

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería Geológica – Geotecnia

**VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN FUNCIÓN
DE PROFUNDIDAD Y LITOLOGÍA DE ROCAS
ÍGNEAS EN LAS PROVINCIAS DE LIMA -
BARRANCA, 2025**

TESIS

Presentada por:

Bach. Brandon Nils Calderón Poma

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO GEÓLOGO – GEOTÉCNICO

TACNA - PERÚ

2026

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería Geológica-Geotecnia

HOJA DE JURADO

TESIS

VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN
FUNCIÓN DE PROFUNDIDAD Y LITOLOGÍA DE ROCAS ÍGNEAS EN LAS
PROVINCIAS DE LIMA - BARRANCA, 2025

Presentado por el Bachiller Brandon Nils Calderón Poma

Para Optar el título profesional de Ingeniero Geólogo-Geotécnico

Tesis Sustentada y Aprobada el 19 de Junio del 2026 (RF N°910 y 1075-2026-FIAG/UNJBG)

Con el siguiente jurado:

Presidente:



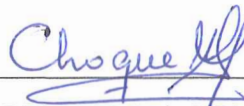
M.Sc. Ing. GINA MACKLINA CHAMBI TAPAHUASCO

Secretario:



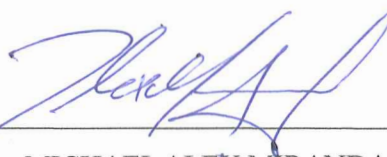
Mgr. Ing. FREDY CLETO CABRERA OLIVERA

Vocal:



Mgr. Ing. GLORIA MARINA CHOQUE MACHACA

Asesor de Tesis:



Mstro. Ing. MICHAEL ALEX MIRANDA CHOQUE

CERTIFICADO DE SIMILITUD

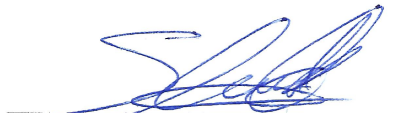
Yo, Michael Alex Miranda Choque, en mi condición de asesor acreditado con la Resolución de Facultad N° 465-2025-FIAG/UNJBG, del Trabajo de la Tesis, titulado: *VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN FUNCIÓN DE PROFUNDIDAD Y LITOLOGÍA DE ROCAS ÍGNEAS EN LAS PROVINCIAS DE LIMA – BARRANCA, 2025*, Presentado por el (la) Bachiller Sr. *BRANDON NILS CALDERÓN POMA*, para optar el título profesional en Ingeniería Geológica– Geotecnia.

Habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y similitud de trabajos de investigación y producción intelectual de la UNJBG, considerando que según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del software de similitud textual TURNITIN, cuenta con el nivel de similitud permitido cuyo porcentaje es 2 % Por lo que, CERTIFICO LA SIMILARIDAD de la tesis enunciado líneas arriba, la cual está expedita para continuar con los trámites para optar el título profesional Ingeniero Geólogo- Geotécnico, según corresponda para su publicación en el repositorio institucional.

Tacna, 14 de Julio del 2026


Docente Asesor de Tesis
Michael Alex Miranda Choque
DNI N°: 29659147




Firma del autor
Brandon Nils Calderón Poma
DNI N°: 70745892



DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia, especialmente a mis padres, Rubén y Maritza, por su apoyo incondicional, su constante motivación y por acompañarme en cada etapa de mi formación académica.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por cada experiencia vivida en mi camino profesional e íntegro, a los Docentes y a todas las personas que contribuyeron con sus conocimientos y apoyo para el desarrollo de esta investigación.

ÍNDICE

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice.....	iv
Lista de Tablas.....	ix
Lista de Figuras	xi
Resumen	xii
Abstract	xiv
Introducción.....	1
Capítulo I: Generalidades.....	3
1.1. Ubicación y accesibilidad al área de estudio	3
Capítulo II: Descripción del Proyecto.....	7
2.1. Planteamiento del problema	7
2.2. Formulación del problema.....	10
2.2.1. Problema General.....	10
2.2.2. Problemas Específicos.....	10
2.2.3. Justificación	10
2.3. Objetivos.....	12
2.3.1. Objetivo general.....	12
2.3.2. Objetivos Específicos	12
2.4. Hipótesis	13
2.4.1. Hipótesis general.....	13
2.4.2. Hipótesis Específicas.....	13
2.5. Variables e indicadores	14

2.5.1. Variable independiente: Condiciones geológicas	14
2.5.2. Variable dependiente: Propiedades mecánicas de las rocas	14
2.6. Alcances y limitaciones de la investigación	16
2.7. Tipos de investigación.....	18
Capítulo III: Marco Teórico	20
3.1. Antecedentes de la investigación	20
3.1.1. Antecedentes Internacionales	20
3.1.2. Antecedentes Nacionales	28
3.2. Bases teóricas.....	30
3.2.1. Rocas ígneas	30
3.2.2. Propiedades geomecánicas de las rocas	31
3.2.3. Influencia de la profundidad en el comportamiento mecánico.....	33
3.2.4. Litología y comportamiento geomecánico	33
3.2.5. Factores geodinámicos y esfuerzos regionales	34
3.2.6. Normas técnicas aplicadas.....	35
3.2.7. Módulo de elasticidad de las rocas.....	36
3.2.8. Resistencia a la tracción en rocas.....	38
3.2.9. Criterio de Hoek-Brown	40
3.2.10. Rocas ígneas y su comportamiento geomecánico.....	42
3.2.11. Importancia de la profundidad	43
3.2.12. Petrografía aplicada a geotecnia	45
Capítulo IV: Marco Geomorfológico y Geológico.....	47
4.1. Ubicación y distribución de sondajes evaluados	47
4.1. Geomorfología regional	50
4.1.1. Planicies costaneras.....	50

4.1.2. Valles y terrazas	51
4.2. Geomorfología local.....	51
4.2.1. Superficie de flujo piroclástico	51
4.2.2. Superficie de flujo piroclástico erosionado	52
4.2.3. Ladera con flujo piroclástico	53
4.2.4. Loma o colina piroclástica.....	53
4.2.5. Altiplanicie sedimentaria.....	54
4.2.6. Vertiente o piedemonte aluvial	55
4.2.7. Abanico o piedemonte.....	55
4.2.8. Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial	56
4.3. Geología regional.....	56
4.4. Geología local.....	60
4.4.1. Ramal Principal (Lima – Barranca)	61
4.4.2. Ramal 2 (Puente Piedra – Canta – Carretera Central).....	63
4.4.3. Ramal 5 (Variante Chancay – Huaral)	64
4.5. Geología estructural	65
4.5.1. Sistemas de fallas	65
4.5.2. Discontinuidades	66
4.5.3. Fracturamiento	67
4.5.4. Influencia tectónica en las propiedades mecánicas	68
Capítulo V: Marco Metodológico.....	72
5.1. Tipo y Diseño de Investigación	72
5.1.1. Tipo de Investigación	72
5.1.2. Diseño de investigación.....	72
5.2. Población y Muestra.....	73

5.2.1. Población	73
5.2.2. Muestra	73
5.3. Técnicas de Recolección y Tratamiento de Datos	77
5.3.1. Fuentes, Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	77
5.3.2. Procesamiento y presentación de datos	77
Capítulo VI: Caracterización Tecnológica	80
6.1. Descripción petrográfica	80
6.1.1. Andesita	83
6.1.2. Gabrodiorita	84
6.1.3. Granodiorita	86
6.1.4. Diorita	87
6.1.5. Tonalita	88
6.2. Caracterización petrográfica	90
Capítulo VII: Caracterización Geomecánica	93
7.1. Mapeo geomecánico y representación gráfica	93
7.2. Clasificación geomecánica según Bieniawski RMR 1989	94
7.3. Ensayos de resistencia in situ	95
Capítulo VIII: Análisis y Resultados	96
8.1. Zona carretera Lima Barranca	96
8.1.1. Accesibilidad	96
8.1.2. Homogeneidad	96
8.1.3. Calidad de la roca	97
8.2. Zona carretera Panamericana	97
8.2.1. Accesibilidad	97
8.2.2. Homogeneidad	97

8.2.3. Calidad de la roca.....	98
8.3. Calidad del afloramiento	98
8.4. Resultados por objetivo	98
8.4.1. Objetivo A	99
8.4.2. Objetivo B.....	104
8.4.3. Objetivo C.....	111
8.4.4. Objetivo D	119
8.5. Modelo geomecánico integral.....	126
8.6. Análisis estadístico.....	127
8.7. Relación entre profundidad y propiedades mecánicas	128
8.8. Relación entre profundidad y módulos de elasticidad	129
8.9. Relación entre profundidad y resistencia a la tracción.....	131
8.10. Validación de resultados con literatura especializada.....	133
Conclusiones.....	140
Recomendaciones	144
Referencias Bibliográficas	145
Anexos	149

Lista de Tablas

Tabla 1 Matriz de Operacionalización de variables.....	15
Tabla 2 Distribución espacial, profundidad y ensayos geomecánicos de los sondajes	48
Tabla 3 Correlación entre sondajes, sistemas de fallas asociados, profundidad y propiedades mecánicas (módulo de elasticidad E y resistencia a la tracción σ_t) en las rocas ígneas del ámbito Lima–Barranca.....	69
Tabla 4 Caracterización geológica–geomecánica de los sondajes evaluados	73
Tabla 5 Dispersión y confiabilidad de los datos obtenidos.....	79
Tabla 6 Correlación macroscópica de muestras litológicas evaluadas y ubicación de procedencia	82
Tabla 7 Características petrográficas y propiedades mecánicas de las rocas analizadas.....	92
Tabla 8 Estadísticos descriptivos globales del módulo de elasticidad y resistencia a la tracción.....	100
Tabla 9 Variación del módulo de elasticidad y la resistencia a la tracción según litología	101
Tabla 10 Relación entre profundidad, presión litostática y rigidez	102
Tabla 11 Clasificación geomecánica preliminar según módulo de elasticidad...	103
Tabla 12 Clasificación litológica de las muestras	105
Tabla 13 Resumen estadístico de propiedades físicas y mecánicas por litología	107
Tabla 14 Comparación entre rocas intrusivas y volcánicas	108
Tabla 15 Relación entre litología, profundidad y rigidez	109
Tabla 16 Influencia de parámetros físicos en el comportamiento mecánico	110
Tabla 17 Estadísticos descriptivos según intervalos de presión litostática (σ_v) .	113
Tabla 18 Correlaciones entre σ_v y propiedades mecánicas según litología.....	115
Tabla 19 Modelo lineal de tendencia global utilizando σ_v como predictor.....	116

Tabla 20 Matriz causa–efecto de procesos geodinámicos y su influencia en el módulo elástico (E) y la resistencia a la tracción (σ_t)	117
Tabla 21 Lineamientos técnicos propuestos para una normativa geotécnica nacional	121
Tabla 22 Relación entre resultados experimentales y requerimientos normativos	122
Tabla 23 Propuesta de zonificación geomecánica para fines normativos.....	123
Tabla 24 Incorporación del contexto geodinámico en la normativa.....	124
Tabla 25 Propuesta de valores normativos característicos.....	124
Tabla 26 Resumen del análisis estadístico aplicado	127
Tabla 27 Relación entre profundidad media y propiedades mecánicas de las litologías evaluadas	128
Tabla 28 Variación del módulo elástico promedio según la profundidad media	129
Tabla 29 Valores de resistencia a la tracción indirecta según profundidad media	131
Tabla 30 Comparación del módulo de elasticidad (E) obtenido con los rangos reportados por Chae et al. (2023).....	134
Tabla 31 Comparación de la resistencia a la tracción (σ_t) obtenido con los rangos reportados por Chae et al. (2023).....	134
Tabla 32 Comparación del módulo de elasticidad (E) obtenido con los rangos reportados por Rahman y Sarkar (2023).....	135
Tabla 33 Comparación de la resistencia a la tracción (σ_t) obtenido con los rangos reportados por Rahman y Sarkar (2023).....	136
Tabla 34 Comparación del módulo de elasticidad (E) obtenido con los rangos reportados por la ISRM (2007)	137
Tabla 35 Comparación de la resistencia a la tracción (σ_t) obtenido con los rangos reportados por la ISRM (2007).	137

Lista de Figuras

Figura 1 Mapa de ubicación	6
Figura 2 Muestra de la Roca Andesita caracterizada por textura porfirítica y matriz compacta	84
Figura 3 Muestra de la Roca Gabrodiorita con textura compacta y distribución uniforme de sus componentes minerales	85
Figura 4 Muestra de la Roca Granodiorita de textura compacta y estructura homogénea	87
Figura 5 Muestra de la Roca Diorita de textura compacta y estructura homogénea	88
Figura 6 Muestra de la Roca Tonalita de textura compacta y estructura homogénea	89
Figura 7 Módulo de Elasticidad promedio por Litología.....	128
Figura 8 Tendencia del módulo de elasticidad en función de la profundidad.....	130
Figura 9 Tendencia de la resistencia a la tracción en función de la profundidad	132

Resumen

La caracterización mecánica de rocas ígneas constituye un componente esencial para el planteamiento y desarrollo de proyectos geotécnicos en regiones con elevada complejidad estructural y significativa actividad sísmica. En este contexto, la presente investigación tuvo como finalidad evaluar la variabilidad del módulo de elasticidad y de la resistencia a la tracción en función de la profundidad y de la litología de rocas ígneas localizadas en las provincias de Lima–Barranca durante el año 2025. El estudio se ejecutó bajo un enfoque cuantitativo de tipo aplicado, sustentado en información experimental obtenida a partir de ensayos estandarizados conforme a las normas ASTM D7012-14 para la determinación del módulo de elasticidad y ASTM D3967-16 para la evaluación de la resistencia a la tracción indirecta.

Los resultados alcanzados evidencian valores del módulo de elasticidad de 17,12 a 67,29 GPa, una media del 36,82 GPa y variabilidad del 36,4 %. En cuanto a la resistencia a la tracción, se obtiene un rango de 2,41 a 7,24 MPa, con una media del 4,41 MPa y variabilidad del 27,4 %. Las rocas ígneas de carácter intrusivo mostraron valores de rigidez y capacidad resistente por encima de la andesita, por lo que se pone de manifiesto el papel relevante de la litología sobre el comportamiento mecánico del material rocoso. El análisis de la influencia de la profundidad reveló que las propiedades mecánicas no presentan un incremento

progresivo ni uniforme, identificándose una reducción significativa tanto del módulo de elasticidad como de la resistencia a la tracción a profundidades superiores a 150 m, fenómeno asociado a procesos de fracturación y deterioro inducidos por la deformación tectónica.

En conclusión, la variabilidad de las propiedades mecánicas se encuentra condicionada por la interacción conjunta entre la litología, la profundidad y el estado estructural del macizo rocoso, por lo que la profundidad, considerada de manera aislada, no representa un criterio suficiente ni confiable para la definición de parámetros geotécnicos, especialmente en contextos tectónicamente activos donde el daño estructural puede dominar sobre el efecto del confinamiento.

Palabras Clave: módulo de elasticidad, resistencia a la tracción, litología, profundidad, rocas ígneas, geotecnia.

Abstract

The mechanical characterization of igneous rocks constitutes an essential component for the planning and development of geotechnical projects in regions with high structural complexity and significant seismic activity. In this context, the present study aimed to evaluate the variability of the elastic modulus and tensile strength as a function of depth and lithology of igneous rocks located in the Lima–Barranca provinces during the year 2025. The research was conducted under a quantitative, applied approach, based on experimental data obtained from standardized tests in accordance with ASTM D7012-14 for the determination of the elastic modulus and ASTM D3967-16 for the evaluation of indirect tensile strength.

The results indicate elastic modulus values ranging from 17,12 to 67,29 GPa, with a mean value of 36,82 GPa and a coefficient of variation of 36,4 %. Meanwhile, tensile strength ranged between 2,41 and 7,24 MPa, with an average of 4,41 MPa and a relative dispersion of 27,4 %. Intrusive igneous rocks exhibited higher stiffness and strength values compared to andesite, confirming the dominant influence of lithology on the mechanical behavior of the rock material. The analysis of depth influence revealed that mechanical properties do not increase in a progressive or uniform manner, with a significant reduction in both elastic modulus and tensile strength observed at depths greater than 150 m, a phenomenon associated with fracturing processes and tectonically induced damage.

In conclusion, the variability of mechanical properties is governed by the combined interaction of lithology, depth, and the structural condition of the rock mass; therefore, depth alone does not constitute a sufficient or reliable criterion for defining geotechnical parameters.

Key Words: elastic modulus, tensile strength, lithology, depth, igneous rocks, geotechnical engineering.

INTRODUCCIÓN

El comportamiento mecánico de las rocas representa un elemento esencial en la concepción, planificación y ejecución de proyectos de ingeniería civil, minera y geotécnica, particularmente en territorios que presentan una evolución geológica y tectónica altamente compleja. Entre los parámetros mecánicos de mayor relevancia para el análisis y el diseño de obras de ingeniería destacan el módulo de elasticidad y la resistencia a la tracción, debido a que permiten estimar el grado de rigidez del material, su capacidad de deformación elástica y su respuesta frente a los procesos de iniciación y propagación de fracturas y planos de falla. En el caso específico de las rocas ígneas, dichas propiedades se encuentran fuertemente influenciadas por variables tales como la litología, la textura mineralógica, el nivel de alteración, el estado estructural del macizo rocoso y la profundidad de emplazamiento.

Las provincias de Lima y Barranca se localizan en el margen costero central del Perú, dentro de un entorno geodinámico dominado por la subducción de la Placa de Nazca por debajo de la Placa Sudamericana, proceso que ha propiciado la generación de extensos cuerpos ígneos vinculados al Batolito de la Costa, así como a episodios volcánicos posteriores. Este marco tectónico ha dado origen a macizos rocosos caracterizados por un elevado grado de fracturamiento, marcada heterogeneidad litológica y condiciones estructurales complejas, factores que

inciden directamente en la variabilidad de las propiedades mecánicas de las rocas en función de la profundidad.

A pesar de la relevancia de estos parámetros para el diseño geotécnico y la evaluación de la estabilidad de obras, a nivel nacional aún se dispone de información escasa y fragmentada respecto a la variación del módulo de elasticidad y de la resistencia a la tracción en rocas ígneas, considerando de manera conjunta los efectos de la profundidad y la litología, particularmente en el ámbito geográfico Lima–Barranca. Esta limitada disponibilidad de estudios específicos restringe una adecuada caracterización del macizo rocoso y puede introducir niveles significativos de incertidumbre en la toma de decisiones técnicas asociadas a proyectos de infraestructura y a la explotación de recursos naturales.

En este contexto, la presente investigación, tiene como finalidad analizar y correlacionar dichas propiedades mecánicas mediante la aplicación de ensayos normalizados de laboratorio, evaluaciones geomecánicas y análisis geológicos.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1. Ubicación y accesibilidad al área de estudio

El área de estudio corresponde al trazo analizado para el presente proyecto, el cual está conformado por un eje principal y dos ramales, definidos en función de la ubicación de la estación planteada y de su área de influencia. Dicho trazo se localiza en la zona central del Perú, abarcando principalmente los departamentos de Callao y Lima, con extensión hacia la costa y sectores del valle bajo y medio.

Eje principal:

- **Departamentos:** Callao y Lima.
- **Provincias:** Callao, Lima, Huaral, Huaura y Barranca.
- **Distritos:** Callao, San Martín de Porres, Los Olivos, Puente Piedra, Ventanilla, Ancón, Aucallama, Huaral, Chancay, Huacho, Santa María, Huaura, Végueta, Supe, Supe Puerto y Barranca.
- **Coordenadas UTM (Zona 18S):**
 - Inicio: 266969,45 E – 8666888,13 N
 - Final: 199385,60 E – 8811573,56 N

Ramal 2:

- **Departamento:** Lima.
- **Provincias:** Lima y Huarochirí.
- **Distritos:** Puente Piedra, Carabayllo, Comas, San Juan de Lurigancho.
- **Coordenadas UTM (Zona 18S):**
 - Inicio: 273891,37 E – 8687625,51 N
 - Final: 297683,18 E – 8683951,64 N

Ramal 5:

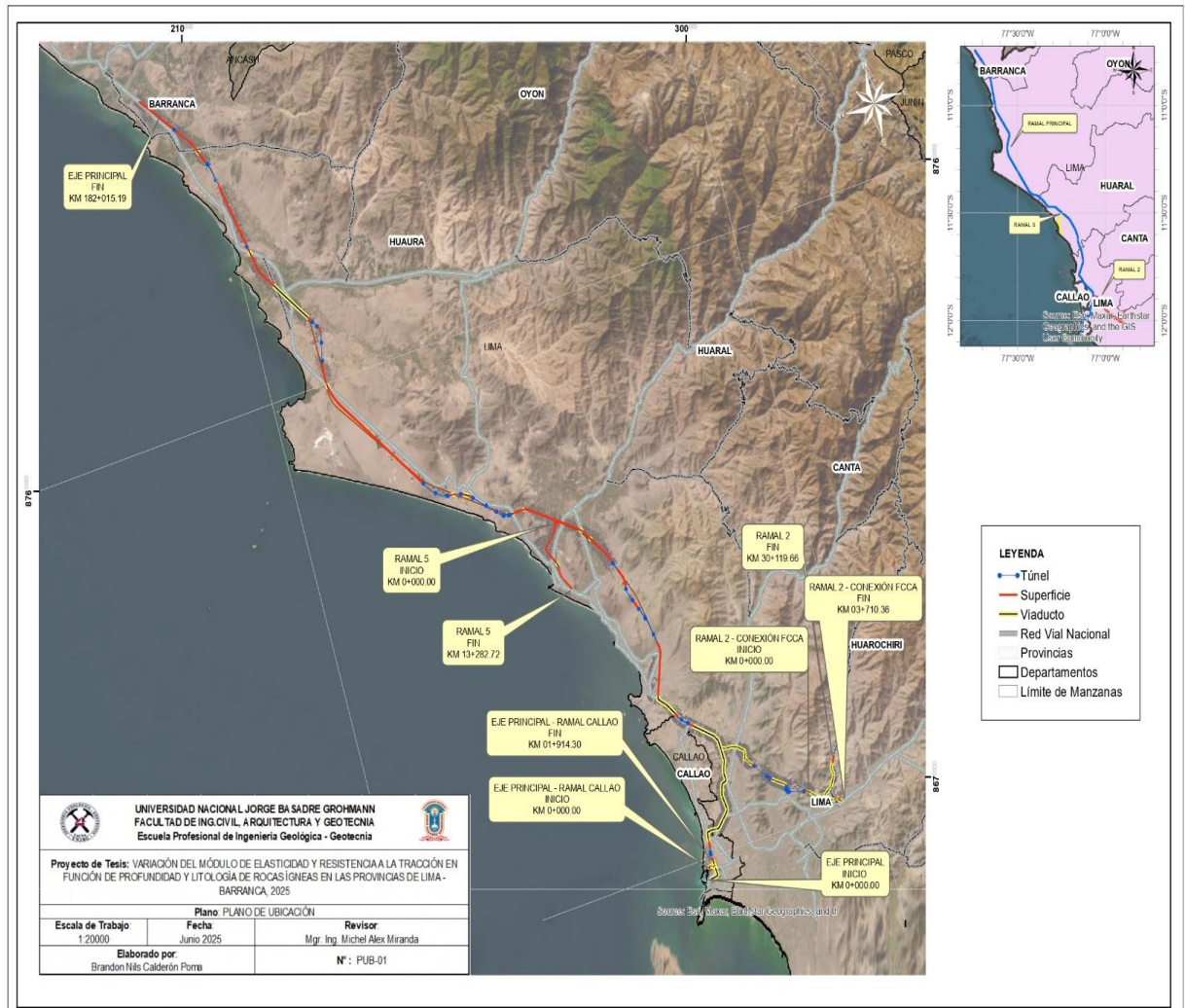
- **Departamento:** Lima.
- **Provincia:** Huaral.
- **Distritos:** Chancay y Huaral.
- **Coordenadas UTM (Zona 18S):**
 - Inicio: 253222,81 E – 8719580,47 N
 - Final: 252089,08 E – 8717389,25 N

Accesibilidad

El área estudiada tiene mucha accesibilidad gracias a su proximidad y conexión con las más importantes vías de comunicación nacional y regional: Carretera Panamericana Norte, avenidas metropolitanas, vías locales que permiten acceder de una manera directa a las distintas secciones del eje principal y ramales; así como la proximidad a los poblados consolidados que permiten la movilización del personal, equipo y materiales necesarios para el desarrollo de actividades de campo, incluidas investigaciones geotécnicas y trabajos auxiliares.

Figura 1

Mapa de ubicación.



La figura correspondiente a ello presenta la ubicación general del eje propuesto y permite visualizar su relación espacial con la red vial existente y los más importantes poblados del área de influencia.

CAPÍTULO II

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

2.1. Planteamiento del problema

La caracterización mecánica de los materiales geológicos es un pilar fundamental para el diseño, la seguridad estructural y la estabilidad de obras de construcción, mineras e infraestructura subterránea. A nivel internacional, las últimas investigaciones han puesto de manifiesto que el módulo de elasticidad y la resistencia a la tracción de las rocas presentan una gran dispersión, que no solo está ligada a su composición litológica, sino que además está condicionada por diversos condicionantes geológicos, tales como la profundidad, el grado de alteraciones y las discontinuidades estructurales (Abd et al., 2025). En concreto, estudios sobre rocas ígneas como sedimentarias han mostrado que la profundidad tiene un efecto determinante en el nivel de confinamiento del macizo rocoso y, de esta forma, en su comportamiento mecánico y, en consecuencia, en los criterios de diseño estructural de túneles, cimentaciones profundas y excavaciones a cielo abierto (Mishra et al., 2021).

En el ámbito latinoamericano el problema se vuelve aún más significativo por la diversidad geológica del territorio nacional y la emergencia de importantes proyectos mineros y alguna infraestructura en áreas andinas pero vastas y complejas. Sin embargo, la mayoría de los estudios geotécnicos sigue centrada en

los parámetros promedios o superficiales, sin tener en cuenta el efecto que puede provocar la profundidad ni la litología ponderada en las propiedades mecánicas de las rocas (Salinas, 2018). Esto limita los resultados de los modelos geomecánicos para regiones de elevada complejidad estructural, como la cordillera centro del Perú, donde las secuencias ígneas intrusivas se asocian a las unidades sedimentarias de pliegues y fallas.

La asociación de rocas ígneas en el centro del Perú se relaciona con los hitos de la evolución geológica de la cordillera andina, determinada por la interrelación del endógeno y del exógeno a través del tiempo geológico. Por un lado, la subducción de la Placa de Nazca por debajo de la Placa Sudamericana ha determinado un magmatismo fuerte y recurrente desde el Mesozoico hasta la actualidad.

Lo que ha dado lugar a la aparición de rocas ígneas intrusivas como las granodioritas y tonalitas que forman parte del Batolito de la Costa, aunque también a rocas ígneas extrusivas como andesitas y basaltos vinculadas al vulcanismo activo como el que se presenta en edificaciones volcánicas concretas como el Misti y el Sabancaya, entre otros. Por otra parte, los prolongados procesos de meteorización, erosión, transporte y posterior sedimentación han favorecido el origen y génesis de rocas sedimentarias como areniscas, lutitas y calizas que se depositaron en antiguos medios marinos, lacustres y fluviales (Jara et al., 2021).

Sin embargo, en esta región aún no existe una base de datos sistemática y consistente que permita establecer relaciones cuantitativas confiables entre el módulo de elasticidad, la resistencia a la tracción, la profundidad y la litología de los materiales rocosos, esto significa que el nivel significativo de imprecisiones que tiene el cálculo de los procesos de diseño estructural limitará la toma de decisiones técnicas fundamentadas en parámetros que fuesen representativos de la realidad geológica nacional y esto hace necesario la realización de investigaciones que estudien la variación de forma más rigurosa de estas propiedades mecánicas en función del tipo de roca y la profundidad a la que se encuentren.

El problema radica en la limitada disponibilidad de información cuantitativa confiable sobre la variación del módulo de elasticidad (17,12–67,29 GPa) y la resistencia a la tracción (2,41–7,24 MPa) en función de la profundidad (>150 m) y la litología en la zona Lima–Barranca, lo cual genera incertidumbre en el diseño geotécnico. Esta carencia impide la definición de parámetros representativos para el análisis de estabilidad y el dimensionamiento de estructuras, incrementando el riesgo en proyectos de ingeniería civil y geotécnica. En ese contexto, se plantearon las siguientes interrogantes de investigación.

2.2. Formulación del problema

2.2.1. Problema General

¿Cómo varía el módulo de elasticidad y la resistencia a la tracción en función de la profundidad y la litología de las rocas ígneas en las provincias de Lima - ¿Barranca, 2025?

2.2.2. Problemas Específicos

- a) ¿Cuál es el módulo de elasticidad y la resistencia a la tracción de las muestras de roca extraídas a diferentes profundidades, según los ensayos ASTM D7012-14 y D3967-16?
- b) ¿Qué relación existe entre la litología de las muestras rocosas y sus propiedades mecánicas (módulo de elasticidad y resistencia a la tracción)?
- c) ¿De qué manera influyen los factores geodinámicos, como la presión litostática y la actividad sísmica regional, en el comportamiento mecánico de las rocas ígneas?
- d) ¿Qué lineamientos técnicos pueden proponerse, a partir de los resultados obtenidos, para contribuir a una futura normativa geotécnica nacional?

2.2.3. Justificación

La selección del área Lima–Barranca se sustenta en su elevada complejidad geológica y geodinámica dentro del margen costero central del Perú, debido a la interacción tectónica activa entre la Placa de Nazca y la Placa Sudamericana. Esta

dinámica ha condicionado el desarrollo de unidades ígneas pertenecientes al Batolito de la Costa, caracterizadas por una marcada heterogeneidad litológica, elevado grado de fracturamiento y variabilidad estructural, factores que influyen directamente en el comportamiento geomecánico del macizo rocoso.

Desde el punto de vista aplicado, esta zona presenta alta relevancia para la ejecución de proyectos de infraestructura vial, cimentaciones profundas, estabilización de taludes y obras geotécnicas asociadas al desarrollo urbano e industrial, donde la adecuada caracterización del módulo de elasticidad y de la resistencia a la tracción resulta fundamental para el análisis de estabilidad, deformabilidad y diseño estructural.

Asimismo, la limitada disponibilidad de estudios específicos orientados a evaluar la variación de estas propiedades mecánicas en función de la profundidad y la litología dentro de esta región justifica el desarrollo del presente estudio, el cual busca aportar información técnica que contribuya al diseño geotécnico y a la optimización de criterios de ingeniería aplicables al contexto geológico del área de investigación.

2.3. Objetivos

2.3.1. Objetivo general

Analizar la variación del módulo de elasticidad y de la resistencia a la tracción en función de profundidad y litología de rocas ígneas en las provincias de Lima – Barranca, 2025.

2.3.2. Objetivos Específicos

- a) Determinar el módulo de elasticidad y la resistencia a la tracción en muestras extraídas a distintas profundidades, aplicando los ensayos ASTM D7012-14 y D3967-16.
- b) Clasificar las muestras rocosas según su litología y asociarlas con sus propiedades mecánicas.
- c) Evaluar la influencia de factores geodinámicos (presión litostática, actividad sísmica regional) en el comportamiento mecánico de las rocas.
- d) Proponer lineamientos técnicos orientados a una futura normativa geotécnica nacional.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

El módulo de elasticidad y la resistencia a la tracción de las rocas ígneas varían significativamente en función de la profundidad y de la litología en las provincias de Lima – Barranca, 2025.

2.4.2. Hipótesis Específicas

- a) El módulo de elasticidad y la resistencia a la tracción presentan diferencias significativas entre las muestras extraídas a distintas profundidades, según los ensayos ASTM D7012-14 y D3967-16.
- b) Las propiedades mecánicas de las rocas (módulo de elasticidad y resistencia a la tracción) difieren significativamente según la litología a la que pertenecen.
- c) La presión litostática y la actividad sísmica regional influyen de manera significativa en el comportamiento mecánico de las rocas ígneas.
- d) Los resultados obtenidos permiten establecer lineamientos técnicos viables que contribuyen al diseño de una futura normativa geotécnica nacional.

2.5. Variables e indicadores

2.5.1. Variable independiente: Condiciones geológicas

Hace referencia al conjunto de características físicas y petrográficas del macizo rocoso que ejercen una influencia directa sobre su comportamiento mecánico. Comprende la profundidad de extracción, la cual se encuentra estrechamente vinculada al nivel de confinamiento, al estado tensional y a los procesos de meteorización, así como la litología, que define la composición mineralógica, la textura y la estructura interna del material rocoso. En este contexto, se consideran las siguientes dimensiones:

- Profundidad
- Litología
- Grado de meteorización

2.5.2. Variable dependiente: Propiedades mecánicas de las rocas

Corresponde al conjunto de parámetros físicos que caracterizan la aptitud de la roca para oponerse a la deformación y a la aplicación de esfuerzos mecánicos, los cuales son determinados en laboratorio conforme a normas técnicas internacionales, tales como las establecidas por la ISRM y la ASTM. Este conjunto comprende el módulo de elasticidad, que cuantifica la rigidez del material frente a la acción de esfuerzos compresivos, y la resistencia a la tracción, que representa la capacidad del material rocoso para soportar esfuerzos

tensionales hasta alcanzar su condición de falla. Se consideran las siguientes dimensiones:

- Módulo de elasticidad (E)
- Resistencia a la tracción (σ_t)

Tabla 1

Matriz de operacionalización de variables

Variable	Dimensión	Indicador
Condiciones geológicas	Profundidad	m
	Litología	tipo de roca
	RQD	%
	GSI	índice
	Fracturamiento	n° discontinuidades
Propiedades mecánicas	Módulo Elasticidad E	GPa
	Resistencia a la tracción σ_t	MPa

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Además de la profundidad y la litología, se incorporan parámetros geomecánicos complementarios como el RQD, el índice GSI y el grado de fracturamiento, debido a que estos condicionan el comportamiento estructural del

macizo rocoso y ejercen influencia directa sobre las propiedades mecánicas evaluadas.

2.6. Alcances y limitaciones de la investigación

Los alcances de este estudio incluirán:

- a) Caracterización litológica de las muestras extraídas en diferentes profundidades, mediante análisis petrográficos.
- b) Determinación del módulo de elasticidad en condiciones de laboratorio, evaluando la influencia de la profundidad y la litología en este parámetro.
- c) Medición de la resistencia a la tracción indirecta (ensayo brasileño) y análisis comparativo con el módulo de elasticidad para identificar tendencias y correlaciones.
- d) Elaboración de un modelo interpretativo que permita comprender la relación entre profundidad, litología y propiedades mecánicas, aplicable a proyectos geotécnicos en contextos similares.
- e) Generación de una base de datos geotécnica que podrá ser utilizada como referencia en estudios posteriores o en la planificación de obras civiles y mineras.

Si bien la investigación buscó obtener resultados representativos y de alta calidad, se presentaron limitaciones que fueron consideradas durante el desarrollo del estudio:

- a) Cantidad de muestras limitada por factores logísticos, disponibilidad de accesos y permisos de extracción, lo que podría restringir el número de litologías y profundidades analizadas.
- b) Condiciones de laboratorio que, aunque estandarizadas, no reproducirán de manera exacta las condiciones in situ (presiones, humedad y temperatura), lo que podría generar ligeras variaciones respecto al comportamiento real de la roca en campo.
- c) Tiempo de ejecución limitado al periodo establecido en el cronograma de investigación, lo que impedirá realizar seguimientos a largo plazo o estudios complementarios más extensos.
- d) Dependencia de equipos y ensayos especializados, cuya disponibilidad y calibración podrían influir en la precisión de los resultados obtenidos.

2.7. Tipos de investigación

La presente investigación se inscribe dentro de un enfoque cuantitativo, en la medida en que se fundamenta en la medición sistemática, el procesamiento y la correlación de variables físicas y mecánicas, tales como el módulo de elasticidad y la resistencia a la tracción de rocas ígneas, en función de la profundidad y la litología. La información obtenida a partir de ensayos *in situ*, pruebas de laboratorio y clasificaciones geomecánicas constituye la base para el desarrollo de análisis estadísticos y comparativos de los resultados.

De acuerdo con su finalidad, el estudio corresponde a una investigación de tipo aplicado, puesto que los resultados generados están orientados a proporcionar información técnica de utilidad práctica para el diseño geotécnico, la evaluación de la estabilidad y la toma de decisiones en proyectos de ingeniería ejecutados en las provincias de Lima y Barranca.

En relación con su alcance, la investigación presenta un carácter descriptivo y correlacional. Es descriptiva porque permite caracterizar las propiedades petrográficas, geológicas y geomecánicas de las rocas ígneas presentes en el área de estudio; y es correlacional porque examina la relación existente entre el módulo de elasticidad, la resistencia a la tracción, la profundidad y la litología, sin que se produzca una manipulación intencional de las variables analizadas.

Respecto al diseño metodológico, la investigación es de tipo no experimental y transversal, dado que las variables son observadas y analizadas tal como se manifiestan en su estado natural, dentro de un periodo temporal específico correspondiente al año 2025, sin intervención directa sobre el objeto de estudio.

Finalmente, considerando el nivel de profundidad del conocimiento generado, la investigación puede clasificarse como analítica, ya que no se limita a describir las características del macizo rocoso, sino que además interpreta y explica las variaciones de las propiedades mecánicas a partir del contexto geológico, petrográfico y geomecánico del área de estudio.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes de la investigación

3.1.1. Antecedentes Internacionales

Hu, et al. (2024) en su artículo científico “Estudio sobre el efecto del tamaño del módulo elástico de la roca considerando la influencia de la rugosidad de la junta” Los autores examinaron la influencia de la rugosidad de las discontinuidades en el módulo elástico de rocas de diferentes escalas, considerando su importancia para la estabilidad de excavaciones en ingeniería minera. Para tal propósito, desarrollaron treinta escenarios de simulación numérica orientados a evaluar el comportamiento tensión–deformación bajo diversas condiciones de tamaño del espécimen y grado de rugosidad de las juntas. Los resultados obtenidos evidenciaron que el módulo elástico presenta una disminución de carácter exponencial a medida que aumenta el tamaño de la roca, mientras que su relación con la rugosidad de las discontinuidades puede describirse mediante una función de tipo potencial. Asimismo, se determinó que las rocas con mayores niveles de rugosidad exhiben una variabilidad más pronunciada en su respuesta deformacional, la cual se encuentra condicionada por la escala del material analizado. En conclusión, se establece la existencia de una relación sistemática y cuantificable entre el módulo elástico, el tamaño de la roca y la rugosidad de las juntas, lo que permite estimar con mayor precisión el comportamiento mecánico de

los macizos rocosos en entornos subterráneos, proporcionando un sustento teórico robusto para la optimización de la estabilidad en proyectos mineros.

Chae et al. (2023) en su artículo científico “Análisis básico de las propiedades mecánicas y térmicas de las rocas en Corea del Sur” Los investigadores desarrollaron un análisis integral de las propiedades mecánicas y térmicas de diversos tipos de rocas presentes en Corea del Sur, con el propósito de evaluar su aptitud para la implementación de instalaciones de almacenamiento geológico profundo de residuos nucleares. Para tal fin, se efectuaron ensayos de resistencia a la compresión uniaxial, determinaciones de cohesión, ángulo de fricción interna y conductividad térmica en rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias, considerando adicionalmente variables como el grado de meteorización y la profundidad de emplazamiento. Los resultados obtenidos evidenciaron que las rocas ígneas y metamórficas presentan valores de resistencia mecánica superiores en comparación con las rocas sedimentarias, observándose además una tendencia general al incremento de la resistencia con la profundidad, aunque caracterizada por una elevada dispersión de los datos. El módulo de Young y la cohesión alcanzaron valores más altos en los granitos, mientras que las propiedades térmicas mostraron una dependencia significativa de la distribución geológica regional, destacándose zonas con elevado flujo de calor. Finalmente, se concluyó que, de manera análoga a lo observado en países como Finlandia y Suecia, la región central de Corea dispone de condiciones geomecánicas y térmicas favorables para el desarrollo de

proyectos de almacenamiento subterráneo de residuos de alta actividad, consolidando su viabilidad desde una perspectiva técnico-científica.

Liu et al. (2023) en su artículo científico “Predicción de la resistencia a la compresión uniaxial de la roca basada en la litología utilizando modelos de apilamiento” El estudio estimó la resistencia a la compresión uniaxial de los materiales rocosos en función de su litología mediante la aplicación de modelos predictivos sustentados en parámetros de fácil obtención, tales como la resistencia a la carga puntual, la velocidad de propagación de la onda P y el índice de rebote del martillo Schmidt. Para tal propósito, se recopiló una base de datos compuesta por 1 080 registros, los cuales fueron clasificados en tres grupos litológicos principales: rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas. A partir de esta información, se desarrollaron modelos de aprendizaje automático de tipo apilamiento, integrando algoritmos de regresión lineal y bosque aleatorio. Los resultados evidenciaron que este enfoque incrementó de manera significativa la precisión de las estimaciones, particularmente en rocas sedimentarias e ígneas, mientras que las rocas metamórficas mostraron un menor nivel de predictibilidad. Asimismo, se determinó que el índice de rebote del martillo Schmidt constituye el predictor más confiable para todos los tipos litológicos, en tanto que la velocidad de onda P resultó un parámetro relevante únicamente en rocas ígneas. En conclusión, los modelos desarrollados representan una alternativa eficiente y práctica para la estimación de la resistencia de rocas en aplicaciones de ingeniería

geotécnica, contribuyendo a optimizar los procesos de caracterización mecánica del macizo rocoso.

Rahman & Sarkar (2023) en su artículo científico “Correlaciones entre la resistencia a la compresión uniaxial y las propiedades elásticas dinámicas para seis tipos de rocas” correlacionaron la resistencia a la compresión uniaxial con las propiedades elásticas dinámicas de seis tipos distintos de rocas, considerando su relevancia en proyectos geotécnicos. Para ello, emplearon un análisis de regresión simple sobre una base de datos extraída de ocho estudios previos, que incluyó variables como velocidades de onda P y S, densidad, y los módulos dinámicos de volumen, corte, Young y el coeficiente de Poisson. Los resultados indicaron que la calidad de las correlaciones varía significativamente según la litología, siendo más precisas cuando se analizan por tipo de roca y no de forma general. El análisis de componentes principales permitió reducir la dimensión de los datos, reafirmando que las tendencias están determinadas por la litología. Se concluye que es posible estimar de forma confiable la resistencia de las rocas a partir de propiedades dinámicas, siempre que se consideren las particularidades litológicas en el modelado.

Davarpanah et al. (2023) en su artículo científico “Esfuerzo de transición frágil-dúctil de diferentes tipos de rocas y su relación con la resistencia a la compresión uniaxial y la constante del material de Hoek-Brown (m_i)” Los investigadores examinaron la relación existente entre el esfuerzo correspondiente a

la transición frágil–dúctil, la resistencia a la compresión uniaxial y la constante del material del criterio de Hoek–Brown en diferentes tipos de rocas. Para ello, emplearon una extensa base de datos recopilada de la literatura especializada y aplicaron análisis de regresión con el objetivo de estimar la tensión de transición frágil–dúctil mediante la integración del criterio de Hoek–Brown y el límite de Mogi. Como resultado, se establecieron correlaciones no lineales diferenciadas para rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas. Los coeficientes de determinación obtenidos evidenciaron una relación sólida entre la resistencia a la compresión uniaxial y la tensión de transición en el gneis (0,90), la arenisca (0,80) y la pizarra (0,74). De igual manera, se identificó una elevada correlación entre el esfuerzo de transición y la constante m_i en el gneis (0,88). En conclusión, los autores señalaron que una estimación precisa del esfuerzo de transición frágil–dúctil resulta fundamental para la obtención de valores confiables de la constante m_i ; sin embargo, destacaron que su comportamiento presenta variaciones significativas en función de la estructura y naturaleza litológica del material rocoso.

Zheng et al. (2023) en su artículo científico “Una investigación experimental sobre las propiedades mecánicas y las características de falla de los macizos rocosos estratificados” tuvieron por propósito analizar las propiedades mecánicas y los modos de falla en macizos rocosos estratificados formados por combinaciones de arenisca y pizarra en tres configuraciones: tipo sándwich, intercalado y superpuesto.

Para ello, prepararon cilindros compuestos de 50 milímetros de altura y 25 milímetros de diámetro con distintos espesores de los materiales, sobre los cuales aplicaron ensayos de compresión uniaxial. Los resultados mostraron que, al aumentar el contenido de roca blanda, la resistencia a la compresión y el módulo elástico disminuyen, siendo el tipo intercalado el que presentó mayor resistencia y estabilidad mecánica. Además, identificaron que la curva esfuerzo-deformación incluye etapas de compactación, comportamiento elástico, desarrollo plástico y postfractura, siendo esta última influenciada por la composición del macizo. Concluyeron que los modos de falla dependen del tipo de estratificación y del contenido de roca blanda, predominando la tracción en menor proporción y aumentando el corte con mayor debilidad del material.

Heap & Violay (2021) en su artículo de investigación “El comportamiento mecánico y los modos de falla de las rocas volcánicas: una revisión” analizaron el comportamiento mecánico y los modos de falla de las rocas volcánicas, evaluando su relación con factores microestructurales y condiciones físicas. Aplicaron una metodología de revisión bibliográfica exhaustiva sobre estudios experimentales recientes, centrados en ensayos triaxiales y modelos micromecánicas. Los resultados mostraron que la porosidad influye de forma determinante en la resistencia a la compresión uniaxial, junto con la distribución de poros, tamaño y forma de cristales, presencia de agua, temperatura y velocidad de deformación. Se evidenció que las rocas volcánicas presentan comportamientos frágiles o dúctiles

según sus características, y que las bandas de compactación o colapso cataclástico dependen de la heterogeneidad de la porosidad y la densidad de microfisuras. Concluyeron que, aunque la porosidad tiene un rol clave, otros factores como el tamaño y distribución de poros también afectan la transición frágil-dúctil, y que una comprensión más profunda de estos mecanismos puede mejorar las herramientas para monitorear peligros volcánicos.

Gou et al. (2022) en su artículo científico “Estudio experimental sobre la capacidad de fracturación de rocas volcanoclásticas del Pérmico en la cuenca de Sichuan” evaluaron la capacidad de fracturación y el comportamiento mecánico de las rocas volcanoclásticas del Pérmico en la cuenca de Sichuan, con el fin de determinar su potencial de estimulación para la producción de gas. Aplicaron una metodología experimental basada en pruebas de laboratorio a núcleos de perforación y afloramientos de campo, evaluando propiedades mecánicas bajo condiciones uniaxiales y triaxiales. Los resultados mostraron que las rocas presentan comportamiento frágil en estado uniaxial y plástico en triaxial, con escasa diferencia entre esfuerzo residual y de fluencia. Se identificó una fuerte heterogeneidad mecánica, con diferencias superiores al 30 % en algunos parámetros, y una fracturación compleja que combina modos de cizallamiento y tracción. Además, se observó el fenómeno de "caída de partículas" tras la falla, asociado a la producción de arena en condiciones reales. Concluyen que estos

hallazgos aportan una base técnica útil para mejorar el desarrollo de este tipo de yacimientos.

Balme et al. (2004) en su artículo científico “Mediciones de tenacidad a la fractura en rocas ígneas utilizando una celda de mecánica de fractura de rocas de alta presión y alta temperatura” se propusieron medir la tenacidad a la fractura de rocas ígneas bajo condiciones de alta presión y temperatura, con el fin de mejorar el modelado de procesos volcánicos como la fractura de lava y el emplazamiento de diques. Para ello, desarrollaron un nuevo equipo experimental capaz de evaluar núcleos de roca de gran tamaño (60 mm de diámetro) a temperaturas de hasta 750 °C y presiones de 50 MPa, realizando ensayos en basaltos islandeses, vesubianos y etneanos. Los resultados indicaron que la tenacidad a la fractura varía entre 1,4 y 3,8 MPa m^{1/2}, siendo el basalto islandés el más resistente y el etneano el más débil. Se observó que el aumento de temperatura apenas afectó al material vesubiano y etneano, pero incrementó temporalmente la tenacidad del basalto islandés. Además, este último mostró mayor resistencia bajo presión moderada. Concluyen que estas variaciones pueden explicarse mediante la mecánica de fractura, y los datos obtenidos respaldan y complementan modelos existentes de propagación de diques.

3.1.2. Antecedentes Nacionales

Condezo (2024) en la investigación titulada *“Evaluación de los ángulos de fricción y cohesión obtenidos a partir de ensayos de compresión triaxial y corte directo en la resistencia a la compresión de rocas recuperadas por perforaciones diamantinas en Marcapunta Norte (subterráneo) y Tajo Norte (superficie) – Mina Colquijirca”*, analizó los parámetros de fricción interna y cohesión determinados mediante ensayos de corte directo y compresión triaxial, con la finalidad de evaluar la influencia de cada metodología en la estimación del comportamiento resistente del macizo rocoso. El estudio fue desarrollado bajo un enfoque cualitativo, con diseño no experimental y nivel descriptivo–explicativo, considerando etapas de trabajo de campo, análisis de gabinete, muestreo y procesamiento de datos. Los resultados evidenciaron diferencias significativas entre los parámetros resistentes obtenidos mediante ambos ensayos, demostrando que la selección del método de análisis influye directamente en la estimación de la resistencia máxima al corte. En ese sentido, la investigación resalta la importancia de considerar las características litológicas y estructurales del macizo rocoso para establecer correlaciones confiables entre sus propiedades mecánicas. Estos resultados guardan relación con la presente investigación, debido a que evidencian cómo las propiedades geomecánicas varían en función de las condiciones litológicas y del comportamiento mecánico de la roca frente a diferentes condiciones de esfuerzo.

Belyadi et al. (2024), en la investigación titulada “*Evaluación de propiedades mecánicas y esfuerzos in situ para la caracterización geomecánica del macizo rocoso en proyectos de ingeniería en el Perú*”, evaluaron el comportamiento mecánico de distintos macizos rocosos mediante la determinación de parámetros resistentes y deformaciones, tales como la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción indirecta y el módulo de elasticidad, considerando además la influencia de las condiciones geológicas y estructurales. El estudio fue desarrollado bajo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado y nivel descriptivo–correlacional, integrando ensayos de laboratorio, mapeo geomecánico y herramientas de análisis geotécnico. Los resultados demostraron que las propiedades mecánicas presentan una variabilidad significativa en función de la litología, el grado de fracturamiento y la alteración estructural del macizo rocoso, observándose una disminución del módulo de elasticidad y de la resistencia a la tracción en zonas con mayor densidad de discontinuidades. En consecuencia, los autores concluyen que una caracterización geomecánica integral resulta fundamental para la evaluación de estabilidad y el diseño seguro de obras de ingeniería. Estos hallazgos son relevantes para la presente investigación, ya que respaldan la influencia de la profundidad, la litología y las condiciones estructurales sobre el comportamiento mecánico de las rocas ígneas.

Apaza et al. (2025), en la investigación titulada “*Caracterización geomecánica del macizo rocoso en la mina Balcón de Oro, Puno*”, realizaron una

evaluación integral de las propiedades mecánicas y geomecánicas del macizo rocoso mediante ensayos de resistencia a la compresión uniaxial, carga puntual y determinación del módulo de elasticidad, complementados con el análisis de discontinuidades estructurales. El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado y nivel descriptivo–correlacional, integrando trabajo de campo, ensayos normalizados y análisis geotécnico. Los resultados evidenciaron una variabilidad considerable en el módulo de elasticidad y la resistencia mecánica, asociada principalmente al grado de fracturamiento y a la litología del macizo rocoso. A partir de ello, los autores concluyeron que una caracterización geomecánica integral permite identificar zonas de debilidad y establecer criterios técnicos confiables para el diseño de sistemas de sostenimiento y excavaciones mineras. En relación con la presente investigación, este antecedente resulta importante porque demuestra que las propiedades mecánicas de la roca están directamente condicionadas por factores litológicos y estructurales, los cuales influyen en la respuesta del macizo rocoso frente a los esfuerzos en profundidad.

3.2. Bases teóricas

3.2.1. Rocas ígneas

Las rocas ígneas se originan a partir de los procesos de enfriamiento y cristalización del magma, y se caracterizan, en términos generales, por presentar

elevados valores de resistencia mecánica y un reducido grado de porosidad, condiciones que les otorgan un comportamiento favorable frente a la aplicación de esfuerzos de deformación y fractura (Castro, 2015). Estas propiedades se encuentran estrechamente vinculadas a factores tales como la velocidad de enfriamiento, el ambiente de emplazamiento y la textura resultante, lo que explica la variabilidad observada en parámetros mecánicos como el módulo de elasticidad y la resistencia a la tracción entre rocas ígneas de origen intrusivo y extrusivo.

De igual manera, la litología entendida como la naturaleza del material rocoso, su composición mineralógica y su estructura interna ejerce una influencia directa y determinante sobre el comportamiento geomecánico del macizo rocoso (Rivera, 2016), en tanto condiciona aspectos fundamentales como la cohesión interna, la respuesta frente a los procesos de fracturamiento y la susceptibilidad a fenómenos de alteración físico-química. En este contexto, las variaciones en la proporción de minerales félsicos y máficos, así como el grado de alteración y la presencia de discontinuidades estructurales, inciden de manera significativa en la capacidad resistente del macizo rocoso, particularmente cuando su comportamiento es evaluado en función de la profundidad de emplazamiento.

3.2.2. Propiedades geomecánicas de las rocas

El módulo de elasticidad (E) y la resistencia a la tracción indirecta constituyen parámetros esenciales dentro de la mecánica de rocas, dado que

permiten caracterizar el comportamiento del material frente a la aplicación de esfuerzos externos. El módulo de elasticidad se entiende como la relación existente entre el esfuerzo aplicado y la correspondiente deformación unitaria que se produce dentro del dominio elástico del material rocoso, recibiendo a la vez la información del grado de rigidez que adquiere el material, así como del grado de recuperación de la forma original que adquiere después de la carga aplicada. Este parámetro resulta pertinente para el estudio del comportamiento deformacional del macizo rocoso con carga estática y dinámica.

Por su parte, la resistencia a la tracción, siendo difícil de determinar la medida en rocas quebradizas debido a la falla repentina, es determinada normalmente de manera indirecta mediante el ensayo brasileño, lo que permite estimar la resistencia de tensión en el material a partir de la aplicación de una carga diametral en una probeta cilíndrica, provocando un estado de esfuerzos de tensión en el plano medio de la probeta (Scholz, 2002), es una propiedad importante para valorar la resistencia del material para resistir procesos de deformación y falla, y es ampliamente utilizada cuando se realizan análisis de estabilidad de taludes, excavaciones subterráneas y al valorar los estados de esfuerzo en profundidad, y también constituyen valores fundamentales en la simulación numérica del funcionamiento del macizo rocoso, ya que permiten determinar áreas potenciales con concentración de esfuerzos.(Jaeger, 1979).

3.2.3. Influencia de la profundidad en el comportamiento mecánico

La profundidad constituye una de las variables que ejerce un control directo sobre las propiedades físicas y mecánicas de las rocas, debido a que el incremento de profundidad genera un aumento progresivo de la presión litostática y de la temperatura del macizo rocoso. Estas condiciones favorecen la reducción de la porosidad, el incremento de la densidad y modificaciones en el comportamiento elástico y resistente del material rocoso, produciendo una respuesta mecánica más homogénea a mayores profundidades (Neville Jaeger, 1979).

En este contexto, el aumento de profundidad favorece el cierre de microfracturas y discontinuidades, incrementando el módulo de elasticidad y la resistencia mecánica de la roca.

Diversos estudios han demostrado que las rocas presentan un comportamiento predominantemente frágil en superficie y una respuesta más dúctil a mayores profundidades, condicionando su comportamiento frente a esfuerzos tectónicos y cargas externas. Esta transición frágil-dúctil cumple un papel fundamental en la interpretación de los mecanismos de deformación y falla del macizo rocoso, especialmente en zonas sometidas a actividad tectónica.

3.2.4. Litología y comportamiento geomecánico

Cada variedad de roca cuenta con un comportamiento mecánico específico, que se encuentra determinado por la mineralogía, la textura, el grado de

cementación y el estado estructural, factores que dictan cómo reacciona el material al aplicar esfuerzos. La composición mineralógica condiciona directamente la rigidez y la resistencia, mientras que la textura y la velocidad de crecimiento de los cristales condicionan la capacidad que tiene la roca para distribuir tensiones internamente. En esta línea es posible decir que rocas ígneas como el granito o la diorita muestran altos valores de resistencia y elevado módulo de elasticidad debido a su estructura cristalina densa y su bajo valor de porosidad (Elsageer et al., 2025).

La resistencia y deformabilidad de la roca de acuerdo a su litología forma parte de las bases principales de los sistemas de clasificación geomecánica más utilizados, como el RMR (Rock Mass Rating) o el índice de calidad de Bieniawski, los cuales integran los parámetros litológicos y estructurales para determinar la calidad del macizo rocoso. Estos sistemas permiten establecer categorías de comportamiento mecánico y predecir la respuesta del macizo ante excavaciones o cargas externas, facilitando la toma de decisiones en el diseño geotécnico y la evaluación de estabilidad (Hasanipanah et al., 2023).

3.2.5. Factores geodinámicos y esfuerzos regionales

En regiones tectónicamente activas, como en el centro del Perú, los esfuerzos regionales asociados a los procesos de subducción de placas generan fracturas, zonas de cizalla y alteraciones estructurales que repercuten en la integridad y comportamiento mecánico de los macizos rocosos del territorio

(Elsageer et al., 2025). Tales procesos tectónicos favorecen el incremento de la densidad de discontinuidades y la evolución de sistemas de fallas que reducen la resistencia global del macizo, sobre todo con respecto a esfuerzos tracción y corte. Asimismo, la tectónica también establece la condición de la distribución espacial de esfuerzos, generando localmente variaciones en la rigidez y capacidad resistente de las rocas. La presión litostática y un régimen sísmico activo también marcan de manera significativa la orientación de fracturas, la formación de zonas de debilidad y el desarrollo de anisotropía mecánica al interior del macizo rocoso (Elsageer et al., 2025).

La anisotropía se manifiesta en el comportamiento mecánico diferencial bajo la dirección de aplicación de esfuerzos, lo que es clave para el análisis de estabilidad de taludes, excavaciones subterráneas y obras de infraestructura. Por lo tanto, el análisis estructural y tectónico es un elemento clave para comprender la variabilidad del módulo de elasticidad y de resistencia a la tracción de las rocas en un contexto geodinámico activo.

3.2.6. Normas técnicas aplicadas

La utilización de estos procedimientos normalizados permite integrar los resultados obtenidos en análisis geomecánicos y compararlos con estudios similares desarrollados a nivel internacional. Los ensayos que se desarrollan en esta investigación están definidos internacionalmente, lo cual permite la fiabilidad,

repetibilidad y comparabilidad de los resultados obtenidos. El estándar ASTM D7012-14 regula el procedimiento para determinar la resistencia a compresión uniaxial y el módulo de elasticidad en laboratorio, pues también establece directrices concretas sobre cómo elaborar las probetas, las condiciones de carga y el uso de celdas instrumentadas que permiten registrar de forma continua la relación carga-deformación. Éste es el procedimiento que asegura que los valores del módulo elástico sean representativos del comportamiento del material en su rango elástico.

Por otra parte, el estándar ASTM D3967-16 regula el ensayo brasileño, que permite estimar la resistencia a la tracción indirecta con un alto grado de fiabilidad en rocas frágiles y heterogéneas. Este nivel de ensayo puede ser utilizado para aquellos materiales rocosos que no pueden ser probados con el ensayo de tracción directa, pues reproduce de forma controlada el estado tensional responsable de la llamada falla por tracción.

3.2.7. Módulo de elasticidad de las rocas

El módulo de elasticidad, también denominado módulo de Young, constituye una de las propiedades mecánicas más importantes en mecánica de rocas y geotecnia, debido a que describe la capacidad de una roca para deformarse elásticamente cuando se encuentra sometida a esfuerzos. Esta propiedad expresa la relación entre el esfuerzo aplicado y la deformación producida dentro del rango

elástico del material, es decir, mientras la roca aún puede recuperar su forma original después de retirar la carga. Matemáticamente, el módulo de elasticidad se expresa mediante la relación entre el esfuerzo y la deformación unitaria. En términos geotécnicos, un valor elevado del módulo indica una roca rígida y poco deformable, mientras que valores bajos representan materiales más deformables.

La importancia del módulo de elasticidad en geotecnia radica en que permite predecir el comportamiento de deformaciones de macizos rocosos frente a cargas naturales o inducidas por obras de ingeniería. Este parámetro es esencial en el diseño de túneles, cimentaciones, presas, excavaciones mineras y estabilidad de taludes, ya que influye directamente en la distribución de esfuerzos y en los asentamientos que pueden producirse durante la construcción y operación de estructuras. Hoek y Brown (1997) señalan que la deformabilidad del macizo rocoso representa uno de los aspectos más relevantes en el análisis geomecánico de excavaciones subterráneas.

La determinación del módulo de elasticidad puede realizarse mediante métodos estáticos y dinámicos. El método estático generalmente se obtiene a partir del ensayo de compresión uniaxial, donde se registra la relación esfuerzo-deformación de la muestra rocosa. Este método es considerado el más representativo del comportamiento real de la roca, ya que reproduce condiciones de carga similares a las que ocurren en campo. Sin embargo, requiere muestras de alta calidad y un mayor tiempo de ejecución. Por otro lado, el método dinámico se basa

en la propagación de ondas sísmicas o ultrasónicas a través de la roca, utilizando las velocidades de ondas P y S para estimar el módulo dinámico. Este método resulta más rápido y práctico para evaluaciones de campo, aunque suele proporcionar valores mayores que los obtenidos mediante ensayos estáticos debido a las pequeñas deformaciones involucradas.

Diversos factores influyen en el valor del módulo de elasticidad de las rocas. La litología representa uno de los factores principales, ya que las rocas ígneas compactas como granitos y basaltos suelen presentar elevados módulos debido a su alta cohesión mineralógica y baja porosidad. Asimismo, la presencia de poros, fracturas y discontinuidades disminuye significativamente la rigidez del material. El grado de meteorización también afecta negativamente esta propiedad debido a la alteración mineralógica y formación de microfisuras. De igual manera, el contenido de agua reduce la resistencia interna entre partículas minerales y favorece la deformación. Según Bieniawski (1989), la deformabilidad de un macizo rocoso depende no solo de la roca intacta, sino también de la calidad estructural y del estado de fracturamiento del macizo.

3.2.8. Resistencia a la tracción en rocas

La resistencia a la tracción corresponde al máximo esfuerzo de tensión que una roca puede soportar antes de fracturarse. Esta propiedad mecánica es considerablemente menor que la resistencia a compresión debido a la facilidad con

la que las microgrietas presentes en las rocas pueden propagarse bajo esfuerzos tensionales. En la mayoría de los materiales rocosos, la resistencia a la tracción representa aproximadamente entre el 5 % y el 15 % de la resistencia a compresión uniaxial. Esta diferencia evidencia el comportamiento frágil característico de las rocas.

En geotecnia y mecánica de rocas, la resistencia a la tracción posee gran importancia porque numerosos procesos de falla se originan debido al desarrollo de tensiones de tracción localizadas. Este parámetro resulta fundamental en el análisis de estabilidad de taludes, excavaciones subterráneas, propagación de fracturas, voladuras y fracturamiento hidráulico. Cuando una excavación modifica el estado natural de esfuerzos, pueden generarse zonas tensionales alrededor de túneles o galerías que desencadenan procesos de fracturamiento.

La determinación de la resistencia a la tracción puede realizarse mediante ensayos directos e indirectos. El método indirecto más utilizado es el ensayo brasileño, el cual consiste en aplicar una carga diametral sobre una muestra cilíndrica hasta provocar su ruptura. Este ensayo se utiliza ampliamente debido a su facilidad experimental y a la dificultad que implica realizar ensayos de tracción directa en rocas. El ensayo de tracción directa, aunque proporciona resultados más representativos, presenta problemas relacionados con el alineamiento de cargas y la aparición de fracturas prematuras.

La resistencia a la tracción se encuentra influenciada por diversos factores geológicos y estructurales. La presencia de microfisuras reduce considerablemente la capacidad resistente de la roca, ya que estas actúan como zonas de concentración de esfuerzos. La orientación mineralógica y la anisotropía también modifican la resistencia dependiendo de la dirección de aplicación de la carga. Asimismo, la humedad favorece la propagación de grietas y disminuye la cohesión mineralógica interna. Las rocas de grano fino generalmente presentan mayores resistencias a la tracción debido a su mayor homogeneidad estructural. Jaeger, Cook y Zimmerman (2007) indican que la baja resistencia a la tracción constituye una de las principales razones del comportamiento frágil de las rocas.

3.2.9. Criterio de Hoek-Brown

El criterio de Hoek-Brown constituye uno de los modelos empíricos más utilizados en mecánica de rocas para estimar la resistencia al fallo de macizos rocosos fracturados sometidos a diferentes estados tensionales (Hoek & Brown, 1997). Este criterio fue desarrollado por Evert Hoek y Edwin T. Brown con el objetivo de representar de manera más realista el comportamiento mecánico de macizos rocosos heterogéneos y discontinuos.

A diferencia de otros modelos tradicionales, el criterio de Hoek-Brown considera tanto la resistencia de la roca intacta como las características estructurales del macizo rocoso, incorporando parámetros relacionados con el grado de

fracturamiento, alteración y calidad geomecánica del material (Bieniawski, 1989). De esta manera, el modelo permite describir el comportamiento no lineal de la resistencia de las rocas frente a diferentes condiciones de confinamiento.

Una de las principales ventajas del criterio de Hoek-Brown es que permite estimar de manera más representativa la resistencia global del macizo rocoso, considerando la influencia de discontinuidades, fracturas y procesos de alteración estructural (Jaeger et al., 2007).

Debido a ello, este modelo es ampliamente utilizado en el diseño y análisis de túneles, taludes, excavaciones subterráneas y proyectos geotécnicos y mineros (Wyllie & Mah, 2004).

La formulación general del criterio de Hoek-Brown se expresa mediante la siguiente relación:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \left(mb \left(\frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} \right) + s \right)^a$$

Donde σ_1 corresponde al esfuerzo principal mayor al momento de falla, σ_3 al esfuerzo principal menor, σ_{ci} a la resistencia a compresión uniaxial de la roca intacta y mb , s y a son constantes empíricas dependientes de las condiciones geomecánicas del macizo rocoso (Hoek & Brown, 1997).

3.2.10. Rocas ígneas y su comportamiento geomecánico

Las rocas ígneas se originan a partir del enfriamiento y solidificación del magma, ya sea en profundidad o sobre la superficie terrestre. Estas rocas poseen gran importancia en geotecnia debido a que frecuentemente constituyen el material de fundación de obras civiles y mineras. Su comportamiento geomecánico depende principalmente de su composición mineralógica, textura, grado de alteración y presencia de discontinuidades.

Las rocas ígneas pueden clasificarse según su ambiente de formación en plutónicas y volcánicas. Las rocas plutónicas, como el granito, diorita y gabro, se forman mediante un enfriamiento lento en profundidad, desarrollando cristales visibles y texturas faneríticas. Por otro lado, las rocas volcánicas como el basalto, andesita y riolita se originan por enfriamiento rápido en superficie, generando texturas afaníticas de grano fino. Estas diferencias texturales influyen directamente en las propiedades mecánicas del material.

La textura representa un aspecto fundamental en el comportamiento geomecánico de las rocas ígneas. Las texturas faneríticas presentan cristales visibles y generalmente mayor heterogeneidad estructural, mientras que las texturas afaníticas muestran mayor uniformidad y compactación. Las rocas con textura porfírica contienen cristales grandes inmersos en una matriz fina, lo que puede generar zonas de debilidad localizadas. Asimismo, las texturas vítreas originadas

por enfriamientos extremadamente rápidos suelen presentar menor estabilidad mecánica.

La composición mineralógica también influye significativamente en las propiedades geomecánicas. Minerales como cuarzo y feldespato aportan rigidez y resistencia, mientras que minerales ferromagnesianos pueden alterar el comportamiento dependiendo de su grado de alteración. En general, las rocas ígneas presentan alta resistencia mecánica, elevada rigidez y baja porosidad. Sin embargo, la presencia de fracturas, diaclasas y alteración hidrotermal puede disminuir considerablemente sus propiedades resistentes.

Desde el punto de vista geomecánico, las rocas ígneas suelen comportarse de manera frágil, mostrando rupturas súbitas bajo cargas elevadas. Goodman (1989) señala que el comportamiento del macizo rocoso depende tanto de las propiedades de la roca intacta como de la distribución de discontinuidades presentes en el macizo.

3.2.11. Importancia de la profundidad

La profundidad constituye un factor fundamental en el comportamiento geomecánico de las rocas debido a que modifica el estado de esfuerzos naturales del macizo rocoso. A medida que aumenta la profundidad, también incrementan los esfuerzos litostáticos generados por el peso de los materiales suprayacentes. Este

incremento de confinamiento natural produce cambios importantes en las propiedades mecánicas y deformacionales de las rocas.

Uno de los principales efectos del aumento de profundidad es el confinamiento natural. Bajo mayores esfuerzos confinantes, las fracturas y microfisuras tienden a cerrarse parcialmente, generando un incremento en la resistencia y rigidez del material rocoso. Como consecuencia, las rocas profundas suelen presentar menor deformabilidad y mayor capacidad resistente en comparación con las rocas superficiales.

Otro aspecto importante corresponde a la variación del grado de meteorización con la profundidad. Las zonas cercanas a la superficie generalmente se encuentran más alteradas debido a la acción del agua, oxígeno, cambios térmicos y procesos químicos. En profundidad, la alteración disminuye considerablemente, permitiendo que las rocas conserven mejor sus propiedades mecánicas originales. Esto explica por qué las rocas profundas suelen presentar mayor compacidad y competencia geomecánica.

El cierre de microfracturas también representa un efecto importante asociado al confinamiento. Al reducirse el espacio entre fracturas y poros, aumenta la densidad y disminuye la permeabilidad de la roca. Además, el cierre de discontinuidades incrementa la velocidad de propagación de ondas sísmicas y mejora el módulo de elasticidad del material.

Desde el punto de vista geotécnico, la profundidad influye directamente en el diseño y estabilidad de excavaciones subterráneas, túneles y labores mineras profundas. En minería subterránea, el incremento de esfuerzos puede generar fenómenos dinámicos como estallidos de roca o rockburst. Brady y Brown (2006) indican que el estado tensional in situ constituye uno de los principales factores que controlan la estabilidad de excavaciones profundas.

3.2.12. Petrografía aplicada a geotecnia

La petrografía aplicada a geotecnia estudia las características mineralógicas, texturales y microestructurales de las rocas con el propósito de relacionarlas con su comportamiento ingenieril. Este análisis permite comprender cómo la composición y estructura interna de una roca influyen sobre propiedades como resistencia, deformabilidad, permeabilidad y durabilidad.

El análisis petrográfico constituye una herramienta fundamental en proyectos geotécnicos debido a que proporciona información detallada acerca de la mineralogía, tamaño de grano, grado de alteración, presencia de microfisuras y orientación preferencial de minerales. Estas características permiten identificar zonas débiles y evaluar la calidad del macizo rocoso antes de ejecutar obras de ingeniería.

La microestructura de las rocas ejerce una influencia directa sobre sus propiedades mecánicas. Las rocas de grano fino suelen presentar mayor homogeneidad y resistencia, mientras que las rocas de grano grueso pueden desarrollar debilidades asociadas a contactos cristalinos. Asimismo, una buena cementación entre minerales incrementa significativamente la resistencia y rigidez del material.

La anisotropía representa otro aspecto importante en petrografía aplicada. Esta propiedad implica que las características mecánicas de la roca varían según la dirección analizada, en rocas foliadas, esquistosas o estratificadas. Esta condición afecta la estabilidad de excavaciones, taludes y túneles.

La presencia de microfisuración también influye considerablemente en el comportamiento geomecánico. Las microfisuras actúan como planos de debilidad que facilitan la propagación de fracturas bajo carga. Estas pueden originarse por procesos tectónicos, enfriamiento, descompresión o meteorización.

CAPÍTULO IV

MARCO GEOMORFOLÓGICO Y GEOLÓGICO

4.1. Ubicación y distribución de sondajes evaluados

La presente investigación se desarrolló considerando los sondajes geotécnicos ejecutados en el Ramal Principal y Ramal 2 del área de estudio Lima–Barranca, los cuales permitieron obtener muestras representativas de rocas ígneas para la ejecución de ensayos de laboratorio orientados a la evaluación de sus propiedades físicas y mecánicas.

Los sondajes evaluados presentan diferentes profundidades y distribución espacial dentro del área de estudio, permitiendo analizar la variabilidad litológica, estructural y geomecánica del macizo rocoso en función de la profundidad y ubicación de cada perforación. Asimismo, las muestras obtenidas fueron utilizadas para la ejecución de ensayos de compresión simple, tracción indirecta, módulo de elasticidad, peso volumétrico, propiedades físicas y corte directo en roca.

En el Ramal Principal se evaluaron los sondajes S-RP-II-12, S-RP-II-13, S-RP-II-14, S-RP-II-15, S-RP-II-16, S-RP-II-17, S-RP-II-52A y S-RP-II-52B, mientras que en el Ramal 2 se consideraron los sondajes S-R2-5, S-R2-7, S-R2-8, S-R2-11, S-R2-12, S-R2-13 y S-R2-14.

Tabla 2

Distribución espacial, profundidad y ensayos geomecánicos de los sondajes.

Ramal	Sondaje	Coordenada Este	Coordenada Norte	Profundidad (m)	Ensayos realizados
Principal	S-RP-II-12	266761	8710619	250.90	Compresión simple, módulo de elasticidad, tracción indirecta.
Principal	S-RP-II-13	266668	8711150	230.00	Compresión simple, módulo de elasticidad.
Principal	S-RP-II-14	266408	8712067	160.40	Compresión simple, tracción indirecta.
Principal	S-RP-II-15	265523	8714143	160.00	Propiedades físicas y peso volumétrico.
Principal	S-RP-II-16	264631	8716088	50.70	Módulo de elasticidad y tracción indirecta.
Principal	S-RP-II-17	263682	8718015	60.10	Compresión simple y corte directo.
Principal	S-RP-II-52A	205000	8804946	40.40	Propiedades físicas.
Principal	S-RP-II-52B	204747	8805241	80.20	Propiedades físicas y

Ramal	Sondaje	Coordenada Este	Coordenada Norte	Profundidad (m)	Ensayos realizados
					compresión simple.
Ramal 2	S-R2-5	279690	8681287	90.20	Compresión - Módulo de elasticidad.
Ramal 2	S-R2-7	282077	8679026	330.00	Compresión simple, módulo de elasticidad y tracción indirecta.
Ramal 2	S-R2-8	282745	8678009	80.10	Peso volumétrico y propiedades físicas.
Ramal 2	S-R2-11	285428	8676296	40.50	Compresión simple.
Ramal 2	S-R2-12	286302	8675891	160.00	Tracción indirecta y módulo de elasticidad.
Ramal 2	S-R2-13	286914	8675584	330.00	Compresión simple, módulo de elasticidad y corte directo.
Ramal 2	S-R2-14	287625	8675048	180.00	Tracción indirecta.

Nota. Fuente: Elaboración propia.

4.1. Geomorfología regional

4.1.1. Planicies costaneras

Las planicies costaneras del área Lima–Barranca corresponden a superficies de relieve plano a suavemente ondulado, conformadas por depósitos recientes que recubren parcialmente el basamento ígneo (Rivera, 2016; Jara et al., 2021). Estas unidades geomorfológicas se relacionan principalmente con los sondajes del Ramal Principal S-RP-II-12, S-RP-II-13, S-RP-II-14, S-RP-II-15, S-RP-II-16 y S-RP-II-17, ubicados entre las coordenadas UTM 266761 E – 8710619 N y 263682 E – 8718015 N.

Los sondajes más profundos, como S-RP-II-12 (250.90 m) y S-RP-II-13 (230.00 m), presentaron rocas con menor grado de meteorización y fracturamiento, evidenciando mayores valores de módulo de elasticidad y mejor resistencia a la tracción. En contraste, los sondajes menos profundos, como S-RP-II-16 (50.70 m) y S-RP-II-17 (60.10 m), mostraron mayor alteración superficial y presencia de discontinuidades, condiciones que reducen la rigidez y resistencia mecánica del macizo rocoso (Hoek & Brown, 1997; Goodman, 1989).

Asimismo, la interacción con el nivel freático y las discontinuidades estructurales influye directamente en la variabilidad geomecánica observada en las rocas ígneas evaluadas (Jaeger et al., 2007).

4.1.2. Valles y terrazas

Los valles y terrazas fluviales del área de estudio corresponden a superficies modeladas por procesos erosivos y deposicionales asociados a la dinámica fluvial regional (Rivera, 2016). Estas unidades geomorfológicas se relacionan principalmente con los sondeos del Ramal 2, como S-R2-5, S-R2-7, S-R2-8, S-R2-11, S-R2-12, S-R2-13 y S-R2-14, ubicados entre las coordenadas UTM 279690 E – 8681287 N y 287625 E – 8675048 N.

Los sondeos profundos S-R2-7 y S-R2-13, ambos de 330.00 m, presentaron rocas más compactas y menos alteradas, registrando mayores valores de módulo de elasticidad y resistencia a la tracción. Por otro lado, los sondeos superficiales, como S-R2-11 (40.50 m) y S-R2-8 (80.10 m), evidenciaron mayor fracturamiento y meteorización, factores que disminuyen las propiedades mecánicas de las rocas ígneas (Brady & Brown, 2006; Heap & Violay, 2021).

La variabilidad litológica y estructural observada en estas unidades influye directamente en la dispersión de resultados geomecánicos obtenidos durante los ensayos de laboratorio (Bieniawski, 1989; Scholz, 2002).

4.2. Geomorfología local

4.2.1. Superficie de flujo piroclástico

La superficie de flujo piroclástico corresponde a depósitos volcánicos

conformados por cenizas, lapilli y fragmentos líticos acumulados durante eventos eruptivos explosivos (Castro, 2015; Heap & Violay, 2021). En el área de estudio, esta unidad geomorfológica se relaciona principalmente con sectores evaluados mediante los sondeos S-R2-7, S-R2-12 y S-R2-13 del Ramal 2, ubicados entre las coordenadas UTM 282077 E – 8679026 N y 286914 E – 8675584 N.

Los sondeos de mayor profundidad, como S-R2-7 y S-R2-13 (330.00 m), presentaron rocas más compactas y menos alteradas, registrando mayores valores de módulo de elasticidad y resistencia a la tracción. En contraste, los niveles superficiales evidenciaron mayor porosidad y fracturamiento, reduciendo la rigidez del macizo rocoso (Balme et al., 2004; Heap & Violay, 2021).

4.2.2. Superficie de flujo piroclástico erosionado

Las superficies de flujo piroclástico erosionado corresponden a zonas donde los depósitos volcánicos han sido modificados por procesos erosivos fluviales y gravitacionales, generando heterogeneidad litológica y estructural (Rivera, 2016). Esta unidad se asocia principalmente a los sondeos S-R2-5 y S-R2-8, ubicados entre las coordenadas UTM 279690 E – 8681287 N y 282745 E – 8678009 N.

Desde el punto de vista geomecánico, estas zonas presentan variaciones en el módulo de elasticidad y resistencia a la tracción debido al incremento del fracturamiento y meteorización superficial. Los niveles más alterados registraron

menores propiedades mecánicas en comparación con sectores más confinados y competentes (Jaeger et al., 2007; Goodman, 1989).

4.2.3. Ladera con flujo piroclástico

Las laderas conformadas por depósitos de flujo piroclástico presentan pendientes moderadas a pronunciadas, influenciadas por procesos erosivos y condiciones estructurales del macizo rocoso (Wyllie & Mah, 2004). Estas condiciones geomorfológicas se identificaron principalmente en sectores relacionados con los sondajes S-RP-II-14, S-RP-II-15 y S-RP-II-16, ubicados entre las coordenadas UTM 266408 E – 8712067 N y 264631 E – 8716088 N.

Los niveles superficiales presentaron mayor fracturamiento y meteorización, registrando menores valores de módulo de elasticidad y resistencia a la tracción. Por el contrario, los niveles más profundos conservaron una estructura más compacta y competente, asociada a mejores propiedades mecánicas (Hoek & Brown, 1997; ISRM, 2007).

4.2.4. Loma o colina piroclástica

Las lomas o colinas piroclásticas corresponden a elevaciones originadas por acumulación y erosión diferencial de materiales volcánicos (Castro, 2015). En el área de estudio, esta unidad geomorfológica se relaciona principalmente con los

sondajes S-RP-II-12 y S-RP-II-13, ubicados entre las coordenadas UTM 266761 E – 8710619 N y 266668 E – 8711150 N.

Los resultados geomecánicos evidenciaron que los niveles más profundos presentaron mayor rigidez y resistencia a la tracción debido a un menor grado de alteración y fracturamiento, mientras que las zonas superficiales registraron una reducción de las propiedades mecánicas por efectos de meteorización (Brady & Brown, 2006).

4.2.5. Altiplanicie sedimentaria

La altiplanicie sedimentaria está conformada por superficies relativamente planas cubiertas por depósitos sedimentarios que recubren parcialmente el basamento ígneo (Rivera, 2016). Esta unidad se relaciona principalmente con los sondeos S-RP-II-52A y S-RP-II-52B, ubicados entre las coordenadas UTM 205000 E – 8804946 N y 204747 E – 8805241 N.

En estas zonas, las rocas ígneas se encuentran a mayor profundidad, condición que favorece menores grados de meteorización y mayores valores de módulo de elasticidad y resistencia a la tracción debido al confinamiento natural del macizo rocoso (Goodman, 1989).

4.2.6. Vertiente o piedemonte aluvial

Las vertientes o piedemontes aluviales corresponden a zonas de transición entre áreas elevadas y planicies donde predominan depósitos transportados por corrientes de agua (Rivera, 2016). Esta unidad geomorfológica se relaciona principalmente con los sondeos S-R2-11 y S-R2-12, ubicados entre las coordenadas UTM 285428 E – 8676296 N y 286302 E – 8675891 N.

Los niveles profundos presentaron mayores valores de módulo de elasticidad y resistencia a la tracción, mientras que los sectores superficiales evidenciaron alteración y saturación hídrica, reduciendo la competencia geomecánica del macizo rocoso (Jaeger et al., 2007; ISRM, 2007).

4.2.7. Abanico o piedemonte

Los abanicos aluviales o piedemontes corresponden a depósitos sedimentarios formados por pérdida de energía de corrientes provenientes de zonas elevadas, generando una alta heterogeneidad granulométrica y estructural (Rivera, 2016). Esta unidad geomorfológica se relaciona principalmente con sectores evaluados mediante los sondeos S-RP-II-15 y S-RP-II-17.

La variabilidad del contacto entre los depósitos y el basamento ígneo condiciona cambios en las propiedades mecánicas de las rocas evaluadas. Los niveles más profundos registraron mayor rigidez y resistencia a la tracción, mientras

que las zonas con menor cobertura sedimentaria presentaron mayor variabilidad geomecánica (Wyllie & Mah, 2004).

4.2.8. Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial

Las vertientes aluvio-torrenciales se caracterizan por depósitos de alta energía sedimentaria asociados a procesos torrenciales y aluviales (Rivera, 2016). Estas condiciones geomorfológicas se identificaron principalmente en sectores asociados a los sondajes S-R2-13 y S-R2-14, ubicados entre las coordenadas UTM 286914 E – 8675584 N y 287625 E – 8675048 N.

En estas unidades, las rocas ígneas presentaron variaciones significativas del módulo de elasticidad y resistencia a la tracción debido al grado de fracturamiento y alteración estructural. Los niveles más confinados evidenciaron mejores propiedades mecánicas, mientras que los sectores más alterados registraron menor competencia geomecánica (Jaeger et al., 2007; Brady & Brown, 2006).

4.3. Geología regional

La geología regional de las provincias de Lima y Barranca se desarrolla dentro del margen continental activo del Perú, controlado por la interacción tectónica entre la Placa de Nazca y la Placa Sudamericana (Rivera, 2016; Jara et al., 2021). El área de estudio se enmarca en la faja metalogenética del Batolito de la

Costa y la Cuenca Cretácica Occidental. Regionalmente, el basamento está compuesto por rocas del Grupo Casma (volcánico sedimentario del Albiano-Cenomaniano), intruidas por los plutones del Batolito. El corredor estructural está dominado por dos familias de fallas: las Longitudinales Andinas (NO-SE), que controlan el contacto entre las superunidades, y las Transversales (NE-SO), que segmentan el batolito y controlan la morfología actual.

Regionalmente, el trazo del proyecto se emplaza sobre las siguientes unidades litoestratigráficas, de más antigua a más reciente:

- Superunidad Patap (Ks-bc/pt-gbdi): Pertenece al Batolito de la Costa. Está compuesta por Gabrodiorita y, en menor proporción, Gabro. Es la unidad intrusiva más antigua del área (Cretácico Superior ~86 Ma). Aflora extensamente entre los tramos de Huaral y Chancay, y en los sectores más profundos del Ramal 2.
- Superunidad Santa Rosa (Ks-bc/sr-tn, gd): También pertenece al Batolito de la Costa. Está compuesta por Tonalita y Granodiorita. Es una unidad intrusiva más joven que la Superunidad Patap (~70 Ma). Constituye el basamento principal del Ramal Principal (tramos de Puente Piedra, Ancón) y del Ramal 2 (sectores de mayor elevación).

- Formación Quilmaná (Kis-qui): Es una unidad volcánica de composición andesítica. Aflora en la zona de Supe, Barranca y en los tramos finales del Eje Principal y Ramal 5. Corresponde a un volcanismo del Cretácico Superior a Paleógeno.
- Formación Huarangal (Kis-hua): Unidad volcánica de composición andesítica a dacítica. Se encuentra en el tramo entre Chancay y Huaral, suprayaciendo discordantemente a las superunidades intrusivas.
- Formación Puente Inga (Ki-pi): Unidad sedimentaria conformada por limolitas tobáceas y areniscas finas. Aflora en sectores del Ramal Principal (progresivas 29+000 a 31+000).
- Grupo Casma (Ki-c): Unidad volcano-sedimentaria del Cretácico Inferior. Aflora en los tramos costeros de Huaura, Vegueta, Supe y Barranca, constituyendo el basamento de la cobertura volcánica andesítica.

Por lo tanto, a lo largo de los más de 180 km del Eje Principal, el proyecto atraviesa, de sur a norte, las siguientes formaciones geológicas: Superunidad Patap (Gabrodiorita), Superunidad Santa Rosa (Tonalita-Granodiorita), Formación Puente Inga (limolitas), Formación Huarangal (andesitas), Formación Quilmaná (andesitas) y Grupo Casma (volcano-sedimentario).

Si bien, en la zona predominan rocas ígneas de composición intermedia a ácida, principalmente granodioritas, tonalitas y dioritas vinculadas al Batolito de la Costa y a eventos magmáticos mesozoicos y cenozoicos (Castro, 2015). Estas

litologías fueron identificadas en los sondeos del Ramal Principal y Ramal 2, destacando los sondeos S-RP-II-12, S-RP-II-13, S-R2-7 y S-R2-13, ubicados entre las coordenadas UTM 266761 E – 8710619 N y 286914 E – 8675584 N.

Desde el punto de vista estructural, la región presenta sistemas de fallas y fracturas con orientación predominante NW–SE y NE–SW, los cuales controlan el grado de fracturamiento y alteración del macizo rocoso (Scholz, 2002). Estas discontinuidades influyen directamente en la variación del módulo de elasticidad y la resistencia a la tracción, debido a que los sectores con mayor fracturamiento presentan menor rigidez y menor capacidad resistente.

Los sondeos de mayor profundidad, como S-R2-7 y S-R2-13 (330,00 m), si bien se ubican en zonas donde teóricamente la meteorización superficial es menor, presentan evidencias de fuerte afectación estructural debido a su proximidad al Sistema de Fallas Transversales NE-SO (Fallas Ámbar y Huaycoloro) y a la Zona de Cizalla NO-SE que controla el contacto entre las Superunidades Patap y Santa Rosa.

En consecuencia, el marco geológico regional constituye un factor fundamental para interpretar la variación del módulo de elasticidad y la resistencia a la tracción en función de la profundidad y litología de las rocas ígneas evaluadas en el área Lima–Barranca.

4.4. Geología local

La geología local del área de estudio, comprendida entre las provincias de Lima y Barranca, está caracterizada por la presencia de rocas ígneas intrusivas y volcánicas parcialmente cubiertas por depósitos sedimentarios recientes (Rivera, 2016). Estas unidades fueron identificadas mediante los sondajes del Ramal Principal y Ramal 2, destacando S-RP-II-12, S-RP-II-13, S-R2-7, S-R2-12 y S-R2-13, ubicados entre las coordenadas UTM 266761 E – 8710619 N y 286914 E – 8675584 N.

A nivel local predominan litologías como granodioritas, tonalitas y dioritas, las cuales presentan variaciones texturales y estructurales asociadas al grado de cristalización, alteración hidrotermal y fracturamiento (Castro, 2015). Estas diferencias litológicas influyen directamente en la variación del módulo de elasticidad y la resistencia a la tracción obtenidas en los ensayos de laboratorio.

Los sondajes de mayor profundidad evidenciaron rocas más compactas y menos meteorizadas, registrando mayores valores de rigidez y resistencia mecánica. Por el contrario, los niveles superficiales presentaron mayor alteración, fracturamiento y presencia de discontinuidades, condiciones que disminuyen las propiedades geomecánicas del macizo rocoso (Heap & Violay, 2021).

Asimismo, la presencia de fallas locales, diaclasas y zonas de cizalla influye directamente en la deformabilidad y resistencia de las rocas evaluadas (ISRM,

2007). Esta condición fue más evidente en sectores donde los sondeos presentaron variabilidad litológica y diferencias mecánicas importantes entre niveles superficiales y profundos.

A continuación, se describe la geología local de cada tramo del proyecto, asociándola con las formaciones geológicas específicas y los sondeos ejecutados.

4.4.1. Ramal Principal (Lima – Barranca)

Tramo Callao – Puente Piedra (Progresivas 0+000 a 25+000):

- Formación: Superunidad Santa Rosa (Ks-bc/sr-tn, gd) – Tonalita y Granodiorita.
- Sondeos asociados: S-RP-II-16, S-RP-II-17.
- Características: Roca intrusiva competente, textura fanerítica de grano medio a grueso, bajo grado de fracturamiento superficial.

Tramo Puente Piedra – Ancón (Progresivas 25+000 a 50+000):

- Formación: Superunidad Patap (Ks-bc/pt-gbdi) – Gabrodiorita.
- Sondeos asociados: S-RP-II-12, S-RP-II-13, S-RP-II-14, S-RP-II-15.
- Características: Roca intrusiva densa, textura fanerítica de grano fino a medio, escasa alteración, muy competente.

Tramo Ancón – Chancay (Progresivas 50+000 a 80+000):

- Formación: Superunidad Santa Rosa (Ks-bc/sr-tn, gd) – Tonalita y contacto con la Formación Puente Inga (Ki-pi).
- Sondajes asociados: S-RP-II-15 (tramo final).
- Características: Alternancia de roca intrusiva competente y niveles de limolitas tobáceas de menor resistencia.

Tramo Chancay – Huaral (Progresivas 80+000 a 90+000) – Ramal 5:

- Formación: Formación Huarangal (Kis-hua) – Andesita.
- Sondajes asociados: S-RP-II-52A, S-RP-II-52B.
- Características: Roca volcánica de textura porfirítica, matriz fina, mayor heterogeneidad y menor módulo elástico.

Tramo Huaral – Barranca (Progresivas 90+000 a 182+000):

- Formación: Superunidad Patap (Gabrodiorita) en el sector de Huacho, y Formación Quilmaná (Kis-qui) – Andesita en el tramo final (Supe – Barranca).
- Sondajes asociados: No se ejecutaron sondajes profundos en este tramo; la caracterización es a nivel de afloramiento.
- Características: Alternancia de roca intrusiva competente (Gabrodiorita) y roca volcánica (Andesita).

4.4.2. Ramal 2 (Puente Piedra – Canta – Carretera Central)

Este ramal se adentra en la sierra de Lima, atravesando rocas intrusivas más profundas y tectonizadas.

Tramo Puente Piedra – Carabayllo (Progresivas 0+000 a 12+000):

- Formación: Superunidad Santa Rosa – Tonalita y Granodiorita.
- Sondajes asociados: S-R2-5, S-R2-8.
- Características: Roca intrusiva competente en superficie, con fracturamiento moderado.

Tramo Carabayllo – Chocas – Canta (Progresivas 12+000 a 30+119,66):

- Formación: Superunidad Patap – Gabrodiorita, en contacto con la Formación Atocongo (Ki-at) – calizas, y la Superunidad Santa Rosa en profundidad.
- Sondajes asociados: S-R2-7, S-R2-11, S-R2-12, S-R2-13, S-R2-14.
- Características: Es el tramo más complejo. Las rocas intrusivas (Gabrodiorita y Tonalita) se encuentran severamente fracturadas y tectonizadas por su cercanía al Sistema de Fallas Transversales NE-SO (Fallas Ámbar y Chillón). Aquí se concentran los valores más bajos de módulo elástico ($E < 25 \text{ GPa}$) y resistencia a la tracción ($\sigma_t < 4 \text{ MPa}$), a

pesar de ser las muestras más profundas (> 150 m). La Formación Atocongo (caliza) añade heterogeneidad por su diferente comportamiento mecánico.

