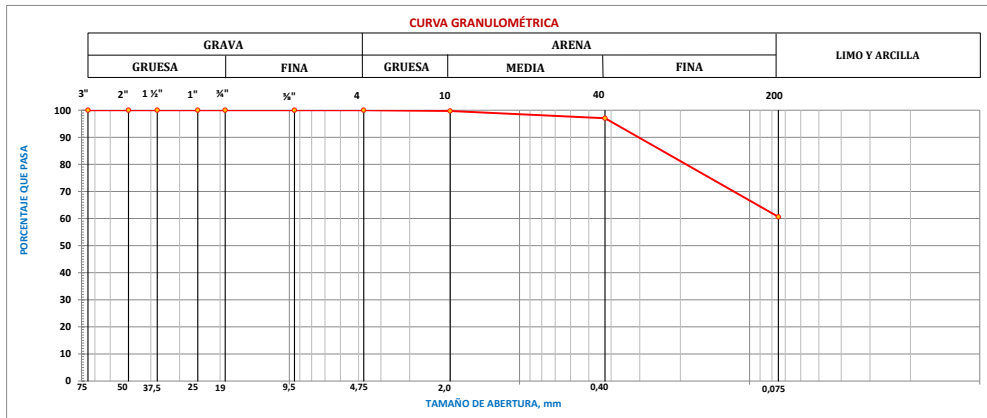
3.- LÍMITE LÍQUIDO - Norma ASTM D 4318

A		MULTIPOINT METHOD			
N° DE GOLPES	Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. +ss	% Humedad	
30	6.11	24.84	20.39	31.16	
21	5.90	27.03	21.83	32.64	
13	8.84	24.75	20.72	33.92	



4.- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - Norma ASTM D 6913

TAMIZ N°	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200
ABERTURA (mm)	75.0	50.0	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.0	0.425	0.075
FORCENTAJE RETENIDO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	2.97	39.38
% QUE PASA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.7	97.0	60.6



5.- RESUMEN DE RESULTADOS Y CLASIFICACIÓN

HUMEDAD NATURAL (%)
 Humedad (%) : **28**
LÍMITES DE ATTERBERG
 Límite Líquido, LL : **32**
 Límite Plástico, LP : **23**
 Índice de Plasticidad, IP : **9**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
 Grava (%) : **0**
 Arena (%) : **39**
 Finos (%) : **61**

CONTENIDO ORGÁNICO : NO

CLASIFICACIÓN SUCS : CL	NOMBRE TÍPICO : Arcilla arenosa
--------------------------------	----------------------------------------

NOTA: Este informe no puede ser reproducido parcialmente

Ing. Sebastián Morales
 RESPONSABLE DE ÁREA

INFORME DE ENSAYO

CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SUCS)

OBRA : TESIS SEBASTIAN MORALES
 LOCALIZACIÓN : PUCE-NAYÓN
 MUESTRA : Muestra tomada por el Cliente
 NORMA : ASTM D 2487
 SONDEO N° : P-01
 PROFUNDIDAD : 5.55 - 6.00 m

SOLICITADO POR : -----
 FISCALIZACIÓN : -----
 CONTRATISTA : -----
 FECHA INGRESO : -----
 FECHA ENTREGA : -----
 ORDEN DE TRABAJO N° : 4859 S
 HOJA : -----

1.- CONTENIDO DE HUMEDAD - Norma ASTM D 2216

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
18.00	64.62	54.30	28.43	27.97
17.91	74.32	62.15	27.51	

2.- LÍMITE PLÁSTICO - Norma ASTM D 4318

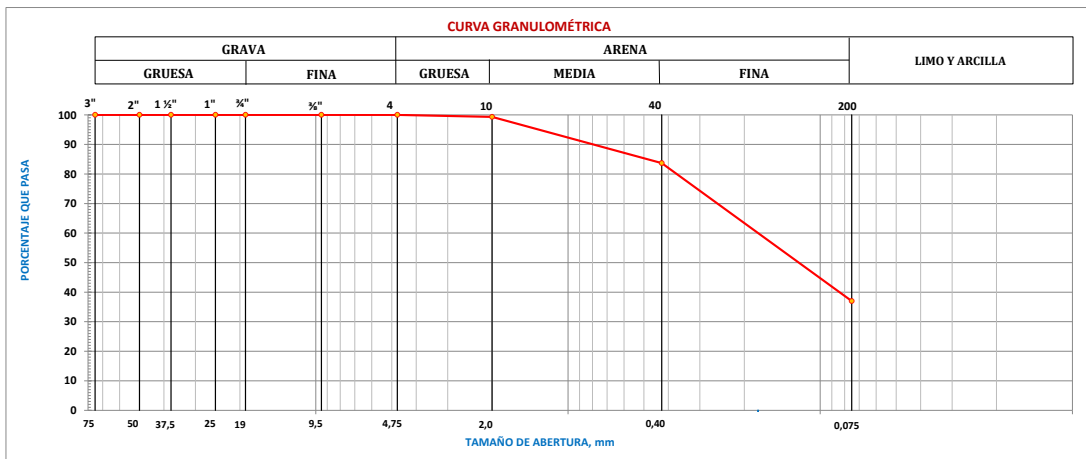
SUELO NO PLÁSTICO

3.- LÍMITE LÍQUIDO - Norma ASTM D 4318

SUELO NO PLÁSTICO

4.- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - Norma ASTM D 6913

TAMIZ N°	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200
ABERTURA (mm)	75.0	50.0	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.0	0.425	0.075
PORCENTAJE RETENIDO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	16.34	63.01
% QUE PASA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.3	83.7	37.0



5.- RESUMEN DE RESULTADOS Y CLASIFICACIÓN

HUMEDAD NATURAL (%)

% Humedad : **28**

LÍMITES DE ATTERBERG

Límite Líquido, LL : **NP**

Límite Plástico, LP : **NP**

Índice de Plasticidad, IP : **NP**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

% Grava : **0**

% Arena : **63**

% Finos : **37**

CONTENIDO ORGÁNICO : NO

CLASIFICACIÓN SUCS : SM	NOMBRE TÍPICO : Arena limosa
--------------------------------	-------------------------------------

NOTA: Este informe no puede ser reproducido parcialmente

Ing. Sebastián Morales
 REALIZADO POR

INFORME DE ENSAYO

CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SUCS)

OBRA : TESIS SEBASTIAN MORALES
 LOCALIZACIÓN : PUCE-NAYÓN
 MUESTRA : Muestra tomada por el Cliente
 NORMA : ASTM D 2487
 SONDEO N° : P-01
 PROFUNDIDAD : 7.55 - 8.00 m

SOLICITADO POR : -----
 FISCALIZACIÓN : -----
 CONTRATISTA : -----
 FECHA INGRESO : -----
 FECHA ENTREGA : -----
 ORDEN DE TRABAJO N° : 4859 S
 HOJA : -----

1.- CONTENIDO DE HUMEDAD - Norma ASTM D 2216

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
18.02	70.41	61.10	21.61	22.02
16.89	68.08	58.70	22.43	

2.- LÍMITE PLÁSTICO - Norma ASTM D 4318

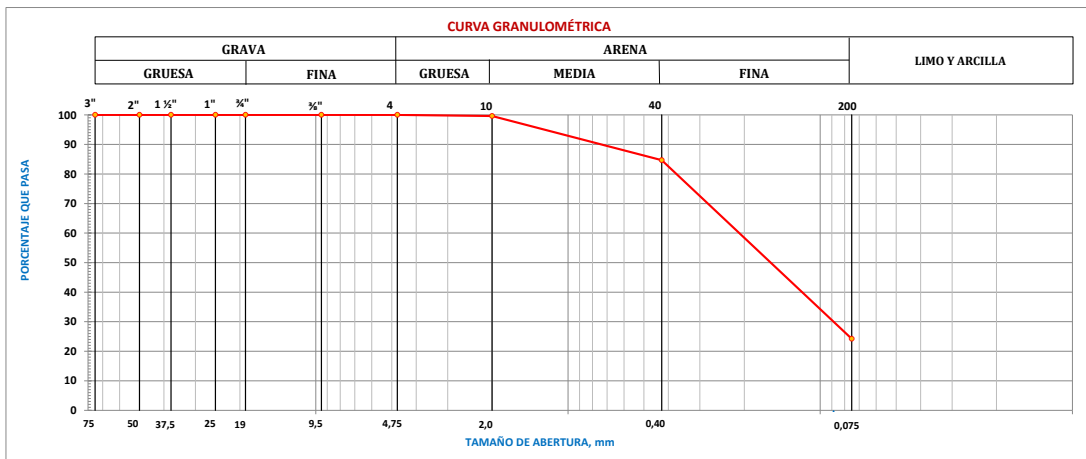
SUELO NO PLÁSTICO

3.- LÍMITE LÍQUIDO - Norma ASTM D 4318

SUELO NO PLÁSTICO

4.- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - Norma ASTM D 6913

TAMIZ N°	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200
ABERTURA (mm)	75.0	50.0	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.0	0.425	0.075
PORCENTAJE RETENIDO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	15.32	75.77
% QUE PASA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.6	84.7	24.2



5.- RESUMEN DE RESULTADOS Y CLASIFICACIÓN

HUMEDAD NATURAL (%)

% Humedad : **22**

LÍMITES DE ATTERBERG

Límite Líquido, LL : **NP**

Límite Plástico, LP : **NP**

Índice de Plasticidad, IP : **NP**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

% Grava : **0**

% Arena : **76**

% Finos : **24**

CONTENIDO ORGÁNICO : NO

CLASIFICACIÓN SUCS : SM	NOMBRE TÍPICO : Arena limosa
--------------------------------	-------------------------------------

NOTA: Este informe no puede ser reproducido parcialmente

Ing. Sebastián Morales
 REALIZADO POR

INFORME DE ENSAYO

CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SUCS)

OBRA : TESIS SEBASTIAN MORALES
 LOCALIZACIÓN : PUCE-NAYÓN
 MUESTRA : Muestra tomada por el Cliente
 NORMA : ASTM D 2487
 SONDEO N° : P-01
 PROFUNDIDAD : 8.00 - 8.20 m

SOLICITADO POR : -----
 FISCALIZACIÓN : -----
 CONTRATISTA : -----
 FECHA INGRESO : -----
 FECHA ENTREGA : -----
 ORDEN DE TRABAJO N° : 4859 S
 HOJA : -----

1.- CONTENIDO DE HUMEDAD - Norma ASTM D 2216

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
17.90	73.72	65.50	17.27	17.48
18.30	62.00	55.43	17.69	

2.- LÍMITE PLÁSTICO - Norma ASTM D 4318

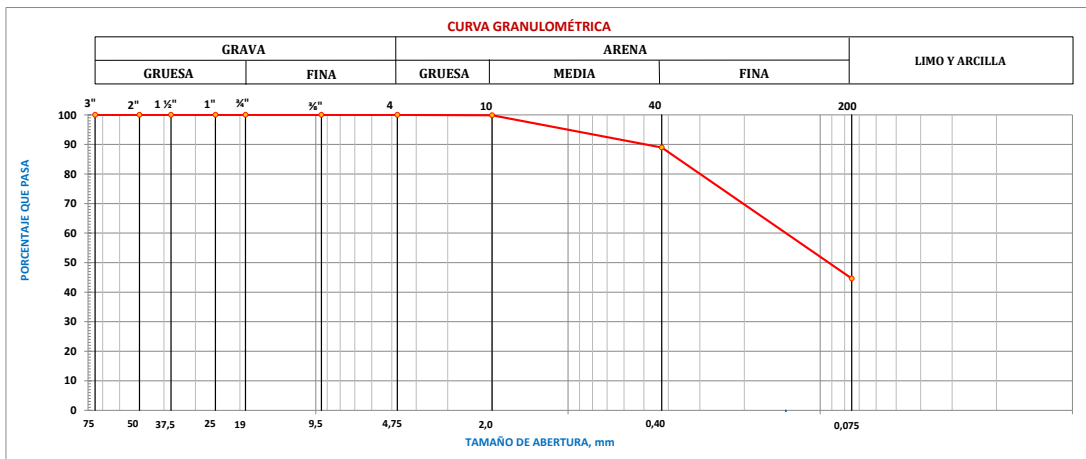
SUELO NO PLÁSTICO

3.- LÍMITE LÍQUIDO - Norma ASTM D 4318

SUELO NO PLÁSTICO

4.- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - Norma ASTM D 6913

TAMIZ N°	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200
ABERTURA (mm)	75.0	50.0	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.0	0.425	0.075
PORCENTAJE RETENIDO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	11.04	55.37
% QUE PASA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.9	89.0	44.6



5.- RESUMEN DE RESULTADOS Y CLASIFICACIÓN

HUMEDAD NATURAL (%)

% Humedad : **17**

LÍMITES DE ATTERBERG

Límite Líquido, LL : **NP**

Límite Plástico, LP : **NP**

Índice de Plasticidad, IP : **NP**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

% Grava : **0**

% Arena : **55**

% Finos : **45**

CONTENIDO ORGÁNICO : **NO**

CLASIFICACIÓN SUCS : SM	NOMBRE TÍPICO : Arena limosa
--------------------------------	-------------------------------------

NOTA: Este informe no puede ser reproducido parcialmente

Ing. Sebastián Morales
 REALIZADO POR

INFORME DE ENSAYO

CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SUCS)

OBRA : TESIS SEBASTIAN MORALES
 LOCALIZACIÓN : PUCE-NAYÓN
 MUESTRA : Muestra tomada por el Cliente
 NORMA : ASTM D 2487
 SONDEO N° : P-01
 PROFUNDIDAD : 9.55 - 10.00 m

SOLICITADO POR : -----
 FISCALIZACIÓN : -----
 CONTRATISTA : -----
 FECHA INGRESO : -----
 FECHA ENTREGA : -----
 ORDEN DE TRABAJO N° : 4859 S
 HOJA : -----

1.- CONTENIDO DE HUMEDAD - Norma ASTM D 2216

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
16.57	84.41	72.18	21.99	21.94
17.91	96.82	82.65	21.89	

2.- LÍMITE PLÁSTICO - Norma ASTM D 4318

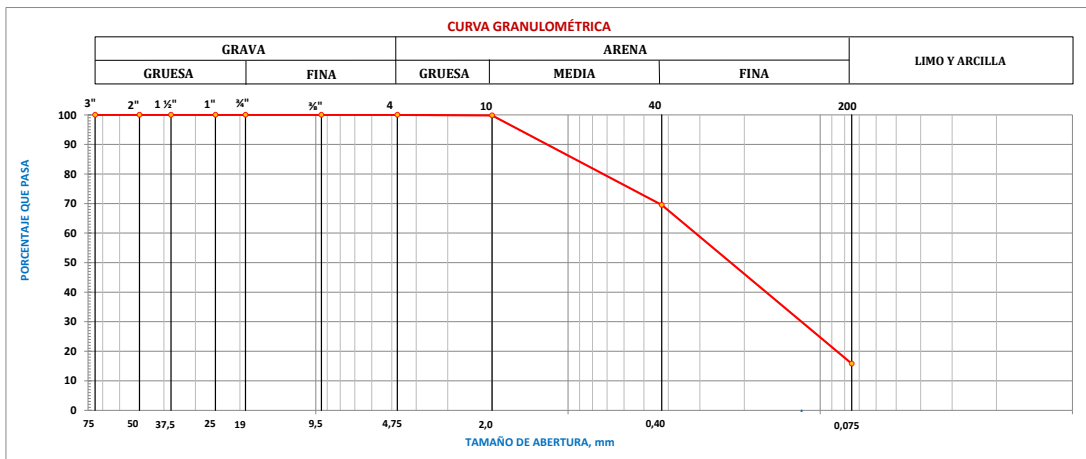
SUELO NO PLÁSTICO

3.- LÍMITE LÍQUIDO - Norma ASTM D 4318

SUELO NO PLÁSTICO

4.- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - Norma ASTM D 6913

TAMIZ N°	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200
ABERTURA (mm)	75.0	50.0	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.0	0.425	0.075
PORCENTAJE RETENIDO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	30.45	84.19
% QUE PASA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.8	69.6	15.8



