CONTRATO NO. S-CON-16-2024-X-0

“ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA VÍA SECTOR FÁTIMA-VILLAO LÍMITE PROVINCIAL, INCLUYE PUENTES EN EL CANTÓN PEDRO CARBO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS.”

ESTUDIO DE SUELOS



Kawsus

CONSULTORÍA Y ASESORÍA

Kawsus
CONSULTORÍA, ASESORÍA Y CONSTRUCCIÓN

PREFECTURA CIUDADANA DEL GUAYAS

PROYECTO:

"ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA VÍA SECTOR FÁTIMA-VILLAO LÍMITE PROVINCIAL, INCLUYE PUENTES EN EL CANTÓN PEDRO CARBO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS."

INFORME DE CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

JULIO-2024

Cliente:	**PREFECTURA DEL GUAYAS**
Proyecto:	“ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA VÍA SECTOR FÁTIMA-VILLAO LÍMITE PROVINCIAL, INCLUYE PUENTES EN EL CANTÓN PEDRO CARBO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS.”
Documento:	KAW-PGY-INF-GEO-001
Título:	INFORME DE CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

Preparó:	KAWSUS CIA LTDA.	
Preparó:	Ing. Fausto Ávila ESPECIALISTAS GEOTÉCNICO Y PAVIMENTOS Ing. Mario Almache ESPECIALISTAS GEOTÉCNICO Y PAVIMENTOS	Firmado electrónicamente por: FAUSTO ANIBAL AVILA CABRERA Validar únicamente con FirmaEC Firmado electrónicamente por: LUIS MARIO ALMACHE SANCHEZ Validar únicamente con FirmaEC
Revisó	Ing. Danilo Bustos DIRECTOR DE PROYECTO	Firmado electrónicamente por: TIAN DANILO Firmado electrónicamente por: GABRIEL SIMON MOREIRA CHOCHO Validar únicamente con FirmaEC
Aprobó	Ing. Gabriel Moreira ADMINISTRADOR DE CONTRATO	

CONTROL DE CAMBIOS	
Rev. 00	
Rev. 00	

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. GENERALIDADES 11

1.1 Antecedentes 11

1.2 Ubicación General 14

2. OBJETIVOS GENERAL Y ESPECÍFICOS 15

2.1 Objetivo General 15

2.2 Objetivos Específicos 15

3. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA 15

3.1 Marco Geodinámico y Tectónico Regional 15

3.2 Geología Regional 16

3.3 Litoestratigrafía 17

3.4 Geología Estructural 18

3.5 Geologia local 19

3.6 Caracterización Geomecánica y Análisis Cinemático De Macizos Rocosos . 30

3.6.1 Análisis geomecánico Segunda variante km 11+460 – 13+250 (Unidad Arenisca Meteorizada) 31

3.6.2 Análisis geomecánico talud en la variante entre km 13+850 – 14+100 .. 35

3.6.3 Cuadro Resumen del SMR y Tipo de Roca para cada Estación Geomecánica 38

3.6.4 Zonificación Geotécnica 40

3.7 CBR en laboratorio 40

3.7.1 Metodología Aplicada 40

3.7.2 Calicatas a cielo abierto 41

3.7.3 Toma de muestras de calicatas 41

3.7.4 Muestras alteradas 41

3.7.5 Muestras inalteradas 41

3.7.6 Componente Geotécnico - CBR de laboratorio 41

3.7.6.1 Parámetros físicos determinados de muestras analizadas 42

3.7.6.2 Ensayo Proctor modificado NORMA ASTM D - 1557 44

3.7.6.3 Ensayo CBR NORMA ASTM D 1883 / AASHTO T 193 44

3.7.6.4 Análisis granulométrico de los suelos analizados 46

3.7.6.5 Humedad natural vs humedad óptima y análisis con respecto al límite plástico 48

3.7.6.6 Descripción de los materiales recuperados en las calicatas 50

3.8 Ensayo de penetración estándar SPT 50

3.8.1 Formulaciones para el cálculo de la resistencia y deformación del suelo 52

3.8.2 Formulaciones para el cálculo de capacidades admisibles 53

3.8.3 Corrección del número de golpes aplicado en el ensayo SPT 56
3.8.4 Corrección del número de golpes aplicado en el ensayo SPT Taludes.. 77
3.9 Ensayos de perforación para puentes..... 81
3.9.1 Determinación de parámetros geomecánicos..... 81
3.9.2 Toma de muestras inalteradas con tuberías Shelby 82
3.9.3 Normativas aplicadas en los ensayos de laboratorio 84
3.9.4 Resultados de ensayos de laboratorio..... 85
3.10 Ensayos Geofísicos..... 100
3.10.1 Sísmica de Refracción y MASW 100
3.10.1.1 Equipo Utilizado..... 101
3.10.1.2 Método Sísmico de Refracción Norma ASTDM 5777 101
3.10.1.3 Correlación de Parámetros Elásticos y Geo Mecánicos..... 102
3.10.1.3.1 Módulo de Young 103
3.10.1.3.2 Módulo de corte..... 103
3.10.1.3.3 Peso específico 103
3.10.1.3.4 Coeficiente de Poisson..... 104
3.10.1.3.5 Capacidad Portante..... 104
3.10.1.3.6 Módulo de Bulk..... 105
3.10.1.3.7 Módulo Edométrico..... 105
3.10.1.3.8 Módulo Balasto..... 105
3.10.1.3.9 Respuesta dinámica del terreno 106
3.10.1.3.10 Cálculo de parámetros geomecánicos en función de velocidades 106
3.10.1.3.11 Velocidad de onda promedio en los primeros 30 metros, para diseño sismorresistente 107
3.10.1.3.12 Correlación del número de golpes N del ensayo SPT con las Vp 107
3.10.1.4 Ubicación de ensayos geofísicos..... 107
3.10.1.5 Resultados ensayos sísmica de refracción 109
3.10.1.6 Resultados ensayos sísmicos MASW..... 117
3.10.2 Ensayo de Nakamura 126
3.10.2.1 Confiabilidad..... 127
3.10.2.2 Criterios SESAME: Curva H/V confiable y pico claro 127
3.10.2.3 Clasificación de Curvas H/V (SESAME,2004)..... 128
3.10.2.3.1 Pico Claro..... 128
3.10.2.3.2 Curva plana o pico con baja amplitud en frecuencias bajas..... 129
3.10.2.3.3 Curvas H/V con pico ancho o múltiples picos 130

3.10.2.3.4 Curvas H/V con dos picos 131
3.10.2.3.5 Picos agudos y de origen industrial 132
3.10.2.4 Primer ensayo geofísico Nakamura ejecutado 132
3.10.2.4.1 Primer ensayo Nakamura, registro sísmico curva H/V 133
3.10.2.5 Segundo ensayo geofísico Nakamura ejecutado 137
3.10.2.5.1 Segundo ensayo, registro sísmico curva H/V 137
3.10.2.6 Tercer ensayo geofísico Nakamura ejecutado. 140
3.10.2.6.1 Tercer ensayo Nakamura, registro sísmico curva H/V 141
3.11 Criterio Licuefacción de suelos 144
3.11.1 Métodos empíricos para evaluar el potencial de licuefacción del suelo 145
4. CONCLUSIONES 146
5. RECOMENDACIONES 149
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 150
7. ANEXOS 152

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Ubicación general del proyecto 14
Figura 3-1: Unidades tectonoestratigráficas en el antearco ecuatoriano. 16
Figura 3-2: Columna estratigráfica zona Costa 17
Figura 3-3: Mapa geológico del Ecuador escala 1: 1000000 18
Figura 3-4: Mapa Geológico y estructural de la Hoja Geológica Pedro Carbo a escala 1:100 000 19
Figura 3-5: Contenido de gravas, arenas y finos en cada muestra ensayada 47
Figura 3-6: Humedad Natural versus Humedad Óptima versus Límite Plástico 49
Figura 3-7: Abaco de capacidades de carga admisibles para suelos cohesivos y mezclados. 54
Figura 3-8: Abaco de capacidades de carga admisibles para suelos granulares. 55
Figura 3-9: Perforacion P2-2 de 0.00m a 3.60m 82
Figura 3-10: Muestras recuperadas segundo puente margen derecha. P2-2 de 0.00m a 3.60m 83
Figura 3-11: Perfil estratigráfico inferido, generado del primer ensayo geofísico sísmico de refracción LM1-1, velocidades de onda Vp. Zona puente 1. 109
Figura 3-12: Dromocronas generadas del segundo ensayo geofísico sísmico de refracción LS1-1, zona puente 1 110
Figura 3-13: Perfil estratigráfico inferido, generado del tercer ensayo geofísico sísmico de refracción LM1-2, velocidades de onda Vp. Zona del puente 1 110
Figura 3-14: Perfil estratigráfico inferido, generado del cuarto ensayo geofísico sísmico de refracción LS1-2, velocidades de onda Vp. Zona del puente 1, forma longitudinal al puente 111
Figura 3-15: Perfil estratigráfico inferido, generado del quinto ensayo geofísico sísmico de refracción LM2-1, velocidades de onda Vp. Puente 2. Tendido transversal al puente 111
Figura 3-16: Perfil estratigráfico inferido, generado del sexto ensayo geofísico sísmico de refracción LS2-1, velocidades de onda Vp. Puente 2. Tendido forma longitudinal al puente 112
Figura 3-17: Perfil estratigráfico inferido, generado del séptimo ensayo geofísico sísmico de refracción LM2-2, velocidades de onda Vp. Zona puente 2, tendido transversal al puente 112
Figura 3-18: Perfil estratigráfico inferido, generado del octavo ensayo geofísico sísmico de refracción LS2-2, velocidades de onda Vp, zona puente 2, tendido longitudinal al puente 113
Figura 3-19: Perfil estratigráfico inferido, generado del ensayo geofísico sísmico de refracción LM3 – 1, velocidades de onda Vp. Zona puente 3, tendido de forma transversal al puente 113
Figura 3-20: Perfil estratigráfico inferido, generado del décimo ensayo geofísico sísmico de refracción LS3 – 1, velocidades de onda Vp. Puente 3, sentido longitudinal 114
Figura 3-21: Perfil estratigráfico inferido, generado del décimo tercer ensayo geofísico sísmico de refracción LM3 – 2, velocidades de onda Vp. Zona puente 3, tendido transversal al puente 114
Figura 3-22: Perfil estratigráfico inferido, generado del décimo segundo ensayo geofísico sísmico de refracción LS3 – 2, velocidades de onda Vp. Zona puente 3, perfil longitudinal 115
Figura 3-23: Perfil estratigráfico inferido, generado del ensayo geofísico sísmico de refracción LSC – SPT 15, velocidades de onda Vp 115

Figura 3-24: Perfil estratigráfico inferido, generado del ensayo geofísico sísmico de refracción LSC – SPT 16, velocidades de onda Vp 116
Figura 3-25: Perfil estratigráfico inferido, generado del ensayo geofísico sísmico de refracción LSC – ESCOMBRERA, velocidades de onda Vp 116
Figura 3-26: Perfil estratigráfico inferido, generado del ensayo geofísico sísmico de refracción LSC – VARIANTE, velocidades de onda Vp 116
Figura 3-27: Modelo simple asumido para la interpretación de la relación H/V de ruido 126
Figura 3-28: Ejemplo de curva H/V que exhibe un pico claro, (f_0) originado por un contraste de impedancia en profundidad. La línea roja gruesa es el promedio de las componentes horizontales sobre la vertical y las líneas rojas más delgadas son los valores +σ y - σ de la desviación estándar. (Proyecto SESAME). 129
Figura 3-29: Ejemplo de curva H/V plana. La línea roja gruesa es el promedio de las componentes horizontales sobre la vertical y las líneas rojas más delgadas son los valores +σ y - σ de la desviación estándar (Proyecto SESAME). 130
Figura 3-30: Ejemplo de curva H/V que exhibe múltiples picos, (f1), (f2) y (f3) asociados a efectos topográficos. La línea roja gruesa es el promedio de las componentes horizontales sobre la vertical y las líneas rojas más delgadas son los valores + y -de la desviación estándar (Proyecto SESAME). 131
Figura 3-31: Ejemplo de curva H/V que exhibe dos picos, (f0) y (f1) asociados a dos contrastes de impedancia en profundidad. La línea roja gruesa es el promedio de las componentes horizontales sobre la vertical y las líneas rojas más delgadas son los valores +σ y -σ de la desviación estándar (Proyecto SESAME). 132
Figura 3-32: Ejemplo de curva H/V que exhibe un pico industrial (f1) originado por actividades antrópicas. La línea roja gruesa es el promedio de las componentes horizontales sobre la vertical y las líneas rojas más delgadas son los valores +σ y -σ de la desviación estándar (Proyecto SESAME). 132
Figura 3-33: Coordenadas de ejecución del primer ensayo geofísico. Puente 01 133
Figura 3-34: Registro mediante el geófono 3DGL-2. Ubicación Puente 01. NK1 133
Figura 3-35: Curva H/V Puente 01 134
Figura 3-36: Coordenadas de ejecución del primer ensayo geofísico. Puente 02 137
Figura 3-37: Registro mediante el geófono 3DGL-2. Ubicación Puente 02. NK2 137
Figura 3-38: Curva H/V Puente 02 138
Figura 3-39: Coordenadas de ejecución del primer ensayo geofísico. Puente 03 141
Figura 3-40: Registro mediante el geófono 3DGL-2. Ubicación Puente 03. NK3 142
Figura 3-41: Curva H/V Puente 03 142
Figura 3-42: Correlación entre la velocidad de ondas de corte y la aceleración máxima del terreno, antes de la licuación 146

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Coordenadas inicio-fin vía..... 14
Tabla 3-1 Coordenadas de estaciones geomecánicas..... 31
Tabla 3-2 Datos de familias de discontinuidades, RMR, estación Geomecánica STG 01 31
Tabla 3-3 Cuadro resumen de SRM para familia de discontinuidades, STG-01..... 32
Tabla 3-4 Parámetros geomecánicos según método Hoek-Brown, estación Geomecánica STG-01 33
Tabla 3-5 Datos de familias de discontinuidades, RMR, estación Geomecánica STG 17 33
Tabla 3-6 Cuadro resumen de SRM para familia de discontinuidades, STG-17..... 34
Tabla 3-7 Parámetros geomecánicos según método Hoek-Brown, estación Geomecánica STG-17 35
Tabla 3-8 Datos de familias de discontinuidades, RMR, estación Geomecánica STG 18 35
Tabla 3-9 Cuadro resumen de SRM para familia de discontinuidades, STG-18..... 36
Tabla 3-10 Parámetros geomecánicos según método Hoek-Brown, estación Geomecánica STG-18 37
Tabla 3-11 Parámetros físicos determinados de muestras extraídas y analizadas en laboratorio..... 42
Tabla 3-12: Resultados de ensayos Proctor y CBR a muestras alteradas de suelos extraídos...... 44
Tabla 3-13: Factor de corrección de energía 51
Tabla 3-14: Factores de corrección por diámetro del hueco de perforación, por el tipo de muestreador y por la longitud de tubería utilizada..... 52
Tabla 3-15 Golpes registrados en ensayo SPT - 1, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados..... 56
Tabla 3-16 Golpes registrados en ensayo SPT – 1.1, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados..... 57
Tabla 3-17 Golpes registrados en ensayo SPT – 2, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados..... 57
Tabla 3-18 Golpes registrados en ensayo SPT – 3, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados..... 58
Tabla 3-19 Golpes registrados en ensayo SPT – 3.1, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados..... 58
Tabla 3-20 Golpes registrados en ensayo SPT – 4, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados..... 59
Tabla 3-21 Golpes registrados en ensayo SPT – 4.1, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados..... 59
Tabla 3-22 Golpes registrados en ensayo SPT – 5, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados..... 60
Tabla 3-23 Golpes registrados en ensayo SPT – 5.1, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados..... 60
Tabla 3-24 Golpes registrados en ensayo SPT – 6, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados..... 61
Tabla 3-25 Golpes registrados en ensayo SPT – 7, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados..... 61
Tabla 3-26 Golpes registrados en ensayo SPT – 7.1, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados..... 62

Tabla 3-27 Golpes registrados en ensayo SPT – 8, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados.....62
Tabla 3-28 Golpes registrados en ensayo SPT – 8.1, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados.....63
Tabla 3-29 Golpes registrados en ensayo SPT – 9, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados.....63
Tabla 3-30 Golpes registrados en ensayo SPT – 9.1, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados.....64
Tabla 3-31 Golpes registrados en ensayo SPT – 10, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados.....64
Tabla 3-32 Golpes registrados en ensayo SPT – 10.1, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados.....65
Tabla 3-33 Golpes registrados en ensayo SPT – 11, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados.....65
Tabla 3-34 Golpes registrados en ensayo SPT – 11.1, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados.....66
Tabla 3-35 Golpes registrados en ensayo SPT – 15, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados.....66
Tabla 3-36 Golpes registrados en ensayo SPT – 16, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados.....67
Tabla 3-37 Golpes registrados en ensayo SPT – 17, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados.....67
Tabla 3-38 Golpes registrados en ensayo SPT – 17.1, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados.....68
Tabla 3-39 Golpes registrados en ensayo SPT – 18, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados.....68
Tabla 3-40 Golpes registrados en ensayo SPT – 18.1, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados.....69
Tabla 3-41 Golpes registrados en ensayo SPT – 19, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados.....69
Tabla 3-42 Golpes registrados en ensayo SPT – X, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados.....70
Tabla 3-43 Golpes registrados en ensayo SPT – X.1, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados.....70
Tabla 3-44 Golpes registrados en ensayo SPT – ESC1, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados.....71
Tabla 3-45 Golpes registrados en ensayo SPT – ESC2, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados.....71
Tabla 3-46 Golpes registrados en ensayo SPT – (P1-2), corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados.....72
Tabla 3-47 Golpes registrados en ensayo SPT – (P2-1), corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados.....72
Tabla 3-48 Golpes registrados en ensayo SPT – (P2-2), corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados.....73
Tabla 3-49 Golpes registrados en ensayo SPT – 20 corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados.....73
Tabla 3-50 Golpes registrados en ensayo SPT – 21 corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados.....74
Tabla 3-51 Golpes registrados en ensayo SPT – 22 corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados.....74

Tabla 3-52 Golpes registrados en ensayo SPT – 23 corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados 75
Tabla 3-53 Golpes registrados en ensayo SPT – 24 corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados 75
Tabla 3-54 Golpes registrados en ensayo SPT – 25 corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados 76
Tabla 3-55 Golpes registrados en ensayo SPT – 26 corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados 76
Tabla 3-56 Golpes registrados en ensayo SPT – 8 corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados 77
Tabla 3-57 Golpes registrados en ensayo SPT – 20 corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados 78
Tabla 3-58 Golpes registrados en ensayo SPT – 21 corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados 78
Tabla 3-59 Golpes registrados en ensayo SPT – 22 corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados 79
Tabla 3-60 Golpes registrados en ensayo SPT – 23 corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados 79
Tabla 3-61 Golpes registrados en ensayo SPT – 27 corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados 80
Tabla 3-56 Parámetros físicos y mecánicos determinados de muestras extraídas y analizadas en laboratorio 85
Tabla 3-63 Parámetros físicos y mecánicos determinados de muestras extraídas y analizadas en laboratorio 99
Tabla 3-57 Clasificación del tipo de suelo de acuerdo con la NEHRP 100
Tabla 3-58 Rango de velocidades para ondas de compresión en el suelo y rocas ... 101
Tabla 3-59 Valores promedio de Vp y Vs en materiales del subsuelo 102
Tabla 3-60 Fórmulas empíricas para determinar la capacidad admisible 104
Tabla 3-61 Coordenadas de ubicación de ensayos geofísicos aplicando método sísmico de refracción 108
Tabla 3-62 Coordenadas de ubicación de ensayos geofísicos aplicando método análisis multicanal de ondas MAS W 108
Tabla 3-63 Parámetros elásticos y mecánicos calculados en función de las velocidades de ondas determinadas de la LM1 - 1 ejecutada, periodos de vibración del subsuelo. Perfil del terreno tipo D, suelo rígido 117
Tabla 3-64 Parámetros elásticos y mecánicos en función de las velocidades de ondas determinadas de la LS1 - 1 segundo ensayo ejecutado. Perfil del terreno tipo D, suelo rígido. Zona puente 1 118
Tabla 3-65 Parámetros elásticos y mecánicos calculados en función de las velocidades de ondas determinadas de la LM1 - 2 ejecutada, tercer ensayo sísmico, periodos de vibración del subsuelo. Perfil del terreno tipo C, suelo rígido, zona puente 1 118
Tabla 3-66 Parámetros elásticos y mecánicos calculados en función de las velocidades de ondas determinadas de la LS1 – 2 cuarta línea ejecutada, periodos de vibración del subsuelo. Perfil del terreno tipo D, suelo rígido. Tendido longitudinal al puente 119
Tabla 3-67 Parámetros elásticos y mecánicos calculados en función de las velocidades de ondas determinadas del quinto ensayo sísmico, LM2 – 1, periodos de vibración del subsuelo. Perfil del terreno tipo C, suelo rígido. Zona puente 2, tendido transversal al puente 119
Tabla 3-68 Parámetros elásticos y mecánicos calculados en función de las velocidades de ondas determinadas de la LS2 – 1 sexta línea ejecutada, periodos de vibración del

subsuelo. Perfil del terreno tipo B, roca rigidez media. Zona del puente 2, tendido longitudinal al puente 120
Tabla 3-69 Parámetros elásticos y mecánicos calculados en función de las velocidades de ondas determinadas de la LM2 – 2 séptimo ensayo ejecutado, periodos de vibración del subsuelo. Perfil del terreno tipo D, suelo rígido. Zona puente 2, tendido transversal al puente 120
Tabla 3-70 Parámetros elásticos y mecánicos calculados en función de las velocidades de ondas determinadas de la LS2 – 2, octavo ensayo ejecutado, periodos de vibración del subsuelo. Perfil del terreno tipo D, suelo rígido. Zona puente 2 tendido longitudinal al puente 121
Tabla 3-71 Parámetros elásticos y mecánicos calculados en función de las velocidades de ondas determinadas de la LM3 – 1 ejecutada, periodos de vibración del subsuelo. Perfil del terreno tipo C, suelo rígido. Zona puente 3, ensayo transversal al puente . 121
Tabla 3-72 Parámetros elásticos y mecánicos calculados en función de las velocidades de ondas determinadas de la LS3 – 1 décimo ensayo ejecutado, periodos de vibración del subsuelo. Perfil del terreno tipo C, suelo rígido 122
Tabla 3-73 Parámetros elásticos y mecánicos calculados en función de las velocidades de ondas determinadas de la LM3 – 2 ejecutada, periodos de vibración del subsuelo. Perfil del terreno tipo C, suelo rígido. Décimo tercer ensayo, zona puente 3, perfil transversal al puente 122
Tabla 3-74 Parámetros elásticos y mecánicos calculados en función de las velocidades de ondas determinadas de la LS3 – 2 décimo segundo ensayo sísmico ejecutado, periodos de vibración del subsuelo. Perfil del terreno tipo C, suelo rígido. Zona puente 3, perfil longitudinal al puente 123
Tabla 3-75 Parámetros elásticos y mecánicos calculados en función de las velocidades de ondas determinadas de la LSC – SPT 15 ejecutada, periodos de vibración del subsuelo. Perfil del terreno tipo C, suelo rígido 123
Tabla 3-76 Parámetros elásticos y mecánicos calculados en función de las velocidades de ondas determinadas de la LSC – SPT 16 ejecutada, periodos de vibración del subsuelo. Perfil del terreno tipo C, suelo rígido 124
Tabla 3-77 Parámetros elásticos y mecánicos calculados en función de las velocidades de ondas determinadas de la LSC – ESCOMBRERA ejecutada, periodos de vibración del subsuelo. Perfil del terreno tipo C, suelo rígido 124
Tabla 3-78 Parámetros elásticos y mecánicos calculados en función de las velocidades de ondas determinadas de la LSC – VARIANTE ejecutada, periodos de vibración del subsuelo. Perfil del terreno tipo C, suelo rígido 125
Tabla 3-79 Criterios para una curva confiable. 128
Tabla 3-80 Criterios para pico claro. 128
Tabla 3-81: Criterios para una curva confiable. Sector Puente 01 135
Tabla 3-82: Criterios para un pico Claro. Sector Puente 01 136
Tabla 3-83: Criterios para una curva confiable. Sector Puente 02 139
Tabla 3-3-84: Criterios para una curva confiable. Sector Puente 02 140
Tabla 3-3-85: *Criterios para una curva confiable. Sector Puente 03* 143
Tabla 3-3-86: Criterios para una curva confiable. Sector Puente 03 144

1. GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

En cumplimiento de las funciones, competencias del gobierno autónomo descentralizado provincial y en alineación con objetivos de desarrollo sostenible, con el Plan Nacional de desarrollo y con el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, la Prefectura del Guayas, requiere realizar los *"ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA VÍA SECTOR FÁTIMA-VILLAO-LÍMITE PROVINCIAL, INCLUYE PUENTES EN EL CANTÓN PEDRO CARBO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS"* con el objetivo de facilitar la conectividad entre los recintos, mejorar el transporte de las cosechas y asegurar la movilidad de los pobladores especialmente estudiantes.

Con Oficio OF. N° 149- ASOPAVET-2023, de fecha 02 de agosto de 2023, suscrito por representantes de la Asociación de Producción Agropecuaria Las Vegas Tecnológico (ASOPAVET), solicitan "construcción, él Mejoramiento y el mantenimiento del eje veranero desde paraíso de Villao (RIO) Hasta el Límite de Guayas Con Manabí (Recinto La Saiba, Recinto Culebrita), junto con los socios inspeccionando esta carretera veranera".

Con Memorando No. 2411-SG-GPG-2023, de fecha 08 de agosto de 2023, suscrito por el Ab. José Gálvez Valderrama, secretario general, remite al Coordinador General de Infraestructura, Ing. José Tenelema Chenche, la solicitud de informe técnico de la carretera Pedro Carbo – Manabí – Santa Elena.

Con Memorando No. 0031-DPEF-MAA-2023, de fecha 21 de agosto del 2023, suscrito por la Ing. Melanie Álvarez Alvarado, Analista senior Hidráulico – Hidrólogo, en el cual informa al Ing. Marco Chimborazo Angulo, Subdirector de Planificación de Estudios y Proyectos (E), Informe técnico sobre el estado actual de la carretera Pedro Carbo – Manabí (Fátima – Villao – Limite Provincial).

Con estas premisas la prefectura del Guayas, mediante concurso público a través del proceso CPC-PG-2023-002 subido al portal de compras públicas adjudica a KAWSUS CÍA. LTDA mediante contrato No. S-CON-16-2024-X-0 la ejecución de consultoría que se compone de los siguiente entregables:

- Informe Ejecutivo
- Estudio Topográfico
- Diseño Geométrico
- Estudio de Tráfico y Proyecciones
- Estudio Geotécnico
- Informe de Estudios y Suelo
- Diseño Estructural
- Estudio de Hidrología e Hidráulica
- Componente Ambiental
- Estudio de Seguridad y Señalización Vial
- Estudio socio económico

- Informe de expropiaciones
- Informe de mantenimiento vial, preventivo y rutinario
- Informe eléctrico
- Presupuesto de Obra

En los anexos de los Términos de Referencia, **capítulo 4. INFORME CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA** de la consultoría *"ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA VÍA SECTOR FÁTIMA-VILLAO-LÍMITE PROVINCIAL, INCLUYE PUENTES EN EL CANTÓN PEDRO CARBO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS",* se establece la metodología para la ejecución de los trabajos en campo laboratorio y gabinete necesarios para establecer las características físico-mecánicas tanto del terreno natural como de la estructura de pavimento existente. De igual manera, para la caracterización del terreno donde se encuentren o se vayan a implantar obras hidráulicas de arte mayor y menor.

El proyecto "ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA VÍA SECTOR FÁTIMA-VILLAO-LÍMITE PROVINCIAL, INCLUYE PUENTES EN EL CANTÓN PEDRO CARBO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS" representa una medida estratégica para optimizar la infraestructura y la conectividad vial en la provincia del Guayas. Este proyecto está destinado a mejorar la conectividad entre Fátima, Villao y el límite provincial con Manabí, repercutiendo positivamente en la vida de aproximadamente 38,509 personas.

Para cumplir el objeto del contrato, como parte de los estudios viales que contempla la consultoría, se ejecutaron ensayos de índole geotécnica en diferentes tramos y zonas de la actual carretera; entre los ensayos ejecutados constan los Ensayos de Penetración Estándar (SPT), ensayos para determinación de CBR de laboratorio mediante calicatas a cielo abierto con recuperación de muestras alteradas e inalteradas. El presente informe expone la caracterización geotécnica.

Con el objetivo de conocer la resistencia del terreno y correlacionar la capacidad admisible del mismo, se ejecutaron en campo 31 ensayos de penetración estándar (SPT), 18 fueron planificados de manera inicial, acorde a las normativas vigentes y por el interés del proyecto se consideró que al sumar 60 golpes en cualquiera de los tramos, se generaba el rechazo a la penetración; por lo cual, en zonas de interés donde de manera temprana o sin llegar a la profundidad deseada se generó rechazo, se verificó la resistencia del subsuelo con un ensayo aledaño al lugar inicial, por ese motivo se generaron 13 SPT más.

Con la finalidad de evaluar el potencial de resistencia de la subrasante, subbase y posibles materiales granulares que conforman la actual vía; así como de los materiales que conforman el subsuelo de las alternativas viales en estudio, se ejecutaron 51 calicatas para la obtención del CBR en laboratorio.

En las posibles zonas de implantación de los estribos de los puentes, se generaron ensayos rotacionales con recuperación de muestras continuas; en ciertos tramos de cada pozo, con el fin de verificar la resistencia del subsuelo se generaron ensayos de penetración estándar. En total se generaron 6 ensayos rotacionales. En el primer y segundo puente, las profundidades en las dos márgenes de los puentes llegaron a 30

m de profundidad; mientras que, en el último puente, en el margen izquierdo la profundidad de exploración llegó a 11 m y en la margen derecha a 13 m

En función de los ensayos de campo, las muestras recuperadas fueron sometidas a ensayos normados de diferente índole: Ensayos triaxiales no consolidado no drenado (UU) 18 ensayos en total, ensayos de corte directo sobre suelos remoldeados 6 ensayos en total, ensayos de compresión simple o carga axial sobre rocas 4 ensayos en total, ensayos de consolidación 3 ensayos en total y de expansión libre 4 ensayos en total. La clasificación de suelos asciende a un total de 65 muestras.

Acorde a lo solicitado, en la consultoría se solicitó generación de ensayos sísmicos de refracción y de análisis multicanal de ondas MAS – W de maneras intendentes; sin embargo, con el objetivo de tener una información con mayor precisión del subsuelo, se generaron en todas las líneas ensayos ´sísmicos y ensayos MAS W a costo del consultor; por lo cual, en el presente documento se observa los resultados de cada uno de estos ensayos, así como su interpretación.

En total se ejecutaron 19 prospecciones sísmicas, 10 aplicando los métodos de sísmica activa (Sísmica de refracción), 6 aplicando el método de análisis multicanal de ondas (MAS W) y 3 ensayos mediante sísmica pasiva (Nakamura), haciendo uso de equipos adecuados para la correcta adquisición de datos; para el caso se utilizó un sismógrafo PASI de 24 canales y un geófono PASI 3D con una frecuencia de 2Hz.

Las longitudes de los ensayos sísmicos de refracción sumaron en total 1376 ml, las longitudes de los ensayos aplicando el método MAS W sumo en total 276 ml

Es necesario señalar que para la prospección sísmica activa se hizo uso de un sismógrafo de 24 canales, geófonos los cuales tienen una frecuencia de 4.5 Hz, una computadora portátil para la adquisición de datos, un combo y una placa. Dentro de la sísmica activa en el proyecto se ejecutaron dos métodos de prospección, la primera la sísmica de refracción y un segundo método el MASW, en ambos casos los resultados que se obtienen son velocidades primarias (Vp) y velocidades de corte (Vs), con estos valores aplicado a formulas es posible obtener parámetros geo – mecánicos y potencia de los diferentes estratos.

Para la sísmica pasiva por el método Nakamura, se utilizó un geófono 3D de la marca PASI el mismo que cuenta con una frecuencia de 2Hz, así como un computador portátil. Estos ensayos se concentraron en los tres puentes que contempla el proyecto, esta técnica sísmica nos permite obtener un perfil de distribución de velocidad de propagación de las ondas Vs in situ a partir del ruido ambiental, facultando también conocer los periodos de vibración del subsuelo y su frecuencia, datos necesarios para un diseño sismorresistente de los puentes, evitando que entren en periodos de resonancia entre la estructura y el suelo sustento de la cimentación

1.2 Ubicación General

El proyecto *"ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA VÍA SECTOR FÁTIMA-VILLAO-LÍMITE PROVINCIAL, INCLUYE PUENTES EN EL CANTÓN PEDRO CARBO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS"* geográficamente se encuentra ubicado en la provincia del Guayas, cantón Pedro Carbo, parroquia Pedro Carbo tiene una longitud aproximada de 21 km iniciando desde el poblado cercano Fátima hasta el poblado de Las Vegas.

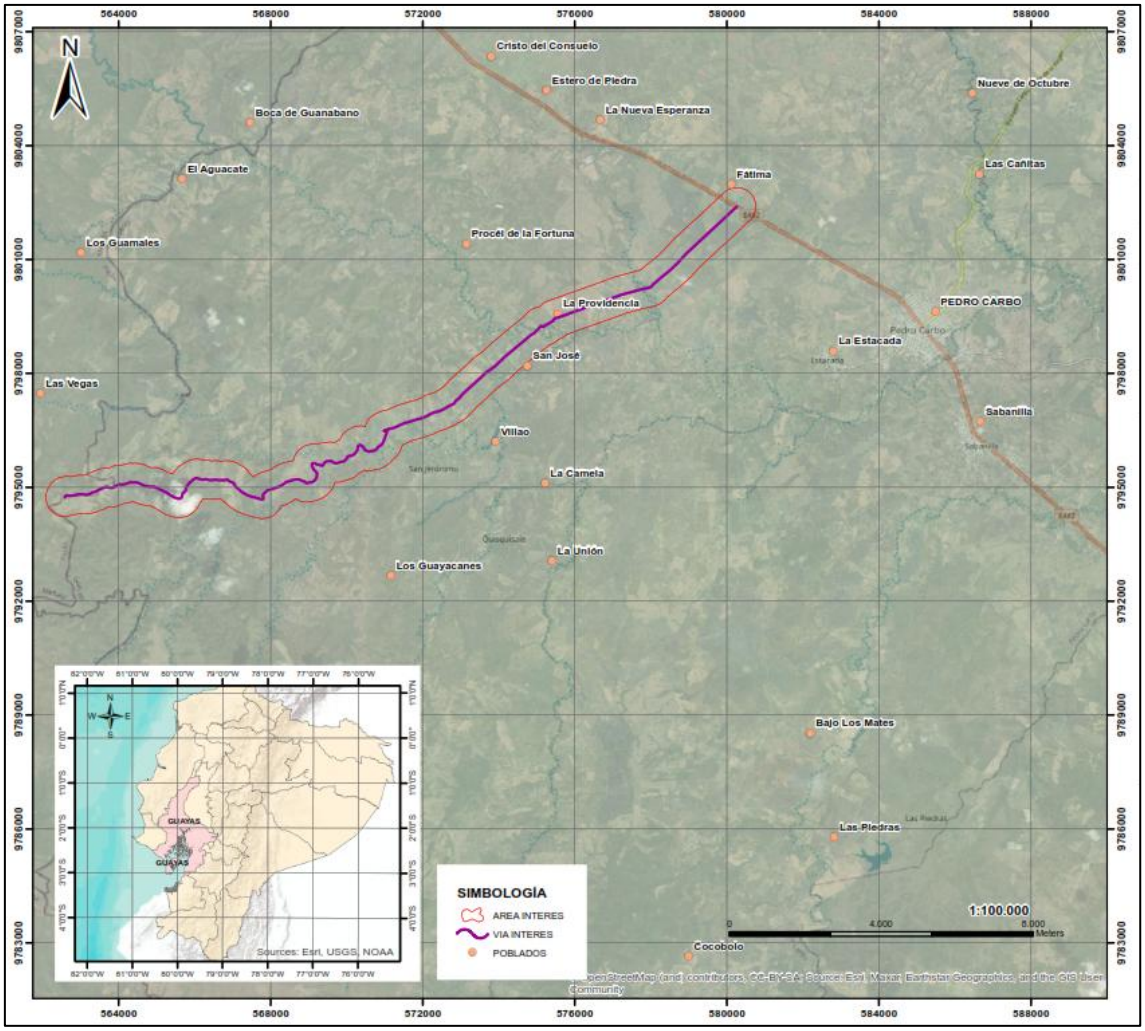


Figura 1-1: Ubicación general del proyecto

Tabla 1-1 Coordenadas inicio-fin vía

Sistema de coordenadas UTM WGS84 17S			
Punto	**Este**	**Norte**	**Poblado**
Inicio	580261	9802389	Fátima
Fin	562585	9794729	Las Vegas

2. OBJETIVOS GENERAL Y ESPECÍFICOS.

2.1 Objetivo General

Realizar la caracterización Geotécnica para la construcción de la vía, puentes, obras de arte menor, y conformación de taludes.

2.2 Objetivos Específicos

- Elaborar el mapa geológico del trazado del eje de vía de acuerdo a la campaña de campo a escala de detalle
- Elaborar el mapa de zonificación geotécnica del trazado del eje de vía mediante análisis multivariables y supervisados.
- Realizar la caracterización geomecánica y análisis cinemático de los macizos rocosos.
- Realizar 51 calicatas y determinar las propiedades físicas de los materiales del subsuelo, humedades, granulometría, límites de plasticidad, clasificación de los especímenes y el CBR de laboratorio.
- Ejecutar 18 ensayos SPT, en sitios de interés con el fin de determinar capacidades admisibles del subsuelo y correlacionar los resultados de los ensayos SPT.
- Ejecutar seis ensayos de perforación a rotación, hasta 30 m de profundidad en zonas de interés, en las zonas de posibles emplazamientos de puentes.
- Extraer muestras inalteradas de los ensayos geotécnicos de campo por medio de tubos shelby.
- Determinar las propiedades mecánicas de los materiales encontrados por medio de ensayos triaxial UU y/o corte directo.
- Ejecutar ensayos sísmicos de refracción en puntos de interés para la construcción de puentes, vías, pasos de agua, escombreras y zonas de posible riesgo por inestabilidad de taludes
- Procesar los resultados de los ensayos sísmicos de refracción ejecutados en campo, determinando las velocidades de onda longitudinal del subsuelo (Vp) y velocidades de ondas cortantes (Vs)
- Establecer parámetros físicos y mecánicos de los puentes mediante la ejecución perforaciones, ensayos triaxiales y de geofísica.

3. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

3.1 Marco Geodinámico y Tectónico Regional

El antearco de la Costa ecuatoriana desarrollada a partir de la subducción de la cordillera submarina de Carnegie está conformado por varios bloques también denominados estructuras morfotectónicas, de norte a sur: Bloque Esmeraldas, Bloque Pedernales, Bloque San Lorenzo, Bloque Piñón, Bloque Santa Elena.

El área de estudio geológicamente se encuentra en el Bloque Piñón, y se encuentra limitado por la falla Colonche hacia el sur, y por la falla Puerto Cayo hacia el Oeste, la extensión del bloque Piñón hacia el Norte y Este es desconocida debido a que se

encuentra por debajo de las rocas del Neógeno de la cuenca de Manabí. Leuzieux et al, 2006 propone que el Bloque Piñón se acrecentó durante el Cretácico Tardío (73-70 Ma).

En el Bloque Piñón se puede diferenciar un rasgo morfo-estructural muy importante el cual se denomina Arco externo de Hamilton (Outer Are Ridge, 1973), también conocida como cordillera costanera, esta inicia en parte de la provincia de Esmeraldas con pequeñas interrupciones en su continuidad hasta Manabí y 19 continúa por la provincia de Sta. Elena donde dicha cordillera presenta un cambio en su orientación hasta la ciudad de Guayaquil y se la conoce como Cordillera Chongón Colonche (CCC).

Con respecto a las cuencas circundantes la CCC se encuentra limitada al Norte por la cuenca de Manabí, hacia el Sur se encuentra la cuenca Progreso, al Este la cuenca del Guayas, al Suroeste la depresión Colonche y cuenca Ancón. Las principales fallas que limitan a la CCC son la Falla Guayaquil-Dolores que se encuentra al Este, la Falla Colonche que está en el sur y la Falla Puerto Cayo.

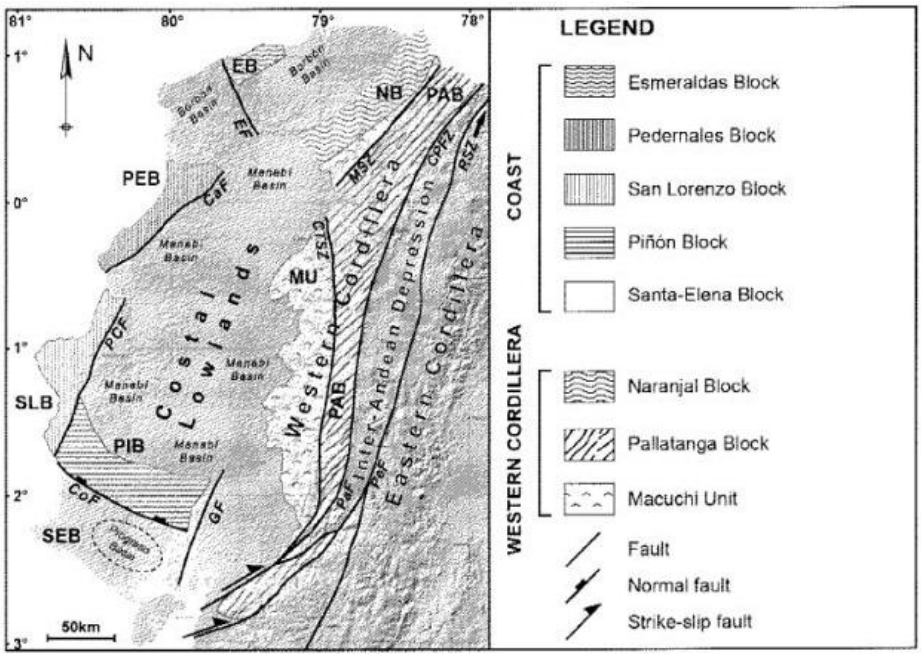


Figura 3-1: Unidades tectonoestratigráficas en el antearco ecuatoriano.

Fuente: CODIGEM, (1993); Benitez, (1995); Witt, (2001), Vallejo, (2007)

3.2 Geología Regional

El trazo vial se encuentra en el Bloque Piñón, presenta un rasgo morfoestructural muy importante el cual se denomina Arco externo de Hamilton (Outer Are Ridge, 1973), y está conformado por rocas que datan desde el cretácico hasta el mioceno, y son cubiertos por depósitos marinos del cuaternario.

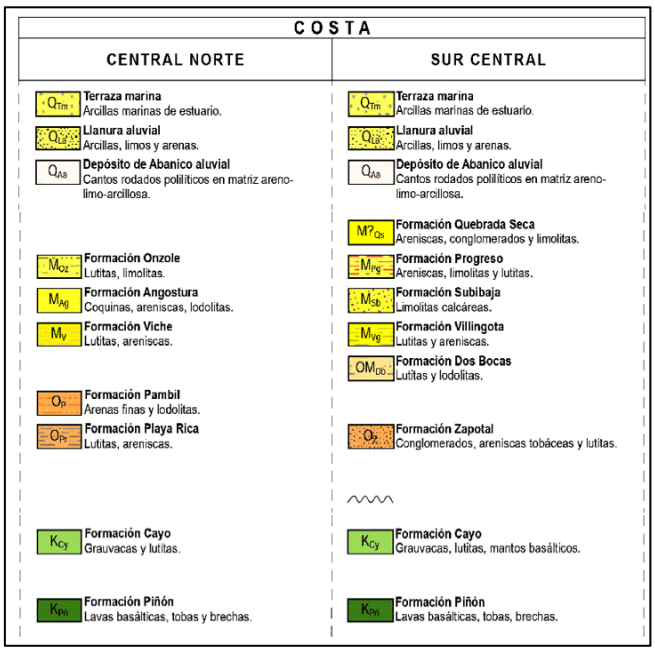


Figura 3-2: Columna estratigráfica zona Costa

Fuente: Ministerio de Energía y recursos Naturales No Renovables, Instituto de Investigación Geológico y Energético (2019).

3.3 Litoestratigrafía

Formación Piñón, Cretácico (KPñ)

Constituye el basamento de la cuenca, conformado por rocas volcánicas básicas, consideradas como parte de una antigua corteza oceánica acrecionada, según Goosens y Rose (1973).

Litológicamente se la describe como un complejo ígneo, formado por rocas extrusivas, principalmente basaltos en almohadillas, de color negro y aspecto ceroso, así como harzburguitas intercaladas con brechas, aglomerados y en menor proporción argilitas tobáceas, limolitas y areniscas en capas delgadas.

Miembro Zapotal, Oligoceno Tardío-Mioceno Temprano (Oz)

El Miembro Zapotal forma parte de la Formación San Pedro y descansan sobre el Complejo Olistostrómico de Santa Elena.

Geológicamente forma una secuencia que de abajo hacia arriba consta de un conglomerado basal, areniscas y lutitas. El espesor máximo sobrepasa los 1000m. Tiene una fauna de moluscos que la correlacionan con las Formaciones Heath y Mancora en el Perú.

Formación Angostura, Mioceno Medio-Inferior (MAg)

Las rocas de la Formación Angostura descansan discordantemente sobre las formaciones San Pedro, Piñón y Cayo, y es considerado de carácter transgresivo y sublitoral.

La secuencia estratigráfica empieza con un conglomerado basal con clastos volcánicos, continúa con areniscas de grano variable.

En el pozo Ricafuerte -1 se ha identificado areniscas blancas cuarzosas y areniscas marrones cuarzo – feldespáticas con fragmentos líticos y hornblenda, donde se intercalan limolitas grises oliva, suaves y lutitas grises azuladas, calcáreas, de consistencia suave.

Terraza Marina, Cuaternario (QTm)

El aporte de canales con desembocadura hacia el mar se evidenció por los depósitos de arcillas de estuario, actuando como cobertura de las rocas y depósitos más antiguas.

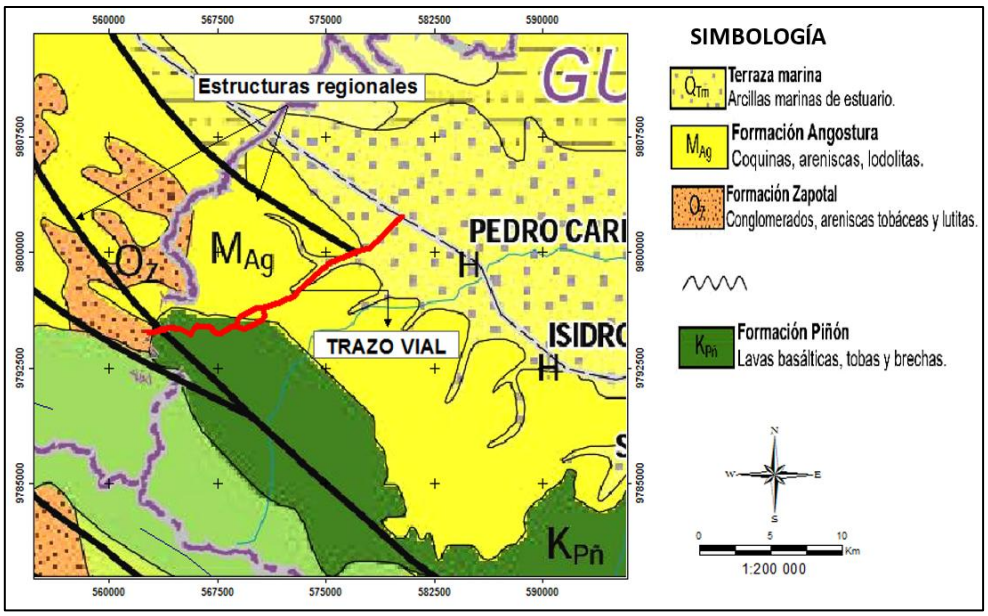


Figura 3-3: Mapa geológico del Ecuador escala 1: 1000000

Fuente: Ministerio de Energía y recursos Naturales No Renovables, Instituto de Investigación Geológico y Energético (2019).

3.4 Geología Estructural

El trazado vial atraviesa dos estructuras regionales de dirección NW-SE, la Falla Cascol y la falla Nueva Fortuna, se desconoce el hundimiento (IIGE, 1975). Así también se ha diferenciado varias estructuras menores principalmente en rocas ígneas de la formación Piñon.

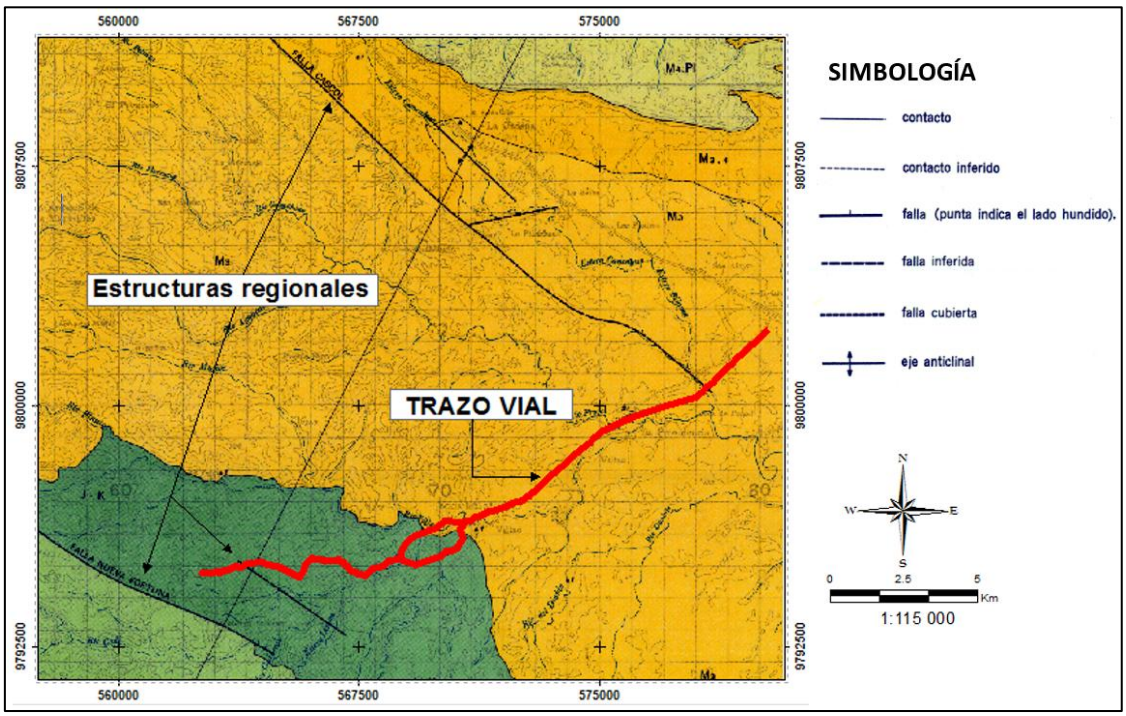


Figura 3-4: Mapa Geológico y estructural de la Hoja Geológica Pedro Carbo a escala 1:100 000

Fuente: Instituto de Investigación Geológico y Energético (1975).

3.5 Geologia local

El Eje Vial comprendido entre el sector Fátima hasta el límite provincial Guayas-Manabí geológicamente se ubica sobre el Bloque Piñón, en el que se encuentran expuestas las rocas volcánicas del basamento; el tectonismo del sitio se evidencia en el fracturamiento de la roca volcánica; estas rocas se exponen como la parte más superficial del basamento. A las rocas volcánicas sobreyacen una secuencia sedimentaria de areniscas de grano fino a medio con presencia de líticos y areniscas con cemento calcáreo mayormente consolidado,

Las morfologías planas por donde atraviesa el eje vial están constituidas por depósitos de suelos arcillosos y suelos residuales, así también se ha observado depósitos superficiales que cubren las secuencias litológicas antiguas (depósitos aluviales, depósitos coluvio-aluviales, deslizamientos).

Rocas Volcánicas Andesíticas

Afloramiento tipo: Las rocas volcánicas afloran principalmente en el sector Dos Bocas, en los taludes expuestos en las márgenes del río, aledaños al Sector de Puente 3 (**E: 569111, N: 9795884**), a 230 m hacia el noroeste del km 13+500 (**E: 568768, N: 9795878**), en quebradas ubicadas al sur del km 13+950-14+160 (**E: 568701.96, N: 9795324.91**) y quebrabas ubicadas a 65m hacia el norte del km 20+800 (**E: 562687, N: 9794814.67**).

Litología: Macizo rocoso compacto de tonalidad gris oscuro de composición andesítica, conformado por plagioclasa, anfiboles, ± caolín, pirita, vetillas de cuarzo y carbonato de calcio, estas rocas corresponden a la Formación Piñón.

Se ha identificado al menos cuatros sistemas de discontinuidades de dirección: N78W/75NE, S27W/67NW, S44E/66SW, N15E/60SE (**E: 569111, N: 9795884**).



Figura 3-1 Afloramientos de roca volcanica, sector DOS BOCAS

Roca fracturada.

Afloramiento tipo: Las rocas volcánicas fracturadas afloran principalmente entre los km 13+890-14+100 (**E:568629, N: 9795315**), km 14+800-15+400 (**E**: **567860, N: 9794861**), km 17+800-18+000 (**E: 565501, N: 9794718**), km 19+700 -19+900 (**E:563675, N: 9794975**), km 20+600 - 21+00 (**E: 562762, N: 9794773**). Se infiere que esta roca aflora en gran parte del eje vial bajo la cobertura del suelo residual desde el km 14+960 – 21+00.

Litología: Macizo rocoso de tonalidad gris oscuro altamente fracturado y moderadamente meteorizado, poco consolidado, presenta óxidos de Fe (limonita), óxidos de manganeso. Se interpreta que estas rocas son el resultado del tectonismo y meteorización de la roca volcánica de la Formación Piñón.