4.4.3. Ramal 5 (*Variante Chancay – Huaral*)

Este ramal corta transversalmente las formaciones volcánicas terciarias.

Tramo Chancay – Huaral (Progresivas 0+000 a 13+282,72):

- Formación: Formación Huarangal (Kis-hua) y Formación Quilmaná (Kis-qui) – Andesitas.
- Sondajes asociados: S-RP-II-52A, S-RP-II-52B.
- Características: Exclusivamente rocas volcánicas andesíticas de textura porfírica a afanítica. Presentan los valores más bajos de módulo elástico (promedio 23,23 GPa) y resistencia a la tracción (promedio 3,10 MPa) debido a su origen extrusivo y matriz fina, sin influencia directa de fallas profundas.

En consecuencia, la geología local constituye un factor fundamental para interpretar la variación del módulo de elasticidad y la resistencia a la tracción en función de la profundidad y litología de las rocas ígneas analizadas en el área de estudio.

4.5. Geología estructural

4.5.1. Sistemas de fallas

El área Lima–Barranca se encuentra influenciada por un régimen tectónico compresivo asociado a la subducción de la Placa de Nazca bajo la Placa Sudamericana, originando sistemas de fallas y lineamientos estructurales con orientación predominante NW–SE y NE–SW. Estas estructuras controlan parcialmente la geomorfología local, el grado de alteración y el comportamiento mecánico del macizo rocoso.

En función de su orientación y cinemática, se han identificado dos sistemas de fallas principales que afectan el área de estudio:

- **Sistema de Fallas Longitudinales Andinas (NO-SE)**

Este sistema se orienta paralelamente al sentido de la cordillera y al propio Batolito de la Costa. Está representado por fallas de rumbo dextral que controlan el contacto entre las diferentes superunidades del batolito (Gabrodiorita vs. Tonalita). Entre las fallas más representativas de este sistema se incluyen: Falla Zapallal, Falla José Gálvez, Falla San Fernando y Falla Cerro Punta Blanca. A nivel regional, estas estructuras forman parte del corredor estructural de la Falla Conchao-Cocachacra, que constituye el límite occidental de la cordillera.

- Sistema de Fallas Transversales (NE-SO)

Este sistema de fallas de alto ángulo es perpendicular a la estructuración andina, con rumbos que varían de E-O a NE-SO. Segmentan el Batolito de la Costa y controlan la morfología actual del terreno. Entre las fallas transversales más importantes que cruzan el área de estudio se incluyen: Falla Vegueta, Falla Ámbar, Falla Chillón y Falla Huaycoloro. Estas estructuras actúan como rampas laterales durante la tectónica andina, generando zonas de cizallamiento y fricción que trituran la roca.

4.5.2. Discontinuidades

El macizo rocoso del área de estudio presenta diversas familias de discontinuidades representadas por diaclasas, fracturas y superficies de cizalla, las cuales condicionan la respuesta mecánica de las rocas ígneas analizadas (ISRM, 2007). Estas discontinuidades muestran orientaciones predominantes NW–SE y NE–SW, concordantes con los principales lineamientos tectónicos regionales.

En los perfiles correspondientes al Ramal Principal y Ramal 2 se identifican sectores con mayor densidad de discontinuidades, principalmente asociados a los sondeos más profundos, como S-RP-II-12, S-RP-II-13, S-R2-7 y S-R2-13. La presencia de fracturas abiertas, rellenos arcillosos y zonas alteradas influye directamente en la disminución del módulo de elasticidad y en la resistencia a la tracción indirecta de las muestras ensayadas (Goodman, 1989).

Asimismo, las discontinuidades favorecen la infiltración de agua y aceleran procesos de meteorización física y química, especialmente en sectores superficiales y geomorfológicamente erosionados. Esto explica parte de la variabilidad mecánica observada entre muestras de una misma litología ubicadas a diferentes profundidades.

4.5.3. Fracturamiento

El fracturamiento del macizo rocoso en el área Lima–Barranca es de intensidad variable, presentando sectores con fracturamiento moderado a alto asociados principalmente a zonas cercanas a fallas regionales y lineamientos tectónicos (Scholz, 2002).

En los sectores donde se ubican los sondajes del Ramal Principal se observa un incremento del fracturamiento superficial asociado a procesos de meteorización y liberación de esfuerzos. En contraste, algunos niveles profundos presentan rocas más compactas y competentes, evidenciando mayores valores de módulo de elasticidad y resistencia a la tracción.

Por otro lado, en el Ramal 2 se identifican zonas con fracturamiento estructural más intenso, especialmente en sectores próximos a los sondajes S-R2-7, S-R2-13 y S-R2-14, donde las condiciones tectónicas y la presencia de discontinuidades generan una reducción progresiva de la competencia mecánica del macizo rocoso (Heap & Violay, 2021).

4.5.4. Influencia tectónica en las propiedades mecánicas

La influencia tectónica constituye uno de los principales factores que controlan la variación del módulo de elasticidad y de la resistencia a la tracción de las rocas ígneas evaluadas en el área Lima–Barranca (Hoek & Brown, 1997).

Las zonas con mayor densidad de fracturas y discontinuidades presentan una disminución de rigidez y resistencia mecánica debido a la pérdida de continuidad estructural del macizo rocoso (Goodman, 1989). Esta condición es observable en diversos sectores interceptados por los sondajes del Ramal Principal y Ramal 2, donde las variaciones mecánicas obtenidas en los ensayos de laboratorio guardan relación con el grado de fracturamiento, alteración y meteorización estructural.

Asimismo, se presenta la siguiente tabla 3 que permite establecer una relación directa entre la proximidad a los sistemas de fallas regionales y la disminución de las propiedades mecánicas de las rocas ígneas evaluadas.

Tabla 3

Correlación entre sondajes, sistemas de fallas asociados, profundidad y propiedades mecánicas (módulo de elasticidad E y resistencia a la tracción σ_t) en las rocas ígneas del ámbito Lima–Barranca.

Sondaje / Tramo	Litología	Profundidad ad evaluada	Sistema de Falla Asociado	Módulo Elástico E (GPa)	Resistencia Tracción σ_t (MPa)
S-R2-13 / S-R2-14	Granodiorita / Tonalita	> 150 m (hasta 330 m)	Sistema NE-SO (Falla Ámbar / Huaycoloro)	Bajo (Rango : 17,12 – 25,71)	Bajo (Rango : 2,81 – 3,57)
S-R2-7	Gabrodiorita	> 200 m	Zona de Cizalla NO-SE (Contacto entre superunidades)	Medio - Bajo (Rango : 18,14 – 35,16)	Medio - Bajo (Rango : 4,22 – 4,79)
S-RP-II-12 / S-RP-II-13	Gabrodiorita	25 – 150 m	Área de Bloque Relajado (Borde de falla regional)	Alto (Rango: 36,44 – 45,61)	Medio (Rango: 3,93 – 4,21)
S-RP-II-52A / 52B	Andesita (Volcánica)	5 – 80 m	Sin influencia directa (Macizo sano)	Bajo (Rango: 20,69 – 31,68)	Bajo (Rango: 2,41 – 3,58)

Sondaje / Tramo	Efecto Mecánico
S-R2-13 / S-R2-14	Correlación Negativa muy fuerte ($r=-0.89$). A pesar de la alta presión litostática, el macizo está muy fracturado (daño tectónico), perdiendo toda su rigidez
S-R2-7	Correlación Negativa ($r=-0.66$). El material está "molido" por la fricción entre bloques.
S-RP-II-12 / S-RP-II-13	Comportamiento esperado. Menos del 150m, el confinamiento aumenta la rigidez, pero aún hay influencia de fracturas relictas.
S-RP-II-52A / 52B	Comportamiento litológico. Baja rigidez por ser volcánica, no por falla. (Valor de control).

Fuente: Elaboración propia.

En los sondajes S-R2-13 y S-R2-14, ubicados dentro del corredor del Sistema de Fallas Transversales NE-SO (Fallas Ámbar y Huaycoloro), se registraron los valores más críticos: el módulo de elasticidad (E) oscila entre 17,12 y 25,71 GPa, muy por debajo del promedio global de 36,82 GPa, mientras que la resistencia a la tracción (σ_t) varía entre 2,81 y 3,57 MPa, inferior al promedio de 4,41 MPa. A pesar de ser las muestras más profundas (>150 m, hasta 330 m), donde teóricamente el confinamiento debería aumentar la rigidez, se evidencia una correlación negativa muy fuerte ($r = -0,89$), indicando que el daño estructural por tectonismo domina sobre el efecto de la presión litostática.

En el sondaje S-R2-7, asociado a la Zona de Cizalla NO-SE (contacto entre la Superunidad Patap y Santa Rosa), se obtuvieron valores intermedios, pero

igualmente reducidos: E entre 18,14 y 35,16 GPa, y σ_t entre 4,22 y 4,79 MPa. La correlación negativa ($r = -0,66$) confirma que el material se encuentra "molido" por la fricción entre bloques, perdiendo cohesión interna.

Por el contrario, los sondajes S-RP-II-12 y S-RP-II-13, ubicados en el Ramal Principal dentro de un bloque estructuralmente relajado (sin influencia directa de fallas activas), presentaron los valores más altos de rigidez: E entre 36,44 y 45,61 GPa, y σ_t entre 3,93 y 4,21 MPa. En este caso, al no existir daño tectónico significativo, el confinamiento por profundidad (25 a 150 m) sí favorece el cierre de microfracturas y el aumento del módulo elástico.

Finalmente, los sondajes S-RP-II-52A y 52B (Andesita volcánica de la Formación Quilmaná/Huarangal), aunque presentan valores bajos de E (20,69 – 31,68 GPa) y σ_t (2,41 – 3,58 MPa), estos se explican por su origen litológico (textura porfirítica, matriz fina, alta porosidad) y no por efecto de fallas, ya que se ubican en un macizo estructuralmente sano. Actúan como valores de control que confirman que la baja resistencia puede tener causas litológicas o estructurales.

En síntesis, la evidencia demuestra que la presencia de sistemas de fallas activos (NE-SO y NO-SE) reduce el módulo de elasticidad hasta en un 45 % y la resistencia a la tracción hasta en un 37 % en comparación con macizos sanos de similar litología, independientemente de la profundidad.

CAPÍTULO V

MARCO METODOLÓGICO

5.1. Tipo y Diseño de Investigación

5.1.1. Tipo de Investigación

La presente investigación fue de tipo aplicada, debido a que generó conocimiento útil y directamente aplicable a la caracterización geomecánica de rocas ígneas en las provincias de Lima y Barranca, orientado a la interpretación de la variación del módulo de elasticidad y la resistencia a la tracción en función de la profundidad y litología.

5.1.2. Diseño de investigación

El diseño fue no experimental y de carácter correlacional, puesto que no se manipularon deliberadamente las variables de estudio, sino que estas fueron observadas y analizadas en su contexto natural, con el propósito de establecer relaciones entre la profundidad, la litología y las propiedades mecánicas de las rocas.

5.2. Población y Muestra

5.2.1. Población

Muestras de rocas ígneas extraídas a distintas profundidades en sectores representativos de las provincias de Lima y Barranca.

5.2.2. Muestra

La muestra estuvo compuesta por núcleos de roca obtenidos mediante perforaciones ejecutadas en diferentes zonas representativas de dichas litologías, seleccionadas de manera intencional según criterios geológicos, accesibilidad, continuidad estratigráfica y profundidad de extracción.

Tabla 4

Caracterización geológica–geomecánica de los sondajes evaluados.

Sondaje	Litología predominante	Profundidad evaluada (m)	Coordenadas UTM (E–N)	N° de muestras analizadas	Ensayos considerados
S-RP-II-12	Gabrodiorita	25.40 – 250.90	266761 – 8710619	10	Compresión simple, módulo elástico y tracción brasileña
S-RP-II-13	Gabrodiorita	18.00 – 230.00	266668 – 8711150	9	Compresión simple, módulo elástico y

Sondaje	Litología predominante	Profundidad evaluada (m)	Coordenadas UTM (E–N)	Nº de muestras analizadas	Ensayos considerados
					tracción brasileña
S-RP-II- 14	Diorita	12.50 – 160.40	266408 – 8712067	7	Compresión simple, módulo elástico y tracción brasileña
S-RP-II- 15	Gabrodiorita	10.00 – 160.00	265523 – 8714143	6	Compresión simple, módulo elástico y tracción brasileña
S-RP-II- 16	Tonalita	8.40 – 50.70	264631 – 8716088	4	Compresión simple y módulo elástico
S-RP-II- 17	Tonalita	6.20 – 60.10	263682 – 8718015	4	Compresión simple y módulo elástico
S-RP-II- 52A	Andesita	5,00 – 40,40	205000 – 8804946	3	Compresión simple y tracción brasileña
S-RP-II- 52B	Andesita	10,20 – 80,20	204747 – 8805241	4	Compresión simple, módulo elástico y

Sondaje	Litología predominante	Profundidad evaluada (m)	Coordenadas UTM (E–N)	Nº de muestras analizadas	Ensayos considerados
					tracción brasileña
S-R2-5	Gabrodiorita	38,60 – 90,20	279690 – 8681287	5	Compresión simple, módulo elástico y tracción brasileña
S-R2-7	Gabrodiorita	21,20 – 340,00	282077 – 8679026	14	Compresión simple, módulo elástico y tracción brasileña
S-R2-8	Diorita	11,20 – 80,10	282745 – 8678009	3	Compresión simple y módulo elástico
S-R2-11	Diorita	15,90 – 40,50	285428 – 8676296	3	Compresión simple, módulo elástico y tracción brasileña
S-R2-12	Granodiorita	5,00 – 160,10	286302 – 8675891	8	Compresión simple, módulo elástico y tracción brasileña

Sondaje	Litología predominante	Profundidad evaluada (m)	Coordenadas UTM (E–N)	N° de muestras analizadas	Ensayos considerados
S-R2-13	Granodiorita	5,25 – 330,00	286914 – 8675584	14	Compresión simple, módulo elástico y tracción brasileña
S-R2-14	Granodiorita	19,50 – 180,00	287625 – 8675048	9	Compresión simple, módulo elástico y tracción brasileña

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En total, se analizaron 103 muestras de roca obtenidas de perforaciones geotécnicas ejecutadas en el Ramal Principal y Ramal 2 del sector Lima–Barranca. Del total de muestras evaluadas, 47 correspondieron al Ramal Principal y 56 al Ramal 2, considerando litologías de granodiorita, diorita, gabrodiorita y Andesita. Únicamente se consideraron muestras con adecuada recuperación y resultados válidos de laboratorio para el análisis estadístico del módulo de elasticidad y resistencia a la tracción.

5.3. Técnicas de Recolección y Tratamiento de Datos

5.3.1. Fuentes, Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

La técnica principal de recolección de datos fue el muestreo geotécnico directo, mediante la extracción de testigos obtenidos en campañas de perforación rotatoria.

Las muestras recolectadas fueron sometidas a ensayos de laboratorio estandarizados conforme a las normas ASTM D7012-14, para la determinación del módulo de elasticidad y la resistencia a la compresión uniaxial, y ASTM D3967-16, correspondiente al ensayo brasileño para determinar la resistencia a la tracción indirecta.

Como instrumentos de medición se emplearon prensas hidráulicas de carga controlada, celdas de carga y sistemas automatizados de adquisición de datos, garantizando la precisión y confiabilidad de los resultados obtenidos.

Asimismo, los datos geológicos contextuales, tales como el tipo litológico, la presencia de fracturas y el grado de meteorización, fueron registrados mediante fichas de caracterización geológica.

5.3.2. Procesamiento y presentación de datos

El procesamiento de datos se realizó por etapas, iniciándose con la organización y codificación de la información obtenida de los ensayos de

laboratorio. Cada muestra fue identificada según sondaje, profundidad, litología y condiciones geológicas de extracción.

Posteriormente, la información geomecánica y geológica fue incorporada en una base de datos para su validación y análisis estadístico, verificándose la concordancia entre los registros de laboratorio y las fichas de campo, con la finalidad de detectar inconsistencias y valores atípicos.

Una vez validada la información, se efectuaron análisis estadísticos descriptivos e inferenciales para evaluar la influencia de la profundidad y la litología sobre el módulo de elasticidad y la resistencia a la tracción de las rocas ígneas.

Para ello, se calcularon parámetros como media, desviación estándar y coeficiente de variación, empleándose herramientas computacionales y el programa Microsoft Excel para el procesamiento de datos.

Los resultados fueron presentados mediante tablas comparativas, gráficos de dispersión y diagramas estadísticos, facilitando la identificación de tendencias y variabilidad entre las muestras analizadas.

Finalmente, la dispersión y confiabilidad de los resultados fueron evaluadas mediante parámetros estadísticos resumidos en la Tabla 5.

Tabla 5

Dispersión y confiabilidad de los datos obtenidos.

Parámetro	Media	Desv. estándar	CV (%)
Módulo Elasticidad (E)	36,82 GPa	13,40	36,4 %
Resistencia a la tracción (σ_t)	4,41 MPa	1,20	27,4 %

Nota. Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO VI

CARACTERIZACIÓN TECNOLÓGICA

6.1. Descripción petrográfica

La descripción petrográfica de las rocas ígneas presentes en el área de estudio se realizó mediante análisis macroscópico de las muestras recolectadas en las provincias de Lima y Barranca, considerando criterios geológicos orientados a la identificación litológica y a la caracterización preliminar de su comportamiento geomecánico.

Las rocas identificadas corresponden principalmente a litologías ígneas de composición intermedia a ácida, entre las que destacan andesitas, dioritas, gabrodioritas, granodioritas y tonalitas, las cuales presentan variaciones texturales relacionadas con sus condiciones de formación y enfriamiento. Se observan texturas faneríticas en rocas intrusivas, con cristales visibles y distribución mineral relativamente homogénea, mientras que las rocas volcánicas presentan texturas afaníticas a porfiríticas, caracterizadas por matrices de grano fino y fenocristales

Asimismo, se reconocieron evidencias de alteración superficial en algunas muestras, manifestadas por cambios de coloración, oxidación localizada, meteorización incipiente y presencia de zonas de fracturamiento secundario. Estas condiciones pueden influir directamente en la rigidez y resistencia del material

rocoso, al modificar su cohesión interna y favorecer la generación de planos de debilidad.

La descripción macroscópica de las muestras permitió identificar diferencias litológicas y texturales relevantes, las cuales constituyen un criterio técnico para interpretar el comportamiento mecánico de las rocas evaluadas, particularmente en relación con la variación del módulo de elasticidad y la resistencia a la tracción según la profundidad y el tipo de roca presente en el área de estudio.

Tabla 6

Correlación macroscópica de muestras litológicas evaluadas y ubicación de procedencia.

Litología	Código de muestra / sondeaje	Ramal	Profundidad (m)	Coordenadas UTM (E-N)	Correlación geológica
Andesita	S-RP-II-52A	Ramal Principal	5,00 – 40,40	205000 – 8804946	Asociada a depósitos volcánicos superficiales identificados en el mapa geológico local
Gabrodiorita	S-R2-7	Ramal 2	21,20 – 340,00	282077 – 8679026	Relacionada con intrusivos intermedios del Batolito Costero
Granodiorita	S-R2-13	Ramal 2	5,25 – 330,00	286914 – 8675584	Unidad intrusiva predominante con afloramientos regionales
Diorita	S-RP-II-14	Ramal Principal	12,50 – 160,40	266408 – 8712067	Intrusivo intermedio asociado a zonas estructuralmente fracturadas
Tonalita	S-RP-II-12	Ramal Principal	25,40 – 250,90	266761 – 8710619	Unidad plutónica correlacionada con sectores profundos del basamento ígneo

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Las muestras seleccionadas para la descripción macroscópica corresponden a litologías representativas identificadas en los sondeos del Ramal Principal y Ramal 2. La selección consideró criterios de representatividad litológica, continuidad geológica

6.1.1. Andesita

La muestra corresponde a una roca ígnea volcánica de composición intermedia, clasificada macroscópicamente como andesita. Presenta textura porfirítica, caracterizada por cristales visibles de plagioclasa de tamaño medio inmersos en una matriz de grano fino, rasgo que evidencia un proceso de enfriamiento relativamente rápido durante su formación.

El color predominante es gris verdoso a gris oscuro, con variaciones locales asociadas a procesos de alteración superficial. El tamaño de grano es heterogéneo, predominando una matriz afanítica compacta, dentro de la cual se distribuyen cristales visibles de plagioclasa y minerales ferromagnesianos.

Se observan evidencias de alteración moderada, manifestadas por cambios de coloración, oxidación localizada y ligera meteorización superficial, principalmente en sectores expuestos.

Desde el punto de vista geomecánico, la presencia de matriz fina favorece una respuesta mecánica relativamente homogénea; sin embargo, los procesos de alteración y el fracturamiento superficial generan discontinuidades locales que

pueden reducir parcialmente la cohesión interna y afectar la resistencia mecánica del material

Figura 2

Muestra de la Roca Andesita caracterizada por textura porfirítica y matriz compacta.



Nota. Se observa una matriz de grano fino con distribución heterogénea de cristales visibles, característica textural propia de rocas volcánicas de composición intermedia.

6.1.2. Gabrodiorita

La muestra corresponde a una roca ígnea intrusiva de composición intermedia a básica, clasificada macroscópicamente como gabrodiorita. Presenta una textura compacta y homogénea, con tonalidades grisáceas y variaciones

El tamaño de grano es fino a medio, rasgo asociado a un enfriamiento relativamente lento en profundidad. La roca presenta una estructura masiva, con escasa evidencia de alteración superficial y presencia limitada de fracturas finas visibles, sin orientación preferencial marcada.

Se observa un bajo grado de anisotropía estructural, lo cual sugiere una distribución relativamente uniforme de sus componentes y una adecuada cohesión interna.

Desde el punto de vista geomecánico, su estructura compacta y la reducida presencia de discontinuidades favorecen un comportamiento mecánico competente frente a esfuerzos de deformación y tracción.

Figura 3

Muestra de la Roca Gabrodiorita con textura compacta y distribución uniforme de sus componentes minerales.



Nota. Se observa una estructura homogénea, con tonalidades grisáceas y escasa presencia de discontinuidades visibles.

6.1.3. Granodiorita

La muestra corresponde a una roca ígnea intrusiva de composición intermedia a ácida, clasificada macroscópicamente como granodiorita. Presenta una textura compacta y homogénea, con tonalidades gris claras y distribución uniforme de sus componentes visibles.

El tamaño de grano es medio a grueso, característica asociada a un enfriamiento lento en profundidad. La muestra presenta una estructura masiva, con bajo grado de alteración superficial y escasa presencia de fracturas finas visibles, sin orientación preferencial definida.

Desde el punto de vista geomecánico, su estructura compacta y el bajo nivel de discontinuidades favorecen un comportamiento mecánico estable, con adecuada rigidez y resistencia frente a esfuerzos de deformación y tracción.

Figura 4

Muestra de la Roca Granodiorita de textura compacta y estructura homogénea.



Nota. Se observa una estructura homogénea de grano medio a grueso, con adecuada compactación y escasa presencia de discontinuidades visibles.

6.1.4. Diorita

La muestra corresponde a una roca ígnea intrusiva de composición intermedia, clasificada macroscópicamente como diorita. Presenta textura compacta y estructura homogénea, con tonalidades grisáceas distribuidas uniformemente en toda la muestra.

Se observa un bajo grado de alteración superficial y escasa presencia de fracturas finas visibles, sin orientación preferencial definida, lo que indica baja.

La estructura masiva y la adecuada compactación sugieren una buena cohesión interna, favoreciendo un comportamiento mecánico estable frente a esfuerzos de deformación y tracción.

Figura 5

Muestra de la Roca Diorita de textura compacta y estructura homogénea.



Nota. Se observa una estructura homogénea y bajo grado de alteración superficial.

6.1.5. Tonalita

La muestra corresponde a una roca ígnea intrusiva de composición intermedia, clasificada macroscópicamente como tonalita. Presenta textura compacta y estructura homogénea, con tonalidades gris claras distribuidas uniformemente en toda la muestra.

El tamaño de grano es medio a grueso, característica asociada a un proceso de enfriamiento lento en profundidad. Se observa un bajo a moderado grado de alteración superficial y escasa presencia de fracturas finas visibles, sin orientación preferencial definida, lo que indica baja anisotropía estructural.

La adecuada compactación y la limitada presencia de discontinuidades favorecen una buena cohesión interna, lo que sugiere un comportamiento mecánico estable frente a esfuerzos de deformación y tracción

Figura 6

Muestra de la Roca Tonalita de textura compacta y estructura homogénea.



Nota. Se observa una estructura homogénea y adecuada compactación del material

6.2. Caracterización petrográfica

La descripción petrográfica macroscópica de las muestras permitió establecer una relación entre las características visuales observadas y el comportamiento mecánico de las rocas ígneas evaluadas. Para ello, las muestras fueron clasificadas según su litología, textura, estructura, grado de alteración superficial y presencia de discontinuidades visibles, permitiendo una interpretación integral de su respuesta frente a esfuerzos de tracción y deformación elástica.

Las características texturales y estructurales observadas macroscópicamente evidencian variaciones significativas en la rigidez y resistencia mecánica de las litologías analizadas. Las rocas con estructuras compactas, homogéneas y bajo grado de alteración presentan, en general, un comportamiento mecánico más estable y mayores valores del módulo de elasticidad, debido a su adecuada cohesión interna y limitada presencia de discontinuidades.

Por otro lado, las muestras que presentan mayor alteración superficial, fracturamiento visible o heterogeneidad textural muestran una reducción relativa de sus propiedades mecánicas, debido a la generación de zonas de debilidad que afectan la transmisión uniforme de esfuerzos.

Asimismo, las muestras obtenidas a mayores profundidades presentan menor grado de meteorización y fracturamiento superficial, favoreciendo una respuesta mecánica más competente. En contraste, las muestras cercanas a

superficie muestran mayor exposición a procesos de alteración física y química, influyendo progresivamente en la disminución de sus propiedades mecánicas.

La descripción petrográfica macroscópica constituye una base importante para interpretar la variación del módulo de elasticidad y la resistencia a la tracción en función de la profundidad y del tipo litológico presente en el área de estudio.

- Andesita (Presenta una respuesta mecánica relativamente menor debido a su textura fina y mayor susceptibilidad a alteración superficial, lo cual influye en la reducción progresiva de rigidez).
- Gabrodiorita (Evidencia comportamiento competente frente a esfuerzos mecánicos, asociado a su elevada compactación y limitada presencia de discontinuidades).
- Granodiorita (Presenta condiciones estructurales favorables para una adecuada transmisión de esfuerzos, reflejándose en valores elevados de rigidez y estabilidad mecánica).
- Diorita (Muestra comportamiento mecánico uniforme, asociado a su consistencia estructural y adecuada cohesión interna).
- Tonalita (Presenta desempeño mecánico estable, condicionado principalmente por su grado de compactación y variaciones locales de alteración superficial).

Tabla 7

Características petrográficas y propiedades mecánicas de las rocas analizadas.

Roca	Textura	Estructura Macroscópica	Alteración	Microfracturas	Comportamiento mecánico
Andesita	Porfírica	Heterogénea	Moderada	Moderadas	Media–baja
Gabrodiorita	Fanerítica	Homogénea	Baja	Escasas	Alta
Granodiorita	Fanerítica	Homogénea	Baja	Escasas	Alta
Diorita	Fanerítica	Homogénea	Baja	Muy bajas	Media–alta
Tonalita	Fanerítica	Homogénea	Baja– moderada	Bajas	Media–alta

Nota. Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO VII

CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA

7.1. Mapeo geomecánico y representación gráfica

El mapeo geomecánico es un método que resulta indispensable para poder llevar a cabo la evaluación del comportamiento mecánico del macizo rocoso del área de estudio, permitiendo la identificación y la caracterización de las discontinuidades estructurales, el estado de alteración y las condiciones geomorfológicas de las rocas ígneas existentes en las provincias de Lima y Barranca. Este trabajo se realizó mediante observaciones directas en el campo promediando diferentes parámetros como espaciamiento, persistencia, apertura, relleno y orientación de las discontinuidades.

La información obtenida fue sistematizada y graficada en forma de mapas geomecánico, perfiles longitudinales y secciones transversales y, además, facilitaron la visualización espacial de cada una de las variaciones del macizo rocoso. Estas representaciones permitieron la identificación de las zonas con un mayor grado de fracturamiento y de alteración, zonas que están notablemente vinculadas con una menor respuesta mecánica, como lo es la resistencia a la tracción.

El mapeo geomecánico permitió además establecer relaciones preliminares entre la profundidad, la litología y las propiedades mecánicas generando un insumo

importante para la posterior clasificación geomecánica y el análisis de estabilidad del macizo rocoso.

7.2. Clasificación geomecánica según Bieniawski RMR 1989

La clasificación geomecánica del macizo rocoso se realizó empleando el sistema Rock Mass Rating (RMR) propuesto por Bieniawski (1989), el cual evalúa la calidad del macizo rocoso a partir de parámetros geológicos y geomecánicos fundamentales. Entre estos parámetros se consideran la resistencia a la compresión simple de la roca intacta, el índice de calidad del macizo rocoso (RQD), el espaciamiento y condición de las discontinuidades, así como las condiciones de agua subterránea.

En el área de estudio, los valores RMR obtenidos reflejan una variabilidad significativa en la calidad del macizo rocoso, asociada principalmente al grado de fracturamiento, alteración y profundidad de emplazamiento. Las rocas ígneas menos alteradas y con menor densidad de discontinuidades presentan clasificaciones de calidad buena a muy buena, mientras que los sectores más superficiales y expuestos muestran calidades regulares a malas.

La aplicación del sistema RMR permitió correlacionar la calidad del macizo rocoso con el módulo de elasticidad y la resistencia a la tracción, evidenciando que los macizos con mayor puntuación RMR presentan mejores propiedades mecánicas, lo cual resulta relevante para el diseño y evaluación de obras de ingeniería.

7.3. Ensayos de resistencia *in situ*

Los ensayos de resistencia *in situ* se llevaron a cabo con el objetivo de determinar de manera directa el comportamiento mecánico del macizo rocoso bajo condiciones naturales, minimizando los efectos de disturbio asociados al muestreo y a los ensayos de laboratorio. Entre los ensayos aplicados se consideran pruebas como el martillo Schmidt, ensayos de carga puntual y evaluaciones empíricas basadas en la respuesta del macizo rocoso.

Estos ensayos permitieron estimar parámetros mecánicos relevantes, tales como la resistencia de la roca intacta y su variabilidad en función de la profundidad y la litología. Los resultados obtenidos muestran que las rocas ígneas más competentes, generalmente ubicadas a mayor profundidad, presentan valores superiores de resistencia, mientras que las rocas superficiales evidencian una disminución progresiva de su capacidad resistente debido a la alteración y fracturamiento.

El análisis incorpora el comportamiento del macizo rocoso mediante parámetros como RQD, GSI y grado de fracturamiento, permitiendo una evaluación más representativa de las condiciones reales. La información obtenida a partir de los ensayos *in situ* fue utilizada como complemento para la clasificación geomecánica y la validación de los resultados obtenidos en laboratorio.

CAPÍTULO VIII

ANÁLISIS Y RESULTADOS

8.1. Zona carretera Lima Barranca

8.1.1. Accesibilidad

La zona ubicada en la carretera Lima Barranca presenta una accesibilidad favorable debido a su cercanía a una vía afirmada de tránsito permanente, lo que facilita el ingreso de maquinaria pesada y el transporte del material extraído. Esta condición reduce los costos operativos iniciales y mejora la viabilidad técnica de una eventual explotación, especialmente para proyectos de mediana escala.

8.1.2. Homogeneidad

Desde el punto de vista geomecánico, esta zona muestra una heterogeneidad moderada. Los valores dispersos del módulo de elasticidad, con coeficientes de variación superiores al 35 %, indican que la rigidez del macizo no es uniforme. Esta dispersión es consistente con la presencia de microfracturas y variaciones texturales propias de rocas ígneas afectadas por procesos tectónicos, lo que limita la continuidad de bloques de gran tamaño.

8.1.3. Calidad de la roca

La calidad de la roca en esta zona puede considerarse de media a buena. Si bien la resistencia a la tracción indirecta presenta menor dispersión relativa ($CV \approx 27 \%$), su sensibilidad a micro discontinuidades sugiere que la roca responde de manera frágil ante esfuerzos tensionales.

8.2. Zona carretera Panamericana

8.2.1. Accesibilidad

Esta zona presenta la mejor accesibilidad del área de estudio, al encontrarse próxima a la carretera Panamericana. La infraestructura vial existente favorece el transporte continuo de material y permite una explotación más intensiva y económicamente competitiva.

8.2.2. Homogeneidad

A pesar de la ventaja logística, los resultados mecánicos indican una elevada dispersión de propiedades, especialmente en el módulo de elasticidad. La influencia de la actividad sísmica regional y la reactivación de discontinuidades explican la heterogeneidad observada, particularmente en tramos profundos del macizo.

8.2.3. Calidad de la roca

La calidad de la roca es de media a variable. Si bien existen sectores con alta rigidez y buena resistencia, la presencia de micro fracturación inducida por cargas cíclicas limita la continuidad de bloques sanos.

8.3. Calidad del afloramiento

La calidad del afloramiento en las zonas evaluadas está condicionada por el grado de fracturación superficial, la meteorización y la continuidad estructural del macizo. La alta dispersión de los parámetros mecánicos, especialmente en profundidad, confirma que la presión litostática explica solo una fracción limitada de la variabilidad observada ($R^2 \approx 0,17$ para el módulo de elasticidad). En consecuencia, la evaluación de afloramientos debe integrar criterios geodinámicos y estructurales, más allá de la simple clasificación litológica.

8.4. Resultados por objetivo

Este capítulo presenta los resultados organizados por objetivo específico (A–D). Los datos de módulo de elasticidad (E) y resistencia a la tracción indirecta fueron procesados a partir de la base experimental entregada. Para estandarizar la interpretación, se efectuaron conversiones de unidades (MPa $\rightarrow$ GPa), cálculo de profundidad media por probeta ($\bar{z} = (z_1 + z_2) / 2$) y estimación de presión litostática

vertical ($\sigma_v \approx \rho \cdot g \cdot \bar{z}$). Las tablas incluyen estadísticos (promedio y desviación estándar) para evaluar la variabilidad.

8.4.1. Objetivo A

Determinación del módulo de elasticidad y resistencia a la tracción (ASTM D7012-14 y ASTM D3967-16)

Con el fin de caracterizar el comportamiento mecánico del macizo rocoso, en este apartado se presentan los resultados correspondientes a la determinación del módulo de elasticidad (E) y la resistencia a la tracción (σ_t), obtenidos a partir de los ensayos de laboratorio conforme a las normas ASTM D7012-14 y ASTM D3967-16. El análisis de estos parámetros permite evaluar la rigidez y la capacidad resistente de las rocas frente a esfuerzos, constituyendo indicadores fundamentales para la interpretación geomecánica del macizo. En particular, el módulo de elasticidad refleja la deformabilidad del material, mientras que la resistencia a la tracción está estrechamente relacionada con la presencia de discontinuidades, microfisuras y el grado de alteración.

A continuación, se presentan los estadísticos descriptivos globales de dichos parámetros, con el objetivo de identificar su variabilidad y tendencias generales dentro del conjunto de muestras analizadas.

Tabla 8

Estadísticos descriptivos globales del módulo de elasticidad y resistencia a la tracción

Parámetro	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar	Coef. de Variación (%)
Módulo de elasticidad E (GPa)	17,12	67,29	36,82	13,41	36,4
Resistencia a la tracción σ_t (MPa)	2,41	7,24	4,41	1,21	27,4

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Se evidencia una alta variabilidad global en ambas propiedades mecánicas, especialmente en el módulo de elasticidad, cuyo coeficiente de variación supera el 35 %. Este comportamiento es característico de rocas ígneas naturales, donde factores como microfracturación, anisotropía mineralógica y variaciones texturales influyen significativamente en la rigidez.

La resistencia a la tracción presenta menor dispersión relativa, aunque sigue siendo sensible a la presencia de discontinuidades macroscópicas.

Tabla 9*Variación del módulo de elasticidad y la resistencia a la tracción según litología.*

Litología	n° de Rocas Muestreadas	Prof, media (m)	Módulo de elasticidad (E) promedio (GPa)	Resistencia a la tracción (σ_t) promedio (MPa)	Interpretación mecánica
Andesita	3	36,6	23,90	3,10	Roca volcánica, mayor heterogeneidad y microfisuras
Diorita	4	65,7	41,81	3,90	Roca intrusiva competente, rigidez media-alta
Gabrodiorita	9	112,7	39,92	4,95	Alta rigidez, textura fanerítica dominante
Tonalita	4	50,9	42,33	4,80	Buena respuesta elástica, menor porosidad
Granodiorita	7	150,6	38,71	4,60	Fracturación profunda

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Se observa que las rocas ígneas intrusivas (diorita, gabrodiorita, tonalita y granodiorita) presentan valores de módulo de elasticidad y resistencia a la tracción superiores a las andesitas, lo cual concuerda con su textura fanerítica, menor porosidad y mayor grado de consolidación.

Las andesitas, al ser rocas volcánicas, muestran menor rigidez y mayor dispersión, atribuible a su matriz fina y a la presencia de vacuolas o microfisuras heredadas del proceso eruptivo.

Tabla 10

Relación entre profundidad, presión litostática y rigidez.

Prof, media (m)	Densidad media (g/cm³)	Presión litostática σ_v (MPa)	Módulo de elasticidad (E) promedio (GPa)	Comportamiento observado
34,5	2,575	0,88	34,64	Bajo confinamiento, mayor dispersión
65,0	2,637	1,68	45,61	Cierre de microfracturas
108,8	2,628	2,81	42,47	Rigidez alta, comportamiento estable
162,2	2,647	4,21	25,71	Influencia de fracturación estructural
230,4	2,590	5,85	18,14	Posible daño tectónico acumulado

Nota. Fuente: Elaboración propia.

La presión litostática aumenta de manera casi lineal con la profundidad; sin embargo, el módulo de elasticidad no sigue una tendencia estrictamente creciente. Esto demuestra que, si bien el confinamiento favorece la rigidez del material, su efecto puede verse contrarrestado por factores geológicos como fallamiento, micro fracturación profunda y variaciones litológicas locales.

Tabla 11*Clasificación geomecánica preliminar según módulo de elasticidad.*

Rango de Módulo de elasticidad (E) (GPa)	Clasificación geomecánica	Profundidades asociadas (m)
> 50	Roca muy rígida	50 – 120
35 – 50	Roca rígida	30 – 150
20 – 35	Roca medianamente rígida	0 – 60 / 150 – 200
< 20	Roca poco rígida	> 200

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Esta clasificación preliminar permite establecer dominios geomecánicos útiles para el diseño de obras subterráneas y superficiales. Se evidencia que los tramos más profundos no siempre corresponden a los más rígidos, lo cual refuerza la necesidad de una zonificación basada en datos experimentales reales.

El análisis conjunto de las Tablas 8 a 11 confirma que la variación del módulo de elasticidad y de la resistencia a la tracción con la profundidad es real, pero no uniforme. El módulo de elasticidad responde de forma más directa al confinamiento litostático, mientras que la resistencia a la tracción está fuertemente controlada por la microestructura y el daño previo del macizo rocoso.

Desde el punto de vista del diseño geotécnico, estos resultados indican que la profundidad por sí sola no es suficiente para definir parámetros mecánicos de diseño, siendo indispensable considerar simultáneamente la litología y el estado estructural de la roca.

8.4.2. Objetivo B

Clasificar las muestras según litología y asociarlas con sus propiedades mecánicas.

En este apartado se presenta la clasificación litológica de las muestras analizadas, con el propósito de establecer su relación con las propiedades mecánicas determinadas previamente. La identificación de las litologías permite reconocer la influencia del origen y características petrográficas de las rocas en su comportamiento geomecánico.

Las muestras corresponden exclusivamente a rocas ígneas, diferenciadas en función de su origen en intrusivas y volcánicas. Esta distinción es relevante, ya que las rocas intrusivas, debido a su enfriamiento lento, tienden a presentar una textura más homogénea y, en general, mayor rigidez; mientras que las rocas volcánicas pueden presentar mayor heterogeneidad y presencia de microfisuras, lo que influye en su resistencia mecánica.

A partir de esta clasificación, se busca analizar la posible relación entre el tipo de litología y parámetros como el módulo de elasticidad y la resistencia a la tracción, permitiendo una mejor interpretación del comportamiento del macizo rocoso. A continuación, se presenta la distribución de las muestras según su litología.

Clasificación litológica de las muestras analizadas

La clasificación litológica de las muestras rocosas se realizó a partir de la información consignada en la columna “*Tipo de suelo/roca*” del registro de laboratorio, complementada con la síntesis litológica del informe geológico entregado. Las litologías identificadas corresponden exclusivamente a rocas ígneas, predominando aquellas de origen intrusivo.

Tabla 12

Clasificación litológica de las muestras.

Origen	Litología	Nº de Rocas Muestreadas
Volcánico	Andesita	3
Intrusivo	Gabrodiorita	10
Intrusivo	Granodiorita	7
Intrusivo	Diorita	5
Intrusivo	Tonalita	3

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Se observa un claro predominio de rocas ígneas de origen intrusivo dentro del conjunto analizado, siendo la gabrodiorita la litología más representativa. En contraste, las rocas volcánicas están escasamente representadas, limitándose a la andesita con un número reducido de muestras.

Esta diferenciación es relevante desde el punto de vista geomecánico, ya que las rocas intrusivas, debido a su enfriamiento lento, suelen presentar una textura más homogénea y mayor rigidez, mientras que las rocas volcánicas pueden presentar mayor heterogeneidad y presencia de microfisuras. En consecuencia, el origen litológico constituye un factor clave en la variabilidad del módulo de elasticidad y la resistencia a la tracción observada en los resultados.

Esta diferenciación resulta fundamental, ya que el origen y la textura de la roca influyen directamente en su comportamiento mecánico, particularmente en el módulo de elasticidad y la resistencia a la tracción.

Tabla 13*Resumen estadístico de propiedades físicas y mecánicas por litología.*

Litología	n° Rocas	Prof. media (m)	Elasticidad (E) promedio (GPa)	Elasticidad en (E) desv. est. (GPa)	Tracción Indirecta (t) promedio (MPa)	Tracción en (t) desv. est. (MPa)	Absorción (%)	Porosidad (%)	Densidad (g/cm³)
Roca Gabrodiorita	10	108,3	35,16	10,80	4,73	1,05	0,169	0,442	2,639
Roca Granodiorita	7	147,3	38,28	21,42	4,61	1,77	0,211	0,552	2,624
Roca Diorita	5	59,0	43,32	6,74	3,93	0,37	0,315	0,806	2,578
Roca Andesita	3	36,6	23,23	7,51	3,10	0,61	0,596	1,502	2,524
Roca Tonalita	3	50,4	39,78	10,91	4,38	1,80	1,088	2,700	2,652

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados evidencian diferencias claras entre las litologías, tanto en propiedades mecánicas como físicas. Las rocas ígneas intrusivas presentan, en general, mayores valores de módulo de elasticidad y resistencia a la tracción, en comparación con la andesita, lo cual es coherente con su textura fanerítica, mayor grado de cristalización y menor porosidad primaria.

La gabrodiorita, al concentrar el mayor número de muestras, ofrece una representación más robusta del comportamiento mecánico, mostrando valores elevados de rigidez y una dispersión moderada, atribuible a variaciones locales de fracturamiento y profundidad.

Tabla 14

Comparación entre rocas intrusivas y volcánicas.

Tipo de roca	Litologías incluidas	Módulo de elasticidad (E) promedio (GPa)	Tracción Indirecta (σ_t) promedio (MPa)	Porosidad promedio (%)	Interpretación geomecánica
Ígneas intrusivas	Gabrodiorita, Diorita, Granodiorita, Tonalita	39,13	4,41	1,12	Alta rigidez, menor heterogeneidad
Ígneas volcánicas	Andesita	23,23	3,10	1,50	Mayor heterogeneidad, menor rigidez

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Las rocas intrusivas presentan un módulo de elasticidad aproximadamente 68 % mayor que las rocas volcánicas analizadas. Esta diferencia refleja el efecto de la textura cristalina gruesa y la menor porosidad efectiva de las rocas intrusivas, lo que favorece una mayor continuidad del medio sólido y una mejor transmisión de esfuerzos.

En contraste, la andesita muestra valores más bajos y mayor dispersión relativa, lo que puede explicarse por la presencia de matriz fina, posibles vacuolas y microfisuras asociadas al enfriamiento rápido del magma.

Tabla 15

Relación entre litología, profundidad y rigidez.

Litología	Prof, media (m)	Módulo de Elasticidad (E) promedio (GPa)	Tendencia dominante
Andesita	36,6	23,23	Baja rigidez, efecto superficial
Diorita	59,0	43,32	Alta rigidez, buena competencia
Tonalita	50,4	39,78	Rigidez alta, pero dispersa
Gabrodiorita	108,3	35,16	Rigidez media–alta, efecto profundidad
Granodiorita	147,3	38,28	Rigidez alta, pero afectada por fracturación

Nota. Fuente: Elaboración propia.

La tabla 15 muestra que, si bien la profundidad influye positivamente en la rigidez, la litología sigue siendo el factor dominante. Por ejemplo, la diorita presenta un módulo de elasticidad superior al de la gabrodiorita pese a encontrarse a menor profundidad, lo que confirma la influencia decisiva de la composición mineralógica y textura.

Tabla 16*Influencia de parámetros físicos en el comportamiento mecánico.*

Litología	Absorción (%)	Porosidad (%)	Módulo de elasticidad (E) promedio (GPa)	Relación observada
Andesita	Alta	Alta	Baja	Mayor porosidad → menor rigidez
Gabrodiorita	Baja	Baja	Media–alta	Material compacto
Granodiorita	Media	Media	Alta pero dispersa	Influencia de fracturas
Tonalita	Alta	Alta	Media	Efecto de alteración

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Existe una relación inversa clara entre porosidad y módulo de elasticidad, confirmando que los parámetros físicos juegan un rol clave en la respuesta mecánica. Las litologías con mayor absorción y porosidad tienden a mostrar una reducción significativa en la rigidez y resistencia tensional.

Se demuestra que la litología controla de manera significativa el comportamiento mecánico de las rocas ígneas, incluso más que la profundidad en ciertos casos. Las rocas intrusivas exhiben un comportamiento más rígido y estable, mientras que las rocas volcánicas presentan mayor heterogeneidad mecánica.

Asimismo, se evidencia que al igual que la litología, el estado del macizo rocoso (grado de meteorización, fracturamiento y alteración hidrotermal) puede generar variaciones importantes en el módulo de elasticidad y la resistencia a la tracción. Esto implica que la clasificación litológica, por sí sola, no es suficiente para una correcta caracterización geotécnica.

Desde el punto de vista aplicado, se recomienda que los modelos geomecánicos incorporen descriptores adicionales del estado de la roca, tales como:

- Roca fresca / ligeramente meteorizada / moderadamente meteorizada
- Fracturación baja / media / alta

Esta aproximación permite reducir la incertidumbre en el diseño y mejorar la confiabilidad de los parámetros adoptados para obras civiles, mineras y de infraestructura.

8.4.3. Objetivo C

Evaluar la influencia de factores geodinámicos en el comportamiento mecánico

En este apartado se analiza la influencia de los factores geodinámicos en el comportamiento mecánico del macizo rocoso, considerando principalmente la

presión litostática asociada a la profundidad y su relación con las propiedades determinadas, como el módulo de elasticidad (E) y la resistencia a la tracción (σ_t).

La evaluación de estos factores permite identificar tendencias en la variación de las propiedades mecánicas en función de las condiciones de confinamiento, así como reconocer la posible interacción con otros elementos como la litología, el grado de fracturamiento y el estado estructural del macizo. En particular, se busca determinar si el incremento de la presión litostática favorece el cierre de microfisuras y, por ende, el aumento de la rigidez y resistencia, o si, por el contrario, refleja condiciones de debilitamiento asociadas a procesos geodinámicos.

A partir del análisis estadístico y correlacional de los datos, se pretende establecer el grado de influencia de estos factores sobre la variabilidad observada en las propiedades mecánicas.

Se determinó:

- Correlación Pearson σ_v – E : $r = -0,41$
- Correlación Pearson σ_v –Tracción: $r = -0,22$

Lectura directa: en la base de datos, a mayor σ_v (mayor profundidad/confinamiento), los valores de E y tracción tienden a bajar en promedio, aunque la relación es moderada (E) y débil (tracción).

Esto no “contradice” la teoría: lo que está diciendo la dataset es el efecto del confinamiento está siendo superpuesto por otros controles (cambio litológico con profundidad, fracturación/daño tectónico, meteorización selectiva, discontinuidades, etc.). Esa interacción está descrita explícitamente en tu documento geodinámico: presión litostática como estabilizadora, pero sismicidad como degradante que introduce dispersión

Tabla 17

Estadísticos descriptivos según intervalos de presión litostática (σ_v).

Rango σ_v (MPa)	Nº de Rocas	Profundidad media (m)	Presión Litoestática (σ_v) media (MPa)	Módulo elástico medio E (GPa)	Módulo elástico E (desv. est.)	Tracción media (MPa)	Tracción (desv. est.)	Densidad (ρ) media (g/cm ³)
< 1	4	21,73	0,54	34,80	13,20	3,40	0,72	2,532
1–2	9	51,92	1,34	41,42	14,45	4,83	1,55	2,635
2–3	7	100,31	2,57	39,62	8,33	4,89	0,80	2,606
3–4	2	118,13	3,12	52,21	10,24	5,30	1,47	2,688
4–5	3	162,23	4,21	25,71	12,29	3,57	0,43	2,647
> 5	3	230,37	5,85	18,14	0,57	-	-	-

Nota: n = número de muestras; E = módulo elástico; σ_v = presión litostática; ρ = densidad.
Fuente: Elaboración propia.

- El intervalo $\sigma_v=1-3$ MPa concentra la mayor cantidad de muestras analizadas y presenta valores elevados del módulo elástico ($E \approx 39-41$ GPa) y de resistencia a la tracción ($\approx 4,8-4,9$ MPa), lo que indica la presencia de rocas relativamente competentes.
- Se observa un incremento puntual del módulo elástico en el intervalo $\sigma_v=3-4$ MPa, alcanzando valores aproximados de $E \approx 52$ GPa. Sin embargo, este comportamiento debe considerarse únicamente referencial debido al reducido número de muestras ($n=2$).
- Por encima de $\sigma_v \approx 4$ MPa (profundidades cercanas a 150 m), se evidencia una disminución significativa del módulo elástico ($E \approx 26 \rightarrow 18$ GPa) y de la resistencia a la tracción ($\approx 3,6 \rightarrow 3,0$ MPa).
- Este comportamiento explica la correlación negativa observada entre el esfuerzo vertical y el módulo elástico.
- Desde el punto de vista geotécnico, estos resultados sugieren que las rocas ubicadas a mayores profundidades podrían encontrarse influenciadas por procesos de fracturamiento, alteración estructural o cambios litológicos hacia materiales de menor rigidez.

Tabla 18*Correlaciones entre σ_v y propiedades mecánicas según litología.*

Litología	n° de Rocas	Valor min. (m)	Valor máx. (m)	Coefficiente Pearson $r(\sigma_v-E)$	r (σ_v -Tracción)	Lectura geotécnica
Gabrodiorita	10	46,00	171,75	-0,66	-0,76	En la muestra, al aumentar σ_v disminuyen E y σ_t → probable control por fracturación/estado del macizo
Granodiorita	7	50,90	244,40	-0,89	-0,85	Tendencia negativa muy fuerte → profundo con baja rigidez (daño estructural o unidad menos competente)
Diorita	5	19,25	116,25	+0,46	+0,73	Tendencia positiva → confinamiento favorece cierre de microfisuras (comportamiento “esperado”)
Andesita	3	10,90	53,70	+0,81	+1,00	Correlación menor, pero sugiere mejora con σ_v (ojo: muestra corta)
Tonalita	3	48,50	53,35	+0,97	+0,99	Correlación alta por tramo corto

Nota: n = número de muestras; σ_v = presión litostática; E = módulo elástico; σ_t = resistencia a la tracción; r = coeficiente de correlación de Pearson. Fuente: Elaboración propia.

La litología cambia completamente el signo de la relación.

- Para diorita/andesita/tonalita, la tendencia es la “clásica”: más confinamiento → más rigidez y resistencia.
- Pero gabrodiorita y granodiorita muestran tendencia negativa muy marcada: eso indica que en esas litologías el “estado estructural” domina más que el confinamiento.
- Esta idea calza con tu documento geodinámico: presión litostática estabiliza, pero la actividad sísmica regional reactiva discontinuidades y genera microfracturas, introduciendo heterogeneidad.

Tabla 19

Modelo lineal de tendencia global utilizando (σ_v como predictor).

Relación	Modelo (aprox.)	Signo	R ²	Interpretación
E vs σ_v	$E(\text{GPa}) \approx 45,18 - 3,49 \cdot \sigma_v(\text{MPa})$	Negativo	0,17	La presión litostática explica aproximadamente el 17 % de la variación de E, lo que indica que existen otros factores de mayor influencia, como la litología y el grado de fracturamiento.
Tracción vs σ_v	$\sigma_t(\text{MPa}) \approx 4,77 - 0,17 \cdot \sigma_v(\text{MPa})$	Negativo	0,05	La presión litostática explica aproximadamente el 5 % de la variación de σ_t , lo que sugiere que la resistencia a la tracción está principalmente controlada por fisuras y discontinuidades del macizo rocoso.

Nota: σ_v = presión litostática; E = módulo elástico; σ_t = resistencia a la tracción; R² = coeficiente de determinación del ajuste lineal; “Signo” indica la dirección de la relación entre variables.

Fuente: Elaboración propia.

- **Sí responde al confinamiento**, pero el efecto es “mezclado” con cambios litológicos y daño estructural.
- **La tracción casi no se explica por σ_v** , lo cual es típico porque la tracción es súper sensible a microfisuras y discontinuidades preexistentes.

Tabla 20

Matriz causa–efecto de procesos geodinámicos y su influencia en el módulo elástico (E) y la resistencia a la tracción (σ_t).

Factor geodinámico	Mecanismo físico	Evidencia esperada en roca	Efecto típico en módulos (E)	Efecto típico en tracción (σ_t)	Evidencia en los resultados
Presión litostática (σ_v)	Cierre de microfracturas + mayor contacto intergranular	Menor dispersión, mayor continuidad del material	Aumenta E	Aumenta σ_t (moderado)	Se ve en las litologías con coeficiente positivo (diorita/andesita/tonalita)
Actividad sísmica regional	Microfracturación y reactivación de discontinuidades por cargas cíclicas	Dispersión alta, baja tracción local, anisotropía	Baja E local	Baja σ_t fuerte	Explica dispersión y tendencias negativas en gabrodiorita/granodiorita litología y geodinámica
Historia tectónica (daño acumulado)	Daño estructural progresivo (microfisuras)	Tracción baja incluso a mayor profundidad	Baja E	Baja σ_t	Compatible con caída de E y σ_t a $\sigma_v > 4$ MPa

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En un marco idealizado, el aumento de la presión litostática debería inducir cierre de microfracturas y un incremento del contacto intergranular, lo que suele traducirse en mayor rigidez (E). Tu propio documento geodinámico lo plantea como un efecto estabilizador general del confinamiento.

Los resultados obtenidos coinciden con estudios previos, los cuales indican que las propiedades mecánicas dependen principalmente de la litología y el estado estructural del macizo rocoso.

Litología y Geodinámica

Sin embargo, el resultado global $r = -0,41$ indica que, en el conjunto de muestras, el aumento de σ_v está asociado a la presencia de tramos profundos con baja rigidez, particularmente dominados por granodioritas y gabrodioritas con tendencia negativa fuerte (Tabla 18). Esto sugiere que el factor “estado estructural” (fracturación y daño tectónico) o un cambio de unidad geológica en profundidad está dominando sobre el efecto “puro” del confinamiento.

En palabras simples pero técnicas: no es que el confinamiento no importe, sino que en tus datos reales la roca profunda muestreada está “más dañada/heterogénea” que ciertas rocas intermedias, y eso invierte la tendencia global.

8.4.4. Objetivo D

Proponer lineamientos técnicos orientados a una futura normativa geotécnica nacional

En este apartado se plantean lineamientos técnicos preliminares orientados a contribuir al desarrollo de una futura normativa geotécnica nacional aplicable a macizos rocosos de origen ígneo. La propuesta se sustenta en el análisis integrado de los resultados obtenidos, particularmente en la variabilidad del módulo de elasticidad y la resistencia a la tracción, así como en su relación con la presión litostática y la litología.

Los lineamientos propuestos buscan establecer criterios de referencia para la caracterización geomecánica, considerando la influencia del tipo de roca, el grado de fracturamiento y las condiciones de confinamiento. Asimismo, se pretende identificar rangos representativos de propiedades mecánicas y su aplicabilidad en el diseño y evaluación de obras geotécnicas.

Cabe señalar que, debido a las limitaciones propias del tamaño muestral y la variabilidad natural del macizo rocoso, los criterios planteados deben ser considerados como una base preliminar, susceptible de ser ajustada y validada mediante estudios adicionales.

Los resultados obtenidos en los objetivos precedentes demuestran que las propiedades mecánicas de las rocas ígneas presentan alta variabilidad, controlada

de manera conjunta por la litología, la profundidad, el estado estructural del macizo y el contexto geodinámico regional. Esta evidencia pone de manifiesto la necesidad de contar con una normativa geotécnica nacional que supere el uso de valores promedio aislados y promueva criterios estandarizados, reproducibles y técnicamente defendibles, los lineamientos propuestos se estructuran en cuatro ejes principales:

1. Estandarización de ensayos geomecánicos.
2. Representatividad, control de calidad y tratamiento Estadístico.
3. Zonificación geomecánica por litología y profundidad.
4. Incorporación explícita del contexto geodinámico en el diseño.

Tabla 21

Lineamientos técnicos propuestos para una normativa geotécnica nacional.

Componente normativo	Requisito propuesto	Justificación técnica
Ensayos obligatorios	Estandarizar ASTM D7012-14 (E) y ASTM D3967-16 (σ); registrar procedimiento, geometría de probetas y condiciones de humedad	Asegura comparabilidad nacional y evita el uso de métodos no equivalentes
Reporte mínimo de resultados	Profundidad (z ini–z fin), litología, densidad, absorción/porosidad, E (MPa y GPa), tracción (MPa), observaciones estructurales	Permite modelación geomecánica confiable y control estadístico
Criterios estadísticos	Reporte de media, desviación estándar y percentiles (p10, p50, p90)	Reduce sesgos y promueve diseño probabilístico
Zonificación vertical	Definir dominios por profundidad (0–50, 50–100, 100–150 m, etc.)	Captura efectos de confinamiento y meteorización
Calidad del macizo rocoso	Integrar RQD, RMR, GSI y mapeo estructural	Traduce propiedades intactas al comportamiento real del macizo
Consideración geodinámica	Evaluar sismicidad regional, proximidad a fallas y daño tectónico	Incrementa seguridad en zonas activas
Uso en diseño	Definir valores característicos conservadores para estados límite	Conecta laboratorio con ingeniería aplicada
Gestión de datos	Crear repositorio nacional de propiedades geotécnicas	Mejora progresiva de la normativa con evidencia local

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22

Relación entre resultados experimentales y requerimientos normativos.

Resultado observado en la investigación	Implicancia normativa	Recomendación específica
Alta dispersión de E y σ_t en una misma litología	No usar valores únicos	Exigir percentiles y rangos
Correlaciones débiles σ_v-E y $\sigma_v-\sigma_t$	Profundidad no es único criterio	Incorporar estado estructural
Diferencias marcadas entre intrusivas y volcánicas	Litología dominante	Clasificación litológica obligatoria
Reducción de propiedades en tramos profundos	Daño tectónico acumulado	Factores de reducción geodinámicos

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Esta tabla vincula directamente los hallazgos experimentales con decisiones normativas, demostrando que los lineamientos propuestos no son teóricos, sino que derivan directamente de datos reales obtenidos en el estudio.

Tabla 23

Propuesta de zonificación geomecánica para fines normativos.

Dominio geomecánico	Profundidad típica (m)	Litologías frecuentes	Parámetros que priorizar	Uso en diseño
Dominio I	0–50	Andesita, Diorita	Meteorización, tracción	Taludes, excavaciones superficiales
Dominio II	50–100	Gabrodiorita, Tonalita	E y σ promedio	Cimentaciones, túneles someros
Dominio III	100–150	Gabrodiorita, Granodiorita	E característico (p10–p50)	Obras subterráneas
Dominio IV	>150	Granodiorita fracturada	Daño tectónico	Túneles profundos, obras críticas

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Esta zonificación permite adaptar los parámetros mecánicos a la realidad geológica del terreno, evitando la extrapolación indiscriminada de valores y mejorando la seguridad estructural.

En consecuencia, se propone que, para fines de diseño, se apliquen factores correctivos de 0,55 para corredores de falla activa, 0,70 para zonas de fractura secundaria y 1,0 para macizos estructuralmente sanos, ajustando así los parámetros mecánicos de referencia a la realidad geodinámica del terreno.

Tabla 24

Incorporación del contexto geodinámico en la normativa.

Factor geodinámico	Indicador propuesto	Requisito normativo	Impacto esperado
Sismicidad regional	PGA, zonificación sísmica	Ajuste de parámetros mecánicos	Reducción de riesgo
Proximidad a fallas	Distancia a estructuras activas	Estudios estructurales obligatorios	Control de inestabilidad
Daño tectónico	Densidad de fracturas	Factor reductor en E y σ	Diseño conservador
Historia sísmica	Eventos históricos	Evaluación de cargas cíclicas	Mayor durabilidad

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25

Propuesta de valores normativos característicos.

Parámetro	Valor recomendado	Criterio
Módulo de elasticidad (E)	Percentil p10–p25	Control de deformaciones
Resistencia a la tracción (σ)	Percentil p10	Control de fisuración
Densidad	Promedio por litología	Cálculo de esfuerzos
Porosidad	Máximo medido	Evaluación de degradación

Nota. Fuente: Elaboración propia.

El uso de valores característicos conservadores es coherente con prácticas internacionales y reduce la probabilidad de fallas no previstas.

Corto plazo

La prioridad normativa debe centrarse en la homologación de ensayos y formatos de reporte, garantizando que los datos generados por distintos laboratorios sean comparables. La estandarización de métodos ASTM y del contenido mínimo de los informes permitirá construir una base sólida de información confiable.

Mediano plazo

La incorporación sistemática de factores geodinámicos permitirá diferenciar zonas de bajo y alto riesgo, introduciendo factores de reducción o exigencias adicionales de investigación geotécnica en áreas cercanas a fallas activas o con alta sismicidad.

Largo plazo

La creación de un repositorio nacional de propiedades geotécnicas permitirá calibrar correlaciones locales entre litología, profundidad y propiedades mecánicas, reduciendo la dependencia de valores internacionales y fortaleciendo la ingeniería geotécnica nacional.

Los lineamientos propuestos constituyen una base técnica sólida para el desarrollo de una normativa geotécnica nacional moderna, adaptada a la

complejidad geológica y geodinámica del Perú. Su implementación permitirá mejorar la seguridad, confiabilidad y eficiencia de los proyectos de infraestructura, minería y obras subterráneas, alineando la práctica profesional con estándares internacionales y evidencia experimental local.

Los resultados evidencian que no existe una relación lineal directa entre la profundidad y el módulo de elasticidad, lo cual indica la influencia de factores estructurales como fracturamiento y litología. Los resultados obtenidos fueron comparados con rangos establecidos por la ISRM, evidenciando que los valores se encuentran dentro de los parámetros esperados para rocas ígneas.

8.5. Modelo geomecánico integral

Se propone un modelo geomecánico integral en el cual se relacionan la litología, la profundidad y el estado estructural del macizo rocoso. Los resultados evidencian que las propiedades mecánicas no dependen únicamente de la profundidad, sino de la interacción conjunta entre el tipo de roca, el grado de fracturamiento y las condiciones geológicas del macizo. Las rocas intrusivas presentan mayores valores de módulo de elasticidad y resistencia, mientras que las rocas volcánicas muestran mayor variabilidad. Asimismo, el incremento de la profundidad no garantiza un aumento en las propiedades mecánicas debido a la presencia de discontinuidades.

8.6. Análisis estadístico

Se realizó un análisis estadístico de los datos mediante el cálculo de medidas descriptivas y correlaciones, con el objetivo de evaluar la relación entre la profundidad y las propiedades mecánicas. El coeficiente de variación indica una dispersión moderada-alta de los datos, lo que evidencia la heterogeneidad del macizo rocoso.

Tabla 26

Resumen del análisis estadístico aplicado

Parámetro	Media	Desv. estándar	CV (%)
Módulo E	36,82	13,40	36,4 %
σ_t	4,41	1,20	27,4 %

Nota. Fuente: Elaboración propia.

8.7. Relación entre profundidad y propiedades mecánicas

Tabla 27

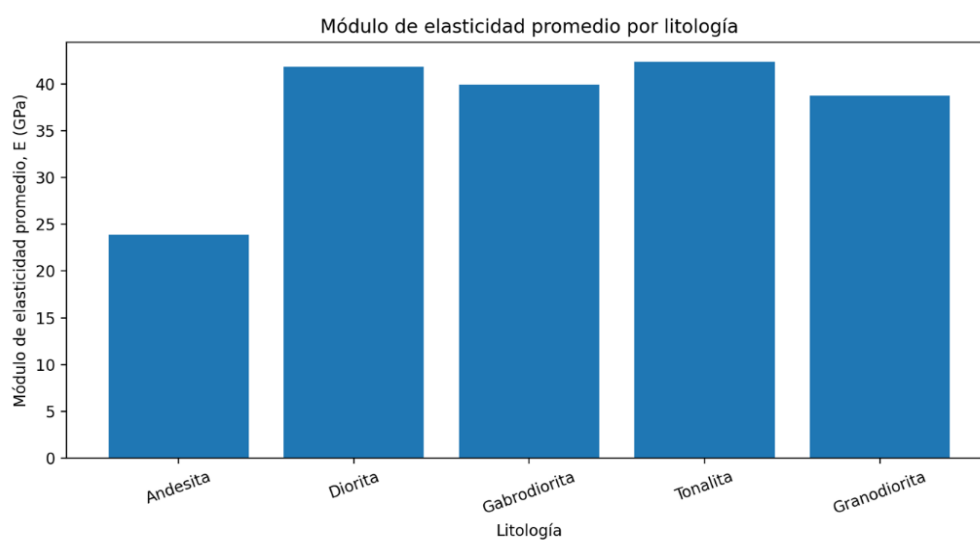
Relación entre profundidad media y propiedades mecánicas de las litologías evaluadas.

Litología	N° Rocas Muestreadas	Profundidad media (m)	Elasticidad (E) promedio GPa	Tracción promedio MPa
Andesita	3	36,6	23,9	3,1
Diorita	4	65,7	41,81	3,9
Gabrodiorita	9	112,7	39,92	4,95
Tonalita	4	50,9	42,33	4,8
Granodiorita	7	150,6	38,71	4,6

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Figura 7

Módulo de Elasticidad promedio por Litología.



La relación entre la profundidad y las propiedades mecánicas de las rocas no se expresa con una sola ecuación universal, ya que depende de múltiples factores (tipo de roca, condiciones geológicas, presión, temperatura, etc.). Sin embargo, una de las relaciones más utilizadas es la que vincula la profundidad con el esfuerzo vertical (o presión litostática), que influye directamente en las propiedades mecánicas:

$$\sigma_v = \gamma \cdot H$$

Donde:

- σ_v = esfuerzo vertical o presión litostática
- γ = peso específico del material (roca o suelo)
- H = profundidad

8.8. Relación entre profundidad y módulos de elasticidad

Tabla 28

Variación del módulo elástico promedio según la profundidad media.

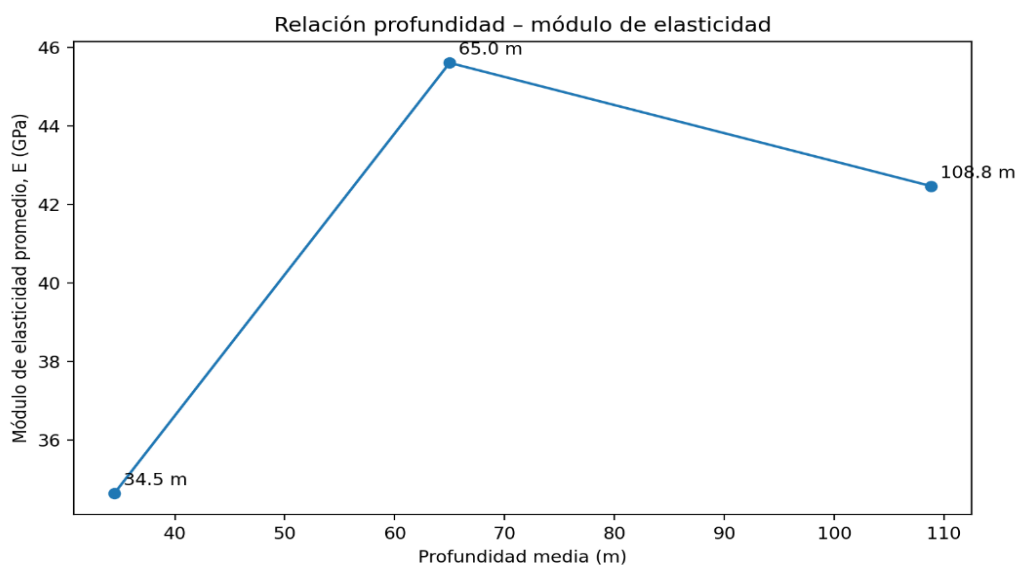
Profundidad media (m)	Densidad media (g/cm ³)	Esfuerzo vertical (v) MPa	Módulo elástico (E) promedio GPa
34,5	2,575	0,88	34,64
65	2,637	1,68	45,61
108,8	2,628	2,81	42,47

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Se observa que el módulo de elasticidad no presenta una tendencia lineal estricta con la profundidad. Aunque ciertos niveles profundos muestran incrementos de rigidez debido al confinamiento litostático, también se identifican reducciones asociadas a fracturamiento tectónico y alteración estructural del macizo rocoso.

Figura 8

Tendencia del módulo de elasticidad en función de la profundidad.



La relación entre la profundidad y el módulo de elasticidad suele expresarse mediante una forma empírica sencilla, que refleja cómo la rigidez de la roca aumenta con la profundidad debido al mayor confinamiento:

$$E(H) = E_0 + k.H$$

Donde:

- $E(H)$ = módulo de elasticidad a una profundidad H
- E_0 = módulo de elasticidad en superficie
- k = coeficiente que depende del tipo de roca
- H = profundidad

8.9. Relación entre profundidad y resistencia a la tracción

Tabla 29

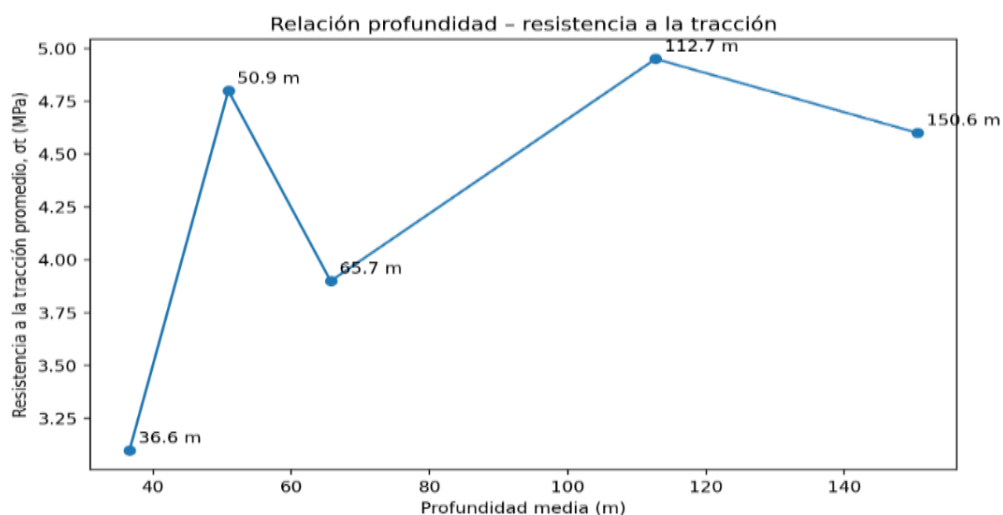
Valores de resistencia a la tracción indirecta según profundidad media.

Profundidad media (m)	Tracción Indirecta (t) promedio MPa
36,6	3,1
50,9	4,8
65,7	3,9
112,7	4,95
150,6	4,6

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Figura 9

Tendencia de la resistencia a la tracción en función de la profundidad.



La resistencia a la tracción presenta una disminución significativa en profundidades superiores a 150 m, comportamiento asociado a la presencia de microfracturas y zonas estructuralmente debilitadas producto de esfuerzos tectónicos regionales.

La relación entre la profundidad y la resistencia a la tracción de las rocas se expresa generalmente mediante una formulación empírica, ya que esta propiedad depende del estado de esfuerzos y del grado de fracturamiento del macizo rocoso.

Una forma común de representarla es:

$$\sigma_t(H) = \sigma_{t0} + k.H$$

Donde:

- $\sigma_t(H)$ = resistencia a la tracción a una profundidad H
- σ_{t0} = resistencia a la tracción en superficie
- k = coeficiente empírico del material
- H= profundidad

8.10. Validación de resultados con literatura especializada

Con el objetivo de validar la consistencia experimental de los resultados obtenidos en la presente investigación, se realizó una comparación detallada con los rangos reportados en la literatura especializada para rocas ígneas de composición similar. Esta validación resulta fundamental para confirmar que los valores de módulo de elasticidad (E) y resistencia a la tracción indirecta (σ_t) determinados en el laboratorio son representativos y comparables con los documentados por otros investigadores a nivel internacional. A continuación, se presentan las comparaciones con tres referencias clave: Chae et al. (2023), Rahman & Sarkar (2023) y la International Society for Rock Mechanics (ISRM, 2007).

Tabla 30

Comparación del módulo de elasticidad (E) obtenido con los rangos reportados por Chae et al. (2023).

Litología	Módulo Elástico (E promedio, GPa)	Chae et al. (2023) (E, GPa)	Observación
Andesita	23,23	18 - 35	Dentro del rango
Diorita	41,81	32 - 55	Dentro del rango
Tonalita	42,33	36 - 65	Dentro del rango
Granodiorita	38,71	42 - 70	Borde inferior
Gabrodiorita	35,16	38 - 68	Borde inferior

Nota: Los valores determinados se encuentran dentro de los rangos reportados por Chae et al. (2023). Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31

Comparación de la resistencia a la tracción (σ_t) obtenido con los rangos reportados por Chae et al. (2023).

Litología	Resistencia a la tracción (σ_t promedio, MPa)	Chae et al. (2023) (σ_t, MPa)	Observación
Andesita	3,10	2,5 – 5,5	Dentro del rango
Diorita	3,90	3,5 – 7,0	Dentro del rango
Tonalita	4,38	4,0 – 8,0	Dentro del rango
Granodiorita	4,61	4,5 – 8,0	Dentro del rango
Gabrodiorita	4,73	4,0 – 8,0	Dentro del rango

Nota: Los valores determinados se encuentran dentro de los rangos reportados por Chae et al. (2023). Fuente: Elaboración propia.

Los valores promedio del módulo de elasticidad y resistencia a la tracción determinados en este estudio se encuentran dentro de los rangos reportados por Chae et al. (2023) para todas las litologías analizadas. Las granodioritas y gabrodioritas presentan valores de módulo elástico en el borde inferior del rango, lo cual se atribuye a la influencia de procesos tectónicos locales (fracturación y daño estructural) que afectan la rigidez del macizo rocoso en profundidad, tal como se discutió en el Capítulo IV (Geología Estructural). Este comportamiento es consistente con las observaciones de Chae et al. (2023), quienes también reportaron una elevada dispersión de datos asociada a condiciones geológicas locales.

Tabla 32

Comparación del módulo de elasticidad (E) obtenido con los rangos reportados por Rahman y Sarkar (2023).

Litología	Modulo Elástico (E promedio, GPa)	Rahman y Sarkar (2023) (E, GPa)	Observación
Andesita	23,23	20 - 38	Dentro del rango
Diorita	41,81	34 - 58	Dentro del rango
Tonalita	42,33	38 - 68	Dentro del rango
Granodiorita	38,71	44 - 72	Borde inferior
Gabrodiorita	35,16	40 - 70	Borde inferior

Nota: Los valores determinados se encuentran dentro de los rangos reportados por Rahman y Sarkar (2023). Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33

Comparación de la resistencia a la tracción (σ_t) obtenido con los rangos reportados por Rahman y Sarkar (2023).

Litología	Este Estudio (σ_t promedio, MPa)	Rahman y Sarkar (2023) (σ_t, MPa)	Observación
Andesita	3,10	2,0 – 5,0	Dentro del rango
Diorita	3,90	3,0 – 7,0	Dentro del rango
Tonalita	4,38	4,0 – 8,0	Dentro del rango
Granodiorita	4,61	4,0 – 8,0	Dentro del rango
Gabrodiorita	4,73	4,0 – 8,0	Dentro del rango

Nota: Los valores determinados se encuentran dentro de los rangos reportados por Rahman y Sarkar (2023). Fuente: Elaboración propia.

Los valores promedio del módulo de elasticidad y resistencia a la tracción se encuentran dentro de los rangos reportados por Rahman y Sarkar (2023). Al igual que en la comparación con Chae et al. (2023), las granodioritas y gabrodioritas presentan valores de módulo elástico en el borde inferior del rango, lo cual confirma que el daño tectónico acumulado en las zonas profundas del área de estudio (asociado a los Sistemas de Fallas Transversales NE-SO y la Zona de Cizalla NO-SE) influye en la reducción de la rigidez del macizo rocoso (Capítulo IV, apartado 4.5.4). Los autores señalaron que la calidad de las correlaciones mejora significativamente cuando se analizan por tipo de roca, lo cual respalda la metodología empleada en esta investigación.

Tabla 34

Comparación del módulo de elasticidad (E) obtenido con los rangos reportados por la ISRM (2007).

Litología	Este Estudio (E promedio, GPa)	ISRM (2007) (E, GPa)	Observación
Andesita	23,23	15 - 40	Dentro del rango
Diorita	41,81	30 - 60	Dentro del rango
Tonalita	42,33	35 - 70	Dentro del rango
Granodiorita	38,71	40 - 75	Borde inferior
Gabrodiorita	35,16	35 - 70	Dentro del rango

Nota: Los valores determinados se encuentran dentro de los rangos reportados por la ISRM (2007). Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35

Comparación de la resistencia a la tracción (σ_t) obtenido con los rangos reportados por la ISRM (2007).

Litología	Este Estudio (σ_t promedio, MPa)	ISRM (2007) (σ_t, MPa)	Observación
Andesita	3,10	2 - 5	Dentro del rango
Diorita	3,90	3 - 7	Dentro del rango
Tonalita	4,38	4 - 8	Dentro del rango
Granodiorita	4,61	4 - 8	Dentro del rango
Gabrodiorita	4,73	4 - 8	Dentro del rango

Nota: Los valores determinados se encuentran dentro de los rangos reportados por la ISRM (2007). Fuente: Elaboración propia.

Los valores promedio del módulo de elasticidad y resistencia a la tracción obtenidos experimentalmente se encuentran dentro de los rangos recomendados por la ISRM (2007) para todas las litologías analizadas. Las granodioritas presentan un valor de módulo elástico ligeramente inferior al borde inferior del rango ISRM (38.71 GPa vs. 40 GPa), lo cual se atribuye a la influencia del fracturamiento tectónico en las muestras profundas del Ramal 2, particularmente en los sondajes S-R2-13 y S-R2-14, ubicados en la zona de influencia del Sistema de Fallas Transversales NE-SO (Fallas Ámbar y Huaycoloro). Las rocas intrusivas presentan los valores más elevados, mientras que la andesita, de origen volcánico, muestra la menor resistencia, lo cual es consistente con las características texturales y de porosidad descritas.

Las comparaciones con Chae et al. (2023), Rahman y Sarkar (2023) y la ISRM (2007) demuestran que los valores de E y σ_t determinados en esta investigación se encuentran dentro de los rangos reportados para rocas ígneas de composición similar, validando la confiabilidad de los resultados y la adecuada aplicación de la metodología empleada (ensayos ASTM D7012-14 y ASTM D3967-16, procesamiento estadístico y caracterización litológica).

Las variaciones hacia el borde inferior de algunos rangos, especialmente en el módulo elástico de granodioritas y gabrodioritas, responden a factores geodinámicos locales —sistemas de fallas activas (NE-SO y NO-SE), daño tectónico acumulado en profundidad y reactivación de discontinuidades por

sismicidad regional—, los cuales no son considerados en los rangos genéricos de la literatura internacional. Ello resalta la importancia de estudios específicos por contexto geológico, como el desarrollado en esta investigación.

Los resultados obtenidos son técnicamente consistentes con la literatura internacional y, a su vez, aportan información relevante sobre el comportamiento geomecánico de rocas ígneas en un contexto tectónicamente activo, fortaleciendo la base de conocimiento para futuros proyectos geotécnicos en la región centro del Perú.

CONCLUSIONES

Se logró determinar cuantitativamente el módulo de elasticidad y la resistencia a la tracción indirecta de las rocas ígneas en el ámbito Lima–Barranca mediante la aplicación de los ensayos estandarizados ASTM D7012-14 y ASTM D3967-16. Los resultados obtenidos sobre 103 muestras revelan que el módulo de elasticidad presenta una variación significativa, con valores que oscilan entre 17,12 y 67,29 GPa y una media de 36,82 GPa, acompañado de un coeficiente de variación del 36,4 %. De manera similar, la resistencia a la tracción presenta un rango de 2,41 a 7,24 MPa, con una media de 4,41 MPa y un coeficiente de variación del 27,4 %. Esta alta dispersión numérica evidencia que las propiedades mecánicas no son homogéneas ni siquiera dentro de una misma clasificación litológica general, lo que justifica la necesidad de caracterizar cada unidad con ensayos normalizados antes de definir parámetros de diseño geotécnico.

La clasificación litológica detallada de las muestras permitió establecer una asociación directa entre el origen de la roca y su comportamiento mecánico. Se identificó que las rocas ígneas de origen intrusivo pertenecientes a las Superunidades Patap (Gabrodiorita) y Santa Rosa (Tonalita-Granodiorita) presentan los valores más elevados de rigidez, con módulos de elasticidad superiores a 39 GPa y resistencias a la tracción que superan los 4,5 MPa, atribuibles a su textura fanerítica compacta, baja porosidad (promedio $< 1,0$ %) y alta cohesión

mineralógica. En contraste, las rocas volcánicas de las Formaciones Quilmaná y Huarangal (Andesita) muestran un comportamiento mecánico notablemente inferior, con módulos elásticos promedio de 23 GPa y resistencias a la tracción de 3,1 MPa, debido a su textura porfirítica, matriz de grano fino y mayor porosidad primaria (1,5 %). Esta diferenciación litológica resulta fundamental, ya que el origen extrusivo o intrusivo condiciona la rigidez base del macizo rocoso, incluso antes de considerar los efectos de la profundidad o el fracturamiento.

Se evaluó la influencia de los factores geodinámicos, particularmente la presión litostática y la actividad sísmica regional, en el comportamiento mecánico de las rocas. Los resultados demuestran que la profundidad, considerada de manera aislada, no presenta una relación lineal directa con el incremento de la rigidez, contradiciendo parcialmente la teoría clásica del confinamiento. Si bien en macizos estructuralmente sanos (como los sondajes S-RP-II-12/13) el aumento de la presión litostática entre 25 y 150 m favorece el cierre de microfracturas y eleva el módulo elástico hasta 45,61 GPa, en las zonas afectadas por el Sistema de Fallas Transversales NE-SO (Fallas Ámbar y Huaycoloro) y la Zona de Cizalla NO-SE (Falla Conchao-Cocachacra) se produce el fenómeno inverso. A profundidades superiores a 150 m, el módulo de elasticidad se reduce drásticamente por debajo de 25,71 GPa y la resistencia a la tracción desciende a menos de 3,57 MPa. Este comportamiento se explica porque el daño tectónico acumulado —caracterizado por fracturamiento intenso, pulverización de bordes de grano y reactivación de

discontinuidades— domina sobre el efecto estabilizador del confinamiento. La evidencia estadística es contundente: se registraron correlaciones negativas muy fuertes entre la presión litostática y la rigidez en las zonas falladas ($r = -0,89$ en S-R2-13/14, y $r = -0,66$ en S-R2-7), confirmando que la actividad sísmica y la tectónica activa son factores geodinámicos que degradan las propiedades mecánicas del macizo rocoso en profundidad.

Los hallazgos de esta investigación permitieron establecer lineamientos técnicos concretos para una futura normativa geotécnica nacional, superando el uso de valores promedio aislados. Se concluye que la variabilidad de las propiedades mecánicas está controlada por la interacción de tres factores: (a) la litología (formación geológica y composición mineralógica), (b) la profundidad (presión litostática), y (c) el estado estructural del macizo rocoso (proximidad a sistemas de fallas activos). En regiones tectónicamente activas como el centro del Perú, el daño estructural inducido por fallas es el factor más determinante, pudiendo reducir el módulo de elasticidad hasta en un 45 % y la resistencia a la tracción hasta en un 37 % en comparación con macizos sanos de similar litología. En consecuencia, se propone que la normativa nacional incorpore: (1) la estandarización obligatoria de los ensayos ASTM D7012-14 y D3967-16 para garantizar la comparabilidad de resultados; (2) la zonificación geomecánica por dominios de profundidad (0-50 m, 50-100 m, 100-150 m y >150 m); (3) la implementación de un Factor de Daño Tectónico (FDT) que ajuste los parámetros mecánicos según la cercanía a fallas

activas ($FDT = 1,0$ para macizos sanos; $0,7$ para zonas de fractura secundaria; $0,55$ para corredores de falla activa); y (4) la exigencia de reportes estadísticos con percentiles (p_{10} , p_{50} , p_{90}) en lugar de valores promedio únicos, promoviendo un diseño geotécnico probabilístico y adaptado a la realidad geológica peruana.

RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos, se recomienda que los parámetros mecánicos empleados en el diseño geotécnico sean definidos a partir de valores característicos derivados de análisis estadísticos, tales como percentiles bajos, evitando la adopción de valores promedio únicos y garantizando la correcta aplicación de ensayos normalizados.

En función del comportamiento especificado, se considera que la caracterización geotécnica debe incorporar como obligada la clasificación litológica junto a la evaluación de parámetros físicos como porosidad y absorción en la evaluación general del estado estructural del macizo rocoso.

A partir de la evidencia mostrada se considera que la profundidad no debería ser el único criterio para la definición de parámetros de diseño, sino que se deberían integrar evaluaciones del grado de fracturamiento, daño tectónico y variaciones litológicas en los intervalos de mayor profundidad.

En función de los resultados alcanzados, se propone que una futura normativa geotécnica de alcance nacional incorpore criterios de zonificación geomecánica en función de la litología y la profundidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abd, A., Al Zamana, Y., Dunquwah, T., Alsalmi, O., Hussain, J., Iqbal, J., Mohamedsalih, M., Radwan, A., & Al-Awah, H. (2025). Depth variations as effective indicators for strength variation of Najran granites, Najran region, Saudi Arabia. *Frontiers in Materials*, 12. <https://doi.org/10.3389/fmats.2025.1382313>
- Apaza, J., Quea, L., Quispe, L., Chayña, C., Pérez, A., Huanca, E., Chura, M., & Ticona, A. (2025). Geomechanical characterization of the rock mass in the “Balcón de Oro” mine [Artículo]. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/250118641.pdf>
- Balme, M., Rocchi, V., Jones, C., Sammonds, P., Meredith, P., & Boon, S. (2004). Fracture toughness measurements on igneous rocks using a high-pressure, high-temperature rock fracture mechanics cell. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 132(2–3), 159–172. [https://doi.org/10.1016/S0377-0273\(03\)00343-3](https://doi.org/10.1016/S0377-0273(03)00343-3)
- Bieniawski, Z. T. (1989). *Engineering rock mass classifications*. John Wiley & Sons.
- Brady, B. H. G., & Brown, E. T. (2006). *Rock mechanics for underground mining* (3rd ed.). Springer.
- Castro, A. (2015). *Petrografía de rocas ígneas y metamórficas*. Paraninfo.
- Chae, B., Park, E., & Kim, H. (2023). Basic analysis of rock mechanical and thermal properties in South Korea. *Rock Mechanics Bulletin*, 2(3), 100060. <https://doi.org/10.1016/j.rockmb.2023.100060>

- Davarpanah, S., Sharghi, M., Narimani, S., Török, Á., & Vásárhelyi, B. (2023). Brittle-ductile transition stress of different rock types and its relationship with uniaxial compressive strength and Hoek–Brown material constant (mi). *Scientific Reports*, 13(1), 1186. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-28513-3>
- Deere, D. U., & Miller, R. P. (1966). *Engineering classification and index properties for intact rock*. Air Force Weapons Laboratory.
- Elsageer, H., Butt, S., Mohammad, A., Abdellah, W., & Ali, M. (2025). *Essentials of rock mechanics*. Springer Nature Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-97-8189-8>
- Goodman, R. E. (1989). *Introduction to rock mechanics* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
- Gou, X., Li, J., & Peng, J. (2022). Experimental study on fracturing ability of Permian volcanoclastic rocks in Sichuan Basin. In *Advances in Engineering Research* (pp. 3644–3653). https://doi.org/10.1007/978-981-19-2149-0_341
- Hasanipanah, M., Armaghani, D. J., & Zhou, J. (2023). *Advances in rock mechanics and geotechnical engineering*. MDPI. <https://doi.org/10.3390/books978-3-0365-9773-7>
- Heap, M. J., & Violay, M. (2021). The mechanical behaviour and failure modes of volcanic rocks: A review. *Bulletin of Volcanology*, 83(5), 33. <https://doi.org/10.1007/s00445-021-01447-2>
- Hoek, E., & Brown, E. T. (1997). Practical estimates of rock mass strength. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 34(8), 1165–1186.

- Hu, G., Wang, B., Guo, W., Xing, Y., Zhou, J., Zha, L., & Meng, S. (2024). Study on the size effect of rock elastic modulus considering the influence of joint roughness. *Frontiers in Materials*, 11. <https://doi.org/10.3389/fmats.2024.1367006>
- International Society for Rock Mechanics. (2007). The complete ISRM suggested methods for rock characterization, testing and monitoring: 1974–2006. ISRM.
- Jaeger, J. C. (1979). Rock mechanics and engineering. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511735349>
- Jaeger, J. C., Cook, N. G. W., & Zimmerman, R. (2007). Fundamentals of rock mechanics (4th ed.). Blackwell Publishing.
- Jara, J., Barra, F., Reich, M., Leisen, M., Romero, R., & Morata, D. (2021). Episodic construction of the early Andean Cordillera unravelled by zircon petrochronology. *Nature Communications*, 12(1), 4930. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-25232-z>
- Liu, Z., Li, D., Liu, Y., Yang, B., & Zhang, Z. (2023). Prediction of uniaxial compressive strength of rock based on lithology using stacking models. *Rock Mechanics Bulletin*, 2(4), 100081. <https://doi.org/10.1016/j.rockmb.2023.100081>
- Mishra, S., Khetwal, A., & Chakraborty, T. (2021). Physio-mechanical characterization of rocks. *Journal of Testing and Evaluation*, 49(3), 1976–1998. <https://doi.org/10.1520/JTE20180955>
- Rahman, T., & Sarkar, K. (2023). Correlations between uniaxial compressive strength and dynamic elastic properties for six rock types. *International*

Journal of Geomechanics, 23(6). <https://doi.org/10.1061/IJGNAL.GMENG-7854>

Rivera, H. (2016). *Geología general* (4ta ed.). Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Salinas, E. (2018). *Análisis de propiedades geotécnicas de algunas rocas comunes en Chile* [Tesis de pregrado, Universidad de Chile]. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/169948>

Scholz, C. H. (2002). *The mechanics of earthquakes and faulting*. Cambridge/University/Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511818516>

Wyllie, D. C., & Mah, C. W. (2004). *Rock slope engineering* (4th ed.). Spon Press.