5.- RESUMEN DE RESULTADOS Y CLASIFICACIÓN

HUMEDAD NATURAL (%)

% Humedad : **22**

LÍMITES DE ATTERBERG

Límite Líquido, LL : **NP**

Límite Plástico, LP : **NP**

Índice de Plasticidad, IP : **NP**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

% Grava : **0**

% Arena : **84**

% Finos : **16**

CONTENIDO ORGÁNICO : NO

CLASIFICACIÓN SUCS : SM	NOMBRE TÍPICO : Arena limosa
--------------------------------	-------------------------------------

NOTA: Este informe no puede ser reproducido parcialmente

Ing. Sebastián Morales
 REALIZADO POR

INFORME DE ENSAYO

CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SUCS)

PROYECTO: TESIS SEBASTIAN MORALES
 LOCALIZACIÓN: PUCE-NAVÓN
 MUESTRA: Tomada por el cliente
 NORMA: ASTM D 2487
 SONDEO: P-01
 PROFUNDIDAD: 10.80 - 11.20 m

SOLICITADO POR:
 FISCALIZACIÓN:
 CONTRATISTA:
 FECHA DE INGRESO:
 FECHA DE ENTREGA:
 ORDEN DE TRABAJO N°: 4859 S
 HOJA:

1.- CONTENIDO DE HUMEDAD - Norma ASTM D 2216

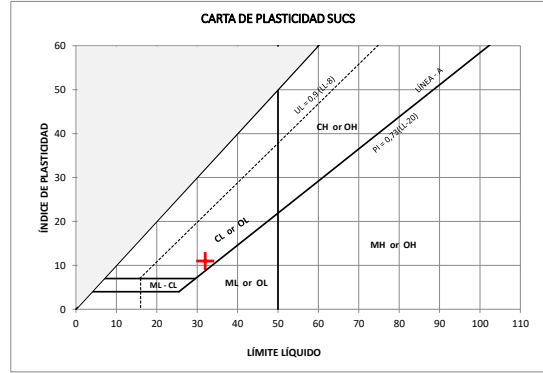
Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
18.41	108.26	86.09	32.76	33.09
11.51	92.33	72.08	33.43	

2.- LÍMITE PLÁSTICO - Norma ASTM D 4318

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
6.04	12.15	11.10	20.75	21.06
6.31	12.90	11.74	21.36	

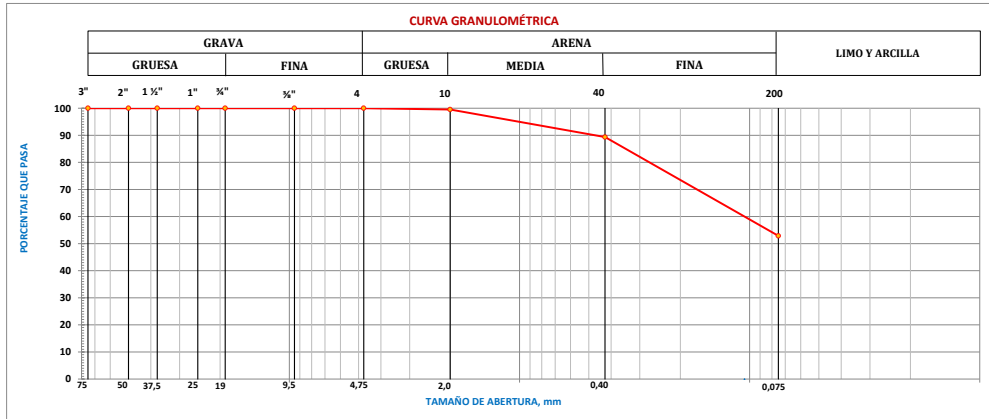
3.- LÍMITE LÍQUIDO - Norma ASTM D 4318

A		MULTIPOINT METHOD			
N° DE GOLPES	Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. +ss	% Humedad	
34	8.89	28.52	23.84	31.30	
25	8.81	26.64	22.34	31.78	
17	6.25	24.83	20.20	33.19	



4.- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - Norma ASTM D 6913

TAMIZ N°	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200
ABERTURA (mm)	75.0	50.0	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.0	0.425	0.075
FORCENTAJE RETENIDO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	10.66	47.12
% QUE PASA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.5	89.3	52.9



5.- RESUMEN DE RESULTADOS Y CLASIFICACIÓN

HUMEDAD NATURAL (%)
 Humedad (%) : 33
 LÍMITES DE ATTERBERG
 Limite Líquido, LL : 32
 Limite Plástico, LP : 21
 Índice de Plasticidad, IP : 11

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
 Grava (%) : 0
 Arena (%) : 47
 Finos (%) : 53

CONTENIDO ORGÁNICO : NO

CLASIFICACIÓN SUCS : **CL** NOMBRE TÍPICO : Arcilla arenosa

NOTA: Este informe no puede ser reproducido parcialmente

Ing. Sebastián Morales
 REALIZADO POR

INFORME DE ENSAYO

CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SUCS)

PROYECTO: TESIS SEBASTIAN MORALES
 LOCALIZACIÓN: PUCE-NAVÓN
 MUESTRA: Tomada por el cliente
 NORMA: ASTM D 2487
 SONDEO: P-01
 PROFUNDIDAD: 11.20 - 11.50 m

SOLICITADO POR:
 FISCALIZACIÓN:
 CONTRATISTA:
 FECHA DE INGRESO:
 FECHA DE ENTREGA:
 ORDEN DE TRABAJO N°: 4859 S
 HOJA:

1.- CONTENIDO DE HUMEDAD - Norma ASTM D 2216

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
16.99	67.24	55.90	29.14	29.53
17.19	71.77	59.20	29.92	

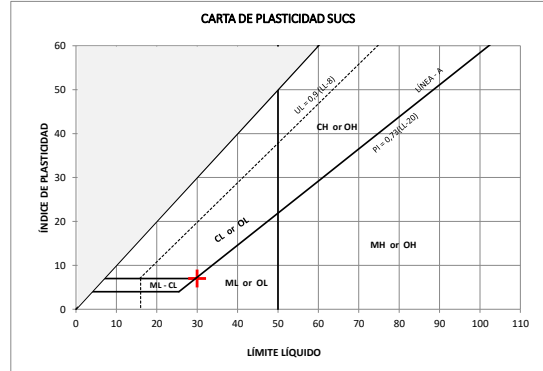
2.- LÍMITE PLÁSTICO - Norma ASTM D 4318

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
6.41	10.19	9.48	23.13	23.16
6.12	10.74	9.87	23.20	

3.- LÍMITE LÍQUIDO - Norma ASTM D 4318

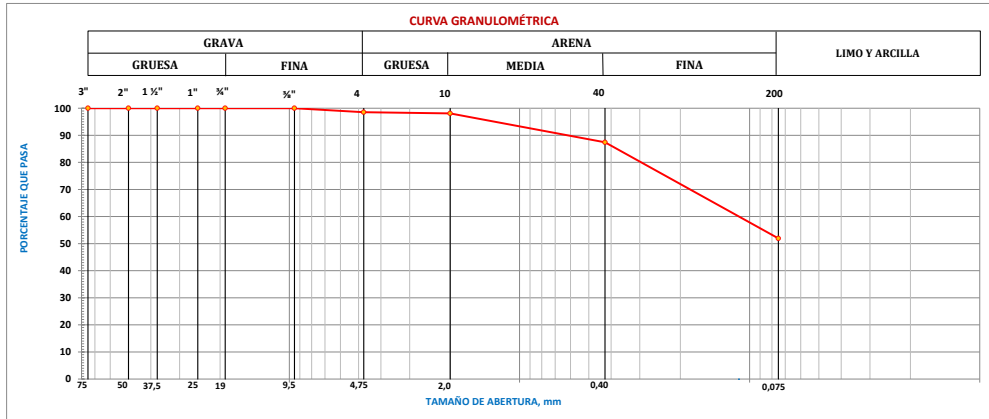
A MULTIPPOINT METHOD

N° DE GOLPES	Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. +ss	% Humedad
35	6.55	21.18	17.94	28.45
26	7.27	25.78	21.54	29.71
18	6.30	28.09	22.92	31.11



4.- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - Norma ASTM D 6913

TAMIZ N°	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200
ABERTURA (mm)	75.0	50.0	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.0	0.425	0.075
FORCENTAJE RETENIDO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.48	1.92	12.59	48.06
% QUE PASA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	98.5	98.1	87.4	51.9



5.- RESUMEN DE RESULTADOS Y CLASIFICACIÓN

HUMEDAD NATURAL (%)
 Humedad (%) : 30
 LÍMITES DE ATTERBERG
 Límite Líquido, LL : 30
 Límite Plástico, LP : 23
 Índice de Plasticidad, IP : 7

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
 Grava (%) : 1
 Arena (%) : 47
 Finos (%) : 52

CONTENIDO ORGÁNICO : NO

CLASIFICACIÓN SUCS : **ML** NOMBRE TÍPICO : Limo arenoso

NOTA: Este informe no puede ser reproducido parcialmente

Ing. Sebastián Morales
 REALIZADO POR

INFORME DE ENSAYO

CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SUCS)

PROYECTO: TESIS SEBASTIAN MORALES
 LOCALIZACIÓN: PUCE-NAVÓN
 MUESTRA: Tomada por el cliente
 NORMA: ASTM D 2487
 SONDEO: P-01
 PROFUNDIDAD: 13.00 - 13.45m

SOLICITADO POR:
 FISCALIZACIÓN:
 CONTRATISTA:
 FECHA DE INGRESO:
 FECHA DE ENTREGA:
 ORDEN DE TRABAJO N°: 4859 S
 HOJA:

1.- CONTENIDO DE HUMEDAD - Norma ASTM D 2216

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
17.29	71.27	59.02	29.36	29.65
17.85	72.27	59.73	29.94	

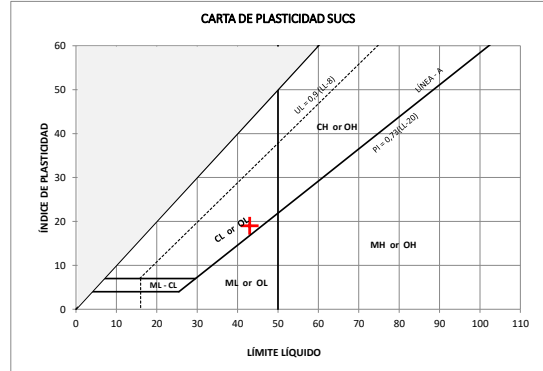
2.- LÍMITE PLÁSTICO - Norma ASTM D 4318

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
6.03	10.28	9.45	24.27	24.37
5.92	10.55	9.64	24.46	

3.- LÍMITE LÍQUIDO - Norma ASTM D 4318

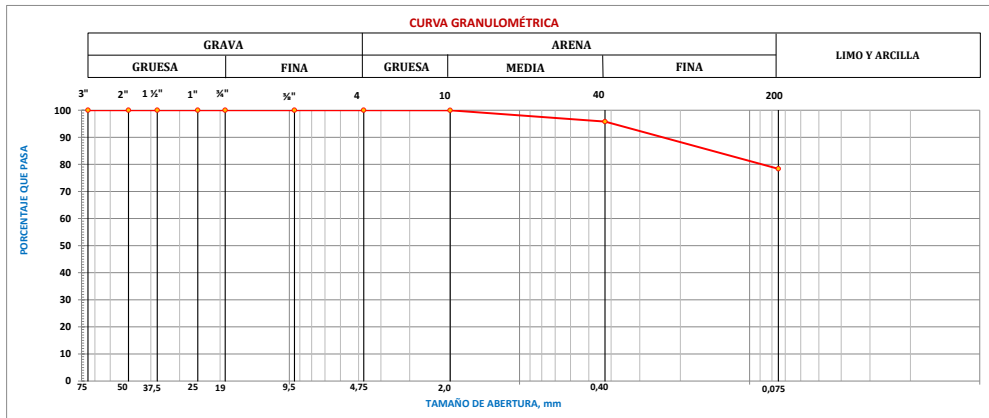
A MULTIPPOINT METHOD

N° DE GOLPES	Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. +ss	% Humedad
33	6.54	26.12	20.38	41.47
25	6.16	23.69	18.40	43.22
15	7.35	26.10	20.41	43.57



4.- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - Norma ASTM D 6913

TAMIZ N°	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200
ABERTURA (mm)	75.0	50.0	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.0	0.425	0.075
FORCENTAJE RETENIDO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	4.22	21.64
% QUE PASA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.9	95.8	78.4



5.- RESUMEN DE RESULTADOS Y CLASIFICACIÓN

HUMEDAD NATURAL (%)
 Humedad (%): 30
 LÍMITES DE ATTERBERG
 Límite Líquido, LL: 43
 Límite Plástico, LP: 24
 Índice de Plasticidad, IP: 19

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
 Grava (%): 0
 Arena (%): 22
 Finos (%): 78

CONTENIDO ORGÁNICO: NO

CLASIFICACIÓN SUCS: **CL** NOMBRE TÍPICO: Arcilla con arena

NOTA: Este informe no puede ser reproducido parcialmente

Ing. Sebastián Morales
 REALIZADO POR

INFORME DE ENSAYO

CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SUCS)

PROYECTO: TESIS SEBASTIAN MORALES
 LOCALIZACIÓN: PUCE-NAVÓN
 MUESTRA: Tomada por el cliente
 NORMA: ASTM D 2487
 SONDEO: P-01
 PROFUNDIDAD: 16.00 - 16.45m

SOLICITADO POR:
 FISCALIZACIÓN:
 CONTRATISTA:
 FECHA DE INGRESO:
 FECHA DE ENTREGA:
 ORDEN DE TRABAJO N°: 4859 S
 HOJA:

1.- CONTENIDO DE HUMEDAD - Norma ASTM D 2216

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
16.21	53.45	46.84	21.58	21.42
17.84	58.85	51.66	21.26	

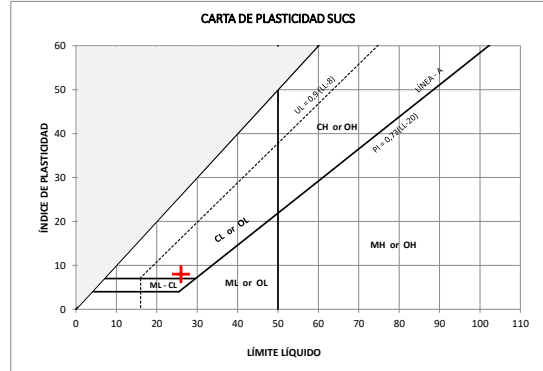
2.- LÍMITE PLÁSTICO - Norma ASTM D 4318

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
6.02	13.87	12.67	18.05	18.05
6.31	13.96	12.79	18.06	

