



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera,
Metalúrgica y Geográfica
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

Análisis geotécnico del suelo en el área de los estribos del puente aéreo (sobre nivel) Av. Perú, vía Panamericana Norte, distrito Santa María, provincia Barranca – Perú

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Geólogo

AUTOR

Angel Emmanuel MINÉS VERÁSTEGUI

ASESOR

Dr. Tomás Ezequiel GALLARDAY BOCANEGRA

Lima, Perú

2026



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Minés, A. (2026). *Análisis geotécnico del suelo en el área de los estribos del puente aéreo (sobre nivel) Av. Perú, vía Panamericana Norte, distrito Santa María, provincia Barranca – Perú*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Escuela Profesional de Ingeniería Geológica]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Angel Emmanuel Minés Verástegui
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	45493445
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0009-4205-3446
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Gallarday Bocanegra Tomas Ezequiel
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	08009915
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-1055-4237
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Ciro Sergio Bedia Guillén
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06130412
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Pedro Antonio Olivares Ballena
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06085689
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Víctor Abel Tolentino Yparraguirre
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06656686

Datos de investigación	
Línea de investigación	C.0.1.14. Geología Aplicada a la Ingeniería
Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	Lugar: Puente aéreo Av. Perú País: Perú Departamento: Lima Provincia: Barranca Distrito: Santa María Latitud: -11.083407° Longitud: -77.582732°
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Enero 2021 – diciembre 2021
URL de disciplinas OCDE	Geotecnia https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.02



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO GEÓLOGO**

En el salón de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, el martes 11 de agosto de 2026 siendo las 06:30 pm, en presencia de los señores docentes designados como miembros de Jurado Calificador:

Dr. Ciro Sergio Bedia Guillen	(Presidente de Jurado)
Ing. Victor Abel Tolentino Yparraguirre	(Miembro de Jurado)
Ing. Pedro Antonio Olivares Ballena	(Miembro de Jurado)

Reunidos para el acto académico público de colación de la Tesis del Bach. **ANGEL EMMANUEL MINÉS VERÁSTEGUI**, quien sustentará la Tesis titulada: «**ANÁLISIS GEOTÉCNICO DEL SUELO EN EL ÁREA DE LOS ESTRIBOS DEL PUENTE AÉREO (SOBRE NIVEL) AV. PERÚ, VÍA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO SANTA MARÍA, PROVINCIA BARRANCA – PERÚ**», su asesor el docente **TOMÁS EZEQUIEL GALLARDAY BOCANEGRA**, para la obtención del Título Profesional de Ingeniero Geólogo.

Los miembros del Jurado, escuchada la sustentación respectiva, plantearon al graduando las observaciones pertinentes, que fueron absueltas:

A *Satisfacción DEL JURADO*

El Jurado procedió a la calificación, cuyo resultado fue:

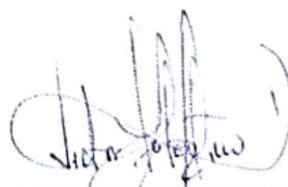
Quince (15)

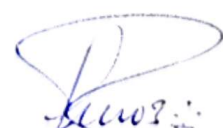
Habiendo sido aprobada la sustentación de Tesis por el Jurado Calificador, el presidente recomienda que la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, proponga se le otorgue el **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEÓLOGO** al Bach. **ANGEL EMMANUEL MINÉS VERÁSTEGUI**.

Siendo las *19:15* horas se dio por concluido el acto académico, expidiéndose cinco (05) actas originales de la Sustentación de la Tesis.

Lima, 11 de agosto del 2026


DR. CIRO SERGIO BEDIA GUILLEN
PRESIDENTE DE JURADO


ING. VICTOR ABEL TOLENTINO YPARRAGUIRRE
MIEMBRO DE JURADO


ING. PEDRO ANTONIO OLIVARES BALLENA
MIEMBRO DE JURADO



F. Bedia Guillen

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

Anexo 1

1. Facultad:

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica

2. Escuela:

Escuela Profesional de Ingeniería Geológica.

3. Autoridad Académica que emite el informe de originalidad

Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica.

4. Apellidos y nombres de la autoridad académica

Dr. Ciro Sergio Bedia Guillen

5. Operador del programa informático de similitudes

Ciro Sergio Bedia Guillen / Alarcón Ponce Marivel

6. Documento evaluado

Tesis para obtención de título profesional.

7. Autor del documento

Angel Emmanuel Minés Verástegui

8. Fecha de recepción del documento

16/04/2021

9. Fecha de aplicación del programa informático de similitudes

27/04/2021

10. Software utilizado

turnitin

11. Configuración del programa detector de similitudes

- a. Excluye textos entrecomillados
- b. Excluye bibliografía
- c. Excluye cadenas menores a 40 palabras

12. Porcentaje de similitudes según programa de detector de similitudes

Cero por ciento (0 %) de similitud.

13. Fuentes originales de las similitudes encontradas

“Análisis geotécnico del suelo en el área de los estribos del puente aéreo (sobre nivel) Av. Perú, vía Panamericana Norte, distrito Santa María, provincia Barranca – Perú”

INFORME DE ORIGINALIDAD

0%

INDICE DE SIMILITUD

0%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

Excluir citas

Activo

Excluir bibliografía

Activo

Excluir coincidencias < 40 words



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

14. Observaciones

Ninguna

15. Calificación de originalidad

Documento cumple criterios de originalidad, sin observaciones.

16. Fecha del informe

4/05/2021

Firma del evaluador:



DR. CIRO SERGIO BEDIA GUILLEN
DIRECTOR
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

Excluir citas	Activo
Excluir bibliografía	Activo

Excluir coincidencias	< 40 words
-----------------------	------------

ANÁLISIS GEOTÉCNICO DEL SUELO EN EL ÁREA DE LOS ESTRIBOS DEL PUENTE AÉREO (SOBRE NIVEL) AV. PERÚ, VÍA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO SANTA MARÍA, PROVINCIA BARRANCA – PERÚ

INDICE

I.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.1.1.	PROBLEMA GENERAL.....	1
1.1.2.	PROBLEMAS ESPECIFICOS.....	1
1.2	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.2.1.	OBJETIVO GENERAL	2
1.2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
II.	MARCO TEÓRICO	2
2.1.	EXPLORACIONES GEOTÉCNICAS.....	2
A.	EXPLORACIONES GEOTÉCNICAS INDIRECTAS	3
A.1.	ENSAYOS DE REFRACCIÓN SÍSMICA	3
A.2.	ENSAYOS MASW.....	5
A.3.	PARÁMETROS DINÁMICOS.....	6
	MÓDULO DE YOUNG (E)	6
	MÓDULO DE POISSON (μ).....	7
	MÓDULO DE CORTE (G)	8
	MÓDULO DE INCOMPRESIBILIDAD VOLUMÉTRICA (K)	9
B.	EXPLORACIONES GEOTÉCNICAS DIRECTAS.....	9
B.1.	PERFORACIONES DIAMANTINAS.....	9
B.1.1.	RECUPERACIÓN DE LOS MATERIALES PERFORADOS.....	10
B.1.2.	DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES	10
B.1.3.	ENSAYOS INSITU	13
a.	ENSAYOS DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR – SPT	13
b.	ENSAYO TIPO CONO PECK – CPT	14
c.	CORRECCIÓN DEL NÚMERO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR – N_{corr}	16
d.	CÁLCULO DEL ÁNGULO DE FRICCIÓN CON N_{corr}	18
B.2.	CALICATAS.....	18
C.	PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL SUELO	19
D.	ENSAYOS DE LABORATORIO	21

D.1.	ENSAYOS ESTÁNDARES	21
D.2.	ENSAYOS DE CORTE DIRECTO	22
2.2.	MARCO CONCEPTUAL: GLOSARIO	23
III.	HIPÓTESIS Y VARIABLES	25
3.1.	GENERAL.....	25
3.2.	ESPECÍFICAS.....	25
3.3.	IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES: GENERAL	25
	INDEPENDIENTE	25
	DEPENDIENTE	25
3.4.	IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES: ESPECÍFICAS	25
	VARIABLE ESPECÍFICA 1	25
	VARIABLE ESPECÍFICA 2	25
IV.	METODOLOGÍA Y DISEÑO DE ESTUDIO	25
4.1.	RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN	26
4.2.	TRABAJOS DE CAMPO	27
4.3.1.	UBICACIÓN, ACCESIBILIDAD Y CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO	27
4.2.1.1.	Ubicación y Accesibilidad	27
4.2.1.2.	Geografía.....	27
4.2.1.3.	Clima.....	28
4.2.1.4.	Vegetación	30
4.2.1.5.	Hidrografía	31
4.2.2.	GEOMORFOLOGÍA	32
4.2.2.1.	GEOMORFOLOGÍA REGIONAL	32
4.2.2.2.	GEOMORFOLOGÍA LOCAL	33
4.2.3.	GEOLOGÍA REGIONAL	35
	ESTRATIGRAFIA	36
A.	FORMACIÓN CASMA (Ki-c).....	36
B.	ROCAS INTRUSIVAS	37
	TONALITA (KTi-t-pu).....	37
	DIORITA (KTi-di-pu)	37
4.2.3.1.	GEOLOGÍA LOCAL	38
	DEPÓSITOS ALUVIALES (Q-al)	39
	DEPÓSITOS FLUVIALES (Q-fl)	39
	INFLUENCIA DE LA GEOLOGÍA LOCAL EN LAS EXPLORACIONES GEOTÉCNICAS.....	41

4.3.	VERIFICACIÓN DE TRABAJOS DE CAMPO Y LABORATORIO	41
4.3.1.	ACTIVIDADES QUE SE REALIZARON EN EXPLORACIONES GEOTÉCNICAS.....	42
4.3.1.1.	EXPLORACIONES GEOTÉCNICAS INDIRECTAS – ENSAYOS DE REFRACCIÓN SÍSMICA	42
4.3.1.2.	EXPLORACIONES GEOTÉCNICAS INDIRECTAS – ENSAYOS MASW.....	43
4.3.1.3.	EXPLORACIONES GEOTÉCNICAS DIRECTAS – CALICATAS.....	43
4.3.1.4.	EXPLORACIONES GEOTÉCNICAS DIRECTAS – PERFORACIONES DIAMANTINAS	46
4.3.2.	ENSAYOS DE LABORATORIO	50
4.4.	TRABAJOS DE GABINETE.....	54
4.4.1.	ENSAYOS IN-SITU DEL TIPO CONO PECK Y CORRELACIÓN CON ENSAYOS SPT.....	55
4.4.2.	CORRECCIÓN DEL NÚMERO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR: N_{corr}	56
4.4.3.	CÁLCULO DEL ÁNGULO DE FRICCIÓN CON N_{corr}	61
4.4.4.	CÁLCULO DE MÓDULOS DINÁMICOS	64
A.	MODULO DE POISSON	65
B.	MÓDULO DE CORTE DINÁMICO.....	66
C.	MÓDULO DE YOUNG.....	67
D.	MÓDULO VOLUMÉTRICO DINÁMICO.....	68
4.4.5.	PERFIL GEOSÍSMICO DE LAS VELOCIDADES DE ONDA.....	71
4.5.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN	78
4.5.1.	CORRELACIÓN ESTRATIGRÁFICA DE EXPLORACIONES GEOTÉCNICAS	78
4.5.2.	PERFIL ESTRATIGRÁFICO CORRELACIONADO	82
4.5.3.	VERIFICACIÓN INSITU Y DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PUENTE AÉREO AV. PERÚ.....	87
4.6.	ANÁLISIS COMPLEMENTARIO: CIMENTACIÓN PARA ESTRIBOS.....	88
4.6.1.	CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA (Q_{ULT}):.....	89
4.6.2.	CAPACIDAD DE CARGA FACTORADA ($Q_{FACTORADA}$):.....	89
4.6.3.	CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE (Q_{ADM}):	90
4.6.4.	CÁLCULO Y RESULTADOS PARA LAS ZAPATAS DE LOS ESTRIBOS	91
V.	CONCLUSIONES.....	94
VI.	RECOMENDACIONES.....	95
VII.	BIBLIOGRAFÍA.....	96
VIII.	ANEXOS	97

RESUMEN DE TABLAS

Tabla 2.1. – 1	Resumen de exploraciones geotécnicas	3
Tabla A.1. – 1	Criterio de análisis correlativo entre velocidades de ondas P (Vp) y litología.	5
Tabla A.2. – 1	Clasificación Sísmica ASCE – 2010 para interpretación de ensayos MASW.....	6
Tabla B.1.2. – 1	Rango de Tamaños de Granos de los Suelos – Norma ASTM	11
Tabla B.1.2. – 2	Rango de clasificación según Angularidad.....	12
Tabla B.1.2. – 3	Rango de clasificación según Consistencia	12
Tabla B.1.2. – 4	Rango de clasificación según Compacidad	12
Tabla B.1.2. – 5	Rango de clasificación según Plasticidad	13
Tabla B.1.3. – c	Factores de Corrección del ensayo SPT	16
Tabla d.1. – 1	Ensayos de Laboratorio realizados.....	21
Tabla 4.2.1.1–1	Ubicación del área de estudio	27
Tabla 4.2.1.3–1	Características de la Estación Meteorológica Alcantarilla.....	28
Tabla 4.2.1.3–2	Estación Meteorológica Alcantarilla: Temperatura media mensual (°C) / Periodo 2017–2019.	28
Tabla 4.2.1.3–3	Estación Meteorológica Alcantarilla: Precipitación media mensual (°C) / Periodo 2017–2019....	29
Tabla 4.2.1.5–1	Características geomorfológicas del río Huaura	31
Tabla 4.3.1.1–1	Ubicación y características de las líneas de refracción sísmica.	42
Tabla 4.3.1.2–1	Interpretación litológica de los ensayos MASW.....	43
Tabla 4.3.1.3–1	Ubicación y características de las Calicatas.	43
Tabla 4.3.1.3–A	Registro estratigráfico de Calicata CG–01	44
Tabla 4.3.1.3–B	Registro estratigráfico de Calicata CG–02	45
Tabla 4.3.1.3–C	Registro estratigráfico de Calicata CG–03	45
Tabla 4.3.1.3–D	Registro estratigráfico de Calicata CG–04	46
Tabla 4.3.1.4–1	Ubicación y características de las Perforaciones Diamantinas.	46
Tabla 4.3.1.4–2	Resumen de materiales en Perforaciones Diamantinas.	47
Tabla 4.3.1.4–A	Registro de cajas porta – testigos de las Perforaciones Diamantinas.....	48
Tabla 4.3.1.4–E	Registro de valores de Cn del ensayo Cono Peck	50
Tabla 4.3.2.1–1	Relación de ensayos de laboratorio realizados.	51
Tabla 4.3.2.1–2	Resultado de ensayos de laboratorio realizados – Peso Unitario.....	51
Tabla 4.3.2.1–3	Ensayos de laboratorio realizados y sus respectivos resultados – Ensayos Estándares.....	52

Tabla 4.3.2.2–1	Resultado de Ensayos de Corte Directo en laboratorio.	53
Tabla 4.4.1	Registro de valores de C_n del ensayo Cono Peck y su conversión equivalente N	55
Tabla 4.4.2	Factores de Corrección del ensayo SPT.....	57
Tabla 4.4.3	Valores de cálculo y Factores de Corrección de N_{corr} y ángulo de fricción (Φ) por correlación....	63
Tabla 4.4.4	Velocidades de Ondas V_s y V_p	64
Tabla 4.4.4.–1	Valores de cálculo y Módulo dinámicos	70
Tabla 4.4.5.–A1	Valores promedio de V_p según Norma ASTM – D5777	71
Tabla 4.4.5.–A2	Interpretación litológica de los ensayos de refracción sísmica en función de las V_p	72
Tabla 4.4.5.–B1	Clasificación litológica según propiedades del suelo (ASCE/ASI 7:2010)	73
Tabla 4.4.5.–B2	Interpretación litológica del ensayo MASW – 01 en función de las velocidades de onda S	74
Tabla 4.4.5.–B3	Interpretación litológica del ensayo MASW – 02 en función de las velocidades de onda S	75
Tabla 4.4.5.–B4	Interpretación litológica del ensayo MASW – 03 en función de las velocidades de onda S	76
Tabla 4.4.5.–B5	Interpretación litológica del ensayo MASW – 04 en función de las velocidades de onda S	77
Tabla 4.5.1.–1	Correlación estratigráfica entre Perforaciones Diamantinas y Calicatas.....	79
Tabla 4.5.2.–2	Correlación estratigráfica entre ensayos MASW y ensayos de Refracción Sísmica	81
Tabla 4.5.2.–1	Correlación entre Ensayos Geotécnicos Directos e Indirectos.....	85
Tabla 4.6.4–1	Parámetros geotécnicos para el cálculo de Q_{ULT} , $Q_{FACTORADA}$ y Q_{ADM} de las zapatas	91
Tabla 4.6.4–2	Parámetros geotécnicos para el cálculo del Q_{ULT} , $Q_{FACTORADA}$ y $Q_{ADM-POR\ CORTE}$	92
Tabla 4.6.4–3	Capacidad de carga admisible Q_{ADM}	92
Tabla 4.6.4–3	Capacidad de carga final	93

RESUMEN DE FIGURAS

Figura a.1. – 1	Representación gráfica del Ensayo de Refracción Sísmica	4
Figura a.1. – 2	Domocronas de una línea sísmica – Perfil de refracción.	4
Figura a.2. – 1	Curva de Dispersión – Perfil Unidimensional (V_s)	5
Figura a.3. – 1	Ley de Hooke y deformación de un cuerpo.	6
Figura a.3. – 2	Esfuerzo y deformaciones de un cuerpo.....	7
Figura a.3. – 3	Fuerza tangencial y deformación del cuerpo.	8
Figura a.3. – 4	Esfuerzo Volumétrico y Deformación Volumétrica.	9
Figura b.1.2. – 1	Distribución de partículas según su Gradación	11
Figura b.1.3. – b	Equipo de Cono Peck	15
Figura b.1.3. – c	Representación Gráfica de Esfuerzos Totales, Esfuerzos Efectivos y Presión de Poros	18
Figura c.1. – 1	Fases que componen al suelo – Elementos del suelo en estado natural.....	19

Figura c.1. – 2	Límites de Atterberg – Ecuaciones de Plasticidad/Contracción	21
Figura d.2. – 1	Esquema General de un Ensayo de Corte	22
Figura 4.2.1.3–1	Estación Meteorológica Alcantarilla: Temperatura media mensual (°C) / Periodo 2017–2019. ...	29
Figura 4.2.1.3–2.	Estación Meteorológica Alcantarilla: Precipitación media mensual (°C) / Periodo 2017–2019. ...	30
Figura 4.2.2.1. – 1	Características superficiales de la Cuenca del río Huaura.	32
Figura 4.2.3–1	Columna Estratigráfica del cuadrángulo de Huacho.	36
Figura 4.5.3.–1	Esquema general de puente aéreo Av. Perú	87
Figura 4.6.1.–1	Esquema de análisis de cimentación	88

RESUMEN DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 4.2.3–1.	Afloramiento Formación Casma: Km151+000	38
Fotografía 4.2.3–2.	Afloramiento Formación Casma: Km153+000	38
Fotografía 4.2.3–2.	Depósitos fluviales: Km154+000	40
Fotografía 4.3.2.2–1.	Foto referencial de laboratorio para ensayos de Corte Directo	53
Fotografía 4.5.2.–1	Vista de puente aéreo Av. Perú	83

DEDICATORIA

A mis Padres Angel Minés y Magali Verástegui.

A la memoria de Dilcia Chavez, Francisco Ordinola y Adolfo Ordinola.

AGRADECIMIENTOS

Un eterno agradecimiento a mis padres Angel Minés y Magali Verástegui, por su inconmensurable amor, apoyo, paciencia y consejos de vida; indudablemente, nada hubiese sido posible sin ustedes, los amo mucho.

A mi hermano Joseph Minés, por acompañarme y tener paciencia, un gordito bonachón difícil de entender, pero con un corazón lleno de cariño y buen humor.

A mi esposa, Jennifer Chirinos, mi alma gemela y coincidencia de vida, gracias por brindarme el soporte para retomar la tesis y subir un peldaño más en la vida; y a mi Antonia, mi bebé, aunque aún estás creciendo, gracias por motivarme a seguir adelante más que nunca. Las amo.

A la memoria de mi abuelita Dilia Chávez, quién siempre me deseó lo mejor, me bendice y desde el cielo, aún cree en mí, gracias por todo cabecita de algodón, un amor eterno para ti.

A mis tías Milagros Morí e Isabel Ordinola y, mis tíos Oscar Verástegui y Merardo Escobedo, quienes, con sus consejos, su bondad y su cariño de padres, demostraron que todo es posible con perseverancia y buen humor; siempre estarán en mi mente y corazón, un gracias infinito.

A mis primos Ronald Escobedo, Mimer Escobedo y Jorgeluis Escobedo, quienes me acompañaron en esta travesía, llena de amanecidas estudiando y jugando, pero siempre con el buen humor, un eterno afecto y agradecimiento a ustedes, hermanos.

A mi tía Liane Verástegui y tío Walter Zagaceta y, a mis primos Walter y Celia Zagaceta, un cariño enorme para ustedes, siempre en las buenas y malas, gracias infinitos.

A toda mi familia Minés, aunque la distancia nos separe, el cariño y los mejores deseos siempre nos unirán, gracias por siempre estar conmigo, los quiero mucho.

Al Dr. Gallarday, una persona muy inspiradora y llena de consejos, gracias por la paciencia y por su apoyo en el desarrollo de la presente tesis. Un abrazo al cielo.

A quienes en vida fueron unas bellas personas, llenas de bondad y cariño, mi abuelita Felicita Villarreal, mi tío Francisco Ordinola y mi tío Adolfo Ordinola, gracias por los buenos consejos, el cariño y el apoyo incondicional, siempre se les extrañará.

A toda mi familia y amigos, gracias por el apoyo y el cariño brindado, siempre los mejores deseos para ustedes.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Aún no existe un análisis geotécnico del proyecto ejecutado, caso construcción del puente aéreo (sobre nivel) “Av. Perú”, que se ubica entre las progresivas Km 152+147.9 a Km 152+175.5, de la vía Panamericana Norte, distrito Santa María, provincia de Barranca; es indispensable que se explore el área y se verifiquen los estudios ejecutados en esta, así mismo, realizar un análisis de las muestras extraídas durante los estudios exploratorios y se verifique o calcule mediante gabinete todos los parámetros involucrados en el análisis geotécnico; estos serán importantes para la caracterización del área de estudio, logrando así verificar el cumplimiento de las exigencias ingenieriles adecuadas para una vía de alto y pesado tránsito, el cumplimiento del sustento técnico planteado en las bases del proyecto y el cumplimiento de los estándares establecidos en las Normativas Técnicas Peruanas (NTP).

Por lo tanto, para el cumplimiento del periodo de vida útil de la estructura civil y que sirva de apoyo a la sociedad, será importante que se realice un análisis geotécnico del suelo.

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuáles fueron los estudios geotécnicos que permitieron determinar los parámetros dinámicos y las propiedades físico–mecánicas de los horizontes del subsuelo entre las progresivas Km 152+147,9 a Km 152+175,5 de la vía Panamericana Norte, distrito de Santa María, provincia de Barranca, Perú?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECIFICOS

¿Qué correlación existe entre los estudios de prospección directa – perforaciones diamantinas y calicatas – y la prospección indirecta, representados por ensayos geofísicos?

¿De qué manera los ensayos de Refracción Sísmica y MASW se relacionaron con los parámetros dinámicos del suelo de cimentación?

Justificación Teórica

Las exploraciones de campo, estudios de prospección directa e indirecta, entre las progresivas Km 152+147.9 a Km 152+175.5 de la vía Panamericana Norte, distrito Santa María, provincia de Barranca, realizadas por la empresa GMI, se basaron en

las normas internacionales ASTM y las Normativas Técnicas Peruanas (NTP), cumpliendo con las bases técnicas del proyecto.

Justificación Práctica

El presente estudio ayudará a contribuir para que el puente aéreo “Av. Perú”, ubicado entre las progresivas Km 152+147.9 a Km 152+175.5, de la vía Panamericana Norte, distrito Santa María, provincia de Barranca, cumpla su periodo de vida útil según las bases del proyecto y los estándares establecidos en las Normativas Técnicas Peruanas (NTP).

Justificación Social

Apoyará a la población como sustento ante cualquier tipo de reclamo por un eventual problema que pueda generarse al término de la construcción de la obra o a lo largo de su vida útil.

Por otro lado, facilitará el tránsito por la Av. Perú, la cual conecta los distritos de Huacho y Santa María, evitando que vehículos – peatones crucen directamente la vía Panamericana Norte y generen algún tipo de accidente.

1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar cuáles fueron los estudios geotécnicos que permitieron determinar parámetros dinámicos y las propiedades físico-mecánicas de los horizontes del subsuelo, entre las progresivas Km 152+147.9 a Km 152+175.5, de la autopista Panamericana Norte, distrito Santa María, provincia de Barranca, Perú.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la correlación que existió entre los estudios de prospección directa y los estudios de prospección indirecta.
- Determinar de qué manera los Ensayos de Refracción Sísmica y los Ensayos MASW se relacionaron con los parámetros dinámicos del suelo de cimentación.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. EXPLORACIONES GEOTÉCNICAS

Dentro del proceso de estudio realizado en el presente proyecto, el cual buscó determinar las características del área con fines constructivos, las exploraciones geotécnicas siguieron distintos procedimientos y métodos que facilitaron la obtención

de información que nos asegure el cumplimiento de nuestros objetivos; se resumen las exploraciones geotécnicas en la siguiente tabla:

Tabla 2.1. – 1

Resumen de exploraciones geotécnicas

EXPLORACIONES GEOTÉCNICAS		
EXPLORACIÓN	TIPO	PARÁMETROS GENERALES
EXPLORACIONES GEOTÉCNICAS DIRECTAS	Perforaciones Diamantinas	• Ensayos CPT - SPT • Recuperación de los materiales. • Descripción de los materiales. • Muestras de Suelos para ensayos de laboratorio. • Nivel freático y las características hidrogeológicas del subsuelo.
	Calicatas	• Muestras de Suelos para ensayos de laboratorio. • Descripción de los materiales.
EXPLORACIONES GEOTÉCNICAS INDIRECTAS	Ensayos de Refracción Sísmica	• Velocidades de Onda P (Vp)
	Ensayos MASW	• Velocidades de Onda S (Vs)

Fuente: Del autor.

A. EXPLORACIONES GEOTÉCNICAS INDIRECTAS

Dentro de las exploraciones geotécnicas indirectas tenemos a los ensayos de Refracción Sísmica y los ensayos MASW, permitiéndonos determinar:

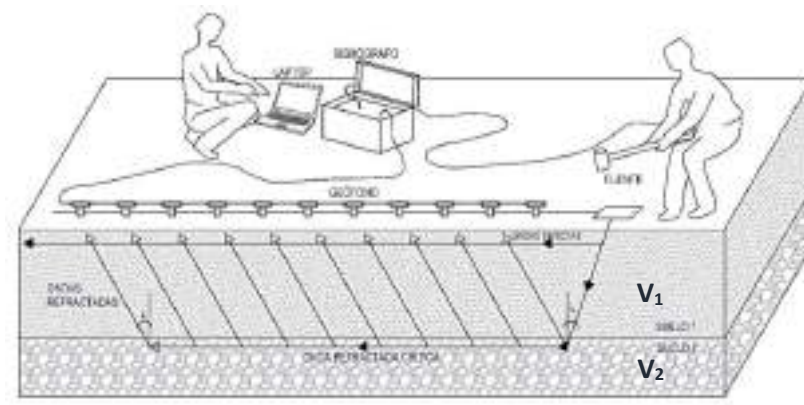
- Velocidades de las ondas **P** y velocidades de las ondas **S**.
- La litología, los horizontes estratigráficos y la caracterización de los parámetros dinámicos del suelo, como módulo de Young (E), módulo de Corte (G), módulo Volumétrico (K) y relación de Poisson (ν).

A.1. ENSAYOS DE REFRACCIÓN SÍSMICA

Humire, Sáez, Leyton (2015), establecen que este método utiliza el criterio de la Ley de Snell para la reflexión – refracción de ondas, generando ondas **P** mediante golpes de una comba sobre una fuente (placa metálica).

Figura a.1. – 1

Representación gráfica del Ensayo de Refracción Sísmica

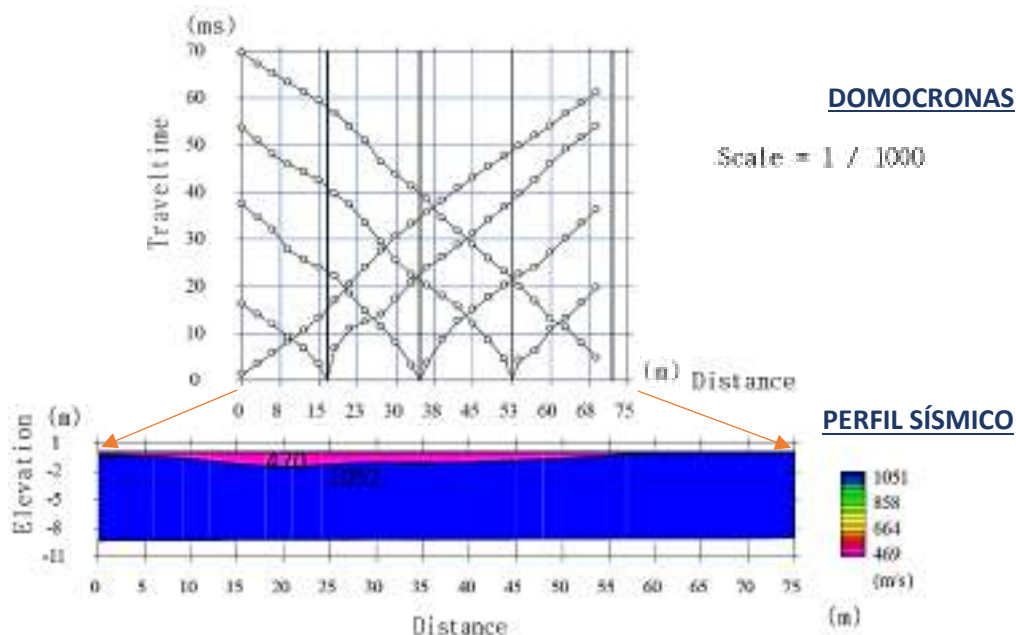


Fuente: Del autor.

La finalidad del ensayo consiste en obtener las Curvas Domocrónicas (tiempo de llegada de las ondas vs distancia recorrida) y hacer uso de un algoritmo de inversión tomográfica para obtener un modelo de velocidad sísmica, ello ayuda a caracterizar un perfil estratigráfico con una velocidad promedio por capa.

Figura a.1. – 2

Domocronas de una línea sísmica – Perfil de refracción.



Fuente: Del autor.

La tabla de correlación sobre los cuales se basó el presente estudio para los análisis interpretativos o correlativos de las velocidades de las ondas P respecto a la litología del área de investigación fue:

Tabla A.1. – 1

Criterio de análisis correlativo entre velocidades de ondas P (Vp) y litología.

DESCRIPCIÓN	Vp (m/s)
Suelo Intemperizado	240 - 610
Grava o arena seca	460 - 915
Arena Saturada	1220 - 1830
Arcilla Saturada	910 - 2750
Agua	1430 - 1665
Agua de mar	1460 - 1525
Arenisca	1830 - 3960
Esquisto, arcilla esquistosa	2750 - 4270
Tiza	1830 - 3960
Caliza	2134 - 6100
Granito	4575 - 5800
Roca Metamórfica	3050 - 7000

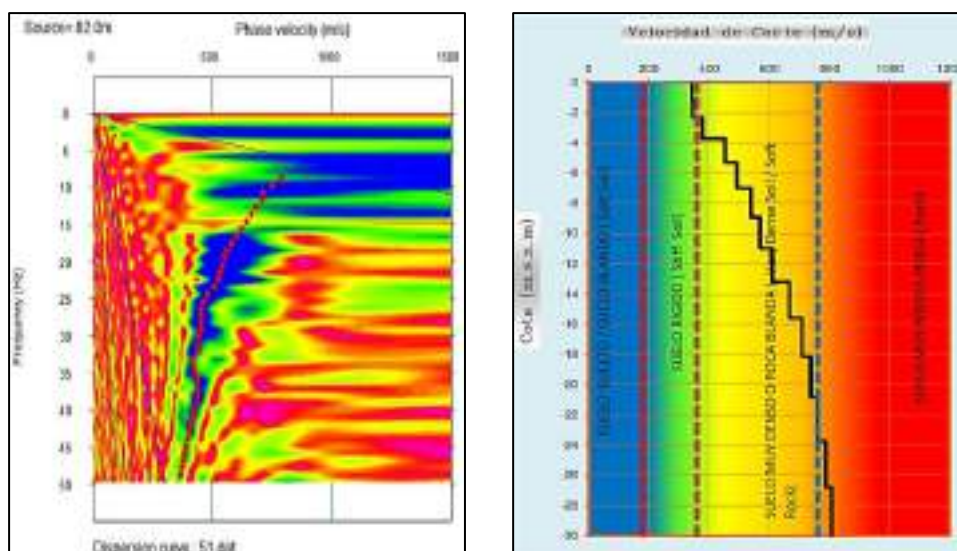
Fuente: ASTM D5777-95.

A.2. ENSAYOS MASW

También denominada Análisis de Onda Superficial en Arreglo Multicanal (MASW); Humire, Sáez, Leyton (2015), establecen que este método permite obtener un perfil unidimensional del suelo en función de la propagación de las ondas de corte “**S**”; el ensayo MASW se desarrolla de manera similar al método de refracción sísmica; obteniendo el perfil de velocidades de las ondas de corte **Vs**, y se correlacionan para determinar los perfiles estratigráficos del suelo:

Figura a.2. – 1

Curva de Dispersión – Perfil Unidimensional (Vs)



Fuente: Del autor

La interpretación de los registros del ensayo MASW, consisten en determinar la curva de dispersión mediante la gráfica de velocidad de fase (m/s) vs frecuencia (Hz), luego hacer un proceso iterativo que requiere la inversión no lineal de estos datos y obtener un perfil de velocidad de ondas de corte – V_s ; finalmente se correlaciona el perfil de velocidades con la Clasificación Sísmica ASCE–2010 para determinar un perfil estratigráfico del área de estudio.

Tabla A.2. – 1

Clasificación Sísmica ASCE – 2010 para interpretación de ensayos MASW

TIPO DE SUELO	DENOMIANCIÓN DEL SUELO	VELOCIDAD DE ONDAS DE CORTE V_s (m/s)	RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN ESTÁNDAR SPT (N)
A	Roca muy dura	$1500 < V_s$	N/A
B	Roca	$760 < V_s < 1500$	N/A
C	Suelo muy denso	$360 < V_s < 760$	$N > 50$
D	Suelo Rígido	$180 < V_s < 360$	$15 \leq N \leq 50$
E	Suelo blando	$V_s < 180$	$N < 15$

Fuente: Clasificación Sísmica ASCE–2010.

A.3. PARÁMETROS DINÁMICOS

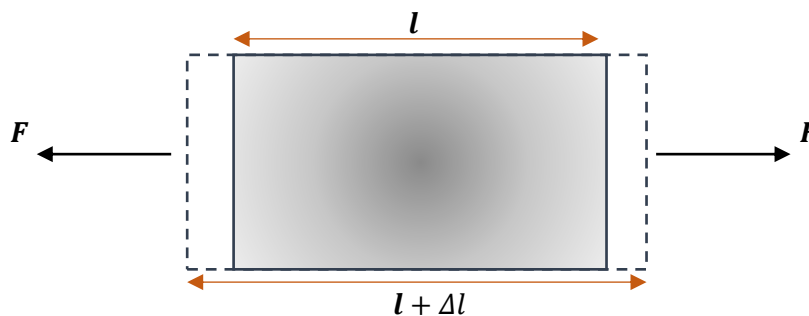
Las velocidades de propagación de las ondas sísmicas **P** (Primarias) y de ondas sísmicas **S** (Secundarias) permiten calcular, mediante ecuaciones de correlación empíricas, los parámetros dinámicos del suelo de cimentaciones:

MÓDULO DE YOUNG (E)

Alva (2013), establece la relación entre el esfuerzo aplicado a un cuerpo y su deformación longitudinal, y está en función a la dirección en la que se aplique la fuerza:

Figura a.3. – 1

Ley de Hooke y deformación de un cuerpo.



Fuente: Del autor

En el presente estudio se calculó el módulo de Young mediante el módulo de Corte y el módulo de Poisson.

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

Donde:

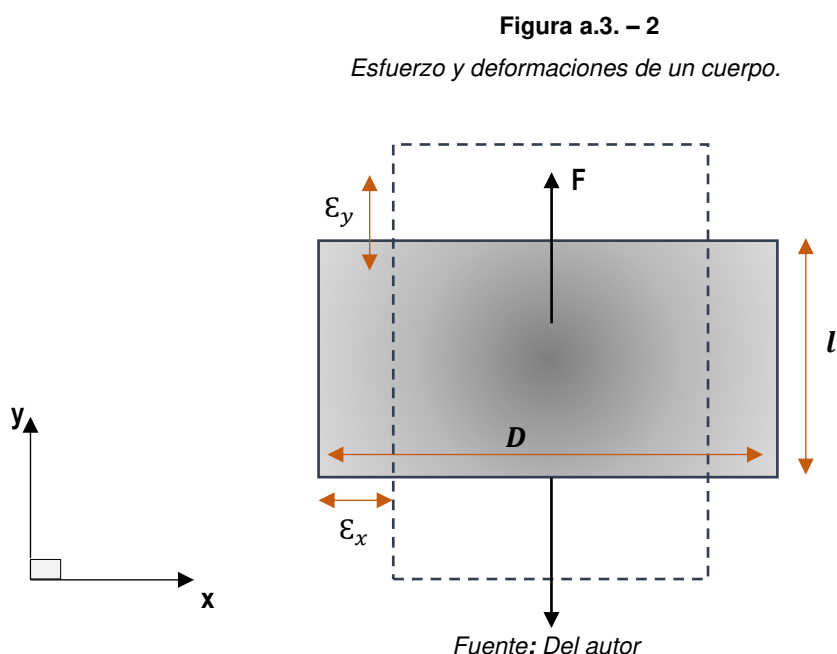
E = Módulo de Elasticidad o módulo de Young (N/m^2).

G = Módulo de Corte.

μ = Módulo de Poisson.

MÓDULO DE POISSON (μ)

Alva (2013), establece el módulo de Poisson como la relación entre la deformación longitudinal y la deformación perpendicular a la dirección del esfuerzo:



En el presente estudio se calculó el módulo de Poisson en función de la velocidad de ondas de corte (V_s) y la velocidad de ondas primarias (V_p) mediante la siguiente expresión:

$$\mu = \frac{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}{2\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}$$

Donde:

μ = Módulo de Poisson.

V_p = Velocidad de Ondas Primarias (m/s).

V_s = Velocidad de Ondas de Corte (m/s).

MÓDULO DE CORTE (G)

También denominado Módulo de Rigidez; parámetro muy importante con un amplio rango de aplicaciones geotécnicas: cálculos de asentamientos, diseño de fundaciones, mejoramiento del control del suelo, evaluación de la licuefacción, entre otros; así mismo, Alva (2013) relaciona al módulo de corte G con el módulo de Young y el módulo de Poisson, según:

$$G = \frac{E}{2(1 + 2\mu)}$$

Donde:

G = Módulo de Corte.

μ = Módulo de Poisson.

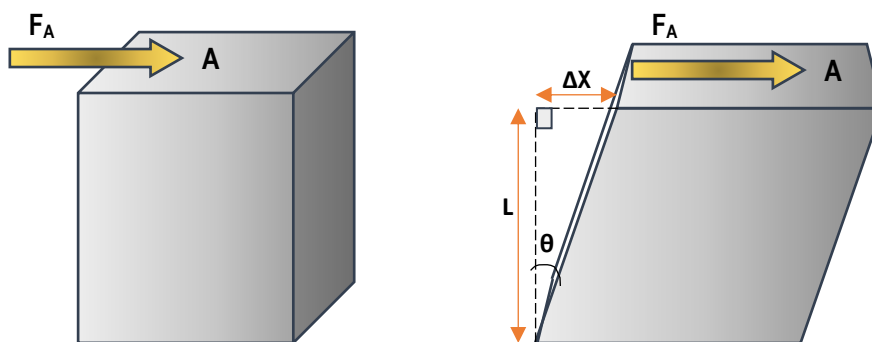
E = Módulo de Elasticidad o Módulo de Young (N/m^2).

τ = Tensión de corte o Esfuerzo cortante (N/m^2).

γ = Deformación al corte (m).

Figura a.3. – 3

Fuerza tangencial y deformación del cuerpo.



Fuente: Del autor

Es importante mencionar que, este módulo describe el comportamiento del suelo bajo cargas de trabajo y movimientos sísmicos [López & Cruz, (2012)]; ayudando a conocer la respuesta dinámica del suelo en la interacción con la estructura que se coloque sobre esta, y realizar modelamientos sísmicos avanzados. Por otro lado, puede calcularse con la velocidad de las ondas de corte (V_s), mediante la siguiente expresión:

$$G = \rho V_s^2$$

Donde:

G = Módulo de Corte.

ρ = Densidad del suelo.

V_s = Velocidad de ondas de corte (m/s).

MÓDULO DE INCOMPRESIBILIDAD VOLUMÉTRICA (K)

También denominado módulo de Bulk; describe el comportamiento que tiene una masa de material geológico basado en la relación de presión hidrostática y su correspondiente deformación volumétrica, así mismo, Alva (2013) relaciona al módulo de Incompresibilidad con el módulo de Young y el módulo de Poisson según:

$$K = \frac{P_{HIDROSTÁTICA}}{\epsilon_{VOLUMÉTRICA}} = \frac{E}{3(1 - 2\mu)}$$

Donde:

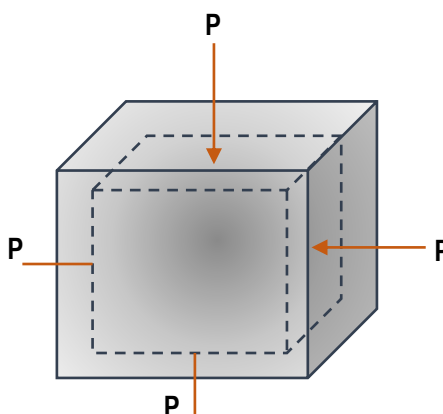
K = Módulo de Incompresibilidad Volumétrica.

μ = Módulo de Poisson.

E = Módulo de Elasticidad o Módulo de Young (N/m^2).

Figura a.3. – 4

Esfuerzo Volumétrico y Deformación Volumétrica.



Fuente: Del autor

B. EXPLORACIONES GEOTÉCNICAS DIRECTAS

Dentro de las exploraciones geotécnicas directas tenemos a las calicatas y perforaciones diamantinas.

B.1. PERFORACIONES DIAMANTINAS

Fernández, R., de Barrio, R., y Tessone, M. (2015), señalan que es un tipo de exploración que permite perforar el suelo del área a la que se pretende investigar, ello haciendo uso de una máquina perforadora, coronas diamantadas, barras metálicas que pueden conectarse sucesivamente, materiales accesorios complementarios y

agua que es introducida a la perforación mediante una bomba eléctrica; permite determinar datos geotécnicos como:

- Recuperación de los materiales perforados (RQD)
- Descripción de los materiales
- Ensayos In-Situ

B.1.1. RECUPERACIÓN DE LOS MATERIALES PERFORADOS

El porcentaje de recuperación para muestras de roca perforadas se basa en la relación del RQD para la designación de la calidad de la roca, el cual es determinado por la relación:

$$\%R = \frac{\sum \text{de longitudes de núcleos recuperadas mayores o iguales a } 101.6\text{mm}}{\text{Longitud total de roca perforada}} \times 100$$

Para la recuperación de muestras de suelos cuyos componentes son gravas, arenas, limos y arcillas se determinan con la siguiente relación:

$$\% \text{Recuperación} = \frac{\text{Longitud recuperada en una corrida de perforación}}{\text{Longitud total de la corrida perforada}} \times 100$$

B.1.2. DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES

Se basó desde un punto de vista técnico y siguiendo los estándares del Reglamento Nacional de Cimentaciones (2006), el cual establece a la Norma E.050, que detalla la descripción visual – manual que se llevará a cabo a los materiales, ello siguiendo la norma técnica peruana NTP 339.150 y la norma internacional ASTM D2488 (Standard Practice for Description and Identification of Soils):

GRANULOMETRÍA: Permite clasificar una muestra de suelo representativo según el tamaño de granos de sus componentes:

- **Gravas (G):** Clastos sólidos y naturales de rocas que han sido separadas de su origen por un agente erosivo, movilizadas por uno o varios agentes transportadores, moldeados por estos y finalmente depositados; según clasificaciones va desde los 4.75mm hasta los 75mm.
- **Arenas (S):** Es un grano o clasto de tamaño pequeño, proveniente de una roca, su génesis es similar a la de las gravas, pero a diferencia de estas su tamaño varía entre los 0.075m a los 4.75mm.

- **Limos (M):** Sus granos de tamaño fino varían entre los 0.005mm a los 0.075mm, se caracterizan por tener nula o baja plasticidad cuando son mezclados con agua. Al tacto son un poco ásperos, sintiendo de manera leve su granulometría, no dejan una mancha considerable en el dedo al ser manipuladas.
- **Arcillas (C):** Se componen principalmente de silicatos de aluminio hidratado, se caracterizan por adquirir plasticidad cuando son mezclados con agua, siendo sus granos de tamaño fino y según clasificación es menor a 0.005mm. Al tacto son suaves y dejan una huella o mancha en el dedo al ser manipuladas.

Tabla B.1.2. – 1

Rango de Tamaños de Granos de los Suelos – Norma ASTM

Tamaño de granos		
Grava		4.75 – 75mm
Arena	Gruesa	2 – 4.75mm
	Media	0.425 – 2mm
	Fina	0.075 – 0.425mm
Limo		0.005 – 0.075mm
Arcilla		<0.005mm

Fuente: ASTM D2488 (Standard Practice for Description and Identification of Soils)

GRADACIÓN: Este criterio permite determinar la distribución de tamaños de los componentes presente en el suelo.

Figura b.1.2. – 1

Distribución de partículas según su Gradación



ANGULARIDAD: Este criterio se basa en la forma de las partículas o clastos que componen la estructura del suelo.

Tabla B.1.2. – 2*Rango de clasificación según Angularidad*

Angularidad	Identificación de campo
Angulosa	Partículas con bordes agudos y caras relativamente planas.
Sub-angulosas	Partículas similares a las angulosas, pero con bordes algo redondeados.
Sub-redondeadas	Partículas con casi todas las caras planas, pero con esquinas y bordes redondeados.
Redondeado	Partículas con lados curvados suavemente y sin bordes.

Fuente: ASTM D2488 (Standard Practice for Description and Identification of Soils)

CONSISTENCIA: Este criterio ayuda a estimar la resistencia con la que los componentes del suelo cohesivo logran soportar una deformación o moldeado.

Tabla B.1.2. – 3*Rango de clasificación según Consistencia*

Consistencia	Identificación de campo
Muy blanda	El dedo penetrará el suelo más de 25mm.
Blanda	El dedo penetrará alrededor de 25mm.
Firme	El dedo penetrará alrededor de 6mm.
Dura	El dedo penetrará, pero la uña se hundirá levemente.
Muy Dura	La uña del dedo no se hundirá en el suelo.

Fuente: ASTM D2488 (Standard Practice for Description and Identification of Soils)

COMPACIDAD: Este criterio ayuda a determinar el grado de compactación de los suelos no cohesivos o suelos granulares, siendo una propiedad importante ya que está relacionada con la resistencia, deformabilidad y estabilidad.

Tabla B.1.2. – 4*Rango de clasificación según Compacidad*

Compacidad	Identificación de campo
Muy suelto	Se desmenuza o rompe con el manipuleo.
Suelto	Se desmenuza o rompe con una pequeña presión de los dedos.
Medianamente denso	Se desmenuza o rompe con considerable presión de los dedos.

Denso	Se desmenuza o rompe con dificultad con la presión de los dedos.
Muy denso	No se desmenuza o rompe con presión de los dedos.

Fuente: ASTM D2488 (Standard Practice for Description and Identification of Soils)

PLASTICIDAD: Se puede definir la plasticidad como la propiedad de una masa de suelo que permite resistir un moldeado sin romperse hasta un determinado punto, manteniendo su volumen sin desagregarse y tampoco agrietarse.

Tabla B.1.2. – 5

Rango de clasificación según Plasticidad

Plasticidad	Identificación de campo
No plástica	– Al mezclar con una pequeña porción de agua no se puede enrollar un bastón de 3mm
Baja	– Se puede enrollar apenas un bastón. – El grumo no se puede formar cuando está más seco de lo que su Límite Plástico lo permite.
Media	– Se puede enrollar fácilmente un bastón, no requiere mucho tiempo para alcanzar el Límite Plástico. – No se puede enrollar un bastón después de alcanzar el Límite Plástico. – El grumo se desmorona cuando está más seco que su Límite Plástico.
Alta	– Se puede enrollar fácilmente un bastón, requiere de mucho tiempo para amasar hasta alcanzar el Límite Plástico. – Un bastón puede enrollarse varias veces después de alcanzar su Límite Plástico. – Se puede formar un grumo sin que se desmorone, aún más seco que su Límite Plástico.

Fuente: ASTM D2488 (Standard Practice for Description and Identification of Soils)

B.1.3. ENSAYOS INSITU

Las técnicas para investigación establecidas en el Reglamento Nacional de Cimentaciones (2006), señala que, son aquellos ensayos de penetración estándar realizados en el área de estudio, sujetos a parámetros normativos y procedimientos estandarizados que ayudan a controlar la secuencia y toma de datos:

a. ENSAYOS DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR – SPT

González de Vallejo (2002), establece que este ensayo permite obtener una resistencia a la penetración del suelo expresado mediante un valor “**N**”, el cual puede correlacionarse con parámetros geotécnicos intrínsecos del suelo, tales como el ángulo de rozamiento interno, densidad relativa, la carga admisible y los asentamientos, además, ya que se realiza dentro de las perforaciones y usando una

cuchara de caña partida, nos permite obtener una muestra alterada sobre la cual se pueden realizar ensayos de laboratorio.

PROCEDIMIENTO:

- Sobre la cota a la cual se tiene planificado realizar el ensayo se introduce un toma-muestras o cuchara de “caña partida” que se encuentra acoplado a una tubería delgada BQ, así mismo, se introduce al sistema del ensayo una maza o martillo con un peso estandarizado de 63.5Kg, el cual se suspenderá a una altura de 76cm sobre el nivel del suelo
- Terminados estos procedimientos de acople, se procede a realizar el ensayo dejando caer la maza desde la altura indicada, se ejecuta este procedimiento sucesivamente hasta hincar en el terreno 60 cm, es indispensable contar el número de golpes por cada 15 cm hincados en el terreno, considerando que tanto el primer tramo como el último no deberán ser tomados en cuenta por ser materiales alterados, el primer tramo por derrumbes pequeños de las paredes producto de la perforación y el último tramo producto de la compactación.
- La suma del número de golpes de los dos tramos intermedios (30cm centrales), es la resistencia a la penetración estándar o el denominado N_{SPT} :

$$N_{SPT} = N_{15-30} + N_{30-45}$$

- Si el número de golpes necesarios para hincar uno de los intervalos de 15cm es mayor a 50, la suma del número de golpes no será necesaria, por el contrario, se denominará Rechazo (**R**), por lo cual se deberá especificar el tramo, el valor de los golpes, la longitud hincada y la simbología de Rechazo (**R**), ello según el criterio del Ingeniero. (p.e.: $N_{0-15}/50$ en 14 cm, **R**).

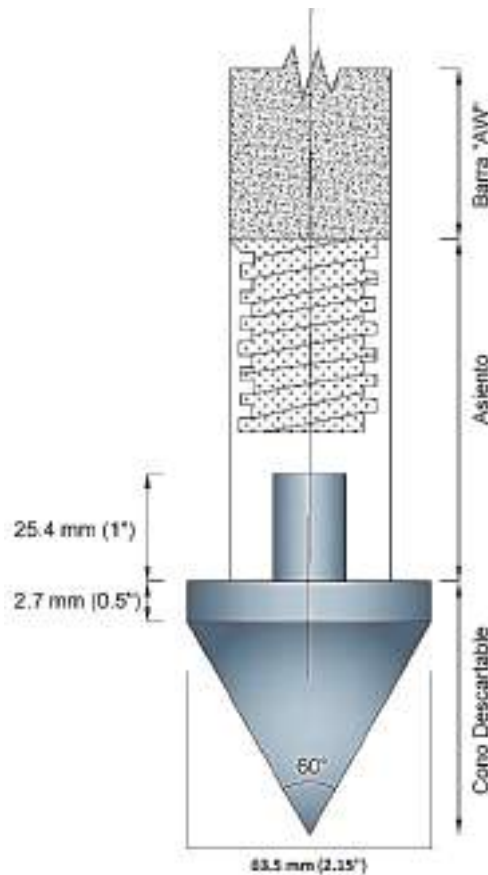
b. ENSAYO TIPO CONO PECK – CPT

González de Vallejo (2002), establece que el ensayo del tipo Cono Peck es una técnica de auscultación de suelos, y tal como su nombre lo indica, se hace uso de una punta “cónica” para obtener una resistencia a la penetración del suelo, siendo esta la principal diferencia con el equipo del ensayo de penetración estándar (SPT).