Zheng, Y., Zhang, T., Yang, H., Wang, W., Niu, Q., & Wei, H. (2023). An experimental investigation on mechanical properties and failure characteristics of layered rock mass. *Applied Sciences*, 13(13), 7537. <https://doi.org/10.3390/app13137537>

ANEXOS

Matriz de Consistencia

Variación del módulo de elasticidad y resistencia a la tracción en función de la profundidad y litología en rocas ígneas en las provincias de Lima – Barranca, 2025				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
General	General	General	Independiente:	Enfoque: Cuantitativo Tipo: Aplicada Nivel: Correlacional Diseño: No experimental, transversal Población: Muestras de rocas ígneas extraídas a distintas profundidades en sectores representativos de las provincias de Lima y Barranca. Muestreo: Intencional por criterios geológicos (litología, profundidad, accesibilidad) Técnica: Ensayos de laboratorio ASTM D7012-14 (módulo de elasticidad) y ASTM D3967-16 (resistencia a la tracción); análisis de datos geológicos y geodinámicos Análisis estadístico: Estadística descriptiva, análisis de correlación.
¿Cómo varía el módulo de elasticidad y la resistencia a la tracción en función de la profundidad y la litología de las rocas ígneas en las provincias de Lima - Barranca, 2025?	Analizar la variación del módulo de elasticidad y de la resistencia a la tracción en función de profundidad y litología de rocas ígneas en las provincias de Lima – Barranca, 2025.	El módulo de elasticidad y la resistencia a la tracción de las rocas ígneas varían significativamente en función de la profundidad y de la litología en las provincias de Lima – Barranca, 2025.	Profundidad, litología y grado de meteorización	
Específicos	Específicos	Específicos	Dependiente:	
¿Cuál es el módulo de elasticidad y la resistencia a la tracción de las muestras de roca extraídas a diferentes profundidades, según los ensayos ASTM D7012-14 y D3967-16?	Determinar el módulo de elasticidad y la resistencia a la tracción en muestras extraídas a distintas profundidades, aplicando los ensayos ASTM D7012-14 y D3967-16.	El módulo de elasticidad y la resistencia a la tracción presentan diferencias significativas entre las muestras extraídas a distintas profundidades, según los ensayos ASTM D7012-14 y D3967-16.	Módulo de elasticidad y resistencia a la tracción	
¿Qué relación existe entre la litología de las muestras rocosas y sus propiedades mecánicas (módulo de elasticidad y resistencia a la tracción)?	Clasificar las muestras rocosas según su litología y asociarlas con sus propiedades mecánicas.	Las propiedades mecánicas de las rocas (módulo de elasticidad y resistencia a la tracción) difieren significativamente según la litología a la que pertenecen.		
¿De qué manera influyen los factores geodinámicos, como la presión litostática y la actividad sísmica regional, en el comportamiento mecánico de las rocas ígneas?	Evaluar la influencia de factores geodinámicos (presión litostática, actividad sísmica regional) en el comportamiento mecánico de las rocas.	La presión litostática y la actividad sísmica regional influyen de manera significativa en el comportamiento mecánico de las rocas ígneas.		
¿Qué lineamientos técnicos pueden proponerse, a partir de los resultados obtenidos, para contribuir a una futura normativa geotécnica nacional?	Proponer lineamientos técnicos orientados a una futura normativa geotécnica nacional.	Los resultados obtenidos permiten establecer lineamientos técnicos viables que contribuyen al diseño de una futura normativa geotécnica nacional.		

Anexo 1

Resultados de Laboratorio Módulos - Tracción Indirecta

▪ Ramal Principal

- Resultados del sondeaje – S-RP-II-12
- Resultados del sondeaje – S-RP-II-13
- Resultados del sondeaje – S-RP-II-14
- Resultados del sondeaje – S-RP-II-15
- Resultados del sondeaje – S-RP-II-16
- Resultados del sondeaje – S-RP-II-17
- Resultados del sondeaje – S-RP-II-52A
- Resultados del sondeaje – S-RP-II-52B

▪ Ramal 2

- Resultados del sondeaje – S-R2-05
- Resultados del sondeaje – S-R2-07
- Resultados del sondeaje – S-R2-08
- Resultados del sondeaje – S-R2-11
- Resultados del sondeaje – S-R2-12
- Resultados del sondeaje – S-R2-13
- Resultados del sondeaje – S-R2-14



PROYECTO : ESTUDIO DE PREINVERSIÓN A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO: FERROCARRIL LIMA-BARRANCA

SOLICITANTE : CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE

FECHA		COORDENADAS		TRAMO	N° DE SONDAGE	CODIGO DE SONDAGE	N° ESTRATO	PROF. (m)		RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO - ROCAS													
										DESCRIPCION	PROPIEDADES FISICAS				PESO VOLUMETRICO	COMPRESION SIMPLE		COMPRESION DIAMETRAL-METODO BRASILEÑO		MODULOS ELASTICOS			
											ABSORCION (%)	POROSIDAD (%)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	GRAVEDAD ESPECIFICA APARENTE	DENSIDAD DEL ESPECIMEN (g/cm3)	F. MAXIMA (KN)	ESFUERZO (MPA)	CARGA DE ROTURA P (N)	TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL (MPA)	CTE. ELASTICA AL MODULO DE ELASTICIDAD	ESFUERZO A COMPRESION (MPA)	POISSON RATIO	YOUNG'S MODULUS (70%) (MPA)
24/04/2025	30/05/2025	266761	8710619	3	S-RP-II-12	VM-BA-PG-386	E-6	120.10-148.00 m	Roca Gabrodiorita	2.21	5.03	0.9	2.58	2.21	36.44	20							
24/04/2025	30/05/2025	266761	8710619	3	S-RP-II-12	VM-BA-PG-387	E-7	148.00-158.60 m	Roca Gabrodiorita	0.08	0.22	0.3	2.81	2.66	180.41	99	19839	3.63	28958	50.67	0.19	20214	
24/04/2025	30/05/2025	266761	8710619	3	S-RP-II-12	VM-BA-PG-388	E-8	158.60-172.85 m	Roca Gabrodiorita	0.14	0.37	0.2	2.84	2.63	139.65	77	21651	3.96	27882	39.22	0.19	17123	
24/04/2025	30/05/2025	266761	8710619	3	S-RP-II-12	VM-BA-PG-389	E-9	172.85-196.75 m	Roca Gabrodiorita	0.16	0.41	0.2	2.77	2.62	160.65	88							
24/04/2025	30/05/2025	266761	8710619	3	S-RP-II-12	VM-BA-PG-390	E-10	196.75-222.80 m	Roca Gabrodiorita	0.07	0.18	0.1	2.82	2.71	197.47	108							
24/04/2025	30/05/2025	266761	8710619	3	S-RP-II-12	VM-BA-PG-391	E-11	222.80-250.90 m	Roca Gabrodiorita	0.09	0.25	0.2	2.80	2.68	189.22	104							
5/04/2025	9/05/2025	266668	8711150	3	S-RP-II-13	VM-BA-PG-249	E-7	85.80-107.50 m	Roca Gabrodiorita	2.50	6.24	0.7	2.67	2.43	168.79	95							
5/04/2025	9/05/2025	266668	8711150	3	S-RP-II-13	VM-BA-PG-250	E-8	107.50-130.40 m	Roca Gabrodiorita	1.90	4.77	0.5	2.74	2.47	182.31	103							
5/04/2025	9/05/2025	266668	8711150	3	S-RP-II-13	VM-BA-PG-251	E-9	130.40-142.70 m	Roca Gabrodiorita	0.87	2.26	0.4	2.72	2.57	190.50	108							
5/04/2025	9/05/2025	266668	8711150	3	S-RP-II-13	VM-BA-PG-252	E-10	142.70-167.70 m	Roca Gabrodiorita	0.20	0.52	0.3	2.74	2.65	199.14	112	16970	3.11	54247	55.93	0.35	39783	
5/04/2025	9/05/2025	266668	8711150	3	S-RP-II-13	VM-BA-PG-253	E-11	167.70-203.30 m	Roca Gabrodiorita	0.08	0.22	0.2	2.44	2.68	201.65	114							
5/04/2025	9/05/2025	266668	8711150	3	S-RP-II-13	VM-BA-PG-254	E-12	203.30-230.00 m	Roca Gabrodiorita	0.06	0.17	0.2	2.79	2.69	211.91	120							
22/03/2025	12/05/2025	266408	8712067	3	S-RP-II-14	VM-BA-PG-260	E-6	70.00-83.20 m	Roca Diorita	0.47	1.18	0.5	2.78	2.52	144.76	47							
22/03/2025	12/05/2025	266408	8712067	3	S-RP-II-14	VM-BA-PG-261	E-7	83.20-96.60 m	Roca Diorita	0.16	0.42	0.2	2.76	2.62	213.16	69							
22/03/2025	12/05/2025	266408	8712067	3	S-RP-II-14	VM-BA-PG-262	E-8	96.60-104.20 m	Roca Diorita	0.30	0.77	0.2	2.88	2.57	403.03	131	22967	4.21	47676	113.18	0.20	49741	
22/03/2025	12/05/2025	266408	8712067	3	S-RP-II-14	VM-BA-PG-263	E-9	104.20-121.10 m	Roca Diorita	0.11	0.29	0.2	2.77	2.66	425.78	139	23224	4.25	41937	119.57	0.18	44971	
22/03/2025	12/05/2025	266408	8712067	3	S-RP-II-14	VM-BA-PG-264	E-10	121.10-160.40 m	Roca Diorita	0.10	0.26	0.2	2.77	2.67	426.67	139							
13/05/2025	2/06/2025	265523	8714143	3	S-RP-II-15	VM-BA-PG-470	E-6	58.40-75.20 m	Roca Gabrodiorita	1.69	3.75	0.5	2.80	2.18	32.12	10							
13/05/2025	2/06/2025	265523	8714143	3	S-RP-II-15	VM-BA-PG-471	E-7	75.20-82.80 m	Roca Gabrodiorita	0.28	0.71	0.3	2.72	2.57	222.95	70							
13/05/2025	2/06/2025	265523	8714143	3	S-RP-II-15	VM-BA-PG-472	E-8	82.80-97.10 m	Roca Gabrodiorita	0.32	0.82	0.3	1.73	2.55	312.50	97	27561	5.05	43674	87.76	0.20	40123	
13/05/2025	2/06/2025	265523	8714143	3	S-RP-II-15	VM-BA-PG-473	E-9	97.10-108.30 m	Roca Gabrodiorita	0.22	0.53	0.2	2.73	2.47	355.23	111	33257	6.09	49684	99.76	0.22	48665	
13/05/2025	2/06/2025	265523	8714143	3	S-RP-II-15	VM-BA-PG-474	E-10	108.30-142.20 m	Roca Gabrodiorita	0.25	0.63	0.2	2.75	2.53	334.12	104							
13/05/2025	2/06/2025	265523	8714143	3	S-RP-II-15	VM-BA-PG-475	E-11	142.20-160.50 m	Roca Gabrodiorita	0.34	0.85	0.3	1.63	2.53	323.15	101							
21/03/2025	23/04/2025	264631	8716088	4	S-RP-II-16	VM-BA-PG-206	E-5	48.10-50.70 m	Roca Tonalita	3.01	7.40	0.4	2.52	2.38	102.75	33	15115	2.77	52631	28.86	0.31	27725	
12/03/2025	24/04/2025	263614	8717953	4	S-RP-II-17	VM-BA-PG-208	E-2	2.30-13.00 m	Roca Tonalita	0.11	0.30	0.2	3.22	2.80	448.45	146							
12/03/2025	24/04/2025	263614	8717953	4	S-RP-II-17	VM-BA-PG-209	E-3	13.00-17.20 m	Roca Tonalita	1.66	4.13	0.4	3.62	2.45	135.50	44							
12/03/2025	24/04/2025	263614	8717953	4	S-RP-II-17	VM-BA-PG-210	E-4	17.20-21.90 m	Roca Tonalita	0.18	0.50	0.2	3.01	2.73	361.12	118							
12/03/2025	24/04/2025	263614	8717953	4	S-RP-II-17	VM-BA-PG-211	E-5	23.30-38.30 m	Roca Tonalita	0.19	0.52	0.2	2.62	2.72	442.42	144							
12/03/2025	24/04/2025	263614	8717953	4	S-RP-II-17	VM-BA-PG-212	E-6	39.70-50.20 m	Roca Tonalita	0.13	0.37	0.2	2.92	2.76	372.15	121	22123	4.05	42517	104.51	0.18	42625	
12/03/2025	24/04/2025	263614	8717953	4	S-RP-II-17	VM-BA-PG-213	E-7	50.20-60.10 m	Roca Tonalita	0.12	0.33	0.2	2.64	2.82	470.25	153	34570	6.33	43470	132.06	0.18	48989	
27/02/2025	3/04/2025	250219	8730874	5	S-RP-II-25	VM-BA-PG-159	E-5	24.90-30.30 m	Roca Andesita	0.41	1.07	0.2	2.71	2.62	449.58	147							
24/03/2025	26/05/2025	247902	8731514	5	S-RP-II-26A	VM-BA-PG-318	E-2	8.00-25.30 m	Roca Andesita	0.16	0.43	0.2	2.66	2.75	333.09	109							
24/03/2025	26/05/2025	247902	8731514	5	S-RP-II-26A	VM-BA-PG-319	E-3	27.50-31.20 m	Roca Andesita	0.20	0.53	0.2	2.71	2.69	288.07	94							
24/03/2025	26/05/2025	247902	8731514	5	S-RP-II-26A	VM-BA-PG-320	E-4	31.20-37.70 m	Roca Andesita	0.29	0.76	0.2	2.71	2.60	169.80	55							
24/03/2025	26/05/2025	247902	8731514	5	S-RP-II-26A	VM-BA-PG-321	E-5	37.70-40.00 m	Roca Andesita	0.22	0.59	0.2											



CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE

PROYECTO : ESTUDIO DE PREINVERSIÓN A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO: FERROCARRIL LIMA-BARRANCA

SOLICITANTE : CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE

FECHA		COORDENADAS		TRAMO	N° DE SONDAGE	CODIGO DE SONDAGE	N° ESTRATO	PROF. (m)	RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO - ROCAS													
									DESCRIPCION	CORTE DIRECTO EN ROCAS		ENSAYO TRIAXIAL EN ROCAS						CERCHAR	ENSAYO SONICO			
										ANGULO DE FRICCION (%)	COHESION (C) Kg/cm2	ANGULO DE FRICCION (%)	COHESION (C) (Mpa)	CARGAS DE CONFINAMIENTO (MPa)			ESFUERZO DE ROTURA (MPa)	INDICE CAI	ONDAS P (M/S)	ONDAS S (M/S)		
PERFORACIÓN	ENSAYO	ESTE	NORTE																			
24/04/2025	30/05/2025	266761	8710619	3	S-RP-II-12	VM-BA-PG-386	E-6	120.10-148.00 m	Roca Gabrodiorita													
24/04/2025	30/05/2025	266761	8710619	3	S-RP-II-12	VM-BA-PG-387	E-7	148.00-158.60 m	Roca Gabrodiorita	30.8	0.58	53.18	17.27	4	8	16	149.80	189.60	251.60	1.77	6228	3495
24/04/2025	30/05/2025	266761	8710619	3	S-RP-II-12	VM-BA-PG-388	E-8	158.60-172.85 m	Roca Gabrodiorita	33.5	0.42	53.18	13.36	4	8	16	125.20	162.30	218.90	2.36	6039	3376
24/04/2025	30/05/2025	266761	8710619	3	S-RP-II-12	VM-BA-PG-389	E-9	172.85-196.75 m	Roca Gabrodiorita													
24/04/2025	30/05/2025	266761	8710619	3	S-RP-II-12	VM-BA-PG-390	E-10	196.75-222.80 m	Roca Gabrodiorita													
24/04/2025	30/05/2025	266761	8710619	3	S-RP-II-12	VM-BA-PG-391	E-11	222.80-250.90 m	Roca Gabrodiorita													
5/04/2025	9/05/2025	266668	8711150	3	S-RP-II-13	VM-BA-PG-249	E-7	85.80-107.50 m	Roca Gabrodiorita													
5/04/2025	9/05/2025	266668	8711150	3	S-RP-II-13	VM-BA-PG-250	E-8	107.50-130.40 m	Roca Gabrodiorita													
5/04/2025	9/05/2025	266668	8711150	3	S-RP-II-13	VM-BA-PG-251	E-9	130.40-142.70 m	Roca Gabrodiorita													
5/04/2025	9/05/2025	266668	8711150	3	S-RP-II-13	VM-BA-PG-252	E-10	142.70-167.70 m	Roca Gabrodiorita	26.10	4.36	52.45	19.50	4	8	16	236.55	408.07	545.01	2.66		
5/04/2025	9/05/2025	266668	8711150	3	S-RP-II-13	VM-BA-PG-253	E-11	167.70-203.30 m	Roca Gabrodiorita													
5/04/2025	9/05/2025	266668	8711150	3	S-RP-II-13	VM-BA-PG-254	E-12	203.30-230.00 m	Roca Gabrodiorita													
22/03/2025	12/05/2025	266408	8712067	3	S-RP-II-14	VM-BA-PG-260	E-6	70.00-83.20 m	Roca Diorita													
22/03/2025	12/05/2025	266408	8712067	3	S-RP-II-14	VM-BA-PG-261	E-7	83.20-96.60 m	Roca Diorita													
22/03/2025	12/05/2025	266408	8712067	3	S-RP-II-14	VM-BA-PG-262	E-8	96.60-104.20 m	Roca Diorita	38.4	0.87	51.57	22.41	4	8	16	170.78	188.59	287.7	2.16	4199	2270
22/03/2025	12/05/2025	266408	8712067	3	S-RP-II-14	VM-BA-PG-263	E-9	104.20-121.10 m	Roca Diorita	39.0	0.46	52.94	23.38	4	8	16	195.81	325.98	385.89	2.66	6410	3774
22/03/2025	12/05/2025	266408	8712067	3	S-RP-II-14	VM-BA-PG-264	E-10	121.10-160.40 m	Roca Diorita													
13/05/2025	2/06/2025	265523	8714143	3	S-RP-II-15	VM-BA-PG-470	E-6	58.40-75.20 m	Roca Gabrodiorita													
13/05/2025	2/06/2025	265523	8714143	3	S-RP-II-15	VM-BA-PG-471	E-7	75.20-82.80 m	Roca Gabrodiorita													
13/05/2025	2/06/2025	265523	8714143	3	S-RP-II-15	VM-BA-PG-472	E-8	82.80-97.10 m	Roca Gabrodiorita	44.3	1.39	51.67	17.91	2	4	8	125.72	146.79	181.45		6373	3626
13/05/2025	2/06/2025	265523	8714143	3	S-RP-II-15	VM-BA-PG-473	E-9	97.10-108.30 m	Roca Gabrodiorita	43.8	3.18	51.34	20.31	4	8	16	159.96	193.25	253.88		6441	3672
13/05/2025	2/06/2025	265523	8714143	3	S-RP-II-15	VM-BA-PG-474	E-10	108.30-142.20 m	Roca Gabrodiorita													
13/05/2025	2/06/2025	265523	8714143	3	S-RP-II-15	VM-BA-PG-475	E-11	142.20-160.50 m	Roca Gabrodiorita													
21/03/2025	23/04/2025	264631	8716088	4	S-RP-II-16	VM-BA-PG-206	E-5	48.10-50.70 m	Roca Tonalita	32.4	1.32	54.15	35.77	1	2	4	272.52	328.72	423.86			
12/03/2025	24/04/2025	263614	8717953	4	S-RP-II-17	VM-BA-PG-208	E-2	2.30-13.00 m	Roca Tonalita													
12/03/2025	24/04/2025	263614	8717953	4	S-RP-II-17	VM-BA-PG-209	E-3	13.00-17.20 m	Roca Tonalita													
12/03/2025	24/04/2025	263614	8717953	4	S-RP-II-17	VM-BA-PG-210	E-4	17.20-21.90 m	Roca Tonalita													
12/03/2025	24/04/2025	263614	8717953	4	S-RP-II-17	VM-BA-PG-211	E-5	23.30-38.30 m	Roca Tonalita													
12/03/2025	24/04/2025	263614	8717953	4	S-RP-II-17	VM-BA-PG-212	E-6	39.70-50.20 m	Roca Tonalita	40.8	0.05	54.20	20.20	2	4	8	214.09	323.54	392.61	2.46	5607	3139
12/03/2025	24/04/2025	263614	8717953	4	S-RP-II-17	VM-BA-PG-213	E-7	50.20-60.10 m	Roca Tonalita	40.5	0.97	54.47	25.54	2	4	8	232.48	334.68	385.89	2.16	5660	3209
27/02/2025	3/04/2025	250219	8730874	5	S-RP-II-25	VM-BA-PG-159	E-5	24.90-30.30 m	Roca Andesita													
24/03/2025	26/05/2025	247902	8731514	5	S-RP-II-26A	VM-BA-PG-318	E-2	8.00-25.30 m	Roca Andesita													
24/03/2025	26/05/2025	247902	8731514	5	S-RP-II-26A	VM-BA-PG-319	E-3	27.50-31.20 m	Roca Andesita													
24/03/2025	26/05/2025	247902	8731514	5	S-RP-II-26A	VM-BA-PG-320	E-4	31.20-37.70 m	Roca Andesita													
24/03/2025	26/05/2025	247902	8731514	5	S-RP-II-26A	VM-BA-PG-321	E-5	37.70-40.00 m	Roca Andesita													
24/02/2025	4/04/2025	247062	8731695	5	S-RP-II-27	VM-BA-PG-162	E-3	2.40-10.90 m	Roca Andesita													
24/02/2025	4/04/2025	247062	8731695	5	S-RP-II-27	VM-BA-PG-163	E-4	10.90-30.10 m	Roca Andesita													
1/03/2025	21/03/2025	220746	8764242	7	S-RP-II-34	VM-BA-PG-137	E-3	12.25-22.95 m	Roca Andesita													
1/03/2025	21/03/2025	220746	8764242	7	S-RP-II-34	VM-BA-PG-138	E-4	22.95-30.15 m	Roca Andesita													
26/02/2025	6/03/2025	220679	8766666	7	S-RP-II-35	VM-BA-PG-040	E-3	9.40-17.90 m	Roca Andesita													
26/02/2025	6/03/2025	220679	8766666	7	S-RP-II-35	VM-BA-PG-041	E-4	17.90-30.30 m	Roca Andesita													
22/02/2025	6/03/2025	220647	8767984	7	S-RP-II-36	VM-BA-PG-044	E-3	9.00-18.60 m	Roca Andesita													
22/02/2025	6/03/2025	220647	8767984	7	S-RP-II-36	VM-BA-PG-045	E-4	18.60-30.50 m	Roca Andesita													
4/02/2025	21/02/2025	213223	8782268	8	S-RP-II-44	VM-BA-PG-004	E-2	3.00-20.20 m	Roca Andesita													
4/02/2025	21/02/2025	213223	8782268	8	S-RP-II-44	VM-BA-PG-005	E-3	20.20-30.30 m	Roca Andesita													
4/02/2025	27/02/2025	203019	8783125	8	S-RP-II-45	VM-BA-PG-026	E-3	7.00-22.20 m</														

PROYECTO :

ESTUDIO DE PREINVERSIÓN A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO: FERROCARRIL LIMA-BARRANCA

SOLICITANTE :

CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE

FECHA		COORDENADAS		TRAMO	N° DE SONDAGE	CODIGO DE SONDAGE	N° ESTRATO	PROF. (m)	DESCRIPCION	RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO - ROCAS												
										PROPIEDADES FISICAS				PESO VOLUMETRICO	COMPRESION SIMPLE		COMPRESION DIAMETRAL-METODO BRASILEÑO		MODULOS ELASTICOS			
										ABSORCION (%)	POROSIDAD (%)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	GRAVEDAD ESPECIFICA APARENTE	DENSIDAD DEL ESPECIMEN (g/cm3)	F. MAXIMA (KN)	ESFUERZO (MPA)	CARGA DE ROTURA P (N)	TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL (MPA)	CTE. ELASTICA AL MODULO DE ELASTICIDAD	ESFUERZO A COMPRESION (MPA)	POISSON RATIO	YOUNG'S MODULUS (70%) (MPA)
1/04/2025	28/04/2025	279690	8681287	1	S-R2-5	VM-BA-PG-299	E-4	38.60-45.30 m	Roca Gabrodiorita	0.14	0.36	0.2	3.02	2.66	365.74	119						
1/04/2025	28/04/2025	279690	8681287	1	S-R2-5	VM-BA-PG-300	E-5	45.30-60.45 m	Roca Gabrodiorita	0.06	0.17	0.2	2.93	2.79	417.93	136	33635	6.16	44134	117.37	0.19	46889
1/04/2025	28/04/2025	279690	8681287	1	S-R2-5	VM-BA-PG-301	E-6	60.45-67.80 m	Roca Gabrodiorita	0.29	0.78	0.3	2.99	2.69	294.33	96	24603	4.51	37714	82.66	0.21	33625
1/04/2025	28/04/2025	279690	8681287	1	S-R2-5	VM-BA-PG-302	E-7	70.60-73.30 m	Roca Gabrodiorita	0.26	0.69	0.3	2.80	2.67	289.84	94						
1/04/2025	28/04/2025	279690	8681287	1	S-R2-5	VM-BA-PG-303	E-8	73.30-90.20 m	Roca Gabrodiorita	0.07	0.19	0.2	3.08	2.76	347.46	113						
7/05/2025	3/06/2025	282077	8679026	1	S-R2-7	VM-BA-PG-478	E-3	21.20-37.40 m	Roca Gabrodiorita	0.51	1.29	0.4	2.89	2.49	121.10	38						
7/05/2025	3/06/2025	282077	8679026	1	S-R2-7	VM-BA-PG-479	E-4	37.40-59.90 m	Roca Gabrodiorita	0.39	1.00	0.3	2.82	2.54	68.10	21						
7/05/2025	3/06/2025	282077	8679026	1	S-R2-7	VM-BA-PG-480	E-5	59.90-74.90 m	Roca Gabrodiorita	0.22	0.58	0.2	2.87	2.62	380.78	119						
7/05/2025	3/06/2025	282077	8679026	1	S-R2-7	VM-BA-PG-481	E-6	77.60-95.50 m	Roca Gabrodiorita	0.09	0.25	0.2	2.82	2.67	341.52	106	31608	5.79	46119	95.88	0.23	44286
7/05/2025	3/06/2025	282077	8679026	1	S-R2-7	VM-BA-PG-482	E-7	95.50-106.30 m	Roca Gabrodiorita	0.10	0.28	0.2	2.79	2.65	251.82	79	23028	4.22	34835	70.72	0.18	28728
7/05/2025	3/06/2025	282077	8679026	1	S-R2-7	VM-BA-PG-483	E-8	106.30-116.30 m	Roca Gabrodiorita	0.18	0.48	0.2	2.85	2.64	283.89	89	26147	4.79	36742	79.73	0.20	32172
7/05/2025	3/06/2025	282077	8679026	1	S-R2-7	VM-BA-PG-484	E-9	116.30-132.50 m	Roca Gabrodiorita	0.09	0.25	0.2	2.84	2.67	314.62	98						
7/05/2025	3/06/2025	282077	8679026	1	S-R2-7	VM-BA-PG-485	E-10	132.50-165.35 m	Roca Gabrodiorita	0.13	0.33	0.2	2.76	2.65	294.10	92						
7/05/2025	3/06/2025	282077	8679026	1	S-R2-7	VM-BA-PG-486	E-11	165.35-207.60 m	Roca Gabrodiorita	0.19	0.50	0.3	2.87	2.63	245.22	135						
7/05/2025	3/06/2025	282077	8679026	1	S-R2-7	VM-BA-PG-487	E-12	207.60-236.00 m	Roca Gabrodiorita	0.19	0.50	0.2	2.91	2.64	241.75	133						
7/05/2025	3/06/2025	282077	8679026	1	S-R2-7	VM-BA-PG-488	E-13	236.00-272.00 m	Roca Gabrodiorita	0.23	0.61	0.3	2.93	2.61	131.95	73						
7/05/2025	3/06/2025	282077	8679026	1	S-R2-7	VM-BA-PG-489	E-14	272.00-307.60 m	Roca Gabrodiorita	0.29	0.75	0.3	2.86	2.58	185.69	102						
7/05/2025	3/06/2025	282077	8679026	1	S-R2-7	VM-BA-PG-490	E-15	307.60-325.50 m	Roca Gabrodiorita	0.20	0.52	0.3	2.88	2.63	235.57	130						
7/05/2025	3/06/2025	282077	8679026	1	S-R2-7	VM-BA-PG-491	E-16	325.50-340.00 m	Roca Gabrodiorita	0.25	0.66	0.3	2.78	2.59	213.50	117						
26/04/2025	27/05/2025	282745	8678009	1	S-R2-8	VM-BA-PG-367	E-3	11.20-24.80 m	Roca Diorita	0.20	0.53	0.3	2.82	2.65	376.63	123	22115	4.05	48931	105.77	0.20	49350
26/04/2025	27/05/2025	282745	8678009	1	S-R2-8	VM-BA-PG-368	E-4	24.80-52.40 m	Roca Diorita	0.14	0.39	0.2	2.85	2.68	404.29	132						
26/04/2025	27/05/2025	282745	8678009	1	S-R2-8	VM-BA-PG-369	E-5	52.40-80.10 m	Roca Diorita	0.17	0.46	0.2	2.68	2.66	376.79	123						
26/04/2025	20/05/2025	285428	8676296	2	S-R2-11	VM-BA-PG-285	E-3	15.90-28.00 m	Roca Diorita	0.51	1.26	0.3	2.71	2.47	321.62	105	18353	3.36	37977	90.32	0.18	35395
26/04/2025	20/05/2025	285428	8676296	2	S-R2-11	VM-BA-PG-286	E-4	28.00-34.10 m	Roca Diorita	0.46	1.19	0.2	2.81	2.54	359.56	117	20540	3.76	37677	100.98	0.21	37128
26/04/2025	20/05/2025	285428	8676296	2	S-R2-11	VM-BA-PG-287	E-5	34.10-40.50 m	Roca Diorita	0.10	0.27	0.3	2.89	2.67	149.50	49						
2/05/2025	4/06/2025	286302	8675891	2	S-R2-12	VM-BA-PG-399	E-2	5.00-34.20 m	Roca Granodiorita	0.18	0.49	0.3	2.74	2.67	312.87	102						
2/05/2025	4/06/2025	286302	8675891	2	S-R2-12	VM-BA-PG-400	E-3	34.20-61.20 m	Roca Granodiorita	0.19	0.50	0.2	2.72	2.64	322.68	105						
2/05/2025	4/06/2025	286302	8675891	2	S-R2-12	VM-BA-PG-401	E-4	63.60-89.30 m	Roca Granodiorita	0.21	0.53	0.2	2.79	2.57	345.51	113						
2/05/2025	4/06/2025	286302	8675891	2	S-R2-12	VM-BA-PG-402	E-5	89.30-102.10 m	Roca Granodiorita	0.20	0.52	0.2	2.78	2.60	345.27	113						
2/05/2025	4/06/2025	286302	8675891	2	S-R2-12	VM-BA-PG-403	E-6	102.10-117.00 m	Roca Granodiorita	0.15	0.41	0.2	2.78	2.70	279.29	91	22396	4.10	38689	78.43	0.19	33602
2/05/2025	4/06/2025	286302	8675891	2	S-R2-12	VM-BA-PG-404	E-7	117.00-126.60 m	Roca Granodiorita	0.09	0.25	0.1	2.64	2.72	443.32	144	34615	6.34	54328	124.50	0.22	59446
2/05/2025	4/06/2025	286302	8675891	2	S-R2-12	VM-BA-PG-405	E-8	126.60-143.00 m	Roca Granodiorita	0.06	0.18	0.2	2.84	2.74	402.93	131						
2/05/2025	4/06/2025	286302	8675891	2	S-R2-12	VM-BA-PG-406	E-9	143.00-160.10 m	Roca Granodiorita	0.08	0.22	0.2	2.83	2.73	375.02	122						
23/05/2025	6/06/2025	286914	8675584	2	S-R2-13	VM-BA-PG-451	E-2	5.25-32.00 m	Roca Granodiorita	0.22	0.57	0.3	2.72	2.60	238.39	78						
23/05/2025	6/06/2025	286914	8675584	2	S-R2-13	VM-BA-PG-452	E-3	32.00-55.10 m	Roca Granodiorita	0.60	1.48	0.4	2.71	2.44	260.06	85						
23/05/2025	6/06/2025	286914	8675584	2	S-R2-13	VM-BA-PG-453	E-4	55.10-74.80 m	Roca Granodiorita	0.40	1.00	0.3	2.69	2.48	287.16	94						
23/05/2025	6/06/2025	286914	8675584	2	S-R2-13	VM-BA-PG-454	E-5	74.80-91.30 m	Roca Granodiorita	0.14	0.37	0.2	2.74	2.61	367.60	120						
23/05/2025	6/06/2025	286914	8675584	2	S-R2-13	VM-BA-PG-455	E-6	91.30-127.70 m	Roca Granodiorita	0.25	0.64	0.3	2.73	2.57	166.79	91						
23/05/2025	6/06/2025	286914	8675584	2	S-R2-13	VM-BA-PG-456	E-7	127.70-133.90 m	Roca Granodiorita	0.48	1.21	0.3	2.73	2.52	154.35	84						
23/05/2025	6/06/2025	286914	8675584	2	S-R2-13	VM-BA-PG-457	E-8	137.90-163.60 m	Roca Granodiorita	0.16	0.42	0.3	2.79	2.60	1							



CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE

PROYECTO : ESTUDIO DE PREINVERSIÓN A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO: FERROCARRIL LIMA-BARRANCA

SOLICITANTE : CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE

FECHA		COORDENADAS		TRAMO	N° DE SONDAJE	CODIGO DE SONDAJE	N° ESTRATO	PROF. (m)	RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO - ROCAS													
									DESCRIPCION	CORTE DIRECTO EN ROCAS		ENSAYO TRIAXIAL EN ROCAS							CERCHAR	ENSAYO SONICO		
PERFORACIÓN	ENSAYO	ESTE	NORTE	ANGULO DE FRICCION (%)	COHESION (C) Kg/cm2	ANGULO DE FRICCION (%)	COHESION (C) (Mpa)	CARGAS DE CONFINAMIENTO (MPa)			ESFUERZO DE ROTURA (MPa)			INDICE CAI	ONDAS P (M/S)	ONDAS S (M/S)						
1/04/2025	28/04/2025	279690	8681287	1	S-R2-5	VM-BA-PG-299	E-4	38.60-45.30 m	Roca Gabrodiorita													
1/04/2025	28/04/2025	279690	8681287	1	S-R2-5	VM-BA-PG-300	E-5	45.30-60.45 m	Roca Gabrodiorita	34.2	1.56	51.33	25.22	2	4	8	185.20	225.02	258.39	1.57	6920	4062
1/04/2025	28/04/2025	279690	8681287	1	S-R2-5	VM-BA-PG-301	E-6	60.45-67.80 m	Roca Gabrodiorita	33.4	3.35	50.49	22.71	2	4	8	158.57	183.80	214.39	1.47	6784	3960
1/04/2025	28/04/2025	279690	8681287	1	S-R2-5	VM-BA-PG-302	E-7	70.60-73.30 m	Roca Gabrodiorita													
1/04/2025	28/04/2025	279690	8681287	1	S-R2-5	VM-BA-PG-303	E-8	73.30-90.20 m	Roca Gabrodiorita													
7/05/2025	3/06/2025	282077	8679026	1	S-R2-7	VM-BA-PG-478	E-3	21.20-37.40 m	Roca Gabrodiorita													
7/05/2025	3/06/2025	282077	8679026	1	S-R2-7	VM-BA-PG-479	E-4	37.40-59.90 m	Roca Gabrodiorita													
7/05/2025	3/06/2025	282077	8679026	1	S-R2-7	VM-BA-PG-480	E-5	59.90-74.90 m	Roca Gabrodiorita													
7/05/2025	3/06/2025	282077	8679026	1	S-R2-7	VM-BA-PG-481	E-6	77.60-95.50 m	Roca Gabrodiorita	47.7	2.62	54.50	20.00	2	4	8	146.64	176.04	218.34	2.86	6420	3656
7/05/2025	3/06/2025	282077	8679026	1	S-R2-7	VM-BA-PG-482	E-7	95.50-106.30 m	Roca Gabrodiorita	45.4	4.82	54.06	15.61	4	8	16	141.23	190.11	246.22	3.25	6237	3538
7/05/2025	3/06/2025	282077	8679026	1	S-R2-7	VM-BA-PG-483	E-8	106.30-116.30 m	Roca Gabrodiorita	45.8	2.37	50.48	16.45	4	8	16	129.71	168.35	213.97	3.95	6619	3805
7/05/2025	3/06/2025	282077	8679026	1	S-R2-7	VM-BA-PG-484	E-9	116.30-132.50 m	Roca Gabrodiorita													
7/05/2025	3/06/2025	282077	8679026	1	S-R2-7	VM-BA-PG-485	E-10	132.50-165.35 m	Roca Gabrodiorita													
7/05/2025	3/06/2025	282077	8679026	1	S-R2-7	VM-BA-PG-486	E-11	165.35-207.60 m	Roca Gabrodiorita													
7/05/2025	3/06/2025	282077	8679026	1	S-R2-7	VM-BA-PG-487	E-12	207.60-236.00 m	Roca Gabrodiorita													
7/05/2025	3/06/2025	282077	8679026	1	S-R2-7	VM-BA-PG-488	E-13	236.00-272.00 m	Roca Gabrodiorita													
7/05/2025	3/06/2025	282077	8679026	1	S-R2-7	VM-BA-PG-489	E-14	272.00-307.60 m	Roca Gabrodiorita													
7/05/2025	3/06/2025	282077	8679026	1	S-R2-7	VM-BA-PG-490	E-15	307.60-325.50 m	Roca Gabrodiorita													
7/05/2025	3/06/2025	282077	8679026	1	S-R2-7	VM-BA-PG-491	E-16	325.50-340.00 m	Roca Gabrodiorita													
26/04/2025	27/05/2025	282745	8678009	1	S-R2-8	VM-BA-PG-367	E-3	11.20-24.80 m	Roca Diorita	35.7	2.98	55.60	21.98	1	2	4	145.70	164.50	192.80	1.47	3701	1952
26/04/2025	27/05/2025	282745	8678009	1	S-R2-8	VM-BA-PG-368	E-4	24.80-52.40 m	Roca Diorita													
26/04/2025	27/05/2025	282745	8678009	1	S-R2-8	VM-BA-PG-369	E-5	52.40-80.10 m	Roca Diorita													
26/04/2025	20/05/2025	285428	8676296	2	S-R2-11	VM-BA-PG-285	E-3	15.90-28.00 m	Roca Diorita	35.5	0.86	53.12	17.56	1	2	4	151.20	168.72	269.27	1.27	6458	3725
26/04/2025	20/05/2025	285428	8676296	2	S-R2-11	VM-BA-PG-286	E-4	28.00-34.10 m	Roca Diorita	36.9	2.49	53.18	19.63	1	2	4	259.40	276.39	292.28	1.47	3910	2102
26/04/2025	20/05/2025	285428	8676296	2	S-R2-11	VM-BA-PG-287	E-5	34.10-40.50 m	Roca Diorita													
2/05/2025	4/06/2025	286302	8675891	2	S-R2-12	VM-BA-PG-399	E-2	5.00-34.20 m	Roca Granodiorita													
2/05/2025	4/06/2025	286302	8675891	2	S-R2-12	VM-BA-PG-400	E-3	34.20-61.20 m	Roca Granodiorita													
2/05/2025	4/06/2025	286302	8675891	2	S-R2-12	VM-BA-PG-401	E-4	63.60-89.30 m	Roca Granodiorita													
2/05/2025	4/06/2025	286302	8675891	2	S-R2-12	VM-BA-PG-402	E-5	89.30-102.10 m	Roca Granodiorita													
2/05/2025	4/06/2025	286302	8675891	2	S-R2-12	VM-BA-PG-403	E-6	102.10-117.00 m	Roca Granodiorita	39.9	3.19	33.76	12.57	4	8	16	58.03	81.82	91.63	1.77	5123	2824
2/05/2025	4/06/2025	286302	8675891	2	S-R2-12	VM-BA-PG-404	E-7	117.00-126.60 m	Roca Granodiorita	37.9	0.34	30.01	12.69	4	8	16	54.96	69.02	83.16	1.57	6213	3515
2/05/2025	4/06/2025	286302	8675891	2	S-R2-12	VM-BA-PG-405	E-8	126.60-143.00 m	Roca Granodiorita													
2/05/2025	4/06/2025	286302	8675891	2	S-R2-12	VM-BA-PG-406	E-9	143.00-160.10 m	Roca Granodiorita													
23/05/2025	6/06/2025	286914	8675584	2	S-R2-13	VM-BA-PG-451	E-2	5.25-32.00 m	Roca Granodiorita													
23/05/2025	6/06/2025	286914	8675584	2	S-R2-13	VM-BA-PG-452	E-3	32.00-55.10 m	Roca Granodiorita													
23/05/2025	6/06/2025	286914	8675584	2	S-R2-13	VM-BA-PG-453	E-4	55.10-74.80 m	Roca Granodiorita													
23/05/2025	6/06/2025	286914	8675584	2	S-R2-13	VM-BA-PG-454	E-5	74.80-91.30 m	Roca Granodiorita													
23/05/2025	6/06/2025	286914	8675584	2	S-R2-13	VM-BA-PG-455	E-6	91.30-127.70 m	Roca Granodiorita													
23/05/2025	6/06/2025	286914	8675584	2	S-R2-13	VM-BA-PG-456	E-7	127.70-133.90 m	Roca Granodiorita													
23/05/2025	6/06/2025	286914	8675584	2	S-R2-13	VM-BA-PG-457	E-8	137.90-163.60 m	Roca Granodiorita													
23/05/2025	6/06/2025	286914	8675584	2	S-R2-13	VM-BA-PG-458	E-9	163.60-208.60 m	Roca Granodiorita													
23/05/2025	6/06/2025	286914	8675584	2	S-R2-13	VM-BA-PG-459	E-10	208.60-227.20 m	Roca Granodiorita	27.8	3.14	49.88	14.83	4	8	16	120.34	149.11	198.47	1.17	6296	3584
23/05/2025	6/06/2025	286914	8675584	2	S-R2-13	VM-BA-PG-460	E-11	227.20-239.60 m	Roca Granodiorita	29.6	6.81	51.76	17.23	4	8	16	142.91	177.60	235.25	1.07	5515	3075
23/05/2025	6/06/2025	286914	8675584	2	S-R2-13	VM-BA-PG-461	E-12	239.60-252.50 m	Roca Granodiorita	28.5	6.10	53.14	14.17	4	8	16	129.81	168.57	225.19	1.07	5977	3361
23/05/2025	6/06/2025	286914	8675584	2	S-R2-13	VM-BA-PG-462	E-13	252.50-280.30 m	Roca Granodiorita													
23/05/2025	6/06/2025	286914	8675584	2	S-R2-13	VM-BA-PG-463	E-14	280.30-304.00 m	Roca Granodiorita													
23/05/2025	6/06/2025	286914	8675584	2	S-R2-13	VM-BA-PG-464	E-15	304.00-330.00 m	Roca Granodiorita													
21/05/2025	5/06/2025	287625	8675048	2	S-R2-14	VM-BA-PG-409	E-3	19.50-37.70 m	Roca Granodiorita													
21/05/2025	5/06/2025	287625	8675048	2	S-R2-14	VM-BA-PG-410	E-4	37.70-43.90 m	Roca Granodiorita													
21/05/2025	5/06/2025	287625	8675048	2	S-R2-14	VM-BA-PG-411	E-5	43.90-57.10 m	Roca Granodiorita	38.7	4.02	41.83	4.38	2	4	8	28.16	43.75	50.44	1.97	4651	2509
21/05/2025	5/06/2025	287625	8675048	2	S-R2-14	VM-BA-PG-412	E-6	57.10-66.60 m	Roca Granodiorita	37.4	4.49	33.44	12.71	2	4	8	52.85	68.80	71.57	1.27	5405	3015
21/05/2025	5/06/2025	287625	8675048	2	S-R2-14	VM-BA-PG-413	E-7	66.60-84.00 m	Roca Granodiorita													
21/05/2025	5/06/2025	287625	8675048	2	S-R2-14	VM-BA-PG-414	E-8	84.00-110.70 m	Roca Granodiorita													
21/05/2025	5/06/2025	287625	8675048	2	S-R2-14	VM-BA-PG-415	E-9	110.70-141.60 m	Roca Granodiorita													
21/05/2025	5/06/2025	287625	8675048	2	S-R2-14	VM-BA-PG-416	E-10	141.60-160.70 m	Roca Granodiorita													
21/05/2025	5/06/2025	287625	8675048	2	S-R2-14	VM-BA-PG-417	E-11	160.70-180.00 m	Roca Granodiorita													

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO	25/07/2024
		Versión: 01
		0484

PROPIEDADES FISICAS
ASTM D 6473 / MTC E 206 / ASTM D 22216

PROYECTO	: ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"	N° SONDAJE	: VM-BA-PG-387
UBICACIÓN	: LIMA - BARRANCA	FECHA DE ENSAYO	: 30/05/2025
CLIENTE	: CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE		
CÓDIGO DE SONDAJE	: S-RP-II-12	PROF.(m)	: 148.00-158.60 m
N° DE ESTRATO	: E-7	TEC.RESPONSABLE	: TANIA BAIGORREA
IDENTIFICACIÓN	: 155.00-156.50 m	SUPERVISADO POR	: GINO LLAMOCCA

GRAVEDAD ESPECIFICA-ABSORCION-POROSIDAD

N° de ensayo	1	2	3	PROMEDIO
Peso de la roca seca	470.9	501.7	552.5	
Peso de la roca saturada superficialmente seca (s.s.s.) (g)	471.3	502.0	553.1	
Peso de la roca sumergida	303.0	322.5	357.5	
Absorción (%)	0.08	0.06	0.11	0.08
Gravedad específica nominal	2.80	2.79	2.82	2.81
Gravedad específica nominal (s.s.s.)	2.80	2.80	2.83	2.81
Gravedad específica aparente	2.80	2.80	2.83	2.81
Porosidad (%)	0.23	0.16	0.29	0.22

Masa del recipiente	150.2
Masa húmeda +recipiente	653.5
Masa seca +recipiente	651.9
Humedad (%)	0.3

OBSERVACIONES:

La roca ensayada es una Gabrodiorita con intrusiones de (calcita,óxidos), denominada en este caso como Roca dura

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	Fecha: 28/02/2023
		Versión: 01
		Cod.:

PESO VOLUMETRICO DEL SUELO / ROCA
NTP 339.139 / ASTM D 2937

PROYECTO	ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"		
UBICACIÓN	LIMA - BARRANCA	N° SONDAJE	VM-BA-PG-387
CLIENTE	CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE	FECHA DE ENSAYO	30/05/2025
CÓDIGO DE SONDAJE	:	S-RP-II-12	PROF.(m) 148.00-158.60 m
N° DE ESTRATO	:	E-7	TEC.RESPONSABLE : TANIA BAIGORREA
IDENTIFICACIÓN	:	155.00-156.50 m	SUPERVISADO POR : GINO LLAMOCCA

METODO		Marque (X)
I	Método del desplazamiento de agua	
II	Método de inmersión en agua	X

PROCESO/ DESCRIPCION			1	2	
A	Peso de la muestra de suelo		g	337.70	382.10
B	Peso de la muestra de suelo + parafina		g	342.20	387.10
C	Peso de la parafina		g	4.50	5.00
D	Densidad de la parafina		g/cm³	0.87	0.87
G	Volumen de la parafina		cm³	5.17	5.75
H	Mét. I	Lectura inicial (agua)	cm³	500.00	500.00
I		Lectura final (agua + muestra con parafina)	cm³	555.00	555.00
F	Mét. II	Peso sumergido de la muestra de suelo + parafina en el agua	g	219.50	247.50
K	Vmuestra + Vparafina = Pm+Pp-Psum		cm³	122.70	139.60
L	Volumen de la muestra de suelo		cm³	117.53	133.85
M	Peso volumetrico de masa		g/cm³	2.873	2.855
N	Contenido de humedad		%	7.5	7.5
O	Densidad seca del espécimen		g/cm³	2.673	2.655

Densidad seca del espécimen	g/cm3	2.664
------------------------------------	--------------	--------------

OBSERVACIONES:

La roca ensayada es una Gabrodiorita con intrusiones de (calcita,oxidos), denominada en este caso como Roca dura

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO	25/07/2024
		Versión: 01
		0484
ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE EN ROCA		
(ASTM D 2938)		
PROYECTO : ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"		
UBICACIÓN : LIMA - BARRANCA N° SONDAJE : VM-BA-PG-387		
CLIENTE : CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE FECHA DE ENSAYO : 30/05/2025		
CÓDIGO DE SONDAJE : S-RP-II-12 PROF.(m) : 148.00-158.60 m		
N° DE ESTRATO : E-7 TEC.RESPONSABLE : TANIA BAIGORREA		
IDENTIFICACIÓN : 155.00-156.50 m SUPERVISADO POR : GINO LLAMOCCA		

Perforación N°	L (mm)	D (mm)	A (mm ²)	R L/D	F. Máxima (KN)	Esfuerzo (MPA)
1	96.27	48.2	1824.67	2.00	180.41	99
2	96.27	48.2	1824.67	2.00	176.15	97
3	96.27	48.2	1824.67	2.00	173.99	95

ANTES



DESPUES



OBSERVACIONES:

La roca ensayada es una Gabrodiorita con intrusiones de (calcita,oxidos), denominada en este caso como Roca dura

.....

.....

.....

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL - MÉTODO BRASILEÑO / ASTM D3967-16

PROYECTO : ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"

UBICACIÓN : LIMA - BARRANCA

CLIENTE : CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE

N° DE SONDAJE : VM-BA-PG-387

FECHA DE ENSAYO : 30/05/2025

COORDENADA NORTE : 8710619

COORDENADA ESTE : 266761

CODIGO DE SONDAJE : S-RP-II-12

N° DE ESTRATO : E-7

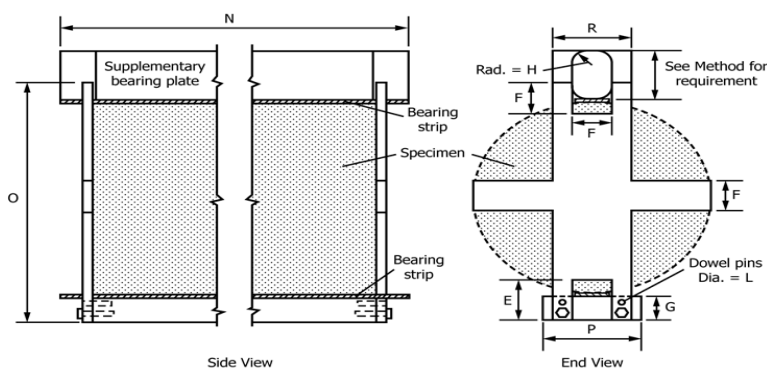
TEC.RESPONSABLE : TANIA BAIGORREA

PROF. (m) : 148.00-158.60 m

IDENTIFICACION : 155.00-156.50 m

SUPERVISADO POR : GINO LLAMOCCA

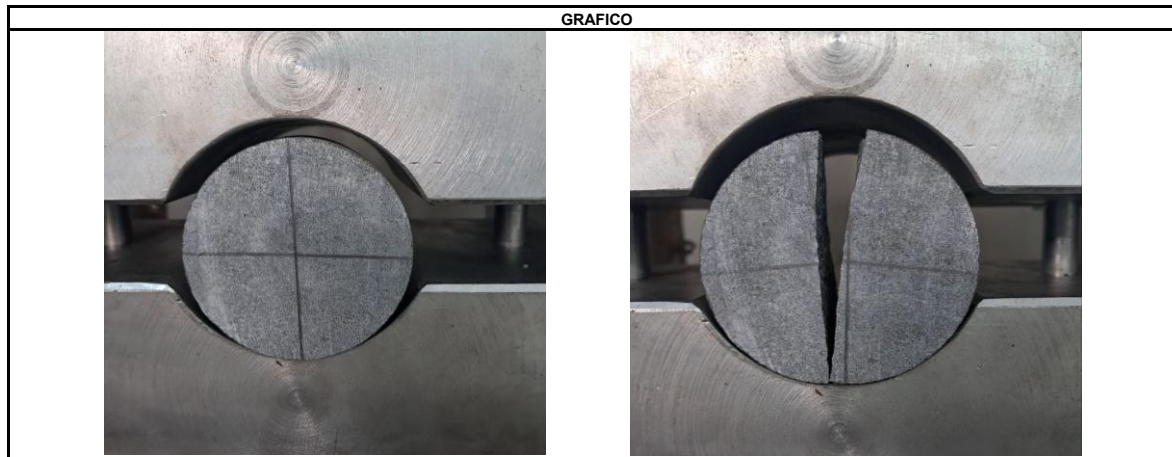
TIPO DE ROCA	LONGITUD (mm)	DIAMETRO (mm)	CARGA MÁXIMA P (N)	TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL (MPa)
GABRODIORITA	33.25	66.5	19839	3.63



$$\sigma_t = \frac{2P}{\pi DL}$$

σ_t = Resistencia a la tracción por hendidura, MPa (psi).
P = Carga máxima aplicada indicada por la prueba máquina, N.
D = Espesor de la muestra, mm (o pulg.).
L = Diámetro de la muestra, mm (o pulg.).

GRAFICO



OBSERVACIONES:

Muestras provistas E identificadas por el solicitante

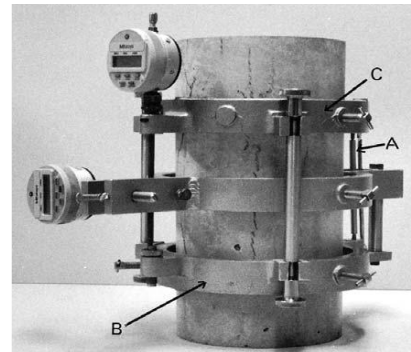
Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo

La roca ensayada es una Gabrodiorita con intrusiones de (calcita,óxidos), denominada en este caso como Roca dura

ENSAYO ESTANDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y MODULOS ELASTICOS DE MUESTRAS DE NUCLEOS DE ROCA INTACTAS EN DIFERENTES ESTADOS DE TENSION Y TEMPERATURA / ASTM D7012-14

PROYECTO :	ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"			N° DE SONDAJE :	VM-BA-PG-387
UBICACIÓN :	LIMA - BARRANCA			FECHA DE ENSAYO :	30/05/2025
CLIENTE :	CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE			COORDENADA NORTE :	8710619
				COORDENADA ESTE :	266761
CODIGO DE SONDAJE :	S-RP-II-12	N° DE ESTRATO :	E-7	TEC.RESPONSABLE :	TANIA BAIGORREA
PROF. (m) :	148.00-158.60 m	IDENTIFICACION :	155.00-156.50 m	SUPERVISADO POR :	GINO LLAMOCCA

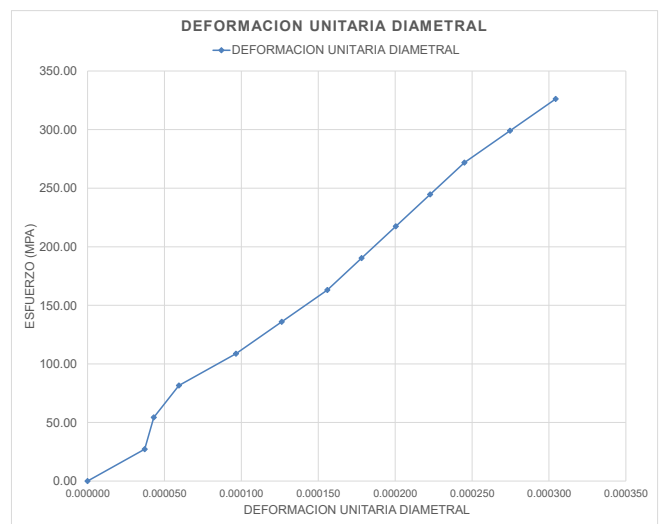
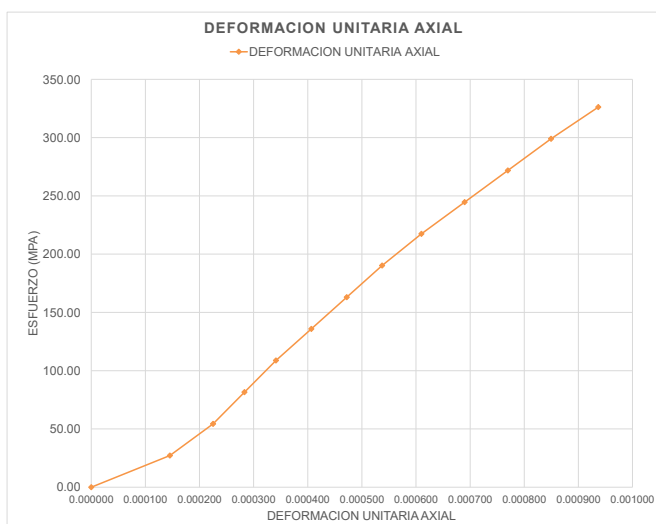
Deformación unitaria Axial	Deformación unitaria Diametral	Esfuerzo MPA
0.000145	0.000037	27.18
0.000225	0.000043	54.36
0.000283	0.000059	81.55
0.000341	0.000097	108.73
0.000407	0.000126	135.91
0.000472	0.000156	163.09
0.000537	0.000178	190.28
0.000610	0.000200	217.46
0.000690	0.000223	244.64
0.000770	0.000245	271.82
0.000850	0.000275	299.01
0.000937	0.000304	326.19



- A Transductores de desplazamiento
B Compresores cilíndricos de resistencia
C Transformador diferencial de variación lineal

RESULTADOS DE LA CTE. ELASTICA Y ESFUERZO A COMPRESION DE LA ROCA

Cte. Elás. fc Ult.	28,958
Esfuerzo a comp. (MPa)	50.67
RESISTENCIA AL ESFUERZO DE LA ROCA AL 70 %	



VM

CONSULTORES DE INGENIERÍA S.A.

26/07/2024

Versión: 01

FP

ENSAYO ESTANDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y MODULOS ELASTICOS DE MUESTRAS DE NUCLEOS DE ROCA INTACTAS EN DIFERENTES ESTADOS DE TENSION Y TEMPERATURA / ASTM D7012-14

PROYECTO : ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"

UBICACIÓN : LIMA - BARRANCA

CLIENTE : CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE

N° DE SONDAJE : VM-BA-PG-387

FECHA DE ENSAYO : 30/05/2025

COORDENADA NORTE : 8710619

COORDENADA ESTE : 266761

CODIGO DE SONDAJE : S-RP-II-12

N° DE ESTRATO : E-7

TEC.RESPONSABLE : TANIA BAIGORREA

PROF. (m) : 148.00-158.60 m

IDENTIFICACION : 155.00-156.50 m

SUPERVISADO POR : GINO LLAMOCCA

TENSION AXIAL	TENSION LATERAL	Esfuerzo (MPa)
0.000145	-0.000037	3
0.000225	-0.000043	5
0.000283	-0.000059	8
0.000341	-0.000097	11
0.000407	-0.000126	13
0.000472	-0.000156	16
0.000537	-0.000178	19
0.000610	-0.000200	21
0.000690	-0.000223	24
0.000770	-0.000245	27
0.000850	-0.000275	29
0.000937	-0.000304	32
0.001024	-0.000349	35
0.001111	-0.000386	37
0.001206	-0.000423	40
0.001300	-0.000468	43
0.001387	-0.000512	45
0.001598	-0.000668	48

ESFUERZO VS DEFORMACION DE LA ROCA INTACTA

Deformación (E)	Esfuerzo (MPa)
-0.000500	50
-0.000400	48
-0.000300	45
-0.000200	40
-0.000100	35
0.000000	0
0.000100	5
0.000200	10
0.000300	15
0.000400	20
0.000500	25
0.000600	30
0.000700	35
0.000800	40
0.000900	45
0.001000	48
0.001100	50
0.001200	52
0.001300	54
0.001400	56
0.001500	58
0.001600	60

POISSON RATIO	0.19
YOUNG'S MODULUS (70%) (MPa)	20,214

JR. HELIO NRO 5649, ZONA INDUSTRIAL INFANTAS- LIMA - LIMA - LOS OLIVOS

www.vmsa.com.pe

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO	25/07/2024
		Versión: 01
		0484

PROPIEDADES FISICAS
ASTM D 6473 / MTC E 206 / ASTM D 22216

PROYECTO	: ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"	N° SONDAJE	: VM-BA-PG-388
UBICACIÓN	: LIMA - BARRANCA	FECHA DE ENSAYO	: 30/05/2025
CLIENTE	: CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE		
CÓDIGO DE SONDAJE	: S-RP-II-12	PROF.(m)	: 158.60-172.85 m
N° DE ESTRATO	: E-8	TEC.RESPONSABLE	: TANIA BAIGORREA
IDENTIFICACIÓN	: 171.00-172.50 m	SUPERVISADO POR	: GINO LLAMOCCA

GRAVEDAD ESPECIFICA-ABSORCION-POROSIDAD

N° de ensayo	1	2	3	PROMEDIO
Peso de la roca seca	777.4	826.9	862.3	
Peso de la roca saturada superficialmente seca (s.s.s.) (g)	779.1	827.4	863.5	
Peso de la roca sumergida	499.0	536.5	563.0	
Absorción (%)	0.22	0.06	0.14	0.14
Gravedad específica nominal	2.78	2.84	2.87	2.83
Gravedad específica nominal (s.s.s.)	2.78	2.84	2.87	2.83
Gravedad específica aparente	2.79	2.85	2.88	2.84
Porosidad (%)	0.58	0.16	0.37	0.37

Masa del recipiente	150.2
Masa humeda +recipiente	979.0
Masa seca +recipiente	977.1
Humedad (%)	0.2

OBSERVACIONES:

La roca ensayada es una Gabrodiorita con intrusiones de (calcita,oxidos), denominada en este caso como Roca dura

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	Fecha: 28/02/2023
		Versión: 01
		Cod.:

PESO VOLUMETRICO DEL SUELO / ROCA NTP 339.139 / ASTM D 2937
--

PROYECTO	ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"		
UBICACIÓN	LIMA - BARRANCA	N° SONDAJE	VM-BA-PG-388
CLIENTE	CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE	FECHA DE ENSAYO	30/05/2025
CÓDIGO DE SONDAJE	:	S-RP-II-12	PROF.(m) 158.60-172.85 m
N° DE ESTRATO	E-8		TEC.RESPONSABLE : TANIA BAIGORREA
IDENTIFICACIÓN	:	171.00-172.50 m	SUPERVISADO POR : GINO LLAMOCCA

METODO		Marque (X)
I	Método del desplazamiento de agua	
II	Método de inmersión en agua	X

PROCESO/ DESCRIPCION			1	2	
A	Peso de la muestra de suelo		g	505.60	628.40
B	Peso de la muestra de suelo + parafina		g	511.40	634.10
C	Peso de la parafina		g	5.80	5.70
D	Densidad de la parafina		g/cm³	0.87	0.87
G	Volumen de la parafina		cm³	6.67	6.55
H	Mét. I	Lectura inicial (agua)	cm³	500.00	500.00
I		Lectura final (agua + muestra con parafina)	cm³	555.00	555.00
F	Mét. II	Peso sumergido de la muestra de suelo + parafina en el agua	g	324.50	407.00
K	Vmuestra + Vparafina = Pm+Pp-Psum		cm³	186.90	227.10
L	Volumen de la muestra de suelo		cm³	180.23	220.55
M	Peso volumetrico de masa		g/cm³	2.805	2.849
N	Contenido de humedad		%	7.5	7.5
O	Densidad seca del espécimen		g/cm³	2.610	2.650

Densidad seca del espécimen	g/cm3	2.630
------------------------------------	--------------	--------------

OBSERVACIONES:

La roca ensayada es una Gabrodiorita con intrusiones de (calcita,oxidos), denominada en este caso como Roca dura

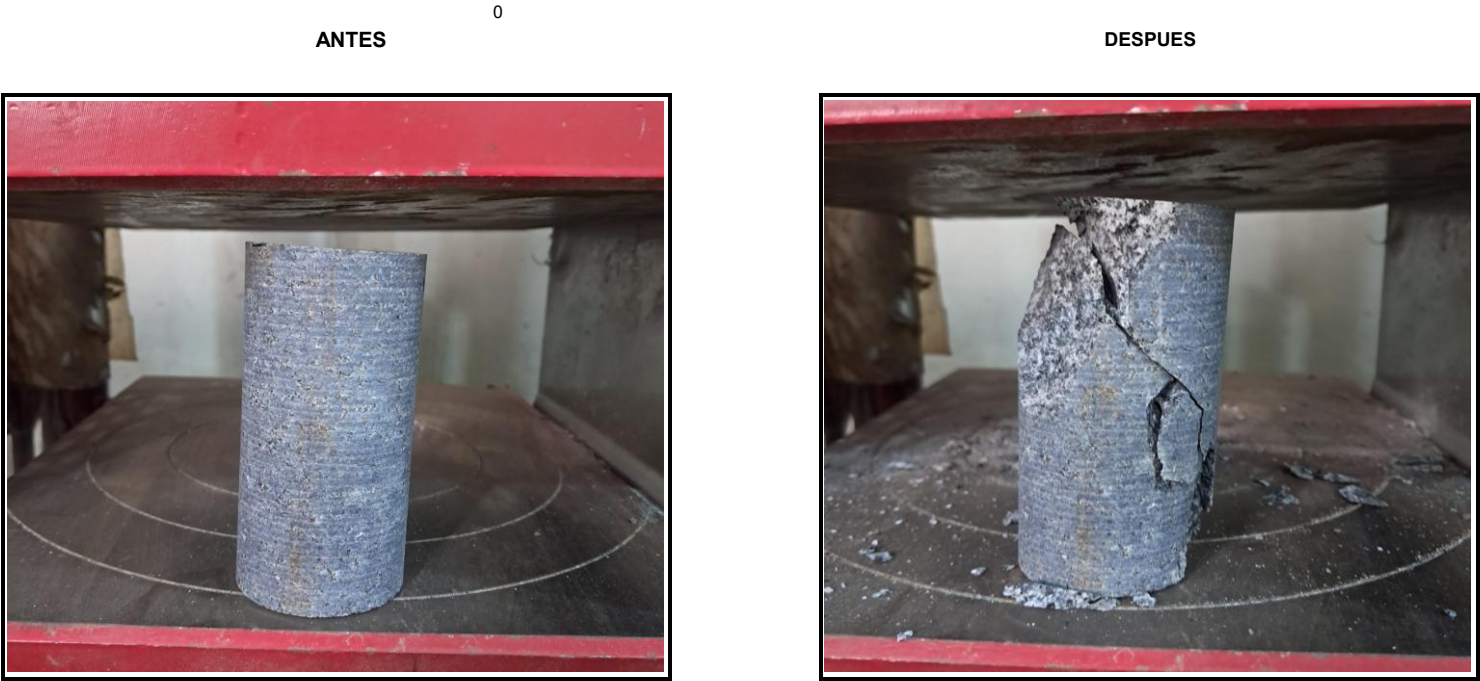
	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO	25/07/2024
		Versión: 01
		0484

ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE EN ROCA

(ASTM D 2938)

PROYECTO	:	ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"	
UBICACIÓN	:	LIMA - BARRANCA	N° SONDAJE : VM-BA-PG-388
CLIENTE	:	CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE	FECHA DE ENSAYO : 30/05/2025
CÓDIGO DE SONDAJE	:	S-RP-II-12	PROF.(m) : 158.60-172.85 m
N° DE ESTRATO	:	E-8	TEC.RESPONSABLE : TANIA BAIGORREA
IDENTIFICACIÓN	:	171.00-172.50 m	SUPERVISADO POR : GINO LLAMOCCA

Perforación N°	L (mm)	D (mm)	A (mm ²)	R L/D	F. Máxima (KN)	Esfuerzo (MPA)
1	96.27	48.2	1824.67	2.00	139.65	77
2	96.27	48.2	1824.67	2.00	134.72	74
3	96.27	48.2	1824.67	2.00	143.22	78



OBSERVACIONES:

La roca ensayada es una Gabrodiorita con intrusiones de (calcita,oxidos), denominada en este caso como Roca dura

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL - MÉTODO BRASILEÑO / ASTM D3967-16

PROYECTO : ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"

UBICACIÓN : LIMA - BARRANCA

CLIENTE : CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE

N° DE SONDAJE : VM-BA-PG-388

FECHA DE ENSAYO : 30/05/2025

COORDENADA NORTE : 8710619

COORDENADA ESTE : 266761

CODIGO DE SONDAJE : S-RP-II-12

N° DE ESTRATO : E-8

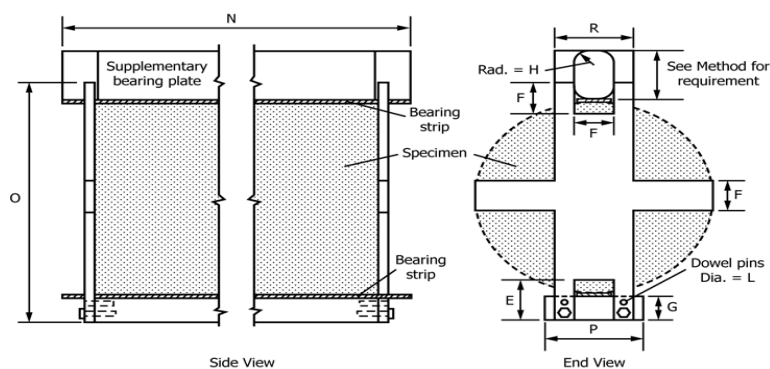
TEC.RESPONSABLE : TANIA BAIGORREA

PROF. (m) : 158.60-172.85 m

IDENTIFICACION : 171.00-172.50 m

SUPERVISADO POR : GINO LLAMOCCA

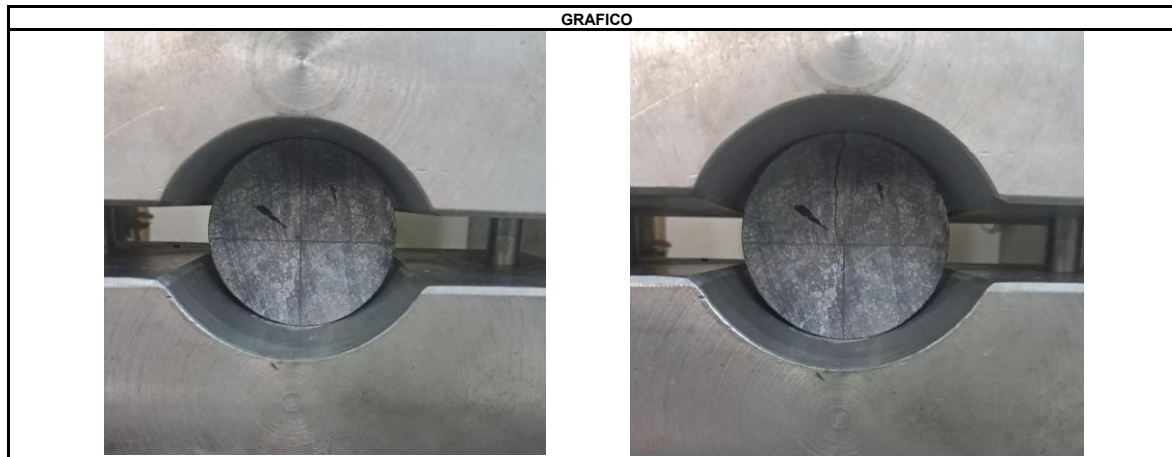
TIPO DE ROCA	LONGITUD (mm)	DIAMETRO (mm)	CARGA MÁXIMA P (N)	TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL (MPa)
GABRODIORITA	33.25	66.5	21651	3.96



$$\sigma_t = \frac{2P}{\pi DL}$$

σ_t = Resistencia a la tracción por hendidura, MPa (psi).
P = Carga máxima aplicada indicada por la prueba máquina, N.
D = Espesor de la muestra, mm (o pulg.).
L = Diámetro de la muestra, mm (o pulg.).

GRAFICO



OBSERVACIONES:

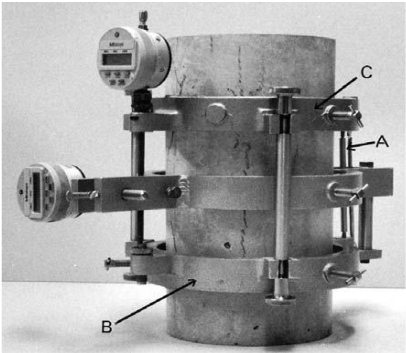
Muestras provistas E identificadas por el solicitante

Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo

La roca ensayada es una Gabrodiorita con intrusiones de (calcita,óxidos), denominada en este caso como Roca dura

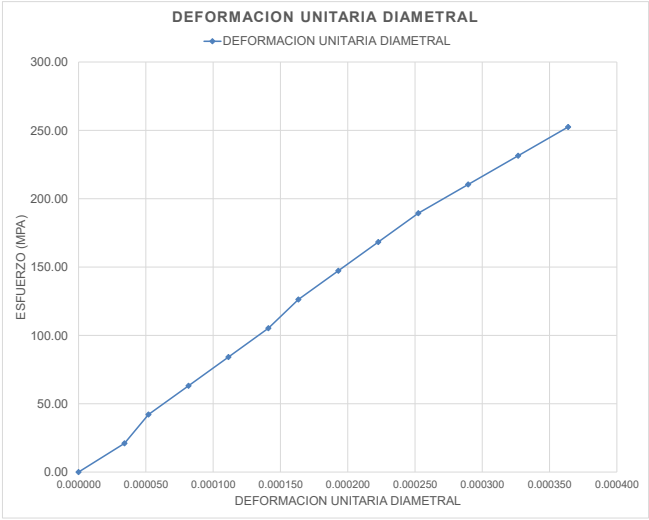
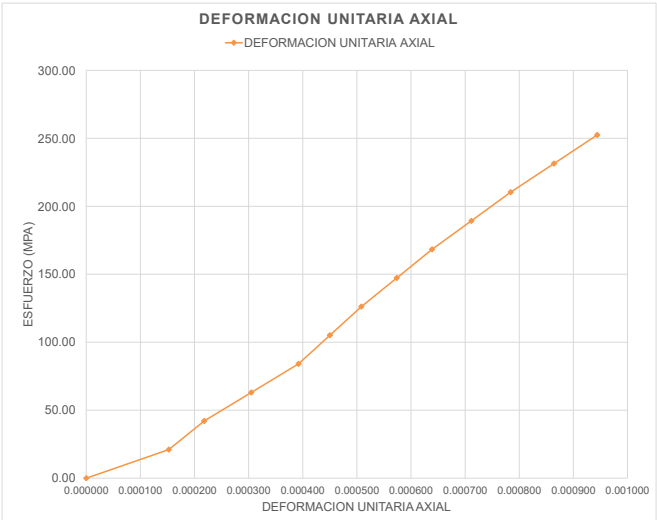
VMCONSULTORES DE INGENIERÍA S.A.				26/07/2024		
				Versión: 01		
				FP		
ENSAYO ESTANDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y MODULOS ELASTICOS DE MUESTRAS DE NUCLEOS DE ROCA INTACTAS EN DIFERENTES ESTADOS DE TENSION Y TEMPERATURA / ASTM D7012-14						
PROYECTO	:	ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"		N° DE SONDAJE :	VM-BA-PG-388	
UBICACIÓN	:	LIMA - BARRANCA		FECHA DE ENSAYO	30/05/2025	
CLIENTE	:	CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE		COORDENADA NORTE	8710619	
				COORDENADA ESTE	266761	
CODIGO DE SONDAJE :		S-RP-II-12	N° DE ESTRATO :	E-8	TEC.RESPONSABLE :	TANIA BAIGORREA
PROF. (m) :		158.60-172.85 m	IDENTIFICACION :	171.00-172.50 m	SUPERVISADO POR :	GINO LLAMOCCA

Deformación unitaria Axial	Deformación unitaria Diametral	Esfuerzo MPA
0.000153	0.000034	21.04
0.000218	0.000052	42.08
0.000305	0.000082	63.12
0.000392	0.000111	84.16
0.000450	0.000141	105.20
0.000508	0.000163	126.25
0.000574	0.000193	147.29
0.000639	0.000223	168.33
0.000712	0.000252	189.37
0.000784	0.000290	210.41
0.000864	0.000327	231.45
0.000944	0.000364	252.49



- A Transnductores de desplazamiento
- B Compresores cilindricos de resistencia
- C Transformador diferencial de variación lineal

RESULTADOS DE LA CTE. ELASTICA Y ESFUERZO A COMPRESION DE LA ROCA	
Cte. Elás. fc Ult.	27,882
Esfuerzo a comp. (MPa)	39.22
RESISTENCIA AL ESFUERZO DE LA ROCA AL 70 %	



VM

CONSULTORES DE INGENIERÍA S.A.

26/07/2024

Versión: 01

FP

ENSAYO ESTANDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y MODULOS ELASTICOS DE MUESTRAS DE NUCLEOS DE ROCA INTACTAS EN DIFERENTES ESTADOS DE TENSION Y TEMPERATURA / ASTM D7012-14

PROYECTO : ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"

UBICACIÓN : LIMA - BARRANCA

CLIENTE : CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE

N° DE SONDAJE : VM-BA-PG-388

FECHA DE ENSAYO 30/05/2025

COORDENADA NORTE 8710619

COORDENADA ESTE 266761

CODIGO DE SONDAJE : S-RP-II-12

N° DE ESTRATO : E-8

TEC.RESPONSABLE : TANIA BAIGORREA

PROF. (m) : 158.60-172.85 m

IDENTIFICACION : 171.00-172.50 m

SUPERVISADO POR : GINO LLAMOCCA

TENSION AXIAL	TENSION LATERAL	Esfuerzo (MPa)
0.000153	-0.000034	2
0.000218	-0.000052	4
0.000305	-0.000082	6
0.000392	-0.000111	8
0.000450	-0.000141	10
0.000508	-0.000163	12
0.000574	-0.000193	14
0.000639	-0.000223	17
0.000712	-0.000252	19
0.000784	-0.000290	21
0.000864	-0.000327	23
0.000944	-0.000364	25
0.001031	-0.000386	27
0.001126	-0.000423	29
0.001198	-0.000483	31
0.001344	-0.000527	33
0.001489	-0.000572	35
0.001743	-0.000713	37

ESFUERZO VS DEFORMACION DE LA ROCA INTACTA

DEFORMACION (E)	ESFUERZO (MPa)
0.000153	2
0.000218	4
0.000305	6
0.000392	8
0.000450	10
0.000508	12
0.000574	14
0.000639	17
0.000712	19
0.000784	21
0.000864	23
0.000944	25
0.001031	27
0.001126	29
0.001198	31
0.001344	33
0.001489	35
0.001743	37

POISSON RATIO	0.19
YOUNG'S MODULUS (70%) (MPa)	17,123

JR. HELIO NRO 5649, ZONA INDUSTRIAL INFANTAS- LIMA - LIMA - LOS OLIVOS
www.vmsa.com.pe

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO	25/07/2024
		Versión: 01
		0484

PROPIEDADES FISICAS ASTM D 6473 / MTC E 206 / ASTM D 22216

PROYECTO	: ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"	N° SONDAJE	: VM-BA-PG-252
UBICACIÓN	: LIMA - BARRANCA	FECHA DE ENSAYO	: 9/05/2025
CLIENTE	: CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE		
CÓDIGO DE SONDAJE	: S-RP-II-13	PROF.(m)	: 142.70-167.70 m
N° DE ESTRATO	: E-10	TEC.RESPONSABLE	: TANIA BAIGORREA
IDENTIFICACIÓN	: 158.40-160.00 m	SUPERVISADO POR	: GINO LLAMOCCA

GRAVEDAD ESPECIFICA-ABSORCION-POROSIDAD				
N° de ensayo	1	2	3	PROMEDIO
Peso de la roca seca	675.0	604.0	638.6	
Peso de la roca saturada superficialmente seca (s.s.s.) (g)	676.5	605.0	639.9	
Peso de la roca sumergida	433.0	386.5	398.8	
Absorción (%)	0.22	0.17	0.20	0.20
Gravedad específica nominal	2.77	2.76	2.65	2.73
Gravedad específica nominal (s.s.s.)	2.78	2.77	2.65	2.73
Gravedad específica aparente	2.79	2.78	2.66	2.74
Porosidad (%)	0.59	0.44	0.54	0.52

Masa del recipiente	150.2
Masa húmeda +recipiente	755.9
Masa seca +recipiente	754.2
Humedad (%)	0.3

OBSERVACIONES:

La roca ensayada es una Gabrodiorita con intrusiones de calcita, denominada en este caso como Roca muy dura

.....

.....

.....

PESO VOLUMETRICO DEL SUELO / ROCA
NTP 339.139 / ASTM D 2937

PROYECTO	ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"		
UBICACIÓN	LIMA - BARRANCA	N° SONDAJE	VM-BA-PG-252
CLIENTE	CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE	FECHA DE ENSAYO	9/05/2025
CÓDIGO DE SONDAJE	:	S-RP-II-13	PROF.(m) 142.70-167.70 m
N° DE ESTRATO	:	E-10	TEC.RESPONSABLE : TANIA BAIGORREA
IDENTIFICACIÓN	:	158.40-160.00 m	SUPERVISADO POR : GINO LLAMOCCA

METODO		Marque (X)
I	Método del desplazamiento de agua	
II	Método de inmersión en agua	X

PROCESO/ DESCRIPCION			1	2
A	Peso de la muestra de suelo	g	473.00	518.70
B	Peso de la muestra de suelo + parafina	g	478.00	528.60
C	Peso de la parafina	g	5.00	9.90
D	Densidad de la parafina	g/cm ³	0.87	0.87
G	Volumen de la parafina	cm ³	5.75	11.38
H	Mét. I	Lectura inicial (agua)	cm ³	500.00
I		Lectura final (agua + muestra con parafina)	cm ³	555.00
F	Mét. II	Peso sumergido de la muestra de suelo + parafina en el agua	g	308.30
K	Vmuestra + Vparafina = Pm+Pp-Psum		cm ³	169.70
L	Volumen de la muestra de suelo		cm ³	163.95
M	Peso volumetrico de masa		g/cm ³	2.885
N	Contenido de humedad		%	7.5
O	Densidad seca del espécimen		g/cm ³	2.609

Densidad seca del espécimen	g/cm3	2.646
------------------------------------	--------------	--------------

OBSERVACIONES:

La roca ensayada es una Gabrodiorita con intrusiones de calcita, denominada en este caso como Roca muy dura

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO	25/07/2024
		Versión: 01
		0484

ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE EN ROCA

(ASTM D 2938)

PROYECTO	:	ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"			
UBICACIÓN	:	LIMA - BARRANCA	Nº SONDAJE :	VM-BA-PG-252	
CLIENTE	:	CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE	FECHA DE ENSAYO :	9/05/2025	
CÓDIGO DE SONDAJE	:	S-RP-II-13	PROF.(m)	:	142.70-167.70 m
Nº DE ESTRATO	:	E-10	TEC.RESPONSABLE	:	TANIA BAIGORREA
IDENTIFICACIÓN	:	158.40-160.00 m	SUPERVISADO POR	:	GINO LLAMOCCA

Perforación Nº	L (mm)	D (mm)	A (mm²)	R L/D	F. Máxima (KN)	Esfuerzo (MPA)
1	95	47.5	1772.05	2.00	199.14	112
2	95	47.5	1772.05	2.00	197.98	112
3	95	47.5	1772.05	2.00	200.16	113

ANTES



DESPUES



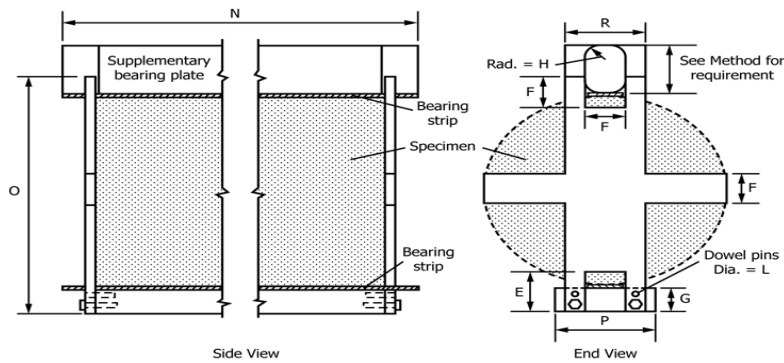
OBSERVACIONES:

La roca ensayada es una Gabrodiorita con intrusiones de calcita, denominada en este caso como Roca muy dura

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL - MÉTODO BRASILEÑO / ASTM D3967-16

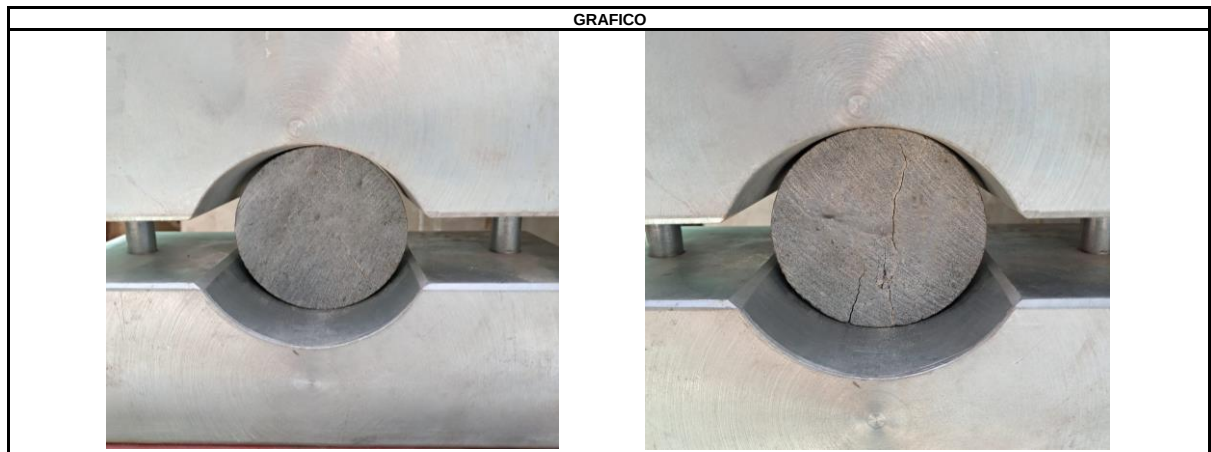
PROYECTO	: ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"	Nº DE SONDAJE :	VM-BA-PG-252
UBICACIÓN	: LIMA - BARRANCA	FECHA DE ENSAYO	9/05/2025
CLIENTE	: CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE	COORDENADA NORTE	8711150
		COORDENADA ESTE	266668
CODIGO DE SONDAJE :	S-RP-II-13	Nº DE ESTRATO :	E-10
TEC.RESPONSABLE :		TANIA BAIGORREA	
PROF. (m) :	142.70-167.70 m	IDENTIFICACION :	158.40-160.00 m
SUPERVISADO POR :		GINO LLAMOCCA	

TIPO DE ROCA	LONGITUD (mm)	DIAMETRO (mm)	CARGA MÁXIMA P (N)	TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL (MPa)
GABRODIORITA	33.25	66.5	16970	3.11



$$\sigma_t = \frac{2P}{\pi DL}$$

- σ_t = Resistencia a la tracción por hendidura, MPa (psi).
P = Carga máxima aplicada indicada por la prueba máquina, N.
D = Espesor de la muestra, mm (o pulg.).
L = Diámetro de la muestra, mm (o pulg.).



OBSERVACIONES:

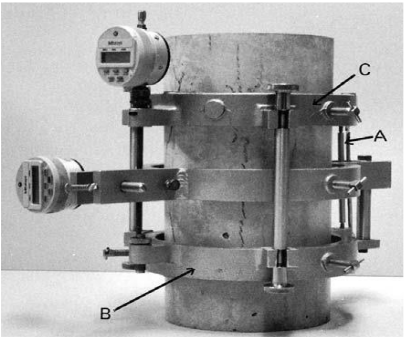
Muestras provistas E identificadas por el solicitante

Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo

La roca ensayada es una Gabrodiorita con intrusiones de calcita, denominada en este caso como Roca muy dura

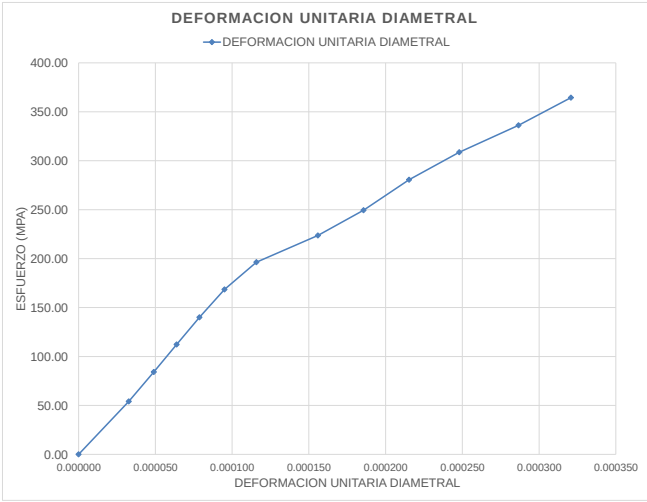
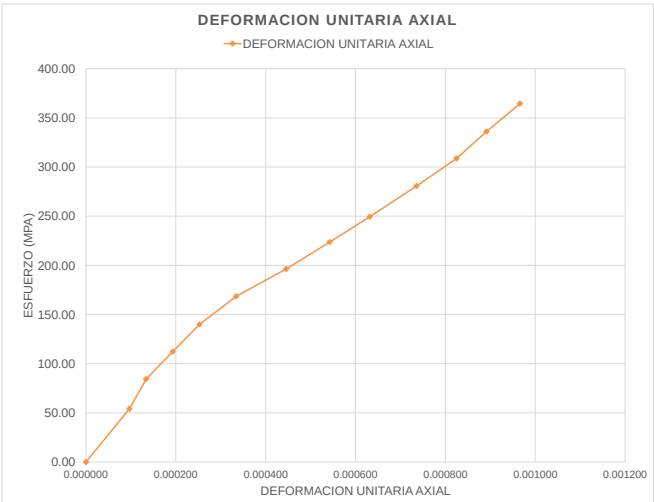
VM CONSULTORES DE INGENIERÍA S.A.		26/07/2024	
		Versión: 01	
		FP	
ENSAYO ESTANDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y MODULOS ELASTICOS DE MUESTRAS DE NUCLEOS DE ROCA INTACTAS EN DIFERENTES ESTADOS DE TENSION Y TEMPERATURA / ASTM D7012-14			
PROYECTO	:	ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"	
UBICACIÓN	:	LIMA - BARRANCA	N° DE SONDAJE : VM-BA-PG-252
CLIENTE	:	CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE	FECHA DE ENSAYO 9/05/2025
			COORDENADA NORTE 8711150
			COORDENADA ESTE 266668
CODIGO DE SONDAJE :	S-RP-II-13	N° DE ESTRATO :	E-10
TEC.RESPONSABLE :	TANIA BAIGORREA		
PROF. (m) :	142.70-167.70 m	IDENTIFICACION :	158.40-160.00 m
SUPERVISADO POR :	GINO LLAMOCCA		

Deformación unitaria Axial	Deformación unitaria Diametral	Esfuerzo MPA
0.000097	0.000033	54.10
0.000134	0.000049	84.25
0.000193	0.000064	112.25
0.000253	0.000079	139.96
0.000334	0.000095	168.51
0.000446	0.000116	196.31
0.000542	0.000156	223.64
0.000632	0.000186	249.38
0.000736	0.000215	280.66
0.000825	0.000248	308.65
0.000892	0.000287	336.14
0.000966	0.000321	364.45



- A Trasnsductores de desplazamiento
B Compresores cilindricos de resistencia
C Transformador diferencial de variación lineal

RESULTADOS DE LA CTE. ELASTICA Y ESFUERZO A COMPRESION DE LA ROCA	
Cte. Elás. fc Ult.	54,247
Esfuerzo a comp. (MPa)	55.93
RESISTENCIA AL ESFUERZO DE LA ROCA AL 70 %	



VM

CONSULTORES DE INGENIERÍA S.A.

26/07/2024

Versión: 01

FP

ENSAYO ESTANDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y MODULOS ELASTICOS DE MUESTRAS DE NUCLEOS DE ROCA INTACTAS EN DIFERENTES ESTADOS DE TENSION Y TEMPERATURA / ASTM D7012-14

PROYECTO : ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"

UBICACIÓN : LIMA - BARRANCA

CLIENTE : CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE

N° DE SONDAJE : VM-BA-PG-252

FECHA DE ENSAYO : 9/05/2025

COORDENADA NORTE : 8711150

COORDENADA ESTE : 266668

CODIGO DE SONDAJE : S-RP-II-13

N° DE ESTRATO : E-10

TEC.RESPONSABLE : TANIA BAIGORREA

PROF. (m) : 142.70-167.70 m

IDENTIFICACION : 158.40-160.00 m

SUPERVISADO POR : GINO LLAMOCCA

TENSION AXIAL	TENSION LATERAL	Esfuerzo (MPa)
0.000097	-0.000033	5
0.000134	-0.000049	8
0.000193	-0.000064	11
0.000253	-0.000079	14
0.000334	-0.000095	17
0.000446	-0.000116	19
0.000542	-0.000156	22
0.000632	-0.000186	24
0.000736	-0.000215	28
0.000825	-0.000248	30
0.000892	-0.000287	33
0.000966	-0.000321	36
0.001033	-0.000368	39
0.001100	-0.000399	41
0.001174	-0.000429	44
0.001241	-0.000475	47
0.001315	-0.000549	50
0.001382	-0.000624	50

ESFUERZO VS DEFORMACION DE LA ROCA INTACTA

POISSON RATIO	0.35
YOUNG'S MODULUS (70%) (MPa)	39,783

JR. HELIO NRO 5649, ZONA INDUSTRIAL INFANTAS- LIMA - LIMA - LOS OLIVOS

www.vmsa.com.pe

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO	25/07/2024
		Versión: 01
		0484

PROPIEDADES FISICAS ASTM D 6473 / MTC E 206 / ASTM D 22216

PROYECTO	: ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"	N° SONDAJE	: VM-BA-PG-262
UBICACIÓN	: LIMA - BARRANCA	FECHA DE ENSAYO	: 12/05/2025
CLIENTE	: CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE		
CÓDIGO DE SONDAJE	: S-RP-II-14	PROF.(m)	: 96.60-104.20 m
N° DE ESTRATO	: E-8	TEC.RESPONSABLE	: TANIA BAIGORREA
IDENTIFICACIÓN	: 102.00-103.50 m	SUPERVISADO POR	: GINO LLAMOCCA

GRAVEDAD ESPECIFICA-ABSORCION-POROSIDAD				
N° de ensayo	1	2	3	PROMEDIO
Peso de la roca seca	1004.0	962.0	931.5	
Peso de la roca saturada superficialmente seca (s.s.s.) (g)	1008.0	964.5	933.7	
Peso de la roca sumergida	653.5	626.5	610.5	
Absorción (%)	0.40	0.26	0.24	0.30
Gravedad específica nominal	2.83	2.85	2.88	2.85
Gravedad específica nominal (s.s.s.)	2.84	2.85	2.89	2.86
Gravedad específica aparente	2.86	2.87	2.90	2.88
Porosidad (%)	1.02	0.67	0.61	0.77

Masa del recipiente	150.2
Masa húmeda +recipiente	1114.3
Masa seca +recipiente	1112.2
Humedad (%)	0.2

OBSERVACIONES:

La roca ensayada es una Diorita con intrusiones de calcita, denominada en este caso como Roca muy dura

.....