3.- LÍMITE LÍQUIDO - Norma ASTM D 4318

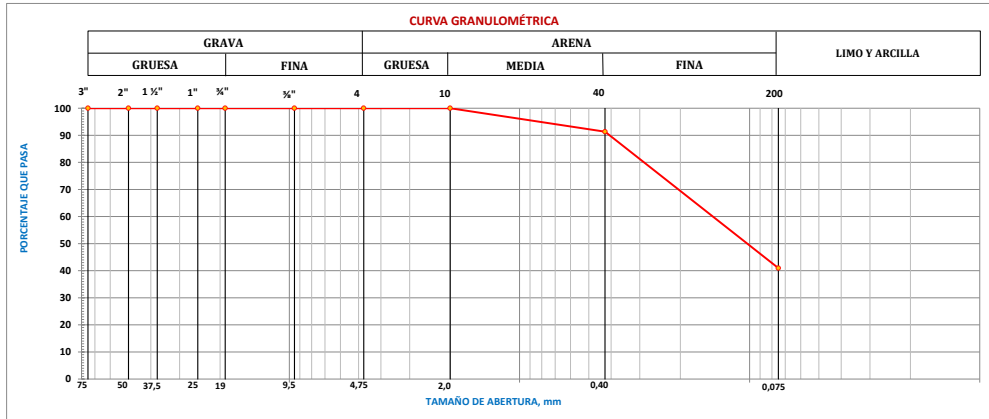
A MULTIPPOINT METHOD

N° DE GOLPES	Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. +ss	% Humedad
35	6.07	25.98	21.91	25.69
25	9.58	27.14	23.49	26.24
15	7.32	26.48	22.36	27.39



4.- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - Norma ASTM D 6913

TAMIZ N°	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200
ABERTURA (mm)	75.0	50.0	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.0	0.425	0.075
FORCENTAJE RETENIDO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.66	59.03
% QUE PASA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	91.3	41.0



5.- RESUMEN DE RESULTADOS Y CLASIFICACIÓN

HUMEDAD NATURAL (%)
 Humedad (%) : 21
 LÍMITES DE ATTERBERG
 Límite Líquido, LL : 26
 Límite Plástico, LP : 18
 Índice de Plasticidad, IP : 8

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
 Grava (%) : 0
 Arena (%) : 59
 Finos (%) : 41

CONTENIDO ORGÁNICO : NO

CLASIFICACIÓN SUCS : SC NOMBRE TÍPICO : Arena arcillosa

NOTA: Este informe no puede ser reproducido parcialmente

Ing. Sebastián Morales
 REALIZADO POR

INFORME DE ENSAYO

CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SUCS)

PROYECTO: TESIS SEBASTIAN MORALES
 LOCALIZACIÓN: PUCE-NAVÓN
 MUESTRA: Tomada por el cliente
 NORMA: ASTM D 2487
 SONDEO: P-01
 PROFUNDIDAD: 18.00 - 18.45m

SOLICITADO POR:
 FISCALIZACIÓN:
 CONTRATISTA:
 FECHA DE INGRESO:
 FECHA DE ENTREGA:
 ORDEN DE TRABAJO N°: 4859 S
 HOJA:

1.- CONTENIDO DE HUMEDAD - Norma ASTM D 2216

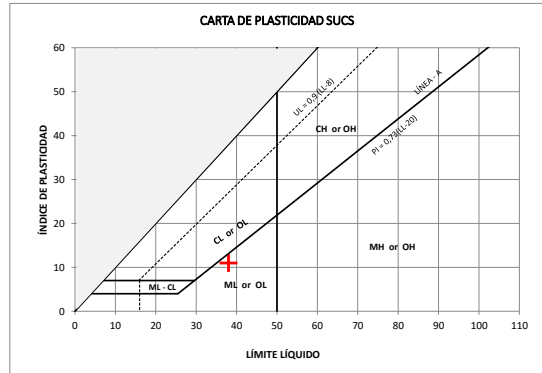
Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
16.55	51.77	43.47	30.83	30.84
18.11	64.21	53.34	30.85	

2.- LÍMITE PLÁSTICO - Norma ASTM D 4318

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
6.14	11.10	10.05	26.85	26.66
6.27	13.58	12.05	26.47	

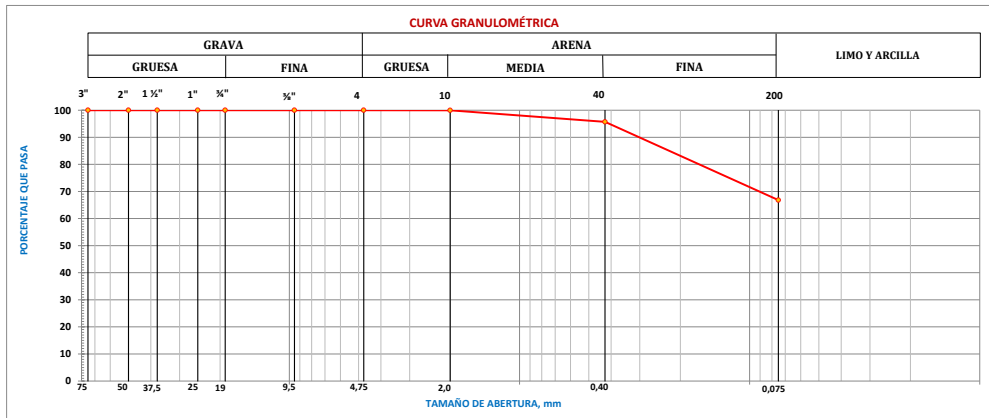
3.- LÍMITE LÍQUIDO - Norma ASTM D 4318

A		MULTIPOINT METHOD			
N° DE GOLPES	Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. +ss	% Humedad	
35	6.05	18.78	15.35	36.88	
25	7.26	23.62	19.08	38.41	
19	6.15	20.79	16.69	38.90	



4.- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - Norma ASTM D 6913

TAMIZ N°	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200
ABERTURA (mm)	75.0	50.0	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.0	0.425	0.075
FORCENTAJE RETENIDO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	4.29	33.17
% QUE PASA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	95.7	66.8



5.- RESUMEN DE RESULTADOS Y CLASIFICACIÓN

HUMEDAD NATURAL (%)
 Humedad (%) : 31
 LÍMITES DE ATTERBERG
 Límite Líquido, LL : 38
 Límite Plástico, LP : 27
 Índice de Plasticidad, IP : 11

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
 Grava (%) : 0
 Arena (%) : 33
 Finos (%) : 67

CONTENIDO ORGÁNICO : NO

CLASIFICACIÓN SUCS : **ML** NOMBRE TÍPICO : **Limo arenoso**

NOTA: Este informe no puede ser reproducido parcialmente

Ing. Sebastián Morales
 REALIZADO POR

INFORME DE ENSAYO

CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SUCS)

PROYECTO: TESIS SEBASTIAN MORALES
 LOCALIZACIÓN: PUCE-NAVÓN
 MUESTRA: Tomada por el cliente
 NORMA: ASTM D 2487
 SONDEO: P-01
 PROFUNDIDAD: 20.00 - 20.45m

SOLICITADO POR:
 FISCALIZACIÓN:
 CONTRATISTA:
 FECHA DE INGRESO:
 FECHA DE ENTREGA:
 ORDEN DE TRABAJO N°: 4859 S
 HOJA:

1.- CONTENIDO DE HUMEDAD - Norma ASTM D 2216

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
17.83	65.67	54.25	31.36	31.39
18.36	66.71	55.15	31.42	

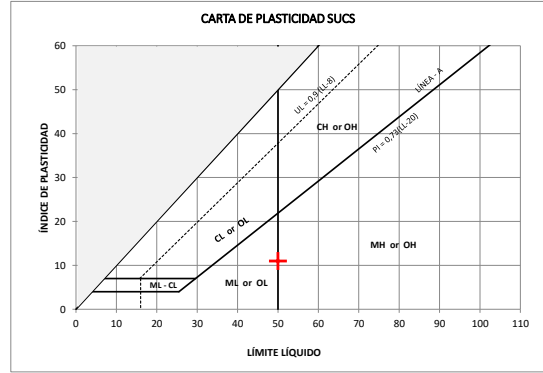
2.- LÍMITE PLÁSTICO - Norma ASTM D 4318

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
6.32	11.56	10.09	38.99	38.68
6.07	9.82	8.78	38.38	

3.- LÍMITE LÍQUIDO - Norma ASTM D 4318

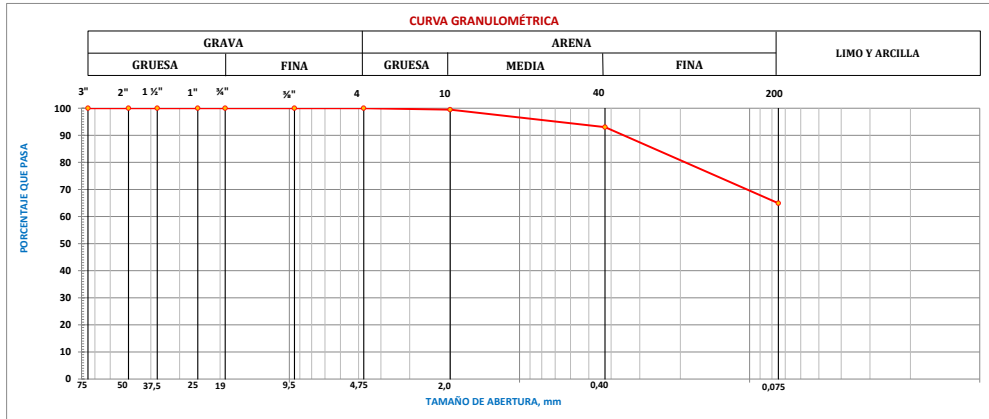
A MULTIPPOINT METHOD

N° DE GOLPES	Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. +ss	% Humedad
17	9.48	26.52	20.74	51.33
27	6.13	27.16	20.27	48.73
35	8.64	27.11	21.07	48.59



4.- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - Norma ASTM D 6913

TAMIZ N°	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200
ABERTURA (mm)	75.0	50.0	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.0	0.425	0.075
FORCENTAJE RETENIDO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	6.98	35.08
% QUE PASA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.5	93.0	64.9



5.- RESUMEN DE RESULTADOS Y CLASIFICACIÓN

HUMEDAD NATURAL (%)
 Humedad (%) : 31
 LÍMITES DE ATTERBERG
 Límite Líquido, LL : 50
 Límite Plástico, LP : 39
 Índice de Plasticidad, IP : 11

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
 Grava (%) : 0
 Arena (%) : 35
 Finos (%) : 65

CONTENIDO ORGÁNICO : NO

CLASIFICACIÓN SUCS : **ML** NOMBRE TÍPICO : Limo arenoso

NOTA: Este informe no puede ser reproducido parcialmente

Ing. Sebastián Morales
 REALIZADO POR

INFORME DE ENSAYO

CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SUCS)

PROYECTO: TESIS SEBASTIAN MORALES
 LOCALIZACIÓN: PUCE-NAVÓN
 MUESTRA: Tomada por el cliente
 NORMA: ASTM D 2487
 SONDEO: P-01
 PROFUNDIDAD: 20.50 - 23.00m

SOLICITADO POR:
 FISCALIZACIÓN:
 CONTRATISTA:
 FECHA DE INGRESO:
 FECHA DE ENTREGA:
 ORDEN DE TRABAJO N°: 4859 S
 HOJA:

1.- CONTENIDO DE HUMEDAD - Norma ASTM D 2216

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
16.52	62.40	55.20	18.61	18.23
17.85	66.46	59.10	17.84	

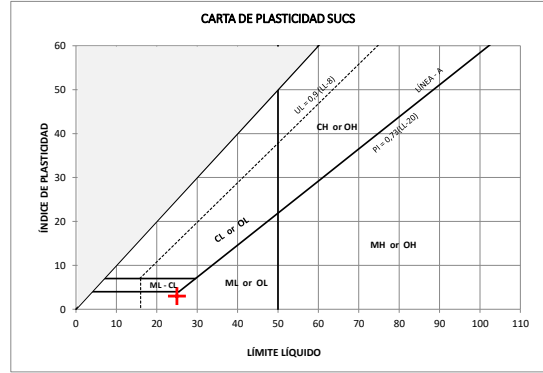
2.- LÍMITE PLÁSTICO - Norma ASTM D 4318

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
6.72	12.64	11.59	21.56	21.99
6.28	11.14	10.25	22.42	

3.- LÍMITE LÍQUIDO - Norma ASTM D 4318

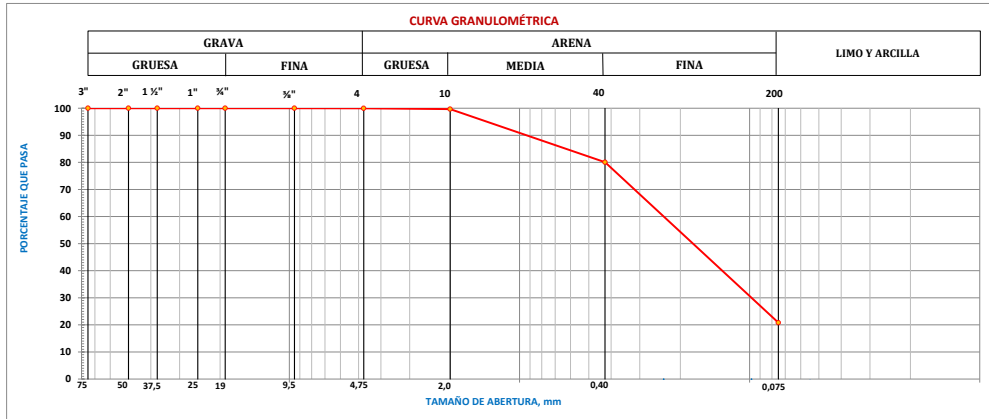
A MULTIPPOINT METHOD

N° DE GOLPES	Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. +ss	% Humedad
14	6.12	21.05	17.91	26.63
20	6.13	22.01	18.75	25.83
29	6.33	28.88	24.38	24.93



4.- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - Norma ASTM D 6913

TAMIZ N°	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200
ABERTURA (mm)	75.0	50.0	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.0	0.425	0.075
FORCENTAJE RETENIDO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.32	19.95	79.18
% QUE PASA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.7	80.1	20.8



5.- RESUMEN DE RESULTADOS Y CLASIFICACIÓN

HUMEDAD NATURAL (%)
 Humedad (%) : 18
 LÍMITES DE ATTERBERG
 Limite Líquido, LL : 25
 Limite Plástico, LP : 22
 Índice de Plasticidad, IP : 3

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
 Grava (%) : 0
 Arena (%) : 79
 Finos (%) : 21

CONTENIDO ORGÁNICO : NO

CLASIFICACIÓN SUCS : **SM** NOMBRE TÍPICO : Arena limosa

NOTA: Este informe no puede ser reproducido parcialmente

Ing. Sebastián Morales
 REALIZADO POR

INFORME DE ENSAYO

CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SUCS)

PROYECTO: TESIS SEBASTIAN MORALES
 LOCALIZACIÓN: PUCE-NAVÓN
 MUESTRA: Tomada por el cliente
 NORMA: ASTM D 2487
 SONDEO: P-01
 PROFUNDIDAD: 23.00 - 24.00m

SOLICITADO POR:
 FISCALIZACIÓN:
 CONTRATISTA:
 FECHA DE INGRESO:
 FECHA DE ENTREGA:
 ORDEN DE TRABAJO N°: 4859 S
 HOJA:

1.- CONTENIDO DE HUMEDAD - Norma ASTM D 2216

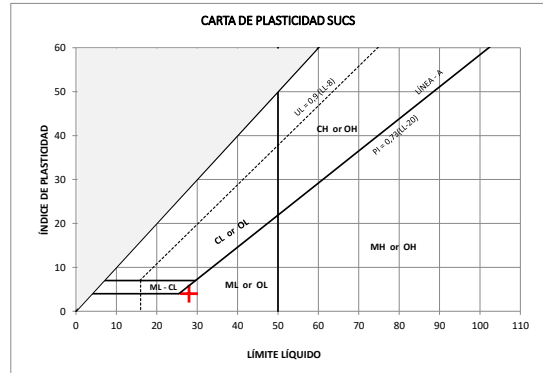
Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
18.27	76.63	67.27	19.10	19.18
19.94	73.05	64.47	19.27	

2.- LÍMITE PLÁSTICO - Norma ASTM D 4318

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
7.12	11.55	10.69	24.09	24.31
6.11	11.34	10.31	24.52	

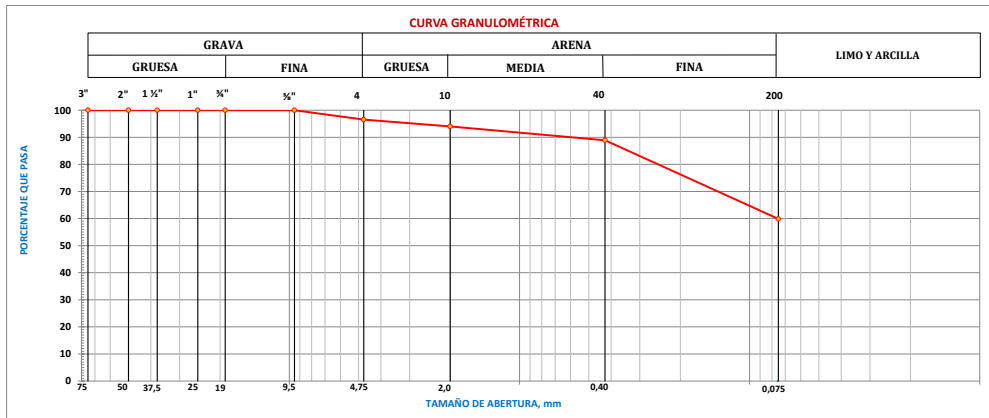
3.- LÍMITE LÍQUIDO - Norma ASTM D 4318

A		MULTIPOINT METHOD			
N° DE GOLPES	Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. +ss	% Humedad	
19	6.11	22.35	18.75	28.48	
24	9.48	22.24	19.45	27.98	
31	6.25	24.52	20.57	27.58	



4.- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - Norma ASTM D 6913

TAMIZ N°	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200
ABERTURA (mm)	75.0	50.0	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.0	0.425	0.075
FORCENTAJE RETENIDO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.44	5.97	11.08	40.13
% QUE PASA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	96.6	94.0	88.9	59.9



5.- RESUMEN DE RESULTADOS Y CLASIFICACIÓN

HUMEDAD NATURAL (%)
 Humedad (%): 19
LÍMITES DE ATTERBERG
 Límite Líquido, LL: 28
 Límite Plástico, LP: 24
 Índice de Plasticidad, IP: 4

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
 Grava (%): 3
 Arena (%): 37
 Finos (%): 60

CONTENIDO ORGÁNICO: NO

CLASIFICACIÓN SUCS: ML **NOMBRE TÍPICO: Limo arenoso**

NOTA: Este informe no puede ser reproducido parcialmente

Ing. Sebastián Morales
 REALIZADO POR

INFORME DE ENSAYO

CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SUCS)

PROYECTO: TESIS SEBASTIAN MORALES
 LOCALIZACIÓN: PUCE-NAVÓN
 MUESTRA: Tomada por el cliente
 NORMA: ASTM D 2487
 SONDEO: P-01
 PROFUNDIDAD: 25.00 - 26.00m

SOLICITADO POR:
 FISCALIZACIÓN:
 CONTRATISTA:
 FECHA DE INGRESO:
 FECHA DE ENTREGA:
 ORDEN DE TRABAJO N°: 4859 S
 HOJA:

1.- CONTENIDO DE HUMEDAD - Norma ASTM D 2216

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
18.19	61.08	54.53	18.02	17.66
18.93	69.68	62.20	17.29	

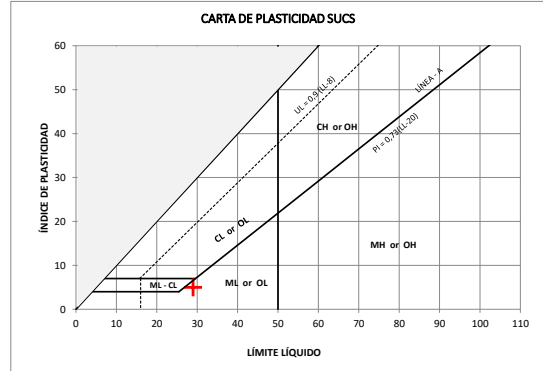
2.- LÍMITE PLÁSTICO - Norma ASTM D 4318

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
6.36	10.12	9.40	23.68	24.08
9.30	14.08	13.14	24.48	

3.- LÍMITE LÍQUIDO - Norma ASTM D 4318

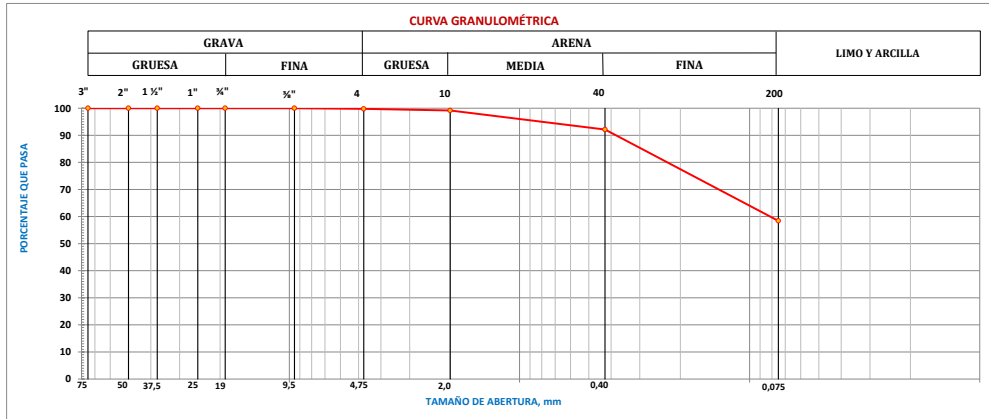
A MULTIPPOINT METHOD

N° DE GOLPES	Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. +ss	% Humedad
18	6.04	21.54	18.01	29.49
26	6.14	27.92	23.10	28.42
34	8.50	25.20	21.56	27.87



4.- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - Norma ASTM D 6913

TAMIZ N°	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200
ABERTURA (mm)	75.0	50.0	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.0	0.425	0.075
FORCENTAJE RETENIDO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.84	7.87	41.59
% QUE PASA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.8	99.2	92.1	58.4



5.- RESUMEN DE RESULTADOS Y CLASIFICACIÓN

HUMEDAD NATURAL (%)
 Humedad (%): 18
 LÍMITES DE ATTERBERG
 Límite Líquido, LL: 29
 Límite Plástico, LP: 24
 Índice de Plasticidad, IP: 5

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
 Grava (%): 0
 Arena (%): 41
 Finos (%): 58

CONTENIDO ORGÁNICO: NO

CLASIFICACIÓN SUCS: **ML** NOMBRE TÍPICO: Limo arenoso

NOTA: Este informe no puede ser reproducido parcialmente

Ing. Sebastián Morales
 REALIZADO POR

INFORME DE ENSAYO

CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SUCS)

PROYECTO: TESIS SEBASTIAN MORALES
 LOCALIZACIÓN: PUCE-NAVÓN
 MUESTRA: Tomada por el cliente
 NORMA: ASTM D 2487
 SONDEO: P-01
 PROFUNDIDAD: 26.50 - 27.50m

SOLICITADO POR:
 FISCALIZACIÓN:
 CONTRATISTA:
 FECHA DE INGRESO:
 FECHA DE ENTREGA:
 ORDEN DE TRABAJO N°: 4859 S
 HOJA:

1.- CONTENIDO DE HUMEDAD - Norma ASTM D 2216

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
11.34	55.14	48.52	17.81	18.05
16.99	65.92	58.35	18.30	

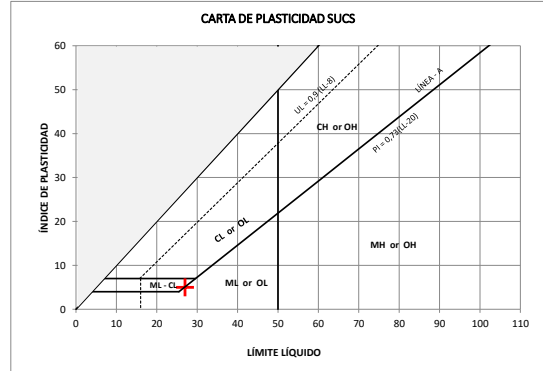
2.- LÍMITE PLÁSTICO - Norma ASTM D 4318

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
6.30	11.88	10.87	22.10	21.84
6.17	12.03	10.99	21.58	

3.- LÍMITE LÍQUIDO - Norma ASTM D 4318

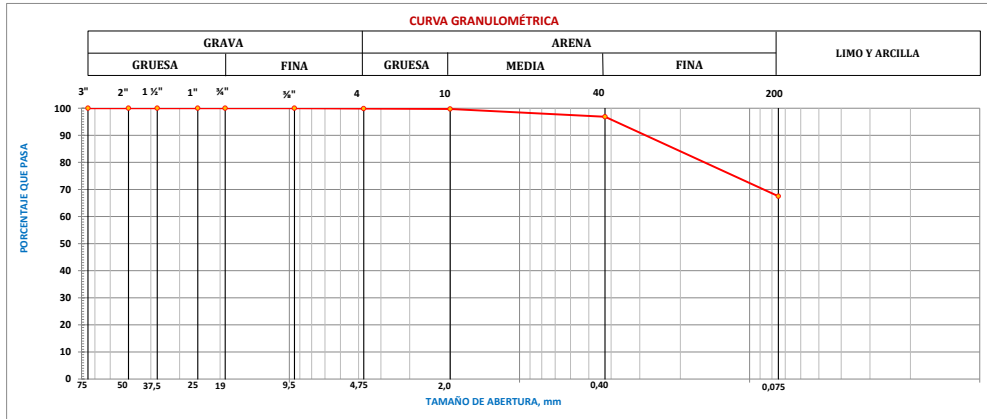
A MULTIPPOINT METHOD

N° DE GOLPES	Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. +ss	% Humedad
15	6.35	26.84	22.42	27.50
25	9.52	30.40	26.02	26.55
30	7.33	26.58	22.58	26.23



4.- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - Norma ASTM D 6913

TAMIZ N°	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200
ABERTURA (mm)	75.0	50.0	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.0	0.425	0.075
FORCENTAJE RETENIDO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.27	3.14	32.50
% QUE PASA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.9	99.7	96.9	67.5



5.- RESUMEN DE RESULTADOS Y CLASIFICACIÓN

HUMEDAD NATURAL (%)
 Humedad (%) : 18
 LÍMITES DE ATTERBERG
 Limite Líquido, LL : 27
 Limite Plástico, LP : 22
 Índice de Plasticidad, IP : 5

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
 Grava (%) : 0
 Arena (%) : 32
 Finos (%) : 67

CONTENIDO ORGÁNICO : NO

CLASIFICACIÓN SUCS : **ML** NOMBRE TÍPICO : Limo arenoso

NOTA: Este informe no puede ser reproducido parcialmente

Ing. Sebastián Morales
 REALIZADO POR

INFORME DE ENSAYO

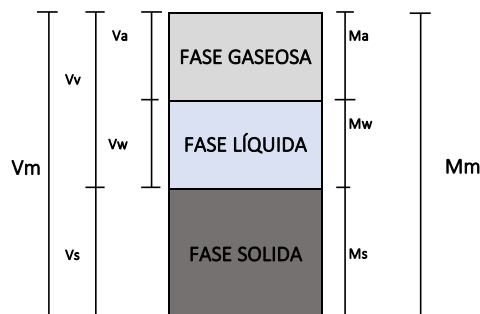
ENSAYO DE RELACIONES FUNDAMENTALES

PROYECTO : TESIS SEBASTIAN MORALES	SOLICITADO POR : -----
LOCALIZACIÓN : PUCE-NAYÓN	FISCALIZACIÓN : -----
MUESTRA : Tomada por el Cliente	CONTRATISTA : -----
NORMA : ASTM D 7263	FECHA DE INGRESO :
DESCRIPCIÓN : -----	FECHA DE ENTREGA :
SONDEO N° : P-01	ORDEN DE TRABAJO N° : 4859 S
PROFUNDIDAD : 3.55 - 4.00 m	HOJA : -----

A = Masa de la muestra en el aire = 64.96 gr
B = Masa de la muestra + la parafina en el aire = 69.68 gr
C = Masa de la muestra + la parafina sumergida = 27.81 gr
 γ_p = Densidad de la parafina = 0.92 gr/cm³

V_m = 36.74 cm³
M_{mh} = 64.96 gr
W% = 19.60 %
G_s Asum. = 2.627
M_s = 54.31 gr
 γ_{HUMEDA} = 1.77 gr/cm³
 γ_{SECA} = 1.48 gr/cm³
M_w = 10.65 gr
V_s = 20.67 cm³
V_w = 10.65 cm³
V_v = 16.06 cm³
V_a = 5.42 cm³
e = 0.78
n% = 43.73 %
Grado de Saturación % = 66.28 %

Contenido de Humedad (%)		
Peso cápsula (gr.)	16.53	17.99
Peso cap. + suelo húmedo (gr.)	67.81	59.83
Peso cap. + suelo seco (gr.)	59.25	53.10
Contenido de Humedad (%)	20.04	19.17
Contenido de Humedad promedio (%)	19.60	



OBSERVACIONES:

- Este informe no puede ser reproducido parcialmente.

Ing. Sebastian Morales

REALIZADO POR

INFORME DE ENSAYO

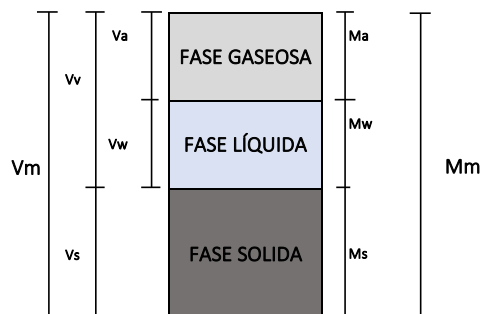
ENSAYO DE RELACIONES FUNDAMENTALES

PROYECTO : TESIS SEBASTIAN MORALES	SOLICITADO POR : -----
LOCALIZACIÓN : PUCE-NAYÓN	FISCALIZACIÓN : -----
MUESTRA : Tomada por el Cliente	CONTRATISTA : -----
NORMA : ASTM D 7263	FECHA DE INGRESO :
DESCRIPCIÓN : -----	FECHA DE ENTREGA :
SONDEO N° : P-01	ORDEN DE TRABAJO N° : 4859 S
PROFUNDIDAD : 5.10 - 5.30 m	HOJA : -----

A = Masa de la muestra en el aire = 218.91 gr
B = Masa de la muestra + la parafina en el aire = 234.40 gr
C = Masa de la muestra + la parafina sumergida = 91.43 gr
 γ_p = Densidad de la parafina = 0.92 gr/cm³

V_m = 126.13 cm³
M_{mh} = 218.91 gr
W% = 20.60 %
G_s Asum. = 2.627
M_s = 181.52 gr
 γ_{HUMEDA} = 1.74 gr/cm³
 γ_{SECA} = 1.44 gr/cm³
M_w = 37.39 gr
V_s = 69.10 cm³
V_w = 37.39 cm³
V_v = 57.03 cm³
V_a = 19.65 cm³
e = 0.83
n% = 45.22 %
Grado de Saturación % = 65.55 %

Contenido de Humedad (%)		
Peso cápsula (gr.)	17.07	17.15
Peso cap. + suelo húmedo (gr.)	74.76	75.98
Peso cap. + suelo seco (gr.)	64.92	65.92
Contenido de Humedad (%)	20.56	20.63
Contenido de Humedad promedio (%)	20.60	



OBSERVACIONES:

- Este informe no puede ser reproducido parcialmente.