Se ha identificado al menos tres sistemas de discontinuidades de dirección: S73E/45SW, N40W/46NE, N65E/55SE (**E: 568124, N: 9795016**).



Figura 3-2 Afloramientos de roca fracturada, DOS BOCAS

Arenisca Meteorizada

Afloramiento tipo: La secuencia sedimentaria de las areniscas afloran principalmente entre el km 12+220-13+260 (**E: 569212, N: 9796025),** km 16+100-16+750 (**E: 566807, N: 9795191**), km 17+140-17+400 (**E: 565794, N: 9795101**), km 19+900-20+00 (**E: 563514, N: 9794902).**

Litología: secuencia sedimentaria conformada por areniscas de tonalidad café-marrón, de grano fino a grueso, con presencia de líticos <5mm de diámetro, se encuentra moderadamente meteorizada. Estas rocas sedimentarias corresponden a las secuencias sedimentarias de la Formación Angostura, que fueron depositadas posiblemente en un ambiente fluvial y sobreyacen de manera discordante al basamento del bloque Piñón.

En el sector Dos Bocas se ha identificado que esta secuencia sedimentaria presenta estatificación de dirección NW-SE buzando hacia el NE; sin embargo, también se ha evidenciado dirección de estratificación de dirección NE-SW con bajo ángulo de buzamiento hacia el SE.



Figura 3-3 Afloramientos de arenisca meteorizada

Calcorenita.

Afloramiento tipo: Los afloramientos principales de las rocas sedimentarias calcorenitas están ubicadas en la parte suroriental del sector Dos Bocas (**E**: 569910 **N: 9795616**), así también se ha identificado puntualmente afloramientos de estas rocas a 50m hacia el sur del km14+400 (**E: 568419 N: 9795134**), por lo que se infiere que bajo la cobertura de suelo residual se puede encontrar estas rocas sedimentarias entre el km 14+250 – 14+600.

Litología: Secuencia sedimentaria de tonalidad marrón conformado por arenisca cementada con carbonato de calcio, con presencia de granos de arena, líticos y fósiles. Esta secuencia sedimentaria se encuentra sobreyaciendo concordantemente a la arenisca meteorizada y es el registro de una transgresión marina.



Figura 3-4 Afloramientos de calco arenita

Depósito coluvial

Afloramiento: Se ha observado estos depósitos en el los taludes que conforman el km 2+320 principalmente.

Litología: Depósitos matriz soportada medianamente consistentes conformados por clastos subangulares envueltos en matriz limoso.

Estos depósitos son puntuales y son la evidencia de antiguos movimientos en masa.



Figura 3-5 Afloramientos de deposito coluvial

Depósito coluvio- aluvial.

Afloramientos: Estos depósitos superficiales se localizan en algunas de las quebradas que atraviesan el je vial. Se observa un afloramiento tipo cerca al km 12+200.

Litología: Estos depósitos están conformado por el aporte de material aluvial y aporte de material de ladera, son depósitos caóticos, sueltos que forman parte de las quebradas.



Figura 3-6 Afloramientos deposito coluvio aluvial

Depósito aluvial.

Afloramientos: Estos depósitos se localizan principalmente en los márgenes de los ríos, se ha observado principalmente en el km 3+200 (Sector San José), 6+340 (Río Procen), en el Río que se ubica al sur de Paraíso de Villao y Río Dos Bocas (E: 569096, N: 9795873).

Litología: Estos depósitos de material transportado por los ríos, están conformados por arena fina sin consolidación, así también se han observado terrazas aluviales conformados por clastos redondeados envueltos en matriz arenosa.

Estos depósitos forman extensas planicies de material, lo cual es un indicador de zonas de inundación. Geomorfológicamente forman planicies aluviales, terrazas bajas y terrazas medias.



Figura 3-7 Afloramientos de deposito aluvial

Deslizamientos

Afloramientos: las principales zonas con movimientos en masa importantes se han observado en el sector Dos Bocas (E: 569101, N: 9795925)

Litología: Estos fenómenos de movimientos en masa se han generado principalmente en suelos residuales areno-limosos, se ha observado que también contiene material arcilloso, por lo que se infiere que este material es un factor importante en la inestabilidad den los movimientos en masa el cual es afectador por la presencia de agua.

En la zona de estudio se ha identificado movimientos en masa de pequeña magnitud.



Figura 3-8 Afloramientos de deslizamientos

Suelos residuales:

Suelo arcilloso

Afloramiento: Los depósitos de suelos arcillosos están principalmente en relieves, se ha observado estos suelos en el km 3+040 (E: 578036, N: 9800346), km 7+900 (E: 573181, N: 9797597), km 14+400 (E:568337, N: 9795151), km 17+750 (E: 565611, N: 9794707).

Litología: Suelos arcillosos de tonalidad gris verdoso a negruzco, suelos plásticos, medianamente consistentes, ligeramente húmedos. Se interpreta que estos suelos son depósitos de un ambiente estuarino. Se ha observado en las perforaciones que estos suelos arcillosos pueden superar más de15m de potencia (km 6+380, E: 574981, N: 9799102). Así también se ha identificado que estas capas en algunos sectores están sobreyacidos por suelos arenosos y arenisca meteorizada (E: 578036, N: 9800346).

La variación en el contenido de plasticidad ha permitido distinguir el suelo entre limoso, limo-arcilloso y arcilloso a lo largo del eje vial.



Figura 3-9 Afloramientos de suelo arcilloso

Suelo arenoso

Afloramiento: Estos suelos arenosos se ha encontrado principalmente en el sector Dos Bocas km 13+800 (E: 569126, N: 9795914), KM 14+680 (E: 568137, N: 9794984), km 11+840 (E: 570420, N: 9796358)

Litología: Suelos residuales producto de la meteorización de la arenisca, estos suelos son muy susceptibles a erosión. Presentan baja consolidación y están conformados mayormente por granos de arena, líticos ± Cuarzo, se interpretan como la zona meteorizada de la arenisca.

La variación de tamaño de arena y plasticidad han permitido clasificar este suelo en limoso, areno limoso, limo arenoso.



Figura 3-10 Afloramientos de suelo arenoso

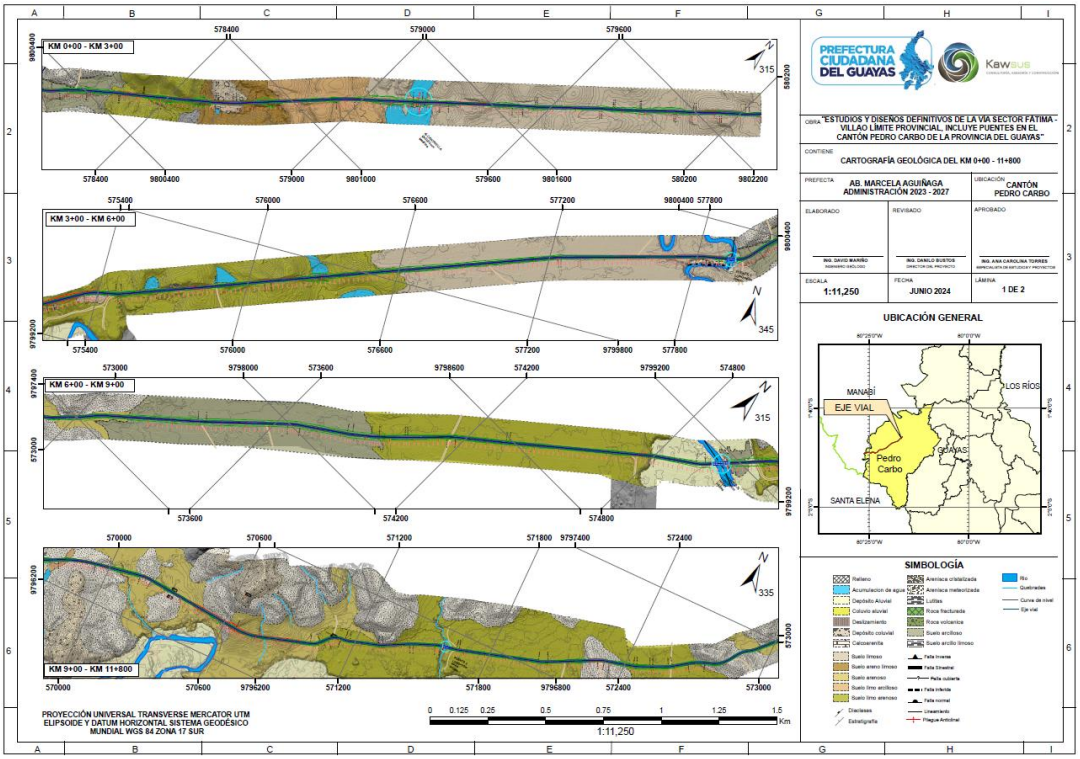


Figura 3-11 Geologia local y estructural del eje vial km 0+00 - 11+800

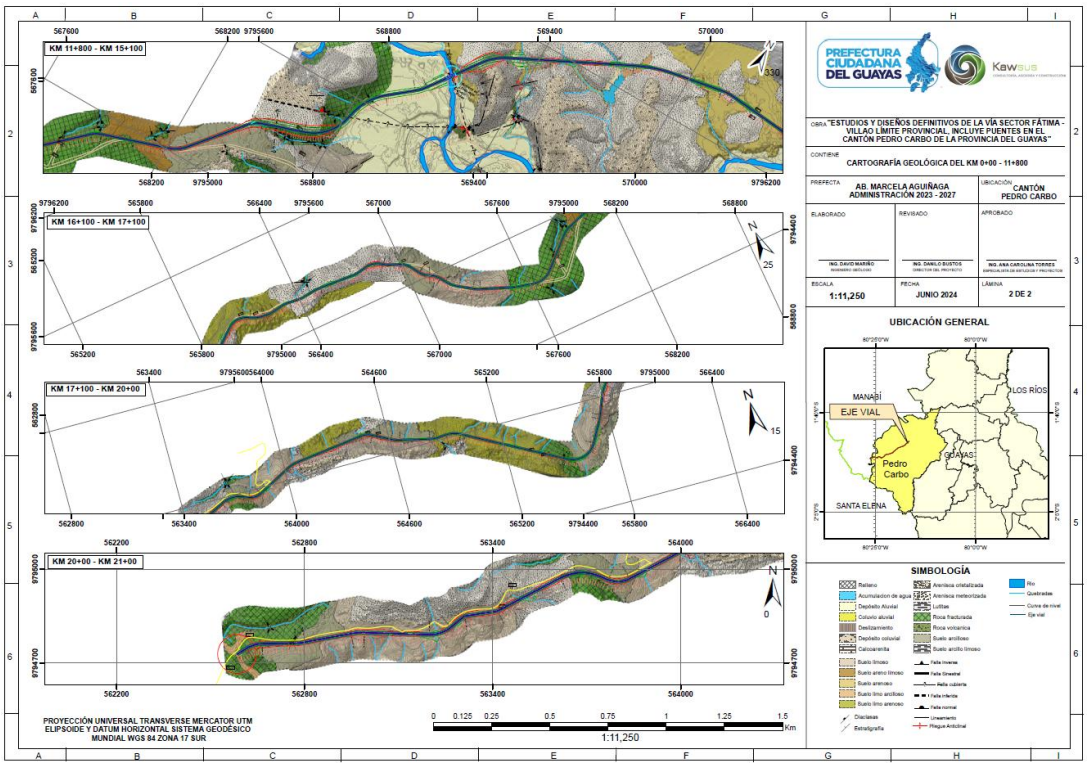


Figura 3-12 Geologia local y estructural del eje vial km 11+800 - 21+00

3.6 Caracterización Geomecánica y Análisis Cinemático De Macizos Rocosos

El eje vial comprendido entre el sector Fátima-Villao-Límite Provincial, atraviesa distintas unidades litoestratigráficas, desde rocas volcánicas, secuencias sedimentarias, suelos residuales y suelos transportados. A partir del km 11+300 hasta el límite con la provincia de Manabí se observan relieves con morfologías montañosas y colinas que exponen rocas y depósitos afectados por sistemas estructurales, agentes de erosión y meteorización.

La caracterización geomecánica de los macizos rocosos se realizó en sectores aledaños al eje vial propuesto; principalmente en el Sector Dos Bocas donde los macizos rocosos se encuentran aflorando. Se ha levantado 16 estaciones geomecánicas (STG).

El análisis de los parámetros geomecánicos y cinemática de discontinuidades se enfoca en los cortes de talud, por lo que se toma como referencia las estaciones geomecánicas STG1, STG17 y STG18.

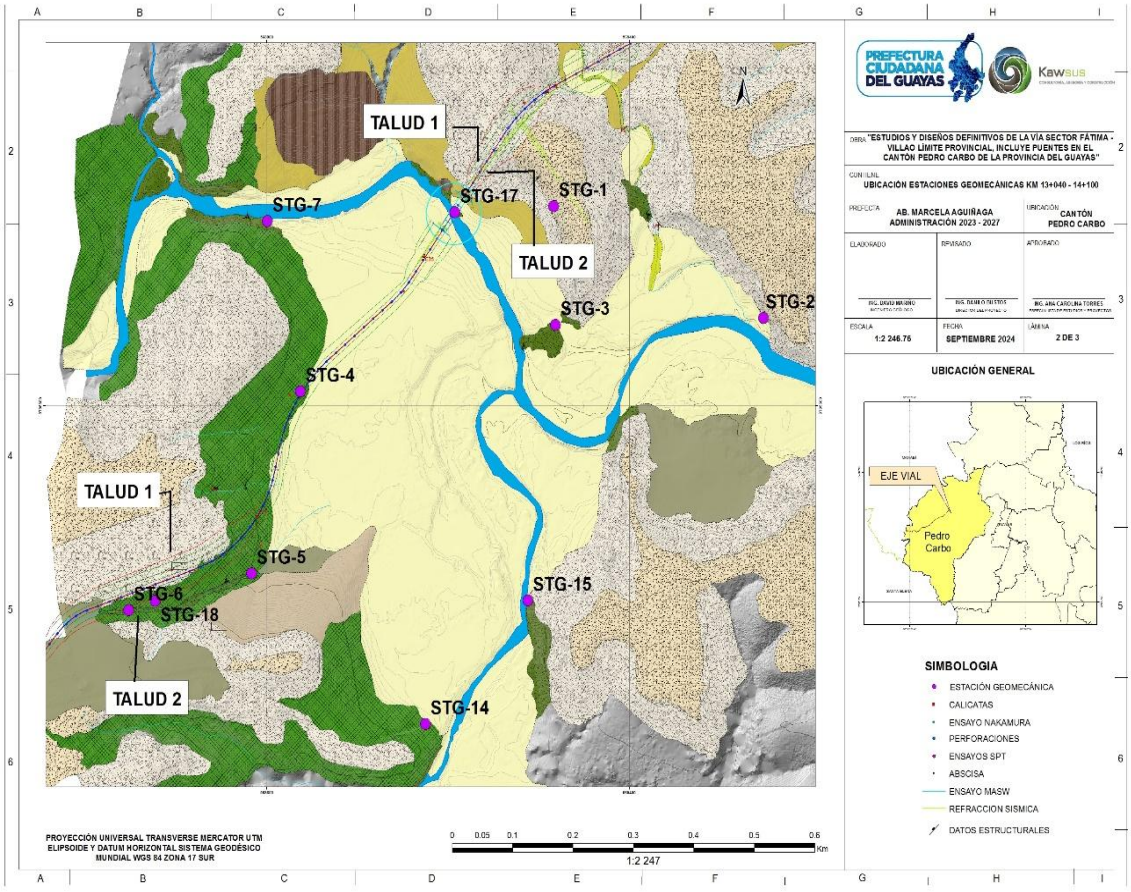


Figura 3-13 Ubicación de estaciones geomecánicas, Sector Dos Bocas

Tabla 3-1 Coordenadas de estaciones geomecánicas.

ESTACIÓN GEOMECANICA	ESTE m	NORTE m	ESTACIÓN GEOMECANICA	ESTE m	NORTE m	ESTACIÓN GEOMECANICA	ESTE m	NORTE m
STG-1	569275	9795894	STG-7	568801	9795872	STG-13	562688	9794815
STG-2	569622	9795729	STG-8	568124	9795016	STG-14	569063	9795131
STG-3	569278	9795719	STG-9	567794	9794828	STG-15	569232	9795313
STG-4	568856	9795621	STG-10	565502	9794718	STG-16	569910	9795616
STG-5	568775	9795353	STG-11	564894	9794963	STG-17	569112	9795885
STG-6	568572	9795299	STG-12	562763	9794773	STG-18	568616	9795312

3.6.1 Análisis geomecánico Segunda variante km 11+460 – 13+250 (Unidad Arenisca Meteorizada)

El corte de talud en el eje vial entre el km 13+040 - 13+250 atraviesa dos litologías, la arenisca meteorizada y rocas volcánicas que afloran en la margen izquierda de la quebrada Dos Bocas.

La Unidad arenisca meteorizada está conformado por rocas medianamente consolidadas de arenisca con presencia de líticos y suelos residuales mayormente limo-arenoso; producto de su meteorización. En el Sector Dos Bocas se ha identificado tres sistemas principales de discontinuidades en las areniscas: S58W/77NW (familia 1), S40E/76SW (familia 2), N52W/01NE (familia 3).

Tabla 3-2 Datos de familias de discontinuidades, RMR, estación Geomecánica STG 01

Datos de discontinuidades STG-01			
Características	**Familia 1 (D1)**	**Familia 2 (D2)**	**Familia 3 (E1)**
Dir de buzamiento	328	230	38
Buzamiento	77	76	1
Resistencia, Mpa	50-25	50-25	50-25
RDQ, %	50-75	50-75	50-75
Espaciamiento, m	0.6-2	0.2-0.6	0.6-2
Longitud, m	1-3	1-3	3-10
Abertura, m	>5	>5	1-5
Rugosidad	Rugoso	Rugoso	Rugoso
Relleno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Alteración	Moderado	Moderado	Moderado
Agua freática	ligeramente	ligeramente	ligeramente
RMR	60	55	59

El análisis geomecánico indica un Macizo rocoso tipo III con RMR Básico entre 55-60 (FICHA STG-1); sin embargo, se ha considerado una corrección por orientación de discontinuidades mediante el SMR (Slope Mass Rating) propuesto por Romana en 1985:

$$SMR = RMR + (F1\ x\ F2\ x\ F3) + F4$$

Donde:

$F1 = aj - as\ (Rotura\ planar/cuña)$; $F1 = aj - as - 180°\ (Rotura\ por\ vuelco)$

$F2 = bj\ (Rotura\ planar\ y\ por\ vuelco)$

$F3 = bj - bs\ (Rotura\ planar/cuña)$; $F1 = bj + bs\ (Rotura\ por\ vuelco)$

$F4 = Método\ de\ excavación$

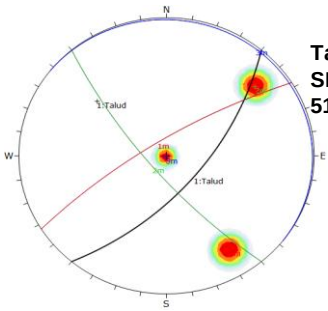
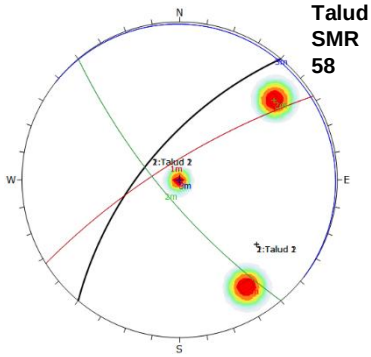
Entonces:

aj: dirección de buzamiento de la discontinuidad / **as:** dirección de buzamiento del talud.

bj: buzamiento de la discontinuidad / **bs:** buzamiento del talud.

Por lo tanto, considerando una dirección de corte de talud 1 (AzBz: 130°/65) y talud 2 (AzBz: 310°/65) conjuntamente con la dirección de buzamientos de las familias de discontinuidades, se obtiene un macizo rocoso de calidad media tipo III con valor promedio de SMR de 51 y 58, respectivamente (FICHA SMR-ESTACIÓN GEOMECÁNICA STG-1)

Tabla 3-3 Cuadro resumen de SRM para familia de discontinuidades, STG-01

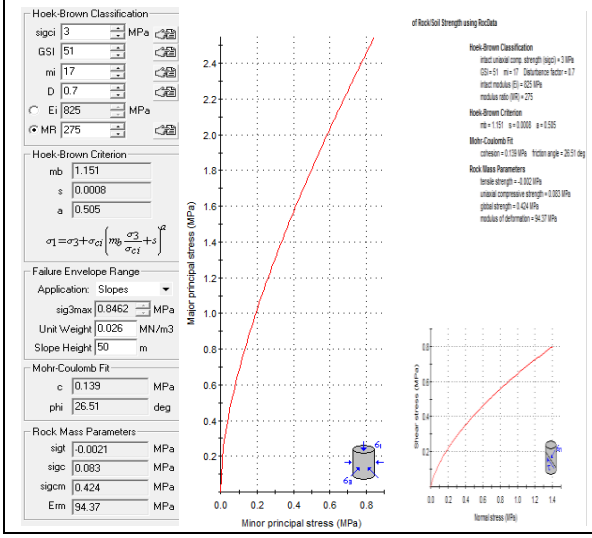
SMR Familias de discontinuidades STG-01				
Características talud	**as**	**bs**		 **Talud 1 SMR Promedio: 51**
Talud 1	130	65	NE-SW	
Talud 2	310	65	SW-NE	
Característica discont	**Familia 1(D1)**	**Familia 2(D2)**	**Familia 3 (E1)**	
aj	328	230	38	
bj	77	76	01	
RMR	60	55	59	
SMR (Talud 1)	42	51	59	
Descripción	Normal	Normal	Normal	
Estabilidad	Parcialmente estable	Parcialmente estable	Parcialmente estable	
Roturas	Algunas juntas o cuñas	Algunas juntas o cuñas	Algunas juntas o cuñas	
Tratamiento	Sistemático	Sistemático	Sistemático	
SMR (Talud 2)	60	55	58	 **Talud 2 SMR Promedio: 58**
Descripción	Normal	Normal	Normal	
Estabilidad	Parcialmente estable	Parcialmente estable	Parcialmente estable	
Roturas	Algunas juntas o cuñas	Algunas juntas o cuñas	Algunas juntas o cuñas	
Tratamiento	Sistemático	Sistemático	Sistemático	

Se propone los siguientes parámetros geomecánicos para la estación geomecánica STG1 conformada por arenisca meteorizada; tomando como base la caracterización geomecánicas en el software RockData:

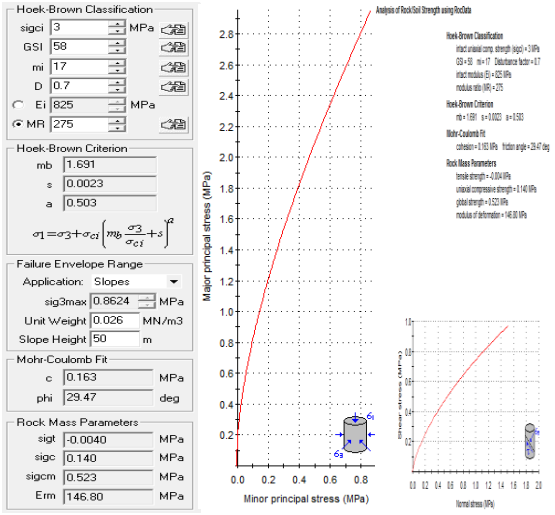
Tabla 3-4 Parámetros geomecánicos según método Hoek-Brown, estación Geomecánica STG-01

ESTACIÓN GEOMECANICA	LITOLOGÍA	TALUD		RMR			SMR			PROM SMR	TIPO DE ROCA	Cohesión	Angulo de Fricción (°)
		as	bs	D1	D2	D3	D1	D2	D3			Mpa	
STG-1 (Talud 1)	Arenisca meteorizada	130	65	60	55	59	42	51	59	51	III	0.139	26.51
STG-1 (Talud 2)	Arenisca meteorizada	310	65	60	55	59	60	55	58	58	III	0.163	29.47

TALUD 1



TALUD 2



La unidad Roca volcánica está conformado por rocas de composición andesítica compactas. En la margen izquierda de la quebrada Dos Bocas se ha identificado tres sistemas principales de discontinuidades de dirección preferencia: N78W/75NE (familia 1), S27W/67NW (familia 2), S44E/66SW (familia 3), N15E/60SE (familia 4).

Tabla 3-5 Datos de familias de discontinuidades, RMR, estación Geomecánica STG 17

Datos de discontinuidades STG-17				
Características	**Familia 1 (D1)**	**Familia 2 (D2)**	**Familia 3 (D3)**	**Familia 4 (D4)**
Dir de buzamiento	12	295	202	105
Buzamiento	75	67	66	60
Resistencia, Mpa	250-100	250-100	100-50	250-100
RDQ, %	50-75	50-75	50-75	50-75
Espaciamiento, m	0.06-0.2	0.06-0.2	0.06-0.2	0.06-0.2
Longitud, m	10-20	10-20	>20	10-20
Abertura, m	0.1-1	1-5	1-5	1-5
Rugosidad	Rugoso	Rugoso	Rugoso	Rugoso
Relleno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno

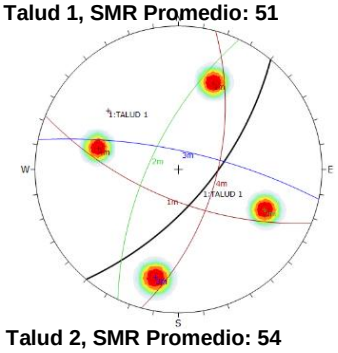
Alteración	Ligeramente	Ligeramente	Ligeramente	Ligeramente
Agua freática	ligeramente	ligeramente	ligeramente	ligeramente
RMR	63	61	55	61

El análisis geomecánico indica un Macizo rocoso tipo III-II con RMR Básico entre 55-63 (FICHA STG17). Considerando la corrección por orientación de discontinuidades mediante el SMR (Slope Mass Rating) propuesto por Romana en 1985, para el corte de talud 1 (AzBz: 130°/65) y talud 2 (AzBz: 310°/65), se obtiene un macizo rocoso de calidad media tipo III con valor promedio de SMR de 51 y 54, respectivamente (FICHA SMR-ESTACIÓN GEOMECÁNICA STG-17).

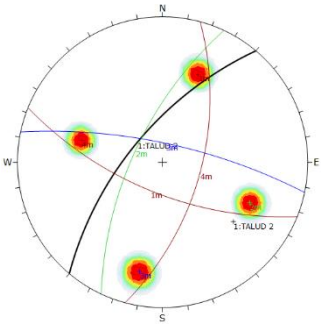
Tabla 3-6 Cuadro resumen de SRM para familia de discontinuidades, STG-17

			SMR Familias de discontinuidades STG-17	
Características talud	**as**	**bs**		
Talud 1	130	65	NE-SW	
Talud 2	310	65	SW-NE	
Característica discont	**Familia 1(D1)**	**Familia 2(D2)**	**Familia 3 (D1)**	**Familia 4 (D4)**
aj	12	295	202	105
bj	75	67	66	60
RMR	63	61	55	61
SMR (Talud 1)	59	43	60	41
Descripción	Normal	Normal	Normal	Normal
Estabilidad	Parcialmente estable	Parcialmente estable	Parcialmente estable	Parcialmente estable
Roturas	Algunas juntas o cuñas	Algunas juntas o cuñas	Algunas juntas o cuñas	Algunas juntas o cuñas
Tratamiento	Sistemático	Sistemático	Sistemático	Sistemático
SMR (Talud 2)	58	57	51	51
Descripción	Normal	Normal	Normal	Normal
Estabilidad	Parcialmente estable	Parcialmente estable	Parcialmente estable	Parcialmente estable
Roturas	Algunas juntas o cuñas	Algunas juntas o cuñas	Algunas juntas o cuñas	Algunas juntas o cuñas
Tratamiento	Sistemático	Sistemático	Sistemático	Sistemático

Talud 1, SMR Promedio: 51



Talud 2, SMR Promedio: 54

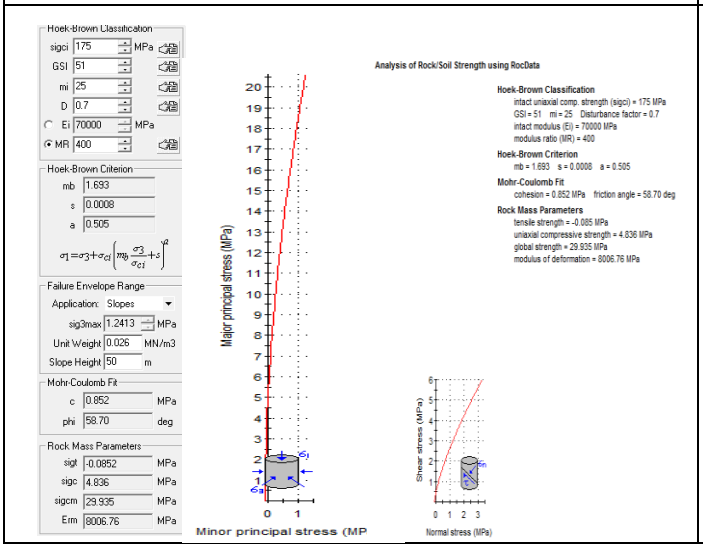


Se propone los siguientes parámetros geomecánicos para la estación geomecánica STG17 conformada por roca volcánica; tomando como base la caracterización geomecánicas en el software RockData:

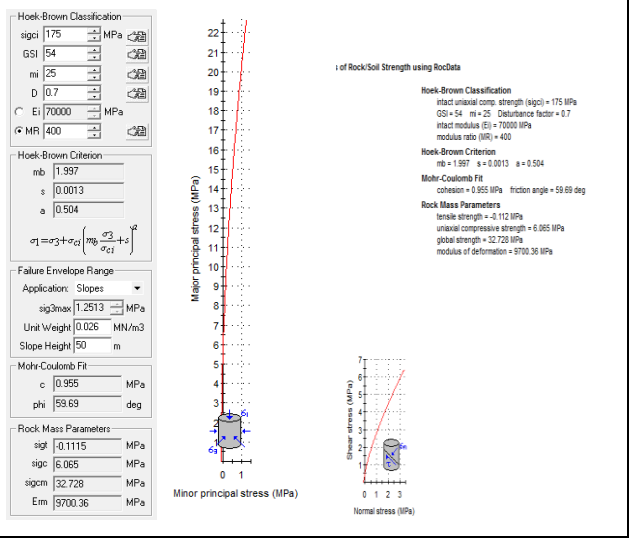
Tabla 3-7 Parámetros geomecánicos según método Hoek-Brown, estación Geomecánica STG-17

ESTACIÓN GEOMECANICA	LITOLOGÍA	TALUD		RMR				SMR				PROM SMR	TIPO DE ROCA	Cohesión	Angulo de Fricción (°)
		as	bs	D1	D2	D3	D4	D1	D2	D3	D4			Mpa	
STG-17 (Talud 1)	Roca volcánica	130	65	63	61	55	61	59	43	60	41	51	III	0.852	58.7
STG-17 (Talud 2)	Roca volcánica	310	65	63	61	55	61	58	57	51	51	54	III	0.955	59.69

TALUD 1



TALUD 2



3.6.2 Análisis geomecánico talud en la variante entre km 13+850 – 14+100

El corte de talud en el eje vial entre el km 13+850 - 14+100 atraviesa las **rocas volcánicas fracturadas y meteorizadas**. En la quebrada s/n se ha cartografiado al menos tres sistemas principales de discontinuidades de dirección preferencial: S72E/80SW (familia 1), S70W/64NW (familia 2), S10E/75SW (familia 3).

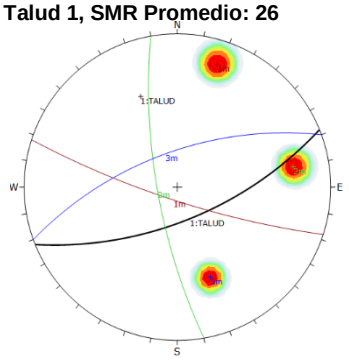
Tabla 3-8 Datos de familias de discontinuidades, RMR, estación Geomecánica STG 18

Datos de discontinuidades STG-18			
Características	**Familia 1**	**Familia 2**	**Familia 3**
Dir de buzamiento	198	340	260
Buzamiento	80	64	75
Resistencia, Mpa	50-25	50-25	50-25
RDQ, %	<25	<25	<25
Espaciamiento, m	<0.06	<0.06	<0.06
Longitud, m	1-3	1-3	1-3
Abertura, m	1-5	1-5	1-5
Rugosidad	Lig. Rugoso	Lig. Rugoso	Lig. Rugoso
Relleno	Ninguno	Blando	Ninguno
Alteración	Muy alterado	Muy alterado	Muy alterado
Agua freática	ligeramente	ligeramente	ligeramente
RMR	37	33	37

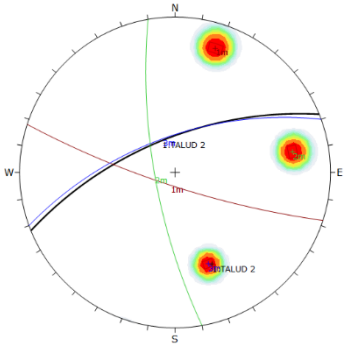
El análisis geomecánico indica un Macizo rocoso tipo IV con RMR Básico entre 33-37 (FICHA STG18). Considerando la corrección por orientación de discontinuidades mediante el SMR (Slope Mass Rating) propuesto por Romana en 1985, para el corte de talud 1 (AzBz: 158°/65) y talud 2 (AzBz: 338°/65), se obtiene un macizo rocoso de calidad media tipo III con valor promedio de SMR de 26 y 22, respectivamente (FICHA SMR-ESTACIÓN GEOMECÁNICA STG-18).

Tabla 3-9 Cuadro resumen de SRM para familia de discontinuidades, STG-18

SMR Familias de discontinuidades STG-18				
Características talud	**as**	**bs**		**Talud 1, SMR Promedio: 26**
Talud 1	158	65	NE-SW	
Talud 2	338	65	SW-NE	
Característica discont	**Familia 1(D1)**	**Familia 2(D2)**	**Familia 3(D3)**	
aj	198	340	260	
bj	80	64	75	
RMR	37	33	37	
SMR (Talud 1)	37	8	33	
Descripción	Malo	Muy malo	Malo	
Estabilidad	Inestable	Completamente inestable	Inestable	
Roturas	Cuñas, planares	Planar, deslizamiento de suelo	Cuñas, planares	
Tratamiento	Correctivo	Reexcavación	Correctivo	
SMR (Talud 2)	33	0	32	
Descripción	Malo	Muy malo	Malo	
Estabilidad	Inestable	Completamente inestable	Inestable	
Roturas	Cuñas, planares	Planar, deslizamiento de suelo	Cuñas, planares	
Tratamiento	Correctivo	Reexcavación	Correctivo	



Talud 1, SMR Promedio: 26

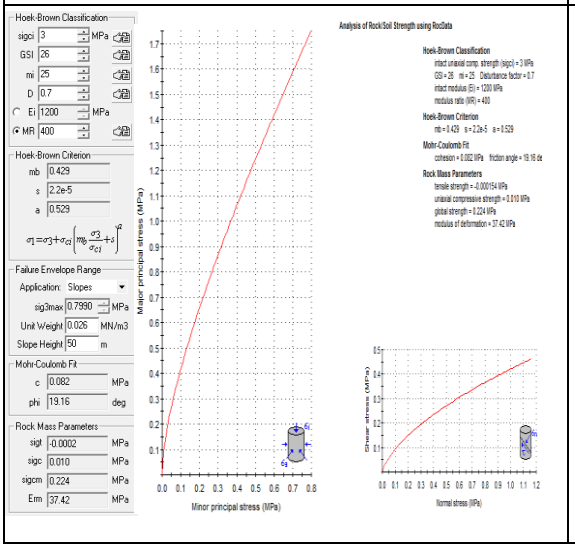


Se propone los siguientes parámetros geomecánicos para la estación geomecánica STG-18 conformada por roca volcánica fracturadas y meteorizadas; tomando como base la caracterización geomecánicas en el software Rock Data:

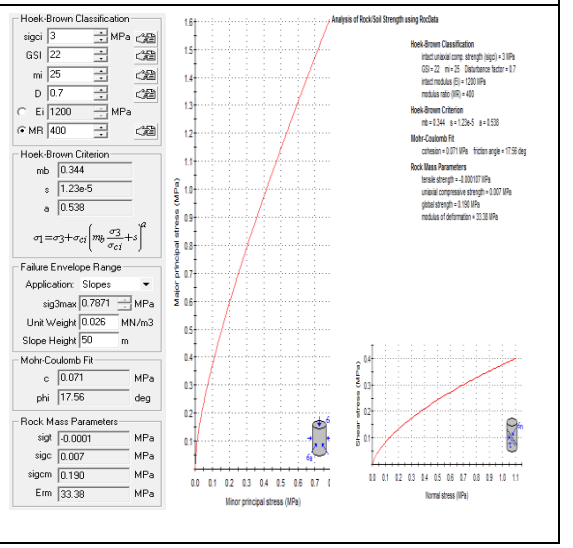
Tabla 3-10 Parámetros geomecánicos según método Hoek-Brown, estación Geomecánica STG-18

ESTACIÓN GEOMECANICA	LITOLOGÍA	TALUD		RMR			SMR			PROM SMR	TIPO DE ROCA	Cohesión	Angulo de Fricción (°)
		as	bs	D1	D2	D3	D1	D2	D3			Mpa	
STG-18 (Talud 1)	Roca fracturada	158	65	37	33	37	37	8	33	26	IV	0.082	19.16
STG-18 (Talud 2)	Roca fracturada	338	65	37	33	37	37	8	33	26	IV	0.071	17.56

TALUD 1



TALUD 2



3.6.3 Cuadro Resumen del SMR y Tipo de Roca para cada Estación Geomecánica

CODIGO DE MUESTREO	ESTACIÓN GEOMECANICA	ESTE	NORTE	LITOLOGÍA	DIRECCION TALUD		RMR				SMR				PROMEDIO SMR	TIPO DE ROCA
		m	m		as	bs	D1	D2	D3	D4	D1	D2	D3	D4		
VPC 04	STG-1 (Talud 1)	569275	9795894	Arenisca con grava	130	63	60	55	59		42	51	59		51	III
VPC 04	STG-1 (Talud 2)	569275	9795894	Arenisca con grava	310	63	60	55	59		60	55	58		58	III
VPC 08	STG-2	569622	9795729	Calcoarenita	227	84	63	63	63		55	55	39		50	III
VPC 11	STG-3	569278	9795719	Roca fracturada	212	78	42	40	37	37	38	32	34	32	34	IV
VPC 12	STG-4 (Talud 1)	568856	9795621	Roca fracturada	162	63	41	41	41		39	37	41		39	IV
VPC 12	STG-4 (Talud 2)	568856	9795621	Roca fracturada	342	63	41	41	41		31	41	0		24	IV
VPC 13	STG-5	568775	9795353	Roca volcánica	113	65	57	58	58		56	40	54		50	III
VPC 14	STG-6	568572	9795299	Roca fracturada	162	74	42	39	42		34	31	0		22	IV
PC75	STG-7	568801	9795872	Roca volcánica	186	66	70	68	70		69	60	66		65	II
PC180	STG-8	568124	9795016	Roca fracturada	346	58	46	46	44		46	37	40		41	IV-III
PC188	STG-9	567794	9794828	Roca fracturada	139	60	47	47	47		47	29	38		38	IV
PC217	STG-10	565502	9794718	Roca fracturada	30	63	49	49	46		45	49	37		44	III
PC241	STG-11	564894	9794963	Arenisca meteorizada	203	65	58	58			54	58			56	III
PC279	STG-12	562763	9794773	Roca fracturada	357	63	46	46	46		38	45	42		42	IV -III
PC281	STG-13	562688	9794815	Roca volcánica	347	78	61	61	61		60	37	57		51	III
PC285	STG-14	569063	9795131	Roca fracturada	31	76	39	43	43		38	33	39		37	IV
PC299	STG-15	569232	9795313	Roca fracturada	277	82	59	60	59	59	51	56	59	55	55	III
PC310	STG-16	569910	9795616	Calcoarenita	317	79		66	66		57	57			57	III
VPC-01	STG-17 (Talud 1)	569111.61	9795884.72	Roca volcánica	130	65	63	61	55	61	59	43	60	41	51	III
VPC-01	STG-17 (Talud 2)	569111.61	9795884.72	Roca volcánica	310	65	63	61	55	61	58	57	51	51	54	III

PC48	STG-18 (Talud 1)	568615.84	9795312.35	Roca fracturada	158	65	37	33	37		37	8	33		26	IV
PC48	STG-18 (Talud 2)	568615.84	9795312.35	Roca fracturada	338	65	37	33	37		37	8	33		26	IV

3.6.4 Zonificación Geotécnica

El análisis multicriterio se establece con ponderaciones puntuales a cada factor determinante en la zona de estudio particular, la configuración se caracteriza de la siguiente forma:

Sigue los lineamientos bases de la metodología (Programa IPGARAMSS, Julio 2008)

- Pendiente 15%
- Orientación 5%
- Geología 20%
- Estructuras (Lineamientos y fracturas) 10%

Los siguientes parámetros se establecen de acuerdo a los principales elementos geomecánicos que pueden establecer la calidad del material in-situ:

- CBR 15%
- SPT (profundidad 3-4 m) 20%
- SPT (profundidad 3-4 m) 15%

La formulación empleada es la siguiente:

"Pendiente_R.tif"*0.15+ "Orientación_R.tif"*0.05+ "Geología_Cat.tif"*0.2+ "Estructuras_Cat_v1.tif"*0.1+ "CBR_v1_CT.tif"*0.15+ "SPT_c_v1_CT.tif"*0.20+ "SPT_af_v1.tif"*0.15

3.7 CBR en laboratorio

3.7.1 Metodología Aplicada

Para determinar los parámetros físicos – mecánicos del subsuelo, y consecuentemente el comportamiento del material frente a las cargas a ser impuestas por el paso vehicular, se realizó por una parte ensayos de campo, posteriormente, las muestras recuperadas en los ensayos de campo fueron sometidos a ensayos de laboratorio; y finalmente, el procesamiento de la información obtenida.

Los ensayos de campo ejecutados siguieron la metodología que se expone a continuación.

3.7.2 Calicatas a cielo abierto

Consisten en excavaciones realizadas mediante medios mecánicos convencionales que, permiten la observación directa del terreno a cierta profundidad; así como, la toma de muestras y realización de ensayos en campo. Presentan la gran ventaja de generar el acceso directo al terreno, pudiéndose observar las variaciones estratigráficas del mismo; por lo cual, es uno de los métodos más empleados en el reconocimiento superficial del terreno, permitiendo adicional la toma de muestras para realización de ensayos y análisis. Por medio de estos ensayos, se pudo recuperar muestras que fueron analizadas aplicando la normativa vigente para el ámbito vehicular.

3.7.3 Toma de muestras de calicatas

Las tomas de muestras producto de calicatas, tienen el objetivo de extraer testigos representativos de las características y propiedades del terreno para efectuar ensayos de laboratorio.

En el presente estudio, por una parte, la profundidad de la muestra se rige a lo expuesto en la normativa del MOP (2002), que indica que la profundidad mínima de sondeo debe ser 1.5 m, desde la cota actual de terreno. El peso recomendado de las muestras debe ser superior a 50 Kg, para poder realizar los ensayos descritos en la normativa vigente.

Las tomas de muestras en 51 calicatas se realizaron principalmente sobre al material de sitio o subrasante.

3.7.4 Muestras alteradas

Las muestras recuperadas por este mecanismo son muestras alteradas, ya que sufren modificaciones en su estructura y en su contenido de humedad, pero conservan su composición mineralógica. En el laboratorio, estas muestras permiten la realización de ensayos con el objetivo de conocer el tipo de suelo y sus parámetros físicos. En el presente estudio, por el objetivo de esta parte de la consultoría, las muestras recuperadas son del tipo alteradas.

3.7.5 Muestras inalteradas

Son aquellas que no sufren alteraciones en su estructura ni en su contenido de humedad. En la excavación, en función de la estratigrafía presente, no se recuperó material por este mecanismo, ya que, por el tipo de estudio de esta parte de la consultoría, no se requieren este tipo de muestras para determinar el CBR de la subrasante.

3.7.6 Componente Geotécnico - CBR de laboratorio

Para determinar el comportamiento de o los materiales, cuando son sometidos a cargas ya sean vehiculares o permanentes, los asentamientos esperados, la estabilidad de taludes, el grado colapsabilidad de suelos, entre otros factores, es imprescindible

determinar los parámetros físicos, mecánicos y elásticos de las muestras recuperadas. Los diferentes ensayos normados, determinar los parámetros geotécnicos en el ámbito vial se describen a continuación.

3.7.6.1 Parámetros físicos determinados de muestras analizadas

En total en el laboratorio con el fin de determinar los parámetros físicos y mecánicos de los materiales presentes en la zona estudiada se analizaron en total 53 especímenes de los suelos recuperados entre todas las calicatas. En 51 casos se analizó el material correspondiente a la subrasante, llegando a determinar hasta el CBR, parámetro requerido conjuntamente con TPDA para diseñar la estructura de pavimento.

Los ensayos requeridos para el ámbito vial realizados en el laboratorio, juntamente con la normativa aplicada, fueron los siguientes:

- Contenido de agua ASTM D - 2216
- Granulometría ASTM D - 422 - 63
- Límite líquido ASTM D - 423 - 66
- Límite plástico ASTM D - 424 – 59
- Clasificación método SUCS ASTM D - 2487 – 17
- Ensayo Relación Soporte de California C.B.R. ASTM D 1883 – 73
- Ensayo Proctor Modificado AASHTO T – 180 – 70 / 1587
- Ensayo de clasificación por el método AASHTO ASTM D 3282

La siguiente tabla expone los resultados de los ensayos ejecutados. En el Anexo 4**,** se observan los diferentes ensayos de laboratorio realizados.

Tabla 3-11 Parámetros físicos determinados de muestras extraídas y analizadas en laboratorio

CALICATA Nº	CLASIFICACIÓN SUCS	CLASIFICACIÓN AASHTO	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS SUELOS						
			GRANULOMETRÍA (% QUE PASA)			LIMITE LIQUIDO %	LIMITE PLÁSTICO %	IP %	H. NATURAL %
			No.4	No.40	No.200				
C - 1	CH	A-7-6 (51)	98.81	96.18	94.88	68.66	20.86	47.8	28.04
C - 2	CH	A-7-6 (48)	99.91	99.28	98.23	64.11	21.1	43.01	30.67
C - 3	CH	A-7-6 (44)	100	99.72	98.9	64.9	27.52	37.37	28.25

C - 4	CH	A-7-6 (35)	96.89	93.01	8.71	59.63	24	35.63	26.59
C - 5	SC	A-6 (3)	90.4	75.63	49.29	27.39	15.26	12.13	10.83
C - 6	CL	A-6 (16)	100	99.1	93.78	40.17	25.18	14.99	22.26
C - 7	ML	A-4 (2)	100	96.92	55.65	30.59	23.22	7.37	24.6
C - 8	SM	A-2 - 4	99.73	99.05	24.52	NP	NP	-	9.92
C - 9	CH	A-7-6 (50)	99.1	98.16	97.36	72.75	29.15	43.6	33.83
C - 10	CH	A-7-6 (41)	99.1	97.09	91.87	63.58	23.79	39.8	33.83
C - 11	CH	A-7-6 (24)	97.19	92.25	83.98	52.97	26.78	26.19	25.56
C - 12	CH	A-7-6 (26)	99.61	97.41	91.65	52.15	26.91	25.23	25.3
C - 13	CL	A-6 (4)	96.32	88.3	58.71	29.33	17.66	11.66	16.59
C - 14	ML	A-5 (8)	98.47	92.35	83.03	41.02	33.63	7.4	23.33
C – 15	CL - ML	A – 4(0)	100	97.63	54.97	22.96	18.34	4.62	11.70
C - 15.1	SM	A-2 - 4 (0)	96	90.24	33.63	NP	NP	-	5.71
C - 16	SM	A-2 - 4	100	99.46	18.27	NP	NP	-	7.62
C - 17	CL	A-7-6 (18)	100	99.61	84.17	40.85	18.7	22.15	26.47
C - 18	CH	A-7-6 (48)	97.41	95.34	92.14	66.42	18.62	47.8	32.78
C - 19	CL	A-7-6 (18)	98.5	96.46	79.38	44.85	21.65	23.2	30.03
C - 20	CL	A-7-6 (21)	99.57	95.5	74.83	46.3	16.35	29.95	22.89
C - 21	SM	A- 4	98.42	93.42	38.44	NP	NP	-	16.78

3.7.6.2 Ensayo Proctor modificado NORMA ASTM D - 1557

El ensayo de compactación Proctor es uno de los más importantes procedimientos de estudio y control de calidad de la compactación de un terreno. A través de él, es posible determinar la densidad seca máxima de un terreno en relación con su grado de humedad, a una energía de compactación determinada.

Existen dos tipos de ensayo Proctor normalizados; el "Ensayo Proctor Standard", y el "Ensayo Proctor Modificado". La diferencia entre ambos se encuentra en la energía utilizada, la cual se modifica según el caso variando el número de golpes, lo que se busca es densificar el suelo en laboratorio, simulando la energía de un equipo de compactación en el campo. El ensayo Proctor Modificado, representa una mayor energía de compactación, similar a lo aplicado al conformar una carretera, con diferentes equipos pesados. Este ensayo se ejecutó al igual que el CBR, sobre las 51 muestras recuperadas.

3.7.6.3 Ensayo CBR NORMA ASTM D 1883 / AASHTO T 193

El Ensayo CBR (California Bering Ratio), Ensayo de Relación de Soporte de California, mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo con el fin de poder evaluar la calidad del terreno y su uso como parte de la estructura vial, tal como subrasante, sub base y base de pavimentos. Para ejecutarlo, se efectúa bajo condiciones controladas de humedad y densidad.

Su valor suele estar expresado en porcentaje y varía normalmente entre el 0 y el 100, representando los valores cercanos a 100, suelos de excelente calidad; por el contrario, los suelos con valores muy bajos representan deficiente calidad.

La siguiente tabla, expone los resultados de los ensayos Proctor y CBR de las muestras alteradas recuperadas a diferentes profundidades.

Tabla 3-12: Resultados de ensayos Proctor y CBR a muestras alteradas de suelos extraídos.

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE PROCTOR Y CBR MUESTRAS ALTERADAS RECUPERADAS EN CALICATAS						
CALICATA Nº	CLASIFICACIÓN SUCS	CLASIFICACIÓN AASHTO	H. OPTIMA %	Y (gr / cm ³)	CBR AL 100%	CBR AL 95%
C - 1	CH	A-7-6 (51)	21	1.705	8.43	6.38
C - 2	CH	A-7-6 (48)	21.5	1638	9.69	9.26
C - 3	CH	A-7-6 (44)	21.8	1.643	12.13	10.62
C - 4	CH	A-7-6 (35)	21.5	1.66	22.60	20.30
C - 5	SC	A-6 (3)	10.2	1.98	58.61	51.50

C - 6	CL	A-6 (16)	18.4	1.678	13.57	11.60
C - 7	ML	A-4 (2)	16.8	1.724	35.97	33.40
C - 8	SM	A-2 - 4 (0)	14.4	1.75	53.27	41.00
C - 9	CH	A-7-6 (50)	19.4	1.555	8.02	6.60
C - 10	CH	A-7-6 (41)	22	1.652	12.85	11.95
C - 11	CH	A-7-6 (24)	20.5	1.64	15.70	14.10
C - 12	CH	A-7-6 (26)	21.5	1.669	12.34	10.92
C - 13	CL	A-6 (4)	19.5	1.732	14.80	12.60
C - 14	ML	A-5 (8)	16	1.718	19.80	17.60
C - 15	CL - ML	A – 4 (0)				
C - 15.1	SM	A-2 - 4 (0)	14.2	1.74	53.26	48.90
C - 16	SM	A-2 - 4 (0)	18.8	1.765	45.84	23.20
C - 17	CL	A-7-6 (18)	20	1.68	10.92	8.94
C - 18	CH	A-7-6 (48)	21.75	1.712	9.53	7.85
C - 19	CL	A-7-6 (18)	21.5	1.705	10.21	8.18
C - 20	CL	A-7-6 (21)	18	1.683	11.58	10.05
C - 21	SM	A - 4 (0)	16	1.77	52.34	44.50
C - 22	CL	A-6 (7)	14.5	1.7	8.25	7.20
C - 23	CH	A-7-6 (41)	19.5	1.715	9.68	8.30
C - 24	SC	A-4 (1)	11.3	1.96	56.99	43.50
C - 25	CL	A-6 (7)	19.6	1.702	11.00	10.09
C - 26	SM	A - 4)0)	16	1.737	53.17	35.00
C - 27	CH	A-7-6 (21)				
C - 27.1	CL	A-6 (6)	14.2	1.7	9.23	7.58
C - 28	SM	A- 4 (0)	15.8	1.745	51.00	35.00
C - 29	CL	A-6 (6)	15.5	1.71	21.03	14.60
C - 30	SM	A- 4 (0)	15	1.732	51.67	41.00
C - 31	SC	A-7 -6 (2)	11.5	1.997	61.71	54.60
C - 32	SC	A-4 (2)	11	1.958	37.04	31.90
C - 33	CL	A-7-6 (7)	18	1.72	21.95	17.81
C - 34	ML	A- 4 (0)	15.1	1.753	35.63	31.40
C - 35	SM	A- 4 (0)	14.9	1.731	40.80	32.40
C - 36	SM	A- 4 (0)	14.7	1.738	38.71	34.70
C - 37	ML	A-7-5 (15)	18.35	1.665	24.38	17.10
C - 38	MH	A-7-5 (16)	19.7	1.652	22.68	18.01
C - 39	SM	A-2-4 (0)	14.5	1.785	29.10	27.70
C - 40	ML	A-5 (7)	17.3	1.681	13.12	11.80
C - 41	CH	A-7-6 (28)	21	1.628	20.48	19.42
C - 42	MH	A-7-5 (7)	20.9	1.685	24.01	19.70
C - 43	CL	A-7-6 (17)	19.1	1.691	24.32	19.30
C - 44	SM	A-4 (0)	14.2	1.768	31.33	20.20
C - 45	CH	A-7-6 (17)	20.8	1.665	17.37	16.38
C - 46	CL	A-7-6 (11)	18.9	1.708	24.96	20.10
C - 47	CH	A-7-6 (29)	21.15	1.614	21.46	19.20
C - 48	SM	A-5 (0)	14.5	1.74	35.60	27.70
C - 49	ML	A-7-5 (13)	18.4	1.707	37.41	34.80

C - 50	ML	A-7-5 (13)	18.1	1.708	19.85	18.52
C - 51	SM	A-7-6 (5)	15.3	1.74	40.21	31.60

3.7.6.4 Análisis granulométrico de los suelos analizados

La distribución granulométrica de los materiales es información que proporciona una idea del comportamiento de los suelos en función de los contenidos de finos y gruesos, siendo el dominante quién va a dar la pauta de la calidad de los suelos. La **¡Error! No s e encuentra el origen de la referencia.** presenta la distribución de gravas, arenas y finos en las 51 muestras analizadas en la zona de estudio (no se consideraron para el grafico las muestras 15.1 y 27.1), el comportamiento dominante es el material fino.