.....

.....

PESO VOLUMETRICO DEL SUELO / ROCA
NTP 339.139 / ASTM D 2937

PROYECTO	ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"		
UBICACIÓN	LIMA - BARRANCA	N° SONDAJE	VM-BA-PG-262
CLIENTE	CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE	FECHA DE ENSAYO	12/05/2025
CÓDIGO DE SONDAJE	:	S-RP-II-14	PROF.(m) 96.60-104.20 m
N° DE ESTRATO	:	E-8	TEC.RESPONSABLE : TANIA BAIGORREA
IDENTIFICACIÓN	:	102.00-103.50 m	SUPERVISADO POR : GINO LLAMOCCA

METODO		Marque (X)
I	Método del desplazamiento de agua	
II	Método de inmersión en agua	X

PROCESO/ DESCRIPCION			1	2
A	Peso de la muestra de suelo	g	760.90	692.90
B	Peso de la muestra de suelo + parafina	g	774.00	703.00
C	Peso de la parafina	g	13.10	10.10
D	Densidad de la parafina	g/cm ³	0.87	0.87
G	Volumen de la parafina	cm ³	15.06	11.61
H	Mét. I	Lectura inicial (agua)	cm ³	500.00
I		Lectura final (agua + muestra con parafina)	cm ³	555.00
F	Mét. II	Peso sumergido de la muestra de suelo + parafina en el agua	g	485.50
K	Vmuestra + Vparafina = Pm+Pp-Psum		cm ³	288.50
L	Volumen de la muestra de suelo		cm ³	273.44
M	Peso volumetrico de masa		g/cm ³	2.783
N	Contenido de humedad		%	7.5
O	Densidad seca del espécimen		g/cm ³	2.589

Densidad seca del espécimen	g/cm3	2.571
------------------------------------	--------------	--------------

OBSERVACIONES:

La roca ensayada es una Diorita con intrusiones de calcita, denominada en este caso como Roca muy dura

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO	25/07/2024
		Versión: 01
		0484

ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE EN ROCA
(ASTM D 2938)

PROYECTO	:	ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"		
UBICACIÓN	:	LIMA - BARRANCA	Nº SONDAJE :	VM-BA-PG-262
CLIENTE	:	CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE	FECHA DE ENSAYO :	12/05/2025
CÓDIGO DE SONDAJE	:	S-RP-II-14	PROF.(m)	: 96.60-104.20 m
Nº DE ESTRATO	:	E-8	TEC.RESPONSABLE	: TANIA BAIGORREA
IDENTIFICACIÓN	:	102.00-103.50 m	SUPERVISADO POR	: GINO LLAMOCCA

Perforación Nº	L (mm)	D (mm)	A (mm²)	R L/D	F. Máxima (KN)	Esfuerzo (MPA)
1	125	62.5	3067.96	2.00	403.03	131
2	125	62.5	3067.96	2.00	406.12	132
3	125	62.5	3067.96	2.00	401.15	131

ANTES



DESPUES



OBSERVACIONES:

La roca ensayada es una Diorita con intrusiones de calcita, denominada en este caso como Roca muy dura

.....

.....

.....

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL - MÉTODO BRASILEÑO / ASTM D3967-16

PROYECTO : ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"

UBICACIÓN : LIMA - BARRANCA

CLIENTE : CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE

N° DE SONDAJE : VM-BA-PG-262

FECHA DE ENSAYO 12/05/2025

COORDENADA NORTE 8712067

COORDENADA ESTE 266408

CODIGO DE SONDAJE : S-RP-II-14

N° DE ESTRATO : E-8

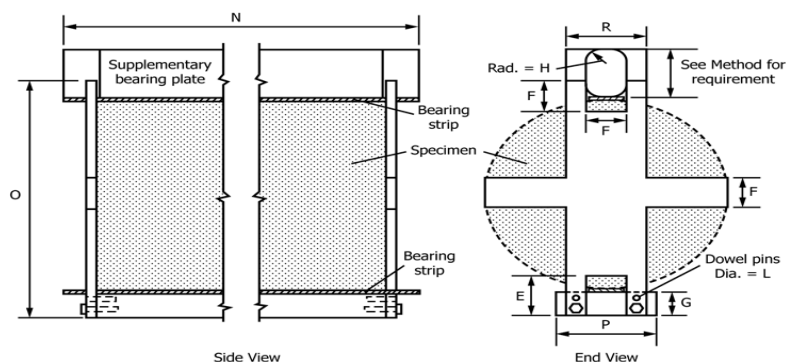
TEC.RESPONSABLE : TANIA BAIGORREA

PROF. (m) : 96.60-104.20 m

IDENTIFICACION : 102.00-103.50 m

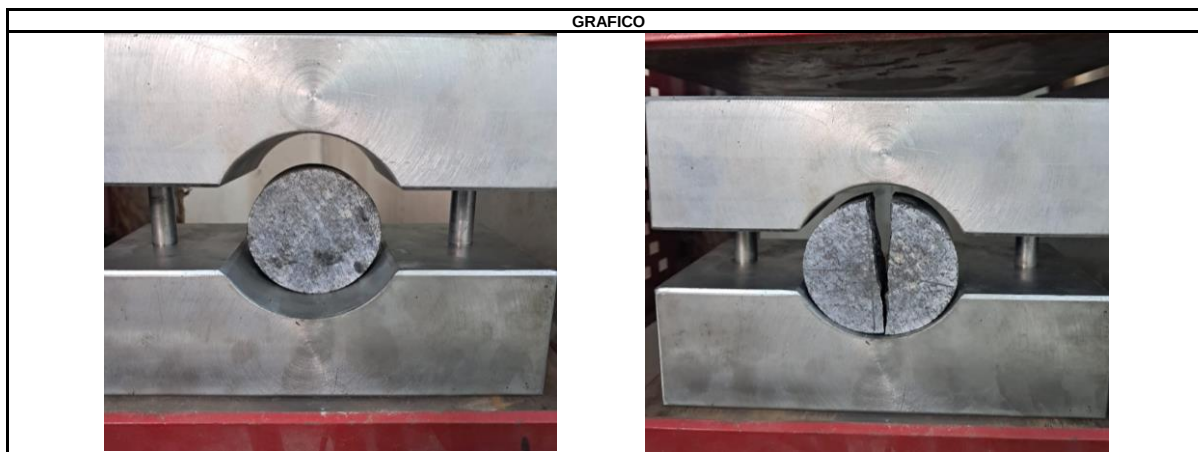
SUPERVISADO POR : GINO LLAMOCCA

TIPO DE ROCA	LONGITUD (mm)	DIAMETRO (mm)	CARGA MÁXIMA P (N)	TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL (MPa)
DIORITA	33.25	66.5	22967	4.21



$$\sigma_t = \frac{2P}{\pi DL}$$

σ_t = Resistencia a la tracción por hendidura, MPa (psi).
P = Carga máxima aplicada indicada por la prueba máquina, N.
D = Espesor de la muestra, mm (o pulg.).
L = Diámetro de la muestra, mm (o pulg.).



OBSERVACIONES:

Muestras provistas E identificadas por el solicitante

Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo

La roca ensayada es una Diorita con intrusiones de calcita, denominada en este caso como Roca muy dura

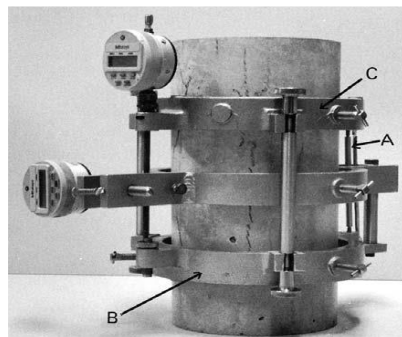
ENSAYO ESTANDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y MODULOS ELASTICOS DE MUESTRAS DE NUCLEOS DE ROCA INTACTAS EN DIFERENTES ESTADOS DE TENSION Y TEMPERATURA / ASTM D7012-14

PROYECTO : ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"
 UBICACIÓN : LIMA - BARRANCA
 CLIENTE : CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE

N° DE SONDAJE : VM-BA-PG-262
 FECHA DE ENSAYO : 12/05/2025
 COORDENADA NORTE : 8712067
 COORDENADA ESTE : 266408

CODIGO DE SONDAJE : S-RP-II-14 N° DE ESTRATO : E-8 TEC.RESPONSABLE : TANIA BAIGORREA
 PROF. (m) : 96.60-104.20 m IDENTIFICACION : 102.00-103.50 m SUPERVISADO POR : GINO LLAMOCCA

Deformación unitaria Axial	Deformación unitaria Diametral	Esfuerzo MPA
0.000109	0.000027	53.59
0.000160	0.000042	83.76
0.000211	0.000059	111.64
0.000269	0.000080	139.42
0.000327	0.000104	168.42
0.000385	0.000131	195.62
0.000465	0.000160	223.00
0.000537	0.000193	251.92
0.000610	0.000223	280.61
0.000683	0.000252	308.48
0.000763	0.000282	335.49
0.000842	0.000312	364.13



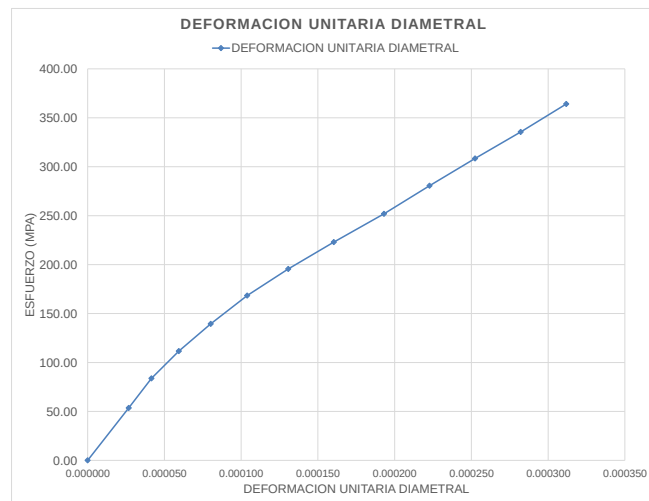
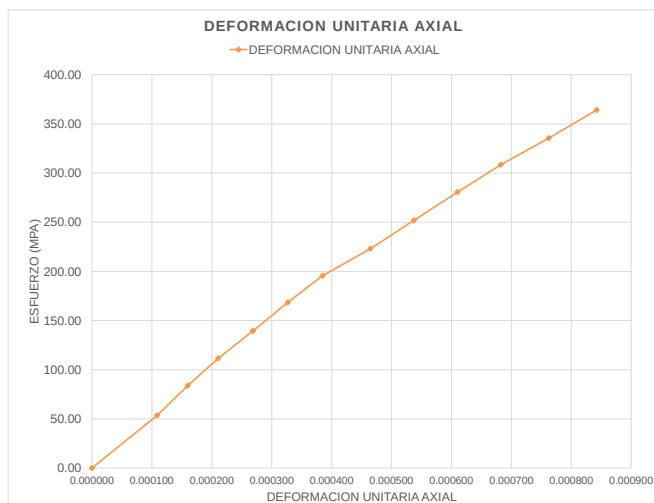
- A Transductores de desplazamiento
 B Compresores cilindricos de resistencia
 C Transformador diferencial de variación lineal

RESULTADOS DE LA CTE. ELASTICA Y ESFUERZO A COMPRESION DE LA ROCA

Cte. Elás. fc Ult. 47,676

Esfuerzo a comp. (MPa) 113.18

RESISTENCIA AL ESFUERZO DE LA ROCA AL 70 %



VM CONSULTORES DE INGENIERÍA S.A.				26/07/2024	
				Versión: 01	
				FP	
ENSAYO ESTANDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y MODULOS ELASTICOS DE MUESTRAS DE NUCLEOS DE ROCA INTACTAS EN DIFERENTES ESTADOS DE TENSION Y TEMPERATURA / ASTM D7012-14					
PROYECTO :		ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"		N° DE SONDAJE : VM-BA-PG-262	
UBICACIÓN :		LIMA - BARRANCA		FECHA DE ENSAYO 12/05/2025	
CLIENTE :		CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE		COORDENADA NORTE 8712067	
				COORDENADA ESTE 266408	
CODIGO DE SONDAJE :		S-RP-II-14	N° DE ESTRATO :	E-8	TEC.RESPONSABLE : TANIA BAIGORREA
PROF. (m) :		96.60-104.20 m	IDENTIFICACION :	102.00-103.50 m	SUPERVISADO POR : GINO LLAMOCCA

TENSION AXIAL	TENSION LATERAL	Esfuerzo (MPa)
0.000109	-0.000027	5
0.000160	-0.000042	8
0.000211	-0.000059	11
0.000269	-0.000080	14
0.000327	-0.000104	17
0.000385	-0.000131	19
0.000465	-0.000160	22
0.000537	-0.000193	25
0.000610	-0.000223	28
0.000683	-0.000252	30
0.000763	-0.000282	33
0.000842	-0.000312	36
0.000930	-0.000342	38
0.001017	-0.000371	41
0.001104	-0.000408	44
0.001206	-0.000453	47
0.001322	-0.000527	50
0.001438	-0.000609	50



POISSON RATIO	0.20
YOUNG'S MODULUS (70%) (MPa)	49,741

PROPIEDADES FISICAS

ASTM D 6473 / MTC E 206 / ASTM D 22216

PROYECTO	: ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"
UBICACIÓN	: LIMA - BARRANCA
CLIENTE	: CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE
CÓDIGO DE SONDAJE	: S-RP-II-14
N° DE ESTRATO	: E-9
IDENTIFICACIÓN	: 115.00-117.50 m
N° SONDAJE	: VM-BA-PG-263
FECHA DE ENSAYO	: 12/05/2025
PROF.(m)	: 104.20-121.10 m
TEC.RESPONSABLE	: TANIA BAIGORREA
SUPERVISADO POR	: GINO LLAMOCCA

GRAVEDAD ESPECIFICA-ABSORCION-POROSIDAD

N° de ensayo	1	2	3	
Peso de la roca seca	1337.5	734.0	1002.0	PROMEDIO
Peso de la roca saturada superficialmente seca (s.s.s.) (g)	1338.0	735.0	1003.5	
Peso de la roca sumergida	870.5	478.0	612.5	
Absorción (%)	0.04	0.14	0.15	0.11
Gravedad específica nominal	2.86	2.86	2.56	2.76
Gravedad específica nominal (s.s.s.)	2.86	2.86	2.57	2.76
Gravedad específica aparente	2.86	2.87	2.57	2.77
Porosidad (%)	0.10	0.36	0.40	0.29

Masa del recipiente	150.2
Masa humeda +recipiente	885.6
Masa seca +recipiente	884.2
Humedad (%)	0.2

OBSERVACIONES:

La roca ensayada es una Diorita con intrusiones de calcita, denominada en este caso como Roca muy dura

PESO VOLUMETRICO DEL SUELO / ROCA
NTP 339.139 / ASTM D 2937

PROYECTO	ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"		
UBICACIÓN	LIMA - BARRANCA	N° SONDAJE	VM-BA-PG-263
CLIENTE	CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE	FECHA DE ENSAYO	12/05/2025
CÓDIGO DE SONDAJE	:	S-RP-II-14	PROF.(m) 104.20-121.10 m
N° DE ESTRATO	:	E-9	TEC.RESPONSABLE : TANIA BAIGORREA
IDENTIFICACIÓN	:	115.00-117.50 m	SUPERVISADO POR : GINO LLAMOCCA

METODO		Marque (X)
I	Método del desplazamiento de agua	
II	Método de inmersión en agua	X

PROCESO/ DESCRIPCION			1	2
A	Peso de la muestra de suelo	g	1,424.70	951.40
B	Peso de la muestra de suelo + parafina	g	1,443.50	967.50
C	Peso de la parafina	g	18.80	16.10
D	Densidad de la parafina	g/cm ³	0.87	0.87
G	Volumen de la parafina	cm ³	21.61	18.51
H	Mét. I	Lectura inicial (agua)	cm ³	500.00
I		Lectura final (agua + muestra con parafina)	cm ³	555.00
F	Mét. II	Peso sumergido de la muestra de suelo + parafina en el agua	g	924.60
K	Vmuestra + Vparafina = Pm+Pp-Psum		cm ³	518.90
L	Volumen de la muestra de suelo		cm ³	497.29
M	Peso volumetrico de masa		g/cm ³	2.865
N	Contenido de humedad		%	7.5
O	Densidad seca del espécimen		g/cm ³	2.646

Densidad seca del espécimen	g/cm3	2.655
------------------------------------	--------------	--------------

OBSERVACIONES:

La roca ensayada es una Diorita con intrusiones de calcita, denominada en este caso como Roca muy dura

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO	25/07/2024
		Versión: 01
		0484

ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE EN ROCA
(ASTM D 2938)

PROYECTO	:	ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"		
UBICACIÓN	:	LIMA - BARRANCA	Nº SONDAJE :	VM-BA-PG-263
CLIENTE	:	CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE	FECHA DE ENSAYO :	12/05/2025
CÓDIGO DE SONDAJE	:	S-RP-II-14	PROF.(m)	: 104.20-121.10 m
Nº DE ESTRATO	:	E-9	TEC.RESPONSABLE	: TANIA BAIGORREA
IDENTIFICACIÓN	:	115.00-117.50 m	SUPERVISADO POR	: GINO LLAMOCCA

Perforación Nº	L (mm)	D (mm)	A (mm²)	R L/D	F. Máxima (KN)	Esfuerzo (MPa)
1	125	62.5	3067.96	2.00	425.78	139
2	125	62.5	3067.96	2.00	428.12	140
3	125	62.5	3067.96	2.00	423.59	138

ANTES



DESPUES



OBSERVACIONES:

La roca ensayada es una Diorita con intrusiones de calcita, denominada en este caso como Roca muy dura

.....

.....

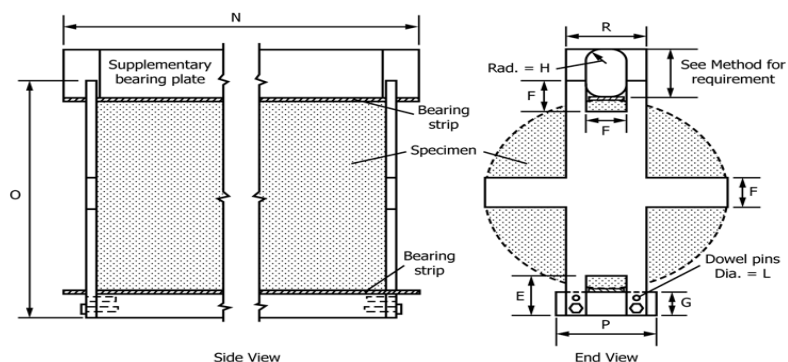
.....

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL - MÉTODO BRASILEÑO / ASTM D3967-16

PROYECTO	: ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"	N° DE SONDAGE :	VM-BA-PG-263
UBICACIÓN	: LIMA - BARRANCA	FECHA DE ENSAYO	12/05/2025
CLIENTE	: CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE	COORDENADA NORTE	8712067
		COORDENADA ESTE	266408

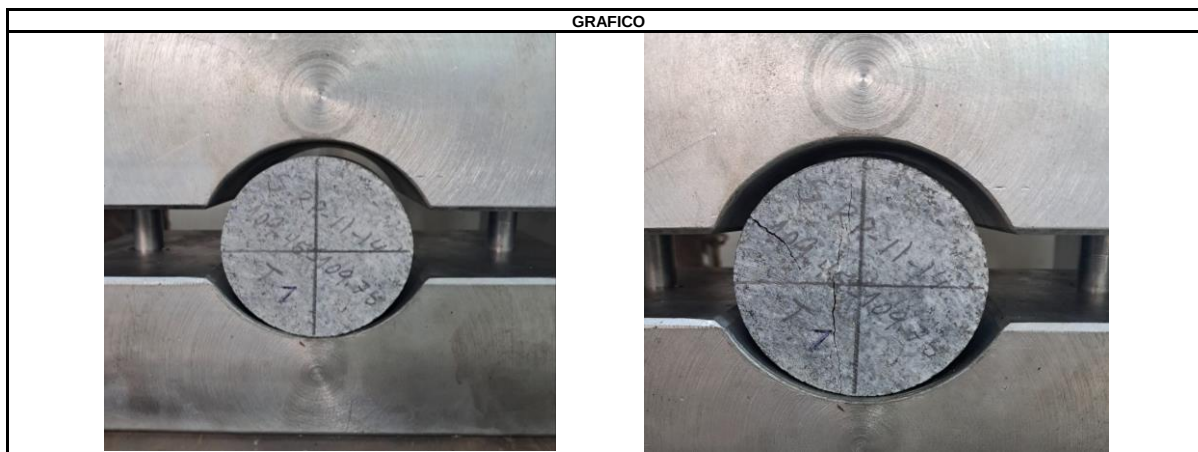
CODIGO DE SONDAGE :	S-RP-II-14	N° DE ESTRATO :	E-9	TEC.RESPONSABLE :	TANIA BAIGORREA
PROF. (m) :	104.20-121.10 m	IDENTIFICACION :	115.00-117.50 m	SUPERVISADO POR :	GINO LLAMOCCA

TIPO DE ROCA	LONGITUD (mm)	DIAMETRO (mm)	CARGA MÁXIMA P (N)	TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL (MPa)
DIORITA	33.25	66.5	23224	4.25



$$\sigma_t = \frac{2P}{\pi DL}$$

σ_t = Resistencia a la tracción por hendidura, MPa (psi).
P = Carga máxima aplicada indicada por la prueba máquina, N.
D = Espesor de la muestra, mm (o pulg.).
L = Diámetro de la muestra, mm (o pulg.).



OBSERVACIONES:

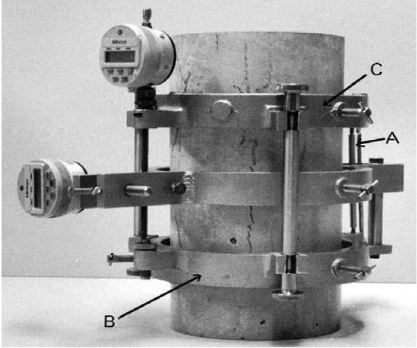
Muestras provistas E identificadas por el solicitante

Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo

La roca ensayada es una Diorita con intrusiones de calcita, denominada en este caso como Roca muy dura

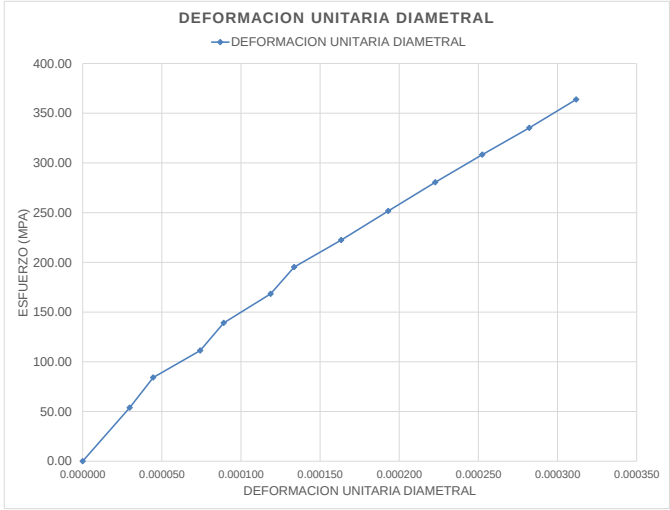
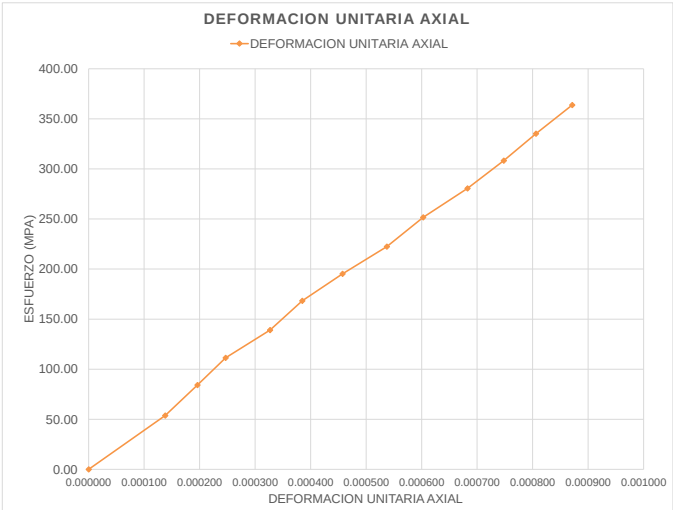
VM CONSULTORES DE INGENIERÍA S.A.				26/07/2024		
				Versión: 01		
				FP		
ENSAYO ESTANDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y MODULOS ELASTICOS DE MUESTRAS DE NUCLEOS DE ROCA INTACTAS EN DIFERENTES ESTADOS DE TENSION Y TEMPERATURA / ASTM D7012-14						
PROYECTO	:	ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"		N° DE SONDAJE :	VM-BA-PG-263	
UBICACIÓN	:	LIMA - BARRANCA		FECHA DE ENSAYO	12/05/2025	
CLIENTE	:	CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE		COORDENADA NORTE	8712067	
				COORDENADA ESTE	266408	
CODIGO DE SONDAJE :		S-RP-II-14	N° DE ESTRATO :	E-9	TEC.RESPONSABLE :	TANIA BAIGORREA
PROF. (m) :		104.20-121.10 m	IDENTIFICACION :	115.00-117.50 m	SUPERVISADO POR :	GINO LLAMOCCA

Deformación unitaria Axial	Deformación unitaria Diametral	Esfuerzo MPA
0.000138	0.000030	53.82
0.000196	0.000045	84.16
0.000247	0.000074	111.36
0.000327	0.000089	139.13
0.000385	0.000119	168.33
0.000458	0.000134	195.24
0.000537	0.000163	222.43
0.000603	0.000193	251.63
0.000683	0.000223	280.55
0.000748	0.000252	308.31
0.000806	0.000282	335.22
0.000871	0.000312	363.85



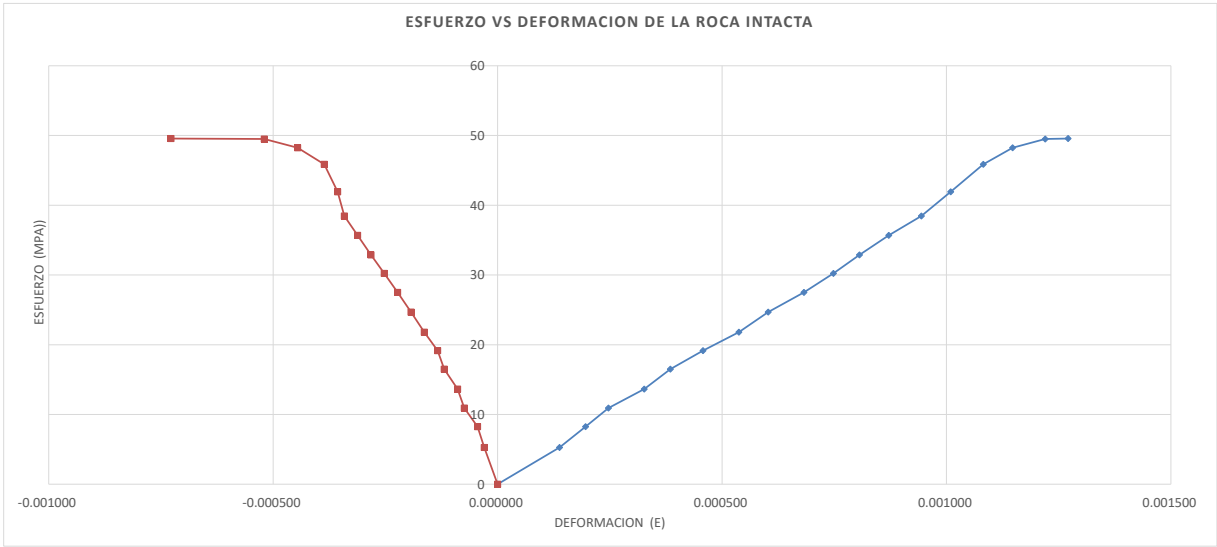
- A Transductores de desplazamiento
B Compresores cilíndricos de resistencia
C Transformador diferencial de variación lineal

RESULTADOS DE LA CTE. ELASTICA Y ESFUERZO A COMPRESION DE LA ROCA	
Cte. Elás. fc Ult.	41,937
Esfuerzo a comp. (MPa)	119.57
RESISTENCIA AL ESFUERZO DE LA ROCA AL 70 %	



VM CONSULTORES DE INGENIERÍA S.A.				26/07/2024		
				Versión: 01		
				FP		
ENSAYO ESTANDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y MODULOS ELASTICOS DE MUESTRAS DE NUCLEOS DE ROCA INTACTAS EN DIFERENTES ESTADOS DE TENSION Y TEMPERATURA / ASTM D7012-14						
PROYECTO	:	ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"		N° DE SONDAJE :	VM-BA-PG-263	
UBICACIÓN	:	LIMA - BARRANCA		FECHA DE ENSAYO	12/05/2025	
CLIENTE	:	CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE		COORDENADA NORTE	8712067	
				COORDENADA ESTE	266408	
CODIGO DE SONDAJE :		S-RP-II-14	N° DE ESTRATO :	E-9	TEC.RESPONSABLE :	TANIA BAIGORREA
PROF. (m) :		104.20-121.10 m	IDENTIFICACION :	115.00-117.50 m	SUPERVISADO POR :	GINO LLAMOCCA

TENSION AXIAL	TENSION LATERAL	Esfuerzo (MPa)
0.000138	-0.000030	5
0.000196	-0.000045	8
0.000247	-0.000074	11
0.000327	-0.000089	14
0.000385	-0.000119	17
0.000458	-0.000134	19
0.000537	-0.000163	22
0.000603	-0.000193	25
0.000683	-0.000223	28
0.000748	-0.000252	30
0.000806	-0.000282	33
0.000871	-0.000312	36
0.000944	-0.000342	38
0.001009	-0.000356	42
0.001082	-0.000386	46
0.001147	-0.000445	48
0.001220	-0.000520	49
0.001271	-0.000728	50



POISSON RATIO	0.18
YOUNG'S MODULUS (70%) (MPa)	44,971

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO	25/07/2024
		Versión: 01
		0484

PROPIEDADES FISICAS ASTM D 6473 / MTC E 206 / ASTM D 22216

PROYECTO	: ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"	N° SONDAJE	: VM-BA-PG-472
UBICACIÓN	: LIMA - BARRANCA	FECHA DE ENSAYO	: 2/06/2025
CLIENTE	: CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE		
CÓDIGO DE SONDAJE	: S-RP-II-15	PROF.(m)	: 82.80-97.10 m
N° DE ESTRATO	: E-8	TEC.RESPONSABLE	: TANIA BAIGORREA
IDENTIFICACIÓN	: 84.50-86.30 m	SUPERVISADO POR	: GINO LLAMOCCA

GRAVEDAD ESPECIFICA-ABSORCION-POROSIDAD				
N° de ensayo	1	2	3	PROMEDIO
Peso de la roca seca	759.0	814.0	902.5	
Peso de la roca saturada superficialmente seca (s.s.s.) (g)	761.5	816.5	905.5	
Peso de la roca sumergida	406.0	305.0	275.0	
Absorción (%)	0.33	0.31	0.33	0.32
Gravedad específica nominal	2.14	1.59	1.43	1.72
Gravedad específica nominal (s.s.s.)	2.14	1.60	1.44	1.72
Gravedad específica aparente	2.15	1.60	1.44	1.73
Porosidad (%)	0.84	0.78	0.85	0.82

Masa del recipiente	150.2
Masa húmeda +recipiente	966.3
Masa seca +recipiente	964.2
Humedad (%)	0.3

OBSERVACIONES:

La roca ensayada es una Gabrodiorita con intrusiones de (Calcita,óxidos), denominada en este caso como Roca dura

.....

.....

.....

PESO VOLUMETRICO DEL SUELO / ROCA
NTP 339.139 / ASTM D 2937

PROYECTO	ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"		
UBICACIÓN	LIMA - BARRANCA	N° SONDAJE	VM-BA-PG-472
CLIENTE	CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE	FECHA DE ENSAYO	2/06/2025
CÓDIGO DE SONDAJE	:	S-RP-II-15	PROF.(m) 82.80-97.10 m
N° DE ESTRATO	:	E-8	TEC.RESPONSABLE : TANIA BAIGORREA
IDENTIFICACIÓN	:	84.50-86.30 m	SUPERVISADO POR : GINO LLAMOCCA

METODO		Marque (X)
I	Método del desplazamiento de agua	
II	Método de inmersión en agua	X

PROCESO/ DESCRIPCION			1	2
A	Peso de la muestra de suelo	g	612.50	714.20
B	Peso de la muestra de suelo + parafina	g	617.20	719.20
C	Peso de la parafina	g	4.70	5.00
D	Densidad de la parafina	g/cm ³	0.87	0.87
G	Volumen de la parafina	cm ³	5.40	5.75
H	Mét. I	Lectura inicial (agua)	cm ³	500.00
I		Lectura final (agua + muestra con parafina)	cm ³	555.00
F	Mét. II	Peso sumergido de la muestra de suelo + parafina en el agua	g	388.00
K	Vmuestra + Vparafina = Pm+Pp-Psum		cm ³	229.20
L	Volumen de la muestra de suelo		cm ³	223.80
M	Peso volumetrico de masa		g/cm ³	2.737
N	Contenido de humedad		%	7.5
O	Densidad seca del espécimen		g/cm ³	2.546

Densidad seca del espécimen	g/cm3	2.548
------------------------------------	--------------	--------------

OBSERVACIONES:

La roca ensayada es una Gabrodiorita con intrusiones de (Calcita,oxidos), denominada en este caso como Roca dura

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO	25/07/2024
		Versión: 01
		0484

ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE EN ROCA

(ASTM D 2938)

PROYECTO	:	ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"			
UBICACIÓN	:	LIMA - BARRANCA	Nº SONDAJE :	VM-BA-PG-472	
CLIENTE	:	CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE	FECHA DE ENSAYO :	2/06/2025	
CÓDIGO DE SONDAJE	:	S-RP-II-15	PROF.(m)	:	82.80-97.10 m
Nº DE ESTRATO	:	E-8	TEC.RESPONSABLE	:	TANIA BAIGORREA
IDENTIFICACIÓN	:	84.50-86.30 m	SUPERVISADO POR	:	GINO LLAMOCCA

Perforación Nº	L (mm)	D (mm)	A (mm ²)	R L/D	F. Máxima (KN)	Esfuerzo (MPA)
1	128	63.9	3206.95	2.00	312.50	97
2	128	63.9	3206.95	2.00	315.62	98
3	128	63.9	3206.95	2.00	309.47	96

ANTES



DESPUES



OBSERVACIONES:

La roca ensayada es una Gabrodiorita con intrusiones de (Calcita,oxidos), denominada en este caso como Roca dura

.....

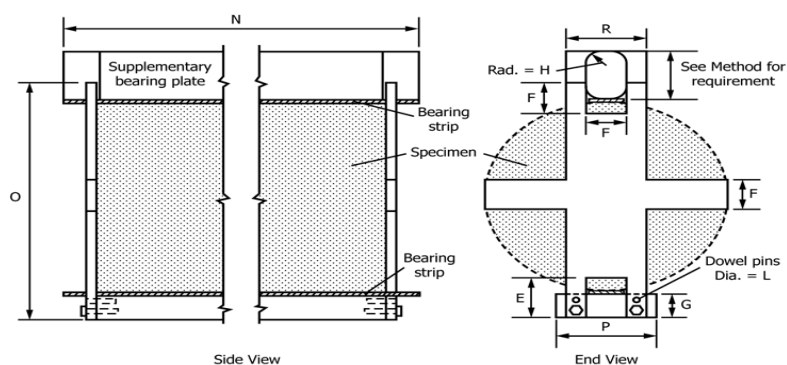
.....

.....

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL - MÉTODO BRASILEÑO / ASTM D3967-16

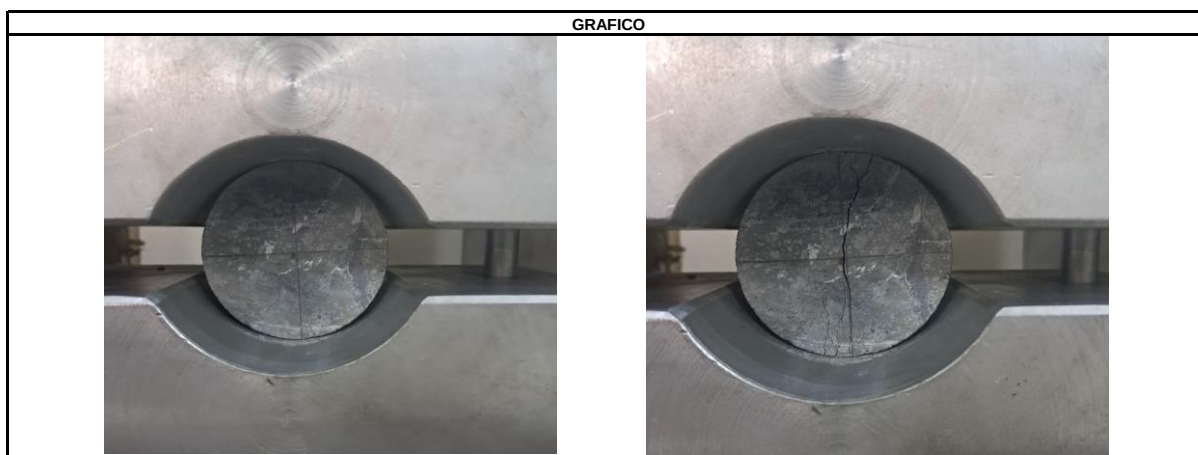
PROYECTO	: ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"	Nº DE SONDAJE :	VM-BA-PG-472
UBICACIÓN	: LIMA - BARRANCA	FECHA DE ENSAYO	2/06/2025
CLIENTE	: CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE	COORDENADA NORTE	8714143
		COORDENADA ESTE	265523
CODIGO DE SONDAJE :	S-RP-II-15	Nº DE ESTRATO :	E-8
TEC.RESPONSABLE :		TANIA BAIGORREA	
PROF. (m) :	82.80-97.10 m	IDENTIFICACION :	84.50-86.30 m
SUPERVISADO POR :		GINO LLAMOCCA	

TIPO DE ROCA	LONGITUD (mm)	DIAMETRO (mm)	CARGA MÁXIMA P (N)	TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL (MPa)
GABRODIORITA	33.25	66.5	27561	5.05



$$\sigma_t = \frac{2P}{\pi DL}$$

σ_t = Resistencia a la tracción por hendidura, MPa (psi).
P = Carga máxima aplicada indicada por la prueba máquina, N.
D = Espesor de la muestra, mm (o pulg.).
L = Diámetro de la muestra, mm (o pulg.).



OBSERVACIONES:

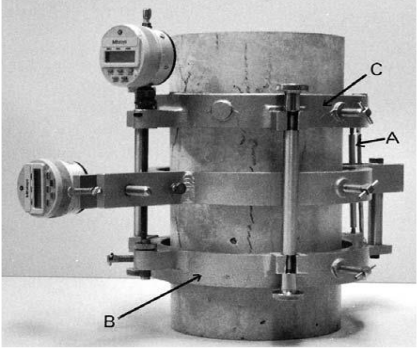
Muestras provistas E identificadas por el solicitante

Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo

La roca ensayada es una Gabrodiorita con intrusiones de (Calcita,óxidos), denominada en este caso como Roca dura

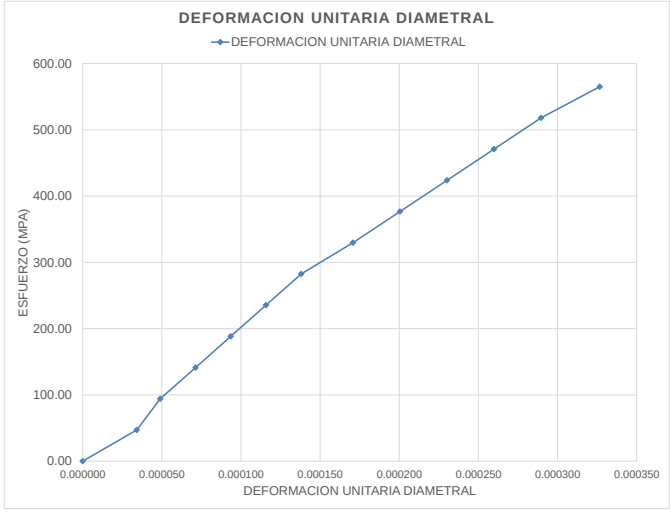
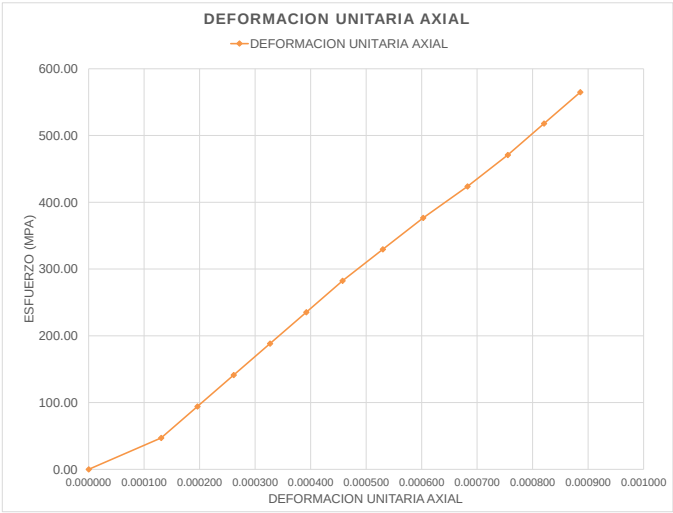
VMCONSULTORES DE INGENIERÍA S.A.				26/07/2024		
				Versión: 01		
				FP		
ENSAYO ESTANDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y MODULOS ELASTICOS DE MUESTRAS DE NUCLEOS DE ROCA INTACTAS EN DIFERENTES ESTADOS DE TENSION Y TEMPERATURA / ASTM D7012-14						
PROYECTO	:	ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"		N° DE SONDAJE :	VM-BA-PG-472	
UBICACIÓN	:	LIMA - BARRANCA		FECHA DE ENSAYO	2/06/2025	
CLIENTE	:	CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE		COORDENADA NORTE	8714143	
				COORDENADA ESTE	265523	
CODIGO DE SONDAJE :		S-RP-II-15	N° DE ESTRATO :	E-8	TEC.RESPONSABLE :	TANIA BAIGORREA
PROF. (m) :		82.80-97.10 m	IDENTIFICACION :	84.50-86.30 m	SUPERVISADO POR :	GINO LLAMOCCA

Deformación unitaria Axial	Deformación unitaria Diametral	Esfuerzo MPA
0.000131	0.000034	47.08
0.000196	0.000049	94.17
0.000261	0.000071	141.25
0.000327	0.000094	188.34
0.000392	0.000116	235.42
0.000458	0.000138	282.51
0.000530	0.000171	329.59
0.000603	0.000200	376.67
0.000683	0.000230	423.76
0.000755	0.000260	470.84
0.000821	0.000290	517.93
0.000886	0.000327	565.01



- A Transductores de desplazamiento
B Compresores cilíndricos de resistencia
C Transformador diferencial de variación lineal

RESULTADOS DE LA CTE. ELASTICA Y ESFUERZO A COMPRESION DE LA ROCA	
Cte. Elás. fc Ult.	43,674
Esfuerzo a comp. (MPa)	87.76
RESISTENCIA AL ESFUERZO DE LA ROCA AL 70 %	



VM CONSULTORES DE INGENIERÍA S.A.				26/07/2024	
				Versión: 01	
				FP	
ENSAYO ESTANDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y MODULOS ELASTICOS DE MUESTRAS DE NUCLEOS DE ROCA INTACTAS EN DIFERENTES ESTADOS DE TENSION Y TEMPERATURA / ASTM D7012-14					
PROYECTO		:	ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"		
UBICACIÓN		:	LIMA - BARRANCA		N° DE SONDAJE : VM-BA-PG-472
CLIENTE		:	CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE		FECHA DE ENSAYO 2/06/2025
					COORDENADA NORTE 8714143
					COORDENADA ESTE 265523
CODIGO DE SONDAJE :		S-RP-II-15		N° DE ESTRATO :	E-8
TEC.RESPONSABLE :		TANIA BAIGORREA			
PROF. (m) :		82.80-97.10 m		IDENTIFICACION :	84.50-86.30 m
SUPERVISADO POR :		GINO LLAMOCCA			

TENSION AXIAL	TENSION LATERAL	Esfuerzo (MPa)
0.000131	-0.000034	5
0.000196	-0.000049	9
0.000261	-0.000071	14
0.000327	-0.000094	18
0.000392	-0.000116	23
0.000458	-0.000138	28
0.000530	-0.000171	32
0.000603	-0.000200	37
0.000683	-0.000230	42
0.000755	-0.000260	46
0.000821	-0.000290	51
0.000886	-0.000327	55
0.000959	-0.000356	60
0.001031	-0.000393	65
0.001140	-0.000438	69
0.001249	-0.000497	74
0.001394	-0.000557	78
0.001634	-0.000705	83



POISSON RATIO	0.20
YOUNG'S MODULUS (70%) (MPa)	40,123

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO	25/07/2024
		Versión: 01
		0484

PROPIEDADES FISICAS ASTM D 6473 / MTC E 206 / ASTM D 22216

PROYECTO	: ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"	N° SONDAJE	: VM-BA-PG-473
UBICACIÓN	: LIMA - BARRANCA	FECHA DE ENSAYO	: 2/06/2025
CLIENTE	: CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE		
CÓDIGO DE SONDAJE	: S-RP-II-15	PROF.(m)	: 97.10-108.30 m
N° DE ESTRATO	: E-9	TEC.RESPONSABLE	: TANIA BAIGORREA
IDENTIFICACIÓN	: 101.40-103.10 m	SUPERVISADO POR	: GINO LLAMOCCA

GRAVEDAD ESPECIFICA-ABSORCION-POROSIDAD				
N° de ensayo	1	2	3	PROMEDIO
Peso de la roca seca	815.6	905.5	982.0	
Peso de la roca saturada superficialmente seca (s.s.s.) (g)	817.0	907.5	984.5	
Peso de la roca sumergida	516.0	573.0	623.0	
Absorción (%)	0.17	0.22	0.25	0.22
Gravedad específica nominal	2.71	2.71	2.72	2.71
Gravedad específica nominal (s.s.s.)	2.71	2.71	2.72	2.72
Gravedad específica aparente	2.72	2.72	2.74	2.73
Porosidad (%)	0.42	0.54	0.63	0.53

Masa del recipiente	150.2
Masa húmeda +recipiente	1057.5
Masa seca +recipiente	1055.7
Humedad (%)	0.2

OBSERVACIONES:

La roca ensayada es una Gabrodiorita con intrusiones de (Calcita,óxidos), denominada en este caso como Roca muy dura

PESO VOLUMETRICO DEL SUELO / ROCA
NTP 339.139 / ASTM D 2937

PROYECTO	ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"		
UBICACIÓN	LIMA - BARRANCA	N° SONDAJE	VM-BA-PG-473
CLIENTE	CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE	FECHA DE ENSAYO	2/06/2025
CÓDIGO DE SONDAJE	:	S-RP-II-15	PROF.(m) 97.10-108.30 m
N° DE ESTRATO	:	E-9	TEC.RESPONSABLE : TANIA BAIGORREA
IDENTIFICACIÓN	:	101.40-103.10 m	SUPERVISADO POR : GINO LLAMOCCA

METODO		Marque (X)
I	Método del desplazamiento de agua	
II	Método de inmersión en agua	X

PROCESO/ DESCRIPCION			1	2
A	Peso de la muestra de suelo	g	523.50	654.30
B	Peso de la muestra de suelo + parafina	g	533.10	662.50
C	Peso de la parafina	g	9.60	8.20
D	Densidad de la parafina	g/cm³	0.87	0.87
G	Volumen de la parafina	cm³	11.03	9.43
H	Mét. I	Lectura inicial (agua)	cm³	500.00
I		Lectura final (agua + muestra con parafina)	cm³	555.00
F	Mét. II	Peso sumergido de la muestra de suelo + parafina en el agua	g	325.00
K	$V_{muestra} + V_{parafina} = P_m + P_p - P_{sum}$		cm³	208.10
L	Volumen de la muestra de suelo		cm³	197.07
M	Peso volumetrico de masa		g/cm³	2.656
N	Contenido de humedad		%	7.5
O	Densidad seca del espécimen		g/cm³	2.471

Densidad seca del espécimen	g/cm3	2.467
------------------------------------	--------------	--------------

OBSERVACIONES:

La roca ensayada es una Gabrodiorita con intrusiones de (Calcita,oxidos), denominada en este caso como Roca muy dura

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO	25/07/2024
		Versión: 01
		0484

ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE EN ROCA
(ASTM D 2938)

PROYECTO	:	ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"		
UBICACIÓN	:	LIMA - BARRANCA	Nº SONDAJE :	VM-BA-PG-473
CLIENTE	:	CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE	FECHA DE ENSAYO :	2/06/2025
CÓDIGO DE SONDAJE	:	S-RP-II-15	PROF.(m)	: 97.10-108.30 m
Nº DE ESTRATO	:	E-9	TEC.RESPONSABLE	: TANIA BAIGORREA
IDENTIFICACIÓN	:	101.40-103.10 m	SUPERVISADO POR	: GINO LLAMOCCA

Perforación Nº	L (mm)	D (mm)	A (mm²)	R L/D	F. Máxima (KN)	Esfuerzo (MPA)
1	128	63.9	3206.95	2.00	355.23	111
2	128	63.9	3206.95	2.00	350.11	109
3	128	63.9	3206.95	2.00	359.02	112

ANTES

DESPUES



OBSERVACIONES:

La roca ensayada es una Gabrodiorita con intrusiones de (Calcita,oxidos), denominada en este caso como Roca muy dura

.....

.....

.....

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL - MÉTODO BRASILEÑO / ASTM D3967-16

PROYECTO : ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"

UBICACIÓN : LIMA - BARRANCA

CLIENTE : CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE

Nº DE SONDAJE : VM-BA-PG-473

FECHA DE ENSAYO : 2/06/2025

COORDENADA NORTE : 8714143

COORDENADA ESTE : 265523

CODIGO DE SONDAJE : S-RP-II-15

Nº DE ESTRATO : E-9

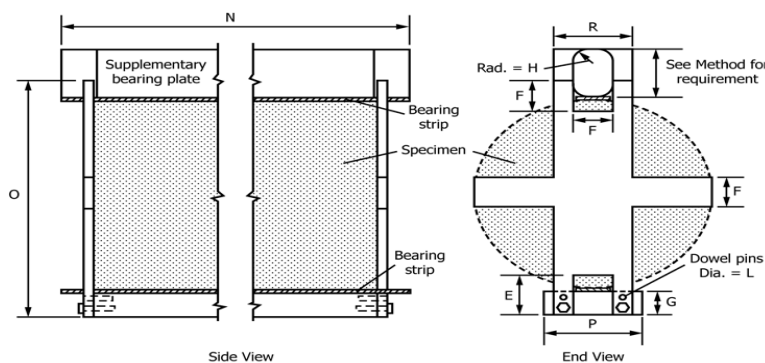
TEC.RESPONSABLE : TANIA BAIGORREA

PROF. (m) : 97.10-108.30 m

IDENTIFICACION : 101.40-103.10 m

SUPERVISADO POR : GINO LLAMOCCA

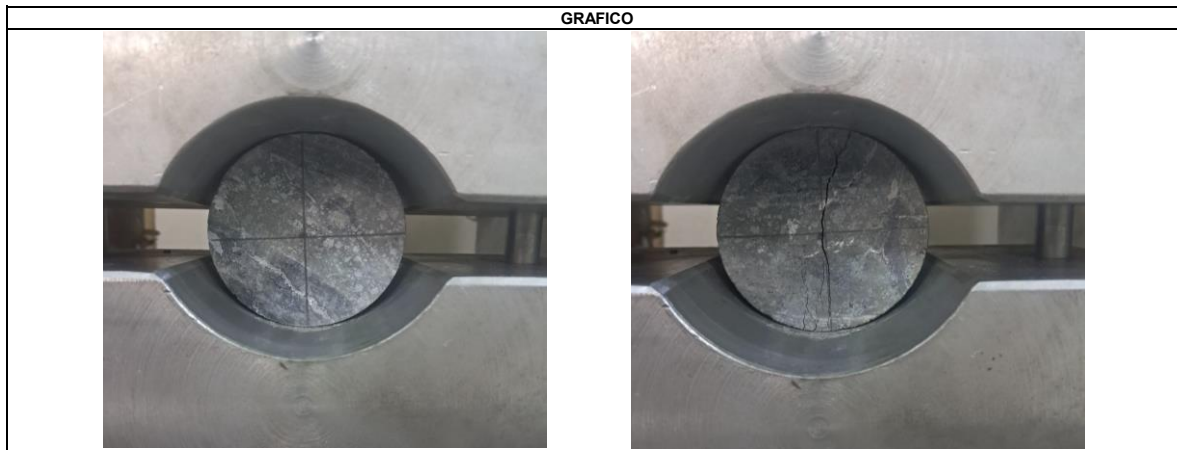
TIPO DE ROCA	LONGITUD (mm)	DIAMETRO (mm)	CARGA MÁXIMA P (N)	TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL (MPa)
GABRODIORITA	33.25	66.5	33257	6.09



$$\sigma_t = \frac{2P}{\pi DL}$$

st= Resistencia a la tracción por hendidura, MPa (psi).
P = Carga máxima aplicada indicada por la prueba máquina, N.
D = Espesor de la muestra, mm (o pulg.).
L = Diámetro de la muestra, mm (o pulg.).

GRAFICO



OBSERVACIONES:

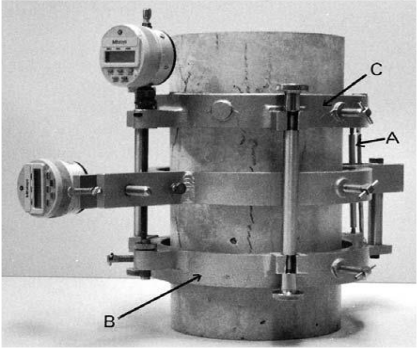
Muestras provistas E identificadas por el solicitante

Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo

La roca ensayada es una Gabrodiorita con intrusiones de (Calcita,óxidos), denominada en este caso como Roca muy dura

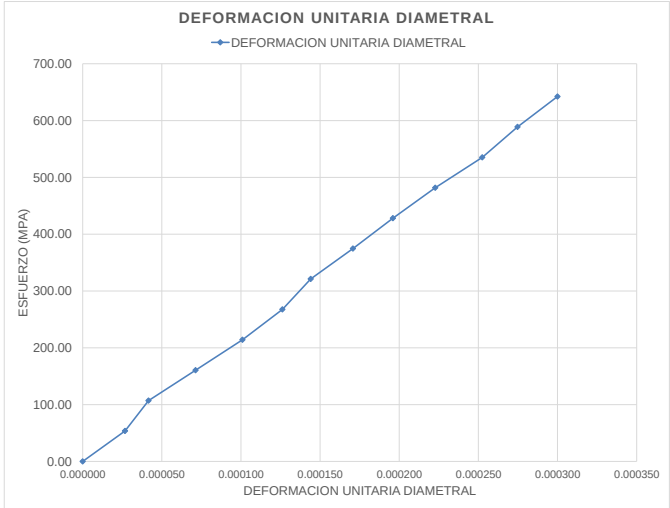
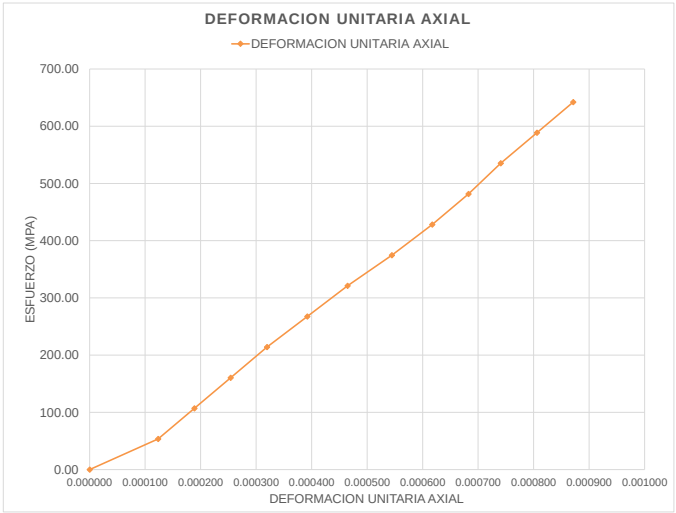
VMCONSULTORES DE INGENIERÍA S.A.				26/07/2024	
				Versión: 01	
				FP	
ENSAYO ESTANDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y MODULOS ELASTICOS DE MUESTRAS DE NUCLEOS DE ROCA INTACTAS EN DIFERENTES ESTADOS DE TENSION Y TEMPERATURA / ASTM D7012-14					
PROYECTO	:	ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"			
UBICACIÓN	:	LIMA - BARRANCA	N° DE SONDAJE :		VM-BA-PG-473
CLIENTE	:	CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE	FECHA DE ENSAYO		2/06/2025
			COORDENADA NORTE		8714143
			COORDENADA ESTE		265523
CODIGO DE SONDAJE :		S-RP-II-15	N° DE ESTRATO :		E-9
TEC.RESPONSABLE :		TANIA BAIGORREA			
PROF. (m) :	97.10-108.30 m	IDENTIFICACION :		SUPERVISADO POR :	GINO LLAMOCCA

Deformación unitaria Axial	Deformación unitaria Diametral	Esfuerzo MPA
0.000123	0.000027	53.52
0.000189	0.000042	107.04
0.000254	0.000071	160.57
0.000320	0.000101	214.09
0.000392	0.000126	267.61
0.000465	0.000144	321.13
0.000545	0.000171	374.66
0.000617	0.000196	428.18
0.000683	0.000223	481.70
0.000741	0.000252	535.22
0.000806	0.000275	588.74
0.000871	0.000300	642.27



- A Trasnductores de desplazamiento
- B Compresores cilindricos de resistencia
- C Transformador diferencial de variación lineal

RESULTADOS DE LA CTE. ELASTICA Y ESFUERZO A COMPRESION DE LA ROCA	
Cte. Elás. fc Ult.	49,684
Esfuerzo a comp. (MPa)	99.76
RESISTENCIA AL ESFUERZO DE LA ROCA AL 70 %	



VMCONSULTORES DE INGENIERÍA S.A.			26/07/2024	
			Versión: 01	
			FP	
ENSAYO ESTANDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y MODULOS ELASTICOS DE MUESTRAS DE NUCLEOS DE ROCA INTACTAS EN DIFERENTES ESTADOS DE TENSION Y TEMPERATURA / ASTM D7012-14				
PROYECTO	:	ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"		
UBICACIÓN	:	LIMA - BARRANCA	N° DE SONDAJE :	VM-BA-PG-473
CLIENTE	:	CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE	FECHA DE ENSAYO	2/06/2025
			COORDENADA NORTE	8714143
			COORDENADA ESTE	265523
CODIGO DE SONDAJE :	S-RP-II-15	N° DE ESTRATO :	E-9	TEC.RESPONSABLE : TANIA BAIGORREA
PROF. (m) :	97.10-108.30 m	IDENTIFICACION :	101.40-103.10 m	SUPERVISADO POR : GINO LLAMOCCA

TENSION AXIAL	TENSION LATERAL	Esfuerzo (MPa)
0.000123	-0.000027	5
0.000189	-0.000042	10
0.000254	-0.000071	16
0.000320	-0.000101	21
0.000392	-0.000126	26
0.000465	-0.000144	31
0.000545	-0.000171	37
0.000617	-0.000196	42
0.000683	-0.000223	47
0.000741	-0.000252	52
0.000806	-0.000275	58
0.000871	-0.000300	63
0.000937	-0.000356	68
0.001009	-0.000401	73
0.001075	-0.000431	79
0.001176	-0.000483	84
0.001271	-0.000549	89
0.001511	-0.000683	94



POISSON RATIO	0.22
YOUNG'S MODULUS (70%) (MPa)	48,665

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO	25/07/2024
		Versión: 01
		0484

PROPIEDADES FISICAS ASTM D 6473 / MTC E 206 / ASTM D 22216

PROYECTO	: ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"	N° SONDAJE	: VM-BA-PG-206
UBICACIÓN	: LIMA - BARRANCA	FECHA DE ENSAYO	: 23/04/2025
CLIENTE	: CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE		
CÓDIGO DE SONDAJE	: S-RP-II-16	PROF.(m)	: 48.10-50.70 m
N° DE ESTRATO	: E-5	TEC.RESPONSABLE	: TANIA BAIGORREA
IDENTIFICACIÓN	: 48.50-50.00 m	SUPERVISADO POR	: GINO LLAMOCCA

GRAVEDAD ESPECIFICA-ABSORCION-POROSIDAD				
N° de ensayo	1	2	3	PROMEDIO
Peso de la roca seca	1004.0	845.0	915.0	
Peso de la roca saturada superficialmente seca (s.s.s.) (g)	1037.0	871.0	942.0	
Peso de la roca sumergida	595.0	520.0	551.0	
Absorción (%)	3.18	2.99	2.87	3.01
Gravedad específica nominal	2.27	2.41	2.34	2.34
Gravedad específica nominal (s.s.s.)	2.35	2.48	2.41	2.41
Gravedad específica aparente	2.45	2.60	2.51	2.52
Porosidad (%)	7.83	7.33	7.03	7.40

Masa del recipiente	150.2
Masa húmeda +recipiente	998.3
Masa seca +recipiente	995.2
Humedad (%)	0.4

OBSERVACIONES:

La roca ensayada es una Tonalita con presencia de vetillas de calcita, denominada en este caso como Roca Moderadamente dura

PESO VOLUMETRICO DEL SUELO / ROCA
NTP 339.139 / ASTM D 2937

PROYECTO	ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"		
UBICACIÓN	LIMA - BARRANCA	N° SONDAJE	VM-BA-PG-206
CLIENTE	CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE	FECHA DE ENSAYO	23/04/2025
CÓDIGO DE SONDAJE	:	S-RP-II-16	PROF.(m) 48.10-50.70 m
N° DE ESTRATO	:	E-5	TEC.RESPONSABLE : TANIA BAIGORREA
IDENTIFICACIÓN	:	48.50-50.00 m	SUPERVISADO POR : GINO LLAMOCCA

METODO		Marque (X)
I	Método del desplazamiento de agua	
II	Método de inmersión en agua	X

PROCESO/ DESCRIPCION			1	2
A	Peso de la muestra de suelo	g	859.00	750.00
B	Peso de la muestra de suelo + parafina	g	871.00	765.00
C	Peso de la parafina	g	12.00	15.00
D	Densidad de la parafina	g/cm ³	0.87	0.87
G	Volumen de la parafina	cm ³	13.79	17.24
H	Mét. I	Lectura inicial (agua)	cm ³	500.00
I		Lectura final (agua + muestra con parafina)	cm ³	555.00
F	Mét. II	Peso sumergido de la muestra de suelo + parafina en el agua	g	523.00
K	Vmuestra + Vparafina = Pm+Pp-Psum		cm ³	348.00
L	Volumen de la muestra de suelo		cm ³	334.21
M	Peso volumetrico de masa		g/cm ³	2.570
N	Contenido de humedad		%	7.5
O	Densidad seca del espécimen		g/cm ³	2.375

Densidad seca del espécimen	g/cm3	2.383
------------------------------------	--------------	--------------

OBSERVACIONES:

La roca ensayada es una Tonalita con presencia de vetillas de calcita, denominada en este caso como Roca Moderadamente dura

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO	25/07/2024
		Versión: 01
		0484

ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE EN ROCA

(ASTM D 2938)

PROYECTO	:	ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"	N° SONDAJE :	VM-BA-PG-206
UBICACIÓN	:	LIMA - BARRANCA	FECHA DE ENSAYO :	23/04/2025
CLIENTE	:	CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE	PROF.(m)	48.10-50.70 m
CÓDIGO DE SONDAJE	:	S-RP-II-16	TEC.RESPONSABLE	TANIA BAIGORREA
N° DE ESTRATO	:	E-5	SUPERVISADO POR	GINO LLAMOCCA
IDENTIFICACIÓN	:	48.50-50.00 m		

Perforación N°	L (mm)	D (mm)	A (mm ²)	R L/D	F. Máxima (KN)	Esfuerzo (MPA)
1	125	62.5	3067.96	2.00	102.75	33
2	125	62.5	3067.96	2.00	103.45	34
3	125	62.5	3067.96	2.00	101.9	33

ANTES



DESPUES



OBSERVACIONES:

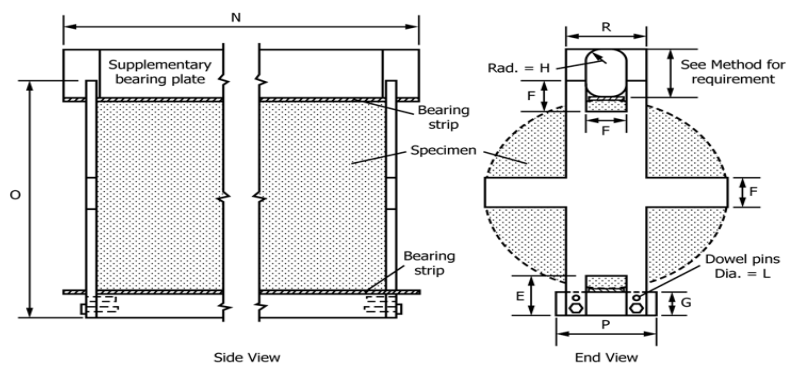
La roca ensayada es una Tonalita con presencia de vetillas de calcita, denominada en este caso como Roca Moderadamente dura

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL - MÉTODO BRASILEÑO / ASTM D3967-16

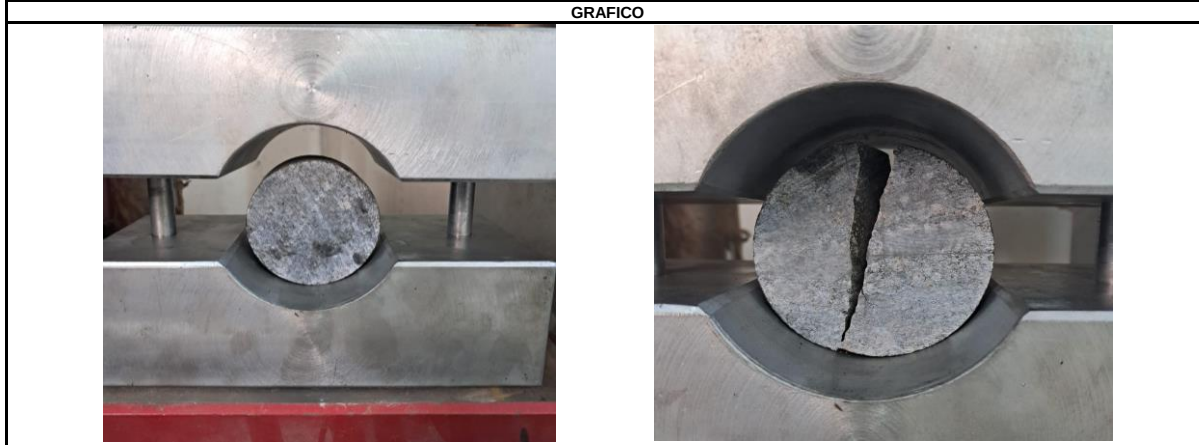
PROYECTO	: ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"	N° DE SONDAGE :	VM-BA-PG-206
UBICACIÓN	: LIMA - BARRANCA	FECHA DE ENSAYO	23/04/2025
CLIENTE	: CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE	COORDENADA NORTE	8716088
		COORDENADA ESTE	264631

CODIGO DE SONDAGE :	S-RP-II-16	N° DE ESTRATO :	E-5	TEC.RESPONSABLE :	TANIA BAIGORREA
PROF. (m) :	48.10-50.70 m	IDENTIFICACION :	48.50-50.00 m	SUPERVISADO POR :	GINO LLAMOCCA

TIPO DE ROCA	LONGITUD (mm)	DIAMETRO (mm)	CARGA MÁXIMA P (N)	TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL (MPa)
TONALITA	33.25	66.5	15115	2.77



GRAFICO



OBSERVACIONES:

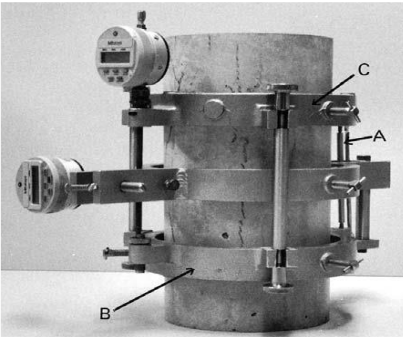
Muestras provistas E identificadas por el solicitante

Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo

La roca ensayada es una Tonalita con presencia de vetillas de calcita, denominada en este caso como Roca Moderadamente dura

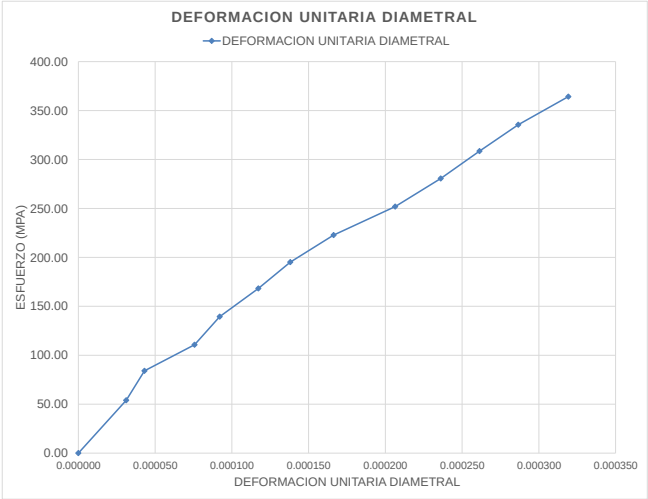
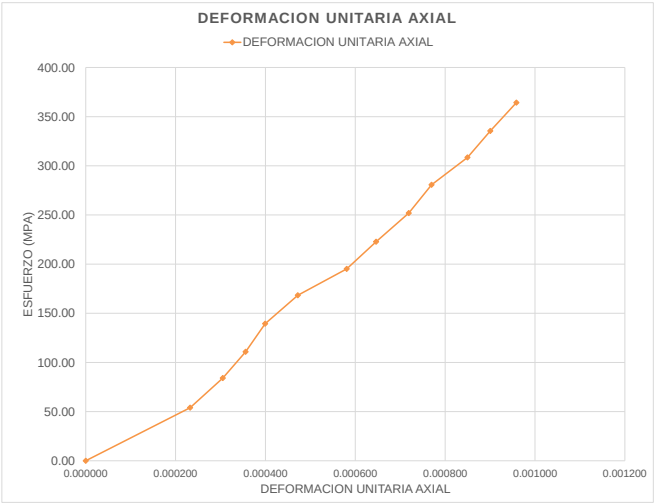
VMCONSULTORES DE INGENIERÍA S.A.		26/07/2024	
		Versión: 01	
		FP	
ENSAYO ESTANDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y MODULOS ELASTICOS DE MUESTRAS DE NUCLEOS DE ROCA INTACTAS EN DIFERENTES ESTADOS DE TENSION Y TEMPERATURA / ASTM D7012-14			
PROYECTO	:	ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"	
UBICACIÓN	:	LIMA - BARRANCA	N° DE SONDAJE : VM-BA-PG-206
CLIENTE	:	CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE	FECHA DE ENSAYO 23/04/2025
			COORDENADA NORTE 8716088
			COORDENADA ESTE 264631
CODIGO DE SONDAJE :	S-RP-II-16	N° DE ESTRATO :	E-5
TEC.RESPONSABLE :	TANIA BAIGORREA		
PROF. (m) :	48.10-50.70 m	IDENTIFICACION :	48.50-50.00 m
SUPERVISADO POR :	GINO LLAMOCCA		

Deformación unitaria Axial	Deformación unitaria Diametral	Esfuerzo MPA
0.000232	0.000031	54.00
0.000305	0.000043	84.09
0.000356	0.000076	110.80
0.000399	0.000092	139.42
0.000472	0.000117	168.28
0.000581	0.000138	195.12
0.000646	0.000166	222.81
0.000719	0.000206	251.86
0.000770	0.000236	280.64
0.000850	0.000261	308.52
0.000901	0.000287	335.50
0.000959	0.000319	364.27



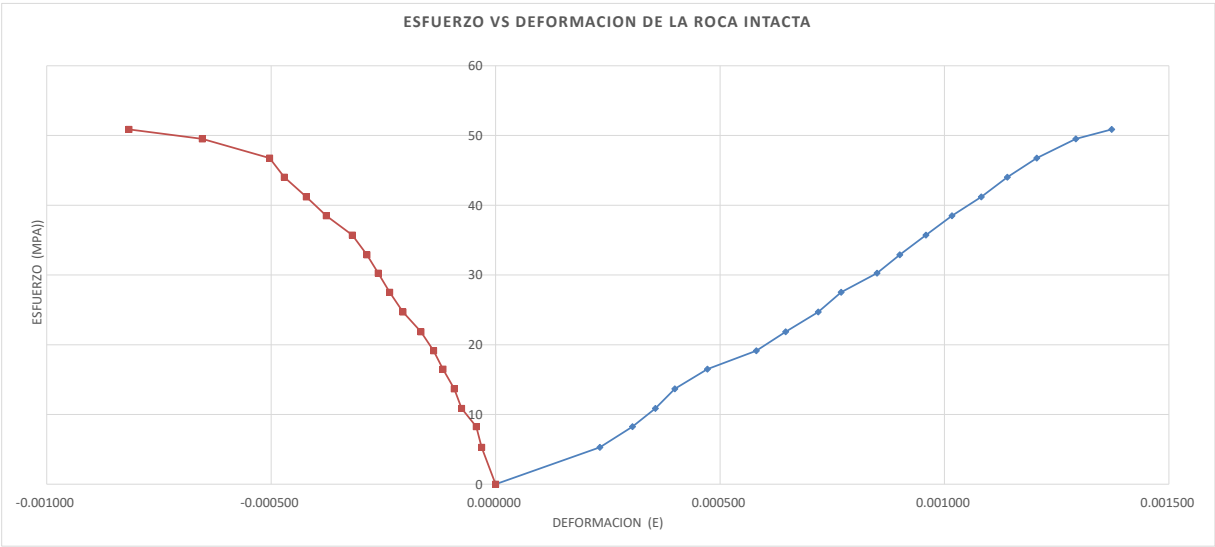
- A Trasnductores de desplazamiento
B Compresores cilindricos de resistencia
C Transformador diferencial de variación lineal

RESULTADOS DE LA CTE. ELASTICA Y ESFUERZO A COMPRESION DE LA ROCA	
Cte. Elás. fc Ult.	52,631
Esfuerzo a comp. (MPa)	28.86
RESISTENCIA AL ESFUERZO DE LA ROCA AL 70 %	



VM CONSULTORES DE INGENIERÍA S.A.				26/07/2024			
				Versión: 01			
				FP			
ENSAYO ESTANDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y MODULOS ELASTICOS DE MUESTRAS DE NUCLEOS DE ROCA INTACTAS EN DIFERENTES ESTADOS DE TENSION Y TEMPERATURA / ASTM D7012-14							
PROYECTO :		ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"		N° DE SONDAJE :		VM-BA-PG-206	
UBICACIÓN :		LIMA - BARRANCA		FECHA DE ENSAYO :		23/04/2025	
CLIENTE :		CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE		COORDENADA NORTE :		8716088	
				COORDENADA ESTE :		264631	
CODIGO DE SONDAJE :		S-RP-II-16	N° DE ESTRATO :	E-5	TEC.RESPONSABLE :		TANIA BAIGORREA
PROF. (m) :		48.10-50.70 m	IDENTIFICACION :	48.50-50.00 m	SUPERVISADO POR :		GINO LLAMOCCA

TENSION AXIAL	TENSION LATERAL	Esfuerzo (MPa)
0.000232	-0.000031	5
0.000305	-0.000043	8
0.000356	-0.000076	11
0.000399	-0.000092	14
0.000472	-0.000117	17
0.000581	-0.000138	19
0.000646	-0.000166	22
0.000719	-0.000206	25
0.000770	-0.000236	28
0.000850	-0.000261	30
0.000901	-0.000287	33
0.000959	-0.000319	36
0.001017	-0.000377	39
0.001082	-0.000422	41
0.001140	-0.000471	44
0.001206	-0.000503	47
0.001293	-0.000653	50
0.001373	-0.000817	51



POISSON RATIO	0.31
YOUNG'S MODULUS (70%) (MPa)	27,725

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO	25/07/2024
		Versión: 01
		0484

PROPIEDADES FISICAS ASTM D 6473 / MTC E 206 / ASTM D 22216

PROYECTO	: ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"	N° SONDAJE	: VM-BA-PG-212
UBICACIÓN	: LIMA - BARRANCA	FECHA DE ENSAYO	: 24/04/2025
CLIENTE	: CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE		
CÓDIGO DE SONDAJE	: S-RP-II-17	PROF.(m)	: 39.70-50.20 m
N° DE ESTRATO	: E-6	TEC.RESPONSABLE	: TANIA BAIGORREA
IDENTIFICACIÓN	: 47.10-49.90 m	SUPERVISADO POR	: GINO LLAMOCCA

GRAVEDAD ESPECIFICA-ABSORCION-POROSIDAD				
N° de ensayo	1	2	3	PROMEDIO
Peso de la roca seca	1026.0	956.0	1042.0	
Peso de la roca saturada superficialmente seca (s.s.s.) (g)	1027.0	958.0	1043.0	
Peso de la roca sumergida	687.0	608.0	694.0	
Absorción (%)	0.10	0.21	0.10	0.13
Gravedad específica nominal	3.02	2.73	2.99	2.91
Gravedad específica nominal (s.s.s.)	3.02	2.74	2.99	2.92
Gravedad específica aparente	3.03	2.75	2.99	2.92
Porosidad (%)	0.27	0.58	0.26	0.37

Masa del recipiente	150.2
Masa húmeda +recipiente	1108.5
Masa seca +recipiente	1106.2
Humedad (%)	0.2

OBSERVACIONES:

La roca ensayada es una Tonalita con intrusiones de grano medio a grueso, denominada en este caso como Roca muy dura

.....

.....

.....

PESO VOLUMETRICO DEL SUELO / ROCA
NTP 339.139 / ASTM D 2937

PROYECTO	ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"		
UBICACIÓN	LIMA - BARRANCA	N° SONDAJE	VM-BA-PG-212
CLIENTE	CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE	FECHA DE ENSAYO	24/04/2025
CÓDIGO DE SONDAJE	:	S-RP-II-17	PROF.(m) 39.70-50.20 m
N° DE ESTRATO	:	E-6	TEC.RESPONSABLE : TANIA BAIGORREA
IDENTIFICACIÓN	:	47.10-49.90 m	SUPERVISADO POR : GINO LLAMOCCA

METODO		Marque (X)
I	Método del desplazamiento de agua	
II	Método de inmersión en agua	X

PROCESO/ DESCRIPCION			1	2
A	Peso de la muestra de suelo	g	909.00	944.00
B	Peso de la muestra de suelo + parafina	g	923.00	966.00
C	Peso de la parafina	g	14.00	22.00
D	Densidad de la parafina	g/cm ³	0.87	0.87
G	Volumen de la parafina	cm ³	16.09	25.29
H	Mét. I	Lectura inicial (agua)	cm ³	500.00
I		Lectura final (agua + muestra con parafina)	cm ³	555.00
F	Mét. II	Peso sumergido de la muestra de suelo + parafina en el agua	g	608.00
K	Vmuestra + Vparafina = Pm+Pp-Psum		cm ³	315.00
L	Volumen de la muestra de suelo		cm ³	298.91
M	Peso volumetrico de masa		g/cm ³	3.041
N	Contenido de humedad		%	7.5
O	Densidad seca del espécimen		g/cm ³	2.829

Densidad seca del espécimen	g/cm³	2.758
------------------------------------	-------------------------	--------------

OBSERVACIONES:

La roca ensayada es una Tonalita con intrusiones de grano medio a grueso, denominada en este caso como Roca muy dura

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO	25/07/2024
		Versión: 01
		0484

ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE EN ROCA
(ASTM D 2938)

PROYECTO	:	ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"		
UBICACIÓN	:	LIMA - BARRANCA	Nº SONDAJE :	VM-BA-PG-212
CLIENTE	:	CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE	FECHA DE ENSAYO :	24/04/2025
CÓDIGO DE SONDAJE	:	S-RP-II-17	PROF.(m)	: 39.70-50.20 m
Nº DE ESTRATO	:	E-6	TEC.RESPONSABLE	: TANIA BAIGORREA
IDENTIFICACIÓN	:	47.10-49.90 m	SUPERVISADO POR	: GINO LLAMOCCA

Perforación Nº	L (mm)	D (mm)	A (mm²)	R L/D	F. Máxima (KN)	Esfuerzo (MPa)
1	125	62.5	3067.96	2.00	372.15	121
2	125	62.5	3067.96	2.00	373.36	122
3	125	62.5	3067.96	2.00	371.77	121

ANTES



DESPUES



OBSERVACIONES:

La roca ensayada es una Tonalita con intrusiones de grano medio a grueso, denominada en este caso como Roca muy dura

.....

.....

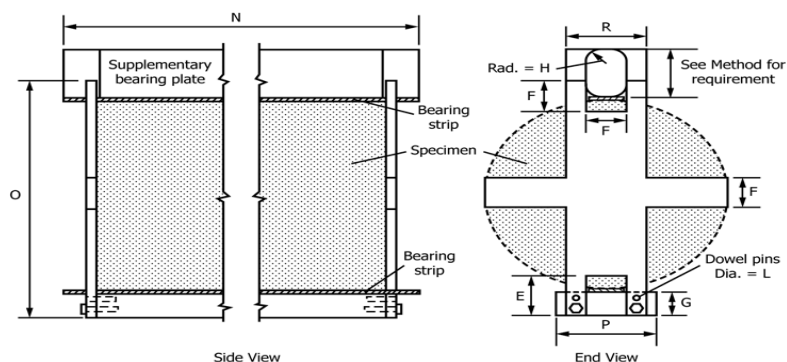
.....

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL - MÉTODO BRASILEÑO / ASTM D3967-16

PROYECTO	: ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"	N° DE SONDAGE :	VM-BA-PG-212
UBICACIÓN	: LIMA - BARRANCA	FECHA DE ENSAYO	24/04/2025
CLIENTE	: CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE	COORDENADA NORTE	8717953
		COORDENADA ESTE	263614

CODIGO DE SONDAGE :	S-RP-II-17	N° DE ESTRATO :	E-6	TEC.RESPONSABLE :	TANIA BAIGORREA
PROF. (m) :	39.70-50.20 m	IDENTIFICACION :	47.10-49.90 m	SUPERVISADO POR :	GINO LLAMOCCA

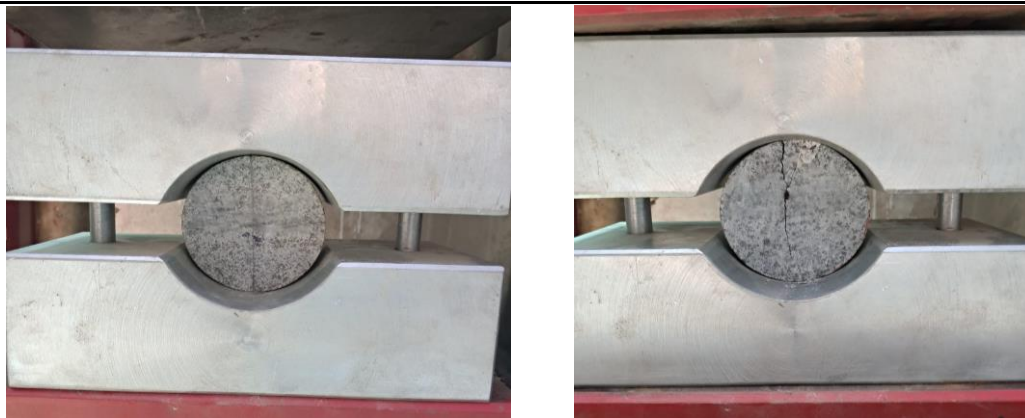
TIPO DE ROCA	LONGITUD (mm)	DIAMETRO (mm)	CARGA MÁXIMA P (N)	TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL (MPa)
TONALITA	33.25	66.5	22123	4.05



$$\sigma_t = \frac{2P}{\pi DL}$$

σ_t = Resistencia a la tracción por hendidura, MPa (psi).
P = Carga máxima aplicada indicada por la prueba máquina, N.
D = Espesor de la muestra, mm (o pulg.).
L = Diámetro de la muestra, mm (o pulg.).

GRAFICO



OBSERVACIONES:

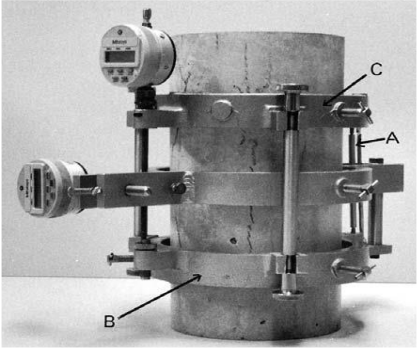
Muestras provistas E identificadas por el solicitante

Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo

La roca ensayada es una Tonalita con intrusiones de grano medio a grueso, denominada en este caso como Roca muy dura

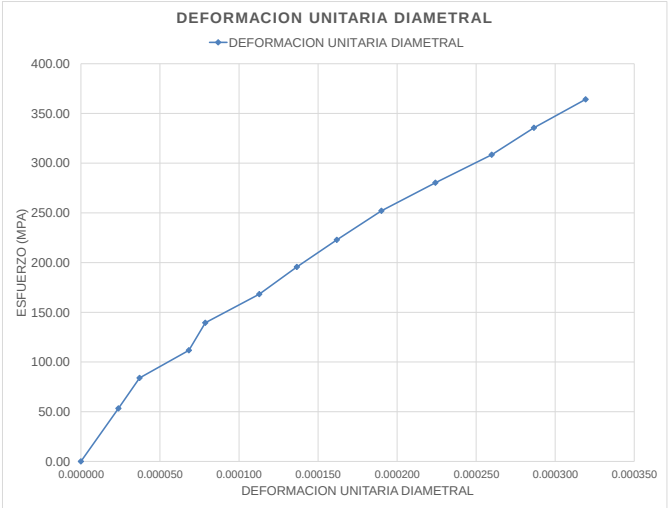
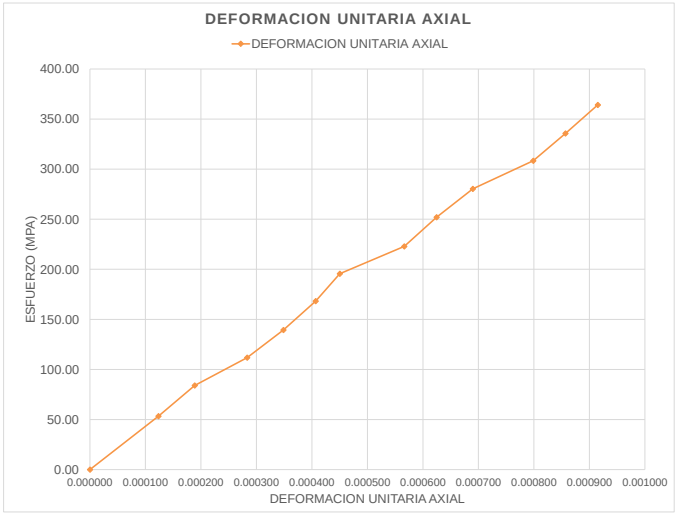
VMCONSULTORES DE INGENIERÍA S.A.			26/07/2024		
			Versión: 01		
			FP		
ENSAYO ESTANDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y MODULOS ELASTICOS DE MUESTRAS DE NUCLEOS DE ROCA INTACTAS EN DIFERENTES ESTADOS DE TENSION Y TEMPERATURA / ASTM D7012-14					
PROYECTO	:	ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"			
UBICACIÓN	:	LIMA - BARRANCA	N° DE SONDAJE :	VM-BA-PG-212	
CLIENTE	:	CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE	FECHA DE ENSAYO	24/04/2025	
			COORDENADA NORTE	8717953	
			COORDENADA ESTE	263614	
CODIGO DE SONDAJE :	S-RP-II-17	N° DE ESTRATO :	E-6	TEC.RESPONSABLE :	TANIA BAIGORREA
PROF. (m) :	39.70-50.20 m	IDENTIFICACION :	47.10-49.90 m	SUPERVISADO POR :	GINO LLAMOCCA

Deformación unitaria Axial	Deformación unitaria Diametral	Esfuerzo MPA
0.000123	0.000024	53.31
0.000189	0.000037	83.94
0.000283	0.000068	111.79
0.000349	0.000079	139.42
0.000407	0.000113	168.18
0.000450	0.000137	195.63
0.000566	0.000162	222.84
0.000625	0.000190	252.04
0.000690	0.000224	280.32
0.000799	0.000260	308.41
0.000857	0.000287	335.63
0.000915	0.000319	364.18



- A Transductores de desplazamiento
B Compresores cilíndricos de resistencia
C Transformador diferencial de variación lineal

RESULTADOS DE LA CTE. ELASTICA Y ESFUERZO A COMPRESION DE LA ROCA	
Cte. Elás. fc Ult.	42,517
Esfuerzo a comp. (MPa)	104.51
RESISTENCIA AL ESFUERZO DE LA ROCA AL 70 %	



VM

CONSULTORES DE INGENIERÍA S.A.

26/07/2024

Versión: 01

FP

ENSAYO ESTANDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y MODULOS ELASTICOS DE MUESTRAS DE NUCLEOS DE ROCA INTACTAS EN DIFERENTES ESTADOS DE TENSION Y TEMPERATURA / ASTM D7012-14

PROYECTO : ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"

UBICACIÓN : LIMA - BARRANCA

CLIENTE : CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE

N° DE SONDAJE : VM-BA-PG-212

FECHA DE ENSAYO : 24/04/2025

COORDENADA NORTE : 8717953

COORDENADA ESTE : 263614

CODIGO DE SONDAJE : S-RP-II-17

N° DE ESTRATO : E-6

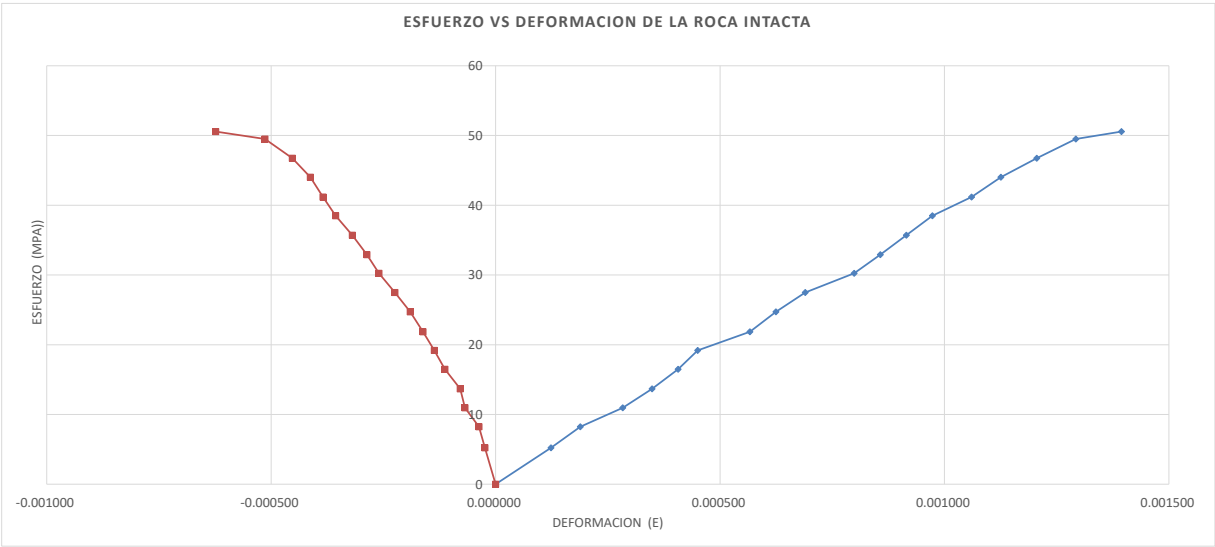
TEC.RESPONSABLE : TANIA BAIGORREA

PROF. (m) : 39.70-50.20 m

IDENTIFICACION : 47.10-49.90 m

SUPERVISADO POR : GINO LLAMOCCA

TENSION AXIAL	TENSION LATERAL	Esfuerzo (MPa)
0.000123	-0.000024	5
0.000189	-0.000037	8
0.000283	-0.000068	11
0.000349	-0.000079	14
0.000407	-0.000113	16
0.000450	-0.000137	19
0.000566	-0.000162	22
0.000625	-0.000190	25
0.000690	-0.000224	27
0.000799	-0.000260	30
0.000857	-0.000287	33
0.000915	-0.000319	36
0.000973	-0.000356	38
0.001060	-0.000385	41
0.001126	-0.000413	44
0.001206	-0.000453	47
0.001293	-0.000514	50
0.001394	-0.000624	51



POISSON RATIO	0.18
YOUNG'S MODULUS (70%) (MPa)	42,625

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO	25/07/2024
		Versión: 01
		0484

PROPIEDADES FISICAS ASTM D 6473 / MTC E 206 / ASTM D 22216

PROYECTO	: ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"	N° SONDAJE	: VM-BA-PG-213
UBICACIÓN	: LIMA - BARRANCA	FECHA DE ENSAYO	: 24/04/2025
CLIENTE	: CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE		
CÓDIGO DE SONDAJE	: S-RP-II-17	PROF.(m)	: 50.20-60.10 m
N° DE ESTRATO	: E-7	TEC.RESPONSABLE	: TANIA BAIGORREA
IDENTIFICACIÓN	: 52.20-54.50 m	SUPERVISADO POR	: GINO LLAMOCCA

GRAVEDAD ESPECIFICA-ABSORCION-POROSIDAD				
N° de ensayo	1	2	3	PROMEDIO
Peso de la roca seca	1115.0	1139.0	1173.0	
Peso de la roca saturada superficialmente seca (s.s.s.) (g)	1117.0	1140.0	1174.0	
Peso de la roca sumergida	700.0	709.0	720.0	
Absorción (%)	0.18	0.09	0.09	0.12
Gravedad específica nominal	2.67	2.64	2.58	2.63
Gravedad específica nominal (s.s.s.)	2.68	2.65	2.59	2.64
Gravedad específica aparente	2.69	2.65	2.59	2.64
Porosidad (%)	0.51	0.25	0.24	0.33

Masa del recipiente	150.2
Masa húmeda +recipiente	1291.3
Masa seca +recipiente	1289.2
Humedad (%)	0.2

OBSERVACIONES:

La roca ensayada es una Tonalita con intrusiones plutónicas, denominada en este caso como Roca muy dura

.....