Así mismo, el sistema de ejecución es similar al ensayo de SPT, variando en la contabilización del número de golpes considerados para el Rechazo, siendo de 100

para el ensayo CPT, esto evidencia una relación del número de golpes (Cn) con el número de golpes (N) del SPT.

Figura b.1.3. – b
Equipo de Cono Peck



Fuente: Norma E0.50 – Suelos y Cimentaciones.

A inicios de los años 1970, se efectuó un programa comparativo de ensayos SPT con un equipo de auscultación con punta cónica denominado “Cono de Peck”, sobre suelos arenosos finos del tipo SP, encontrándose la siguiente relación [RM + Ass (1971)]:

$$N = 0.5Cn$$

Donde:

N = Número de golpes de los dos tramos intermedios (30 cm) en el ensayo estándar de penetración (SPT).

Cn = Número de Golpes de los dos tramos intermedios (30 cm) de penetración con el “Cono de Peck” – Asume el valor de 100 si hay Rechazo en el primer tramo.

c. CORRECCIÓN DEL NÚMERO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR – N_{corr}

Braja M. Das (2015), señala que existen factores que pueden inducir ciertos errores en el número de golpes (N) de los ensayos de penetración estándar (SPT) ejecutados a lo largo del sondaje:

$$N_{corr} = N(C_N C_E C_B C_R C_S)$$

Donde:

N_{corr} = Corrección del número de golpes.

N = Número de golpes obtenidos en campo, por equivalencia de ensayo Cono Peck.

C_N = Factor de corrección para normalizar la presión efectiva o esfuerzo efectivo. por sobrecarga, varía según profundidad del ensayo.

C_E = Corrección por relación de la eficiencia o energía del martillo.

C_B = Corrección por diámetro de perforación.

C_R = Corrección por longitud de varilla, variable según profundidad del ensayo.

C_S = Corrección por método de muestreo.

Se muestra la siguiente tabla con los valores de los factores de corrección basándonos en las recomendaciones planteadas por Seed *et al.*, 1985 y Skempton, 1986.

Tabla B.1.3. – c
Factores de Corrección del ensayo SPT

Factor	Variable del Equipo	Término	Corrección
Relación de eficiencia o energía del martillo	Martillo dona	CE	0.5 - 1.0
	Martillo de seguridad	CE	0.7 - 1.2
	Martillo dona automático	CE	0.8 - 1.3
Diámetro de perforación	65 - 115 mm	CB	1
	150 mm	CB	1.05
	200 mm	CB	1.15
Longitud 1	< 3 m	CR	0.75
Longitud 2	3 m - 4 m	CR	0.8
Longitud 3	4 m - 6 m	CR	0.85
Longitud 4	6 m - 10 m	CR	0.95
Longitud 5	10 m - 30 m	CR	1
Método de muestreo	Muestreo estándar	CS	1
	Muestreo sin revestimiento	CS	1.1 - 1.3

Fuente: Standard penetration test procedures and the effects in sands of overburden pressure, relative density, particle size, ageing and over-consolidation (Seed et al., 1985 & Skempton, 1986)

Braja M. Das (2015), indica que para el cálculo del factor de corrección C_N , o presión efectiva por sobrecarga, se han propuesto muchas relaciones empíricas, siendo las más comunes las citadas por Liao & Whitman (1986), y Skempton (1986); de las cuales, y para el proyecto, se tomó la primera por su grado de confiabilidad respecto a las características del área de estudio:

$$C_N = \left[\frac{1}{(\sigma'_v)} \right]^{1/2}$$

Donde:

C_N = Factor de corrección para normalizar la presión efectiva por sobrecarga, varía según profundidad del ensayo.

σ'_v = Presión efectiva por sobrecarga (esfuerzo efectivo).

Los valores de este factor C_N varían según la profundidad, ya que la presión efectiva por sobrecarga (σ'_v) se calcula con los parámetros de peso volumétrico del suelo (γ_t) y profundidad (H):

$$\sigma'_v = (\gamma_t)(H)$$

Donde:

σ'_v = Presión efectiva por sobrecarga (esfuerzo efectivo). **

γ_t = Peso volumétrico del suelo.

H = Cota o profundidad de cálculo.

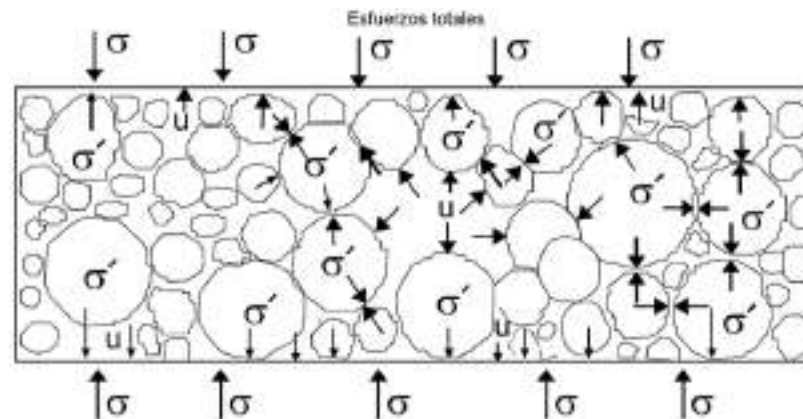
(**) **ESFUERZO EFECTIVO:** Suárez, J. (2009), establece que la estructura de un suelo está compuesta por un esqueleto de partículas y los poros intersticiales entre ellas, que pueden estar saturados de agua; el esfuerzo soportado únicamente por el esqueleto de partículas en un determinado punto es conocido como Presión Efectiva o Esfuerzo Efectivo (σ'_v), la presión ejercida por el agua es denominada como Presión de Poros (μ), y la presión total ejercida en un punto es denominada como Esfuerzo Total (σ):

$$\text{Esfuerzo Efectivo} = \text{Esfuerzo Total} - \text{Presión de Poros}$$

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

Figura b.1.3. – c

Representación Gráfica de Esfuerzos Totales, Esfuerzos Efectivos y Presión de Poros



Fuente: Deslizamientos: Análisis Geotécnico (Suárez, J., (2009)).

d. CÁLCULO DEL ANGULO DE FRICCIÓN CON N_{corr}

El ángulo de fricción es un parámetro geotécnico importante dentro del cálculo de resistencia al esfuerzo cortante del suelo; Jaime Suárez (2009), nos menciona que, las rocas y los suelos al fallar al cortante, se comportan de acuerdo con las teorías tradicionales de fricción y cohesión.

Braja M. Das (2015), establece que para la estimación del Ángulo de Fricción (ϕ), podemos basarnos en la ecuación de Wolf (1989), el cual hace uso del número de golpes corregido N_{corr} , determinado mediante los factores de corrección en el ítem anterior:

$$\phi = 27.1 + 0.3N_{corr} - 0.00054N_{corr}^2$$

Donde:

N_{corr} = Corrección del número de golpes.

ϕ = Ángulo de fricción.

B.2. CALICATAS

Las calicatas son excavaciones de pequeña a mediana profundidad, económicamente rentables, realizadas manualmente o con retroexcavadoras; permiten determinar:

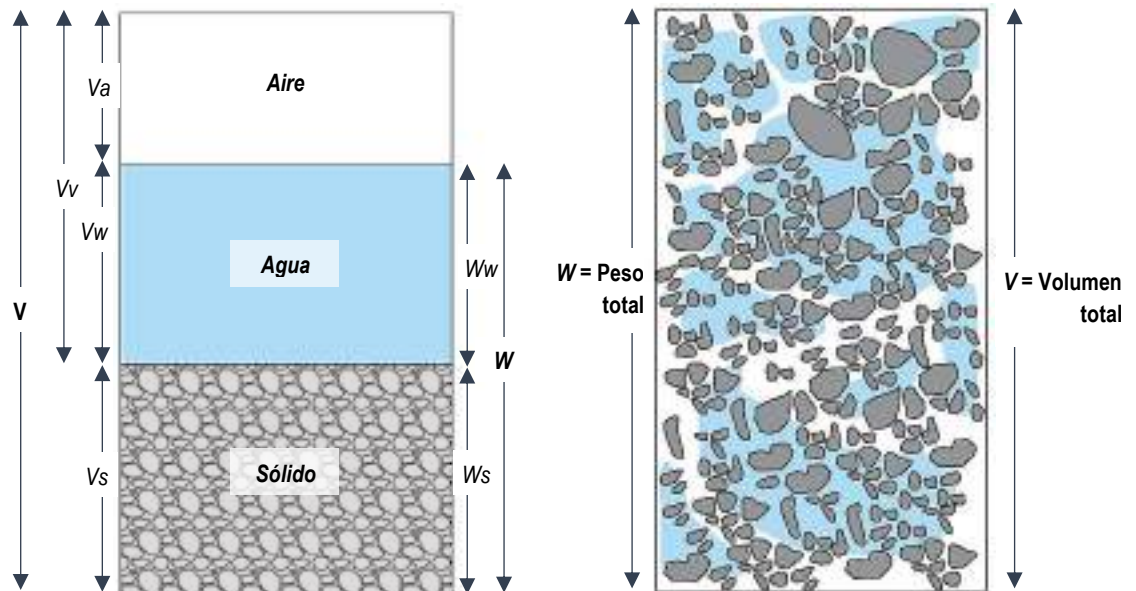
- Inspección visual del terreno.
- Delimitación de horizontes primarios.
- Muestras de suelo.
- Ensayos de campo / laboratorio.

C. PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL SUELO

Estas propiedades son determinadas mediante ensayos de laboratorio, siguiendo estándares nacionales e internacionales.

Figura c.1. – 1

Fases que componen al suelo – Elementos del suelo en estado natural



Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, Braja M. Das (2013)

Donde:

V = Volumen total

V_s = Volumen de sólidos en el suelo

V_a = Volumen de aire en el suelo

V_w = Volumen de agua en el suelo

V_v = Volumen de vacíos en el suelo ($V_a + V_w$)

RELACIÓN DE VACÍOS (e): Se define como la relación entre el volumen de vacío (V_v) y el volumen de sólidos (V_s) del suelo, mediante la ecuación:

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

CONTENIDO DE HUMEDAD (w): También denominado contenido de agua, se define como la relación entre el peso del agua (W_w) y el peso de sólidos (W_s) en el suelo, mediante la ecuación:

$$w = \frac{W_w}{W_s}$$

DENSIDAD: Se define como la relación entre la masa total (de todas las fases que lo componen) y el volumen total de la muestra de suelo, así mismo, se puede determinar la densidad seca mediante la relación de la masa de sólidos de la muestra y el volumen de dicha masa, a continuación, se detallan las ecuaciones respectivas:

$$\rho = \frac{m}{V} \qquad \rho_d = \frac{m_s}{V}$$

Donde:

ρ = Densidad del suelo (Kg/m³).

ρ_d = Densidad seca del suelo (Kg/m³).

m = Masa total de la muestra de suelo (Kg).

m_s = Masa de sólidos de la muestra de suelo (Kg).

V = Volumen total de la muestra de suelo (m³).

PESO ESPECÍFICO (γ): También conocido como Peso Unitario, se define como el peso del suelo por unidad de volumen.

$$\gamma = \rho \cdot g = \frac{W}{V}$$

Donde:

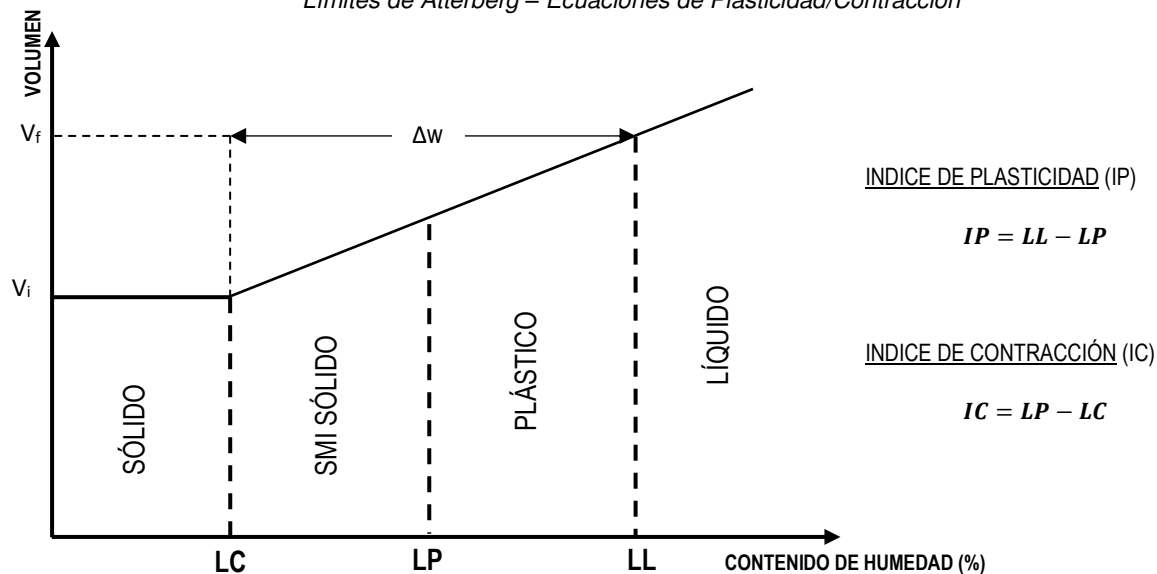
γ = Peso Específico del suelo (kN/m³).

ρ = Densidad del suelo (Kg/m³).

W = Peso total del suelo (N).

g = Aceleración de la gravedad (9.81m/s²).

CONSISTENCIA: Braja M. Das (2013), establece que, la naturaleza del comportamiento del suelo puede ser dividido en cuatro estados básicos: Sólido, semisólido, plástico y líquido, como se muestra en la Figura c.1. – 1. Los contenidos de humedad necesarios que permiten las transiciones de un estado a otro son conocidos como *límites de Atterberg*.

Figura c.1. – 2*Límites de Atterberg – Ecuaciones de Plasticidad/Contracción*

LÍMITE DE CONTRACCIÓN: Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, que permite la transición del estado sólido al estado semisólido.

LÍMITE PLÁSTICO: Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, que permite la transición del estado semisólido al estado plástico.

LÍMITE LÍQUIDO: Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, que permite la transición del estado plástico al estado líquido.

D. ENSAYOS DE LABORATORIO

D.1. ENSAYOS ESTÁNDARES

Tal como se mencionó, estos ensayos de laboratorio buscan determinar las propiedades físico-mecánicas del suelo, siguiendo estándares tanto nacionales como internacionales:

Tabla d.1. – 1*Ensayos de Laboratorio realizados*

ENSAYOS	OBJETIVO DEL ENSAYO	NORMA INTERNACIONAL ASTM	NORMA NACIONAL MTC
Análisis Granulométrico del Suelo por Tamizado	Distribución del Tamaño de Partículas del Suelo	D-422 (02)	MTC E 107 (00)
Clasificación de Suelos – Uso Ingenieril (SUCS)	Clasificación del Suelo	D-2487 (93)	-

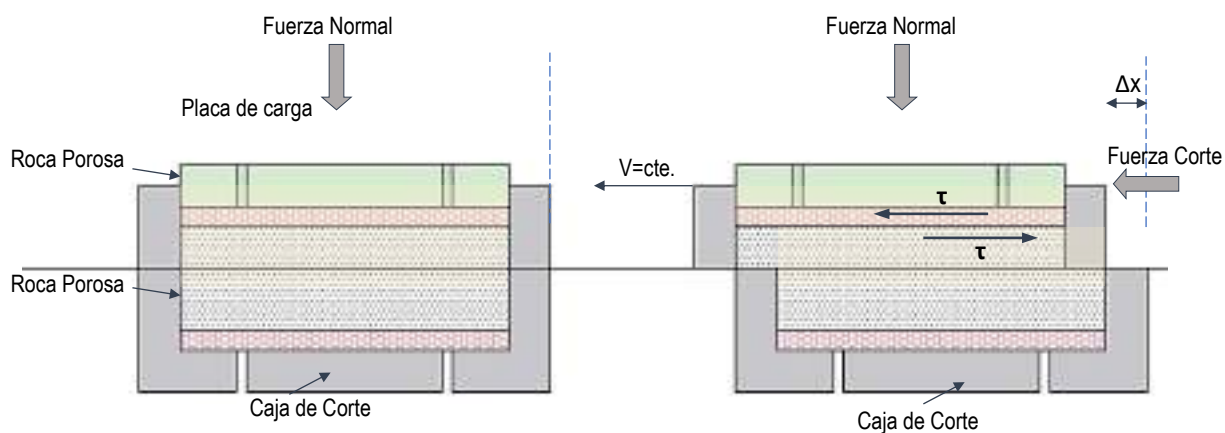
ENSAYOS	OBJETIVO DEL ENSAYO	NORMA INTERNACIONAL ASTM	NORMA NACIONAL MTC
Clasificación de Suelos – Uso Vías de Transporte (AASHTO)	Clasificación del Suelo	D-3282 (04)	-
Peso Unitario	Pesos Unitarios	-	MTC E 203 (00)
Contenido de Humedad del Suelo	Contenido de Humedad del Suelo	D-2216 (98)	MTC E 108 (00)
Límite Líquido (Malla N°40)	Contenido de Agua entre el estado Plástico y estado Líquido	D-4318 (00)	MTC E 110 (00)
Límite Plástico (Malla N°40)	Contenido de Agua entre el estado Semisólido y estado Plástico	D-4318 (00)	MTC E 111 (00)

D.2. ENSAYOS DE CORTE DIRECTO

Gonzales de Vallejo (2002), menciona, se trata de una caja rígida de acero, usualmente de sección cuadrada, que se encuentra dividida en dos mitades y en cuyo interior se coloca la muestra de suelo. Encima de ésta se dispone una placa de reparto rígida sobre la que se puede aplicar una carga vertical (N). Todo el conjunto se introduce en un recipiente de acero de mayores dimensiones, que puede llenarse de agua para realizar el ensayo en condiciones de saturación (en este último caso se pueden disponer también rocas porosas sobre y debajo de la muestra para facilitar el drenaje).

Figura d.2. – 1

Esquema General de un Ensayo de Corte



Fuente: Del autor

El objetivo del presente ensayo es determinar los valores de Cohesión y Ángulo de Fricción en esfuerzos totales o efectivos.

2.2. MARCO CONCEPTUAL: GLOSARIO

ASTM: American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales; ASTM por sus siglas en inglés).

CIMENTACIÓN: Parte de la edificación, que transmite al subsuelo las cargas de la estructura.

CONGLOMERADO: Roca sedimentaria formada por clastos de naturaleza poligenética, heterométrica y de angularidad sub-redondeada a redondeada.

ESFUERZO TOTAL (σ): Es la sumatoria de todas las fuerzas actuantes en el suelo:

$$\text{Esfuerzo total} = \text{esfuerzo efectivo} + \text{presión de poros (agua)}$$

ESTRATO: Se define como nivel o cuerpo generalmente tubular de sedimentos o roca, con litología homogénea o gradacional, que se deposita durante un intervalo de tiempo definido.

ESTRATIFICACIÓN: Depósito o secuencia tanto vertical como horizontal de rocas o suelos, determinan un orden y momento de eventos en un tiempo geológico determinado.

ESTRIBO: Apoyos extremos de un puente, que tienen por finalidad principal soportar la superestructura, transmitir las cargas al terreno y sostener el relleno de los accesos.

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS: Documento técnico que engloba el conjunto de exploraciones e investigaciones de campo, ensayos de laboratorio y análisis de gabinete que tiene por objeto estudiar el comportamiento de los suelos y sus respuestas ante las solicitaciones de carga.

GEODINÁMICA EXTERNA: Conjunto de factores geológicos dinámicos, los cuales actúan sobre el área de estudio o terreno de estudio.

HORIZONTE (SUELO): Una de las capas de un perfil de suelos.

MASW: Multichannel Analysis of Surface Waves (Análisis Multicanal de Ondas de Superficie; MASW por sus siglas en inglés).

NIVEL FREÁTICO: Nivel superior de agua subterránea determinada en una exploración; este nivel se puede referenciar respecto a una cota preestablecida o a la superficie del terreno.

PUENTE AÉREO (SOBRE NIVEL): Cruce a diferentes niveles entre dos o más carreteras o líneas férreas o la combinación de estas.

PERFIL ESTRATIGRÁFICO: Es el que se realiza a partir de datos de perforaciones, de datos de prospección geofísica, de cortes naturales o artificiales del terreno que muestran los suelos o rocas que forman la columna estratigráfica, mediante los cuales se puede reconstruir la estratigrafía del suelo, acorde con la profundidad que demanda el proyecto.

PRESIÓN DE POROS: Consiste en la presión en el agua dentro de los poros del suelo y se identifica con la letra " μ ".

TERRAZAS ALUVIALES: Principal geoforma de un valle fluvial, son plataformas de sedimentos que se depositan a ambos lados del cauce de un río.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. GENERAL

Los estudios geotécnicos a base de calicatas, perforaciones diamantinas y ensayos geofísicos realizados en el proyecto pueden contribuir a determinar si la empresa cumplió su propuesta técnica.

3.2. ESPECÍFICAS

- La litología y delimitación de horizontes en el suelo y subsuelo tendrá correlación entre los estudios de calicatas – perforaciones diamantinas y los ensayos geofísicos.
- Los ensayos geofísicos y el cálculo de los parámetros dinámicos del suelo de cimentación del área de estudio pueden alargar el periodo de utilidad de la obra civil.

3.3. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES: GENERAL

INDEPENDIENTE

Los estudios geotécnicos que se realizaron entre las progresivas Km 152+147.9 a Km 152+175.5 de la vía (autopista) Panamericana Norte.

DEPENDIENTE

La vía (autopista) Panamericana Norte, entre las progresivas Km 152+147.9 a Km 152+175.5, del distrito de Santa María, provincia de Huaura, Perú.

3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES: ESPECÍFICAS

VARIABLE ESPECÍFICA 1

- Los estudios de calicatas, perforaciones diamantinas, y los ensayos de Refracción Sísmica y MASW.

VARIABLE ESPECÍFICA 2

- Los estudios de prospección indirecta, representados por ensayos geofísicos, y los parámetros dinámicos del suelo de cimentación.

IV. METODOLOGÍA Y DISEÑO DE ESTUDIO

Para demostrar mis hipótesis he desarrollado mi metodología y diseño de estudio, tal como sigue:

4.1. RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Se ha revisado artículos, informes, revistas y libros en bibliotecas privadas y públicas que tratan sobre este tema algunas de las cuales las cito a continuación:

- Boletín N°26 – Geología de los Cuadrángulos Barranca, Ambar, Oyón, Huacho, Huaral y Canta.
- Sinopsis de la Geología del Perú - [Boletín A 22]
- Secuencias volcanoclásticas del Grupo Casma depositadas en una microcuenca extensional al noroeste de Huacho.
- Análisis mediante el Google Earth y del Google Maps de las cuales se descargó algunas fotografías.
- Flujo vehicular por unidades de peaje, elaborado por El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) juntamente con el Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte Nacional – PROVIAS Nacional.
- Recopilación de la bibliografía existente.
- Visita de campo al área de estudio.

El estudio se basó en un programa de trabajo sistemático, el cual ayudará a demostrar las hipótesis y cumplir los objetivos planteados, para ello se seguirá la siguiente metodología: una etapa preliminar de recopilación de información, una segunda etapa de trabajos de campo, una tercera etapa de verificación de la información de los trabajos de exploración directa e indirecta y ensayos de laboratorio y, finalmente una cuarta etapa de trabajos de gabinete:

ETAPA DE TRABAJO	TRABAJOS REALIZADOS
PRIMERA ETAPA	Recopilación de la Información
SEGUNDA ETAPA	Trabajos de Campo
TERCERA ETAPA	Verificación de trabajos de campo y Laboratorio
CUARTA ETAPA	Trabajos de Gabinete

4.2. TRABAJOS DE CAMPO

Los trabajos de campo correspondieron a la segunda etapa de trabajo consistente en:

- Mapeo geológico local y regional.

4.3.1. UBICACIÓN, ACCESIBILIDAD Y CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.2.1.1. Ubicación y Accesibilidad

El puente aéreo de estudio se localiza en el distrito de Santa María, provincia de Barranca, departamento de Lima, entre las progresivas Km 152+147.9 a Km 152+175.5 de la vía Panamericana Norte, sin embargo, para complementar el análisis geotécnico se extendió el área de estudio desde las progresivas Km 151+000 a Km 154+000.

El acceso por vía terrestre desde Lima hasta el área de estudio es a través de la Panamericana Norte, sobre una vía en buenas condiciones y totalmente asfaltada, en un tiempo promedio de 2 horas y 10 minutos; El ANEXO II: Plano de ubicación del área de estudio, y la siguiente tabla, nos muestran a detalle su ubicación.

Tabla 4.2.1.1–1.

Ubicación del área de estudio

ITEM	Progresivas Km.	COTA m.s.n.m.	COORDENADAS UTM		OBSERVACIÓN
			NORTE	ESTE	
Km 151	151+000	97.0	0217640	8772491	Acceso directo por la Autopista Panamericana Norte (coordenadas tomadas en sentido Sur a Norte)
Estribo 01	152+147.9	98.3	217 843.20	8 773 575.94	
Estribo 02	152+175.5	98.4	217 845.85	8 773 609.04	
Km 154	154+000	92.0	0217113.	8776365	

Fuente: Del autor – proyección UTM, Datum WGS84, Zona 18 Sur.

4.2.1.2. Geografía

El área de estudio se ubica en la zona costera del Norte – Centro del Perú, principalmente semiárido y con una elevación de 90.0 m.s.n.m., cuyo relieve es de pendiente suave sin presentar erosión y típico de un valle costero.

El valle del río Huaura está formado por su cono de deyección, sobre su área se encuentran las poblaciones de los distritos de Santa María, Carquin y Hualmay.

4.2.1.3. Clima

El área de estudio tiene una zona climática variable por la presencia de mar ubicada a corta distancia, dando un clima agradable y seco; se ha considerado la información registrada por la estación meteorológica Alcantarilla, administrada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología – SENAMHI, a continuación, se indica los datos de humedad, precipitación promedio mensual y temperatura entre los periodos 2010 – 2019 que resume las características de la estación meteorológica Alcantarilla.

Tabla 4.2.1.3–1.

Características de la Estación Meteorológica Alcantarilla.

Estación	Ubicación	Altitud m.s.n.m.	Coordenadas WGS 84		Periodo (años)	Tipo	Entidad operadora
			Este	Norte			
Alcantarilla	Dto.: Lima Prov.: Huaura Dist.: Huacho	131	221388	8776121	2004 – 2019	Climatología Ordinaria	SENAMHI

Fuente: SENAMHI

Temperatura

La estación Alcantarilla en el periodo de monitoreo 2017 – 2019, señala una variación de temperatura media mensual entre 16.7°C a 26.1°C, que da un promedio anual de 20.7°C. Los meses donde se evidencian valores altos de temperatura, son Enero y Abril, con una media mensual de 24.2°C, y los valores más bajos son entre los meses de Junio a Octubre, con media mensual de 17.8°C, que se observa en la tabla y figura que sigue:

Tabla 4.2.1.3–2.

Estación Meteorológica Alcantarilla: Temperatura media mensual (°C) / Periodo 2017–2019.

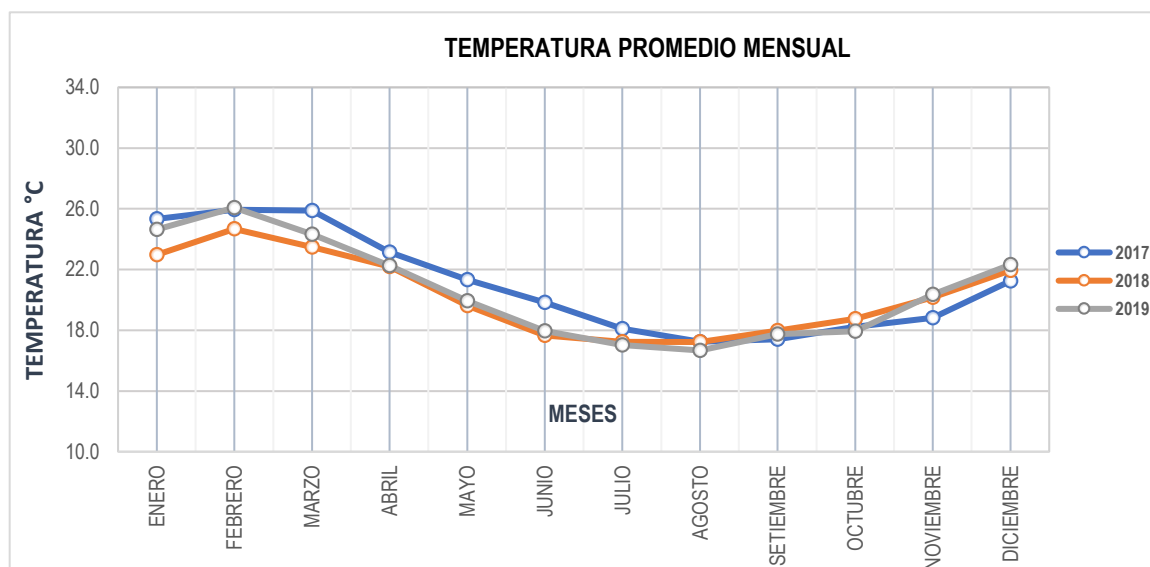
	2017			2018			2019		
	T° Máx.	T° Min	T° Promedio	T° Máx.	T° Min	T° Promedio	T° Máx.	T° Min	T° Promedio
ENERO	29.9	20.8	25.3	27.3	18.6	23.0	29.0	20.3	24.6
FEBRERO	30.5	21.3	25.9	29.5	19.8	24.7	30.5	21.6	26.1
MARZO	30.0	21.7	25.9	28.0	18.9	23.5	29.0	19.7	24.3
ABRIL	27.3	19.0	23.1	26.6	17.8	22.2	26.6	17.9	22.2
MAYO	24.5	18.1	21.3	23.4	15.8	19.6	23.0	16.9	19.9
JUNIO	21.9	17.7	19.8	19.8	15.5	17.7	20.2	15.7	17.9
JULIO	20.6	15.6	18.1	19.4	15.1	17.2	19.5	14.6	17.0
AGOSTO	19.8	14.7	17.2	19.8	14.7	17.2	19.6	13.7	16.7
SETIEMBRE	20.2	14.6	17.4	21.2	14.7	18.0	21.1	14.4	17.7
OCTUBRE	21.8	14.6	18.2	22.3	15.3	18.8	21.6	14.2	17.9

	2017			2018			2019		
	T° Máx.	T° Min	T° Promedio	T° Máx.	T° Min	T° Promedio	T° Máx.	T° Min	T° Promedio
NOVIEMBRE	22.8	14.9	18.8	24.6	15.7	20.2	24.1	16.7	20.4
DICIEMBRE	25.4	17.1	21.3	26.7	17.2	22.0	26.6	18.0	22.3

Fuente: SENAMHI

Figura 4.2.1.3–1.

Estación Meteorológica Alcantarilla: Temperatura media mensual (°C) / Periodo 2017–2019.



Fuente: Del autor.

Precipitación

La estación Alcantarilla durante el periodo de monitoreo 2017 – 2019, fueron altas en los meses de agosto y setiembre, similares a las menores temperaturas, sin embargo, el mes de febrero del año 2019, se determinó una precipitación media mensual de 0.15 mm/día, considerando la mayor precipitación en los años monitoreados, ver el cuadro que sigue:

Tabla 4.2.1.3–3.

Estación Meteorológica Alcantarilla: Precipitación media mensual (°C) / Periodo 2017–2019.

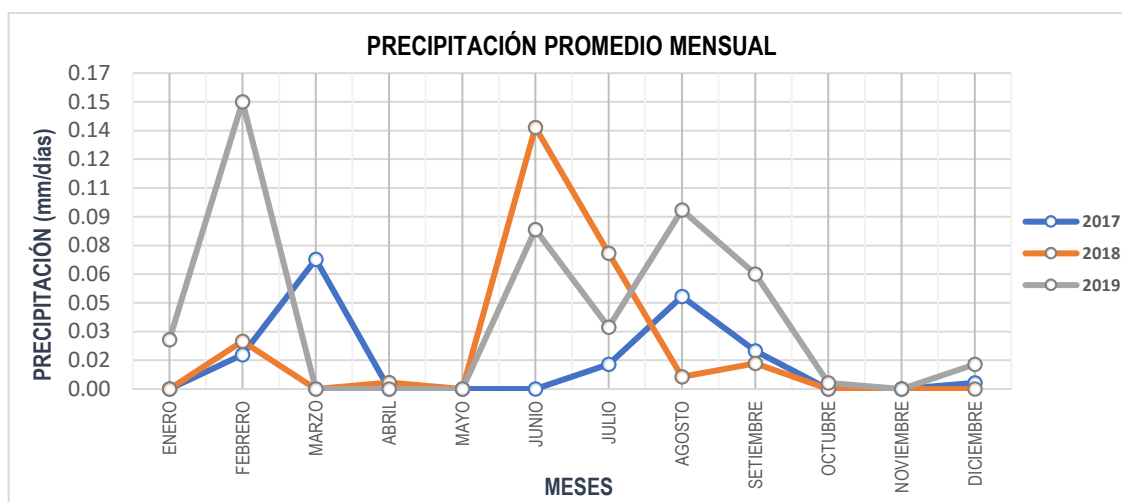
AÑO	2017	2018	2019
	Precipitación Promedio (mm/día)	Precipitación Promedio (mm/día)	Precipitación Promedio (mm/día)
ENERO	0.00	0.00	0.03
FEBRERO	0.02	0.03	0.15
MARZO	0.07	0.00	0.00
ABRIL	0.00	0.00	0.00
MAYO	0.00	0.00	0.00

AÑO	2017	2018	2019
	Precipitación Promedio (mm/día)	Precipitación Promedio (mm/día)	Precipitación Promedio (mm/día)
JUNIO	0.00	0.14	0.08
JULIO	0.01	0.07	0.03
AGOSTO	0.05	0.01	0.09
SETIEMBRE	0.02	0.01	0.06
OCTUBRE	0.00	0.00	0.00
NOVIEMBRE	0.00	0.00	0.00
DICIEMBRE	0.00	0.00	0.01

Fuente: SENAMHI

Figura 4.2.1.3–2.

Estación Meteorológica Alcantarilla: Precipitación media mensual (°C) / Periodo 2017–2019.



Fuente: Del autor.

En resumen, el clima promedio anual de la zona de estudio es agradable y seco, que favorece el desarrollo de actividades como turismo, agricultura y ganadería.

4.2.1.4. Vegetación

El área de estudio se encuentra dentro del valle Huaura, este valle se encuentra rodeado por tierras agrícolas principalmente para consumo humano, se cultivan una gran diversidad sobre un área de 6033.51 has, en su mayoría maíz amarillo, maíz choclo, algodón, arroz, diferentes frutas y cereales.

Dentro de las principales variedades de vegetación silvestre propias de la zona y que limitan con el área de estudio se tienen *Eucalyptus sp.* (Eucalipto), *Agnus jorullensis* (Alisos), *Polylepsis sp.* (Queñual); por su parte, en la rivera del cauce del río Huaura

podemos observar comunmente *Adundo donax* (carrizo), *Baccharis sp.* (Chilca), *Salix sp.* (Sauce), entre otros.

4.2.1.5. Hidrografía

Este análisis permite evaluar a las variables hidrológicas presentes en el área de estudio para localizarlas, dimensionarlas y caracterizarlas ante un posible impacto ambiental producido por la ejecución del proyecto.

CUENCA DEL RIO HUAURA

La cuenca del río Huaura pertenece a la vertiente occidental de la Cordillera de los Andes, nace a más de 5000 m.s.n.m., se ubica en la costa central del Perú, entre las provincias de Chancay y Cajatambo en el departamento de Lima, esta cuenca limita por el norte con la cuenca de los ríos Pativilca y Supe, por el sur con la cuenca del río Chancay, por el este con la cordillera de los Andes y por el oeste con el Océano Pacífico. La naciente es la laguna Sura–Saca, desde donde la cuenca colectora va a discurrir en la dirección Noreste, pasando el poblado de Sayán y cambiando su curso hacia el Oeste hasta desembocar en el mar, cerca de la caleta de Carquin en Huacho. Las características geomorfológicas principales del río Huaura se presentan en el cuadro que sigue:

Tabla 4.2.1.5–1.

Características geomorfológicas del río Huaura

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Área	4483.0 km ²
Altitud Promedio	2502.0 m.s.n.m.
Pendiente Promedio	29.50%
Longitud Máxima de recorrido	122 km
Longitud de la red hidrográfica	360.0 km

Fuente: Estudio Geoambiental de la cuenca del río Huaura – Boletín N°41 Serie C – INGEMMET

En la cuenca existen rocas ígneas, sedimentarias, y depósitos de materiales cuaternarios formados por sedimentos fluviales, aluviales, eluviales y eólicos, en la parte baja del río Huaura se presenta un abanico de deyección amplio de relieve poco accidentado y pendientes suaves, propio de un valle costero; el río es la fuente principal de agua de las ciudades de Huacho – Huaura y favorece la agricultura.

4.3.2. GEOMORFOLOGÍA

4.2.2.1. GEOMORFOLOGÍA REGIONAL

Los rasgos geomorfológicos representativos en el área de estudio son el resultado de los procesos geológicos: tectonismo y geodinámica externa. Dentro del marco fisiográfico se han identificado diferentes etapas de erosión en los que han participado agentes externos como el clima, la lluvia y las corrientes fluviales, en este caso, las geoformas más representativas son la Cuenca del río Huaura y el Valle de Huaura.

CUENCA DEL RÍO HUAURA

La cuenca del río Huaura abarca las provincias de Chancay y Cajatambo, ambas pertenecientes a la región Lima, con una superficie de 5382 km². Nace en la vertiente occidental de la Cordillera de los Andes; sus ríos y quebradas recorren con dirección preferencial de este a oeste hasta desembocar en el Océano Pacífico.

El río Huaura recolecta el aporte hídrico superficial y subterráneo de toda la cuenca, desde las montañas ubicadas a los 4500 m.s.n.m. hasta las partes más bajas a casi el nivel del mar, las evidencias más resaltantes y notorias son las escorrentías que forman quebradas pequeñas y que a su vez, fueron originadas por los deshielos de los nevados y la descarga hídrica de las lagunas que varían su aporte conforme a períodos de lluvias estacionales, así mismo, tenemos a fuentes termales, manantiales, entre otros, que conforman esta cuenca.

Figura 4.2.2.1. – 1

Características superficiales de la Cuenca del río Huaura.



Fuente: Estudio Geoambiental de la cuenca del río Huaura – Boletín N°41 Serie C – INGEMMET

VALLE TRANSVERSAL DEL RÍO HUAURA

Visualmente, en la parte baja de la cuenca podemos observar el Valle de Huaura, formada por superficies planas y escalonadas cuyos componentes principales son bloques, bolonería, cantos, arenas, limos y arcillas, característicos de depósitos aluviales, que han sido arrastrados y depositados a lo largo–ancho del Valle producto del cambio constante del cauce del río en distintos periodos de tiempo.

Es importante mencionar, que, en muchos sectores, los materiales como gravas con matrices arenosas y porosidades superiores al 30%, son propicios para la formación de acuíferos que ayudan al desarrollo agrícola y ganadero de la zona.

4.2.2.2. GEOMORFOLOGÍA LOCAL

ABANICO DEL RÍO HUAURA

Se ubica en la parte inferior de la cuenca del río Huaura, abarcando distintos tipos de materiales aluviales y fluviales que fueron arrastrados por agentes de transporte durante el periodo Cuaternario, esta variedad de depósitos se puede apreciar claramente a lo largo del río Huaura, siendo sus componentes principales gravas y bloques de rocas, en una matriz areno-limosa, alcanzando espesores considerables y bien estratificados.

TERRAZA ALUVIAL

Las terrazas aluviales o plataformas sedimentarias que se ubican en el valle de Huaura se encuentran dispuestas a manera de escalón ya que son remanentes del antiguo cauce del río, es así como, basado en esta característica y en la altura actual del nivel de la terraza pueden ser descritas:

- Terrazas de alturas de 10 m a 12 m sobre el cauce actual, con materiales variables de gravas heterométricas, arenas, limos y arcillas, así como niveles permeables e impermeables.
- Terrazas de alturas de 5 m sobre el cauce actual, con materiales variables de gravas heterométricas sub-redondeadas a redondeadas, y arenas de grano medio a grueso, forman playas en los márgenes del río, pequeños islotes y son típicamente formadores de acuíferos saturados debido a su alta porosidad y permeabilidad.

- Terrazas de alturas de 1 m a 2 m sobre el cauce actual, con materiales variables de gravas heterométricas sub-redondeadas a redondeadas, y arenas de grano fino a grueso, forman playas en los márgenes del río, islotes de tamaños variables y son típicamente formadores de acuíferos saturados debido a su alta porosidad y permeabilidad. Estas terrazas se aprecian cerca al área de influencia del estudio, colindante al puente Huaura.

LOMAS Y COLINAS

Esta geoforma se caracteriza por ser de afloramientos de rocas volcánico-sedimentarias, se encuentran bajo procesos erosivos y de meteorización, bordean la planicie costera, topográficamente presentan pendientes suaves a moderadas y con poca altitud. Ejemplo: Las lomas Alcantarilla – distrito de Santa María.

DUNAS

En el área de estudio logramos identificar dos tipos de dunas:

- Dunas Móviles, que migran por acción eólica, su topografía se caracteriza por ser plana y ondulada, se encuentran constituidas por depósitos secos de arenas de grano fino a medio, no consolidadas, porosas y permeables. Se ubican dentro de la planicie costera y en áreas donde no se encuentra vegetación o un ángulo de reposo que fije su desplazamiento.
- Dunas fijas, por lo general no se desplazan porque encontraron vegetación y/o la presencia de un ángulo de reposo adecuado que impida su desplazamiento, así mismo, puede ser influenciado por niveles freáticos presentes en el subsuelo; su topografía se caracteriza por ser plana y ondulada, se encuentran constituidas por depósitos secos de arenas de grano fino a grueso, no consolidadas, generalmente porosas y permeables.

PLANICIE COSTERA

Se extiende entre el borde litoral y la vertiente oeste de la Cordillera Occidental, forma parte del valle transversal del río Huaura con las características de ser extensa, no totalmente plana, presentar pequeños relieves y/o depresiones, y estar constituida por materiales heterométricos y heterogéneos de origen fluvial-aluvial, con un alto grado de porosidad y permeabilidad.

Sobre esta geoforma se desarrolla la agricultura, ganadería, el desarrollo urbano y las actividades humanas, así mismo, podemos encontrar algunas geoformas como terrazas aluviales, colinas, dunas, entre otros.

BORDE LITORAL: ACANTILADOS – PLAYAS

El borde litoral es una faja paralela a la línea de la costa, se extienden de sureste a noreste con anchura delgada que abarca entre 1 a 2 km desde la línea costera hacia la parte continental (tierra adentro), está conformado por geoformas de origen marino como playas y acantilados que fueron formados por la acción erosiva del mar, así mismo, se puede apreciar sectores de afloramientos de rocas intrusivas pertenecientes al Batolito de la Costa y sedimentarias (Punta la viuda).

Las playas Hornillos y Playa Chica están conformadas por acumulaciones de arena, generadas por las corrientes marinas y sus variaciones de nivel, por otro lado, los acantilados Punta la Viuda y Caleta Carquin son formados por la constante erosión marina de las olas que generan socavamientos que a la larga pueden generar derrumbes y/o desprendimientos de rocas.

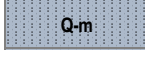
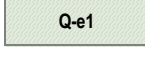
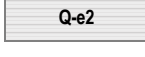
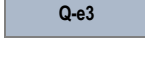
4.3.3. GEOLOGÍA REGIONAL

El área donde se desarrolla el presente estudio cuenta con características geológicas particulares y propias de una zona costera, pudiendo observarse periodos erosivos, meteorizaciones y etapas de depósito con una estratificación marcada.

Crono-estratigráficamente, se han reconocido las siguientes formaciones regionales y locales, desde el más antiguo al más actual:

- Formación Casma (Ki-C)
- Rocas Intrusivas: Tonalita (KTi-t-pu) - Diorita (KTi-di-pu)
- Depósitos Cuaternarios: Depósitos Aluviales (Q-al), Depósitos Fluviales (Q-fl)

Figura 4.2.3–1.
Columna Estratigráfica del cuadrángulo de Huacho.

ESTRATIGRAFÍA: GEOLOGÍA REGIONAL - LOCAL				
EDAD		UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS		ROCAS INTRUSIVAS
CUATERNARIO		Depósitos Aluviales	 Q-al	
		Depósitos Marinos	 Q-m	
			 Q-e1	
		Depósitos Eólicos	 Q-e2	
			 Q-e3	
TERCIARIO				
CREATÁCEO	SUPERIOR	Volcánicos Calipuy	 Kti-vca	
		DISCORDANCIA		
	INFERIOR	Fm. Casma	 Ki-c	
				Intrusivos Hipoabisales  KTi-ih
				Diorita  KTi-dib
				Gabro  Kti-g

Fuente: INGEMMET

ESTRATIGRAFIA

Tal como menciona el ítem anterior, las rocas presentes en el área de estudio se distribuyen crono-estratigráficamente abarcando los periodos Cretácico, Terciario y Cuaternario, este último es representado por depósitos recientes.

En resumen, la geología regional presente en el área de estudio se conforma por las unidades litoestratigráficas: Formación Casma y Rocas Intrusivas, las cuales afloran de manera circundante al área del puente.

A. FORMACIÓN CASMA (Ki-c)

Esta unidad se aprecia en afloramientos rocosos colindantes al área de estudio, conformados por capas de rocas volcánicas bien estratificadas e intercaladas con estratos sedimentarios, compuesta en su mayor parte por derrames de andesita masiva de granulometría fina a media, con un espesor variable de más o menos 2 a 3m, por otro lado, los estratos sedimentarios están compuestos por arenas y limos.

Este tipo de litología es claramente apreciada en 2 afloramientos colindantes al proyecto, la primera a la altura del Km 151+000 de la vía Panamericana Norte, donde se observa capas de rocas volcánicas con estratificación compuestas por andesita masiva de granulometría fina a media, el segundo afloramiento, ubicado a la altura del Km 153+500, es de similares características pero de capas de rocas volcánicas bien estratificadas y espesores variables, así mismo, se aprecian estratos sedimentarios erosionados de 0.30m de espesor cercanos al cauce del río Huaura; ver ANEXO I: Panel fotográfico.

Esta formación se aprecia también a lo largo de la cuenca del río Huaura, hasta la altura de la Hacienda Las Casuarinas, capas más delgadas de sedimentos volcánicos, cuyos detritos componentes son de grano mediano a grueso y en su mayoría de origen volcánico.

La edad de la Formación Casma (Ki-c) se estima en el Cretáceo Inferior. (Cobbing, 1973).

B. ROCAS INTRUSIVAS

Son cuerpos sub-volcánicos que constituyen el batolito costanero, se componen por cuerpos plutónicos e intrusiones tempranas, y es representado por el basamento rocoso que rodea y delimita al valle de Huaura; Crono-estratigráficamente pertenece al cretáceo superior y terciario inferior.

TONALITA (KTi-t-pu)

Las tonalitas presentes en el área de estudio son por lo general de característica leocócrata, de color grisáceo, granos de tamaño medio, con cristales grandes de hornblendas y hojuelas de biotitas.

Sin embargo, las variedades representativas, presentes en el valle del río Huaura, son ricas en hornblendas adoptando la forma de cristales prismáticos grandes de bordes poco regulares y hojosos, de color verde azulado.

DIORITA (KTi-di-pu)

Las dioritas presentes en el área de estudio son en general similares a las tonalitas, de características leocócratas, color grisáceo, granos de tamaño fino a medio, sin embargo, se diferencian por contener mayor proporción de cristales de hornblendas y hojuelas de biotitas.

4.2.3.1. GEOLOGÍA LOCAL

En el área de estudio se observa dos afloramientos de rocas volcánicas pertenecientes a la Formación Casma, el primero al lado Oeste de la vía Panamericana Norte (progresiva 151+000), integrada por rocas volcánicas compuestas por andesita masiva de granulometría fina a media y estratificación visible, el segundo en el lado sur del puente del río Huaura, a la altura del Km 153+000, de similares características al primero pero con estratificación de espesores variables y estratos sedimentarios erosionados; ambos afloramientos se muestran en las siguientes fotografías:

Fotografía 4.2.3–1.

Afloramiento Formación Casma: Km151+000



Fuente: Del autor

Fotografía 4.2.3–2.

Afloramiento Formación Casma: Km153+000



Fuente: Del autor

Por otro lado, se observan depósitos Cuaternario: aluviales y fluviales, las cuales fueron originadas por ríos, lluvias y viento que acarrearón materiales heterogéneos.

A. DEPÓSITOS CUATERNARIOS

DEPÓSITOS ALUVIALES (Q-al)

Estos depósitos corresponden a una mezcla de bloques de rocas, gravas y una matriz areno-limosa, se pueden apreciar predominantemente al sur del valle del río Huaura, en llanuras extensas donde alcanzan espesores considerables. Estos depósitos localmente se pueden evidenciar mediante dos tipos: Aluviales de río y Aluviales de quebrada.

DEPÓSITOS ALUVIALES DE RÍO: Constituidos por capas de gravas de tamaño grueso a fino, de buena a regular gradación, de sub-redondeadas a redondeadas, heterométricas, de naturaleza poligenética, con matriz arenosa, limosa y areno-arcillosa en porcentajes variados, así mismo, se pueden apreciar bloques de rocas de tamaños regulares.

DEPÓSITOS ALUVIALES DE QUEBRADA: Constituidos por capas de gravas mal gradada, sub-redondeadas a sub-angulosas, heterométricas, poligenéticas, con matrices variadas y cuyas nacientes de algunas de estas quebradas contribuyen o aportan materiales producto de las lluvias y los huaicos.

DEPÓSITOS FLUVIALES (Q-fl)

Estos depósitos corresponden a una mezcla de capas de gravas de tamaño medio a grueso, de buena a regular gradación, sub-angulosas a sub-redondeadas, heterométricas, de naturaleza poligenética, con matriz areno-limosa en porcentajes variados y formando algunas terrazas en el lecho del río Huaura.

Estos depósitos son característicos y se pueden observar claramente en la mayoría de los sectores ubicados lo largo de la vía Panamericana Norte y en el lecho del río Huaura; las cuales se evidencia en las siguientes fotografías:

DEPÓSITOS FLUVIALES, ALTURA KM 151+000: Se evidencian estos materiales colindantes al terraplén de la vía Panamericana Norte, se encuentran compuestas por capas de gravas de tamaño grueso, de regular gradación, sub-redondeadas, heterométricas, de naturaleza poligenética en una matriz areno-limosa de color marrón claro.

DEPÓSITOS FLUVIALES DEL PUENTE HUAURA: Se aprecian terrazas fluviales compuestas por capas de gravas de tamaño medio a grueso, de buena a regular gradación, de sub-redondeadas a redondeadas, heterométricas, de naturaleza poligenética en una matriz areno-limosa de color grisáceo.

DEPÓSITOS FLUVIALES, ALTURA KM 154+000: Se aprecian claramente dos horizontes estratigráficos:

- Parte superior: Su espesor es de 1.50m a 1.00m, está compuesta por materiales de granulometría fina: limos, arcillas y materiales orgánicos, es propio de un suelo de agricultura; sobre este se tiene cultivado caña para azúcar.
- Parte inferior: Su espesor visible es de 4.00m a 5.00m, compuesta por capas de gravas de tamaño medio a grueso, de buena a regular gradación, de sub-redondeadas a redondeadas, heterométricas, de naturaleza poligenética en una matriz areno-limosa de color marrón oscura a marrón clara.

Fotografía 4.2.3–2.
Depósitos fluviales: Km154+000



Fuente: Del autor.

INFLUENCIA DE LA GEOLOGÍA LOCAL EN LAS EXPLORACIONES GEOTÉCNICAS

Los depósitos aluviales – fluviales son propios y característicos del abanico del río Huaura, se aprecian en el área de estudio y nos dan una idea del tipo de suelo sobre el que se construirá la estructura civil, sin embargo, la presencia de dos afloramientos de rocas volcánicas (Formación Casma) cercanas al área de estudio nos indican que posiblemente se tenga este tipo de roca por debajo del área proyectada del puente, lo cual generaría un cambio en el diseño de las cimentaciones, por ello, es indispensable que se realicen exploraciones geotécnicas que resuelvan esta incertidumbre:

- El río Huaura se encuentra a aproximadamente 1.5 km del puente aéreo Av. Perú, los materiales geológicos que separan la estructura civil de la influencia del río son depósitos cuaternarios, cuyos componentes, gravas en una matriz limo-arenosa, son propicias para la formación de un acuífero, es por ello que será indispensable monitorear en perforaciones la existencia de este.
- Los materiales componentes del área circundante son característicos, es por ello que será indispensable realizar ensayos in situ del tipo SPT y/o CPT en las perforaciones, teniendo especial cuidado de no realizarlos en bloques de rocas típicos de depósitos aluviales.
- De igual manera, las perforaciones ayudarán a comprender la litología del área de estudio y sus correspondientes horizontes.
- Las exploraciones superficiales in situ, medidas a través de calicatas, ayudarán a determinar la continuidad de la geología local en superficie para la construcción y mejoramiento de la vía asfáltica de tránsito vehicular.