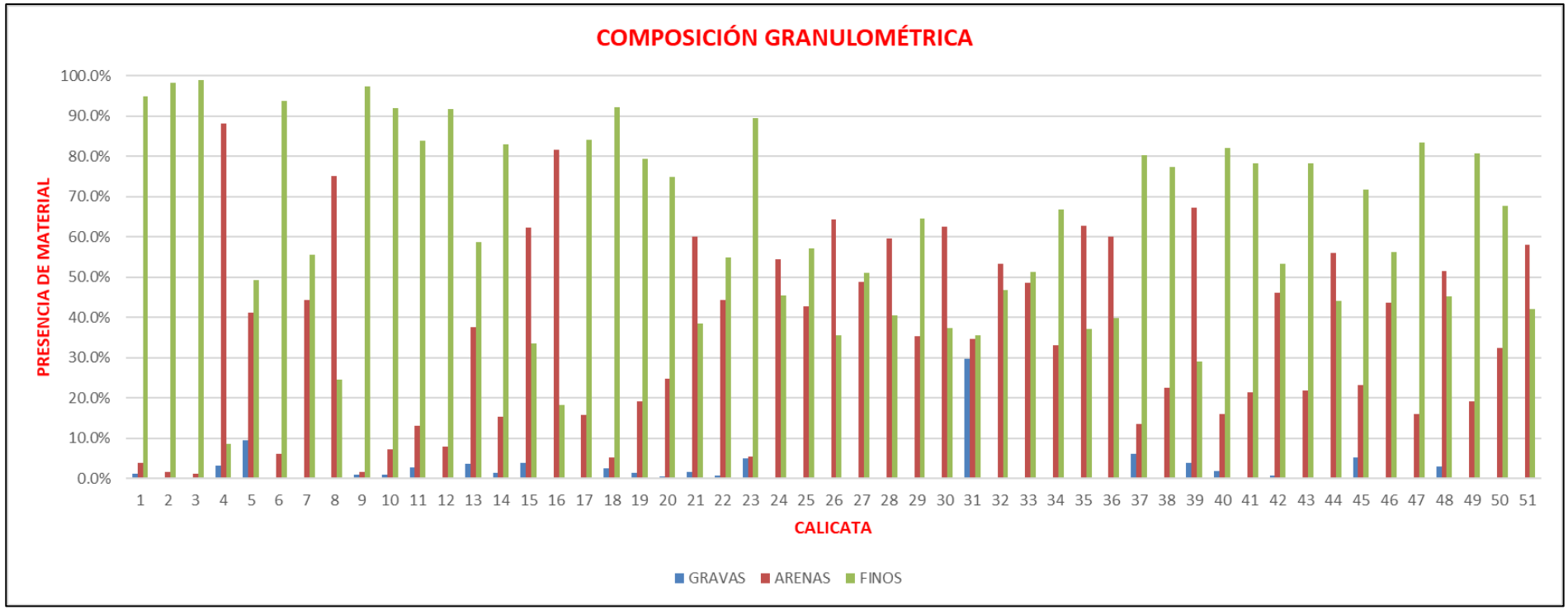


Figura 3-5: Contenido de gravas, arenas y finos en cada muestra ensayada

3.7.6.5 Humedad natural vs humedad óptima y análisis con respecto al límite plástico

La humedad natural se la puede definir como el contenido de agua que presenta la muestra en estado “in situ” siendo una capa de líquido que envuelve a la partícula de suelo; mientras que la óptima, la cantidad de agua que requiere el suelo para llegar a su máximo peso específico óptimo. La relación entre estos dos parámetros es un indicador de la compactación que presenta el suelo en estado natural, debiendo buscarse previo a una nueva compactación la humedad óptima. A su vez, el contenido natural de agua analizado con sus límites de consistencia, exponen el estado en el cual está trabajando la subrasante cuando se le somete a una carga vehicular. En función de los resultados de laboratorio, de las muestras analizadas a las profundidades indicadas, se puede concluir que:

- Las humedades naturales de las muestras recuperadas entre las calicatas 1 a 26 (excepto la 14 trabaja en rango elástico) están trabajando en un rango plástico, deformables cuando se les somete a cargas

- Desde la calicata 27 a la 51 (excepto la calicata 34 que trabaja en rango plástico) trabajan en rangos elásticos absorben cargas adecuadamente sin deformarse de manera permanente; es decir tienen una resiliencia optima frente al paso de cargas vehiculares

Cabe señalar que el estado de consistencia de los materiales del subsuelo puede variar en función del aumento de humedad de la masa, principalmente en época de invierno donde tiene a filtrarse mayor cantidad de líquido al subsuelo. Las muestras analizadas fueron extraídas en época de verano.

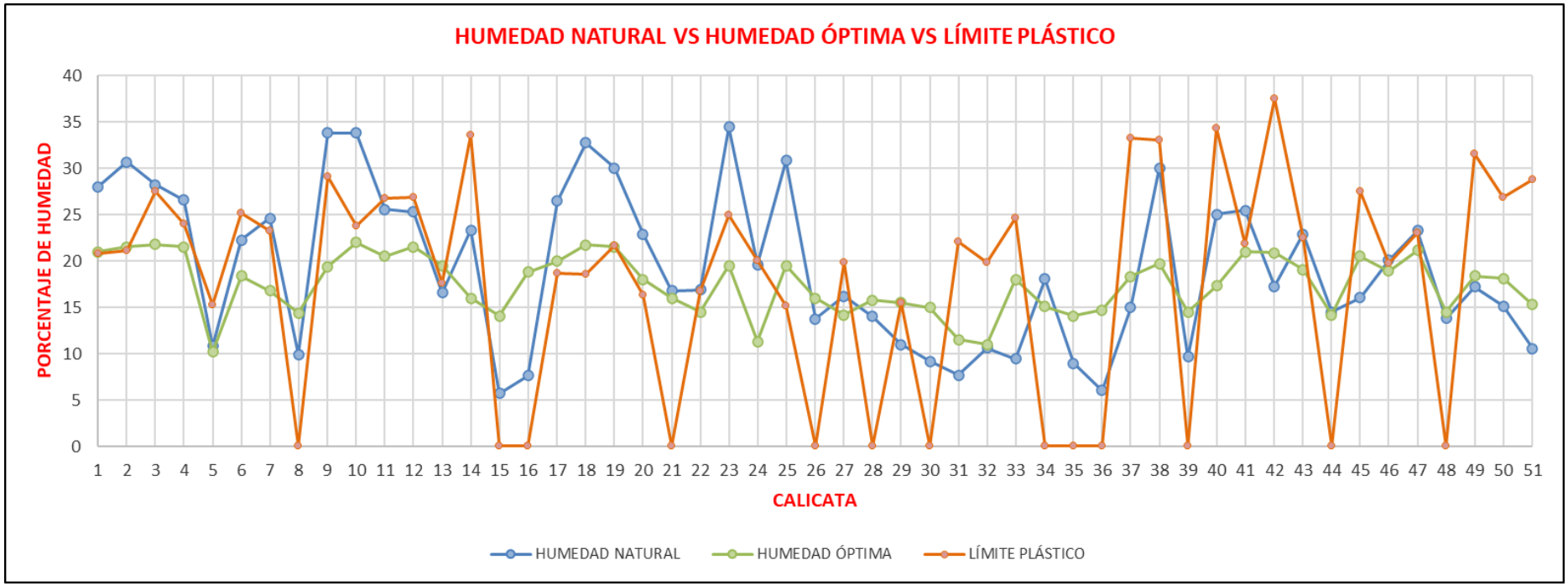


Figura 3-6: Humedad Natural versus Humedad Óptima versus Límite Plástico

3.7.6.6 Descripción de los materiales recuperados en las calicatas

En el **anexo 2**, se observa el perfil estratigráfico de cada una de las calicatas, con sus potencias y características físicas de los materiales, a continuación, el registro fotográfico y detalle de cada trinchera ejecutada.

3.8 Ensayo de penetración estándar SPT

Norma de ensayo ASTM D 1586,

El Standard Penetration Test (Ensayo de Penetración Estándar) o SPT, es una prueba de penetración dinámica, de uso extendido en investigaciones geotécnicas, y muy útil en la caracterización de suelos finos o granulares, donde es difícil obtener muestras inalteradas para los ensayos de laboratorio.

En la presente investigación, se han realizado el SPT como ensayos de penetración dinámica en continuo, que permite obtener suelos a distintas cotas de interés, hasta que se genere el rechazo a la penetración o conveniencia de la investigación.

Este ensayo consiste en medir el número de golpes necesario para que se introduzca a una determinada profundidad una cuchara cilíndrica, hueca y muy robusta en el suelo, que le permite tomar una muestra en su interior, naturalmente alterada. El peso de la masa y la altura de la caída libre, están normalizados, siendo de 63.5 kg y 76 centímetros respectivamente.

Cuando en la perforación del sondeo se alcanza la profundidad donde se efectuará la prueba, sin avanzar la entubación y viendo limpio el fondo del sondeo, se desciende él toma muestras SPT unido al varillaje hasta apoyar en el fondo con suavidad. Luego se eleva repetidamente la maza con una frecuencia constante, dejándola caer libremente sobre una sufridera colocada en la zona superior del varillaje. Al ser la cuchara SPT una toma muestras, permite visualizar el terreno donde se ha realizado la prueba y realizar ensayos de identificación.

Se contabiliza y se anota el número de golpes necesarios para hincar la cuchara los primeros 15 centímetros (N0−15). Seguidamente se realiza la prueba en sí, introduciendo otros 30 centímetros, anotando el número de golpes requerido para la hinca en cada intervalo de 15 centímetros de penetración (N15−30 y N30−45).

El resultado del ensayo es el golpeo SPT (NSPT) o Resistencia a la Penetración Estándar es:

$$N_{60} = N_{(15-30)} + N_{(30-45)}$$

Si el número de golpes requerido para profundizar en cualquiera de estos intervalos de 15 centímetros supera los 50, el resultado del ensayo deja de ser la suma anteriormente indicada, para convertirse en rechazo (R), debiéndose anotar también la longitud hincada en el tramo en el que se han alcanzado los 50 golpes.

Hasta aquí, el ensayo SPT se considera finalizado cuando se alcanza este valor (por ejemplo, si se ha llegado a 50 golpes en 120 mm en el intervalo entre 15 y 30 centímetros, el resultado debe indicarse como N15 − 30 / 50 en 120 mm).

La lectura del golpeo del primero y último tramo no se debe tener en cuenta, por la alteración del suelo o derrumbes de las paredes del sondeo en el primer caso, y por posible sobre compactación en el segundo. La suma de los valores de golpeo de los dos tramos centrales de 15 cm es el valor N, denominado también resistencia a la penetración estándar.

En campo la energía de compactación puede variar de 30 % a 90%, por lo que para fines de diseño el valor de N debe estar con una relación energética promedio de 60%, el valor de N debe corregirse por observaciones de operación o en función de la energía de hincado y su disipación alrededor del muestreador, mediante la ¡Error! No se e ncuentra el origen de la referencia..

$$N_{60} = N * \eta H * \eta B * \eta S * \eta R$$

Donde:

N_{60}= número de penetración estándar, corregido por las condiciones en elcampo.
N= número de penetración obtenido en campo.
ηH= eficiencia del martinete, corrección por energía (%).
ηB= corrección por el diámetro de la perforación.
ηS= corrección por muestreador.
ηR= corrección por longitud de la barra.

En la presente investigación de campo, se empleó un equipo SPT, el mismo, posee un martillo tipo safety (de seguridad). El ensayo se realizó con una altura de caída de 76 cm y el peso del martillo es de 140 lb, de esta manera, según Seed (1985) y Skempton (1986) los valoresde corrección varían desde:

- ηB [1.00-1.15],
- ηS [1.0-0.9]
- ηR [1.00-0.75]

Cada tipo de martillo tiene un valor de ηH, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3-13: Factor de corrección de energía

TIPO DE MARTILLO	ER (%)	ηH
ANULAR (“Donut”)	45	0.75
DE SEGURIDAD	60	1.00
AUTOMÁTICO	100	1.67

Fuente: Seed et al., (1985)

Los factores de corrección utilizados para *ηB, ηS, y ηR*, también se exponen en la siguiente tabla:

Tabla 3-14: Factores de corrección por diámetro del hueco de perforación, por el tipo de muestreador y por la longitud de tubería utilizada

Factor	Variables de equipos	Valor
Diámetro del hueco, *ηB*	65 – 115 mm	1
	150 mm	1.05
	200 mm	1.15
Muestreador utilizado, *ηS*	Standard	1
	Sin revestimiento	1.20
Longitud de tubería, *ηR*	3 – 4 m	0.75
	4 – 6 m	0.85
	6 – 10 m	0.95
	>10 m	1

Fuente: Skempton, (1986)

3.8.1 Formulaciones para el cálculo de la resistencia y deformación del suelo

Mediante el ensayo SPT, se pueden establecer los parámetros geo mecánicos del suelo a través del número de golpes N, de donde este valor debe ser corregido (N60) para ser correlacionado con los parámetros geotécnicos, donde para el caso de suelos granulares, se establecen fórmulas propuestas por diferentes autores, tal y como se describe a continuación:

$$\emptyset = \sqrt{20 * N_{60}} + 15$$ Osaki (Kitazume, 2005)

$$\emptyset = \sqrt{12 * N_{60}} + 25$$ Dunham (Kitazume, 2005)

$$\emptyset = 20 + 3.4\sqrt{N_{60}}$$ Muromachi (Alvarez, 2016)

La literatura antigua también expone fórmulas empíricas para determinar el ángulo de fricción de los materiales:

$$\varphi = 25.8 + 0.25N$$ Terzaghi Peck (1948)

$$\varphi = \tan^{-1}\left[\left(\frac{N}{32.5}\right)^{0.34}\right]$$ Schemertman (1970)

$$\varphi = \sqrt{20N} + 20$$ Hatanaka Uchida (1996)

En el caso de suelos cohesivos, la literatura técnica contiene muchas correlaciones entre el número de penetración estándar y la resistencia cortante (Su). Stroud sugirió que:

$$\mathrm{Su} = \mathrm{K} * \mathrm{N}$$

Donde:

K= constante = 3.5 – 6.5 kPa.

N = número de penetración estándar obtenido en el campo

Normalmente se utiliza el valor de la constante K sea igual a 4.4 Kpa.

Otros investigadores como Ajayi & Balogum (1988) y Sirvakaya (2009) propusieron valores de Su en función del ensayo de penetración estándar, humedad natural y la plasticidad de suelo finos cohesivos.

$$Ajayi\ Balogun\ (1988), Su(kPa) = 1.39N + 74.2$$

Donde:

N=Numero de golpes (SPT).

Varios investigadores correlacionaron los valores del Módulo Elástico o Módulo de Young (Es) con el número de penetración estándar de campo (N60). Schmertmann (1970) propuso que el módulo de elasticidad de la arena fuese dado por:

$$E_s\ \left(\frac{kN}{m^2}\right) = 766 * N_{60}$$ Schmertmann (1970)

Otros investigadores tales como Sivrikaya & Toğrol (2002) realizaron un estudio más amplio sobre los diferentes tipos de suelos finos con el ensayo de uniaxial, triaxial y carga puntual (UCS) encontrando una nueva correlación.

$$\mathrm{Su} = 3.35 * \mathrm{N}$$

Donde:

N = número de penetración estándar obtenido en el campo

3.8.2 Formulaciones para el cálculo de capacidades admisibles

Crespo Villalaz, en su libro de Mecánica de Suelos, propone dos métodos para determinar la capacidad de carga admisible de los materiales. En el primer caso por medio de la formula planteada por Bowles, se puede determinar la carga en función del avance de la perforación:

$$q_a = 0.6(N_{corr} - 3)\left(\frac{B + 0.305}{2B}\right)^2$$

Donde:

B es un ancho de la zapata en metros

Ncorr es el número de golpes corregido al 60%

qa representa la capacidad admisible en Kg/cm²

En el presente caso, con el fin de conocer la capacidad admisible próxima del subsuelo, se impuso un área de posible zapata cuadrada de 1 m², es decir de 1 m por cada lado; por lo cual B es igual a 1.0 m

De igual forma, en el libro de Crespo Villalaz, se exponen los ábacos 3 y 4; donde, conociendo el número de golpes, se puede determinar la resistencia del suelo en función de su litología.

En el caso del primer ábaco, este se utiliza para suelos arcillosos y mezclas de suelos; mientras que el segundo ábaco se utiliza para suelos granulares.

Al tener 2 métodos para determinar las capacidades admisibles, es posible promediar las mismas y tener una clara idea de la resistencia del subsuelo en función de la profundidad.

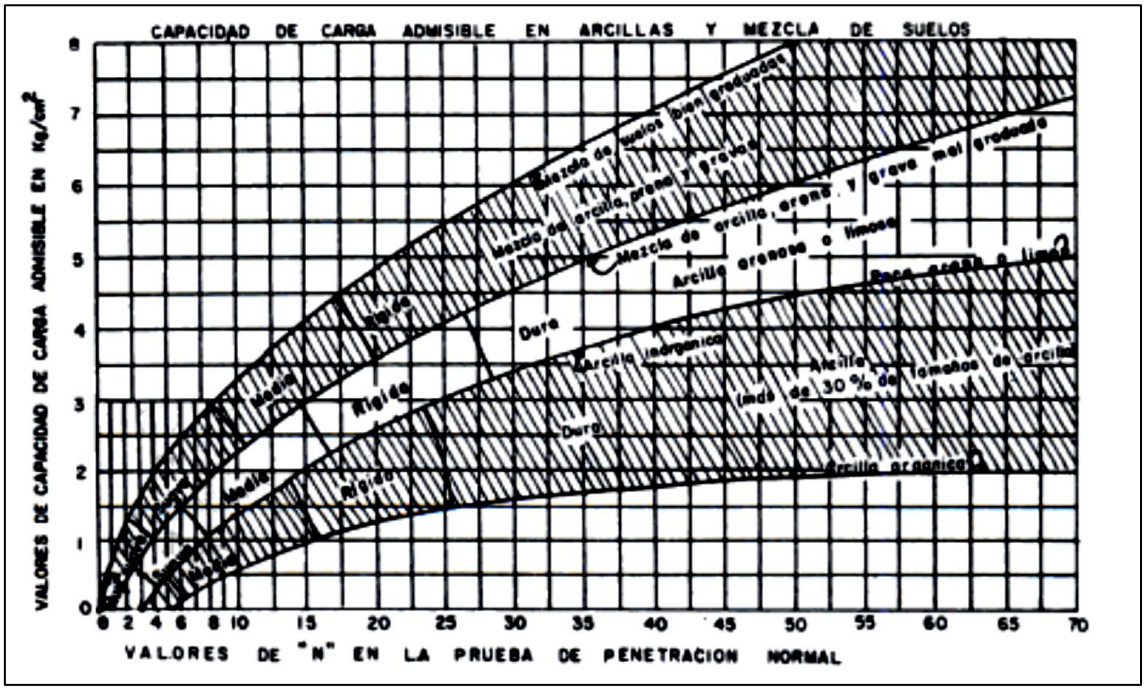


Figura 3-7: Abaco de capacidades de carga admisibles para suelos cohesivos y mezclados.

Fuente: Crespo Villalaz

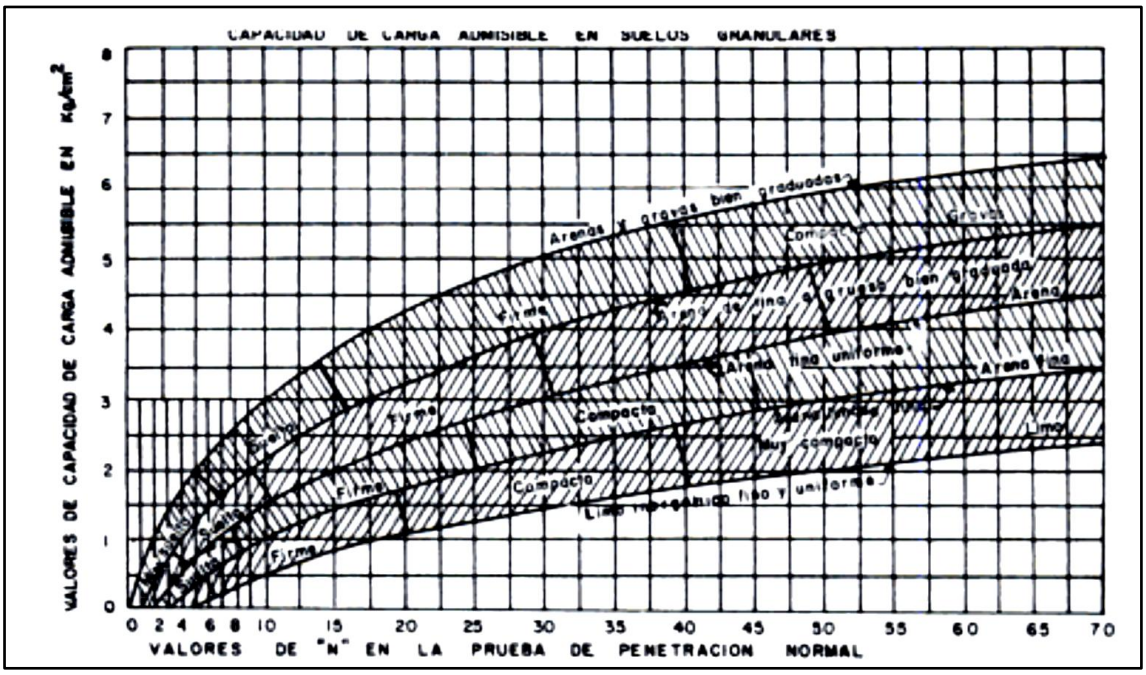


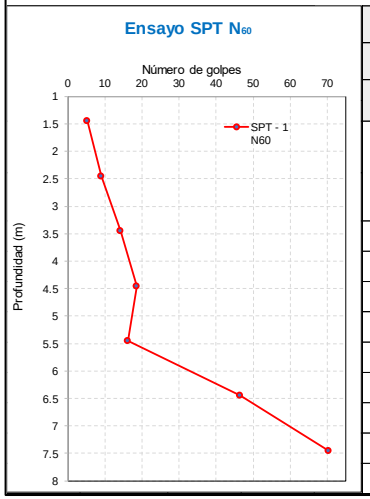
Figura 3-8: Abaco de capacidades de carga admisibles para suelos granulares.

Fuente: Crespo Villalaz

3.8.3 Corrección del número de golpes aplicado en el ensayo SPT

En función de las fórmulas descritas empíricas de diferentes autores; así como de la normativa directriz, las siguientes tablas exponen los parámetros geomecánicos obtenidos en función del número de golpes registrados de campo, así como de las correcciones indicadas en capítulos anteriores. El registro fotográfico de los ensayos SPT de campo, se observan en el anexo 7.

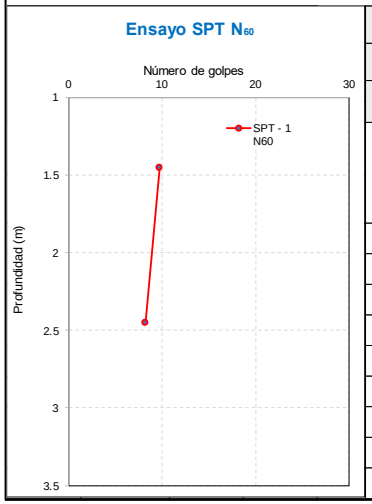
Tabla 3-15 Golpes registrados en ensayo SPT - 1, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados



COTA ALTITUDINAL PROMEDIO	m.s.n.m		CORRELACIONES GEOTECNICAS DE MATERIALES EN FUNCIÒN DEL NÙMERO DE GOLPES EN LA PERFORACIÒN
FLUJO DE AGUA		-	
COORDENADAS DE ENSAYO	X	580023	
	Y	9802167	

Profundidad (m)	SPT - 1			N	Factores de corrección				SPT - 1 N_{60}	Ancho B zapata asumdia	Fórmula de Bowels	Abaco Crespo Villalaz	Promedio	Mòdulo Elàstico (Kn/m²)	STROUD (1974)	AJAYI BALOGUN (1988)	Densidad relativa Dr (%) - Idriss & Boulanger (2003)	TERZAGUI PECK (1948)	Osaki (2005)	Dunham (2005)	TENDENCIA	TENDENCIA
	0 - 15	15 - 30	30 - 45		(η_H)	(η_B)	(η_S)	(η_R)			qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²		Su (kPa)	Su (kPa)	Dr %	φ°	φ°	φ°	Su (kPa)	φ°
0.00 - 0.45																						
1.00 - 1.45	6	4	3	7	1	1	1	0.75	5	1.0	0.57	1.0	0.8	4022	12	15	29.58	27.1	30.2	32.9	13	30
2.00 - 2.45	5	5	7	12	1	1	1	0.75	9	1.0	1.53	1.5	1.5	6894	20	19	38.73	28.1	33.4	35.4	20	32
3.00 - 3.45	7	8	11	19	1	1	1	0.75	14	1.0	2.87	2.3	2.6	10916	31	26	48.73	29.4	36.9	38.1	29	35
4.00 - 4.45	9	11	11	22	1	1	1	0.85	19	1.0	4.01	3.0	3.5	14324	41	32	55.83	30.5	39.3	40.0	36	37
5.00 - 5.45	8	8	11	19	1	1	1	0.85	16	1.0	3.36	2.5	2.9	12371	36	28	51.88	29.8	38.0	38.9	32	36
6.00 - 6.45	18	22	27	49	1	1	1	0.95	47	1.0	11.13	5.0	8.1	35657	102	66	88.08	37.4	50.5	48.6	84	46
7.00 - 7.45	23	34	40	74	1	1	1	0.95	70	1.0	17.19	6.0	11.6	53850	155	96	108.24	43.4	57.5	54.0	125	52
8.00 - 8.45																						

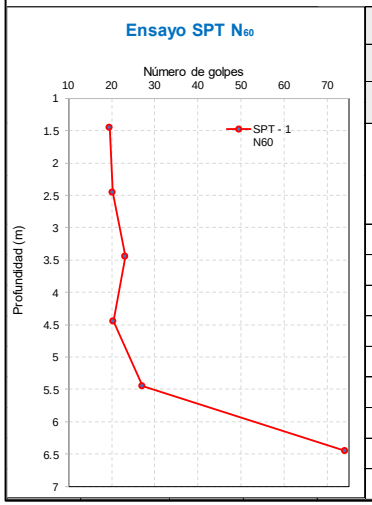
Tabla 3-16 Golpes registrados en ensayo SPT – 1.1, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados



COTA ALTITUDINAL PROMEDIO		m.s.n.m		CORRELACIONES GEOTECNICAS DE MATERIALES EN FUNCIÒN DEL NÙMERO DE GOLPES EN LA PERFORACIÒN
FLUJO DE AGUA			-	
COORDENADAS DE ENSAYO		X	580023	
		Y	9802167	

Profundidad (m)	SPT - 1.1			N	Factores de corrección				SPT - 1 N_{60}	Ancho B zapata asumdia	Fórmula de Bowels	Abaco Crespo Villalaz	Promedio	Mòdulo Elàstico (Kn/m²)	STROUD (1974)	AJAYI BALOGUN (1988)	Densidad relativa Dr (%) - Idriss & Boulanger (2003)	TERZAGUI PECK (1948)	Osaki (2005)	Dunham (2005)	TENDENCIA	TENDENCIA
	0 - 15	15 - 30	30 - 45		(η_H)	(η_B)	(η_S)	(η_R)			qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²		Su (kPa)	Su (kPa)	Dr %	φ°	φ°	φ°	Su (kPa)	φ°
0.00 - 0.45																						
1.00 - 1.45	7	6	7	13	1	1	1	0.75	10	1.0	1.72	1.8	1.7	7469	21	20	40.31	28.2	34.0	35.8	21	33
2.00 - 2.45	6	5	6	11	1	1	1	0.75	8	1.0	1.34	1.5	1.4	6320	18	19	37.08	27.9	32.8	34.9	18	32
3.00 - 3.45																						
4.00 - 4.45																						
5.00 - 5.45																						
6.00 - 6.45																						
7.00 - 7.45																						
8.00 - 8.45																						

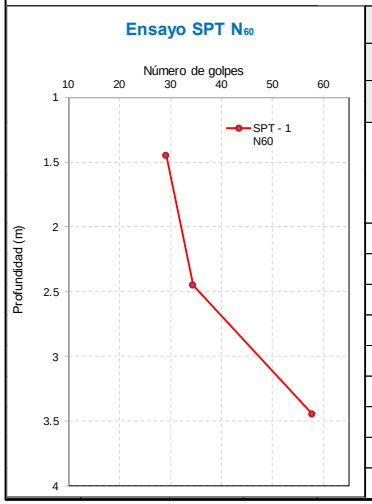
Tabla 3-17 Golpes registrados en ensayo SPT – 2, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados



COTA ALTITUDINAL PROMEDIO		m.s.n.m	77	CORRELACIONES GEOTECNICAS DE MATERIALES EN FUNCIÒN DEL NÙMERO DE GOLPES EN LA PERFORACIÒN
FLUJO DE AGUA			-	
COORDENADAS DE ENSAYO		X	579436	
		Y	9801578	

Profundidad (m)	SPT - 2			N	Factores de corrección				SPT - 1 N_{60}	Ancho B zapata asumdia	Fórmula de Bowels	Abaco Crespo Villalaz	Promedio	Mòdulo Elàstico (Kn/m²)	STROUD (1974)	AJAYI BALOGUN (1988)	Densidad relativa Dr (%) - Idriss & Boulanger (2003)	TERZAGUI PECK (1948)	Osaki (2005)	Dunham (2005)	TENDENCIA	TENDENCIA
	0 - 15	15 - 30	30 - 45		(η_H)	(η_B)	(η_S)	(η_R)			qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²		Su (kPa)	Su (kPa)	Dr %	φ°	φ°	φ°	Su (kPa)	φ°
0.00 - 0.45																						
1.00 - 1.45	8	11	15	26	1	1	1	0.75	20	1.0	4.21	3.0	3.6	14937	43	33	57.01	30.7	39.7	40.3	38	37
2.00 - 2.45	8	12	15	27	1	1	1	0.75	20	1.0	4.41	3.0	3.7	15512	45	34	58.09	30.9	40.1	40.6	39	37
3.00 - 3.45	12	15	16	31	1	1	1	0.75	23	1.0	5.17	3.3	4.2	17810	51	37	62.25	31.6	41.6	41.7	44	38
4.00 - 4.45	10	6	18	24	1	1	1	0.85	20	1.0	4.44	2.8	3.6	15626	45	34	58.31	30.9	40.2	40.6	39	37
5.00 - 5.45	12	13	19	32	1	1	1	0.85	27	1.0	6.18	3.5	4.8	20835	60	42	67.33	32.6	43.3	43.1	51	40
6.00 - 6.45	22	30	48	78	1	1	1	0.95	74	1.0	18.16	5.7	11.9	56761	163	101	111.13	44.3	58.5	54.8	132	53
7.00 - 7.45																						
8.00 - 8.45																						

Tabla 3-18 Golpes registrados en ensayo SPT – 3, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados

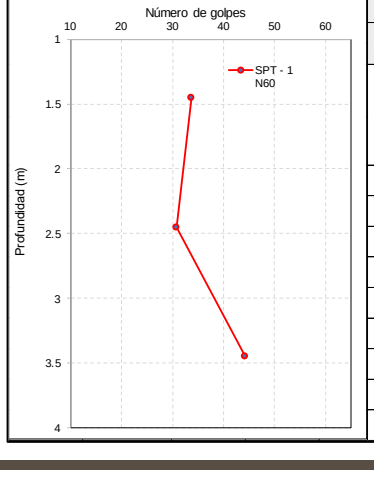


COTA ALTITUDINAL PROMEDIO	m.s.n.m	76
FLUJO DE AGUA		-
COORDENADAS DE ENSAYO	X	579155
	Y	9801337

CORRELACIONES GEOTECNICAS DE MATERIALES EN FUNCIÒN DEL NÙMERO DE GOLPES EN LA PERFORACIÒN

Profundidad (m)	SPT - 3			N	Factores de corrección				SPT - 1 N_{60}	Ancho B zapata asumdia	Fórmula de Bowels	Abaco Crespo Villalaz	Promedio	Módulo Elàstico (Kn/m²)	STROUD (1974)	AJAYI BALOGUN (1988)	Densidad relativa Dr (%) - Idriss & Boulanger (2003)	TERZAGUI PECK (1948)	Osaki (2005)	Dunham (2005)	TENDENCIA	TENDENCIA
	0 - 15	15 - 30	30 - 45		(η_H)	(η_B)	(η_S)	(η_R)			qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²		Su (kPa)	Su (kPa)	Dr %	φ°	φ°	φ°	Su (kPa)	φ°
0.00 - 0.45																						
1.00 - 1.45	14	17	22	39	1	1	1	0.75	29	1.0	6.71	4.0	5.4	22406	64	45	69.82	33.1	44.2	43.7	55	40
2.00 - 2.45	13	20	26	46	1	1	1	0.75	35	1.0	8.05	3.0	5.5	26427	76	51	75.83	34.4	46.3	45.3	64	42
3.00 - 3.45	25	31	46	77	1	1	1	0.75	58	1.0	13.99	3.8	8.9	44237	127	80	98.11	40.2	54.0	51.3	104	49
4.00 - 4.45																						
5.00 - 5.45																						
6.00 - 6.45																						
7.00 - 7.45																						
8.00 - 8.45																						

Tabla 3-19 Golpes registrados en ensayo SPT – 3.1, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados

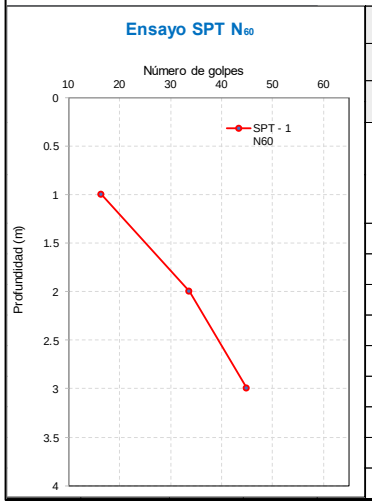


COTA ALTITUDINAL PROMEDIO	m.s.n.m	76
FLUJO DE AGUA		-
COORDENADAS DE ENSAYO	X	579155
	Y	9801337

CORRELACIONES GEOTECNICAS DE MATERIALES EN FUNCIÒN DEL NÙMERO DE GOLPES EN LA PERFORACIÒN

Profundidad (m)	SPT - 3.1			N	Factores de corrección				SPT - 1 N_{60}	Ancho B zapata asumdia	Fórmula de Bowels	Abaco Crespo Villalaz	Promedio	Módulo Elàstico (Kn/m²)	STROUD (1974)	AJAYI BALOGUN (1988)	Densidad relativa Dr (%) - Idriss & Boulanger (2003)	TERZAGUI PECK (1948)	Osaki (2005)	Dunham (2005)	TENDENCIA	TENDENCIA
	0 - 15	15 - 30	30 - 45		(η_H)	(η_B)	(η_S)	(η_R)			qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²		Su (kPa)	Su (kPa)	Dr %	φ°	φ°	φ°	Su (kPa)	φ°
0.00 - 0.45																						
1.00 - 1.45	21	22	23	45	1	1	1	0.75	34	1.0	7.86	2.8	5.3	25853	74	50	75.00	34.2	46.0	45.1	62	42
2.00 - 2.45	15	18	23	41	1	1	1	0.75	31	1.0	7.09	2.8	4.9	23555	68	47	71.59	33.5	44.8	44.2	57	41
3.00 - 3.45	19	24	35	59	1	1	1	0.75	44	1.0	10.54	3.3	6.9	33896	97	64	85.88	36.9	49.7	48.0	80	45
4.00 - 4.45																						
5.00 - 5.45																						
6.00 - 6.45																						
7.00 - 7.45																						
8.00 - 8.45																						

Tabla 3-20 Golpes registrados en ensayo SPT – 4, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados

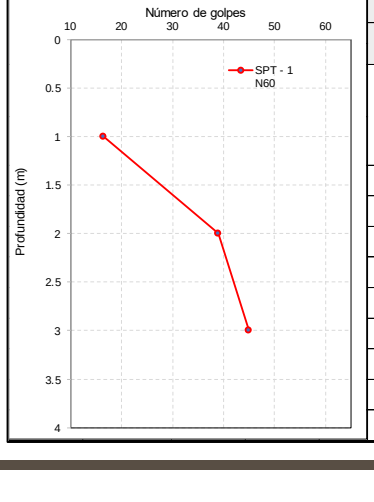


COTA ALTITUDINAL PROMEDIO		m.s.n.m	79
FLUJO DE AGUA			-
COORDENADAS DE ENSAYO		X	578811
		Y	9801012

CORRELACIONES GEOTECNICAS DE MATERIALES EN FUNCIÒN DEL NÙMERO DE GOLPES EN LA PERFORACIÒN

Profundidad (m)	SPT - 4			N	Factores de corrección				SPT - 1 N_{60}	Ancho B zapata asumdia	Fórmula de Bowels	Abaco Crespo Villalaz	Promedio	Mòdulo Elàstico (Kn/m²)	STROUD (1974)	AJAYI BALOGUN (1988)	Densidad relativa Dr (%) - Idriss & Boulanger (2003)	TERZAGUI PECK (1948)	Osaki (2005)	Dunham (2005)	TENDENCIA	TENDENCIA
	0 - 15	15 - 30	30 - 45		(η_H)	(η_B)	(η_S)	(η_R)			qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²		Su (kPa)	Su (kPa)	Dr %	φ°	φ°	φ°	Su (kPa)	φ°
0.00 - 0.45																						
0.50 - 1.00	7	9	13	22	1	1	1	0.75	17	1.0	3.45	2.8	3.1	12639	36	29	52.44	29.9	38.2	39.1	33	36
1.50 - 2.00	10	20	25	45	1	1	1	0.75	34	1.0	7.86	4.3	6.1	25853	74	50	75.00	34.2	46.0	45.1	62	42
2.50 - 3.00			60	60	1	1	1	0.75	45	1.0	10.73	5.0	7.9	34470	99	64	86.60	37.1	50.0	48.2	82	45
3.50 - 4.00																						
4.50 - 5.00																						
5.50 - 6.00																						
6.50 - 7.00																						
7.50 - 8.00																						

Tabla 3-21 Golpes registrados en ensayo SPT – 4.1, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados

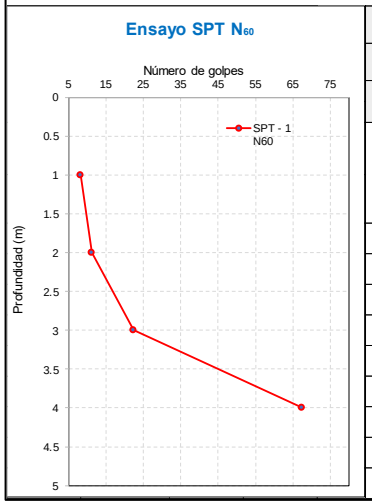


COTA ALTITUDINAL PROMEDIO		m.s.n.m	79
FLUJO DE AGUA			-
COORDENADAS DE ENSAYO		X	578811
		Y	9801012

CORRELACIONES GEOTECNICAS DE MATERIALES EN FUNCIÒN DEL NÙMERO DE GOLPES EN LA PERFORACIÒN

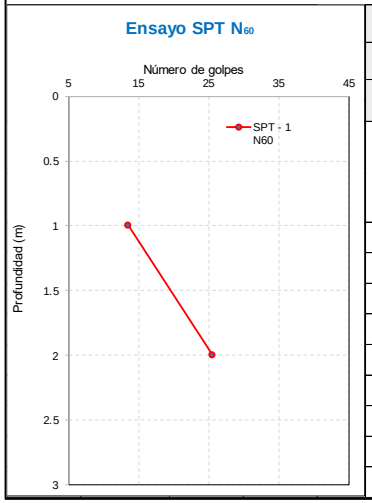
Profundidad (m)	SPT - 4.1			N	Factores de corrección				SPT - 1 N_{60}	Ancho B zapata asumdia	Fórmula de Bowels	Abaco Crespo Villalaz	Promedio	Mòdulo Elàstico (Kn/m²)	STROUD (1974)	AJAYI BALOGUN (1988)	Densidad relativa Dr (%) - Idriss & Boulanger (2003)	TERZAGUI PECK (1948)	Osaki (2005)	Dunham (2005)	TENDENCIA	TENDENCIA
	0 - 15	15 - 30	30 - 45		(η_H)	(η_B)	(η_S)	(η_R)			qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²		Su (kPa)	Su (kPa)	Dr %	φ°	φ°	φ°	Su (kPa)	φ°
0.00 - 0.45																						
0.50 - 1.00	5	10	12	22	1	1	1	0.75	17	1.0	3.45	2.8	3.1	12639	36	29	52.44	29.9	38.2	39.1	33	36
1.50 - 2.00	20	22	30	52	1	1	1	0.75	39	1.0	9.20	4.5	6.8	29874	86	57	80.62	35.6	47.9	46.6	71	43
2.50 - 3.00	25		60	60	1	1	1	0.75	45	1.0	10.73	5.0	7.9	34470	99	64	86.60	37.1	50.0	48.2	82	45
3.50 - 4.00																						
4.50 - 5.00																						
5.50 - 6.00																						
6.50 - 7.00																						
7.50 - 8.00																						

Tabla 3-22 Golpes registrados en ensayo SPT – 5, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados



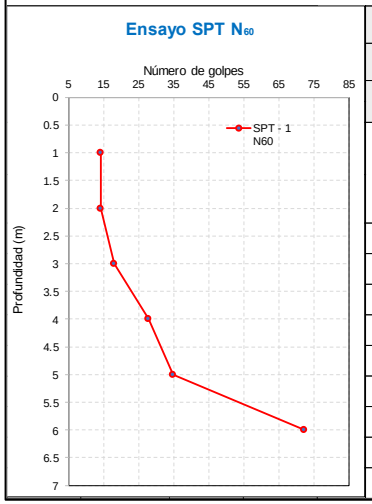
COTA ALTITUDINAL PROMEDIO			m.s.n.m	65	CORRELACIONES GEOTECNICAS DE MATERIALES EN FUNCIÒN DEL NÙMERO DE GOLPES EN LA PERFORACIÒN																		
FLUJO DE AGUA				-																			
COORDENADAS DE ENSAYO			X	578360																			
			Y	9800594																			
Profundidad (m)	SPT - 5			N	Factores de corrección				SPT - 1 N_{60}	Ancho B zapata asumdia	Fórmula de Bowels	Abaco Crespo Villalaz	Promedio	Mòdulo Elàstico (Kn/m²)	STROUD (1974)	AJAYI BALOGUN (1988)	Densidad relativa Dr (%) - Idriss & Boulanger (2003)	TERZAGUI PECK (1948)	Osaki (2005)	Dunham (2005)	TENDENCIA	TENDENCIA
	0 - 15	15 - 30	30 - 45		(η_H)	(η_B)	(η_S)	(η_R)			qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²		Su (kPa)	Su (kPa)	Dr %	φ°	φ°	φ°	Su (kPa)	φ°
0.00 - 0.45																						
0.50 - 1.00	4	5	6	11	1	1	1	0.75	8	1.0	1.34	1.5	1.4	6320	18	19	37.08	27.9	32.8	34.9	18	32
1.50 - 2.00	5	6	9	15	1	1	1	0.75	11	1.0	2.11	2.0	2.1	8618	25	22	43.30	28.6	35.0	36.6	24	33
2.50 - 3.00	9	12	18	30	1	1	1	0.75	23	1.0	4.98	3.3	4.1	17235	50	36	61.24	31.4	41.2	41.4	43	38
3.50 - 4.00	12	30	60	90	1	1	1	0.75	68	1.0	16.48	6.0	11.2	51705	149	93	106.07	42.7	56.7	53.5	121	51
4.50 - 5.00																						
5.50 - 6.00																						
6.50 - 7.00																						
7.50 - 8.00																						

Tabla 3-23 Golpes registrados en ensayo SPT – 5.1, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados



COTA ALTITUDINAL PROMEDIO			m.s.n.m	65	CORRELACIONES GEOTECNICAS DE MATERIALES EN FUNCIÒN DEL NÙMERO DE GOLPES EN LA PERFORACIÒN																		
FLUJO DE AGUA				-																			
COORDENADAS DE ENSAYO			X	578360																			
			Y	9800594																			
Profundidad (m)	SPT - 5.1			N	Factores de corrección				SPT - 1 N_{60}	Ancho B zapata asumdia	Fórmula de Bowels	Abaco Crespo Villalaz	Promedio	Mòdulo Elàstico (Kn/m²)	STROUD (1974)	AJAYI BALOGUN (1988)	Densidad relativa Dr (%) - Idriss & Boulanger (2003)	TERZAGUI PECK (1948)	Osaki (2005)	Dunham (2005)	TENDENCIA	TENDENCIA
	0 - 15	15 - 30	30 - 45		(η_H)	(η_B)	(η_S)	(η_R)			qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²		Su (kPa)	Su (kPa)	Dr %	φ°	φ°	φ°	Su (kPa)	φ°
0.00 - 0.45																						
0.50 - 1.00	6	7	11	18	1	1	1	0.75	14	1.0	2.68	2.5	2.6	10341	30	25	47.43	29.2	36.4	37.7	27	34
1.50 - 2.00	11	14	20	34	1	1	1	0.75	26	1.0	5.75	3.5	4.6	19533	56	40	65.19	32.2	42.6	42.5	48	39
2.50 - 3.00																						
3.50 - 4.00																						
4.50 - 5.00																						
5.50 - 6.00																						
6.50 - 7.00																						
7.50 - 8.00																						

Tabla 3-24 Golpes registrados en ensayo SPT – 6, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados

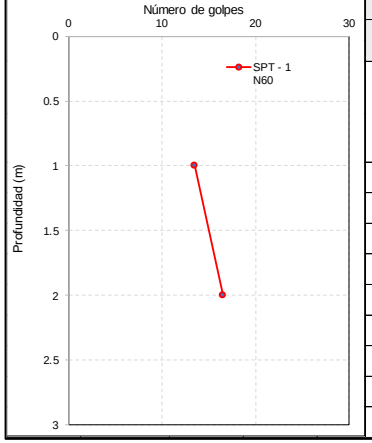


COTA ALTITUDINAL PROMEDIO	m.s.n.m	68
FLUJO DE AGUA		-
COORDENADAS DE ENSAYO	X	576230
	Y	9799753

CORRELACIONES GEOTECNICAS DE MATERIALES EN FUNCIÒN DEL NÙMERO DE GOLPES EN LA PERFORACIÒN

Profundidad (m)	SPT - 6			N	Factores de corrección				SPT - 1 N_{60}	Ancho B zapata asumdia	Fórmula de Bowels	Abaco Crespo Villalaz	Promedio	Mòdulo Elàstico (Kn/m²)	STROUD (1974)	AJAYI BALOGUN (1988)	Densidad relativa Dr (%) - Idriss & Boulanger (2003)	TERZAGUI PECK (1948)	Osaki (2005)	Dunham (2005)	TENDENCIA	TENDENCIA
	0 - 15	15 - 30	30 - 45		(η_H)	(η_B)	(η_S)	(η_R)			qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²		Su (kPa)	Su (kPa)	Dr %	φ°	φ°	φ°	Su (kPa)	φ°
0.00 - 0.45																						
0.50 - 1.00	6	8	11	19	1	1	1	0.75	14	1.0	2.87	2.5	2.7	10916	31	26	48.73	29.4	36.9	38.1	29	35
1.50 - 2.00	7	8	11	19	1	1	1	0.75	14	1.0	2.87	2.5	2.7	10916	31	26	48.73	29.4	36.9	38.1	29	35
2.50 - 3.00	5	10	14	24	1	1	1	0.75	18	1.0	3.83	3.0	3.4	13788	40	31	54.77	30.3	39.0	39.7	35	36
3.50 - 4.00	8	17	20	37	1	1	1	0.75	28	1.0	6.32	4.0	5.2	21257	61	43	68.01	32.7	43.6	43.2	52	40
4.50 - 5.00	12	19	22	41	1	1	1	0.85	35	1.0	8.14	4.5	6.3	26695	77	52	76.21	34.5	46.4	45.4	64	42
5.50 - 6.00	39	45	40	85	1	1	1	0.85	72	1.0	17.69	6.0	11.8	55344	159	99	109.73	43.9	58.0	54.4	129	52
6.50 - 7.00																						
7.50 - 8.00																						

Tabla 3-25 Golpes registrados en ensayo SPT – 7, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados

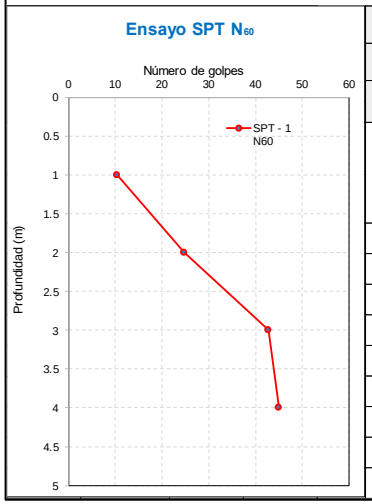


COTA ALTITUDINAL PROMEDIO	m.s.n.m	74
FLUJO DE AGUA		-
COORDENADAS DE ENSAYO	X	575581
	Y	9799485

CORRELACIONES GEOTECNICAS DE MATERIALES EN FUNCIÒN DEL NÙMERO DE GOLPES EN LA PERFORACIÒN

Profundidad (m)	SPT - 7			N	Factores de corrección				SPT - 1 N_{60}	Ancho B zapata asumdia	Fórmula de Bowels	Abaco Crespo Villalaz	Promedio	Mòdulo Elàstico (Kn/m²)	STROUD (1974)	AJAYI BALOGUN (1988)	Densidad relativa Dr (%) - Idriss & Boulanger (2003)	TERZAGUI PECK (1948)	Osaki (2005)	Dunham (2005)	TENDENCIA	TENDENCIA
	0 - 15	15 - 30	30 - 45		(η_H)	(η_B)	(η_S)	(η_R)			qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²		Su (kPa)	Su (kPa)	Dr %	φ°	φ°	φ°	Su (kPa)	φ°
0.00 - 0.45																						
0.50 - 1.00	6	8	10	18	1	1	1	0.75	14	1.0	2.68	2.5	2.6	10341	30	25	47.43	29.2	36.4	37.7	27	34
1.50 - 2.00	8	10	12	22	1	1	1	0.75	17	1.0	3.45	2.8	3.1	12639	36	29	52.44	29.9	38.2	39.1	33	36
2.50 - 3.00																						
3.50 - 4.00																						
4.50 - 5.00																						
5.50 - 6.00																						
6.50 - 7.00																						
7.50 - 8.00																						

Tabla 3-26 Golpes registrados en ensayo SPT – 7.1, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados

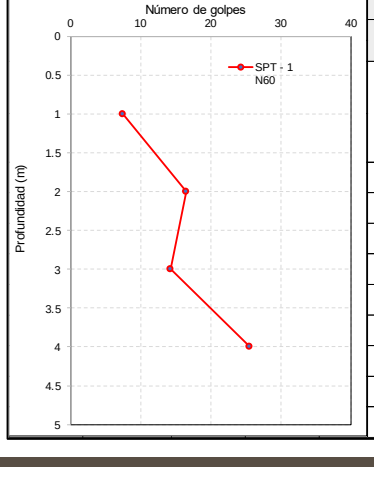


COTA ALTITUDINAL PROMEDIO			m.s.n.m	74
FLUJO DE AGUA				-
COORDENADAS DE ENSAYO			X	575581
			Y	9799485

CORRELACIONES GEOTECNICAS DE MATERIALES EN FUNCIÒN DEL NÙMERO DE GOLPES EN LA PERFORACIÒN

Profundidad (m)	SPT - 7.1			N	Factores de corrección				SPT - 1 N_{60}	Ancho B zapata asumdia	Fórmula de Bowels	Abaco Crespo Villalaz	Promedio	Mòdulo Elàstico (Kn/m²)	STROUD (1974)	AJAYI BALOGUN (1988)	Densidad relativa Dr (%) - Idriss & Boulanger (2003)	TERZAGUI PECK (1948)	Osaki (2005)	Dunham (2005)	TENDENCIA	TENDENCIA
	0 - 15	15 - 30	30 - 45		(η_H)	(η_B)	(η_S)	(η_R)			qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²		Su (kPa)	Su (kPa)	Dr %	φ°	φ°	φ°	Su (kPa)	φ°
0.00 - 0.45																						
0.50 - 1.00	7	7	7	14	1	1	1	0.75	11	1.0	1.92	2.0	2.0	8043	23	21	41.83	28.4	34.5	36.2	22	33
1.50 - 2.00	9	13	20	33	1	1	1	0.75	25	1.0	5.56	3.5	4.5	18959	54	39	64.23	32.0	42.2	42.2	47	39
2.50 - 3.00	15	26	31	57	1	1	1	0.75	43	1.0	10.15	4.8	7.5	32747	94	62	84.41	36.5	49.2	47.6	78	44
3.50 - 4.00			60	60	1	1	1	0.75	45	1.0	10.73	5.0	7.9	34470	99	64	86.60	37.1	50.0	48.2	82	45
4.50 - 5.00																						
5.50 - 6.00																						
6.50 - 7.00																						
7.50 - 8.00																						

Tabla 3-27 Golpes registrados en ensayo SPT – 8, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados

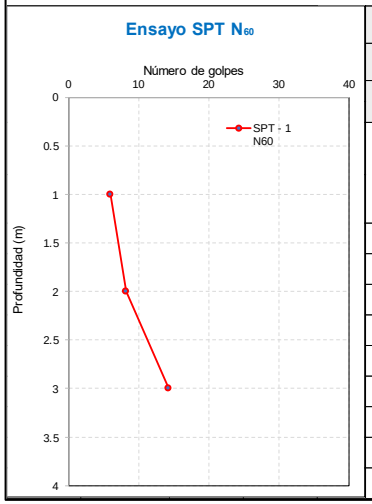


COTA ALTITUDINAL PROMEDIO			m.s.n.m	80
FLUJO DE AGUA				-
COORDENADAS DE ENSAYO			X	575297
			Y	9799382

CORRELACIONES GEOTECNICAS DE MATERIALES EN FUNCIÒN DEL NÙMERO DE GOLPES EN LA PERFORACIÒN

Profundidad (m)	SPT - 8			N	Factores de corrección				SPT - 1 N_{60}	Ancho B zapata asumdia	Fórmula de Bowels	Abaco Crespo Villalaz	Promedio	Mòdulo Elàstico (Kn/m²)	STROUD (1974)	AJAYI BALOGUN (1988)	Densidad relativa Dr (%) - Idriss & Boulanger (2003)	TERZAGUI PECK (1948)	Osaki (2005)	Dunham (2005)	TENDENCIA	TENDENCIA
	0 - 15	15 - 30	30 - 45		(η_H)	(η_B)	(η_S)	(η_R)			qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²		Su (kPa)	Su (kPa)	Dr %	φ°	φ°	φ°	Su (kPa)	φ°
0.00 - 0.45																						
0.50 - 1.00	4	4	6	10	1	1	1	0.75	8	1.0	1.15	2.0	1.6	5745	17	18	35.36	27.7	32.2	34.5	17	31
1.50 - 2.00	7	9	13	22	1	1	1	0.75	17	1.0	3.45	3.5	3.5	12639	36	29	52.44	29.9	38.2	39.1	33	36
2.50 - 3.00	6	9	10	19	1	1	1	0.75	14	1.0	2.87	4.8	3.8	10916	31	26	48.73	29.4	36.9	38.1	29	35
3.50 - 4.00	11	14	20	34	1	1	1	0.75	26	1.0	5.75	5.0	5.4	19533	56	40	65.19	32.2	42.6	42.5	48	39
4.50 - 5.00	10	15	21																			
5.50 - 6.00	10	13	18																			
6.50 - 7.00			60																			
7.50 - 8.00																						

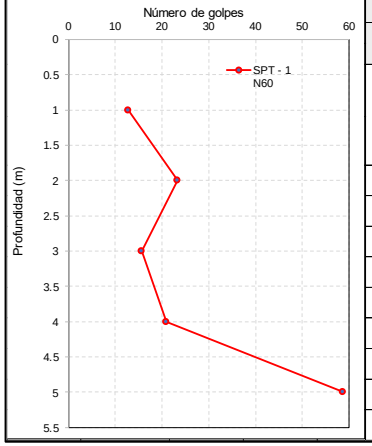
Tabla 3-28 Golpes registrados en ensayo SPT – 8.1, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados



COTA ALTITUDINAL PROMEDIO	m.s.n.m	80	CORRELACIONES GEOTECNICAS DE MATERIALES EN FUNCIÒN DEL NÙMERO DE GOLPES EN LA PERFORACIÒN
FLUJO DE AGUA		-	
COORDENADAS DE ENSAYO	X	575295	
	Y	9799382	

Profundidad (m)	SPT - 8.1			N	Factores de corrección				SPT - 1 N_{60}	Ancho B zapata asumdia	Fórmula de Bowels	Abaco Crespo Villalaz	Promedio	Mòdulo Elàstico (Kn/m²)	STROUD (1974)	AJAYI BALOGUN (1988)	Densidad relativa Dr (%) - Idriss & Boulanger (2003)	TERZAGUI PECK (1948)	Osaki (2005)	Dunham (2005)	TENDENCIA	TENDENCIA
	0 - 15	15 - 30	30 - 45		(η_H)	(η_B)	(η_S)	(η_R)			qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²		Su (kPa)	Su (kPa)	Dr %	φ°	φ°	φ°	Su (kPa)	φ°
0.00 - 0.45																						
0.50 - 1.00	3	3	5	8	1	1	1	0.75	6	1.0	0.77	0.7	0.7	4596	13	16	31.62	27.3	31.0	33.5	14	31
1.50 - 2.00	5	5	6	11	1	1	1	0.75	8	1.0	1.34	1.5	1.4	6320	18	19	37.08	27.9	32.8	34.9	18	32
2.50 - 3.00	8	9	10	19	1	1	1	0.75	14	1.0	2.87	2.3	2.6	10916	31	26	48.73	29.4	36.9	38.1	29	35
3.50 - 4.00																						
4.50 - 5.00																						
5.50 - 6.00																						
6.50 - 7.00																						
7.50 - 8.00																						

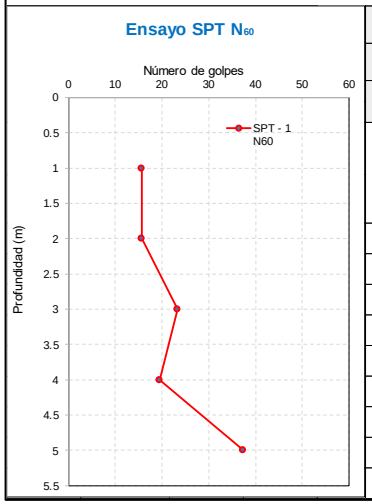
Tabla 3-29 Golpes registrados en ensayo SPT – 9, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados



COTA ALTITUDINAL PROMEDIO	m.s.n.m	98	CORRELACIONES GEOTECNICAS DE MATERIALES EN FUNCIÒN DEL NÙMERO DE GOLPES EN LA PERFORACIÒN
FLUJO DE AGUA		-	
COORDENADAS DE ENSAYO	X	571604	
	Y	9796739	

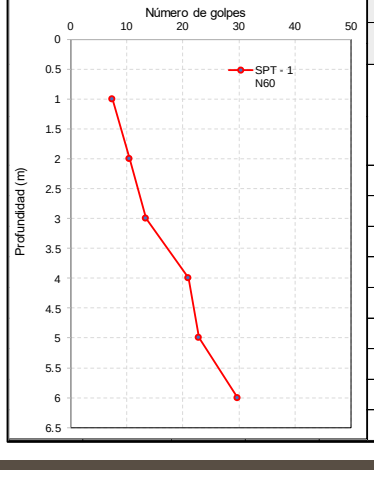
Profundidad (m)	SPT - 9			N	Factores de corrección				SPT - 1 N_{60}	Ancho B zapata asumdia	Fórmula de Bowels	Abaco Crespo Villalaz	Promedio	Mòdulo Elàstico (Kn/m²)	STROUD (1974)	AJAYI BALOGUN (1988)	Densidad relativa Dr (%) - Idriss & Boulanger (2003)	TERZAGUI PECK (1948)	Osaki (2005)	Dunham (2005)	TENDENCIA	TENDENCIA
	0 - 15	15 - 30	30 - 45		(η_H)	(η_B)	(η_S)	(η_R)			qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²		Su (kPa)	Su (kPa)	Dr %	φ°	φ°	φ°	Su (kPa)	φ°
0.00 - 0.45																						
0.50 - 1.00	7	8	9	17	1	1	1	0.75	13	1.0	2.49	2.5	2.5	9767	28	24	46.10	29.0	36.0	37.4	26	34
1.50 - 2.00	13	15	16	31	1	1	1	0.75	23	1.0	5.17	3.5	4.3	17810	51	37	62.25	31.6	41.6	41.7	44	38
2.50 - 3.00	10	10	11	21	1	1	1	0.75	16	1.0	3.26	2.5	2.9	12065	35	28	51.23	29.7	37.7	38.7	31	35
3.50 - 4.00	9	13	15	28	1	1	1	0.75	21	1.0	4.60	3.0	3.8	16086	46	34	59.16	31.1	40.5	40.9	40	37
4.50 - 5.00	23	30	39	69	1	1	1	0.85	59	1.0	14.22	5.5	9.9	44926	129	82	98.87	40.5	54.2	51.5	105	49
5.50 - 6.00																						
6.50 - 7.00																						
7.50 - 8.00																						

Tabla 3-30 Golpes registrados en ensayo SPT – 9.1, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados



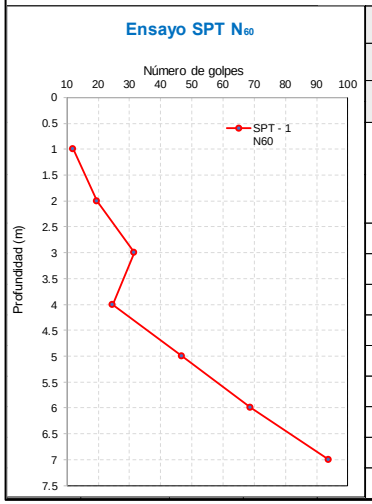
COTA ALTITUDINAL PROMEDIO			m.s.n.m	98																				
FLUJO DE AGUA				-																				
COORDENADAS DE ENSAYO			X	571590																				
			Y	9796739																				
Profundidad (m)	SPT - 9.1			N	Factores de corrección				SPT - 1 N_{60}	Ancho B zapata asumdia	Fórmula de Bowels	Abaco Crespo Villalaz	Promedio	Módulo Elàstico (Kn/m²)	STROUD (1974)	AJAYI BALOGUN (1988)	Densidad relativa Dr (%) - Idriss & Boulanger (2003)	TERZAGUI PECK (1948)	Osaki (2005)	Dunham (2005)	TENDENCIA	TENDENCIA
	0 - 15	15 - 30	30 - 45		(η_H)	(η_B)	(η_S)	(η_R)			qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²		Su (kPa)	Su (kPa)	Dr %	φ°	φ°	φ°	Su (kPa)	φ°
0.00 - 0.45																						
0.50 - 1.00	10	10	11	21	1	1	1	0.75	16	1.0	3.26	2.5	2.9	12065	35	28	51.23	29.7	37.7	38.7	31	35
1.50 - 2.00	7	8	13	21	1	1	1	0.75	16	1.0	3.26	2.5	2.9	12065	35	28	51.23	29.7	37.7	38.7	31	35
2.50 - 3.00	10	14	17	31	1	1	1	0.75	23	1.0	5.17	3.5	4.3	17810	51	37	62.25	31.6	41.6	41.7	44	38
3.50 - 4.00	10	11	15	26	1	1	1	0.75	20	1.0	4.21	3.0	3.6	14937	43	33	57.01	30.7	39.7	40.3	38	37
4.50 - 5.00	18	20	24	44	1	1	1	0.85	37	1.0	8.79	4.5	6.6	28648	82	55	78.95	35.2	47.3	46.2	69	43
5.50 - 6.00																						
6.50 - 7.00																						
7.50 - 8.00																						

Tabla 3-31 Golpes registrados en ensayo SPT – 10, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados



COTA ALTITUDINAL PROMEDIO			m.s.n.m	92																				
FLUJO DE AGUA				-																				
COORDENADAS DE ENSAYO			X	571560																				
			Y	9796710																				
Profundidad (m)	SPT - 10			N	Factores de corrección				SPT - 1 N_{60}	Ancho B zapata asumdia	Fórmula de Bowels	Abaco Crespo Villalaz	Promedio	Módulo Elàstico (Kn/m²)	STROUD (1974)	AJAYI BALOGUN (1988)	Densidad relativa Dr (%) - Idriss & Boulanger (2003)	TERZAGUI PECK (1948)	Osaki (2005)	Dunham (2005)	TENDENCIA	TENDENCIA
	0 - 15	15 - 30	30 - 45		(η_H)	(η_B)	(η_S)	(η_R)			qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²		Su (kPa)	Su (kPa)	Dr %	φ°	φ°	φ°	Su (kPa)	φ°
0.00 - 0.45																						
0.50 - 1.00	5	5	5	10	1	1	1	0.75	8	1.0	1.15	1.5	1.3	5745	17	18	35.36	27.7	32.2	34.5	17	31
1.50 - 2.00	5	7	7	14	1	1	1	0.75	11	1.0	1.92	1.5	1.7	8043	23	21	41.83	28.4	34.5	36.2	22	33
2.50 - 3.00	6	8	10	18	1	1	1	0.75	14	1.0	2.68	2.5	2.6	10341	30	25	47.43	29.2	36.4	37.7	27	34
3.50 - 4.00	10	13	15	28	1	1	1	0.75	21	1.0	4.60	2.5	3.5	16086	46	34	59.16	31.1	40.5	40.9	40	37
4.50 - 5.00	10	13	14	27	1	1	1	0.85	23	1.0	5.10	2.3	3.7	17580	50	37	61.85	31.5	41.4	41.6	44	38
5.50 - 6.00	12	15	20	35	1	1	1	0.85	30	1.0	6.83	2.5	4.7	22789	65	45	70.42	33.2	44.4	43.9	55	41
6.50 - 7.00																						
7.50 - 8.00																						

Tabla 3-32 Golpes registrados en ensayo SPT – 10.1, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados

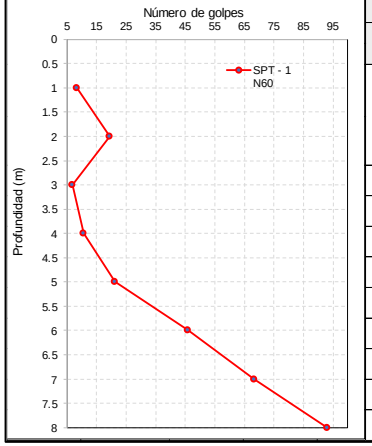


COTA ALTITUDINAL PROMEDIO	m.s.n.m	92
FLUJO DE AGUA		-
COORDENADAS DE ENSAYO	X	571577
	Y	9796707

CORRELACIONES GEOTECNICAS DE MATERIALES EN FUNCIÒN DEL NÙMERO DE GOLPES EN LA PERFORACIÒN

Profundidad (m)	SPT - 10.1			N	Factores de corrección				SPT - 1 N_{60}	Ancho B zapata asumdia	Fórmula de Bowels	Abaco Crespo Villalaz	Promedio	Mòdulo Elàstico (Kn/m²)	STROUD (1974)	AJAYI BALOGUN (1988)	Densidad relativa Dr (%) - Idriss & Boulanger (2003)	TERZAGUI PECK (1948)	Osaki (2005)	Dunham (2005)	TENDENCIA	TENDENCIA
	0 - 15	15 - 30	30 - 45		(η_H)	(η_B)	(η_S)	(η_R)			qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²		Su (kPa)	Su (kPa)	Dr %	φ°	φ°	φ°	Su (kPa)	φ°
0.00 - 0.45																						
0.50 - 1.00	6	7	9	16	1	1	1	0.75	12	1.0	2.30	2.0	2.1	9192	26	23	44.72	28.8	35.5	37.0	25	34
1.50 - 2.00	8	10	16	26	1	1	1	0.75	20	1.0	4.21	3.0	3.6	14937	43	33	57.01	30.7	39.7	40.3	38	37
2.50 - 3.00	9	17	25	42	1	1	1	0.75	32	1.0	7.28	4.0	5.6	24129	69	48	72.46	33.7	45.1	44.4	58	41
3.50 - 4.00	11	15	18	33	1	1	1	0.75	25	1.0	5.56	3.5	4.5	18959	54	39	64.23	32.0	42.2	42.2	47	39
4.50 - 5.00	29	28	27	55	1	1	1	0.85	47	1.0	11.18	5.0	8.1	35811	103	67	88.27	37.5	50.6	48.7	85	46
5.50 - 6.00	23	36	45	81	1	1	1	0.85	69	1.0	16.82	4.0	10.4	52739	151	94	107.12	43.0	57.1	53.7	123	51
6.50 - 7.00	35	49	50	99	1	1	1	0.95	94	1.0	23.26	4.0	13.6	72042	207	126	125.20	49.3	63.4	58.6	166	57
7.50 - 8.00																						

Tabla 3-33 Golpes registrados en ensayo SPT – 11, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados

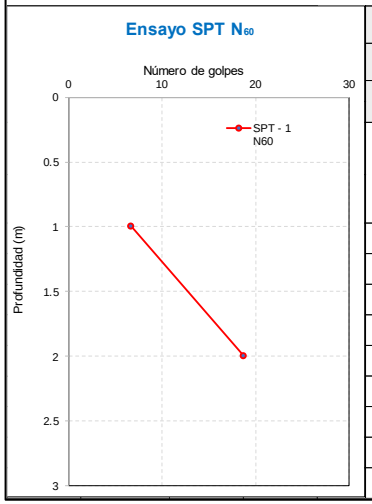


COTA ALTITUDINAL PROMEDIO	m.s.n.m	98
FLUJO DE AGUA		-
COORDENADAS DE ENSAYO	X	570681
	Y	9796362

CORRELACIONES GEOTECNICAS DE MATERIALES EN FUNCIÒN DEL NÙMERO DE GOLPES EN LA PERFORACIÒN

Profundidad (m)	SPT - 11			N	Factores de corrección				SPT - 1 N_{60}	Ancho B zapata asumdia	Fórmula de Bowels	Abaco Crespo Villalaz	Promedio	Mòdulo Elàstico (Kn/m²)	STROUD (1974)	AJAYI BALOGUN (1988)	Densidad relativa Dr (%) - Idriss & Boulanger (2003)	TERZAGUI PECK (1948)	Osaki (2005)	Dunham (2005)	TENDENCIA	TENDENCIA
	0 - 15	15 - 30	30 - 45		(η_H)	(η_B)	(η_S)	(η_R)			qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²		Su (kPa)	Su (kPa)	Dr %	φ°	φ°	φ°	Su (kPa)	φ°
0.00 - 0.45																						
0.50 - 1.00	4	5	6	11	1	1	1	0.75	8	1.0	1.34	1.5	1.4	6320	18	19	37.08	27.9	32.8	34.9	18	32
1.50 - 2.00	11	12	14	26	1	1	1	0.75	20	1.0	4.21	3.0	3.6	14937	43	33	57.01	30.7	39.7	40.3	38	37
2.50 - 3.00	4	4	5	9	1	1	1	0.75	7	1.0	0.96	0.8	0.9	5171	15	17	33.54	27.5	31.6	34.0	16	31
3.50 - 4.00	4	6	8	14	1	1	1	0.75	11	1.0	1.92	1.3	1.6	8043	23	21	41.83	28.4	34.5	36.2	22	33
4.50 - 5.00	8	11	14	25	1	1	1	0.85	21	1.0	4.66	3.0	3.8	16278	47	35	59.51	31.1	40.6	41.0	41	38
5.50 - 6.00	13	24	30	54	1	1	1	0.85	46	1.0	10.96	5.0	8.0	35159	101	66	87.46	37.3	50.3	48.5	83	45
6.50 - 7.00	28	35	37	72	1	1	1	0.95	68	1.0	16.71	6.0	11.4	52394	150	94	106.77	42.9	57.0	53.6	122	51
7.50 - 8.00	39	45	53	98	1	1	1	0.95	93	1.0	23.02	7.0	15.0	71315	205	125	124.57	49.1	63.2	58.4	165	57

Tabla 3-34 Golpes registrados en ensayo SPT – 11.1, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados

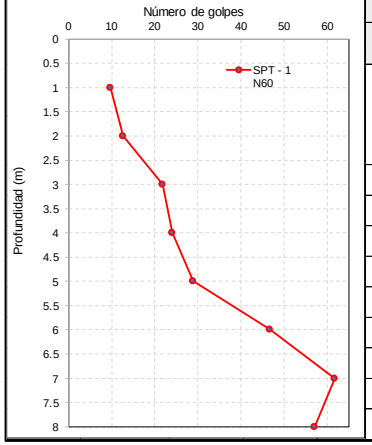


COTA ALTITUDINAL PROMEDIO	m.s.n.m	98
FLUJO DE AGUA		-
COORDENADAS DE ENSAYO	X	570681
	Y	9796362

CORRELACIONES GEOTECNICAS DE MATERIALES EN FUNCIÒN DEL NÙMERO DE GOLPES EN LA PERFORACIÒN

Profundidad (m)	SPT - 11.1			N	Factores de corrección				SPT - 1 N_{60}	Ancho B zapata asumdia	Fórmula de Bowels	Abaco Crespo Villalaz	Promedio	Mòdulo Elàstico (Kn/m²)	STROUD (1974)	AJAYI BALOGUN (1988)	Densidad relativa Dr (%) - Idriss & Boulanger (2003)	TERZAGUI PECK (1948)	Osaki (2005)	Dunham (2005)	TENDENCIA	TENDENCIA
	0 - 15	15 - 30	30 - 45		(η_H)	(η_B)	(η_S)	(η_R)			qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²		Su (kPa)	Su (kPa)	Dr %	φ°	φ°	φ°	Su (kPa)	φ°
0.00 - 0.45																						
0.50 - 1.00	3	4	5	9	1	1	1	0.75	7	1.0	0.96	1.3	1.1	5171	15	17	33.54	27.5	31.6	34.0	16	31
1.50 - 2.00	9	11	14	25	1	1	1	0.75	19	1.0	4.02	3.0	3.5	14363	41	32	55.90	30.5	39.4	40.0	36	37
2.50 - 3.00																						
3.50 - 4.00																						
4.50 - 5.00																						
5.50 - 6.00																						
6.50 - 7.00																						
7.50 - 8.00																						

Tabla 3-35 Golpes registrados en ensayo SPT – 15, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados

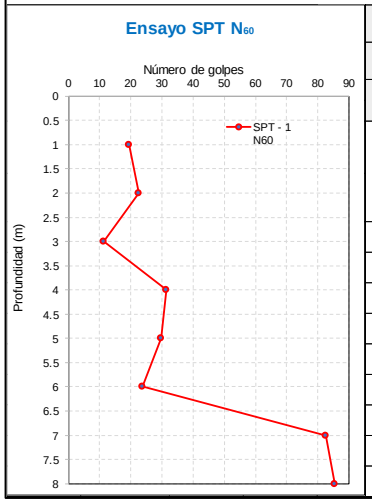


COTA ALTITUDINAL PROMEDIO	m.s.n.m	259
FLUJO DE AGUA		-
COORDENADAS DE ENSAYO	X	566866
	Y	9795193

CORRELACIONES GEOTECNICAS DE MATERIALES EN FUNCIÒN DEL NÙMERO DE GOLPES EN LA PERFORACIÒN

Profundidad (m)	SPT - 15			N	Factores de corrección				SPT - 1 N_{60}	Ancho B zapata asumdia	Fórmula de Bowels	Abaco Crespo Villalaz	Promedio	Mòdulo Elàstico (Kn/m²)	STROUD (1974)	AJAYI BALOGUN (1988)	Densidad relativa Dr (%) - Idriss & Boulanger (2003)	TERZAGUI PECK (1948)	Osaki (2005)	Dunham (2005)	TENDENCIA	TENDENCIA
	0 - 15	15 - 30	30 - 45		(η_H)	(η_B)	(η_S)	(η_R)			qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²		Su (kPa)	Su (kPa)	Dr %	φ°	φ°	φ°	Su (kPa)	φ°
0.00 - 0.45																						
0.50 - 1.00	8	7	6	13	1	1	1	0.75	10	1.0	1.72	1.8	1.8	7469	21	20	40.31	28.2	34.0	35.8	21	33
1.50 - 2.00	7	7	10	17	1	1	1	0.75	13	1.0	2.49	2.3	2.4	9767	28	24	46.10	29.0	36.0	37.4	26	34
2.50 - 3.00	6	10	19	29	1	1	1	0.75	22	1.0	4.79	3.3	4.0	16661	48	35	60.21	31.2	40.9	41.2	42	38
3.50 - 4.00	12	15	17	32	1	1	1	0.75	24	1.0	5.36	3.5	4.4	18384	53	38	63.25	31.8	41.9	42.0	46	39
4.50 - 5.00	10	16	18	34	1	1	1	0.85	29	1.0	6.62	4.0	5.3	22137	64	44	69.40	33.0	44.0	43.6	54	40
5.50 - 6.00	18	27	28	55	1	1	1	0.85	47	1.0	11.18	5.0	8.1	35811	103	67	88.27	37.5	50.6	48.7	85	46
6.50 - 7.00	28	30	35	65	1	1	1	0.95	62	1.0	15.01	5.0	10.0	47301	136	85	101.45	41.2	55.1	52.2	111	50
7.50 - 8.00	42	60		60	1	1	1	0.95	57	1.0	13.79	5.0	9.4	43662	125	79	97.47	40.1	53.8	51.2	102	48

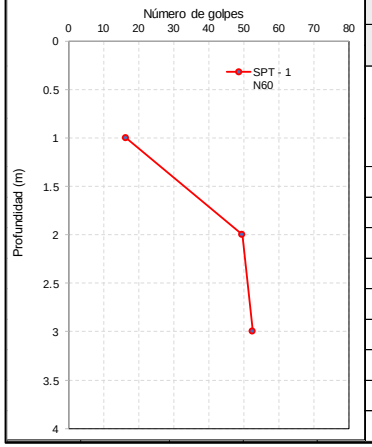
Tabla 3-36 Golpes registrados en ensayo SPT – 16, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados



COTA ALTITUDINAL PROMEDIO			m.s.n.m		CORRELACIONES GEOTECNICAS DE MATERIALES EN FUNCIÒN DEL NÙMERO DE GOLPES EN LA PERFORACIÒN
FLUJO DE AGUA				-	
COORDENADAS DE ENSAYO			X	565767	
			Y	9794938	

Profundidad (m)	SPT - 16			N	Factores de corrección				SPT - 1 N_{60}	Ancho B zapata asumdia	Fórmula de Bowels	Abaco Crespo Villalaz	Promedio	Módulo Elàstico (Kn/m²)	STROUD (1974)	AJAYI BALOGUN (1988)	Densidad relativa Dr (%) - Idriss & Boulanger (2003)	TERZAGUI PECK (1948)	Osaki (2005)	Dunham (2005)	TENDENCIA	TENDENCIA
	0 - 15	15 - 30	30 - 45		(η_H)	(η_B)	(η_S)	(η_R)			qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²		Su (kPa)	Su (kPa)	Dr %	φ°	φ°	φ°	Su (kPa)	φ°
0.00 - 0.45																						
0.50 - 1.00	10	12	14	26	1	1	1	0.75	20	1.0	4.21	3.0	3.6	14937	43	33	57.01	30.7	39.7	40.3	38	37
1.50 - 2.00	10	15	15	30	1	1	1	0.75	23	1.0	4.98	3.5	4.2	17235	50	36	61.24	31.4	41.2	41.4	43	38
2.50 - 3.00	7	7	8	15	1	1	1	0.75	11	1.0	2.11	1.8	2.0	8618	25	22	43.30	28.6	35.0	36.6	24	33
3.50 - 4.00	13	19	23	42	1	1	1	0.75	32	1.0	7.28	4.0	5.6	24129	69	48	72.46	33.7	45.1	44.4	58	41
4.50 - 5.00	10	15	20	35	1	1	1	0.85	30	1.0	6.83	4.0	5.4	22789	65	45	70.42	33.2	44.4	43.9	55	41
5.50 - 6.00	11	13	15	28	1	1	1	0.85	24	1.0	5.31	3.5	4.4	18231	52	38	62.98	31.8	41.8	41.9	45	38
6.50 - 7.00	23	40	47	87	1	1	1	0.95	83	1.0	20.35	6.5	13.4	63310	182	112	117.37	46.5	60.7	56.5	147	55
7.50 - 8.00	60			90	1	1	1	0.95	86	1.0	21.07	6.5	13.8	65493	188	115	119.37	47.2	61.4	57.0	152	55

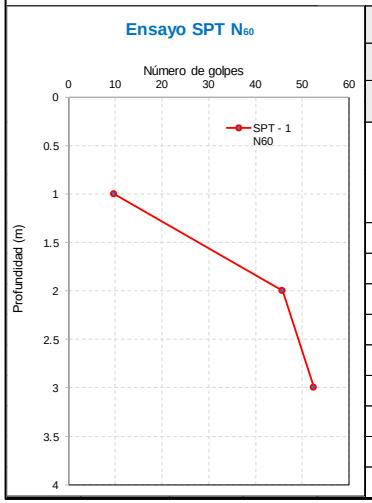
Tabla 3-37 Golpes registrados en ensayo SPT – 17, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados



COTA ALTITUDINAL PROMEDIO			m.s.n.m	279	CORRELACIONES GEOTECNICAS DE MATERIALES EN FUNCIÒN DEL NÙMERO DE GOLPES EN LA PERFORACIÒN
FLUJO DE AGUA				-	
COORDENADAS DE ENSAYO			X	565582	
			Y	9794702	

Profundidad (m)	SPT - 17			N	Factores de corrección				SPT - 1 N_{60}	Ancho B zapata asumdia	Fórmula de Bowels	Abaco Crespo Villalaz	Promedio	Módulo Elàstico (Kn/m²)	STROUD (1974)	AJAYI BALOGUN (1988)	Densidad relativa Dr (%) - Idriss & Boulanger (2003)	TERZAGUI PECK (1948)	Osaki (2005)	Dunham (2005)	TENDENCIA	TENDENCIA
	0 - 15	15 - 30	30 - 45		(η_H)	(η_B)	(η_S)	(η_R)			qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²		Su (kPa)	Su (kPa)	Dr %	φ°	φ°	φ°	Su (kPa)	φ°
0.00 - 0.45																						
0.50 - 1.00	15	12	10	22	1	1	1	0.75	17	1.0	3.45	2.8	3.1	12639	36	29	52.44	29.9	38.2	39.1	33	36
1.50 - 2.00	17	27	39	66	1	1	1	0.75	50	1.0	11.88	5.3	8.6	37917	109	70	90.83	38.2	51.5	49.4	89	46
2.50 - 3.00	60			70	1	1	1	0.75	53	1.0	12.64	5.5	9.1	40215	116	74	93.54	38.9	52.4	50.1	95	47
3.50 - 4.00																						
4.50 - 5.00																						
5.50 - 6.00																						
6.50 - 7.00																						
7.50 - 8.00																						

Tabla 3-38 Golpes registrados en ensayo SPT – 17.1, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados

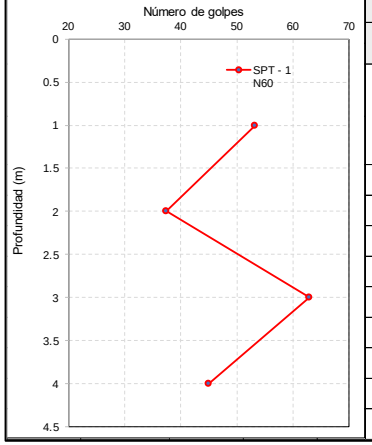


COTA ALTITUDINAL PROMEDIO	m.s.n.m	279
FLUJO DE AGUA		-
COORDENADAS DE ENSAYO	X	565584
	Y	9794700

CORRELACIONES GEOTECNICAS DE MATERIALES EN FUNCIÒN DEL NÙMERO DE GOLPES EN LA PERFORACIÒN

Profundidad (m)	SPT - 17.1			N	Factores de corrección				SPT - 1 N_{60}	Ancho B zapata asumdia	Fórmula de Bowels	Abaco Crespo Villalaz	Promedio	Mòdulo Elàstico (Kn/m²)	STROUD (1974)	AJAYI BALOGUN (1988)	Densidad relativa Dr (%) - Idriss & Boulanger (2003)	TERZAGUI PECK (1948)	Osaki (2005)	Dunham (2005)	TENDENCIA	TENDENCIA
	0 - 15	15 - 30	30 - 45		(η_H)	(η_B)	(η_S)	(η_R)			qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²		Su (kPa)	Su (kPa)	Dr %	φ°	φ°	φ°	Su (kPa)	φ°
0.00 - 0.45																						
0.50 - 1.00	8	7	6	13	1	1	1	0.75	10	1.0	1.72	1.8	1.8	7469	21	20	40.31	28.2	34.0	35.8	21	33
1.50 - 2.00	15	25	36	61	1	1	1	0.75	46	1.0	10.92	5.0	8.0	35045	101	65	87.32	37.2	50.2	48.4	83	45
2.50 - 3.00	41	60		70	1	1	1	0.75	53	1.0	12.64	5.5	9.1	40215	116	74	93.54	38.9	52.4	50.1	95	47
3.50 - 4.00																						
4.50 - 5.00																						
5.50 - 6.00																						
6.50 - 7.00																						
7.50 - 8.00																						

Tabla 3-39 Golpes registrados en ensayo SPT – 18, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados

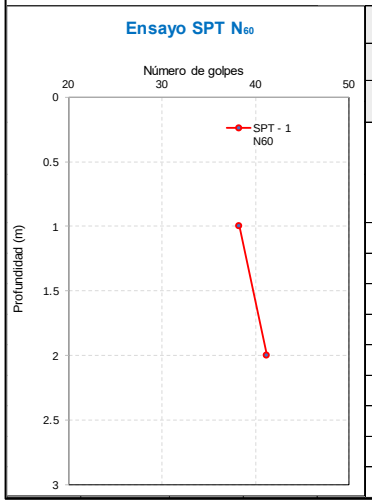


COTA ALTITUDINAL PROMEDIO	m.s.n.m	274
FLUJO DE AGUA		-
COORDENADAS DE ENSAYO	X	565348
	Y	9794810

CORRELACIONES GEOTECNICAS DE MATERIALES EN FUNCIÒN DEL NÙMERO DE GOLPES EN LA PERFORACIÒN

Profundidad (m)	SPT - 18			N	Factores de corrección				SPT - 1 N_{60}	Ancho B zapata asumdia	Fórmula de Bowels	Abaco Crespo Villalaz	Promedio	Mòdulo Elàstico (Kn/m²)	STROUD (1974)	AJAYI BALOGUN (1988)	Densidad relativa Dr (%) - Idriss & Boulanger (2003)	TERZAGUI PECK (1948)	Osaki (2005)	Dunham (2005)	TENDENCIA	TENDENCIA
	0 - 15	15 - 30	30 - 45		(η_H)	(η_B)	(η_S)	(η_R)			qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²		Su (kPa)	Su (kPa)	Dr %	φ°	φ°	φ°	Su (kPa)	φ°
0.00 - 0.45																						
0.50 - 1.00	18	26	45	71	1	1	1	0.75	53	1.0	12.84	4.5	8.7	40790	117	75	94.21	39.1	52.6	50.3	96	47
1.50 - 2.00	23	24	26	50	1	1	1	0.75	38	1.0	8.81	4.0	6.4	28725	83	55	79.06	35.2	47.4	46.2	69	43
2.50 - 3.00	30	36	48	84	1	1	1	0.75	63	1.0	15.33	5.5	10.4	48258	139	87	102.47	41.6	55.5	52.5	113	50
3.50 - 4.00	40	60		60	1	1	1	0.75	45	2.0	8.37	5.0	6.7	34470	99	64	86.60	37.1	50.0	48.2	82	45
4.50 - 5.00																						
5.50 - 6.00																						
6.50 - 7.00																						
7.50 - 8.00																						

Tabla 3-40 Golpes registrados en ensayo SPT – 18.1, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados

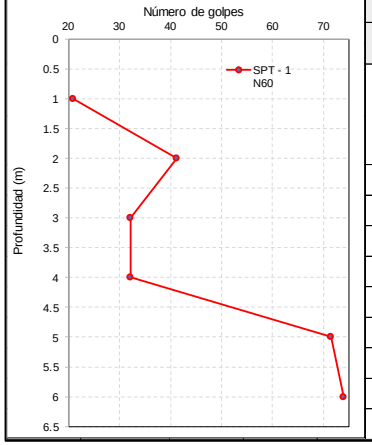


COTA ALTITUDINAL PROMEDIO	m.s.n.m	274
FLUJO DE AGUA		-
COORDENADAS DE ENSAYO	X	565356
	Y	9794806

CORRELACIONES GEOTECNICAS DE MATERIALES EN FUNCIÒN DEL NÙMERO DE GOLPES EN LA PERFORACIÒN

Profundidad (m)	SPT - 18.1			N	Factores de corrección				SPT - 1 N_{60}	Ancho B zapata asumdia	Fórmula de Bowels	Abaco Crespo Villalaz	Promedio	Mòdulo Elàstico (Kn/m²)	STROUD (1974)	AJAYI BALOGUN (1988)	Densidad relativa Dr (%) - Idriss & Boulanger (2003)	TERZAGUI PECK (1948)	Osaki (2005)	Dunham (2005)	TENDENCIA	TENDENCIA
	0 - 15	15 - 30	30 - 45		(η_H)	(η_B)	(η_S)	(η_R)			qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²		Su (kPa)	Su (kPa)	Dr %	φ°	φ°	φ°	Su (kPa)	φ°
0.00 - 0.45																						
0.50 - 1.00	17	21	30	51	1	1	1	0.75	38	1.0	9.00	4.0	6.5	29300	84	56	79.84	35.4	47.7	46.4	70	43
1.50 - 2.00	23	25	30	55	1	1	1	0.75	41	1.0	9.77	4.5	7.1	31598	91	60	82.92	36.1	48.7	47.2	75	44
2.50 - 3.00																						
3.50 - 4.00																						
4.50 - 5.00																						
5.50 - 6.00																						
6.50 - 7.00																						
7.50 - 8.00																						

Tabla 3-41 Golpes registrados en ensayo SPT – 19, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados

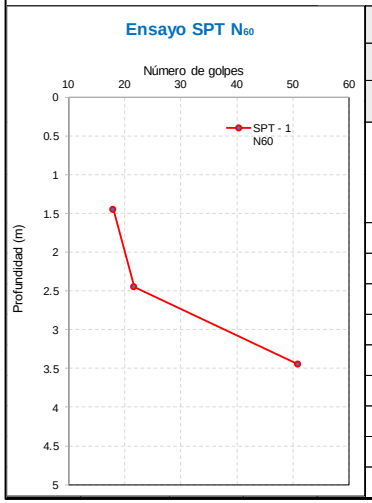


COTA ALTITUDINAL PROMEDIO	m.s.n.m	300
FLUJO DE AGUA		-
COORDENADAS DE ENSAYO	X	564664
	Y	9795054

CORRELACIONES GEOTECNICAS DE MATERIALES EN FUNCIÒN DEL NÙMERO DE GOLPES EN LA PERFORACIÒN

Profundidad (m)	SPT - 19			N	Factores de corrección				SPT - 1 N_{60}	Ancho B zapata asumdia	Fórmula de Bowels	Abaco Crespo Villalaz	Promedio	Mòdulo Elàstico (Kn/m²)	STROUD (1974)	AJAYI BALOGUN (1988)	Densidad relativa Dr (%) - Idriss & Boulanger (2003)	TERZAGUI PECK (1948)	Osaki (2005)	Dunham (2005)	TENDENCIA	TENDENCIA
	0 - 15	15 - 30	30 - 45		(η_H)	(η_B)	(η_S)	(η_R)			qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²		Su (kPa)	Su (kPa)	Dr %	φ°	φ°	φ°	Su (kPa)	φ°
0.00 - 0.45																						
0.50 - 1.00	7	11	17	28	1	1	1	0.75	21	1.0	4.60	3.0	3.8	16086	46	34	59.16	31.1	40.5	40.9	40	37
1.50 - 2.00	15	24	31	55	1	1	1	0.75	41	1.0	9.77	4.5	7.1	31598	91	60	82.92	36.1	48.7	47.2	75	44
2.50 - 3.00	14	21	22	43	1	1	1	0.75	32	1.0	7.47	4.0	5.7	24704	71	49	73.31	33.9	45.4	44.7	60	41
3.50 - 4.00	15	21	22	43	1	1	1	0.75	32	1.0	7.47	3.8	5.6	24704	71	49	73.31	33.9	45.4	44.7	60	41
4.50 - 5.00	30	41	43	84	1	1	1	0.85	71	1.0	17.47	6.0	11.7	54692	157	97	109.09	43.7	57.8	54.3	127	52
5.50 - 6.00	35	42	45	87	1	1	1	0.85	74	1.0	18.12	6.0	12.1	56646	163	101	111.02	44.3	58.5	54.8	132	53
6.50 - 7.00																						
7.50 - 8.00																						

Tabla 3-42 Golpes registrados en ensayo SPT – X, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados

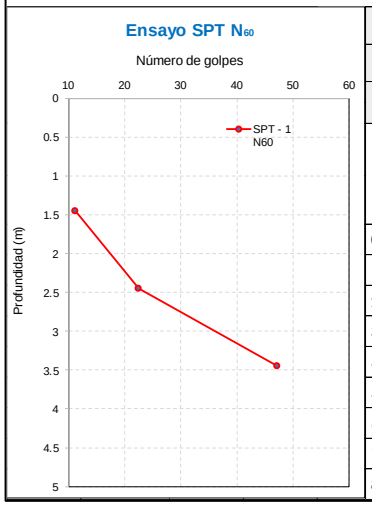


COTA ALTITUDINAL PROMEDIO			m.s.n.m	74
FLUJO DE AGUA				-
COORDENADAS DE ENSAYO			X	575853
			Y	9799591

CORRELACIONES GEOTECNICAS DE MATERIALES EN FUNCIÒN DEL NÙMERO DE GOLPES EN LA PERFORACIÒN

Profundidad (m)	SPT - X			N	Factores de corrección				SPT - 1 N_{60}	Ancho B zapata asumdia	Fórmula de Bowels	Abaco Crespo Villalaz	Promedio	Mòdulo Elàstico (Kn/m²)	STROUD (1974)	AJAYI BALOGUN (1988)	Densidad relativa Dr (%) - Idriss & Boulanger (2003)	TERZAGUI PECK (1948)	Osaki (2005)	Dunham (2005)	TENDENCIA	TENDENCIA
	0 - 15	15 - 30	30 - 45		(η_H)	(η_B)	(η_S)	(η_R)			qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²		Su (kPa)	Su (kPa)	Dr %	φ°	φ°	φ°	Su (kPa)	φ°
0.00 - 0.45																						
1.00 - 1.45	10	10	14	24	1	1	1	0.75	18	1.0	3.83	2.8	3.3	13788	40	31	54.77	30.3	39.0	39.7	35	36
2.00 - 2.45	7	10	19	29	1	1	1	0.75	22	1.0	4.79	3.2	4.0	16661	48	35	60.21	31.2	40.9	41.2	42	38
3.00 - 3.45	15	29	39	68	1	1	1	0.75	51	1.0	12.26	5.2	8.7	39066	112	72	92.20	38.6	51.9	49.7	92	47
4.00 - 4.45																						
5.00 - 5.45																						
6.00 - 6.45																						
7.00 - 7.45																						
8.00 - 8.45																						

Tabla 3-43 Golpes registrados en ensayo SPT – X.1, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados

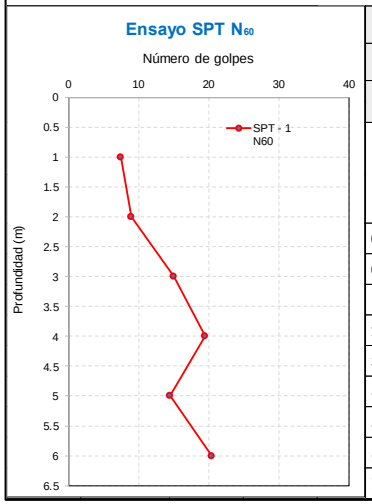


COTA ALTITUDINAL PROMEDIO			m.s.n.m	74
FLUJO DE AGUA				-
COORDENADAS DE ENSAYO			X	575853
			Y	9799591

CORRELACIONES GEOTECNICAS DE MATERIALES EN FUNCIÒN DEL NÙMERO DE GOLPES EN LA PERFORACIÒN

Profundidad (m)	SPT - X.1			N	Factores de corrección				SPT - 1 N_{60}	Ancho B zapata asumdia	Fórmula de Bowels	Abaco Crespo Villalaz	Promedio	Mòdulo Elàstico (Kn/m²)	STROUD (1974)	AJAYI BALOGUN (1988)	Densidad relativa Dr (%) - Idriss & Boulanger (2003)	TERZAGUI PECK (1948)	Osaki (2005)	Dunham (2005)	TENDENCIA	TENDENCIA
	0 - 15	15 - 30	30 - 45		(η_H)	(η_B)	(η_S)	(η_R)			qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²		Su (kPa)	Su (kPa)	Dr %	φ°	φ°	φ°	Su (kPa)	φ°
0.00 - 0.45																						
1.00 - 1.45	7	7	8	15	1	1	1	0.75	11	1.0	2.11	1.8	1.9	8618	25	22	43.30	28.6	35.0	36.6	24	33
2.00 - 2.45	12	15	15	30	1	1	1	0.75	23	1.0	4.98	3.3	4.1	17235	50	36	61.24	31.4	41.2	41.4	43	38
3.00 - 3.45	23	29	34	63	1	1	1	0.75	47	1.0	11.30	5.0	8.2	36194	104	67	88.74	37.6	50.7	48.8	86	46
4.00 - 4.45																						
5.00 - 5.45																						
6.00 - 6.45																						
7.00 - 7.45																						
8.00 - 8.45																						

Tabla 3-44 Golpes registrados en ensayo SPT – ESC1, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados

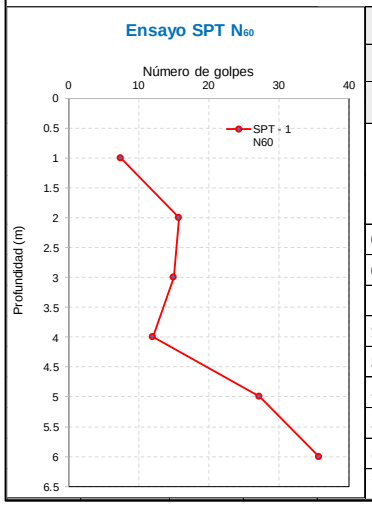


COTA ALTITUDINAL PROMEDIO	m.s.n.m	82
FLUJO DE AGUA		-
COORDENADAS DE ENSAYO	X	572269
	Y	9797105

CORRELACIONES GEOTECNICAS DE MATERIALES EN FUNCIÒN DEL NÙMERO DE GOLPES EN LA PERFORACIÒN

Profundidad (m)	SPT - ESC 1			N	Factores de corrección				SPT - 1 N_{60}	Ancho B zapata asumdia	Fórmula de Bowels	Abaco Crespo Villalaz	Promedio	Mòdulo Elàstico (Kn/m²)	STROUD (1974)	AJAYI BALOGUN (1988)	Densidad relativa Dr (%) - Idriss & Boulanger (2003)	TERZAGUI PECK (1948)	Osaki (2005)	Dunham (2005)	TENDENCIA	TENDENCIA
	0 - 15	15 - 30	30 - 45		(η_H)	(η_B)	(η_S)	(η_R)			qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²		Su (kPa)	Su (kPa)	Dr %	φ°	φ°	φ°	Su (kPa)	φ°
0.00 - 0.45																						
0.50 - 1.00	4	5	5	10	1	1	1	0.75	8	1.0	1.15	1.0	1.1	5745	17	18	35.36	27.7	32.2	34.5	17	31
1.50 - 2.00	4	5	7	12	1	1	1	0.75	9	1.0	1.53	1.5	1.5	6894	20	19	38.73	28.1	33.4	35.4	20	32
2.50 - 3.00	7	9	11	20	1	1	1	0.75	15	1.0	3.07	2.5	2.8	11490	33	27	50.00	29.6	37.3	38.4	30	35
3.50 - 4.00	6	9	17	26	1	1	1	0.75	20	1.0	4.21	3.0	3.6	14937	43	33	57.01	30.7	39.7	40.3	38	37
4.50 - 5.00	6	7	10	17	1	1	1	0.85	14	1.0	2.92	2.5	2.7	11069	32	26	49.07	29.4	37.0	38.2	29	35
5.50 - 6.00	7	10	14	24	1	1	1	0.85	20	1.0	4.44	3.0	3.7	15626	45	34	58.31	30.9	40.2	40.6	39	37
6.50 - 7.00																						
7.50 - 8.00																						

Tabla 3-45 Golpes registrados en ensayo SPT – ESC2, corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados

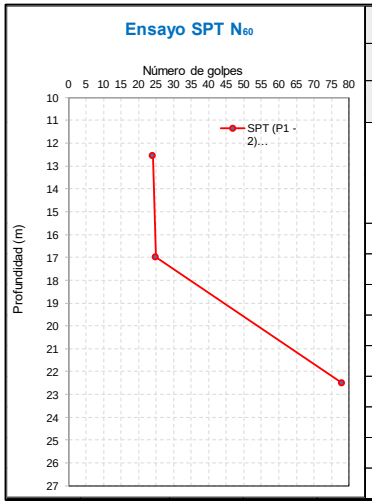


COTA ALTITUDINAL PROMEDIO	m.s.n.m	89
FLUJO DE AGUA		-
COORDENADAS DE ENSAYO	X	572301
	Y	9797220

CORRELACIONES GEOTECNICAS DE MATERIALES EN FUNCIÒN DEL NÙMERO DE GOLPES EN LA PERFORACIÒN

Profundidad (m)	SPT - ESC 2			N	Factores de corrección				SPT - 1 N_{60}	Ancho B zapata asumdia	Fórmula de Bowels	Abaco Crespo Villalaz	Promedio	Mòdulo Elàstico (Kn/m²)	STROUD (1974)	AJAYI BALOGUN (1988)	Densidad relativa Dr (%) - Idriss & Boulanger (2003)	TERZAGUI PECK (1948)	Osaki (2005)	Dunham (2005)	TENDENCIA	TENDENCIA
	0 - 15	15 - 30	30 - 45		(η_H)	(η_B)	(η_S)	(η_R)			qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²		Su (kPa)	Su (kPa)	Dr %	φ°	φ°	φ°	Su (kPa)	φ°
0.00 - 0.45																						
0.50 - 1.00	4	5	5	10	1	1	1	0.75	8	1.0	1.15	1.5	1.3	5745	17	18	35.36	27.7	32.2	34.5	17	31
1.50 - 2.00	8	10	11	21	1	1	1	0.75	16	1.0	3.26	2.5	2.9	12065	35	28	51.23	29.7	37.7	38.7	31	35
2.50 - 3.00	8	9	11	20	1	1	1	0.75	15	1.0	3.07	2.5	2.8	11490	33	27	50.00	29.6	37.3	38.4	30	35
3.50 - 4.00	6	7	9	16	1	1	1	0.75	12	1.0	2.30	2.0	2.1	9192	26	23	44.72	28.8	35.5	37.0	25	34
4.50 - 5.00	8	11	21	32	1	1	1	0.85	27	1.0	6.18	3.7	4.9	20835	60	42	67.33	32.6	43.3	43.1	51	40
5.50 - 6.00	16	21	21	42	1	1	1	0.85	36	1.0	8.35	4.3	6.3	27346	79	53	77.14	34.7	46.7	45.7	66	42
6.50 - 7.00																						
7.50 - 8.00																						

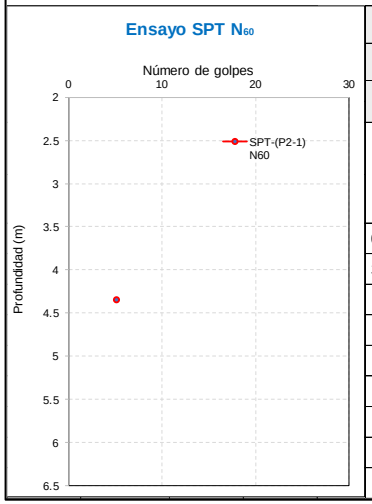
Tabla 3-46 Golpes registrados en ensayo SPT – (P1-2), corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados



COTA ALTITUDINAL PROMEDIO	m.s.n.m	71	CORRELACIONES GEOTECNICAS DE MATERIALES EN FUNCIÒN DEL NÙMERO DE GOLPES EN LA PERFORACIÒN
FLUJO DE AGUA			
COORDENADAS DE ENSAYO	X	577923	
	Y	9800233	

Profundidad (m)	SPT (P1 - 2)			N	Factores de corrección				SPT (P1 - 2) N_{60}	Ancho B zapata asumdia	Fórmula de Bowels	Abaco Crespo Villalaz	Promedio	Mòdulo Elàstico (Kn/m²)	STROUD (1974)	AJAYI BALOGUN (1988)	Densidad relativa Dr (%) - Idriss & Boulanger (2003)	TERZAGUI PECK (1948)	Osaki (2005)	Dunham (2005)	TENDENCIA	TENDENCIA
	0 - 15	15 - 30	30 - 45		(η_H)	(η_B)	(η_S)	(η_R)			qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²		Su (kPa)	Su (kPa)	Dr %	φ°	φ°	φ°	Su (kPa)	φ°
12,55 - 13.00	6	9	15	24	1	1	1	1	24	1,0	5,36	2,8	4,1	18384	53	38	63,25	31,8	41,9	42,0	46	39
17.00 - 17.45	8	10	15	25	1	1	1	1	25	1,0	5,62	3,0	4,3	19150	55	39	64,55	32,1	42,4	42,3	47	39
22.50 - 22.95	23	33	45	78	1	1	1	1	78	1,0	19,16	5,5	12,3	59748	172	106	114,02	45,3	59,5	55,6	139	53

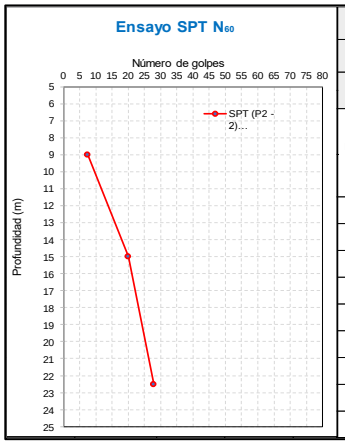
Tabla 3-47 Golpes registrados en ensayo SPT – (P2-1), corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados



COTA ALTITUDINAL PROMEDIO	m.s.n.m	71.5	CORRELACIONES GEOTECNICAS DE MATERIALES EN FUNCIÒN DEL NÙMERO DE GOLPES EN LA PERFORACIÒN
FLUJO DE AGUA		-	
COORDENADAS DE ENSAYO	X	575050	
	Y	9799182	