Ing. Sebastian Morales

REALIZADO POR

INFORME DE ENSAYO

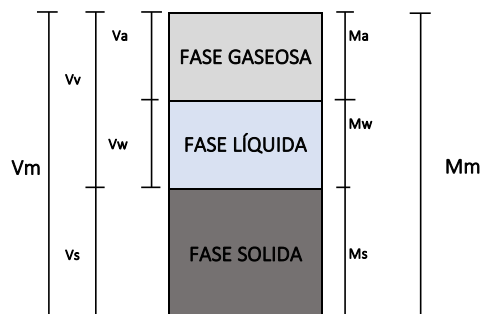
ENSAYO DE RELACIONES FUNDAMENTALES

PROYECTO : TESIS SEBASTIAN MORALES	SOLICITADO POR : -----
LOCALIZACIÓN : PUCE-NAYÓN	FISCALIZACIÓN : -----
MUESTRA : Tomada por el Cliente	CONTRATISTA : -----
NORMA : ASTM D 7263	FECHA DE INGRESO :
DESCRIPCIÓN : -----	FECHA DE ENTREGA :
SONDEO N° : P-01	ORDEN DE TRABAJO N° : 4859 S
PROFUNDIDAD : 6.50 - 7.00 m	HOJA : -----

A = Masa de la muestra en el aire = 314.60 gr
B = Masa de la muestra + la parafina en el aire = 341.54 gr
C = Masa de la muestra + la parafina sumergida = 141.09 gr
 γ_p = Densidad de la parafina = 0.92 gr/cm³

V_m = 171.17 cm³
M_{mh} = 314.60 gr
W% = 18.44 %
G_s Asum. = 2.604
M_s = 265.62 gr
 γ_{HUMEDA} = 1.84 gr/cm³
 γ_{SECA} = 1.55 gr/cm³
M_w = 48.98 gr
V_s = 102.00 cm³
V_w = 48.98 cm³
V_v = 69.16 cm³
V_a = 20.18 cm³
e = 0.68
n% = 40.41 %
Grado de Saturación % = 70.82 %

Contenido de Humedad (%)		
Peso cápsula (gr.)	17.45	17.05
Peso cap. + suelo húmedo (gr.)	70.72	70.93
Peso cap. + suelo seco (gr.)	62.29	62.68
Contenido de Humedad (%)	18.80	18.08
Contenido de Humedad promedio (%)	18.44	



OBSERVACIONES:

- Este informe no puede ser reproducido parcialmente.

Ing. Sebastian Morales

REALIZADO POR

INFORME DE ENSAYO

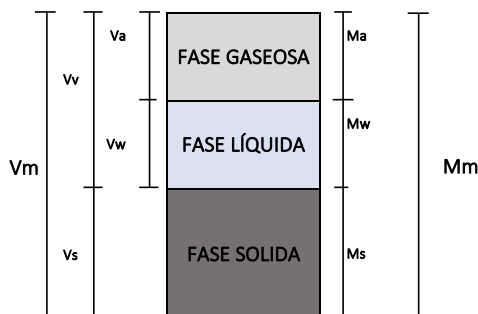
ENSAYO DE RELACIONES FUNDAMENTALES

PROYECTO : TESIS SEBASTIAN MORALES	SOLICITADO POR : -----
LOCALIZACIÓN : PUCE-NAYÓN	FISCALIZACIÓN : -----
MUESTRA : Tomada por el Cliente	CONTRATISTA : -----
NORMA : ASTM D 7263	FECHA DE INGRESO :
DESCRIPCIÓN : -----	FECHA DE ENTREGA :
SONDEO N° : P-01	ORDEN DE TRABAJO N° : 4859 S
PROFUNDIDAD : 8.40 - 8.60 m	HOJA : -----

A = Masa de la muestra en el aire = 334.49 gr
B = Masa de la muestra + la parafina en el aire = 345.17 gr
C = Masa de la muestra + la parafina sumergida = 156.15 gr
 γ_p = Densidad de la parafina = 0.92 gr/cm³

V_m = 177.41 cm³
M_{mh} = 334.49 gr
W% = 21.02 %
G_s Asum. = 2.683
M_s = 276.39 gr
 γ_{HUMEDA} = 1.89 gr/cm³
 γ_{SECA} = 1.56 gr/cm³
M_w = 58.10 gr
V_s = 103.02 cm³
V_w = 58.10 cm³
V_v = 74.40 cm³
V_a = 16.30 cm³
e = 0.72
n% = 41.93 %
Grado de Saturación % = 78.10 %

Contenido de Humedad (%)		
Peso cápsula (gr.)	17.71	17.54
Peso cap. + suelo húmedo (gr.)	78.39	78.68
Peso cap. + suelo seco (gr.)	67.92	67.99
Contenido de Humedad (%)	20.85	21.19
Contenido de Humedad promedio (%)	21.02	



OBSERVACIONES:

- Este informe no puede ser reproducido parcialmente.

Ing. Sebastian Morales

REALIZADO POR

INFORME DE ENSAYO

ENSAYO DE RELACIONES FUNDAMENTALES

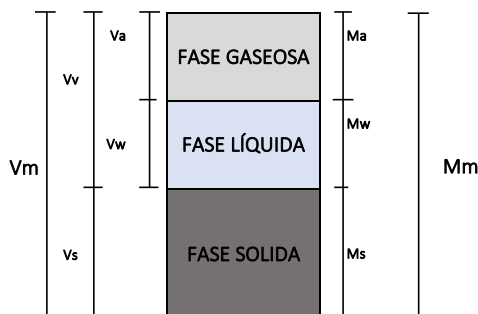
PROYECTO : TESIS SEBASTIAN MORALES	SOLICITADO POR : -----
LOCALIZACIÓN : PUCE-NAYÓN	FISCALIZACIÓN : -----
MUESTRA : Tomada por el Cliente	CONTRATISTA : -----
NORMA : ASTM D 7263	FECHA DE INGRESO :
DESCRIPCIÓN : -----	FECHA DE ENTREGA :
SONDEO N° : P-01	ORDEN DE TRABAJO N° : 4859 S
PROFUNDIDAD : 11.20 - 11.50 m	HOJA : -----

A = Masa de la muestra en el aire = 261.99 gr
B = Masa de la muestra + la parafina en el aire = 276.66 gr
C = Masa de la muestra + la parafina sumergida = 118.29 gr
 γ_p = Densidad de la parafina = 0.92 gr/cm³

V_m = 142.42 cm³

M_{mh} = 261.99 gr
W% = 24.28 %
G_s Asum. = 2.605
M_s = 210.80 gr
 γ_{HUMEDA} = 1.84 gr/cm³
 γ_{SECA} = 1.48 gr/cm³
M_w = 51.19 gr
V_s = 80.92 cm³
V_w = 51.19 cm³
V_v = 61.50 cm³
V_a = 10.31 cm³
e = 0.76
n% = 43.18 %
Grado de Saturación % = 83.23 %

Contenido de Humedad (%)		
Peso cápsula (gr.)	18.21	19.00
Peso cap. + suelo húmedo (gr.)	85.61	104.48
Peso cap. + suelo seco (gr.)	72.40	87.83
Contenido de Humedad (%)	24.38	24.19
Contenido de Humedad promedio (%)	24.28	



OBSERVACIONES:

- Este informe no puede ser reproducido parcialmente.

Ing. Sebastian Morales

REALIZADO POR

INFORME DE ENSAYO

ENSAYO DE RELACIONES FUNDAMENTALES

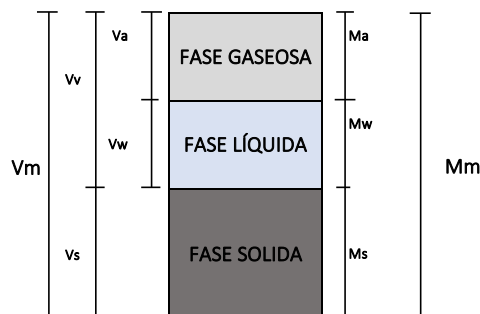
PROYECTO : TESIS SEBASTIAN MORALES	SOLICITADO POR : -----
LOCALIZACIÓN : PUCE-NAYÓN	FISCALIZACIÓN : -----
MUESTRA : Tomada por el Cliente	CONTRATISTA : -----
NORMA : ASTM D 7263	FECHA DE INGRESO :
DESCRIPCIÓN : -----	FECHA DE ENTREGA :
SONDEO N° : P-01	ORDEN DE TRABAJO N° : 4859 S
PROFUNDIDAD : 13.00 - 13.45m	HOJA : -----

A = Masa de la muestra en el aire = 61.23 gr
B = Masa de la muestra + la parafina en el aire = 69.32 gr
C = Masa de la muestra + la parafina sumergida = 25.74 gr
 γ_p = Densidad de la parafina = 0.92 gr/cm³

V_m = 34.79 cm³

M_{mh} = 61.23 gr
W% = 29.87 %
G_s Asum. = 2.613
M_s = 47.15 gr
 γ_{HUMEDA} = 1.76 gr/cm³
 γ_{SECA} = 1.36 gr/cm³
M_w = 14.08 gr
V_s = 18.04 cm³
V_w = 14.08 cm³
V_v = 16.74 cm³
V_a = 2.66 cm³
e = 0.93
n% = 48.13 %
Grado de Saturación % = 84.10 %

Contenido de Humedad (%)		
Peso cápsula (gr.)	17.49	16.96
Peso cap. + suelo húmedo (gr.)	72.08	67.26
Peso cap. + suelo seco (gr.)	59.55	55.67
Contenido de Humedad (%)	29.79	29.94
Contenido de Humedad promedio (%)	29.87	



OBSERVACIONES:

- Este informe no puede ser reproducido parcialmente.

Ing. Sebastian Morales

REALIZADO POR

INFORME DE ENSAYO

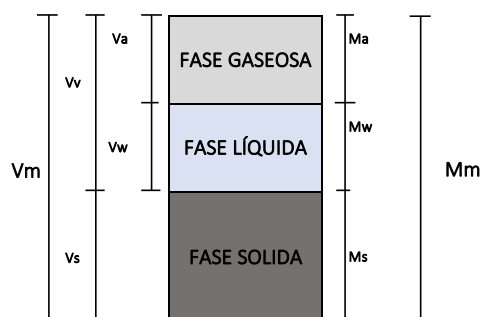
ENSAYO DE RELACIONES FUNDAMENTALES

PROYECTO : TESIS SEBASTIAN MORALES	SOLICITADO POR : -----
LOCALIZACIÓN : PUCE-NAYÓN	FISCALIZACIÓN : -----
MUESTRA : Tomada por el Cliente	CONTRATISTA : -----
NORMA : ASTM D 7263	FECHA DE INGRESO :
DESCRIPCIÓN : -----	FECHA DE ENTREGA :
SONDEO N° : P-01	ORDEN DE TRABAJO N° : 4859 S
PROFUNDIDAD : 16.00 - 16.45m	HOJA : -----

A = Masa de la muestra en el aire = 78.34 gr
B = Masa de la muestra + la parafina en el aire = 83.29 gr
C = Masa de la muestra + la parafina sumergida = 37.79 gr
 γ_p = Densidad de la parafina = 0.92 gr/cm³

V_m = 40.12 cm³
M_{mh} = 78.34 gr
W% = 18.31 %
G_s Asum. = 2.635
M_s = 66.21 gr
 γ_{HUMEDA} = 1.95 gr/cm³
 γ_{SECA} = 1.65 gr/cm³
M_w = 12.13 gr
V_s = 25.13 cm³
V_w = 12.13 cm³
V_v = 14.99 cm³
V_a = 2.86 cm³
e = 0.60
n% = 37.37 %
Grado de Saturación % = 80.89 %

Contenido de Humedad (%)		
Peso cápsula (gr.)	17.11	18.36
Peso cap. + suelo húmedo (gr.)	48.35	44.60
Peso cap. + suelo seco (gr.)	43.56	40.50
Contenido de Humedad (%)	18.11	18.52
Contenido de Humedad promedio (%)	18.31	



OBSERVACIONES:

- Este informe no puede ser reproducido parcialmente.

Ing. Sebastian Morales

REALIZADO POR

INFORME DE ENSAYO

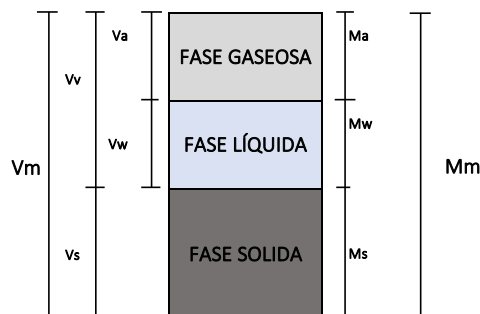
ENSAYO DE RELACIONES FUNDAMENTALES

PROYECTO : TESIS SEBASTIAN MORALES	SOLICITADO POR : -----
LOCALIZACIÓN : PUCE-NAYÓN	FISCALIZACIÓN : -----
MUESTRA : Tomada por el Cliente	CONTRATISTA : -----
NORMA : ASTM D 7263	FECHA DE INGRESO :
DESCRIPCIÓN : -----	FECHA DE ENTREGA :
SONDEO N° : P-01	ORDEN DE TRABAJO N° : 4859 S
PROFUNDIDAD : 17.70 - 18.00 m	HOJA : -----

A = Masa de la muestra en el aire = 385.81 gr
B = Masa de la muestra + la parafina en el aire = 407.01 gr
C = Masa de la muestra + la parafina sumergida = 178.54 gr
 γ_p = Densidad de la parafina = 0.92 gr/cm³

V_m = 205.43 cm³
M_{mh} = 385.81 gr
W% = 27.38 %
G_s Asum. = 2.703
M_s = 302.89 gr
 γ_{HUMEDA} = 1.88 gr/cm³
 γ_{SECA} = 1.47 gr/cm³
M_w = 82.92 gr
V_s = 112.06 cm³
V_w = 82.92 cm³
V_v = 93.37 cm³
V_a = 10.45 cm³
e = 0.83
n% = 45.45 %
Grado de Saturación % = 88.81 %

Contenido de Humedad (%)		
Peso cápsula (gr.)	18.31	18.50
Peso cap. + suelo húmedo (gr.)	74.20	74.65
Peso cap. + suelo seco (gr.)	62.10	62.67
Contenido de Humedad (%)	27.63	27.12
Contenido de Humedad promedio (%)	27.38	



OBSERVACIONES:

- Este informe no puede ser reproducido parcialmente.