.....

.....

PESO VOLUMETRICO DEL SUELO / ROCA
NTP 339.139 / ASTM D 2937

PROYECTO	ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"		
UBICACIÓN	LIMA - BARRANCA	N° SONDAJE	VM-BA-PG-213
CLIENTE	CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE	FECHA DE ENSAYO	24/04/2025
CÓDIGO DE SONDAJE	:	S-RP-II-17	PROF.(m) 50.20-60.10 m
N° DE ESTRATO	:	E-7	TEC.RESPONSABLE : TANIA BAIGORREA
IDENTIFICACIÓN	:	52.20-54.50 m	SUPERVISADO POR : GINO LLAMOCCA

METODO		Marque (X)
I	Método del desplazamiento de agua	
II	Método de inmersión en agua	X

PROCESO/ DESCRIPCION			1	2
A	Peso de la muestra de suelo	g	585.00	940.00
B	Peso de la muestra de suelo + parafina	g	591.00	950.00
C	Peso de la parafina	g	6.00	10.00
D	Densidad de la parafina	g/cm ³	0.87	0.87
G	Volumen de la parafina	cm ³	6.90	11.49
H	Mét. I	Lectura inicial (agua)	cm ³	500.00
I		Lectura final (agua + muestra con parafina)	cm ³	555.00
F	Mét. II	Peso sumergido de la muestra de suelo + parafina en el agua	g	409.00
K	Vmuestra + Vparafina = Pm+Pp-Psum		cm ³	182.00
L	Volumen de la muestra de suelo		cm ³	175.10
M	Peso volumetrico de masa		g/cm ³	3.341
N	Contenido de humedad		%	7.5
O	Densidad seca del espécimen		g/cm ³	3.108

Densidad seca del espécimen	g/cm3	2.816
------------------------------------	--------------	--------------

OBSERVACIONES:

La roca ensayada es una Tonalita con intrusiones plutonicas, denominada en este caso como Roca muy dura

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO	25/07/2024
		Versión: 01
		0484

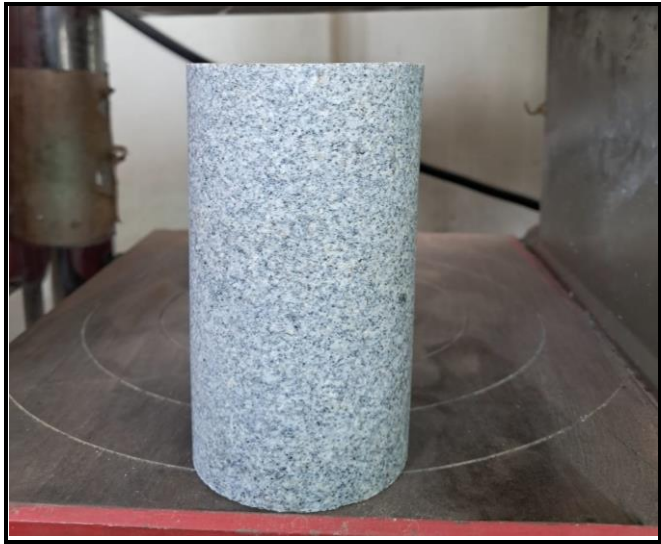
ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE EN ROCA
(ASTM D 2938)

PROYECTO	:	ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"		
UBICACIÓN	:	LIMA - BARRANCA	Nº SONDAJE :	VM-BA-PG-213
CLIENTE	:	CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE	FECHA DE ENSAYO :	24/04/2025
CÓDIGO DE SONDAJE	:	S-RP-II-17	PROF.(m)	: 50.20-60.10 m
Nº DE ESTRATO	:	E-7	TEC.RESPONSABLE	: TANIA BAIGORREA
IDENTIFICACIÓN	:	52.20-54.50 m	SUPERVISADO POR	: GINO LLAMOCCA

Perforación Nº	L (mm)	D (mm)	A (mm²)	R L/D	F. Máxima (KN)	Esfuerzo (MPA)
1	125	62.5	3067.96	2.00	470.25	153
2	125	62.5	3067.96	2.00	471.55	154
3	125	62.5	3067.96	2.00	469.82	153

ANTES

DESPUES



OBSERVACIONES:

La roca ensayada es una Tonalita con intrusiones plutonicas, denominada en este caso como Roca muy dura

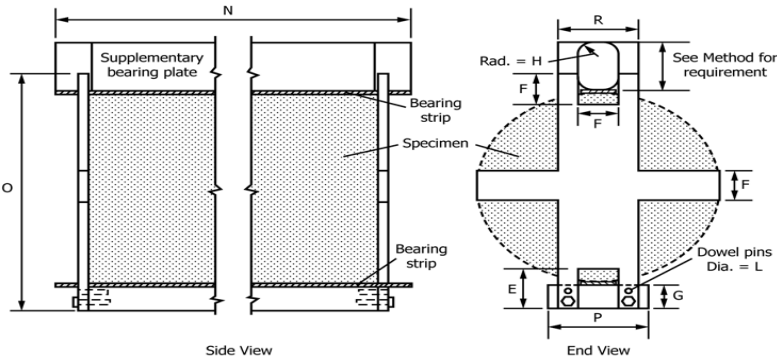
.....

.....

.....

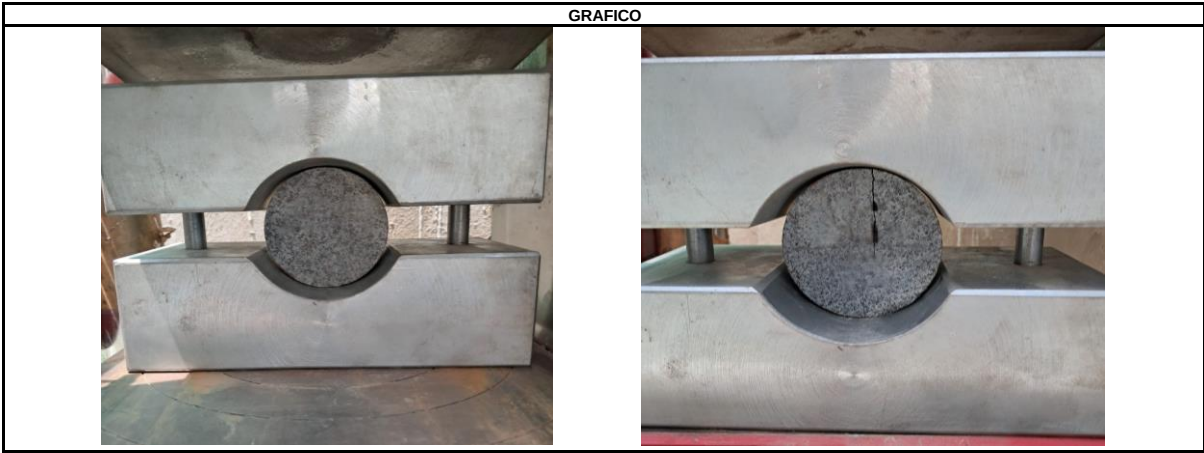
VM CONSULTORES DE INGENIERÍA S.A.		26/07/2024	
		Versión: 01	
		FP	
MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL - MÉTODO BRASILEÑO / ASTM D3967-16			
PROYECTO : ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"			
UBICACIÓN : LIMA - BARRANCA		N° DE SONDAJE :	VM-BA-PG-213
CLIENTE : CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE		FECHA DE ENSAYO	24/04/2025
		COORDENADA NORTE	8717953
		COORDENADA ESTE	263614
CODIGO DE SONDAJE :	S-RP-II-17	N° DE ESTRATO :	E-7
		TEC.RESPONSABLE :	TANIA BAIGORREA
PROF. (m) :	50.20-60.10 m	IDENTIFICACION :	52.20-54.50 m
		SUPERVISADO POR :	GINO LLAMOCCA

TIPO DE ROCA	LONGITUD (mm)	DIAMETRO (mm)	CARGA MÁXIMA P (N)	TRACCIÓN POR COMPRESION DIAMETRAL (MPa)
TONALITA	33.25	66.5	34570	6.33



$$\sigma_t = \frac{2P}{\pi DL}$$

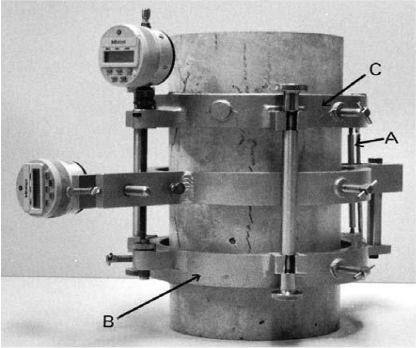
- σ_t = Resistencia a la tracción por hendidura, MPa (psi).
P = Carga máxima aplicada indicada por la prueba máquina, N.
D = Espesor de la muestra, mm (o pulg.).
L = Diámetro de la muestra, mm (o pulg.).



OBSERVACIONES:
Muestras provistas E identificadas por el solicitante
Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
La roca ensayada es una Tonalita con intrusiones plutonicas, denominada en este caso como Roca muy dura

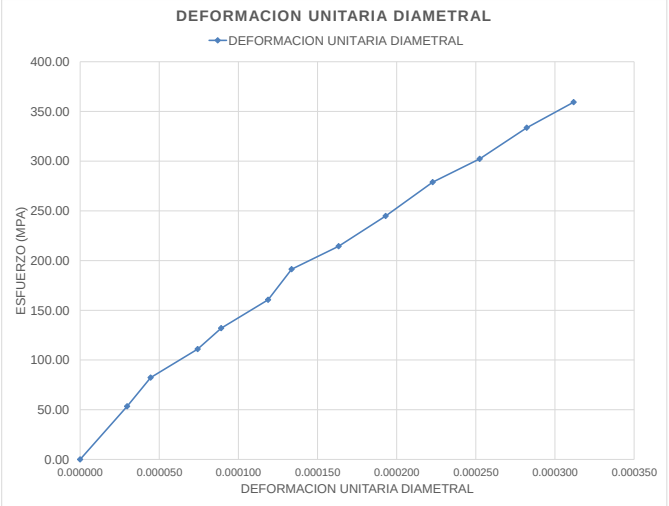
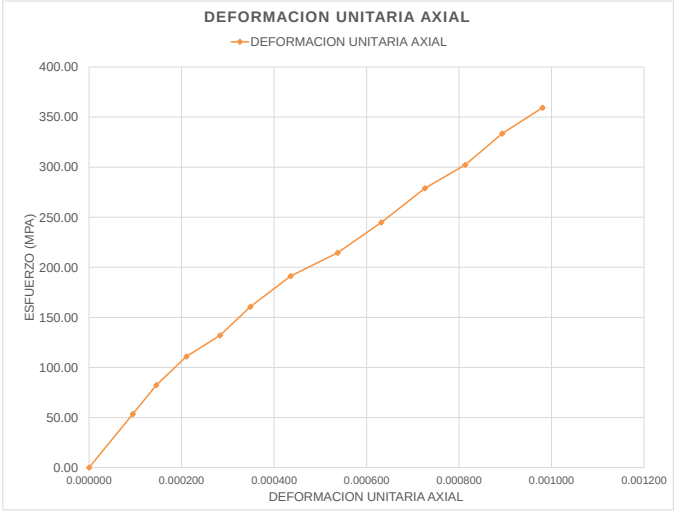
				26/07/2024
				Versión: 01
				FP
ENSAYO ESTANDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y MODULOS ELASTICOS DE MUESTRAS DE NUCLEOS DE ROCA INTACTAS EN DIFERENTES ESTADOS DE TENSION Y TEMPERATURA / ASTM D7012-14				
PROYECTO :	ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"			Nº DE SONDAJE : VM-BA-PG-213
UBICACIÓN :	LIMA - BARRANCA			FECHA DE ENSAYO 24/04/2025
CLIENTE :	CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE			COORDENADA NORTE 8717953
				COORDENADA ESTE 263614
CODIGO DE SONDAJE :	S-RP-II-17	Nº DE ESTRATO :	E-7	TEC.RESPONSABLE : TANIA BAIGORREA
PROF. (m) :	50.20-60.10 m	IDENTIFICACION :	52.20-54.50 m	SUPERVISADO POR : GINO LLAMOCCA

Deformación unitaria Axial	Deformación unitaria Diametral	Esfuerzo MPA
0.000094	0.000030	53.41
0.000145	0.000045	82.33
0.000211	0.000074	110.96
0.000283	0.000089	132.02
0.000349	0.000119	160.57
0.000436	0.000134	191.29
0.000537	0.000163	214.45
0.000632	0.000193	244.79
0.000726	0.000223	278.93
0.000813	0.000252	302.32
0.000893	0.000282	333.58
0.000980	0.000312	359.35



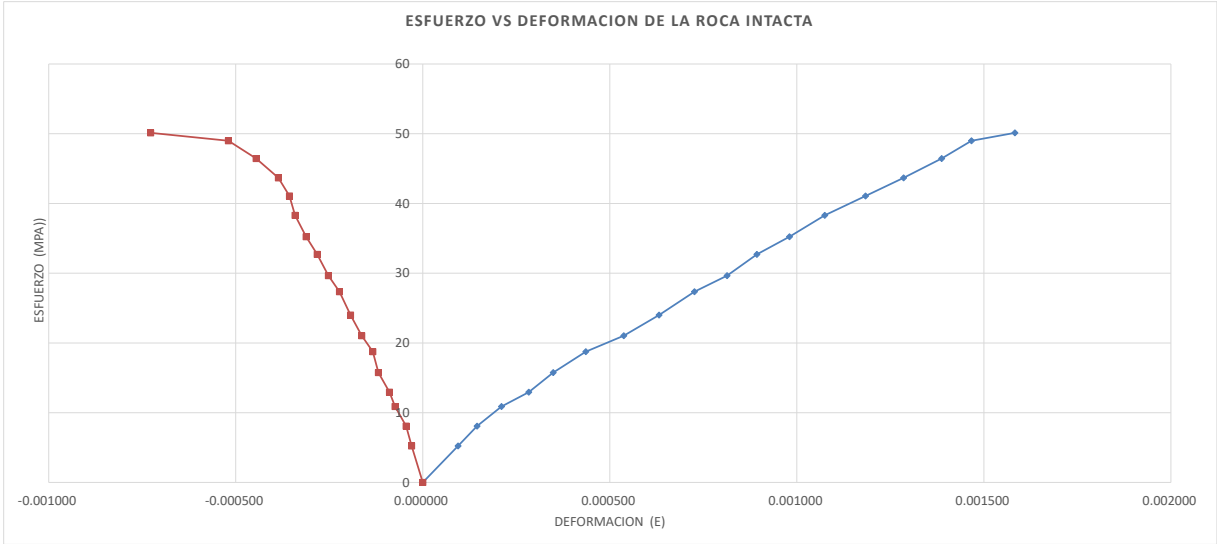
- A
- Trasnductores de desplazamiento
- B
- Compresores cilindricos de resistencia
- C
- Transformador diferencial de variación lineal

RESULTADOS DE LA CTE. ELASTICA Y ESFUERZO A COMPRESION DE LA ROCA	
Cte. Elás. fc Ult.	43,470
Esfuerzo a comp. (MPA)	132.06
RESISTENCIA AL ESFUERZO DE LA ROCA AL 70 %	



VM CONSULTORES DE INGENIERÍA S.A.				26/07/2024	
				Versión: 01	
				FP	
ENSAYO ESTANDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y MODULOS ELASTICOS DE MUESTRAS DE NUCLEOS DE ROCA INTACTAS EN DIFERENTES ESTADOS DE TENSION Y TEMPERATURA / ASTM D7012-14					
PROYECTO		:	ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"		
UBICACIÓN		:	LIMA - BARRANCA		N° DE SONDAJE : VM-BA-PG-213
CLIENTE		:	CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE		FECHA DE ENSAYO 24/04/2025
					COORDENADA NORTE 8717953
					COORDENADA ESTE 263614
CODIGO DE SONDAJE :		S-RP-II-17		N° DE ESTRATO :	E-7
TEC.RESPONSABLE :		TANIA BAIGORREA			
PROF. (m) :		50.20-60.10 m		IDENTIFICACION :	52.20-54.50 m
SUPERVISADO POR :		GINO LLAMOCCA			

TENSION AXIAL	TENSION LATERAL	Esfuerzo (MPa)
0.000094	-0.000030	5
0.000145	-0.000045	8
0.000211	-0.000074	11
0.000283	-0.000089	13
0.000349	-0.000119	16
0.000436	-0.000134	19
0.000537	-0.000163	21
0.000632	-0.000193	24
0.000726	-0.000223	27
0.000813	-0.000252	30
0.000893	-0.000282	33
0.000980	-0.000312	35
0.001075	-0.000342	38
0.001184	-0.000356	41
0.001285	-0.000386	44
0.001387	-0.000445	46
0.001467	-0.000520	49
0.001583	-0.000728	50



POISSON RATIO	0.18
YOUNG'S MODULUS (70%) (MPa)	48,989

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO	25/07/2024
		Versión: 01
		0484

PROPIEDADES FISICAS ASTM D 6473 / MTC E 206 / ASTM D 22216

PROYECTO	: ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"	N° SONDAJE	: VM-BA-PG-275
UBICACIÓN	: LIMA - BARRANCA	FECHA DE ENSAYO	: 19/05/2025
CLIENTE	: CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE		
CÓDIGO DE SONDAJE	: S-RP-II-52A	PROF.(m)	: 8.80-14.90 m
N° DE ESTRATO	: E-3	TEC.RESPONSABLE	: TANIA BAIGORREA
IDENTIFICACIÓN	: 10.30-11.50 m	SUPERVISADO POR	: GINO LLAMOCCA

GRAVEDAD ESPECIFICA-ABSORCION-POROSIDAD				
N° de ensayo	1	2	3	PROMEDIO
Peso de la roca seca	788.0	612.5	579.5	
Peso de la roca saturada superficialmente seca (s.s.s.) (g)	801.0	618.5	584.3	
Peso de la roca sumergida	497.5	385.5	333.5	
Absorción (%)	1.62	0.97	0.82	1.14
Gravedad específica nominal	2.60	2.63	2.31	2.51
Gravedad específica nominal (s.s.s.)	2.64	2.65	2.33	2.54
Gravedad específica aparente	2.71	2.70	2.36	2.59
Porosidad (%)	4.07	2.41	2.04	2.84

Masa del recipiente	150.2
Masa húmeda +recipiente	765.0
Masa seca +recipiente	762.7
Humedad (%)	0.4

OBSERVACIONES:

La roca ensayada es una Andesita con intrusiones de calcita, denominada en este caso como Roca moderadamente dura

.....

.....

.....

PESO VOLUMETRICO DEL SUELO / ROCA
NTP 339.139 / ASTM D 2937

PROYECTO	ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"		
UBICACIÓN	LIMA - BARRANCA	N° SONDAJE	VM-BA-PG-275
CLIENTE	CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE	FECHA DE ENSAYO	19/05/2025
CÓDIGO DE SONDAJE	:	S-RP-II-52A	PROF.(m) 8.80-14.90 m
N° DE ESTRATO	:	E-3	TEC.RESPONSABLE : TANIA BAIGORREA
IDENTIFICACIÓN	:	10.30-11.50 m	SUPERVISADO POR : GINO LLAMOCCA

METODO		Marque (X)
I	Método del desplazamiento de agua	
II	Método de inmersión en agua	X

PROCESO/ DESCRIPCION			1	2
A	Peso de la muestra de suelo	g	644.80	725.50
B	Peso de la muestra de suelo + parafina	g	650.00	731.50
C	Peso de la parafina	g	5.20	6.00
D	Densidad de la parafina	g/cm³	0.87	0.87
G	Volumen de la parafina	cm³	5.98	6.90
H	Mét. I	Lectura inicial (agua)	cm³	500.00
I		Lectura final (agua + muestra con parafina)	cm³	555.00
F	Mét. II	Peso sumergido de la muestra de suelo + parafina en el agua	g	399.50
K	$V_{muestra} + V_{parafina} = P_m + P_p - P_{sum}$		cm³	250.50
L	Volumen de la muestra de suelo		cm³	244.52
M	Peso volumetrico de masa		g/cm³	2.637
N	Contenido de humedad		%	7.5
O	Densidad seca del espécimen		g/cm³	2.453

Densidad seca del espécimen	g/cm3	2.464
------------------------------------	--------------	--------------

OBSERVACIONES:

La roca ensayada es una Andesita con intrusiones de calcita, denominada en este caso como Roca moderadamente dura

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO	25/07/2024
		Versión: 01
		0484

ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE EN ROCA
(ASTM D 2938)

PROYECTO	:	ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"		
UBICACIÓN	:	LIMA - BARRANCA	Nº SONDAJE :	VM-BA-PG-275
CLIENTE	:	CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE	FECHA DE ENSAYO :	19/05/2025
CÓDIGO DE SONDAJE	:	S-RP-II-52A	PROF.(m)	: 8.80-14.90 m
Nº DE ESTRATO	:	E-3	TEC.RESPONSABLE	: TANIA BAIGORREA
IDENTIFICACIÓN	:	10.30-11.50 m	SUPERVISADO POR	: GINO LLAMOCCA

Perforación Nº	L (mm)	D (mm)	A (mm²)	R L/D	F. Máxima (KN)	Esfuerzo (MPA)
1	125	62.5	3067.96	2.00	88.92	29
2	125	62.5	3067.96	2.00	91.12	30
3	125	62.5	3067.96	2.00	86.18	28

ANTES

DESPUES



OBSERVACIONES:

La roca ensayada es una Andesita con intrusiones de calcita, denominada en este caso como Roca moderadamente dura

.....

.....

.....

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL - MÉTODO BRASILEÑO / ASTM D3967-16

PROYECTO : ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"

UBICACIÓN : LIMA - BARRANCA

CLIENTE : CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE

N° DE SONDAJE : VM-BA-PG-275

FECHA DE ENSAYO : 19/05/2025

COORDENADA NORTE : 8804946

COORDENADA ESTE : 205000

CODIGO DE SONDAJE : S-RP-II-52A

N° DE ESTRATO : E-3

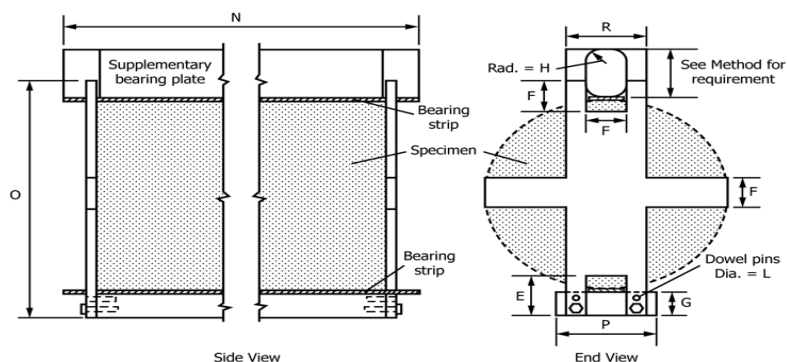
TEC.RESPONSABLE : TANIA BAIGORREA

PROF. (m) : 8.80-14.90 m

IDENTIFICACION : 10.30-11.50 m

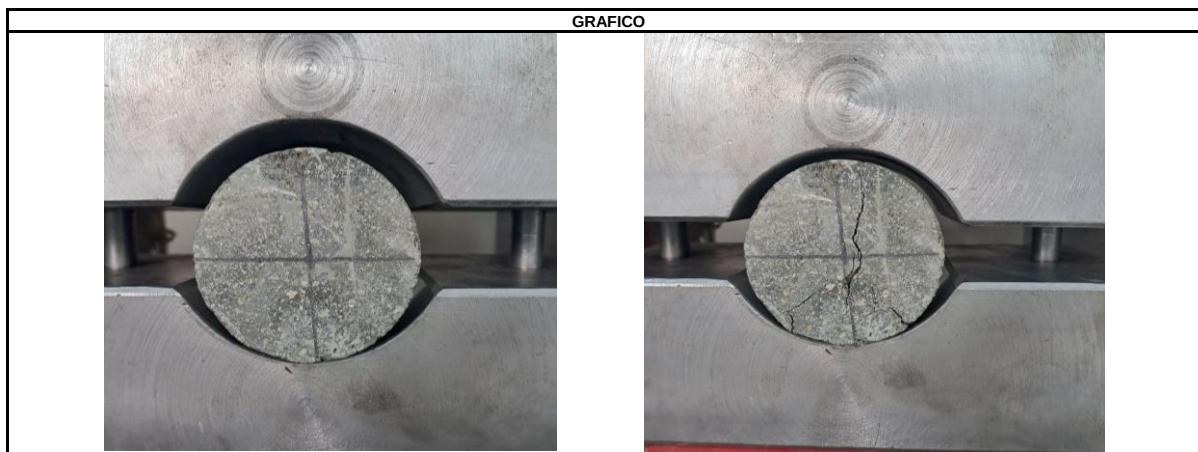
SUPERVISADO POR : GINO LLAMOCCA

TIPO DE ROCA	LONGITUD (mm)	DIAMETRO (mm)	CARGA MÁXIMA P (N)	TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL (MPa)
ANDESITA	33.25	66.5	13157	2.41



$$\sigma_t = \frac{2P}{\pi DL}$$

σ_t = Resistencia a la tracción por hendidura, MPa (psi).
P = Carga máxima aplicada indicada por la prueba máquina, N.
D = Espesor de la muestra, mm (o pulg.).
L = Diámetro de la muestra, mm (o pulg.).



OBSERVACIONES:

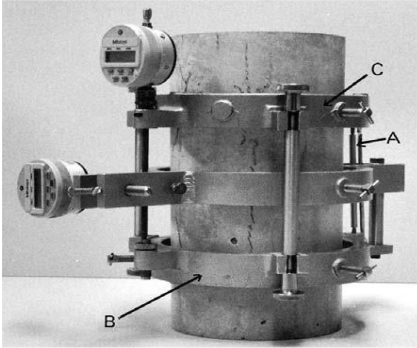
Muestras provistas E identificadas por el solicitante

Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo

La roca ensayada es una Tonalita con vetillas blancas , denominada en este caso como Roca muy dura

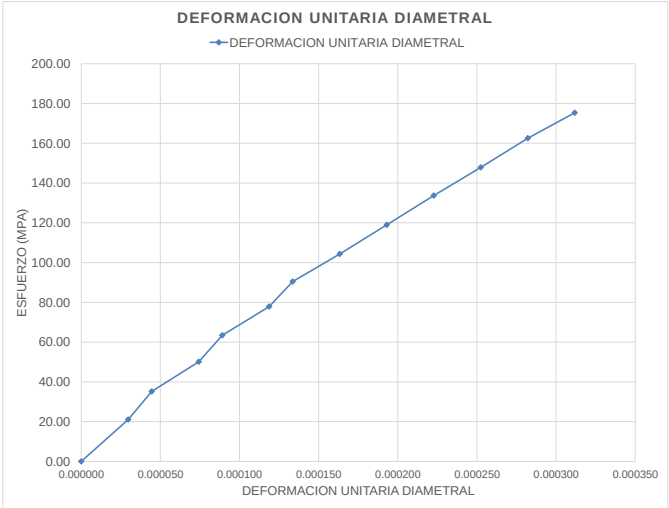
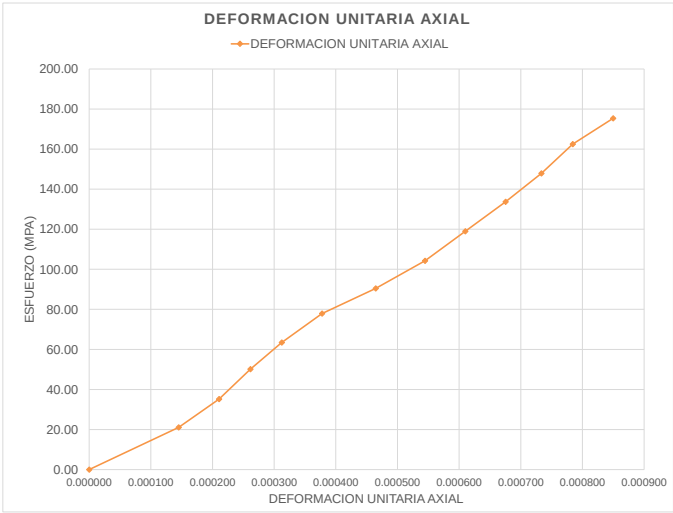
				26/07/2024		
				Versión: 01		
				FP		
ENSAYO ESTANDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y MODULOS ELASTICOS DE MUESTRAS DE NUCLEOS DE ROCA INTACTAS EN DIFERENTES ESTADOS DE TENSION Y TEMPERATURA / ASTM D7012-14						
PROYECTO	:	ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"				
UBICACIÓN	:	LIMA - BARRANCA		N° DE SONDAJE :	VM-BA-PG-275	
CLIENTE	:	CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE		FECHA DE ENSAYO	19/05/2025	
				COORDENADA NORTE	8804946	
				COORDENADA ESTE	205000	
CODIGO DE SONDAJE :		S-RP-II-52A	N° DE ESTRATO :	E-3	TEC.RESPONSABLE :	TANIA BAIGORREA
PROF. (m) :		8.80-14.90 m	IDENTIFICACION :	10.30-11.50 m	SUPERVISADO POR :	GINO LLAMOCCA

Deformación unitaria Axial	Deformación unitaria Diametral	Esfuerzo MPA
0.000145	0.000030	21.06
0.000211	0.000045	35.20
0.000261	0.000074	50.13
0.000312	0.000089	63.44
0.000378	0.000119	77.89
0.000465	0.000134	90.45
0.000545	0.000163	104.28
0.000610	0.000193	118.98
0.000675	0.000223	133.72
0.000733	0.000252	147.88
0.000784	0.000282	162.52
0.000850	0.000312	175.37



- A Transnductores de desplazamiento
- B Compresores cilindricos de resistencia
- C Transformador diferencial de variación lineal

RESULTADOS DE LA CTE. ELASTICA Y ESFUERZO A COMPRESION DE LA ROCA	
Cte. Elás. fc Ult.	35,344
Esfuerzo a comp. (MPA)	24.97
RESISTENCIA AL ESFUERZO DE LA ROCA AL 70 %	



VM CONSULTORES DE INGENIERÍA S.A.				26/07/2024		
				Versión: 01		
				FP		
ENSAYO ESTANDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y MODULOS ELASTICOS DE MUESTRAS DE NUCLEOS DE ROCA INTACTAS EN DIFERENTES ESTADOS DE TENSION Y TEMPERATURA / ASTM D7012-14						
PROYECTO		:	ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"			
UBICACIÓN		:	LIMA - BARRANCA	N° DE SONDAJE :	VM-BA-PG-275	
CLIENTE		:	CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE	FECHA DE ENSAYO	19/05/2025	
				COORDENADA NORTE	8804946	
				COORDENADA ESTE	205000	
CODIGO DE SONDAJE :		S-RP-II-52A	N° DE ESTRATO :	E-3	TEC.RESPONSABLE :	TANIA BAIGORREA
PROF. (m) :		8.80-14.90 m	IDENTIFICACION :	10.30-11.50 m	SUPERVISADO POR :	GINO LLAMOCCA

TENSION AXIAL	TENSION LATERAL	Esfuerzo (MPa)
0.000145	-0.000030	2
0.000211	-0.000045	3
0.000261	-0.000074	5
0.000312	-0.000089	6
0.000378	-0.000119	8
0.000465	-0.000134	9
0.000545	-0.000163	10
0.000610	-0.000193	12
0.000675	-0.000223	13
0.000733	-0.000252	15
0.000784	-0.000282	16
0.000850	-0.000312	17
0.000908	-0.000342	19
0.000966	-0.000356	20
0.001017	-0.000386	21
0.001075	-0.000445	23
0.001155	-0.000520	24
0.001213	-0.000728	25



POISSON RATIO	0.31
YOUNG'S MODULUS (70%) (MPa)	17,320

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO	25/07/2024
		Versión: 01
		0484

PROPIEDADES FISICAS
ASTM D 6473 / MTC E 206 / ASTM D 22216

PROYECTO	: ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"	N° SONDAJE	: VM-BA-PG-361
UBICACIÓN	: LIMA - BARRANCA	FECHA DE ENSAYO	: 29/05/2025
CLIENTE	: CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE		
CÓDIGO DE SONDAJE	: S-RP-II-52B	PROF.(m)	: 35.90-50.60 m
N° DE ESTRATO	: E-4	TEC.RESPONSABLE	: TANIA BAIGORREA
IDENTIFICACIÓN	: 44.50-46.00 m	SUPERVISADO POR	: GINO LLAMOCCA

GRAVEDAD ESPECIFICA-ABSORCION-POROSIDAD

N° de ensayo	1	2	3	PROMEDIO
Peso de la roca seca	929.1	1241.5	1374.9	
Peso de la roca saturada superficialmente seca (s.s.s.) (g)	933.0	1246.5	1377.5	
Peso de la roca sumergida	601.5	804.5	885.0	
Absorción (%)	0.42	0.40	0.19	0.34
Gravedad específica nominal	2.80	2.81	2.79	2.80
Gravedad específica nominal (s.s.s.)	2.81	2.82	2.80	2.81
Gravedad específica aparente	2.84	2.84	2.81	2.83
Porosidad (%)	1.07	1.02	0.48	0.86

Masa del recipiente	150.2
Masa humeda +recipiente	1394.5
Masa seca +recipiente	1391.7
Humedad (%)	0.2

OBSERVACIONES:

La roca ensayada es una Andesita con intrusiones de calcita, denominada en este caso como Roca dura

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	Fecha: 28/02/2023
		Versión: 01
		Cod.:

PESO VOLUMETRICO DEL SUELO / ROCA NTP 339.139 / ASTM D 2937
--

PROYECTO	ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"		
UBICACIÓN	LIMA - BARRANCA	N° SONDAJE	VM-BA-PG-361
CLIENTE	CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE	FECHA DE ENSAYO	29/05/2025
CÓDIGO DE SONDAJE	:	S-RP-II-52B	PROF.(m) 35.90-50.60 m
N° DE ESTRATO		E-4	TEC.RESPONSABLE : TANIA BAIGORREA
IDENTIFICACIÓN	:	44.50-46.00 m	SUPERVISADO POR : GINO LLAMOCCA

METODO		Marque (X)
I	Método del desplazamiento de agua	
II	Método de inmersión en agua	X

PROCESO/ DESCRIPCION			1	2	
A	Peso de la muestra de suelo		g	676.50	897.40
B	Peso de la muestra de suelo + parafina		g	680.30	905.40
C	Peso de la parafina		g	3.80	8.00
D	Densidad de la parafina		g/cm³	0.87	0.87
G	Volumen de la parafina		cm³	4.37	9.20
H	Mét. I	Lectura inicial (agua)	cm³	500.00	500.00
I		Lectura final (agua + muestra con parafina)	cm³	555.00	555.00
F	Mét. II	Peso sumergido de la muestra de suelo + parafina en el agua	g	434.50	559.50
K	Vmuestra + Vparafina = Pm+Pp-Psum		cm³	245.80	345.90
L	Volumen de la muestra de suelo		cm³	241.43	336.70
M	Peso volumetrico de masa		g/cm³	2.802	2.665
N	Contenido de humedad		%	7.5	7.5
O	Densidad seca del espécimen		g/cm³	2.607	2.479

Densidad seca del espécimen	g/cm3	2.543
------------------------------------	--------------	--------------

OBSERVACIONES:

La roca ensayada es una Andesita con intrusiones de calcita, denominada en este caso como Roca dura

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO	25/07/2024
		Versión: 01
		0484

ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE EN ROCA

(ASTM D 2938)

PROYECTO	:	ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"	
UBICACIÓN	:	LIMA - BARRANCA	N° SONDAJE : VM-BA-PG-361
CLIENTE	:	CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE	FECHA DE ENSAYO : 29/05/2025
CÓDIGO DE SONDAJE	:	S-RP-II-52B	PROF.(m) : 35.90-50.60 m
N° DE ESTRATO	:	E-4	TEC.RESPONSABLE : TANIA BAIGORREA
IDENTIFICACIÓN	:	44.50-46.00 m	SUPERVISADO POR : GINO LLAMOCCA

Perforación N°	L (mm)	D (mm)	A (mm ²)	R L/D	F. Máxima (KN)	Esfuerzo (MPA)
1	125	62.5	3067.96	2.00	210.85	69
2	125	62.5	3067.96	2.00	214.22	70
3	125	62.5	3067.96	2.00	209.06	68

ANTES



DESPUES



OBSERVACIONES:

La roca ensayada es una Andesita con intrusiones de calcita, denominada en este caso como Roca dura

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL - MÉTODO BRASILEÑO / ASTM D3967-16

PROYECTO : ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"

UBICACIÓN : LIMA - BARRANCA

CLIENTE : CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE

N° DE SONDAJE : VM-BA-PG-361

FECHA DE ENSAYO : 29/05/2025

COORDENADA NORTE : 8805241

COORDENADA ESTE : 204747

CODIGO DE SONDAJE : S-RP-II-52B

N° DE ESTRATO : E-4

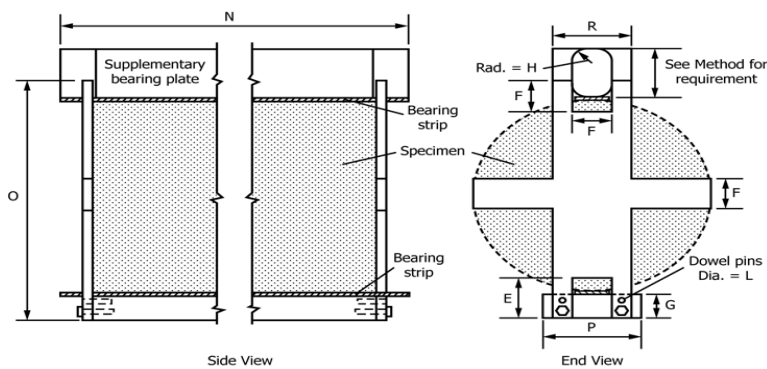
TEC.RESPONSABLE : TANIA BAIGORREA

PROF. (m) : 35.90-50.60 m

IDENTIFICACION : 44.50-46.00 m

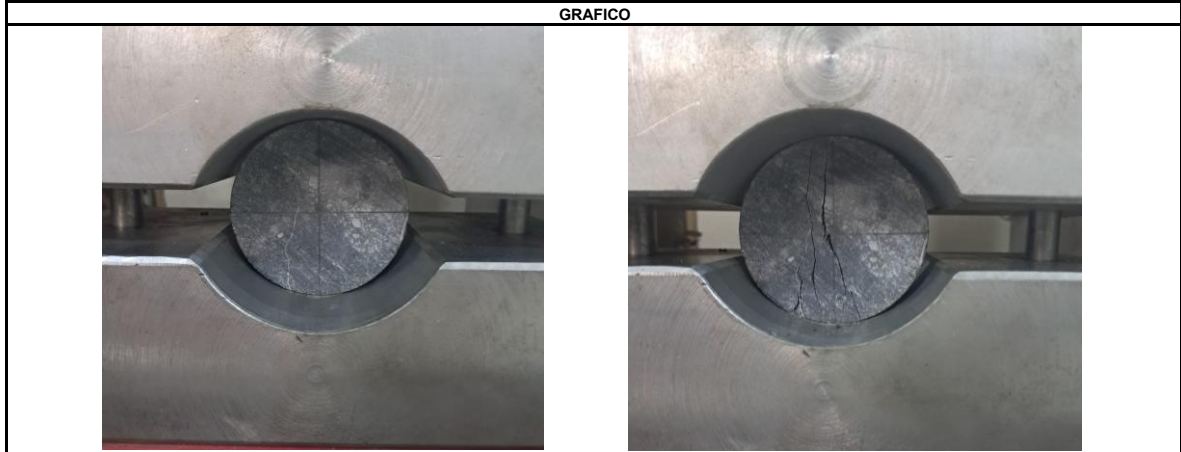
SUPERVISADO POR : GINO LLAMOCCA

TIPO DE ROCA	LONGITUD (mm)	DIAMETRO (mm)	CARGA MÁXIMA P (N)	TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL (MPa)
ANDESITA	33.25	66.5	18059	3.31



σ_t = Resistencia a la tracción por hendidura, MPa (psi).
P = Carga máxima aplicada indicada por la prueba máquina, N.
D = Espesor de la muestra, mm (o pulg.).
L = Diámetro de la muestra, mm (o pulg.).

GRAFICO



OBSERVACIONES:

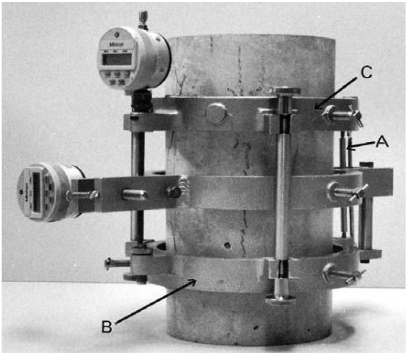
Muestras provistas E identificadas por el solicitante

Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo

La roca ensayada es una Andesita con intrusiones de calcita, denominada en este caso como Roca dura

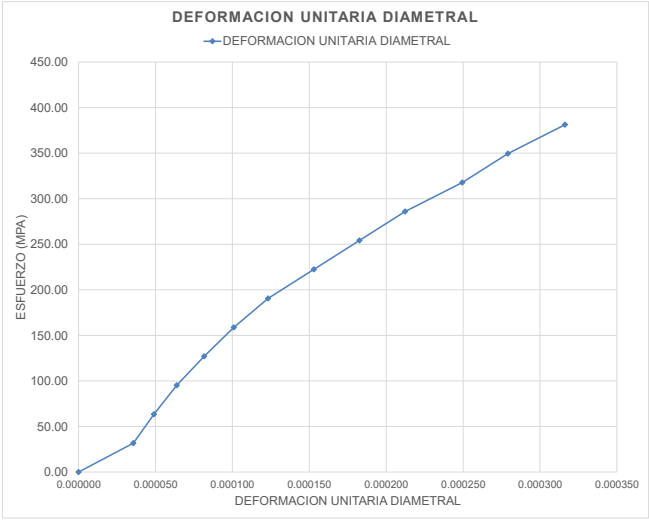
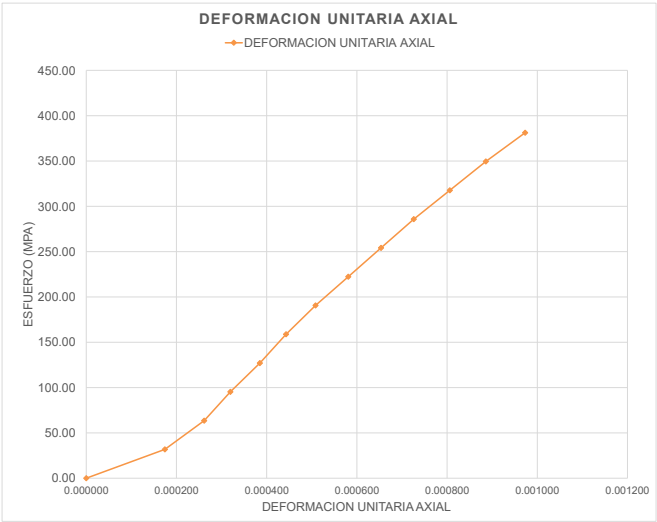
VMCONSULTORES DE INGENIERÍA S.A.				26/07/2024		
				Versión: 01		
				FP		
ENSAYO ESTANDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y MODULOS ELASTICOS DE MUESTRAS DE NUCLEOS DE ROCA INTACTAS EN DIFERENTES ESTADOS DE TENSION Y TEMPERATURA / ASTM D7012-14						
PROYECTO	:	ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"		N° DE SONDAJE :	VM-BA-PG-361	
UBICACIÓN	:	LIMA - BARRANCA		FECHA DE ENSAYO	29/05/2025	
CLIENTE	:	CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE		COORDENADA NORTE	8805241	
				COORDENADA ESTE	204747	
CODIGO DE SONDAJE :		S-RP-II-52B	N° DE ESTRATO :	E-4	TEC.RESPONSABLE :	TANIA BAIGORREA
PROF. (m) :		35.90-50.60 m	IDENTIFICACION :	44.50-46.00 m	SUPERVISADO POR :	GINO LLAMOCCA

Deformación unitaria Axial	Deformación unitaria Diametral	Esfuerzo MPA
0.000174	0.000036	31.77
0.000261	0.000049	63.54
0.000320	0.000064	95.30
0.000385	0.000082	127.07
0.000443	0.000101	158.84
0.000508	0.000123	190.61
0.000581	0.000153	222.37
0.000654	0.000183	254.14
0.000726	0.000212	285.91
0.000806	0.000249	317.68
0.000886	0.000279	349.44
0.000973	0.000316	381.21



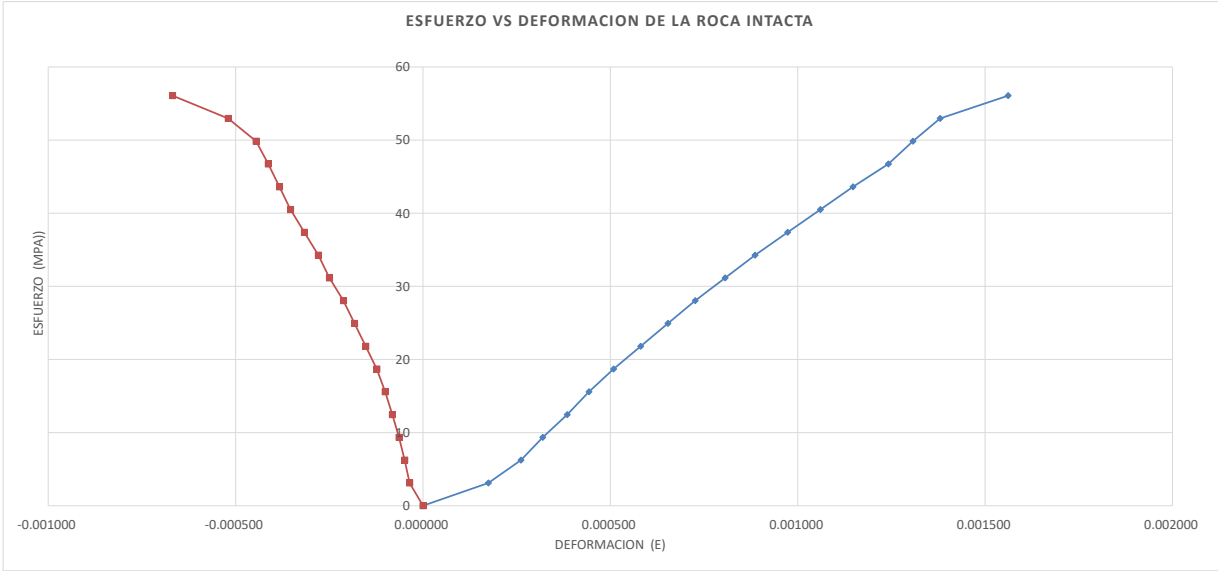
- A Transdectores de desplazamiento
- B Compresores cilindricos de resistencia
- C Transformador diferencial de variación lineal

RESULTADOS DE LA CTE. ELASTICA Y ESFUERZO A COMPRESION DE LA ROCA	
Cte. Elás. fc Ult.	27,420
Esfuerzo a comp. (MPa)	59.21
RESISTENCIA AL ESFUERZO DE LA ROCA AL 70 %	



VM CONSULTORES DE INGENIERÍA S.A.		26/07/2024	
		Versión: 01	
		FP	
ENSAYO ESTANDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y MODULOS ELASTICOS DE MUESTRAS DE NUCLEOS DE ROCA INTACTAS EN DIFERENTES ESTADOS DE TENSION Y TEMPERATURA / ASTM D7012-14			
PROYECTO	:	ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"	
UBICACIÓN	:	LIMA - BARRANCA	N° DE SONDAJE : VM-BA-PG-361
CLIENTE	:	CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE	FECHA DE ENSAYO 29/05/2025
			COORDENADA NORTE 8805241
			COORDENADA ESTE 204747
CODIGO DE SONDAJE :	S-RP-II-52B	N° DE ESTRATO :	E-4
TEC.RESPONSABLE :	TANIA BAIGORREA		
PROF. (m) :	35.90-50.60 m	IDENTIFICACION :	44.50-46.00 m
SUPERVISADO POR :	GINO LLAMOCCA		

TENSION AXIAL	TENSION LATERAL	Esfuerzo (MPa)
0.000174	-0.000036	3
0.000261	-0.000049	6
0.000320	-0.000064	9
0.000385	-0.000082	12
0.000443	-0.000101	16
0.000508	-0.000123	19
0.000581	-0.000153	22
0.000654	-0.000183	25
0.000726	-0.000212	28
0.000806	-0.000249	31
0.000886	-0.000279	34
0.000973	-0.000316	37
0.001060	-0.000353	40
0.001147	-0.000383	44
0.001242	-0.000413	47
0.001307	-0.000445	50
0.001380	-0.000520	53
0.001561	-0.000668	56



POISSON RATIO	0.20
YOUNG'S MODULUS (70%) (MPa)	20,692

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO	25/07/2024
		Versión: 01
		0484

PROPIEDADES FISICAS
ASTM D 6473 / MTC E 206 / ASTM D 22216

PROYECTO	: ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"	N° SONDAJE	: VM-BA-PG-362
UBICACIÓN	: LIMA - BARRANCA	FECHA DE ENSAYO	: 29/05/2025
CLIENTE	: CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE		
CÓDIGO DE SONDAJE	: S-RP-II-52B	PROF.(m)	: 50.60-56.60 m
N° DE ESTRATO	: E-5	TEC.RESPONSABLE	: TANIA BAIGORREA
IDENTIFICACIÓN	: 52.50-54.90 m	SUPERVISADO POR	: GINO LLAMOCCA

GRAVEDAD ESPECIFICA-ABSORCION-POROSIDAD

N° de ensayo	1	2	3	PROMEDIO
Peso de la roca seca	892.9	1274.4	1366.5	
Peso de la roca saturada superficialmente seca (s.s.s.) (g)	896.5	1278.5	1369.5	
Peso de la roca sumergida	572.5	822.5	869.0	
Absorción (%)	0.40	0.32	0.22	0.31
Gravedad específica nominal	2.76	2.79	2.73	2.76
Gravedad específica nominal (s.s.s.)	2.77	2.80	2.74	2.77
Gravedad específica aparente	2.79	2.82	2.75	2.78
Porosidad (%)	1.03	0.82	0.56	0.81

Masa del recipiente	150.2
Masa húmeda +recipiente	1427.5
Masa seca +recipiente	1424.6
Humedad (%)	0.2

OBSERVACIONES:

La roca ensayada es una Andesita con intrusiones de calcita, denominada en este caso como Roca dura

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	Fecha: 28/02/2023
		Versión: 01
		Cod.:

PESO VOLUMETRICO DEL SUELO / ROCA NTP 339.139 / ASTM D 2937
--

PROYECTO	ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"		
UBICACIÓN	LIMA - BARRANCA	N° SONDAJE	VM-BA-PG-362
CLIENTE	CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE	FECHA DE ENSAYO	29/05/2025
CÓDIGO DE SONDAJE	:	S-RP-II-52B	PROF.(m) 50.60-56.60 m
N° DE ESTRATO		E-5	TEC.RESPONSABLE : TANIA BAIGORREA
IDENTIFICACIÓN	:	52.50-54.90 m	SUPERVISADO POR : GINO LLAMOCCA

METODO		Marque (X)
I	Método del desplazamiento de agua	
II	Método de inmersión en agua	X

PROCESO/ DESCRIPCION			1	2	
A	Peso de la muestra de suelo		g	453.00	667.10
B	Peso de la muestra de suelo + parafina		g	457.80	673.10
C	Peso de la parafina		g	4.80	6.00
D	Densidad de la parafina		g/cm³	0.87	0.87
G	Volumen de la parafina		cm³	5.52	6.90
H	Mét. I	Lectura inicial (agua)	cm³	500.00	500.00
I		Lectura final (agua + muestra con parafina)	cm³	555.00	555.00
F	Mét. II	Peso sumergido de la muestra de suelo + parafina en el agua	g	287.00	425.50
K	Vmuestra + Vparafina = Pm+Pp-Psum		cm³	170.80	247.60
L	Volumen de la muestra de suelo		cm³	165.28	240.70
M	Peso volumetrico de masa		g/cm³	2.741	2.771
N	Contenido de humedad		%	7.5	7.5
O	Densidad seca del espécimen		g/cm³	2.550	2.578

Densidad seca del espécimen	g/cm3	2.564
------------------------------------	--------------	--------------

OBSERVACIONES:

La roca ensayada es una Andesita con intrusiones de calcita, denominada en este caso como Roca dura

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO	25/07/2024
		Versión: 01
		0484

ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE EN ROCA

(ASTM D 2938)

PROYECTO	:	ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"	
UBICACIÓN	:	LIMA - BARRANCA	N° SONDAJE : VM-BA-PG-362
CLIENTE	:	CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE	FECHA DE ENSAYO : 29/05/2025
CÓDIGO DE SONDAJE	:	S-RP-II-52B	PROF.(m) : 50.60-56.60 m
N° DE ESTRATO	:	E-5	TEC.RESPONSABLE : TANIA BAIGORREA
IDENTIFICACIÓN	:	52.50-54.90 m	SUPERVISADO POR : GINO LLAMOCCA

Perforación N°	L (mm)	D (mm)	A (mm ²)	R L/D	F. Máxima (KN)	Esfuerzo (MPA)
1	125	62.5	3067.96	2.00	269.00	88
2	125	62.5	3067.96	2.00	267.55	87
3	125	62.5	3067.96	2.00	271.59	89

ANTES



DESPUES



OBSERVACIONES:

La roca ensayada es una Andesita con intrusiones de calcita, denominada en este caso como Roca dura

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL - MÉTODO BRASILEÑO / ASTM D3967-16

PROYECTO : ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"

UBICACIÓN : LIMA - BARRANCA

CLIENTE : CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE

N° DE SONDAJE : VM-BA-PG-362

FECHA DE ENSAYO : 29/05/2025

COORDENADA NORTE : 8805241

COORDENADA ESTE : 204747

CODIGO DE SONDAJE : S-RP-II-52B

N° DE ESTRATO : E-5

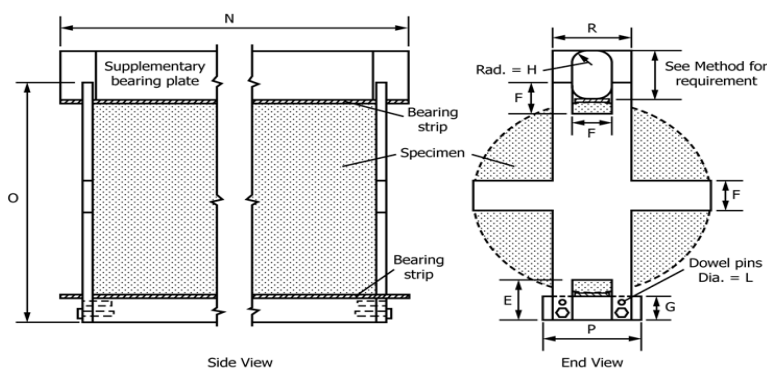
TEC.RESPONSABLE : TANIA BAIGORREA

PROF. (m) : 50.60-56.60 m

IDENTIFICACION : 52.50-54.90 m

SUPERVISADO POR : GINO LLAMOCCA

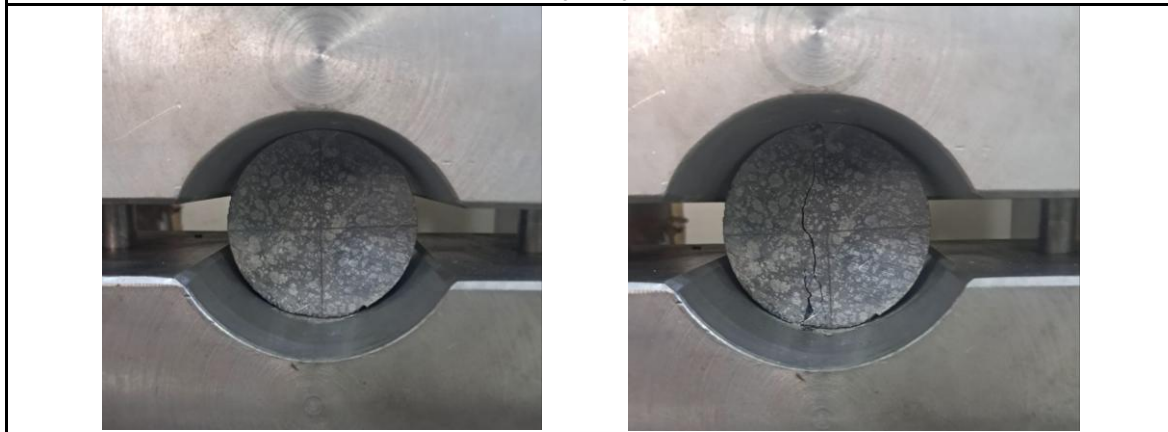
TIPO DE ROCA	LONGITUD (mm)	DIAMETRO (mm)	CARGA MÁXIMA P (N)	TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL (MPa)
ANDESITA	33.25	66.5	19576	3.58



$$\sigma_t = \frac{2P}{\pi DL}$$

σ_t = Resistencia a la tracción por hendidura, MPa (psi).
P = Carga máxima aplicada indicada por la prueba máquina, N.
D = Espesor de la muestra, mm (o pulg.).
L = Diámetro de la muestra, mm (o pulg.).

GRAFICO



OBSERVACIONES:

Muestras provistas E identificadas por el solicitante

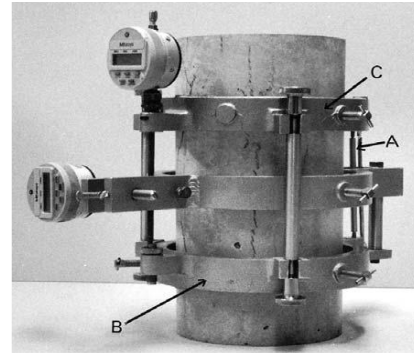
Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo

La roca ensayada es una Andesita con intrusiones de calcita, denominada en este caso como Roca dura

ENSAYO ESTANDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y MODULOS ELASTICOS DE MUESTRAS DE NUCLEOS DE ROCA INTACTAS EN DIFERENTES ESTADOS DE TENSION Y TEMPERATURA / ASTM D7012-14

PROYECTO	:	ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"			
UBICACIÓN	:	LIMA - BARRANCA	N° DE SONDAGE :	VM-BA-PG-362	
CLIENTE	:	CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE	FECHA DE ENSAYO	29/05/2025	
			COORDENADA NORTE	8805241	
			COORDENADA ESTE	204747	
CODIGO DE SONDAGE :		S-RP-II-52B	N° DE ESTRATO :	E-5	TEC.RESPONSABLE : TANIA BAIGORREA
PROF. (m) :		50.60-56.60 m	IDENTIFICACION :	52.50-54.90 m	SUPERVISADO POR : GINO LLAMOCCA

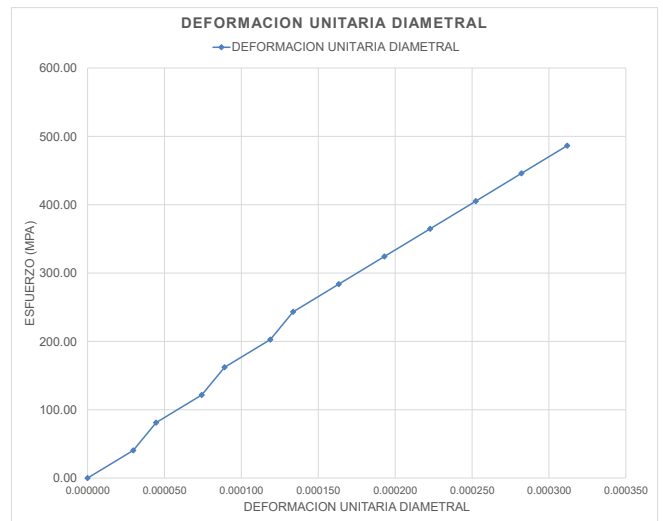
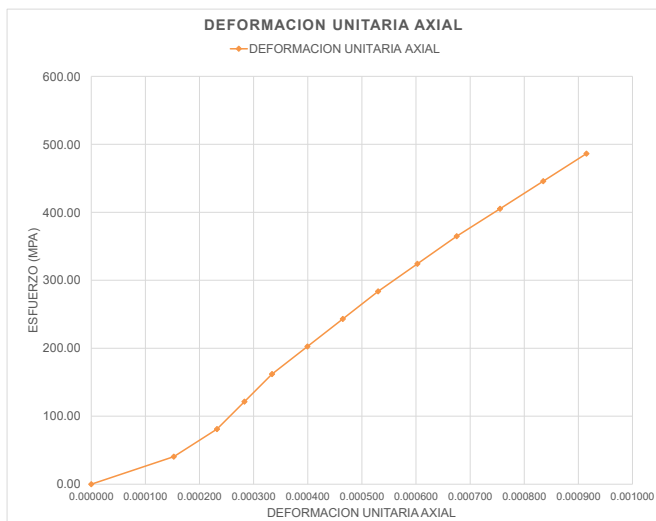
Deformación unitaria Axial	Deformación unitaria Diametral	Esfuerzo MPA
0.000153	0.000030	40.53
0.000232	0.000045	81.06
0.000283	0.000074	121.59
0.000334	0.000089	162.12
0.000399	0.000119	202.65
0.000465	0.000134	243.18
0.000530	0.000163	283.71
0.000603	0.000193	324.24
0.000675	0.000223	364.77
0.000755	0.000252	405.30
0.000835	0.000282	445.83
0.000915	0.000312	486.36



- A Transductores de desplazamiento
B Compresores cilíndricos de resistencia
C Transformador diferencial de variación lineal

RESULTADOS DE LA CTE. ELASTICA Y ESFUERZO A COMPRESION DE LA ROCA

Cte. Elás. fc Ult.	37,168
Esfuerzo a comp. (MPa)	75.54
RESISTENCIA AL ESFUERZO DE LA ROCA AL 70 %	



VM

CONSULTORES DE INGENIERÍA S.A.

26/07/2024

Versión: 01

FP

ENSAYO ESTANDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y MODULOS ELASTICOS DE MUESTRAS DE NUCLEOS DE ROCA INTACTAS EN DIFERENTES ESTADOS DE TENSION Y TEMPERATURA / ASTM D7012-14

PROYECTO : ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO : "FERROCARRIL LIMA - BARRANCA"

UBICACIÓN : LIMA - BARRANCA

CLIENTE : CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE

N° DE SONDAJE : VM-BA-PG-362

FECHA DE ENSAYO 29/05/2025

COORDENADA NORTE 8805241

COORDENADA ESTE 204747

CODIGO DE SONDAJE : S-RP-II-52B

N° DE ESTRATO : E-5

TEC.RESPONSABLE : TANIA BAIGORREA

PROF. (m) : 50.60-56.60 m

IDENTIFICACION : 52.50-54.90 m

SUPERVISADO POR : GINO LLAMOCCA

TENSION AXIAL	TENSION LATERAL	Esfuerzo (MPa)
0.000153	-0.000030	4
0.000232	-0.000045	8
0.000283	-0.000074	12
0.000334	-0.000089	16
0.000399	-0.000119	20
0.000465	-0.000134	24
0.000530	-0.000163	28
0.000603	-0.000193	32
0.000675	-0.000223	36
0.000755	-0.000252	40
0.000835	-0.000282	44
0.000915	-0.000312	48
0.001002	-0.000342	52
0.001097	-0.000356	56
0.001169	-0.000386	60
0.001307	-0.000445	64
0.001416	-0.000520	68
0.001634	-0.000728	72

ESFUERZO VS DEFORMACION DE LA ROCA INTACTA

DEFORMACION (E)	ESFUERZO (MPa)
-0.0001000	75
-0.0000500	72
0.0000000	0
0.0005000	28
0.0010000	52
0.0015000	68
0.0016340	72

POISSON RATIO	0.19
YOUNG'S MODULUS (70%) (MPa)	31,680

JR. HELIO NRO 5649, ZONA INDUSTRIAL INFANTAS- LIMA - LIMA - LOS OLIVOS

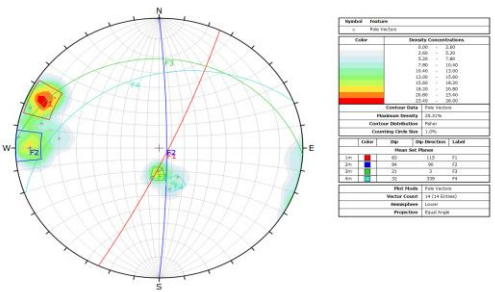
www.vmsa.com.pe

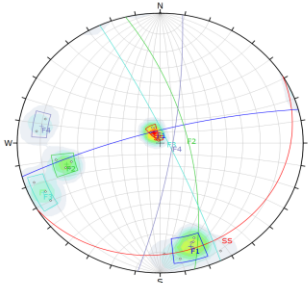
Anexo 2

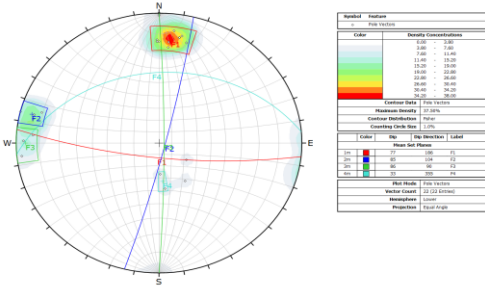
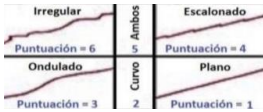
Registros de estaciones geomecánicas y perfiles longitudinales del tramo Lima– Barranca

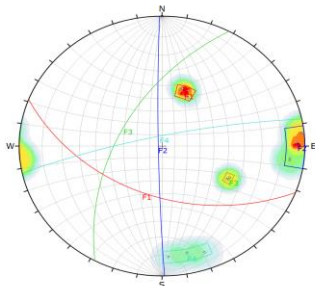
- ❖ *Fichas técnicas de campo, clasificación geomecánica RMR, proyecciones estereográficas y perfiles longitudinales interpretados.*

Valoración del Macizo Rocoso																																
Proyecto		"CREACIÓN DEL FERROCARRIL LIMA- BARRANCA"										Coordenadas						Por	MSC													
Cliente		CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE										E	265288		N	8700904		Z	54		REF:	RP 41+200		Fecha	20/01/2025							
N°		Orientación de Estaciones					Área de la estación					Valoración del Macizo Rocoso (RMR 1989)																				
Estación		Rumbo (°)		Buzamiento (°)			Long. (m)		Altura (m)			Parámetros				Rango de Valores												Valoración				
EG-01		248		87			10		6							Valor Estimado																
		Dureza (R)		RQD (%)			Presencia de Agua		Sis. Coord. (Datum)			Resistencia a la compresión (Mpa)				>250 Mpa		250 - 100 Mpa		100 - 50 Mpa		50 - 25 Mpa		25-5		5-1		<1		4		
Roca volcánica, andesita		R3		65			NO		WGS84			Valoración				15		12		7		4		2		1		0				
Característica de las discontinuidades												RQD				90%-100%		75%-90%		50%-75%		25%-50%		<25%		13						
												Valoración				20		17		13		8		3								
												Espaciamiento				> 2m		> 0.6 - 2m		0.2 - 0.6m		< 0.06m		10								
												Valoración				20		15		10		8		5								
												Condición de Juntas																				
												Persistencia		< 1m		1-3m		3-10m		10-20m		>20m		2								
												Valoración		6		4		2		1		0										
												Abertura		Cerrada		<0.1mm.		0.1-1.0mm		1-5mm		>5mm		0								
												Valoración		6		5		4		1		0										
												Rugosidad		Muy Rugosa		Rugosa		Lig. Rugosa		Lisa		Pulido		3								
												Valoración		6		5		3		1		0										
												Relleno		Limpio		Duro <5mm.		Duro >5mm.		Suave<5mm		Suave>5mm		2								
												Valoración		6		4		2		2		0										
												Alteración		Sana		Lig. Alterada		Mod. Alterada		Muy Alterada		Descompuesta		3								
												Valoración		6		5		3		1		0										
												Agua Subterránea		Seco		Húmedo		Saturado		Goteo		Fluyendo		15								
												Valoración		15		10		7		4		0										
												Clasificación		Muy buena		Buena		Media		Mala		Muy Mala										
														100-81		80-61		60-41		40-21		<20										
												Valoración RMR						52		Clase de Macizo / Calidad												
																				Media												
												Proyección Estereográfica						Fotografía de la Estación														
												Dureza R						Tipos de Estructuras						Forma de las Juntas								
												R1 Se corta fácilmente con una navaja.						F Falla														
												R2 se corta con dificultad con una navaja.						MF Microfalla														
												R3 Se fractura con solo un golpe de martillo de Geólogo.						C Contacto Lit.														
												R4 Se fractura con más de un golpe de martillo de Geólogo.						Est. Estratificación														
												R5 Se fractura con muchos golpes de martillo de Geólogo.						J Juntas														
												R6 Casi imposible fracturarla con el martillo.																				
Comentarios																																

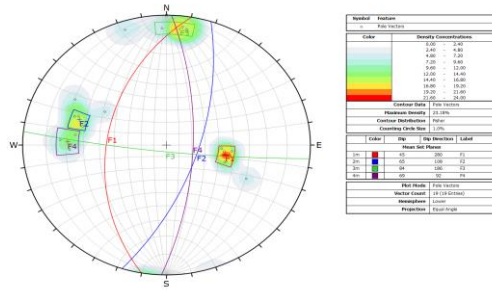
Valoración del Macizo Rocoso																																
Proyecto		"CREACIÓN DEL FERROCARRIL LIMA- BARRANCA"										Coordenadas						Por	MSC													
Cliente		CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE										E	268361		N	8692590		Z	172		REF:	RP 32+300		Fecha	20/01/2025							
N°			Orientación de Estaciones					Área de la estación					Valoración del Macizo Rocoso (RMR 1989)																			
Estación			Rumbo (°)		Buzamiento (°)			Long. (m)		Altura (m)			Parámetros				Rango de Valores														Valoración	
EG-02			82		86			10		6							Valor Estimado															
			Dureza (R)		RQD (%)			Presencia de Agua		Sis. Coord. (Datum)			Resistencia a la compresión (Mpa)				>250 Mpa		250 - 100 Mpa		100 - 50 Mpa		50 - 25 Mpa		25-5		5-1		<1		12	
Roca volcanica, andesita			R5		80			NO		WGS84			Valoración				15		12		7		4		2		1		0			
Característica de las discontinuidades													RQD				90%-100%		75%-90%		50%-75%		25%-50%		<25%		17					
													Valoración				20		17		13		8		3							
													Espaciamiento				> 2m		> 0.6 - 2m		0.2 - 0.6m		0.06 - 0.2m		< 0.06m		15					
													Valoración				20		15		10		8		5							
													Condición de Juntas																			
													Persistencia		< 1m		1-3m		3-10m		10-20m		>20m		2							
J1 Juntas 109 87 5 Seco 0.60-1.00 3-5 Lig. Rug Ca/Ox Mod. A													Valoración		6		4		2		1		0									
J1 Juntas 119 83 5 Seco 0.60-1.00 3-5 Lig. Rug Ca/Ox Mod. A													Abertura		Cerrada		<0.1mm.		0.1-1.0mm		1-5mm		>5mm		1							
J1 Juntas 95 89 5 Seco 0.60-1.00 3-5 Lig. Rug Ox Mod. A													Valoración		6		5		4		1		0									
J1 Juntas 96 70 5 Seco 0.60-1.00 3-5 Lig. Rug Ox Mod. A													Rugosidad		Muy Rugosa		Rugosa		Lig. Rugosa		Lisa		Pulido		3							
J1 Juntas 87 81 5 Seco 0.60-1.00 3-5 Lig. Rug Ox Mod. A													Valoración		6		5		3		1		0									
J1 Juntas 89 82 5 Seco 0.60-1.00 3-5 Lig. Rug Ox Mod. A													Relleno		Limpio		Duro <5mm.		Duro >5mm.		Suave<5mm		Suave>5mm		2							
J1 Juntas 118 79 5 Seco 0.60-1.00 3-5 Lig. Rug Ox Mod. A													Valoración		6		4		2		2		0									
J1 Juntas 115 83 5 Seco 0.60-1.00 3-5 Lig. Rug Ox Mod. A													Alteración		Sana		Lig. Alterada		Mod. Alterada		Muy Alterada		Descompuesta		3							
J1 Juntas 103 80 5 Seco 0.60-1.00 3-5 Lig. Rug Ox Mod. A													Valoración		6		5		3		1		0									
J2 Juntas 12 26 1-3 Seco 0.2 - 0.6 1-2 Lig. Rug Ox Mod. A													Agua Subterránea		Seco		Húmedo		Saturado		Goteo		Fluyendo		15							
J2 Juntas 330 29 1-3 Seco 0.2 - 0.6 1-2 Lig. Rug Ox Mod. A													Valoración		15		10		7		4		0									
J2 Juntas 347 36 1-3 Seco 0.2 - 0.6 1-2 Lig. Rug Ox Mod. A													Clasificación		Muy buena		Buena		Media		Mala		Muy Mala									
J2 Juntas 354 19 1-3 Seco 0.2 - 0.6 1-2 Lig. Rug Ox Mod. A															100-81		80-61		60-41		40-21		<20									
													Valoración RMR						70		Clase de Macizo / Calidad											
																					Media											
													Proyección Estereográfica						Fotografía de la Estación													
																																
													Dureza R				Tipos de Estructuras				Forma de las Juntas											
													R1 Se corta fácilmente con una navaja.				F Falla															
													R2 se corta con dificultad con una navaja.				MF Microfalla															
													R3 Se fractura con solo un golpe de martillo de Geólogo.				C Contacto Lit.															
													R4 Se fractura con más de un golpe de martillo de Geólogo.				Est. Estratificación															
													R5 Se fractura con muchos golpes de martillo de Geólogo.				J Juntas															
													R6 Casi imposible fracturarla con el martillo.																			
Comentarios																																

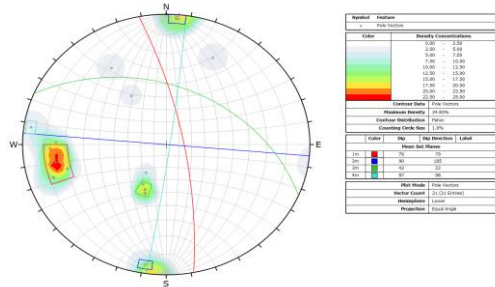
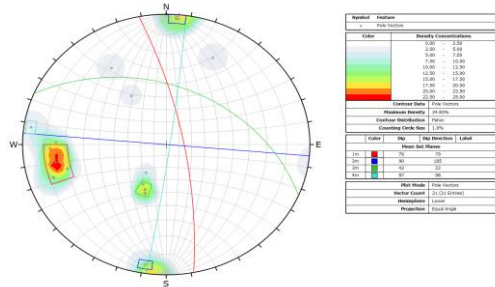
Valoración del Macizo Rocoso																											
Proyecto		"CREACIÓN DEL FERROCARRIL LIMA- BARRANCA"										Coordenadas			Por	MSC											
Cliente		CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE										E	199806	N	8811006	Z	98	REF:	RP 179+400	Fecha	21/01/2025						
N°		Orientación de Estaciones			Área de la estación			Valoración del Macizo Rocoso (RMR 1989)																			
Estación		Rumbo (°)		Buzamiento (°)		Long. (m)		Altura (m)		Parámetros		Rango de Valores								Valoración							
EG-03		328		82		90		8		Valor Estimado										12							
Roca sedimentaria, arenisca		Dureza (R)		RQD (%)		Presencia de Agua		Sis. Coord. (Datum)		Resistencia a la compresión (Mpa)		>250 Mpa		250 - 100 Mpa		100 - 50 Mpa		50 - 25 Mpa		25-5		5-1		<1		12	
		R4-R5		75		NO		WGS84		Valoración		15		12		7		4		2		1		0			
Característica de las discontinuidades																											
N° De Familias	Tipo De Estructura	Dir. Buz.	Buzamiento	Persistencia (m)	Agua	Esp. (m)	Abertura (mm)	Rugosidad	Relleno	Alteración	RQD		90%-100%		75%-90%		50%-75%		25%-50%		<25%		17				
J1	Juntas	351	84	5	Seco	0.2 - 0.6	5-8	Lig. Rug	Limpio	Mod. A	Valoración		20		17		13		8		3						
J1	Juntas	333	86	5	Seco	0.2 - 0.6	5-8	Lig. Rug	Limpio	Mod. A	Espaciamiento		> 2m		> 0.6 - 2m		0.2 - 0.6m		0.06 - 0.2m		< 0.06m		10				
J1	Juntas	344	80	5	Seco	0.2 - 0.6	5-8	Lig. Rug	Limpio	Mod. A	Valoración		20		15		10		8		5						
J1	Juntas	342	75	5	Seco	0.2 - 0.6	5-8	Lig. Rug	Limpio	Mod. A	Condición de Juntas																
J1	Juntas	358	81	5	Seco	0.2 - 0.6	5-8	Lig. Rug	Limpio	Mod. A	Persistencia		< 1m		1-3m		3-10m		10-20m		>20m		2				
J1	Juntas	344	77	5	Seco	0.2 - 0.6	5-8	Lig. Rug	Limpio	Mod. A	Valoración		6		4		2		1		0						
J1	Juntas	343	77	5	Seco	0.2 - 0.6	5-8	Lig. Rug	Limpio	Mod. A	Abertura		Cerrada		<0.1mm.		0.1-1.0mm		1-5mm		>5mm		0				
Est.	Estratificación	139	12	1-3	Seco	0.1 - 0.2	<1	Lig. Rug	Limpio	Lig. A	Valoración		6		5		4		1		0						
Est.	Estratificación	140	12	1-3	Seco	0.1 - 0.2	<1	Lig. Rug	Limpio	Lig. A	Rugosidad		Muy Rugosa		Rugosa		Lig. Rugosa		Lisa		Pulido		3				
Est.	Estratificación	164	14	1-3	Seco	0.1 - 0.2	<1	Lig. Rug	Limpio	Lig. A	Valoración		6		5		3		1		0						
Est.	Estratificación	155	15	1-3	Seco	0.1 - 0.2	<1	Lig. Rug	Limpio	Lig. A	Relleno		Limpio		Duro <5mm.		Duro >5mm.		Suave<5mm		Suave>5mm		6				
Est.	Estratificación	139	9	1-3	Seco	0.1 - 0.2	<1	Lig. Rug	Limpio	Lig. A	Valoración		6		4		2		2		0						
Est.	Estratificación	143	4	1-3	Seco	0.1 - 0.2	<1	Lig. Rug	Limpio	Lig. A	Alteración		Sana		Lig. Alterada		Mod. Alterada		Muy Alterada		Descompuesta		3				
Est.	Estratificación	152	5	1-3	Seco	0.1 - 0.2	<1	Lig. Rug	Limpio	Lig. A	Valoración		6		5		3		1		0						
J2	Juntas	73	67	5	Seco	0.2 - 0.6	5-8	Lig. Rug	Limpio	Mod. A	Agua Subterránea		Seco		Húmedo		Saturado		Goteo		Fluyendo		15				
J2	Juntas	80	73	5	Seco	0.2 - 0.6	5-8	Lig. Rug	Limpio	Mod. A	Valoración		15		10		7		4		0						
J2	Juntas	96	82	5	Seco	0.2 - 0.6	5-8	Lig. Rug	Limpio	Mod. A	Clasificación		Muy buena		Buena		Media		Mala		Muy Mala						
J2	Juntas	103	79	5	Seco	0.2 - 0.6	5-8	Lig. Rug	Limpio	Mod. A			100-81		80-61		60-41		40-21		<20						
J2	Juntas	71	86	5	Seco	0.2 - 0.6	5-8	Lig. Rug	Limpio	Mod. A	Valoración RMR						68		Clase de Macizo / Calidad								
J2	Juntas	65	83	5	Seco	0.2 - 0.6	5-8	Lig. Rug	Limpio	Mod. A	Proyección Estereográfica						Buena										
J2	Juntas	60	83	5	Seco	0.2 - 0.6	5-8	Lig. Rug	Limpio	Mod. A																	
J2	Juntas	77	65	5	Seco	0.2 - 0.6	5-8	Lig. Rug	Limpio	Mod. A																	
J2	Juntas	74	69	5	Seco	0.2 - 0.6	5-8	Lig. Rug	Limpio	Mod. A																	

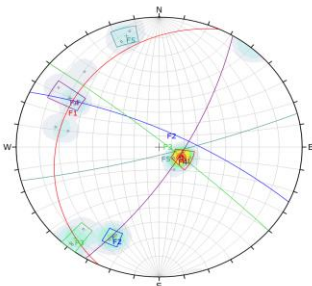
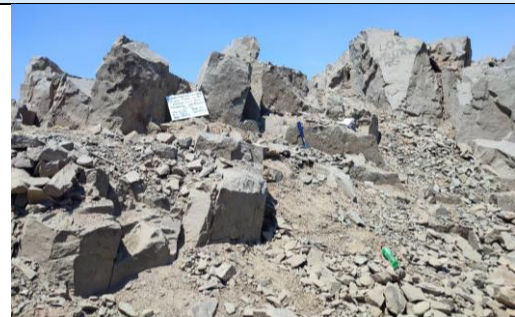
Valoración del Macizo Rocoso																						
Proyecto		"CREACIÓN DEL FERROCARRIL LIMA- BARRANCA"									Coordenadas				Por	MSC						
Cliente		CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE									E	285430	N	8676187	Z	371	REF:	R2 16+000	Fecha	23/01/2025		
N°		Orientación de Estaciones			Área de la estación				Valoración del Macizo Rocoso (RMR 1989)													
Estación		Rumbo (°)		Buzamiento (°)		Long. (m)		Altura (m)		Parámetros			Rango de Valores									
EG-04		358		76		8		2		Valor Estimado											Valoración	
Roca intrusiva, tonalita		Dureza (R)		RQD (%)		Presencia de Agua		Sis. Coord. (Datum)		Resistencia a la compresión (Mpa)		>250 Mpa	250 - 100 Mpa	100 - 50 Mpa	50 - 25 Mpa	25-5	5-1	<1	12			
		R4-R5		75		NO		WGS84		Valoración		15	12	7	4	2	1	0				
Característica de las discontinuidades											Condición de Juntas											
N° De Familias	Tipo De Estructura	Dir. Buz.	Buzamiento	Persistencia (m)	Agua	Esp. (m)	Abertura (mm)	Rugosidad	Relleno	Alteración	RQD		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%		17			
											Valoración		20	17	13	8	3					
											Espaciamiento		> 2m	> 0.6 - 2m	0.2 - 0.6m	0.06 - 0.2m	< 0.06m					
											Valoración		20	15	10	8	5					
											Valoración		6	4	2	1	0					
											Muy buena		100-81	80-61	60-41	40-21	Muy Mala		Clasificación			
											Buena		60-41	40-21	<20							
Valoración RMR											66		Clase de Macizo / Calidad									
											Buena											
Proyección Estereográfica											Fotografía de la Estación											
																						
Dureza R											Tipos de Estructuras				Forma de las Juntas							
R1 Se corta fácilmente con una navaja.											F	Falla										
R2 se corta con dificultad con una navaja.											MF	Microfalla										
R3 Se fractura con solo un golpe de martillo de Geólogo.											C	Contacto Lit.										
R4 Se fractura con más de un golpe de martillo de Geólogo.											Est.	Estratificación										
R5 Se fractura con muchos golpes de martillo de Geólogo.											J	Juntas										
R6 Casi imposible fracturarla con el martillo.																						
Comentarios																						

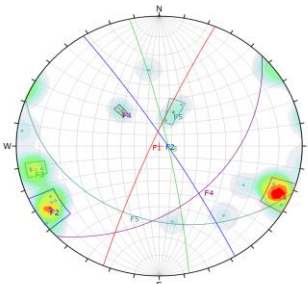
Valoración del Macizo Rocoso																													
Proyecto		"CREACIÓN DEL FERROCARRIL LIMA- BARRANCA"										Coordenadas					Por	MSC											
Cliente		CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE										E	286058		N	8676051		Z	435		REF:	R2 16+600		Fecha	23/01/2025				
N°		Orientación de Estaciones					Área de la estación					Valoración del Macizo Rocoso (RMR 1989)																	
Estación		Rumbo (°)		Buzamiento (°)			Long. (m)		Altura (m)			Parámetros			Rango de Valores									Valoración					
EG-05		218		76			15		10						Valor Estimado														
Roca intrusiva, tonalita		Dureza (R)		RQD (%)			Presencia de Agua		Sis. Coord. (Datum)			Resistencia a la compresión (Mpa)			>250 Mpa	250 - 100 Mpa		100 - 50 Mpa		50 - 25 Mpa		25-5	5-1	<1	12				
		R5-R6		80			NO		WGS84			Valoración			15	12		7		4		2	1	0					
Característica de las discontinuidades												Condición de Juntas											17						
N° De Familias	Tipo De Estructura	Dir. Buz.	Buzamiento		Persistencia (m)	Agua	Esp. (m)	Abertura (mm)	Rugosidad	Relleno	Alteración	RQD		90%-100%	75%-90%		50%-75%		25%-50%		<25%			15					
												Valoración		20	17		13		8		3								
												Espaciamiento		> 2m	> 0.6 - 2m		0.2 - 0.6m		0.06 - 0.2m		< 0.06m								
												Valoración		20	15		10		8		5								
												Condición de Juntas											1						
												Persistencia		< 1m	1-3m		3-10m		10-20m		>20m								
J1 Juntas 264 89 10-20 Seco 0.6 - 2 3-5 Lig. Rug Arc/Ox Mod. A												Valoración		6	4		2		1		0		1						
J1 Juntas 264 89 10-20 Seco 0.6 - 2 3-5 Lig. Rug Arc/Ox Mod. A												Abertura		Cerrada	<0.1mm.		0.1-1.0mm		1-5mm		>5mm								
J1 Juntas 264 89 10-20 Seco 0.6 - 2 3-5 Lig. Rug Arc/Ox Mod. A												Valoración		6	5		4		1		0		3						
J1 Juntas 299 55 10-20 Seco 0.6 - 2 3-5 Lig. Rug Arc/Ox Mod. A												Rugosidad		Muy Rugosa	Rugosa		Lig. Rugosa		Lisa		Pulido								
J1 Juntas 299 56 10-20 Seco 0.6 - 2 3-5 Lig. Rug Arc/Ox Mod. A												Valoración		6	5		3		1		0		2						
J1 Juntas 297 56 10-20 Seco 0.6 - 2 3-5 Lig. Rug Arc/Ox Mod. A												Relleno		Limpio	Duro <5mm.		Duro >5mm.		Suave<5mm		Suave>5mm								
J1 Juntas 276 84 10-20 Seco 0.6 - 2 3-5 Lig. Rug Arc/Ox Mod. A												Valoración		6	4		2		2		0		3						
J1 Juntas 277 84 10-20 Seco 0.6 - 2 3-5 Lig. Rug Arc/Ox Mod. A												Alteración		Sana	Lig. Alterada		Mod. Alterada		Muy Alterada		Descompuesta								
J2 Juntas 198 50 10-20 Seco 0.2 - 0.6 3-5 Lig. Rug Arc/Ox Mod. A												Valoración		6	5		3		1		0		15						
J2 Juntas 203 50 10-20 Seco 0.2 - 0.6 3-5 Lig. Rug Arc/Ox Mod. A												Agua Subterránea		Seco	Húmedo		Saturado		Goteo		Fluyendo								
J2 Juntas 206 45 10-20 Seco 0.2 - 0.6 3-5 Lig. Rug Arc/Ox Mod. A												Valoración		15	10		7		4		0								
J2 Juntas 196 49 10-20 Seco 0.2 - 0.6 3-5 Lig. Rug Arc/Ox Mod. A												Clasificación		Muy buena		Buena		Media		Mala		Muy Mala							
J3 Juntas 357 81 10-20 Seco 0.2 - 0.6 >5 Lig. Rug Arc/Ox Lig. A														100-81		80-61		60-41		40-21		<20							
J3 Juntas 348 80 10-20 Seco 0.2 - 0.6 >6 Lig. Rug Arc/Ox Lig. A												Valoración RMR					69		Clase de Macizo / Calidad										
J3 Juntas 340 82 10-20 Seco 0.2 - 0.6 >7 Lig. Rug Qz/Ox Lig. A																			Buena										
												Proyección Estereográfica					Fotografía de la Estación												
																													
												Dureza R			Tipos de Estructuras			Forma de las Juntas											
												R1 Se corta fácilmente con una navaja.			F Falla														
												R2 se corta con dificultad con una navaja.			MF Microfalla														
												R3 Se fractura con solo un golpe de martillo de Geólogo.			C Contacto Lit.														
												R4 Se fractura con más de un golpe de martillo de Geólogo.			Est. Estratificación														
												R5 Se fractura con muchos golpes de martillo de Geólogo.			J Juntas														
												R6 Casi imposible fracturarla con el martillo.																	
Comentarios																													

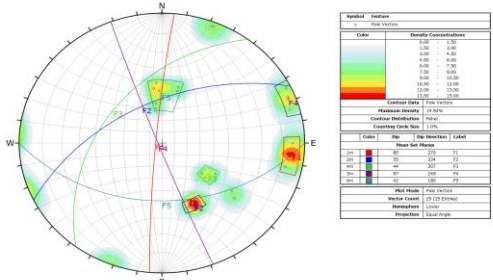
Valoración del Macizo Rocoso																													
Proyecto		"CREACIÓN DEL FERROCARRIL LIMA- BARRANCA"										Coordenadas					Por	MSC											
Cliente		CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE										E	287286	N	8675304	Z	477	REF:	R2 18+000	Fecha	23/01/2025								
N°		Orientación de Estaciones				Área de la estación				Valoración del Macizo Rocoso (RMR 1989)																			
Estación		Rumbo (°)		Buzamiento (°)		Long. (m)		Altura (m)		Parámetros		Rango de Valores									Valoración								
EG-06		141		72		10		6		Valor Estimado											12								
Roca intrusiva, tonalita		Dureza (R)		RQD (%)		Presencia de Agua		Sis. Coord. (Datum)		Resistencia a la compresión (Mpa)		>250 Mpa		250 - 100 Mpa		100 - 50 Mpa		50 - 25 Mpa		25-5		5-1		<1					
		R5-R6		95		NO		WGS84		Valoración		15		12		7		4		2		1		0					
Característica de las discontinuidades										RQD		90%-100%		75%-90%		50%-75%		25%-50%		<25%				20					
										Valoración		20		17		13		8		3									
										Espaciamento		> 2m		> 0.6 - 2m		0.2 - 0.6m		0.06 - 0.2m		< 0.06m				15					
										Valoración		20		15		10		8		5									
										Condición de Juntas																			
										Persistencia		< 1m		1-3m		3-10m		10-20m		>20m				2					
J1										Juntas		300		72		5		Seco		0.6 - 2		2-3			Lig. Rug		Arc/Oz		Lig. A
J1										Juntas		308		68		5		Seco		0.6 - 2		2-3		Lig. Rug		Arc/Oz		Lig. A	
J1										Juntas		324		69		5		Seco		0.6 - 2		2-3		Lig. Rug		Arc/Oz		Lig. A	
J1										Juntas		305		69		5		Seco		0.6 - 2		2-3		Lig. Rug		Arc/Oz		Lig. A	
J1										Juntas		284		62		5		Seco		0.6 - 2		2-3		Lig. Rug		Arc/Oz		Lig. A	
J1										Juntas		297		59		5		Seco		0.6 - 2		2-3		Lig. Rug		Arc/Oz		Lig. A	
J1										Juntas		327		73		5		Seco		0.6 - 2		2-3		Lig. Rug		Arc/Oz		Lig. A	
J1										Juntas		226		85		5		Seco		0.6 - 2		2-3		Lig. Rug		Arc/Oz		Lig. A	
J1										Juntas		309		84		5		Seco		0.6 - 2		2-3		Lig. Rug		Arc/Oz		Lig. A	
J2										Juntas		314		79		3		Seco		0.2 - 0.6		<1		Lig. Rug		Arc/Oz		Lig. A	
J2										Juntas		339		77		3		Seco		0.2 - 0.6		<1		Lig. Rug		Arc/Oz		Lig. A	
J2										Juntas		323		82		3		Seco		0.2 - 0.6		<1		Lig. Rug		Arc/Oz		Lig. A	
J2										Juntas		336		74		3		Seco		0.2 - 0.6		<1		Lig. Rug		Arc/Oz		Lig. A	
J2										Juntas		349		80		3		Seco		0.2 - 0.6		<1		Lig. Rug		Arc/Oz		Lig. A	
J3										Juntas		179		34		3		Seco		0.6 - 2		<1		Lig. Rug		Arc/Oz		Lig. A	
J3										Juntas		164		22		3		Seco		0.6 - 2		<1		Lig. Rug		Arc/Oz		Lig. A	
J3										Juntas		186		28		3		Seco		0.6 - 2		<1		Lig. Rug		Arc/Oz		Lig. A	
J3										Juntas		169		34		3		Seco		0.6 - 2		<1		Lig. Rug		Arc/Oz		Lig. A	
J3										Juntas		177		25		3		Seco		0.6 - 2		<1		Lig. Rug		Arc/Oz		Lig. A	
J3										Juntas		176		16		3		Seco		0.6 - 2		<1		Lig. Rug		Arc/Oz		Lig. A	