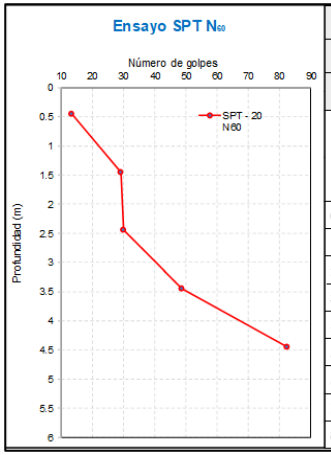
Profundidad (m)	SPT - (P2-1)			N	Factores de corrección				SPT-(P2-1) N_{60}	Ancho B zapata asumdia	Fórmula de Bowels	Abaco Crespo Villalaz	Promedio	Mòdulo Elàstico (Kn/m²)	STROUD (1974)	AJAYI BALOGUN (1988)	Densidad relativa Dr (%) - Idriss & Boulanger (2003)	TERZAGUI PECK (1948)	Osaki (2005)	Dunham (2005)	TENDENCIA	TENDENCIA
	0 - 15	15 - 30	30 - 45		(η_H)	(η_B)	(η_S)	(η_R)			qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²		Su (kPa)	Su (kPa)	Dr %	φ°	φ°	φ°	Su (kPa)	φ°
0.00 - 0.45																						
3.90 - 4.35	2	3	4	7	1	1	1	0.75	5	1.0	0.57	0.6	0.6	4022	12	15	29.58	27.1	30.2	32.9	13	30

Tabla 3-48 Golpes registrados en ensayo SPT – (P2-2), corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados



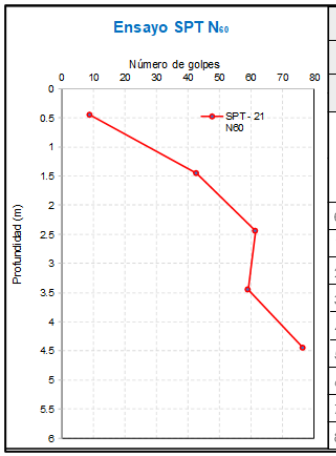
COTA ALTITUDINAL PROMEDIO			m.s.n.m	73	CORRELACIONES GEOTECNICAS DE MATERIALES EN FUNCIÒN DEL NÙMERO DE GOLPES EN LA PERFORACIÒN																		
FLUJO DE AGUA																							
COORDENADAS DE ENSAYO			X	574995																			
			Y	9799110																			
Profundidad (m)	SPT (P2 - 2)			N	Factores de corrección				SPT (P2 - 2) N60	Ancho B zapata asumdia	Fórmula de Bowels	Abaco Crespo Villalaz	Promedio	Módulo Elàstico (Kn/m²)	STROUD (1974)	AJAYI BALOGUN (1988)	Densidad relativa Dr (%) - Idriss & Boulanger (2003)	TERZAGUI PECK (1948)	Osaki (2005)	Dunham (2005)	TENDENCIA	TENDENCIA
	0 - 15	15 - 30	30 - 45		(η1n)	(η2)	(η3)	(η4)			qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²		Su (kPa)	Su (kPa)	Dr %	φ°	φ°	φ°	Su (kPa)	φ°
6.00 - 6.45	2	2	6	8	1	1	1	0.95	8	1.0	1.18	1.3	1.2	5822	17	18	35.59	27.7	32.3	34.5	17	32
9.00 - 9.45	5	8	12	20	1	1	1	1	20	1.0	4.34	2.5	3.4	15320	44	33	57.74	30.8	40.0	40.5	39	37
15.30 - 15.75	8	14	14	28	1	1	1	1	28	1.0	6.39	3.0	4.7	21448	62	43	68.31	32.8	43.7	43.3	52	40

Tabla 3-49 Golpes registrados en ensayo SPT – 20 corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados



COTA ALTITUDINAL PROMEDIO			m.s.n.m	133	CORRELACIONES GEOTECNICAS DE MATERIALES EN FUNCIÒN DEL NÙMERO DE GOLPES EN LA PERFORACIÒN																		
FLUJO DE AGUA				-																			
COORDENADAS DE ENSAYO			X	569215																			
			Y	9795996																			
Profundidad (m)	SPT - 20			N	Factores de corrección				SPT - 20 N60	Ancho B zapata asumdia	Fórmula de Bowels	Abaco Crespo Villalaz	Promedio	Módulo Elàstico (Kn/m²)	STROUD (1974)	AJAYI BALOGUN (1988)	Densidad relativa Dr (%) - Idriss & Boulanger (2003)	TERZAGUI PECK (1948)	Osaki (2005)	Dunham (2005)	TENDENCIA	TENDENCIA
	0 - 15	15 - 30	30 - 45		(η1)	(η2)	(η3)	(η4)			qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²		Su (kPa)	Su (kPa)	Dr %	φ°	φ°	φ°	Su (kPa)	φ°
0.00 - 0.45	3	7	11	18	1	1	1	0.75	14	1.0	2.68	2.5	2.6	10341	30	25	47.43	29.2	36.4	37.7	27	34
1.00 - 1.45	16	17	22	39	1	1	1	0.75	29	1.0	6.71	4.0	5.4	22406	64	45	69.82	33.1	44.2	43.7	55	40
2.00 - 2.45	19	19	21	40	1	1	1	0.75	30	1.0	6.90	4.0	5.4	22980	66	46	70.71	33.3	44.5	44.0	56	41
3.00 - 3.45	25	30	35	65	1	1	1	0.75	49	1.0	11.69	5.3	8.5	37343	107	69	90.14	38.0	51.2	49.2	88	46
4.00 - 4.45	45	50	60	110	1	1	1	0.75	83	1.0	20.31	7.0	13.7	63195	182	111	117.26	46.4	60.6	56.5	146	55
5.00 - 5.45																							
6.00 - 6.45																							
7.00 - 7.45																							
8.00 - 8.45																							

Tabla 3-50 Golpes registrados en ensayo SPT – 21 corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados

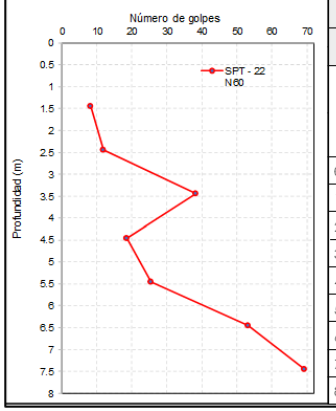


COTA ALTITUDINAL PROMEDIO	m.s.n.m	154
FLUJO DE AGUA		-
COORDENADAS DE ENSAYO	X	568622
	Y	9795365

CORRELACIONES GEOTECNICAS DE MATERIALES EN FUNCIÒN DEL NÙMERO DE GOLPES EN LA PERFORACIÒN

Profundidad (m)	SPT - 21			N	Factores de corrección				SPT - 21 N60	Ancho B zapata asumdia	Fórmula de Bowels	Abaco Crespo Villalaz	Promedio	Módulo Elástico (Kn/m²)	STROUD (1974)	AJAYI BALOGUN (1988)	Densidad relativa Dr (%) - Idriss & Boulanger (2003)	TERZAGUI PECK (1948)	Osaki (2005)	Dunham (2005)	TENDENCIA	TENDENCIA
	0 - 15	15 - 30	30 - 45		(η1)	(η2)	(η3)	(η4)			qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²		Su (kPa)	Su (kPa)	Dr %	φ°	φ°	φ°	Su (kPa)	φ°
0.00 - 0.45	5	7	5	12	1	1	1	0.75	9	1.0	1.53	2.0	1.8	6894	20	19	38.73	28.1	33.4	35.4	20	32
1.00 - 1.45	15	25	32	57	1	1	1	0.75	43	1.0	10.15	5.0	7.6	32747	94	62	84.41	36.5	49.2	47.6	78	44
2.00 - 2.45	34	37	45	82	1	1	1	0.75	62	1.0	14.94	5.7	10.3	47109	135	85	101.24	41.2	55.1	52.2	110	49
3.00 - 3.45	37	40	39	79	1	1	1	0.75	59	1.0	14.37	5.5	9.9	45386	130	82	99.37	40.6	54.4	51.7	106	49
4.00 - 4.45	35	60		90	1	1	1	0.85	77	1.0	18.78	6.5	12.6	58599	168	104	112.92	44.9	59.1	55.3	136	53
5.00 - 5.45																						
6.00 - 6.45																						
7.00 - 7.45																						
8.00 - 8.45																						

Tabla 3-51 Golpes registrados en ensayo SPT – 22 corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados

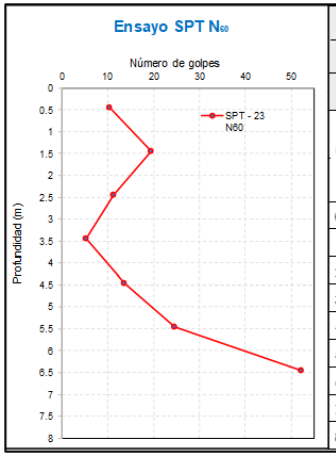


COTA ALTITUDINAL PROMEDIO	m.s.n.m	271
FLUJO DE AGUA		-
COORDENADAS DE ENSAYO	X	565887
	Y	9795115

CORRELACIONES GEOTECNICAS DE MATERIALES EN FUNCIÒN DEL NÙMERO DE GOLPES EN LA PERFORACIÒN

Profundidad (m)	SPT - 22			N	Factores de corrección				SPT - 22 N60	Ancho B zapata asumdia	Fórmula de Bowels	Abaco Crespo Villalaz	Promedio	Módulo Elástico (Kn/m²)	STROUD (1974)	AJAYI BALOGUN (1988)	Densidad relativa Dr (%) - Idriss & Boulanger (2003)	TERZAGUI PECK (1948)	Osaki (2005)	Dunham (2005)	TENDENCIA	TENDENCIA
	0 - 15	15 - 30	30 - 45		(η1)	(η2)	(η3)	(η4)			qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²		Su (kPa)	Su (kPa)	Dr %	φ°	φ°	φ°	Su (kPa)	φ°
0.00 - 0.45																						
1.00 - 1.45	4	4	7	11	1	1	1	0.75	8	1.0	1.34	1.5	1.4	6320	18	19	37.08	27.9	32.8	34.9	18	32
2.00 - 2.45	8	7	9	16	1	1	1	0.75	12	1.0	2.30	2.0	2.1	9192	26	23	44.72	28.8	35.5	37.0	25	34
3.00 - 3.45	27	27	24	51	1	1	1	0.75	38	1.0	9.00	4.5	6.8	29300	84	56	79.84	35.4	47.7	46.4	70	43
4.00 - 4.45	12	9	13	22	1	1	1	0.85	19	1.0	4.01	3.0	3.5	14324	41	32	55.83	30.5	39.3	40.0	36	37
5.00 - 5.45	16	14	16	30	1	1	1	0.85	26	1.0	5.75	3.5	4.6	19533	56	40	65.19	32.2	42.6	42.5	48	39
6.00 - 6.45	24	23	33	56	1	1	1	0.95	53	1.0	12.82	5.5	9.2	40751	117	75	94.16	39.1	52.6	50.3	96	47
7.00 - 7.45	30	35	38	73	1	1	1	0.95	69	1.0	16.95	6.5	11.7	53122	153	95	107.51	43.1	57.2	53.8	124	51
8.00 - 8.45																						

Tabla 3-52 Golpes registrados en ensayo SPT – 23 corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados

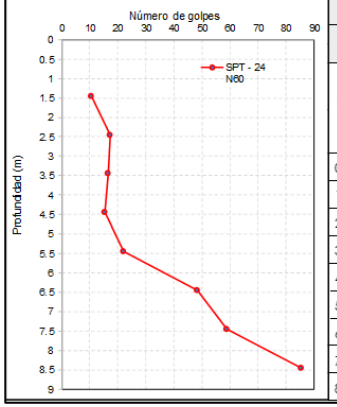


COTA ALTITUDINAL PROMEDIO	m.s.n.m	
FLUJO DE AGUA		-
COORDENADAS DE ENSAYO	X	563365
	Y	9794865

CORRELACIONES GEOTECNICAS DE MATERIALES EN FUNCIÒN DEL NÙMERO DE GOLPES EN LA PERFORACIÒN

Profundidad (m)	SPT - 23			N	Factores de corrección				SPT - 23 N60	Ancho B zapata asumdia	Fórmula de Bowels	Abaco Crespo Villalaz	Promedio	Mòdulo Elàstico (Kn/m²)	STROUD (1974)	AJAYI BALOGUN (1988)	Densidad relativa Dr (%) - Idriss & Boulanger (2003)	TERZAGUI PECK (1948)	Osaki (2005)	Dunham (2005)	TENDENCIA	TENDENCIA
	0 - 15	15 - 30	30 - 45		(η₀)	(η₁)	(η₂)	(η₃)			qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²		Su (kPa)	Su (kPa)	Dr %	φ°	φ°	φ°	Su (kPa)	φ°
0.00 - 0.45	8	7	7	14	1	1	1	0.75	11	1.0	1.92	2.0	2.0	8043	23	21	41.83	28.4	34.5	36.2	22	33
1.00 - 1.45	10	12	14	26	1	1	1	0.75	20	1.0	4.21	3.0	3.6	14937	43	33	57.01	30.7	39.7	40.3	38	37
2.00 - 2.45	9	8	7	15	1	1	1	0.75	11	1.0	2.11	2.0	2.1	8618	25	22	43.30	28.6	35.0	36.6	24	33
3.00 - 3.45	6	4	3	7	1	1	1	0.75	5	1.0	0.57	0.8	0.7	4022	12	15	29.58	27.1	30.2	32.9	13	30
4.00 - 4.45	5	7	9	16	1	1	1	0.85	14	1.0	2.71	2.2	2.5	10418	30	25	47.61	29.2	36.5	37.8	28	34
5.00 - 5.45	10	12	17	29	1	1	1	0.85	25	1.0	5.53	3.5	4.5	18882	54	39	64.10	32.0	42.2	42.2	47	39
6.00 - 6.45	21	26	29	55	1	1	1	0.95	52	1.0	12.58	5.3	8.9	40024	115	74	93.32	38.9	52.3	50.0	94	47
7.00 - 7.45	31	45	60	105	1	1	1	0.95	100	1.0	24.72	8.0	16.4	76409	219	133	128.94	50.7	64.7	59.6	176	58
8.00 - 8.45																						

Tabla 3-53 Golpes registrados en ensayo SPT – 24 corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados

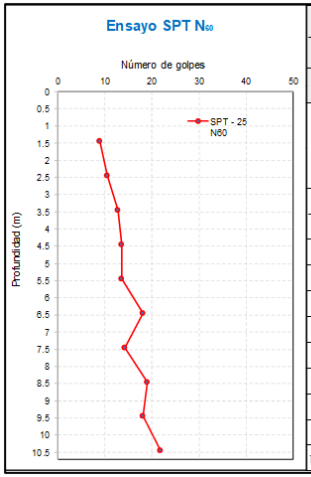


COTA ALTITUDINAL PROMEDIO	m.s.n.m	143
FLUJO DE AGUA		-
COORDENADAS DE ENSAYO	X	577973
	Y	9800262

CORRELACIONES GEOTECNICAS DE MATERIALES EN FUNCIÒN DEL NÙMERO DE GOLPES EN LA PERFORACIÒN

Profundidad (m)	SPT - 24			N	Factores de corrección				SPT - 24 N60	Ancho B zapata asumdia	Fórmula de Bowels	Abaco Crespo Villalaz	Promedio	Mòdulo Elàstico (Kn/m²)	STROUD (1974)	AJAYI BALOGUN (1988)	Densidad relativa Dr (%) - Idriss & Boulanger (2003)	TERZAGUI PECK (1948)	Osaki (2005)	Dunham (2005)	TENDENCIA	TENDENCIA
	0 - 15	15 - 30	30 - 45		(η₀)	(η₁)	(η₂)	(η₃)			qadm Kg/cm²	qadm Kg/c m²	qadm Kg/c m²		Su (kPa)	Su (kPa)	Dr %	φ°	φ°	φ°	Su (kPa)	φ°
0.00 - 0.45																						
1.00 - 1.45	5	7	7	14	1	1	1	0.75	11	1.0	1.92	2.0	2.0	8043	23	21	41.83	28.4	34.5	36.2	22	33
2.00 - 2.45	11	11	12	23	1	1	1	0.75	17	1.0	3.64	2.7	3.2	13214	38	30	53.62	30.1	38.6	39.4	34	36
3.00 - 3.45	9	11	11	22	1	1	1	0.75	17	1.0	3.45	2.7	3.1	12639	36	29	52.44	29.9	38.2	39.1	33	36
4.00 - 4.45	10	9	9	18	1	1	1	0.85	15	1.0	3.14	2.5	2.8	11720	34	27	50.50	29.6	37.5	38.5	30	35
5.00 - 5.45	11	10	16	26	1	1	1	0.85	22	1.0	4.88	3.5	4.2	16929	49	36	60.69	31.3	41.0	41.3	42	38
6.00 - 6.45	20	21	30	51	1	1	1	0.95	48	1.0	11.61	5.0	8.3	37113	107	69	89.86	37.9	51.1	49.1	88	46
7.00 - 7.45	21	30	32	62	1	1	1	0.95	59	1.0	14.28	6.0	10.1	45117	130	82	99.08	40.5	54.3	51.6	106	49
8.00 - 8.45	42	60		90	1	1	1	0.95	86	1.0	21.07	7.0	14.0	65493	188	115	119.37	47.2	61.4	57.0	152	55

Tabla 3-54 Golpes registrados en ensayo SPT – 25 corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados

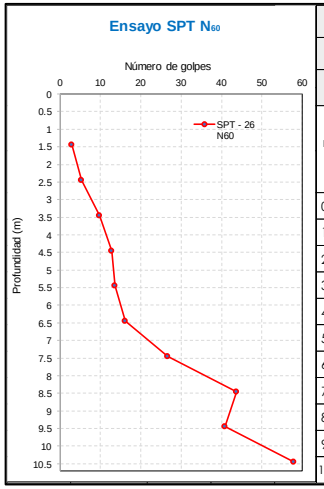


COTA ALTITUDINAL PROMEDIO	m.s.n.m	143
FLUJO DE AGUA		-
COORDENADAS DE ENSAYO	X	577914
	Y	9800249

CORRELACIONES GEOTECNICAS DE MATERIALES EN FUNCIÒN DEL NÙMERO DE GOLPES EN LA PERFORACIÒN

Profundidad (m)	SPT - 25			N	Factores de corrección				SPT - 25 N_{60}	Ancho B zapata asumdia	Fórmula de Bowels	Abaco Crespo Villalaz	Promedio	Módulo Elàstico (Kn/m²)	STROUD (1974)	AJAYI BALOGUN (1988)	Densidad relativa Dr (%) - Idriss & Boulanger (2003)	TERZAGUI PECK (1948)	Osaki (2005)	Dunham (2005)	TENDENCIA	TENDENCIA
	0 - 15	15 - 30	30 - 45		(η_H)	(η_S)	(η_S)	(η_K)			qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²		Su (kPa)	Su (kPa)	Dr %	φ°	φ°	φ°	Su (kPa)	φ°
0.00 - 0.45																						
1.00 - 1.45	10	6	6	12	1	1	1	0.75	9	1.0	1.53	1.6	1.6	6894	20	19	38.73	28.1	33.4	35.4	20	32
2.00 - 2.45	8	7	7	14	1	1	1	0.75	11	1.0	1.92	2.0	2.0	8043	23	21	41.83	28.4	34.5	36.2	22	33
3.00 - 3.45	8	9	8	17	1	1	1	0.75	13	1.0	2.49	2.3	2.4	9767	28	24	46.10	29.0	36.0	37.4	26	34
4.00 - 4.45	8	9	7	16	1	1	1	0.85	14	1.0	2.71	2.4	2.6	10418	30	25	47.61	29.2	36.5	37.8	28	34
5.00 - 5.45	7	8	8	16	1	1	1	0.85	14	1.0	2.71	2.4	2.6	10418	30	25	47.61	29.2	36.5	37.8	28	34
6.00 - 6.45	8	9	10	19	1	1	1	0.95	18	1.0	3.84	3.0	3.4	13826	40	31	54.85	30.3	39.0	39.7	35	36
7.00 - 7.45	8	7	8	15	1	1	1	0.95	14	1.0	2.87	2.4	2.6	10916	31	26	48.73	29.4	36.9	38.1	29	35
8.00 - 8.45	10	10	10	20	1	1	1	0.95	19	1.0	4.09	3.1	3.6	14554	42	32	56.27	30.6	39.5	40.1	37	37
9.00 - 9.45	8	9	10	19	1	1	1	0.95	18	1.0	3.84	3.0	3.4	13826	40	31	54.85	30.3	39.0	39.7	35	36
10.00 - 10.45	12	10	13	23	1	1	1	0.95	22	1.0	4.82	3.5	4.2	16737	48	36	60.35	31.3	40.9	41.2	42	38

Tabla 3-55 Golpes registrados en ensayo SPT – 26 corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados



COTA ALTITUDINAL PROMEDIO	m.s.n.m	
FLUJO DE AGUA		-
COORDENADAS DE ENSAYO	X	575047
	Y	9799177

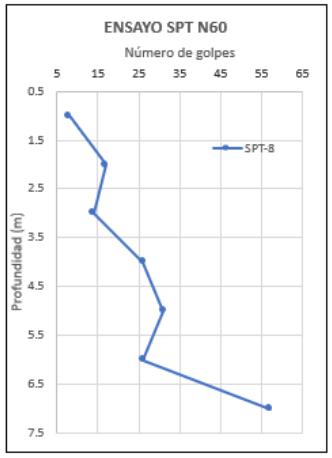
CORRELACIONES GEOTECNICAS DE MATERIALES EN FUNCIÒN DEL NÙMERO DE GOLPES EN LA PERFORACIÒN

Profundidad (m)	SPT - 26			N	Factores de corrección				SPT - 26 N_{60}	Ancho B zapata asumdia	Fórmula de Bowels	Abaco Crespo Villalaz	Promedio	Módulo Elàstico (Kn/m²)	STROUD (1974)	AJAYI BALOGUN (1988)	Densidad relativa Dr (%) - Idriss & Boulanger (2003)	TERZAGUI PECK (1948)	Osaki (2005)	Dunham (2005)	TENDENCIA	TENDENCIA
	0 - 15	15 - 30	30 - 45		(η_H)	(η_B)	(η_S)	(η_K)			qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²	qadm Kg/cm²		Su (kPa)	Su (kPa)	Dr %	φ°	φ°	φ°	Su (kPa)	φ°
0.00 - 0.45																						
1.00 - 1.45	5	2	2	4	1	1	1	0.75	3	1.0	0.00	0.5	0.3	2298	7	12	22.36	26.6	27.7	31.0	9	28
2.00 - 2.45	2	3	4	7	1	1	1	0.75	5	1.0	0.57	1.0	0.8	4022	12	15	29.58	27.1	30.2	32.9	13	30
3.00 - 3.45	6	6	7	13	1	1	1	0.75	10	1.0	1.72	1.6	1.7	7469	21	20	40.31	28.2	34.0	35.8	21	33
4.00 - 4.45	7	8	7	15	1	1	1	0.85	13	1.0	2.49	2.3	2.4	9767	28	24	46.10	29.0	36.0	37.4	26	34
5.00 - 5.45	4	5	11	16	1	1	1	0.85	14	1.0	2.71	2.5	2.6	10418	30	25	47.61	29.2	36.5	37.8	28	34
6.00 - 6.45	12	8	9	17	1	1	1	0.95	16	1.0	3.36	2.6	3.0	12371	36	28	51.88	29.8	38.0	38.9	32	36
7.00 - 7.45	9	11	17	28	1	1	1	0.95	27	1.0	6.03	3.7	4.9	20376	59	41	66.58	32.5	43.1	42.9	50	39
8.00 - 8.45	21	23	23	46	1	1	1	0.95	44	1.0	10.40	5.0	7.7	33474	96	63	85.34	36.7	49.6	47.9	79	45
9.00 - 9.45	19	21	22	43	1	1	1	0.95	41	1.0	9.67	4.6	7.1	31291	90	59	82.51	36.0	48.6	47.1	75	44
10.00 - 10.45	27	30	31	61	1	1	1	0.95	58	1.0	14.04	5.6	9.8	44390	127	81	98.28	40.3	54.0	51.4	104	49

3.8.4 Corrección del número de golpes aplicado en el ensayo SPT Taludes

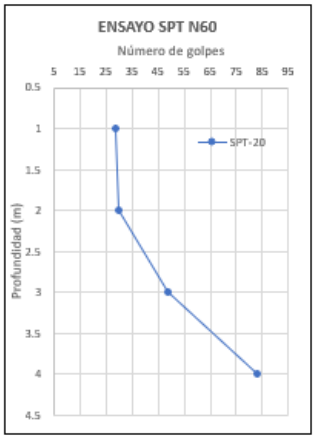
En función de las fórmulas descritas empíricas de diferentes autores; así como de la normativa directriz, las siguientes tablas exponen los parámetros geomecánicos obtenidos en función del número de golpes registrados de campo, así como de las correcciones indicadas en capítulos anteriores.

Tabla 3-56 Golpes registrados en ensayo SPT – 8 corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados



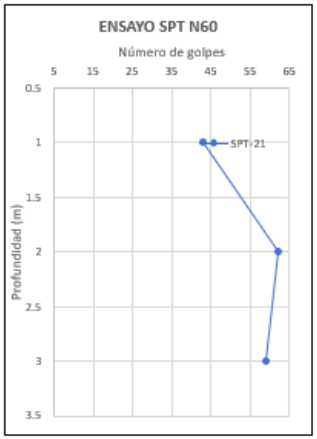
COTA ALTITUDINAL PROMEDIO	m.s.n.m	80	CORRELACIONES GEOTÉCNICAS DE MATERIALES EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE GOLPES EN LA PERFORACIÓN												
FLUJO DE AGUA															
COORDENADAS DE ENSAYO	X	575297													
	Y	9799382													
TIPO DE SUELO	granular									Granular					
Profundidad (m)	SPT-8			N		Factores de corrección		N60	N1,60	Formula bowles	Se (mm)	Módulo Elástico (kg/cm2)- Schmertmann	Peck, Hanson y Thornburn (1974)	Hatanaka y Uchida (1996)	TENDENCIA
	0 - 15	15 - 30	30 - 45		CN	ηH, ηB, ηS	ηR			qadm (kg/cm2)			ϕ°	ϕ°	ϕ°
0.00 - 0.45															
0.50 - 1.00	4	4	6	10	2.46	1	0.75	8	18	1.28	18.82	62.49	29	39	34
1.50 - 2.00	7	9	13	22	1.74	1	0.75	17	29	3.58	19.84	132.79	32	44	38
2.50 - 3.00	6	9	10	19	1.42	1	0.75	14	20	2.81	15.77	109.35	31	40	36
3.50 - 4.00	11	14	20	34	1.23	1	0.75	26	31	5.88	15.22	203.09	35	45	40
4.50 - 5.00	10	15	21	36	1.10	1	0.85	31	34	7.15	13.60	242.14	36	46	41
5.50 - 6.00	10	13	18	31	1.01	1	0.85	26	26	5.88	11.84	203.09	35	43	39
6.5 - 7.00			60	60	0.93	1	0.95	57	53	13.79	11.41	445.23	42	53	48
7.50 - 8.00															

Tabla 3-57 Golpes registrados en ensayo SPT – 20 corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados



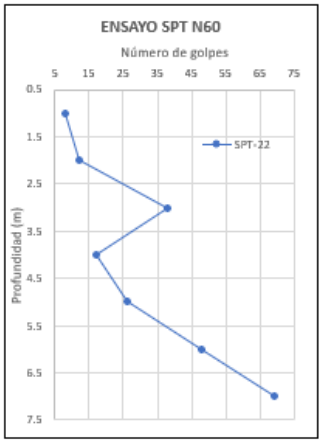
COTA ALTITUDINAL PROMEDIO	m.s.n.m	80	CORRELACIONES GEOTÉCNICAS DE MATERIALES EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE GOLPES EN LA PERFORACIÓN												
FLUJO DE AGUA															
COORDENADAS DE ENSAYO	X	575297													
	Y	9799382													
TIPO DE SUELO	cohesivo										Cohesivo				
Profundidad (m)	SPT-20			N		Factores de corrección		N60	N1,60	Abacos B.K.Hough	Se (mm)	Módulo Elástico (kg/cm2)-Bowles	Sivrikaya & Togrol (2002)	Stroud (1974)	TENDENCIA
	0 - 15	15 - 30	30 - 45		CN	ηH, ηB, ηS	ηR			qadm (kg/cm2)			Cu (kg/cm2)	Cu (kg/cm2)	Cu (kg/cm2)
0.00 - 0.45	3	7	11												
1.00-1.45	16	17	22	39	2.46	1	0.75	29	72	3.90	15.85	88.72	0.99	1.04	1.01
2.00-2.45	19	19	21	40	1.74	1	0.75	30	52	4.00	12.57	91.77	1.02	1.07	1.05
3.00-3.45	25	30	35	65	1.42	1	0.75	49	69	5.20	8.34	149.90	1.67	1.75	1.71
4.00-4.45	45	50	60	110	1.23	1	0.75	83	102	6.25	5.07	253.91	2.84	2.96	2.90
5.00-5.45															
6.00-6.45															
7.00-7.45															
8.00-8.45															

Tabla 3-58 Golpes registrados en ensayo SPT – 21 corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados



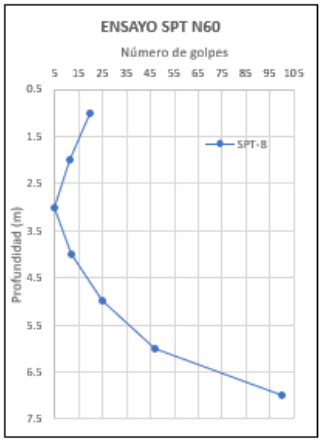
COTA ALTITUDINAL PROMEDIO	m.s.n.m	80	CORRELACIONES GEOTÉCNICAS DE MATERIALES EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE GOLPES EN LA PERFORACIÓN												
FLUJO DE AGUA															
COORDENADAS DE ENSAYO	X	575297													
	Y	9799382													
TIPO DE SUELO	cohesivo										Cohesivo				
Profundidad (m)	SPT-21			N		Factores de corrección		N60	N1,60	Abacos B.K.Hough	Se (mm)	Módulo Elástico (kg/cm2)-Bowles	Sivrikaya & Togrol (2002)	Stroud (1974)	TENDENCIA
	0 - 15	15 - 30	30 - 45		CN	ηH, ηB, ηS	ηR			qadm (kg/cm2)			Cu (kg/cm2)	Cu (kg/cm2)	Cu (kg/cm2)
0.00 - 0.45	5	7	5												
1.00-1.45	15	25	32	57	2.46	1	0.75	43	105	4.90	13.43	131.54	1.47	1.53	1.50
2.00-2.45	34	37	45	82	1.74	1	0.75	62	107	5.85	8.90	189.67	2.12	2.21	2.17
3.00-3.45	37	40	39	79	1.42	1	0.75	59	84	5.70	7.59	180.49	2.02	2.11	2.06
4.00-4.45	35	60		90		1	0.75								
5.00-5.45						1	0.85								
6.00-6.45						1	0.85								
7.00-7.45						1	0.95								
8.00-8.45															

Tabla 3-59 Golpes registrados en ensayo SPT – 22 corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados



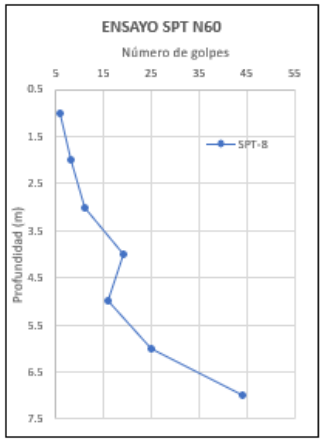
COTA ALTITUDINAL PROMEDIO	m.s.n.m	80	CORRELACIONES GEOTÉCNICAS DE MATERIALES EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE GOLPES EN LA PERFORACIÓN												
FLUJO DE AGUA															
COORDENADAS DE ENSAYO	X	575297													
	Y	9799382													
TIPO DE SUELO	cohesivo									Cohesivo					
Profundidad (m)	SPT-22			N		Factores de corrección		N60	N1,60	Abacos B.K.Hough	Se (mm)	Módulo Elástico (kg/cm2)-Bowles	Sivrikaya & Togrol (2002)	Stroud (1974)	TENDENCIA
	0 - 15	15 - 30	30 - 45		CN	ηH, ηB, ηS	ηR			qadm (kg/cm2)			Cu (kg/cm2)	Cu (kg/cm2)	Cu (kg/cm2)
0.00 - 0.45															
1.00-1.45	4	4	7	11	2.46	1	0.75	8	20	1.50	22.10	24.47	0.27	0.29	0.28
2.00-2.45	8	7	9	16	1.74	1	0.75	12	21	2.20	17.29	36.71	0.41	0.43	0.42
3.00-3.45	27	27	24	51	1.42	1	0.75	38	54	4.65	9.62	116.25	1.30	1.36	1.33
4.00-4.45	12	9	13	22	1.23	1	0.75	17	20	2.70	10.70	52.01	0.58	0.61	0.59
5.00-5.45	16	14	16	30	1.10	1	0.85	26	28	3.60	8.16	79.54	0.89	0.93	0.91
6.00-6.45	24	23	33	56	1.01	1	0.85	48	48	5.15	5.62	146.84	1.64	1.71	1.68
7.00-7.45	30	35	38	73	0.93	1	0.95	69	65	6.20	4.24	211.08	2.36	2.46	2.41
8.00-8.45															

Tabla 3-60 Golpes registrados en ensayo SPT – 23 corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados



COTA ALTITUDINAL PROMEDIO	m.s.n.m	80	CORRELACIONES GEOTÉCNICAS DE MATERIALES EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE GOLPES EN LA PERFORACIÓN												
FLUJO DE AGUA															
COORDENADAS DE ENSAYO	X	575297													
	Y	9799382													
TIPO DE SUELO	cohesivo									Cohesivo					
Profundidad (m)	SPT-8			N		Factores de corrección		N60	N1,60	Abacos B.K.Hough	Se (mm)	Módulo Elástico (kg/cm2)-Bowles	Sivrikaya & Togrol (2002)	Stroud (1974)	TENDENCIA
	0 - 15	15 - 30	30 - 45		CN	ηH, ηB, ηS	ηR			qadm (kg/cm3			Cu (kg/cm2)	Cu (kg/cm2)	Cu (kg/cm2)
0.00 - 0.45	8	7	7												
1.00-1.45	10	12	14	26	2.46	1	0.75	20	48	3.00	17.68	61.18	0.68	0.71	0.70
2.00-2.45	9	8	7	15	1.74	1	0.75	11	20	2.10	18.00	33.65	0.38	0.39	0.38
3.00-3.45	6	4	3	7	1.42	1	0.75	5	7	1.00	15.72	15.30	0.17	0.18	0.17
4.00-4.45	5	7	9	16	1.23	1	0.75	12	15	2.20	12.35	36.71	0.41	0.43	0.42
5.00-5.45	10	12	17	29	1.10	1	0.85	25	27	3.50	8.25	76.48	0.85	0.89	0.87
6.00-6.45	21	26	29	55	1.01	1	0.85	47	47	5.10	5.68	143.78	1.61	1.68	1.64
7.00-7.45	31	45	60	105	0.93	1	0.95	100	93	6.25	2.95	305.92	3.42	3.57	3.49
8.00-8.45															

Tabla 3-61 Golpes registrados en ensayo SPT – 27 corrección N60, parámetros geomecánicos correlacionados



COTA ALTITUDINAL PROMEDIO		m.s.n.m	80	CORRELACIONES GEOTÉCNICAS DE MATERIALES EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE GOLPES EN LA PERFORACIÓN												
FLUJO DE AGUA																
COORDENADAS DE ENSAYO		X	575297													
		Y	9799382													
TIPO DE SUELO		cohesivo								Cohesivo						
Profundidad (m)	SPT-8			N		Factores de corrección		N60	N1,60	Abacos B.K.Hough	Se (mm)	Módulo Elástico (kg/cm2)-Bowles	Sivrikaya & Togrol (2002)	Stroud (1974)	TENDENCIA	
	0 - 15	15 - 30	30 - 45		CN	ηH, ηB, ηS	ηR			qadm (kg/cm3			Cu (kg/cm2)	Cu (kg/cm2)	Cu (kg/cm2)	
0.00 - 0.45																
1.00-1.45	7	5	3	8	2.46	1	0.75	6	15	1.25	24.56	18.35	0.20	0.21	0.21	
2.00-2.45	6	7	3	10	1.74	1	0.75	8	13	1.50	17.68	24.47	0.27	0.29	0.28	
3.00-3.45	7	7	8	15	1.42	1	0.75	11	16	2.10	15.00	33.65	0.38	0.39	0.38	
4.00-4.45	12	12	13	25	1.23	1	0.75	19	23	2.90	10.28	58.12	0.65	0.68	0.66	
5.00-5.45	8	9	10	19	1.10	1	0.85	16	18	2.60	9.58	48.95	0.55	0.57	0.56	
6.00-6.45	13	14	15	29	1.01	1	0.85	25	25	3.50	7.33	76.48	0.85	0.89	0.87	
7.00-7.45	20	21	25	46	0.93	1	0.95	44	41	4.95	5.30	134.60	1.50	1.57	1.54	
8.00-8.45																

3.9 Ensayos de perforación para puentes

La investigación geotécnica de campo hace referencia a la determinación de parámetros de resistencia de suelos para el cálculo de la capacidad admisible, profundidad de cimentación, asentamiento permisible, tratamiento de la cimentación, análisis de taludes, entre otros, para las diferentes obras civiles que se vayan a ejecutar en zonas determinadas o evaluaciones como en el presente caso. Uno de los métodos que permiten obtener muestras a diferentes profundidades, es el ensayo de perforación por rotación aplicando un equipo mecánico

Este mecanismo fue el aplicado en la exploración de seis puntos, dos ensayos por cada puente, buscando conocer las propiedades del subsuelo hasta 30 m de profundidad en los dos primeros puentes; mientras que, en el último puente se llegue a 11 m y 13 m en función de la presencia del macizo rocoso en la zona.

Con el equipo utilizado, es posible realizar ensayos SPT, en campo se realizó la ejecución de diferentes ensayos SPT en los dos primeros puentes. Este ensayo fue estudiado en el subcapítulo anterior.

3.9.1 Determinación de parámetros geomecánicos

Para poder determinar el comportamiento de o los materiales, cuando son sometidos a cargas, los asentamientos esperados, la estabilidad de taludes, el grado colapsabilidad de suelos, entre otros factores, es imprescindible determinar los parámetros físicos, mecánicos y elásticos de las muestras recuperadas. En función de los términos de referencia del proyecto, se llevó a cabo la siguiente cantidad de ensayos, sobre las muestras recuperadas en los ensayos geotécnicos

- Clasificación del suelo, 65 clasificaciones
- Ensayo de Corte Directo, 5 ensayos
- Ensayo de permeabilidad carga variable, 1 ensayo
- Ensayo de consolidación, 3 ensayo
- Ensayo triaxial UU, 18 ensayos
- Ensayos de compresión simple, 4 ensayos
- Ensayos de expansión libre, 4 ensayos

Para la ejecución de los ensayos de clasificación, se seleccionaron muestras en función de los SPT realizados, al igual que de los ensayos a rotopercusión. Para los ensayos de corte directo, fue necesario remoldear las muestras por sus características finas granulares. Los ensayos de compresión simple fueron sobre muestras de rocas generando relacione diámetro longitud acorde a la normativa; los ensayos triaxiales fueron ejecutados sobre las muestras recuperadas en los tubos shelby.

En el presente estudio, se ha utilizado el criterio de Mohr-Coulomb para definir la resistencia la corte de los materiales. En el caso de materiales en que la movilización

de la resistencia se genere de manera no drenada, la expresión que define la envolvente de falla se indica en la siguiente ecuación:

$$\tau = c' + (\sigma v - u) \tan\phi'$$

En donde:

τ = resistencia al corte
c' = cohesión efectiva
σv = esfuerzo vertical normal
u=presión intersticial
φ´ = ángulo de fricción efectivo

La siguiente, presenta las posibles combinaciones de esfuerzo cortante con el esfuerzo normal, para expresar la resistencia al cortante de los suelos.

3.9.2 Toma de muestras inalteradas con tuberías Shelby

El tubo de pared delgada o "Shelby" es un tubo liso afilado, usualmente de 0.075 m a 0.010 m de diámetro, el cual se hinca a presión para obtener muestras relativamente inalteradas de suelos finos blandos a semiduros.

En el presente proyecto, en función de los ensayos SPT y de la perforación a rotopercusión, se extrajeron 23 muestras a diferentes profundidades con el fin de someter a la mismas a ensayos triaxiales UU solicitados en el contrato, así como a ensayos de corte directo. Las siguientes fotografías exponen las muestras recuperadas en los ensayos SPT y perforaciones del proyecto.



Figura 3-9: Perforacion P2-2 de 0.00m a 3.60m



Figura 3-10: Muestras recuperadas segundo puente margen derecha. P2-2 de 0.00m a 3.60m



Figura 37: Panorámica de ensayo de penetración estándar 7.1

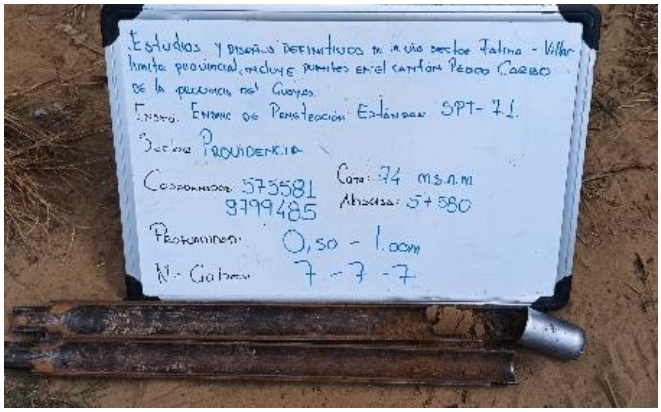


Figura 37: Ensayo de penetración estándar 7.1 de 0.5 a 1 m

3.9.3 Normativas aplicadas en los ensayos de laboratorio

Las muestras fueron sometidas a determinación, de humedad, granulometría y límites de plasticidad, con el fin de clasificar el suelo aplicando el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos; de igual forma, se generó la clasificación por el método AASHTO. Con el fin de determinar los parámetros geomecánicos, se aplicaron ensayos de corte directo, triaxial UU y compresión simple. Se genero un ensayo de permeabilidad con el fin de determinar la facilidad del paso del agua al subsuelo, para lo cual se utilizaron muestras inalteradas.

- Contenido de agua ASTM D – 2216
- Granulometría ASTM D - 422 – 63
- Límite líquido ASTM D - 423 – 66
- Límite plástico ASTM D - 424 – 59
- Clasificación método SUCS ASTM D - 2487 – 17
- Corte Directo ASTM D – 3080 – 90
- Ensayo Permeabilidad carga variable ASTM D – 5856
- Ensayo de consolidación unidimensional ASTM D – 2435
- Ensayo Triaxial UU ASTM D – 2850

3.9.4 Resultados de ensayos de laboratorio

En el **anexo 6** se observan los diferentes ensayos ejecutados y procesados. Las tablas siguientes exponen los parámetros físicos determinados de las muestras extraídas:

Tabla 3-62 Parámetros físicos y mecánicos determinados de muestras extraídas y analizadas en laboratorio

PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÀNICAS DE LAS MUESTRA RECUPERADAS DE ENSAYOS SPT, PERFORACIÓN Y TUBOS SHELBY																		
ENSAYO	PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA EN (m)	CLASIFICACION SUCS	CLASIFICACION AASHTO	PORCENTAJES			LIMITE LIQUIDO %	LIMITE PLASTICO %	INDICE DE PLASTICIDAD	ENSAYO DE CORTE DIRECTO			ENSAYO TRIAXIAL UU			ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE		GRAVEDAD ESPECÍFICA
				GRAVA	ARENA	FINO				C (kg/cm²)	Φ°	Pes. Volumétrico (gr/cm³)	C (kg/cm²)	Φ°	Pes. Volumétrico (gr/cm³)	C (kg/cm²)	Pes. Volumétrico (gr/cm³)	
SPT 1	1.00-5.50	MH	A-7-5 (28)	0.46	3.15	96.39	54.63	31.07	23.56	0.17	11.78	1.80						
SPT 1.1	6.00-7.50	CH	A-7-5 (48)	2.35	3.63	94.02	74.00	31.37	42.63									
SPT 2	1.00-3.50	MH	A-7-5 (35)	0.00	3.18	96.82	62.17	32.68	29.49									
SPT 2	4.00-6.50	MH	A-7-5 (25)	0.00	9.47	90.53	55.88	32.75	23.13	0.11	19.10	1.73						

SPT 3	1.00-3.50	MH	A-2-4	0.54	79.30	20.16	NP	NP	NP									
SPT 4	0.00-3.00	CL	A-7-6 (14)	0.00	32.33	67.67	43.43	21.01	22.42									
SPT 5	0.50-2.00	CL	A-7-6 (20)	0.00	27.86	72.14	47.74	18.98	28.76									
SPT 5	3.00-3.50												0,32	17.00	1.86			
SPT 5.1	2.00-3.50	CL	A-6 (4)	0.07	44.32	55.62	31.56	20.39	11.16									
SPT 6	0.50-2.50	CL	A-7-6(21)	2.38	17.26	80.37	49.20	24.85	24.35									
SPT 6	2.50-3.00												0.34	14.00	1.76			
SPT 6	3.50-5.50	MH	A-7-5 (21)	0.00	10.38	89.62	50.17	30.94	19.22									
SPT 7	0.50-1.50	CL	A-6 (9)	15.95	12.29	71.76	35.22	19.90	15.33									
SPT 7.1	1.50-4.00	CL	A-6 (11)	1.51	27.18	71.31	37.34	20.34	17.00									
SPT 8	0.50-3.00	SM	A-2-4 (0)	0.00	72.41	27.59	NP	NP	NP									
SPT 8	3.00-3.50												0.15	29.00	1.81			
SPT 9	0.50-4.50	SPT 10	0.50-4.51	SPT 11	0.50-4.52	SPT 12	0.50-4.53	SPT 13	0.50-4.54									

SPT 9.1	2.0-2.45												0.16	14.00	1.67			
SPT 10	0.50-3.00	CL	A-7-6 (12)	1.41	33.15	65.44	41.37	19.27	22.10				0.11	18.00	1.68			
SPT 10.1	3.00-6.00	SC	A-4 (2)	0.12	51.28	48.60	27.12	17.43	9.69									
SPT 11	3.00-8.00	CH	A-7-6 (28)	0.05	28.88	71.07	60.89	21.36	39.53									
SPT 11.1	0.50-3.00	CL	A-7-6 (16)	0.03	24.43	75.53	44.52	22.31	22.21				0.29	14.00	1.77			
SPT 15	0.50-7.50	SM	A-4 (0)	0.47	59.46	40.07	NP	NP	NP				0.2	24.00	1.86			
SPT 16	0.50-6.50	CL	A-6 (7)	0.00	34.55	65.45	34.54	21.32	13.22									
SPT 17	0.50-3.00	CH	A-7-6 (37)	2.64	16.28	81.08	67.51	25.30	42.20									
SPT 18	0.50-8.00	SC	A-6 (5)	0.45	49.59	49.96	33.90	15.76	18.13									
SPT 18.1	1.0-2.00									0.19	24.29	1.82						
SPT 19	0.50-4.50	ML	A-4 (4)	0.00	30.42	69.58	33.73	27.23	6.50				0.31	18.00	1.90			
SPT 19	5.50-6.00	CH	A-7-6 (14)	0.00	37.37	62.63	50.30	26.25	24.05									
SPT X.1	1.00 - 1.5												0.21	24.00	1.84			

P1-1	0.00-1.00	CH	A-7-6(37)	0.26	8.47	91.27	61.04	24.82	36.22									
	1.00-2.00	MH	A-7-5(26)	0.00	6.37	93.63	52.53	29.17	23.36									
	2.00-3.00	MH	A-7-5(23)	0.01	7.35	92.64	52.56	32.80	19.76									
	3.00-4.00	MH	A-7-5 (23)	0.01	8.41	91.58	53.50	33.87	19.63									
	4.00-5.00	SM	A-4 (0)	0.00	60.04	39.96	20.67	17.72	2.95									
	5.00-6.00	MH	A-7-5 (46)	0.10	10.75	89.15	79.93	37.68	42.25									
P1-1	6.00-7.00	MH	A-7-5 (22)	0.53	10.86	88.61	53.83	33.37	20.46									
	7.00-8.00	CH	A-7-6 (28)	0.00	12.33	87.67	52.55	22.63	29.92									
	8.00-9.00	CH	A-7-6 (26)	0.00	16.50	83.50	54.22	25.54	28.68									
	9.00-10.00	SC	A-4 (0)	6.04	55.75	38.22	31.69	22.74	8.95									
	10.00-11.00	CH	A-7-6 (27)	4.34	23.72	71.94	61.74	23.66	38.08									
	11.00-12.00	CH	A-7-6 (24)	4.57	21.38	74.05	57.92	25.90	32.02									2.52
	12.00-13.00	CH	A-7-6 (29)	5.84	18.89	75.27	60.10	22.86	37.24									

	13.00-14.00	CH	A-7-6 (29)	5.84	18.89	75.27	60.10	22.86	37.24									
	14.00-15.00	CH	A-7-6 (33)	2.05	5.49	92.45	58.01	27.40	30.61									
	15.00-16.00	CH	A-7-6 (25)	4.74	6.04	89.21	52.94	28.09	24.85									
	16.00-17.00	MH	A-7-5 (23)	0.00	7.59	92.41	51.80	31.08	20.71									
	17.00-18.00	MH	A-7-5 (19)	0.00	16.14	83.86	50.60	30.41	20.19				3,15	44.9	2,15			
	18.00-19.00	MH	A-7-6 (22)	0.00	17.96	82.04	53.48	29.93	23.55									2.463
	19.00-20.00	MH	A-7-5 (28)	0.00	9.93	90.07	57.23	30.90	26.33									
P1-1	20.00-21.00	CH	A-7-5 (40)	0.00	0.87	99.13	63.48	30.44	33.04									
	21.00-22.00	CH	A-7-6 (43)	0.00	2.42	97.58	64.28	26.85	37.43							1.40	1.88	
	22.00-23.00	CH	A-7-6 (41)	0.00	4.57	95.43	62.09	24.61	37.48									
	23.00-24.00	CH	A-7-6 (41)	0.00	5.41	94.59	62.88	24.71	38.17									
	24.00-25.00	CH	A-7-6 (40)	0.00	3.71	96.29	61.44	24.85	36.59							1.46	1.90	
	25.00-26.00	SM	A-2-4 (0)	0.37	81.35	18.29	NP	NP	NP							1.46	1.90	

	26.00-27.00	SM	A-2-4 (0)	0.67	74.11	25.22	NP	NP	NP									
	27.00-28.00	SM	A-2-4 (0)	0.49	56.14	4.37	NP	NP	NP									
	28.00-29.00	CH	A-6 (37)	0.41	10.44	89.15	57.63	18.82	38.82									
	29.00-30.00	CH	A-6 (40)	0.09	7.06	92.85	60.51	21.41	39.10									
	SPT24 (2.00-4.45)									0.23	19	1.80						
	SPT24 (4.00-5.45)									0.13	24.8	1.77						
	SPT24 (7.00-8.45)									0.13	29.15	1.86						
P1-2	1.00-2.00	SM	A-4 (0)	2.22	54.97	42.81	23.26	20.77	2.49									
	2.00-3.00	CL	A-6(10)	1.16	28.79	70.05	28.42	8.95	19.47									
	3.00-4.00	CL	A-6(10)	2.67	29.21	68.12	30.82	11.17	19.65									
	4.00-5.00	CL	A-6(12)	0.30	29.09	70.62	33.60	12.21	21.38									2.549
P1-2	5.00-6.00	CH	A-7-6(26)	0.00	21.50	78.50	51.06	17.88	33.18									
	6.00-7.00	CH	A-7-6(28)	0.00	19.36	80.64	53.86	20.10	33.76									

	7.00-8.00	CH	A-7-6(29)	0.00	19.13	80.87	55.43	20.75	34.68									
	8.00-9.00	CH	A-7-6 (30)	0.00	21.41	78.59	56.03	17.66	38.37									
	9.00-10.00	CH	A-7-6 (26)	0.45	23.82	75.73	52.84	17.45	35.39							1.04	1.96	2.463
	10.00-11.00	CL	A-7-6(14)	0.11	36.52	63.36	44.08	17.34	26.74							1.13	1.82	
	11.00-12.00	CL	A-7-6(15)	0.00	34.23	65.77	42.45	15.97	26.48									
	12.00-13.00	CL	A-7-6(16)	0.00	38.57	61.43	45.08	13.57	31.51				0.27	14.00	1.83	1.32	2.15	
	13.00-14.00	CL	A-6(11)	0.00	42.25	57.75	40.38	15.00	25.38									
	14.00-15.00	CL	A-6(7)	0.00	47.17	52.83	35.85	16.20	19.65									
	15.00-16.00	SC	A-6(5)	0.00	52.05	47.95	34.76	16.52	18.25							1.45	2.08	
	16.00-17.00	SC	A-6(4)	0.00	54.41	45.59	33.78	17.76	16.01							0.60	2.11	
	17.00-18.00	SC	A-6(4)	0.00	57.85	42.15	34.74	15.01	19.73				0.23	25.50	1.91	1.23	2.05	
	18.00-19.00	SC	A-6(5)	0.00	55.41	44.59	37.44	16.28	21.16									
P1-2	19.00-20.00	CL	A-6(7)	4.52	37.64	57.84	36.87	20.92	15.95									

	20.00-21.00	CL	A-6(7)	6.12	36.08	57.80	37.14	21.08	16.06									
	21.00-22.00	CL	A-6(8)	0.72	38.26	61.02	39.48	22.77	16.71									
	22.00-23.00	CL	A-7-6(12)	0.98	29.08	69.94	42.47	23.37	19.11				0.34	25.00	2.03			
	23.00-24.00	CL	A-7-6(18)	1.33	21.52	77.16	48.03	25.15	22.87									
	24.00-25.00	CH	A-6(34)	0.00	14.13	85.87	61.36	25.94	35.43									
	25.00-26.00	CH	A-7-6(35)	0.00	11.80	88.20	64.39	29.59	34.80			5						
	26.00-27.00	CH	A-7-5(40)	0.00	9.81	90.19	69.15	31.24	37.91									
	27.00-28.00	CH	A-7-5(43)	0.00	9.81	90.19	73.21	32.77	40.43									
	28.00-29.00	CH	A-7-5(47)	0.00	8.27	91.73	76.30	32.85	43.44									
	29.00-30.00	CH	A-7-5(53)	0.00	6.16	93.84	81.39	34.09	47.30									
	SPT25 (3.00-4.45)									0.24	10	1.73						
	SPT25 (7.00-8.45)									0.27	13.12	1.80						
P2-1	1.00-2.00	MH	A-7-5 (34)	0.8	2.59	96.61	66.06	38.82	27.24									