Ing. Sebastian Morales

REALIZADO POR

INFORME DE ENSAYO

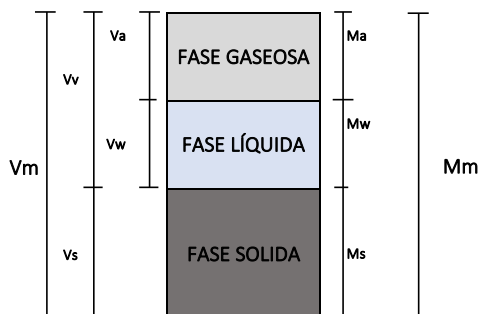
ENSAYO DE RELACIONES FUNDAMENTALES

PROYECTO : TESIS SEBASTIAN MORALES	SOLICITADO POR : -----
LOCALIZACIÓN : PUCE-NAYÓN	FISCALIZACIÓN : -----
MUESTRA : Tomada por el Cliente	CONTRATISTA : -----
NORMA : ASTM D 7263	FECHA DE INGRESO : -----
DESCRIPCIÓN : -----	FECHA DE ENTREGA : -----
SONDEO N° : P-01	ORDEN DE TRABAJO N° : 4859 S
PROFUNDIDAD : 18.00 - 18.45 m	HOJA : -----

A = Masa de la muestra en el aire = 75.85 gr
 B = Masa de la muestra + la parafina en el aire = 80.79 gr
 C = Masa de la muestra + la parafina sumergida = 33.10 gr
 γ_p = Densidad de la parafina = 0.92 gr/cm³

$V_m = 42.32 \text{ cm}^3$
 $M_{mh} = 75.85 \text{ gr}$
 $W\% = 31.83 \%$
 $G_s \text{ Asum.} = 2.70$
 $M_s = 57.54 \text{ gr}$
 $\gamma_{\text{HUMEDA}} = 1.79 \text{ gr/cm}^3$
 $\gamma_{\text{SECA}} = 1.36 \text{ gr/cm}^3$
 $M_w = 18.31 \text{ gr}$
 $V_s = 21.29 \text{ cm}^3$
 $V_w = 18.31 \text{ cm}^3$
 $V_v = 21.03 \text{ cm}^3$
 $V_a = 2.72 \text{ cm}^3$
 $e = 0.99$
 $n\% = 49.70 \%$
 Grado de Saturación % = 87.06 %

Contenido de Humedad (%)		
Peso cápsula (gr.)	18.38	17.95
Peso cap. + suelo húmedo (gr.)	46.32	49.31
Peso cap. + suelo seco (gr.)	39.60	41.71
Contenido de Humedad (%)	31.67	31.99
Contenido de Humedad promedio (%)	31.83	



OBSERVACIONES:

- Este informe no puede ser reproducido parcialmente.

Ing. Sebastian Morales

REALIZADO POR

INFORME DE ENSAYO

ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS - MÉTODO DEL PICNÓMETRO

PROYECTO : TESIS SEBASTIAN MORALES
LOCALIZACIÓN : PUCE-NAYÓN
MUESTRA : Muestra tomada por el cliente
NORMA : ASTM D 854-02
DESCRIPCIÓN : -----
SONDEO : P-01
PROFUNDIDAD : 3.50 - 4.00 m

SOLICITADO POR : -----
FISCALIZACIÓN : -----
CONTRATISTA : -----
FECHA DE INGRESO : -----
FECHA DE ENTREGA : -----
ORDEN DE TRABAJO N° : 4859 S
HOJA : -----

PRUEBA N° =	<u>1</u>	<u>2</u>
MATRAZ N° =	<u>3</u>	<u>3</u>
MASA matraz + agua + suelo (gr) =	688.69	685.35
TEMPERATURA (T °C) =	20.0	20.3
MASA matraz + agua (gr) =	658.75	658.75
MASA suelo (gr) =	48.36	42.93
Gs =	2.625	2.629
Gs (20°C) =	2.625	2.629
Gs (20°C) (promedio) =	2.627	



Ing. Sebastián Morales

REALIZADO POR

INFORME DE ENSAYO

ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS - MÉTODO DEL PICNÓMETRO

PROYECTO : TESIS SEBASTIAN MORALES
LOCALIZACIÓN : PUCE-NAYÓN
MUESTRA : Muestra tomada por el cliente
NORMA : ASTM D 854-02
DESCRIPCIÓN : -----
SONDEO : P-01
PROFUNDIDAD : 5.10 - 5.30 m

SOLICITADO POR : -----
FISCALIZACIÓN : -----
CONTRATISTA : -----
FECHA DE INGRESO : -----
FECHA DE ENTREGA : -----
ORDEN DE TRABAJO N° : 4859 S
HOJA : -----

PRUEBA N° =	<u>1</u>	<u>2</u>
MATRAZ N° =	<u>3</u>	<u>3</u>
MASA matraz + agua + suelo (gr) =	688.80	685.25
TEMPERATURA (T °C) =	19.6	19.6
MASA matraz + agua (gr) =	658.75	658.75
MASA suelo (gr) =	48.36	42.93
Gs =	2.641	2.613
Gs (20°C) =	2.641	2.613
Gs (20°C) (promedio) =	2.627	



Ing. Sebastián Morales

REALIZADO POR


INFORME DE ENSAYO

ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS - MÉTODO DEL PICNÓMETRO

PROYECTO : TESIS SEBASTIAN MORALES
LOCALIZACIÓN : PUCE-NAYÓN
MUESTRA : Muestra tomada por el cliente
NORMA : ASTM D 854-02
DESCRIPCIÓN : -----
SONDEO : P-01
PROFUNDIDAD : 6.50 - 7.00 m

SOLICITADO POR : -----
FISCALIZACIÓN : -----
CONTRATISTA : -----
FECHA DE INGRESO :
FECHA DE ENTREGA :
ORDEN DE TRABAJO N° : 4859 S
HOJA : -----

PRUEBA N° =	<u>1</u>	<u>2</u>
MATRAZ N° =	3	3
MASA matraz + agua + suelo (gr) =	678.60	675.60
TEMPERATURA (T °C) =	19.4	19.4
MASA matraz + agua (gr) =	647.86	647.86
MASA suelo (gr) =	49.65	44.87
Gs =	2.626	2.619
Gs (20°C) =	2.626	2.620
Gs (20°C) (promedio) =	2.623	



Ing. Sebastián Morales

REALIZADO POR

INFORME DE ENSAYO

ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS - MÉTODO DEL PICNÓMETRO

PROYECTO : TESIS SEBASTIAN MORALES
LOCALIZACIÓN : PUCE-NAYÓN
MUESTRA : Muestra tomada por el cliente
NORMA : ASTM D 854-02
DESCRIPCIÓN : -----
SONDEO : P-01
PROFUNDIDAD : 8.40 - 8.60 m

SOLICITADO POR : -----
FISCALIZACIÓN : -----
CONTRATISTA : -----
FECHA DE INGRESO :
FECHA DE ENTREGA :
ORDEN DE TRABAJO N° : 4859 S
HOJA : -----

PRUEBA N° =	<u>1</u>	<u>2</u>
MATRAZ N° =	3	3
MASA matraz + agua + suelo (gr) =	704.90	700.50
TEMPERATURA (T °C) =	19.2	19.2
MASA matraz + agua (gr) =	673.40	673.40
MASA suelo (gr) =	50.00	43.40
Gs =	2.703	2.663
Gs (20°C) =	2.703	2.663
Gs (20°C) (promedio) =	2.683	



Ing. Sebastián Morales

REALIZADO POR

INFORME DE ENSAYO

ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS - MÉTODO DEL PICNÓMETRO

PROYECTO : TESIS SEBASTIAN MORALES
LOCALIZACIÓN : PUCE-NAYÓN
MUESTRA : Muestra tomada por el cliente
NORMA : ASTM D 854-02
DESCRIPCIÓN : -----
SONDEO : P-01
PROFUNDIDAD : 11.50 - 13.00 m

SOLICITADO POR : -----
FISCALIZACIÓN : -----
CONTRATISTA : -----
FECHA DE INGRESO :
FECHA DE ENTREGA :
ORDEN DE TRABAJO N° : 4859 S
HOJA : -----

PRUEBA N° =	<u>1</u>	<u>1</u>
MATRAZ N° =	3	3
MASA matraz + agua + suelo (gr) =	700.89	704.40
TEMPERATURA (T °C) =	19.5	19.5
MASA matraz + agua (gr) =	673.40	673.40
MASA suelo (gr) =	44.60	50.33
Gs =	2.607	2.604
Gs (20°C) =	2.607	2.604
Gs (20°C) (promedio) =	2.605	



Ing. Sebastián Morales

REALIZADO POR

INFORME DE ENSAYO

ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS - MÉTODO DEL PICNÓMETRO

PROYECTO : TESIS SEBASTIAN MORALES
LOCALIZACIÓN : PUCE-NAYÓN
MUESTRA : Muestra tomada por el cliente
NORMA : ASTM D 854-02
DESCRIPCIÓN : -----
SONDEO : P-01
PROFUNDIDAD : 13.50 - 15.00 m

SOLICITADO POR : -----
FISCALIZACIÓN : -----
CONTRATISTA : -----
FECHA DE INGRESO : -----
FECHA DE ENTREGA : -----
ORDEN DE TRABAJO N° : 4859 S
HOJA : -----

PRUEBA N° =	<u>1</u>	<u>1</u>
MATRAZ N° =	3	3
MASA matraz + agua + suelo (gr) =	700.93	704.46
TEMPERATURA (T °C) =	19.8	19.3
MASA matraz + agua (gr) =	673.40	673.40
MASA suelo (gr) =	44.60	50.33
Gs =	2.613	2.612
Gs (20°C) =	2.613	2.612
Gs (20°C) (promedio) =	2.612	



Ing. Sebastián Morales

REALIZADO POR

INFORME DE ENSAYO

ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS - MÉTODO DEL PICNÓMETRO

PROYECTO : TESIS SEBASTIAN MORALES
LOCALIZACIÓN : PUCE-NAYÓN
MUESTRA : Muestra tomada por el cliente
NORMA : ASTM D 854-02
DESCRIPCIÓN : -----
SONDEO : P-01
PROFUNDIDAD : 15.00 - 16.00 m

SOLICITADO POR : -----
FISCALIZACIÓN : -----
CONTRATISTA : -----
FECHA DE INGRESO : -----
FECHA DE ENTREGA : -----
ORDEN DE TRABAJO N° : 4859 S
HOJA : -----

PRUEBA N° =	<u>1</u>	<u>1</u>
MATRAZ N° =	3	3
MASA matraz + agua + suelo (gr) =	701.08	704.62
TEMPERATURA (T °C) =	20.1	20.0
MASA matraz + agua (gr) =	673.40	673.40
MASA suelo (gr) =	44.60	50.33
Gs =	2.636	2.634
Gs (20°C) =	2.636	2.634
Gs (20°C) (promedio) =	2.635	



Ing. Sebastián Morales

REALIZADO POR

INFORME DE ENSAYO

ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS - MÉTODO DEL PICNÓMETRO

PROYECTO : TESIS SEBASTIAN MORALES
LOCALIZACIÓN : PUCE-NAYÓN
MUESTRA : Muestra tomada por el cliente
NORMA : ASTM D 854-02
DESCRIPCIÓN : -----
SONDEO : P-01
PROFUNDIDAD : 16.50 - 17.00 m

SOLICITADO POR : -----
FISCALIZACIÓN : -----
CONTRATISTA : -----
FECHA DE INGRESO :
FECHA DE ENTREGA :
ORDEN DE TRABAJO N° : 4859 S
HOJA : -----

PRUEBA N° =	<u>1</u>	<u>1</u>
MATRAZ N° =	3	3
MASA matraz + agua + suelo (gr) =	701.08	704.74
TEMPERATURA (T °C) =	20.5	20.8
MASA matraz + agua (gr) =	673.40	673.40
MASA suelo (gr) =	44.60	50.33
Gs =	2.636	2.650
Gs (20°C) =	2.636	2.650
Gs (20°C) (promedio) =	2.643	



Ing. Sebastián Morales

REALIZADO POR

INFORME DE ENSAYO

ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS - MÉTODO DEL PICNÓMETRO

PROYECTO : TESIS SEBASTIAN MORALES
LOCALIZACIÓN : PUCE-NAYÓN
MUESTRA : Muestra tomada por el cliente
NORMA : ASTM D 854-02
DESCRIPCIÓN : -----
SONDEO : P-01
PROFUNDIDAD : 17.70 - 18.00 m

SOLICITADO POR : -----
FISCALIZACIÓN : -----
CONTRATISTA : -----
FECHA DE INGRESO : -----
FECHA DE ENTREGA : -----
ORDEN DE TRABAJO N° : 4859 S
HOJA : -----

PRUEBA N° =	<u>1</u>	<u>1</u>
MATRAZ N° =	3	3
MASA matraz + agua + suelo (gr) =	701.31	705.31
TEMPERATURA (T °C) =	18.9	18.9
MASA matraz + agua (gr) =	673.40	673.40
MASA suelo (gr) =	44.60	50.33
Gs =	2.672	2.732
Gs (20°C) =	2.673	2.733
Gs (20°C) (promedio) =	2.703	



Ing. Sebastián Morales

REALIZADO POR

INFORME DE ENSAYO

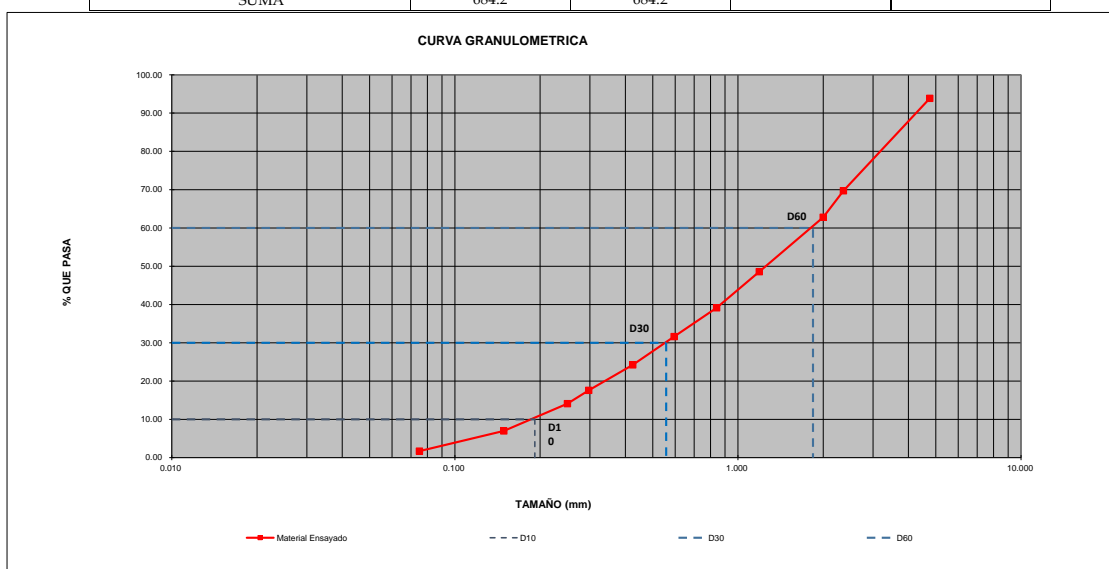
GRANULOMETRÍA POR MALLAS (AGREGADO FINO)

PROYECTO: Tesis
LOCALIZACIÓN: Nayón - Quito
MUESTRA: Tomada por el Cliente
NORMA ENSAYO: ASTM C 136
CANTERA: -----
LOCALIZACIÓN: -----
DESCRIPCIÓN: Grava

SOLICITADO POR: Ing. Sebastián Morales
FISCALIZACIÓN: -----
CONTRATISTA: -----
FECHA DE INGRESO: 7/1/2024
FECHA DE EMISIÓN: 1/27/2025
ORDEN DE TRABAJO N°: 4859 S
HOJA N°: 1 de 1