4.3. VERIFICACIÓN DE TRABAJOS DE CAMPO Y LABORATORIO

La verificación de trabajos de campo y laboratorio correspondieron a la tercera etapa de trabajo, permitirá determinar características importantes sobre el desarrollo y viabilidad del proyecto:

- Exploraciones geotécnicas directas mediante calicatas, en la zona de los muros de acceso.
- Exploraciones geotécnicas directas mediante perforaciones diamantinas, en cada apoyo proyectado del puente aéreo Av. Perú.
- Ensayos insitu, del tipo Cono Peck.

- Exploraciones geotécnicas indirectas mediante ensayos geofísicos de Refracción Sísmica y de MASW.
- Trabajos en laboratorio de mecánica de suelos.

4.3.1. ACTIVIDADES QUE SE REALIZARON EN EXPLORACIONES GEOTÉCNICAS

Para ubicar las exploraciones geotécnicas fueron necesarias tener en cuenta 2 aspectos importantes, la orientación y proyección del diseño de cimentaciones del puente aéreo Av. Perú, sabemos que la disposición del puente está en dirección de la Av. Panamericana Norte y tendrá 2 estribos sobre los que se apoyará; el Estribo 1 localizado en la progresiva Km 152+147.9 y el Estribo 2 localizado en la progresiva Km 152+175.5, estos datos, nos permiten determinar que son necesarias 4 calicatas, 4 perforaciones diamantinas y 4 líneas sísmicas para estudios geofísicos.

4.3.1.1. EXPLORACIONES GEOTÉCNICAS INDIRECTAS – ENSAYOS DE REFRACCIÓN SÍSMICA

Este ensayo geofísico permite determinar la estratigrafía aproximada del suelo de cimentación y sus características morfológicas mediante la interpretación de las velocidades de ondas “P”.

En el presente estudio se ejecutaron cuatro (04) líneas de refracción sísmicas, dispuestas en las proyecciones de los apoyos del puente, se generaron ondas acústicas u ondas **P** mediante golpes continuos de una comba sobre una placa metálica, los arribos de las ondas fueron registradas en cada uno de los geófonos, amplificadas por el sismógrafo y finalmente visualizadas en la pantalla de una laptop. Tanto el procedimiento como las especificaciones técnicas son detalladas en el ítem 2.1. Marco Conceptual.

La siguiente tabla detalla la ubicación y características de los ensayos, así mismo, la representación gráfica de su ubicación es mostrada en el ANEXO IV y los costos/tiempo de ejecución son detallados en el ANEXO VI.

Tabla 4.3.1.1–1.

Ubicación y características de las líneas de refracción sísmica.

Línea de Refracción Sísmica	Estribo	Posición respecto al eje de la Panamericana Norte	Coordenadas del centro de la línea		Longitud (m)
			Este	Norte	
Línea LS – 01	Estribo 1	Longitudinal	217 868.56	8 773 531.35	75.00
Línea LS – 04	Estribo 1	Longitudinal	217 837.44	8 773 534.70	75.00
Línea LS – 02	Estribo 2	Longitudinal	217 882.15	8 773 649.47	75.00
Línea LS – 03	Estribo 2	Longitudinal	217 849.48	8 773 650.33	75.00

4.3.1.2. EXPLORACIONES GEOTÉCNICAS INDIRECTAS – ENSAYOS MASW

En el presente estudio se ejecutaron cuatro (04) ensayos MASW que estuvieron dispuestas en las proyecciones de los apoyos del puente a lo largo del eje de la vía Panamericana Norte, así mismo, se generó energía desde una fuente ubicada en puntos específicos y bajo distancias predeterminadas, el procedimiento es similar a los estudios de refracción sísmica.

La siguiente tabla detalla la ubicación y características de los ensayos, así mismo, la representación gráfica de su ubicación es mostrada en el ANEXO IV y los costos/tiempo de ejecución son detallados en el ANEXO VI.

Tabla 4.3.1.2–1.

Interpretación litológica de los ensayos MASW.

Línea MASW	Estribo	Posición respecto al eje de la Panamericana Norte	Coordenadas del centro de la línea		Longitud (m)
			Este	Norte	
MASW – 01	Estribo 1	Longitudinal	217 868.56	8 773 531.35	75.00
MASW – 04	Estribo 1	Longitudinal	217 837.44	8 773 534.70	75.00
MASW – 02	Estribo 2	Longitudinal	217 882.15	8 773 649.47	75.00
MASW – 03	Estribo 2	Longitudinal	217 849.48	8 773 650.33	75.00

4.3.1.3. EXPLORACIONES GEOTÉCNICAS DIRECTAS – CALICATAS

Basados en la normativa ASTM D420 y la proyección de construcción de muros reforzados, se realizaron cuatro (04) excavaciones superficiales de profundidad promedio 3.0 m, ello con el fin de conocer las propiedades físicas del suelo y sus respectivos horizontes.

Cada una de las calicatas fueron codificadas con la nomenclatura CG–01, CG–02, CG–03 y CG–04, a continuación, se adjunta una tabla donde se detalla la ubicación y sus características, así mismo, la representación gráfica de su ubicación es mostrada en el ANEXO IV, los costos/tiempo de ejecución son detallados en el ANEXO VI y los registros estratigráficos de cada calicata son detallados en el ANEXO VIII.

Tabla 4.3.1.3–1.

Ubicación y características de las Calicatas.

Estructura	Nomenclatura	Metros excavados	Coordenadas	
			Este	Norte
	CG–01	3.0	217 864	8 773 478

Puente Paso a Desnivel Av. Perú	CG-02	3.0	217 851	8 773 379
	CG-03	3.0	217 891	8 773 707
	CG-04	3.0	217 902	8 773 858

Las siguientes tablas resumen los registros estratigráficos de cada calicata realizada en el área de estudio:

Tabla 4.3.1.3–A.

Registro estratigráfico de Calicata CG-01

PROF. (m)	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	FOTOGRAFÍA CG-01
	MD	0.00 - 0.80: Relleno conformado por un material arenoso limoso, de color marrón claro de baja plasticidad.	
1.00	GP-GM	0.80 - 3.00: Gravas pobremente gradadas con limos; con presencia de bolonería de TM 8" (10%), de forma sub-redondeado, no plástica, de color marrón en estado húmedo.	
2.00			
3.00			

Tabla 4.3.1.3–B.

Registro estratigráfico de Calicata CG-02

PROF. (m)	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	FOTOGRAFÍA CG-02
	MD	0.00 - 0.70: Relleno conformado por un material arenoso limoso, de color marrón claro de baja plasticidad.	
1.00	GP-GM	0.70 - 3.00: Gravas pobremente gradadas con limos; con presencia de bolonería de TM 9" (10%), de forma sub-redondeado, no plástica, de color marrón en estado húmedo	
2.00			
3.00			

Tabla 4.3.1.3–C.

Registro estratigráfico de Calicata CG-03

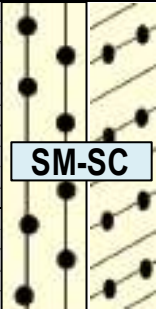
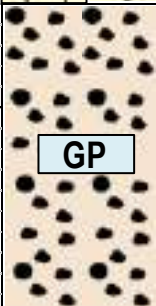
PROF. (m)	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	FOTOGRAFÍA CG-03
	 SM-SC	0.00 - 1.50: Material Arena Limo Arcillosa, de color marrón claro de baja plasticidad.	
1.00			
	 GP	1.50 - 3.00: Arena pobremente gradada con arena; con presencia de bolonería de TM 6" (10%), de forma sub-redondeado, no plástica, de color marrón claro en estado húmedo.	
2.00			
3.00			

Tabla 4.3.1.3-D.*Registro estratigráfico de Calicata CG-04*

PROF. (m)	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	FOTOGRAFÍA CG-04
0.00 1.00	SM-SC	0.00 - 1.40: Material Arena Limosa, de color marrón claro de baja plasticidad	
2.00 3.00	GP-GM	1.40 - 3.00: Grava pobremente gradada con arena, con presencia de bolonería de TM 7" (15%), de forma sub-redondeado, no plástica, de color marrón claro en estado húmedo.	

4.3.1.4. EXPLORACIONES GEOTÉCNICAS DIRECTAS – PERFORACIONES DIAMANTINAS

Como se mencionó: la geología local, la orientación del puente y en consiguiente su diseño de cimentaciones, ayudaron a la planificación de 4 perforaciones exploratorias de 25.0m cada una, todas proyectadas en las áreas de construcción de los estribos del puente aéreo Av. Perú.

Cada una de las perforaciones fueron codificadas con la nomenclatura P-01, P-02, P-03 y P-04, se adjunta la siguiente tabla, donde se detalla la ubicación y sus características, así mismo, la representación gráfica de su ubicación es mostrada en el ANEXO IV y los costos/tiempo de ejecución son detallados en el ANEXO VI.

Tabla 4.3.1.4-1.*Ubicación y características de las Perforaciones Diamantinas.*

Estructura	Estribo	Perforación	Metros perforados	Coordenadas	
				Este	Norte
Puente Paso a Desnivel Av. Perú	Estribo 1 (Sentido Huacho - Pativilca)	P-01	25.0	217 843	8 7773 575
		P-02	25.0	217 873	8 7773 578
	Estribo 2 (Sentido Pativilca - Huacho)	P-03	25.0	217 845	8 7773 609
		P-04	25.0	217 875	8 7773 605

Los registros estratigráficos de cada perforación diamantina son representados en el ANEXO VII. En la siguiente tabla se muestra un resumen de los materiales encontrados en cada una de las perforaciones.

Tabla 4.3.1.4–2.

Resumen de materiales en Perforaciones Diamantinas.

PERFORACION 01		
Perforación	Espesor (m)	Descripción
P-01	0.00 - 0.60	Relleno conformado por gravas, arenas y limos.
	0.60 - 30.00	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, poligenéticos, desde sub redondeados a redondeados, compacidad desde medianamente densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas sustentadas en una matriz arenosa*. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco. – Matriz areno - limosa hasta 2.40m. – Matriz arenosa de grano medio a grueso hasta los 30.0m <u>Clasificación:</u> GP
PERFORACION 02		
Perforación	Espesor (m)	Descripción
P-02	0.00 - 0.65	Relleno conformado por gravas, arenas y limos.
	0.65 - 30.00	Presencia de materiales granulares, grava y arena-limosa. Clastos heterométricos, poligenéticos, desde sub redondeados a sub angulosos, compacidad de medianamente densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas sustentadas en una matriz areno – limosa, de grano medio, grueso y fino. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco. <u>Clasificación:</u> GP – GM
PERFORACION 03		
Perforación	Espesor (m)	Descripción
P-03	0.00 - 1.20	Relleno conformado por arenas limosas gravosas
	1.20 - 30.00	Presencia de materiales granulares, grava y arena-limosa. Clastos heterométricos, polimícticos, desde sub redondeados a redondeados, compacidad de medianamente densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas sustentadas en una matriz areno - limosa, de grano medio a grueso. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.

		<u>Clasificación:</u> GP – GM
PERFORACION 04		
Perforación	Espesor (m)	Descripción
P-04	0.00 - 0.70	Relleno conformado por materiales finos como arcillas (65%) y arena (35%). <u>Clasificación:</u> CL
	0.70 - 1.90	Presencia de materiales granulares como arenas y gravas mezcladas con limos. <u>Clasificación:</u> SM
	1.90 - 30.00	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, desde sub redondeados a sub angulosos, compacidad de medianamente densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas sustentadas en una matriz arenosa de grano fino, medio a grueso. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco. <u>Clasificación:</u> GP

Fuente: Del autor

A. ALMACENAMIENTO DE MATERIALES PERFORADOS

Las muestras recuperadas en cada perforación fueron colocadas inmediatamente en cajas porta-testigos de madera con cuatro canales de diámetro HQ, ordenadas de modo que la profundidad se incrementa de izquierda a derecha y separadas con tacos de madera según avance de perforación. En la siguiente tabla se indican las profundidades de los materiales recuperados en cada caja porta-testigo de todas las perforaciones ejecutadas.

Tabla 4.3.1.4–A.

Registro de cajas porta – testigos de las Perforaciones Diamantinas.

Estructura	Estribo	N° de caja	DE	HASTA
Puente Paso a Desnivel Av. Perú	P-01 (Estribo 1 Sentido Huacho - Pativilca)	1	0.00	4.99
		2	4.99	10.07
		3	10.07	15.19
		4	15.19	20.25
		5	20.25	25.00
	P-01 (Estribo 1 Sentido Huacho - Pativilca)	1	25.00	5.03
		2	5.03	9.97
		3	9.97	15.24

Estructura	Estribo	N° de caja	DE	HASTA
		4	15.24	20.23
		5	20.23	25.00
	P-03 (Estribo 2 Sentido Pativilca - Huacho)	1	25.00	4.79
		2	4.79	9.80
		3	9.80	14.75
		4	14.75	19.78
		5	19.78	24.70
		6	24.70	25.00
	P-04 (Estribo 2 Sentido Pativilca - Huacho)	1	25.00	4.87
		2	4.87	9.81
		3	9.81	14.81
		4	14.81	19.90
		5	19.90	25.00

Fuente: Del autor.

B. RECUPERACIONES DE LOS MATERIALES PERFORADOS

La recuperación de los materiales perforados se refiere a la relación entre la longitud total de la corrida de perforación y su longitud recuperada, esta expresión deberá ser caracterizada en porcentaje y no tendrá que ser menor al 75% para ser considerada como representativa. A continuación, se muestra la relación mencionada.

$$\% \text{ de Recuperación} = \frac{\text{longitud recuperada de muestra}}{\text{longitud total de la corrida de perforación}} \times 100$$

Se adjuntan las Tabla 4.3.1.4–B1, Tabla 4.3.1.4–B2, Tabla 4.3.1.4–B3 y Tabla 4.3.1.4–B4 en el ANEXO XIII, donde se detallan las profundidades de perforación y las componentes de la relación anterior con sus respectivos porcentajes de recuperación.

C. DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES PERFORADOS

El presente estudio, y según requerimientos del cliente, se utilizó la normativa ASTM D 2488-09a titulado “Standard Practice for Description and Identification of Soils” para describir los materiales de suelos recuperados en cada perforación diamantina.

Los registros estratigráficos, descripción y porcentajes de recuperación de cada perforación diamantina son representados en el ANEXO VII y ANEXO XIII.

D. REGISTRO DE PRESENCIA DE AGUA EN LAS PERFORACIONES

A lo largo de las cuatro (04) perforaciones no se logró registrar un nivel freático que corrobore la presencia de agua en el área de estudio.

E. ENSAYOS IN-SITU DEL TIPO CONO PECK

Se ejecutaron ensayos del tipo CPT en cada perforación, contabilizando el número de golpes conforme especificaciones técnicas establecidas en la Normativa Peruana E050 de Suelos y Cimentaciones. El ítem II. Marco Teórico, detalla las dimensiones de la punta cónica y las especificaciones técnicas del ensayo.

Tabla 4.3.1.4–E.

Registro de valores de Cn del ensayo Cono Peck

Perforación	Ensayo	Profundidad (m.)	N° de Golpes del Cono Peck	Valor de Cn
P-01 (Estribo 1)	Cono Peck 1	2.40	100/12, --/15, --/15	100
	Cono Peck 2	7.80	100/9, --/15, --/15	100
	Cono Peck 3	13.00	100/12, --/15, --/15	100
	Cono Peck 4	17.80	100/10, --/15, --/15	100
	Cono Peck 5	22.60	100/8, --/15, --/15	100
P-02 (Estribo 1)	Cono Peck 1	2.90	100/13, --/15, --/15	100
	Cono Peck 2	7.10	100/10, --/15, --/15	100
	Cono Peck 3	12.50	100/11, --/15, --/15	100
	Cono Peck 4	17.30	100/8, --/15, --/15	100
P-03 (Estribo 2)	Cono Peck 1	2.80	100/8, --/15, --/15	100
	Cono Peck 2	7.60	100/10, --/15, --/15	100
	Cono Peck 3	12.70	100/12, --/15, --/15	100
	Cono Peck 4	17.50	100/11, --/15, --/15	100
	Cono Peck 5	22.90	100/8, --/15, --/15	100
P-04 (Estribo 2)	Cono Peck 1	3.00	100/8, --/15, --/15	100
	Cono Peck 2	7.80	100/12, --/15, --/15	100
	Cono Peck 3	13.10	100/13, --/15, --/15	100
	Cono Peck 4	17.90	100/12, --/15, --/15	100

Fuente: Del autor.

4.3.2. ENSAYOS DE LABORATORIO

Durante las perforaciones diamantinas y calicatas, se recolectaron muestras representativas de los materiales investigados, ello con el objetivo de llevarlas a

laboratorio para determinar las propiedades físico – mecánicas y parámetros de resistencia del suelo de cimentaciones.

4.3.2.1. ENSAYOS ESTÁNDARES

Los ensayos estándares se realizaron a cada una de las muestras obtenidas en campo y fueron clasificadas según la profundidad a la cual fueron muestreadas, es importante resaltar que las muestras son alteradas, ya que su condición inicial es distinta a la de laboratorio; la siguiente tabla detalla cada uno de los ensayos realizados, la normativa aplicada y el método usado.

Tabla 4.3.2.1–1.

Relación de ensayos de laboratorio realizados.

Relación de ensayos	Norma ASTM	Método MTC	Propósito del Ensayo
Contenido de Humedad de un Suelo	D-2216 (98)	MTC E 108 (00)	Determina el Contenido de Humedad del Suelo
Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado	D-422 (02)	MTC E 107(00)	Para determinar la distribución del tamaño de partículas del suelo.
Límite Líquido (MALLA N° 40)	D-4318 (00)	MTC E 110(00)	Hallar el contenido de agua entre los estados Líquido y Plástico (Límite Líquido)
Límite Plástico (MALLA N° 40)	D-4318 (00)	MTC E 111(00)	Hallar el contenido de agua entre los estados plásticos y semi sólido (Límite Plástico)
Clasificación de Suelos para propósitos de Ingeniería (SUCS).	D - 2487 (93)	--	Clasificación del Suelo
Clasificación de Suelos para el uso en Vías de Transporte (AASHTO).	D - 3282 (04)	--	Clasificación del Suelo
Peso Unitario	--	MTC E 203(00)	Determinar el peso unitario suelto y compactado

Fuente: Del autor

Las siguientes tablas muestran un resumen de los resultados de los ensayos citados en la tabla anterior, tanto en perforaciones como en calicatas, así mismo, el ANEXO IX detalla los resultados de los ensayos de laboratorio realizados.

Tabla 4.3.2.1–2.

Resultado de ensayos de laboratorio realizados – Peso Unitario.

Calicata	Profundidad del estrato (m.)	Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	Peso Unitario Compactado (kg/m ³)
Calicata CG-01	0.80 – 3.00	1915	1976
Calicata CG-03	1.50 – 3.00	1950	2103
Calicata CG-04	1.40 – 3.00	1936	2056

Tabla 4.3.2.1–3.*Ensayos de laboratorio realizados y sus respectivos resultados – Ensayos Estándares*

Perforación	Prof. del estrato (m.)	Clasificación del Suelo		Contenido de Humedad	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice de Plasticidad	Análisis Granulométrico		
		SUCS	AASHTO	W (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	% de Gravas	% de Arenas	% < N°200
P-01 (Estribo 1)	1.00 – 2.40	GP	A-1-a (1)	0.49	NP	NP	NP	57.9	37.5	4.6
	2.40 – 10.60	GP	A-1-a (1)	0.29	NP	NP	NP	62.4	34.6	3.0
	10.60 – 25.00	GP	A-1-a (1)	0.82	NP	NP	NP	63.1	33.0	3.9
P-02 (Estribo 1)	0.65 – 2.35	GP-GM	A-1-a (0)	0.43	NP	NP	NP	70.0	19.2	10.8
	2.35 – 25.00	GP-GM	A-1-a (1)	0.40	NP	NP	NP	65.1	27.7	7.2
P-03 (Estribo 2)	0.00 – 1.20	SM	A-2-4 (0)	0.73	NP	NP	NP	33.3	52.8	13.9
	1.20 – 25.00	GP-GM	A-1-b (1)	0.4	NP	NP	NP	58.7	33.6	7.7
P-04 (Estribo 2)	0.00 – 0.70	CL	A-4 (2)	1.72	22.0	14.0	8.0	4.3	33.5	62.2
	0.70 – 2.40	SM	A-2-4 (0)	0.54	NP	NP	NP	36.5	40.5	23.0
	2.40 – 25.00	GP	A-1-b (1)	0.77	NP	NP	NP	65.7	34.0	0.3
Calicata CG-01	0.80 – 3.00	GP-GM	A-1-b (0)	1.92	NP	NP	NP	53.2	36.7	10.1
Calicata CG-02	0.70 – 3.00	GP-GM	A-1-a (0)	1.74	NP	NP	NP	70.7	23.3	6.0
Calicata CG-03	0.00 – 1.50	SM-SC	A-4 (0)	2.05	20.2	14.2	6.0	0.0	54.6	45.4
	1.50 – 3.00	GP	A-1-a (0)	0.58	NP	NP	NP	73.8	22.4	3.8

4.3.2.2. ENSAYOS ESPECIALES – RESISTENCIA AL CORTE

Uno de los parámetros geotécnicos importantes dentro de la caracterización del suelo de cimentaciones es la resistencia al corte, para el cálculo de este parámetro se realizaron ensayos de corte directo, obteniendo los valores de cohesión y ángulo de fricción.

Fotografía 4.3.2.2-1.

Foto referencial de laboratorio para ensayos de Corte Directo



Fuente: Tomás, R., Santamarta, J.C., Cano, M., Hernández-Gutiérrez, L.E., García-Barba, J. (2013). "Ensayos geotécnicos de suelos y rocas. Universidades de Alicante y de La Laguna". Tenerife, España.

Las siguientes tablas muestran un resumen de los resultados de los ensayos de corte directo, ello conforme a la profundidad de muestreo.

Tabla 4.3.2.2-1.

Resultado de Ensayos de Corte Directo en laboratorio.

Perforación	Profundidad del estrato (m.)	Peso Volumétrico (g/cm ³)	Cohesión (KPa)	Ángulo de fricción (°)
P-01 (Estribo 1)	3.00 – 3.60	1.75	5.94	22.0
	6.00 – 6.60	1.80	2.02	28.3
	11.80 – 12.40	1.80	4.21	27.1
P-02 (Estribo 1)	3.50 – 4.10	1.80	2.63	26.1
	6.50 – 7.10	1.80	2.32	27.7
	11.30 – 11.90	1.80	2.72	26.7
P-03 (Estribo 2)	3.40 – 4.00	1.75	4.97	27.9
	5.20 – 5.80	1.80	2.48	24.0
	10.40 – 11.00	1.80	4.00	27.9
P-04 (Estribo 2)	3.60 – 4.20	1.75	2.12	28.0
	6.60 – 7.20	1.80	2.68	25.2
	10.20 – 10.80	1.80	2.78	24.8
Calicata CG-01	0.80 – 3.00	1.90	1.83	31.6

Perforación	Profundidad del estrato (m.)	Peso Volumétrico (g/cm ³)	Cohesión (KPa)	Ángulo de fricción (°)
Calicata CG-02	1.40 – 3.00	1.90	3.36	31.6
Calicata CG-03	1.50 – 3.00	1.90	2.85	34.6
Calicata CG-04	1.40 – 3.00	1.90	3.36	31.6

Fuente: Del estudio.

4.4. TRABAJOS DE GABINETE

La verificación de los trabajos en campo consistió en revisar de manera minuciosa el muestreo de materiales en las exploraciones geotécnicas, ensayos in situ, estudios geofísicos y ensayos de laboratorio, cada uno de estos estudios es fundamental para caracterizar las propiedades físico – mecánicas del suelo de cimentaciones y sus parámetros dinámicos, es así como los trabajos de gabinete, pertenecientes a la cuarta etapa de trabajo, permiten detallar y describir el procesamiento de estas informaciones y lograr caracterizar geotécnicamente el área de estudio.

A continuación, se detalla los trabajos de gabinete según la data obtenida en las exploraciones realizadas:

- Correlación del número de golpes contabilizados en los ensayos del tipo Cono Peck con los ensayos SPT.
- Determinar la corrección del número de golpes (N_{corr}), obtenidos de los Ensayos de Cono Peck y que fueron correlacionados con los ensayos SPT.
- Determinar el ángulo de fricción basados en el parámetro de N_{corr} .
- Determinar los parámetros dinámicos de los suelos de cimentación basándonos en las velocidades de onda de los ensayos geofísicos.
- Determinar el perfil geosísmico de velocidades de onda de los ensayos de Refracción Sísmica y MASW, e interpretarlos estratigráficamente.
- Determinar una correlación estratigráfica entre los estudios de exploración geotécnica directa y los ensayos geofísicos.
- Determinar el perfil estratigráfico del suelo de cimentaciones basándonos en todos los estudios realizados.
- Verificación insitu y descripción general del puente aéreo (sobre nivel) Av. Perú.

4.4.1. ENSAYOS IN-SITU DEL TIPO CONO PECK Y CORRELACIÓN CON ENSAYOS SPT

Moreno, D. J. J. (1998), presentó una correlación realizada en más de 2000 estudios efectuados entre el número de golpes contabilizados en el ensayo SPT y el número de golpes contabilizados en el ensayo CPT, en ella se determinó que para transformar el número de golpes del Cono Peck “**Cn**” a un equivalente de número de golpes “**N**” que se obtendría de un ensayo SPT, conservadoramente se utiliza la correlación:

$$N = 0.5Cn$$

Ejemplo para ensayo Cono Peck 1, de la perforación P-01 (Estribo 1), a la profundidad de 2.40m, de la **Tabla 4.3.1.2–E**, sabemos que el valor de Cn = 100, por ende, obtenemos:

$$N = 0.5Cn$$

$$N = 0.5(100)$$

$$N = 50$$

De lo mencionado, se utilizan los valores de Cn (obtenidos en la Tabla 4.3.1.2–E) para determinar el número equivalente de golpes N, esta correlación se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4.4.1.

Registro de valores de Cn del ensayo Cono Peck y su conversión equivalente N.

Perforación	Ensayo	Profundidad (m.)	N° de Golpes del Cono Peck	Valor de Cn	Valor de N
P-01 (Estribo 1)	Cono Peck 1	2.40	100/12, --/15, --/15	100	50
	Cono Peck 2	7.80	100/9, --/15, --/15	100	50
	Cono Peck 3	13.00	100/12, --/15, --/15	100	50
	Cono Peck 4	17.80	100/10, --/15, --/15	100	50
	Cono Peck 5	22.60	100/8, --/15, --/15	100	50
P-02 (Estribo 1)	Cono Peck 1	2.90	100/13, --/15, --/15	100	50
	Cono Peck 2	7.10	100/10, --/15, --/15	100	50
	Cono Peck 3	12.50	100/11, --/15, --/15	100	50
	Cono Peck 4	17.30	100/8, --/15, --/15	100	50

Perforación	Ensayo	Profundidad (m.)	N° de Golpes del Cono Peck	Valor de Cn	Valor de N
P-03 (Estribo 2)	Cono Peck 1	2.80	100/8, --/15, --/15	100	50
	Cono Peck 2	7.60	100/10, --/15, --/15	100	50
	Cono Peck 3	12.70	100/12, --/15, --/15	100	50
	Cono Peck 4	17.50	100/11, --/15, --/15	100	50
	Cono Peck 5	22.90	100/8, --/15, --/15	100	50
P-04 (Estribo 2)	Cono Peck 1	3.00	100/8, --/15, --/15	100	50
	Cono Peck 2	7.80	100/12, --/15, --/15	100	50
	Cono Peck 3	13.10	100/13, --/15, --/15	100	50
	Cono Peck 4	17.90	100/12, --/15, --/15	100	50

4.4.2. CORRECCIÓN DEL NÚMERO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR: N_{corr}

Para la corrección de los valores de N, se emplea la siguiente expresión:

$$N_{corr} = N(C_N C_E C_B C_R C_S) \quad \dots\dots\dots 1$$

Donde:

N_{corr} = Corrección del Número de golpes.

N = Número de golpes obtenidos en campo, por equivalencia de Ensayo Cono Peck.

C_N = Factor de corrección para normalizar la presión efectiva por sobrecarga, varía según profundidad del ensayo.

C_E = Corrección por relación de la eficiencia o energía del martillo.

C_B = Corrección por diámetro de perforación.

C_R = Corrección por longitud de varilla, variable según profundidad del ensayo.

C_S = Corrección por método de muestreo.

Los valores de cada parámetro involucrado en el cálculo de la corrección del número de penetración estándar – N_{corr} son detallados a continuación, tener en consideración los valores asumidos para las variables:

Tabla 4.4.2.
Factores de Corrección del ensayo SPT

Factor	Variable del Equipo	Término	Corrección	Valores de las variables
Relación de eficiencia o energía del martillo	Martillo dona	CE	0.5 - 1.0	Valoración según especificaciones técnicas del fabricante. ($C_E = 0.75$).
	Martillo de seguridad	CE	0.7 - 1.2	
	Martillo dona automático	CE	0.8 - 1.3	
Diámetro de perforación	65 - 115 mm	CB	1	Diámetro HQ, menor a 115mm. ($C_B = 1$)
	150 mm	CB	1.05	
	200 mm	CB	1.15	
Longitud 1	< 3 m	CR	0.75	Variable según profundidad a la cual se realice el ensayo.
Longitud 2	3 m - 4 m	CR	0.8	
Longitud 3	4 m - 6 m	CR	0.85	
Longitud 4	6 m - 10 m	CR	0.95	
Longitud 5	10 m - 30 m	CR	1	
Método de muestreo	Muestreo estándar	CS	1	El tipo de muestreo es estándar. ($C_S = 1$)
	Muestreo sin revestimiento	CS	1.1 - 1.3	

Fuente: Standard penetration test procedures and the effects in sands of overburden pressure, relative density, particle size, ageing and over-consolidation (Seed et al., 1985 & Skempton, 1986)

CALCULOS EN PERFORACIÓN: EJEMPLO P – 01

- De las variables obtenidas en la tabla anterior, los factores de corrección C_E , C_B y C_S , son fijos a lo largo del sondaje, sin embargo, los valores de C_R dependen de la profundidad a la cual se desarrolló el ensayo:

De la descripción, se tienen los valores constantes de los factores C_E , C_B y C_S :

Perforación	Prof. (m)	FACTORES CONSTANTES		
		C_E	C_B	C_S
P-01 (Estribo 1)	2.40	0.75	1	1
	7.80	0.75	1	1
	13.00	0.75	1	1
	17.80	0.75	1	1
	22.60	0.75	1	1

Como ejemplo, se tienen los valores de C_R de la perforación P-01 (Estribo 1):

Perforación	Prof. (m)	C _R
P-01 (Estribo 1)	2.40	0.75
	7.80	0.95
	13.00	1.00
	17.80	1.00
	22.60	1.00

Reemplazando en la ecuación para la Corrección del Número de Penetración - N_{corr} se obtiene:

$$N_{corr} = N(C_N C_E C_B C_R C_S) \quad \dots\dots\dots 1$$

$$N_{corr} = N(C_N [0.75] [1] C_R [1])$$

$$N_{corr} = N(C_N C_R) [0.75] \quad \dots\dots\dots 1.1$$

- El factor de corrección C_N para normalizar la **Presión Efectiva o Esfuerzo Efectivo** por sobrecarga, varía según profundidad del ensayo, sin embargo, para determinar sus valores es necesario obtener otros cálculos, los cuales se detallan en el párrafo posterior a la siguiente fórmula:

$$C_N = \left[\frac{1}{(\sigma'_v)} \right]^{1/2}$$

Donde:

σ'_v : Esfuerzo efectivo o Presión efectiva (kg/cm²)

C_N : Factor de corrección para normalizar la presión efectiva por sobrecarga, varía según profundidad del ensayo.

- Sabemos que el Esfuerzo Total (σ_t) que ejerce un material es expresado por el producto del Peso Volumétrico del suelo (γ_t) y la Profundidad (H); Con apoyo de los ensayos de laboratorio se obtuvieron los valores de Peso Volumétrico en función a la profundidad a la cual se extrajo la muestra y a la cual se realizó el ensayo CPT:

$$\sigma_t = (\gamma_t)(H) \quad \dots\dots\dots 2$$

Como ejemplo, se calcula el Esfuerzo Total a la profundidad de 2.40m en la perforación P-01 (Estribo 1):

$$\sigma_t = (1.8)(2.40)(\text{Kg/cm}^3)(10^{-3})(100\text{cm})$$

$$\sigma_t = (0.432)(\text{Kg/cm}^2) \quad \dots\dots\dots 2.1$$

Obteniendo finalmente:

Perforación	Prof. (m)	Peso volumétrico γ_t (Kg/cm ³)*10 ⁻³	Esfuerzo Total σ_t (Kg/cm ²)
P-01 (Estribo 1)	2.40	1.8	0.432
	7.80	2.0	1.560
	13.00	2.0	2.600
	17.80	2.0	3.560
	22.60	2.0	4.520

- Así mismo, el Esfuerzo Efectivo o Presión efectiva es determinada por la ecuación:

$$\text{Esfuerzo Efectivo} = \text{Esfuerzo Total} - \text{Presión de Poros}$$

$$\sigma'_v = \sigma_t - \mu \quad \dots\dots\dots 3$$

No se determinó un nivel de agua presente en las perforaciones, por tanto, la presión de poros es cero; como ejemplo, se calcula el Esfuerzo Total a la profundidad de 2.40m en la perforación P-01 (Estribo 1):

$$\sigma'_v = (0.432)(\text{Kg/cm}^2) - 0$$

$$\sigma_v = (0.432)(\text{Kg/cm}^2) \quad \dots\dots\dots 3.1$$

Obteniendo finalmente:

Perforación	Prof. (m)	Peso volumétrico γ_t (Kg/cm ³)*10 ⁻³	Esfuerzo Total σ_t (Kg/cm ²)	Presión de Poros μ (Kg/cm ²)	Presión efectiva σ'_v (Kg/cm ²)
P-01 (Estribo 1)	2.40	1.80	0.432	0	0.432
	7.80	2.00	1.560	0	1.560
	13.00	2.00	2.600	0	2.600

Perforación	Prof. (m)	Peso volumétrico γ_t (Kg/cm ³)*10 ⁻³	Esfuerzo Total σ_t (Kg/cm ²)	Presión de Poros μ (Kg/cm ²)	Presión efectiva σ'_v (Kg/cm ²)
	17.80	2.00	3.560	0	3.560
	22.60	2.00	4.520	0	4.520

- Para el cálculo del factor de corrección C_N , presión efectiva por sobrecarga, se ha utilizado la relación empírica propuesta por Liao & Whitman (1986) y Skempton (1986); para ello se reemplazarán los valores de Esfuerzo Efectivo obtenidos mediante la ecuación **3.1** en la ecuación:

$$C_N = \left[\frac{1}{(\sigma'_v)} \right]^{1/2} \quad \dots\dots\dots 4$$

Como ejemplo, se calcula el Esfuerzo Total a la profundidad de 2.40m en la perforación P-01 (Estribo 1):

$$C_N = \left[\frac{1}{((0.432)(\text{Kg/cm}^2))} \right]^{1/2}$$

$$C_N = 1.52 \quad \dots\dots\dots 4.1$$

Obteniendo finalmente:

Perforación	Prof. (m)	Presión efectiva σ'_v (Kg/cm ²)	C_N
P-01 (Estribo 1)	2.40	0.43	1.52
	7.80	1.56	0.80
	13.00	2.60	0.62
	17.80	3.56	0.53
	22.60	4.52	0.47

- Todos los factores de corrección obtenidos serán reemplazados en la ecuación **1** para obtener la corrección del número de penetración - N_{corr} , teniendo en consideración los factores que son constantes y los factores que son variables, los cuales dependen de la profundidad, así mismo, se reemplazará el valor del

número de golpes **N**; como ejemplo se calculará **N_{corr}** a la profundidad de 2.40m en la perforación P-01 (Estribo 1):

Perforación	Prof. (m)	Factores de corrección de N_{corr}					
		C _N	C _E	C _B	C _R	C _S	N
P-01 (Estribo 1)	2.40	1.52	0.75	1	0.75	1	50

$$N_{corr} = N(C_N C_E C_B C_R C_S)$$

$$N_{corr} = (50)[(1.52)(0.75)(1)(0.75)(1)]$$

$$N_{corr} = 43 \quad \dots\dots\dots 5$$

- Se muestra la Tabla 4.4.2 donde se detallan los valores de factores de corrección realizados en las cuatro (04) perforaciones, además, se muestran las profundidades a las cuales fueron ejecutados los ensayos de campo para determinar el número de golpes **N**, y los valores de cada uno de los factores de corrección que ayudaron a determinar el valor de **N_{corr}**.

4.4.3. CÁLCULO DEL ÁNGULO DE FRICCIÓN CON **N_{corr}**

Los valores de cada uno de los factores de corrección ayudaron a calcular el número de golpes corregido **N_{corr}**, los cuales, a su vez, podrán ser usados en la estimación del ángulo de fricción (ϕ) basada en la ecuación de Wolf (1989).

$$\phi = 27.1 + 0.3N_{corr} - 0.00054N_{corr}^2 \quad \dots\dots\dots 6$$

Donde:

N_{corr} = Corrección del Número de golpes.

ϕ = Ángulo de Fricción.

Como ejemplo, se calculará el ángulo de fricción (ϕ) a la profundidad de 2.40m en la perforación P-01 (Estribo 1), sabemos que el valor del número de golpes corregido **N_{corr}** a esa profundidad es de 43 (Ecuación 5.1), por lo tanto, se reemplazará en la ecuación 6, obteniendo:

$$\phi = 27.1 + 0.3N_{corr} - 0.00054N_{corr}^2$$

$$\phi = 27.1 + 0.3(43) - 0.00054(43)^2$$

$$\phi = 39^\circ \quad \text{..... 6.1}$$

La Tabla 4.4.3 muestra los valores según profundidad del ángulo de fricción ϕ calculado según la ecuación de Wolf (1989).

Tabla 4.4.3.

Valores de cálculo y Factores de Corrección del número de golpes N_{corr} y ángulo de fricción (Φ) por correlación.

Perforación	Prof. (m)	N campo	Peso volumétrico γ_t (Kg/cm ³) $\times 10^{-3}$	Esfuerzo Total σ_t (Kg/cm ²)	Presión de Poros μ (Kg/cm ²)	Presión efectiva σ'_v (Kg/cm ²)	Factores de corrección de N_{corr}						Ángulo de fricción Φ , Wolf (1989)
							C_N	C_E	C_B	C_R	C_S	N_{corr}	
P-01 (Estribo 1)	2.40	50	1.8	0.43	0	0.43	1.52	0.75	1	0.75	1	43	39
	7.80	50	2.0	1.56	0	1.56	0.80	0.75	1	0.95	1	29	35
	13.00	50	2.0	2.60	0	2.60	0.62	0.75	1	1.00	1	23	34
	17.80	50	2.0	3.56	0	3.56	0.53	0.75	1	1.00	1	20	33
	22.60	50	2.0	4.52	0	4.52	0.47	0.75	1	1.00	1	18	32
P-02 Estribo 1)	2.90	50	1.8	0.52	0	0.52	1.38	0.75	1	0.75	1	39	38
	7.10	50	2.0	1.42	0	1.42	0.84	0.75	1	0.95	1	30	36
	12.50	50	2.0	2.50	0	2.50	0.63	0.75	1	1.00	1	24	34
	17.30	50	2.0	3.46	0	3.46	0.54	0.75	1	1.00	1	20	33
P-03 (Estribo 2)	2.80	50	1.8	0.50	0	0.50	1.41	0.75	1	0.75	1	40	38
	7.60	50	2.0	1.52	0	1.52	0.81	0.75	1	0.95	1	29	35
	12.70	50	2.0	2.54	0	2.54	0.63	0.75	1	1.00	1	24	34
	17.50	50	2.0	3.50	0	3.50	0.53	0.75	1	1.00	1	20	33
	22.90	50	2.0	4.58	0	4.58	0.47	0.75	1	1.00	1	18	32
P-04 (Estribo 2)	3.00	50	1.8	0.54	0	0.54	1.36	0.75	1	0.75	1	38	38
	7.80	50	2.0	1.56	0	1.56	0.80	0.75	1	0.95	1	29	35
	13.10	50	2.0	2.62	0	2.62	0.62	0.75	1	1.00	1	23	34
	17.90	50	2.0	3.58	0	3.58	0.53	0.75	1	1.00	1	20	33

Fuente: Del autor.

4.4.4. CÁLCULO DE MÓDULOS DINÁMICOS

El cálculo de los módulos dinámicos del suelo no se detalla en el estudio, sin embargo, se muestran los resultados de estos (ver ANEXO X), es por ello que, el presente ítem hace uso de las ecuaciones empíricas descritas en el marco teórico para corroborar el correcto cálculo y su análisis, donde será necesario considerar las velocidades de ondas Primarias (V_p) y las velocidades de ondas de Corte (V_s) para tal propósito:

Tabla 4.4.4.
Velocidades de Ondas V_s y V_p

Estructura	Ensayos	Profundidad (m.)	Refracción Sísmica	MASW
			V_p (m/s)	V_s (m/s)
Puente del Paso a Desnivel Av. Perú	MASW-01 y LS-01	3.00	1040	379
		6.00	1053	494
		9.00	1058	570
		12.00	1059	610
		15.00	1060	667
		18.00	1060	709
	MASW-02 y LS-02	3.00	1066	382
		6.00	1090	477
		9.00	1091	566
		12.00	1092	599
		15.00	1093	641
		18.00	1093	682
	MASW-03 y LS-03	3.00	1133	371
		6.00	1135	501
		9.00	1137	599
		12.00	1140	627
		15.00	1141	650
		18.00	1141	675
	MASW-04 y LS-04	3.00	1040	414
		6.00	1126	497
		9.00	1128	572
		12.00	1130	621
		15.00	1130	665
		18.00	1130	715

A. MODULO DE POISSON

Matemáticamente se calculó en función de la Velocidad de Ondas Secundaria (V_s) y la Velocidad de Ondas Primarias (V_p), mediante la siguiente expresión:

$$\mu = \frac{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}{2\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2} \dots\dots\dots 7$$

Donde:

μ = Módulo de Poisson.

V_p = Velocidad de Ondas Primarias (cm/s).

V_s = Velocidad de Ondas de Corte (cm/s).

PROCEDIMIENTOS DE CÁLCULO:

- Se calcularán los módulos de Poisson en las cuatro (04) líneas sísmicas, según profundidades (cada 3m y hasta los 18m) y reemplazando los valores de V_p y V_s en la ecuación empírica según corresponda; como ejemplo, en los ensayos LS-01 y MASW-01 de la línea sísmica 1, determinamos el módulo de Poisson a la profundidad de 3m:

$$\mu = \frac{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}{2\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}$$

Ensayos	Profundidad (cm.)	V_p (cm/s)	V_s (cm/s)
MASW-01 y LS-01	300	104000	37900

- Reemplazando las velocidades V_p y V_s a la profundidad 3m en la ecuación 7, obtenemos:

$$\mu = \frac{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}{2\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}$$

$$\mu = \frac{\left(\frac{104000}{37900}\right)^2 - 2}{2\left(\frac{104000}{37900}\right)^2 - 2}$$

$$\mu = 0.42 \dots\dots\dots 7.1$$

- La Tabla 4.4.4–1 muestra un resumen de los resultados del cálculo del módulo de Poisson en las cuatro (04) líneas sísmicas realizadas, así mismo, el ANEXO X detalla estos resultados mostrando un perfil de velocidades de Vs y Vp según profundidades.

B. MÓDULO DE CORTE DINÁMICO

Matemáticamente se calculó en función de la Densidad del suelo (ρ) y la Velocidad de las Ondas de Corte (Vs), mediante la siguiente expresión:

$$G = \rho \cdot V_s^2 \quad \dots\dots\dots 8$$

Donde:

G = Módulo de Corte (kg/cm^2).

ρ = Densidad del suelo.

V_s = Velocidad de Ondas de Corte.

PROCEDIMIENTOS DE CÁLCULO:

- Se calcularán los módulos de Corte Dinámico en las cuatro (04) líneas sísmicas, según profundidades (cada 3m y hasta los 18m) y reemplazando los valores de densidad del suelo (ρ) y las velocidades de ondas de corte (Vs) en la ecuación empírica, según corresponda; como ejemplo, en los ensayos LS-01 y MASW-01 de la línea sísmica 1, determinamos el módulo de Corte Dinámico a la profundidad de 3m:

$$G = \rho \cdot V_s^2$$

Ensayo	Profundidad (cm)	Vs (cm/s)	Densidad (kg/cm^3)
LS-01 y MASW-01	300	37900	2.24×10^{-6}

- Reemplazando los valores de Velocidad de Ondas de Corte (Vs) y Densidad (ρ) a la profundidad de 3m en la ecuación 8, obtenemos:

$$G = \rho \cdot V_s^2$$

$$G = (2.24 \times 10^{-6}) \cdot (37900)^2 \text{ kg/cm}^2$$

$$G = 3216.1 \text{ kg/cm}^2 \quad \dots\dots\dots 8.1$$

- La Tabla 4.4.4–1 muestra un resumen de los resultados del cálculo del módulo de Corte Dinámico en las cuatro (04) líneas sísmicas realizadas, así mismo, el ANEXO X detalla estos resultados.

C. MÓDULO DE YOUNG

Matemáticamente se calculó en función del Módulo de Corte (G) y el Módulo de Poisson (μ).

$$E = 2G(1 + \mu) \quad \dots\dots\dots 9$$

Donde:

E = Módulo de Elasticidad o Módulo de Young (kg/cm^2).

G = Módulo de Corte.

μ = Módulo de Poisson.

PROCEDIMIENTOS DE CÁLCULO:

- Se calcularán los módulos de Young en las cuatro (04) líneas sísmicas, según profundidades (cada 3m y hasta los 18m) y reemplazando los valores previamente calculados de Módulos de Corte (G) y módulos de Poisson (μ) en la ecuación empírica, según corresponda; como ejemplo, en los ensayos LS-01 y MASW-01 de la línea sísmica 1, determinamos el módulo de Young a la profundidad de 3m:

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

Ensayos	Profundidad (cm)	Relación de Poisson μ	Módulo de Corte Gd (Kg/cm^2)
LS-01 y MASW-01	300	0.42	3216.1

- Reemplazando en la ecuación **9** los valores del módulo de Poisson (μ), obtenido en la ecuación **7.1**, y Módulo de Corte (G), obtenido en la ecuación **8.1**, a la profundidad de 3m, obtenemos:

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

$$E = 2(3216.1)(1 + 0.42)\text{kg/cm}^2$$

$$E = 9155.8 \text{ kg/cm}^2 \quad \dots\dots\dots 9.1$$

- La Tabla 4.4.4–1 muestra un resumen de los resultados del cálculo del módulo de Young en las cuatro (04) líneas sísmicas realizadas, así mismo, el ANEXO X detalla estos resultados.

D. MÓDULO VOLUMÉTRICO DINÁMICO

Matemáticamente se calculó en función del módulo de Young y el módulo de Poisson, según:

$$K = \frac{E}{3(1 - 2\mu)} \quad \dots\dots\dots 10$$

Donde:

K = Módulo Volumétrico (Kg/ cm²).

μ = Módulo de Poisson.

E = Módulo de Elasticidad o Módulo de Young (Kg/ cm²).

PROCEDIMIENTOS DE CÁLCULO:

- Se calcularán los módulos Volumétricos dinámicos en las cuatro (04) líneas sísmicas, según profundidades (cada 3m y hasta los 18m) y reemplazando los valores previamente calculados de Módulos de Young (E) y módulos de Poisson (μ) en la ecuación empírica, según corresponda; como ejemplo, en los ensayos LS-01 y MASW-01 de la línea sísmica 1, determinamos el módulo Volumétrico a la profundidad de 3m:

$$K = \frac{E}{3(1 - 2\mu)}$$

Ensayos	Profundidad (cm)	Relación de Poisson μ	Módulo de Young E_d (Kg/cm ²)
LS-01 y MASW-01	300	0.42	9155.8

- Reemplazando en la ecuación **10** los valores del módulo de Poisson (μ), obtenido en la ecuación **7.1**, y Módulo de Young (E), obtenido en la ecuación **9.1**, a la profundidad de 3m, obtenemos:

$$K = \frac{E}{3(1 - 2\mu)}$$

$$K = \frac{9155.8}{3(1 - 2 \times 0.42)} \text{ Kg/ cm}^2$$

$$K = 19928.7 \text{ Kg/ cm}^2 \quad \text{..... } \mathbf{10.1}$$

- La Tabla 4.4.4–1 muestra un resumen de los resultados del cálculo del módulo Volumétrico en las cuatro (04) líneas sísmicas realizadas, así mismo, el ANEXO X detalla estos resultados.

Tabla 4.4.4.–1.*Valores de cálculo y Módulo dinámicos*

Estructura	Ensayos	Profundidad (cm.)	Vp (cm/s)	Vs (cm/s)	Coefficiente de Poisson, μ	Módulo de Corte, G (Kg/cm ²)	Módulo de Young, E (Kg/ cm ²)	Módulo Volumétrico, K (Kg/cm ²)
Puente del Paso a Desnivel Av.Perú	MASW-01 y LS-01	300	104000	37900	0.42	3216.1	9157.4	19998.0
		600	105300	49400	0.36	5467.3	14862.4	17594.5
		900	105800	57000	0.30	7293.7	18895.5	15387.2
		1200	105900	61000	0.25	8360.1	20924.6	14031.2
		1500	106000	66700	0.17	9987.3	23409.9	11894.6
		1800	106000	70900	0.10	11276.7	24704.1	10175.4
	MASW-02 y LS-02	300	106600	38200	0.43	2673.2	7627.1	17311.9
		600	109000	47700	0.38	5107.8	14114.7	19883.1
		900	109100	56600	0.32	7185.3	18914.3	17149.2
		1200	109200	59900	0.29	8041.3	20673.1	16058.1
		1500	109300	64100	0.24	9216.7	22818.6	14510.0
		1800	109300	68200	0.18	10441.6	24659.4	12876.8
	MASW-03 y LS-03	300	113300	37100	0.44	3094.1	8909.7	24669.7
		600	113500	50100	0.38	5623.5	15511.6	21399.0
		900	113700	59900	0.31	8041.3	21038.5	18277.2
		1200	114000	62700	0.28	8811.3	22617.0	17403.8
		1500	114100	65000	0.26	9477.4	23884.7	16592.5
		1800	114100	67500	0.23	10228.3	25178.9	15591.2
	MASW-04 y LS-04	300	104000	41400	0.41	3843.0	10806.2	19150.3
		600	112600	49700	0.38	5545.1	15293.3	21063.1
		900	112800	57200	0.33	7351.4	19503.6	18738.5
		1200	113000	62100	0.28	8664.2	22235.6	17092.5
		1500	113000	66500	0.24	9912.6	24504.4	15471.5
		1800	113000	71500	0.17	11484.5	26786.9	13375.6

Fuente: Del autor.

La verificación de los valores de los módulos dinámicos presentados en el estudio técnico, son corroborados haciendo uso de las Velocidades de Ondas de Corte (V_s) y las Velocidades de Ondas Primarias (V_p) en ecuaciones empíricas, demostrando la relación que tienen los ensayos geofísicos (ensayos MASW y Ensayos de Refracción Sísmica) para determinar parámetros geotécnicos que aseguran un correcto análisis de la estabilidad del puente aéreo Av. Perú y, la continuidad duradera de esta y de la Av. Panamericana Norte entre las progresivas km 151 – km 154, esto genera el cumplimiento del segundo objetivo específico planteado y demuestra nuestra segunda hipótesis específica.

4.4.5. PERFIL GEOSÍSMICO DE LAS VELOCIDADES DE ONDA

MÉTODO DE REFRACCIÓN SÍSMICA – Velocidad de Onda P

Como se mencionó, este método permite determinar la estratigrafía aproximada del suelo mediante la interpretación de las velocidades de ondas “P”.

El criterio de análisis correlativo que se aplicó en la interpretación de las Velocidades de Onda **P** para determinar la litología presente, según horizontes estratigráficos, fue la de la Norma ASTM – D5777, descrita en la siguiente tabla:

Tabla 4.4.5.–A1.