	2.00-3.00	CL	A-7-6 (18)	0.37	21	78.63	44.21	20.43	23.78									
	3.00-4.00	CL	A-7-6 (17)	0.39	21.46	78.15	42.38	19.25	23.14				0.10	14.00	1.44			
	4.00-5.00	CH	A-7-6 (24)	0.08	15.21	84.71	50.77	24.73	26.05									
	5.00-6.00	CH	A-7-6 (23)	0.06	17.97	81.97	51.62	25.44	26.18									
	6.00-7.00	SM	A-2-4(0)	0.03	72.95	27.03	NP	NP	NP									
	7.00-8.00	SM	A-2-4(0)	0.29	79.74	19.97	NP	NP	NP									
	8.00-9.00	SM	A-2-4(0)	0.29	79.74	19.97	NP	NP	NP									
	9.00-10.00	SM	A-2-4(0)	0	79.41	20.59	NP	NP	NP									
	10.00-11.00	SM	A-2-4(0)	0	76.87	23.13	NP	NP	NP									2.738
	11.00-12.00	SM	A-2-4(0)	0	75.33	24.67	NP	NP	NP									
	12.00-13.00	SP-SM	A-3(0)	0	94.02	5.98	NP	NP	NP									
	13.00-14.00	SP-SM	A-3(0)	0	94.73	5.27	NP	NP	NP									
	14.00-15.00	SM	A-2-4(0)	1.19	77.68	21.13	NP	NP	NP	0.10	31.00	1.82						

	15.00-16.00	SM	A-2-4(0)	1.49	77.29	21.22	NP	NP	NP	0.10	31.00	1.82						
	16.00-17.00	SM	A-2-4(0)	1.1	78.07	20.83	NP	NP	NP									
	17.00-18.00	SC	A-4 (1)	0.32	52.02	47.66	29.07	21.1	7.97									
P2-1	18.00-19.00	SC	A-4 (2)	0.56	50.14	49.31	29.72	21.31	8.41									
	19.00-20.00	SC	A-4 (2)	0.74	50.57	48.69	29.93	21.15	8.78									2.737
	20.00-21.00	SC	A-4 (1)	0.88	53.51	45.61	29.65	21.67	7.98									
	21.00-22.00	SM	A-2-4(0)	0.02	80.47	19.51	NP	NP	NP									
	22.00-23.00	SM	A-2-4(0)	0.16	80.33	19.51	NP	NP	NP									
	23.00-24.00	SM	A-2-4(0)	0.20	80.81	18.99	NP	NP	NP									
	24.00-25.00	SM	A-2-4(0)	0.09	83.75	16.16	NP	NP	NP									
	25.00-26.00	SP-SM	A-3 (0)	0.00	93.68	6.32	NP	NP	NP	0.07	29.89	1.84						
	26.00-27.00	SP	A-3 (0)	0.00	95.07	4.93	NP	NP	NP	0.07	29.89	1.84						
	27.00-28.00	SP-SM	A-3 (0)	0.00	92.46	7.54	NP	NP	NP	0.07	29.89	1.84						

	28.00-29.00	SP	A-1-b (0)	0.20	99.23	0.57	NP	NP	NP									2.737
	29.00-30.00	SP	A-1-b (0	0.03	99.32	0.66	NP	NP	NP									
	SPT26 (2.00-3.45)									0.27	5.65	1.78						
	SPT26 (8.00-9.45)									0.07	32	1.92						
P2-2	0.00-1.15	SM	A-4(0)	23.37	35.06	41.57	39.67	36.70	2.97									
	1.15-2.20	SM	A-2-4(0)	8.04	57.04	34.91	NP	NP	NP									2.607
	2.20-3.00	CH	A-7-5(65)	1.00	1.04	97.96	92.40	39.02	53.39									
	3.00-4.00	CH	A-7-5(54)	0.00	12.13	87.87	89.04	36.67	52.37									
	4.00-5.00	CH	A-7-5(51)	0.00	12.04	87.96	84.80	35.54	49.26				0.10	13.00	1.51			
	5.00-6.00	MH	A-7-5(53)	0.00	1.37	98.63	79.31	36.46	42.85									
	6.00-7.00	MH	A-7-5(48)	0.00	3.22	96.78	77.59	38.57	39.02				0.17	18.00	1.80	1.49	1.94	
	7.00-8.00	MH	A-7-5(44)	0.00	3.03	96.97	72.99	36.62	36.37									2.586
	8.00-9.00	MH	A-7-5(43)	0.00	7.62	92.38	75.29	37.89	37.41									2.547

	9.00-10.00	MH	A-7-5(47)	0.00	0.61	99.39	74.29	37.39	36.90				0.10	21.00	1.72			
	10.00-11.00	MH	A-7-5(47)	0.00	0.61	99.39	74.29	37.39	36.90									
	11.00-12.00	MH	A-7-5(46)	0.00	1.03	98.97	73.77	36.91	36.86									
	12.00-13.00	MH	A-7-5(45)	0.00	2.09	97.91	72.40	36.09	36.31									
	13.00-14.00	MH	A-7-5(42)	0.00	3.95	96.05	72.10	37.60	34.50									2.67
	14.00-15.00	MH	A-7-5(41)	0.00	4.94	95.06	71.71	37.02	34.69									
	15.00-16.00	MH	A-7-5(40)	0.30	5.63	94.07	72.43	38.92	33.51				0,17.	22.00	1.88	0.55	1.70	
P2-2	16.00-17.00	MH	A-7-5(39)	0.55	6.02	93.43	71.61	38.81	32.81									2.663
	17.00-18.00	MH	A-7-5(37)	0.42	7.71	91.87	68.50	35.84	32.66									
	18.00-19.00	MH	A-7-5(34)	0.45	9.17	90.37	65.47	33.89	31.58									2.665
	19.00-20.00	MH	A-7-5(30)	0.56	12.62	86.82	60.85	31.54	29.31									2.526
	20.00-21.00	MH	A-7-5(31)	0.44	11.95	87.61	61.88	31.61	30.27									
	21.00-22.00	MH	A-7-5(31)	0.53	10.18	89.29	61.43	32.15	29.27									

	22.00-23.00	MH	A-7-5(30)	0.50	9.76	89.74	61.24	32.88	28.35									2.652
	23.00-24.00	MH	A-7-5(21)	0.45	10.78	88.77	50.65	30.75	19.91									
	24.00-25.00	ML	A-7-5(6)	0.36	15.48	84.16	34.42	27.69	6.73									
	25.00-26.00	SM	A-4(0)	0.00	63.12	36.88	26.47	21.96	4.51									
	26.00-27.00	SM	A-2-4(0)	0.00	66.01	33.99	25.01	21.79	3.21									
	27.00-28.00	SM	A-2-4(0)	0.00	69.40	30.60	NP	NP	NP									
	28.00-29.00	SM	A-2-4(0)	0.00	70.35	29.65	NP	NP	NP									2.599
	29.00-30.00	SM	A-2-4(0)	0.00	73.05	26.95	NP	NP	NP									2.547
	SPT27 (2.00-3.45)									0.10	15.63	1.73						
	SPT27 (7.00-8.45)									0.10	25.77	1.74						
	SPT27 (10.00-10.45)									0.06	28.66	1.84						
P3-1	0.00-1.00	CH	A-7-6 (23)	0.18	22.79	77.03	54.26	25.59	28.68									
	5.30-5.50	ROCA	ROCA													360.24	2.80	

	6.90-7.20	ROCA	ROCA													288.89	2.87	
	7.30-7.50	ROCA	ROCA													128.19	2.89	
	10.40-10.70	ROCA	ROCA													207.10	2.89	
P3-2	1.00-2.00	SM	A-1-b (0)	33.83	50.21	15.96	NP	NP	NP									
	2.00-3.00	SM	A-1-b (0)	33.60	54.14	12.26	NP	NP	NP									
	3.00-4.00	SM	A-1-b (0)	28.69	51.25	20.05	NP	NP	NP	0.10	29.60	1.79						
	4.00-5.00	SC	A-2-4(0)	22.42	51.40	26.18	30.80	21.65	9.16									
	5.00-6.00	SC	A-2-6(0)	24.04	52.09	23.87	33.95	22.87	11.08									
	6.00-7.00	SM	A-1-b (0)	13.26	71.28	15.46	NP	NP	NP									
	7.00-8.00	SP - SM	A-1-b (0)	11.72	76.42	11.86	NP	NP	NP									
	8.00-9.00	SM	A-1-b (0)	8.16	79.20	12.65	NP	NP	NP									
	9.00-10.00	SM	A-1-b (0)	7.24	79.89	12.87	NP	NP	NP									

Tabla 3-63 Parámetros extraídas y analizadas en laboratorio

Ensayo de Consolidación				
Pozo	Profundidad	Cc	Relación Vacios Inicial	Relación Vacios Inicial
P1-1	24.00 - 26.00	0.241	1.05	0.72
P1-2	21.00 – 24.00	0.406	1.76	1.26
P1-2	28.70 – 30.00	0.435	2.04	1.37
P2-2	15.00 -17.00	0.395	1.61	1.12

3.10 Ensayos Geofísicos

3.10.1 Sísmica de Refracción y MASW

En este capítulo se describe los ensayos geofísicos de campo aplicando el método de refracción y MASW, en el primer caso para determinar potencia y forma de los estratos y en el segundo para la determinación de las velocidades de onda hasta 30 m de profundidad y caracterización del terreno mediante la normativa NEC (2015), así como determinación por métodos indirectos de los parámetros geo – mecánicos y elásticos de los componentes del subsuelo. Cabe señalar que en cada prospección sísmica se hizo el análisis mediante sísmica de refracción y MASW. Por parte del equipo consultor se generó este método para obtener mayor información para le ejecución del proyecto y adecuados sistemas de cimentación

En el procesamiento de la información se utilizaron los programas con licencia “Easy Refract” para el procesamiento de las líneas sísmicas y “Easy MASW” para el procesamiento de los ensayos MAS W. Del trabajo de gabinete se obtuvo información de los valores de velocidades de onda primarias (Vp) y de corte (Vs).

El interés de determinar el tipo de onda y su velocidad radica en el requerimiento en el ámbito geotécnico de la interacción suelo estructura y en el ámbito estructural del tipo de material sobre el cual se va a construir, como lo expone la tabla siguiente, generada por la National Earthquake Hazards Reduction Program (NEHRP), mediante la determinación de los valores determinados de Vs_{30} en el ensayo de MASW, infiriendo el tipo de suelo predominante en la zona de estudio. Este criterio es la base de lo expuesto en la NEC -15, en el ámbito estructural. En el presente estudio su uso radica en determinar el tipo de material presente en el subsuelo y consecuentemente por métodos indirectos determinar los parámetros físicos, mecánicos y elásticos de cada estrato, así como encasillarlo en el tipo de suelo acorde a la normativa directriz.

Tabla 3-64 Clasificación del tipo de suelo de acuerdo con la NEHRP

CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE ACUERDO CON LA NEHRP		
Tipo de	Clasificación de Suelo	Vs 30 (m/s)
A	Roca dura	> 1500
B	Roca	760 -1500
C	Suelo muy denso o roca suave	360 - 760
D	Suelo duro	180 - 360
E	Suelo suave	< 180
F	Suelos especiales que requieren evaluación especifica de sitio	-

Fuente: NEHRP

3.10.1.1 Equipo Utilizado

Para la prospección sísmica en general de la zona de estudio se utilizó los elementos que se observan en la fotografía siguiente; los mismos, se detallan a continuación:

- Sismógrafo Gea24 PASI
- 24 geófonos verticales de 4.5 Hz a 15 Hz de frecuencia
- Cables sísmicos
- Martillo de 8 kg
- Placa de acero
- Cable Triger
- Software Geopsy
- Software Easy MAS W
- Software GEA-PC
- Computador Lenovo para procesamiento de datos
- Cable USB

3.10.1.2 Método Sísmico de Refracción Norma ASTDM 5777

La base del ensayo sísmico de refracción consiste en la medición de los tiempos de viaje de las ondas de compresión (Ondas P) generadas por una fuente de energía impulsiva a unos puntos localizados a distancias predeterminadas a lo largo de un eje sobre la superficie del terreno (geófonos). La energía que se propaga en forma de ondas es detectada, amplificada y registrada de tal manera que puede determinarse su tiempo de arribo en cada punto. El tiempo cero o inicio de la grabación es generado por un dispositivo de arranque que activa el sistema de adquisición de datos al momento de producirse el impacto o explosión (en la presente consultoría impacto sobre una base metálica con un martillo de 8 Kg). La diferencia entre el tiempo de arribo y el tiempo cero, permite evaluar el tiempo de propagación de las ondas desde la fuente de energía hasta el lugar en que éstas son registradas y obtienen el nombre de dromocronas.

Tabla 3-65 Rango de velocidades para ondas de compresión en el suelo y rocas

Tipo de material	Vp (m/s)	Vs (m/s)
Suelo de superficie erosionado	240 - 610	144 - 366
Grava o arena seca	460 - 915	276 - 549
Arena saturada	1220 - 1830	732 - 1098
Arcilla saturada	910 - 2750	546 - 1650
Agua	1430 - 1665	858 - 999
Agua de mar	1460 - 1525	876 - 915
Arenisca	1830 - 3950	1098 - 2376
Esquisto, arcilla esquistosa	2750 - 4270	1650 -2562

Tipo de material	Vp (m/s)	Vs (m/s)
Yeso o Tiza	1830 - 3950	1098 - 2376
Caliza	2134 - 6100	1280 - 3660
Granito	4575 - 5800	2745 - 3480
Roca metamórfica	3050 - 7000	1830 - 4200

Fuente: ASTM D 5777, 20

En la tabla siguiente, se exponen los valores fluctuantes de las velocidades de onda, según diversos autores.

Tabla 3-66 Valores promedio de Vp y Vs en materiales del subsuelo

Tipo de suelo / material	Vp (m/s)	Vs (m/s)
Ligero y seco	183 - 274	110 - 165
Arcilloso húmedo o Limoso	305 - 396	183 - 219
Arcilloso	396 - 610	238 - 366
Arcilla roja	497	298
Arena arcillosa semi-consolidada	381 - 655	228 - 393
Marga húmeda	762	457
Arcilla densa y húmeda según profundidad	914 - 1524	549 - 914
Escombros o grava	600 - 792	360 - 475
Arena cementada	853 - 975	512 - 585
Arcilla arenosa	975 - 1158	585 - 695

Fuente: Redpath (1973)

3.10.1.3 Correlación de Parámetros Elásticos y Geo Mecánicos

Los ensayos geofísicos permiten, en función de las ondas determinadas, inferir una serie de parámetros elásticos y mecánicos de los materiales del subsuelo; inclusive, es posible calcular las capacidades de carga con una certeza aceptable de los diferentes estratos.

Los parámetros elásticos son un conjunto de propiedades y comportamientos que rigen un material cuando son sometidos a esfuerzos, estas cargas generan inicialmente una deformación del material; posteriormente, el material tiene la opción de recuperar su forma original o presentar una deformación pequeña, en función de su elasticidad. En la sísmica estos parámetros son importantes debido a que las velocidades de las ondas sísmicas dependen de las mismas y de la densidad de las rocas, los resultados

obtenidos de las ondas longitudinales y cortantes permiten determinar diferentes parámetros elásticos, como se describe a continuación.

3.10.1.3.1 Módulo de Young

El módulo de Young es un parámetro que determina la rigidez de un material que, mediante la ley de Hooke, relaciona el esfuerzo y la deformación uniaxiales en un mismo eje. El módulo de Young se puede expresar de la siguiente manera (Tezcan, Ozdemir, & Keceli, 2009) como lo expone la siguiente ecuación:

$$E = 2(1 + \nu)G$$

Donde:

$E = Módulo\ de\ Young$

$\nu = Coeficiente\ de\ poisson$

$G = Modulo\ de\ cortante$

3.10.1.3.2 Módulo de corte

Es la relación existente entre los esfuerzos de cortante originados en la muestra y las deformaciones de cizalladura provocadas por dicho esfuerzo. Este parámetro se calcula en función de las ondas de corte Vs, mediante la siguiente expresión (Tezcan, Ozdemir, & Keceli, 2009).

$$G = \gamma \frac{Vs^2}{g}$$

Donde:

$G = Módulo\ de\ Corte$

$\gamma = Peso\ específico$

$Vs\ = Velocidad\ de\ onda\ secundarias$

$g = gravedad$

3.10.1.3.3 Peso específico

Para calcular el peso específico, en función de las velocidades de onda Vs se aplica la formula empírica que a continuación se muestra: (Naranjo Aguay & Dranichnikov, 2012).

$$\gamma = 1.516 * 10^{-2} * \sqrt{Vp} + 1.597$$

Donde:

$\gamma = Peso\ específico$

$Vp = Velocidades\ de\ onda\ primarias$

3.10.1.3.4 Coeficiente de Poisson

Se define como la relación existente entre la deformación transversal y la deformación longitudinal, al someterle a un cuerpo a una fuerza de tracción o compresión, y se define mediante la siguiente expresión (Tezcan, Ozdemir, & Keceli, 2009).

$$\nu = \frac{\alpha-2}{2(\alpha-1)};\ \alpha = \left(\frac{Vp}{Vs}\right)^2$$

Donde:

$\upsilon = Coeficiente\ de\ Poisson$

$Vp = Velocidades\ de\ onda\ principales$

$Vs = Velocidades\ de\ onda\ secundarias$

$\alpha = coeficiente\ que\ depende\ de\ Vp\ y\ Vs$

3.10.1.3.5 Capacidad Portante

La capacidad portante, es la capacidad que tiene el terreno de soportar las cargas sometidas al mismo, sin que se produzca el colapso. Los métodos indirectos, permiten determinar las mismas, pero los valores utilizados, deberán considerarse como una guía; por lo que, en el presente estudio, se calculó las capacidades por este método, la correlación con ensayos geotécnicos permitirá establecer capacidades de los estratos a nivel superficial. y/o profundo.

La siguiente tabla presenta una serie de fórmulas para determinar la capacidad admisible del terreno en función de la variación de la velocidad de onda cortante. Para el presente estudio se considera el material como suelos, puente 1 y 2. Para el procesamiento de la información, por la geología y las inspecciones de campo, se asumen capas del subsuelo con velocidades menores a 750 m/s; salvo ciertas zonas que se han identificado materiales rocosos, puente 3, se utilizaran velocidades cortantes similares a rocas, con Vs entre 750 m/s. y 4000 m/s.

Tabla 3-67 Fórmulas empíricas para determinar la capacidad admisible

Tipo de suelo	Vs – rango (m/s)	n	qa (kN/m2)
Roca dura	Vs ≥ 4000	n=1.4	qa=0.071 *ɣ* Vs
Roca blanda y débil	750 ≤ Vs ≤ 4000	n=4.6-0.0008Vs	qa=0.1* ɣ *Vs/n
Suelo	750 ≥ Vs	n=4.0	qa=0.025*ɣ*Vs

Fuente: Pazmiño (2017). Velocidades de onda Vs y Vp y su correlación con los valores del ángulo de fricción interna, cohesión y Nspt para los suelos de Sangolquí

3.10.1.3.6 Módulo de Bulk

El módulo de Bulk, o también conocido como de compresibilidad, mide la resistencia a la compresión uniforme y, por lo tanto, indica el aumento de presión requerido para causar una disminución unitaria del volumen dado, su cálculo se lo puede realizar como lo expresa la ecuación siguiente (Tezcan, Ozdemir, & Keceli, 2009).

$$\mathrm{K\,b} = \mathrm{E} / 3(1 - 2\nu)$$

Donde:

$E = Módulo\ de\ Young$

$\nu = Coeficiente\ de\ poisson$

3.10.1.3.7 Módulo Edométrico

Este módulo se trata de un parámetro similar al módulo de elasticidad, pero en este caso el módulo edométrico es un módulo de compresión confinada sin deformaciones horizontales y solo tiene validez para determinados valores de carga, su uso es extendido en el cálculo del asentamiento del suelo, a causa de la carga, principalmente en suelos arcillosos. Este parámetro mediante la geotecnia se calcula por medio del ensayo de consolidación. La siguiente ecuación, expone su cálculo (Tezcan, Ozdemir, & Keceli, 2009)

$$E_c = \frac{\alpha E}{2(3\alpha - 4)}$$

Donde:

$E = Módulo\ de\ Young$

$\alpha = coeficiente\ que\ depende\ de\ Vp\ y\ Vs$

3.10.1.3.8 Módulo Balasto

En todo análisis estructural es necesario conocer o estimar las deformaciones asociadas con las cargas que transfiere una fundación al terreno natural. Para realizar el análisis estructural de las fundaciones se modela el suelo representándolo por un número infinito de resortes cada uno de los cuales no es afectado por el otro. La constante que define la función fuerza-desplazamiento de estos resortes es conocida como el coeficiente de balasto y puede ser vertical u horizontal, dependiendo de la dirección de las fuerzas analizadas. Es oportuno indicar que el coeficiente de balasto no es un parámetro intrínseco del suelo, sino que el mismo depende de las dimensiones de la fundación y las propiedades mecánicas del terreno. Esto se debe a que al cargar una fundación se generan esfuerzos en la masa de suelos los cuales dependen del tamaño y la geometría de la fundación. Ahora bien, las deformaciones, y por ende los asentamientos, debajo

de una fundación dependen del módulo de elasticidad del suelo. Por eso, varios autores utilizan el módulo de elasticidad del suelo para generar fórmulas que permitan calcular el coeficiente de balasto a la vez que introducen factores de corrección para tomar en consideración el tamaño y la geometría de la fundación. En el presente estudio, este módulo será definido, conociendo parámetros elásticos del material, como lo expone la Ecuación siguiente expuesta por Vesic:

$$K = \frac{E}{B(1-\nu^2)}$$

Donde:

$E = Módulo\ de\ Young$

$\nu = Coeficiente\ de\ poisson$

$K = Módulo\ de\ Balasto$

$B = Ancho\ de\ cimentaciòn$

Para esta parte del estudio, por el interés de la investigación y el tipo de edificaciones proyectadas, se considera un ancho de cimentación de 1.00 m.

3.10.1.3.9 Respuesta dinámica del terreno

El periodo fundamental de vibrar de un edificio es un parámetro clave para el diseño sísmico de una estructura; en el caso de construcciones existentes es un valor que puede ayudar a determinar las condiciones actuales de seguridad estructural.

Para conocer el periodo dominante del suelo y compararlo con el de la estructura, se considera una estratificación horizontal homogéneo. La relación entre estos parámetros se presenta en la Ecuación siguiente, donde T_s es el periodo dominante del estrato equivalente, H_s el espesor total del estrato del terreno y V_s la velocidad efectiva de propagación de ondas de corte en el estrato.

$$T_s = \frac{4 * H_s}{V_s}$$

3.10.1.3.10 Cálculo de parámetros geomecánicos en función de velocidades

Pazmiño (2017), en su trabajo denominado “Velocidades de onda Vs y Vp y su correlación con los valores del ángulo de fricción interna, cohesión y Nspt para los suelos de Sangolquí”, sugiere fórmulas empíricas recopiladas para el cálculo de parámetros geo mecánicos del suelo. Cabe señalar que, desde el punto de vista geotécnico, los materiales superficiales de la zona pueden ser variables, pudiendo ser el parámetro dominante superficialmente el ángulo de fricción, así como pudiese ser la cohesión. Las fórmulas aplicadas para el presente estudio, en función de las características geológicas de los materiales se exponen a continuación:

$$c' = 0.908 - 0.168\frac{V_p}{V_s}$$ Autor: I.G. Mindel

Cohesión para los suelos saprolíticos de los Urales

La siguiente expresión expone la fórmula para calcular el ángulo de fricción interna:

$$\emptyset(grados) = 0.7792\ \frac{Vp}{Vs} + 26.529$$

En función de las fórmulas revisadas, se recalca que, al ser métodos indirectos los parámetros deben tomarse como orientativos y de ser necesario, considerarse una tendencia con los otros ensayos ejecutados.

3.10.1.3.11 Velocidad de onda promedio en los primeros 30 metros, para diseño sismorresistente

La NEC en el capítulo de estructuras sismo resistente, estable el mecanismo para determinar la velocidad promedio de onda en los 30 primeros metros de superficie, Vs_{30}; en función de este parámetro se puede categorizar al terreno entre los diferentes tipos de perfiles. En los subcapítulos siguientes, se observan los parámetros determinados en la zona en estudio donde se ejecutó esto ensayo.

3.10.1.3.12 Correlación del número de golpes N del ensayo SPT con las Vp

Refiriéndose a los ensayos SPT, existen correlaciones entre el número de golpes y la velocidad de propagación de las ondas longitudinales. Así para los loess de Ucrania, I. G. Mindel dedujo la siguiente correlación:

$$N = 0{,}0284\ \times Vp - 7{,}6$$

A su vez, de acuerdo a Peck, Hanson & Thornburn, la capacidad portante de un suelo está dada por la siguiente ecuación siguiente, al considerar el número de golpes

$$Qa = 0.133 * N$$

3.10.1.4 Ubicación de ensayos geofísicos

En la zona de estudio se llevaron a cabo 16 líneas sísmicas. La longitud total de exploración en superficie llegó a 1652 ml entre los ensayos sísmicos (1376 ml) y MAS W (276 ml). Las tablas siguientes expone la ubicación de cada línea y su longitud; cabe recalcar que en las mismas líneas se generaron ensayos sísmicos de refracción, así como ensayos MASW. En el anexo 9 se indican las ubicaciones de los ensayos

Tabla 3-68 Coordenadas de ubicación de ensayos geofísicos aplicando método sísmico de refracción

Zona	Nomenclatura de Ensayo Sísmico	COORDENADAS ENSAYOS SÍSMICOS DE REFRACCIÓN						Longitud de la Línea Sísmica (m)	Cota aproximada de exploración
		Inicio		Medio		Fin			m.s.n.m
		X	Y	X	Y	X	Y		
Puente 1	LS1-1	578018	9800293	577985	9800277	577953	9800261	72	70
	LS1-2	577929	9800254	577894	9800246	577859	9800237	72	65
Puente 2	LS2-1	575022	9799165	575067	9799208	575110	9799249	120	70
	LS2-2	574995	9799117	574949	9799077	574903	9799039	120	71
Puente 3	LS3-1	569134	9795927	569219	9796012	569304	9796096	240	125
	LS3-2	569073	9795894	569038	9795887	569073	9795894	72	106
SPT - 15	LSC - 1	566912	9795154	566869	9795196	566749	9795183	170	265
SPT - 16	LSC - 1	566111	9795221	566054	9795244	565948	9795186	170	287
Escombrera	LSC - ESC -1	572302	9797110	572287	9797201	572271	9797290	170	100
Variante 1	LSC 1	575344	9799409	575264	9799364	575186	9799322	170	90

Tabla 3-69 Coordenadas de ubicación de ensayos geofísicos aplicando método análisis multicanal de ondas MAS W

Zona	Nomenclatura Ensayo sísmico	COORDENADAS ENSAYOS ANÁLISIS MULTICANAL DE ONDAS MAS W						Longitud de la Línea Sísmica (m)	Cota aproximada de exploracion
		Inicio		Medio		Fin			m.s.n.m
		X	Y	X	Y	X	Y		
Puente 1	LM1-1	577971	9800258	577964	9800281	577957	9800304	36	**65**

	LM1-2	577906	9800232	577917	9800254	577928	9800276	48	65
Puente 2	LM2-1	575063	9799165	575043	9799180	575023	9799195	48	70
	LM2-2	574998	9799089	574978	9799104	574960	9799119	48	70
Puente 3	LM3-1	569146	9795894	569126	9795907	569105	9795921	48	103
	LM3-2	569080	9795875	569061	9795889	569041	9795904	48	105

3.10.1.5 Resultados ensayos sísmica de refracción

Las siguientes figuras exponen los resultados del procesamiento de los ensayos sísmico ejecutados. Se observa las dromocronas generadas, el mapa de velocidades de onda que se obtuvo del subsuelo, así como el perfil estratigráfico inferido. Los gráficos presentados fueron obtenidos al procesar la información de campo con el programa especializado GeoStru EasyRefract.

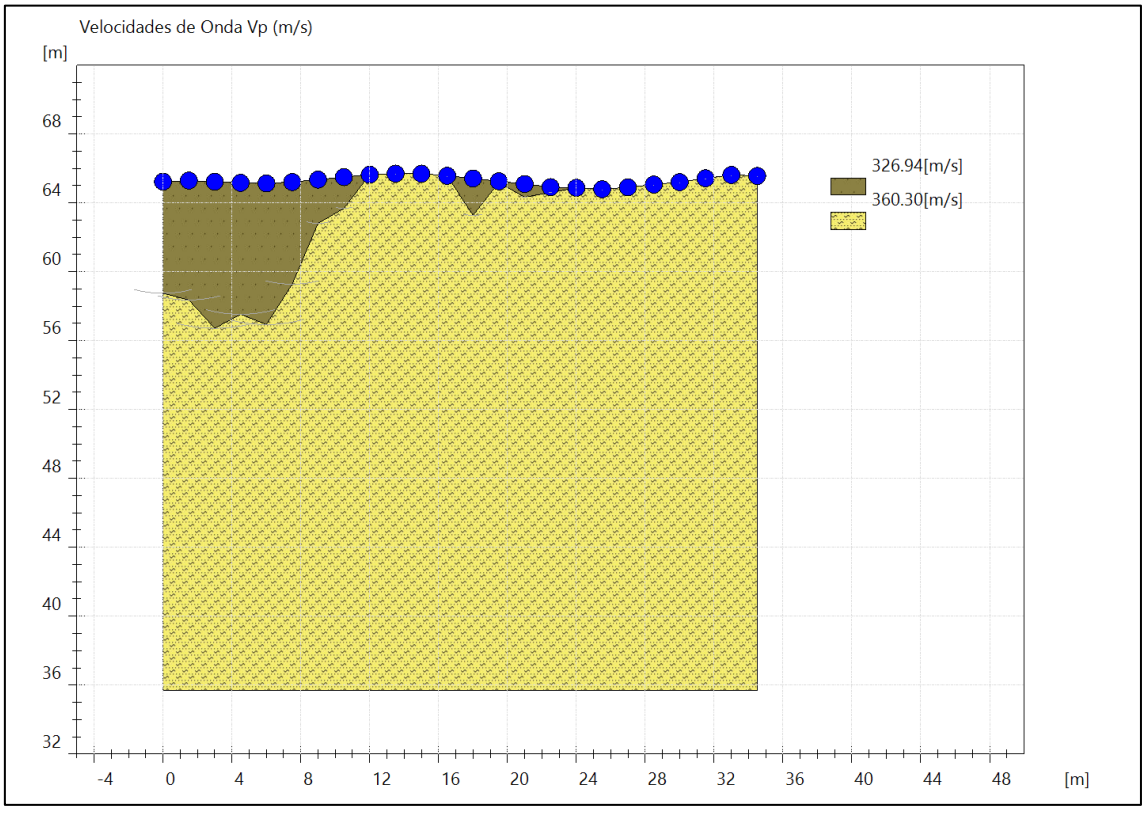


Figura 3-11: Perfil estratigráfico inferido, generado del primer ensayo geofísico sísmico de refracción LM1-1, velocidades de onda Vp. Zona puente 1.

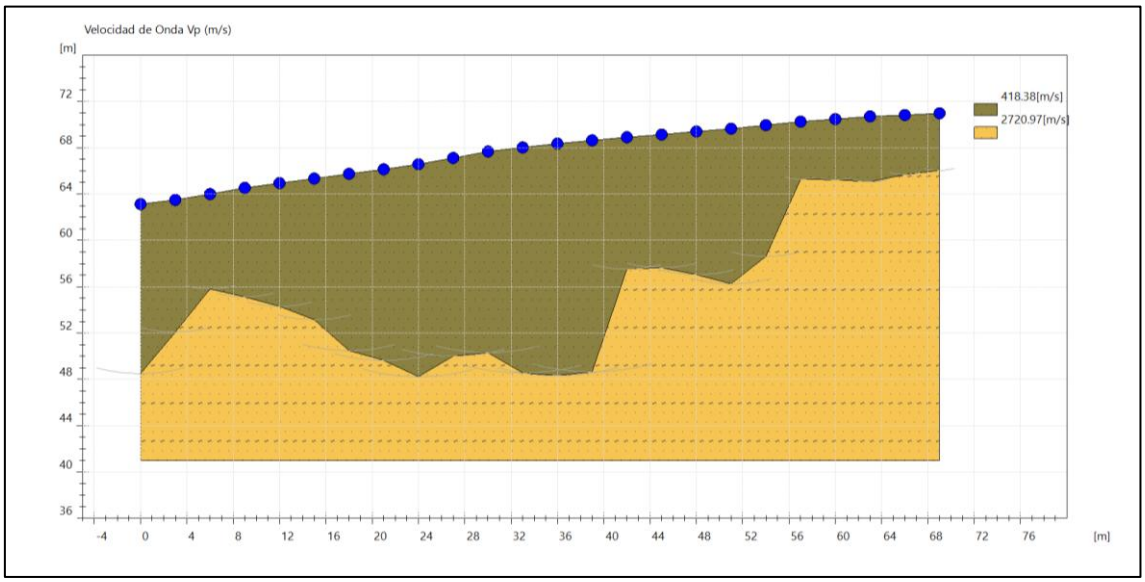


Figura 3-12: Dromocronas generadas del segundo ensayo geofísico sísmico de refracción LS1-1, zona puente 1

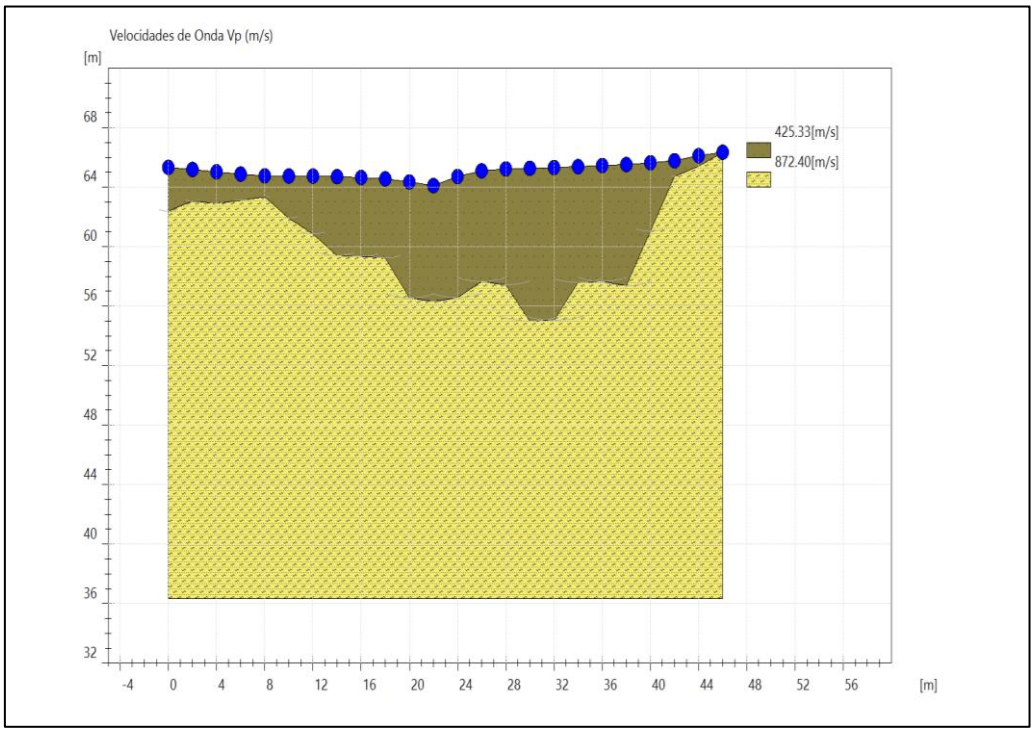


Figura 3-13: Perfil estratigráfico inferido, generado del tercer ensayo geofísico sísmico de refracción LM1-2, velocidades de onda Vp. Zona del puente 1

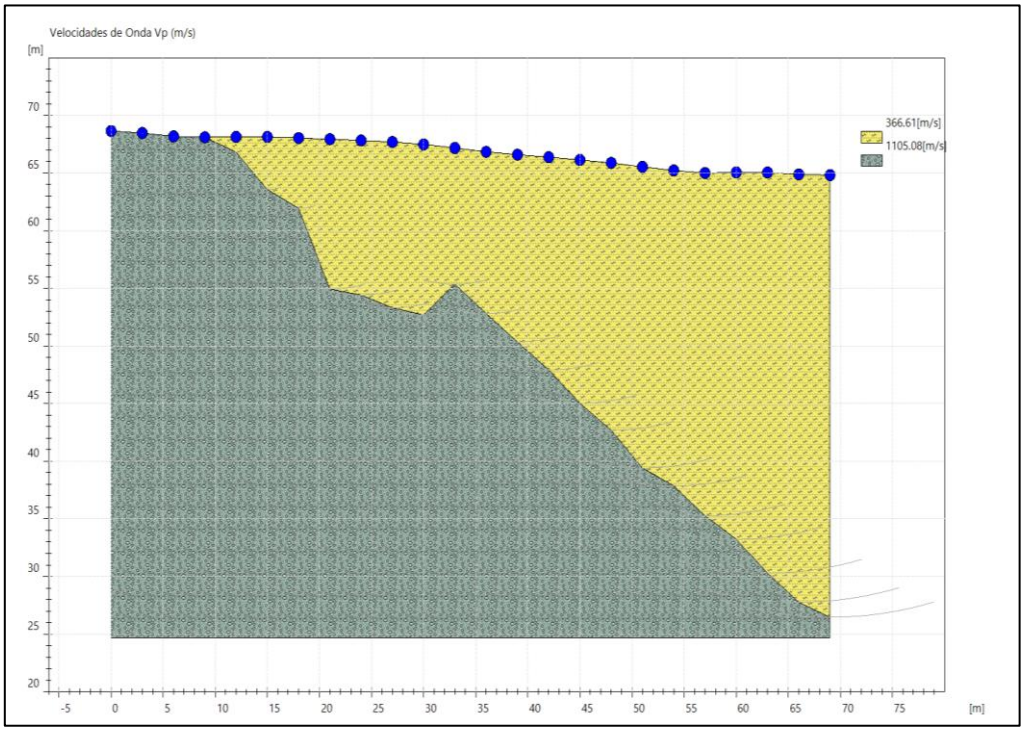


Figura 3-14: Perfil estratigráfico inferido, generado del cuarto ensayo geofísico sísmico de refracción LS1-2, velocidades de onda Vp. Zona del puente 1, forma longitudinal al puente

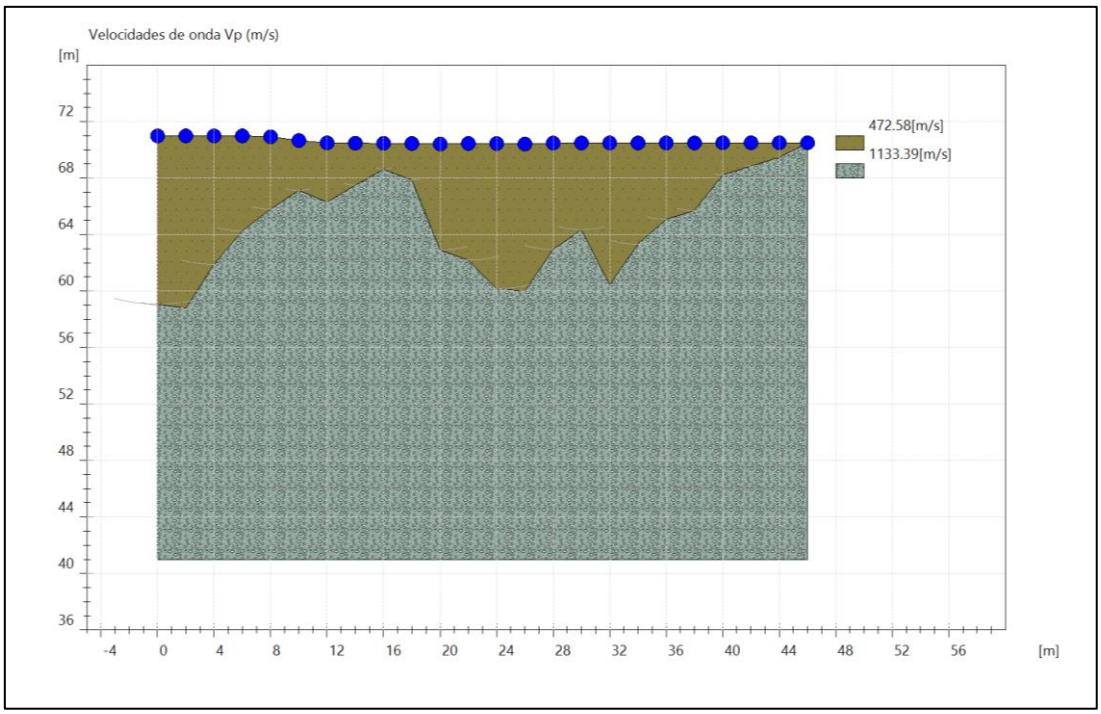


Figura 3-15: Perfil estratigráfico inferido, generado del quinto ensayo geofísico sísmico de refracción LM2-1, velocidades de onda Vp. Puente 2. Tendido transversal al puente

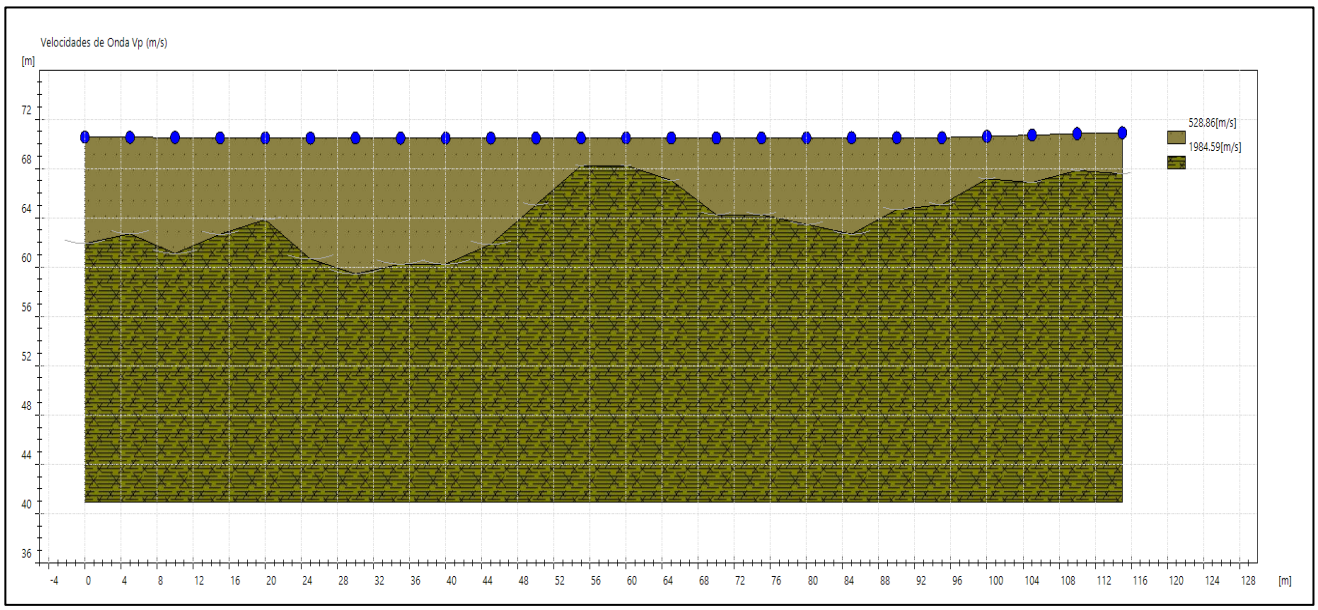


Figura 3-16: Perfil estratigráfico inferido, generado del sexto ensayo geofísico sísmico de refracción LS2-1, velocidades de onda Vp. Puente 2. Tendido forma longitudinal al puente

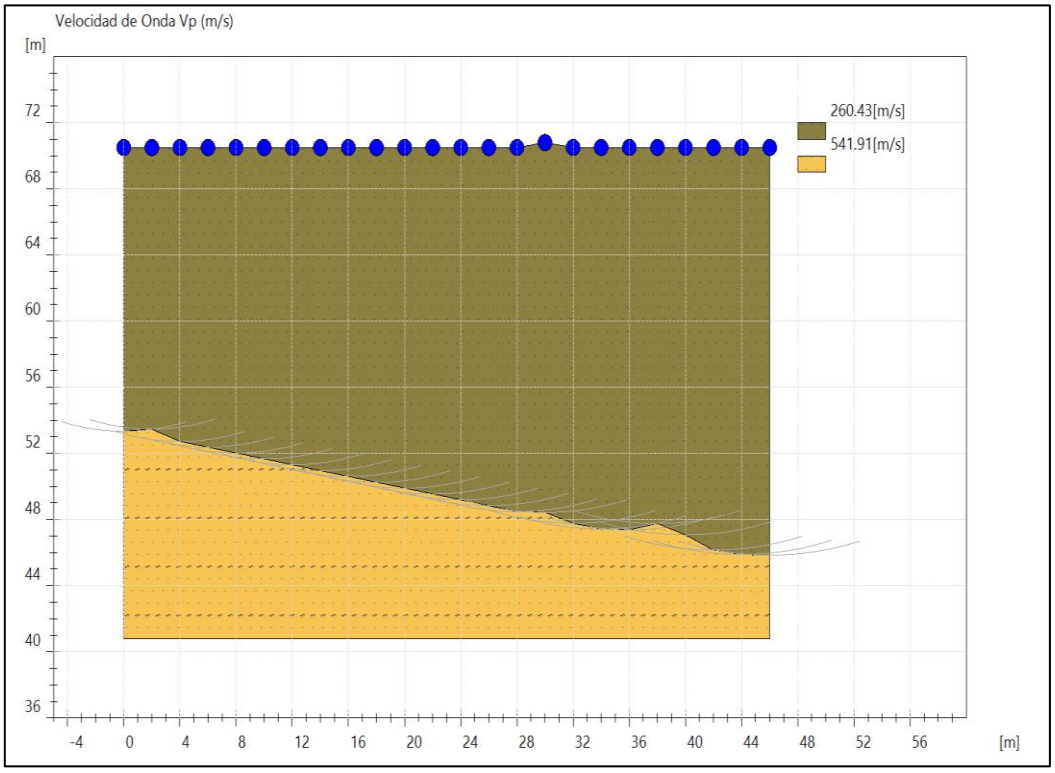


Figura 3-17: Perfil estratigráfico inferido, generado del séptimo ensayo geofísico sísmico de refracción LM2-2, velocidades de onda Vp. Zona puente 2, tendido transversal al puente

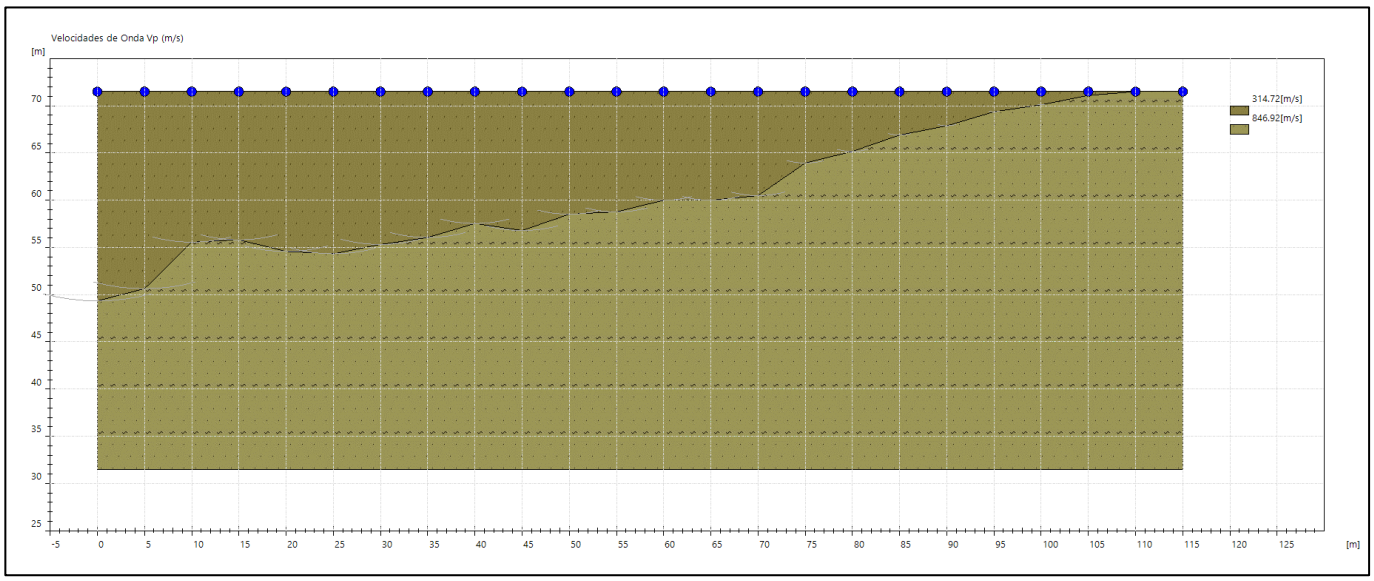


Figura 3-18: Perfil estratigráfico inferido, generado del octavo ensayo geofísico sísmico de refracción LS2-2, velocidades de onda Vp, zona puente 2, tendido longitudinal al puente

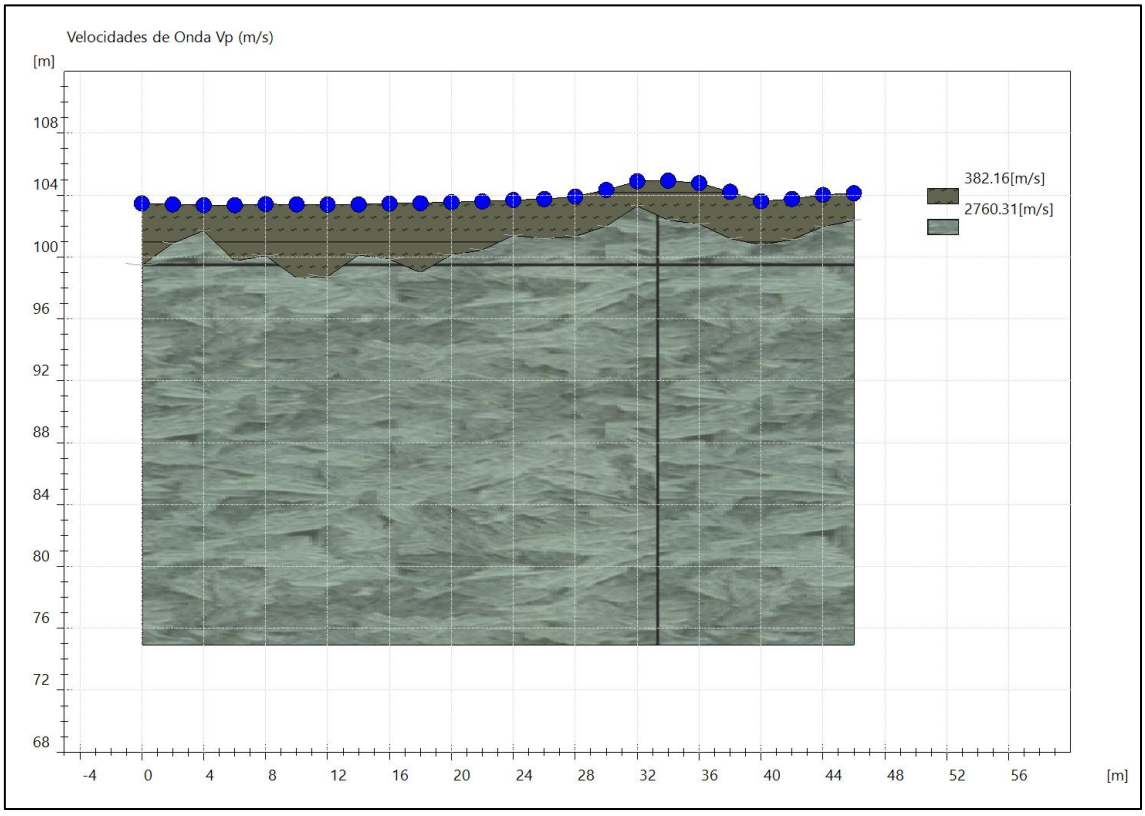


Figura 3-19: Perfil estratigráfico inferido, generado del ensayo geofísico sísmico de refracción LM3 – 1, velocidades de onda Vp. Zona puente 3, tendido de forma transversal al puente

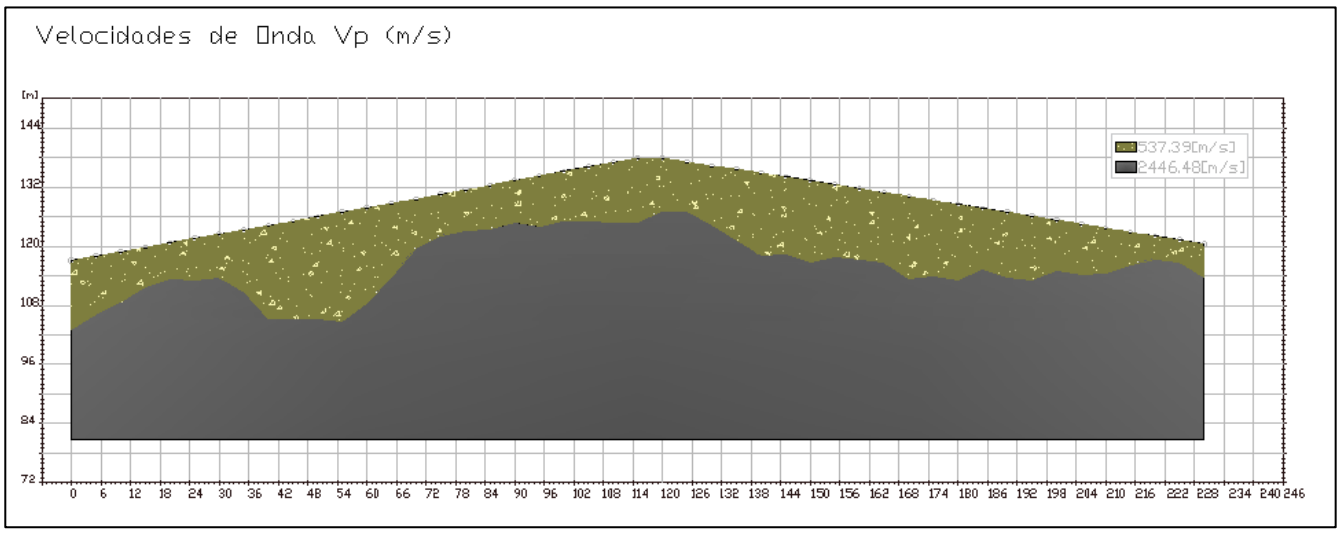


Figura 3-20: Perfil estratigráfico inferido, generado del décimo ensayo geofísico sísmico de refracción LS3 – 1, velocidades de onda Vp. Puente 3, sentido longitudinal