Masa Inicial (g): 698.4
Módulo de Finura: 6.9

MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA PARCIAL (gr)	MASA RETENIDA ACUMULADA (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
No.4	4.760	42.06	42.06	6.15	93.85
No.8	2.360	165.08	207.14	30.28	69.72
No.10	2.000	47.43	254.57	37.21	62.79
No.16	1.190	97.27	351.84	51.42	48.58
No.20	0.841	64.57	416.41	60.86	39.14
No.30	0.595	51.40	467.81	68.37	31.63
No.40	0.425	50.60	518.41	75.77	24.23
No.50	0.297	45.51	563.92	82.42	17.58
No.60	0.250	23.70	587.62	85.89	14.11
No.100	0.149	48.70	636.32	93.00	7.00
No.200	0.075	36.20	672.52	98.29	1.71
Pasa No. 200		11.67	11.67		
SUMA		684.2	684.2		



D60 : 1.84	D30 : 0.56	D10 (diámetro efectivo): 0.19
-------------------	-------------------	--------------------------------------

Coefficiente de Uniformidad (Cu): 9.61
Coefficiente de Curvatura (Cc): 0.88

OBSERVACIONES:

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Ing. Sebastián Morales
REALIZADO POR

INFORME DE ENSAYO

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN EN EL AGREGADO FINOPROCEDIMIENTO GRAVIMÉTRICO

PROYECTO: TESIS SEBASTIAN MORALES

SOLICITADO POR: -----

LOCALIZACION: PUCE - NAYÓN

FISCALIZACION: -----

MUESTRA: Tomada por el Cliente

CONTRATISTA: -----

NORMA ENSAYO: ASTM C 128

FECHA DE RECEPCIÓN: -----

FECHA DE EMISIÓN: -----

CANTERA: FUCUSUCO

LOCALIZACIÓN: San Antonio de Pichincha

ORDEN DE TRABAJO: -----

DESCRIPCIÓN: Arena Triturada

HOJA: -----

$$\text{Gravedad específica seca} = A / (B + S - C)$$

$$\text{Gravedad específica saturada con superficie seca} = S / (B + S - C)$$

$$\text{Gravedad específica aparente} = A / (B + A - C)$$

MASA DEL MATRAZ	Mm =	155.20	gr
MASA DEL MATRAZ + AGUA	B =	655.20	gr
MASA CONJUNTO MATRAZ, AGUA Y MUESTRA	C =	962.84	gr
MASA DE MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	S =	500.00	gr
MASA DE LA MUESTRA SECA	A =	483.25	gr
GRAVEDAD ESPECIFICA SECA	Ge =	2.51	
GRAVEDAD ESPECIFICA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	Ges =	2.60	
GRAVEDAD ESPECIFICA APARENTE	Gea =	2.75	
PORCENTAJE DE ABSORCION	Ab =	3.5	%



Ing. Sebastián Morales
REALIZADO POR

INFORME DE ENSAYO

PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS (AGREGADO FINO)

PROYECTO: TESIS SEBASTIAN MORALES **SOLICITADO POR:** -----

LOCALIZACION: PUCE - NAYÓN **FISCALIZACION:** -----

MUESTRA: Tomada por el Cliente **CONTRATISTA:** -----

NORMA ENSAYO: ASTM C 29 **FECHA DE RECEPCIÓN:** -----

CANTERA: FUCUSUCO **FECHA DE EMISIÓN:** -----

LOCALIZACIÓN: San Antonio de Pichincha **ORDEN DE TRABAJO:** -----

DESCRIPCIÓN: Arena Triturada **HOJA:** -----

MASA MOLDE	P =	5050.0	gr
VOLUMEN MOLDE	V =	2980.0	cm ³
MASA MOLDE + MATERIAL SUELTO	A =	9843.3	gr
MASA MOLDE + MATERIAL COMPACTO	B =	10308.7	gr
MASA DEL MATERIAL SUELTO	Ms = A - P =	4793.3	gr
MASA DEL MATERIAL COMPACTO	Mc = B - P =	5258.7	gr
PESO UNITARIO SUELTO	Ms / V =	1608	kg / m³
PESO UNITARIO COMPACTO	Mc / V =	1765	kg / m³



Ing. Sebastián Morales
REALIZADO POR

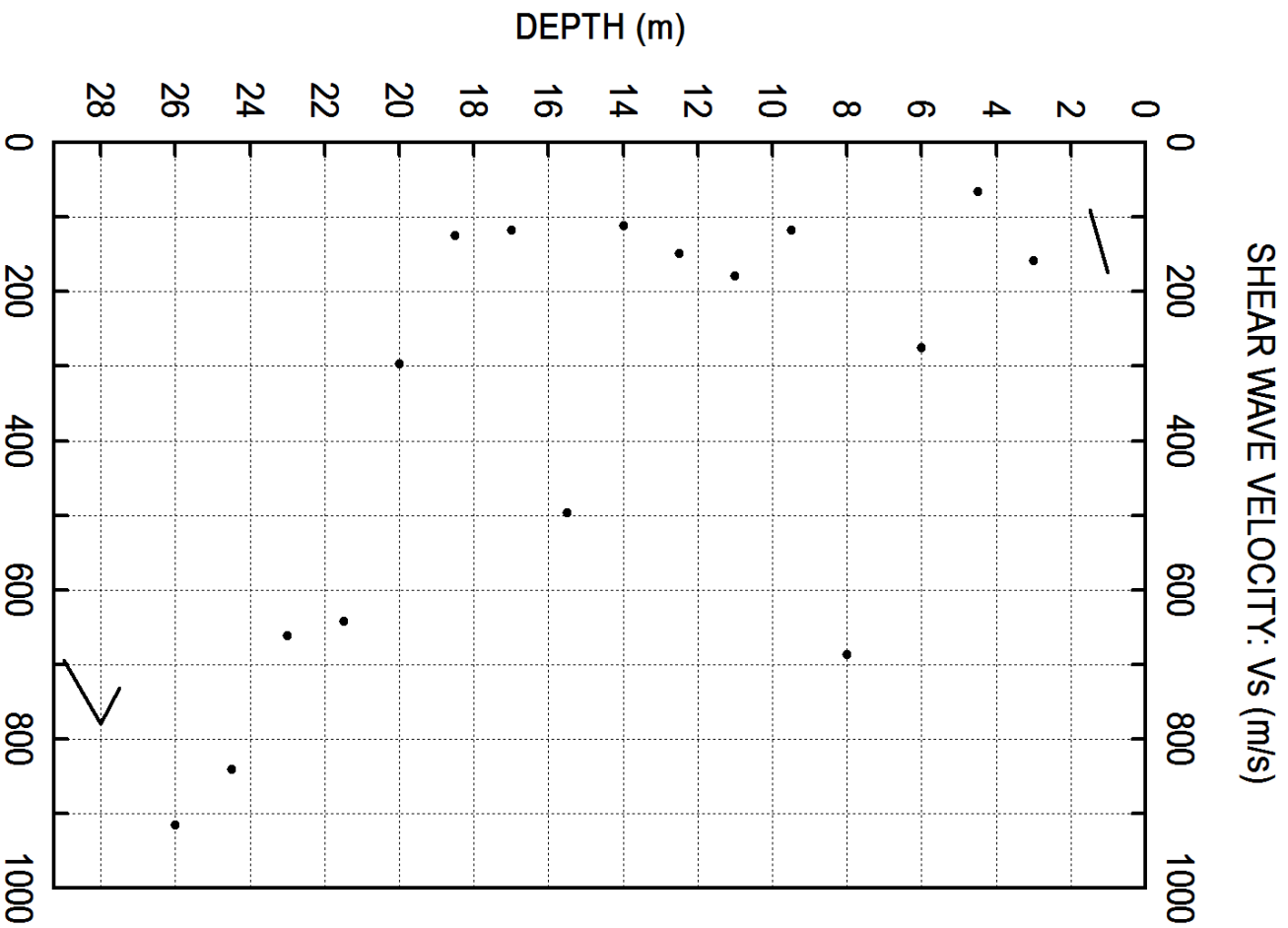
7.2. Velocidades de Onda (V_p) y (V_s) obtenidas con el equipo SDMT.

SEISMIC DILATOMETER TEST (S D M T)

LMC-PUCE
JOB

CUSTOMER
LOCATION

TEST
TESIS SEBRAS
3 JUL 2024

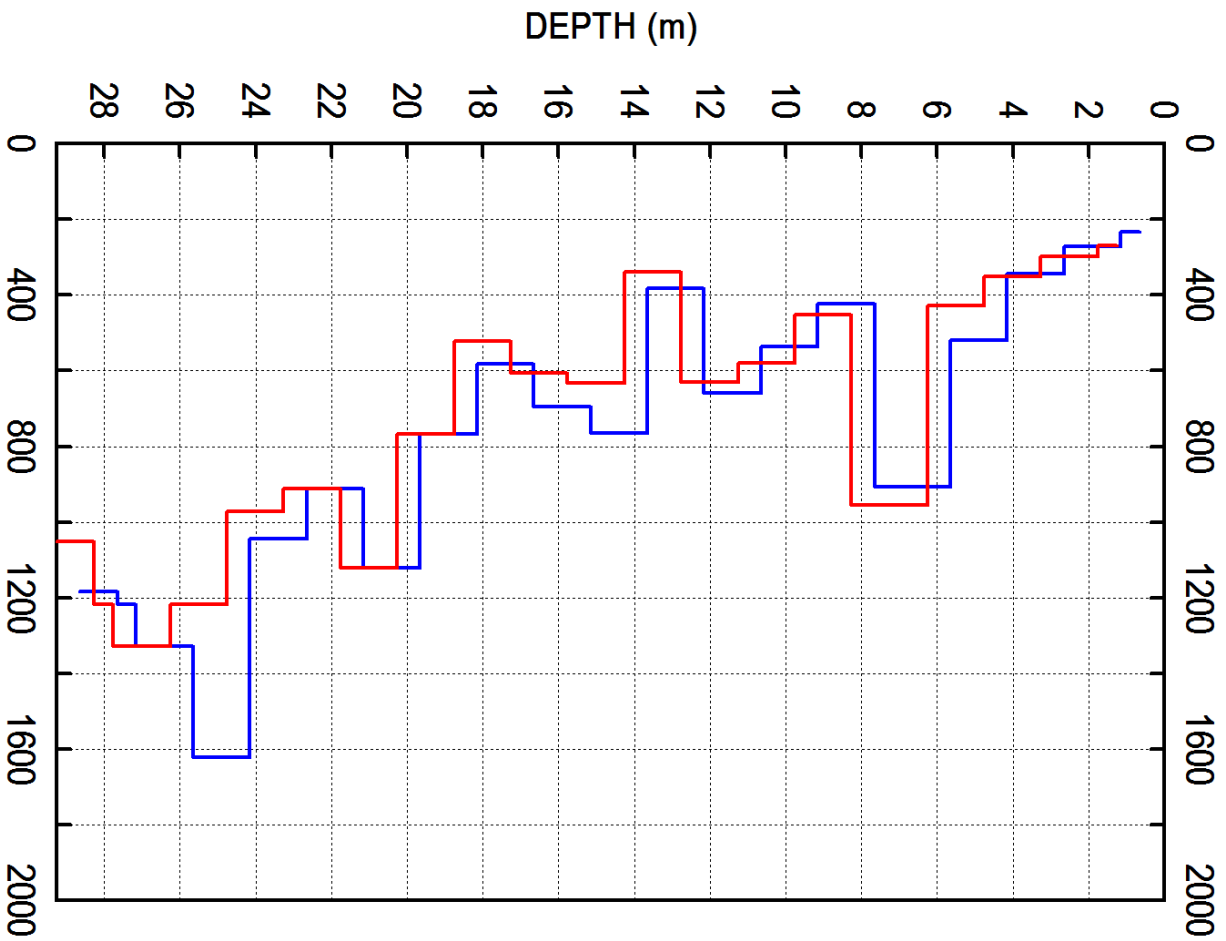


LMC-PUCE
JOB

CUSTOMER
LOCATION

TEST
TESIS SEBRAS
3 JUL 2024

COMPRESSION WAVE VELOCITY: Vp (m/s)



— Upper Sensor — Lower Sensor

TESIS SEBAS - Tabular data: Vs (Repeatability)

Each Vs value in the 'Vs Repeatability' column corresponds to a distinct energization.

Z	Vs	Vs Repeatability	Var Coeff.
[m]	[m/s]	[m/s]	[%]
1.00	174	178,170,174	1.88
1.50	90	93,88,95,84	4.78
3.00	158	146,160,168	5.75
4.50	65	65,68,63	3.20
6.00	274	267,271,267,292	3.79
8.00	686	674,665,683,723	3.23
9.50	117	121,107,124	6.34
11.00	178	168,196,163,184	7.35
12.50	148	162,130,149,149	7.72
14.00	110	102,104,101,112,133	10.86
15.50	496	534,459	7.56
17.00	116	113,113,121	3.26
18.50	124	125,125,116,128	3.65
20.00	296	252,318,333,283	10.63
21.50	641	660,666,618,620	3.45
23.00	660	622,688,670	4.22
24.50	840	852,828	1.43
26.00	914	937,934,979,804	7.19
27.50	731	668,794	8.62
28.00	780	780	0.00
29.00	694	674,646,689,766	6.41

Vp Upper Sensor - TESIS SEBAS

N: Layer delimited by two successive depths of the sensor (Z1 and Z2)

Z1: Top depth of layer

Z2: Bottom depth of layer

Vp: Compression wave velocity in the layer

N	Z1	Z2	Vp
	[m]	[m]	[m/s]
1	0.656	1.156	233
2	1.156	2.656	272
3	2.656	4.156	344
4	4.156	5.656	519
5	5.656	7.656	907
6	7.656	9.156	424
7	9.156	10.656	536
8	10.656	12.156	659
9	12.156	13.656	382
10	13.656	15.156	766
11	15.156	16.656	694
12	16.656	18.156	583
13	18.156	19.656	767
14	19.656	21.156	1122
15	21.156	22.656	912
16	22.656	24.156	1043
17	24.156	25.656	1622
18	25.656	27.156	1327
19	27.156	27.656	1217
20	27.656	28.656	1183

Vp Lower Sensor - TESIS SEBAS

N: Layer delimited by two successive depths of the sensor (Z1 and Z2)