Valores promedio de V_p según Norma ASTM – D5777

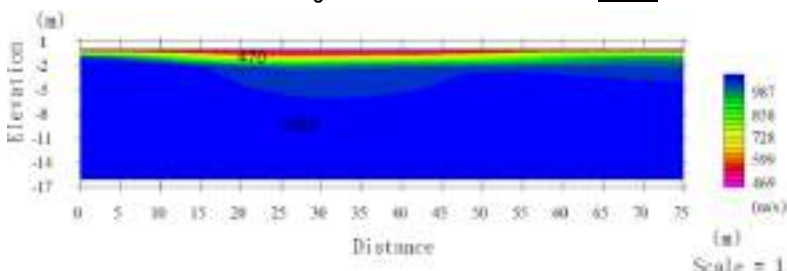
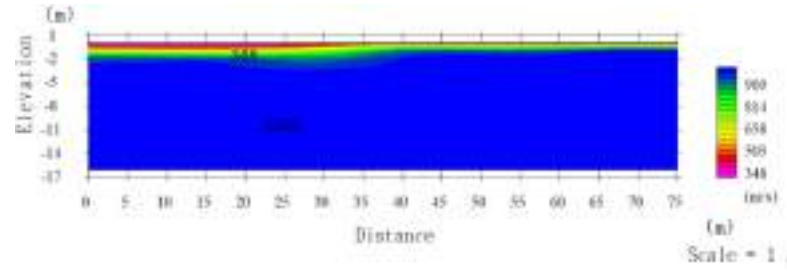
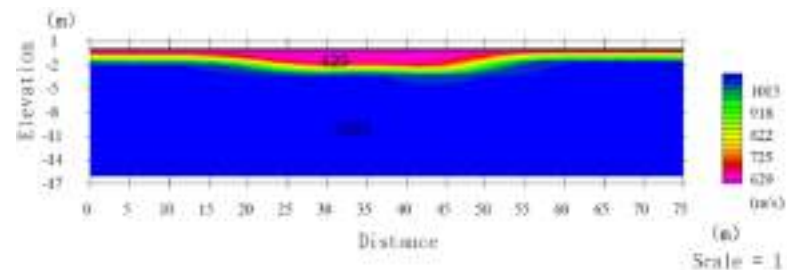
DESCRIPCIÓN	V_p (m/s)
Suelo Intemperizado	240 - 610
Grava o arena seca	460 - 915
Arena Saturada	1220 - 1830
Arcilla Saturada	910 - 2750
Agua	1430 - 1665
Agua de mar	1460 - 1525
Arenisca	1830 - 3960
Esquisto, arcilla esquistosa	2750 - 4270
Tiza	1830 - 3960
Caliza	2134 - 6100
Granito	4575 - 5800
Roca Metamórfica	3050 - 7000

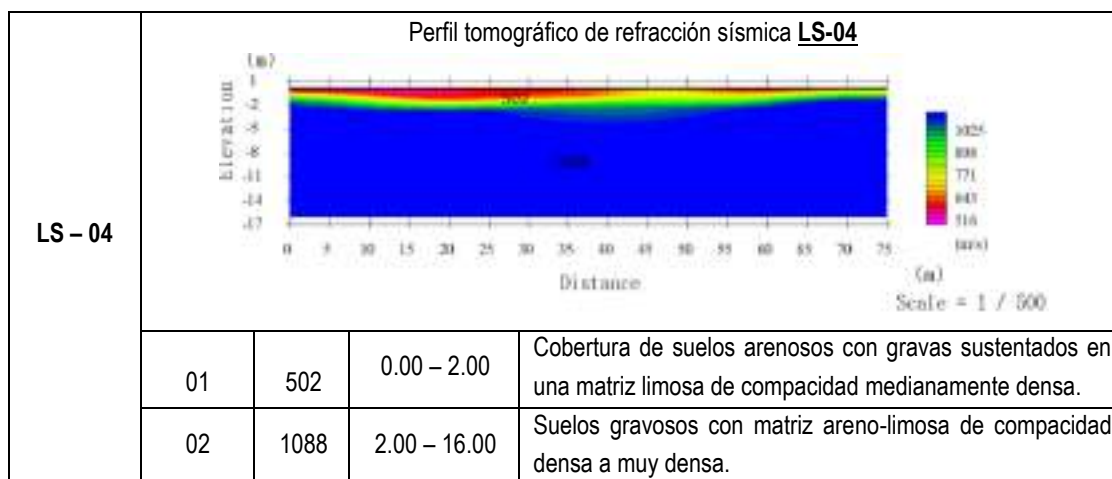
Fuente: Norma ASTM – D5777

La siguiente tabla detalla la descripción litológica de cada horizonte estratigráfico basado en las velocidades promedio de cada línea sísmica, el ANEXO XI muestra los gráficos de cada Perfil Geosísmico de Ondas P.

Tabla 4.4.5.-A2.

Interpretación litológica de los ensayos de refracción sísmica en función de las velocidades de onda P

Línea de Refracción	Estratos	Vp (m/s)	Espesor (m)	Descripción
LS - 01	Perfil tomográfico de refracción sísmica LS-01 			
	01	470	0.00 – 2.00	Cobertura de suelos arenosos con gravas sustentados en una matriz limosa de compacidad suelta a medianamente densa.
	02	1052	2.00 – 16.00	Suelos gravosos con matriz areno-limosa de compacidad densa a muy densa.
LS - 02	Perfil tomográfico de refracción sísmica LS-02 			
	01	348	0.00 – 1.80	Cobertura de suelos finos con arenas de consistencia blanda a media.
	02	1045	1.80 – 16.00	Suelos gravosos con matriz areno-limosa de compacidad densa a muy densa.
LS - 03	Perfil tomográfico de refracción sísmica LS-03 			
	01	629	0.00 – 2.00	Cobertura de suelos arenosos con gravas sustentados en una matriz limosa de compacidad medianamente densa.
	02	1063	2.00 – 16.00	Suelos gravosos con matriz areno-limosa de compacidad densa a muy densa.



Fuente: Del autor

MÉTODO DE ENSAYOS MASW – Velocidades de Onda S

Conforme nos indica la teoría y los ensayos efectuados en campo, este ensayo de exploración geofísica MASW nos permite obtener un perfil unidimensional del suelo de cimentaciones en función de la propagación de las ondas de corte Vs.

El criterio de análisis correlativo que se aplicó en la interpretación de las Velocidades de Onda **S** para determinar una breve identificación de la posible litología presente según horizontes estratigráficos, fue la de la Clasificación Sísmica ASCE/ASI 7:2010, descrita en la siguiente tabla:

Tabla 4.4.5.–B1

Clasificación litológica según propiedades del suelo (ASCE/ASI 7:2010)

Suelo Tipo	Breve Identificación	Velocidad de ondas de corte V_{s30} (m/s)*	Valor Ponderado del Ensayo SPT (N)*
A	Roca dura	> 1520	NA
B	Roca o suelo muy rígido	762 a 1520	NA
C	Suelo muy denso a roca blanda	365 a 762	$N > 50$
D	Suelo rígido	182 a 365	$15 \leq N \leq 50$
E	Suelo blando	< 182	$N < 15$

Fuente. Clasificación Sísmica ASCE/ASI 7:2010

$V_{s30}(m/s)$ *: Velocidad promedio de ondas de corte en los 30 m más superficiales.

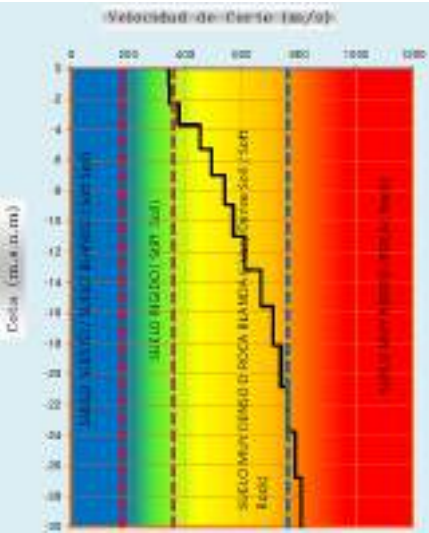
N *: Numero de golpes en el ensayo SPT.

Las tablas: Tablas 4.4.5.–B2 hasta la Tabla 4.4.5.–B5 detallan la descripción litológica de cada horizonte estratigráfico basado en las velocidades “S” promedio de cada ensayo y su respectiva clasificación sísmica según ASCE–2010, así mismo, de cada uno de

estos ensayos MASW se obtuvo un perfil unidimensional de las velocidades hasta una profundidad de 30.00m, el Anexo XII muestra los gráficos de cada perfil geosísmico de Ondas S.

Tabla 4.4.5.-B2.

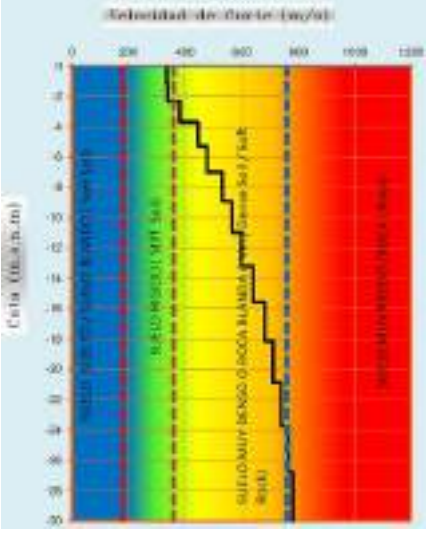
Interpretación litológica del ensayo MASW – 01 en función de las velocidades de onda S.

Línea MASW	Profundidad (m.)	Vs (m/s)	Clasificación Sísmica según (ASCE/ASI 7:2010)
MASW – 01			
	1.07	342.25	Suelo Rígido
	2.31	344.75	
	3.71	378.50	
	5.28	453.50	Suelo muy denso
	7.01	493.50	
	8.90	539.00	
	10.96	570.00	
	13.19	610.25	
	15.58	667.00	
	18.13	708.75	Suelo muy rígido
	20.85	737.25	
	23.74	760.50	
	26.79	787.00	
	30.00	807.25	

Fuente: Del autor

Tabla 4.4.5.-B3.

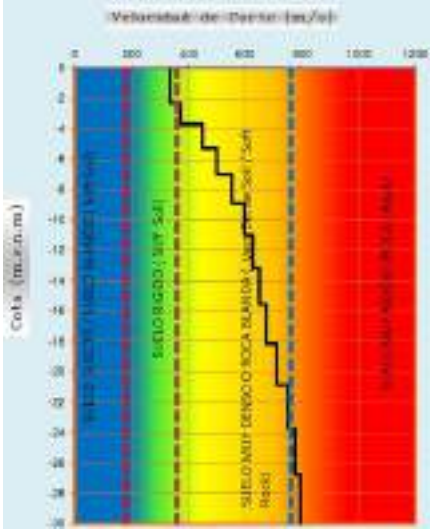
Interpretación litológica del ensayo MASW – 02 en función de las velocidades de onda S.

Línea MASW	Profundidad (m.)	Vs (m/s)	Clasificación Sísmica según (ASCE/AS1 7:2010)
MASW – 02			
	1.07	334.75	Suelo Rígido
	2.31	339.00	
	3.71	381.50	
	5.28	447.25	Suelo muy denso
	7.01	477.00	
	8.90	532.50	
	10.96	565.75	
	13.19	598.50	
	15.58	640.75	
	18.13	682.00	
	20.85	712.75	
	23.74	741.75	
	26.79	764.50	Suelo muy rígido
	30.00	781.75	

Fuente: Del autor

Tabla 4.4.5.-B4.

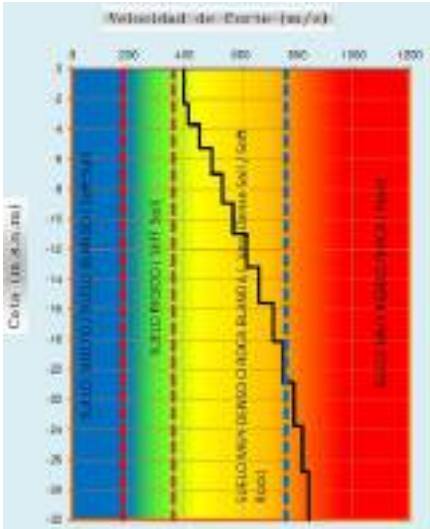
Interpretación litológica del ensayo MASW – 03 en función de las velocidades de onda S.

Línea MASW	Profundidad (m.)	Vs (m/s)	Clasificación Sísmica según (ASCE/ASCE 7:2010)
MASW – 03			
	1.07	334.50	Suelo Rígido
	2.31	336.75	
	3.71	371.25	
	5.28	448.50	Suelo muy denso
	7.01	500.50	
	8.90	553.50	
	10.96	598.50	
	13.19	626.50	
	15.58	649.75	
	18.13	675.00	
	20.85	710.50	
	23.74	750.00	
	26.79	774.75	Suelo muy rígido
	30.00	795.50	

Fuente: Del autor

Tabla 4.4.5.-B5.

Interpretación litológica del ensayo MASW – 04 en función de las velocidades de onda S.

Línea MASW	Profundidad (m.)	Vs (m/s)	Clasificación Sísmica según (ASCE/ASCE 7:2010)
MASW – 04			
	1.07	396.00	Suelo muy denso
	2.31	396.25	
	3.71	413.75	
	5.28	453.50	
	7.01	497.00	
	8.90	533.50	
	10.96	572.25	
	13.19	621.25	
	15.58	664.50	
	18.13	715.25	
	20.85	750.25	Suelo muy rígido
	23.74	789.25	
	26.79	818.75	
	30.00	842.50	

Fuente: Del autor

De las tablas anteriores, se puede identificar que a una profundidad promedio de 2.31m existe un suelo de compactación medianamente denso correspondiente a materiales de cobertura, y por debajo hasta la profundidad de 30.00m tenemos un suelo con compactación densa a muy densa correspondiente a gravas con matriz fina.

4.5. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

4.5.1. CORRELACIÓN ESTRATIGRÁFICA DE EXPLORACIONES GEOTÉCNICAS

Toda la información recopilada de las exploraciones geotécnicas es agrupada y correlacionada según:

- Tabla 4.5.1.-1 detalla las exploraciones geotécnicas directas: perforaciones y calicatas, donde se caracteriza la litología hallada según profundidad y a la altura de la base del puente aéreo Av. Perú, es importante indicar que se correlacionaron las calicatas CG-01 y CG-03 con las perforaciones más cercanas, así mismo, cada calicata tiene una profundidad máxima de 3.00m y cada perforación 25.00m.
- Tabla 4.5.1.-2 detalla las exploraciones geotécnicas indirectas: ensayos de Refracción Sísmica y ensayos MASW, donde de igual manera, se correlacionan según litología y a la altura de la base del puente aéreo Av. Perú, es importante recalcar que las cuatro (04) líneas sísmicas de los ensayos de Refracción Sísmica coinciden en ubicación con sus pares de ensayos MASW. Por otro lado, la profundidad que abarca cada ensayo es variable según el alcance del ensayo. Finalmente, estas correlaciones me permitieron demostrar mi segunda hipótesis específica y cumplir además, mi segundo Objetivo Específico.

Tabla 4.5.1.–1.

Correlación estratigráfica entre Perforaciones Diamantinas y Calicatas.

PERFORACION 01			CALICATA 01		
PERFORACIÓN	ESPEJOR (m)	DESCRIPCIÓN	CALICATA	ESPEJOR (m)	DESCRIPCIÓN
P-01	0.00 - 0.60	Relleno conformado por gravas, arenas y limos.	CG-01	0.00 - 0.80	Relleno conformado por un material arenoso limoso, de color marrón claro.
	0.60 - 30.00	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, desde sub redondeados a redondeados, compacidad desde medianamente densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas sustentadas en una matriz arenosa*. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco. * Matriz areno - limosa hasta 2.40m. * Matriz arenosa de grano medio a grueso hasta los 30.0m. Clasificación: GP		0.80 - 3.00	Gravas pobremente gradadas con arenas y limos; con presencia de bolonería de TM 8" (10%), de forma sub-redondeadas, no plástica, de color marrón en estado húmedo.
			Nota: Según el plano de ubicación de los ensayos realizados en el área de estudio, plasmados en el ANEXO IV, se descarta la Calicata 2 (CG-02) ya que su alcance e influencia es menor debido a la distancia que se encuentra respecto a las perforaciones.		
PERFORACION 02			CALICATA 01		
PERFORACIÓN	ESPEJOR (m)	DESCRIPCIÓN	CALICATA	ESPEJOR (m)	DESCRIPCIÓN
P-02	0.00 - 0.65	Relleno conformado por gravas, arenas y limos.	CG-01	0.00 - 0.80	Relleno conformado por un material arenoso limoso, de color marrón claro de baja plasticidad.
	0.65 - 30.00	Presencia de materiales granulares, grava y arena-limosa. Clastos heterométricos, polimícticos, desde sub redondeados a sub angulosos, compacidad de medianamente densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas sustentadas en una matriz areno – limosa, de grano medio, grueso y fino. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco. Clasificación: GP – GM		0.80 - 3.00	Gravas pobremente gradadas con arenas y limos; con presencia de bolonería de TM 8" (10%), de forma sub-redondeadas, no plástica, de color marrón en estado húmedo.
			Nota: Según el plano de ubicación de los ensayos realizados en el área de estudio, plasmados en el ANEXO IV, se descarta la Calicata 2 (CG-02) ya que su alcance e influencia es menor debido a la distancia que se encuentra respecto a las perforaciones.		
PERFORACION 03			CALICATA 03		
PERFORACIÓN	ESPEJOR (m)	DESCRIPCIÓN	CALICATA	ESPEJOR (m)	DESCRIPCIÓN
P-03	0.00 - 1.20	Relleno conformado por arenas limosas gravosas	CG-03	0.00 - 1.50	Material Arena Limo Arcillosa, de color marrón claro de baja plasticidad

	1.20 - 30.00	Presencia de materiales granulares, grava y arena-limosa. Clastos heterométricos, polimícticos, desde sub redondeados a redondeadas, compacidad de medianamente densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas sustentadas en una matriz areno - limosa, de grano medio a grueso. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco. <u>Clasificación:</u> GP – GM		1.50 - 3.00	Arena pobremente gradada con arena; con presencia de bolonería de TM 6" (10%), de forma sub-redondeadas, no plástica, de color marrón claro en estado húmedo.
PERFORACION 04			CALICATA 03		
PERFORACIÓN	ESPESOR (m)	DESCRIPCIÓN	CALICATA	ESPESOR (m)	DESCRIPCIÓN
P-04	0.00 - 0.70	Relleno conformado por materiales finos como arcillas (65%) y arena (35%). <u>Clasificación:</u> CL	CG-03	0.00 - 1.50	Material Arena Limo Arcillosa, de color marrón claro de baja plasticidad
	0.70 - 1.90	Presencia de materiales granulares como arenas y gravas mezcladas con limos. <u>Clasificación:</u> SM			
	1.90 - 30.00	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, desde sub redondeados a sub angulosos, compacidad de medianamente densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas sustentadas en una matriz arenosa de grano fino, medio a grueso. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco. <u>Clasificación:</u> GP		1.50 - 3.00	Arena pobremente gradada con arena; con presencia de bolonería de TM 6" (10%), de forma sub-redondeadas, no plástica, de color marrón claro en estado húmedo.
			<u>Nota:</u> Según el plano de ubicación de los ensayos realizados en el área de estudio, plasmados en el ANEXO IV, se descarta la Calicata 4 (CG-04) ya que su alcance e influencia es menor debido a la distancia que se encuentra respecto a las perforaciones.		

Fuente: Del autor.

Tabla 4.5.2.–2.

Correlación estratigráfica entre ensayos MASW y ensayos de Refracción Sísmica.

ENSAYO MASW 01				vs	ENSAYO DE REFRACCIÓN SÍSMICA 01			
Línea MASW	Profundidad (m.)	Vs (m/s)	Descripción		Línea de Refracción	Espesor (m)	Vp (m/s)	Descripción
MASW – 01	1.07	342.25	Suelo Rígido		LS – 01	0.00 – 2.00	470	Cobertura de suelos arenosos con gravas sustentados en una matriz limosa de compactidad suelta a medianamente densa.
	2.31	344.75						
	3.71	378.50	Suelo muy denso			2.00 – 16.00	1052	Suelos gravosos con matriz arenolimsa de compactidad densa a muy densa.
	5.28	453.50						
	7.01	493.50						
	8.9	539.00						
	10.96	570.00						
	13.19	610.25						
	15.58	667.00						
	18.13	708.75						
	20.85	737.25	Suelo muy rígido					
	23.74	760.50						
	26.79	787.00						
30	807.25							

ENSAYO MASW 02				vs	ENSAYO DE REFRACCIÓN SÍSMICA 02			
Línea MASW	Profundidad (m.)	Vs (m/s)	Descripción		Línea de Refracción	Espesor (m)	Vp (m/s)	Descripción
MASW – 02	1.07	334.75	Suelo Rígido		LS – 02	0.00 – 1.80	348	Cobertura de suelos finos con arenas de consistencia blanda a media.
	2.31	339.00						
	3.71	381.50	Suelo muy denso			1.80 – 16.00	1045	Suelos gravosos con matriz arenolimsa de compactidad densa a muy densa.
	5.28	447.25						
	7.01	477.00						
	8.9	532.50						
	10.96	565.75						
	13.19	598.50						
	15.58	640.75						
	18.13	682.00						
	20.85	712.75	Suelo muy rígido					
	23.74	741.75						
	26.79	764.50						
30	781.75							

ENSAYO MASW 03				vs	ENSAYO DE REFRACCIÓN SÍSMICA 03			
Línea MASW	Profundidad (m.)	Vs (m/s)	Descripción		Línea de Refracción	Espesor (m)	Vp (m/s)	Descripción
MASW – 03	1.07	334.50	Suelo Rígido		LS – 03	0.00 – 2.00	629	Cobertura de suelos arenosos con gravas sustentados en una matriz limosa de compactidad medianamente densa.
	2.31	336.75						
	3.71	371.25	Suelo muy denso			2.00 – 16.00	1063	Suelos gravosos con matriz arenolimsa de compactidad densa a muy densa.
	5.28	448.50						
	7.01	500.50						
	8.9	553.50						
	10.96	598.50						
	13.19	626.50						
	15.58	649.75						
	18.13	675.00						
	20.85	710.50	Suelo muy rígido					
	23.74	750.00						
	26.79	774.75						
30	795.50							

ENSAYO MASW 04				vs	ENSAYO DE REFRACCIÓN SÍSMICA 04			
Línea MASW	Profundidad (m.)	Vs (m/s)	Descripción		Línea de Refracción	Espesor (m)	Vp (m/s)	Descripción
MASW – 04	1.07	396.00	Suelo muy denso		LS – 04	0.00 – 2.00	502	Cobertura de suelos arenosos con gravas sustentados en una matriz limosa de compactidad medianamente densa.
	2.31	396.25						
	3.71	413.75				2.00 – 16.00	1088	Suelos gravosos con matriz arenolimsa de compactidad densa a muy densa.
	5.28	453.50						
	7.01	497.00						
	8.9	533.50						
	10.96	572.25						
	13.19	621.25						
	15.58	664.50						
	18.13	715.25						
	20.85	750.25	Suelo muy rígido					
	23.74	789.25						
	26.79	818.75						
30	842.50							

Fuente: Del autor.

4.5.2. PERFIL ESTRATIGRÁFICO CORRELACIONADO

CORRELACIÓN ENTRE ENSAYOS DIRECTOS Y ENSAYOS INDIRECTOS

La Tabla 4.5.2.–1 detalla las principales características estratigráficas halladas mediante los estudios de exploraciones geotécnicas directas (perforaciones diamantinas – calicatas) e indirectas (ensayos geofísicos) realizadas a cada eje de estribo, determinando así, que existe una correlación litológica y una marcada delimitación de horizontes estratigráficos entre ambos tipos de exploraciones, ello genera el cumplimiento de mi primer objetivo específico planteado y demuestra además mi primera hipótesis específica.

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Conforme a las correlaciones del ítem anterior, es necesario asociar la información obtenida y determinar perfiles según la disposición de cada eje de estribo, es así como, los estudios geotécnicos a base de perforaciones diamantinas, calicatas y ensayos geofísicos realizados en el proyecto, ayudaron a determinar un perfil estratigráfico sobre el cual irá dispuesto tanto el puente aéreo como la extensión de la Av. Panamericana entre las progresivas km 151 – km 154, así mismo, permitirán hallar los parámetros dinámicos del suelo y sus correspondientes propiedades físico–mecánicas, logrando con ello verificar el cumplimiento de la propuesta técnica establecida y generar el cumplimiento de mi objetivo general, así como, demostrar mi hipótesis general.

PERFIL ESTRATIGRÁFICO EJE 1 – ESTRIBO 1

Se elaboró el perfil estratigráfico con la información de las muestras extraídas de las perforaciones P–01 y P–02, y la calicata CG–01, así como con los resultados de las refracciones sísmicas LS–01 y LS–04, y de los ensayos MASW–01 y MASW–04; es importante señalar que ninguna perforación detectó Nivel Freático, se detalla la ubicación de los ejes en el ANEXO IV.

Se logran identificar dos (02) estratos principales, el primero es superficial o llamado material de cobertura, va hasta la profundidad de 0.80m y es conformado por gravas mal gradadas, sub-redondeadas, heterométricas, matriz areno–limosa, plasticidad nula, compacidad medianamente densa y coloración marrón clara en condiciones húmedas; el segundo estrato va hasta la profundidad de 25.00m y lo conforman gravas mal gradadas, desde sub-redondeadas hasta sub-angulosas, heterométricas, matriz

areno-limosa de grano medio a grueso, plasticidad nula, compacidad desde medianamente densa hasta muy densa, y coloración gris parduzca en condiciones húmedas.

PERFIL ESTRATIFRÁFICO EJE 2 – ESTRIBO 2

Se elaboró el perfil estratigráfico con la información de las muestras extraídas de las perforaciones P-03 y P-04, y la calicata CG-03, así como con los resultados de las refracciones sísmicas LS-02 y LS-03, y de los ensayos MASW-02 y MASW-03, es importante señalar que ninguna perforación detectó Nivel Freático; se detalla la ubicación de los ejes en el ANEXO IV y se evidencia en la siguiente vista fotográfica:

Fotografía 4.5.2.-1

Vista de puente aéreo Av. Perú.



Fuente: Del autor.

De igual manera, se logran identificar tres (03) estratos principales, el primer estrato es superficial o llamado material de cobertura, va hasta la profundidad de 0.70m y es conformado por materiales finos como arcillas y arenas, coloración marrón clara, arcillas de plasticidad baja, consistencia blanda a media, y arenas de grano medio; el segundo estrato va desde los 0.70m hasta la profundidad de 2.30m y lo conforman arenas-limosas con gravas, arenas de grano medio, gravas mal gradadas sub-redondeadas, compacidad medianamente densa y coloración marrón oscura en condiciones húmedas; finalmente un estrato que va desde los 2.30m hasta la profundidad de 25.00m y lo conforman gravas mal gradadas, desde redondeadas hasta sub-angulosas, heterométricas, matriz areno-limosa de grano fino a grueso, plasticidad nula, compacidad desde medianamente densa hasta muy densa, y coloración gris parduzca en condiciones húmedas.

Las tablas que anteceden permitieron reiterar la demostración de mi Hipótesis General, mis Hipótesis Específicas así como el cumplimiento de mi Objetivo General y Objetivos Específicos, generando mis conclusiones.

Tabla 4.5.2.–1.

Correlación entre Ensayos Geotécnicos Directos e Indirectos.

ENSAYO GEOFÍSICO 01				
Líneas Sísmicas	Prof. (m.)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Descripción
MASW – 01 LS – 01	2.31	470	344	Material de cobertura, suelos arenosos con gravas sustentados en una matriz limosa de compactidad suelta a medianamente densa.
	6.00	1053	490	Suelos gravosos con matriz areno-limosa de compactidad densa a muy densa.
	9.00	1058	540	
	12.00	1059	590	
	15.00	1060	653	
	18.00	1060	706	
	30.00			

PERFORACION 01 - CALICATA 01		
Perf.	Profundidad (m.)	Descripción
P - 01 CG - 01	0.00 - 0.80	Relleno conformado por un material arenoso limoso, de color marrón claro de baja plasticidad.
	0.80 - 30.00	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, desde sub redondeados a redondeados, compactidad desde medianamente densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas sustentadas en una matriz areno-limosa. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco. <u>Clasificación:</u> GP

ENSAYO GEOFÍSICO 02				
Líneas Sísmicas	Prof. (m.)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Descripción
MASW – 02 LS – 02	2.31	348	339	Material de cobertura, suelos finos con arenas de consistencia blanda a media.
6.00	1090	460	Suelos gravosos con matriz areno-limosa de compactidad densa a muy densa.	
9.00	1091	534		
12.00	1092	599		
15.00	1093	630		
18.00	1093	680		
30.00				

PERFORACION 02 - CALICATA 01		
Perf.	Profundidad (m.)	Descripción
P - 02 CG - 01	0.00 - 0.80	Relleno conformado por un material arenoso limoso, de color marrón claro de baja plasticidad.
	0.80 - 30.00	Presencia de materiales granulares, grava y arena-limosa. Clastos heterométricos, polimícticos, desde sub redondeados a sub angulosos, compactidad de medianamente densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas sustentadas en una matriz areno - limosa, de grano medio, grueso y fino. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco. <u>Clasificación:</u> GP - GM

ENSAYO GEOFÍSICO 03				
Líneas Sísmicas	Prof. (m.)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Descripción
MASW – 03 LS – 03	2.31	629	337	Material de cobertura, suelos arenosos con gravas sustentados en una matriz limosa de compacidad suelta a medianamente densa.
	6.00	1135	470	Suelos gravosos con matriz areno-limosa de compacidad densa a muy densa.
	9.00	1137	556	
	12.00	1140	594	
	15.00	1141	644	
	18.00	1141	674	
	30.00			

PERFORACION 03 - CALICATA 03		
Perf.	Profundidad (m.)	Descripción
P - 03 CG - 03	0.00 - 1.50	Material Arena Limo Arcillosa, de color marrón claro de baja plasticidad
	1.50 - 30.00	Presencia de materiales granulares, grava y arena-limosa. Clastos heterométricos, polimícticos, desde sub redondeados a redondeadas, compacidad de medianamente densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas sustentadas en una matriz areno - limosa, de grano medio a grueso. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco. <u>Clasificación:</u> GP - GM

ENSAYO GEOFÍSICO 04				
Líneas Sísmicas	Prof. (m.)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Descripción
MASW – 04 LS – 04	2.31	502	396	Material de cobertura, suelos arenosos con gravas sustentados en una matriz limosa de compacidad suelta a medianamente densa.
6.00	1126	471	Suelos gravosos con matriz areno-limosa de compacidad densa a muy densa.	
9.00	1128	535		
12.00	1130	595		
15.00	1130	654		
18.00	1130	713		
30.00				
PERFORACION 04 - CALICATA 03				
Perf.	Profundidad (m.)	Descripción		
P - 04 CG - 03	0.00 - 1.50	Material Arena Limo Arcillosa, de color marrón claro de baja plasticidad.		
1.50 - 30.00	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, desde sub redondeados a sub angulosos, compacidad de medianamente densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas sustentadas en una matriz arenosa de grano fino, medio a grueso. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco. Clasificación: **GP**			

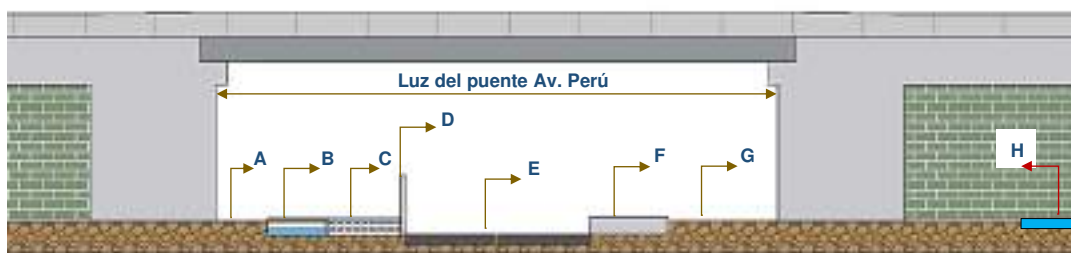
Fuente: Del autor.

4.5.3. VERIFICACIÓN INSITU Y DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PUENTE AÉREO AV. PERÚ.

La construcción del puente aéreo Av. Perú tuvo como base los estudios geotécnicos detallados en la presente tesis, a continuación, se describe las principales características observadas luego de su culminación y habilitación, tener en consideración ver el ANEXO I: Panel fotográfico, para tener una mejor perspectiva.

Figura 4.5.3.-1.

Esquema general de puente aéreo Av. Perú



Fuente: Del autor.

Descripción:

- A: Ancho sin pavimentar de 2.80m
- B: Ancho de canal protegido de 2.80m
- C: Ancho de rampa de acceso – vía peatonal de 3.30m
- D: Muro peatonal de 2m de alto y 0.20m de ancho
- E: Vía vehicular Av. Perú de doble carril con ojos de gato reflectivos en medio, ancho total de 8.30m
- F: Ancho de vía peatonal de 3.60m
- G: Ancho sin pavimentar de 5.00m
- H: Canal hidráulico.

La vía Av. Perú conecta a las ciudades de Huacho y Santa María, el ancho total de luz del puente aéreo es de 26.00m, el ancho de cada estribo es de 25.00m y la altura del puente es de 5.00m.

PUENTE AÉREO INDEPENDENCIA

Se observa cercano al área de estudio el puente aéreo Av. Independencia, el cual se encuentra en la progresiva Km152+020 de la vía Panamericana Norte, con una altura de 5.00m y un ancho total de luz de 10m, la vía Av. Independencia tiene una vía

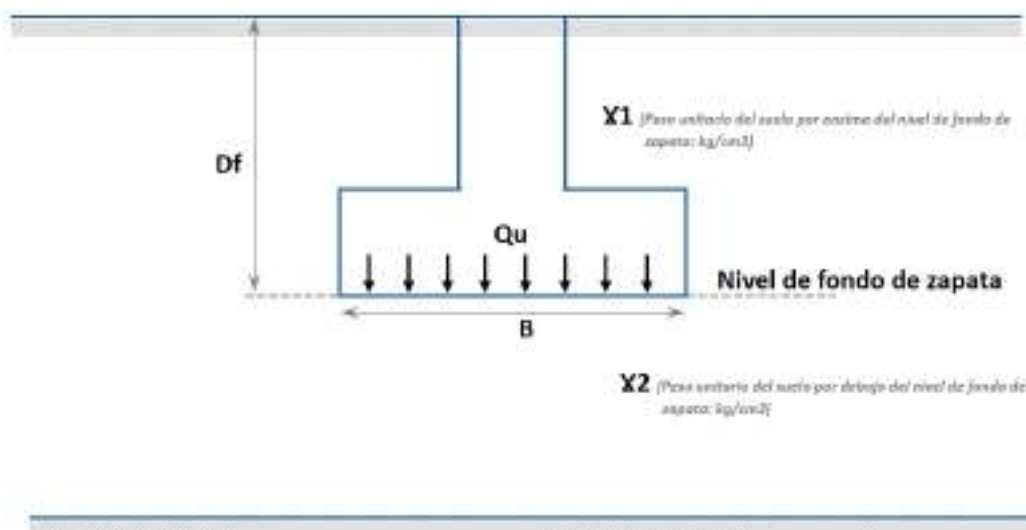
peatonal de 2.00m de ancho y una vía vehicular de 8.00m de ancho, presenta doble carril con ojos de gato reflectivos en medio.

4.6. ANÁLISIS COMPLEMENTARIO: CIMENTACIÓN PARA ESTRIBOS

Se debe tener en cuenta:

- Debido al alcance del proyecto, para el análisis de los cálculos de las cimentaciones de las zapatas de los estribos del puente, se utilizó la metodología establecida en la especificación AASHTOLRDF 2012, el cual establece determinar por criterio de resistencia al corte la Capacidad de Carga Última, la Capacidad de Carga Factorada (con un factor $\Phi = 0.45$) y la Capacidad de Carga Admisible (con un factor de seguridad $FS=3$).
- Además, se considera 1 pulgada (25.4 mm) como el asentamiento total máximo permisible (admisible) de las zapatas aisladas rectangulares.
- La profundidad de desplante (D_f , profundidad de zapata) mínima recomendada para ambos estribos es de 2.50m. Esta profundidad de desplante es medida con respecto al nivel de rasante de la Av. Perú, bajo esta premisa, 2.50m para el Estribo 1 y 4.00m para el Estribo 2,

Figura 4.6.1.-1
Esquema de análisis de cimentación



4.6.1. CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA (Q_{ULT}):

Es la resistencia máxima teórica del suelo antes de fallar por corte.

Conforme los materiales registrados en las perforaciones y calicatas, se considera que el material por encima y por debajo del fondo de la cimentación es homogéneo o sin mostrar mucha variación, ante esta premisa, se utilizó la expresión matemática de Terzaghi-Vesic (1967) para corroborar los valores de Q_{ULT} del suelo:

$$Q_{ult} = S_c N_c + S_q \gamma_1 D_f N_q + \frac{1}{2} S_\gamma \gamma_2 B N_\gamma$$

Donde:

Q_{ult} = Capacidad última de carga (Kg/cm²)

C = Cohesión (Kg/cm²)

Φ = Ángulo de fricción (°)

B = Ancho de la zapata (m.)

γ_1 = Peso unitario del suelo por encima del nivel de fondo de zapata (Kg/m³)

γ_2 = Peso unitario del suelo por debajo del nivel de fondo de zapata (Kg/m³)

D_f = Profundidad de desplante (m.)

N_c, N_q, N_γ = Factores de capacidad de carga en función de Φ .

S_c, S_q, S_γ = Factores de forma, según Vesic (1979), ver Cuadro N°37.

$$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi} \quad N_c = (N_q - 1) \cot \phi \quad N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$$

4.6.2. CAPACIDAD DE CARGA FACTORADA ($Q_{FACTORADA}$):

Es el valor que se usa para comparar directamente las cargas de diseño; y es el resultado de multiplicar la capacidad última de carga (R ó Q_{ULT}) con un factor de resistencia para las zapatas, $\Phi = 0.45$ (según especificación AASHTOLRDF 2012), el cual tiene que ser mayor o igual a la combinación de todas las cargas que son transmitidas mediante la cimentación al terreno de fundación (L) multiplicadas por factores de carga (Y).

En resumen, para determinar si el terreno de fundación es estable y soporta la carga transmitida por la estructura, se tiene que cumplir:

$$YL \leq \Phi R$$

4.6.3. CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE (Q_{ADM}):

La Capacidad de Carga Admisible (Q_{ADM}) del terreno de cimentación representa la resistencia del terreno en condiciones de servicio u operación, por lo que este valor es establecido por el criterio de corte y restringido a un valor de asentamiento máximo permisible

CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE POR CRITERIO DE CORTE ($Q_{ADM-POR\ CORTE}$):

Desde el punto de vista geotécnico, la Capacidad de Carga Admisible (Q_{ADM}) del terreno de fundación para las zapatas de los estribos del puente y el muro de suelo reforzado será determinada mediante la siguiente expresión, donde el valor de **FS=3**.

$$Q_{ADM-POR\ CORTE} = \frac{Q_{ult}}{FS}$$

La resistencia del suelo o capacidad última del suelo (**R** o Q_{ULT}) tiene que ser afectada por un factor de seguridad (**FS**), así mismo, **L** representa la combinación de todas las cargas que son transmitidas mediante la cimentación al terreno de fundación, sin ser afectadas por factores de carga (condiciones de servicio).

$$L \leq \frac{R}{FS}$$

CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE POR CRITERIO DE ASENTAMIENTO ($Q_{ADM-POR\ ASENTAMIENTO}$):

Los materiales determinados en las exploraciones geotécnicas directas muestran que el tipo de suelo en el área de estudio es poco cohesivo, por tanto, el asentamiento elástico e inmediato debe ser determinado por el método de Schmertmann y Hartman (1978), el cual establece lo siguiente:

$$\rho_i = C_1 \times C_2 \times P_{neto} \times \sum_{i=1}^n \frac{I_{zi}}{E_{si}} \times \Delta z \quad I_{z,p} = 0.5 + 0.1 \left[\frac{P_{neto}}{\sigma'_{z,p}} \right]^{\frac{1}{2}}$$

- ρ_1 : Asentamiento inmediato calculado en milímetros.
- C_1 : Factor de corrección por profundidad de desplante (D_f).
- C_t : Factor de corrección por tiempo (concesión de 25 años en este estudio).
- P_{neta} : Presión neta aplicada por la zapata al terreno ($Q_{adm} - \sigma'_{z,Df}$).
- I_{zi} : Factor de influencia de la deformación unitaria en el estrato i .
- E_{si} : Módulo de elasticidad del estrato de suelo i (determinado por geofísica MASW/Refracción sísmica).
- Δz : Espesor del estrato analizado (en el estudio se consideró de 0.20 m).

4.6.4. CÁLCULO Y RESULTADOS PARA LAS ZAPATAS DE LOS ESTRIBOS

En el siguiente cuadro se muestra la información obtenida de los ensayos de laboratorio estándares, de corte directo y de los valores de ángulo de fricción obtenidos con el número de golpes del ensayo Cono Tipo Peck para distintas profundidades:

Tabla 4.6.4–1

Parámetros geotécnicos para el cálculo de Q_{ULT} , $Q_{FACTORADA}$ y Q_{ADM} de las zapatas

Apoyo	Profundidad desplante, D_f (m.)	Peso Unitario, encima del fondo de zapata (kg/m^3)	Peso Unitario, debajo del fondo de zapata (kg/m^3)	Cohesión (Kg/cm^2)	Ángulo de Fricción ($^\circ$)
Estribo 1 (Sentido Huacho - Pativilca)	2.5	1800	2000	0	32
	3	1800	2000	0	32
	3.5	1800	2000	0	32
Estribo 2 (Sentido Pativilca - Huacho)	2.5	1850	2000	0	32
	3	1850	2000	0	32
	3.5	1850	2000	0	32

Bajo la premisa de que el tipo zapata es rectangular con diferentes dimensiones ($B \cdot L$) y distintas profundidades de desplante (D_f), se muestran los resultados de los cálculos en el siguiente cuadro:

Tabla 4.6.4-2

Parámetros geotécnicos para el cálculo del Q_{ULT} , $Q_{FACTORADA}$ y $Q_{ADM-POR CORTE}$

B (m)	L (m)	Df (m)	Sc	Sy	Sq	Q_{ULT} . (Kg/cm ²)	$Q_{FACTORADA}$ (Kg/cm ²)	$Q_{ADM-POR CORTE}$ (Kg/cm ²)
6.2	26.45	2.5	1.15	0.91	1.15	28.93	13.02	9.64
6.2	26.45	3	1.15	0.91	1.15	31.33	14.1	10.44
6.2	26.45	3.5	1.15	0.91	1.15	33.72	15.17	11.24
7.2	26.45	2.5	1.18	0.89	1.17	31.59	14.22	10.53
7.2	26.45	3	1.18	0.89	1.17	34.03	15.31	11.34
7.2	26.45	3.5	1.18	0.89	1.17	36.47	16.41	12.16
8.2	26.45	2.5	1.2	0.88	1.19	34.15	15.37	11.38
8.2	26.45	3	1.2	0.88	1.19	36.64	16.49	12.21
8.2	26.45	3.5	1.2	0.88	1.19	39.13	17.61	13.04
9.2	26.45	2.5	1.23	0.86	1.22	36.63	16.48	12.21
9.2	26.45	3	1.23	0.86	1.22	39.17	17.62	13.06
9.2	26.45	3.5	1.23	0.86	1.22	41.7	18.77	13.9

El valor del $Q_{ADM-POR CORTE}$ del cuadro anterior fue verificado por el criterio que no provoque un asentamiento inmediato superior a 25.4mm, **no cumpliendo**, por ello, se tuvo que reducir la capacidad de carga hasta que el asentamiento calculado fuera igual o menor a 1 pulgada, estableciéndose nuevos valores para la capacidad de carga admisible (Q_{ADM}) tal como se indica en el siguiente cuadro:

Tabla 4.6.4-3

Capacidad de carga admisible Q_{ADM}

Estructura	B (m.)	L (m.)	Df (m.)	VERIFICACIÓN POR CORTE			VERIFICACIÓN POR ASENTAMIENTO			FINALES	
				$Q_{ADM-PORCORTE}$ (Kg/cm ²)	Asentamiento (mm.)	Condición (Corte)	$Q_{ADM-PORASENT.}$ (Kg/cm ²)	Asentamiento (mm.)	Condición (Asent.)	Q_{ADM} (Kg/cm ²)	Asentamiento Final (mm.)
ESTRIBO 1 (Sentido Huacho - Pativilca)	6.2	26.45	2.5	9.64	74.97	NO CUMPLE	4.1	24.83	CUMPLE	4.1	24.83
	6.2	26.45	3	10.44	78.32	NO CUMPLE	4.4	25.26	CUMPLE	4.4	25.26
	6.2	26.45	3.5	11.24	82.31	NO CUMPLE	4.5	24.4	CUMPLE	4.5	24.4
	7.2	26.45	2.5	10.53	93.58	NO CUMPLE	3.8	25.17	CUMPLE	3.8	25.17
	7.2	26.45	3	11.34	97.57	NO CUMPLE	4	24.96	CUMPLE	4	24.96
	7.2	26.45	3.5	12.16	102.28	NO CUMPLE	4.2	24.98	CUMPLE	4.2	24.98
	8.2	26.45	2.5	11.38	113.41	NO CUMPLE	3.5	24.86	CUMPLE	3.5	24.86
	8.2	26.45	3	12.21	118.09	NO CUMPLE	3.7	24.79	CUMPLE	3.7	24.79
	8.2	26.45	3.5	13.04	123.6	NO CUMPLE	3.9	24.93	CUMPLE	3.9	24.93
	9.2	26.45	2.5	12.21	134.23	NO CUMPLE	3.3	25.02	CUMPLE	3.3	25.02
	9.2	26.45	3	13.06	139.7	NO CUMPLE	3.5	25.06	CUMPLE	3.5	25.06
	9.2	26.45	3.5	13.9	146.02	NO CUMPLE	3.7	25.29	CUMPLE	3.7	25.29

En consecuencia, luego de los análisis anteriores, los valores de capacidad de carga Q_{ULT} , $Q_{FACTORADA}$ y $Q_{ADM-POR CORTE}$ finales para el terreno de cimentación son:

Tabla 4.6.4–3
Capacidad de carga final

B (m)	L (m)	Df (m)	QULT (Kg/cm ²)	QFACTORADA (Kg/cm ²)	QADM (Kg/cm ²)
6.2	26.45	2.5	12.3	5.54	4.1
6.2	26.45	3	13.2	5.94	4.4
6.2	26.45	3.5	13.5	6.08	4.5
7.2	26.45	2.5	11.4	5.13	3.8
7.2	26.45	3	12	5.4	4
7.2	26.45	3.5	12.6	5.67	4.2
8.2	26.45	2.5	10.5	4.73	3.5
8.2	26.45	3	11.1	5	3.7
8.2	26.45	3.5	11.7	5.27	3.9
9.2	26.45	2.5	9.9	4.46	3.3
9.2	26.45	3	10.5	4.73	3.5
9.2	26.45	3.5	11.1	5	3.7

V. CONCLUSIONES

- La presente investigación aplicó una metodología basada en 5 etapas de estudio, las cuales ayudaron a sistematizar y evidenciar el cumplimiento de los objetivos planteados:
 - ✓ Se demostró que los estudios geotécnicos como calicatas, perforaciones diamantinas, ensayos geofísicos y laboratorio permitieron determinar los parámetros dinámicos, propiedades físico-mecánicas, el detalle de los horizontes del subsuelo y capacidades de carga del suelo de cimentación, lo cuales a su vez, garantizan que la empresa realizó un adecuado estudio geotécnico previo a la construcción de la obra civil (puente aéreo Av. Perú), el cual forma parte de la Av. Panamericana Norte entre las progresivas Km 152+147.9 a Km 152+175.5.
 - ✓ Se demostró que existe una correlación entre los estudios geotécnicos directos (perforaciones diamantinas y calicatas) y los estudios geotécnicos indirectos (ensayos geofísicos), donde ambos permitieron determinar la litología presente en el subsuelo y delimitar los horizontes que la componen, así mismo, al complementar ambos estudios se pudo determinar un perfil estratigráfico más preciso.
 - ✓ Se verificó que los ensayos de Refracción Sísmica y ensayos MASW (velocidades de propagación de las ondas P y ondas S respectivamente), ayudaron a calcular empíricamente los parámetros dinámicos del suelo de cimentaciones explorado: módulo de Young, módulo de Poisson, módulo de Corte Dinámico y módulo Volumétrico Dinámico, demostrando así, la relación directa que tienen estos ensayos geofísicos y los parámetros dinámicos del suelo estudiado.
- Para el análisis de las cimentaciones de las zapatas de los estribos del puente, se utilizó la metodología establecida en la especificación AASHTO LRDF 2012, el cual establece determinar por criterio de resistencia al corte la Capacidad de Carga Última, la Capacidad de Carga Factorada (con un factor $\Phi = 0.45$) y la Capacidad de Carga Admisible (con un factor de seguridad $FS=3$), con el objetivo de que el asentamiento no sea superior a los 25.4mm en condiciones de servicio.

- Se verificó que para los dos estribos del puente aéreo Av. Perú se realizaron los cálculos de Q_{ULT} , $Q_{FACTORADA}$, $Q_{ADM-POR\ CORTE}$, donde este último parámetro no cumplió con la condición de asentamiento menor a 25.4mm, por lo que, se establecieron nuevos valores mediante el criterio de Capacidad de Carga Admisible por Asentamiento ($Q_{ADM - POR\ ASENTAMIENTO}$), donde finalmente se logra un asentamiento menor o igual al permisible, definiendo de esta manera la Capacidad de Carga Admisible (Q_{ADM}).

VI. RECOMENDACIONES

- A las personas o empresas que hacen este tipo de obras civiles, se recomienda el uso de esta metodología planteada en el presente estudio como alcance o base en caso se quiera realizar una obra civil en un lugar de similares características litológicas y poblacionales.
- Al lector se pide las disculpas del caso por mis errores involuntarios en la redacción y estructura, así como omisiones o faltas puntuales contra la semántica.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- COBBING, J., et al (1973). *“Geología de los Cuadrángulos de Barranca, Ambar, Oyón, Huacho, Huaral y Canta”*. Boletín N°26. Lima, Perú. Servicio de Geología y Minería.
- Villacorta, S., Chira, J., Ochoa, M., Sánchez, M., Pari, W. & Valencia, M., (2010). *“Estudio Geoambiental de la Cuenca del Río Huaura”*. INGEMMET, Boletín N°41, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica.
- Tavera, H., (2014). *“Zonificación sísmica - geotécnica de la ciudad de Huacho: Provincia de Huaura - Departamento de Lima (comportamiento dinámico del suelo)”*. Lima, Perú: Instituto Geofísico del Perú.
- GONZALEZ DE VALLEJO, L., et al (2002). *“Ingeniería Geológica”*. Madrid, España: Pearson Educación.
- BRAJA M. DAS, (2015). *“Fundamentos de ingeniería geotécnica, Cuarta Edición”*. México: Cengage Learning Editores.
- Suárez, J., (2009). *“Deslizamientos volumen I: Análisis geotécnico”*. Santander, Colombia: Universidad Industrial de Santander.
- Humire, F., Sáez, E., Leyton, F., (2015). *“Manual de aplicación de técnicas geofísicas basadas en ondas de superficie para la determinación del parámetro V_{s30} ”*. Chile: Instituto de la Construcción.
- Suárez, J., (2009). *“Propiedades dinámicas de los suelos”*. (Disponible en <https://www.erosion.com.co/vision-geotecnica-de-la-amenaza-sismica/159-cap-10-amenaza-sismica.html>).
- Fernández, R., de Barrio, R., y Tessone, M. (2015). *“Apuntes didácticos de Geología de Minas: Perforaciones en la exploración minera”*. Buenos Aires, Argentina: Universidad Nacional de la Plata.
- Reglamento Nacional de Cimentaciones: “Norma E-050 Suelos y Cimentaciones”. Lima, Perú, 2006.
- Reglamento Nacional de Edificaciones: “Norma E30 Diseño Sismorresistente”. Lima, Perú, 2006.

- ALVA H, J., (2013). *“Aplicaciones de la geofísica en la ingeniería geotécnica”*. (Disponible en <http://www.jorgealvahurtado.com/files/CONEIC2013.pdf>).