Valoración del Macizo Rocoso																																																																																																																																																																																															
Proyecto		"CREACIÓN DEL FERROCARRIL LIMA- BARRANCA"										Coordenadas						Por	MSC																																																																																																																																																																												
Cliente		CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE										E	250555		N	8730824		Z	77	REF:	RP 78+700		Fecha	28/01/2025																																																																																																																																																																							
N°		Orientación de Estaciones					Área de la estación					Valoración del Macizo Rocoso (RMR 1989)																																																																																																																																																																																			
Estación		Rumbo (°)		Buzamiento (°)			Long. (m)		Altura (m)			Parámetros				Rango de Valores												Valoración																																																																																																																																																																			
EG-08		321		68			25		10							Valor Estimado												12																																																																																																																																																																			
Roca intrusiva, granodiorita		Dureza (R)		RQD (%)			Presencia de Agua		Sis. Coord. (Datum)			Resistencia a la compresión (Mpa)				>250 Mpa		250 - 100 Mpa		100 - 50 Mpa		50 - 25 Mpa		25-5		5-1		<1		12																																																																																																																																																																	
		R6		40			NO		WGS84			Valoración				15		12		7		4		2		1		0		8																																																																																																																																																																	
Característica de las discontinuidades																	RQD				90%-100%		75%-90%		50%-75%		25%-50%		<25%		8																																																																																																																																																																
N° De Familias																	Tipo De Estructura																	Dir. Buz.																	Buzamiento																	Persistencia (m)																	Agua																	Esp. (m)																	Abertura (mm)																	Rugosidad																	Relleno																	Alteración																	Valoración				20
																																																																																																																																																																																											Espaciamiento				> 2m
Condición de Juntas																	< 1m		1-3m		3-10m		10-20m		>20m		2																																																																																																																																																																				
Persistencia																	6		4		2		1		0		4																																																																																																																																																																				
Abertura																	Cerrada		<0.1mm.		0.1-1.0mm		1-5mm		>5mm		3																																																																																																																																																																				
Valoración																	6		5		4		1		0		3																																																																																																																																																																				
Rugosidad																	Muy Rugosa		Rugosa		Lig. Rugosa		Lisa		Pulido		2																																																																																																																																																																				
Valoración																	6		5		3		1		0		3																																																																																																																																																																				
Relleno																	Limpio		Duro <5mm.		Duro >5mm.		Suave<5mm		Suave>5mm		2																																																																																																																																																																				
Valoración																	6		4		2		2		0		3																																																																																																																																																																				
Alteración																	Sana		Lig. Alterada		Mod. Alterada		Muy Alterada		Descompuesta		15																																																																																																																																																																				
Valoración																	6		5		3		1		0		15																																																																																																																																																																				
Agua Subterránea																	Seco		Húmedo		Saturado		Goteo		Fluyendo		15																																																																																																																																																																				
Valoración																	15		10		7		4		0		15																																																																																																																																																																				
Clasificación																	Muy buena		Buena		Media		Mala		Muy Mala		20																																																																																																																																																																				
100-81																	80-61		60-41		40-21		<20		20																																																																																																																																																																						
Valoración RMR																	57		Clase de Macizo / Calidad										Media																																																																																																																																																																		
Proyección Estereográfica																	Fotografía de la Estación																																																																																																																																																																														
																																																																																																																																																																																															
Dureza R																	Tipos de Estructuras				Forma de las Juntas																																																																																																																																																																										
R1 Se corta fácilmente con una navaja.																	F Falla				Irregular																																																																																																																																																																										
R2 se corta con dificultad con una navaja.																	MF Microfalla				Puntuación = 6																																																																																																																																																																										
R3 Se fractura con solo un golpe de martillo de Geólogo.																	C Contacto Lit.				Puntuación = 4																																																																																																																																																																										
R4 Se fractura con más de un golpe de martillo de Geólogo.																	Est. Estratificación				Puntuación = 3																																																																																																																																																																										
R5 Se fractura con muchos golpes de martillo de Geólogo.																	J Juntas				Puntuación = 1																																																																																																																																																																										
R6 Casi imposible fracturarla con el martillo.																																																																																																																																																																																															
Comentarios																																																																																																																																																																																															

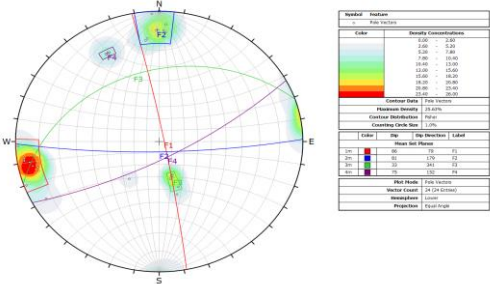
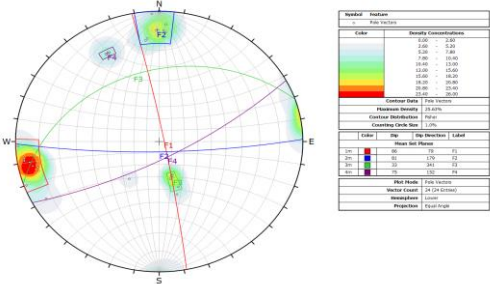
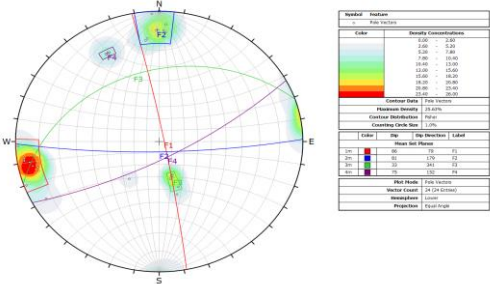
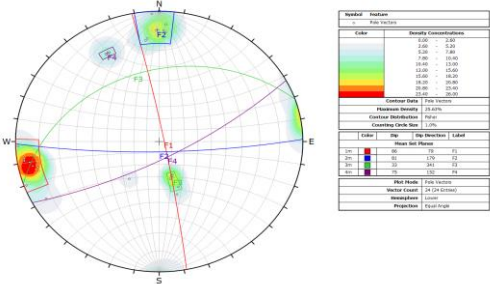
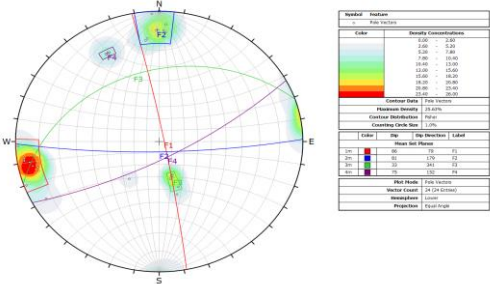
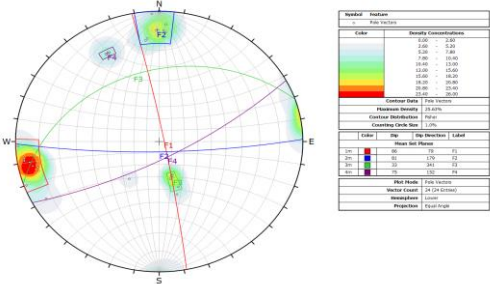
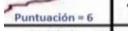
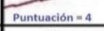
Valoración del Macizo Rocoso																					
Proyecto		"CREACIÓN DEL FERROCARRIL LIMA- BARRANCA"										Coordenadas					Por	MSC			
Cliente		CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE										E	247679	N	8731924	Z	116	REF:	RP 82+200	Fecha	29/01/2025
N°		Orientación de Estaciones				Área de la estación				Valoración del Macizo Rocoso (RMR 1989)											
Estación		Rumbo (°)		Buzamiento (°)		Long. (m)		Altura (m)		Parámetros		Rango de Valores									Valoración
EG-09		304		84		80		25		Valor Estimado										12	
Roca intrusiva, granodiorita		Dureza (R)		RQD (%)		Presencia de Agua		Sis. Coord. (Datum)		Resistencia a la compresión (Mpa)		>250 Mpa	250 - 100 Mpa	100 - 50 Mpa	50 - 25 Mpa	25-5	5-1	<1	12		
		R4-R5		65		NO		WGS84		Valoración		15	12	7	4	2	1	0			
Característica de las discontinuidades										RQD		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%			13		
N° De Familias	Tipo De Estructura	Dir. Buz.	Buzamiento	Persistencia (m)	Agua	Esp. (m)	Abertura (mm)	Rugosidad	Relleno	Alteración	Valoración		20	17	13	8	3	10			
											Espaciamiento		> 2m	> 0.6 - 2m	0.2 - 0.6m	0.06 - 0.2m	< 0.06m				
											Valoración		20	15	10	8	5				
											Condición de Juntas										
J1	Juntas	91	75	10	Seco	0.2 - 0.6	<5	Lig. Rug	Arc/Ox	Mod. A	Persistencia		< 1m	1-3m	3-10m	10-20m	>20m	2			
											Valoración		6	4	2	1	0				
											Abertura		Cerrada	<0.1mm.	0.1-1.0mm	1-5mm	>5mm				
											Valoración		6	5	4	1	0				
J1	Juntas	72	79	10	Seco	0.2 - 0.6 <td><5</td> <td>Lig. Rug</td> <td>Arc/Ox</td> <td>Mod. A<th colspan="2">Rugosidad</th><td>Muy Rugosa</td><td>Rugosa</td><td>Lig. Rugosa</td><td>Lisa</td><td>Pulido</td><td rowspan="2">3</td></td>	<5	Lig. Rug	Arc/Ox	Mod. A <th colspan="2">Rugosidad</th> <td>Muy Rugosa</td> <td>Rugosa</td> <td>Lig. Rugosa</td> <td>Lisa</td> <td>Pulido</td> <td rowspan="2">3</td>	Rugosidad		Muy Rugosa	Rugosa	Lig. Rugosa	Lisa	Pulido	3			
J1	Juntas	88	78	10	Seco	0.2 - 0.6 <td><5</td> <td>Lig. Rug</td> <td>Arc/Ox</td> <td>Mod. A<th colspan="2">Valoración</th><td>6</td><td>5</td><td>3</td><td>1</td><td>0</td></td>	<5	Lig. Rug	Arc/Ox	Mod. A <th colspan="2">Valoración</th> <td>6</td> <td>5</td> <td>3</td> <td>1</td> <td>0</td>	Valoración		6	5	3	1	0				
J1	Juntas	75	71	10	Seco	0.2 - 0.6 <td><5</td> <td>Lig. Rug</td> <td>Arc/Ox</td> <td>Mod. A<th colspan="2">Relleno</th><td>Limpio</td><td>Duro <5mm.</td><td>Duro >5mm.</td><td>Suave<5mm</td><td>Suave>5mm</td><td rowspan="2">2</td></td>	<5	Lig. Rug	Arc/Ox	Mod. A <th colspan="2">Relleno</th> <td>Limpio</td> <td>Duro <5mm.</td> <td>Duro >5mm.</td> <td>Suave<5mm</td> <td>Suave>5mm</td> <td rowspan="2">2</td>	Relleno		Limpio	Duro <5mm.	Duro >5mm.	Suave<5mm	Suave>5mm	2			
J1	Juntas	80	76	10	Seco	0.2 - 0.6 <td><5</td> <td>Lig. Rug</td> <td>Arc/Ox</td> <td>Mod. A<th colspan="2">Valoración</th><td>6</td><td>4</td><td>2</td><td>2</td><td>0</td></td>	<5	Lig. Rug	Arc/Ox	Mod. A <th colspan="2">Valoración</th> <td>6</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>0</td>	Valoración		6	4	2	2	0				
J1	Juntas	83	74	10	Seco	0.2 - 0.6 <td><5</td> <td>Lig. Rug</td> <td>Arc/Ox</td> <td>Mod. A<th colspan="2">Alteración</th><td>Sana</td><td>Lig. Alterada</td><td>Mod. Alterada</td><td>Muy Alterada</td><td>Descompuesta</td><td rowspan="2">3</td></td>	<5	Lig. Rug	Arc/Ox	Mod. A <th colspan="2">Alteración</th> <td>Sana</td> <td>Lig. Alterada</td> <td>Mod. Alterada</td> <td>Muy Alterada</td> <td>Descompuesta</td> <td rowspan="2">3</td>	Alteración		Sana	Lig. Alterada	Mod. Alterada	Muy Alterada	Descompuesta	3			
J1	Juntas	72	79	10	Seco	0.2 - 0.6 <td><5</td> <td>Lig. Rug</td> <td>Arc/Ox</td> <td>Mod. A<th colspan="2">Valoración</th><td>6</td><td>5</td><td>3</td><td>1</td><td>0</td></td>	<5	Lig. Rug	Arc/Ox	Mod. A <th colspan="2">Valoración</th> <td>6</td> <td>5</td> <td>3</td> <td>1</td> <td>0</td>	Valoración		6	5	3	1	0				
J2	Juntas	147	70	1-3	Seco	0.6 - 2	1-5	Lig. Rug	Arc/Ox	Mod. A <th colspan="2">Agua Subterránea</th> <td>Seco</td> <td>Húmedo</td> <td>Saturado</td> <td>Goteo</td> <td>Fluyendo</td> <td rowspan="2">15</td>	Agua Subterránea		Seco	Húmedo	Saturado	Goteo	Fluyendo	15			
J2	Juntas	147	48	1-3	Seco	0.6 - 2	1-5	Lig. Rug	Arc/Ox	Mod. A <th colspan="2">Valoración</th> <td>15</td> <td>10</td> <td>7</td> <td>4</td> <td>0</td>	Valoración		15	10	7	4	0				
J2	Juntas	185	88	1-3	Seco	0.6 - 2	1-5	Lig. Rug	Arc/Ox	Mod. A <th colspan="2">Clasificación</th> <td>Muy buena</td> <td>Buena</td> <td>Media</td> <td>Mala</td> <td>Muy Mala</td>	Clasificación		Muy buena	Buena	Media	Mala	Muy Mala				
J2	Juntas	184	88	1-3	Seco	0.6 - 2	1-5	Lig. Rug	Arc/Ox	Mod. A <td colspan="2"></td> <td>100-81</td> <td>80-61</td> <td>60-41</td> <td>40-21</td> <td><20</td>			100-81	80-61	60-41	40-21	<20				
J2	Juntas	184	89	1-3	Seco	0.6 - 2	1-5	Lig. Rug	Arc/Ox	Mod. A <th colspan="5">Valoración RMR</th> <td>61</td> <th colspan="3">Clase de Macizo / Calidad</th>	Valoración RMR					61	Clase de Macizo / Calidad				
J3	Juntas	9	86	1-3	Seco	0.6 - 2	<1	Lig. Rug	Arc/Ox	Mod. A <th colspan="5"></th> <td colspan="5">Buena</td>						Buena					
J3	Juntas	206	73	1-3	Seco	0.6 - 2	<1	Lig. Rug	Arc/Ox	Mod. A <th colspan="5">Proyección Estereográfica</th> <th colspan="5">Fotografía de la Estación</th>	Proyección Estereográfica					Fotografía de la Estación					
J3	Juntas	21	44	1-3	Seco	0.6 - 2	<1	Lig. Rug	Arc/Ox	Mod. A <th colspan="5" rowspan="4"></th> <th colspan="5" rowspan="4"></th>											
J3	Juntas	23	41	1-3	Seco	0.6 - 2	<1	Lig. Rug	Arc/Ox	Mod. A											
J3	Juntas	33	29	1-3	Seco	0.6 - 2	<1	Lig. Rug	Arc/Ox	Mod. A											
J3	Juntas	28	38	1-3	Seco	0.6 - 2	<1	Lig. Rug	Arc/Ox	Mod. A											
J3	Juntas	22	44	1-3	Seco	0.6 - 2	<1	Lig. Rug	Arc/Ox	Mod. A <th colspan="5"></th> <th colspan="5"></th>											

Valoración del Macizo Rocoso																																
Proyecto		"CREACIÓN DEL FERROCARRIL LIMA- BARRANCA"										Coordenadas						Por		MSC												
Cliente		CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE										E	273042		N	8679184		Z	91		REF:	RP 15+350		Fecha		29/01/2025						
N°		Orientación de Estaciones					Área de la estación					Valoración del Macizo Rocoso (RMR 1989)																				
Estación		Rumbo (°)		Buzamiento (°)			Long. (m)		Altura (m)			Parámetros				Rango de Valores												Valoración				
EG-10		279		80			15		4							Valor Estimado																
		Dureza (R)		RQD (%)			Presencia de Agua		Sis. Coord. (Datum)			Resistencia a la compresión (Mpa)				>250 Mpa		250 - 100 Mpa		100 - 50 Mpa		50 - 25 Mpa		25-5		5-1		<1				
Roca volcánica, andesita		R5-R6		70			NO		WGS84			Valoración				15		12		7		4		2		1		0		12		
Característica de las discontinuidades												RQD				90%-100%		75%-90%		50%-75%		25%-50%		<25%		13						
												Valoración				20		17		13		8		3								
												Espaciamiento				> 2m		> 0.6 - 2m		0.2 - 0.6m		< 0.06m		10								
												Valoración				20		15		10		8		5								
												Condición de Juntas																				
												Persistencia		< 1m		1-3m		3-10m		10-20m		>20m		2								
												Valoración		6		4		2		1		0										
												Abertura		Cerrada		<0.1mm.		0.1-1.0mm		1-5mm		>5mm		1								
												Valoración		6		5		4		1		0										
												Rugosidad		Muy Rugosa		Rugosa		Lig. Rugosa		Lisa		Pulido		3								
												Valoración		6		5		3		1		0										
												Relleno		Limpio		Duro <5mm.		Duro >5mm.		Suave<5mm		Suave>5mm		2								
												Valoración		6		4		2		2		0										
												Alteración		Sana		Lig. Alterada		Mod. Alterada		Muy Alterada		Descompuesta		5								
												Valoración		6		5		3		1		0										
												Agua Subterránea		Seco		Húmedo		Saturado		Goteo		Fluyendo		15								
												Valoración		15		10		7		4		0										
												Clasificación		Muy buena		Buena		Media		Mala		Muy Mala										
														100-81		80-61		60-41		40-21		<20										
												Valoración RMR						63		Clase de Macizo / Calidad												
																				Buena												
												Proyección Estereográfica						Fotografía de la Estación														
																																
												Dureza R				Tipos de Estructuras				Forma de las Juntas												
												R1 Se corta fácilmente con una navaja.				F Falla																
												R2 se corta con dificultad con una navaja.				MF Microfalla																
												R3 Se fractura con solo un golpe de martillo de Geólogo.				C Contacto Lit.																
												R4 Se fractura con más de un golpe de martillo de Geólogo.				Est. Estratificación																
												R5 Se fractura con muchos golpes de martillo de Geólogo.				J Juntas																
												R6 Casi imposible fracturarla con el martillo.																				
Comentarios																																

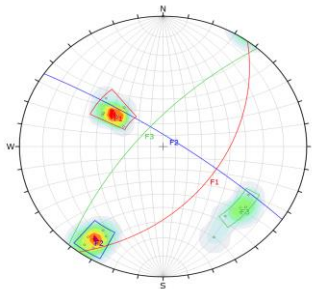
Valoración del Macizo Rocoso																																
Proyecto		"CREACIÓN DEL FERROCARRIL LIMA- BARRANCA"										Coordenadas						Por	MSC													
Cliente		CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE										E	280047		N	8680815		Z	364		REF:	R2 8+250		Fecha	29/01/2025							
N°		Orientación de Estaciones					Área de la estación					Valoración del Macizo Rocoso (RMR 1989)																				
Estación		Rumbo (°)		Buzamiento (°)			Long. (m)		Altura (m)			Parámetros				Rango de Valores												Valoración				
EG-11		261		60			10		3							Valor Estimado												7				
		Dureza (R)		RQD (%)			Presencia de Agua		Sis. Coord. (Datum)			Resistencia a la compresión (Mpa)				>250 Mpa		250 - 100 Mpa		100 - 50 Mpa		50 - 25 Mpa		25-5		5-1		<1		7		
Roca intrusiva, gabrodiorita		R4-R5		40			NO		WGS84			Valoración				15		12		7		4		2		1		0		7		
Característica de las discontinuidades												RQD				90%-100%		75%-90%		50%-75%		25%-50%		<25%		8						
												Valoración				20		17		13		8		3		8						
												Espaciamiento				> 2m		> 0.6 - 2m		0.2 - 0.6m		< 0.06m		10								
												Valoración				20		15		10		8		5								
												Condición de Juntas																				
												Persistencia		< 1m		1-3m		3-10m		10-20m		>20m		2								
												Valoración		6		4		2		1		0										
												Abertura		Cerrada		<0.1mm.		0.1-1.0mm		1-5mm		>5mm		1								
												Valoración		6		5		4		1		0										
												Rugosidad		Muy Rugosa		Rugosa		Lig. Rugosa		Lisa		Pulido		3								
												Valoración		6		5		3		1		0										
												Relleno		Limpio		Duro <5mm.		Duro >5mm.		Suave<5mm		Suave>5mm		2								
												Valoración		6		4		2		2		0										
												Alteración		Sana		Lig. Alterada		Mod. Alterada		Muy Alterada		Descompuesta		3								
												Valoración		6		5		3		1		0										
												Agua Subterránea		Seco		Húmedo		Saturado		Goteo		Fluyendo		15								
												Valoración		15		10		7		4		0										
												Clasificación		Muy buena		Buena		Media		Mala		Muy Mala										
														100-81		80-61		60-41		40-21		<20										
												Valoración RMR						51		Clase de Macizo / Calidad												
																				Media												
												Proyección Estereográfica						Fotografía de la Estación														
																																
												Dureza R						Tipos de Estructuras						Forma de las Juntas								
												R1 Se corta fácilmente con una navaja.						F Falla														
												R2 se corta con dificultad con una navaja.						MF Microfalla														
												R3 Se fractura con solo un golpe de martillo de Geólogo.						C Contacto Lit.														
												R4 Se fractura con más de un golpe de martillo de Geólogo.						Est. Estratificación														
												R5 Se fractura con muchos golpes de martillo de Geólogo.						J Juntas														
												R6 Casi imposible fracturarla con el martillo.																				
Comentarios																																

Valoración del Macizo Rocoso																												
Proyecto		"CREACIÓN DEL FERROCARRIL LIMA- BARRANCA"										Coordenadas					Por	MSC										
Cliente		CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE										E	281791		N	8679015		Z	473	REF:	R2 10+750		Fecha	21/02/2025				
N°		Orientación de Estaciones				Área de la estación				Valoración del Macizo Rocoso (RMR 1989)																		
Estación		Rumbo (°)		Buzamiento (°)		Long. (m)		Altura (m)		Parámetros				Rango de Valores												Valoración		
EG-12		255		87		40		9						Valor Estimado														
		Dureza (R)		RQD (%)		Presencia de Agua		Sis. Coord. (Datum)		Resistencia a la compresión (Mpa)				>250 Mpa		250 - 100 Mpa		100 - 50 Mpa		50 - 25 Mpa		25-5		5-1	<1			
Roca intrusiva, gabrodiorita		R5		55		NO		WGS84		Valoración				15		12		7		4		2		1	0	12		
Característica de las discontinuidades												RQD				90%-100%		75%-90%		50%-75%		25%-50%		<25%				
												Valoración				20		17		13		8		3				
												Espaciamiento				> 2m		> 0.6 - 2m		0.2 - 0.6m		< 0.06m						
												Valoración				20		15		10		8		5		8		
												Condición de Juntas																
												Persistencia		< 1m		1-3m		3-10m		10-20m		>20m						
												Valoración		6		4		2		1		0		2				
												Abertura		Cerrada		<0.1mm.		0.1-1.0mm		1-5mm		>5mm						
												Valoración		6		5		4		1		0		1				
												Rugosidad		Muy Rugosa		Rugosa		Lig. Rugosa		Lisa		Pulido						
												Valoración		6		5		3		1		0		5				
												Relleno		Limpio		Duro <5mm.		Duro >5mm.		Suave<5mm		Suave>5mm						
												Valoración		6		4		2		2		0		0				
												Alteración		Sana		Lig. Alterada		Mod. Alterada		Muy Alterada		Descompuesta						
												Valoración		6		5		3		1		0		3				
												Agua Subterránea		Seco		Húmedo		Saturado		Goteo		Fluyendo						
												Valoración		15		10		7		4		0		15				
												Clasificación		Muy buena		Buena		Media		Mala		Muy Mala						
														100-81		80-61		60-41		40-21		<20						
												Valoración RMR					59		Clase de Macizo / Calidad									
																			Media									
												Proyección Estereográfica					Fotografía de la Estación											
																												
												Dureza R			Tipos de Estructuras			Forma de las Juntas										
												R1 Se corta fácilmente con una navaja.			F Falla													
												R2 se corta con dificultad con una navaja.			MF Microfalla													
												R3 Se fractura con solo un golpe de martillo de Geólogo.			C Contacto Lit.													
												R4 Se fractura con más de un golpe de martillo de Geólogo.			Est. Estratificación													
												R5 Se fractura con muchos golpes de martillo de Geólogo.			J Juntas													
Comentarios <td colspan="3">R6 Casi imposible fracturarla con el martillo.</td> <td colspan="3"></td> <td colspan="5"></td>												R6 Casi imposible fracturarla con el martillo.																

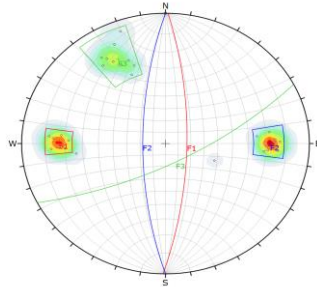
Valoración del Macizo Rocoso																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
Proyecto		"CREACIÓN DEL FERROCARRIL LIMA- BARRANCA"										Coordenadas							Por	MSC																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Cliente		CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE										E	281254		N	8679595		Z	517		REF:	R2 10+000		Fecha	21/02/2025																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
N°			Orientación de Estaciones					Área de la estación					Valoración del Macizo Rocoso (RMR 1989)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Estación			Rumbo (°)		Buzamiento (°)			Long. (m)		Altura (m)			Parámetros				Rango de Valores																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
EG-13			325		82			20		15			Valor Estimado																		Valoración																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Roca intrusiva, tonalita			Dureza (R)		RQD (%)			Presencia de Agua		Sis. Coord. (Datum)			Resistencia a la compresión (Mpa)				>250 Mpa		250 - 100 Mpa		100 - 50 Mpa		50 - 25 Mpa		25-5		5-1		<1		12																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
			R4-R5		80			NO		WGS84			Valoración				15		12		7		4		2		1		0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Característica de las discontinuidades												ROD															17																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
N° De Familias	Tipo De Estructura	Dir. Buz.	Buzamiento		Persistencia (m)	Agua	Esp. (m)	Abertura (mm)	Rugosidad	Relleno	Alteración	Valoración				15	12	7	4	2	1	0	8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
												ROD				90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
												Valoración				20	17	13	8	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
												Espaciamiento				> 2m	> 0.6 - 2m	0.2 - 0.6m	0.06 - 0.2m	< 0.06m																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
												Valoración				20	15	10	8	5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											

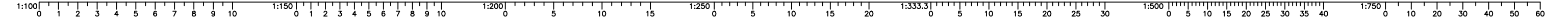
Valoración del Macizo Rocoso																						
Proyecto		"CREACIÓN DEL FERROCARRIL LIMA- BARRANCA"										Coordenadas			Por	MSC						
Cliente		CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE										E	286251	N	8675869	Z	488	REF:	R2 17+000	Fecha	21/01/2025	
N°		Orientación de Estaciones			Área de la estación			Valoración del Macizo Rocoso (RMR 1989)														
Estación		Rumbo (°)	Buzamiento (°)	Long. (m)	Altura (m)	Parámetros			Rango de Valores								Valoración					
EG-14		40	81	50	15	Valor Estimado											Valoración					
Roca intrusiva, tonalita		Dureza (R)	RQD (%)	Presencia de Agua	Sis. Coord. (Datum)	Resistencia a la compresión (Mpa)	>250 Mpa	250 - 100 Mpa	100 - 50 Mpa	50 - 25 Mpa	25-5	5-1	<1	12								
		R5	75	NO	WGS84	Valoración	15	12	7	4	2	1	0									
Característica de las discontinuidades											RQD	90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%	13					
N° De Familias	Tipo De Estructura	Dir. Buz.	Buzamiento	Persistencia (m)	Agua	Esp. (m)	Abertura (mm)	Rugosidad	Relleno	Alteración	Valoración	20	17	13	8	3	13					
											Espaciamiento	> 2m	> 0.6 - 2m	0.2 - 0.6m	0.06 - 0.2m	< 0.06m	8					
											Valoración	20	15	10	8	5	8					
											Condición de Juntas											
J1	Juntas	78	84	10	Seco	0.0-0.2	1-5	Lig. Rug	Arc/Ox	Mod. A	Persistencia	< 1m	1-3m	3-10m	10-20m	>20m	2					
											Valoración	6	4	2	1	0	1					
											Abertura	Cerrada	<0.1mm.	0.1-1.0mm	1-5mm	>5mm	1					
											Valoración	6	5	4	1	0	1					
J1	Juntas	88 <td>89<td>10<td>Seco<td>0.0-0.2<td>1-5<td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th>Rugosidad</th><td>Muy Rugosa</td><td>Rugosa</td><td>Lig. Rugosa</td><td>Lisa</td><td>Pulido</td><th>3</th></td></td></td></td></td></td></td></td>	89 <td>10<td>Seco<td>0.0-0.2<td>1-5<td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th>Rugosidad</th><td>Muy Rugosa</td><td>Rugosa</td><td>Lig. Rugosa</td><td>Lisa</td><td>Pulido</td><th>3</th></td></td></td></td></td></td></td>	10 <td>Seco<td>0.0-0.2<td>1-5<td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th>Rugosidad</th><td>Muy Rugosa</td><td>Rugosa</td><td>Lig. Rugosa</td><td>Lisa</td><td>Pulido</td><th>3</th></td></td></td></td></td></td>	Seco <td>0.0-0.2<td>1-5<td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th>Rugosidad</th><td>Muy Rugosa</td><td>Rugosa</td><td>Lig. Rugosa</td><td>Lisa</td><td>Pulido</td><th>3</th></td></td></td></td></td>	0.0-0.2 <td>1-5<td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th>Rugosidad</th><td>Muy Rugosa</td><td>Rugosa</td><td>Lig. Rugosa</td><td>Lisa</td><td>Pulido</td><th>3</th></td></td></td></td>	1-5 <td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th>Rugosidad</th><td>Muy Rugosa</td><td>Rugosa</td><td>Lig. Rugosa</td><td>Lisa</td><td>Pulido</td><th>3</th></td></td></td>	Lig. Rug <td>Arc/Ox<td>Mod. A<th>Rugosidad</th><td>Muy Rugosa</td><td>Rugosa</td><td>Lig. Rugosa</td><td>Lisa</td><td>Pulido</td><th>3</th></td></td>	Arc/Ox <td>Mod. A<th>Rugosidad</th><td>Muy Rugosa</td><td>Rugosa</td><td>Lig. Rugosa</td><td>Lisa</td><td>Pulido</td><th>3</th></td>	Mod. A <th>Rugosidad</th> <td>Muy Rugosa</td> <td>Rugosa</td> <td>Lig. Rugosa</td> <td>Lisa</td> <td>Pulido</td> <th>3</th>	Rugosidad	Muy Rugosa	Rugosa	Lig. Rugosa	Lisa	Pulido	3					
J1	Juntas	61 <td>84<td>10<td>Seco<td>0.0-0.2<td>1-5<td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th>Valoración</th><td>6</td><td>5</td><td>3</td><td>1</td><td>0</td><th>3</th></td></td></td></td></td></td></td></td>	84 <td>10<td>Seco<td>0.0-0.2<td>1-5<td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th>Valoración</th><td>6</td><td>5</td><td>3</td><td>1</td><td>0</td><th>3</th></td></td></td></td></td></td></td>	10 <td>Seco<td>0.0-0.2<td>1-5<td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th>Valoración</th><td>6</td><td>5</td><td>3</td><td>1</td><td>0</td><th>3</th></td></td></td></td></td></td>	Seco <td>0.0-0.2<td>1-5<td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th>Valoración</th><td>6</td><td>5</td><td>3</td><td>1</td><td>0</td><th>3</th></td></td></td></td></td>	0.0-0.2 <td>1-5<td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th>Valoración</th><td>6</td><td>5</td><td>3</td><td>1</td><td>0</td><th>3</th></td></td></td></td>	1-5 <td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th>Valoración</th><td>6</td><td>5</td><td>3</td><td>1</td><td>0</td><th>3</th></td></td></td>	Lig. Rug <td>Arc/Ox<td>Mod. A<th>Valoración</th><td>6</td><td>5</td><td>3</td><td>1</td><td>0</td><th>3</th></td></td>	Arc/Ox <td>Mod. A<th>Valoración</th><td>6</td><td>5</td><td>3</td><td>1</td><td>0</td><th>3</th></td>	Mod. A <th>Valoración</th> <td>6</td> <td>5</td> <td>3</td> <td>1</td> <td>0</td> <th>3</th>	Valoración	6	5	3	1	0	3					
J1	Juntas	70 <td>89<td>10<td>Seco<td>0.0-0.2<td>1-5<td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th>Relleno</th><td>Limpio</td><td>Duro <5mm.</td><td>Duro >5mm.</td><td>Suave<5mm</td><td>Suave>5mm</td><th>2</th></td></td></td></td></td></td></td></td>	89 <td>10<td>Seco<td>0.0-0.2<td>1-5<td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th>Relleno</th><td>Limpio</td><td>Duro <5mm.</td><td>Duro >5mm.</td><td>Suave<5mm</td><td>Suave>5mm</td><th>2</th></td></td></td></td></td></td></td>	10 <td>Seco<td>0.0-0.2<td>1-5<td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th>Relleno</th><td>Limpio</td><td>Duro <5mm.</td><td>Duro >5mm.</td><td>Suave<5mm</td><td>Suave>5mm</td><th>2</th></td></td></td></td></td></td>	Seco <td>0.0-0.2<td>1-5<td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th>Relleno</th><td>Limpio</td><td>Duro <5mm.</td><td>Duro >5mm.</td><td>Suave<5mm</td><td>Suave>5mm</td><th>2</th></td></td></td></td></td>	0.0-0.2 <td>1-5<td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th>Relleno</th><td>Limpio</td><td>Duro <5mm.</td><td>Duro >5mm.</td><td>Suave<5mm</td><td>Suave>5mm</td><th>2</th></td></td></td></td>	1-5 <td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th>Relleno</th><td>Limpio</td><td>Duro <5mm.</td><td>Duro >5mm.</td><td>Suave<5mm</td><td>Suave>5mm</td><th>2</th></td></td></td>	Lig. Rug <td>Arc/Ox<td>Mod. A<th>Relleno</th><td>Limpio</td><td>Duro <5mm.</td><td>Duro >5mm.</td><td>Suave<5mm</td><td>Suave>5mm</td><th>2</th></td></td>	Arc/Ox <td>Mod. A<th>Relleno</th><td>Limpio</td><td>Duro <5mm.</td><td>Duro >5mm.</td><td>Suave<5mm</td><td>Suave>5mm</td><th>2</th></td>	Mod. A <th>Relleno</th> <td>Limpio</td> <td>Duro <5mm.</td> <td>Duro >5mm.</td> <td>Suave<5mm</td> <td>Suave>5mm</td> <th>2</th>	Relleno	Limpio	Duro <5mm.	Duro >5mm.	Suave<5mm	Suave>5mm	2					
J1	Juntas	80 <td>85<td>10<td>Seco<td>0.0-0.2<td>1-5<td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th>Valoración</th><td>6</td><td>4</td><td>2</td><td>2</td><td>0</td><th>2</th></td></td></td></td></td></td></td></td>	85 <td>10<td>Seco<td>0.0-0.2<td>1-5<td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th>Valoración</th><td>6</td><td>4</td><td>2</td><td>2</td><td>0</td><th>2</th></td></td></td></td></td></td></td>	10 <td>Seco<td>0.0-0.2<td>1-5<td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th>Valoración</th><td>6</td><td>4</td><td>2</td><td>2</td><td>0</td><th>2</th></td></td></td></td></td></td>	Seco <td>0.0-0.2<td>1-5<td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th>Valoración</th><td>6</td><td>4</td><td>2</td><td>2</td><td>0</td><th>2</th></td></td></td></td></td>	0.0-0.2 <td>1-5<td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th>Valoración</th><td>6</td><td>4</td><td>2</td><td>2</td><td>0</td><th>2</th></td></td></td></td>	1-5 <td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th>Valoración</th><td>6</td><td>4</td><td>2</td><td>2</td><td>0</td><th>2</th></td></td></td>	Lig. Rug <td>Arc/Ox<td>Mod. A<th>Valoración</th><td>6</td><td>4</td><td>2</td><td>2</td><td>0</td><th>2</th></td></td>	Arc/Ox <td>Mod. A<th>Valoración</th><td>6</td><td>4</td><td>2</td><td>2</td><td>0</td><th>2</th></td>	Mod. A <th>Valoración</th> <td>6</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>0</td> <th>2</th>	Valoración	6	4	2	2	0	2					
J1	Juntas	81 <td>87<td>10<td>Seco<td>0.0-0.2<td>1-5<td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th>Alteración</th><td>Sana</td><td>Lig. Alterada</td><td>Mod. Alterada</td><td>Muy Alterada</td><td>Descompuesta</td><th>3</th></td></td></td></td></td></td></td></td>	87 <td>10<td>Seco<td>0.0-0.2<td>1-5<td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th>Alteración</th><td>Sana</td><td>Lig. Alterada</td><td>Mod. Alterada</td><td>Muy Alterada</td><td>Descompuesta</td><th>3</th></td></td></td></td></td></td></td>	10 <td>Seco<td>0.0-0.2<td>1-5<td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th>Alteración</th><td>Sana</td><td>Lig. Alterada</td><td>Mod. Alterada</td><td>Muy Alterada</td><td>Descompuesta</td><th>3</th></td></td></td></td></td></td>	Seco <td>0.0-0.2<td>1-5<td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th>Alteración</th><td>Sana</td><td>Lig. Alterada</td><td>Mod. Alterada</td><td>Muy Alterada</td><td>Descompuesta</td><th>3</th></td></td></td></td></td>	0.0-0.2 <td>1-5<td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th>Alteración</th><td>Sana</td><td>Lig. Alterada</td><td>Mod. Alterada</td><td>Muy Alterada</td><td>Descompuesta</td><th>3</th></td></td></td></td>	1-5 <td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th>Alteración</th><td>Sana</td><td>Lig. Alterada</td><td>Mod. Alterada</td><td>Muy Alterada</td><td>Descompuesta</td><th>3</th></td></td></td>	Lig. Rug <td>Arc/Ox<td>Mod. A<th>Alteración</th><td>Sana</td><td>Lig. Alterada</td><td>Mod. Alterada</td><td>Muy Alterada</td><td>Descompuesta</td><th>3</th></td></td>	Arc/Ox <td>Mod. A<th>Alteración</th><td>Sana</td><td>Lig. Alterada</td><td>Mod. Alterada</td><td>Muy Alterada</td><td>Descompuesta</td><th>3</th></td>	Mod. A <th>Alteración</th> <td>Sana</td> <td>Lig. Alterada</td> <td>Mod. Alterada</td> <td>Muy Alterada</td> <td>Descompuesta</td> <th>3</th>	Alteración	Sana	Lig. Alterada	Mod. Alterada	Muy Alterada	Descompuesta	3					
J1	Juntas	75 <td>82<td>10<td>Seco<td>0.0-0.2<td>1-5<td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th>Valoración</th><td>6</td><td>5</td><td>3</td><td>1</td><td>0</td><th>3</th></td></td></td></td></td></td></td></td>	82 <td>10<td>Seco<td>0.0-0.2<td>1-5<td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th>Valoración</th><td>6</td><td>5</td><td>3</td><td>1</td><td>0</td><th>3</th></td></td></td></td></td></td></td>	10 <td>Seco<td>0.0-0.2<td>1-5<td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th>Valoración</th><td>6</td><td>5</td><td>3</td><td>1</td><td>0</td><th>3</th></td></td></td></td></td></td>	Seco <td>0.0-0.2<td>1-5<td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th>Valoración</th><td>6</td><td>5</td><td>3</td><td>1</td><td>0</td><th>3</th></td></td></td></td></td>	0.0-0.2 <td>1-5<td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th>Valoración</th><td>6</td><td>5</td><td>3</td><td>1</td><td>0</td><th>3</th></td></td></td></td>	1-5 <td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th>Valoración</th><td>6</td><td>5</td><td>3</td><td>1</td><td>0</td><th>3</th></td></td></td>	Lig. Rug <td>Arc/Ox<td>Mod. A<th>Valoración</th><td>6</td><td>5</td><td>3</td><td>1</td><td>0</td><th>3</th></td></td>	Arc/Ox <td>Mod. A<th>Valoración</th><td>6</td><td>5</td><td>3</td><td>1</td><td>0</td><th>3</th></td>	Mod. A <th>Valoración</th> <td>6</td> <td>5</td> <td>3</td> <td>1</td> <td>0</td> <th>3</th>	Valoración	6	5	3	1	0	3					
J2	Juntas	342	31	5 <td>Seco<td>0.0-0.2</td><td><1</td><td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th>Agua Subterránea</th><td>Seco<td>Húmedo</td><td>Saturado</td><td>Goteo</td><td>Fluyendo</td><th>15</th></td></td></td></td></td>	Seco <td>0.0-0.2</td> <td><1</td> <td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th>Agua Subterránea</th><td>Seco<td>Húmedo</td><td>Saturado</td><td>Goteo</td><td>Fluyendo</td><th>15</th></td></td></td></td>	0.0-0.2	<1	Lig. Rug <td>Arc/Ox<td>Mod. A<th>Agua Subterránea</th><td>Seco<td>Húmedo</td><td>Saturado</td><td>Goteo</td><td>Fluyendo</td><th>15</th></td></td></td>	Arc/Ox <td>Mod. A<th>Agua Subterránea</th><td>Seco<td>Húmedo</td><td>Saturado</td><td>Goteo</td><td>Fluyendo</td><th>15</th></td></td>	Mod. A <th>Agua Subterránea</th> <td>Seco<td>Húmedo</td><td>Saturado</td><td>Goteo</td><td>Fluyendo</td><th>15</th></td>	Agua Subterránea	Seco <td>Húmedo</td> <td>Saturado</td> <td>Goteo</td> <td>Fluyendo</td> <th>15</th>	Húmedo	Saturado	Goteo	Fluyendo	15					
J2	Juntas	341	31	5 <td>Seco<td>0.0-0.2</td><td><1</td><td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th>Valoración</th><td>15</td><td>10</td><td>7</td><td>4</td><td>0</td><th>15</th></td></td></td></td>	Seco <td>0.0-0.2</td> <td><1</td> <td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th>Valoración</th><td>15</td><td>10</td><td>7</td><td>4</td><td>0</td><th>15</th></td></td></td>	0.0-0.2	<1	Lig. Rug <td>Arc/Ox<td>Mod. A<th>Valoración</th><td>15</td><td>10</td><td>7</td><td>4</td><td>0</td><th>15</th></td></td>	Arc/Ox <td>Mod. A<th>Valoración</th><td>15</td><td>10</td><td>7</td><td>4</td><td>0</td><th>15</th></td>	Mod. A <th>Valoración</th> <td>15</td> <td>10</td> <td>7</td> <td>4</td> <td>0</td> <th>15</th>	Valoración	15	10	7	4	0	15					
J2	Juntas	340	30	5 <td>Seco<td>0.0-0.2</td><td><1</td><td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th rowspan="2">Clasificación</th><td>Muy buena</td><td>Buena</td><td>Media</td><td>Mala</td><td>Muy Mala</td></td></td></td></td>	Seco <td>0.0-0.2</td> <td><1</td> <td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th rowspan="2">Clasificación</th><td>Muy buena</td><td>Buena</td><td>Media</td><td>Mala</td><td>Muy Mala</td></td></td></td>	0.0-0.2	<1	Lig. Rug <td>Arc/Ox<td>Mod. A<th rowspan="2">Clasificación</th><td>Muy buena</td><td>Buena</td><td>Media</td><td>Mala</td><td>Muy Mala</td></td></td>	Arc/Ox <td>Mod. A<th rowspan="2">Clasificación</th><td>Muy buena</td><td>Buena</td><td>Media</td><td>Mala</td><td>Muy Mala</td></td>	Mod. A <th rowspan="2">Clasificación</th> <td>Muy buena</td> <td>Buena</td> <td>Media</td> <td>Mala</td> <td>Muy Mala</td>	Clasificación	Muy buena	Buena	Media	Mala	Muy Mala						
J2	Juntas	345	33	5 <td>Seco<td>0.0-0.2</td><td><1</td><td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A</td><td>100-81</td><td>80-61</td><td>60-41</td><td>40-21</td><td><20</td></td></td></td>	Seco <td>0.0-0.2</td> <td><1</td> <td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A</td><td>100-81</td><td>80-61</td><td>60-41</td><td>40-21</td><td><20</td></td></td>	0.0-0.2	<1	Lig. Rug <td>Arc/Ox<td>Mod. A</td><td>100-81</td><td>80-61</td><td>60-41</td><td>40-21</td><td><20</td></td>	Arc/Ox <td>Mod. A</td> <td>100-81</td> <td>80-61</td> <td>60-41</td> <td>40-21</td> <td><20</td>	Mod. A		100-81	80-61	60-41	40-21	<20						
J2	Juntas	339	41	5 <td>Seco<td>0.0-0.2</td><td><1</td><td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th colspan="2">Valoración RMR</th><td>59</td><th colspan="3">Clase de Macizo / Calidad</th></td></td></td></td>	Seco <td>0.0-0.2</td> <td><1</td> <td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th colspan="2">Valoración RMR</th><td>59</td><th colspan="3">Clase de Macizo / Calidad</th></td></td></td>	0.0-0.2	<1	Lig. Rug <td>Arc/Ox<td>Mod. A<th colspan="2">Valoración RMR</th><td>59</td><th colspan="3">Clase de Macizo / Calidad</th></td></td>	Arc/Ox <td>Mod. A<th colspan="2">Valoración RMR</th><td>59</td><th colspan="3">Clase de Macizo / Calidad</th></td>	Mod. A <th colspan="2">Valoración RMR</th> <td>59</td> <th colspan="3">Clase de Macizo / Calidad</th>	Valoración RMR		59	Clase de Macizo / Calidad								
J2	Juntas	343	46	5 <td>Seco<td>0.0-0.2</td><td><1</td><td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th colspan="2"></th><td>Media</td><th colspan="3"></th></td></td></td></td>	Seco <td>0.0-0.2</td> <td><1</td> <td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th colspan="2"></th><td>Media</td><th colspan="3"></th></td></td></td>	0.0-0.2	<1	Lig. Rug <td>Arc/Ox<td>Mod. A<th colspan="2"></th><td>Media</td><th colspan="3"></th></td></td>	Arc/Ox <td>Mod. A<th colspan="2"></th><td>Media</td><th colspan="3"></th></td>	Mod. A <th colspan="2"></th> <td>Media</td> <th colspan="3"></th>			Media									
J3	Juntas	151	75	5 <td>Seco<td>0.2 - 0.6</td><td><1</td><td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th colspan="2">Proyección Estereográfica</th><th colspan="4">Fotografía de la Estación</th></td></td></td></td>	Seco <td>0.2 - 0.6</td> <td><1</td> <td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th colspan="2">Proyección Estereográfica</th><th colspan="4">Fotografía de la Estación</th></td></td></td>	0.2 - 0.6	<1	Lig. Rug <td>Arc/Ox<td>Mod. A<th colspan="2">Proyección Estereográfica</th><th colspan="4">Fotografía de la Estación</th></td></td>	Arc/Ox <td>Mod. A<th colspan="2">Proyección Estereográfica</th><th colspan="4">Fotografía de la Estación</th></td>	Mod. A <th colspan="2">Proyección Estereográfica</th> <th colspan="4">Fotografía de la Estación</th>	Proyección Estereográfica		Fotografía de la Estación									
J3	Juntas	153	75	5 <td>Seco<td>0.2 - 0.6</td><td><1</td><td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th colspan="2" rowspan="2"></th><th colspan="4" rowspan="2"></th></td></td></td></td>	Seco <td>0.2 - 0.6</td> <td><1</td> <td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th colspan="2" rowspan="2"></th><th colspan="4" rowspan="2"></th></td></td></td>	0.2 - 0.6	<1	Lig. Rug <td>Arc/Ox<td>Mod. A<th colspan="2" rowspan="2"></th><th colspan="4" rowspan="2"></th></td></td>	Arc/Ox <td>Mod. A<th colspan="2" rowspan="2"></th><th colspan="4" rowspan="2"></th></td>	Mod. A <th colspan="2" rowspan="2"></th> <th colspan="4" rowspan="2"></th>												
J3	Juntas	183	84	5 <td>Seco<td>0.2 - 0.6</td><td><1</td><td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A</td></td></td></td>	Seco <td>0.2 - 0.6</td> <td><1</td> <td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A</td></td></td>	0.2 - 0.6	<1	Lig. Rug <td>Arc/Ox<td>Mod. A</td></td>	Arc/Ox <td>Mod. A</td>	Mod. A												
J3	Juntas	177	89	5 <td>Seco<td>0.2 - 0.6</td><td><1</td><td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th colspan="2"></th><th colspan="4"></th></td></td></td></td>	Seco <td>0.2 - 0.6</td> <td><1</td> <td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th colspan="2"></th><th colspan="4"></th></td></td></td>	0.2 - 0.6	<1	Lig. Rug <td>Arc/Ox<td>Mod. A<th colspan="2"></th><th colspan="4"></th></td></td>	Arc/Ox <td>Mod. A<th colspan="2"></th><th colspan="4"></th></td>	Mod. A <th colspan="2"></th> <th colspan="4"></th>												
J3	Juntas	174	77	5 <td>Seco<td>0.2 - 0.6</td><td><1</td><td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th colspan="2"></th><th colspan="4"></th></td></td></td></td>	Seco <td>0.2 - 0.6</td> <td><1</td> <td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th colspan="2"></th><th colspan="4"></th></td></td></td>	0.2 - 0.6	<1	Lig. Rug <td>Arc/Ox<td>Mod. A<th colspan="2"></th><th colspan="4"></th></td></td>	Arc/Ox <td>Mod. A<th colspan="2"></th><th colspan="4"></th></td>	Mod. A <th colspan="2"></th> <th colspan="4"></th>												
J3	Juntas	173	76	5 <td>Seco<td>0.2 - 0.6</td><td><1</td><td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th colspan="2"></th><th colspan="4"></th></td></td></td></td>	Seco <td>0.2 - 0.6</td> <td><1</td> <td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th colspan="2"></th><th colspan="4"></th></td></td></td>	0.2 - 0.6	<1	Lig. Rug <td>Arc/Ox<td>Mod. A<th colspan="2"></th><th colspan="4"></th></td></td>	Arc/Ox <td>Mod. A<th colspan="2"></th><th colspan="4"></th></td>	Mod. A <th colspan="2"></th> <th colspan="4"></th>												
J3	Juntas	183	80	5 <td>Seco<td>0.2 - 0.6</td><td><1</td><td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th colspan="2"></th><th colspan="4"></th></td></td></td></td>	Seco <td>0.2 - 0.6</td> <td><1</td> <td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th colspan="2"></th><th colspan="4"></th></td></td></td>	0.2 - 0.6	<1	Lig. Rug <td>Arc/Ox<td>Mod. A<th colspan="2"></th><th colspan="4"></th></td></td>	Arc/Ox <td>Mod. A<th colspan="2"></th><th colspan="4"></th></td>	Mod. A <th colspan="2"></th> <th colspan="4"></th>												
J3	Juntas	182	81	5 <td>Seco<td>0.2 - 0.6</td><td><1</td><td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th colspan="2"></th><th colspan="4"></th></td></td></td></td>	Seco <td>0.2 - 0.6</td> <td><1</td> <td>Lig. Rug<td>Arc/Ox<td>Mod. A<th colspan="2"></th><th colspan="4"></th></td></td></td>	0.2 - 0.6	<1	Lig. Rug <td>Arc/Ox<td>Mod. A<th colspan="2"></th><th colspan="4"></th></td></td>	Arc/Ox <td>Mod. A<th colspan="2"></th><th colspan="4"></th></td>	Mod. A <th colspan="2"></th> <th colspan="4"></th>												
J4	Falla	36	39	15	Seco	-	5	Lig. Rug <td>Arc/Ox<td>Muy A.<th colspan="2"></th><th colspan="4"></th></td></td>	Arc/Ox <td>Muy A.<th colspan="2"></th><th colspan="4"></th></td>	Muy A. <th colspan="2"></th> <th colspan="4"></th>												
Comentarios											Dureza R		Tipos de Estructuras		Forma de las Juntas							
											R1	Se corta fácilmente con una navaja.	F	Falla								
											R2	se corta con dificultad con una navaja.	MF	Microfalla								
											R3	Se fractura con solo un golpe de martillo de Geólogo.	C	Contacto Lit.								
											R4	Se fractura con más de un golpe de martillo de Geólogo.	Est.	Estratificación								
											R5	Se fractura con muchos golpes de martillo de Geólogo.	J	Juntas								
											R6	Casi imposible fracturarla con el martillo.										

Valoración del Macizo Rocoso																													
Proyecto		"CREACIÓN DEL FERROCARRIL LIMA- BARRANCA"										Coordenadas					Por	MSC											
Cliente		CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE										E	281720		N	8678979		Z	501		REF:	R2 10+750		Fecha	25/02/2025				
N°		Orientación de Estaciones					Área de la estación					Valoración del Macizo Rocoso (RMR 1989)																	
Estación		Rumbo (°)		Buzamiento (°)			Long. (m)		Altura (m)			Parámetros			Rango de Valores										Valoración				
EG-15		318		89			25		15						Valor Estimado										12				
		Dureza (R)		RQD (%)			Presencia de Agua		Sis. Coord. (Datum)			Resistencia a la compresión (Mpa)			>250 Mpa		250 - 100 Mpa		100 - 50 Mpa		50 - 25 Mpa		25-5		5-1		<1		12
Roca intrusiva, gabrodiorita		R6		90			NO		WGS84			Valoración			15		12		7		4		2		1		0		12
Característica de las discontinuidades																													
N° De Familias	Tipo De Estructura	Dir. Buz.	Buzamiento		Persistencia (m)	Agua	Esp. (m)	Abertura (mm)	Rugosidad	Relleno	Alteración	RQD			90%-100%		75%-90%		50%-75%		25%-50%		<25%				17		
												Valoración			20		17		13		8		3				10		
												Espaciamiento			> 2m		> 0.6 - 2m		0.2 - 0.6m		0.06 - 0.2m		< 0.06m				10		
												Valoración			20		15		10		8		5						
													Condición de Juntas																
												Persistencia			< 1m		1-3m		3-10m		10-20m		>20m				2		
												Valoración			6		4		2		1		0				2		
												Abertura			Cerrada		<0.1mm.		0.1-1.0mm		1-5mm		>5mm				1		
												Valoración			6		5		4		1		0				1		
												Rugosidad			Muy Rugosa		Rugosa		Lig. Rugosa		Lisa		Pulido				3		
												Valoración			6		5		3		1		0				3		
												Relleno			Limpio		Duro <5mm.		Duro >5mm.		Suave<5mm		Suave>5mm				2		
												Valoración			6		4		2		2		0				3		
												Alteración			Sana		Lig. Alterada		Mod. Alterada		Muy Alterada		Descompuesta				3		
												Valoración			6		5		3		1		0				15		
												Agua Subterránea			Seco		Húmedo		Saturado		Goteo		Fluyendo				15		
												Valoración			15		10		7		4		0				15		
												Clasificación			Muy buena		Buena		Media		Mala		Muy Mala						
															100-81		80-61		60-41		40-21		<20						
Valoración RMR													65		Clase de Macizo / Calidad														
															Buena														
Proyección Estereográfica													Fotografía de la Estación																

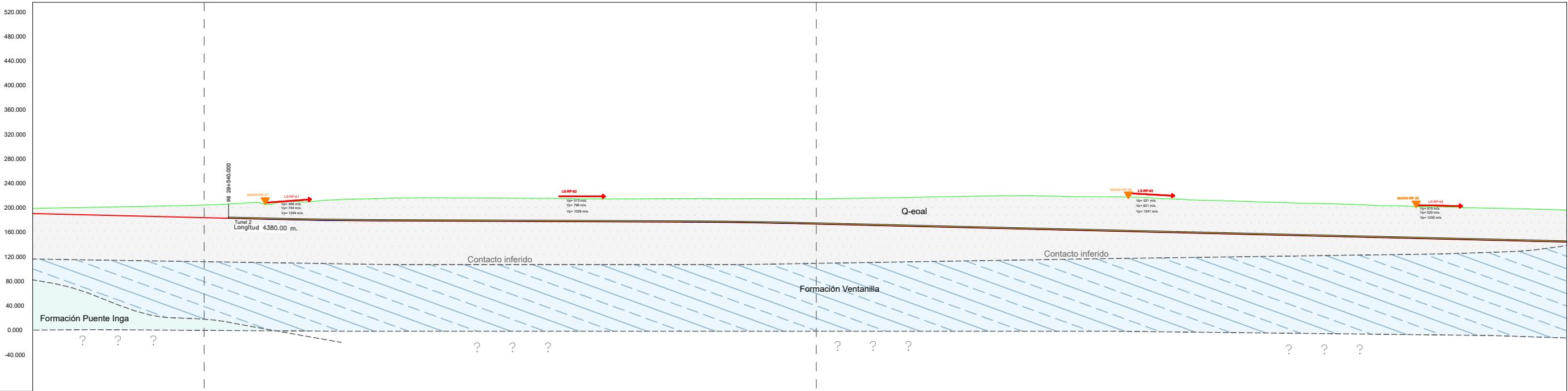
Valoración del Macizo Rocoso																																
Proyecto		"CREACIÓN DEL FERROCARRIL LIMA- BARRANCA"										Coordenadas						Por		MSC												
Cliente		CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE										E	292981		N	8671698		Z	425		REF:	R2-conexión 2+300		Fecha		2/06/2025						
N°		Orientación de Estaciones					Área de la estación					Valoración del Macizo Rocoso (RMR 1989)																				
Estación		Rumbo (°)		Buzamiento (°)			Long. (m)		Altura (m)			Parámetros			Rango de Valores																	
EG-16		8		58			15		3						Valor Estimado													Valoración				
		Dureza (R)		RQD (%)			Presencia de Agua		Sis. Coord. (Datum)			Resistencia a la compresión (Mpa)			>250 Mpa		250 - 100 Mpa		100 - 50 Mpa		50 - 25 Mpa		25-5		5-1		<1		12			
Roca intrusiva, granodiorita		R5		60			NO		WGS84			Valoración			15		12		7		4		2		1		0		13			
Característica de las discontinuidades												RQD			90%-100%		75%-90%		50%-75%		25%-50%		<25%		8							
												Valoración			20		17		13		8		3		8							
												Espaciamiento			> 2m		> 0.6 - 2m		0.2 - 0.6m		< 0.06m		5		8							
												Valoración			20		15		10		8		5		8							
												Condición de Juntas																				
												Persistencia		< 1m		1-3m		3-10m		10-20m		>20m		2								
												Valoración		6		4		2		1		0		1								
												Abertura		Cerrada		<0.1mm.		0.1-1.0mm		1-5mm		>5mm		3								
												Valoración		6		5		4		1		0		3								
												Rugosidad		Muy Rugosa		Rugosa		Lig. Rugosa		Lisa		Pulido		8								
												Valoración		6		5		3		1		0		3								
												Relleno		Limpio		Duro <5mm.		Duro >5mm.		Suave<5mm		Suave>5mm		2								
												Valoración		6		4		2		2		0		3								
												Alteración		Sana		Lig. Alterada		Mod. Alterada		Muy Alterada		Descompuesta		15								
												Valoración		6		5		3		1		0		3								
												Agua Subterránea		Seco		Húmedo		Saturado		Goteo		Fluyendo		8								
												Valoración		15		10		7		4		0		8								
												Clasificación		Muy buena		Buena		Media		Mala		Muy Mala		8								
														100-81		80-61		60-41		40-21		<20		8								
												Valoración RMR						59		Clase de Macizo / Calidad												
																				Media												
												Proyección Estereográfica						Fotografía de la Estación														
																																
												Dureza R					Tipos de Estructuras					Forma de las Juntas										
												R1 Se corta fácilmente con una navaja.					F Falla															
												R2 se corta con dificultad con una navaja.					MF Microfalla															
												R3 Se fractura con solo un golpe de martillo de Geólogo.					C Contacto Lit.															
												R4 Se fractura con más de un golpe de martillo de Geólogo.					Est. Estratificación															
												R5 Se fractura con muchos golpes de martillo de Geólogo.					J Juntas															
												R6 Casi imposible fracturarla con el martillo.																				
Comentarios																																

Valoración del Macizo Rocoso																																
Proyecto		"CREACIÓN DEL FERROCARRIL LIMA- BARRANCA"										Coordenadas						Por	MSC													
Cliente		CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE										E	292869		N	8671693		Z <td colspan="2">396</td> <td colspan="1">REF:</td> <td colspan="2">R2-conexión 2+200</td> <th colspan="1">Fecha</th> <td colspan="8">2/06/2025</td>	396		REF:	R2-conexión 2+200		Fecha	2/06/2025							
N°		Orientación de Estaciones					Área de la estación					Valoración del Macizo Rocoso (RMR 1989)																				
Estación		Rumbo (°)		Buzamiento (°)			Long. (m)		Altura (m)			Parámetros			Rango de Valores																	
EG-17		343		50			10		1.5						Valor Estimado													Valoración				
		Dureza (R)		RQD (%)			Presencia de Agua		Sis. Coord. (Datum)			Resistencia a la compresión (Mpa)			>250 Mpa		250 - 100 Mpa		100 - 50 Mpa		50 - 25 Mpa		25-5		5-1		<1		12			
Roca intrusiva, granodiorita		R5		55			NO		WGS84			Valoración			15		12		7		4		2		1		0					
Característica de las discontinuidades												RQD			90%-100%		75%-90%		50%-75%		25%-50%		<25%		13							
												Valoración			20		17		13		8		3									
												Espaciamiento			> 2m		> 0.6 - 2m		0.2 - 0.6m		< 0.06m		10									
												Valoración			20		15		10		8		5									
												Condición de Juntas																				
												Persistencia		< 1m		1-3m		3-10m		10-20m		>20m		0								
												Valoración		6		4		2		1		0										
												Abertura		Cerrada		<0.1mm.		0.1-1.0mm		1-5mm		>5mm		0								
												Valoración		6		5		4		1		0										
												Rugosidad		Muy Rugosa		Rugosa		Lig. Rugosa		Lisa		Pulido		3								
												Valoración		6		5		3		1		0										
												Relleno		Limpio		Duro <5mm.		Duro >5mm.		Suave<5mm		Suave>5mm		2								
												Valoración		6		4		2		2		0										
												Alteración		Sana		Lig. Alterada		Mod. Alterada		Muy Alterada		Descompuesta		3								
												Valoración		6		5		3		1		0										
												Agua Subterránea		Seco		Húmedo		Saturado		Goteo		Fluyendo		15								
												Valoración		15		10		7		4		0										
												Clasificación		Muy buena		Buena		Media		Mala		Muy Mala										
														100-81		80-61		60-41		40-21		<20										
												Valoración RMR						58		Clase de Macizo / Calidad												
																				Media												
												Proyección Estereográfica						Fotografía de la Estación														
												Dureza R					Tipos de Estructuras					Forma de las Juntas										
												R1 Se corta fácilmente con una navaja.					F Falla															
												R2 se corta con dificultad con una navaja.					MF Microfalla															
												R3 Se fractura con solo un golpe de martillo de Geólogo.					C Contacto Lit.															
												R4 Se fractura con más de un golpe de martillo de Geólogo.					Est. Estratificación															
												R5 Se fractura con muchos golpes de martillo de Geólogo.					J Juntas															
												R6 Casi imposible fracturarla con el martillo.																				
Comentarios																																

Valoración del Macizo Rocoso																																		
Proyecto		"CREACIÓN DEL FERROCARRIL LIMA- BARRANCA"										Coordenadas				Por	B.B.A.																	
Cliente		CONSORCIO FERROCARRIL DEL NORTE										E	199806	N	8811006	Z	565	REF:	R2 17+700	Fecha	6/06/2025													
N°		Orientación de Estaciones				Área de la estación				Valoración del Macizo Rocoso (RMR 1989)																								
Estación		Rumbo (°)		Buzamiento (°)		Long. (m)		Altura (m)		Parámetros				Rango de Valores								Valoración												
EG-18		216		83		50		7		Valor Estimado												12												
Roca intrusiva, granodiorita		Dureza (R)		RQD (%)		Presencia de Agua		Sis. Coord. (Datum)		Resistencia a la compresión (Mpa)				>250 Mpa		250 - 100 Mpa		100 - 50 Mpa		50 - 25 Mpa		25-5		5-1		<1		12						
		R3-R4		75		NO		WGS84		Valoración				15		12		7		4		2		1		0		17						
Característica de las discontinuidades																	RQD				90%-100%		75%-90%		50%-75%		25%-50%		<25%		17			
N° Familias	Tipo De Estructura	Dir. Buz.	Buzamiento	Persistencia (m)	Agua	Esp. (m)	Abertura (mm)	Rugosidad	Relleno	Alteración	Valoración				20		17		13		8		3		10									
											Espaciamiento				> 2m		> 0.6 - 2m		0.2 - 0.6m		0.06 - 0.2m		< 0.06m		10									
											Valoración				20		15		10		8		5		10									
											Condición de Juntas												< 1m		1-3m		3-10m		10-20m		>20m		2	
											Persistencia				6		4		2		1		0		4									
Abertura				Cerrada		<0.1mm.		0.1-1.0mm		1-5mm		>5mm		4																				
Valoración				6		5		4		1		0		4																				
Rugosidad				Muy Rugosa		Rugosa		Lig. Rugosa		Lisa		Pulido		3																				
Valoración				6		5		3		1		0		4																				
Relleno				Limpio		Duro <5mm.		Duro >5mm.		Suave<5mm		Suave>5mm		4																				
Valoración				6		4		2		2		0		4																				
Alteración				Sana		Lig. Alterada		Mod. Alterada		Muy Alterada		Descompuesta		5																				
Valoración				6		5		3		1		0		15																				
Agua Subterránea				Seco		Húmedo		Saturado		Goteo		Fluyendo		15																				
Valoración				15		10		7		4		0		15																				
Clasificación				Muy buena		Buena		Media		Mala		Muy Mala		15																				
				100-81		80-61		60-41		40-21		<20		15																				
Valoración RMR												72		Clase de Macizo / Calidad																				
														Buena																				
Proyección Estereográfica												Fotografía de la Estación																						
																																		
Dureza R						Tipos de Estructuras						Forma de las Juntas																						
R1 Se corta fácilmente con una navaja.						F Falla																												
R2 se corta con dificultad con una navaja.						MF Microfalla																												
R3 Se fractura con solo un golpe de martillo de Geólogo.						C Contacto Lit.																												
R4 Se fractura con más de un golpe de martillo de Geólogo.						Est. Estratificación																												
R5 Se fractura con muchos golpes de martillo de Geólogo.						J Juntas																												
R6 Casi imposible fracturarla con el martillo.																																		
Comentarios																																		
												</																						



PERFIL LONGITUDINAL
Escala: 1/7000



			PROGRESIVAS	29+300	29+400	29+500	29+600	29+700	29+800	29+900	30+000	30+100	30+200	30+300	30+400	30+500	30+600	30+700	30+800	30+900	31+000	31+100	31+200	31+300	31+400	31+500	31+600	31+700		
			ZONIFICACIÓN	ZONA RP-T2-01													ZONA RP-T2-02													
SONDAJE RELACIONADO																														
ESTACIONES GEOMECÁNICAS RELACIONADAS																														
PROGRESIVAS (Km)				29+500 - 30+500													30+500 - 31+760													
LONGITUD (m)				1000													1260													
RECUBRIMIENTO (m)				23.20 m.													23.20 m.													
GEOLOGIA	Unidad Litoestratigráfica			Deposito edóico aluvial													Deposito edóico aluvial													
	Litología / SUCS / AASHTO			Arena pobremente gradada con limo / SP-SM / A-2-4 (0)													Arena pobremente gradada con limo / SP-SM / A-2-4 (0)													
CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO	PARÁMETROS GEOMECÁNICOS	RQD (%)																												
		Espaciamiento de Discontinuidades																												
		Alteración																												
		Persistencia																												
		Abertura y Relleno																												
		Rugosidad																												
	CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS	Rock Mass Rating (RMR) - Bieniawski (1986)																												
		Índice Q-Barton, Lund y Lien (1974)																												
		Geological Stress Index- Hoek (1994)																												
CARACTERIZACIÓN DE LA ROCA INTACTA	RESISTENCIA Y DEFORMACIÓN	Módulo de Young (GPa)	1.22x10 ⁻⁴ **													1.26x10 ⁻⁴ **														
		Poisson	0.35 **													0.35 **														
	Resistencia a la Tracción (MPa)																													
	Resistencia a la Compresión (MPa)																													
	CORTE DIRECTO	Ángulo de Fricción (°)	30.80 *													30.80 *														
		Cohesión (c)	0.00 *													0.02 *														
	COMPRESIÓN TRIAXIAL	Sigma 3 (MPa)																												
		Sigma 1 (MPa)																												
		Velocidad de Onda de Corte - Vs (m/s)			424 **													428 **												
		Ensayo de Abrasividad Cerchar CAI (mm)																												
HIDROGEOLOGIA				Coeficiente de Permeabilidad - K (m/s)													10 ⁻³													

(*) Resultados de corte directo en muestra de suelo
(**) Resultados en base a ensayos geofísicos

SIMBOLOGÍA			
	Superficie de Terreno		Perfil_GSI
	Línea Rasante		Perfil_RMR
	Zona de Falla		Perfil_RQD
	Contacto suelo - roca		Nivel Agua
	Contacto litológico inferido		Líneas Sísmicas
	Perforación Diamantina		Estaciones Geomecánica
	Calicatas		MASW

LEYENDA GEOLÓGICA-GEOTECNICA			
	Q-eoal		Qh-al
DEPÓSITO EÓLICO-ALUVIAL Conformado por arena pobremente gradada con limos (SP-SM), seco, color pardo claro, de plasticidad baja, compacidad suelta. Compuesto por 5% de gravas, 85% de arena y 10% de finos.		DEPÓSITO ALUVIAL Conformado por bolsonería, grava gruesa con arena fina y limos (GP), húmedo, color pardo oscuro, no plástico, compacidad muy densa. Con presencia de clastos de forma angulosas, esfericidad baja, color gris oscuro, T.M.<25cm. Su matriz es arena fina. Compuesto por 60% grava, 35% arena, 5% finos.	
	Roca		Ki-h
FORMACIÓN HERRADURA Unidad esencialmente arcillosa con capas de areniscas y calizas gris oscuras hacia el tope.			JsKi-v
		FORMACIÓN VENTANILLA Brechas volcánicas y niveles volcanoclásticos de arenisca y limolitas tobáceas. Roca volcánica tipo andesita. Resistencia blanda a dura de 120 MPa (R5), con 80% de RQD, espaciamiento entre 0.60 - 1.00 m. Apertura 3 - 5 mm, ligeramente rugosa, relleno blando de óxido y caliza, moderada alteración, seco. RMR de 70 (roca buena).	
	Roca		JsKi-pl
FORMACIÓN PUENTE INGA Limolitas tobáceas de geometría tabular y asociado rítmicamente con coloración beige a crema blanquecina.			

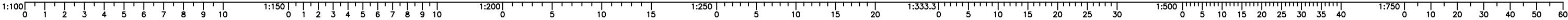
UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BA SADRE GROHMANN
FACULTAD DE ING.CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia

Proyecto de Tesis: VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN FUNCIÓN DE PROFUNDIDAD Y LITOLOGÍA DE ROCAS ÍGNEAS EN LAS PROVINCIAS DE LIMA - BARRANCA, 2025

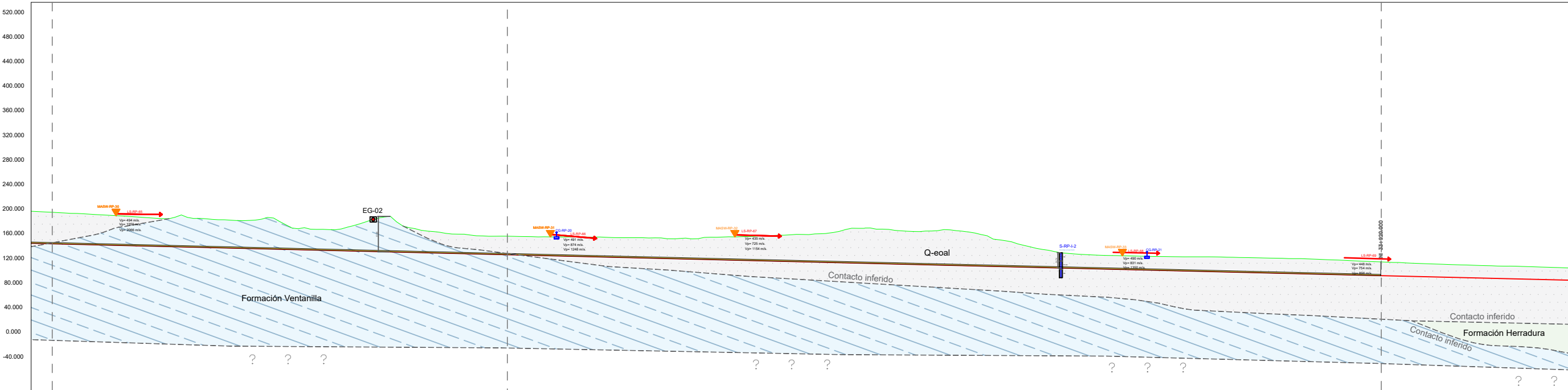
Plano: PERFIL LONGITUDINAL RAMAL PRINCIPAL (TUNEL 2)

Escala de Trabajo: 1:7000	Fecha: Junio 2025	Revisor: Mgr. Ing. Michel Alex Miranda
-------------------------------------	-----------------------------	--

Elaborado por: Brandon Nils Calderón Poma	N°: PL-RP-01
---	---------------------



PERFIL LONGITUDINAL
Escala: 1/7000



		PROGRESIVAS	31+800	31+900	32+000	32+100	32+200	32+300	32+400	32+500	32+600	32+700	32+800	32+900	33+000	33+100	33+200	33+300	33+400	33+500	33+600	33+700	33+800	33+900	34+000	34+100	34+200			
		ZONIFICACIÓN	ZONA RP-T2-03												ZONA RP-T2-04															
GEOLOGIA	SONDAJE RELACIONADO		-												S-RP-I-2															
	ESTACIONES GEOMECÁNICAS RELACIONADAS		EG-02												-															
	PROGRESIVAS (Km)		31+760 - 32+500												32+500 - 33+920															
	LONGITUD (m)		740												1420															
	RECUBRIMIENTO (m)		57.70 m.												24.70 m.															
	Unidad Litoestratigráfica	Formación Ventanilla												Deposito edico aluvial																
		Litología / SUCS / AASHTO	Roca volcánica andesita												Arena pobremente gradada con limo / SP-SM / A-3 (0)															
	PARÁMETROS GEOMECÁNICOS	RQD (%)	80%												-															
		Espaciamiento de Discontinuidades	0.60 - 1.00 m.												-															
		Alteración	Moderadamente alterada												-															
		Persistencia	5 m.												-															
		Abertura y Relleno	Relleno blando 3 - 5 mm.												-															
Rugosidad		Ligeramente rugosa												-																
CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS		Rock Mass Rating (RMR) - Bieniawski (1986)	70												-															
	Índice Q-Barton, Lund y Lien (1974)	17.97												-																
	Geological Stress Index- Hoek (1994)	65												-																
RESISTENCIA Y DEFORMACIÓN	Módulo de Young (GPa)	31.72												1.19x10 ⁻² **																
		Poisson	0.21												0.29 **															
	Resistencia a la Tracción (MPa)		3.85												-															
	Resistencia a la Compresión (MPa)		120												-															
	Corte Directo	Ángulo de Fricción (°)	33.21												32.10 *															
		Cohesión (c)	5.65												0.04 *															
	COMPRESIÓN TRIAXIAL	Sigma 3 (MPa)	2 / 4 / 8												-															
		Sigma 1 (MPa)	124.30 / 161.75 / 216.11												-															
		Velocidad de Onda de Corte - Vs (m/s)	3420												428 **															
	Ensayo de Abrasividad Cerchar CAI (mm)		2.15												-															
	HIDROGEOLOGIA		Coefficiente de Permeabilidad - K (m/s)	2.452x10 ⁻⁷												10 ⁻³														

(*) Resultados de corte directo en muestra de suelo
(**) Resultados en base a ensayos geofísicos

SIMBOLOGÍA			
	Superficie de Terreno		Perfil_GSI
	Línea Rasante		Perfil_RMR
	Zona de Falla		Perfil_RQD
	Contacto suelo - roca		Nivel Agua
	Contacto litológico inferido		Líneas Sísmicas
	Perforación Diamantina		Estaciones Geomecánica
	Calicatas		MASW

LEYENDA GEOLÓGICA-GEOTECNICA	
	DEPÓSITO EÓLICO-ALUVIAL Conformado por arena pobremente gradada con limos (SP-SM), seco, color pardo claro, de plasticidad baja, compacidad suelta. Compuesto por 5% de gravas, 85% de arena y 10% de finos.
	DEPÓSITO ALUVIAL Conformado por bolonería, grava gruesa con arena fina y limos (GP), húmedo, color pardo oscuro, no plástico, compacidad muy densa. Con presencia de clastos de forma angulosas, esfericidad baja, color gris oscuro, TM<25cm. Su matriz es arena fina. Compuesto por 60% grava, 35% arena, 5% finos.
	FORMACIÓN HERRADURA Unidad esencialmente arcillosa con capas de areniscas y calizas gris oscuras hacia el tope.
	FORMACIÓN VENTANILLA Brechas volcánicas y niveles volcanoclásticos de arenisca y limolitas tobáceas. Roca volcánica tipo andesita. Resistencia blanda a dura de 120 MPa (RS), con 80% de RQD, espaciamiento entre 0.60 - 1.00 m. Apertura 3 - 5 mm, ligeramente rugosa, relleno blando de óxidos y caliza, moderada alteración, seco. RMR de 70 (roca buena).
	FORMACIÓN PUENTE INGA Limolitas tobáceas de geometría tabular y asociado rítmicamente con coloración beige a crema blanquecina.



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BA SADRE GROHMANN
FACULTAD DE ING.CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia

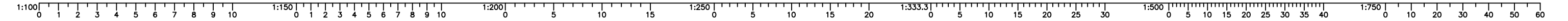


Proyecto de Tesis: VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN FUNCIÓN DE PROFUNDIDAD Y LITOLOGÍA DE ROCAS ÍGNEAS EN LAS PROVINCIAS DE LIMA - BARRANCA, 2025

Plano: PERFIL LONGITUDINAL RAMAL PRINCIPAL (TUNEL 2)

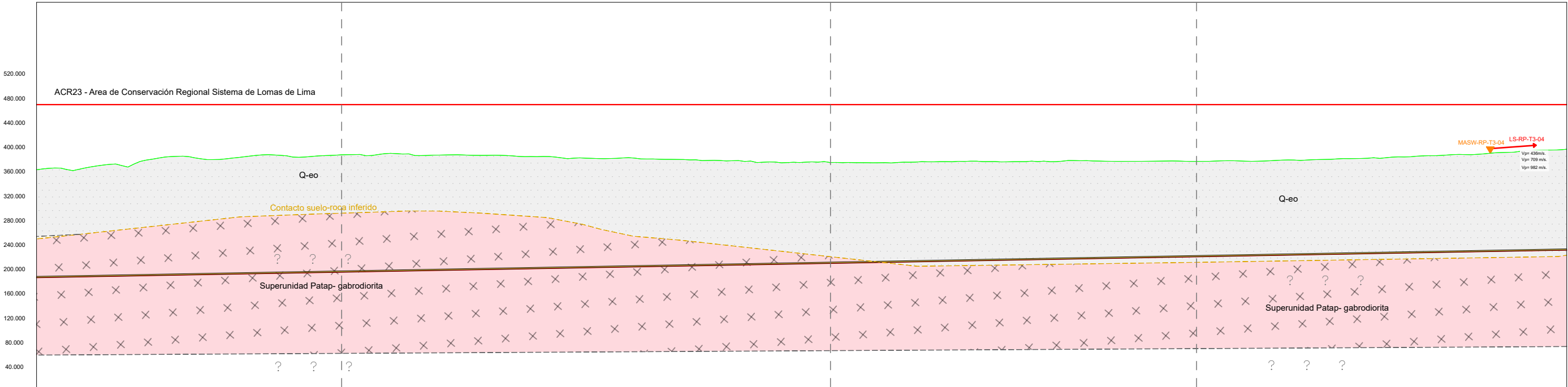
Escala de Trabajo: 1:7000	Fecha: Junio 2025	Revisor: Mgr. Ing. Michel Alex Miranda
Elaborado por: Brandon Nils Calderón Poma		N°: PL-RP-02

N°: PL-RP-03



PERFIL LONGITUDINAL

Escala: 1/7000



		PROGRESIVAS	500	47+600	47+700	47+800	47+900	48+000	48+100	48+200	48+300	48+400	48+500	48+600	48+700	48+800	48+900	49+000	49+100	49+200	49+300	49+400	49+500	49+600	49+700	49+800	49+900	50+0				
		ZONIFICACIÓN	ZONA RP-T3-04					ZONA RP-T3-05					ZONA RP-T3-06					ZONA RP-T3-07														
SONDAJE RELACIONADO			S-RP-II-12					S-RP-II-12					S-RP-II-12					S-RP-II-12														
ESTACIONES GEOMECÁNICAS RELACIONADAS			-					-					-					-														
PROGRESIVAS (Km)			47+000 - 48+000					48+000 - 48+800					48+800- 49+400					49+400 - 50+100														
LONGITUD (m)			1000					800					600					700														
RECUBRIMIENTO (m)			153.70 m.					153.70 m.					163.10 m.					155.30 m.														
GEOLOGÍA	Unidad Litoestratigráfica		Superunidad Patap					Superunidad Patap					Deposito edico					Deposito edico														
	Litología / SUCS / AASHTO		Roca intrusiva gabrodiortita					Roca intrusiva gabrodiortita					Arena pobremente gradada / SP / A-3 (0)					Arena pobremente gradada / SP / A-3 (0)														
CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO	PARÁMETROS GEOMECÁNICOS	RQD (%)	0%					0%					-					-														
		Espaciamiento de Discontinuidades	0.05 m.					0.05 m.					-					-														
		Alteración	Descompuesta					Descompuesta					-					-														
		Persistencia	8 m.					8 m.					-					-														
		Abertura y Relleno	Relleno blanco 1mm.					Relleno blanco 1mm.					-					-														
		Rugosidad	Lisa					Lisa					-					-														
	CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS	Rock Mass Rating (RMR) - Bieniawski 1986	10					10					-					-														
		Índice Q-Barton, Lund y Lien (1974)	0.02					0.02					-					-														
		Geological Stress Index- Hoek (1994)	5					5					-					-														
		Módulo de Young (GPa)	17.12					17.12					9.19x10 ⁻⁵ **					9.19x10 ⁻⁵ **														
CARACTERIZACIÓN DE LA ROCA INTACTA	RESISTENCIA Y DEFORMACIÓN	Poisson	0.19					0.19					0.33 **					0.33 **														
		Resistencia a la Tracción (MPa)	3.96					3.96					-					-														
	Resistencia a la Compresión (MPa)	77					77					-					-															
	CORTE DIRECTO	Ángulo de Fricción (φ)	33.50					33.50					31.40 *					31.40 *														
		Cohesión (c)	0.42					0.42					0.02 *					0.02 *														
	COMPRESIÓN TRIAXIAL	Sigma 3 (MPa)	4 / 8 / 16					4 / 8 / 16					-					-														
		Sigma 1 (MPa)	125.20 / 162.30 / 218.90					125.20 / 162.30 / 218.90					-					-														
		Velocidad de Onda de Corte - Vs (m/s)	3376					3376					374 **					374 **														
	Ensayo de Abrasividad Cerchar CAI (mm)	2.36					2.36					-					-															
	HIDROGEOLOGÍA			Coeficiente de Permeabilidad - K (m/s)					1.068x10 ⁻⁷					1.068x10 ⁻⁷					10 ⁻³					10 ⁻³								

(*) Resultados de corte directo en muestra de suelo
(**) Resultados en base a ensayos geofísicos

SIMBOLOGÍA			
	Superficie de Terreno		Perfil_GSI
	Línea Rasante		Perfil_RMR
	Zona de Falla		Perfil_RQD
	Contacto suelo - roca		Nivel Agua
	Contacto litológico inferido		Líneas Sísmicas
	Perforación Diamantina		Estaciones Geomecánica
	Calicatas		MASW

LEYENDA GEOLÓGICA-GEOTECNICA			
	DEPÓSITO EÓLICO		DEPÓSITO ALUVIAL
Conformado por arenas edáficas de grano fino pobremente gradada (SP), con escaso contenido de finos, seca, color beige a grisáceo, y plástico, compacidad muy suelta. Compuesto por 98% de arena y 2% de finos.		Conformado por bolonera, grava gruesa con arena fina y limos (GP), húmedo, color pardo oscuro, no plástico, compacidad muy densa. Con presencia de clastos de forma angulosas, esfericidad baja, color gris oscuro, T.M.<25cm. Su matriz es arena fina. Compuesto por 60% grava, 35% arena, 5% finos.	
	DEPÓSITO EÓLICO		DEPÓSITO EÓLICO-ALUVIAL
Conformado por arenas edáficas de grano medio a fino pobremente gradada con limo y arena (SP-SM), con escaso contenido de finos, seca, color pardo claro, no plástico, compacidad suelta. Compuesto por 95% de arena y 5% de finos.		Conformado por arena de grano fino pobremente gradada (SP), húmedo, color pardo, de plasticidad baja, compacidad suelta. Compuesto por 80% de arena y 20% de finos.	
	SUPER UNIDAD SANTA ROSA		SUPER UNIDAD PATAP
Roca intrusiva tipo tonilita y granodiorita. Resistencia blanda a dura de 5 a 100 MPa (R2-R4), con 100% de RQD, espaciamento entre 0.60 - 1.60 m. Apertura 0.10 mm, rugosa, no presenta relleno, no presenta alteración, seco. RMR de 77 - 86 (roca buena a muy buena).		Roca intrusiva tipo gabrodiortita. Resistencia blanda a dura de 5 a 100 MPa (R2-R4), con 100% de RQD, espaciamento entre 0.62 - 1.60 m. Apertura 0.00 - 0.10 mm, rugosa, relleno blanco, no presenta alteración, seco. RMR de 76 - 83 (roca buena a muy buena).	



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE ING.CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia

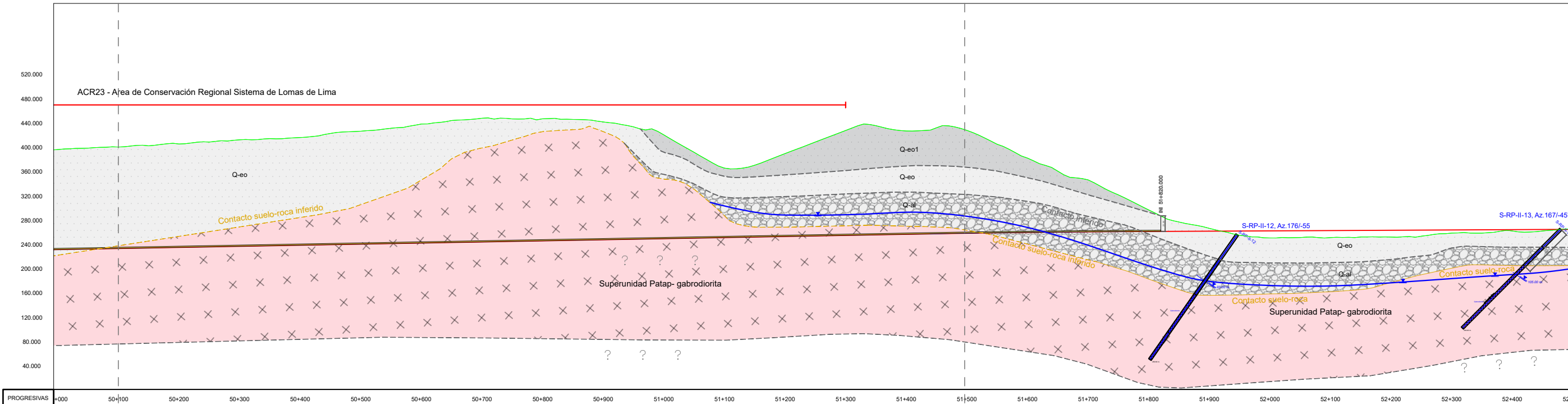


Proyecto de Tesis: VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN FUNCIÓN DE PROFUNDIDAD Y LITOLOGÍA DE ROCAS ÍGNEAS EN LAS PROVINCIAS DE LIMA - BARRANCA, 2025

Plano: PERFIL LONGITUDINAL RAMAL PRINCIPAL (TUNEL 3)

Escala de Trabajo: 1:7000	Fecha: Junio 2025	Revisor: Mgr. Ing. Michel Alex Miranda
Elaborado por: Brandon Nils Calderón Poma		Nº: PL-RP-04

PERFIL LONGITUDINAL
Escala: 1/7000



		ZONIFICACIÓN			ZONA RP-T3-08		ZONA RP-T3-09
SONDAJE RELACIONADO					S-RP-II-12		S-RP-II-12
ESTACIONES GEOMECÁNICAS RELACIONADAS					-		-
PROGRESIVAS (Km)					50+100 - 51+500		51+500 - 52+160
LONGITUD (m)					1400		660
RECUBRIMIENTO (m)					153.70 m.		25.70 m.
GEOLOGÍA	Unidad Litoestratigráfica				Superunidad Patap		Deposito edico
	Litología / SUCS / AASHTO				Roca intrusiva gabrodiorita		Arena pobremente gradada / SP / A-3 (0)
CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO	PARÁMETROS GEOMECÁNICOS	RQD (%)			0%		-
		Espaciamiento de Discontinuidades			0.05 m.		-
		Alteración			Descompuesta		-
		Persistencia			8 m.		-
		Abertura y Relleno			Relleno blando 1mm.		-
		Rugosidad			Lisa		-
	CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS	Rock Mass Rating (RMR) - Bieniawski 1986			10		-
		Índice Q-Barton, Lundén y Lien (1974)			0.02		-
		Geological Stress Index- Hoek (1994)			5		-
							-
CARACTERIZACIÓN DE LA ROCA IN SITU	RESISTENCIA Y DEFORMACIÓN	Módulo de Young (GPa)			17.12		9.19x10 ⁻⁵ **
		Poisson			0.19		0.33 **
	Resistencia a la Tracción (MPa)				3.96		-
	Resistencia a la Compresión (MPa)				77		-
	CORTE DIRECTO	Ángulo de Fricción (φ)			33.50		31.40 *
		Cohesión (c)			0.42		0.02 *
	COMPRESIÓN TRIAXIAL	Sigma 3 (MPa)			4 / 8 / 16		-
		Sigma 1 (MPa)			125.20 / 162.30 / 218.90		-
	Velocidad de Onda de Corte - Vs (m/s)				3376		374 **
	Ensayo de Abrasividad Cerchar CAI (mm)				2.36		-
HIDROGEOLOGÍA		Coefficiente de Permeabilidad - K (m/s)			1.068x10 ⁻⁷		10 ⁻³

(*) Resultados de corte directo en muestra de suelo
(**) Resultados en base a ensayos geofísicos

SIMBOLOGÍA			
	Superficie de Terreno		Perfil_GSI
	Línea Rasante		Perfil_RMR
	Zona de Falla		Perfil_RQD
	Contacto suelo - roca		Nivel Agua
	Contacto litológico inferido		LR-1 Líneas Sísmicas
	Perforación Diamantina		EG-1 Estaciones Geomecánica
	Calicatas		MASW-1 MASW

LEYENDA GEOLÓGICA-GEOTECNICA			
	Qh-eo1		Qh-al
	Q-eo		Q-eoal
	Roca		Roca
DEPÓSITO EÓLICO Conformado por arenas edáficas de grano fino pobremente gradada (SP) con escaso contenido de finos, seca, color beige a grisáceo, no plástico, compacidad muy suelta. Compuesto por 98% de arena y 2% de finos. DEPÓSITO EÓLICO-ALUVIAL Conformado por arenas edáficas de grano medio a fino pobremente gradada con limo y arena (SP-SM), con escaso contenido de finos, seca, color pardo claro, no plástico, compacidad suelta. Compuesto por 93% de arena y 7% de finos. DEPÓSITO EÓLICO-ALUVIAL Conformado por arena de grano fino pobremente gradada (SP), húmedo, color pardo, de plasticidad baja, compacidad suelta. Compuesto por 80% de arena y 20% de finos. SUPER UNIDAD SANTA ROSA Roca intrusiva tipo tonalita y granodiorita. Resistencia blanda a dura de 5 a 100 MPa (R2-R4), con 100% de RQD, espaciamiento entre 0.80 - 1.60 m. Apertura 0.10 mm, rugosa, no presenta relleno, no presenta alteración, seco. RMR de 77 - 86 (roca buena a muy buena). SUPER UNIDAD PATAP Roca intrusiva tipo gabrodiorita. Resistencia blanda a dura de 5 a 100 MPa (R2-R4), con 100% de RQD, espaciamiento entre 0.62 - 1.60 m. Apertura 0.00 - 0.10 mm, rugosa, relleno blanco, no presenta alteración, seco. RMR de 75 - 83 (roca buena a muy buena).			