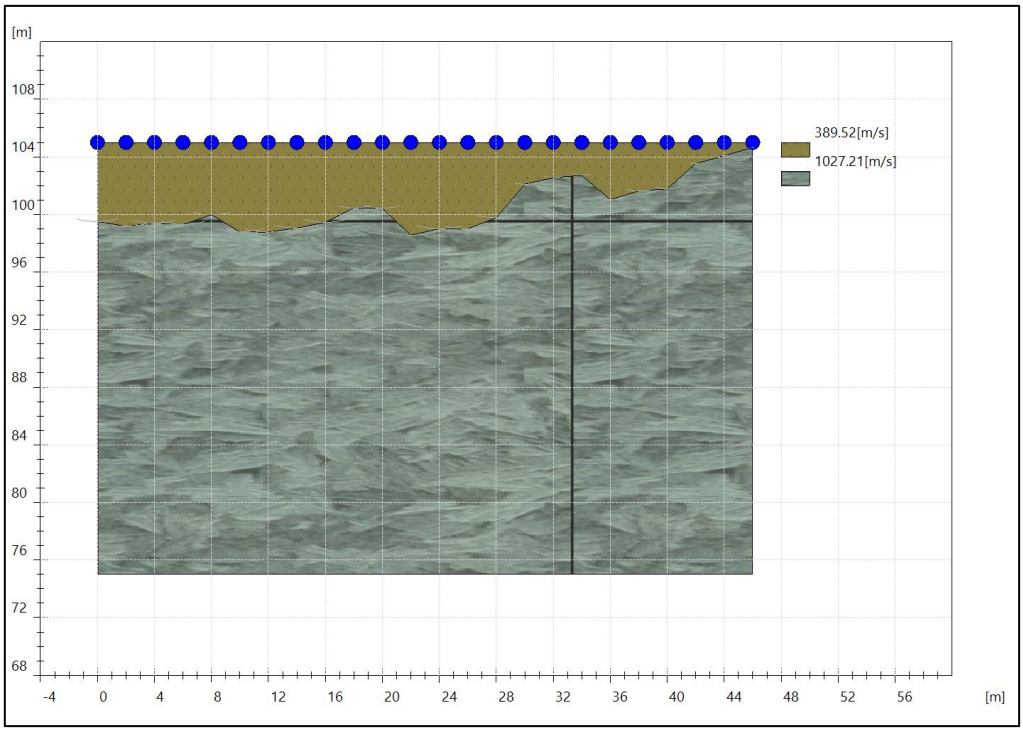


Figura 3-21: Perfil estratigráfico inferido, generado del décimo tercer ensayo geofísico sísmico de refracción LM3 – 2, velocidades de onda Vp. Zona puente 3, tendido transversal al puente

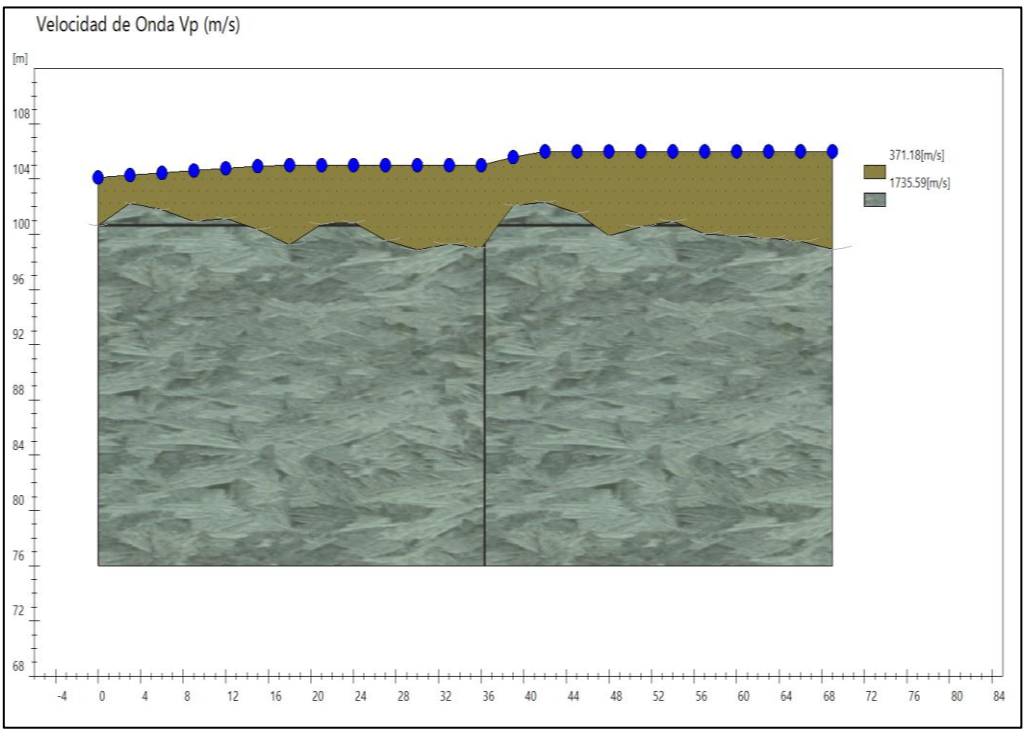


Figura 3-22: Perfil estratigráfico inferido, generado del décimo segundo ensayo geofísico sísmico de refracción LS3 – 2, velocidades de onda Vp. Zona puente 3, perfil longitudinal

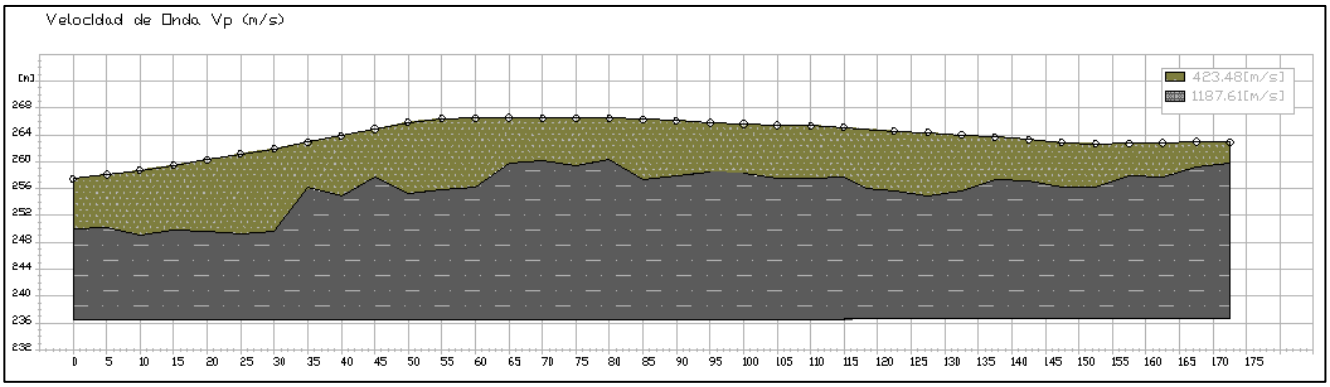


Figura 3-23: Perfil estratigráfico inferido, generado del ensayo geofísico sísmico de refracción LSC – SPT 15, velocidades de onda Vp

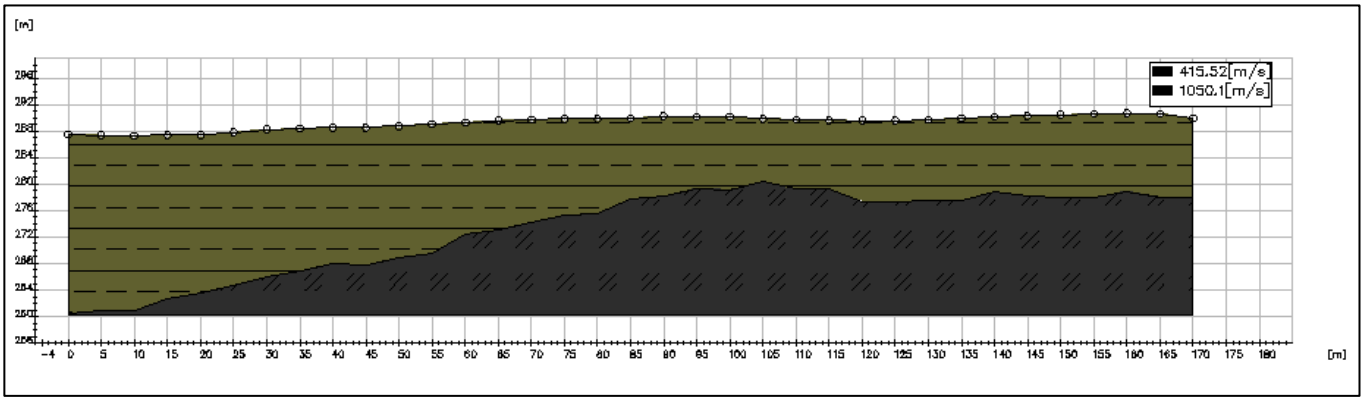


Figura 3-24: Perfil estratigráfico inferido, generado del ensayo geofísico sísmico de refracción LSC – SPT 16, velocidades de onda Vp

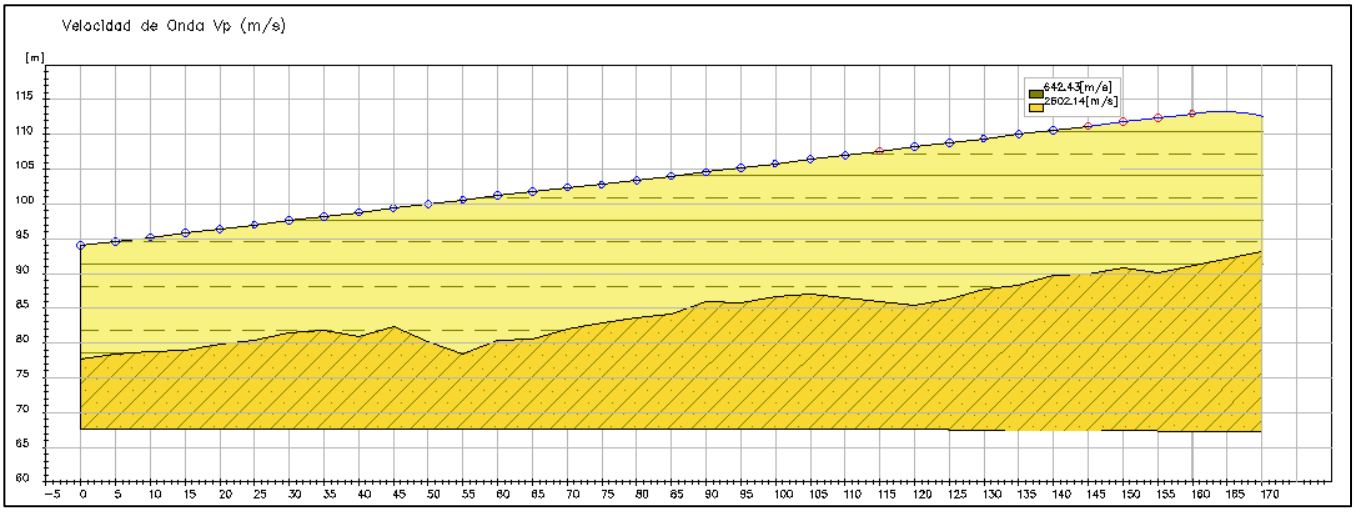


Figura 3-25: Perfil estratigráfico inferido, generado del ensayo geofísico sísmico de refracción LSC – ESCOMBRERA, velocidades de onda Vp

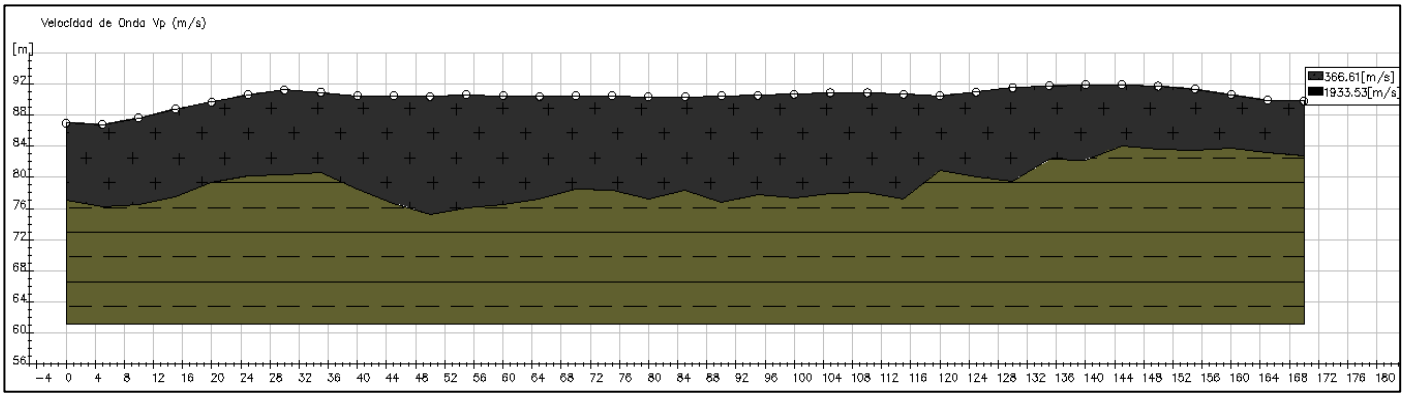


Figura 3-26: Perfil estratigráfico inferido, generado del ensayo geofísico sísmico de refracción LSC – VARIANTE, velocidades de onda Vp

3.10.1.6 Resultados ensayos sísmicos MASW

la tabla subsiguiente se exponen los parámetros geo – mecánicos y elásticos de cada estrato geofísico inferido, encasillando al perfil del suelo como tipo D hasta los 30 m de profundidad, desde la cota de exploración, con un periodo de vibración de 0.42. En esta exploración no se identificó material rocoso.

Tabla 3-70 Parámetros elásticos y mecánicos calculados en función de las velocidades de ondas determinadas de la LM1 - 1 ejecutada, periodos de vibración del subsuelo. Perfil del terreno tipo D, suelo rígido

"ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA VÍA SECTOR FÁTIMA-VILLAO LÍMITE PROVINCIAL, INCLUYE PUENTES EN EL CANTÓN PEDRO CARBO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS."																								
Línea Sìsmica Ejecutada	Estratos geofísicos definidos			Velocidades de ondas			Peso especifico	Capacidad admisible	Resistencia a la penetracion y capacidad de carga en función de N			Modulo de corte	Coeficiente Poisson	Mòdulo Young	Mòdulo Edomètrico	Mòdulo Bulk	Mòdulo Balasto	Cohesiòn	Àngulo de fricciòn	Periodo Dominante		Perfil Estrato	Perfil V_{S30}
	capas presentes	Variaciòn estrato		Potencia estrato (i)	Vp	Vs	di/Vsi	γ	q_a	q_a	$q_{a\,(prom)}$	N referencial	G	υ	E	E_c	kb	k	C	Φ	Ts	Ts prom	Según NEC (2015)	
		$[m]$		$[H]$	$[m/s]$	$[m/s]$		$[KN/m^3]$	$[kn/m^2]$	$[kn/m^2]$	$[kn/m^2]$		$[kN/m^2]$	$[-/-]$	$[kN/m^2]$	$[kN/m^2]$	$[kN/m^2]$	$[kN/m^3]$	KN/m²	°	$[s]$			
LM1 -1	1	0	4,04	4,04	240,83	147,48	0,02739	15,35	75,46	86,39	80,93	7	34033,42	0,30	8848,69	2949,66	7373,91	9723,84	1,09	24,7	0,11	0,42	E	**D**
	2	4,04	9,94	5,9	386,97	236,97	0,02490	15,98	126,23	140,53	133,38	11	91473,33	0,30	23783,07	7927,70	19819,22	26135,24	10,32	26,1	0,10		D	
	3	9,94	30	20,06	607,87	372,24	0,05389	17,60	218,38	222,35	220,37	17	248593,48	0,29	64137,12	21378,71	50902,48	70026,33	51,48	28,4	0,22		C	
	Σdi =			**30**	**Σdi /Vs =**		0,10618	**Vs, media (V_{S30})**													**282,54**			

Tabla 3-71 Parámetros elásticos y mecánicos en función de las velocidades de ondas determinadas de la LS1 - 1 segundo ensayo ejecutado. Perfil del terreno tipo D, suelo rígido. Zona puente 1

"ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA VÍA SECTOR FÁTIMA-VILLAO LÍMITE PROVINCIAL, INCLUYE PUENTES EN EL CANTÓN PEDRO CARBO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS."																								
Línea Sísmica Ejecutada	Estratos geofísicos definidos			Velocidades de ondas			Peso especifico	Capacidad admisible	Resistencia a la penetracion y capacidad de carga en función de N			Modulo de corte	Coeficiente Poisson	Módulo Young	Módulo Edomètrico	Módulo Bulk	Módulo Balasto	Cohesiòn	Àngulo de fricciòn	Periodo Dominante		Perfil Estrato	Perfil Vs_{30}
	capas presentes	Variaciòn estrato		Potencia estrato (i)	Vp	Vs	di/Vsi	γ	q_a	q_a	$q_{a\,(prom)}$	N referencial	G	υ	E	E_c	kb	k	C	Φ	Ts	Ts prom	Según NEC (2015)	
		$[m]$		$[H]$	$[m/s]$	$[m/s]$		$[KN/m^3]$	$[kn/m^2]$	$[kn/m^2]$	$[kn/m^2]$		$[kN/m^2]$	$[-/-]$	$[kN/m^2]$	$[kN/m^2]$	$[kN/m^2]$	$[kN/m^3]$	KN/m²	°	$[s]$			
LS1-1	1	0	9,67	9,67	380,16	232,8	0,04154	15,69	121,75	138,00	129,88	11	86680,20	0,30	22536,85	7512,32	18780,71	24765,77	9,05	26,1	0,17		D	
	2	9,67	23,01	13,34	665,83	407,74	0,03272	16,71	227,11	243,82	235,46	19	283187,50	0,28	72496,00	24165,81	54921,21	78663,19	62,28	28,9	0,13	0,35	C	**D**
	3	23,01	30	6,99	879,99	538,88	0,01297	18,58	333,75	323,15	328,45	25	549997,65	0,25	137499,41	45832,86	91666,27	146666,04	102,18	31,1	0,05		C	
	Σdi =			**30**	**Σdi /Vs =**		0,08723	**Vs, media (Vs_{30})**													**343,93**			

Tabla 3-72 Parámetros elásticos y mecánicos calculados en función de las velocidades de ondas determinadas de la LM1 - 2 ejecutada, tercer ensayo sísmico, periodos de vibración del subsuelo. Perfil del terreno tipo C, suelo rígido, zona puente 1

"ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA VÍA SECTOR FÁTIMA-VILLAO LÍMITE PROVINCIAL, INCLUYE PUENTES EN EL CANTÓN PEDRO CARBO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS."																								
Línea Sísmica Ejecutada	Estratos geofísicos definidos			Velocidades de ondas			Peso especifico	Capacidad admisible	Resistencia a la penetracion y capacidad de carga en función de N			Modulo de corte	Coeficiente Poisson	Módulo Young	Módulo Edomètrico	Módulo Bulk	Módulo Balasto	Cohesiòn	Àngulo de fricciòn	Periodo Dominante		Perfil Estrato	Perfil Vs_{30}
	capas presentes	Variaciòn estrato		Potencia estrato (i)	Vp	Vs	di/Vsi	γ	q_a	q_a	$q_{a\,(prom)}$	N referencial	G	υ	E	E_c	kb	k	C	Φ	Ts	Ts prom	Según NEC (2015)	
		$[m]$		$[H]$	$[m/s]$	$[m/s]$		$[KN/m^3]$	$[kn/m^2]$	$[kn/m^2]$	$[kn/m^2]$		$[kN/m^2]$	$[-/-]$	$[kN/m^2]$	$[kN/m^2]$	$[kN/m^2]$	$[kN/m^3]$	KN/m²	°	$[s]$			
LM1-2	1	0	5,15	5,15	348,65	213,5	0,02412	15,59	110,95	126,33	118,64	10	72439,07	0,30	18834,16	6277,84	15695,13	20696,88	3,18	25,6	0,10		D	
	2	5,15	21,96	16,81	660,38	404,4	0,04157	18,38	247,76	241,80	244,78	19	306407,08	0,28	78440,21	26146,93	59424,40	85113,08	61,26	28,9	0,17	0,32	C	**C**
	3	21,96	30	8,04	844,57	517,19	0,01555	18,41	317,38	310,03	313,71	24	501978,39	0,25	125494,60	41831,31	83663,06	133860,90	95,58	30,7	0,06		C	
	Σdi =			**30**	**Σdi /Vs =**		0,08124	**Vs, media (Vs_{30})**													**369,30**			

Tabla 3-73 Parámetros elásticos y mecánicos calculados en función de las velocidades de ondas determinadas de la LS1 – 2 cuarta línea ejecutada, periodos de vibración del subsuelo. Perfil del terreno tipo D, suelo rígido. Tendido longitudinal al puente

"ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA VÍA SECTOR FÁTIMA-VILLAO LÍMITE PROVINCIAL, INCLUYE PUENTES EN EL CANTÓN PEDRO CARBO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS."																								
Línea Sísmica Ejecutada	Estratos geofísicos definidos			Velocidades de ondas			Peso especifico	Capacidad admisible	Resistencia a la penetracion y capacidad de carga en función de N			Modulo de corte	Coeficiente Poisson	Módulo Young	Módulo Edomètrico	Módulo Bulk	Módulo Balasto	Cohesiòn	Àngulo de fricciòn	Periodo Dominante		Perfil Estrato	Perfil Vs_{30}
	capas presentes	Variaciòn estrato		Potencia estrato (i)	Vp	Vs	di/Vsi	γ	q_a	q_a	$q_{a\,(prom)}$	N referencial	G	υ	E	E_c	kb	k	C	Φ	Ts	Ts prom	Según NEC (2015)	
		$[m]$		$[H]$	$[m/s]$	$[m/s]$		$[KN/m^3]$	$[kn/m^2]$	$[kn/m^2]$	$[kn/m^2]$		$[kN/m^2]$	$[-/-]$	$[kN/m^2]$	$[kN/m^2]$	$[kN/m^2]$	$[kN/m^3]$	KN/m²	°	$[s]$			
LM1-2	1	0	11,84	11,84	331,9	203,24	0,05826	15,36	104,07	120,13	112,10	9	64675,62	0,25	16168,90	5389,29	10779,27	17246,83	0,06	25,6	0,23	0,35	D	D
	2	11,84	17,99	6,15	863,98	529,08	0,01162	18,42	324,85	317,22	321,04	24	525609,62	0,25	131402,41	43801,21	87601,60	140162,57	99,20	30,9	0,05		C	
	4	17,99	30	12,01	1151,34	705,05	0,01703	19,46	457,34	423,66	440,50	32	986083,43	0,24	244548,69	81516,49	156761,98	259495,64	152,74	33,8	0,07		C	
	Σdi =			**30**	**Σdi /Vs =**		0,08691	**Vs, media (Vs_{30})**													**345,17**			

Tabla 3-74 Parámetros elásticos y mecánicos calculados en función de las velocidades de ondas determinadas del quinto ensayo sísmico, LM2 – 1, periodos de vibración del subsuelo. Perfil del terreno tipo C, suelo rígido. Zona puente 2, tendido transversal al puente

"ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA VÍA SECTOR FÁTIMA-VILLAO LÍMITE PROVINCIAL, INCLUYE PUENTES EN EL CANTÓN PEDRO CARBO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS."																								
Línea Sísmica Ejecutada	Estratos geofísicos definidos			Velocidades de ondas			Peso especifico	Capacidad admisible	Resistencia a la penetracion y capacidad de carga en función de N			Modulo de corte	Coeficiente Poisson	Módulo Young	Módulo Edomètrico	Módulo Bulk	Módulo Balasto	Cohesiòn	Àngulo de fricciòn	Periodo Dominante		Perfil Estrato	Perfil Vs_{30}
	capas presentes	Variaciòn estrato		Potencia estrato (i)	Vp	Vs	di/Vsi	γ	q_a	q_a	$q_{a\,(prom)}$	N referencial	G	υ	E	E_c	kb	k	C	Φ	Ts	Ts prom	Según NEC (2015)	
		$[m]$		$[H]$	$[m/s]$	$[m/s]$		$[KN/m^3]$	$[kn/m^2]$	$[kn/m^2]$	$[kn/m^2]$		$[kN/m^2]$	$[-/-]$	$[kN/m^2]$	$[kN/m^2]$	$[kN/m^2]$	$[kN/m^3]$	KN/m²	°	$[s]$			
LM2-1	1	0	3,1	3,1	337,3	206,57	0,01501	15,41	106,09	122,13	114,11	9	67029,83	0,25	16757,46	5586,73	11171,64	17874,62	1,07	24,4	0,06	0,18	D	C
	2	3,1	8,85	5,75	1079,21	660,88	0,00870	19,68	433,54	396,94	415,24	30	876196,08	0,25	219049,02	73016,68	146032,68	233652,29	139,30	31,8	0,03		C	
	3	8,85	30	21,15	1578,5	966,63	0,02188	20,56	662,46	581,89	622,18	45	1958279,34	0,24	485653,28	161884,46	311316,20	515336,67	232,33	35,0	0,09		B	
	Σdi =			**30**	**Σdi /Vs =**		0,04559	**Vs, media (Vs_{30})**													**658,07**			

Tabla 3-75 Parámetros elásticos y mecánicos calculados en función de las velocidades de ondas determinadas de la LS2 – 1 sexta línea ejecutada, periodos de vibración del subsuelo. Perfil del terreno tipo B, roca rigidez media. Zona del puente 2, tendido longitudinal al puente

"ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA VÍA SECTOR FÁTIMA-VILLAO LÍMITE PROVINCIAL, INCLUYE PUENTES EN EL CANTÓN PEDRO CARBO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS."																								
Línea Sísmica Ejecutada	Estratos geofísicos definidos			Velocidades de ondas			Peso especifico	Capacidad admisible	Resistencia a la penetracion y capacidad de carga en función de N			Modulo de corte	Coeficiente Poisson	Mòdulo Young	Mòdulo Edomètrico	Mòdulo Bulk	Mòdulo Balasto	Cohesiòn	Àngulo de fricciòn	Periodo Dominante		Perfil Estrato	Perfil V_{S30}
	capas presentes	Variaciòn estrato		Potencia estrato (i)	Vp	Vs	di/Vsi	γ	q_a	q_a	$q_{a\,(prom)}$	N referencial	G	υ	E	E_c	kb	k	C	Φ	Ts	Ts prom	Según NEC (2015)	
		$[m]$		$[H]$	$[m/s]$	$[m/s]$		$[KN/m^3]$	$[kn/m^2]$	$[kn/m^2]$	$[kn/m^2]$		$[kN/m^2]$	$[-/-]$	$[kN/m^2]$	$[kN/m^2]$	$[kN/m^2]$	$[kN/m^3]$	KN/m²	°	$[s]$			
LS2-1	1	0	1,53	1,53	337,96	206,96	0,00739	15,47	106,72	122,37	114,55	9	67545,14	0,25	16886,29	5628,90	11257,52	18012,04	1,19	24,4	0,03	0,13	D	**B**
	2	1,53	8,44	6,91	1274,66	780,56	0,00885	20,21	525,85	469,34	497,59	36	1255191,21	0,25	313797,80	104597,49	209198,54	334717,66	175,72	33,7	0,04		B	
	3	8,44	30	21,56	2108,53	1291,2	0,01670	22,11	951,62	778,22	864,92	60	3757567,32	0,24	931876,70	310622,85	597356,86	988833,50	331,09	35,0	0,07		B	
	Σdi =			**30**	**Σdi /Vs =**		0,03294	**Vs, media (V_{S30})**													**910,66**			

Tabla 3-76 Parámetros elásticos y mecánicos calculados en función de las velocidades de ondas determinadas de la LM2 – 2 séptimo ensayo ejecutado, periodos de vibración del subsuelo. Perfil del terreno tipo D, suelo rígido. Zona puente 2, tendido transversal al puente

"ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA VÍA SECTOR FÁTIMA-VILLAO LÍMITE PROVINCIAL, INCLUYE PUENTES EN EL CANTÓN PEDRO CARBO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS."																								
Línea Sísmica Ejecutada	Estratos geofísicos definidos			Velocidades de ondas			Peso especifico	Capacidad admisible	Resistencia a la penetracion y capacidad de carga en función de N			Modulo de corte	Coeficiente Poisson	Mòdulo Young	Mòdulo Edomètrico	Mòdulo Bulk	Mòdulo Balasto	Cohesiòn	Àngulo de fricciòn	Periodo Dominante		Perfil Estrato	Perfil V_{S30}
	capas presentes	Variaciòn estrato		Potencia estrato (i)	Vp	Vs	di/Vsi	γ	q_a	q_a	$q_{a\,(prom)}$	N referencial	G	υ	E	E_c	kb	k	C	Φ	Ts	Ts prom	Según NEC (2015)	
		$[m]$		$[H]$	$[m/s]$	$[m/s]$		$[KN/m^3]$	$[kn/m^2]$	$[kn/m^2]$	$[kn/m^2]$		$[kN/m^2]$	$[-/-]$	$[kN/m^2]$	$[kN/m^2]$	$[kN/m^2]$	$[kN/m^3]$	KN/m²	°	$[s]$			
LM2-2	1	0	4,51	4,51	198,25	121,4	0,03715	13,93	56,37	70,62	63,50	5	20927,60	0,25	5231,90	1743,89	3487,93	5580,69	0,16	23,0	0,15	0,42	E	**D**
	2	4,51	15,41	10,9	454,09	278,07	0,03920	16,73	155,07	165,39	160,23	13	131866,72	0,25	32966,68	10988,72	21977,79	35164,46	22,83	25,5	0,16		D	
	3	15,41	30	14,59	826,68	506,23	0,02882	18,27	308,30	303,40	305,85	23	477271,28	0,24	118363,28	39453,48	75873,90	125597,70	92,25	29,3	0,12		C	
	Σdi =			**30**	**Σdi /Vs =**		0,10517	**Vs, media (V_{S30})**													**285,25**			

Tabla 3-77 Parámetros elásticos y mecánicos calculados en función de las velocidades de ondas determinadas de la LS2 – 2, octavo ensayo ejecutado, periodos de vibración del subsuelo. Perfil del terreno tipo D, suelo rígido. Zona puente 2 tendido longitudinal al puente

ESTUDIO GEOTÉCNICO - GEOFÌSICO, PREVIO EMPLAZAMIENTO DE MUROS DE CONTENCIÓN EN PREDIO DEL ING. CÁRDENAS																							
Línea Sísmica Ejecutada	Estratos geofísicos definidos			Velocidades de ondas			Peso especifico	Capacidad admisible	Resistencia a la penetracion y capacidad de carga en función de N			Modulo de corte	Coeficiente Poisson	Módulo Young	Módulo Edomètrico	Módulo Bulk	Módulo Balasto	Cohesiòn	Àngulo de fricciòn	Periodo Dominante		Perfil Estrato	Perfil V_{S30}
	capas presentes	Variaciòn estrato		Potencia estrato (i)	Vp	Vs	di/Vsi	γ	q_a	q_a	$q_{a\,(prom)}$	N referencial	G	υ	E	E_c	kb	k	C	Φ	Ts	Ts prom	Según NEC (2015)	
		$[m]$		$[H]$	$[m/s]$	$[m/s]$		$[KN/m^3]$	$[kn/m^2]$	$[kn/m^2]$	$[kn/m^2]$		$[kN/m^2]$	$[-/-]$	$[kN/m^2]$	$[kN/m^2]$	$[kN/m^2]$	$[kN/m^3]$	KN/m²	°	$[s]$			
LS2-2	1	0	7.12	7.12	255.05	156.19	0.04559	14.84	77.26	91.66	84.46	7	36903.82	0.25	9225.96	3075.49	6150.64	9841.02	-14.26	23.6	0.18	0.45	D	**D**
	2	7.12	12.15	5.03	418.55	256.31	0.01962	16.68	142.51	152.22	147.37	12	111701.28	0.25	27925.32	9308.55	18616.88	29787.01	16.20	25.2	0.08		C	
	3	12.15	30	17.85	601.06	368.07	0.04850	18.20	223.30	219.83	221.56	17	251340.93	0.24	62332.55	20777.23	39956.76	66142.35	50.21	27.0	0.19		C	
	Σdi =			**30**	**Σdi /Vs =**		0.11371	**Vs, media (V_{S30})**													**263.84**			

Tabla 3-78 Parámetros elásticos y mecánicos calculados en función de las velocidades de ondas determinadas de la LM3 – 1 ejecutada, periodos de vibración del subsuelo. Perfil del terreno tipo C, suelo rígido. Zona puente 3, ensayo transversal al puente

"ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA VÍA SECTOR FÁTIMA-VILLAO LÍMITE PROVINCIAL, INCLUYE PUENTES EN EL CANTÓN PEDRO CARBO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS."																							
Línea Sísmica Ejecutada	Estratos geofísicos definidos			Velocidades de ondas			Peso especifico	Capacidad admisible	Resistencia a la penetracion y capacidad de carga en función de N			Modulo de corte	Coeficiente Poisson	Módulo Young	Módulo Edomètrico	Módulo Bulk	Módulo Balasto	Cohesiòn	Àngulo de fricciòn	Periodo Dominante		Perfil Estrato	Perfil V_{S30}
	capas presentes	Variaciòn estrato		Potencia estrato (i)	Vp	Vs	di/Vsi	γ	q_a	q_a	$q_{a\,(prom)}$	N referencial	G	υ	E	E_c	kb	k	C	Φ	Ts	Ts prom	Según NEC (2015)	
		$[m]$		$[H]$	$[m/s]$	$[m/s]$		$[KN/m^3]$	$[kn/m^2]$	$[kn/m^2]$	$[kn/m^2]$		$[kN/m^2]$	$[-/-]$	$[kN/m^2]$	$[kN/m^2]$	$[kN/m^2]$	$[kN/m^3]$	KN/m²	°	$[s]$			
LM3-1	1	0	1,05	1,05	327,73	200,69	0,00523	15,72	105,16	118,58	111,87	9	64540,90	0,25	16135,22	5378,26	10756,82	17210,91	1,28	24,3	0,02	0,17	D	**C**
	2	1,05	3,99	2,94	429,91	263,27	0,01117	15,94	139,88	156,43	148,16	12	112621,69	0,25	28155,42	9385,50	18770,28	30032,45	18,32	25,3	0,04		D	
	3	3,99	30	26,01	1626,7	997,37	0,02608	20,29	672,90	599,74	636,32	46	2057432,72	0,24	510243,31	170500,28	327079,05	541429,66	241,32	35,0	0,10		B	
	Σdi =			**30**	**Σdi /Vs =**		0,04248	**Vs, media (V_{S30})**													**706,25**			

Tabla 3-79 Parámetros elásticos y mecánicos calculados en función de las velocidades de ondas determinadas de la LS3 – 1 décimo ensayo ejecutado, periodos de vibración del subsuelo. Perfil del terreno tipo C, suelo rígido

"ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA VÍA SECTOR FÁTIMA-VILLAO LÍMITE PROVINCIAL, INCLUYE PUENTES EN EL CANTÓN PEDRO CARBO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS."																							
Línea Sismica Ejecutada	Estratos geofísicos definidos			Velocidades de ondas			Peso especifico	Capacidad admisible	Resistencia a la penetracion y capacidad de carga en función de N			Modulo de corte	Coeficiente Poisson	Mòdulo Young	Mòdulo Edomètrico	Mòdulo Bulk	Mòdulo Balasto	Cohesiòn	Àngulo de fricciòn	Periodo Dominante		Perfil Estrato	Perfil V_{S30}
	capas presentes	Variaciòn estrato		Potencia estrato (i)	Vp	Vs	di/Vsi	γ	q_a	q_a	$q_{a\,(prom)}$	N referencial	G	υ	E	E_c	kb	k	C	Φ	Ts	Ts prom	Según NEC (2015)	
		$[m]$		$[H]$	$[m/s]$	$[m/s]$		$[KN/m^3]$	$[kn/m^2]$	$[kn/m^2]$	$[kn/m^2]$		$[kN/m^2]$	$[-/-]$	$[kN/m^2]$	$[kN/m^2]$	$[kN/m^2]$	$[kN/m^3]$	KN/m²	°	$[s]$			
LS3-1	1	0	1,05	1,05	327,73	200,69	0,00523	15,72	105,16	118,58	111,87	9	64540,90	0,25	16135,22	5378,26	10756,82	17210,91	-0,72	24,3	0,02		D	
	2	1,05	3,99	2,94	429,91	263,27	0,01117	15,94	139,88	156,43	148,16	12	112621,69	0,25	28155,42	9385,50	18770,28	30032,45	18,32	25,3	0,04	0,17	D	C
	3	3,99	30	26,01	1626,7	997,37	0,02608	20,29	672,90	599,74	636,32	46	2057432,72	0,24	510243,31	170500,28	327079,05	541429,66	241,32	35,0	0,10		B	
	Σdi =			**30**	**Σdi /Vs =**		0,04248	**Vs, media (V_{S30})**													**706,25**			

Tabla 3-80 Parámetros elásticos y mecánicos calculados en función de las velocidades de ondas determinadas de la LM3 – 2 ejecutada, periodos de vibración del subsuelo. Perfil del terreno tipo C, suelo rígido. Décimo tercer ensayo, zona puente 3, perfil transversal al puente

"ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA VÍA SECTOR FÁTIMA-VILLAO LÍMITE PROVINCIAL, INCLUYE PUENTES EN EL CANTÓN PEDRO CARBO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS."																							
Línea Sismica Ejecutada	Estratos geofísicos definidos			Velocidades de ondas			Peso especifico	Capacidad admisible	Resistencia a la penetracion y capacidad de carga en función de N			Modulo de corte	Coeficiente Poisson	Mòdulo Young	Mòdulo Edomètrico	Mòdulo Bulk	Mòdulo Balasto	Cohesiòn	Àngulo de fricciòn	Periodo Dominante		Perfil Estrato	Perfil V_{S30}
	capas presentes	Variaciòn estrato		Potencia estrato (i)	Vp	Vs	di/Vsi	γ	q_a	q_a	$q_{a\,(prom)}$	N referencial	G	υ	E	E_c	kb	k	C	Φ	Ts	Ts prom	Según NEC (2015)	
		$[m]$		$[H]$	$[m/s]$	$[m/s]$		$[KN/m^3]$	$[kn/m^2]$	$[kn/m^2]$	$[kn/m^2]$		$[kN/m^2]$	$[-/-]$	$[kN/m^2]$	$[kN/m^2]$	$[kN/m^2]$	$[kN/m^3]$	KN/m²	°	$[s]$			
LM3-2	1	0	1,99	1,99	365,85	224,03	0,00888	15,59	116,43	132,70	124,57	10	79760,79	0,25	19940,20	6646,35	13293,47	21269,54	6,39	24,7	0,04		D	
	2	1,99	5,98	3,99	586,94	359,42	0,01110	17,02	203,92	214,60	209,26	16	224127,44	0,25	56031,86	18676,68	37354,57	59767,32	47,58	26,9	0,04	0,18	D	C
	3	5,98	30	24,02	1570,63	961,81	0,02497	20,29	650,50	578,98	614,74	44	1913337,64	0,24	474507,74	158169,07	304171,63	503509,91	230,87	35,0	0,10		B	
	Σdi =			**30**	**Σdi /Vs =**		0,04496	**Vs, media (V_{S30})**													**667,29**			

Tabla 3-81 Parámetros elásticos y mecánicos calculados en función de las velocidades de ondas determinadas de la LS3 – 2 décimo segundo ensayo sísmico ejecutado, periodos de vibración del subsuelo. Perfil del terreno tipo C, suelo rígido. Zona puente 3, perfil longitudinal al puente

"ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA VÍA SECTOR FÁTIMA-VILLAO LÍMITE PROVINCIAL, INCLUYE PUENTES EN EL CANTÓN PEDRO CARBO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS."																								
Línea Sísmica Ejecutada	Estratos geofísicos definidos			Velocidades de ondas			Peso especifico	Capacidad admisible	Resistencia a la penetracion y capacidad de carga en función de N			Modulo de corte	Coeficiente Poisson	Mòdulo Young	Mòdulo Edomètrico	Mòdulo Bulk	Mòdulo Balasto	Cohesiòn	Àngulo de fricciòn	Periodo Dominante		Perfil Estrato	Perfil V_{S30}
	capas presentes	Variaciòn estrato	Potencia estrato (i)	Vp	Vs	di/Vsi	γ	q_a	q_a	$q_{a\,(prom)}$	N referencial	G	υ	E	E_c	kb	k	C	Φ	Ts	Ts prom	Según NEC (2015)	
		$[m]$	$[H]$	$[m/s]$	$[m/s]$		$[KN/m^3]$	$[kn/m^2]$	$[kn/m^2]$	$[kn/m^2]$		$[kN/m^2]$	$[-/-]$	$[kN/m^2]$	$[kN/m^2]$	$[kN/m^2]$	$[kN/m^3]$	KN/m²	°	$[s]$			
LS3-2	1	0 4,66	4,66	429,31	262,9	0,01773	16,15	141,53	156,21	148,87	12	113784,92	0,25	28446,23	9482,25	18964,15	30342,64	18,21	25,3	0,07	0,20	D	**C**
	2	4,66 8,61	3,95	818,89	501,47	0,00788	19,02	317,93	300,52	309,22	23	487563,76	0,25	121890,94	40631,02	81260,63	130017,00	90,80	29,2	0,03		C	
	3	8,61 30	21,39	1388,84	850,49	0,02515	20,53	582,02	511,64	546,83	39	1513764,67	0,24	375413,64	125138,66	240649,77	398359,12	197,00	34,9	0,10		B	
	Σdi =		**30**	**Σdi /Vs =**		0,05075	**Vs, media (V_{S30})**													**591,10**			

Tabla 3-82 Parámetros elásticos y mecánicos calculados en función de las velocidades de ondas determinadas de la LSC – SPT 15 ejecutada, periodos de vibración del subsuelo. Perfil del terreno tipo C, suelo rígido

"ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA VÍA SECTOR FÁTIMA-VILLAO LÍMITE PROVINCIAL, INCLUYE PUENTES EN EL CANTÓN PEDRO CARBO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS."																								
Línea Sísmica Ejecutada	Estratos geofísicos definidos			Velocidades de ondas			Peso especifico	Capacidad admisible	Resistencia a la penetracion y capacidad de carga en función de N			Modulo de corte	Coeficiente Poisson	Mòdulo Young	Mòdulo Edomètrico	Mòdulo Bulk	Mòdulo Balasto	Cohesiòn	Àngulo de fricciòn	Periodo Dominante		Perfil Estrato	Perfil V_{S30}
	capas presentes	Variaciòn estrato	Potencia estrato (i)	Vp	Vs	di/Vsi	γ	q_a	q_a	$q_{a\,(prom)}$	N referencial	G	υ	E	E_c	kb	k	C	Φ	Ts	Ts prom	Según NEC (2015)	
		$[m]$	$[H]$	$[m/s]$	$[m/s]$		$[KN/m^3]$	$[kn/m^2]$	$[kn/m^2]$	$[kn/m^2]$		$[kN/m^2]$	$[-/-]$	$[kN/m^2]$	$[kN/m^2]$	$[kN/m^2]$	$[kN/m^3]$	KN/m²	°	$[s]$			
LSC-SPT15	1	0 2,68	2,68	525,85	322,01	0,00832	16,82	180,55	191,97	186,26	15	177785,24	0,25	44446,31	14814,88	29630,87	47409,40	36,20	26,3	0,03	0,18	D	**C**
	2	2,68 14,69	12,01	943,62	577,85	0,02078	19,02	366,35	346,72	356,54	27	647398,58	0,25	161849,64	53950,46	107899,76	172639,62	114,04	30,4	0,08		C	
	3	14,69 30	15,31	1571,89	962,58	0,01591	20,12	645,57	579,44	612,51	44	1900345,81	0,24	471285,76	157094,57	302106,26	500091,00	231,10	35,0	0,06		B	
	Σdi =		**30**	**Σdi /Vs =**		0,04501	**Vs, media (V_{S30})**													**666,49**			

Tabla 3-83 Parámetros elásticos y mecánicos calculados en función de las velocidades de ondas determinadas de la LSC – SPT 16 ejecutada, periodos de vibración del subsuelo. Perfil del terreno tipo C, suelo rígido

"ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA VÍA SECTOR FÁTIMA-VILLAO LÍMITE PROVINCIAL, INCLUYE PUENTES EN EL CANTÓN PEDRO CARBO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS."																								
Línea Sísmica Ejecutada	Estratos geofísicos definidos			Velocidades de ondas			Peso especifico	Capacidad admisible	Resistencia a la penetracion y capacidad de carga en función de N			Modulo de corte	Coeficiente Poisson	Mòdulo Young	Mòdulo Edomètrico	Mòdulo Bulk	Mòdulo Balasto	Cohesiòn	Àngulo de fricciòn	Periodo Dominante		Perfil Estrato	Perfil Vs_{30}
	capas presentes	Variaciòn estrato	Potencia estrato (i)	Vp	Vs	di/Vsi	γ	q_a	q_a	$q_{a\,(prom)}$	N referencial	G	υ	E	E_c	kb	k	C	Φ	Ts	Ts prom	Según NEC (2015)	
		$[m]$	$[H]$	$[m/s]$	$[m/s]$		$[KN/m^3]$	$[kn/m^2]$	$[kn/m^2]$	$[kn/m^2]$		$[kN/m^2]$	$[-/-]$	$[kN/m^2]$	$[kN/m^2]$	$[kN/m^2]$	$[kN/m^3]$	KN/m²	∘	$[s]$			
LSC-SPT16	1	0 3,9	3,9	326,61	200,01	0,01950	15,31	102,07	118,17	110,12	9	62432,34	0,25	15608,08	5202,85	10405,39	16648,62	-0,93	24,3	0,08	0,20	D	**C**
	2	3,9 7,9	4	1035,64	634,19	0,00631	19,58	413,92	380,81	397,36	29	802753,97	0,25	200688,49	66894,60	133792,33	214067,72	131,19	31,4	0,03		C	
	3	7,9 30	22,1	1522,11	932,1	0,02371	20,57	639,11	561,00	600,06	43	1821756,38	0,24	451795,58	150599,11	289612,55	479409,57	221,83	35,0	0,09		B	
	Σdi =		**30**	**Σdi /Vs =**		0,04952	**Vs, media (Vs_{30})**													**605,86**			

Tabla 3-84 Parámetros elásticos y mecánicos calculados en función de las velocidades de ondas determinadas de la LSC – ESCOMBRERA ejecutada, periodos de vibración del subsuelo. Perfil del terreno tipo C, suelo rígido

"ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA VÍA SECTOR FÁTIMA-VILLAO LÍMITE PROVINCIAL, INCLUYE PUENTES EN EL CANTÓN PEDRO CARBO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS."																								
Línea Sísmica Ejecutada	Estratos geofísicos definidos			Velocidades de ondas			Peso especifico	Capacidad admisible	Resistencia a la penetracion y capacidad de carga en función de N			Modulo de corte	Coeficiente Poisson	Mòdulo Young	Mòdulo Edomètrico	Mòdulo Bulk	Mòdulo Balasto	Cohesiòn	Àngulo de fricciòn	Periodo Dominante		Perfil Estrato	Perfil Vs_{30}
	capas presentes	Variaciòn estrato	Potencia estrato (i)	Vp	Vs	di/Vsi	γ	q_a	q_a	$q_{a\,(prom)}$	N referencial	G	υ	E	E_c	kb	k	C	Φ	Ts	Ts prom	Según NEC (2015)	
		$[m]$	$[H]$	$[m/s]$	$[m/s]$		$[KN/m^3]$	$[kn/m^2]$	$[kn/m^2]$	$[kn/m^2]$		$[kN/m^2]$	$[-/-]$	$[kN/m^2]$	$[kN/m^2]$	$[kN/m^2]$	$[kN/m^3]$	KN/m²	∘	$[s]$			
LSC-ESCOMBRERA	1	0 4,36	4,36	443,55	200,01	0,02180	16,13	198,33	161,48	179,90	12	65776,20	0,25	16444,05	3760,10	10962,70	17540,32	20,86	25,4	0,09	0,22	D	**C**
	2	4,36 15,17	10,81	988,62	634,19	0,01705	18,33	353,11	363,39	358,25	28	751505,63	0,25	187876,41	69380,26	125250,94	200401,50	122,42	30,9	0,07		C	
	3	15,17 30	14,83	1525,2	932,1	0,01591	19,99	623,61	562,15	592,88	43	1770389,41	0,24	439056,57	145762,73	281446,52	465891,95	222,40	35,0	0,06		B	
	Σdi =		**30**	**Σdi /Vs =**		0,05475	**Vs, media (Vs_{30})**													**547,90**			

Tabla 3-85 Parámetros elásticos y mecánicos calculados en función de las velocidades de ondas determinadas de la LSC – VARIANTE ejecutada, periodos de vibración del subsuelo. Perfil del terreno tipo C, suelo rígido

"ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA VÍA SECTOR FÁTIMA-VILLAO LÍMITE PROVINCIAL, INCLUYE PUENTES EN EL CANTÓN PEDRO CARBO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS."																								
Línea Sísmica Ejecutada	Estratos geofísicos definidos				Velocidades de ondas			Peso especifico	Capacidad admisible	Resistencia a la penetracion y capacidad de carga en función de N			Modulo de corte	Coeficiente Poisson	Mòdulo Young	Mòdulo Edomètrico	Mòdulo Bulk	Mòdulo Balasto	Cohesiòn	Àngulo de fricciòn	Periodo Dominante		Perfil Estrato	Perfil V_{S30}
	capas presentes	Variaciòn estrato		Potencia estrato (i)	Vp	Vs	di/Vsi	γ	q_a	q_a	$q_{a\,(prom)}$	N referencial	G	υ	E	E_c	kb	k	C	Φ	Ts	Ts prom	Según NEC (2015)	
		$[m]$		$[H]$	$[m/s]$	$[m/s]$		$[KN/m^3]$	$[kn/m^2]$	$[kn/m^2]$	$[kn/m^2]$		$[kN/m^2]$	$[-/-]$	$[kN/m^2]$	$[kN/m^2]$	$[kN/m^2]$	$[kN/m^3]$	KN/m²	°	$[s]$			
LSC - VARIANTE	1	0	9,83	9,83	564,57	345,73	0,02843	17,14	197,52	206,31	201,92	16	208841,09	0,25	52210,27	17403,72	34806,85	55690,96	43,41	26,6	0,11	0,22	D	**C**
	2	9,83	16,62	6,79	902,2	552,48	0,01229	18,84	346,96	331,38	339,17	25	586198,92	0,25	146549,73	48849,48	97699,82	156319,71	106,32	30,0	0,05		C	
	3	16,62	30	13,38	1473,96	902,61	0,01482	2021,87	60832,34	543,17	30687,75	42	167913070,18	0,24	41642441,40	13880737,67	26693872,69	44187650,05	212,86	35,0	0,06		B	
	Σdi =			**30**	**Σdi /Vs =**		0,05555	**Vs, media (V_{S30})**													**540,09**			

3.10.2 Ensayo de Nakamura

Es un método híbrido, el cual utiliza los microtremores para obtener el perfil de velocidades de onda de corte del suelo, que a través de software se obtiene el perfil estratigráfico del suelo y la velocidad de onda de corte en cada estrato.

La relación H/V está relacionada con la trayectoria elíptica de las ondas Rayleigh y se puede usar para estimar la frecuencia fundamental (f_0) de onda de los suelos blandos, debido a que la componente vertical de las ondas Rayleigh tiende a desaparecer a esa frecuencia, causando un pico en la relación. La estimación de la frecuencia de resonancia (en presencia de un fuerte contraste de impedancia) se ha demostrado precisa tanto experimental como teóricamente. Los depósitos de suelo están expuestos a vibraciones inducidas por fuentes naturales y antropogénicas, dichas fuentes generadoras de vibraciones pueden considerarse que en suma producen una solicitación dinámica aleatoria, la cual admite que los depósitos de suelos tiendan a vibrar preferencialmente de acuerdo a su frecuencia fundamental (Nakamura, 1989; Chávez-García and Cuenca, 1998). Varios estudios empíricos muestran que para modelos unidimensionales (1D) de una capa de suelo homogéneo que se encuentra sobre una capa de roca muy rígida. Las funciones de transferencia de capas superficiales se pueden dar por la relación:

$$S_T = \frac{H_S}{H_B}$$

Dónde:

- S_T, es la función de transferencia para el movimiento horizontal;
- H_S y H_B, son las componentes horizontales del movimiento en la superficie y en el basamento respectivamente.

Sin embargo, con el aporte de la propagación de las ondas Rayleigh en el ruido sísmico ambiente, se asume que la componente vertical de la señal no se amplifica para las capas superficiales (Figura xxx), entonces la relación E_R definida a continuación debería representar el efecto de las ondas Rayleigh en el movimiento vertical.

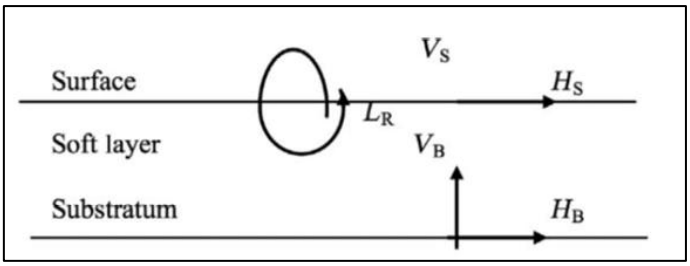


Figura 3-27: Modelo simple asumido para la interpretación de la relación H/V de ruido

$$E_R = \frac{V_S}{V_B}$$

Dónde:

- E_R es la función de transferencia para el movimiento vertical,
- V_S y V_B, representan el espectro vertical del movimiento en la superficie y en el basamento respectivamente.