VIII. ANEXOS

ANEXO I:	PANEL FOTOGRÁFICO
ANEXO II:	PLANO DE UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO
ANEXO III:	PLANO GEOLÓGICO DEL ÁREA DE ESTUDIO
ANEXO IV:	PLANO DE UBICACIÓN DE LOS ENSAYOS Y SUS CARACTERÍSTICAS
ANEXO V:	PLANO DE PERFIL LONGITUDINAL DEL ÁREA DE ESTUDIO
ANEXO VI:	REGISTRO DE COSTOS DE LOS ENSAYOS GEOTÉCNICOS
ANEXO VII:	REGISTRO ESTRATIGRÁFICO DE PERFORACIONES DIAMANTINAS
ANEXO VIII:	REGISTRO ESTRATIGRÁFICO DE CALICATAS
ANEXO IX:	RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO
ANEXO X:	PARÁMETROS ELÁSTICOS
ANEXO XI:	PERFIL GEOSÍSMICO DE ONDAS P
ANEXO XII:	PERFIL GEOSÍSMICO DE ONDAS S
ANEXO XIII:	REGISTRO DE PROFUNDIDADES Y RECUPERACIÓN DE MUESTRAS

Nota: Se han adjuntado anexos cuyos registros han sido evaluados y muestran representatividad en el estudio geotécnico:

ANEXO I:	Registros fotográficos de sondajes P-01 (Estribo 1) y P-04 (Estribo 2).
ANEXO VII:	Registros estratigráficos de sondajes P-01 (Estribo 1) y P-04 (Estribo 2).
ANEXO IX:	Se anexó 01 estudio de laboratorio por calicata y perforación representativa, ello según el tipo de ensayo realizado.

ANEXO I

PANEL FOTOGRÁFICO



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

PANEL FOTOGRÁFICO: GEOLOGÍA LOCAL

ANÁLISIS GEOTÉCNICO DEL SUELO EN EL ÁREA DE LOS ESTRIBOS DEL PUENTE AÉREO (SOBRE NIVEL) AV. PERÚ, VÍA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO SANTA MARÍA, PROVINCIA BARRANCA – PERÚ

PROGRESIVA KM 151+000: INICIO DEL ÁREA DE ESTUDIO



Fotografía 01:

El autor se encuentra tomando lecturas con GPS GARMIN modelo 64S, en la progresiva Km151+000, punto inicial del área de influencia del estudio.

GEOLOGÍA LOCAL: AFLORAMIENTO GRUPO CASMA



Fotografía 02:

Afloramiento aledaño a la vía Panamericana Norte, altura de la progresiva Km153+000, se evidencia a la Formación Casma compuesta por andesita masiva de granulometría fina a media, estratificada y fracturada.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

PANEL FOTOGRÁFICO: GEOLOGÍA LOCAL

ANÁLISIS GEOTÉCNICO DEL SUELO EN EL ÁREA DE LOS ESTRIBOS DEL PUENTE
AÉREO (SOBRE NIVEL) AV. PERÚ, VÍA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO SANTA
MARÍA, PROVINCIA BARRANCA – PERÚ

GEOLOGÍA LOCAL: PUENTE HUAURA



Fotografía 03:

Vista del puente del río Huaura, cuya longitud es de 184m, con una luz de 124m y 30m de cada estribo, así mismo, se observan terrazas de materiales sedimentarios a los lados del cauce del río Huaura y el afloramiento de la Formación Casma.

GEOLOGÍA LOCAL: DEPÓSITOS CUATERNARIOS, ALTURA KM 154+000



Fotografía 04:

Se observan dos horizontes de materiales cuaternarios, en la parte superior se observa un estrato con espesor de 1.00 a 1.50m de limos, arcillas y material orgánico, en la parte inferior se observa un estrato visible con espesor de 4.00 a 5.00m compuesta por capas de gravas de tamaño medio a grueso, de buena a regular gradación, de sub-redondeadas a redondeadas, heterométricas, de naturaleza poligenética en una matriz areno-limosa de color marrón oscura a marrón clara



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

PANEL FOTOGRÁFICO: GEOLOGÍA LOCAL

ANÁLISIS GEOTÉCNICO DEL SUELO EN EL ÁREA DE LOS ESTRIBOS DEL PUENTE AÉREO (SOBRE NIVEL) AV. PERÚ, VÍA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO SANTA MARÍA, PROVINCIA BARRANCA – PERÚ

PUENTE AÉREO AV. PERÚ



Fotografía 05:

Vía Av. Perú, que conecta a las ciudades de Huacho y Santa María, el ancho total de luz del puente aéreo es de 26.00m, el ancho de cada estribo es de 25.00m y la altura del puente es de 5.00m.

PUENTE AÉREO AV. INDEPENDENCIA



Fotografía 06:

Vía Av. Independencia, se encuentra en la progresiva Km152+020 de la vía Panamericana Norte, con una altura de 5.00m y un ancho total de luz de 10m, tiene una vía peatonal de 2.00m de ancho y una vía vehicular de 8.00m de ancho, presenta doble carril con ojos de gato reflectivos en medio.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

PANEL FOTOGRÁFICO: ENSAYOS DE REFRACCIÓN SÍSMICA Y ENSAYOS MASW

ANÁLISIS GEOTÉCNICO DEL SUELO EN EL ÁREA DE LOS ESTRIBOS DEL PUENTE
AÉREO (SOBRE NIVEL) AV. PERÚ, VÍA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO SANTA
MARÍA, PROVINCIA BARRANCA – PERÚ

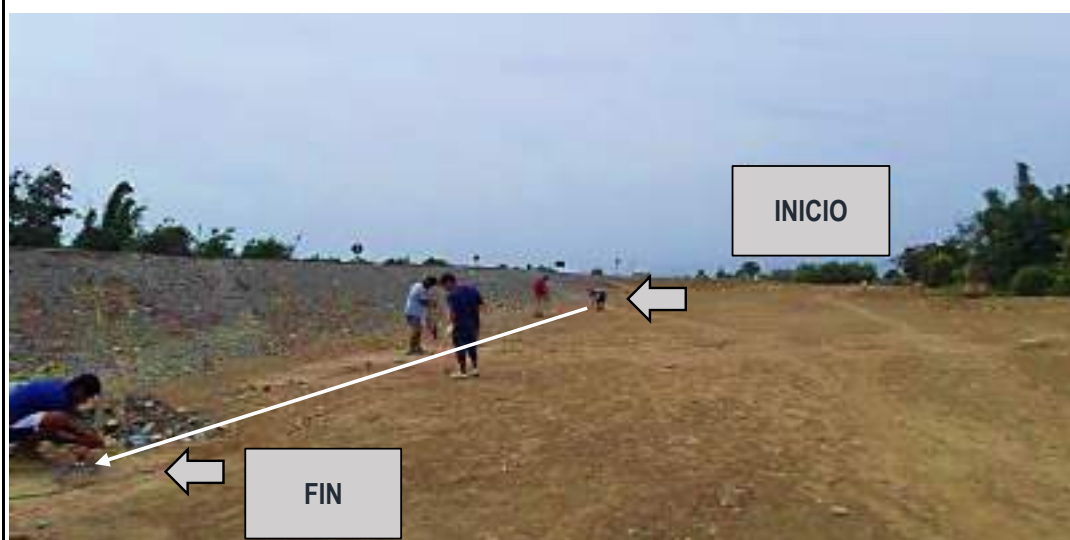
REFRACCIÓN SÍSMICA LS-01 Y MASW-01



Fotografía 07:

Colaboradores extendiendo los cables para realizar Ensayo de Refracción sísmica.

REFRACCIÓN SÍSMICA LS-02 Y MASW-02



Fotografía 08:

Colaboradores extendiendo los cables para realizar Ensayo de Refracción sísmica.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

PANEL FOTOGRÁFICO: ENSAYOS DE REFRACCIÓN SÍSMICA Y ENSAYOS MASW

ANÁLISIS GEOTÉCNICO DEL SUELO EN EL ÁREA DE LOS ESTRIBOS DEL PUENTE AÉREO (SOBRE NIVEL) AV. PERÚ, VÍA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO SANTA MARÍA, PROVINCIA BARRANCA – PERÚ

REFRACCIÓN SÍSMICA LS-03 Y MASW-03



Fotografía 09:
Cables extendidos y listos para realizar Ensayo de Refracción sísmica.

REFRACCIÓN SÍSMICA LS-04 Y MASW-04



Fotografía 10:
Cables extendidos y listos para realizar Ensayo de Refracción sísmica.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

PANEL FOTOGRÁFICO: PERFORACIONES, ENSAYO CONO PECK Y NIVEL FREÁTICO

ANÁLISIS GEOTÉCNICO DEL SUELO EN EL ÁREA DE LOS ESTRIBOS DEL PUENTE AÉREO (SOBRE NIVEL) AV. PERÚ, VÍA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO SANTA MARÍA, PROVINCIA BARRANCA – PERÚ

PERFORACIÓN P-01



PERFORACIÓN P-01: INSTALACIÓN DE EQUIPO CONO PECK PARA REALIZAR ENSAYO



PERFORACIÓN P-01: INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC - MEDICIÓN DE NIVEL FREÁTICO





UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

PANEL FOTOGRÁFICO: PERFORACIONES, ENSAYO CONO PECK Y NIVEL FREÁTICO

ANÁLISIS GEOTÉCNICO DEL SUELO EN EL ÁREA DE LOS ESTRIBOS DEL PUENTE AÉREO (SOBRE NIVEL) AV. PERÚ, VÍA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO SANTA MARÍA, PROVINCIA BARRANCA – PERÚ

PERFORACIÓN P-04



PERFORACIÓN P-04: INSTALACIÓN DE EQUIPO CONO PECK PARA REALIZAR ENSAYO



PERFORACIÓN P-04: INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC - MEDICIÓN DE NIVEL FREÁTICO





UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

PANEL FOTOGRÁFICO: REGISTRO DE PERFORACIONES

ANÁLISIS GEOTÉCNICO DEL SUELO EN EL ÁREA DE LOS ESTRIBOS DEL PUENTE
AÉREO (SOBRE NIVEL) AV. PERÚ, VÍA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO SANTA
MARÍA, PROVINCIA BARRANCA – PERÚ

PERFORACIÓN P-01





UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

PANEL FOTOGRÁFICO: REGISTRO DE PERFORACIONES

ANÁLISIS GEOTÉCNICO DEL SUELO EN EL ÁREA DE LOS ESTRIBOS DEL PUENTE
AÉREO (SOBRE NIVEL) AV. PERÚ, VÍA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO SANTA
MARÍA, PROVINCIA BARRANCA – PERÚ

PERFORACIÓN P-01





UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

PANEL FOTOGRÁFICO: REGISTRO DE PERFORACIONES

ANÁLISIS GEOTÉCNICO DEL SUELO EN EL ÁREA DE LOS ESTRIBOS DEL PUENTE
AÉREO (SOBRE NIVEL) AV. PERÚ, VÍA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO SANTA
MARÍA, PROVINCIA BARRANCA – PERÚ

PERFORACIÓN P-04





UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

PANEL FOTOGRÁFICO: REGISTRO DE PERFORACIONES

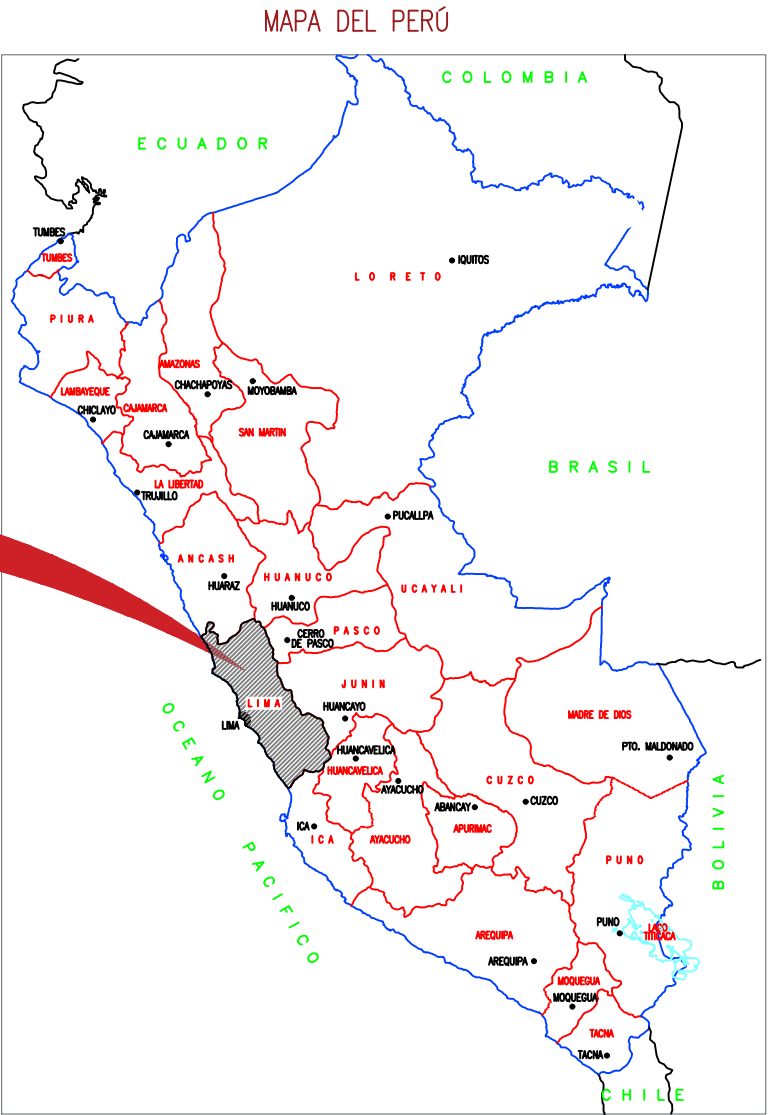
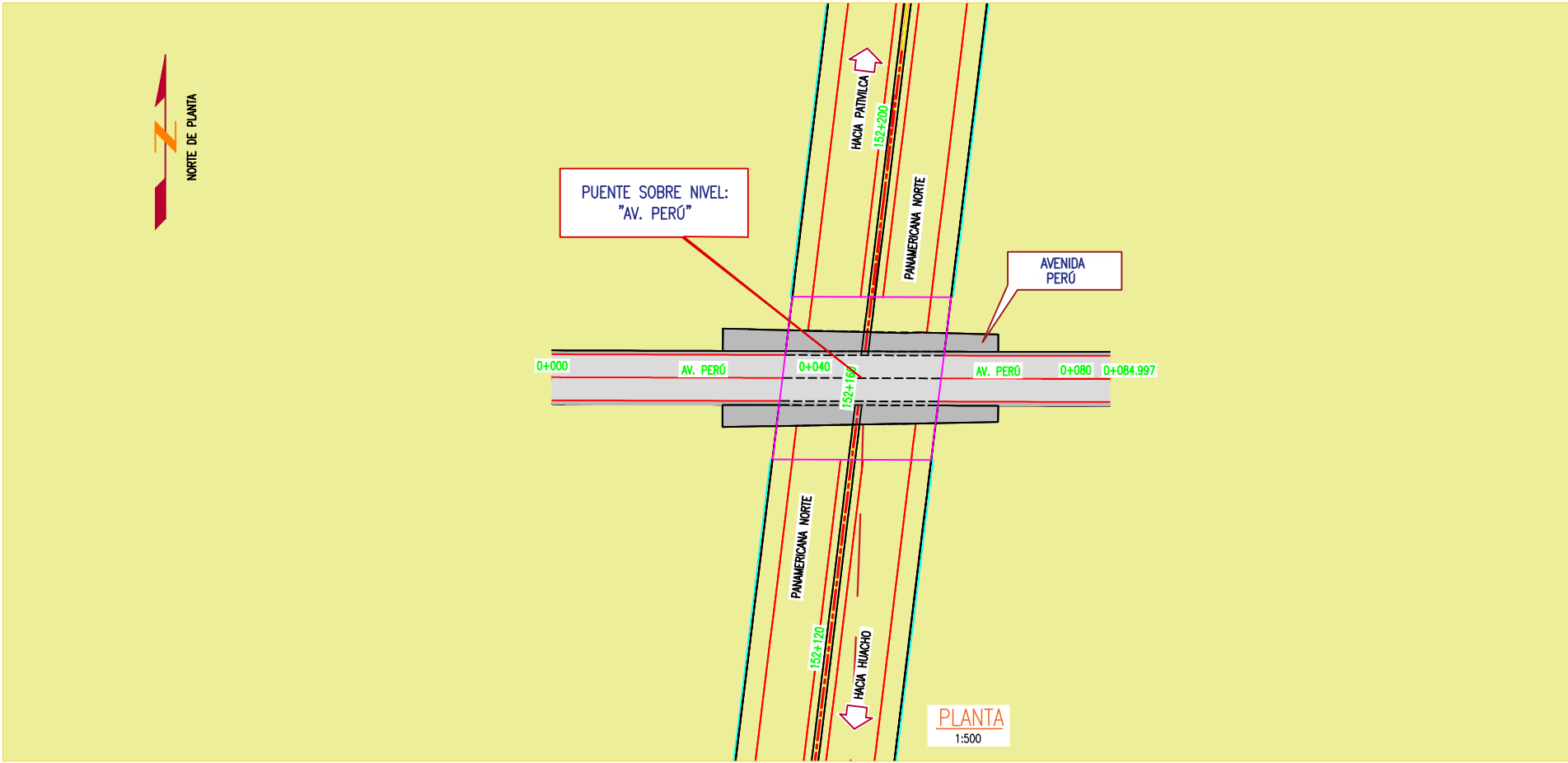
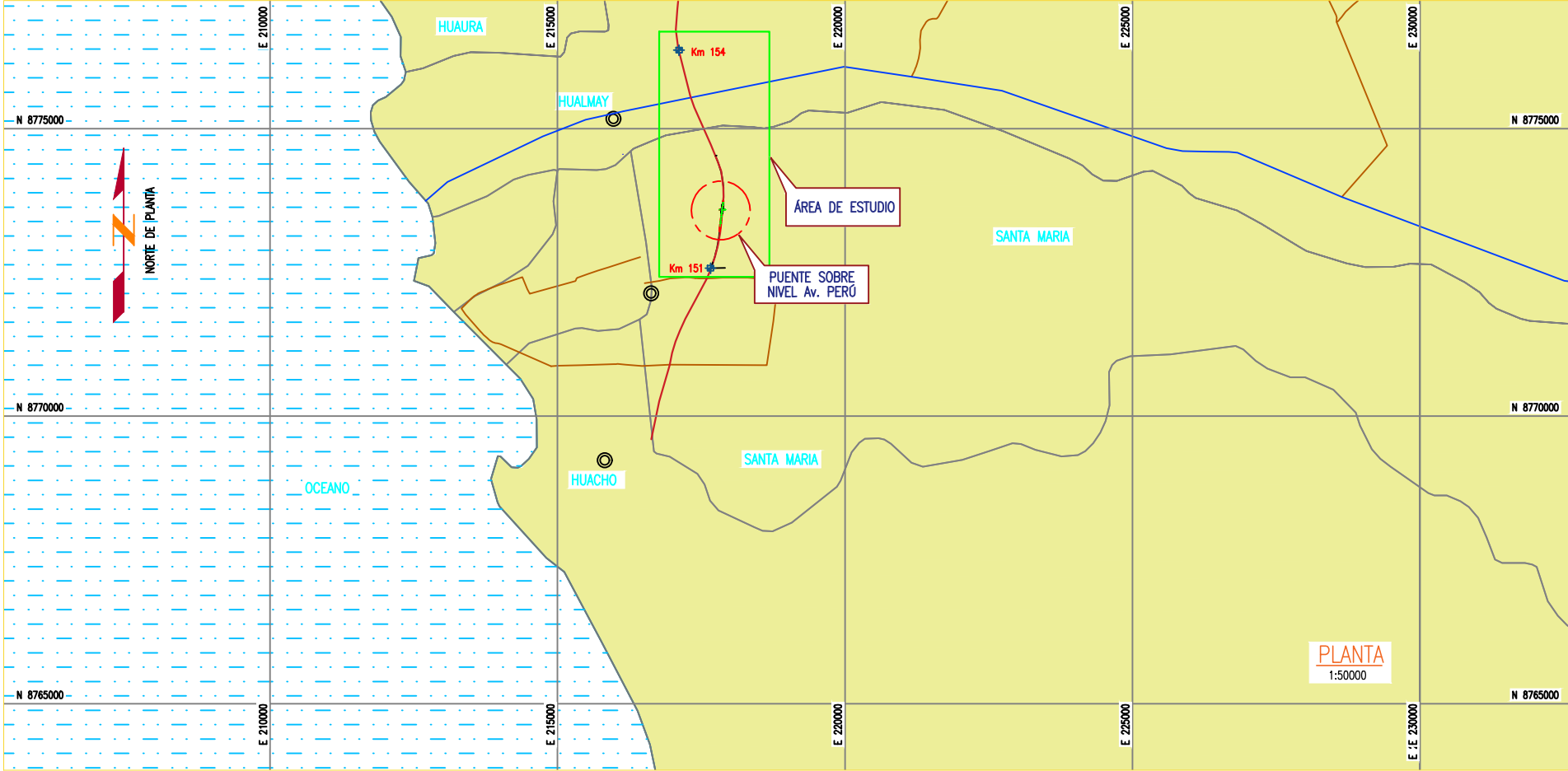
ANÁLISIS GEOTÉCNICO DEL SUELO EN EL ÁREA DE LOS ESTRIBOS DEL PUENTE
AÉREO (SOBRE NIVEL) AV. PERÚ, VÍA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO SANTA
MARÍA, PROVINCIA BARRANCA – PERÚ

PERFORACIÓN P-04



ANEXO II

**PLANO DE UBICACIÓN DEL ÁREA DE
ESTUDIO**



LEYENDA	
EJE INTERCAMBIO VIAL HUACHO	
CALZADA EXISTENTE	
LIMITE PROVINCIAL	
LIMITE DISTRITAL	
ÁREA DE INFLUENCIA DEL ESTUDIO	
RÍO HUAURA	

TESIS:	ANÁLISIS GEOTÉCNICO DEL SUELO EN EL ÁREA DE LOS ESTRIBOS DEL PUENTE AÉREO (SOBRE NIVEL) AV. PERÚ, VÍA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO SANTA MARÍA, PROVINCIA BARRANCA - PERÚ	PROYECTO:	ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE AÉREO AV. PERÚ			
TESISTA:	ANGEL E. MINÉS VERÁSTEGUI	CONTENIDO:	ANEXO I: PLANO DE UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO			
ASESOR:	Dr. TOMÁS GALLARDAY BOCANEGRA	ESCALA PLANO SUPERIOR:	1:50000	ESCALA PLANO INFERIOR:	1:500	Nº DE PLANO: 001
				REVISIÓN:	A	

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

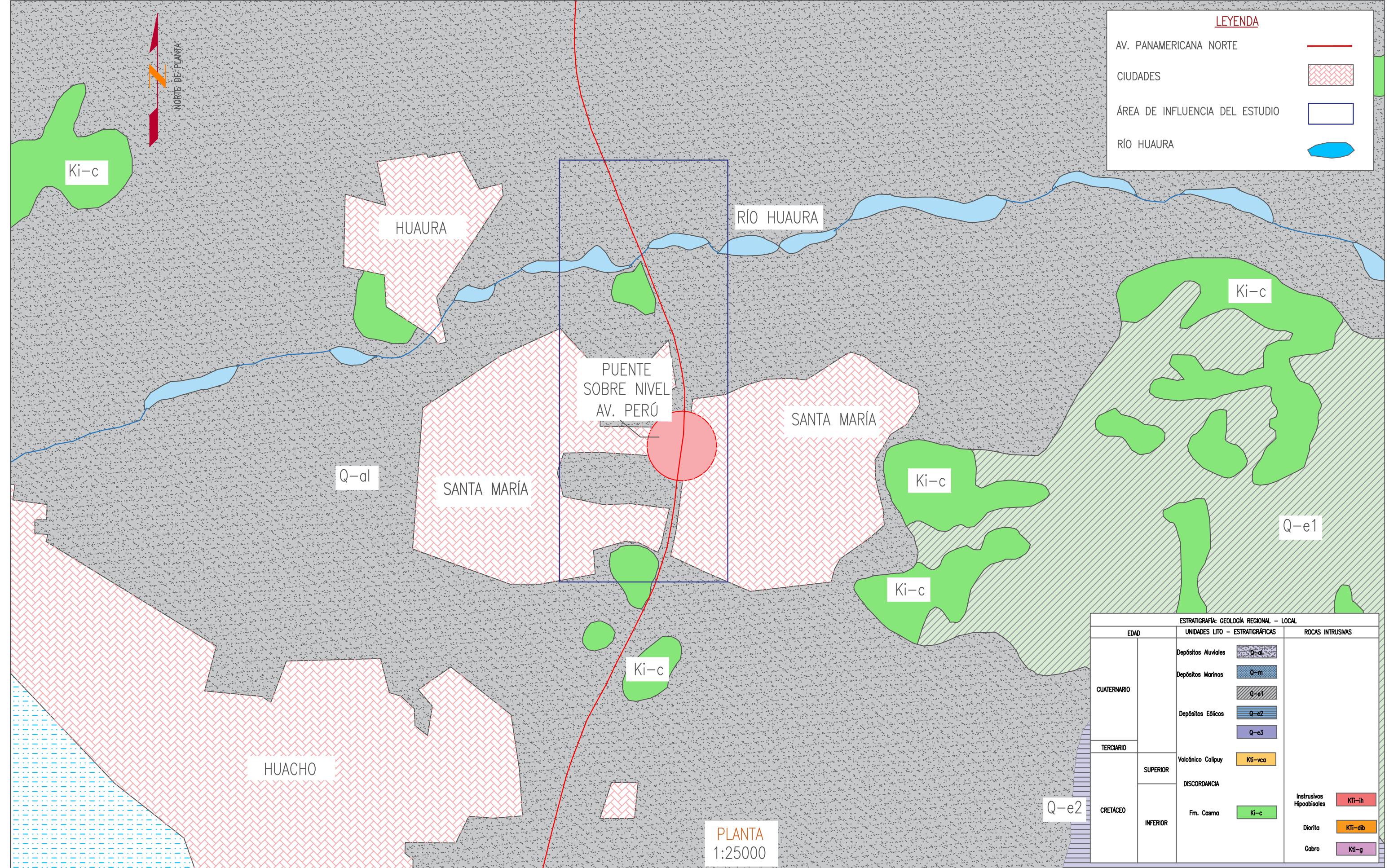
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA

E.A.P INGENIERÍA GEOLÓGICA



ANEXO III

**PLANO GEOLÓGICO DEL ÁREA DE
ESTUDIO**



LEYENDA

AV. PANAMERICANA NORTE

CIUDADES

ÁREA DE INFLUENCIA DEL ESTUDIO

RÍO HUAURA

ESTRATIGRAFÍA: GEOLOGÍA REGIONAL – LOCAL					
EDAD		UNIDADES LITO – ESTRATIGRÁFICAS		ROCAS INTRUSIVAS	
CUATERNARIO		Depósitos Aluviales			
		Depósitos Marinos			
					
		Depósitos Eólicos			
					
TERCIARIO					
CRETÁCEO	SUPERIOR	Volcánico Calipuy		Intrusivos Hipobasales	
	INFERIOR	DISCORDANCIA			
		Fm. Casma			
					
					
					

TESIS:	ANÁLISIS GEOTÉCNICO DEL SUELO EN EL ÁREA DE LOS ESTRIBOS DEL PUENTE AÉREO (SOBRE NIVEL) AV. PERÚ, VÍA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO SANTA MARÍA, PROVINCIA BARRANCA – PERÚ		PROYECTO: ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE AÉREO AV. PERÚ	
TESISTA:	ANGEL E. MINÉS VERÁSTEGUI		CONTENIDO: ANEXO I: PLANO DE UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	
ASESOR:	Dr. TOMÁS GALLARDAY BOCANEGRA		ESCALA PLANO SUPERIOR: 1:25000	Nº DE PLANO: 003
			REVISIÓN: A	

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

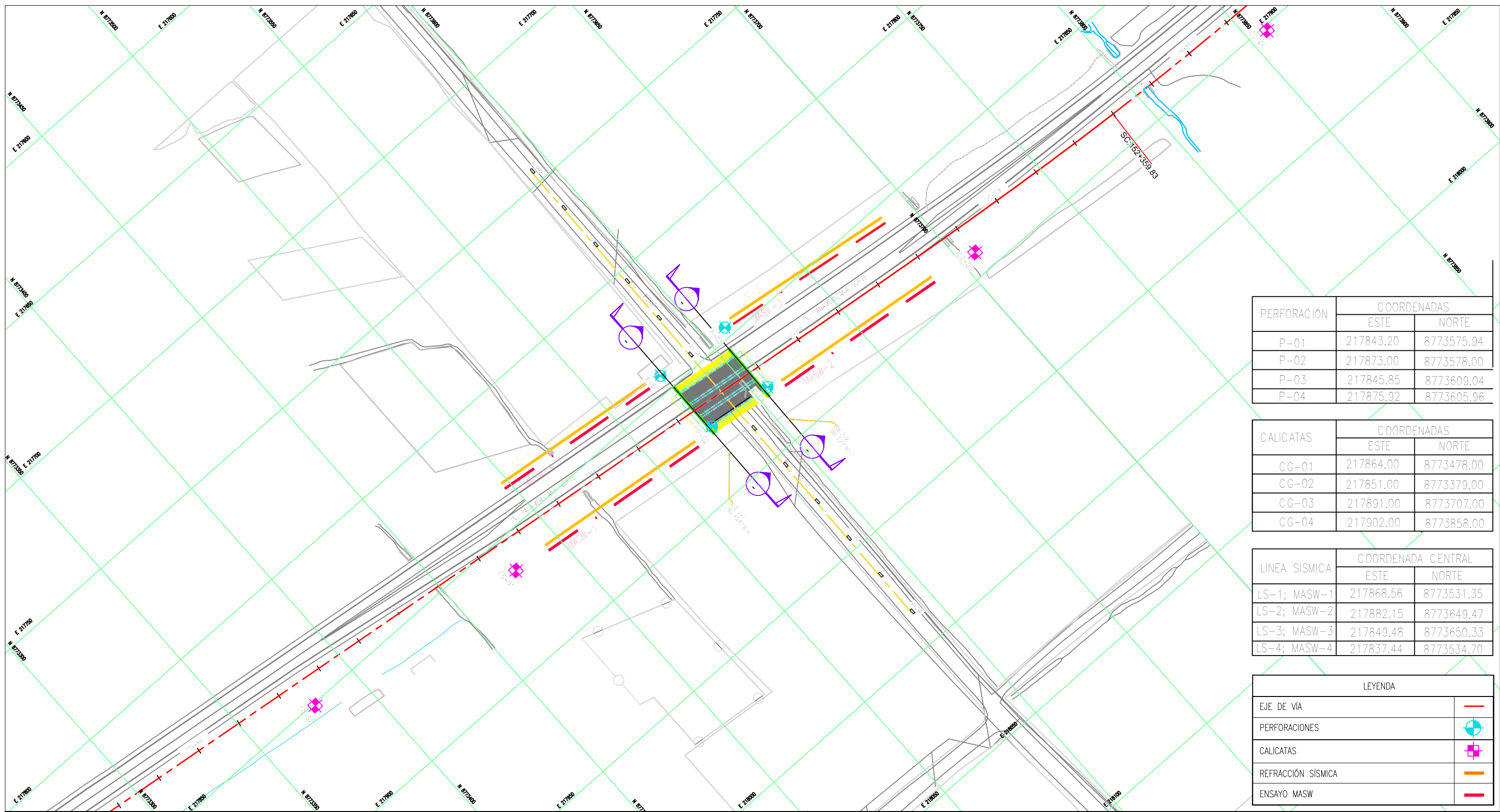
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA

E.A.P INGENIERÍA GEOLÓGICA



ANEXO IV

PLANO DE UBICACIÓN DE LOS ENSAYOS Y SUS CARACTERÍSTICAS



PERFORACIÓN	COORDENADAS	
	ESTE	NORTE
P-01	217843.20	8773575.94
P-02	217873.00	8773578.00
P-03	217845.85	8773609.04
P-04	217875.92	8773605.96

CALICATAS	COORDENADAS	
	ESTE	NORTE
CG-01	217864.00	8773478.00
CG-02	217851.00	8773379.00
CG-03	217891.00	8773707.00
CG-04	217902.00	8773858.00

LÍNEA SÍSMICA	COORDENADA CENTRAL	
	ESTE	NORTE
LS-1; MASW-1	217868.56	8773531.35
LS-2; MASW-2	217882.15	8773649.47
LS-3; MASW-3	217849.48	8773650.33
LS-4; MASW-4	217837.44	8773534.70

LEYENDA	
EJE DE VIA	—
PERFORACIONES	●
CALICATAS	■
REFRACCIÓN SÍSMICA	—
ENSAYO MASW	—

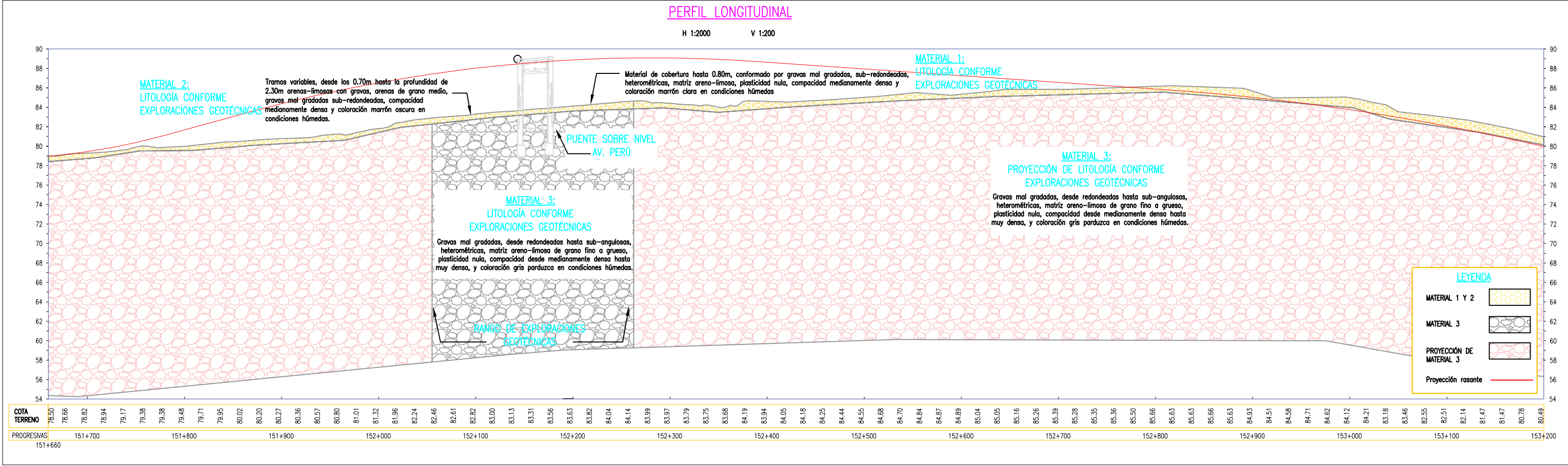
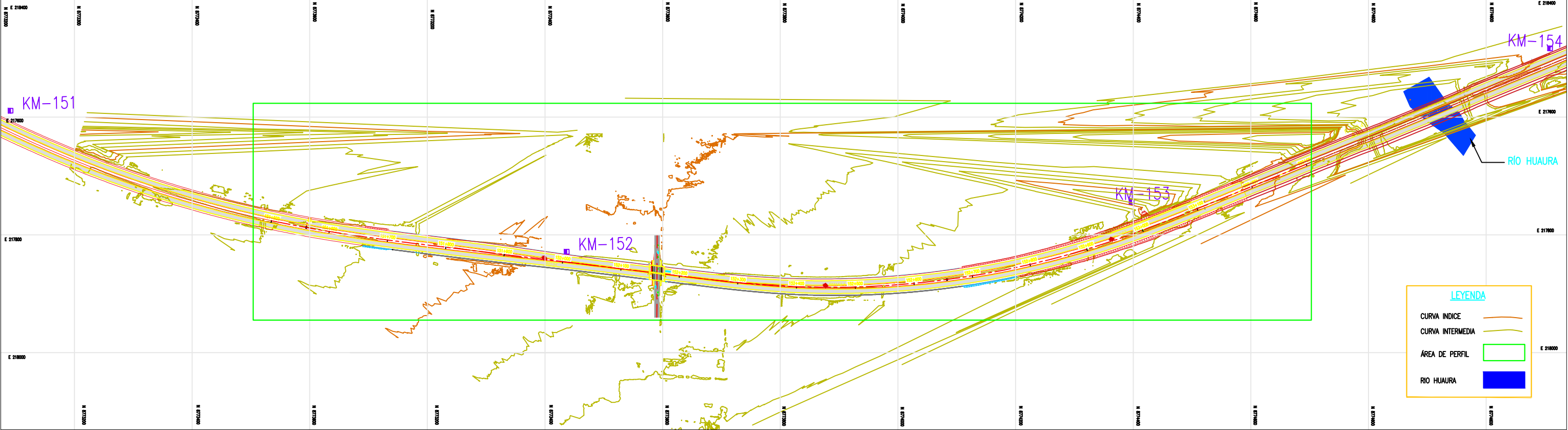
TESIS:	ANÁLISIS GEOTÉCNICO DEL SUELO EN EL ÁREA DE LOS ESTRIBOS DEL PUENTE AÉREO (SOBRE NIVEL) AV. PERÚ, VÍA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO SANTA MARÍA, PROVINCIA BARRANCA – PERÚ	PROYECTO:			ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE AÉREO AV. PERÚ	UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA E.A.P INGENIERÍA GEOLÓGICA	
TESISTA:	ANGEL E. MINÉS VERÁSTEGUI	CONTENIDO:			ANEXO VII: PLANO DE UBICACIÓN DE LOS ENSAYOS Y SUS CARACTERÍSTICAS		
ASESOR:	Dr. TOMÁS GALLARDAY BOCANEGRA	N° DE PLANO:	03	ESCALA:	1:150		REVISIÓN:





ANEXO V

PLANO DE PERFIL LONGITUDINAL DEL ÁREA DE ESTUDIO



TESIS: ANÁLISIS GEOTÉCNICO DEL SUELO EN EL ÁREA DE LOS ESTRIBOS DEL PUENTE AÉREO (SOBRE NIVEL) AV. PERÚ, VÍA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO SANTA MARÍA, PROVINCIA BARRANCA - PERÚ		PROYECTO: ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE SOBRE NIVEL AV. PERÚ			UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA E.A.P INGENIERÍA GEOLÓGICA
TESISTA: ANGEL E. MINÉS VERÁSTEGUI		CONTENIDO: ANEXO VIII: PLANO DE PERFIL LONGITUDINAL DEL ÁREA DE ESTUDIO			
ASESOR: Dr. TOMÁS GALLARDAY BOCANEGRA		N° DE PLANO: 04	ESCALA:	REVISIÓN: A	





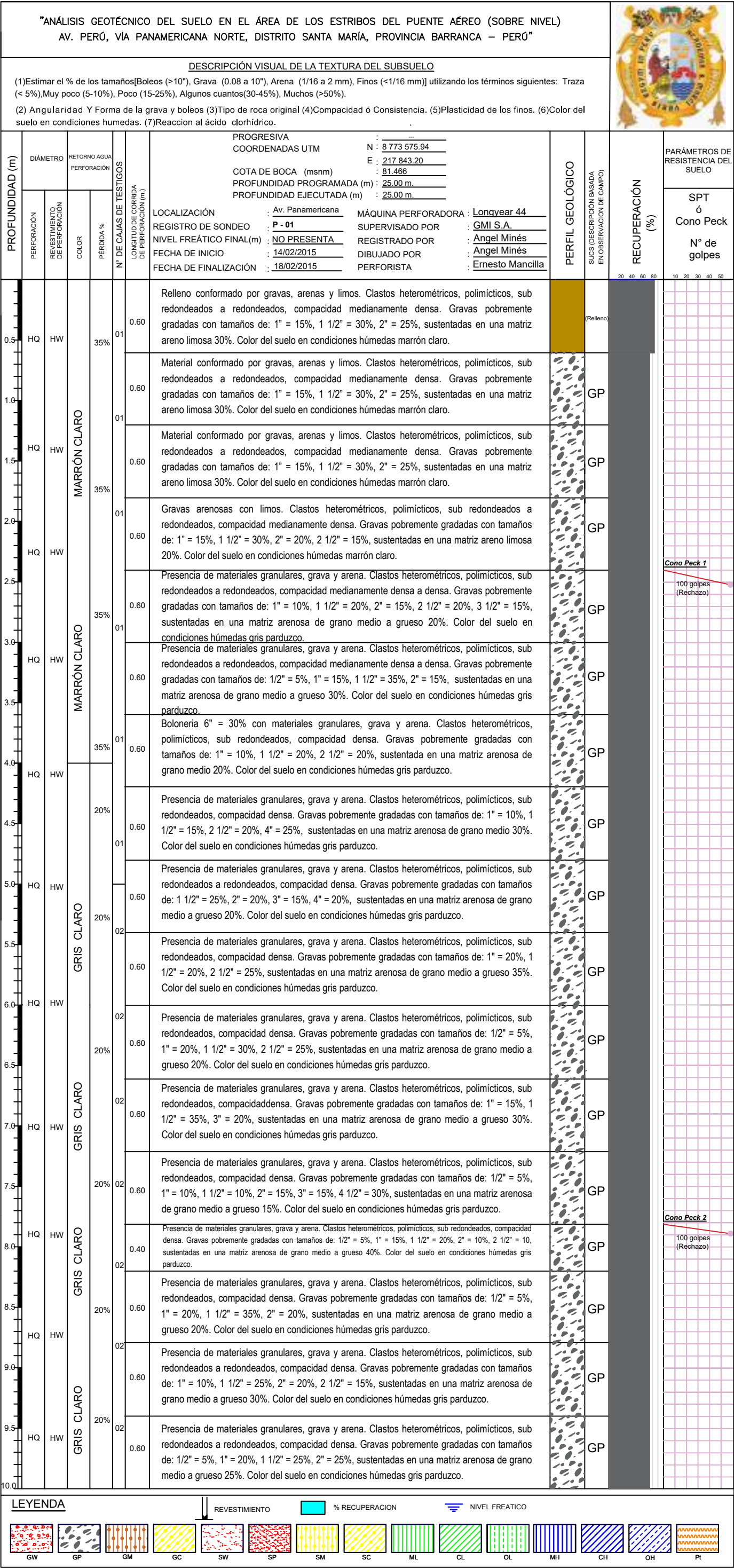
ANEXO VI

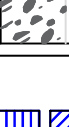
**REGISTRO DE COSTOS DE LOS ENSAYOS
GEOTÉCNICOS**

	UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS				
	ANEXO III - REGISTRO DE COSTOS DE LOS ENSAYOS GEOTÉCNICOS				
	ANÁLISIS GEOTÉCNICO DEL SUELO EN EL ÁREA DE LOS ESTRIBOS DEL PUENTE AÉREO (SOBRE NIVEL) AV. PERÚ, VÍA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO SANTA MARÍA, PROVINCIA BARRANCA – PERÚ				
MONTO TOTAL DE LOS ENSAYOS:			S/	150,580.00	
ITEM	CONCEPTO	UNID	CANTIDAD	P.U. S/	MONTO PARCIAL S/
1.	TRABAJOS PRELIMINARES				
1.1.	Movilización de equipos (Por equipo)	Und.	1	12250.00	12250.00
1.2.	Desmovilización de equipos (Por equipo)	Und.	1	12250.00	12250.00
1.3.	Movilización, Instalación y Desmovilización de Plataforma.	Global	1	2000.00	2000.00
1.4.	Movilización de Personal, Hospedaje, Alimentación, Epp's, Exámenes Médicos, Inducción de Personal, Traslado de muestras a laboratorio, alquiler de camioneta, entre otros.	Global	1	40000.00	40000.00
2.	EXCAVACIÓN DE CALICATAS + TOMA DE MUESTRAS				
2.1	Excavación de calicatas con profundidad de 3.00m (Según Especificación Técnica del Proyecto).	Und.	4	995	3980.00
2.2.	Toma de muestras para ensayos de laboratorio + rotulado (Según Especificación Técnica del Proyecto).	Global	4	500	2000.00
3	PERFORACIONES DIAMANTINAS, INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC Y ENSAYOS IN SITU				
3.1.	Perforación HQ (2.35") en suelo	Metro	100	490	49,000.00
3.2.	Ensayos de Tipo Cono Peck	Und.	18	300	5,400.00
3.3.	Instalación de tubería PVC Ciega y Ranurada de 2"	Metro	100	105	10,500.00
3.4.	Monitoreo de Niveles Freáticos	Global	1	500	500.00
3.5.	Toma de muestras para ensayos de laboratorio + Muestras extraídas en cajas de muestras (Según Especificación Técnica del Proyecto).	Global	1	3000	3,000.00
4	ENSAYOS DE REFRACCIÓN SÍSMICA Y ENSAYOS MASW				
4.1	Ensayos de Refracción Sísmica (04 ensayos con tendido de línea sísmica de 75m).	Und.	4	3500	14,000.00
4.2	Ensayos MASW (04 ensayos con tendido de línea sísmica de 75m).	Und.	4	3500	14,000.00
4.3.	Procesamiento de data en Gabinete y entrega de resultados	Global	1	5000	5,000.00
5	ENSAYOS DE LABORATORIO A MUESTRAS DE CALICATAS Y PERFORACIONES				
5.1.	Contenido de Humedad de un Suelo: Norma D-2216 (98) - Método MTC E 108 (00)	Und.	30	30	900.00
5.2.	Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado: Norma D-422 (02) - Método MTC E 107(00)	Und.	30	90	2,700.00
5.3.	Límite Líquido (MALLA N° 40): Norma D-4318 (00) - Método MTC E 110(00)	Und.	30	60	1,800.00
5.4.	Límite Plástico (MALLA N° 40): Norma D-4318 (00) - Método MTC E 110(00)	Und.	30	60	1,800.00
5.5.	Clasificación de Suelos para propósitos de Ingeniería (SUCS): Norma D - 2487 (93)	Und.	4	210	840.00
5.6.	Clasificación de Suelos para el uso en Vías de Transporte (AASHTO): Norma D - 3282 (04)				
5.7.	Peso Unitario: Método MTC E 203(00)	Und.	4	120	480.00
5.8.	Corte directo: Norma D-3080	Und.	4	420	1,680.00
6	SUPERVISIÓN, TRABAJADORES E INFORME FINAL				
6.1.	Supervisor de Geología (Residente de Proyecto)	Global	1	10000	10,000.00
6.2.	Supervisor de Seguridad y Salud en el Trabajo	Global	1	8000	8,000.00
6.3.	Perforista y (02) ayudantes de perforación	Global	1	10000	10,000.00
6.4.	Informe Final	Und.	1	5000	5,000.00
				TOTAL S/	150,580.00

ANEXO VII

REGISTRO ESTRATIGRÁFICO DE PERFORACIONES DIAMANTINAS



"ANÁLISIS GEOTÉCNICO DEL SUELO EN EL ÁREA DE LOS ESTRIBOS DEL PUENTE AÉREO (SOBRE NIVEL) AV. PERÚ, VÍA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO SANTA MARÍA, PROVINCIA BARRANCA – PERÚ"																					
DESCRIPCIÓN VISUAL DE LA TEXTURA DEL SUBSUELO																					
(1)Estimar el % de los tamaños[Boleos (>10"), Grava (0.08 a 10"), Arena (1/16 a 2 mm), Finos (<1/16 mm)] utilizando los términos siguientes: Traza (< 5%),Muy poco (5-10%), Poco (15-25%), Algunos cuantos(30-45%), Muchos (>50%). (2) Angularidad Y Forma de la grava y boleos (3)Tipo de roca original (4)Compacidad ó Consistencia. (5)Plasticidad de los finos. (6)Color del suelo en condiciones húmedas. (7)Reaccion al ácido clorhídrico.																					
PROFUNDIDAD (m)	DIÁMETRO		RETORNO AGUA PERFORACIÓN	N° DE CAJAS DE TESTIGOS		PROGRESIVA COORDENADAS UTM			PERFIL GEOLOGICO	SUCS (DESCRIPCIÓN BASADA EN OBSERVACION DE CAMPO)	RECUPERACIÓN (%)	PARÁMETROS DE RESISTENCIA DEL SUELO									
	PERFORACIÓN	REVESTIMIENTO, DE PERFORACIÓN		COLOR	PÉRDIDA %	LOCALIZACIÓN	REGISTRO DE SONDEO	NIVEL FREÁTICO FINAL(m)				FECHA DE INICIO	FECHA DE FINALIZACIÓN	MÁQUINA PERFORADORA	SUPERVISADO POR	REGISTRADO POR	DIBUJADO POR	PERFORISTA	SPT ó Cono Peck	N° de golpes	
10.5	HQ			GRIS CLARO	20%	0.60	03	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados a redondeados, compacidad densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 5%, 1" = 20%, 1 1/2" = 25%, 2 1/2" = 20%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio a grueso 30%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.				GP									
11.0	HQ		0.60			03	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1" = 10%, 1 1/2" = 20%, 3" = 20%, 4 1/2" = 30%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio a grueso 20%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.				GP										
11.5	HQ		0.60			03	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 5%, 1" = 15%, 1 1/2" = 30%, 2" = 10%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio a grueso 40%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.				GP										
12.0	HQ		0.60	03	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1" = 10%, 1 1/2" = 20%, 2" = 15%, 3 1/2" = 25%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio a grueso 30%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.				GP												
12.5	HQ		0.60	03	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1" = 10%, 1 1/2" = 40%, 2" = 20%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio a grueso 30%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.				GP												
13.0	HQ		0.60	03	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1 1/2" = 15%, 2" = 5%, 2 1/2" = 15%, 3" = 15%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio a grueso 50%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.				GP												
13.5	HQ		0.60	03	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1" = 10%, 1 1/2" = 20%, 2" = 15%, 3 1/2" = 25%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio a grueso 30%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.				GP												
14.0	HQ		0.60	03	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1" = 10%, 1 1/2" = 30%, 2" = 5%, 2 1/2" = 15%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio a grueso 40%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.				GP												
14.5	HQ		0.60	03	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 5%, 1" = 25%, 1 1/2" = 30%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio 40%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.				GP												
15.0	HQ		0.60	03	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1" = 10%, 1 1/2" = 25%, 2" = 15%, 3" = 20%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio 30%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.				GP												
15.5	NQ		0.60	04	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados a redondeados, compacidad densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 5%, 1" = 15%, 1 1/2" = 35%, 4" = 25%, 3" = 20%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio 20%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.				GP												
16.0	NQ		0.60	04	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1" = 15%, 1 1/2" = 30%, 3 1/2" = 25%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio 30%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.				GP												
16.5	NQ		0.60	04	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 5%, 1" = 15%, 1 1/2" = 25%, 2" = 15%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio 40%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.				GP												
17.0	NQ		0.60	04	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1" = 10%, 1 1/2" = 25%, 2" = 15%, 3" = 20%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio 30%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.				GP												
17.5	NQ		0.60	04	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 5%, 1" = 10%, 1 1/2" = 30%, 2 1/2" = 15%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio 40%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.				GP												
18.0	NQ		0.60	04	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 5%, 1" = 10%, 1 1/2" = 25%, 2" = 5%, 2 1/2" = 15%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio 40%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.				GP												
18.5	NQ		0.60	04	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 5%, 1" = 20%, 1 1/2" = 25%, 3 1/2" = 20%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio 30%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.				GP												
19.0	NQ		0.60	04	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 5%, 1" = 20%, 1 1/2" = 25%, 3 1/2" = 20%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio 30%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.				GP												
19.5	NQ		0.60	04	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 5%, 1" = 20%, 1 1/2" = 25%, 3 1/2" = 20%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio 30%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.				GP												
20.0	NQ		0.60	04	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 5%, 1" = 20%, 1 1/2" = 25%, 3 1/2" = 20%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio 30%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.				GP												
LEYENDA																					
REVESTIMIENTO % RECUPERACION NIVEL FREATICO																					
																					