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE ING.CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia

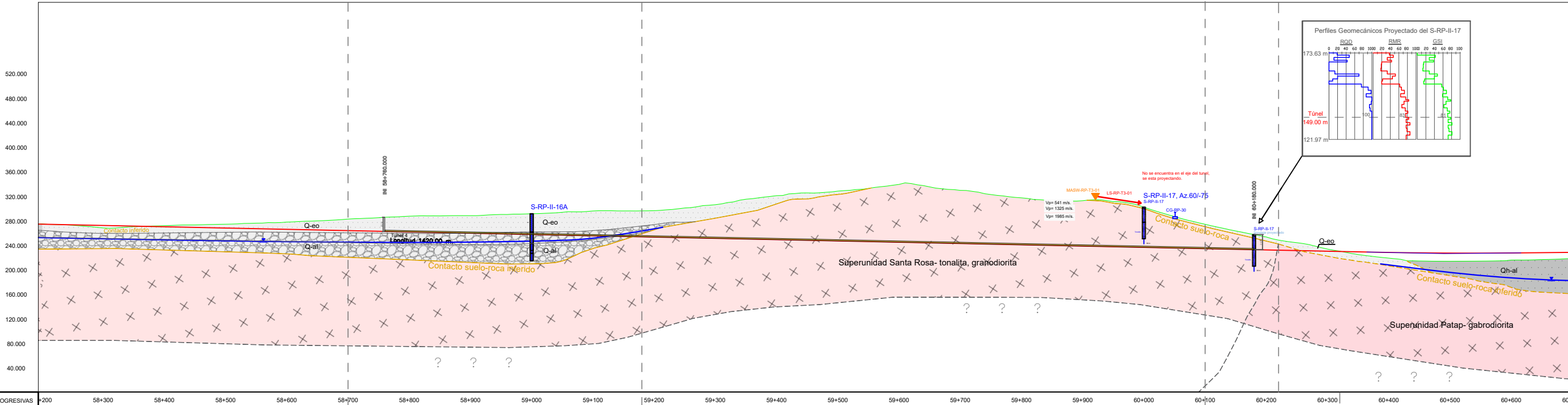
Proyecto de Tesis: VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN FUNCIÓN DE PROFUNDIDAD Y LITOLOGÍA DE ROCAS ÍGNEAS EN LAS PROVINCIAS DE LIMA - BARRANCA, 2025

Plano: PERFIL LONGITUDINAL RAMAL PRINCIPAL (TUNEL 3)

Escala de Trabajo: 1:7000	Fecha: Junio 2025	Revisor: Mgr. Ing. Michel Alex Miranda
------------------------------	----------------------	---

Elaborado por: Brandon Nils Calderón Poma	Nº: PL-RP-05
--	--------------

PERFIL LONGITUDINAL
Escala: 1/7000



		PROGRESIVAS	200	58+300	58+400	58+500	58+600	58+700	58+800	58+900	59+000	59+100	59+200	59+300	59+400	59+500	59+600	59+700	59+800	59+900	60+000	60+100	60+200	60+300	60+400	60+500	60+600	60+											
		ZONIFICACIÓN											ZONA RP-T4-01										ZONA RP-T4-02										ZONA RP-T4-03						
SONDAJE RELACIONADO													S-RP-II-16A										S-RP-II-17										S-RP-II-17						
ESTACIONES GEOMECAÑICAS RELACIONADAS													-										-										-						
PROGRESIVAS (Km)													58+700- 59+180										59+180 - 60+100										60+100 - 60+220						
LONGITUD (m)													480										1080										120						
RECUBRIMIENTO (m)													23.10 m.										89.50 m.										24.60 m.						
GEOLOGÍA		Unidad Litoestratigráfica												Depósito eólico										Superunidad Santa Rosa										Superunidad Santa Rosa					
		Litología / SUCS / AASHTO												Arena pobremente gradada con limos / SP-SM / A-3 (0)										Roca intrusiva tonalita, granodiorita										Roca intrusiva tonalita, granodiorita					
CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO	PARÁMETROS GEOMECAÑICOS	ROD (%)												100%										91%															
		Espaciamiento de Discontinuidades												-										0.62 - 1.60 m.										0.46 - 0.65 m.					
		Alteración												-										No alterada										Débilmente alterada					
		Persistencia												-										1 m.										8 m.					
		Abertura y Relleno												-										No presenta										No presenta					
		Rugosidad												-										Rugoso										Rugoso					
	CLASIFICACIONES GEOMECAÑICAS	Rock Mass Rating (RMR) - Bieniawski (1986)												-										85										66					
		Índice Q-Barton, Lund y Lien (1974)												-										95.16										11.52					
		Geological Stress Index- Hoek (1994)												-										80										61					
		Módulo de Young (GPa)												3.60x10 ⁻⁵ **										48.99										48.99					
CARACTERIZACIÓN DE LA ROCA INTRUSIVA	RESISTENCIA Y DEFORMACIÓN	Poisson												0.26 **										0.18										0.18					
		Resistencia a la Tracción (MPa)												-										6.33										6.33					
	Resistencia a la Compresión (MPa)												-										153										153						
	CORTE DIRECTO	Ángulo de Fricción (φ)												31.80 *										40.50										40.50					
		Cohesión (c)												0.05 *										0.97										0.97					
	COMPRESIÓN TRIAXIAL	Sigma 3 (MPa)												-										2 / 4 / 8										2 / 4 / 8					
		Sigma 1 (MPa)												-										232.48 / 334.68 / 385.89										232.48 / 334.68 / 385.89					
		Velocidad de Onda de Corte - Vs (m/s)												306 **										3209										3209					
		Ensayo de Abrasividad Cerchar CAI (mm)												-										2.16										2.16					
	HIDROGEOLOGÍA		Coeficiente de Permeabilidad - K (m/s)												10 ⁻⁷										3.52x10 ⁻⁸										1.802x10 ⁻⁷				

(*) Resultados de corte directo en muestra de suelo
(**) Resultados en base a ensayos geofísicos

SIMBOLOGÍA			
	Superficie de Terreno		Perfil_GSI
	Línea Rasante		Perfil_RMR
	Zona de Falla		Perfil_RQD
	Contacto suelo - roca		Nivel Agua
	Contacto litológico inferido		LR-1 Líneas Sísmicas
	Perforación Diamantina		EG-1 Estaciones Geomecánica
	Calicatas		MASW-1 MASW

LEYENDA GEOLÓGICA-GEOTECNICA			
	Qh-eo1		Qh-al
DEPÓSITO EÓLICO Conformado por arenas eólicas de grano fino pobremente gradada (SP), con escaso contenido de finos, seca, color beige a grisáceo, no plástico, compacidad muy suelta. Compuesto por 98% de arena y 2% de finos.		DEPÓSITO ALUVIAL Conformado por bolonera, grava gruesa con arena fina y limos (GP), húmedo, color pardo oscuro, no plástico, compacidad muy densa. Con presencia de clastos de forma angulosas, esfericidad baja, color gris oscuro, T.M.=25cm. Su matriz es arena fina. Compuesto por 60% grava, 35% arena, 5% finos.	
	Q-eo		Q-eoal
DEPÓSITO EÓLICO Conformado por arenas eólicas de grano medio a fino pobremente gradada con limo y arena (SP-SM), con escaso contenido de finos, seca, color pardo claro, no plástico, compacidad suelta. Compuesto por 93% de arena y 7% de finos.		DEPÓSITO EÓLICO-ALUVIAL Conformado por arena de grano fino pobremente gradada (SP), húmedo, color pardo, de plasticidad baja, compacidad suelta. Compuesto por 80% de arena y 20% de finos.	
	Roca		Ka-bojpt-gbd
SUPER UNIDAD SANTA ROSA Roca intrusiva tipo tonalita y granodiorita. Resistencia blanda a dura de 5 a 100 MPa (R2-R4), con 100% de RQD, espaciamiento entre 0.60 - 1.60 m. Apertura 0.10 mm, rugosa, no presenta relleno, no presenta alteración, seco, RMR de 77 - 86 (roca buena a muy buena).		SUPER UNIDAD PATAP Roca intrusiva tipo gabrodiorita. Resistencia blanda a dura de 5 a 100 MPa (R2-R4), con 100% de RQD, espaciamiento entre 0.62 - 1.60 m. Apertura 0.00 - 0.10 mm, rugosa, relleno blanco, no presenta alteración, seco, RMR de 76 - 83 (roca buena a muy buena).	

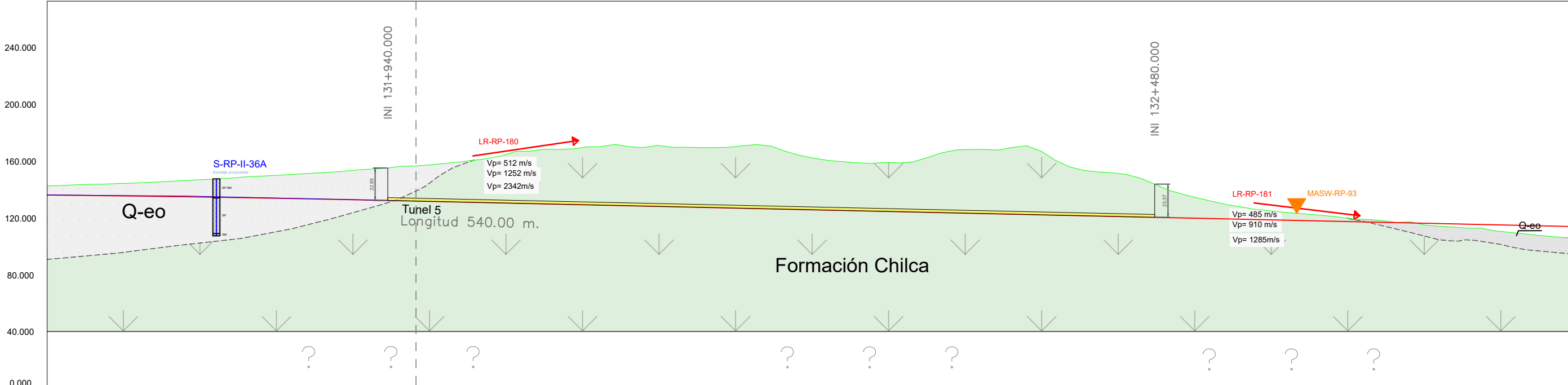
UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE ING.CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia

Proyecto de Tesis: VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN FUNCIÓN DE PROFUNDIDAD Y LITOLOGÍA DE ROCAS ÍGNEAS EN LAS PROVINCIAS DE LIMA - BARRANCA, 2025

Plano: PERFIL LONGITUDINAL RAMAL PRINCIPAL (TUNEL 4)

Escala de Trabajo: 1:7000	Fecha: Junio 2025	Revisor: Mgr. Ing. Michel Alex Miranda
Elaborado por: Brandon Nils Calderón Poma		N°: PL-RP-06

PERFIL LONGITUDINAL
Escala: 1/3000



		PROGRESIVAS	700	131+800	131+900	132+000	132+100	132+200	132+300	132+400	132+500	132+600	132+700
		ZONIFICACIÓN	ZONA RP-T5-01					ZONA RP-T5-02					
SONDAJE RELACIONADO			S-RP-II-36A					-					
ESTACIONES GEOMECÁNICAS RELACIONADAS			-					-					
PROGRESIVAS (Km)			131+700 - 131+960					131+960 - 132+600					
LONGITUD (m)			260					640					
RECUBRIMIENTO (m)			22.90 m.					23.40 m.					
GEOLOGÍA	Unidad Litoestratigráfica		Depósito eólico					Formación Chilca					
	Litología / SUCS / AASHTO		Arena pobremente gradada / SP / A-3 (0)					Roca volcánica andesita					
CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO	PARÁMETROS GEOMECÁNICOS	RQD (%)	-					41%					
		Espaciamiento de Discontinuidades	-					0.10 - 0.20 m.					
		Alteración	-					Moderada a debilmente alterada					
		Persistencia	-					8 m.					
		Abertura y Relleno	-					Relleno blando 1 - 5mm.					
		Rugosidad	-					Rugoso					
	CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS	Rock Mass Rating (RMR) - Bieniawski 1986	-					50					
		Índice Q-Barton, Lund y Lien (1974)	-					1.95					
		Geological Stress Index- Hoek (1994)	-					45					
		Módulo de Young (GPa)	1.28x10 ⁻⁴ **					17.20					
CARACTERIZACIÓN DE LA ROCA INTACTA	RESISTENCIA Y DEFORMACIÓN	Poisson	0.35 **					0.23					
		Resistencia a la Tracción (MPa)	-					2.31					
	Resistencia a la Compresión (MPa)	-					87						
	CORTE DIRECTO	Ángulo de Fricción (φ)	32.20°					34.00					
		Cohesión (c)	0.04°					7.76					
	COMPRESIÓN TRIAXIAL	Sigma 3 (MPa)	-					1 / 2.4					
		Sigma 1 (MPa)	-					114.60 / 134.60 / 164.10					
	Velocidad de Onda de Corte - Vs (m/s)		435 **					-					
	Ensayo de Abrasividad Cerchar CAI (mm)		-					-					
	HIDROGEOLOGÍA		Coefficiente de Permeabilidad - K (m/s)	10 ⁻³					10 ⁻⁷				

(*) Resultados de corte directo en muestra de suelo
(**) Resultados en base a ensayos geofísicos

SIMBOLOGÍA			
	Superficie de Terreno		Perfil_GSI
	Línea Rasante		Perfil_RMR
	Zona de Falla		Perfil_RQD
	Contacto suelo - roca		Nivel Agua
	Contacto litológico inferido		LR-1 Líneas Sísmicas
	Perforación Diamantina		EG-1 Estaciones Geomecánica
	Calicatas		MASW-1 MASW

LEYENDA GEOLÓGICA-GEOTECNICA			
	Q-eo		Qh-cl
	Qh-al		Kis-chi
DEPÓSITO EÓLICO Conformado por arenas eólicas de grano medio a fino pobremente gradada con limo y arena (SP-SM), con escaso contenido de finos, seca, color pardo claro, no plástico, compactidad suelta. Compuesto por 93% de arena y 7% de finos. DEPÓSITO ALUVIAL Conformado por boloneria, grava gruesa con arena fina y limos (GP), húmedo, color pardo oscuro, no plástico, compactidad muy densa. Con presencia de clastos de forma angulosas, esfericidad baja, color gris oscuro, TM=25cm. Su matriz es arena fina. Compuesto por 60% grava, 35% arena, 5% finos. DEPÓSITO COLUVIAL Conformado por materiales granulares del tipo gravas y arenas, provenientes de la fracturación y caída de los materiales volcánicos preexistentes. FORMACIÓN CHILCA Roca volcánica tipo andesita. Resistencia blanda de 25 - 87 MPa (R3 - R4), con 41% de RQD, espaciamiento entre 0.10 - 0.20 m. Apertura 1 - 5 mm, rugosa, relleno blando, moderada a debil alteración, húmedo. RMR de 50 (roca regular a mala).			

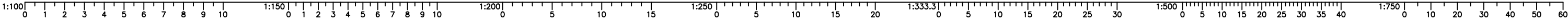


UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BA SADRE GROHMANN
FACULTAD DE ING.CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia

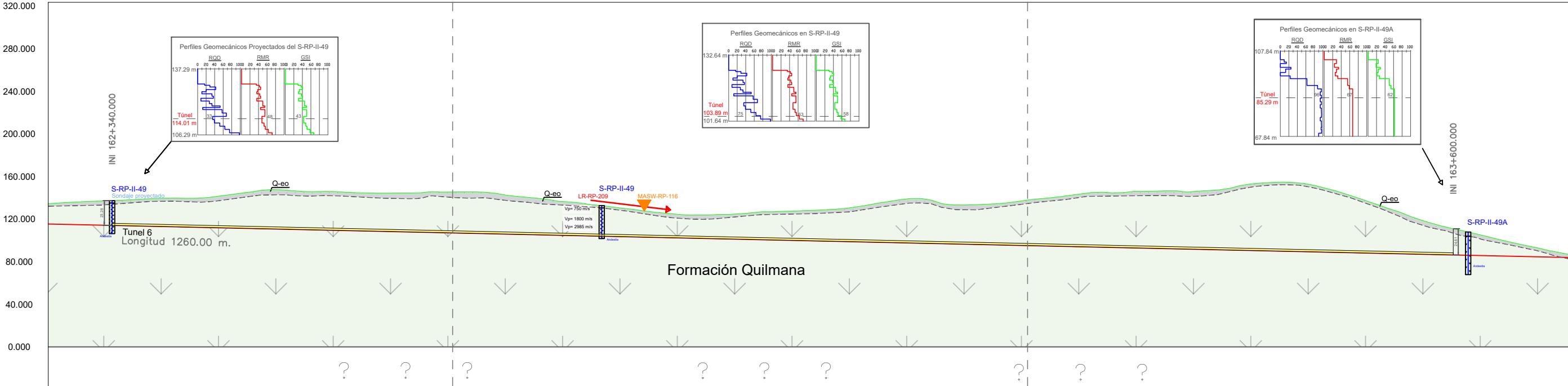


Proyecto de Tesis: VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN FUNCIÓN DE PROFUNDIDAD Y LITOLOGÍA DE ROCAS ÍGNEAS EN LAS PROVINCIAS DE LIMA - BARRANCA, 2025

Plano: PERFIL LONGITUDINAL RAMAL PRINCIPAL (TUNEL 5)		
Escala de Trabajo: 1:7000	Fecha: Junio 2025	Revisor: Mgr. Ing. Michel Alex Miranda
Elaborado por: Brandon Nils Calderón Poma		N°: PL-RP-07



PERFIL LONGITUDINAL
Escala: 1/4000



		PROGRESIVAS	162+300	162+400	162+500	162+600	162+700	162+800	162+900	163+000	163+100	163+200	163+300	163+400	163+500	163+600	163+700	
		ZONIFICACIÓN	ZONA RP-T6-01					ZONA RP-T6-02					ZONA RP-T6-03					
SONDAJE RELACIONADO			S-RP-II-49					S-RP-II-49					S-RP-II-49A					
ESTACIONES GEOMECÁNICAS RELACIONADAS			-					-					-					
PROGRESIVAS (Km)			162+280- 162+660					162+660 - 163+200					163+200 - 163+700					
LONGITUD (m)			380					540					500					
RECUBRIMIENTO (m)			23.20 m.					-					24.60 m.					
GEOLOGÍA	Unidad Litoestratigráfica		Formación Quilmana					Formación Quilmana					Formación Quilmana					
	Litología / SUCS / AASHTO		Roca volcánica andesita					Roca volcánica andesita					Roca volcánica andesita					
CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO	PARÁMETROS GEOMECÁNICOS	RQD (%)	32%					32%					94 - 97%					
		Espaciamiento de Discontinuidades	0.05 - 0.15 m.					0.05 - 0.15 m.					0.20 - 0.50 m.					
		Alteración	Moderada a debilmente alterada					Moderada a debilmente alterada					Debilmente alterada					
		Persistencia	8 m.					8 m.					5 - 8 m.					
		Abertura y Relleno	Relleno blando 1 - 5mm.					Relleno blando 1 - 5mm.					Relleno blando 1 mm.					
		Rugosidad	Rugoso					Rugoso					Rugoso					
	CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS	Rock Mass Rating (RMR) - Bieniawski (1986)	57					57					67					
		Índice Q-Barton, Lund y Lien (1974)	4.24					4.24					12.88					
		Geological Stress Index- Hoek (1994)	52					52					62					
	RESISTENCIA Y DEFORMACIÓN	Módulo de Young (GPa)	-					-					-					
Poisson		-					-					-						
CARACTERIZACIÓN DE LA ROCA IN SITU	Resistencia a la Tracción (MPa)		-					-					-					
	Resistencia a la Compresión (MPa)		30					30					112					
	CORTE DIRECTO	Ángulo de Fricción (φ)	-					-					-					
		Cohesión (c)	-					-					-					
	COMPRESIÓN TRIAXIAL	Sigma 3 (MPa)	-					-					-					
		Sigma 1 (MPa)	-					-					-					
		Velocidad de Onda de Corte - Vs (m/s)	-					-					-					
	Ensayo de Abrasividad Cerchar CAI (mm)		-					-					-					
	HIDROGEOLOGÍA		Coefficiente de Permeabilidad - K (m/s)	-					-					-				

(*) Resultados de corte directo en muestra de suelo
(**) Resultados en base a ensayos geofísicos

SIMBOLOGÍA			
	Superficie de Terreno		Perfil_GSI
	Línea Rasante		Perfil_RMR
	Zona de Falla		Perfil_RQD
	Contacto suelo - roca		Nivel Agua
	Contacto litológico inferido		Líneas Sísmicas
	Perforación Diamantina		Estaciones Geomecánica
	Calicatas		MASW

LEYENDA GEOLÓGICA-GEOTECNICA			
	Qh-eo		Qh-cl
DEPÓSITO EÓLICO Conformado por arenas eólicas de grano medio a fino pobremente gradada con limo y arena (SP-SM), con escaso contenido de finos, seca, color pardo claro, no plástico, compacidad suelta. Compuesto por 93% de arena y 7% de finos.		DEPÓSITO COLUVIAL Conformado por materiales granulares del tipo gravas y arenas, provenientes de la fracturación y caída de los materiales volcánicos preexistentes.	
	Qpl-al		Kis-qui
DEPÓSITO ALUVIAL Conformado por grava limosa con arena (GM), húmedo, color pardo grisáceo, de plasticidad baja a media, compacidad densa. Con presencia de clastos de forma subredondeada de esfericidad media, T.M. 7.8", con bolonería de hasta 25 cm. Su matriz es arena fina. Compuesto por 67% de grava, 18% de arena y 15% de finos. Con presencia de agente cementante de carbonatos.		FORMACIÓN QUILMANA Roca volcánica tipo andesita. Resistencia moderadamente dura a muy dura de 25 a 250 MPa (R3-R5), con 67% de ROD, espaciamiento entre 0.07 - 0.70 m. Apertura 0.3 - 0.6 mm, rugosa, relleno blando, moderada alteración, seco. RMR de 54 - 71 (roca regular a buena).	



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BA SADRE GROHMANN
FACULTAD DE ING.CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia

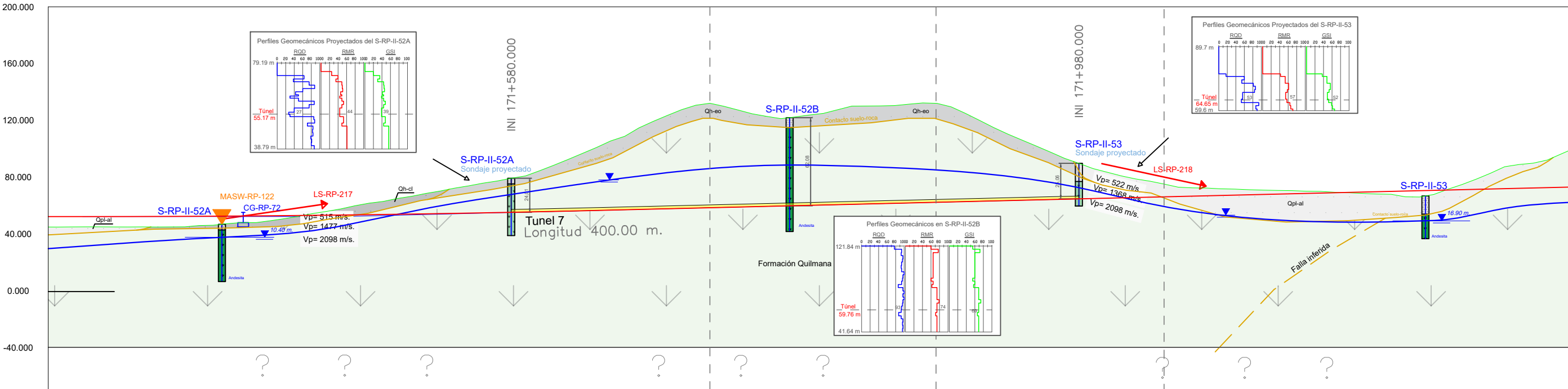


Proyecto de Tesis: VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN FUNCIÓN DE PROFUNDIDAD Y LITOLOGÍA DE ROCAS ÍGNEAS EN LAS PROVINCIAS DE LIMA - BARRANCA, 2025

Plano: PERFIL LONGITUDINAL RAMAL PRINCIPAL (TUNEL 6)

Escala de Trabajo: 1:7000	Fecha: Junio 2025	Revisor: Mgr. Ing. Michel Alex Miranda
Elaborado por: Brandon Nils Calderón Poma		N°: PL-RP-08

PERFIL LONGITUDINAL
Escala: 1/3000



		PROGRESIVAS	171+300	171+400	171+500	171+600	171+700	171+800	171+900	172+000	172+100	172+200	172+300
		ZONIFICACIÓN	ZONA RP-T7-01				ZONA RP-T7-02		ZONA RP-T7-03		ZONA RP-T7-04		
SONDAJE RELACIONADO			S-RP-II-52A				S-RP-II-52B		S-RP-II-53		S-RP-II-53		
ESTACIONES GEOMECÁNICAS RELACIONADAS			-				-		-		-		
PROGRESIVAS (Km)			171+260 - 171+720				171+720 - 171+880		171+880 - 172+040		172+080 - 172+300		
LONGITUD (m)			360				160		160		220		
RECUBRIMIENTO (m)			4 m.				7.00 m.		12.80 m.		-		
GEOLOGÍA	Unidad Litoestratigráfica	Formación Quilmana	Formación Quilmana		Formación Quilmana		Formación Quilmana		Formación Quilmana		Depósito aluvial		
	Litología / SUCS / AASHTO	Roca volcánica andesita	Roca volcánica andesita		Roca volcánica andesita		Roca volcánica andesita		Roca volcánica andesita		Arena limosa / SM / A-2-4 (0)		
CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO	PARÁMETROS GEOMECÁNICOS	RQD (%)	63%				87%		54-84%		-		
		Espaciamiento de Discontinuidades	0.15 - 0.30 m.				0.30 - 0.80 m.		0.10 - 0.70 m.		-		
		Alteración	Moderada a debilmente alterada				Debilmente a moderadamente alterada		Moderada a debilmente alterada		-		
		Persistencia	5 m.				2 - 3 m.		3 - 4 m.		-		
		Abertura y Relleno	Relleno blando 0.1 - 1mm.				Relleno blando <1		Relleno blando 1 - 5 mm		-		
		Rugosidad	Ligeramente rugoso				Rugoso		Ligeramente rugoso a rugoso		-		
	CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS	Rock Mass Rating (RMR) - Bieniawski 1986	45 - 55				71		61		-		
		Índice Q-Barton, Lund y Lien (1974)	1.12 - 3.39				20.09		6.61		-		
		Geological Stress Index- Hoek (1994)	40 - 50				66		56		-		
		Módulo de Young (GPa)	17.32				31.68		18.14		-		
CARACTERIZACIÓN DE LA ROCA INTACTA	RESISTENCIA Y DEFORMACIÓN	Poisson	0.31				0.19		0.24		-		
		Resistencia a la Tracción (MPa)	2.41				3.58		2.29		-		
	CORTE DIRECTO	Resistencia a la Compresión (MPa)	37				88		95		-		
		Ángulo de Fricción (φ)	32.60				32.80		35.00		30.10°		
	COMPRESIÓN TRIAXIAL	Cohesión (c)	1.48				5.30		7.98		0.10°		
		Sigma 3 (MPa)	0.5 / 1 / 2				2 / 4 / 8		1 / 2 / 4		-		
		Sigma 1 (MPa)	104.06 / 144.31 / 277.66				121.10 / 145.30 / 189.60		118.20 / 138.20 / 168.30		-		
		Velocidad de Onda de Corte - Vs (m/s)	2621				3453		2530		-		
	HIDROGEOLOGÍA	Ensayo de Abrasividad Cerchar CAI (mm)	2.26				2.06		2.04		-		
		Coefficiente de Permeabilidad - K (m/s)	2.849x10 ⁻⁷				9.535x10 ⁻⁸		6.918x10 ⁻⁸		10 ⁻⁷		

(*) Resultados de corte directo en muestra de suelo
(**) Resultados en base a ensayos geofísicos

SIMBOLOGÍA			
	Superficie de Terreno		Perfil_GSI
	Línea Rasante		Perfil_RMR
	Zona de Falla		Perfil_RQD
	Contacto suelo - roca		Nivel Agua
	Contacto litológico inferido		Líneas Sísmicas
	Perforación Diamantina		Estaciones Geomecánica
	Calicatas		MASW

LEYENDA GEOLÓGICA-GEOTECNICA			
	DEPÓSITO EÓLICO		DEPÓSITO COLUVIAL
Conformado por arenas eólicas de grano medio a fino pobremente gradada con limo y arena (SP-SM), con escaso contenido de finos, seca, color pardo claro, no plástico, compacidad suelta. Compuesto por 93% de arena y 7% de finos.		Conformado por materiales granulares del tipo gravas y arenas, provenientes de la fracturación y caída de los materiales volcánicos preexistentes.	
	DEPÓSITO ALUVIAL		FORMACIÓN QUILMANA
Conformado por grava limosa con arena (GM), húmedo, color pardo grisáceo, de plasticidad baja a media, compacidad densa. Con presencia de clastos de forma subredondeada de esfericidad media, T.M. 7.8", con bolonería de hasta 25 cm. Su matriz es arena fina. Compuesto por 67% de grava, 18% de arena y 15% de finos. Con presencia de agente cementante de carbonatos.		Roca volcánica tipo andesita. Resistencia moderadamente dura a muy dura de 25 a 250 MPa (R3-R5), con 67% de RQD, espaciamiento entre 0.07 - 0.70 m. Apertura 0.3 - 0.8 mm, rugosa, relleno blando, moderada alteración, seco. RMR de 54 - 71 (roca regular a buena).	



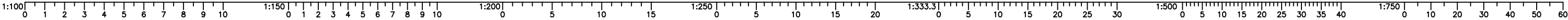
UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BA SADRE GROHMANN
FACULTAD DE ING.CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia



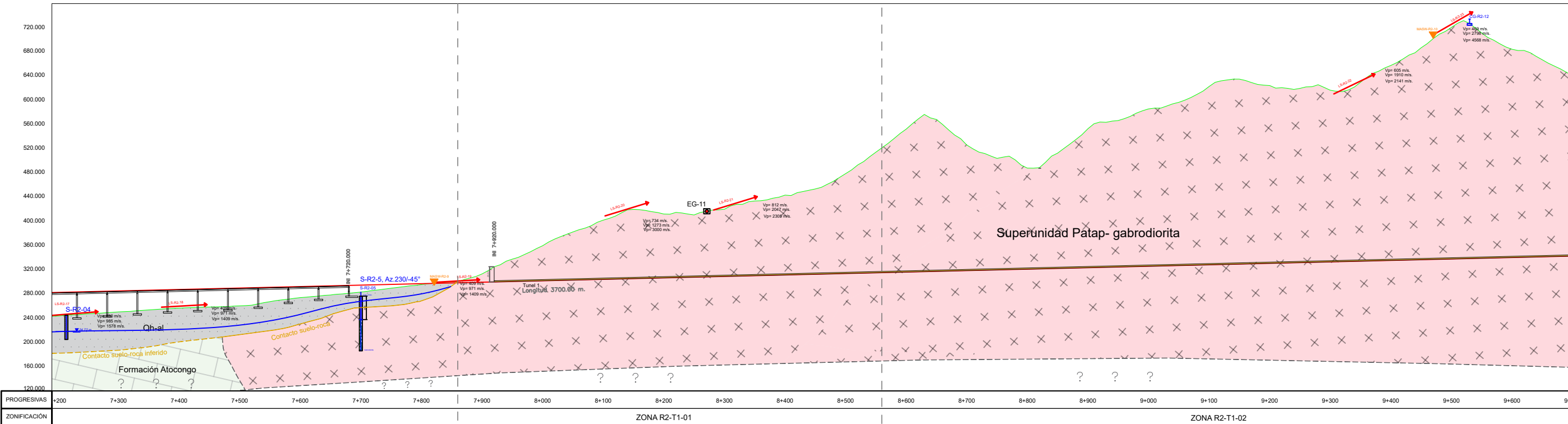
Proyecto de Tesis: VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN FUNCIÓN DE PROFUNDIDAD Y LITOLOGÍA DE ROCAS ÍGNEAS EN LAS PROVINCIAS DE LIMA - BARRANCA, 2025

Plano: PERFIL LONGITUDINAL RAMAL PRINCIPAL (TUNEL 7)

Escala de Trabajo: 1:7000	Fecha: Junio 2025	Revisor: Mgr. Ing. Michel Alex Miranda
Elaborado por: Brandon Nils Calderón Poma		N°: PL-RP-09



PERFIL LONGITUDINAL
Escala: 1/7000



SONDAJE RELACIONADO			S-R2-05	S-R2-07
ESTACIONES GEOMECÁNICAS RELACIONADAS			EG-11	-
PROGRESIVAS (Km)			7+860 - 8+560	8+560 - 9+700
LONGITUD (m)			700	1140
RECUBRIMIENTO (m)			25.00 m.	166.20 m.
GEOLOGÍA	Unidad Litoestratigráfica		Superunidad Patap	Superunidad Patap
	Litológia / SUCS / AASHTO		Roca intrusiva gabrodiortita	Roca intrusiva gabrodiortita
CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO	PARÁMETROS GEOMECÁNICOS	ROD (%)	97%	72%
		Espaciamiento de Discontinuidades	1.00 - 1.35 m.	0.06 - 0.20 m.
		Alteración	Debilmente alterada	Debilmente alterada
		Persistencia	8 m.	5 m.
		Abertura y Relleno	Blando > 5 mm	Blando <0.10mm
		Rugosidad	Ligeramente rugoso	Rugoso
	CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS	Rock Mass Rating (RMR) - Bieniawski 1986	67	56
		Índice Q-Barton, Lunde y Lien (1974)	12.88	3.79
		Geological Stress Index- Hoek (1994)	62	51
		Módulo de Young (GPa)	46.89	44.29
CARACTERIZACIÓN DE LA ROCA INTACTA	RESISTENCIA Y DEFORMACIÓN	Poisson	0.19	0.23
		Resistencia a la Tracción (MPa)	6.16	5.79
	Resistencia a la Compresión (MPa)	136	135	
	CORTE DIRECTO	Ángulo de Fricción (φ)	34.2	47.70
		Cohesión (c)	1.56	2.62
	COMPRESIÓN TRIAXIAL	Sigma 3 (MPa)	2 / 4 / 8	2 / 4 / 8
		Sigma 1 (MPa)	185.20 / 225.02 / 258.39	146.64 / 176.04 / 218.34
	Velocidad de Onda de Corte - Vs (m/s)		4062	3656
	Ensayo de Abrasividad Cerchar CAI (mm)		1.57	2.86
	HIDROGEOLOGÍA		Coefficiente de Permeabilidad - K (m/s)	1.348x10 ⁻⁷

(*) Resultados de corte directo en muestra de suelo
(**) Resultados en base a ensayos geofísicos

SIMBOLOGÍA			
	Superficie de Terreno		Perfil_GSI
	Línea Rasante		Perfil_RMR
	Zona de Falla		Perfil_RQD
	Contacto suelo - roca		Nivel Agua
	Contacto litológico inferido		Líneas Sísmicas
	Perforación Diamantina		Estaciones Geomecánica
	Calicatas		MASW-1 MASW

LEYENDA GEOLÓGICA-GEOTECNICA

DEPÓSITO ALUVIAL

Conformado por bolonera, grava gruesa con arena fina y limos (GP), húmedo, color pardo oscuro, no plástico, compacidad muy densa. Con presencia de clastos de forma angulosas, esfericidad baja, color gris oscuro, T.M.<25cm. Su matriz es arena fina. Compuesto por 60% grava, 35% arena, 5% finos.

DEPÓSITO ALUVIAL

Conformado por arena media a gruesa (SP), húmedo, color pardo oscuro, no plástico, compacidad suelta. Con presencia de clastos de forma angulosas, esfericidad baja, color gris oscuro, T.M.<40cm. Su matriz es arena. Compuesto por 5% grava, 90% arena, 5% finos. Presenta niveles de bloques de roca angulosa aislados moderadamente alterados.

DEPÓSITO COLUVIAL

Conformado por materiales granulares del tipo gravas y arenas, provenientes de la fracturación y caída de los materiales volcánicos preexistentes.

FORMACIÓN ATOCONGO

Roca sedimentaria carbonatada tipo caliza, textura mudstone a packstone.

SUPER UNIDAD SANTA ROSA

Roca intrusiva tipo tonalita y diorita. Resistencia moderada a moderadamente fuerte de 5 a 100 MPa (RQ-R4), con 100% de RQD, espaciamiento entre 0.60 - 1.60 m. Apertura 0.10 mm, rugosa, no presenta relleno, no presenta alteración, seco. RMR de 77 - 86 (roca buena a muy buena).

SUPER UNIDAD PATAP

Roca intrusiva tipo gabrodiortita. Resistencia moderada a moderadamente fuerte de 36 a 135 MPa (RQ-R5), con 100% de RQD, espaciamiento entre 0.62 - 1.60 m. Apertura 0.00 - 5 mm, rugosa, relleno blando, no presenta alteración, seco. RMR de 66 - 83 (roca buena a muy buena).

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BA SADRE GROHMANN
FACULTAD DE ING.CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia

Proyecto de Tesis: VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN FUNCIÓN DE PROFUNDIDAD Y LITOLOGÍA DE ROCAS ÍGNEAS EN LAS PROVINCIAS DE LIMA - BARRANCA, 2025

Plano: PERFIL LONGITUDINAL RAMAL 2 (TUNEL 1)

Escala de Trabajo:
1:7000

Fecha:
Junio 2025

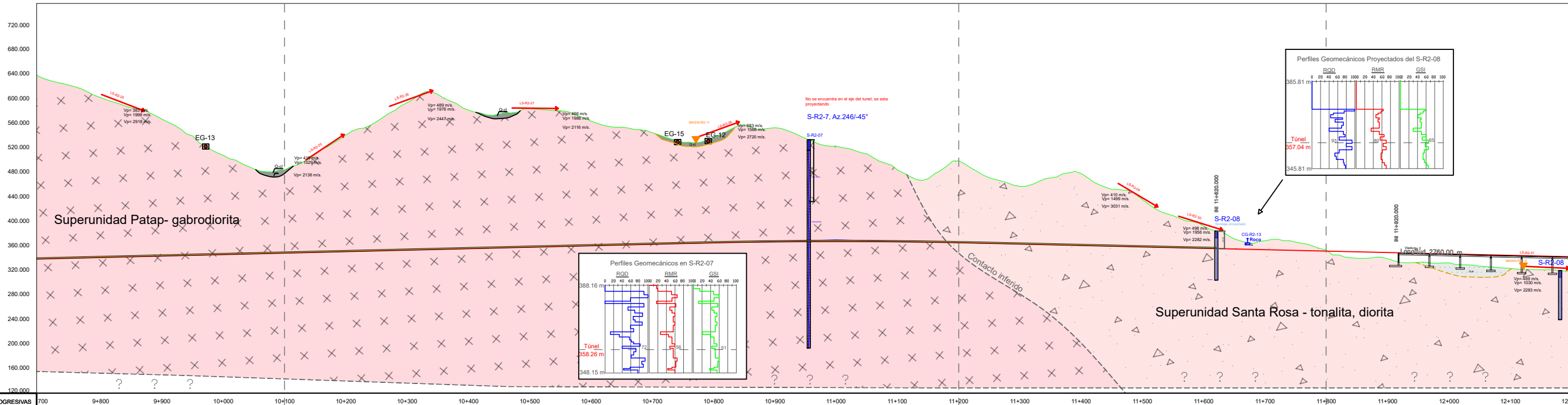
Revisor:
Mgr. Ing. Michel Alex Miranda

Elaborado por:
Brandon Nils Calderón Poma

N°: PL-R2-10

1:100 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 1:150 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 1:200 0 5 10 15 1:250 0 5 10 15 20 1:333.3 0 5 10 15 20 25 30 1:500 0 5 10 15 20 25 30 35 40 1:750 0 10 20 30 40 50 60

PERFIL LONGITUDINAL
Escala: 1/7000



		ZONIFICACIÓN	ZONA R2-T1-03	ZONA R2-T1-04	ZONA R2-T1-05	ZONA R2-T1-06	
SONDAJE RELACIONADO			S-R2-07	S-R2-07	S-R2-08	S-R2-08	
ESTACIONES GEOMECÁNICAS RELACIONADAS			EG-13	EG-12 - EG-15	-	-	
PROGRESIVAS (Km)			9+700-10+100	10+100 - 11+200	11+280 - 11+800	11+900 - 12+200	
LONGITUD (m)			400	1100	520	300	
RECUBRIMIENTO (m)			166.20 m.	166.20 m.	28.63 m.	28.63 m.	
GEOLOGÍA	Unidad Litoestratigráfica		Superunidad Patap		Superunidad Santa Rosa		
	Litología / SUCS / AASHTO		Roca intrusiva gabrodiorita		Roca intrusiva tonalita, granodiorita		
CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO	PARÁMETROS GEOMECÁNICOS	RQD (%)	72%	72%	43%	43%	
		Espaciamiento de Discontinuidades	0.06 - 0.20 m.	0.06 - 0.20 m.	0.06 - 0.14 m.	0.06 - 0.14 m.	
		Alteración	Debilmente alterada	Debilmente alterada	Moderadamente alterada		
		Persistencia	5 m.	5 m.	5 m.		
		Abertura y Relleno	Blando <0.10mm	Blando <0.10mm	Blando <0.10mm		
		Rugosidad	Rugoso	Rugoso	Rugoso		
	CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS	Rock Mass Rating (RMR) - Bieniawski 1986	56	56	46	46	
		Índice Q-Barton, Lund y Lien (1974)	-	3.79	1.25	1.25	
		Geological Stress Index- Hoek (1994)	51	51	41	41	
	CARACTERIZACIÓN DE LA ROCA INTACTA	RESISTENCIA Y DEFORMACIÓN	Módulo de Young (GPa)	44.29	44.29	49.35	49.35
Poisson			0.23	0.23	0.20	0.20	
Resistencia a la Tracción (MPa)		5.79	5.79	4.05	4.05		
Resistencia a la Compresión (MPa)		135	135	132	132		
CORTE DIRECTO		Ángulo de Fricción (°)	47.70	47.70	35.70	35.70	
		Cohesión (c)	2.62	2.62	2.98	2.98	
COMPRESIÓN TRIAXIAL		Sigma 3 (MPa)	2 / 4 / 8	2 / 4 / 8	1 / 2 / 4	1 / 2 / 4	
		Sigma 1 (MPa)	146.64 / 176.04 / 218.34	146.64 / 176.04 / 218.34	145.70 / 164.50 / 192.80	145.70 / 164.50 / 192.80	
		Velocidad de Onda de Corte - Vs (m/s)	3656	3656	1952	1952	
Ensayo de Abrasividad Cerchar CAI (mm)		2.86	2.86	1.47	1.47		
HIDROGEOLOGÍA		Coefficiente de Permeabilidad - K (m/s)	3.823x10 ⁻⁸	3.823x10 ⁻⁸	2.348x10 ⁻⁷	2.348x10 ⁻⁷	

(*) Resultados de corte directo en muestra de suelo
(**) Resultados en base a ensayos geofísicos

SIMBOLOGÍA			
	Superficie de Terreno		Perfil_GSI
	Línea Rasante		Perfil_RMR
	Zona de Falla		Perfil_RQD
	Contacto suelo - roca		Nivel Agua
	Contacto litológico inferido		Líneas Sísmicas
	Perforación Diamantina		Estaciones Geomecánica
	Calicatas		MASW

LEYENDA GEOLÓGICA-GEOTECNICA			
	Qh-al		Q-al
DEPÓSITO ALUVIAL Conformado por bolonera, grava gruesa con arena fina y limos (GP), húmedo, color pardo oscuro, no plástico, compacidad muy densa. Con presencia de clastos de forma angulosa, esfericidad baja, color gris oscuro, T.M.=25cm. Su matriz es arena fina. Compuesto por 60% grava, 35% arena, 5% finos.		DEPÓSITO ALUVIAL Conformado por arena media a gruesa (SP), húmedo, color pardo oscuro, no plástico, compacidad suelta. Con presencia de clastos de forma angulosa, esfericidad baja, color gris oscuro, T.M.=40cm. Su matriz es arena. Compuesto por 5% grava, 90% arena, 5% finos. Presenta niveles de bloques de roca angulosa alúvica moderadamente alterada.	
	Qh-cl		Ki-at
DEPÓSITO COLUVIAL Conformado por materiales granulares del tipo gravas y arenas, provenientes de la fracturación y caída de los materiales volcánicos preexistentes.		FORMACIÓN ATOCONGO Roca sedimentaria carbonatada tipo caliza, textura mudstone a packstone.	
	Roca		Roca
SUPER UNIDAD SANTA ROSA Roca intrusiva tipo tonalita y diorita. Resistencia moderada a moderadamente fuerte de 5 a 100 MPa (R2-R4), con 100% de RQD, espaciamiento entre 0.60 - 1.60 m. Apertura 0.10 mm, rugosa, no presenta relleno, no presenta alteración, seco, RMR de 77 - 86 (roca buena a muy buena).		SUPER UNIDAD PATAP Roca intrusiva tipo gabrodiorita. Resistencia moderada a moderadamente fuerte de 38 a 135 MPa (R3-R5), con 100% de RQD, espaciamiento entre 0.62 - 1.60 m. Apertura 0.00 - 5 mm, rugosa, relleno blando, no presenta alteración, seco, RMR de 66 - 83 (roca buena a muy buena).	



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BA SADRE GROHMANN
FACULTAD DE ING.CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia



Proyecto de Tesis: VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN FUNCIÓN DE PROFUNDIDAD Y LITOLOGÍA DE ROCAS ÍGNEAS EN LAS PROVINCIAS DE LIMA - BARRANCA, 2025

Plano: PERFIL LONGITUDINAL RAMAL 2 (TUNEL 1)

Escala de Trabajo:
1:7000

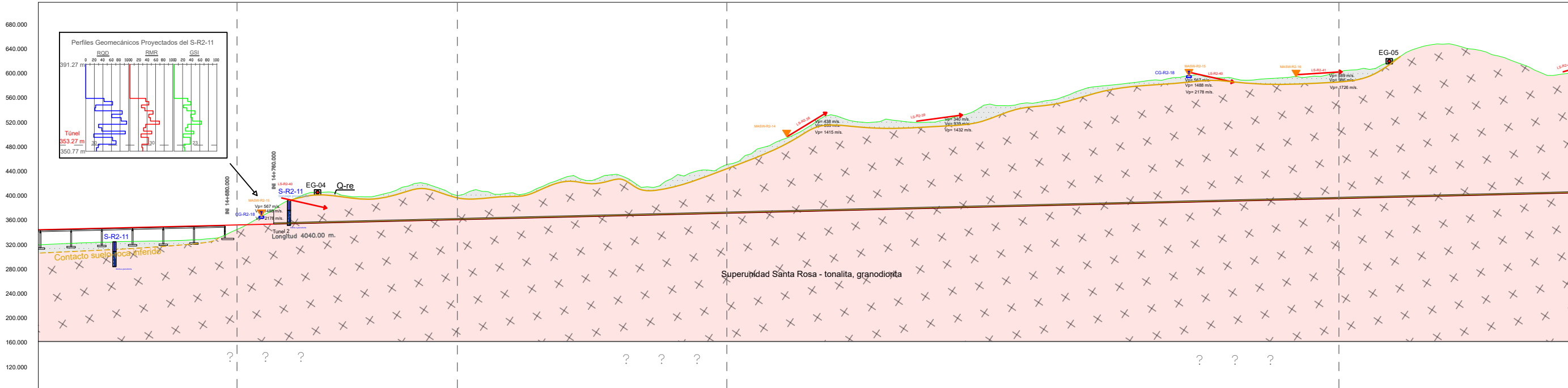
Fecha:
Junio 2025

Revisor:
Mgr. Ing. Michel Alex Miranda

Elaborado por:
Brandon Nils Calderón Poma

Nº: PL-R2-11

PERFIL LONGITUDINAL
Escala: 1/7000



		PROGRESIVAS	14+400	14+500	14+600	14+700	14+800	14+900	15+000	15+100	15+200	15+300	15+400	15+500	15+600	15+700	15+800	15+900	16+000	16+100	16+200	16+300	16+400	16+500	16+600	16+700	16+800
		ZONIFICACIÓN					ZONA R2-T2-01				ZONA R2-T2-02				ZONA R2-T2-03				ZONA R2-T2-04								
SONDAJE RELACIONADO							S-R2-11				S-R2-11				S-R2-12				S-R2-12								
ESTACIONES GEOMECÁNICAS RELACIONADAS							EG-04				-				-				EG-05								
PROGRESIVAS (Km)							14+700 - 15+060				15+060 - 15+500				15+500 - 16+500				16+500 - 16+900								
LONGITUD (m)							700				440				1000				400								
RECUBRIMIENTO (m)							23.30 m.				23.30 m.				158.07 m.				158.07 m.								
GEOLOGÍA	Unidad Litoestratigráfica						Superunidad Santa Rosa				Superunidad Santa Rosa				Superunidad Santa Rosa				Superunidad Santa Rosa								
	Litología / SUCS / AASHTO						Roca intrusiva tonalita, granodiorita				Roca intrusiva tonalita, granodiorita				Roca intrusiva tonalita, granodiorita				Roca intrusiva tonalita, granodiorita								
CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO	PARÁMETROS GEOMECÁNICOS	RQD (%)					83%				83%				97%				97%								
		Espaciamiento de Discontinuidades					0.41 - 1.05 m.				0.41 - 1.05 m.				0.41 - 1.05 m.				0.41 - 1.05 m.								
		Alteración					Debilmente alterada				Debilmente alterada				Debilmente alterada				Debilmente alterada								
		Persistencia					5 m.				5 m.				8 m.				8 m.								
		Abertura y Relleno					Blando >5.00mm				Blando >5.00mm				Blando < 3.00mm				Blando < 3.00mm								
		Rugosidad					Ligeramente rugoso				Ligeramente rugoso				Ligeramente rugoso				Ligeramente rugoso								
	CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS	Rock Mass Rating (RMR) - Bieniawski (1986)					48				48				60				60								
		Índice Q-Barton, Lund y Lien (1974)					1.56				1.56				5.92				5.92								
		Geological Stress Index- Hoek (1994)					43				43				55				55								
		Módulo de Young (GPa)					37.13				37.13				59.45				59.45								
CARACTERIZACIÓN DE LA Roca INTRUSIVA	RESISTENCIA Y DEFORMACIÓN	Poisson					0.21				0.21				0.22				0.22								
		Resistencia a la Tracción (MPa)					3.76				3.76				6.34				6.34								
	CORTE DIRECTO	Resistencia a la Compresión (MPa)					117				117				144				144								
		Ángulo de Fricción (φ)					36.9				36.9				37.90				37.90								
	COMPRESIÓN TRIAXIAL	Cohesión (c)					2.49				2.49				0.34				0.34								
		Sigma 3 (MPa)					1 / 2 / 4				1 / 2 / 4				4 / 8 / 16				4 / 8 / 16								
		Sigma 1 (MPa)					259.40 / 276.39 / 292.28				259.40 / 276.39 / 292.28				54.96 / 69.02 / 83.16				54.96 / 69.02 / 83.16								
		Velocidad de Onda de Corte - Vs (m/s)					2102				2102				3515				3515								
	HIDROGEOLOGÍA	Ensayo de Abrasividad Cerchar CAI (mm)					1.47				1.47				1.57				1.57								
		Coefficiente de Permeabilidad - K (m/s)					9.583x10 ⁻⁶				9.583x10 ⁻⁶				2.582x10 ⁻⁸				2.582x10 ⁻⁸								

(*) Resultados de corte directo en muestra de suelo
(**) Resultados en base a ensayos geofísicos

SIMBOLOGÍA			
	Superficie de Terreno		Perfil_GSI
	Línea Rasante		Perfil_RMR
	Zona de Falla		Perfil_RQD
	Contacto suelo - roca		Nivel Agua
	Contacto litológico inferido		Líneas Sísmicas
	Perforación Diamantina		Estaciones Geomecánica
	Calicatas		MASW

LEYENDA GEOLÓGICA-GEOTECNICA	
	DEPÓSITO ALUVIAL Conformado por bolonería, grava gruesa con arena fina y limos (GP), húmedo, color pardo oscuro, no plástico, compacidad muy densa. Con presencia de clastos de forma angulosas, esterilidad baja, color gris oscuro, T.M.<25cm. Su matriz es arena fina. Compuesto por 60% grava, 35% arena, 5% finos.
	DEPÓSITO ALUVIAL Conformado por arena media a gruesa (SP), húmedo, color pardo oscuro, no plástico, compacidad suelta. Con presencia de clastos de forma angulosas, esterilidad baja, color gris oscuro, T.M.<40cm. Su matriz es arena. Compuesto por 5% grava, 90% arena, 5% finos. Presenta niveles de bloques de roca angulosos aislados moderadamente alterados.
	SUPER UNIDAD SANTA ROSA Roca intrusiva tipo tonalita y granodiorita. Resistencia moderadamente dura a dura de 25 a 100 MPa (R3-R4), con 85% de RQD, espaciamiento entre 0.30 - 1.80 m. Apertura 1 mm, ligeramente rugosa a rugosa, relleno blando (óxidos) y calota, baja alteración, seco. RMR de 60 - 80 (roca buena a muy buena).



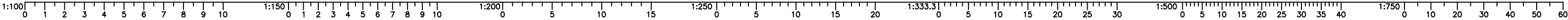
UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BA SADRE GROHMANN
FACULTAD DE ING.CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia



Proyecto de Tesis: VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN FUNCIÓN DE PROFUNDIDAD Y LITOLOGÍA DE ROCAS ÍGNEAS EN LAS PROVINCIAS DE LIMA - BARRANCA, 2025

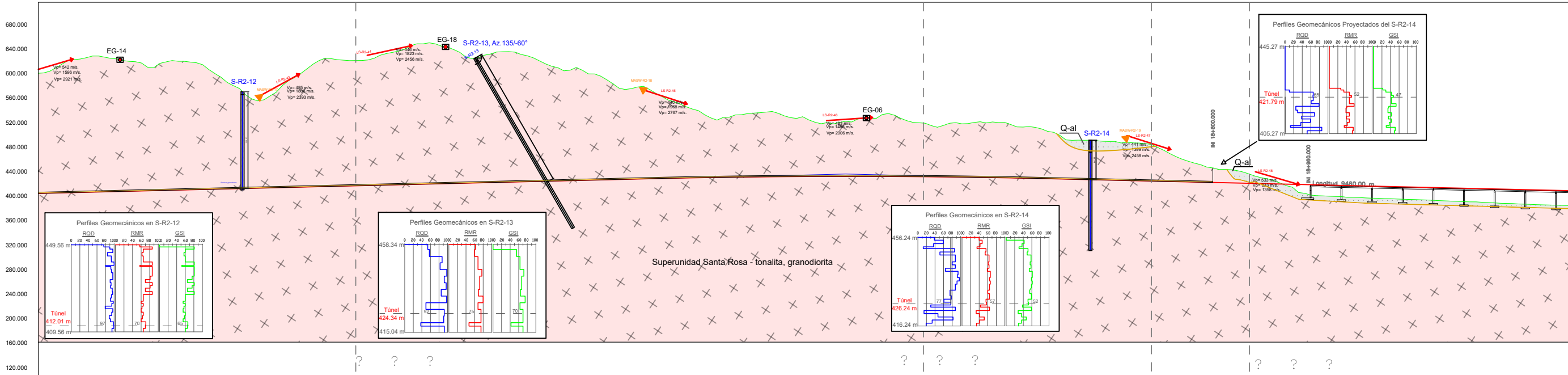
Plano: PERFIL LONGITUDINAL RAMAL 2 (TUNEL 2)

Escala de Trabajo: 1:7000	Fecha: Junio 2025	Revisor: Mgr. Ing. Michel Alex Miranda
Elaborado por: Brandon Nils Calderón Poma		N°: PL-R2-12



PERFIL LONGITUDINAL

Escala: 1/7000



		PROGRESIVAS	16+900	17+000	17+100	17+200	17+300	17+400	17+500	17+600	17+700	17+800	17+900	18+000	18+100	18+200	18+300	18+400	18+500	18+600	18+700	18+800	18+900	19+000	19+100	19+200	19+300
		ZONIFICACIÓN	ZONA R2-T2-05										ZONA R2-T2-06					ZONA R2-T2-07			ZONA R2-T2-08						
SONDAJE RELACIONADO			S-R2-12										S-R2-13					S-R2-14			S-R2-14						
ESTACIONES GEOMECÁNICAS RELACIONADAS			EG-14										EG-18, EG-06					-			-						
PROGRESIVAS (Km)			16+900 - 17+400										17+400 - 18+500					17+400 - 18+700			18+700 - 18+860						
LONGITUD (m)			500										1100					1300			160						
RECUBRIMIENTO (m)			158.07 m.										198.13m.					64.32 m.			23.60 m.						
GEOLOGÍA	Unidad Litoestratigráfica	Superunidad Santa Rosa										Superunidad Santa Rosa					Superunidad Santa Rosa			Superunidad Santa Rosa							
	Litología / SUCS / AASHTO	Roca intrusiva tonalita, granodiorita										Roca intrusiva tonalita, granodiorita					Roca intrusiva tonalita, granodiorita			Roca intrusiva tonalita, granodiorita							
CARACTERIZACIÓN DEL MACRO PROCESO	PARÁMETROS GEOMECÁNICOS	RQD (%)	97%										92%					61%			65%						
		Espaciamiento de Discontinuidades	0.41 - 1.05 m.										0.40 - 0.75 m.					0.15 - 0.40 m.			0.10 - 0.15 m.						
		Alteración	Debilmente alterada										Debilmente alterada					Moderadamente alterada			Moderadamente alterada						
		Persistencia	8 m.										2 m.					3 m.			8 m.						
		Abertura y Relleno	Blando < 3.00mm										Duro < 0.10mm.					Blando < 1.00mm			Blando < 0.10mm						
		Rugosidad	Ligeramente rugoso										Muy rugoso					Rugoso			Ligeramente rugoso						
		Rock Mass Rating (RMR) - Bieniawski (1986)	60										75					56			52						
	CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS	Índice Q-Barton, Lund y Lien (1974)	5.92										31.33					3.79			2.43						
		Geological Stress Index- Hoek (1994)	55										70					51			47						
		Módulo de Young (GPa)	59.45										18.78					67.21			53.25						
CARACTERIZACIÓN DE LA ROCA INTRUSIVA	RESISTENCIA Y DEFORMACIÓN	Poisson	0.22										0.18					0.20			0.23						
		Resistencia a la Tracción (MPa)	6.34										3.26					7.24			5.50						
	CORTE DIRECTO	Resistencia a la Compresión (MPa)	144										93					163			130						
		Ángulo de Fricción (φ)	37.90										29.60					37.40			38.70						
	COMPRESIÓN TRIAXIAL	Cohesión (c)	0.34										6.81					4.49			4.02						
		Sigma 3 (MPa)	4 / 8 / 16										4 / 8 / 16					2 / 4 / 8			2 / 4 / 8						
		Sigma 1 (MPa)	54.96 / 69.02 / 83.16										142.91 / 177.60 / 235.25					52.85 / 68.80 / 71.57			28.16 / 43.75 / 50.44						
		Velocidad de Onda de Corte - Vs (m/s)	3515										3075					3015			2509						
	HIDROGEOLOGÍA	Ensayo de Abrasividad Cerchar CAI (mm)	1.57										1.07					1.27			1.97						
		Coefficiente de Permeabilidad - K (m/s)	2.582x10 ⁻⁸										2.049x10 ⁻⁸					8.04x10 ⁻⁸			3.973x10 ⁻⁸						

(*) Resultados de corte directo en muestra de suelo
(**) Resultados en base a ensayos geofísicos

SIMBOLOGÍA

	Superficie de Terreno		Perfil_GSI
	Línea Rasante		Perfil_RMR
	Zona de Falla		Perfil_RQD
	Contacto suelo - roca		Nivel Agua
	Contacto litológico inferido		Líneas Sísmicas
	Perforación Diamantina		Estaciones Geomecánica
	Calicatas		MASW

LEYENDA GEOLÓGICA-GEOTECNICA

	DEPÓSITO ALUVIAL Conformado por bolonera, grava gruesa con arena fina y limos (GP), húmedo, color pardo oscuro, no plástico, compacidad muy densa. Con presencia de clastos de formas angulosas, esterilidad baja, color gris oscuro. TM=25cm. Su matriz es arena fina. Compuesto por 60% grava, 35% arena, 5% finos.		DEPÓSITO ALUVIAL Conformado por arena media a gruesa (SP), húmedo, color pardo oscuro, no plástico, compacidad suelta. Con presencia de clastos de formas angulosas, esterilidad baja, color gris oscuro. TM=40cm. Su matriz es arena. Compuesto por 5% grava, 90% arena, 5% finos. Presenta niveles de bloques de roca angulosa aislados moderadamente alterados.
	SUPER UNIDAD SANTA ROSA Roca intrusiva tipo tonalita y granodiorita. Resistencia moderadamente dura a dura de 25 a 100 MPa (R3-R4), con 85% de RQD, espaciamiento entre 0.30 - 1.80 m. Apertura 1 mm, ligeramente rugosa a rugosa, relleno blanco (óxidos) y calca, baja alteración, seco. RMR de 60 - 80 (roca buena a muy buena).		



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BA SADRE GROHMANN
FACULTAD DE ING.CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia



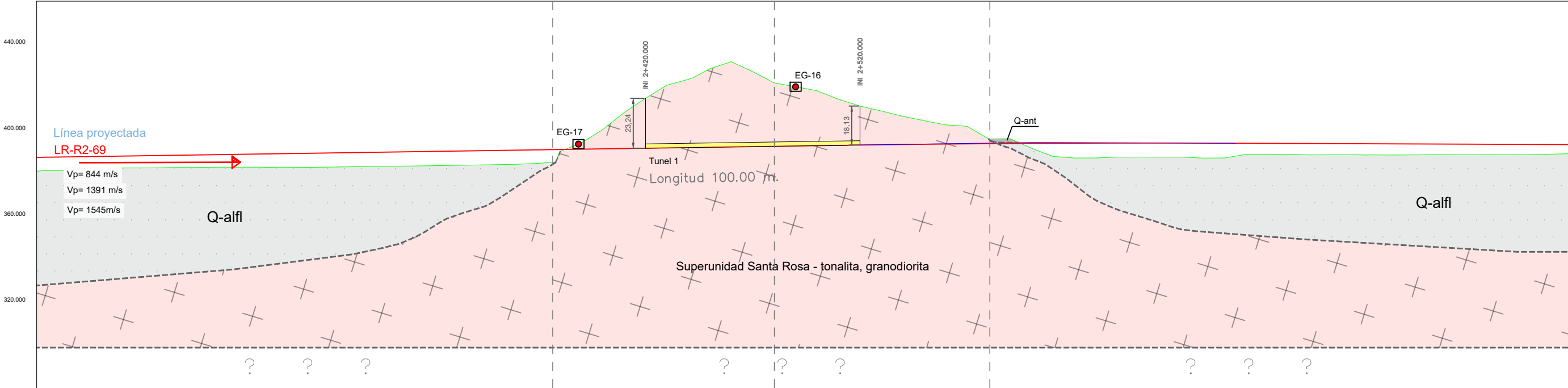
Proyecto de Tesis: VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN FUNCIÓN DE PROFUNDIDAD Y LITOLOGÍA DE ROCAS ÍGNEAS EN LAS PROVINCIAS DE LIMA - BARRANCA, 2025

Plano: PERFIL LONGITUDINAL RAMAL 2 (TUNEL 2)

Escala de Trabajo: 1:7000	Fecha: Junio 2025	Revisor: Mgr. Ing. Michel Alex Miranda
Elaborado por: Brandon Nils Calderón Poma		N°: PL-R2-13

PERFIL LONGITUDINAL

Escala: 1/2000



		PROGRESIVAS	2+200	2+300	2+400	2+500	2+600	2+700	2+800	
		ZONIFICACIÓN	ZONA R2-T3-01			ZONA R2-T3-02				
SONDAJE RELACIONADO			-			-				
ESTACIONES GEOMECÁNICAS RELACIONADAS			EG-17			EG-16				
PROGRESIVAS (Km)			2+380 - 2+480			2+480 - 2+580				
LONGITUD (m)			100			100				
RECUBRIMIENTO (m)			23.20 m.			18.10 m.				
GEOLOGÍA	Unidad Litoestratigráfica		Superunidad Santa Rosa			Superunidad Santa Rosa				
	Litología / SUCS / AASHTO		Roca intrusiva granodiorita			Roca intrusiva tonalita, granodiorita				
CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO	PARÁMETROS GEOMECÁNICOS	RQD (%)	55%			60%				
		Espaciamiento de Discontinuidades	0.20 - 0.60 m.			0.06 - 0.20 m.				
		Alteración	Moderadamente alterada			Moderadamente alterada				
		Persistencia	>20 m.			10 m.				
		Abertura y Relleno	Blando > 5 mm.			Blando < 1.00mm				
		Rugosidad	Ligeramente rugoso			Ligeramente rugoso				
	CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS	Rock Mass Rating (RMR) - Bieniawski (1986)	58			59				
		Índice Q-Barton, Lund y Lien (1974)	4.74			5.29				
		Geological Stress Index- Hoek (1994)	53			54				
	RESISTENCIA Y DEFORMACIÓN	Módulo de Young (GPa)	53.28			65.50				
Poisson		0.23			0.21					
CARACTERIZACIÓN DE LA ROCA INTACTA	Resistencia a la Tracción (MPa)		5.87			6.85				
	Resistencia a la Compresión (MPa)		125			150				
	CORTE DIRECTO	Ángulo de Fricción (φ)	38.3			37.80				
		Cohesión (c)	4.15			4.52				
	COMPRESIÓN TRIAXIAL	Sigma 3 (MPa)	2 / 4 / 8			2 / 4 / 8				
		Sigma 1 (MPa)	38.78 / 156.52 / 60.41			50.30 / 66.52 / 69.85				
	Velocidad de Onda de Corte - Vs (m/s)		2845			3007				
	Ensayo de Abrasividad Cerchar CAI (mm)		1.75			1.36				
	HIDROGEOLOGÍA		Coefficiente de Permeabilidad - K (m/s)	3.085x10 ⁻⁸			7.01x10 ⁻⁸			

(*) Resultados de corte directo en muestra de suelo
(**) Resultados en base a ensayos geofísicos

SIMBOLOGÍA

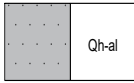
- Superficie de Terreno
- Línea Rasante
- Zona de Falla
- Contacto suelo - roca
- Contacto litológico inferido
- Perforación Diamantina
- Calicatas
- Perfil_GSI
- Perfil_RMR
- Perfil_RQD
- Nivel Agua
- Líneas Sísmicas
- Estaciones Geomecánica
- MASW

LR-1

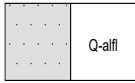
EG-1

MASW-1

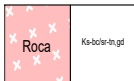
LEYENDA GEOLÓGICA-GEOTECNICA



DEPÓSITO ALUVIAL
Conformado por bolsonería, grava gruesa con arena fina y limos (GP), húmedo, color pardo oscuro, no plástico, compactación muy densa. Con presencia de clastos de forma angulosos, esfericidad baja, color gris oscuro, T.M.<25cm. Su matriz es arena fina. Compuesto por 60% grava, 35% arena, 5% finos.



DEPÓSITO ALUVIAL FLUVIAL
Conformado por arena limosa (SM), húmedo, color pardo oscuro, no plástico, compactación suelta. Con presencia de clastos de forma subredondeada, esfericidad baja, color gris oscuro, T.M.<25cm. Su matriz es arena. Compuesto por 5% grava, 85% arena, 10% finos.



SUPER UNIDAD SANTA ROSA
Roca intrusiva tipo tonalita y granodiorita. Resistencia muy dura de 125 - 150 MPa (RS), con 55% - 60% de RQD, espaciamiento entre 0.06 - 0.60 m. Apertura 1 - 5 mm, ligeramente rugosa, relleno blando (óxidos y arcillas), moderada alteración, seco. RMR de 59 (roca regular).



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE ING.CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia



Proyecto de Tesis: VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN FUNCIÓN DE PROFUNDIDAD Y LITOLOGÍA DE ROCAS ÍGNEAS EN LAS PROVINCIAS DE LIMA - BARRANCA, 2025

Plano: PERFIL LONGITUDINAL RAMAL 2 (TUNEL 3)

Escala de Trabajo:
1:7000

Fecha:
Junio 2025

Revisor:
Mgr. Ing. Michel Alex Miranda

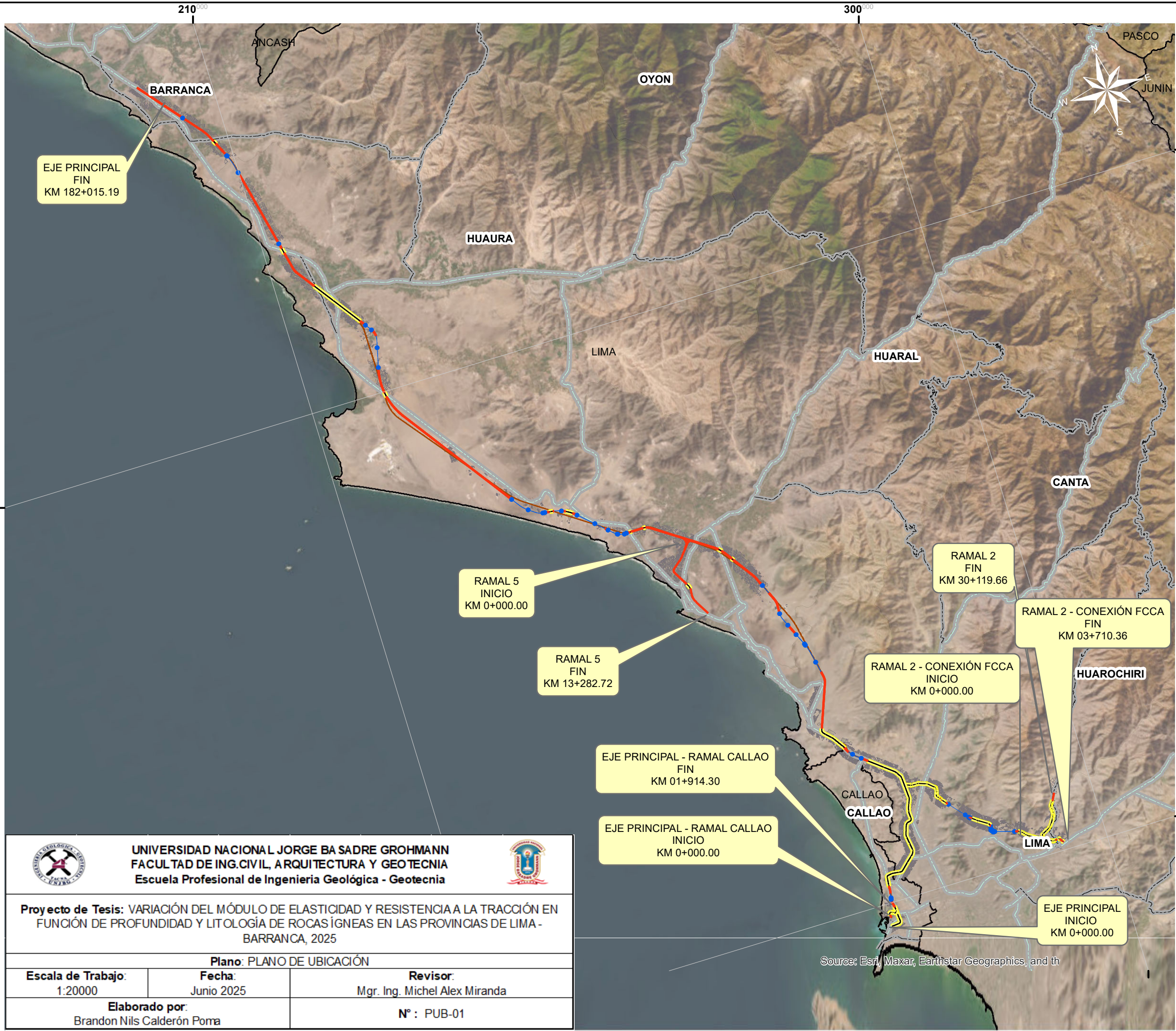
Elaborado por:
Brandon Nils Calderón Poma

N°: PL-R2-14

Anexo 3

Cartografía geológica y geomorfológica del área de estudio

- ❖ *Mapa de ubicación por ramales, mapas geológicos regionales y planos geomorfológicos del eje principal.*



LEYENDA

- Túnel
- Superficie
- Viaducto
- Red Vial Nacional
- Provincias
- Departamentos
- Límite de Manzanas



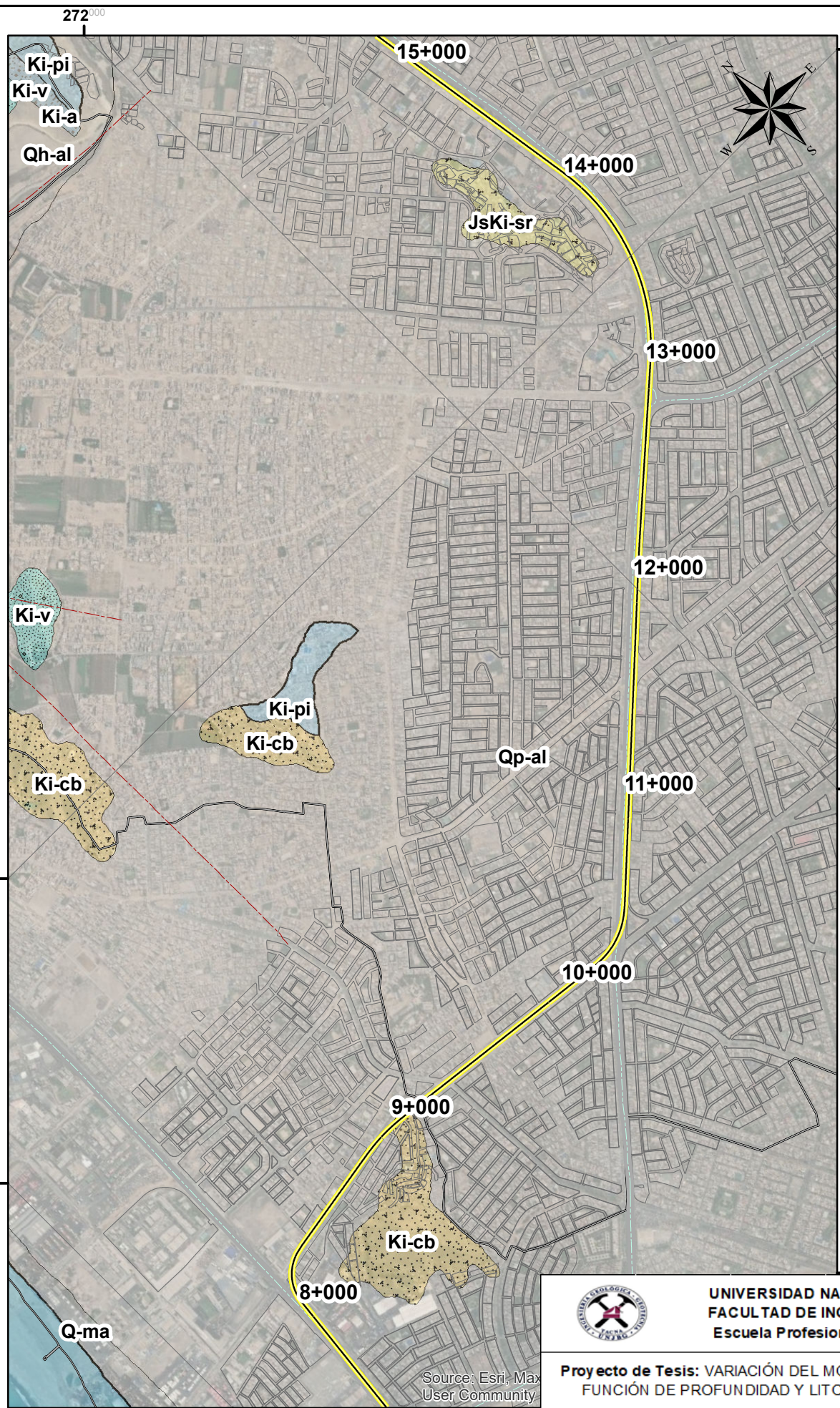
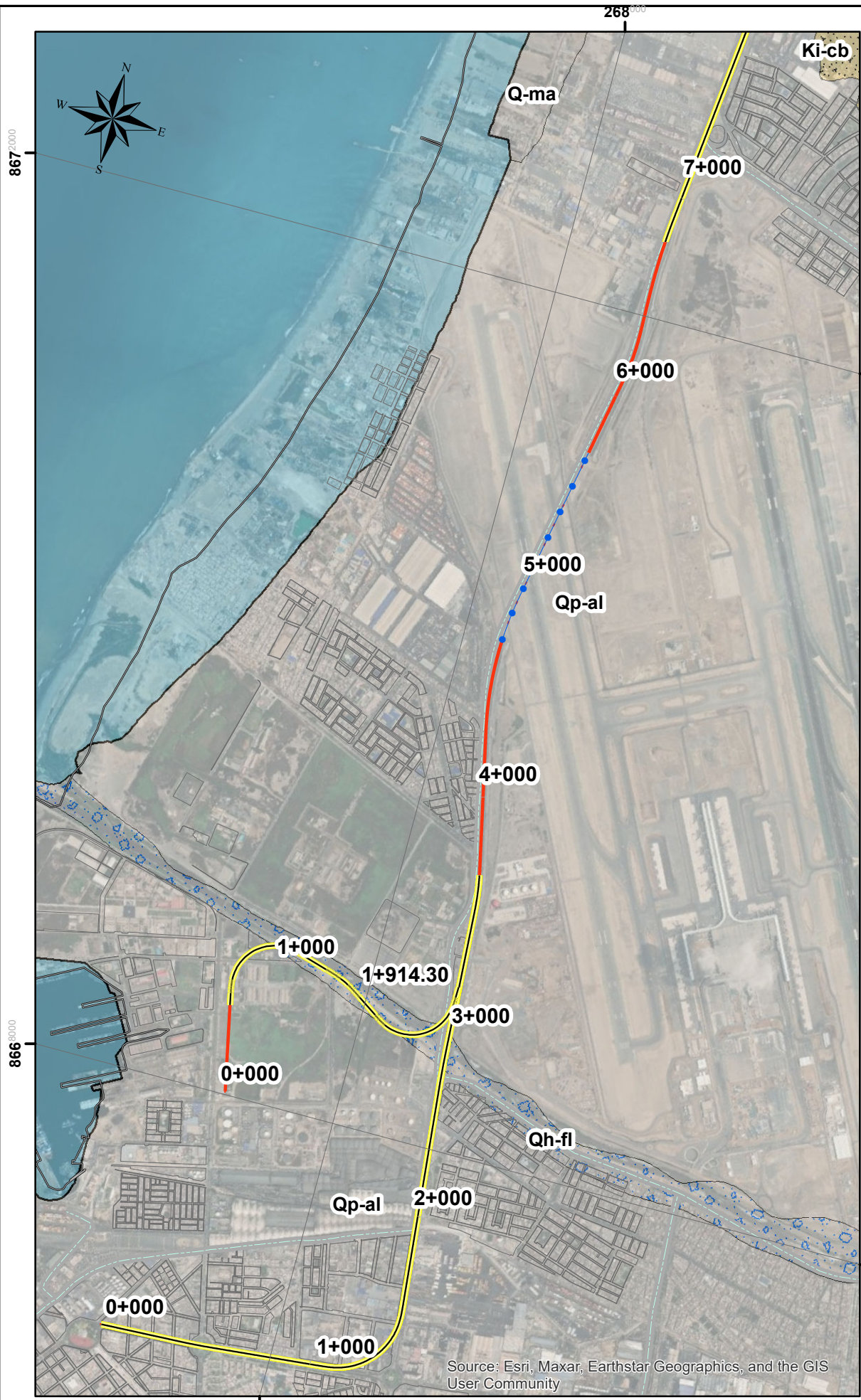
UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BA SADRE GROHMANN
FACULTAD DE ING.CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia



Proyecto de Tesis: VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN FUNCIÓN DE PROFUNDIDAD Y LITOLÓGIA DE ROCAS ÍGNEAS EN LAS PROVINCIAS DE LIMA - BARRANCA, 2025

Plano: PLANO DE UBICACIÓN		
Escala de Trabajo: 1:20000	Fecha: Junio 2025	Revisor: Mgr. Ing. Michel Alex Miranda
Elaborado por: Brandon Nils Calderón Poma		N° : PUB-01

Source: Esri, Maxar, Earthstar Geographics, and th



LEYENDA

- Viaductos
- Túnel
- Superficie
- Falla
- Red Vial Departamental
- Red Vial Nacional
- Provincia
- Distrito
- Departamentos
- Límite de Manzanas
- Depósito Fluvial, Qh-fl
- Depósito aluvial, Qh-al
- Depósito marino, Q-ma
- Formación Cerro Blanco, Ki-cb
- Océano

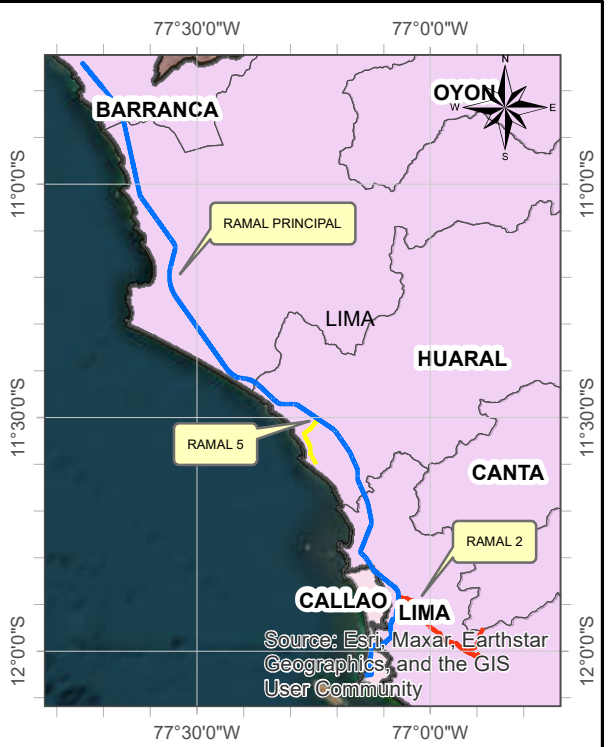
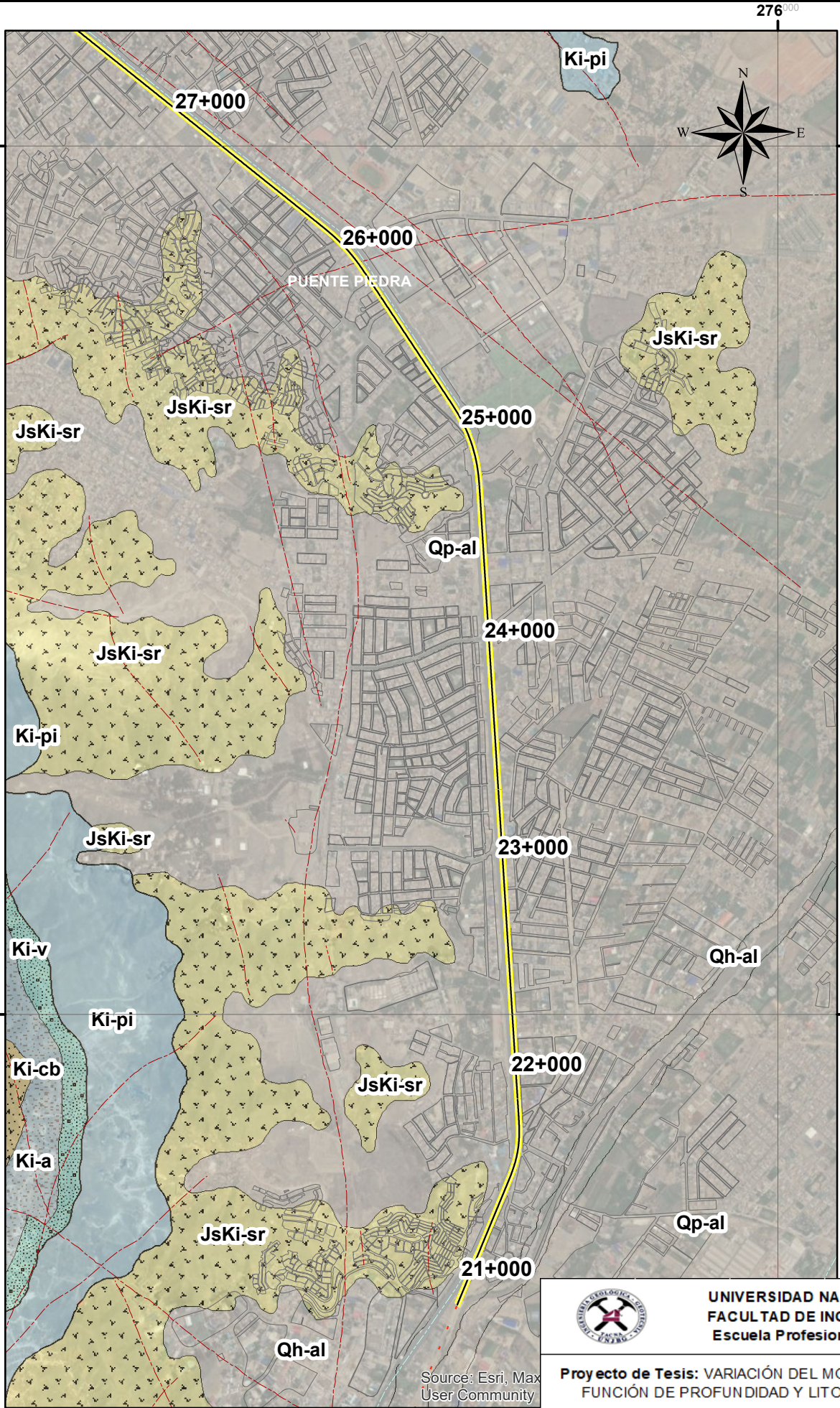
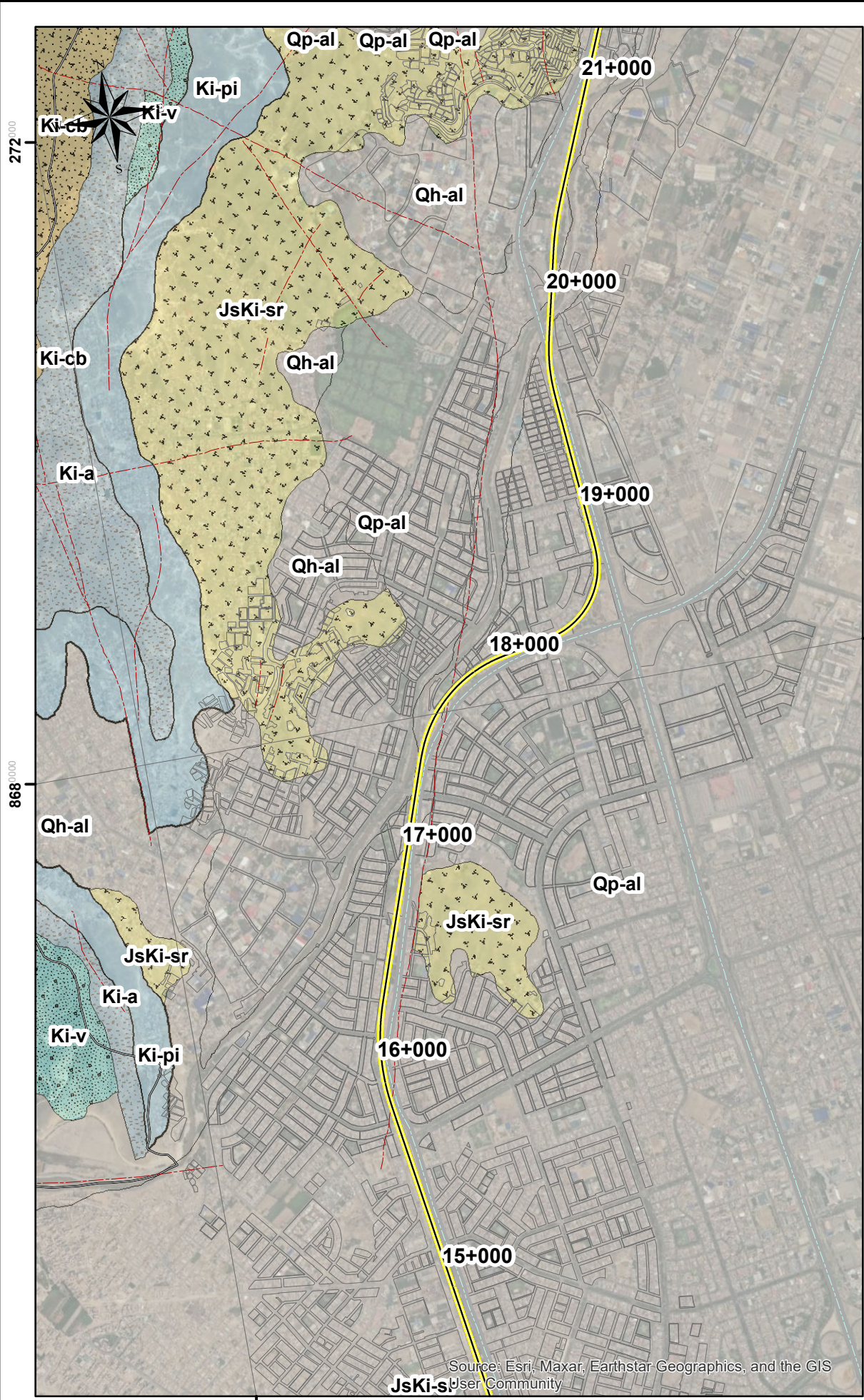


UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE ING. CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia



Proyecto de Tesis: VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN FUNCIÓN DE PROFUNDIDAD Y LITOLOGÍA DE ROCAS ÍGNEAS EN LAS PROVINCIAS DE LIMA - BARRANCA, 2025

Plano: MAPA GEOLOGICO REGIONAL (EJE PRINCIPAL)		
Escala de Trabajo: 1:25000	Fecha: Junio 2025	Revisor: Mgr. Ing. Michel Alex Miranda
Elaborado por: Brandon Nils Calderón Poma		N° : PGR-02



LEYENDA

- Viaductos
- Túnel
- Superficie
- Falla
- Red Vial Departamental
- Red Vial Nacional
- Provincia
- Distrito
- Departamentos
- Límite de Manzanas
- Depósito aluvial, Qh-al
- Formación Ventanilla, Ki-v
- Formación Puente Inga, Ki-pi
- Formación Ancón, Ki-a
- Formación Santa Rosa, Ks-bc/sr/p-tn
- Formación Cerro Blanco, Ki-cb



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE ING.CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia



Proyecto de Tesis: VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN FUNCIÓN DE PROFUNDIDAD Y LITOLOGÍA DE ROCAS ÍGNEAS EN LAS PROVINCIAS DE LIMA - BARRANCA, 2025

Plano: MAPA GEOLOGICO REGIONAL (EJE PRINCIPAL)