Z1: Top depth of layer

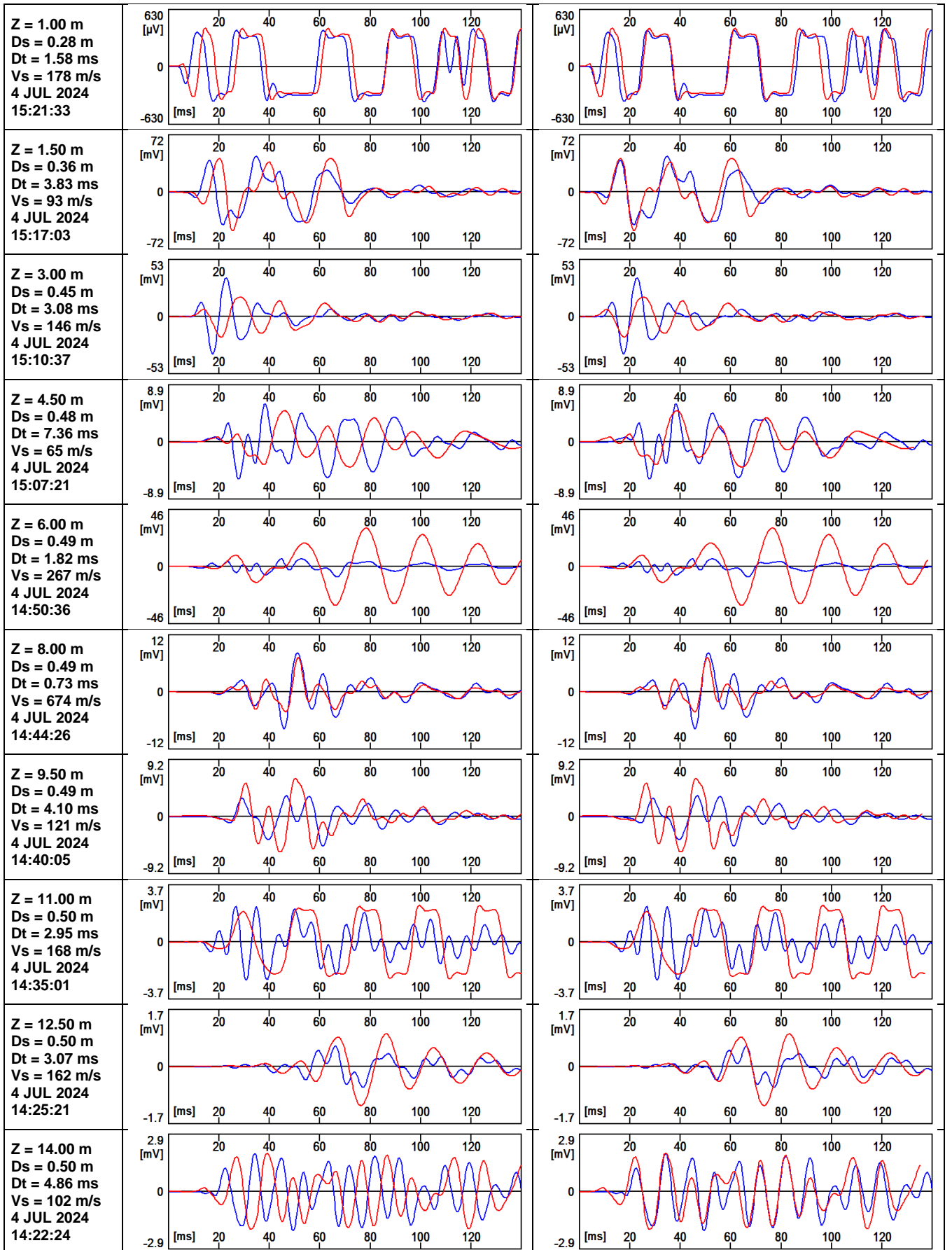
Z2: Bottom depth of layer

Vp: Compression wave velocity in the layer

N	Z1	Z2	Vp
	[m]	[m]	[m/s]
1	1.260	1.760	270
2	1.760	3.260	299
3	3.260	4.760	352
4	4.760	6.260	428
5	6.260	8.260	956
6	8.260	9.760	451
7	9.760	11.260	579
8	11.260	12.760	631
9	12.760	14.260	338
10	14.260	15.760	633
11	15.760	17.260	607
12	17.260	18.760	521
13	18.760	20.260	768
14	20.260	21.760	1122
15	21.760	23.260	912
16	23.260	24.760	973
17	24.760	26.260	1217
18	26.260	27.760	1328
19	27.760	28.260	1217
20	28.260	29.260	1052

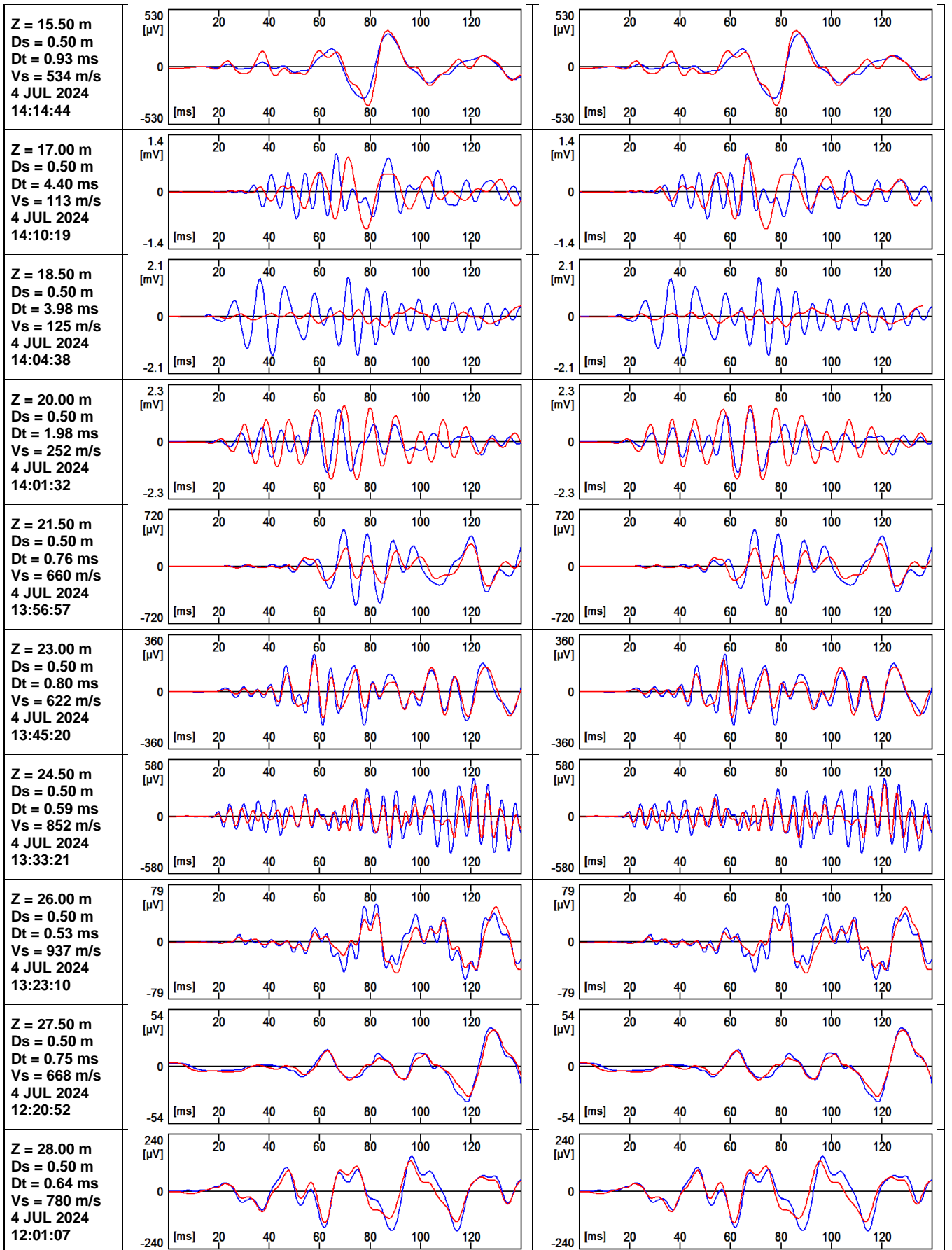
RECORDED

RE-PHASED



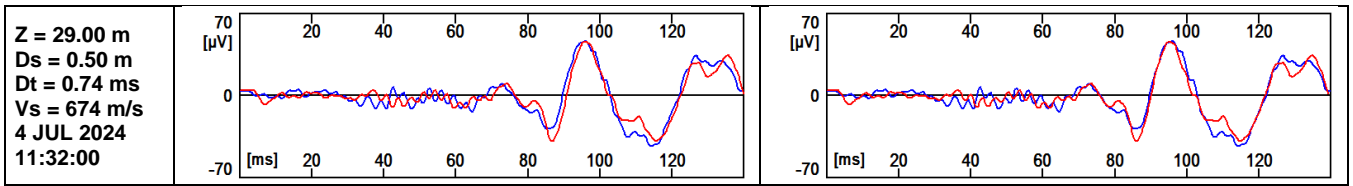
RECORDED

RE-PHASED

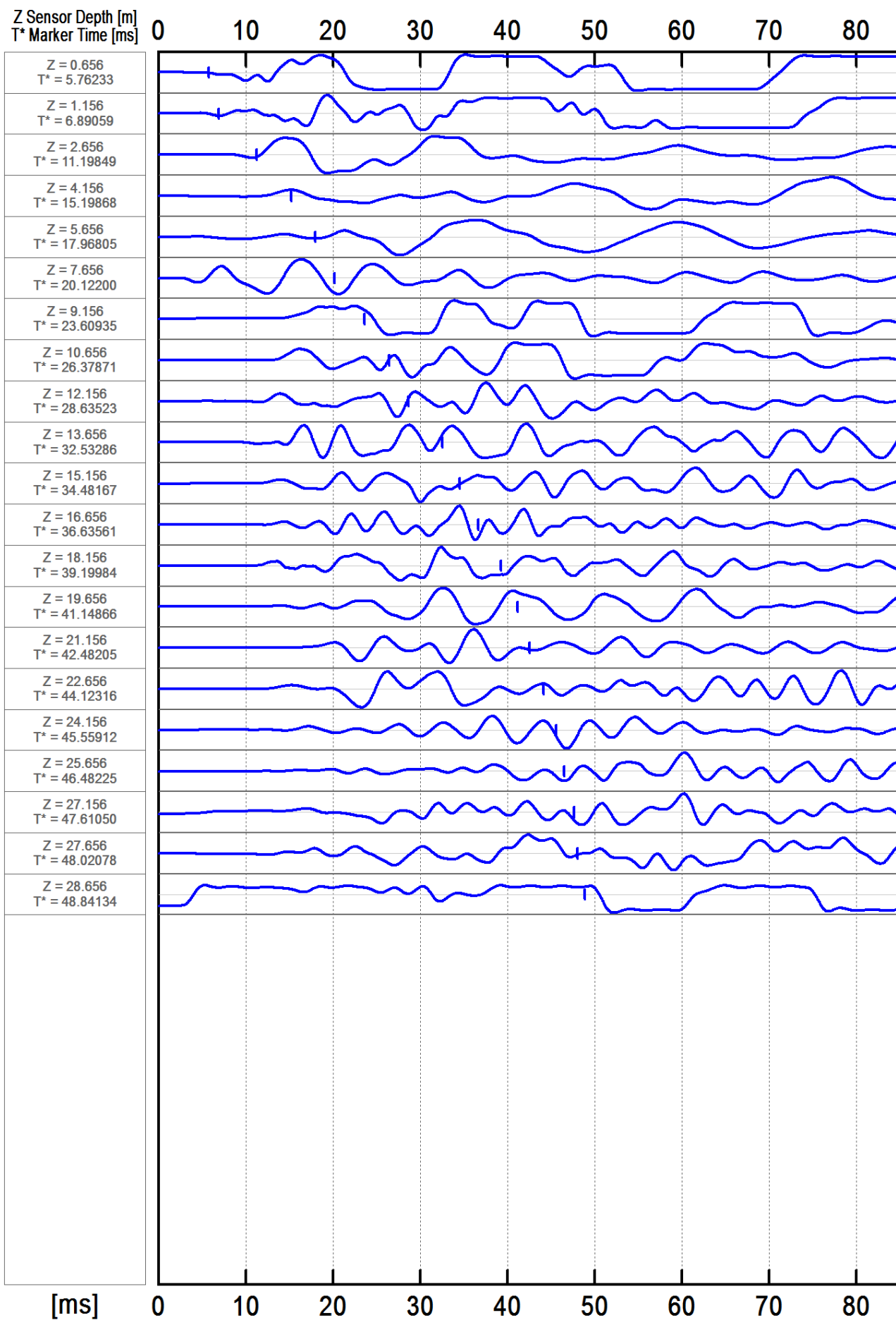


RECORDED

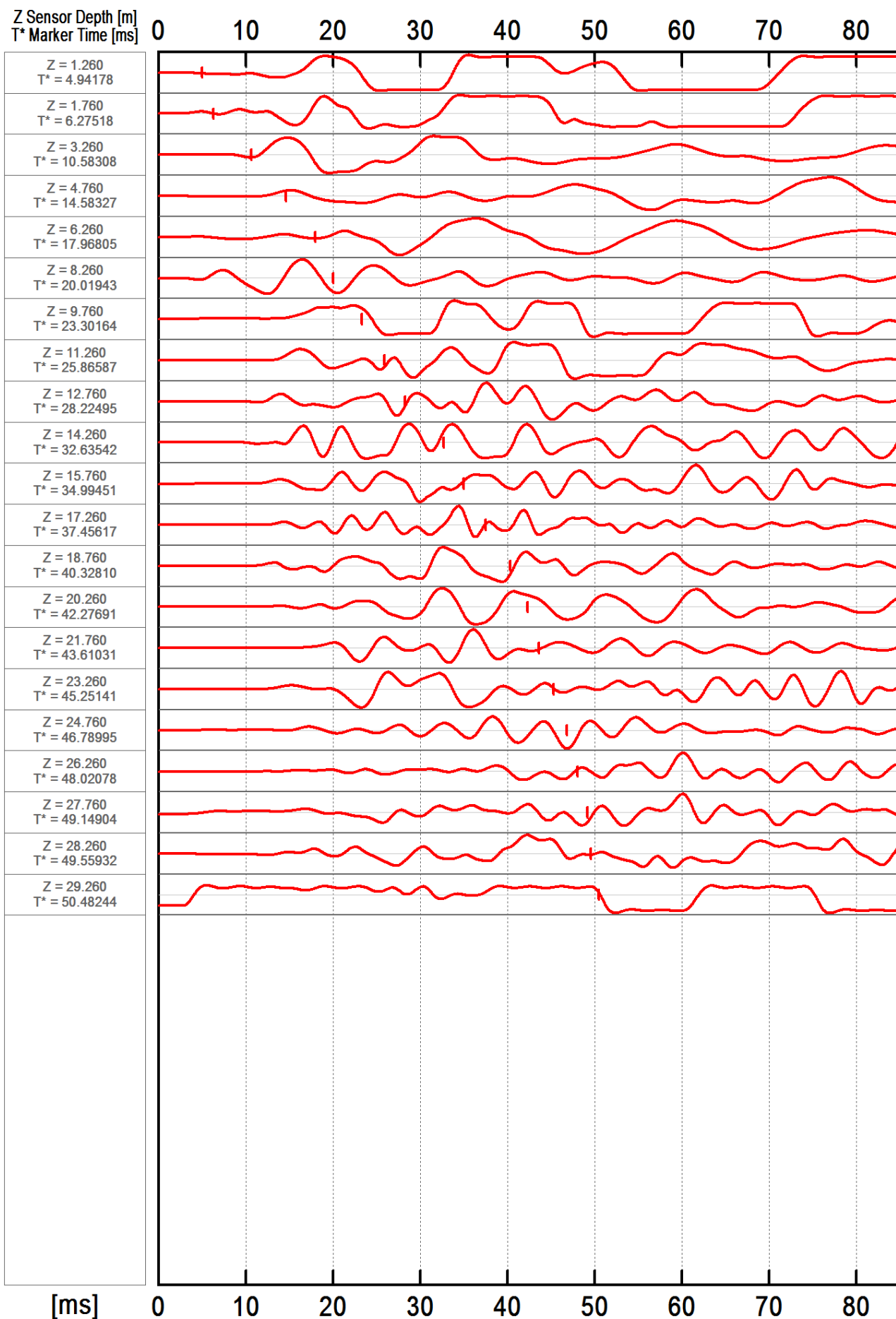
RE-PHASED



P waves - Upper Sensor (TESIS SEBAS) - Seismograms



P waves - Lower Sensor (TESIS SEBAS) - Seismograms



7.3. Velocidades de Onda (V_p) y (V_s) determinadas en el ensayo Crosshole.