"ANÁLISIS GEOTÉCNICO DEL SUELO EN EL ÁREA DE LOS ESTRIBOS DEL PUENTE AÉREO (SOBRE NIVEL) AV. PERÚ, VÍA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO SANTA MARÍA, PROVINCIA BARRANCA – PERÚ"																	
DESCRIPCIÓN VISUAL DE LA TEXTURA DEL SUBSUELO																	
(1)Estimar el % de los tamaños[Boleos (>10"), Grava (0.08 a 10"), Arena (1/16 a 2 mm), Finos (<1/16 mm)] utilizando los términos siguientes: Traza (< 5%),Muy poco (5-10%), Poco (15-25%), Algunos cuantos(30-45%), Muchos (>50%). (2) Angularidad Y Forma de la grava y boleos (3)Tipo de roca original (4)Compacidad ó Consistencia. (5)Plasticidad de los finos. (6)Color del suelo en condiciones húmedas. (7)Reaccion al ácido clorhídrico.																	
PROFUNDIDAD (m)	DIÁMETRO		RETORNO AGUA PERFORACIÓN		N° DE CAJAS DE TESTIGOS		LONGITUD DE CORRIDA DE PERFORACIÓN (m)		PROGRESIVA : --- COORDENADAS UTM N: 8 773 575.94 E: 217 843.20 COTA DE BOCA (msnm) : 81.466 PROFUNDIDAD PROGRAMADA (m) : 25.00 m. PROFUNDIDAD EJECUTADA (m) : 25.00 m.				PERFIL GEOLÓGICO	SUCS (DESCRIPCIÓN BASADA EN OBSERVACIÓN DE CAMPO)	RECUPERACIÓN (%)	PARÁMETROS DE RESISTENCIA DEL SUELO	
	PERFORACIÓN	REVESTIMIENTO DE PERFORACIÓN	COLOR	PÉRDIDA %					LOCALIZACIÓN : Av. Panamericana REGISTRO DE SONDEO : P - 01 NIVEL FREÁTICO FINAL(m) : NO PRESENTA FECHA DE INICIO : 14/02/2015 FECHA DE FINALIZACIÓN : 18/02/2015	MÁQUINA PERFORADORA : Longyear 44 SUPERVISADO POR : GMI S.A. REGISTRADO POR : Angel Minés DIBUJADO POR : Angel Minés PERFORISTA : Ernesto Mancilla	SPT ó Cono Peck N° de golpes						
20.5 21.0 21.5 22.0 22.5 23.0 23.5 24.0 24.5 25.0	NQ	GRIS CLARO	20%	05	0.60						GP						
					0.60	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 5%, 1" = 25%, 1 1/2" = 30%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio 40%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.					GP						
					0.60	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 5%, 1" = 25%, 1 1/2" = 30%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio 40%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.					GP						
					0.60	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 5%, 1" = 15%, 1 1/2" = 25%, 2 1/2" = 15%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio 40%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.					GP						
					0.60	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 5%, 1" = 15%, 1 1/2" = 20%, 2" = 20%, 2 1/2" = 15%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio 25%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.					GP						
					0.60	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 5%, 1" = 20%, 1 1/2" = 25%, 2" = 10%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio 40%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.					GP						
					0.60	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados a redondeados, compacidad densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 5%, 1" = 25%, 1 1/2" = 40, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio 30%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.					GP						
					0.60	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 5%, 1" = 20%, 1 1/2" = 35, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio 40%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.					GP						
					0.60	Bolonería 5" = 30% con materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1" = 15%, 1 1/2" = 10%, 2" = 15%, sustentada en una matriz arenosa de grano medio 30%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.					GP						
					25.5 26.0 26.5 27.0 27.5 28.0 28.5 29.0 29.5 30.0	NQ	GRIS CLARO	20%	05	0.60							
0.60																	
0.60																	
0.60																	
0.60																	
0.60																	
0.60																	
0.60																	
0.60																	
0.60																	

LEYENDA

REVESTIMIENTO

% RECUPERACION

NIVEL FREATICO

GW

GP

GM

GC

SW

SP

SM

SC

ML

CL

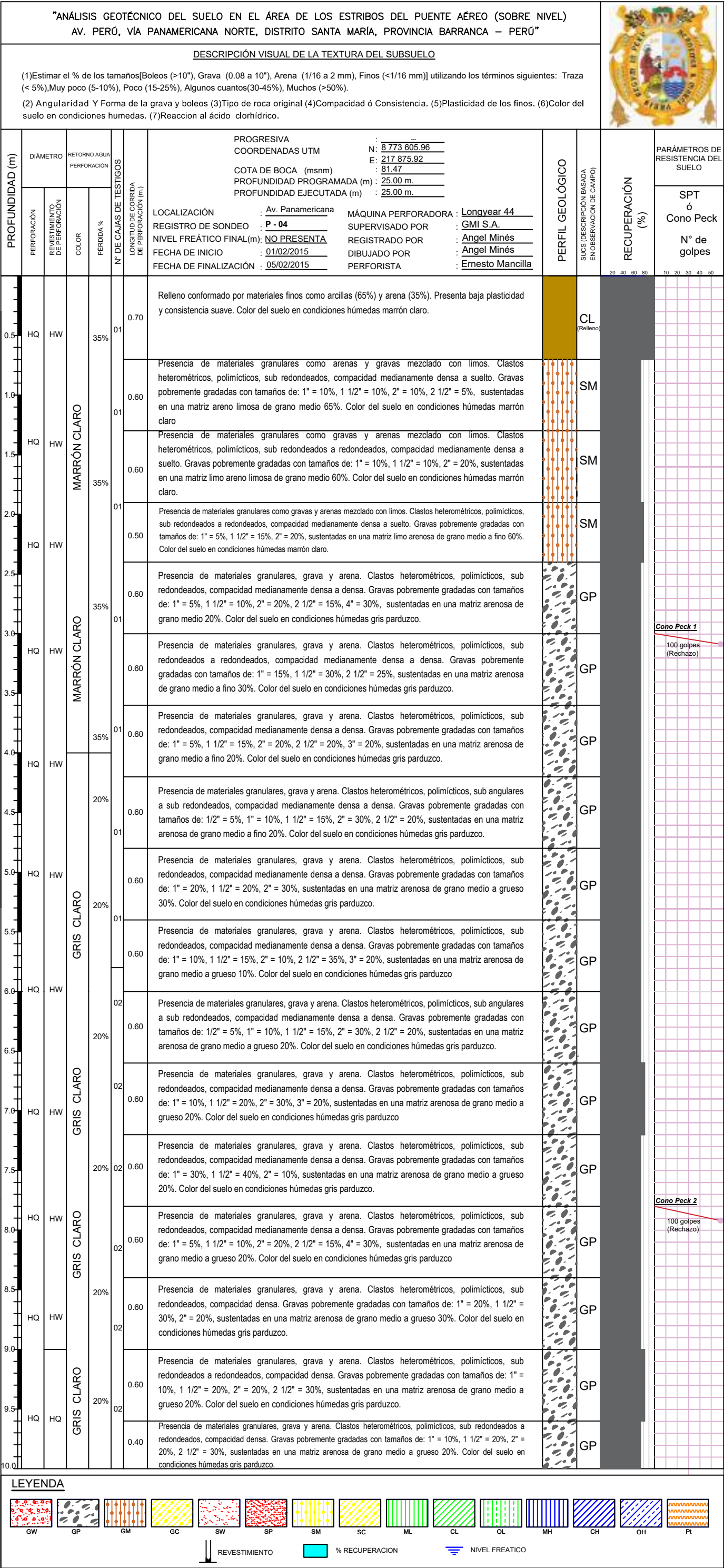
OL

MH

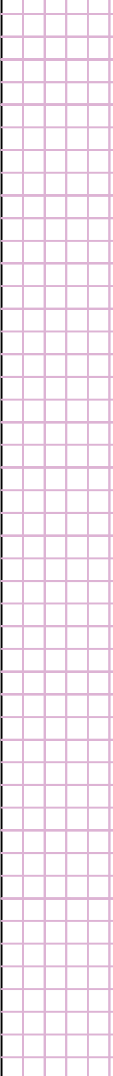
CH

OH

Pt



"ANÁLISIS GEOTÉCNICO DEL SUELO EN EL ÁREA DE LOS ESTRIBOS DEL PUENTE AÉREO (SOBRE NIVEL) AV. PERÚ, VÍA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO SANTA MARÍA, PROVINCIA BARRANCA – PERÚ"																																																																																																																																																																																																																																		
DESCRIPCIÓN VISUAL DE LA TEXTURA DEL SUBSUELO																																																																																																																																																																																																																																		
(1) Estimar el % de los tamaños[Boleos (>10"), Grava (0.08 a 10"), Arena (1/16 a 2 mm), Finos (<1/16 mm)] utilizando los términos siguientes: Traza (< 5%),Muy poco (5-10%), Poco (15-25%), Algunos cuantos(30-45%), Muchos (>50%). (2) Angularidad Y Forma de la grava y boleos (3)Tipo de roca original (4)Compacidad ó Consistencia. (5)Plasticidad de los finos. (6)Color del suelo en condiciones húmedas. (7)Reaccion al ácido clorhídrico.																																																																																																																																																																																																																																		
<table><tr><td rowspan="2">PROFUNDIDAD (m)</td><td rowspan="2">DIÁMETRO</td><td rowspan="2">RETORNO AGUA PERFORACIÓN</td><td rowspan="2">N° DE CAJAS DE TESTIGOS</td><td rowspan="2">LONGITUD DE CORRIENDA DE PERFORACIÓN (m)</td><td colspan="2">PROGRESIVA : _____</td><td rowspan="2">PERFIL GEOLÓGICO</td><td rowspan="2">SUCS (DESCRIPCIÓN BASADA EN OBSERVACIÓN DE CAMPO)</td><td rowspan="2">RECUPERACIÓN (%)</td><td rowspan="2">PARÁMETROS DE RESISTENCIA DEL SUELO</td></tr><tr><td colspan="2">COORDENADAS UTM N: 8 773 605.96 E: 217 875.92</td></tr><tr><td rowspan="2">PERFORACIÓN</td><td rowspan="2">REVESTIMIENTO DE PERFORACIÓN</td><td rowspan="2">COLOR</td><td rowspan="2">PÉRDIDA %</td><td rowspan="2">LOCALIZACIÓN : Av. Panamericana</td><td colspan="2">COTA DE BOCA (msnm) : 81.47</td><td rowspan="2">MÁQUINA PERFORADORA : Longyear 44</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">SPT ó Cono Peck</td></tr><tr><td colspan="2">PROFUNDIDAD PROGRAMADA (m) : 25.00 m.</td></tr><tr><td colspan="5"></td><td colspan="2">PROFUNDIDAD EJECUTADA (m) : 25.00 m.</td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr><tr><td colspan="5"></td><td colspan="2">REGISTRO DE SONDEO : P - 04</td><td colspan="2">SUPERVISADO POR : GMI S.A.</td><td colspan="2"></td></tr><tr><td colspan="5"></td><td colspan="2">NIVEL FREÁTICO FINAL(m): NO PRESENTA</td><td colspan="2">REGISTRADO POR : Angel Minés</td><td colspan="2"></td></tr><tr><td colspan="5"></td><td colspan="2">FECHA DE INICIO : 01/02/2015</td><td colspan="2">DIBUJADO POR : Angel Minés</td><td colspan="2"></td></tr><tr><td colspan="5"></td><td colspan="2">FECHA DE FINALIZACIÓN : 05/02/2015</td><td colspan="2">PERFORISTA : Ernesto Mancilla</td><td colspan="2"></td></tr></table>											PROFUNDIDAD (m)	DIÁMETRO	RETORNO AGUA PERFORACIÓN	N° DE CAJAS DE TESTIGOS	LONGITUD DE CORRIENDA DE PERFORACIÓN (m)	PROGRESIVA : _____		PERFIL GEOLÓGICO	SUCS (DESCRIPCIÓN BASADA EN OBSERVACIÓN DE CAMPO)	RECUPERACIÓN (%)	PARÁMETROS DE RESISTENCIA DEL SUELO	COORDENADAS UTM N: 8 773 605.96 E: 217 875.92		PERFORACIÓN	REVESTIMIENTO DE PERFORACIÓN	COLOR	PÉRDIDA %	LOCALIZACIÓN : Av. Panamericana	COTA DE BOCA (msnm) : 81.47		MÁQUINA PERFORADORA : Longyear 44			SPT ó Cono Peck	PROFUNDIDAD PROGRAMADA (m) : 25.00 m.							PROFUNDIDAD EJECUTADA (m) : 25.00 m.											REGISTRO DE SONDEO : P - 04		SUPERVISADO POR : GMI S.A.									NIVEL FREÁTICO FINAL(m): NO PRESENTA		REGISTRADO POR : Angel Minés									FECHA DE INICIO : 01/02/2015		DIBUJADO POR : Angel Minés									FECHA DE FINALIZACIÓN : 05/02/2015		PERFORISTA : Ernesto Mancilla																																																																																																																																										
PROFUNDIDAD (m)	DIÁMETRO	RETORNO AGUA PERFORACIÓN	N° DE CAJAS DE TESTIGOS	LONGITUD DE CORRIENDA DE PERFORACIÓN (m)	PROGRESIVA : _____		PERFIL GEOLÓGICO	SUCS (DESCRIPCIÓN BASADA EN OBSERVACIÓN DE CAMPO)	RECUPERACIÓN (%)	PARÁMETROS DE RESISTENCIA DEL SUELO																																																																																																																																																																																																																								
					COORDENADAS UTM N: 8 773 605.96 E: 217 875.92																																																																																																																																																																																																																													
PERFORACIÓN	REVESTIMIENTO DE PERFORACIÓN	COLOR	PÉRDIDA %	LOCALIZACIÓN : Av. Panamericana	COTA DE BOCA (msnm) : 81.47		MÁQUINA PERFORADORA : Longyear 44			SPT ó Cono Peck																																																																																																																																																																																																																								
					PROFUNDIDAD PROGRAMADA (m) : 25.00 m.																																																																																																																																																																																																																													
					PROFUNDIDAD EJECUTADA (m) : 25.00 m.																																																																																																																																																																																																																													
					REGISTRO DE SONDEO : P - 04		SUPERVISADO POR : GMI S.A.																																																																																																																																																																																																																											
					NIVEL FREÁTICO FINAL(m): NO PRESENTA		REGISTRADO POR : Angel Minés																																																																																																																																																																																																																											
					FECHA DE INICIO : 01/02/2015		DIBUJADO POR : Angel Minés																																																																																																																																																																																																																											
					FECHA DE FINALIZACIÓN : 05/02/2015		PERFORISTA : Ernesto Mancilla																																																																																																																																																																																																																											
<table><tr><td rowspan="2">10.5</td><td rowspan="2">HQ</td><td rowspan="2">HQ</td><td rowspan="2">GRIS CLARO</td><td rowspan="2">20%</td><td rowspan="2">02</td><td rowspan="2">0.20</td><td rowspan="2">Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1" = 15%, 1 1/2" = 25%, 2" = 15%, 4 1/2" = 25%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio a fino 20%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.</td><td rowspan="2">GP</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td></tr><tr><td></td></tr><tr><td rowspan="2">11.0</td><td rowspan="2">HQ</td><td rowspan="2">HQ</td><td rowspan="2">GRIS CLARO</td><td rowspan="2">20%</td><td rowspan="2">02</td><td rowspan="2">0.60</td><td rowspan="2">Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad medianamente densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1" = 15%, 1 1/2" = 30%, 2" = 20%, 2 1/2" = 15%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio a fino 20%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.</td><td rowspan="2">GP</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td></tr><tr><td></td></tr><tr><td rowspan="2">11.5</td><td rowspan="2">HQ</td><td rowspan="2">HQ</td><td rowspan="2">GRIS CLARO</td><td rowspan="2">20%</td><td rowspan="2">03</td><td rowspan="2">0.60</td><td rowspan="2">Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1" = 5%, 1 1/2" = 15%, 2" = 10%, 3" = 25%, 4" = 25%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio a grueso 20%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.</td><td rowspan="2">GP</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td></tr><tr><td></td></tr><tr><td rowspan="2">12.0</td><td rowspan="2">HQ</td><td rowspan="2">HQ</td><td rowspan="2">GRIS CLARO</td><td rowspan="2">20%</td><td rowspan="2">03</td><td rowspan="2">0.60</td><td rowspan="2">Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1" = 30%, 1 1/2" = 35%, 2" = 15%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio 20%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.</td><td rowspan="2">GP</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td></tr><tr><td></td></tr><tr><td rowspan="2">12.5</td><td rowspan="2">HQ</td><td rowspan="2">HQ</td><td rowspan="2">GRIS CLARO</td><td rowspan="2">20%</td><td rowspan="2">03</td><td rowspan="2">0.50</td><td rowspan="2">Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 10%, 1" = 35%, 1 1/2" = 25%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio a grueso 30%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.</td><td rowspan="2">GP</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td></tr><tr><td></td></tr><tr><td rowspan="2">13.0</td><td rowspan="2">HQ</td><td rowspan="2">HQ</td><td rowspan="2">GRIS CLARO</td><td rowspan="2">20%</td><td rowspan="2">03</td><td rowspan="2">0.60</td><td rowspan="2">Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 10%, 1" = 20%, 1 1/2" = 15%, 2" = 25%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio a grueso 30%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.</td><td rowspan="2">GP</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td></tr><tr><td></td></tr><tr><td rowspan="2">13.5</td><td rowspan="2">HQ</td><td rowspan="2">HQ</td><td rowspan="2">GRIS CLARO</td><td rowspan="2">20%</td><td rowspan="2">03</td><td rowspan="2">0.60</td><td rowspan="2">Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 5%, 1" = 15%, 1 1/2" = 30%, 2" = 10%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio a grueso 40%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco</td><td rowspan="2">GP</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td></tr><tr><td></td></tr><tr><td rowspan="2">14.0</td><td rowspan="2">HQ</td><td rowspan="2">HQ</td><td rowspan="2">GRIS CLARO</td><td rowspan="2">20%</td><td rowspan="2">03</td><td rowspan="2">0.60</td><td rowspan="2">Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 5%, 1" = 20%, 1 1/2" = 30%, 2" = 15%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio 30%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.</td><td rowspan="2">GP</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td></tr><tr><td></td></tr><tr><td rowspan="2">14.5</td><td rowspan="2">HQ</td><td rowspan="2">HQ</td><td rowspan="2">GRIS CLARO</td><td rowspan="2">20%</td><td rowspan="2">03</td><td rowspan="2">0.60</td><td rowspan="2">Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 5%, 1" = 20%, 1 1/2" = 45%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio 30%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.</td><td rowspan="2">GP</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td></tr><tr><td></td></tr><tr><td rowspan="2">15.0</td><td rowspan="2">HQ</td><td rowspan="2">NQ</td><td rowspan="2">GRIS CLARO</td><td rowspan="2">20%</td><td rowspan="2">03</td><td rowspan="2">0.60</td><td rowspan="2">Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1" = 5%, 1 1/2" = 30%, 2 1/2" = 10%, 3" = 15%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio 40%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.</td><td rowspan="2">GP</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td></tr><tr><td></td></tr><tr><td rowspan="2">15.5</td><td rowspan="2">NQ</td><td rowspan="2">HQ</td><td rowspan="2">GRIS CLARO</td><td rowspan="2">20%</td><td rowspan="2">03</td><td rowspan="2">0.60</td><td rowspan="2">Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1" = 15%, 1 1/2" = 25%, 2" = 15%, 4" = 25%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio 20%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.</td><td rowspan="2">GP</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td></tr><tr><td></td></tr><tr><td rowspan="2">16.0</td><td rowspan="2">NQ</td><td rowspan="2">HQ</td><td rowspan="2">GRIS CLARO</td><td rowspan="2">20%</td><td rowspan="2">03</td><td rowspan="2">0.60</td><td rowspan="2">Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1" = 5%, 1 1/2" = 5%, 1" = 10%, 1 1/2" = 15%, 2" = 15%, 2 1/2" = 25%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio a grueso 30%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.</td><td rowspan="2">GP</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td></tr><tr><td></td></tr><tr><td rowspan="2">16.5</td><td rowspan="2">NQ</td><td rowspan="2">HQ</td><td rowspan="2">GRIS CLARO</td><td rowspan="2">20%</td><td rowspan="2">03</td><td rowspan="2">0.60</td><td rowspan="2">Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1" = 5%, 1 1/2" = 15%, 2" = 10%, 2 1/2" = 30%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio a grueso 40%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.</td><td rowspan="2">GP</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td></tr><tr><td></td></tr><tr><td rowspan="2">17.0</td><td rowspan="2">NQ</td><td rowspan="2">HQ</td><td rowspan="2">GRIS CLARO</td><td rowspan="2">20%</td><td rowspan="2">03</td><td rowspan="2">0.60</td><td rowspan="2">Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 5%, 1" = 10%, 1 1/2" = 15%, 2" = 15%, 2 1/2" = 25%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio a grueso 30%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.</td><td rowspan="2">GP</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td></tr><tr><td></td></tr><tr><td rowspan="2">17.5</td><td rowspan="2">NQ</td><td rowspan="2">HQ</td><td rowspan="2">GRIS CLARO</td><td rowspan="2">20%</td><td rowspan="2">04</td><td rowspan="2">0.60</td><td rowspan="2">Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 5%, 1" = 15%, 1 1/2" = 20%, 2" = 20%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio a grueso 40%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.</td><td rowspan="2">GP</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td></tr><tr><td></td></tr><tr><td rowspan="2">18.0</td><td rowspan="2">NQ</td><td rowspan="2">HQ</td><td rowspan="2">GRIS CLARO</td><td rowspan="2">20%</td><td rowspan="2">04</td><td rowspan="2">0.60</td><td rowspan="2">Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 5%, 1" = 15%, 1 1/2" = 15%, 2 1/2" = 25%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio a grueso 40%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.</td><td rowspan="2">GP</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td></tr><tr><td></td></tr><tr><td rowspan="2">18.5</td><td rowspan="2">NQ</td><td rowspan="2">NQ</td><td rowspan="2">GRIS CLARO</td><td rowspan="2">20%</td><td rowspan="2">04</td><td rowspan="2">0.60</td><td rowspan="2">Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 5%, 1" = 20%, 1 1/2" = 35%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio 40%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.</td><td rowspan="2">GP</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td></tr><tr><td></td></tr><tr><td rowspan="2">19.0</td><td rowspan="2">NQ</td><td rowspan="2">NQ</td><td rowspan="2">GRIS CLARO</td><td rowspan="2">20%</td><td rowspan="2">04</td><td rowspan="2">0.30</td><td rowspan="2">Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 5%, 1" = 25%, 1 1/2" = 15%, 2 1/2" = 15%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio 40%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.</td><td rowspan="2">GP</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td></tr><tr><td></td></tr></table>										10.5	HQ	HQ	GRIS CLARO	20%	02	0.20	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1" = 15%, 1 1/2" = 25%, 2" = 15%, 4 1/2" = 25%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio a fino 20%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.	GP				11.0	HQ	HQ	GRIS CLARO	20%	02	0.60	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad medianamente densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1" = 15%, 1 1/2" = 30%, 2" = 20%, 2 1/2" = 15%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio a fino 20%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.	GP				11.5	HQ	HQ	GRIS CLARO	20%	03	0.60	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1" = 5%, 1 1/2" = 15%, 2" = 10%, 3" = 25%, 4" = 25%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio a grueso 20%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.	GP				12.0	HQ	HQ	GRIS CLARO	20%	03	0.60	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1" = 30%, 1 1/2" = 35%, 2" = 15%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio 20%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.	GP				12.5	HQ	HQ	GRIS CLARO	20%	03	0.50	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 10%, 1" = 35%, 1 1/2" = 25%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio a grueso 30%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.	GP				13.0	HQ	HQ	GRIS CLARO	20%	03	0.60	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 10%, 1" = 20%, 1 1/2" = 15%, 2" = 25%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio a grueso 30%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.	GP				13.5	HQ	HQ	GRIS CLARO	20%	03	0.60	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 5%, 1" = 15%, 1 1/2" = 30%, 2" = 10%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio a grueso 40%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco	GP				14.0	HQ	HQ	GRIS CLARO	20%	03	0.60	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 5%, 1" = 20%, 1 1/2" = 30%, 2" = 15%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio 30%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.	GP				14.5	HQ	HQ	GRIS CLARO	20%	03	0.60	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 5%, 1" = 20%, 1 1/2" = 45%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio 30%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.	GP				15.0	HQ	NQ	GRIS CLARO	20%	03	0.60	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1" = 5%, 1 1/2" = 30%, 2 1/2" = 10%, 3" = 15%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio 40%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.	GP				15.5	NQ	HQ	GRIS CLARO	20%	03	0.60	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1" = 15%, 1 1/2" = 25%, 2" = 15%, 4" = 25%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio 20%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.	GP				16.0	NQ	HQ	GRIS CLARO	20%	03	0.60	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1" = 5%, 1 1/2" = 5%, 1" = 10%, 1 1/2" = 15%, 2" = 15%, 2 1/2" = 25%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio a grueso 30%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.	GP				16.5	NQ	HQ	GRIS CLARO	20%	03	0.60	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1" = 5%, 1 1/2" = 15%, 2" = 10%, 2 1/2" = 30%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio a grueso 40%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.	GP				17.0	NQ	HQ	GRIS CLARO	20%	03	0.60	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 5%, 1" = 10%, 1 1/2" = 15%, 2" = 15%, 2 1/2" = 25%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio a grueso 30%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.	GP				17.5	NQ	HQ	GRIS CLARO	20%	04	0.60	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 5%, 1" = 15%, 1 1/2" = 20%, 2" = 20%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio a grueso 40%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.	GP				18.0	NQ	HQ	GRIS CLARO	20%	04	0.60	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 5%, 1" = 15%, 1 1/2" = 15%, 2 1/2" = 25%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio a grueso 40%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.	GP				18.5	NQ	NQ	GRIS CLARO	20%	04	0.60	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 5%, 1" = 20%, 1 1/2" = 35%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio 40%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.	GP				19.0	NQ	NQ	GRIS CLARO	20%	04	0.30	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 5%, 1" = 25%, 1 1/2" = 15%, 2 1/2" = 15%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio 40%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.	GP				Cono Peck 3 100 golpes (Rechazo) Cono Peck 4 100 golpes (Rechazo)
10.5	HQ	HQ	GRIS CLARO	20%	02	0.20	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1" = 15%, 1 1/2" = 25%, 2" = 15%, 4 1/2" = 25%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio a fino 20%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.	GP																																																																																																																																																																																																																										
11.0	HQ	HQ	GRIS CLARO	20%	02	0.60	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad medianamente densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1" = 15%, 1 1/2" = 30%, 2" = 20%, 2 1/2" = 15%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio a fino 20%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.	GP																																																																																																																																																																																																																										
11.5	HQ	HQ	GRIS CLARO	20%	03	0.60	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1" = 5%, 1 1/2" = 15%, 2" = 10%, 3" = 25%, 4" = 25%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio a grueso 20%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.	GP																																																																																																																																																																																																																										
12.0	HQ	HQ	GRIS CLARO	20%	03	0.60	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1" = 30%, 1 1/2" = 35%, 2" = 15%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio 20%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.	GP																																																																																																																																																																																																																										
12.5	HQ	HQ	GRIS CLARO	20%	03	0.50	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 10%, 1" = 35%, 1 1/2" = 25%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio a grueso 30%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.	GP																																																																																																																																																																																																																										
13.0	HQ	HQ	GRIS CLARO	20%	03	0.60	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 10%, 1" = 20%, 1 1/2" = 15%, 2" = 25%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio a grueso 30%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.	GP																																																																																																																																																																																																																										
13.5	HQ	HQ	GRIS CLARO	20%	03	0.60	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 5%, 1" = 15%, 1 1/2" = 30%, 2" = 10%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio a grueso 40%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco	GP																																																																																																																																																																																																																										
14.0	HQ	HQ	GRIS CLARO	20%	03	0.60	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 5%, 1" = 20%, 1 1/2" = 30%, 2" = 15%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio 30%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.	GP																																																																																																																																																																																																																										
14.5	HQ	HQ	GRIS CLARO	20%	03	0.60	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 5%, 1" = 20%, 1 1/2" = 45%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio 30%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.	GP																																																																																																																																																																																																																										
15.0	HQ	NQ	GRIS CLARO	20%	03	0.60	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1" = 5%, 1 1/2" = 30%, 2 1/2" = 10%, 3" = 15%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio 40%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.	GP																																																																																																																																																																																																																										
15.5	NQ	HQ	GRIS CLARO	20%	03	0.60	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1" = 15%, 1 1/2" = 25%, 2" = 15%, 4" = 25%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio 20%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.	GP																																																																																																																																																																																																																										
16.0	NQ	HQ	GRIS CLARO	20%	03	0.60	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1" = 5%, 1 1/2" = 5%, 1" = 10%, 1 1/2" = 15%, 2" = 15%, 2 1/2" = 25%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio a grueso 30%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.	GP																																																																																																																																																																																																																										
16.5	NQ	HQ	GRIS CLARO	20%	03	0.60	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1" = 5%, 1 1/2" = 15%, 2" = 10%, 2 1/2" = 30%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio a grueso 40%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.	GP																																																																																																																																																																																																																										
17.0	NQ	HQ	GRIS CLARO	20%	03	0.60	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 5%, 1" = 10%, 1 1/2" = 15%, 2" = 15%, 2 1/2" = 25%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio a grueso 30%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.	GP																																																																																																																																																																																																																										
17.5	NQ	HQ	GRIS CLARO	20%	04	0.60	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 5%, 1" = 15%, 1 1/2" = 20%, 2" = 20%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio a grueso 40%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.	GP																																																																																																																																																																																																																										
18.0	NQ	HQ	GRIS CLARO	20%	04	0.60	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 5%, 1" = 15%, 1 1/2" = 15%, 2 1/2" = 25%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio a grueso 40%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.	GP																																																																																																																																																																																																																										
18.5	NQ	NQ	GRIS CLARO	20%	04	0.60	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 5%, 1" = 20%, 1 1/2" = 35%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio 40%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.	GP																																																																																																																																																																																																																										
19.0	NQ	NQ	GRIS CLARO	20%	04	0.30	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 5%, 1" = 25%, 1 1/2" = 15%, 2 1/2" = 15%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio 40%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.	GP																																																																																																																																																																																																																										
LEYENDA																																																																																																																																																																																																																																		
<table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>GW</td><td>GP</td><td>GM</td><td>GC</td><td>SW</td><td>SP</td><td>SM</td><td>SC</td><td>ML</td><td>CL</td><td>OL</td><td>MH</td><td>CH</td><td>OH</td><td>Pt</td></tr></table>																										GW	GP	GM	GC	SW	SP	SM	SC	ML	CL	OL	MH	CH	OH	Pt																																																																																																																																																																																										
																																																																																																																																																																																																																																		
GW	GP	GM	GC	SW	SP	SM	SC	ML	CL	OL	MH	CH	OH	Pt																																																																																																																																																																																																																				
<table><tr><td></td><td>REVESTIMIENTO</td><td></td><td>% RECUPERACION</td><td></td><td>NIVEL FREÁTICO</td></tr></table>												REVESTIMIENTO		% RECUPERACION		NIVEL FREÁTICO																																																																																																																																																																																																																		
	REVESTIMIENTO		% RECUPERACION		NIVEL FREÁTICO																																																																																																																																																																																																																													

"ANÁLISIS GEOTÉCNICO DEL SUELO EN EL ÁREA DE LOS ESTRIBOS DEL PUENTE AÉREO (SOBRE NIVEL) AV. PERÚ, VÍA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO SANTA MARÍA, PROVINCIA BARRANCA – PERÚ"													
DESCRIPCIÓN VISUAL DE LA TEXTURA DEL SUBSUELO													
(1)Estimar el % de los tamaños[Boleos (>10"), Grava (0.08 a 10"), Arena (1/16 a 2 mm), Finos (<1/16 mm)] utilizando los términos siguientes: Traza (< 5%),Muy poco (5-10%), Poco (15-25%), Algunos cuantos(30-45%), Muchos (>50%).													
(2) Angularidad Y Forma de la grava y boleos (3)Tipo de roca original (4)Compacidad ó Consistencia. (5)Plasticidad de los finos. (6)Color del suelo en condiciones húmedas. (7)Reaccion al ácido clorhídrico.													
PROFUNDIDAD (m)	DIÁMETRO		RETORNO AGUA PERFORACIÓN		N° DE CAJAS DE TESTIGOS	LONGITUD DE CORRIDA DE PERFORACIÓN (m.)	PROGRESIVA : —		PERFIL GEOLÓGICO	SUCS (DESCRIPCIÓN BASADA EN OBSERVACIÓN DE CAMPO)	RECUPERACIÓN (%)	PARÁMETROS DE RESISTENCIA DEL SUELO	
	PERFORACIÓN	REVESTIMIENTO DE PERFORACIÓN	COLOR	PÉRDIDA %			COORDENADAS UTM N: 8 773 605.96 E: 217 875.92 COTA DE BOCA (msnm) : 81.47 PROFUNDIDAD PROGRAMADA (m) : 25.00 m. PROFUNDIDAD EJECUTADA (m) : 25.00 m.	LOCALIZACIÓN : Av. Panamericana REGISTRO DE SONDEO : P - 04 NIVEL FREÁTICO FINAL(m): NO PRESENTA FECHA DE INICIO : 01/02/2015 FECHA DE FINALIZACIÓN : 05/02/2015				MÁQUINA PERFORADORA : Longyear 44 SUPERVISADO POR : GMI S.A. REGISTRADO POR : Angel Minés DIBUJADO POR : Angel Minés PERFORISTA : Ernesto Mancilla	SPT ó Cono Peck N° de golpes
20.5	NQ		NQ		20%	02	0.30	Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 5%, 1" = 25%, 1 1/2" = 15%, 2 1/2" = 15%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio 40%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.		GP			
21.0	NQ		NQ	0.60			Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 5%, 1" = 20%, 1 1/2" = 20%, 3" = 15%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio 40%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.		GP				
21.5	NQ		NQ	0.60			Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 5%, 1" = 15%, 1 1/2" = 20%, 2" = 10%, 3" = 20%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio 30%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco		GP				
22.0	NQ		NQ	0.60			Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 5%, 1" = 25%, 1 1/2" = 25%, 2" = 15%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio 30%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco		GP				
22.5	NQ		NQ	0.60			Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 5%, 1" = 10%, 1 1/2" = 25%, 2" = 15%, 2 1/2" = 15%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio 30%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.		GP				
23.0	NQ		NQ	0.60			Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1" = 10%, 1 1/2" = 15%, 2" = 10%, 2 1/2" = 15%, 4" = 30%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio 20%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.		GP				
23.5	NQ		NQ	0.60			Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1" = 5%, 1 1/2" = 20%, 2" = 10%, 2 1/2" = 15%, 3" = 20%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio 30%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco		GP				
24.0	NQ		NQ	0.60			Presencia de materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1" = 10%, 1 1/2" = 15%, 2" = 10%, 3" = 15%, 3 1/2" = 20%, sustentadas en una matriz arenosa de grano medio 30%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.		GP				
24.5	NQ		NQ	0.50			Bolonería 5" = 40% con materiales granulares, grava y arena. Clastos heterométricos, polimícticos, sub redondeados, compacidad densa a muy densa. Gravas pobremente gradadas con tamaños de: 1/2" = 5%, 1 1/2" = 10%, 2" = 15%, sustentada en una matriz arenosa de grano medio 20%. Color del suelo en condiciones húmedas gris parduzco.		GP				
25.0													
25.5													
26.0													
26.5													
27.0													
27.5													
28.0													
28.5													
29.0													
29.5													
30.0													

LEYENDA





REVESTIMIENTO



%

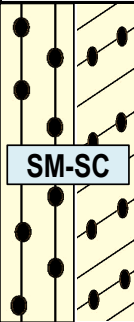
ANEXO VIII

REGISTRO ESTRATIGRÁFICO DE

CALICATAS

	UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS										
	ANEXO IV: REGISTRO ESTRATIGRÁFICO DE CALICATAS (ASTM D-2488)										
	ANÁLISIS GEOTÉCNICO DEL SUELO EN EL ÁREA DE LOS ESTRIBOS DEL PUENTE AÉREO (SOBRE NIVEL) AV. PERÚ, VÍA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO SANTA MARÍA, PROVINCIA BARRANCA – PERÚ										
PROYECTO :		"ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE AÉREO AV. PERÚ"									
			CALICATA		CG-01						
			CLIENTE		NORVIAL						
			REALIZADO POR		A. MINES						
			REVISADO POR		V. VÁSQUEZ						
			APROBADO POR		J. MELCHOR						
			COORDENADAS								
			E		217864						
			N		8773478						
ZONA		18L									
OBSERVACIONES											
DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA											
PROF. (m)	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	% Gravas	% Arenas	% Finos	Estructura	Angularidad	Compacidad	Consistencia	Resistencia en Estado Seco	MUESTRA
	MD	0.00 - 0.80: Relleno conformado por un material arenoso limoso, de color marrón claro de baja plasticidad.	-	-	-	-	-	Suelto	-	-	S/M
1.00	GP-GM	0.80 - 3.00: Gravas pobremente gradadas con limos; con presencia de bolonería de TM 8" (10%), de forma sub-redondeado, no plástica, de color marrón en estado húmedo.	53	37	10	Homogénea	Sub-redondeado	Medianamente denso	-	-	M-1
2.00											
3.00											

		UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS										
		ANEXO IV: REGISTRO ESTRATIGRÁFICO DE CALICATAS (ASTM D-2488)										
		ANÁLISIS GEOTÉCNICO DEL SUELO EN PROGRESIVAS KM 151 – KM 154, AUTOPISTA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO SANTA MARÍA, PROVINCIA BARRANCA – PERÚ										
PROYECTO :		"ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE AÉREO AV. PERÚ"										
		CALICATA		CG-02								
		CLIENTE		NORVIAL								
		REALIZADO POR		A. MINES								
		REVISADO POR		V. VÁSQUEZ								
		APROBADO POR		J. MELCHOR								
		COORDENADAS										
		E		217851								
		N		8773379								
ZONA		18L										
OBSERVACIONES												
DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA												
PROF. (m)	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	% Gravas	% Arenas	% Finos	Estructura	Angularidad	Compacidad	Consistencia	Resistencia en Estado Seco	MUESTRA	
	MD	0.00 - 0.70: Relleno conformado por un material arenoso limoso, de color marrón claro de baja plasticidad.	-	-	-	-	-	Suelto	-	-	S/M	
1.00	GP-GM	0.70 - 3.00: Gravas pobremente gradadas con limos; con presencia de bolonería de TM 9" (10%), de forma sub-redondeado, no plástica, de color marrón en estado húmedo	71	23	6	Homogénea	Sub-redondeado	Medianamente denso	-	-	M-1	
2.00												
3.00												

		UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS										
		ANEXO IV: REGISTRO ESTRATIGRÁFICO DE CALICATAS (ASTM D-2488)										
		ANÁLISIS GEOTÉCNICO DEL SUELO EN PROGRESIVAS KM 151 – KM 154, AUTOPISTA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO SANTA MARÍA, PROVINCIA BARRANCA – PERÚ										
PROYECTO :		"ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE AÉREO AV. PERÚ"										
			CALICATA		CG-03							
			CLIENTE		NORVIAL							
			REALIZADO POR		A. MINES							
			REVISADO POR		V. VÁSQUEZ							
			APROBADO POR		J. MELCHOR							
			COORDENADAS									
			E		217891							
			N		8773707							
		ZONA		18L								
		OBSERVACIONES										
DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA												
PROF. (m)	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	% Gravas	% Arenas	% Finos	Estructura	Angularidad	Compacidad	Consistencia	Resistencia en Estado Seco	MUESTRA	
	 SM-SC	0.00 - 1.50: Material Arena Limo Arcillosa, de color marrón claro de baja plasticidad.	-	55	45	Homogénea	-	Medianamente denso	-	-	M-1	
	 GP	1.50 - 3.00: Arena pobremente gradada con arena; con presencia de bolonería de TM 6" (10%), de forma sub-redondeado, no plástica, de color marrón claro en estado húmedo.	74	22	4	Homogénea	Sub-redondeado	Medianamente denso	-	-	M-2	

		UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS										
		ANEXO IV: REGISTRO ESTRATIGRÁFICO DE CALICATAS (ASTM D-2488)										
		ANÁLISIS GEOTÉCNICO DEL SUELO EN PROGRESIVAS KM 151 – KM 154, AUTOPISTA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO SANTA MARÍA, PROVINCIA BARRANCA – PERÚ										
PROYECTO :		"ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE AÉREO AV. PERÚ"										
		CALICATA		CG-04								
		CLIENTE		NORVIAL								
		REALIZADO POR		A. MINES								
		REVISADO POR		V. VÁSQUEZ								
		APROBADO POR		J. MELCHOR								
		COORDENADAS										
		E		217902								
		N		8773858								
ZONA		18L										
OBSERVACIONES												
DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA												
PROF. (m)	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	% Gravas	% Arenas	% Finos	Estructura	Angularidad	Compacidad	Consistencia	Resistencia en Estado Seco	MUESTRA	
0.00 1.00	SM-SC	0.00 - 1.40: Material Arena Limosa, de color marrón claro de baja plasticidad	-	60	40	Homogénea	-	Medianamente denso	-	-	M-1	
1.40 2.00 3.00	GP-GM	1.40 - 3.00: Grava pobremente gradada con arena, con presencia de bolonería de TM 7" (15%), de forma sub-redondeado, no plástica, de color marrón claro en estado húmedo.	64	33	3	Homogénea	Sub-redondeado	Medianamente denso	-	-	M-2	

ANEXO IX

RESULTADOS DE ENSAYOS DE

LABORATORIO

ENSAYOS ESTÁNDARES
PERFORACIONES



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

ANEXO VIII: RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO - PERFORACIONES

ANÁLISIS GEOTÉCNICO DEL SUELO EN EL ÁREA DE LOS ESTRIBOS DEL PUENTE AÉREO (SOBRE NIVEL) AV. PERÚ, VÍA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO SANTA MARÍA, PROVINCIA BARRANCA – PERÚ

DATOS DE LA MUESTRA

Proyecto : ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE SOBRE NIVEL AV. PERÚ
Solicitante : GMI S.A. INGENIEROS CONSULTORES
Perforación : P 01
Muestra : M - 2

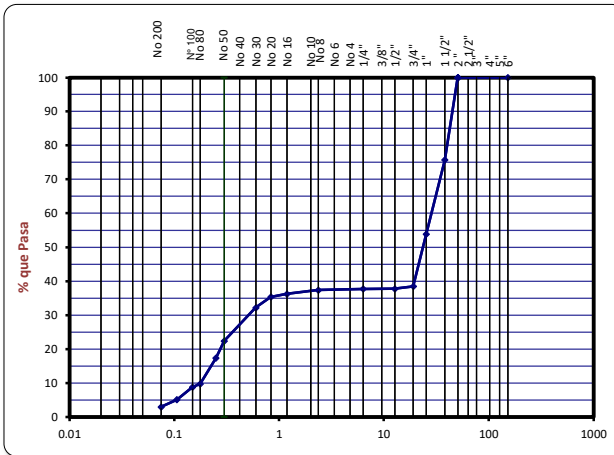
Cliente : NORVIAL
Ubicación : Lima - Lima
Profundidad : 2.40 - 10.60
Fecha : 10-03-15

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E 107 - 2000)

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				100.0
1 1/2"	38.100	492.8	24.3	24.3	75.7
1"	25.400	442.4	21.8	46.1	53.9
3/4"	19.050	311.9	15.4	61.5	38.5
1/2"	12.700	14.9	0.7	62.2	37.8
3/8"	9.525			62.2	37.8
1/4"	6.350	0.5	0.0	62.3	37.7
No. 4	4.760	2.0	0.1	62.4	37.6
No. 8	2.360	5.2	0.3	62.6	37.4
No. 10	2.000	2.2	0.1	62.7	37.3
No. 16	1.190	20.8	1.0	63.8	36.2
No. 20	0.834	17.9	0.9	64.6	35.4
No. 30	0.600	64.0	3.2	67.8	32.2
No. 40	0.420	91.1	4.5	72.3	27.7
No. 50	0.300	107.4	5.3	77.6	22.4
No. 60	0.250	102.7	5.1	82.6	17.4
No. 80	0.177	154.0	7.6	90.2	9.8
No. 100	0.149	19.6	1.0	91.2	8.8
No. 140	0.106	75.0	3.7	94.9	5.1
No. 200	0.075	42.2	2.1	97.0	3.0
-200		61.1	3.0	100.0	

CLASIFICACIÓN SUCS : GP
CLASIFICACIÓN AASHTO : A-1-a(1)

Grava pobremente graduada con arena



Peso Inicial (g) : 2027.70

Peso Fracción (g) :

DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

	LIMITE PLASTICO MTC E 111 - 2000	HUM. NAT. MTC E 108
Capsula Nro		13
Peso de la Capsula (g)		269.8
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	NP	2005.0
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)		2000.0
Peso del Agua (g)		5
Peso del Suelo Seco (g)		1730
Contenido de Humedad (%)		0.29
PROMEDIO	NP	0.29

	LIMITE LIQUIDO (MTC E 110 - 2000)
Capsula Nro	
Peso de la Capsula (g)	
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	NP
Numero de Golpes	
Peso del agua (g)	
Peso del Suelo Seco (g)	
Contenido de Humedad (%)	

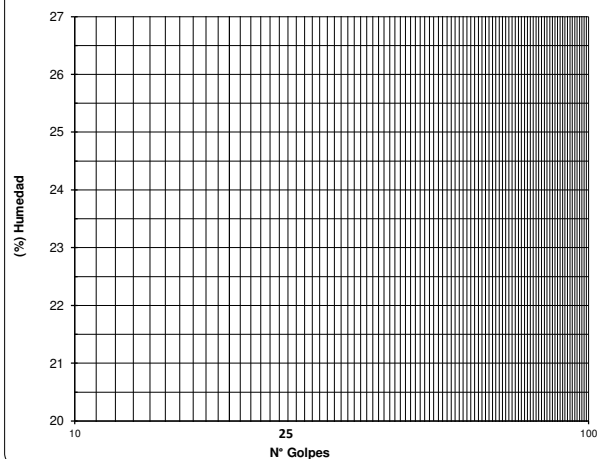
CONSTANTES FÍSICAS

LIMITE LIQUIDO : NP

LIMITE PLÁSTICO : NP

IND. PLASTICIDAD : NP

GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO





UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

ANEXO VIII: RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO - PERFORACIONES

ANÁLISIS GEOTÉCNICO DEL SUELO EN EL ÁREA DE LOS ESTRIBOS DEL PUENTE AÉREO (SOBRE NIVEL) AV. PERÚ, VÍA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO SANTA MARÍA, PROVINCIA BARRANCA – PERÚ

DATOS DE LA MUESTRA

Proyecto

: ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE AÉREO AV. PERÚ

Solicitante

: GMI S.A. INGENIEROS CONSULTORES

Perforación

: P 02

Muestra

: M - 2

Cliente

: NORVIAL

Ubicación

: Lima - Lima

Profundidad

: 2.35 - 25.00m

Fecha

: 21-03-15

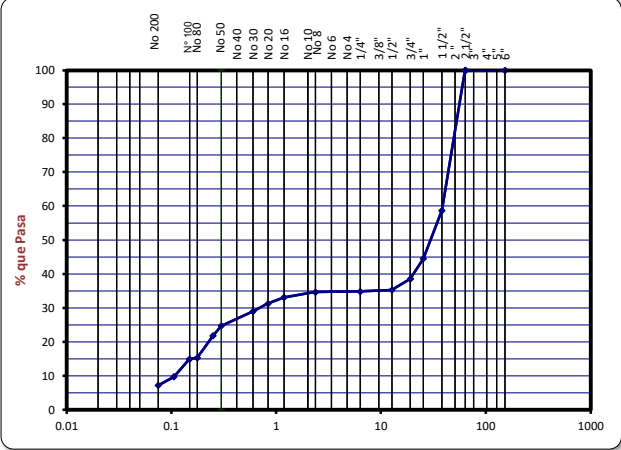
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(MTC E 107 - 2000)

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				100.0
2"	50.800	370.2	15.6	15.6	84.4
1 1/2"	38.100	610.9	25.7	41.3	58.7
1"	25.400	337.8	14.2	55.5	44.5
3/4"	19.050	140.7	5.9	61.4	38.6
1/2"	12.700	78.4	3.3	64.7	35.3
3/8"	9.525	8.0	0.3	65.1	34.9
1/4"	6.350	1.6	0.1	65.1	34.9
No. 4	4.760	0.4	0.0	65.1	34.9
No. 8	2.360	4.2	0.2	65.3	34.7
No. 10	2.000	2.1	0.1	65.4	34.6
No. 16	1.190	34.8	1.5	66.9	33.1
No. 20	0.834	44.0	1.9	68.7	31.3
No. 30	0.600	54.5	2.3	71.0	29.0
No. 40	0.420	52.7	2.2	73.2	26.8
No. 50	0.300	48.8	2.1	75.3	24.7
No. 60	0.250	68.8	2.9	78.2	21.8
No. 80	0.177	154.1	6.5	84.7	15.3
No. 100	0.149	9.9	0.4	85.1	14.9
No. 140	0.106	122.5	5.2	90.2	9.8
No. 200	0.075	61.4	2.6	92.8	7.2
-200		170.3	7.2	100.0	

CLASIFICACIÓN SUCS : GP-GM

CLASIFICACIÓN AASHTO : A-1-a(1)

Grava pobremente graduada con limo y arena



Peso Inicial (g) : 2376.10

Peso Fracción (g) :

DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

	LIMITE PLASTICO MTC E 111 - 2000	HUM. NAT. MTC E 108
Capsula Nro		7
Peso de la Capsula (g)		272.8
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	NP	2881.5
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	NP	2871.1
Peso del Agua (g)		10
Peso del Suelo Seco (g)		2598
Contenido de Humedad (%)		0.40
PROMEDIO	NP	0.40

LIMITE LIQUIDO
(MTC E 110 - 2000)

Capsula Nro		
Peso de la Capsula (g)		
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)		
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	NP	
Numero de Golpes		
Peso del agua (g)		
Peso del Suelo Seco (g)		
Contenido de Humedad (%)		

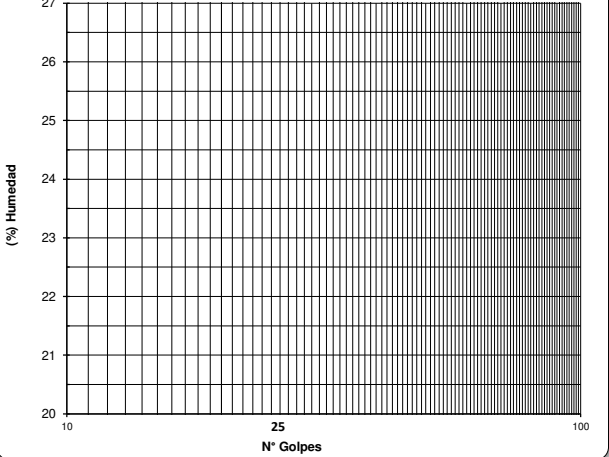
CONSTANTES FÍSICAS

LIMITE LIQUIDO : NP

LIMITE PLÁSTICO : NP

IND. PLASTICIDAD : NP

GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO





UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

ANEXO VIII: RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO - PERFORACIONES

ANÁLISIS GEOTÉCNICO DEL SUELO EN EL ÁREA DE LOS ESTRIBOS DEL PUENTE AÉREO (SOBRE NIVEL) AV. PERÚ, VÍA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO SANTA MARÍA, PROVINCIA BARRANCA – PERÚ

DATOS DE LA MUESTRA

Proyecto : ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE AÉREO AV. PERÚ
Solicitante : GMI S.A. INGENIEROS CONSULTORES
Perforación : P 03
Muestra : M - 2

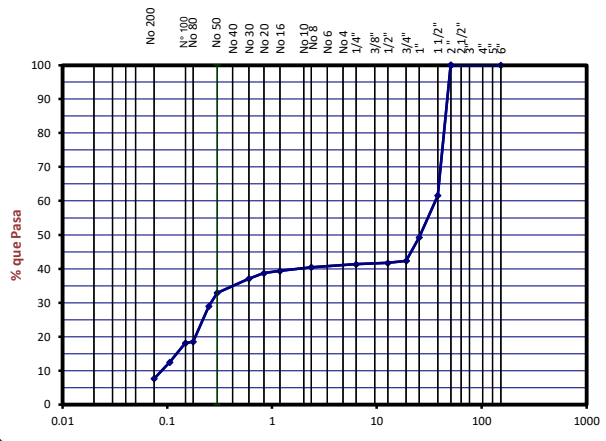
Cliente : NORVIAL
Ubicación : Lima - Lima
Profundidad : 1.20 - 25.00
Fecha : 10-03-15

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E 107 - 2000)

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				100.0
1 1/2"	38.100	689.4	38.4	38.4	61.6
1"	25.400	221.0	12.3	50.7	49.3
3/4"	19.050	123.5	6.9	57.6	42.4
1/2"	12.700	11.5	0.6	58.3	41.7
3/8"	9.525	3.9	0.2	58.5	41.5
1/4"	6.350	2.4	0.1	58.6	41.4
No. 4	4.760	1.3	0.1	58.7	41.3
No. 8	2.360	15.4	0.9	59.6	40.4
No. 10	2.000	2.5	0.1	59.7	40.3
No. 16	1.190	16.4	0.9	60.6	39.4
No. 20	0.834	11.7	0.7	61.3	38.7
No. 30	0.600	29.8	1.7	62.9	37.1
No. 40	0.420	33.7	1.9	64.8	35.2
No. 50	0.300	40.9	2.3	67.1	32.9
No. 60	0.250	70.2	3.9	71.0	29.0
No. 80	0.177	187.8	10.5	81.5	18.5
No. 100	0.149	7.6	0.4	81.9	18.1
No. 140	0.106	100.8	5.6	87.5	12.5
No. 200	0.075	86.1	4.8	92.3	7.7
-200		138.1	7.7	100.0	

CLASIFICACIÓN SUCS : GP-GM
CLASIFICACIÓN AASHTO : A-1-b(1)

Grava pobremente graduada con limo y arena



Peso Inicial (g) : 1794.00
Peso Fraccion (g) :