Suponiendo que el efecto de las ondas de Rayleigh es igual para los componentes horizontales y verticales, es posible definir una relación espectral,

$$S_M = \frac{S_T}{E_R} = \frac{\frac{H_S}{H_B}}{\frac{V_S}{V_B}}$$

Como condición final, se supone que para todas las frecuencias de interés

$$\frac{H_B}{V_B} = 1$$

Por lo tanto, una estimación de la función de transferencia es dada por la relación espectral entre los componentes horizontal y vertical del movimiento en la superficie

$$S_M = \frac{H_S}{V_S}$$

Algunas de las condiciones anteriores ya fueron probadas, experimentalmente y teóricamente por diferentes autores (Lermo & Chavez García, 1983).Así relación H/V en las rocas del basamento no tienen una dirección predominante de movimiento y cualquier amplificación del movimiento en la superficie es por la presencia de capas de sedimentos blandos.

3.10.2.1 Confiabilidad

El proyecto SESAME (2004), se creó en el año 2001 en Europa cuya finalidad es trabajar en la mitigación del riesgo en áreas urbanas. En 2004 publicó una guía sobre la aplicación del método de razones espectrales H/V con vibraciones ambientales, en el cual se detallan los procedimientos a tomar en cuenta para el registro de datos en el lugar de estudio, el procesamiento e interpretación de resultados y los parámetros a tomar en cuenta para la instalación de las estaciones y toma de medidas de ruido.

3.10.2.2 Criterios SESAME: Curva H/V confiable y pico claro

El proyecto SESAME utilizó parámetros matemáticos como la desviación estándar, amplitud en intervalos próximos al pico, número, longitud y solape de ventanas de registros para asegurar el procesamiento de datos sea realizado correctamente y

certificar que la geometría de la curva H/V cumple con los criterios establecidos por el proyecto para obtener una estimación confiable de la frecuencia fundamental (f_0) de suelo. A continuación, se muestran los criterios establecidos por proyecto SESAME para una curva H/V confiable y pico claro. La curva será confiable si se cumplen al menos dos de los tres criterios, como se observa en la tabla 26; mientras que, el pico será claro si cumple cinco de los seis criterios.

i.	$f_0 > \frac{10}{l_w}$
ii.	$n_c(f_0) > 200$
iii.	$\sigma_A(f) < 2 \ para \ 0.5 * f_0 < f < 2 * f_0 \ si \ f_0 > 0.5Hz$
	ó $\sigma_A(f) < 3 \ para \ 0.5 * f_0 < f < 2 * f_0 \ si \ f_0 < 0.5Hz$

Tabla 3-86 Criterios para una curva confiable.

i.	$\exists f^- \in \left[\frac{f_0}{4}, f_0\right] \mid A_{\frac{H}{V}}(f^-) < \frac{A_0}{2}$
ii.	$\exists f^+ \in [f_0, 4 * f_0] \mid A_{\frac{H}{V}}(f^+) < \frac{A_0}{2}$
iii.	$A_0 > 2$
iv.	$f_{peak} * \left[A_{\frac{H}{V}}(f) \pm \sigma_A(f)\right] = f_0 \pm 5\%$
v.	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
vi.	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$

Tabla 3-87 Criterios para pico claro.

3.10.2.3 Clasificación de Curvas H/V (SESAME,2004)

3.10.2.3.1 Pico Claro

Para que un pico sea considerado como claro, debe cumplir al menos cinco de los seis criterios establecidos por el SESAME; así, el valor de la frecuencia asociada al pico es una estimación confiable de la frecuencia fundamental (f_0) del suelo. Por otra parte, si la amplitud del pico es mayor a 2, hay un fuerte contraste de impedancia entre la roca base y el relleno sedimentario, lo que quiere decir que el sitio es propenso a amplificación sísmica. La amplificación sísmica inicia en la frecuencia pico y se mantiene incluso después de que la amplitud de la curva decrece.

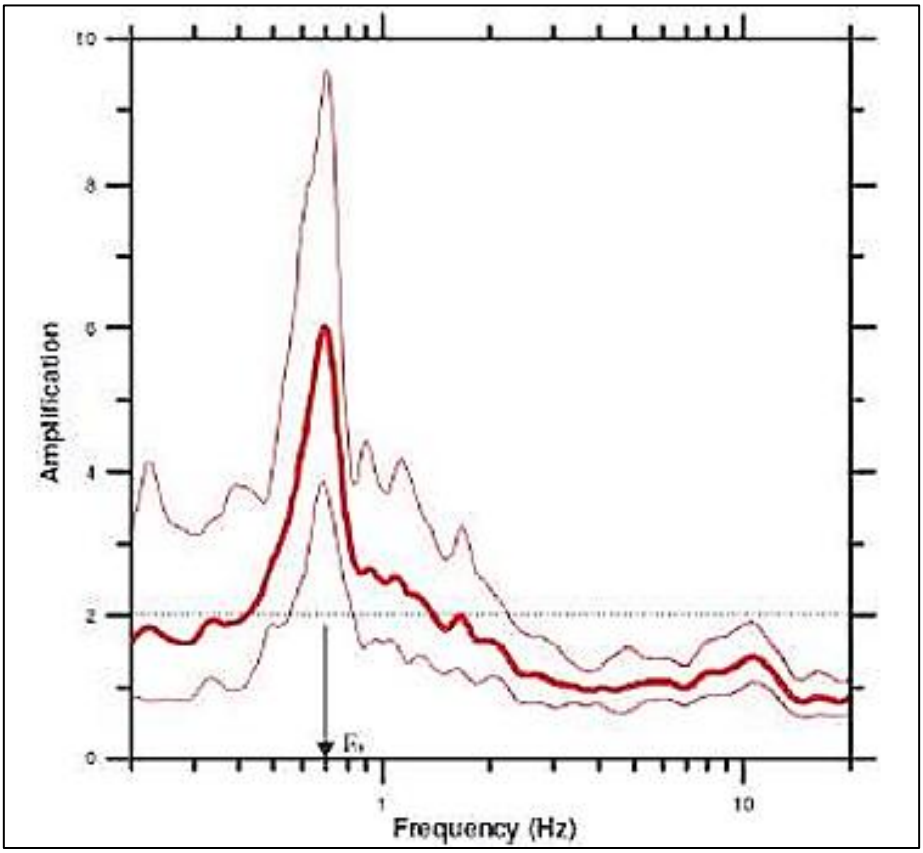


Figura 3-28: Ejemplo de curva H/V que exhibe un pico claro, (f_0) originado por un contraste de impedancia en profundidad. La línea roja gruesa es el promedio de las componentes horizontales sobre la vertical y las líneas rojas más delgadas son los valores +σ y - σ de la desviación estándar. (Proyecto SESAME).

3.10.2.3.2 Curva plana o pico con baja amplitud en frecuencias bajas

Puede ocurrir cuando en el sitio hay contrastes de impedancia moderados, también por registros del viento cuando sopla, cuando se presenta algún fenómeno 38 meteorológico, por una mala conexión a la red, por vibraciones leves de ruido ambiental o incluso por parámetros de suavizado erróneos.

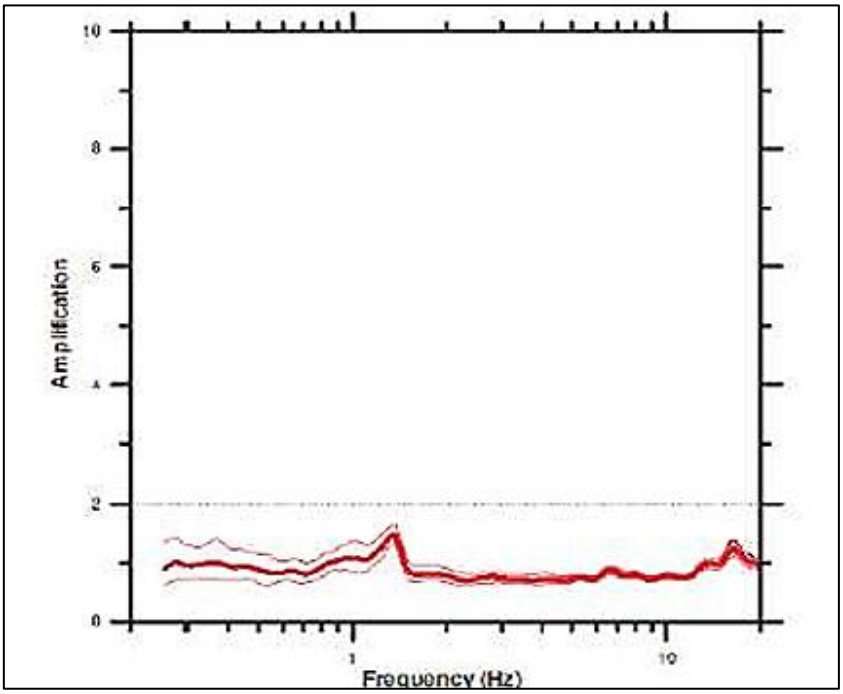


Figura 3-29: Ejemplo de curva H/V plana. La línea roja gruesa es el promedio de las componentes horizontales sobre la vertical y las líneas rojas más delgadas son los valores +σ y - σ de la desviación estándar (Proyecto SESAME).

3.10.2.3.3 Curvas H/V con pico ancho o múltiples picos

Cuando las curvas muestran un pico ancho o varios picos, estos están relacionados con campos de ondas complejos relacionados con importantes variaciones 2D y 3D de las estructuras en la profundidad. La propagación de ondas ocurre a lo largo de pendientes y discontinuidades. El origen de la relación H/V para estas curvas no puede ser explicado por la propagación unidimensional de las ondas, por lo tanto, seleccionar una frecuencia pico puede llevar a conclusiones erróneas y no confiables de la frecuencia fundamental (Bonnefoy-Claudet et al., 2008).

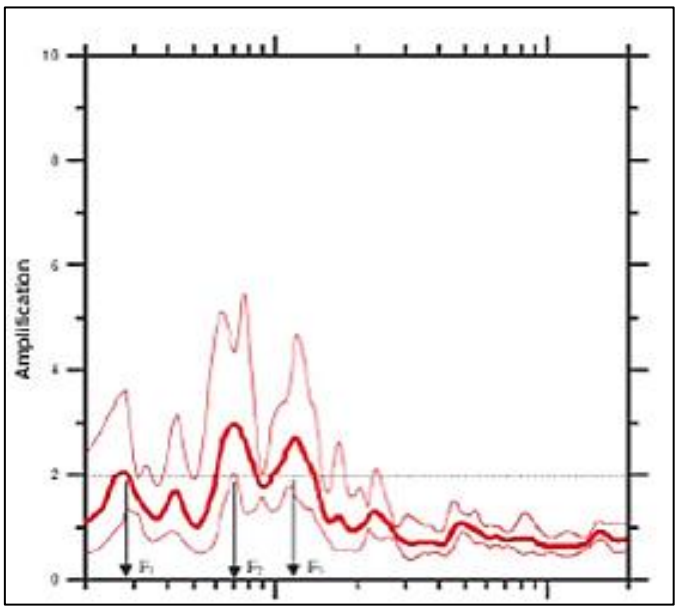


Figura 3-30: Ejemplo de curva H/V que exhibe múltiples picos, (f1), (f2) y (f3) asociados a efectos topográficos. La línea roja gruesa es el promedio de las componentes horizontales sobre la vertical y las líneas rojas más delgadas son los valores + y -de la desviación estándar (Proyecto SESAME).

3.10.2.3.4 Curvas H/V con dos picos

Las curvas H/V pueden exhibir dos picos que cumplen los criterios de pico claro, estas curvas son muy raras, y ocurren cuando existen dos fuertes contraste de impedancia a escalas diferentes, la primera para una estructura profunda y la segunda es más somera. Las dos frecuencias pueden ser interpretadas como característica de cada escala, siendo la frecuencia del primer pico la fundamental (f_0). Para la interpretación de estas curvas se debe revisar la geología y analizar la existencia sedimentos duros gruesos, estratos blandos de poco espesor y de un basamento rocoso muy duro.

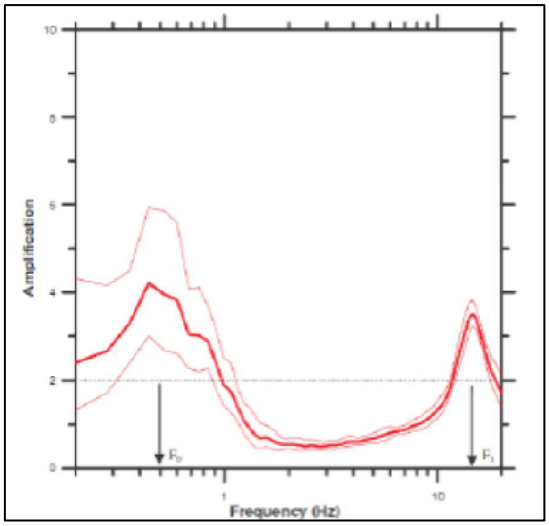


Figura 3-31: Ejemplo de curva H/V que exhibe dos picos, (f0) y (f1) asociados a dos contrastes de impedancia en profundidad. La línea roja gruesa es el promedio de las componentes horizontales sobre la vertical y las líneas rojas más delgadas son los valores +σ y -σ de la desviación estándar (Proyecto SESAME).

3.10.2.3.5 Picos agudos y de origen industrial

Las curvas H/V que exhiben un pico estrecho, el cual es característico de sitios donde hay presencia de máquinas industriales, para confirmar que la curva presente este pico se puede variar los parámetros de suavizado, dado que al realizar cambios en ese parámetro el pico se vuelve más agudo en las tres componentes de Fourier y simultáneamente la amplitud crece.

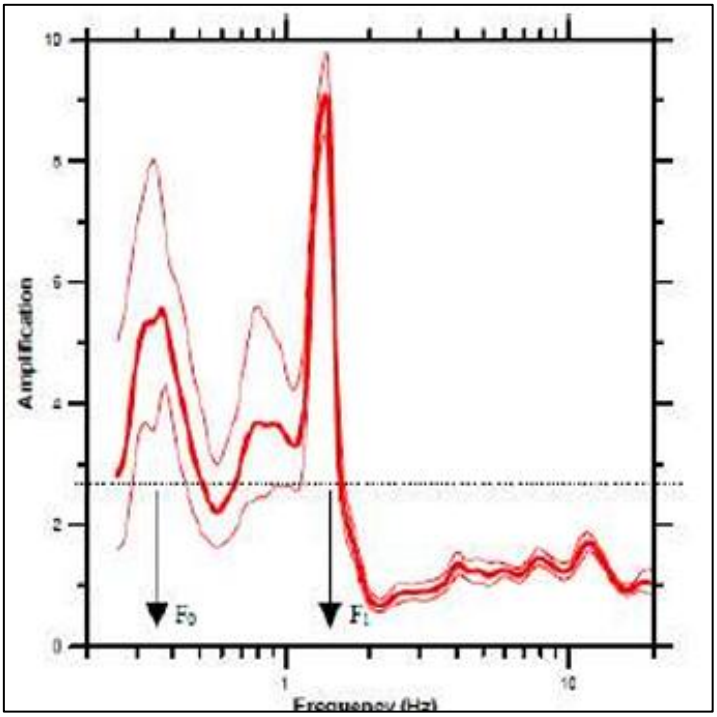


Figura 3-32: Ejemplo de curva H/V que exhibe un pico industrial (f1) originado por actividades antrópicas. La línea roja gruesa es el promedio de las componentes horizontales sobre la vertical y las líneas rojas más delgadas son los valores +σ y -σ de la desviación estándar (Proyecto SESAME).

3.10.2.4 Primer ensayo geofísico Nakamura ejecutado

Las siguientes fotografías exponen las zonas donde se ejecutó el primer ensayo geofísico mediante el método sísmico de Nakamura.



Figura 3-33: Coordenadas de ejecución del primer ensayo geofísico. Puente 01

3.10.2.4.1 Primer ensayo Nakamura, registro sísmico curva H/V

Las siguientes figuras exponen los resultados del procesamiento del primer ensayo sísmico ejecutado. Se observa el registro de la señal de las tres componentes y la curva H/V generada.

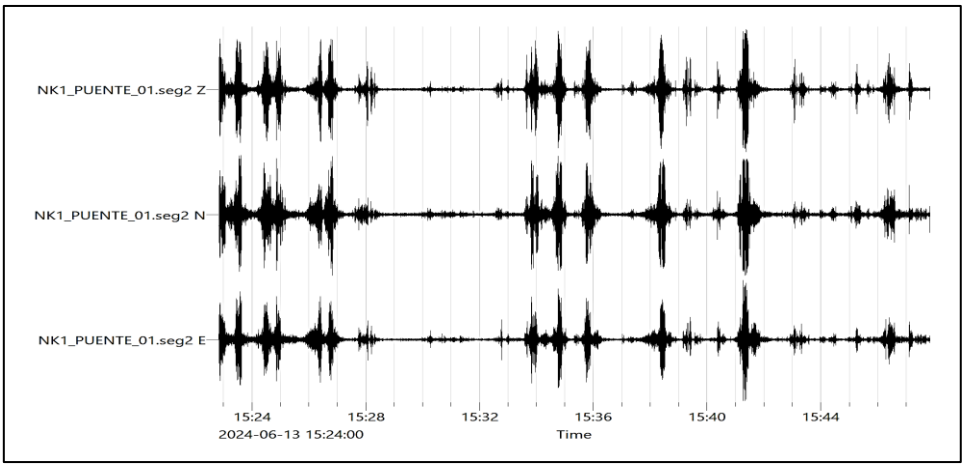


Figura 3-34: Registro mediante el geófono 3DGL-2. Ubicación Puente 01. NK1

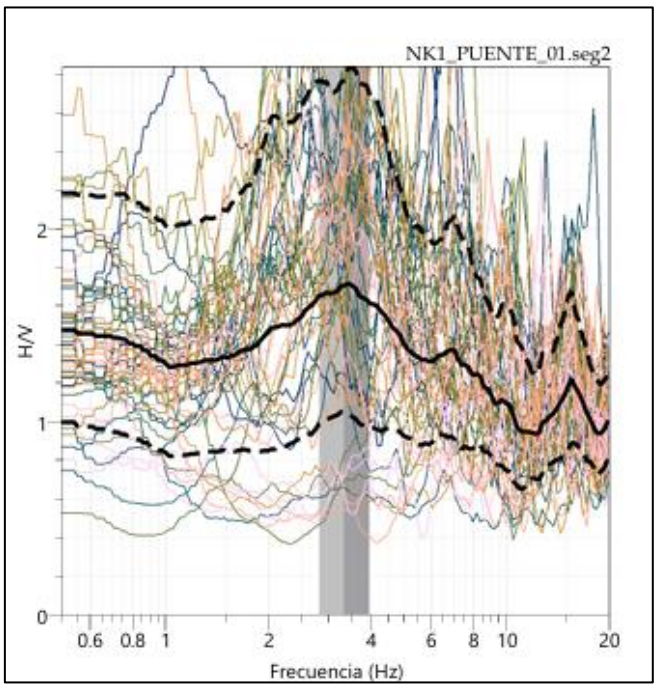


Figura 3-35: Curva H/V Puente 01

De la curva H/V generada para el puente 1 se la puede catalogar como pico claro.

Para el primer puente se hace uso de los siguientes datos que se obtiene del programa de uso gratuito Geopsy; frecuencia f_o de 3.52 Hz con una amplitud A_0 de 2.29 y una media de f_o de 3.61±0.75.

Tabla 3-88: Criterios para una curva confiable. Sector Puente 01

Criterios Para Una Curva Confiable			
Criterio i.			
fo	3.52	Hz	
l_w	20	s	
fo (calculado) =	0.5	Hz	Cumple
Criterio ii.			
l_w	20	s	$n_c(f_0) > 200$
n_w	12	----	
f_0	3.52	Hz	$n_c(f_0) =$ 2973.696 Cumple
n_c	844.8		
Criterio iii.			
$\sigma_A(f)$	1.9	Cumple	
f_0	3.52		
$0.5f_0 =$	1.76		
$2f_0 =$	7.04		
$\sigma_A(f) < 2\ para\ 0.5 * f_0 < f < 2 * f_0\ si\ f_0 > 0.5Hz$			

Tabla 3-89: Criterios para un pico Claro. Sector Puente 01

CRITERIOS PARA UN PICO CLARO			
Criterio i.			
$\frac{f_0}{4}$	0.880	Hz	Promedio 2.20
f_0	3.52	Hz	
A_0	2.29341	deg	
$A_{\frac{H}{V}}$	2.15477	deg	
$\frac{A_0}{A_{\frac{H}{V}}}$	1.06434097	-------	Cumple
$\exists f^- \in \left[\frac{f_0}{4}, f_0\right] \nexists A_{\frac{H}{V}}(f^-) < \frac{A_0}{2}$			
Criterio ii.			
f_0	3.520	Hz	Promedio
$4f_0$	14.08	hz	8.80
A_0	2.29341	deg	
$A_{\frac{H}{V}}$	1.45	deg	
$\frac{A_0}{A_{\frac{H}{V}}}$	1.58166207		Cumple
Criterio iii.			
A_0	2.29341	Cumple	
Criterio iv.			
f_{peak}	3.61	Hz	
f_0	3.52	Hz	
$f_{peak \geq} f_0$	2.493	%	Cumple
Criterio v.			
σ_f	1.15	No Cumple	
$\varepsilon(f_0)$	0.18		
Criterio v.			
f_0	3.52	Cumple	
$\sigma_A(f_0)$	1.16		
$\theta(f_0)$	1.58		

De los datos obtenidos se observa que cumple con los tres criterios de curva confiable, en tanto que para el criterio de pico claro cumple con cinco de los seis criterios.

3.10.2.5 Segundo ensayo geofísico Nakamura ejecutado

Las siguientes fotografías, exponen las zonas donde se ejecutó el segundo ensayo geofísico mediante el método pasivo Nakamura



Figura 3-36: Coordenadas de ejecución del primer ensayo geofísico. Puente 02

3.10.2.5.1 Segundo ensayo, registro sísmico curva H/V

Las siguientes figuras exponen los resultados del procesamiento del segundo ensayo sísmico ejecutado. Se observa el registro de la señal de las tres componentes y la curva H/V generada.

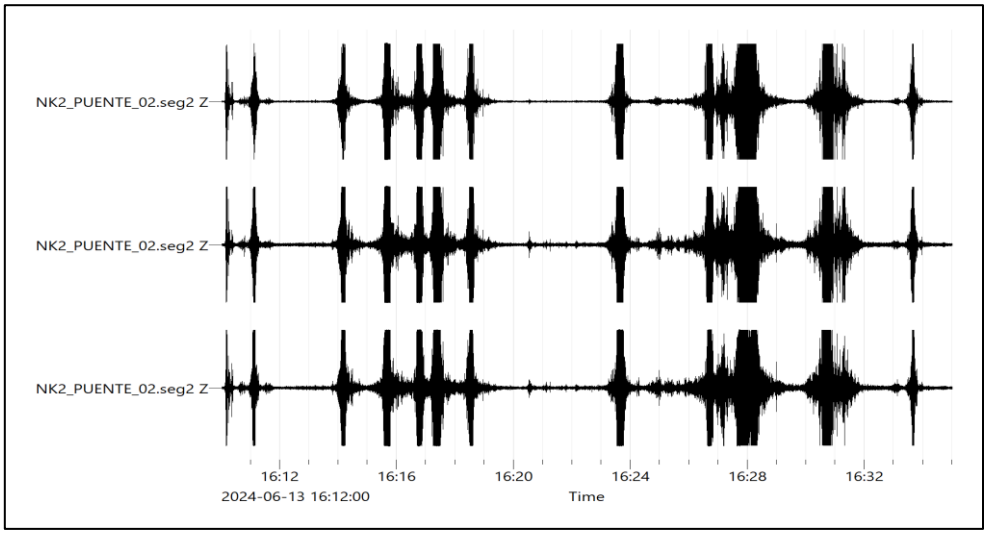


Figura 3-37: Registro mediante el geófono 3DGL-2. Ubicación Puente 02. NK2

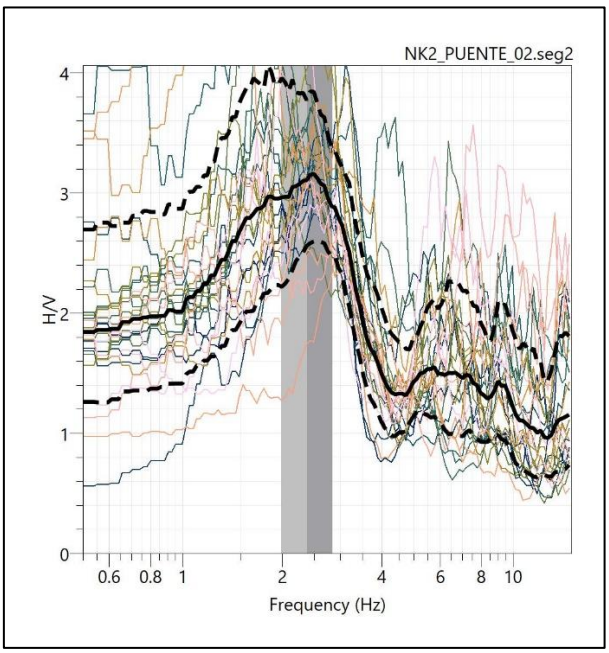


Figura 3-38: Curva H/V Puente 02

De la curva H/V generada para el puente 2 se la puede catalogar como pico claro.

Para el segundo puente se hace uso de los siguientes datos que se obtiene del programa de uso gratuito Geopsy; frecuencia f_o de 2.49 Hz con una amplitud A_0 de 3.11 y una media de f_o de 2.37±0.4664.

Tabla 3-90: Criterios para una curva confiable. Sector Puente 02

Criterios Para Una Curva Confiable			
Criterio i.			
fo	2.49	Hz	
l_w	20	s	
fo (calculado) =	0.5	Hz	Cumple
Criterio ii.			
l_w	20	s	$n_c(f_0) > 200$
n_w	28	----	
f_0	2.49	Hz	$n_c(f_0) =$ 3472.056 Cumple
n_c	1394.4		
Criterio iii.			
$\sigma_A(f)$	1.9	Cumple	
f_0	2.49		
$0.5f_0 =$	1.245		
$2f_0 =$	4.98		
$\sigma_A(f) < 2\, para\ 0.5 * f_0 < f < 2 * f_0\ si\ f_0 > 0.5Hz$			

Tabla 3-3-91: Criterios para una curva confiable. Sector Puente 02

CRITERIOS PARA UN PICO CLARO			
Criterio i.			
$\frac{f_0}{4}$	0.623	Hz	Promedio 1.56
f_0	2.49	Hz	
A_0	3.1102	deg	
$A_{\frac{H}{V}}$	2.15477	deg	
$\frac{A_0}{A_{\frac{H}{V}}}$	1.44340231	-------	Cumple
$\exists f^- \in \left[\frac{f_0}{4}, f_0\right] \rfloor A_{\frac{H}{V}}(f^-) < \frac{A_0}{2}$			
Criterio ii.			
f_0	2.490	Hz	Promedio
$4f_0$	9.96	hz	6.23
A_0	3.1102	deg	
$A_{\frac{H}{V}}$	2.14	deg	
$\frac{A_0}{A_{\frac{H}{V}}}$	1.5		Cumple
Criterio iii.			
A_0	3.1102	Cumple	
Criterio iv.			
f_{peak}	2.37	Hz	
f_0	2.49	Hz	
$f_{peak \geq} f_0$	-5.063	%	Cumple
Criterio v.			
σ_f	1.2142	No Cumple	
$\varepsilon(f_0)$	0.1245		
Criterio v.			
f_0	2.49	Cumple	
$\sigma_A(f_0)$	1.21		
$\theta(f_0)$	1.58		

3.10.2.6 Tercer ensayo geofísico Nakamura ejecutado.

Las siguientes fotografías, exponen las zonas y coordenadas donde se ejecutó el tercer ensayo geofísico mediante el método pasivo Nakamura.



Figura 3-39: Coordenadas de ejecución del primer ensayo geofísico. Puente 03

3.10.2.6.1 Tercer ensayo Nakamura, registro sísmico curva H/V

Las siguientes figuras exponen los resultados del procesamiento del segundo ensayo sísmico ejecutado. Se observa el registro de la señal de las tres componentes y la curva H/V generada.

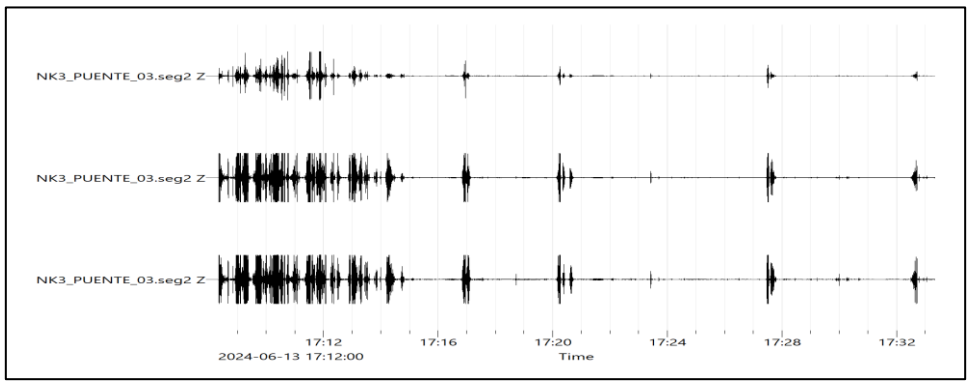


Figura 3-40: Registro mediante el geófono 3DGL-2. Ubicación Puente 03. NK3

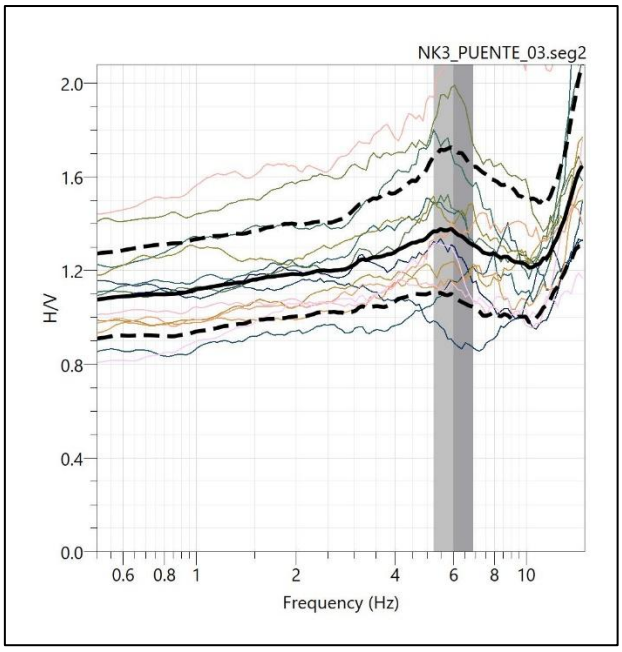


Figura 3-41: Curva H/V Puente 03

De la curva H/V generada para el puente 3 se la puede catalogar como pico difuso.

Para el segundo puente se hace uso de los siguientes datos que se obtiene del programa de uso gratuito Geopsy; frecuencia f_o de 5.91 Hz con una amplitud A_0 de 1.36 y una media de f_o de 5.91±0.88.

Tabla 3-3-92: Criterios para una curva confiable. Sector Puente 03

Criterios Para Una Curva Confiable			
Criterio i.			
fo	5.91	Hz	
l_w	20	s	
fo (calculado) =	0.5	Hz	Cumple
Criterio ii.			
l_w	20	s	$n_c(f_0) > 200$
n_w	14	----	
f_0	5.91	Hz	$n_c(f_0) =$ 9779.868 Cumple
n_c	1654.8		
Criterio iii.			
$\sigma_A(f)$	1.27	Cumple	
f_0	5.91		
$0.5f_0 =$	2.955		
$2f_0 =$	11.82		
$\sigma_A(f) < 2\ para\ 0.5 * f_0 < f < 2 * f_0\ si\ f_0 > 0.5Hz$			

Tabla 3-3-93: Criterios para una curva confiable. Sector Puente 03

CRITERIOS PARA UN PICO CLARO			
Criterio i.			
$\frac{f_0}{4}$	1.478	Hz	Promedio
			3.69
f_0	5.91	Hz	
A_0	1.37	deg	
$A_{\frac{H}{V}}$	5.23	deg	
$\frac{A_0}{A_{\frac{H}{V}}}$	0.26195029	-------	Cumple
$\exists f^- \in \left[\frac{f_0}{4}, f_0\right] \nexists A_{\frac{H}{V}}(f^-) < \frac{A_0}{2}$			
Criterio ii.			
f_0	5.910	Hz	Promedio
$4f_0$	23.64	hz	14.78
A_0	1.37	deg	
$A_{\frac{H}{V}}$	1.36	deg	
$\frac{A_0}{A_{\frac{H}{V}}}$	1.0		Cumple
Criterio iii.			
A_0	1.37	No Cumple	
Criterio iv.			
f_{peak}	6	Hz	
f_0	5.91	Hz	
$f_{peak \geq} f_0$	1.500	%	Cumple
Criterio v.			
σ_f	1.25	No Cumple	
$\varepsilon(f_0)$	0.1245		
Criterio v.			
f_0	5.91	Cumple	
$\sigma_A(f_0)$	1.25		
$\theta(f_0)$	1.58		

3.11 Criterio Licuefacción de suelos

Se denominan suelos licuables aquellos suelos que con un contenido predominante arenas con limos, en estado saturado, al experimentar esfuerzos cortantes anómalos y rápidos, permiten un aumento de las presiones intersticiales, hasta valores del orden de la presión total existente. En este caso la presión efectiva se anula prácticamente, con lo que los granos dejan de estar en contacto, la resistencia al corte desaparece y el

material se comporta como un líquido, dando lugar a movimientos verticales y horizontales de su masa, que se traducen en deslizamientos (en caso de taludes), o en grandes asientos.

Este fenómeno de suelos areno-limosos flojos y con baja permeabilidad ha dado lugar, durante terremotos (que con la repetición cíclica y rápida de esfuerzos tangenciales llegan a anular las presiones efectivas), a grandes desastres como el hundimiento de edificios bien preparados para la respuesta estructural (cajones rígidos), pero apoyados en depósitos flojos licuables, lo que llevó a asientos de metros y al vuelco y giro de los edificios. (Vallejo, 2002).

Los suelos susceptibles a perder gran parte de su resistencia ante solicitaciones dinámicas son las arenas finas y flojas y las arenas y limos mal graduados. Otra de las condiciones necesarias para que tenga lugar la licuefacción es que el nivel freático este alto, cerca de la superficie, y que el grado de compactación sea bajo. Los suelos susceptibles a este fenómeno tienen sus orígenes en depósitos eólicos.

Vallejo (2002), menciona que las zonas afectadas por licuefacción tienen lugar en las siguientes circunstancias:

- Terremotos de magnitud igual o superior a 5.5 en la escala de Richter, con aceleraciones superiores o iguales a 0.20 g.
- Por debajo de 15 m de profundidad no se han dado licuefacciones.
- En la mayoría de los casos donde se han observado licuefacciones el nivel freático estaba a poca profundidad, inferior a 3 m; por debajo de 5 m la susceptibilidad de licuefacción es muy baja

Las principales propiedades que caracterizan a los suelos licuables son las siguientes, Vallejo (2002):

- Grado de saturación del material del 100%
- Diámetro medio *D50* entre 0,05 y 1,0 mm
- Coeficiente de uniformidad D60 / D10 < 15
- Contenido de finos inferior al 10%
- Bajo grado de compactación
- Índices de plasticidad bajos a falta de material cohesivo

Una de las principales características de los suelos propensos a licuefacción es índices de plasticidad muy bajos a falta de materia cohesiva

3.11.1 Métodos empíricos para evaluar el potencial de licuefacción del suelo

Se han desarrollado varios procedimientos empíricos para predecir el potencial de licuación de depósitos de suelo saturado. Muchos de estos métodos fueron desarrollados inicialmente por el profesor Seed y sus colaboradores durante la década de 1970 en la Universidad de Berkeley, pero otros investigadores también han hecho

importantes aportes en este campo. Los métodos empíricos se basan en comparar sitios donde se ha presentado sismos, y en los cuales ha ocurrido y no ha ocurrido licuación. El potencial de licuación es calculado cualitativamente y correlacionado con una propiedad del terreno.

Holzer [Holzer et al., 1988], propone una gráfica que compara las aceleraciones máximas que pueden experimentarse en la superficie del terreno antes de la licuación, con los valores de la velocidad de propagación de las ondas de corte, Vs, definiendo fronteras entre las arenas que han sufrido licuación en algunos sitios del Imperial Valley, California, durante algunos temblores registrados en 1988.

En la investigación ejecutada, las zonas que exponen velocidades cortantes Vs medias a latas, la menor es la correspondiente a la línea sísmica 2, ensayo MAS W2 cuyo valor fue de 485 m/s. La aceleración de la zona oscila alrededor de 0.25 g

Con estos datos, interpolando en la figura 43 se observa que el mayor valor de la Vs del gráfico es 300 m/s (el de la zona es 485 m/s), adoptando este valor y con la aceleración indicada, se expone que el suelo no tiene riesgo de licuación.

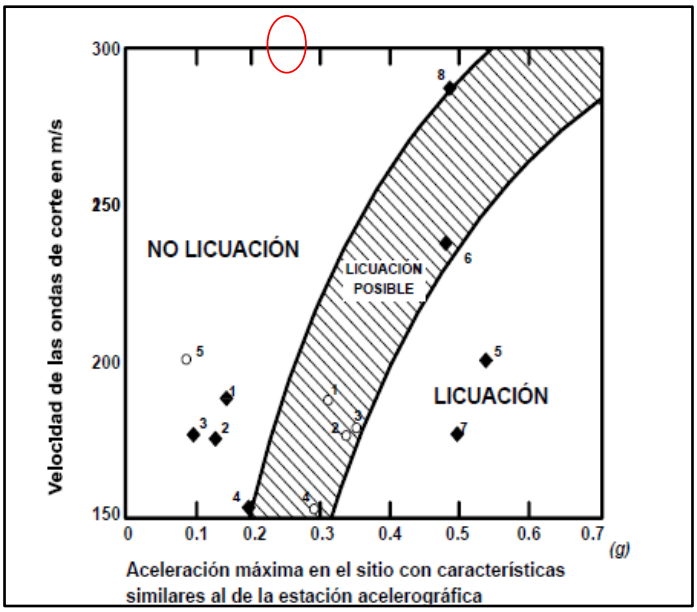


Figura 3-42: Correlación entre la velocidad de ondas de corte y la aceleración máxima del terreno, antes de la licuación

Fuente. Holzer et al., 1988

4. CONCLUSIONES

- El eje vial comprendido entre el sector Villao (Segunda Variante, km 11+300) hasta el SW el sector Dos Bocas (km 11+160) atraviesa relieves con morfologías irregulares, litológicamente conformado por secuencias sedimentarias de areniscas meteorizadas, rocas volcánicas fracturadas y meteorizadas, y rocas volcánicas del basamento, siendo los principales cortes de talud para la apertura vial en las rocas sedimentarias (arenisca) y rocas volcánicas fracturadas-meteorizadas.

- La caracterización geomecánica de los taludes ubicados aledaño al km 13+150 indican que las areniscas meteorizadas que conforman dichos taludes corresponden a un macizo rocoso tipo III (Calidad media) con una cohesión de 0.19Mpa y un ángulo de fricción de 27.5°, mientras que los taludes expuestos aledaños al km 14+050 conformados por la roca volcánica fracturada-meteorizada corresponde a un macizo rocos tipo IV (Calidad mala), con una cohesión de 0.14MPa y un ángulo de fricción de 20°.

- En los taludes de corte conformados por areniscas se ha determinado al menos tres familias de discontinuidades: SW-NE/NW, SE-NE/SW, NW-SE/NE, cuya dirección y buzamiento podrían generar roturas en cuña y volcamientos, sin embargo, en base al análisis cinemático se determina que la posibilidad de generación de estas roturas disminuye con la relación de corte de talud ¾:1, así también se ha observado que esta roca tiende a meteorizarse por acción de agentes erosivos, por lo que se re recomienda realizar un modelo de estabilidad de talud, en el que se considere un abatimiento del talud en la parte interperizada (zonas superiores de talud), y protección de los taludes mediante geomantos u otros similares.

- En los taludes de corte conformado por roca volcánica fracturada-meteorizada se ha identificado de tres a cuatro familias de discontinuidades de dirección preferencial: SE-NW/SW, NW-SE/NE, NE-SW/SE, la disposición del rumbo y buzamiento de estas discontinuidades sugieren que pueden generarse roturas planares, cuña y volcamiento; además la reducción del ángulo de inclinación del talud solo reduce la cantidad de posibles roturas, por lo que se recomienda realizar un análisis de estabilidad de talud con el fin de identificar la mejor relación de corte para garantizar la estabilidad.

- En el mapa de zonificación geotécnica de modelo numérico se evidencia factores detonantes como las pendientes en la zona central del trazado de la vía, que se caracteriza por mantener las estribaciones de la cordillera occidental donde las fallas geológicas desarrollan un factor que integra macizos rocos muy fracturados, los cuales son elementos constituyentes de gran alcance para modificar calidad de la roca al igual que factores de complejos estratigráficos constituyentes en la evolución erosiva y de retrabajamiento de sedimentos (clasificación variable) tanto por las trasgresiones y regresiones en la evolución geológica como también la neotectónica, donde incluso las inundaciones recientes dan aporte de fenómenos de depositación y trasporte distal, que puede en varias secciones incrementar un comportamiento variable (licuefacción y erosión). Igualmente, en la evolución de depósitos sedimentarios se establecen componentes de carbonatos y calcita como tal, siendo un factor que puede establecer en segmentos de intemperismo químico, lo cual también se considera en el análisis geotécnico. Los macizos rocosos se establecen por mantener discontinuidades asociadas a fracturamiento y enfriamiento de las lavas, que mantienen un contexto cinemático diferencial.
- En función de los ensayos de granulometría; y, de las clasificaciones de los suelos por el método SUCS y AASHTO, se determinó que, las calicatas C5, C8, C15.1, C16, C21, C24, C26, C28, C30, C31, C32, C35, C36, C39, C44, C48, y C51, corresponden a estratos de materiales granulares arenosos con presencia de suelos finos, lo cual corresponde al 33.33% de las muestras extraídas, el 66.67% pertenece a suelos finos de alta y media plasticidad.

- Las calicatas C1, C2, C3, C4, C9, C10, C11, C12, C18, C23, C41, C45 y C47, se clasifican como materiales arcillosos de alta plasticidad CH, en las que sus humedades naturales oscilan entre 16.06% a 34.45%. Las calicatas C6, C13, C17, C19, C20, C22, C25, C27, C29, C33, C43, y C46, corresponden a materiales arcillosos de media plasticidad CL, en las que sus humedades naturales rondan entre 9.47% a 30.83%. Las calicatas C7. C14, C34, C37, C40, C49 y C50, se clasifican como materiales limosos de media plasticidad ML, en las que sus humedades naturales rondan entre 15% a 24.6%. Las calicatas C38 y C42, corresponden a estratos limosos de alta plasticidad MH, en las que sus humedades naturales son de 30.06% y 17.25% respectivamente. Las calicatas C5, C24, C31 y C32, corresponden a arenas arcillosas SC, en las que sus humedades naturales rondan entre 15% a 24.6%. Las calicatas C8, C15, C16, C21, C26, C28, C30, C35, C36, C39, C44, C48 y C51, se clasifican como materiales de arenas limosas, en las que sus humedades naturales rondan entre 6.04% a 16.78%.

- Las humedades naturales de las muestras recuperadas entre las calicatas 1 a 26 (excepto la 14 trabaja en rango elástico) están trabajando en un rango plástico, deformables cuando se les somete a cargas. Desde la calicata 27 a la 51 (excepto la calicata 34 que trabaja en rango plástico) trabajan en rangos elásticos absorben cargas adecuadamente sin deformarse de manera permanente; es decir tienen una resiliencia optima frente al paso de cargas vehiculares.

- De las 51 muestras de capacidad de soporte del suelo (CBR) analizadas, 32 presentan una variabilidad en rango de 6.38 a 20, y otras 19 en un rango entre 30 a 50. Además, más del 80% tienen un límite líquido superior a 35% y un índice de plasticidad mayor a 9. Es decir, la subrasante de la vía presenta en su mayoría un comportamiento elasto-plástico y no cumple con los requisitos de mejoramiento exigidos por la normativa en relación a los límites de atterberg y CBR.

- En los pasos de agua (alcantarillas), acumulación de agua, zonas de corte de la subrasante mayor a tres metros, la capacidad portante admisible del suelo a partir de 1.5 m tiene una tendencia de 1.5 kg/cm2 para un ancho de zapata de un metro, valor que aumenta conforme se incrementa la profundidad de desplante.

- El puente uno en el margen derecho aguas arriba presenta velocidades de onda de corte Vs30=343.93 m/s y en el margen izquierdo Vs30=345.17 m/s. Sin embargo, en una profundidad de alrededor de nueve metros la Vs es igual 232.8 m/s en el margen derecho y a una profundidad de alrededor de 12 metros la Vs es igual 203.24, es decir un estrato que podría presentar problemas de licuefacción de suelos, según los criterios de Holzar et al., (1988) y, Bray y Sancio (2006). El valor de cohesión a una profundidad de 17 metros es de 3.15 kg/cm2 con un ángulo de fricción interna de 44.90° y un peso volumétrico de 2.24 gr/cm3 en el margen derecho, y al otro margen la cohesión es de 0.23 kg/cm2, el ángulo de fricción interna de 25.5° y un peso volumétrico de 1.91 gr/cm3, de acuerdo a los resultados del ensayo triaxial UU.

- El puente dos en el margen derecho aguas arriba presenta velocidades de onda de corte Vs30=910.66 m/s y en el margen izquierdo Vs30=263.84 m/s. Sin embargo, en una profundidad de alrededor de dos metros la Vs es igual 206.96 m/s en el margen derecho y a una profundidad de alrededor de cinco metros la Vs es igual 121.4 m/s, es decir un estrato que podría presentar problemas de licuefacción de suelos, según los criterios de Holzar et al., (1988) y, Bray y Sancio (2006). El valor de cohesión a una profundidad de 15 metros es de 0.10 kg/cm2 con un ángulo de fricción interna de 31.00° y un peso volumétrico de 1.82 gr/cm3 en el margen derecho, y al otro margen la cohesión es de 0.17 kg/cm2, el ángulo de fricción interna de 22.0° y un peso volumétrico de 1.88 gr/cm3, de acuerdo a los resultados del ensayo de corte directo y triaxial UU respectivamente.

- En el puente tres en el margen derecho a una profundidad de cuatro metros se tiene un estrato rocoso competente con una velocidad de onda de corte Vs = 997.37 m/s, y en el margen izquierdo a una profundidad de seis metros aflora la roca con una velocidad de onda de corte de 961.81 m/s. El valor de cohesión la matriz rocosa es en promedio alrededor de 246.11 kg/cm2, de acuerdo al ensayo de compresión simple.

5. RECOMENDACIONES

- Luego determinar las dimensiones de las estructuras de paso de agua y SuperSpan el valor de la capacidad portante del suelo debe ser corregido y comparado con las tensiones de contacto trasmitidos por las mimas,

- En la ejecución de los diseños Geotécnicos de las estructuras y de pavimentos se deberá considerar las tendencias de las propiedades físicas y mecánicas establecidas en el presente informe conforme mejor criterio del diseñador.

- En los diseños de los puentes previo al diseño Geotécnico se analizará el potencial de licuefacción de suelos, en aquellos que sus características no cumplan con el criterio de no susceptible a licuefacción de suelos planteado por Bray y Sancio (2006), y por Holzar et al., (1988), pudiendo considerarse un mejoramiento del terreno o cimentaciones profundas.

- Para la caracterización geotécnica de los sitios de implantación de las escombreras se deberá contar con la viabilidad ambiental autorizado por el administrador del contrato por parte de la GAD de la provincia del Guayas.

- En la etapa de construcción se deberá contar con el Especialista Geotécnico quien aprobará durante la ejecución de la obra los niveles y estratos de cimentación, los procedimientos y el comportamiento durante las excavaciones, rellenos, obras de estabilización de laderas y actividades especiales de adecuación y/o mejora del terreno, de conformidad a lo establecido por la NEC 2015.

- Se presentan valores de CBR superiores a 30, debido a la consolidación del suelo, sin embargo, en etapas constructivas, en las cuales se originan movimientos de tierra acompañado de precipitaciones, el suelo pierde esta consistencia, tendiendo

a disminuir el valor del CBR. Por tal razón se recomienda realizar un mejoramiento de la subrasante de la vía.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ángeles, D. R. (2013). Compendio de GEOLOGIA General. Lima: MACRO

Braja M.: Principios de Ingeniería de Cimentaciones. THOMSON LEARNING, 594 (2001)

Duque, P., 2000. Breve léxico estratigráfico del Ecuador. Sistema de Información Geológica y Minera.

Instituto de Investigación Geológico y Energético, 1975. Hoja Geológica Pedro Carbo a escala 1: 100 000

Luzieux, L., 2007. Origin and late Cretaceous-Tertiary evolution of the Ecuadorian Forearc

Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables & Instituto de Investigación Geológico y Energético, 2019. Mapa geológico de la República del Ecuador 1: 1 000 000

Ortiz, C.,2019. Caracterización sedimentológica de la Formación Guayaquil (Cretácico Medio- Paleógeno Inferior) en el Cerro Bellavista, Guayaquil-Ecuador

Toaza, V., 2017. Estudio Hidrogeológico para la determinación del Acuífero Cañal común cantón Pedro Carbo, Provincia de Guayas.

ASTM D 1856. Método Estándar de Ensayo de PENETRACIÓN Y MUESTREO DE SUELOS CON CAÑA PARTIDA.

ASTM D 6951. (2003). Estándar Test Method for Use of the Dynamic Cone Penetrometer in Shallow Pavement Apllications. ASTM International, West Conshohocken

Braja M.: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, THOMSON LEARNING, 594 (1999).

Bowles, J. (1982). Foundation analysis and design – International student edition, Third Edition. McGraw-Hill International Book Company, pp 130-159.

Gonzales, A. (1999). Estimativos de parámetros de resistencia al corte con el SPT. X Jornadas Geotécnica de la Ingeniería Colombiana. Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2009). Chile

Hoek, E. and Bray, J. (1977). Rock Slope Engineering, 1 st edn, Inst. Minning and Metallurgy, London, UK.

Hoek, E. and Bray, J. (2005). Rock Slope Engineering - Civil and Minning. Taylor & Francis e-Library, New York, NY 10016, pp 176-187.

Hoek, E. and Brown, E. (1988). The Hoek -Brown failure criterion, a 1988 update. Proc. 15a Canadian Rock Mechanics Symposium. Univ. Toronto.

L. I. G. d. Vallejo, M. Ferrer, L. Ortuño y C. Oteo, INGENIERÍA GEOLÓGICA, Madrid: PEARSON EDUCACIÓN, 2002.

López, R. (2003). Determinación in situ de propiedades ingenieriles de los suelos y su relación con el ensayo normal de penetración. Universidad Tecnológica Nacional, Buenos Aires

Ministerio de Transporte y Comunicaciones Perú. (2013). Manual de Carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Perú

Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2015). Capítulo V. Geotecnia y Cimentaciones

Norma Ecuatoriana de Validad (NEVI, 2012).

Nuñez Del Arco. GEOLOGÍA DEL ECUADOR. Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra de la Escuela Superior Politécnica Del Litoral, 253, (2003)

Patrone Y Prefumo. La acción de los suelos expansivos sobre las cimentaciones. Métodos de prevención y control. Primeras Jornadas de Ingeniería de Cimentaciones. 2005

PDOT. Cantón Cuenca 2018

Prefectura del Azuay y CG Paute. Estudio e investigación de amenazas, vulnerabilidad y riesgo en la Provincia del Azuay

Programa de Financiamiento para Gestión de Riesgos Del Banco del Estado, 2010

Prevención de desastres naturales en la cuenca del Paute, PRECUPA, Informe Final, marzo 1998

SUAREZ, Jaime. Deslizamientos, ANÁLISIS GEOTÉCNICO, Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos. 582, (1998).

7. ANEXOS

Junto al presente informe se presentan los siguientes Anexos:

- ANEXO 1 MAPA GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO
- ANEXO 2 DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES RECUPERADOS EN LAS CALICATAS
- ANEXO 3 PERFILES ESTRATIGRÁFICOS VÍA (CALICATAS)
- ANEXO 4 ENSAYOS DE LABORATORIO CBR, PROCTOR MODIFICADO Y CLASIFICACIÓN DE SUELOS
- ANEXO 5 PERFILES ESTRATIGRÁFICOS PUENTES
- ANEXO 6 CLASIFICACIÓN DE SUELOS ENSAYOS SPT
- ANEXO 7 REGISTRO FOTOGRÁFICO ENSAYOS SPT
- ANEXO 8 MAPA DE UBICACIÓN DE ENSAYOS GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS
- ANEXO 9 MAPA DE UBICACIÓN DE LÍNEAS SÍSMICAS
- ANEXO 10 CLASIFICACIÓN DE SUELOS PERFORACIONES PUENTES
- ANEXO 11 ENSAYOS DE CORTE DIRECTO
- ANEXO 12 ENSAYOS TRIAXIALES UU
- ANEXO 13 COMPRESIÓN SIMPLE_CONSOLIDACION_EXPANSION LIBRE_PERMEABILIDAD
- ANEXO 14 INFORME GEOFÍSICO
- ANEXO 15 FICHAS DE REGISTRO DE LAS ESTACIONES GEOMECÁNICAS, INCLUYEN LA PONDERACIÓN DE CADA PARÁMETRO PARA EL CÁLCULO DEL RMR

- ANEXO 16 REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LAS ESTACIONES GEOMECÁNICAS
- ANEXO 17 ANÁLISIS CINEMÁTICA EN DIPS V 7.0
- ANEXO 18 CÁLCULO SMR
- ANEXO 19 REGISTRO FOTOGRÁFICO PERFORACIONES PUENTES
- ANEXO 20 CERTIFICADOS CALIBRACIONES
- ANEXO 21 ENSAYO DE CONSOLIDACION
- ANEXO 22 ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE
- ANEXO 23 INFORME SPT Y PERFORACIONES