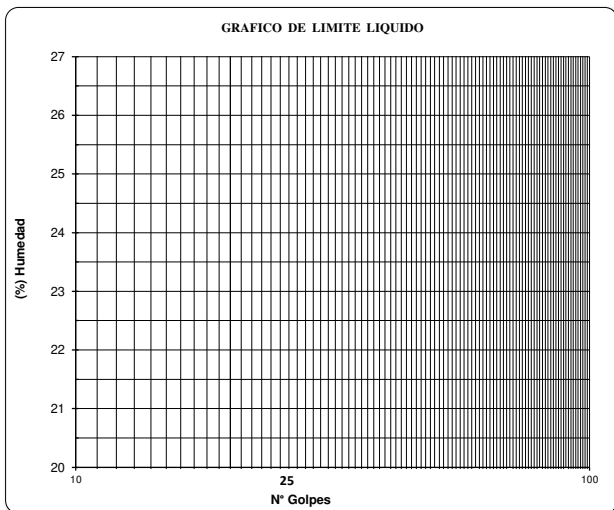
DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

	LIMITE PLASTICO MTC E 111 - 2000	HUM. NAT. MTC E 108
Capsula Nro		2
Peso de la Capsula (g)		490.2
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	NP	2291.4
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)		2284.2
Peso del Agua (g)		7
Peso del Suelo Seco (g)		1794
Contenido de Humedad (%)		0.40
PROMEDIO	NP	0.40

	LIMITE LIQUIDO (MTC E 110 - 2000)
Capsula Nro	
Peso de la Capsula (g)	
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	NP
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	
Numero de Golpes	
Peso del agua (g)	
Peso del Suelo Seco (g)	
Contenido de Humedad (%)	

CONSTANTES FÍSICAS

LIMITE LIQUIDO : NP
LIMITE PLÁSTICO : NP
IND. PLASTICIDAD : NP





UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

ANEXO VIII: RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO - PERFORACIONES

ANÁLISIS GEOTÉCNICO DEL SUELO EN EL ÁREA DE LOS ESTRIBOS DEL PUENTE AÉREO (SOBRE NIVEL) AV. PERÚ, VÍA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO SANTA MARÍA, PROVINCIA BARRANCA – PERÚ

DATOS DE LA MUESTRA

Proyecto

: ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE AÉREO AV. PERÚ

Cliente

: NORVIAL

Solicitante

: GMI S.A. INGENIEROS CONSULTORES

Ubicación

: Lima - Lima

Perforación

: P 04

Profundidad

: 2.40 - 25.00m

Muestra

: M - 3

Fecha

: 10-03-15

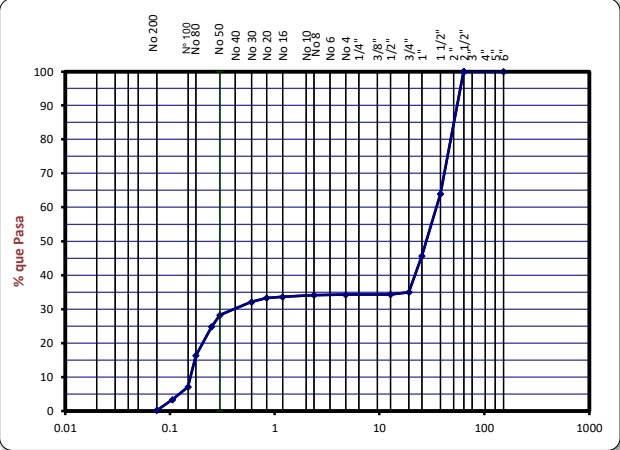
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(MTC E 107 - 2000)

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				100.0
2"	50.800	380.6	16.7	16.7	83.3
1 1/2"	38.100	442.8	19.4	36.0	64.0
1"	25.400	416.9	18.2	54.3	45.7
3/4"	19.050	245.0	10.7	65.0	35.0
1/2"	12.700	15.2	0.7	65.7	34.3
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
No. 4	4.760	1.0	0.0	65.7	34.3
No. 8	2.360	3.0	0.1	65.8	34.2
No. 10	2.000	2.0	0.1	65.9	34.1
No. 16	1.190	10.0	0.4	66.4	33.6
No. 20	0.834	8.0	0.4	66.7	33.3
No. 30	0.600	26.0	1.1	67.9	32.1
No. 40	0.420	40.0	1.8	69.6	30.4
No. 50	0.300	48.9	2.1	71.8	28.2
No. 60	0.250	78.1	3.4	75.2	24.8
No. 80	0.177	194.6	8.5	83.7	16.3
No. 100	0.149	210.3	9.2	92.9	7.1
No. 140	0.106	85.0	3.7	96.6	3.4
No. 200	0.075	71.1	3.1	99.7	0.3
-200		6.3	0.3	100.0	

CLASIFICACIÓN SUCS : GP

CLASIFICACIÓN AASHTO : A-1-b(1)

Grava pobremente graduada con arena



Peso Inicial (g) : 2284.80

Peso Fracción (g) :

DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

	LIMITE PLASTICO MTC E 111 - 2000	HUM. NAT. MTC E 108
Capsula Nro		3
Peso de la Capsula (g)		271.3
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	NP	1325.0
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)		1317.0
Peso del Agua (g)		8
Peso del Suelo Seco (g)		1046
Contenido de Humedad (%)		0.77
PROMEDIO	NP	0.77

	LIMITE LIQUIDO (MTC E 110 - 2000)
Capsula Nro	
Peso de la Capsula (g)	
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	NP
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	
Numero de Golpes	
Peso del agua (g)	
Peso del Suelo Seco (g)	
Contenido de Humedad (%)	

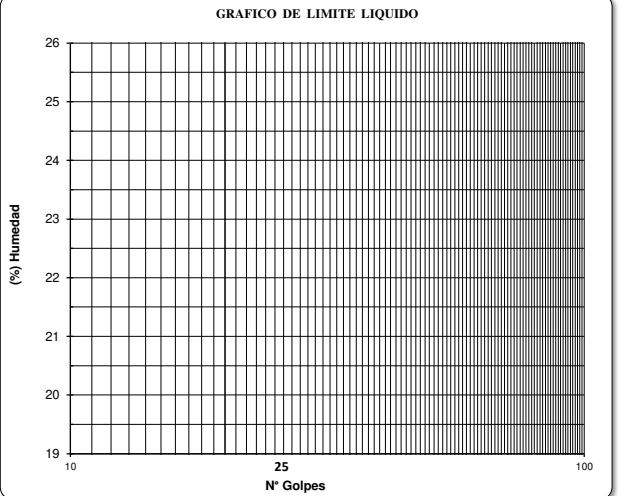
CONSTANTES FÍSICAS

LIMITE LIQUIDO : NP

LIMITE PLÁSTICO : NP

IND. PLASTICIDAD : NP

GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



**ENSAYOS DE CORTE DIRECTO
PERFORACIONES**



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

ANEXO VIII: RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ANÁLISIS GEOTÉCNICO DEL SUELO EN EL ÁREA DE LOS ESTRIBOS DEL PUENTE AÉREO (SOBRE NIVEL) AV. PERÚ, VÍA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO SANTA MARÍA, PROVINCIA BARRANCA – PERÚ

SOLICITANTE : GMI S.A. INGENIEROS CONSULTORES

PROYECTO : ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE AÉREO AV. PERÚ

CLIENTE : NORVIAL

UBICACIÓN : Lima - Lima

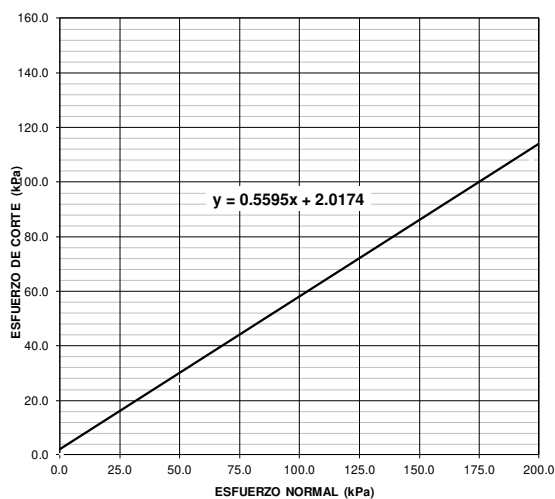
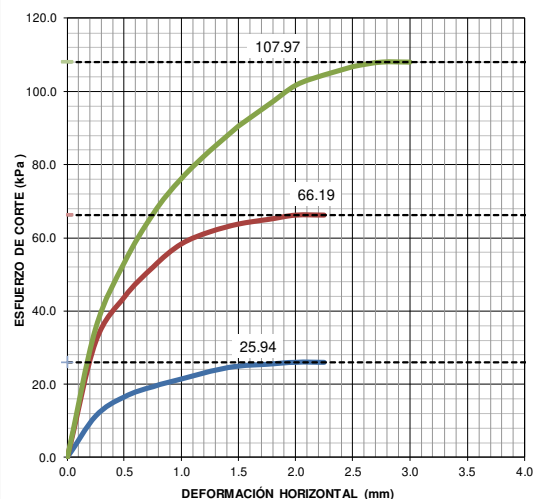
STANDARD TEST METHOD FOR DIRECT SHEAR TEST OF SOILS UNDER CONSOLIDATED DRAINED CONDITIONS ASTM D 3080 / D 3080M - 11

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACION P01-M2/6.00-6.60
PRESENTACION 01 Bolsa de polietileno
DESCRIPCION Arena Pobrememente Graduada con Limo(*)

CARACTERISTICAS DEL EQUIPO DE CORTE DIRECTO

MARCA ELE INTERNATIONAL
CERT. DE CALIBRACION 78-0260
N° DE SERIE 1885-1-3224



RESULTADOS DE ENSAYO

COHESIÓN (kPa)	2.02	ÁNGULO DE FRICCIÓN (ϕ)	28.3°
----------------	------	-------------------------------	-------

Referencias:

ASTM D 3080/3080-11 Standard test method for direct shear test of soils under consolidated drained conditions

OBSERVACIONES:

- (*) Ensayo realizado a la muestra pasante la malla N° 4.
- La muestra fue remoldeada a las condiciones de densidad y humedad proporcionada por el solicitante



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

ANEXO VIII: RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ANÁLISIS GEOTÉCNICO DEL SUELO EN EL ÁREA DE LOS ESTRIBOS DEL PUENTE AÉREO (SOBRE NIVEL) AV. PERÚ, VÍA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO SANTA MARÍA, PROVINCIA BARRANCA – PERÚ

SOLICITANTE : GMI S.A. INGENIEROS CONSULTORES

PROYECTO : ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE AÉREO AV. PERÚ

CLIENTE : NORVIAL

UBICACIÓN : Lima - Lima

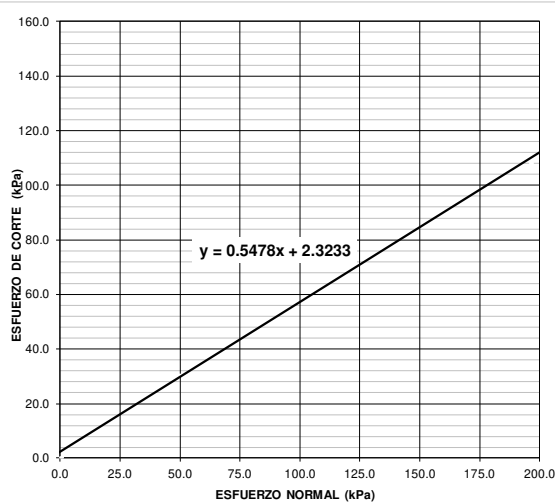
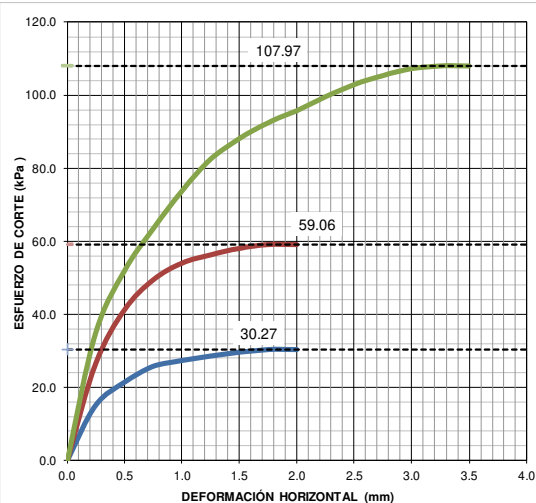
STANDARD TEST METHOD FOR DIRECT SHEAR TEST OF SOILS UNDER CONSOLIDATED DRAINED CONDITIONS ASTM D 3080 / D 3080M - 11

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACION P02-M2/6.50-7.10
PRESENTACION 01 Bolsa de polietileno
DESCRIPCION Arena Limosa(*)

CARACTERISTICAS DEL EQUIPO DE CORTE DIRECTO

MARCA ELE INTERNATIONAL
CERT. DE CALIBRACION 78-0260
N° DE SERIE 1885-1-3224



RESULTADOS DE ENSAYO

COHESIÓN (kPa)	2.32	ÁNGULO DE FRICCIÓN (ϕ)	27.7°
----------------	------	-------------------------------	-------

Referencias:

ASTM D 3080/3080-11 Standard test method for direct shear test of soils under consolidated drained conditions

OBSERVACIONES:

- (*) Ensayo realizado a la muestra pasante la malla N° 4.
- La muestra fue remoldeada a las condiciones de densidad y humedad proporcionada por el solicitante



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

ANEXO VIII: RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ANÁLISIS GEOTÉCNICO DEL SUELO EN EL ÁREA DE LOS ESTRIBOS DEL PUENTE AÉREO (SOBRE NIVEL) AV. PERÚ, VÍA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO SANTA MARÍA, PROVINCIA BARRANCA – PERÚ

SOLICITANTE : GMI S.A. INGENIEROS CONSULTORES

PROYECTO : ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE AÉREO AV. PERÚ

CLIENTE : NORVIAL

UBICACIÓN : Lima - Lima

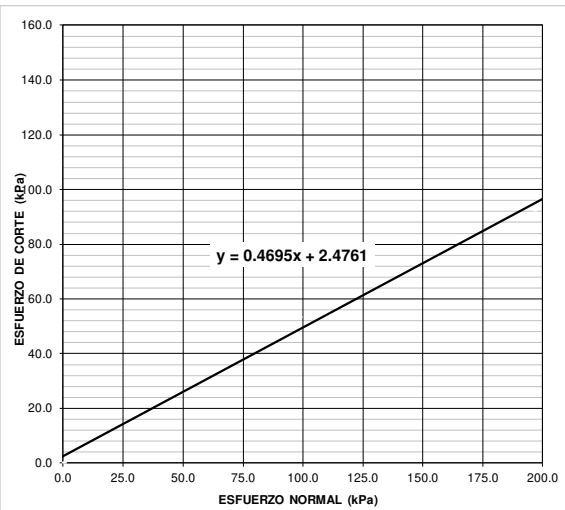
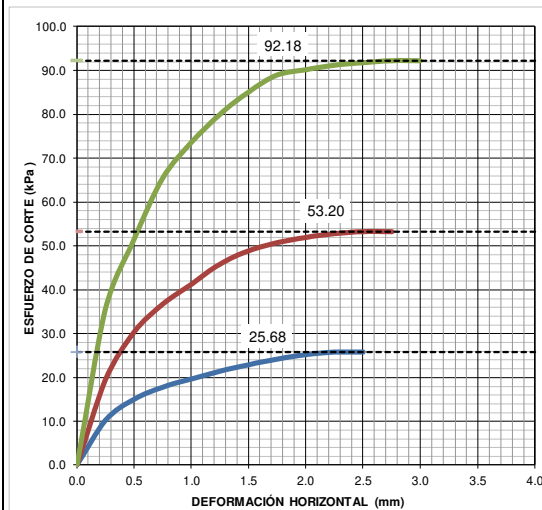
STANDARD TEST METHOD FOR DIRECT SHEAR TEST OF SOILS UNDER CONSOLIDATED DRAINED CONDITIONS ASTM D 3080 / D 3080M - 11

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACION P03-M2/5.20-5.80
PRESENTACION 01 Bolsa de polietileno
DESCRIPCION Arena Limosa(*)

CARACTERISTICAS DEL EQUIPO DE CORTE DIRECTO

MARCA ELE INTERNATIONAL
CERT. DE CALIBRACION 78-0260
N° DE SERIE 1885-1-3224



RESULTADOS DE ENSAYO

COHESIÓN (kPa)	2.48	ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)	24.0°
----------------	------	------------------------	-------

Referencias:

ASTM D 3080/3080-11 Standard test method for direct shear test of soils under consolidated drained conditions

OBSERVACIONES:

- (*) Ensayo realizado a la muestra pasante la malla N° 4.
- La muestra fue remoldeada a las condiciones de densidad y humedad proporcionada por el solicitante



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

ANEXO VIII: RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ANÁLISIS GEOTÉCNICO DEL SUELO EN EL ÁREA DE LOS ESTRIBOS DEL PUENTE AÉREO (SOBRE NIVEL) AV. PERÚ, VÍA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO SANTA MARÍA, PROVINCIA BARRANCA – PERÚ

SOLICITANTE : GMI S.A. INGENIEROS CONSULTORES

PROYECTO : ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE AÉREO AV. PERÚ

CLIENTE : NORVIAL

UBICACIÓN : Lima - Lima

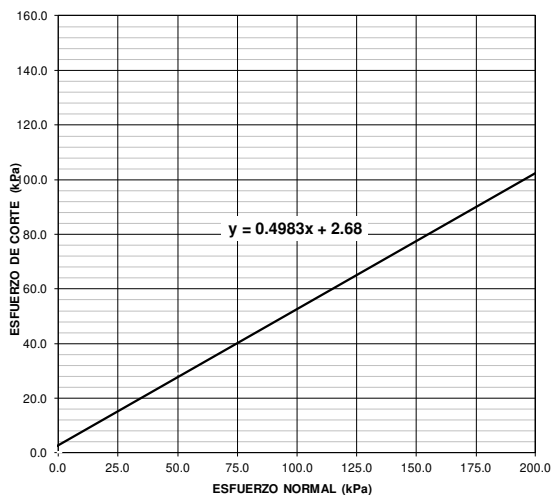
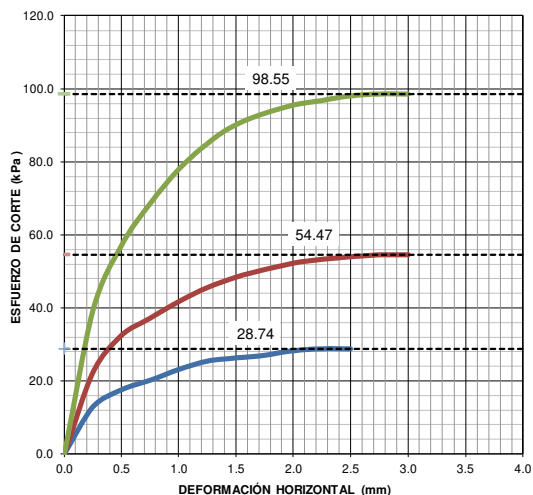
STANDARD TEST METHOD FOR DIRECT SHEAR TEST OF SOILS UNDER CONSOLIDATED DRAINED CONDITIONS ASTM D 3080 / D 3080M - 11

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACION **P04-M2/6.60-7.20**
PRESENTACION 01 Bolsa de polietileno
DESCRIPCION Arena Pobremente Gradada(*)

CARACTERISTICAS DEL EQUIPO DE CORTE DIRECTO

MARCA ELE INTERNATIONAL
CERT. DE CALIBRACION 78-0260
N° DE SERIE 1885-1-3224



RESULTADOS DE ENSAYO

COHESIÓN (kPa)	2.68	ÁNGULO DE FRICCIÓN (ϕ)	25.2°
----------------	------	-------------------------------	-------

Referencias:

ASTM D 3080/3080-11 Standard test method for direct shear test of soils under consolidated drained conditions

OBSERVACIONES:

- (*) Ensayo realizado a la muestra pasante la malla N° 4.
- La muestra fue remoldeada a las condiciones de densidad y humedad proporcionada por el solicitante

**ENSAYOS ESTÁNDARES
CALICATAS**



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

ANEXO VIII: RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO - CALICATAS

ANÁLISIS GEOTÉCNICO DEL SUELO EN EL ÁREA DE LOS ESTRIBOS DEL PUENTE AÉREO (SOBRE NIVEL) AV. PERÚ, VÍA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO SANTA MARÍA, PROVINCIA BARRANCA - PERÚ

DATOS DE LA MUESTRA

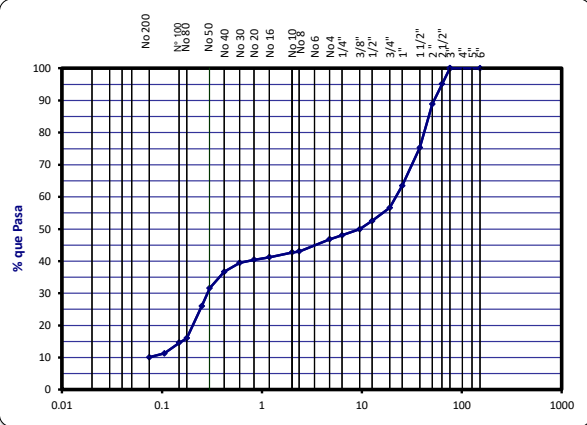
Proyecto	: ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE AÉREO AV. PERÚ	Cliente	: NORVIAL
Solicitante	: GMI S.A. INGENIEROS CONSULTORES	Ubicación	: Lima - Lima
Perforación	: CG - 01	Profundidad	: 0.80 - 3.00m
Muestra	: M - 1	Fecha	: 19-10-15

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E 107 - 2000)

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				100.0
3"	76.200				
2 1/2"	63.500	2257.0	4.8	4.8	95.2
2"	50.800	2978.0	6.3	11.1	88.9
1 1/2"	38.100	6369.0	13.6	24.7	75.3
1"	25.400	5560.0	11.8	36.5	63.5
3/4"	19.050	3228.0	6.9	43.4	56.6
1/2"	12.700	1922.0	4.1	47.5	52.5
3/8"	9.525	1210.0	2.6	50.0	50.0
1/4"	6.350	907.0	1.9	52.0	48.0
No. 4	4.760	569.0	1.2	53.2	46.8
No. 8	2.360	75.5	3.8	57.0	43.0
No. 10	2.000	5.5	0.3	57.3	42.7
No. 16	1.190	28.8	1.5	58.8	41.2
No. 20	0.834	16.8	0.8	59.6	40.4
No. 30	0.600	18.8	0.9	60.5	39.5
No. 40	0.420	55.2	2.8	63.3	36.7
No. 50	0.300	102.0	5.1	68.4	31.6
No. 60	0.250	110.6	5.6	74.0	26.0
No. 80	0.177	197.6	10.0	84.0	16.0
No. 100	0.149	27.9	1.4	85.4	14.6
No. 140	0.106	65.3	3.3	88.7	11.3
No. 200	0.075	22.9	1.2	89.9	10.1
-200		-4406.3	10.1	100.0	

CLASIFICACIÓN SUCS : GP-GM
CLASIFICACIÓN AASHTO : A-1-b (0)

- Grava pobremente gradada con limo y arena



Peso Inicial (g) : 47002.00

Peso Fracción (g) : 928.60

DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

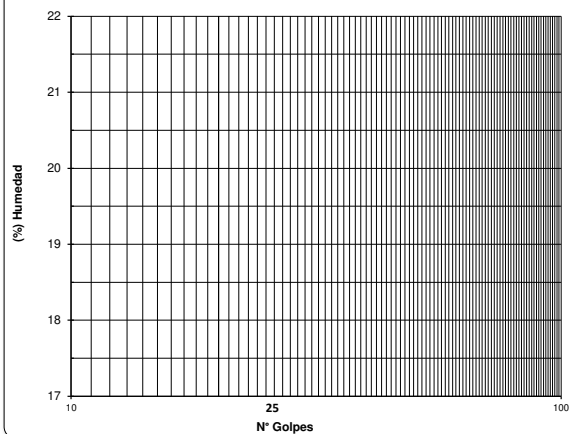
	LIMITE PLASTICO MTC E 111 - 2000	HUM. NAT. MTC E 108
Capsula Nro		23
Peso de la Capsula (g)		306.8
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	NP	2379.0
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)		2340.0
Peso del Agua (g)		39
Peso del Suelo Seco (g)		2033
Contenido de Humedad (%)		1.92
PROMEDIO	NP	1.92

	LIMITE LIQUIDO (MTC E 110 - 2000)
Capsula Nro	
Peso de la Capsula (g)	
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	NP
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	
Numero de Golpes	
Peso del agua (g)	
Peso del Suelo Seco (g)	
Contenido de Humedad (%)	

CONSTANTES FÍSICAS

LIMITE LIQUIDO : NP LIMITE PLÁSTICO : NP IND. PLASTICIDAD : NP

GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO

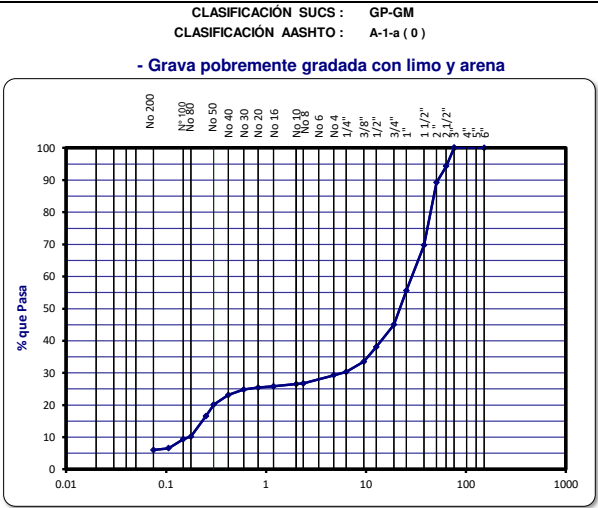


Observaciones:

- MATERIAL NATURAL.

	UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS		
	ANEXO VIII: RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO - CALICATAS		
	ANÁLISIS GEOTÉCNICO DEL SUELO EN EL ÁREA DE LOS ESTRIBOS DEL PUENTE AÉREO (SOBRE NIVEL) AV. PERÚ, VÍA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO SANTA MARÍA, PROVINCIA BARRANCA – PERÚ		
DATOS DE LA MUESTRA			
Proyecto	: ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE AÉREO AV. PERÚ	Cliente	: NORVIAL
Solicitante	: GMI S.A. INGENIEROS CONSULTORES	Ubicación	: Lima - Lima
Perforación	: CG - 02	Profundidad	: 0.70 - 3.00m
Muestra	: M - 1	Fecha	: 20-10-15
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E 107 - 2000)			

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				100.0
3"	76.200				94.4
2 1/2"	63.500	721.0	5.6	5.6	
2"	50.800	662.0	5.2	10.8	89.2
1 1/2"	38.100	2508.0	19.5	30.3	69.7
1"	25.400	1810.0	14.1	44.4	55.6
3/4"	19.050	1366.0	10.6	55.0	45.0
1/2"	12.700	888.0	6.9	61.9	38.1
3/8"	9.525	595.0	4.6	66.5	33.5
1/4"	6.350	405.0	3.2	69.7	30.3
No. 4	4.760	139.0	1.1	70.7	29.3
No. 8	2.36	60.0	2.5	73.2	26.75
No. 10	2.000	4.3	0.2	73.4	26.6
No. 16	1.190	16.6	0.7	74.1	25.9
No. 20	0.834	10.0	0.4	74.5	25.5
No. 30	0.600	15.3	0.6	75.1	24.9
No. 40	0.420	40.6	1.7	76.8	23.2
No. 50	0.300	71.7	3.0	79.8	20.2
No. 60	0.250	84.6	3.6	83.4	16.6
No. 80	0.177	151.5	6.4	89.8	10.2
No. 100	0.149	20.0	0.8	90.6	9.4
No. 140	0.106	65.1	2.8	93.4	6.6
No. 200	0.075	13.7	0.6	94.0	6.0
-200		135.8	6.0	100.0	

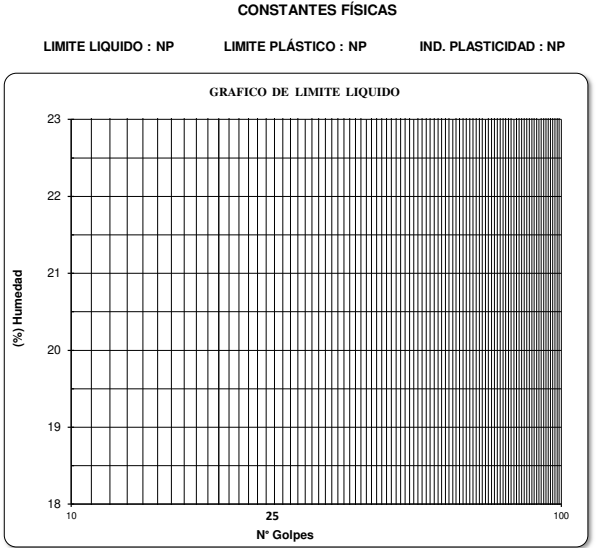


Peso Inicial (g) : 12854.00 Peso Fracción (g) : 689.20

DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

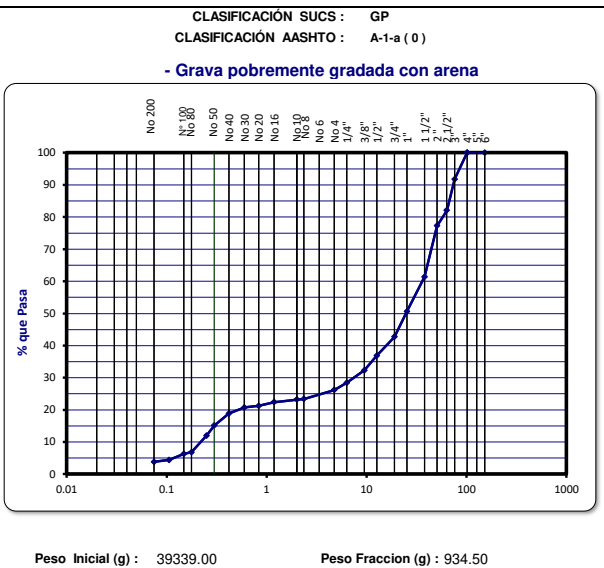
	LIMITE PLASTICO MTC E 111 - 2000	HUM. NAT. MTC E 108
Capsula Nro		4
Peso de la Capsula (g)		271.2
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)		1829.6
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	NP	1803.0
Peso del Agua (g)		27
Peso del Suelo Seco (g)		1532
Contenido de Humedad (%)		1.74
PROMEDIO	NP	1.74
	LIMITE LIQUIDO (MTC E 110 - 2000)	
Capsula Nro		
Peso de la Capsula (g)		
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)		
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	NP	
Numero de Golpes		
Peso del agua (g)		
Peso del Suelo Seco (g)		
Contenido de Humedad (%)		

Observaciones:
- MATERIAL NATURAL.



	UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS	
	ANEXO VIII: RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO - CALICATAS	
	ANÁLISIS GEOTÉCNICO DEL SUELO EN EL ÁREA DE LOS ESTRIBOS DEL PUENTE AÉREO (SOBRE NIVEL) AV. PERÚ, VÍA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO SANTA MARÍA, PROVINCIA BARRANCA – PERÚ	
DATOS DE LA MUESTRA		
Proyecto : ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE AÉREO AV. PERÚ Solicitante : GMI S.A. INGENIEROS CONSULTORES Perforación : CG - 03 Muestra : M - 2	Cliente : NORVIAL Ubicación : Lima - Lima Profundidad : 1.50 - 3.00m Fecha : 20-10-15	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E 107 - 2000)		

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				100.0
3"	76.200	3221.0	8.2	8.2	91.8
2 1/2"	63.500	3831.0	9.7	17.9	82.1
2"	50.800	1878.0	4.8	22.7	77.3
1 1/2"	38.100	6261.0	15.9	38.6	61.4
1"	25.400	4227.0	10.7	49.4	50.6
3/4"	19.050	3117.0	7.9	57.3	42.7
1/2"	12.700	2282.0	5.8	63.1	36.9
3/8"	9.525	1803.0	4.6	67.7	32.3
1/4"	6.350	1553.0	3.9	71.6	28.4
No. 4	4.760	868.0	2.2	73.8	26.2
No. 8	2.36	101.1	2.8	76.6	23.38
No. 10	2.000	8.0	0.2	76.8	23.2
No. 16	1.190	27.5	0.8	77.6	22.4
No 20	0.834	40.8	1.1	78.7	21.3
No 30	0.600	18.7	0.5	79.2	20.8
No. 40	0.420	66.8	1.9	81.1	18.9
No. 50	0.300	132.2	3.7	84.8	15.2
No. 60	0.250	114.3	3.2	88.0	12.0
No. 80	0.177	186.3	5.2	93.2	6.8
No. 100	0.149	16.6	0.5	93.7	6.3
No. 140	0.106	66.3	1.9	95.6	4.4
No. 200	0.075	23.2	0.6	96.2	3.8
-200		132.7	3.8	100.0	



DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL			
	LIMITE PLASTICO MTC E 111 - 2000	HUM. NAT. MTC E 108	
Capsula Nro		18	
Peso de la Capsula (g)		269.2	
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	NP	1962.2	
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)		1952.4	
Peso del Agua (g)		10	
Peso del Suelo Seco (g)		1683	
Contenido de Humedad (%)		0.58	
PROMEDIO	NP	0.58	
	LIMITE LIQUIDO (MTC E 110 - 2000)		
Capsula Nro			
Peso de la Capsula (g)			
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	NP		
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)			
Numero de Golpes			
Peso del agua (g)			
Peso del Suelo Seco (g)			
Contenido de Humedad (%)			
Observaciones: - MATERIAL NATURAL.			

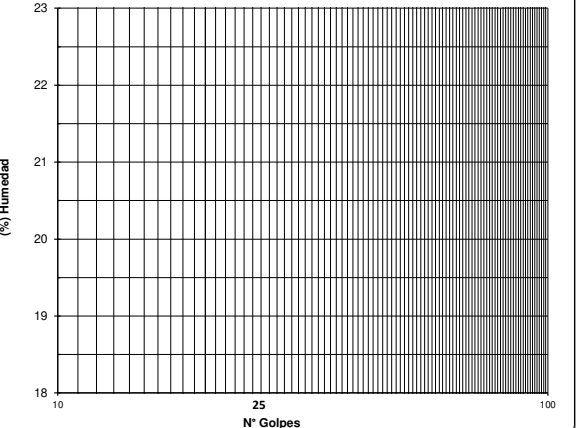
CONSTANTES FÍSICAS

LIMITE LIQUIDO : NP

LIMITE PLÁSTICO : NP

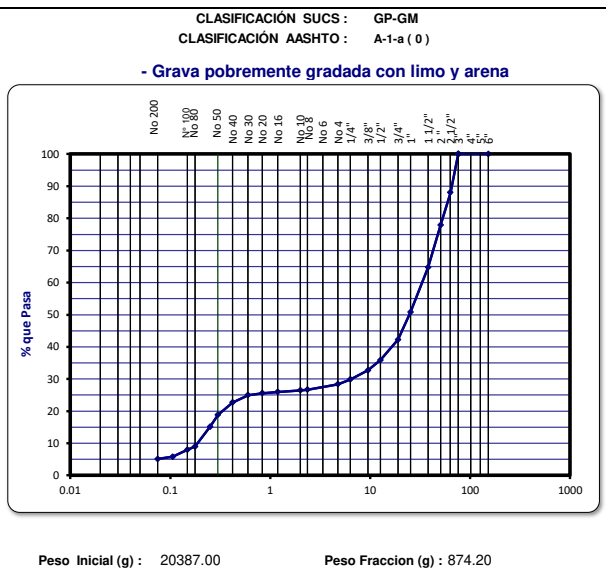
IND. PLASTICIDAD : NP

GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO

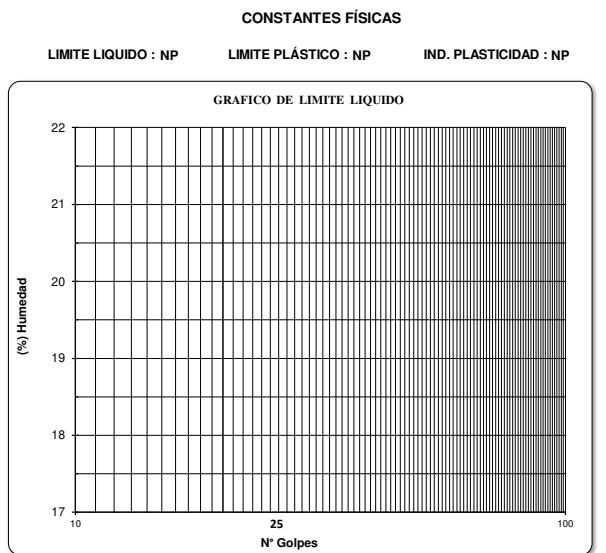


	UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS	
	ANEXO VIII: RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO - CALICATAS	
	ANÁLISIS GEOTÉCNICO DEL SUELO EN EL ÁREA DE LOS ESTRIBOS DEL PUENTE AÉREO (SOBRE NIVEL) AV. PERÚ, VÍA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO SANTA MARÍA, PROVINCIA BARRANCA – PERÚ	
DATOS DE LA MUESTRA		
Proyecto : ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE AÉREO AV. PERÚ Solicitante : GMI S.A. INGENIEROS CONSULTORES Perforación : CG - 04 Muestra : M - 2	Cliente : NORVIAL Ubicación : Lima - Lima Profundidad : 1.40 - 3.00m Fecha : 21-10-15	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E 107 - 2000)		

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				100.0
3"	76.200				
2 1/2"	63.500	2438.0	12.0	12.0	88.0
2"	50.800	2060.0	10.1	22.1	77.9
1 1/2"	38.100	2688.0	13.2	35.2	64.8
1"	25.400	2836.0	13.9	49.2	50.8
3/4"	19.050	1745.0	8.6	57.7	42.3
1/2"	12.700	1310.0	6.4	64.1	35.9
3/8"	9.525	636.0	3.1	67.3	32.7
1/4"	6.350	584.0	2.9	70.1	29.9
No. 4	4.760	305.0	1.5	71.6	28.4
No. 8	2.360	51.8	1.7	73.3	26.7
No. 10	2.000	5.2	0.2	73.5	26.5
No. 16	1.190	14.7	0.5	74.0	26.0
No. 20	0.834	10.8	0.4	74.4	25.6
No. 30	0.600	17.0	0.6	75.0	25.0
No. 40	0.420	70.6	2.3	77.3	22.7
No. 50	0.300	117.8	3.8	81.1	18.9
No. 60	0.250	114.5	3.7	84.8	15.2
No. 80	0.177	189.9	6.2	91.0	9.0
No. 100	0.149	31.2	1.0	92.0	8.0
No. 140	0.106	66.5	2.2	94.2	5.8
No. 200	0.075	23.0	0.7	94.9	5.1
-200		-2673.8	5.1	100.0	



DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL			
	LIMITE PLASTICO MTC E 111 - 2000	HUM. NAT. MTC E 108	
Capsula Nro		11	
Peso de la Capsula (g)		269.4	
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	NP	1515.3	
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)		1504.0	
Peso del Agua (g)		11	
Peso del Suelo Seco (g)		1235	
Contenido de Humedad (%)		0.92	
PROMEDIO	NP	0.92	
	LIMITE LIQUIDO (MTC E 110 - 2000)		
Capsula Nro			
Peso de la Capsula (g)			
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	NP		
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)			
Numero de Golpes			
Peso del agua (g)			
Peso del Suelo Seco (g)			
Contenido de Humedad (%)			
Observaciones: - MATERIAL NATURAL.			



**ENSAYOS DE CORTE DIRECTO
CALICATAS**



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

ANEXO VIII: RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO - CALICATAS

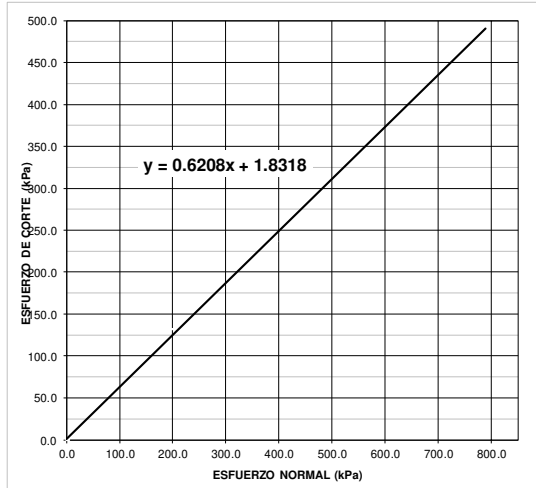
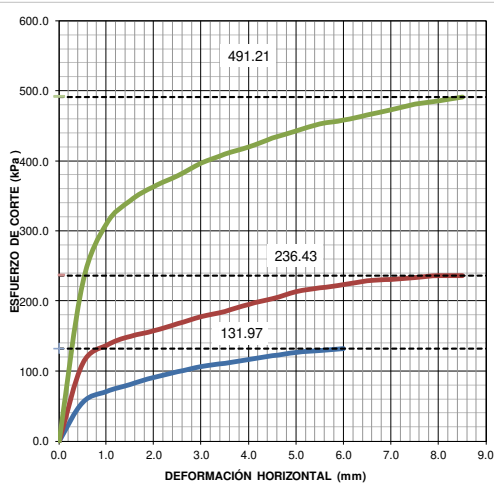
ANÁLISIS GEOTÉCNICO DEL SUELO EN EL ÁREA DE LOS ESTRIBOS DEL PUENTE AÉREO
(SOBRE NIVEL) AV. PERÚ, VÍA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO SANTA MARÍA,
PROVINCIA BARRANCA – PERÚ

DATOS DE LA MUESTRA

Proyecto	ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE AÉREO AV. PERÚ		Cliente	NORVIAL
Solicitante	: GMI S.A. INGENIEROS CONSULTORES	Ubicación	Lima - Lima	
Calicata	: CG - 01	Profundidad	0.80 - 3.00m	
Muestra	: M - 01	Fecha	19-10-15	

STANDARD TEST METHOD FOR DIRECT SHEAR TEST OF SOILS UNDER CONSOLIDATED DRAINED CONDITIONS

ASTM D 3080 / D 3080M - 11



RESULTADOS DE ENSAYO

COHESIÓN (kPa)	1.83	ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)	31.6°
----------------	------	------------------------	-------

Referencias:

ASTM D 3080/3080-11 Standard test method for direct shear test of soils under consolidated drained conditions

OBSERVACIONES:

- (*) Ensayo realizado a la muestra pasante la malla N° 4.
- La muestra fue remoldeada a las condiciones de densidad y humedad proporcionada por el solicitante



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

ANEXO VIII: RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO - CALICATAS

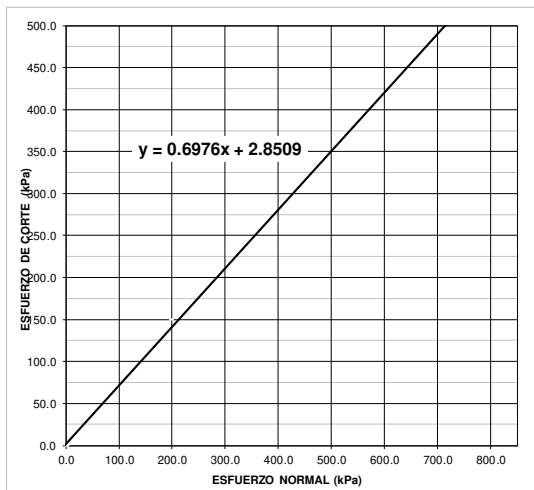
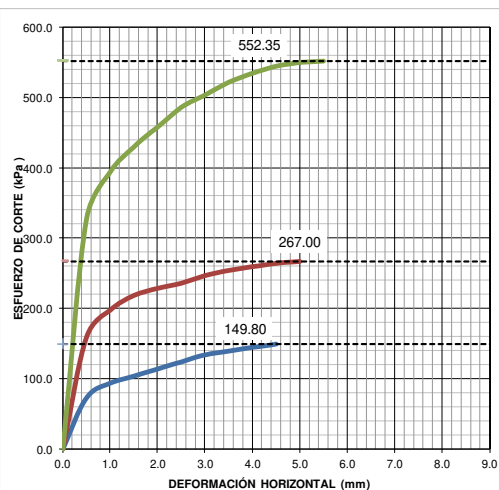
ANÁLISIS GEOTÉCNICO DEL SUELO EN EL ÁREA DE LOS ESTRIBOS DEL PUENTE AÉREO (SOBRE NIVEL) AV. PERÚ, VÍA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO SANTA MARÍA, PROVINCIA BARRANCA – PERÚ

DATOS DE LA MUESTRA

Proyecto	ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE AÉREO AV. PERÚ	Cliente	NORVIAL
Solicitante	: GMI S.A. INGENIEROS CONSULTORES	Ubicación	Lima - Lima
Calicata	: CG - 03	Profundidad	1.50 - 3.00m
Muestra	: M - 02	Fecha	20-10-15

STANDARD TEST METHOD FOR DIRECT SHEAR TEST OF SOILS UNDER CONSOLIDATED DRAINED CONDITIONS

ASTM D 3080 / D 3080M - 11



RESULTADOS DE ENSAYO

COHESIÓN (kPa)	2.85	ÁNGULO DE FRICCIÓN (ϕ)	34.6°
----------------	------	-------------------------------	-------

Referencias:

ASTM D 3080/3080-11 Standard test method for direct shear test of soils under consolidated drained conditions

OBSERVACIONES:

- (*) Ensayo realizado a la muestra pasante la malla N° 4.
- La muestra fue remoldeada a las condiciones de densidad y humedad proporcionada por el solicitante



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

ANEXO VIII: RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO - CALICATAS

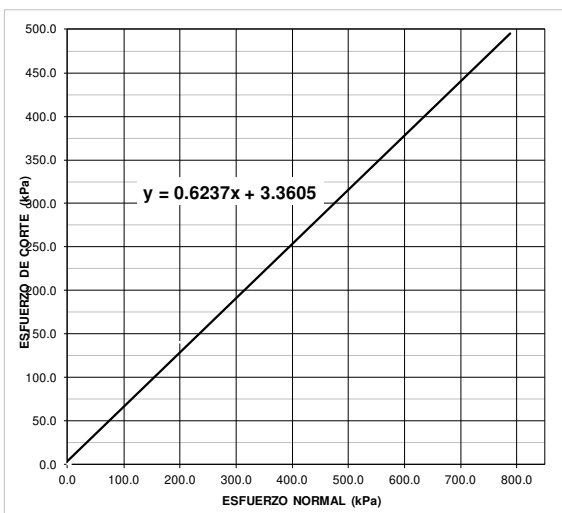
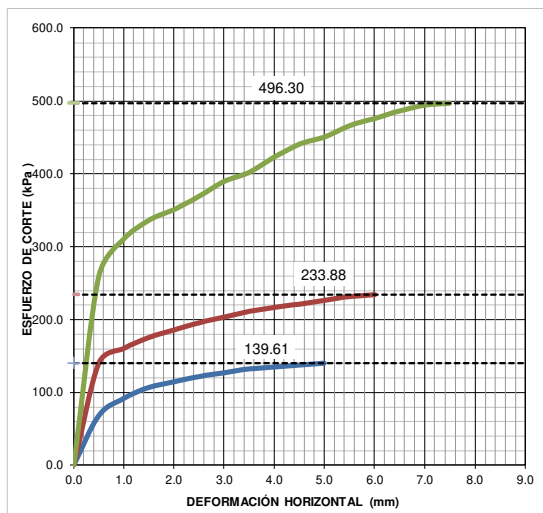
ANÁLISIS GEOTÉCNICO DEL SUELO EN EL ÁREA DE LOS ESTRIBOS DEL PUENTE AÉREO (SOBRE NIVEL) AV. PERÚ, VÍA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO SANTA MARÍA, PROVINCIA BARRANCA – PERÚ

DATOS DE LA MUESTRA

Proyecto	ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE AÉREO AV. PERÚ	Cliente	NORVIAL
Solicitante	: GMI S.A. INGENIEROS CONSULTORES	Ubicación	Lima - Lima
Calicata	: CG - 04	Profundidad	1.40 - 3.00m
Muestra	: M - 02	Fecha	21-10-15

STANDARD TEST METHOD FOR DIRECT SHEAR TEST OF SOILS UNDER CONSOLIDATED DRAINED CONDITIONS

ASTM D 3080 / D 3080M - 11



RESULTADOS DE ENSAYO

COHESIÓN (kPa)	3.36	ÁNGULO DE FRICCIÓN (ϕ)	31.6°
----------------	------	-------------------------------	-------

Referencias:

ASTM D 3080/3080-11 Standard test method for direct shear test of soils under consolidated drained conditions

OBSERVACIONES:

- (*) Ensayo realizado a la muestra pasante la malla N° 4.
- La muestra fue remoldeada a las condiciones de densidad y humedad proporcionada por el solicitante

ANEXO X

PARÁMETROS ELÁSTICOS

 GEOPERSIS SRL	PARÁMETROS ELÁSTICOS DEL TERRENO		
	MASW-01 & LS-01		
Proyecto : ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE AÉREO AV. PERÚ Ubicación : Av. Perú Fecha : Marzo_2015	Coordenadas : WGS 84 Datum : UTM Zona - Banda : 18-L Este : Norte : Cota : 0.0 msnm	Modelo de equipo : Geode - 24 canales Realizado : M. Condori Apoyo : A. Minés Revisado : Y. Melendez Longitud de la línea : 75 m	

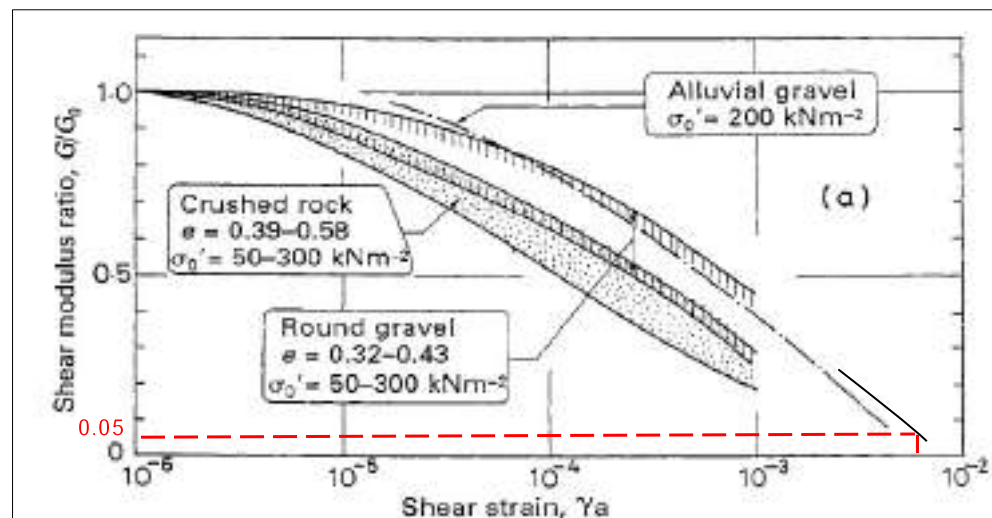
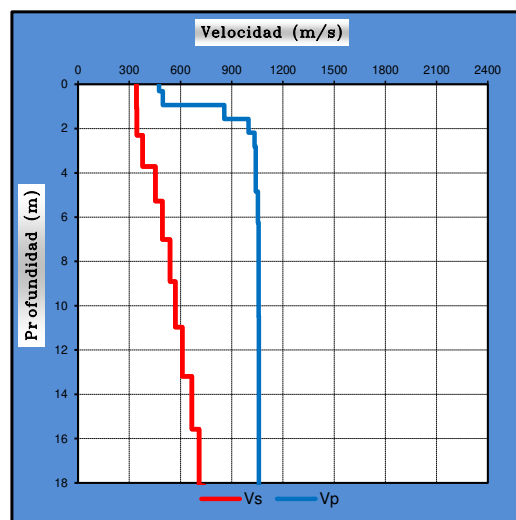


Fig1: Curva de degradación del material - Ishihara, 1996. Soil Behaviour in Earthquake Geotechnics

Cota (msnm)	Profundidad (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densidad (Tn/m3)	Relación de poisson μ	Módulo de Corte Gd (Kg/cm2)	Módulo de Young Ed (Kg/cm2)	Módulo Volumetrico Kd (Kg/cm2)	Módulo de Corte Ge (Kg/cm2)	Módulo de Young Ee (Kg/cm2)	Módulo Volumétrico Ke (Kg/cm2)
-3	3	1040	379	2.2	0.42	3216.1	9157.4	19998.0	160.8	457.9	999.9
-6	6	1053	494	2.2	0.36	5467.3	14862.4	17594.5	273.4	743.1	879.7
-9	9	1058	570	2.2	0.30	7293.7	18895.5	15387.2	364.7	944.8	769.4
-12	12	1059	610	2.2	0.25	8360.1	20924.6	14031.2	418.0	1046.2	701.6
-15	15	1060	667	2.2	0.17	9987.3	23409.9	11894.6	499.4	1170.5	594.7
-18	18	1060	709	2.2	0.10	11276.7	24704.1	10175.4	563.8	1235.2	508.8

 GEOPERTIS SRL		PARÁMETROS ELÁSTICOS DEL TERRENO	
		MASW-02 & LS-02	
Proyecto :	ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE AÉREO AV. PERÚ	Coordenadas :	WGS 84
Ubicación :	Av. Perú	Datum :	UTM
Fecha :	Abril_2015	Zona - Banda :	18-L
		Este :	
		Norte :	
		Cota :	0.0 msnm
		Modelo de equipo :	Geode - 24 canales
		Realizado :	M. Condori
		Apoyo :	A. Minés
		Revisado :	Y. Melendez
		Longitud de la línea :	75 m

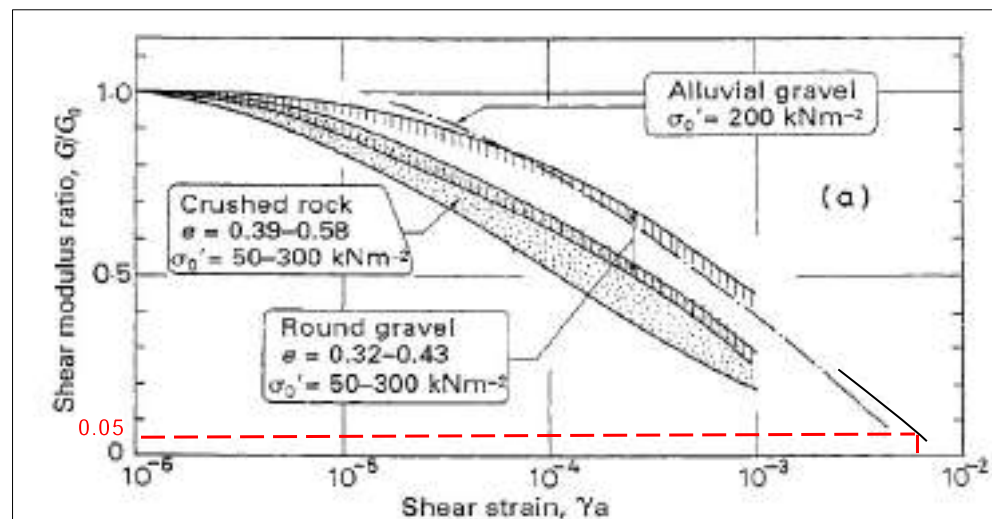
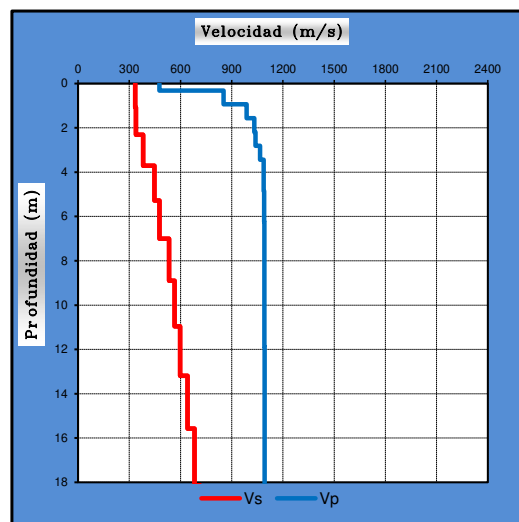


Fig1: Curva de degradación del material - Ishihara, 1996. Soil Behaviour in Earthquake Geotechnics

Cota (msnm)	Profundidad (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densidad (Tn/m3)	Relación de poisson μ	Módulo de Corte Gd (Kg/cm2)	Módulo de Young Ed (Kg/cm2)	Módulo Volumetrico Kd (Kg/cm2)	Módulo de Corte Ge (Kg/cm2)	Módulo de Young Ee (Kg/cm2)	Módulo Volumétrico Ke (Kg/cm2)
-3	3	1066	382	1.8	0.43	2673.2	7627.1	17311.9	133.7	381.4	865.6
-6	6	1090	477	2.2	0.38	5107.8	14114.7	19883.1	255.4	705.7	994.2
-9	9	1091	566	2.2	0.32	7185.3	18914.3	17149.2	359.3	945.7	857.5
-12	12	1092	599	2.2	0.29	8041.3	20673.1	16058.1	402.1	1033.7	802.9
-15	15	1093	641	2.2	0.24	9216.7	22818.6	14510.0	460.8	1140.9	725.5
-18	18	1093	682	2.2	0.18	10441.6	24659.4	12876.8	522.1	1233.0	643.8

 GEOPERSIS SRL	PARÁMETROS ELÁSTICOS DEL TERRENO		
	MASW-03 & LS-03		
Proyecto : ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE AÉREO AV. PERÚ Ubicación : Av. Perú Fecha : marzo_2015	Coordenadas : WGS 84 Datum : UTM Zona - Banda : 18-L Este : Norte : Cota : 0.0 msnm	Modelo de equipo : Geode - 24 canales Realizado : M. Condori Apoyo : A. Minés Revisado : Y. Melendez Longitud de la línea : 75 m	

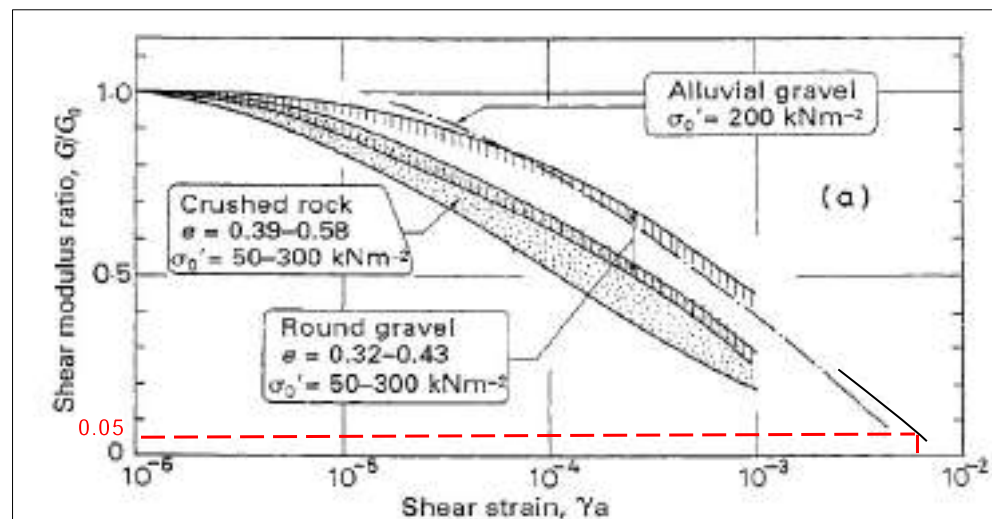
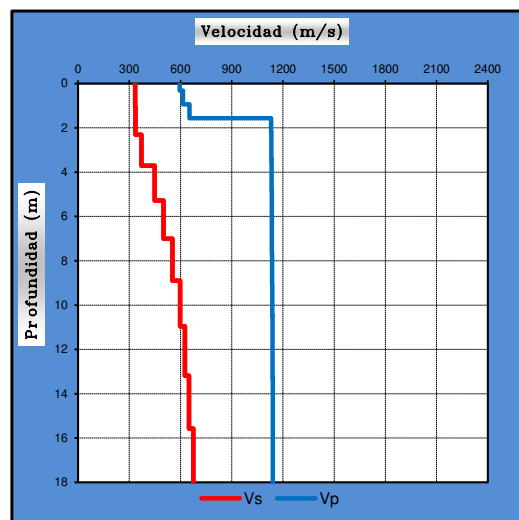


Fig1: Curva de degradación del material - Ishihara, 1996. Soil Behaviour in Earthquake Geotechnics

Cota (msnm)	Profundidad (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densidad (Tn/m3)	Relación de poisson μ	Módulo de Corte Gd (Kg/cm2)	Módulo de Young Ed (Kg/cm2)	Módulo Volumetrico Kd (Kg/cm2)	Módulo de Corte Ge (Kg/cm2)	Módulo de Young Ee (Kg/cm2)	Módulo Volumétrico Ke (Kg/cm2)
-3	3	1133	371	2.2	0.44	3094.1	8909.7	24669.7	154.7	445.5	1233.5
-6	6	1135	501	2.2	0.38	5623.5	15511.6	21399.0	281.2	775.6	1069.9
-9	9	1137	599	2.2	0.31	8041.3	21038.5	18277.2	402.1	1051.9	913.9
-12	12	1140	627	2.2	0.28	8811.3	22617.0	17403.8	440.6	1130.8	870.2
-15	15	1141	650	2.2	0.26	9477.4	23884.7	16592.5	473.9	1194.2	829.6
-18	18	1141	675	2.2	0.23	10228.3	25178.9	15591.2	511.4	1258.9	779.6

 GEOBERSIS SRL		PARÁMETROS ELÁSTICOS DEL TERRENO	
		MASW-04 & LS-04	
Proyecto :	ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE AÉREO AV. PERÚ	Coordenadas :	WGS 84
Ubicación :	Av. Perú	Datum :	UTM
Fecha :	Marzo_2015	Zona - Banda :	18-L
		Este :	
		Norte :	
		Cota :	0.0 msnm
		Modelo de equipo :	Geode - 24 canales
		Realizado :	M. Condori
		Apoyo :	A. Minés
		Revisado :	Y. Melendez
		Longitud de la línea :	75 m

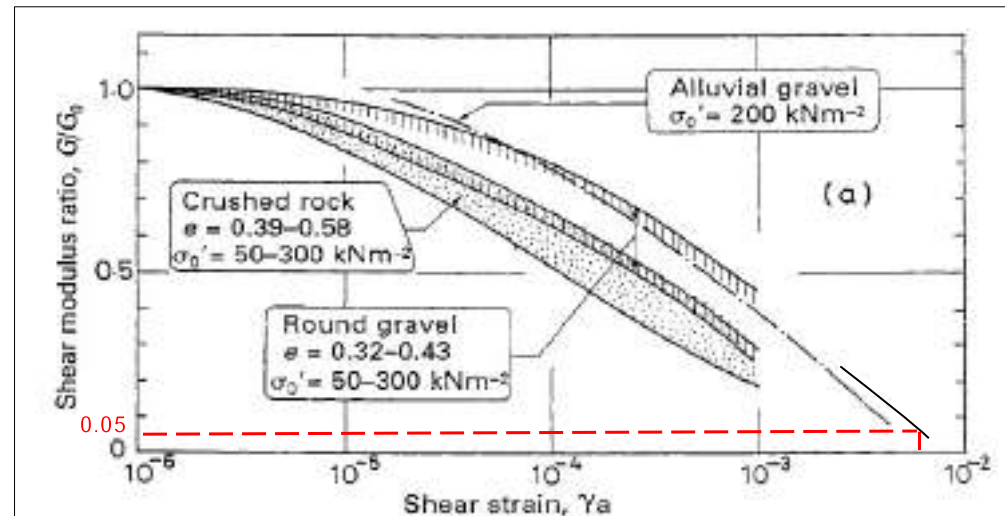
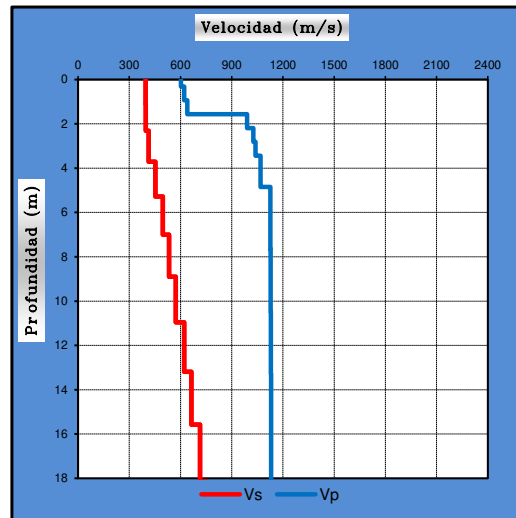


Fig1: Curva de degradación del material - Ishihara, 1996. Soil Behaviour in Earthquake Geotechnics

Cota (msnm)	Profundidad (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densidad (Tn/m3)	Relación de poisson μ	Módulo de Corte Gd (Kg/cm2)	Módulo de Young Ed (Kg/cm2)	Módulo Volumetrico Kd (Kg/cm2)	Módulo de Corte Ge (Kg/cm2)	Módulo de Young Ee (Kg/cm2)	Módulo Volumétrico Ke (Kg/cm2)
-3	3	1040	414	2.2	0.41	3843.0	10806.2	19150.3	192.2	540.3	957.5
-6	6	1126	497	2.2	0.38	5545.1	15293.3	21063.1	277.3	764.7	1053.2
-9	9	1128	572	2.2	0.33	7351.4	19503.6	18738.5	367.6	975.2	936.9
-12	12	1130	621	2.2	0.28	8664.2	22235.6	17092.5	433.2	1111.8	854.6
-15	15	1130	665	2.2	0.24	9912.6	24504.4	15471.5	495.6	1225.2	773.6
-18	18	1130	715	2.2	0.17	11484.5	26786.9	13375.6	574.2	1339.3	668.8

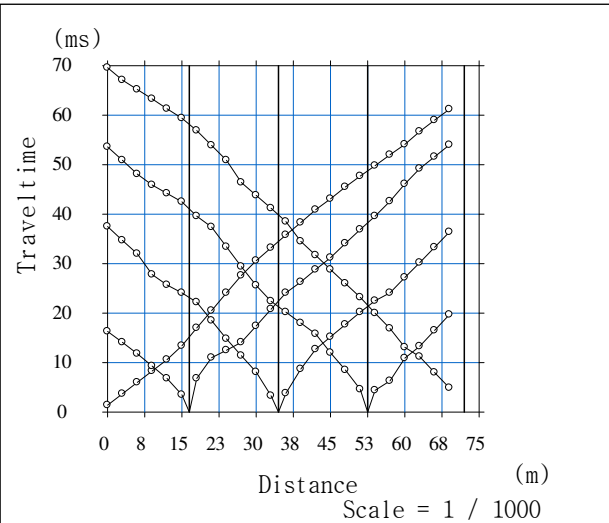
ANEXO XI

PERFIL GEOSÍSMICO DE ONDAS P

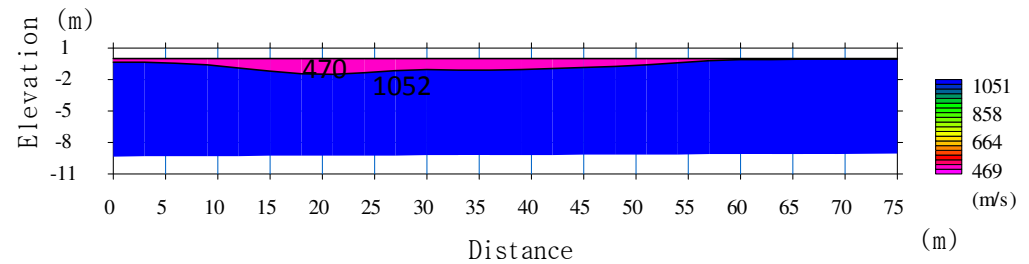


GEOPERSIS SRL

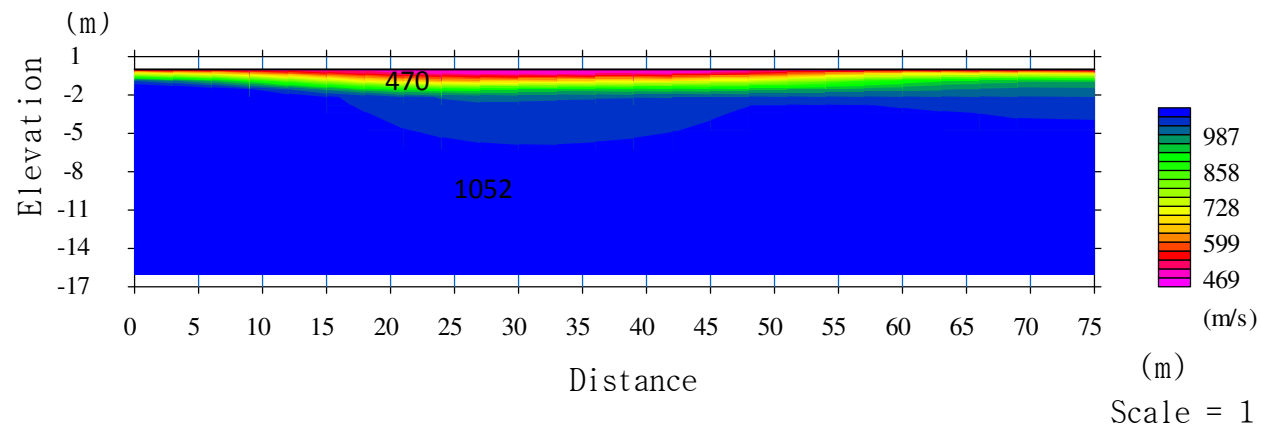
**ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL
PUENTE AÉREO AV. PERÚ
ENSAYO DE REFRACCIÓN SÍSMICA: LS - 01**



Cronogramas correspondientes a la línea sísmica LS-01



Perfil de refracción sísmica correspondiente a la línea sísmica LS-01



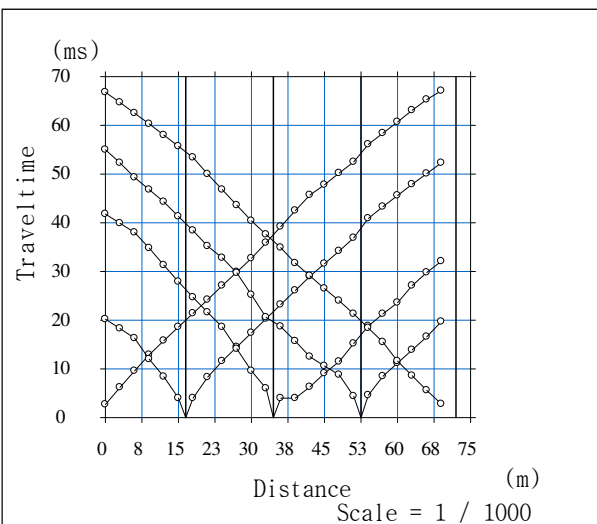
Tomografía sísmica generada a partir de la línea sísmica LS-01



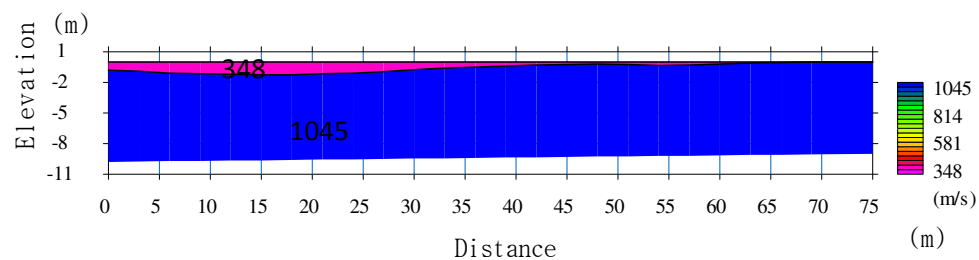
GEOPERSIS SRL

ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE AÉREO AV. PERÚ

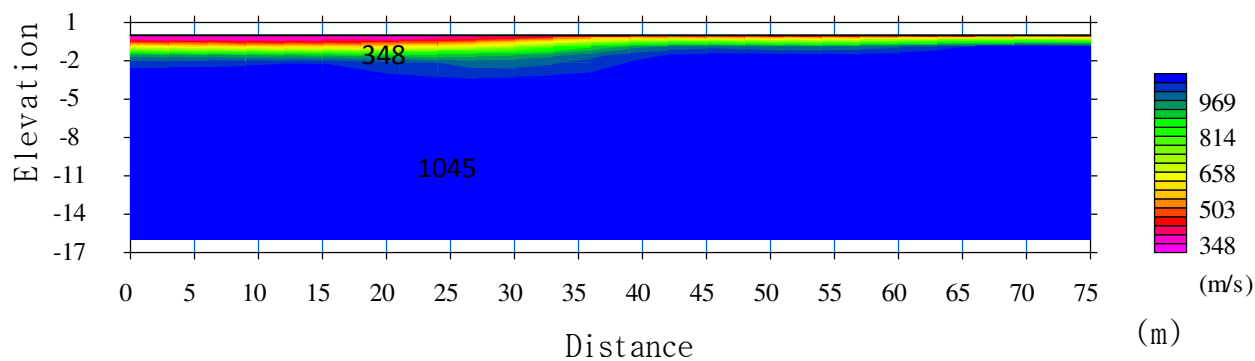
ENSAYO DE REFRACCIÓN SÍSMICA: LS - 02



Dromocronas correspondientes a la línea sísmica LS-02



Perfil de refracción sísmica correspondiente a la línea sísmica LS-02



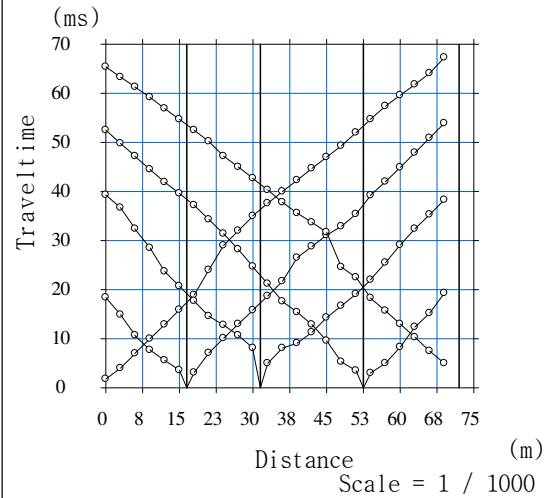
Tomografía sísmica generada a partir de a la línea sísmica LS-02



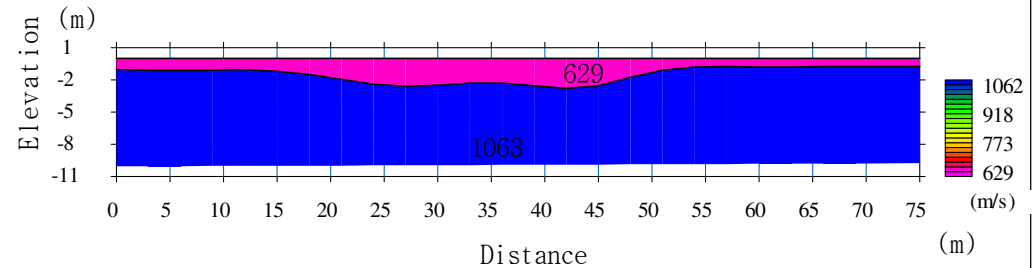
GEOPERSIS SRL

ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE AÉREO AV. PERÚ

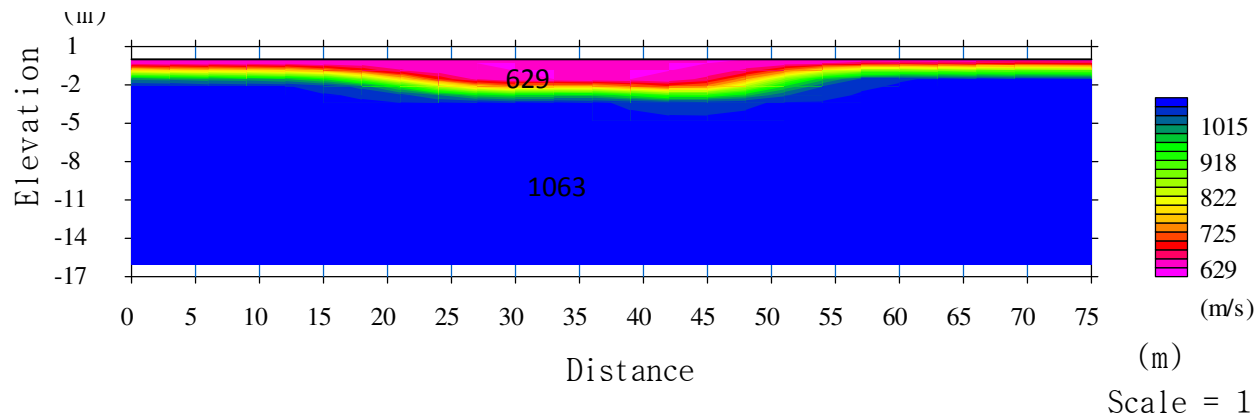
ENSAYO DE REFRACCIÓN SÍSMICA: LS - 03



Dromocronas correspondientes a la línea sísmica LS-03



Perfil de refracción sísmica correspondiente a la línea sísmica LS-03



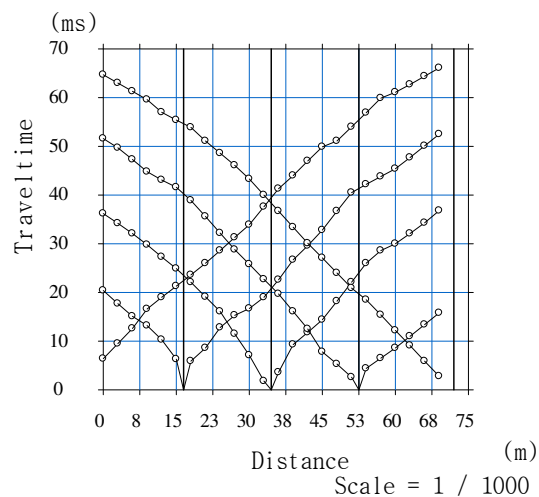
Tomografía sísmica generada a partir de a la línea sísmica LS-03



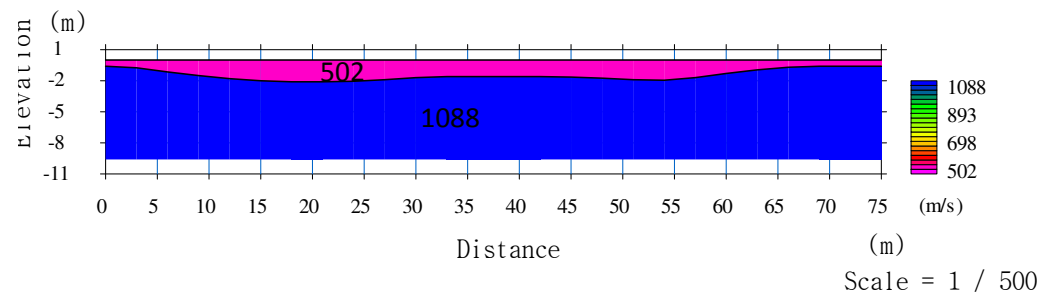
GEOPERSIS SRL

ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE AÉREO AV. PERÚ

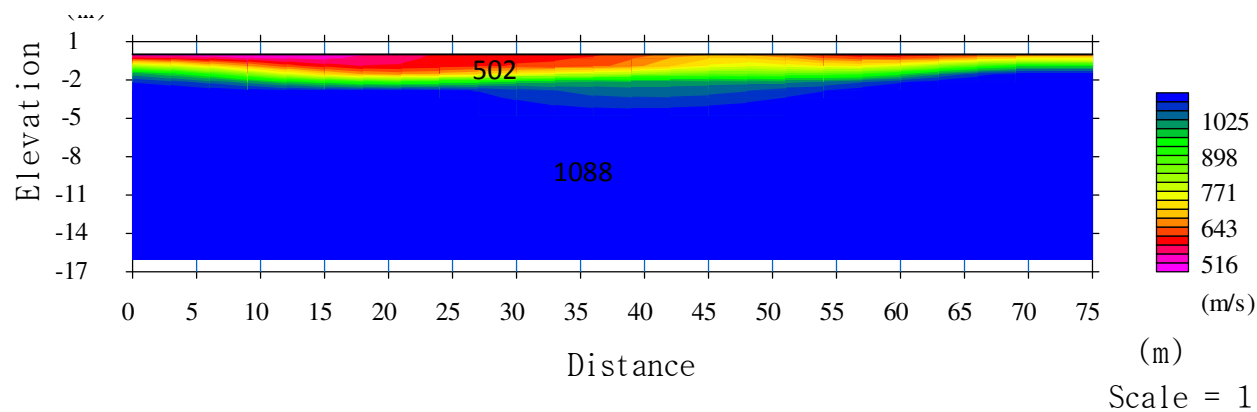
ENSAYO DE REFRACCIÓN SÍSMICA: LS - 04



Dromocronas correspondientes a la **línea sísmica LS-04**



Perfil de refracción sísmica correspondiente a la **línea sísmica LS-04**



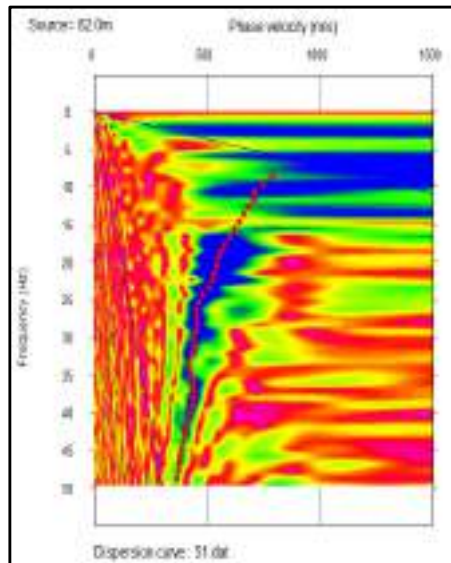
Tomografía sísmica generada a partir de a la **línea sísmica LS-04**

ANEXO XII

PERFIL GEOSÍSMICO DE ONDAS S

 GEOPERSIS SRL	ANÁLISIS DE ONDAS SUPERFICIALES EN ARREGLOS MULTICANAL		
	MASW-01		
Proyecto :	ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE AÉREO AV. PERÚ	Coordenadas :	WGS 84
Ubicación :	Av. Panamericana - Barranca	Datum :	UTM
Fecha :	Marzo_2015	Zona - Banda :	18-L
		Este :	
		Norte :	
		Cota :	0.0 m.s.n.m
		Modelo de equipo :	Geode - 24 canales
		Realizado :	M. Condori
		Apoyo: :	A. Minés
		Revisado :	Y. Melendez
		Longitud de la línea :	75 m

Curva de Dispersión



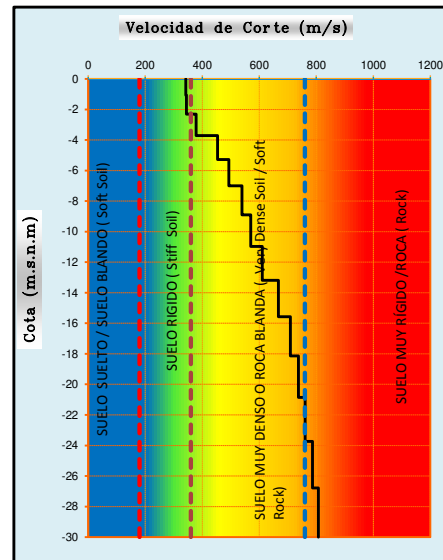
Clasificación Sísmica ASCE - 2010

Tipo de Suelo	denominación del suelo	Velocidad de ondas de corte Vs30(m/s)*	Resistencia a la penetración Estandar SPT (N)*
A	Roca muy dura	$V_s > 1500$	N / A
B	Roca	$760 < V_s < 1500$	N / A
C	Suelo muy denso	$360 < V_s < 760$	$N > 50$
D	Suelo rígido	$180 < V_s < 360$	$15 \leq N \leq 50$
E	Suelo Blando	$V_s < 180$	$N < 15$

Vs30(m/s)*; Velocidad promedio de ondas de corte en los 30 m más superficiales

N*; Numero de golpes

Perfil Unidimensional



Cuadro Resumen

Cota(m.s.n.m)	Vs(m/s)	Rigidez
-1.07	342.25	
-2.31	344.75	
-3.71	378.50	
-5.28	453.50	
-7.01	493.50	
-8.90	539.00	
-10.96	570.00	
-13.19	610.25	
-15.58	667.00	
-18.13	708.75	
-20.85	737.25	
-23.74	760.50	
-26.79	787.00	
-30.00	807.25	

Simbolo	Tipo de suelo - Ref - R.Dobry
	Suelo Suelto / Suelo blando
	Suelo rígido
	Suelo muy denso o roca blanda
	Suelo muy rígido / Roca

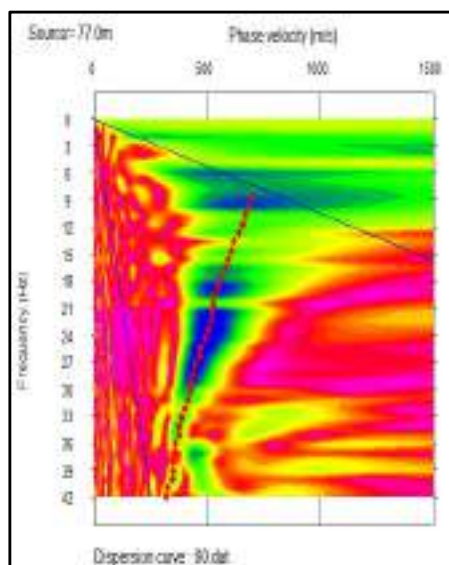
Vs 30(m/s)	591
Tipo de Suelo	C

Ts*	0.20	S1
Roca o suelo muy denso		

Ts*;Periodo fundamental del suelo

 GEOPERSIS SRL	ANÁLISIS DE ONDAS SUPERFICIALES EN ARREGLOS MULTICANAL		
	MASW-02		
Proyecto :	ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE AÉREO AV. PERÚ	Coordenadas :	WGS 84
Ubicación :	Av. Panamericana - Barranca	Datum :	UTM
Fecha :	Abril_2015	Zona - Banda :	18-L
		Este :	
		Norte :	
		Cota :	0.0 m.s.n.m
		Modelo de equipo :	Geode - 24 canales
		Realizado :	M. Condori
		Apoyo :	A. Minés
		Revisado :	Y. Melendez
		Longitud de la línea :	75 m

Curva de Dispersión



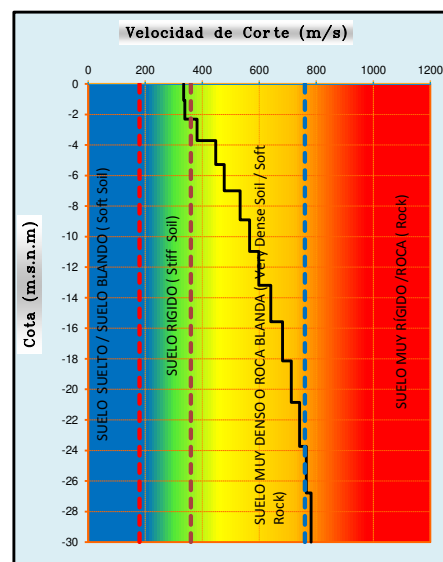
Clasificación Sísmica ASCE - 2010

Tipo de Suelo	denominación del suelo	Velocidad de ondas de corte Vs30(m/s)*	Resistencia a la penetración Estandar SPT (N)*
A	Roca muy dura	$V_s > 1500$	N / A
B	Roca	$760 < V_s < 1500$	N / A
C	Suelo muy denso	$360 < V_s < 760$	$N > 50$
D	Suelo rígido	$180 < V_s < 360$	$15 \leq N \leq 50$
E	Suelo Blando	$V_s < 180$	$N < 15$

Vs30(m/s)*; Velocidad promedio de ondas de corte en los 30 m más superficiales

N*; Numero de golpes

Perfil Unidimensional



Cuadro Resumen

Cota(m.s.n.m)	Vs(m/s)	Rigidez
-1.07	334.75	
-2.31	339.00	
-3.71	381.50	
-5.28	447.25	
-7.01	477.00	
-8.90	532.50	
-10.96	565.75	
-13.19	598.50	
-15.58	640.75	
-18.13	682.00	
-20.85	712.75	
-23.74	741.75	
-26.79	764.50	
-30.00	781.75	

Simbolo	Tipo de suelo - Ref - R.Dobry
	Suelo Suelto / Suelo blando
	Suelo rígido
	Suelo muy denso o roca blanda
	Suelo muy rígido / Roca

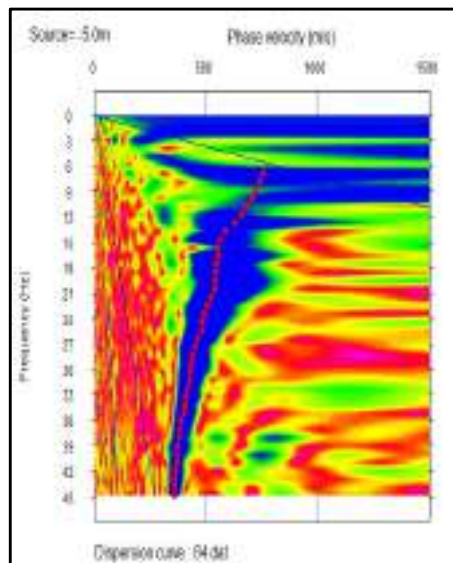
Vs30(m/s)	577
Tipo de Suelo	C

Ts*	0.21	S1
Roca o suelo muy denso		

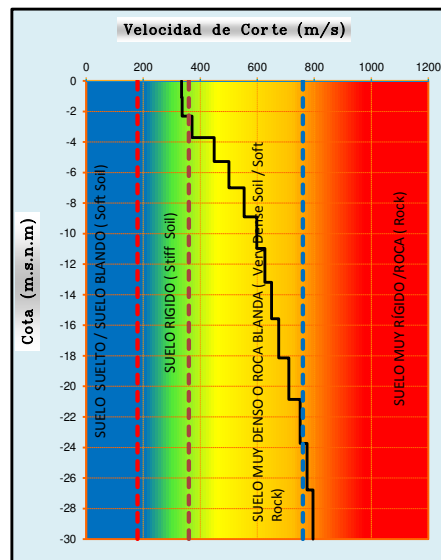
Ts*;Periodo fundamental del suelo

 GEOPERSIS SRL	ANÁLISIS DE ONDAS SUPERFICIALES EN ARREGLOS MULTICANAL		
	MASW-03		
Proyecto :	ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE AÉREO AV. PERÚ	Coordenadas :	WGS 84
Ubicación :	Av. Panamericana - Barranca	Datum :	UTM
Fecha :	Abril_2015	Zona - Banda :	18-L
		Norte :	
		Cota :	0.0 m.s.n.m
		Modelo de equipo :	Geode - 24 canales
		Realizado :	M.Condori
		Apoyo :	A. Minés
		Revisado :	Y. Melendez
		Longitud de la línea :	75 m

Curva de Dispersión



Perfil Unidimensional



Cuadro Resumen

Cota(m.s.n.m)	Vs(m/s)	Rigidez
-1.07	334.50	
-2.31	336.75	
-3.71	371.25	
-5.28	448.50	
-7.01	500.50	
-8.90	553.50	
-10.96	598.50	
-13.19	626.50	
-15.58	649.75	
-18.13	675.00	
-20.85	710.50	
-23.74	750.00	
-26.79	774.75	
-30.00	795.50	

Simbolo	Tipo de suelo - Ref - R.Dobry
	Suelo Suelto / Suelo blando
	Suelo rígido
	Suelo muy denso o roca blanda
	Suelo muy rígido / Roca

Clasificación Sísmica ASCE - 2010

Tipo de Suelo	denominación del suelo	Velocidad de ondas de corte Vs30(m/s)*	Resistencia a la penetración Estandar SPT (N)*
A	Roca muy dura	Vs > 1500	N / A
B	Roca	760 < Vs < 1500	N / A
C	Suelo muy denso	360 < Vs < 760	N > 50
D	Suelo rígido	180 < Vs < 360	15 ≤ N ≤ 50
E	Suelo Blando	Vs < 180	N < 15

Vs30(m/s)*; Velocidad promedio de ondas de corte en los 30 m más superficiales

N*; Numero de golpes

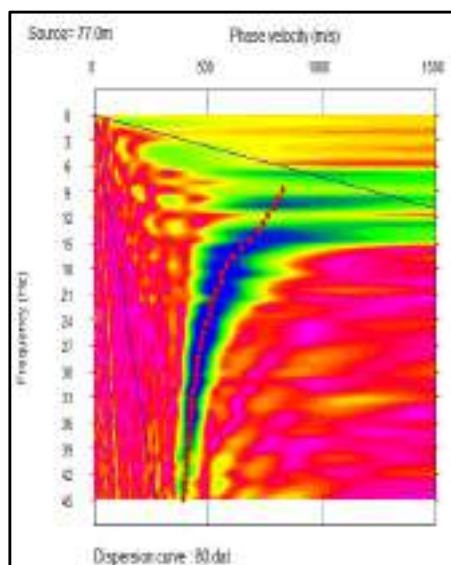
Vs 30(m/s)	585
Tipo de Suelo	C

Ts*	0.20	S1
Roca o suelo muy denso		

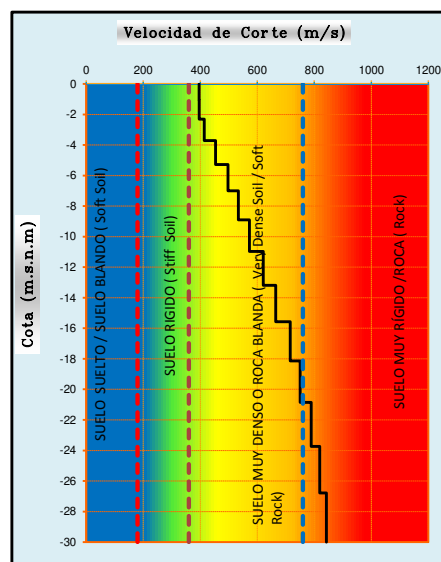
Ts*;Periodo fundamental del suelo

 GEOPERSIS SRL	ANÁLISIS DE ONDAS SUPERFICIALES EN ARREGLOS MULTICANAL	
	MASW-04	
Proyecto : ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE AÉREO AV. PERÚ Ubicación : Av. Panamericana - Barranca Fecha : Marzo_2015	Coordenadas : WGS 84 Datum : UTM Zona - Banda : 18-L Este : Norte : Cota : 0.0 m.s.n.m	Modelo de equipo : Geode - 24 canales Realizado : M. Condori Apoyo : A. Minés Revisado : Y. Melendez Longitud de la línea : 75 m

Curva de Dispersión



Perfil Unidimensional



Cuadro Resumen

Cota(m.s.n.m)	Vs(m/s)	Rigidez
-1.07	396.00	
-2.31	396.25	
-3.71	413.75	
-5.28	453.50	
-7.01	497.00	
-8.90	533.50	
-10.96	572.25	
-13.19	621.25	
-15.58	664.50	
-18.13	715.25	
-20.85	750.25	
-23.74	789.25	
-26.79	818.75	
-30.00	842.50	

Simbolo	Tipo de suelo - Ref - R.Dobry
	Suelo Suelto / Suelo blando
	Suelo rígido
	Suelo muy denso o roca blanda
	Suelo muy rígido / Roca

Clasificación Sísmica ASCE - 2010

Tipo de Suelo	denominación del suelo	Velocidad de ondas de corte Vs30(m/s)*	Resistencia a la penetración Estandar SPT (N)*
A	Roca muy dura	Vs > 1500	N / A
B	Roca	760 < Vs < 1500	N / A
C	Suelo muy denso	360 < Vs < 760	N > 50
D	Suelo rígido	180 < Vs < 360	15 ≤ N ≤ 50
E	Suelo Blando	Vs < 180	N < 15

Vs30(m/s)*; Velocidad promedio de ondas de corte en los 30 m más superficiales

N*; Numero de golpes

Vs30(m/s)	613
Tipo de Suelo	C

Ts*	0.20	S1
Roca o suelo muy denso		

Ts*;Periodo fundamental del suelo

ANEXO XIII

REGISTRO DE PROFUNDIDADES Y RECUPERACIÓN DE MUESTRAS

Tabla 4.3.1.2–B1.
Registro de Recuperación de muestras de la Perforación Diamantina P–01.

Perforación – Estribo	Tramo		Longitud perforada (m)	Longitud de muestra recuperada (m)	Recuperación de muestra (%)
	Desde (m.)	Hasta (m.)			
P–01 ESTRIBO 1	0.00	0.60	0.60	0.50	83.33
	0.60	1.20	0.60	0.45	75.00
	1.20	1.80	0.60	0.45	75.00
	1.80	2.40	0.60	0.45	75.00
	2.40	3.00	0.60	0.45	75.00
	3.00	3.60	0.60	0.45	75.00
	3.60	4.20	0.60	0.45	75.00
	4.20	4.80	0.60	0.45	75.00
	4.80	5.40	0.60	0.45	75.00
	5.40	6.00	0.60	0.45	75.00
	6.00	6.60	0.60	0.45	75.00
	6.60	7.20	0.60	0.45	75.00
	7.20	7.80	0.60	0.45	75.00
	7.80	8.20	0.40	0.30	75.00
	8.20	8.80	0.60	0.45	75.00
	8.80	9.40	0.60	0.45	75.00
	9.40	10.00	0.60	0.45	75.00
	10.00	10.60	0.60	0.45	75.00
	10.60	11.20	0.60	0.45	75.00
	11.20	11.80	0.60	0.45	75.00
	11.80	12.40	0.60	0.45	75.00
	12.40	13.00	0.60	0.45	75.00
	13.00	13.60	0.60	0.45	75.00
	13.60	14.20	0.60	0.45	75.00
	14.20	14.80	0.60	0.45	75.00
	14.80	15.40	0.60	0.45	75.00
	15.40	16.00	0.60	0.45	75.00
	16.00	16.60	0.60	0.45	75.00
	16.60	17.20	0.60	0.45	75.00
	17.20	17.80	0.60	0.45	75.00
	17.80	18.40	0.60	0.45	75.00
	18.40	19.00	0.60	0.45	75.00
	19.00	19.60	0.60	0.45	75.00
	19.60	20.20	0.60	0.45	75.00
	20.20	20.80	0.60	0.45	75.00
	20.80	21.40	0.60	0.45	75.00
	21.40	22.00	0.60	0.45	75.00
	22.00	22.60	0.60	0.45	75.00
	22.60	23.20	0.60	0.45	75.00
	23.20	23.80	0.60	0.45	75.00
	23.80	24.40	0.60	0.45	75.00
	24.40	25.00	0.60	0.45	75.00

Tabla 4.3.1.2–B2.
Registro de Recuperación de muestras de la Perforación Diamantina P–02.

Perforación – Estribo	Tramo		Longitud perforada (m)	Longitud de muestra recuperada (m)	Recuperación de muestra (%)
	Desde (m.)	Hasta (m.)			
P–02 ESTRIBO 1	0.00	0.65	0.65	0.50	76.92
	0.65	1.25	0.60	0.45	75.00
	1.25	1.75	0.50	0.40	80.00
	1.75	2.35	0.60	0.45	75.00
	2.35	2.90	0.55	0.40	72.73
	2.90	3.50	0.60	0.45	75.00
	3.50	4.10	0.60	0.45	75.00
	4.10	4.70	0.60	0.45	75.00
	4.70	5.30	0.60	0.45	75.00
	5.30	5.90	0.60	0.45	75.00
	5.90	6.50	0.60	0.45	75.00
	6.50	7.10	0.60	0.45	75.00
	7.10	7.70	0.60	0.45	75.00
	7.70	8.30	0.60	0.50	83.33
	8.30	8.90	0.60	0.45	75.00
	8.90	9.50	0.60	0.45	75.00
	9.50	10.10	0.60	0.45	75.00
	10.10	10.70	0.60	0.45	75.00
	10.70	11.30	0.60	0.45	75.00
	11.30	11.90	0.60	0.45	75.00
	11.90	12.50	0.60	0.45	75.00
	12.50	13.10	0.60	0.45	75.00
	13.10	13.70	0.60	0.45	75.00
	13.70	14.30	0.60	0.45	75.00
	14.30	14.90	0.60	0.45	75.00
	14.90	15.50	0.60	0.45	75.00
	15.50	16.10	0.60	0.45	75.00
	16.10	16.70	0.60	0.45	75.00
	16.70	17.30	0.60	0.45	75.00
	17.30	17.90	0.60	0.45	75.00
	17.90	18.50	0.60	0.45	75.00
	18.50	19.10	0.60	0.45	75.00
	19.10	19.70	0.60	0.45	75.00
	19.70	20.30	0.60	0.45	75.00
	20.30	21.00	0.70	0.50	71.43
	21.00	21.50	0.50	0.40	80.00
	21.50	22.00	0.50	0.40	80.00
	22.00	22.50	0.50	0.40	80.0
	22.50	23.00	0.50	0.40	80.00
	23.00	23.40	0.40	0.35	87.50
	23.40	24.00	0.60	0.50	83.33
	24.00	24.50	0.50	0.40	80.00
	24.50	25.00	0.50	0.40	80.00

Tabla 4.3.1.2–B3.
Registro de Recuperación de muestras de la Perforación Diamantina P–03.

Perforación – Estribo	Tramo		Longitud perforada (m)	Longitud de muestra recuperada (m)	Recuperación de muestra (%)
	Desde (m.)	Hasta (m.)			
P–03 ESTRIBO 2	0.00	0.60	0.60	0.50	83.33
	0.60	1.20	0.60	0.45	75.00
	1.20	1.80	0.60	0.45	75.00
	1.80	2.20	0.40	0.30	75.00
	2.20	2.80	0.60	0.45	75.00
	2.80	3.40	0.60	0.45	75.00
	3.40	4.00	0.60	0.45	75.00
	4.00	4.60	0.60	0.45	75.00
	4.60	5.20	0.60	0.45	75.00
	5.20	5.80	0.60	0.45	75.00
	5.80	6.40	0.60	0.45	75.00
	6.40	7.00	0.60	0.45	75.00
	7.00	7.60	0.60	0.45	75.00
	7.60	8.20	0.60	0.45	75.00
	8.20	8.80	0.60	0.45	75.00
	8.80	9.20	0.40	0.30	75.00
	9.20	9.80	0.60	0.45	75.00
	9.80	10.40	0.60	0.45	75.00
	10.40	11.00	0.60	0.45	75.00
	11.00	11.60	0.60	0.45	75.00
	11.60	12.10	0.50	0.40	80.00
	12.10	12.70	0.60	0.45	75.00
	12.70	13.30	0.60	0.45	75.00
	13.30	13.90	0.60	0.45	75.00
	13.90	14.50	0.60	0.45	75.00
	14.50	15.10	0.60	0.45	75.00
	15.10	15.70	0.60	0.45	75.00
	15.70	16.30	0.60	0.45	75.00
	16.30	16.90	0.60	0.45	75.00
	16.90	17.50	0.60	0.45	75.00
	17.50	18.10	0.60	0.45	75.00
	18.10	18.70	0.60	0.45	75.00
	18.70	19.30	0.60	0.45	75.00
	19.30	19.90	0.60	0.45	75.00
	19.90	20.50	0.60	0.45	75.00
	20.50	21.10	0.60	0.45	75.00
	21.10	21.70	0.60	0.45	75.00
	21.70	22.30	0.60	0.45	75.00
	22.30	22.90	0.60	0.45	75.00
	22.90	23.50	0.60	0.45	75.00
	23.50	24.10	0.60	0.45	75.00
	24.10	24.70	0.60	0.45	75.00
	24.70	25.00	0.30	0.20	66.67

Tabla 4.3.1.2–B4.
Registro de Recuperación de muestras de la Perforación Diamantina P–04.

Perforación – Estribo	Tramo		Longitud perforada (m)	Longitud de muestra recuperada (m)	Recuperación de muestra (%)
	Desde (m.)	Hasta (m.)			
P–04 ESTRIBO 2	0.00	0.70	0.70	0.70	100.00
	0.70	1.30	0.60	0.45	75.00
	1.30	1.90	0.60	0.45	75.00
	1.90	2.40	0.50	0.40	80.00
	2.40	3.00	0.60	0.45	75.00
	3.00	3.60	0.60	0.45	75.00
	3.60	4.20	0.60	0.45	75.00
	4.20	4.80	0.60	0.45	75.00
	4.80	5.40	0.60	0.45	75.00
	5.40	6.00	0.60	0.45	75.00
	6.00	6.60	0.60	0.45	75.00
	6.60	7.20	0.60	0.50	83.33
	7.20	7.80	0.60	0.45	75.00
	7.80	8.40	0.60	0.45	75.00
	8.40	9.00	0.60	0.45	75.00
	9.00	9.60	0.60	0.50	83.33
	9.60	10.20	0.60	0.45	75.00
	10.20	10.80	0.60	0.45	75.00
	10.80	11.40	0.60	0.45	75.00
	11.40	12.00	0.60	0.45	75.00
	12.00	12.60	0.60	0.45	75.00
	12.60	13.10	0.50	0.40	80.00
	13.10	13.70	0.60	0.45	75.00
	13.70	14.30	0.60	0.45	75.00
	14.30	14.90	0.60	0.45	75.00
	14.90	15.50	0.60	0.45	75.00
	15.50	16.10	0.60	0.45	75.00
	16.10	16.70	0.60	0.45	75.00
	16.70	17.30	0.60	0.45	75.00
	17.30	17.90	0.60	0.45	75.00
	17.90	18.50	0.60	0.45	75.00
	18.50	19.10	0.60	0.45	75.00
	19.10	19.70	0.60	0.45	75.00
	19.70	20.30	0.60	0.45	75.00
	20.30	20.90	0.60	0.45	75.00
	20.90	21.50	0.60	0.45	75.00
	21.50	22.10	0.60	0.45	75.00
	22.10	22.70	0.60	0.45	75.00
	22.70	23.30	0.60	0.45	75.00
	23.30	23.90	0.60	0.45	75.00
	23.90	24.50	0.60	0.45	75.00
	24.50	25.00	0.50	0.35	70.00