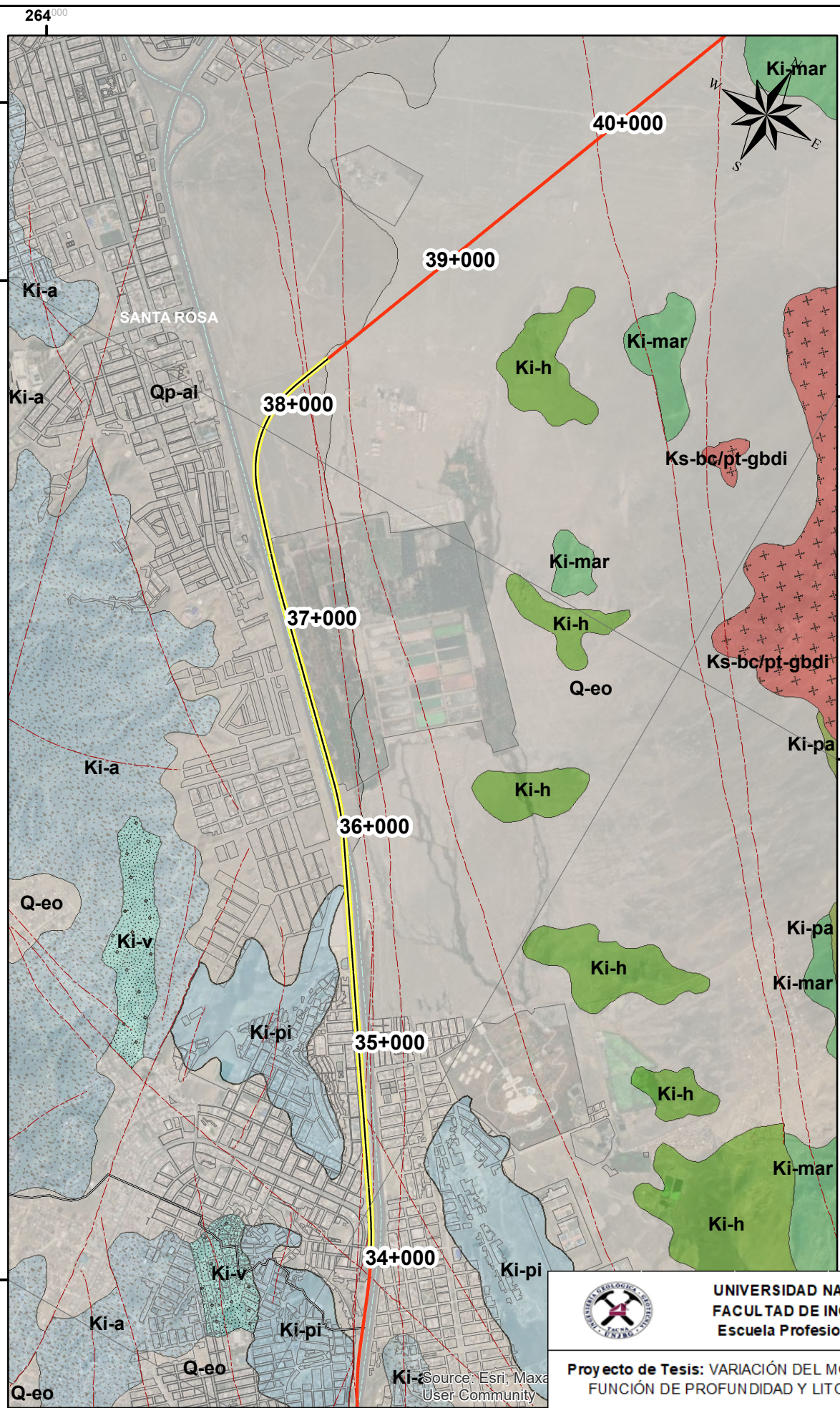
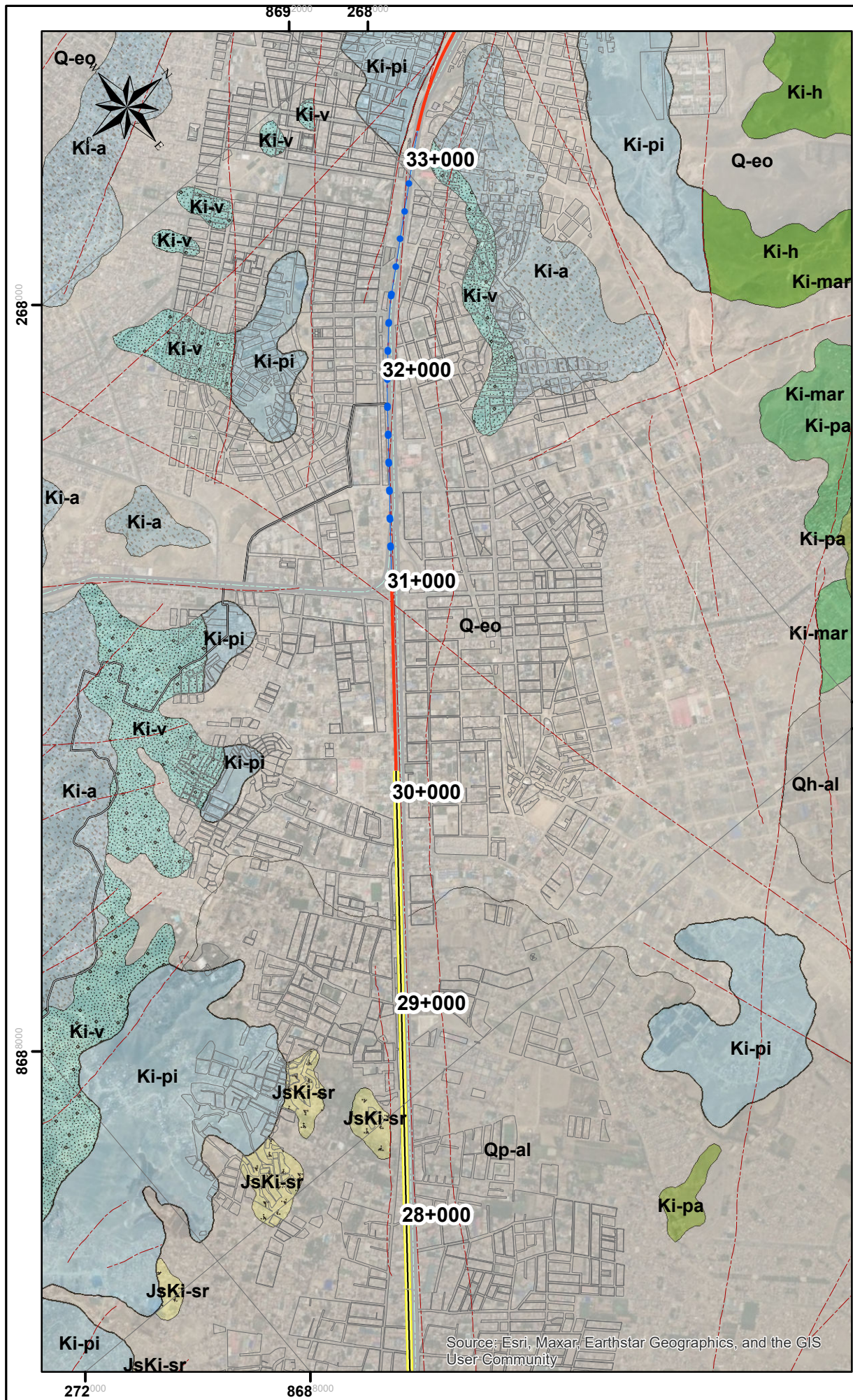
Escala de Trabajo:
1:25000

Fecha:
Junio 2025

Revisor:
Mgr. Ing. Michel Alex Miranda

Elaborado por:
Brandon Nils Calderón Poma

N° : PGR-03



LEYENDA

- Viaductos
- Túnel
- Superficie
- Falla
- Red Vial Departamental
- Red Vial Nacional
- Provincia
- Distrito
- Departamentos
- Límite de Manzanas
- Depósito aluvial, Qh-al
- Depósito eólico, Q-eo
- Formación Pamplona, Ki-pa
- Formación Marcavilca, Ki-mar
- Formación Herradura, Ki-he
- Formación Ventanilla, Ki-v
- Formación Puente Inga, Ki-pi
- Formación Ancón, Ki-a
- Formación Santa Rosa, Ks-bc/sr/p-tn



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE ING.CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia



Proyecto de Tesis: VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN FUNCIÓN DE PROFUNDIDAD Y LITOLOGÍA DE ROCAS ÍGNEAS EN LAS PROVINCIAS DE LIMA - BARRANCA, 2025

Plano: MAPA GEOLOGICO REGIONAL (EJE PRINCIPAL)

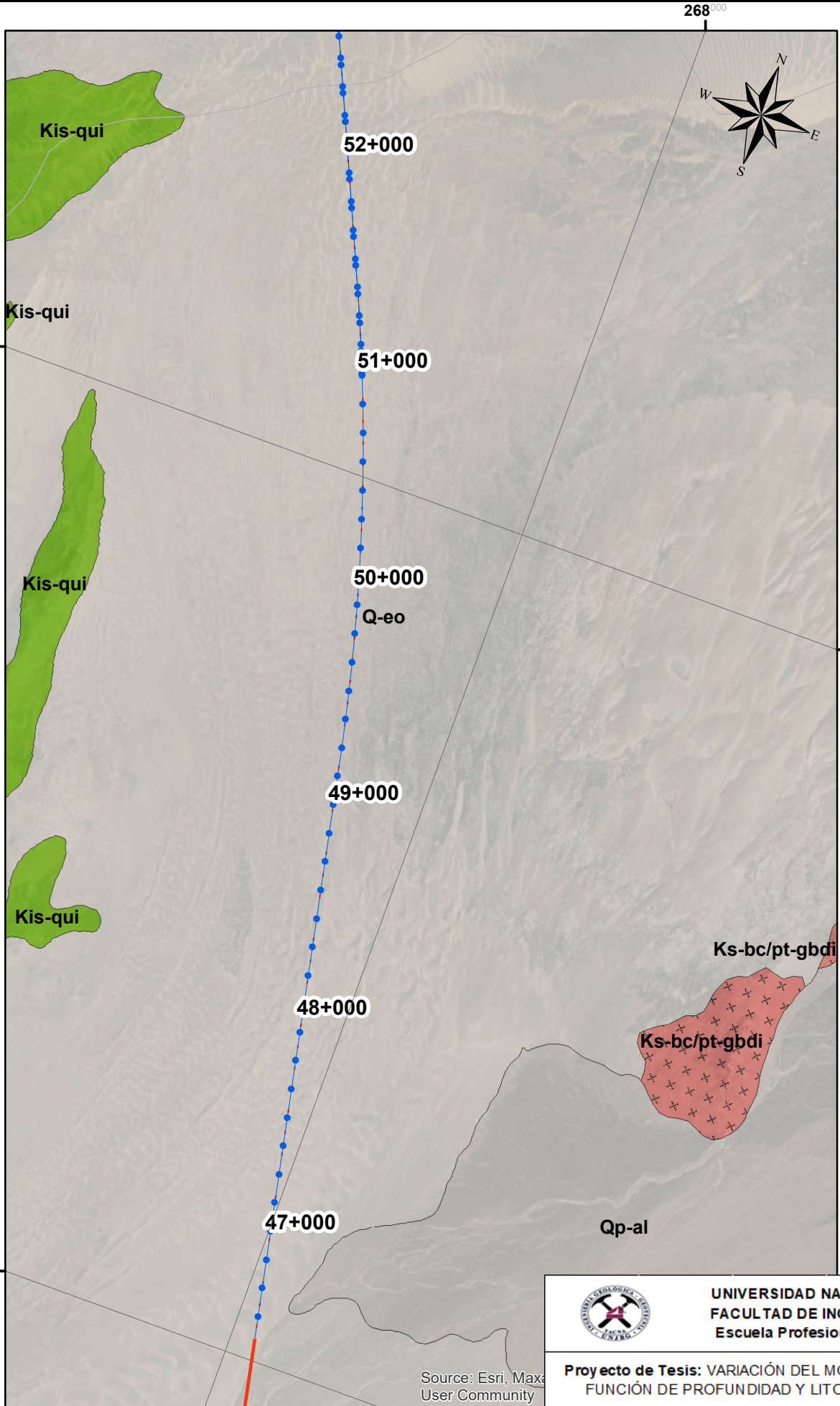
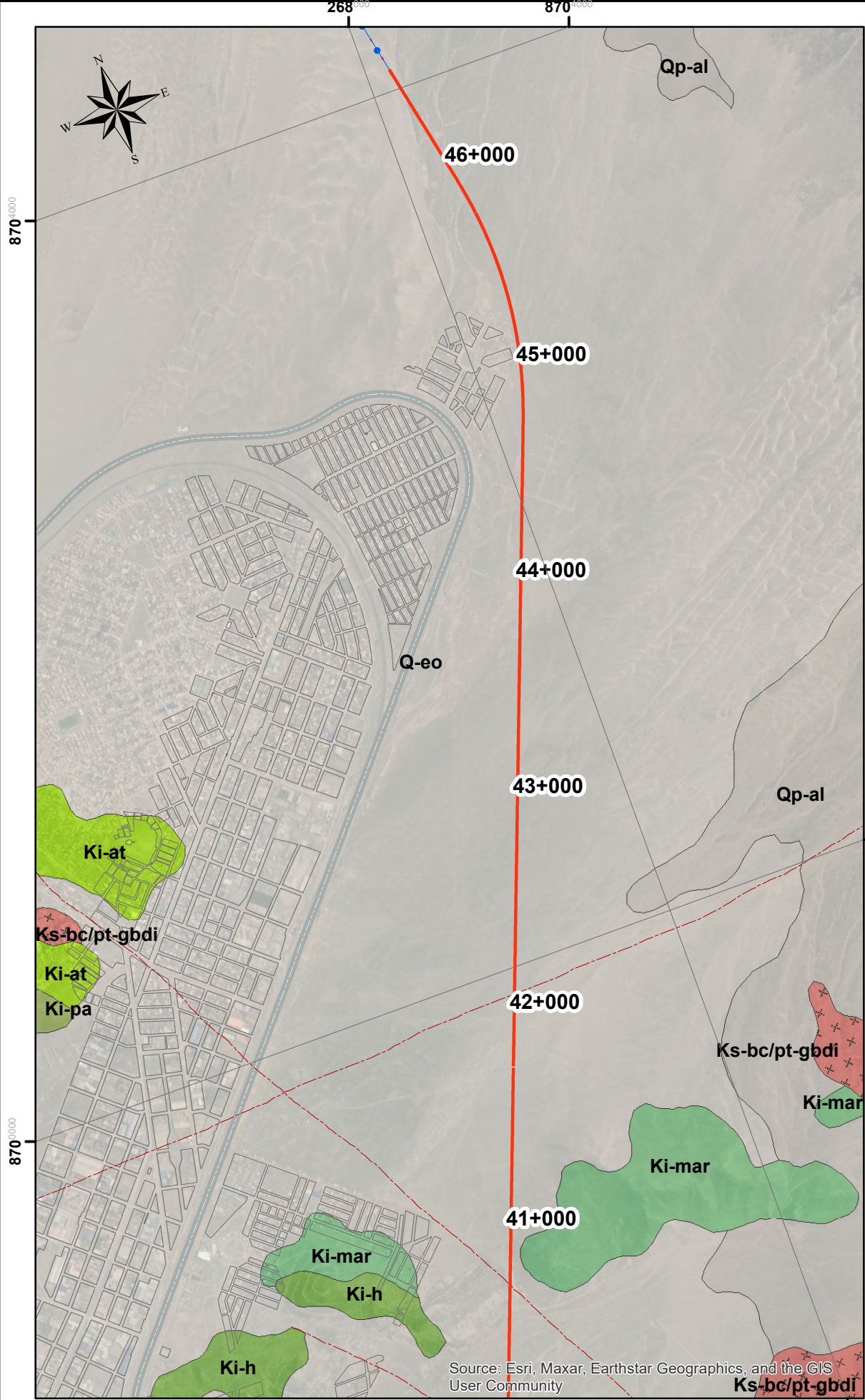
Escala de Trabajo:
1:25000

Fecha:
Junio 2025

Revisor:
Mgr. Ing. Michel Alex Miranda

Elaborado por:
Brandon Nils Calderón Poma

N° : PGR-04



LEYENDA

- Viaductos
- Túnel
- Superficie
- Falla
- Red Vial Departamental
- Red Vial Nacional
- Provincia
- Distrito
- Departamentos
- Límite de Manzanas
- Depósito aluvial, Qh-al
- Depósito eólico, Q-eo
- Formación Atocongo, Ki-at
- Formación Pamplona, Ki-pa
- Formación Marcavilca, Ki-mar
- Formación Herradura, Ki-he
- Super Unidad Patap, Ks-bc/pt-gbdi



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE ING.CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia



Proyecto de Tesis: VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN
FUNCIÓN DE PROFUNDIDAD Y LITOLOGÍA DE ROCAS ÍGNEAS EN LAS PROVINCIAS DE LIMA -
BARRANCA, 2025

Plano: MAPA GEOLOGICO REGIONAL (EJE PRINCIPAL)

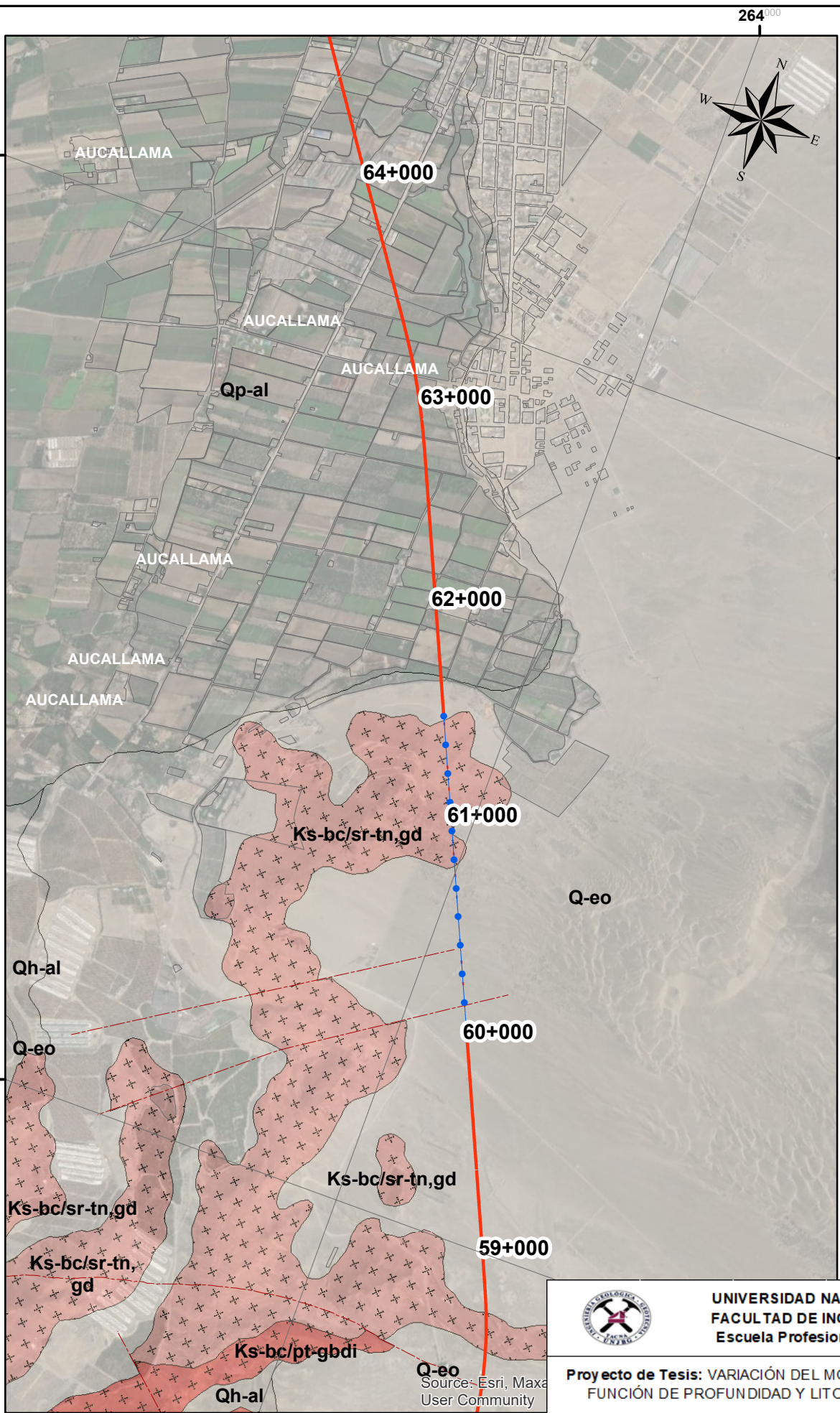
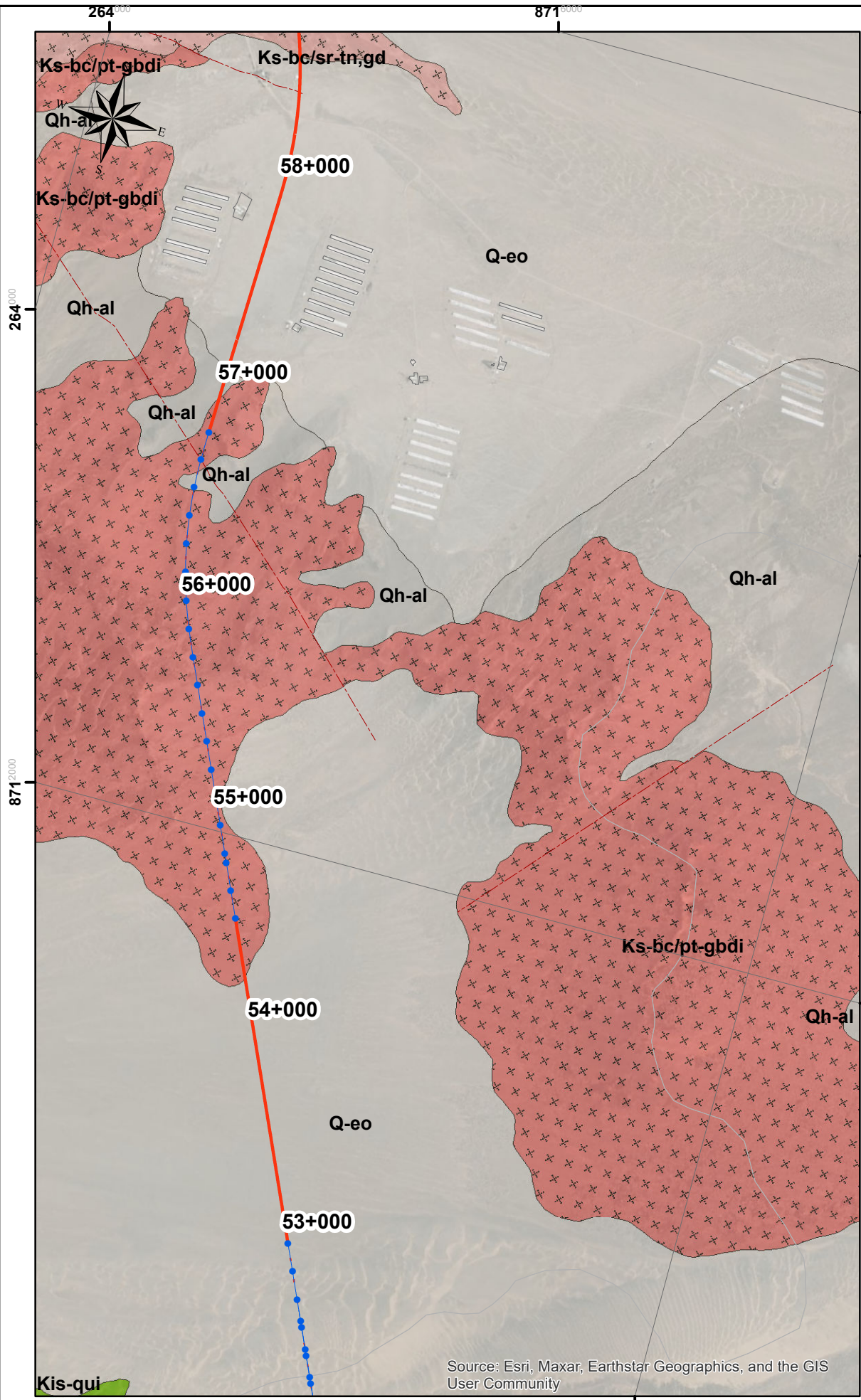
Escala de Trabajo:
1:25000

Fecha:
Junio 2025

Revisor:
Mgr. Ing. Michel Alex Miranda

Elaborado por:
Brandon Nils Calderón Poma

N° : PGR-05



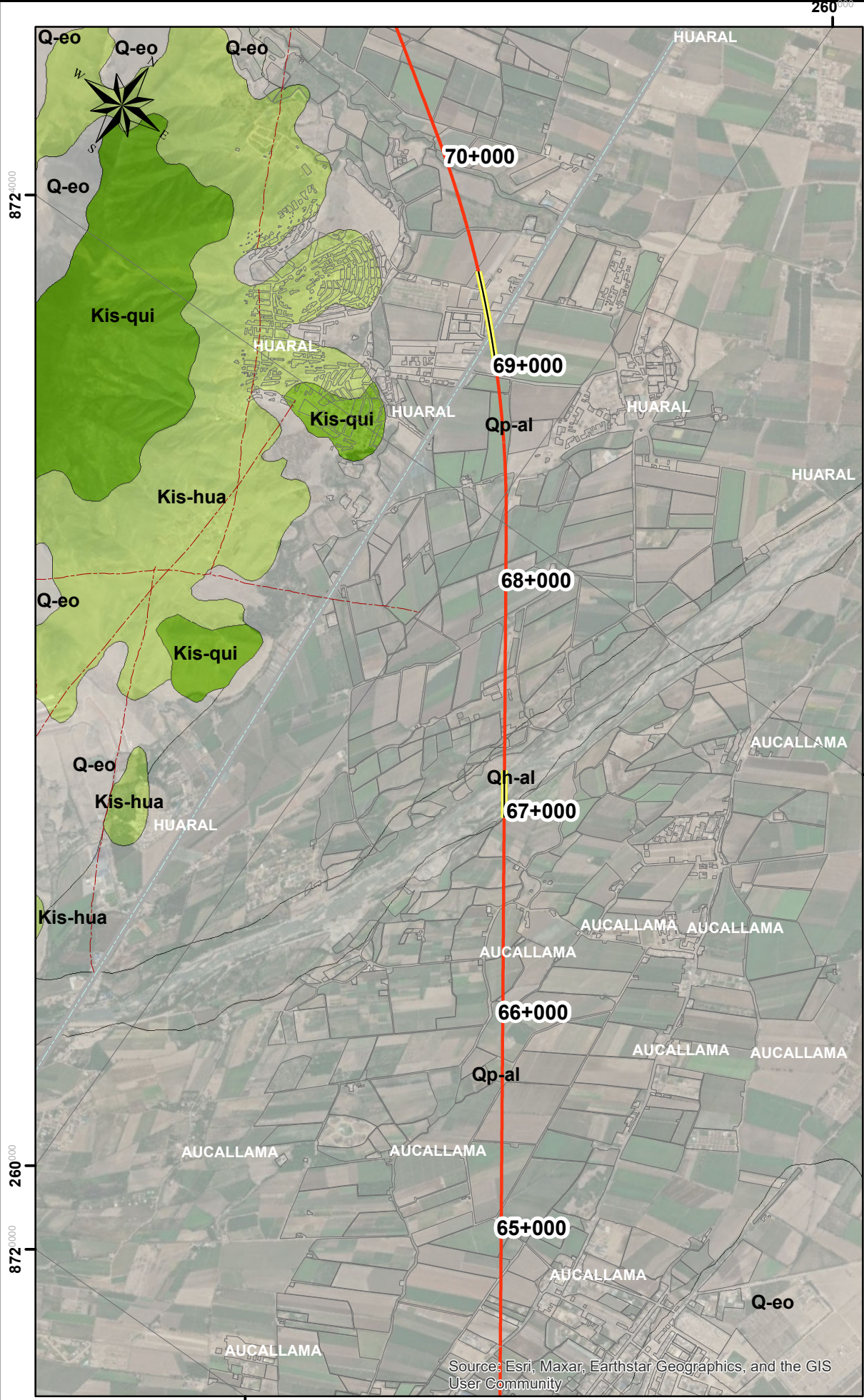


UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE ING.CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia



Proyecto de Tesis: VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN FUNCIÓN DE PROFUNDIDAD Y LITOLOGÍA DE ROCAS ÍGNEAS EN LAS PROVINCIAS DE LIMA - BARRANCA, 2025

Plano: MAPA GEOLOGICO REGIONAL (EJE PRINCIPAL)		
Escala de Trabajo: 1:25000	Fecha: Junio 2025	Revisor: Mgr. Ing. Michel Alex Miranda
Elaborado por: Brandon Nils Calderón Poma		N° : PGR-06



LEYENDA

- Viaductos
- Túnel
- Superficie
- Falla
- Red Vial Departamental
- Red Vial Nacional
- Provincia
- Distrito
- Departamentos
- Límite de Manzanas
- Depósito aluvial, Qh-al
- Depósito eólico, Q-eo
- Formación Quilmaná, Kis-qui
- Formación Huarangal, Kis-hua



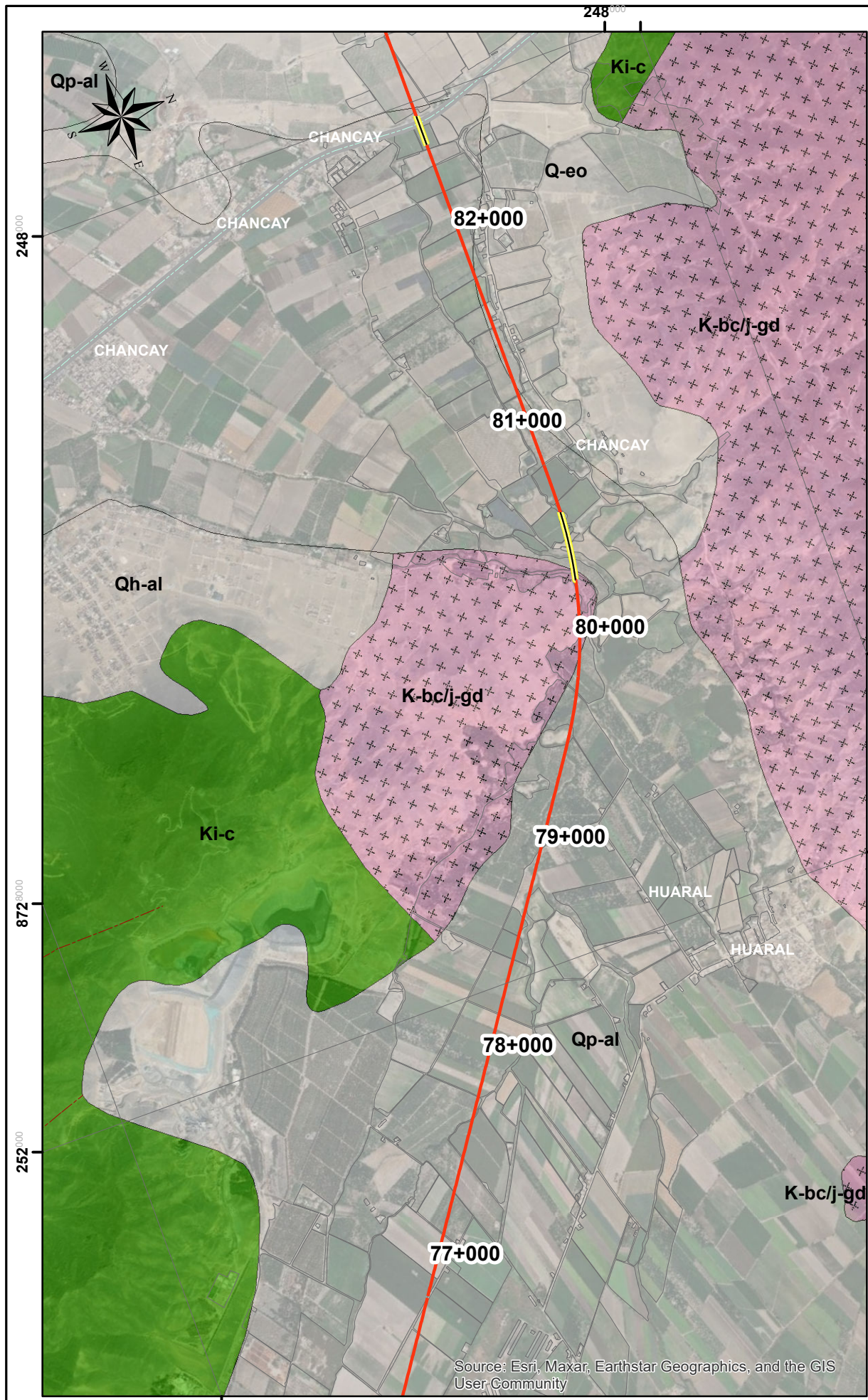
UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BA SADRE GROHMANN
FACULTAD DE ING.CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia



Proyecto de Tesis: VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN FUNCIÓN DE PROFUNDIDAD Y LITOLOGÍA DE ROCAS ÍGNEAS EN LAS PROVINCIAS DE LIMA - BARRANCA, 2025

Plano: MAPA GEOLOGICO REGIONAL (EJE PRINCIPAL)

Escala de Trabajo: 1:25000	Fecha: Junio 2025	Revisor: Mgr. Ing. Michel Alex Miranda
Elaborado por: Brandon Nils Calderón Poma		N° : PGR-07



LEYENDA

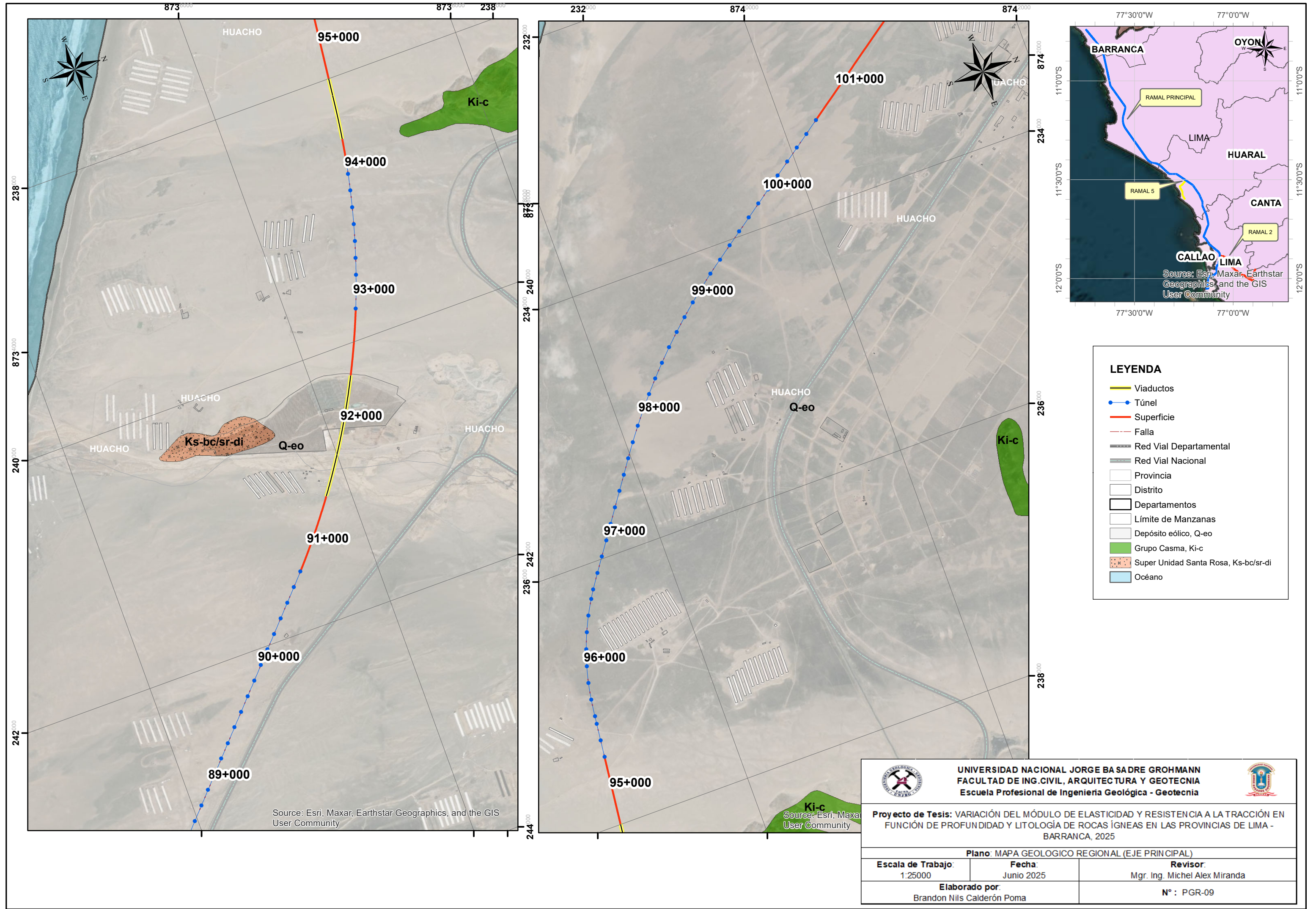
- Viaductos
- Túnel
- Superficie
- Falla
- Red Vial Departamental
- Red Vial Nacional
- Provincia
- Distrito
- Departamentos
- Límite de Manzanas
- Depósito aluvial, Qh-al
- Depósito eólico, Q-eo
- Grupo Casma, Ki-c
- Super Unidad Jecuán, K-bc/j-gd

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BA SADRE GROHMANN
FACULTAD DE ING.CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia

Proyecto de Tesis: VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN FUNCIÓN DE PROFUNDIDAD Y LITOLOGÍA DE ROCAS ÍGNEAS EN LAS PROVINCIAS DE LIMA - BARRANCA, 2025

Plano: MAPA GEOLOGICO REGIONAL (EJE PRINCIPAL)

Escala de Trabajo: 1:25000	Fecha: Junio 2025	Revisor: Mgr. Ing. Michel Alex Miranda
Elaborado por: Brandon Nils Calderón Poma		N° : PGR-08



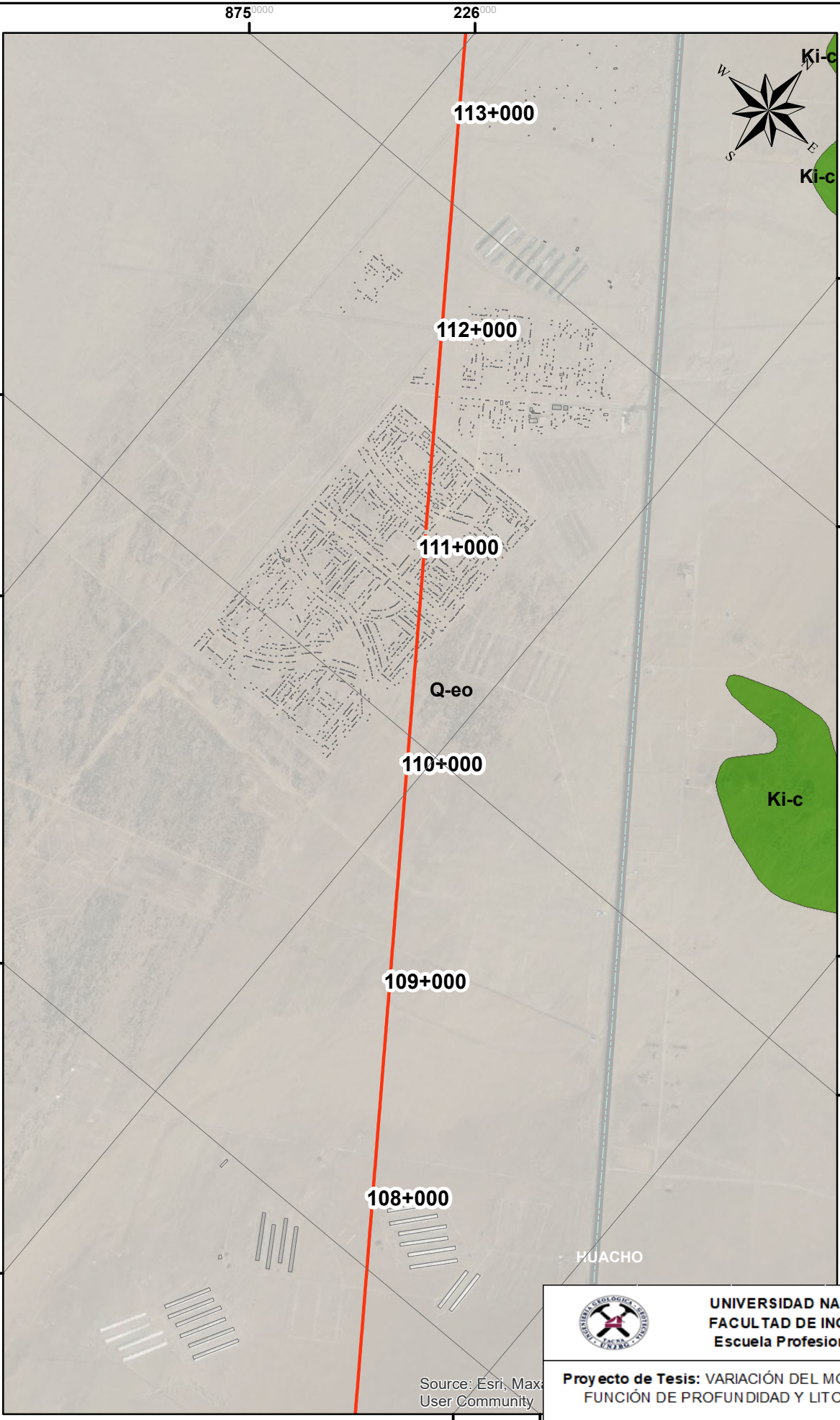
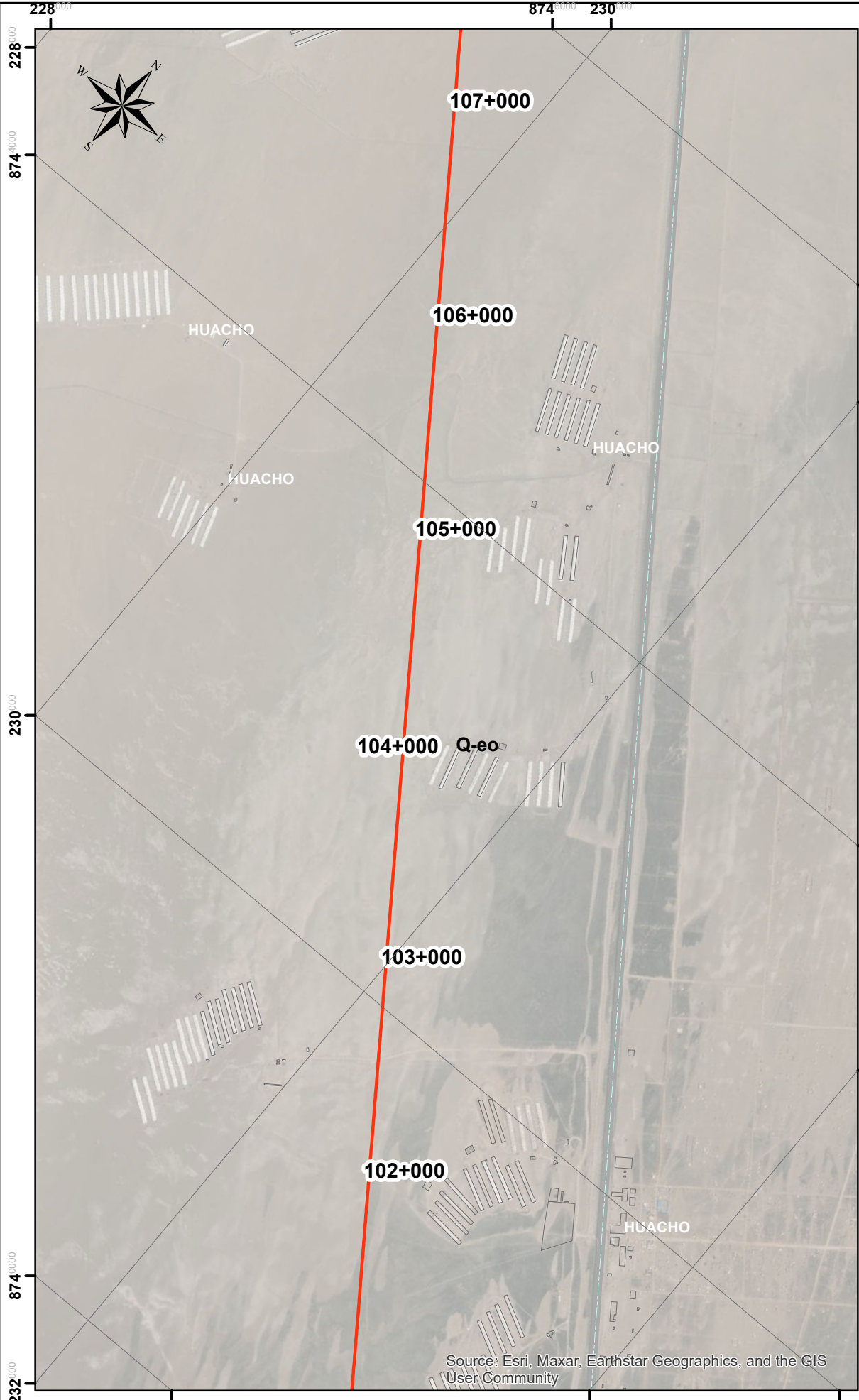


UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BA SADRE GROHMANN
FACULTAD DE ING.CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia



Proyecto de Tesis: VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN FUNCIÓN DE PROFUNDIDAD Y LITOLOGÍA DE ROCAS ÍGNEAS EN LAS PROVINCIAS DE LIMA - BARRANCA, 2025

Plano: MAPA GEOLOGICO REGIONAL (EJE PRINCIPAL)		
Escala de Trabajo: 1:25000	Fecha: Junio 2025	Revisor: Mgr. Ing. Michel Alex Miranda
Elaborado por: Brandon Nils Calderón Poma		N° : PGR-09



LEYENDA

- Viaductos
- Túnel
- Superficie
- Falla
- Red Vial Departamental
- Red Vial Nacional
- Provincia
- Distrito
- Departamentos
- Límite de Manzanas
- Depósito eólico, Q-eo

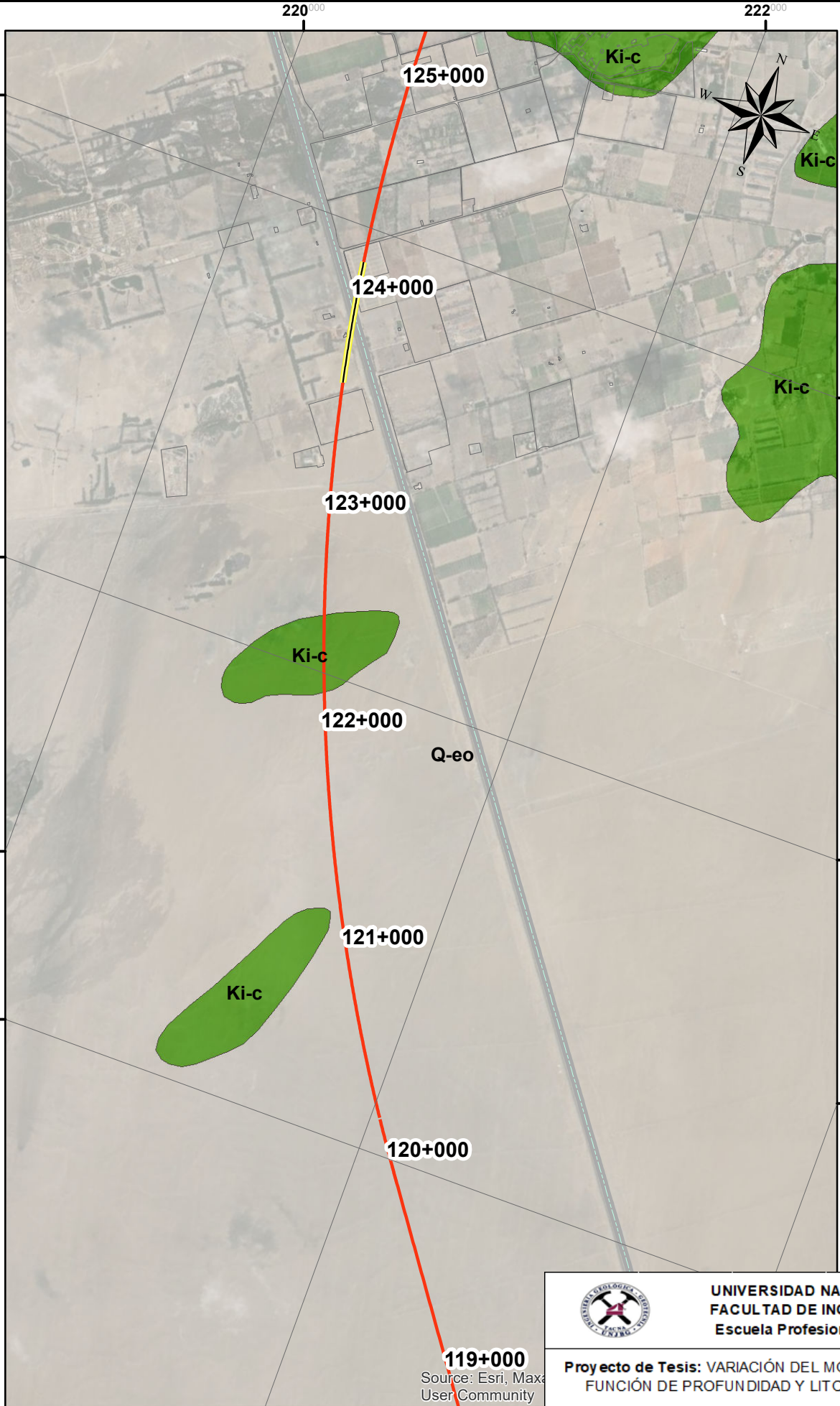
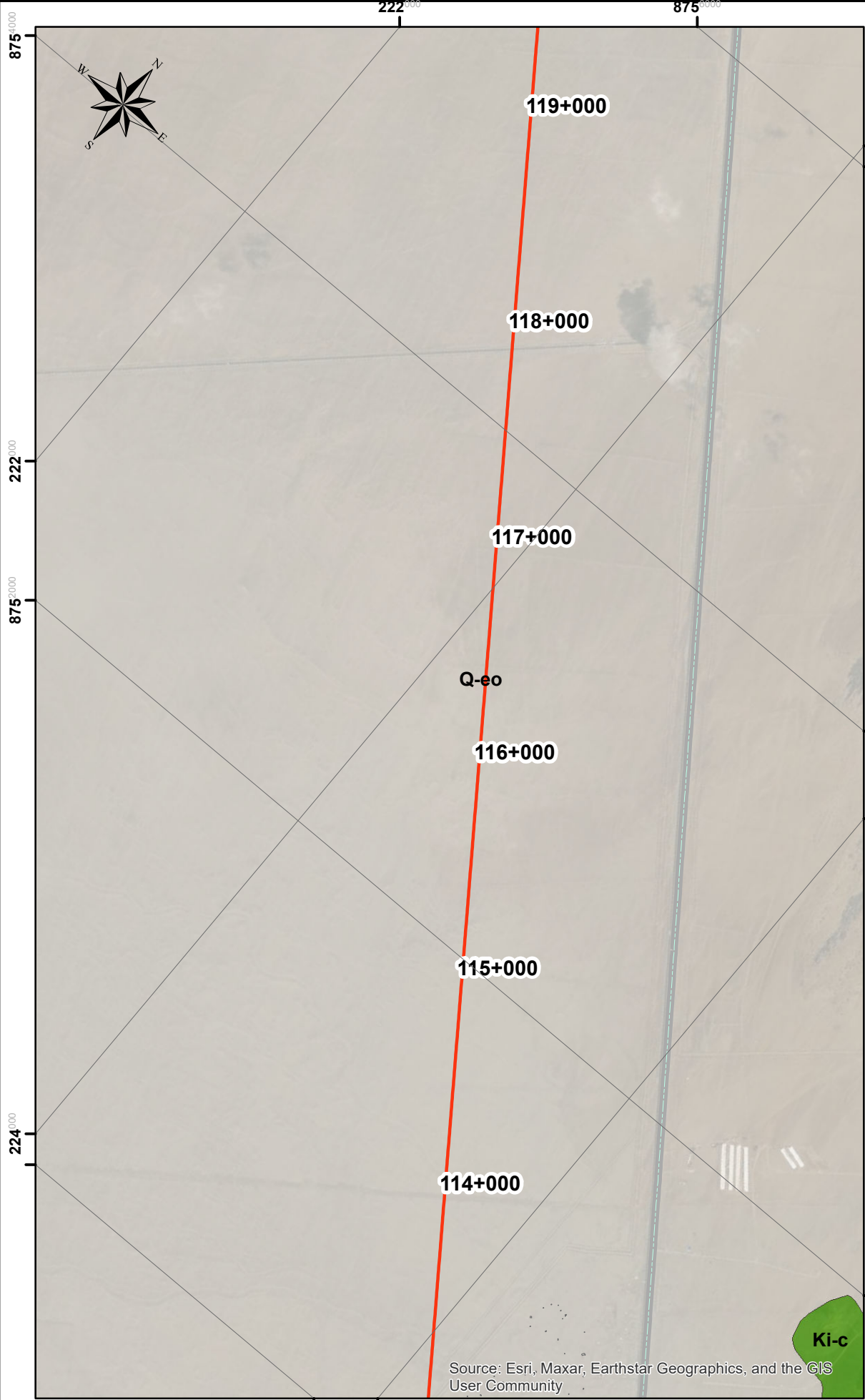


UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE ING.CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia



Proyecto de Tesis: VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN FUNCIÓN DE PROFUNDIDAD Y LITOLOGÍA DE ROCAS ÍGNEAS EN LAS PROVINCIAS DE LIMA - BARRANCA, 2025

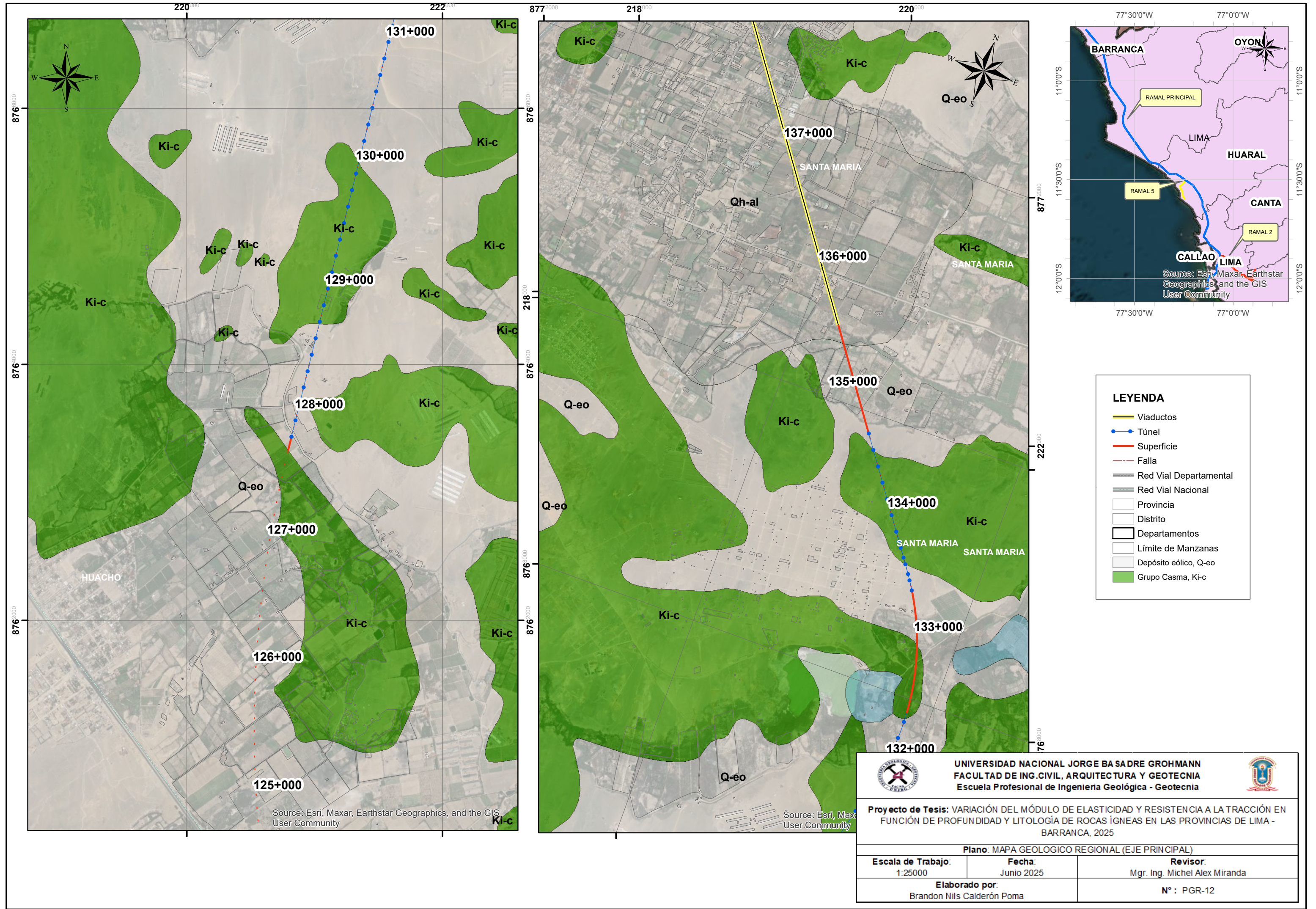
Plano: MAPA GEOLOGICO REGIONAL (EJE PRINCIPAL)		
Escala de Trabajo: 1:25000	Fecha: Junio 2025	Revisor: Mgr. Ing. Michel Alex Miranda
Elaborado por: Brandon Nils Calderón Poma		N° : PGR-10



LEYENDA

- Viaductos
- Túnel
- Superficie
- Falla
- Red Vial Departamental
- Red Vial Nacional
- Provincia
- Distrito
- Departamentos
- Límite de Manzanas
- Depósito eólico, Q-eo
- Grupo Casma, Ki-c

					
UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE ING.CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia					
Proyecto de Tesis: VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN FUNCIÓN DE PROFUNDIDAD Y LITOLOGÍA DE ROCAS ÍGNEAS EN LAS PROVINCIAS DE LIMA - BARRANCA, 2025					
Plano: MAPA GEOLOGICO REGIONAL (EJE PRINCIPAL)					
Escala de Trabajo: 1:25000		Fecha: Junio 2025		Revisor: Mgr. Ing. Michel Alex Miranda	
Elaborado por: Brandon Nils Calderón Poma				N° : PGR-11	



LEYENDA

- Viaductos
- Túnel
- Superficie
- Falla
- Red Vial Departamental
- Red Vial Nacional
- Provincia
- Distrito
- Departamentos
- Límite de Manzanas
- Depósito eólico, Q-eo
- Grupo Casma, Ki-c



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BA SADRE GROHMANN

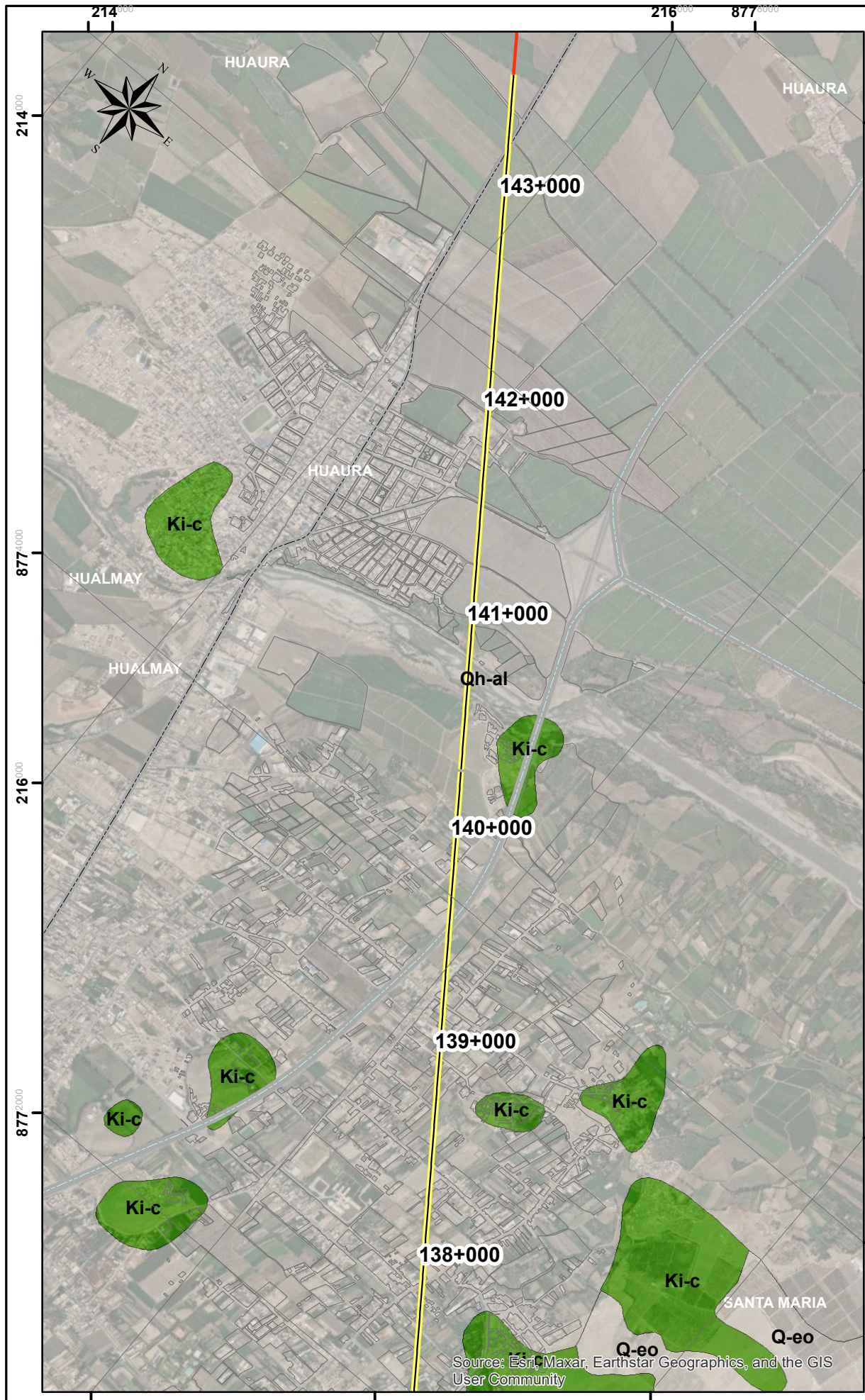
FACULTAD DE ING.CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA

Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia



Proyecto de Tesis: VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN FUNCIÓN DE PROFUNDIDAD Y LITOLOGÍA DE ROCAS ÍGNEAS EN LAS PROVINCIAS DE LIMA - BARRANCA, 2025

Plano: MAPA GEOLOGICO REGIONAL (EJE PRINCIPAL)		
Escala de Trabajo: 1:25000	Fecha: Junio 2025	Revisor: Mgr. Ing. Michel Alex Miranda
Elaborado por: Brandon Nils Calderón Poma		N° : PGR-12



LEYENDA

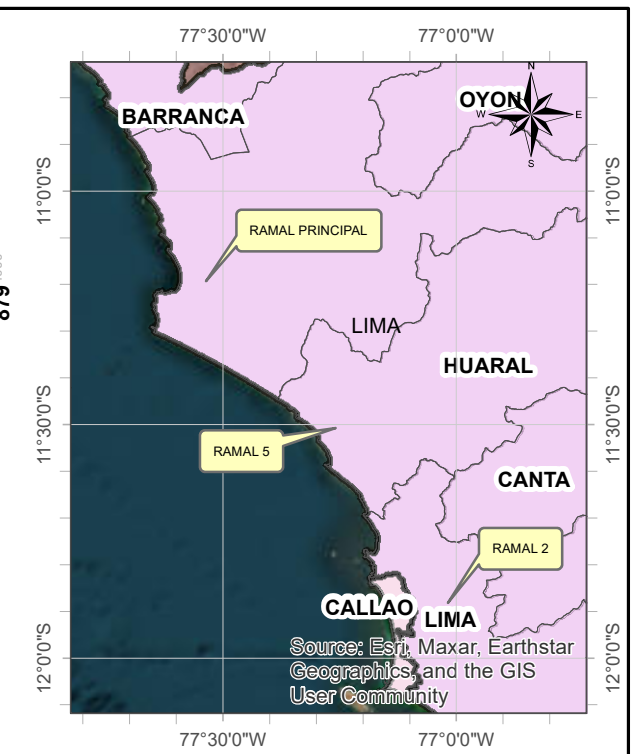
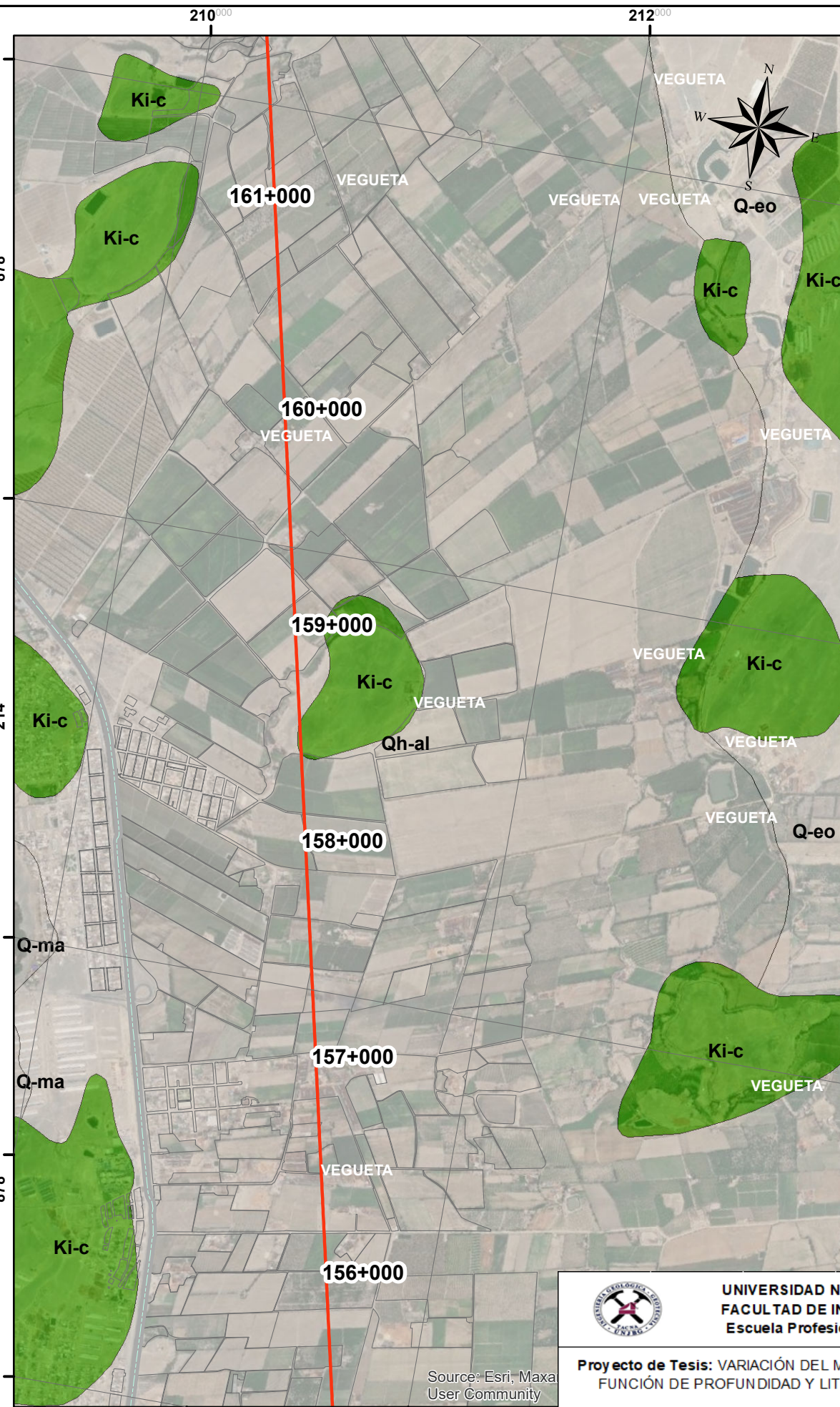
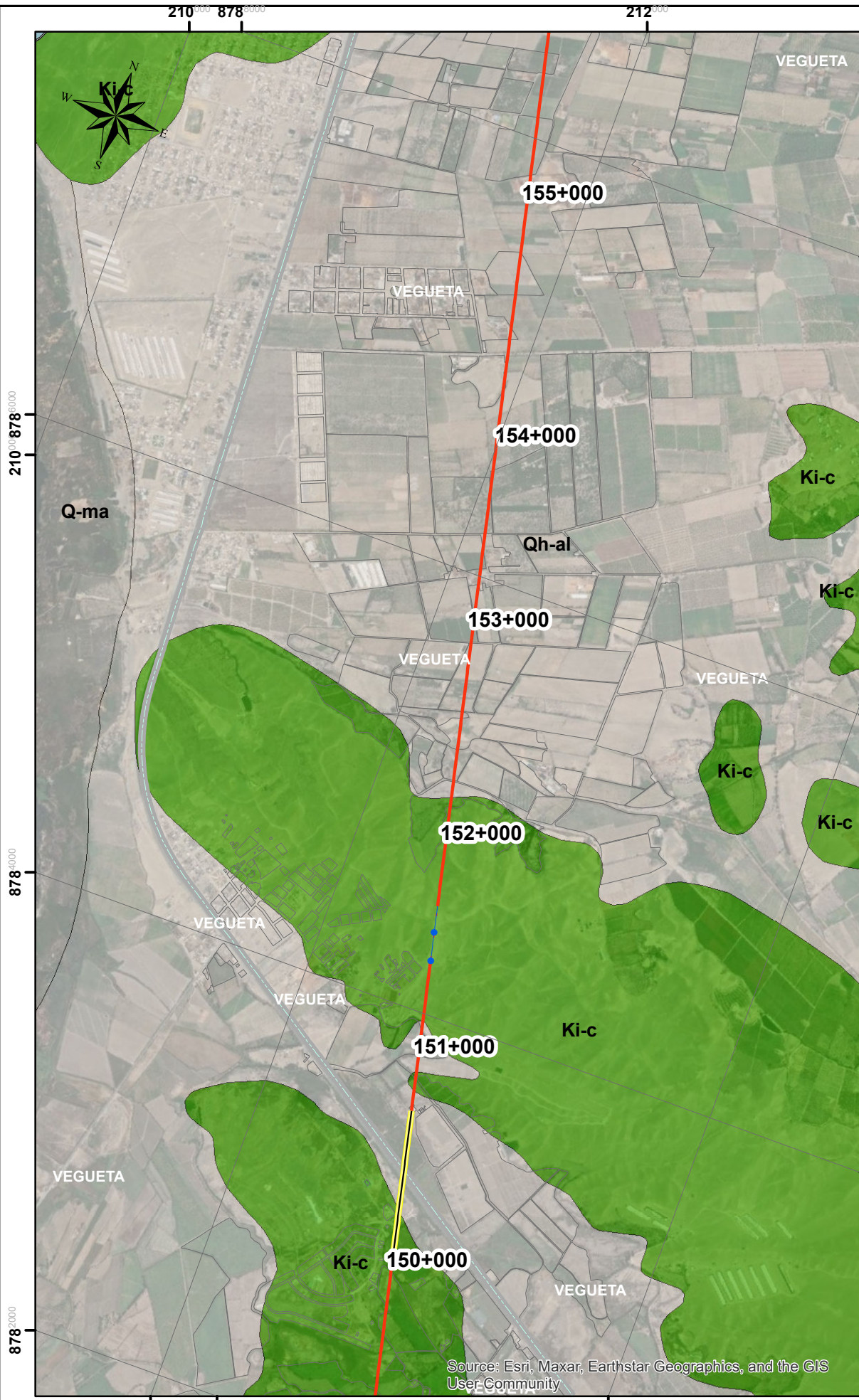
- Viaductos
- Túnel
- Superficie
- Falla
- Red Vial Departamental
- Red Vial Nacional
- Provincia
- Distrito
- Departamentos
- Límite de Manzanas
- Depósito aluvial, Qh-al
- Depósito eólico, Q-eo
- Grupo Casma, Ki-c

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE ING.CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia

Proyecto de Tesis: VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN FUNCIÓN DE PROFUNDIDAD Y LITOLOGÍA DE ROCAS ÍGNEAS EN LAS PROVINCIAS DE LIMA - BARRANCA, 2025

Plano: MAPA GEOLOGICO REGIONAL (EJE PRINCIPAL)

Escala de Trabajo: 1:25000	Fecha: Junio 2025	Revisor: Mgr. Ing. Michel Alex Miranda
Elaborado por: Brandon Nils Calderón Poma		N° : PGR-13



LEYENDA

- Viaductos
- Túnel
- Superficie
- Falla
- Red Vial Departamental
- Red Vial Nacional
- Provincia
- Distrito
- Departamentos
- Límite de Manzanas
- Depósito aluvial, Qh-al
- Depósito marino, Q-ma
- Grupo Casma, Ki-c
- Océano



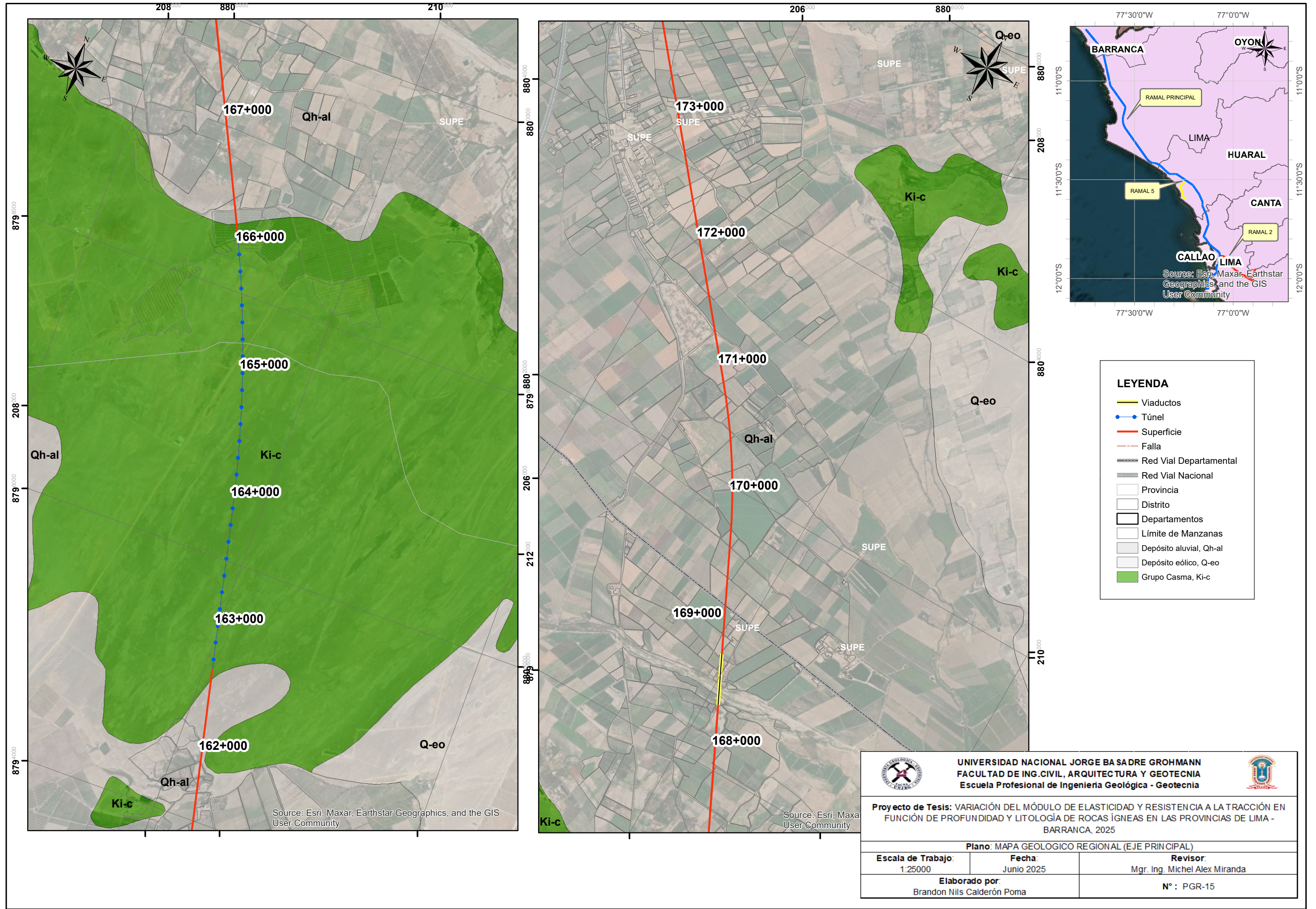
UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE ING.CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia



Proyecto de Tesis: VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN FUNCIÓN DE PROFUNDIDAD Y LITOLOGÍA DE ROCAS ÍGNEAS EN LAS PROVINCIAS DE LIMA - BARRANCA, 2025

Plano: MAPA GEOLOGICO REGIONAL (EJE PRINCIPAL)

Escala de Trabajo: 1:25000	Fecha: Junio 2025	Revisor: Mgr. Ing. Michel Alex Miranda
Elaborado por: Brandon Nils Calderón Poma		N° : PGR-14





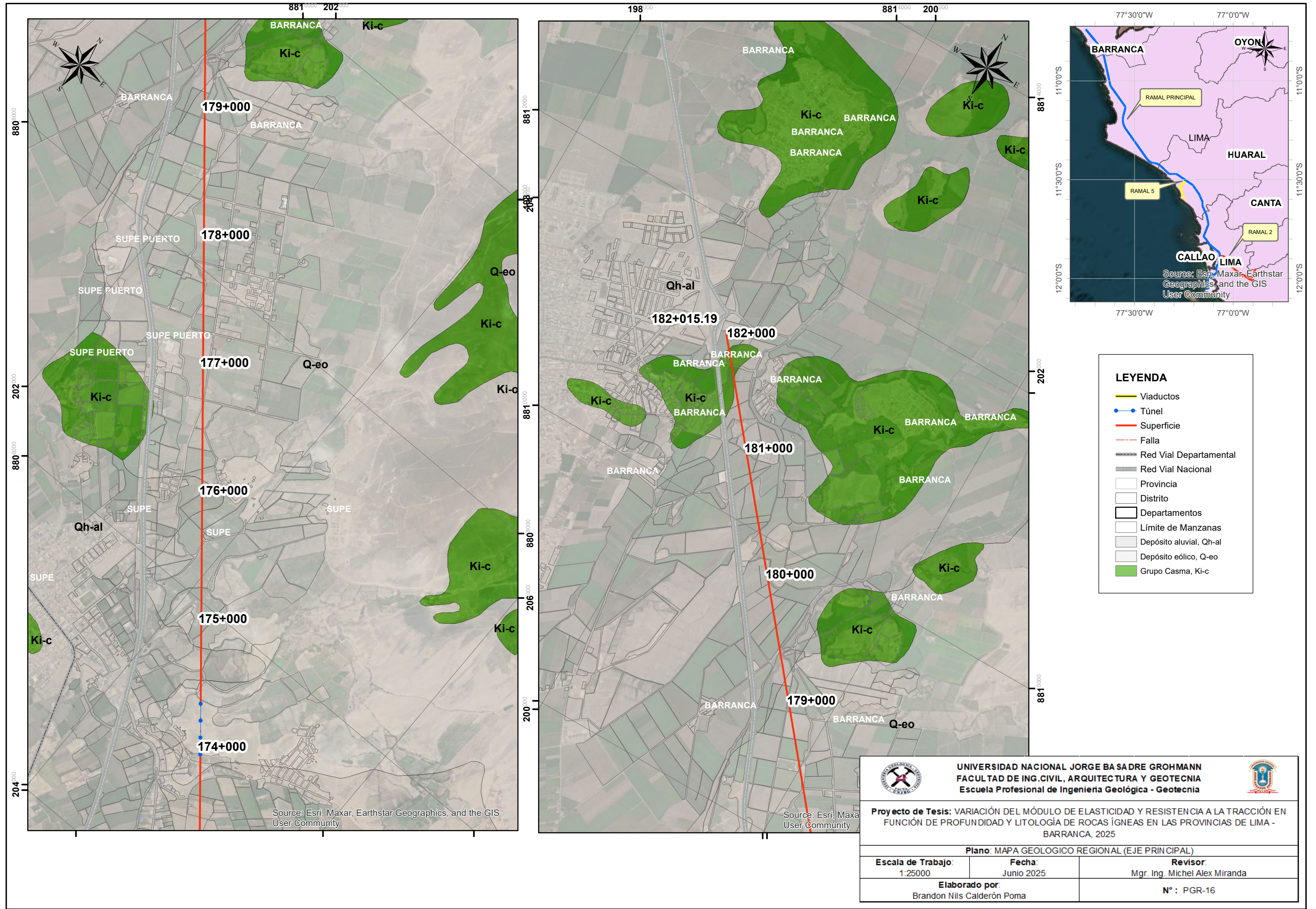
UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE ING.CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia

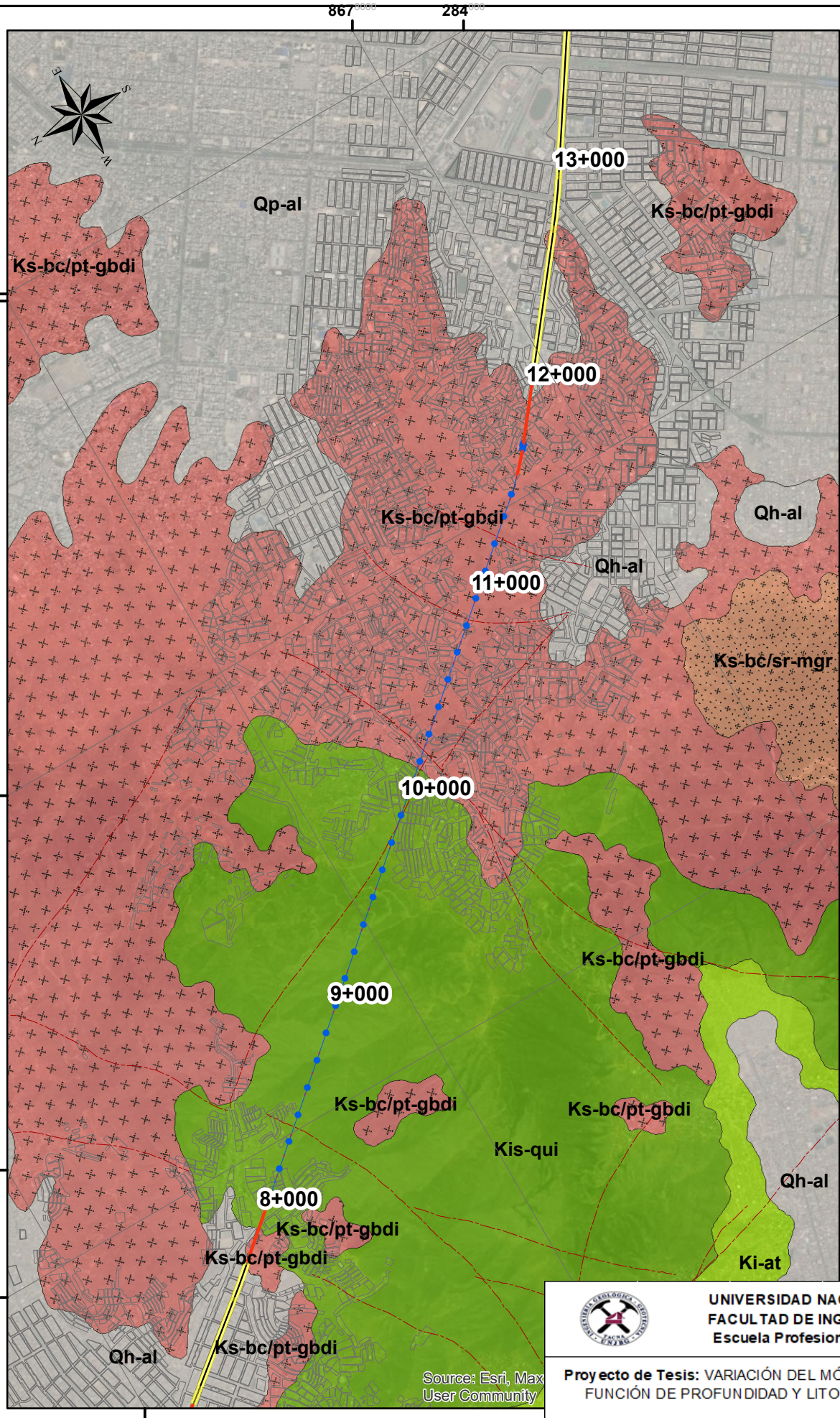
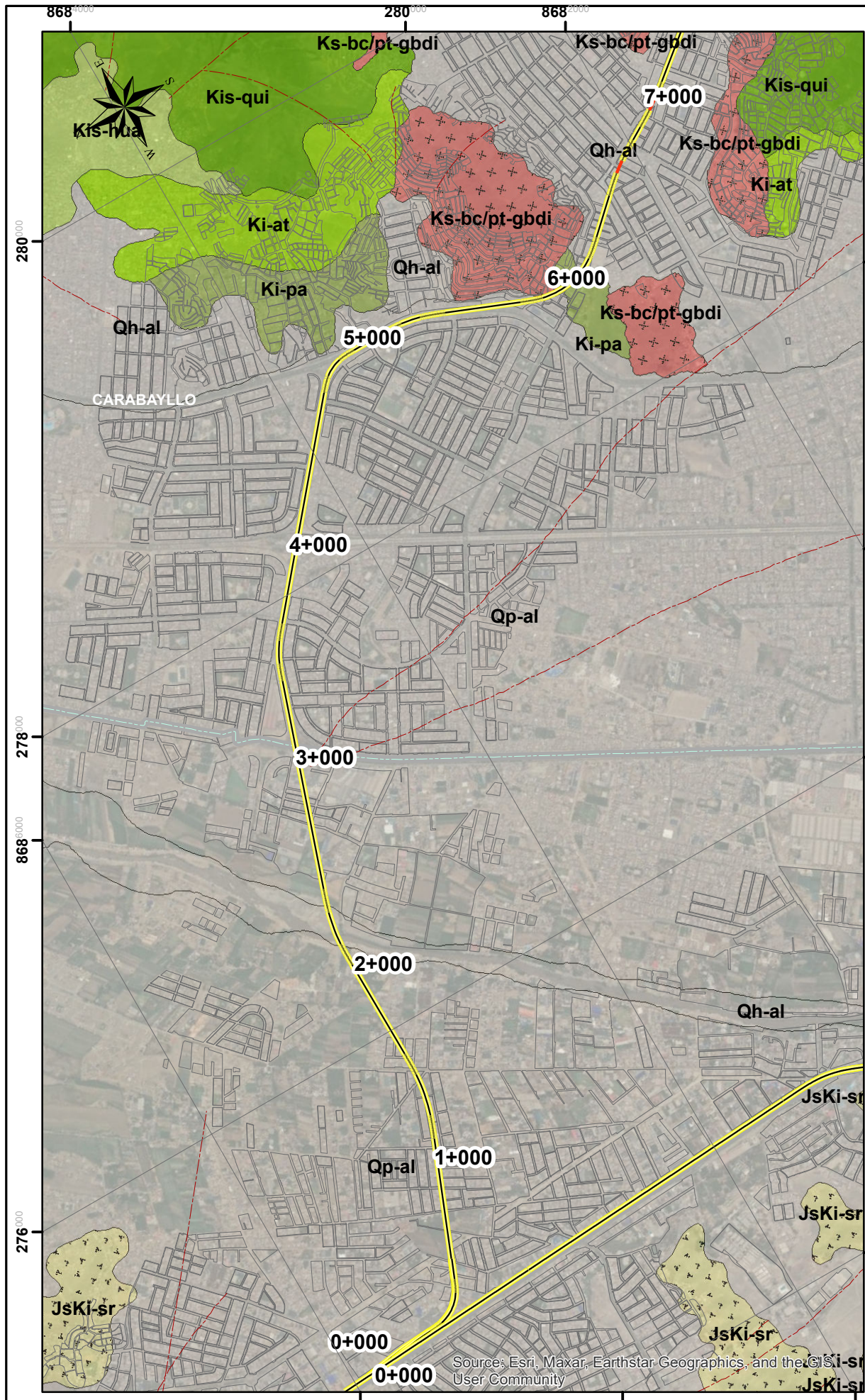


Proyecto de Tesis: VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN FUNCIÓN DE PROFUNDIDAD Y LITOLOGÍA DE ROCAS ÍGNEAS EN LAS PROVINCIAS DE LIMA - BARRANCA, 2025

Plano: MAPA GEOLOGICO REGIONAL (EJE PRINCIPAL)

Escala de Trabajo: 1:25000	Fecha: Junio 2025	Revisor: Mgr. Ing. Michel Alex Miranda
Elaborado por: Brandon Nils Calderón Poma		N° : PGR-15





LEYENDA

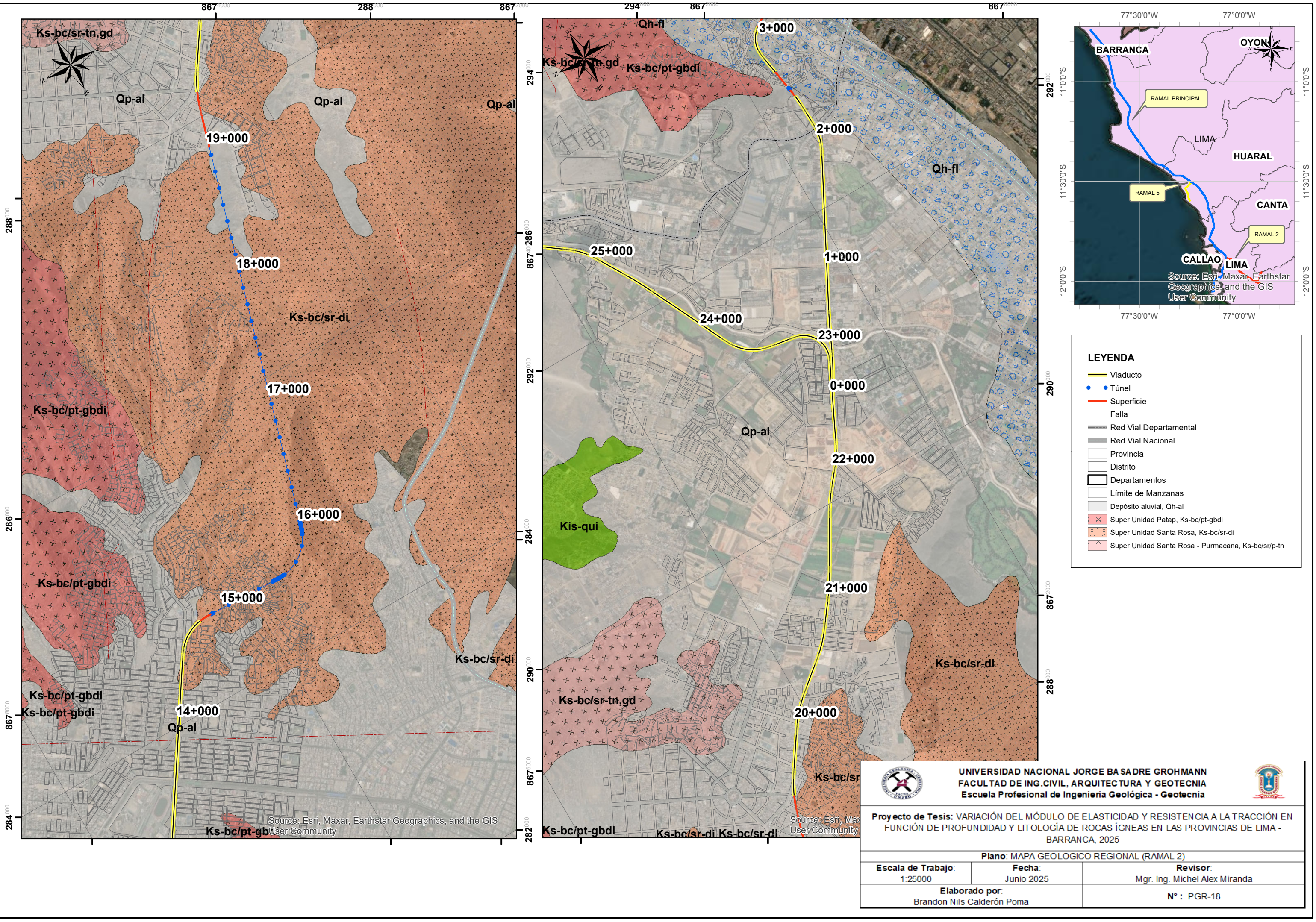
- Viaducto
- Túnel
- Superficie
- Falla
- Red Vial Departamental
- Red Vial Nacional
- Provincia
- Distrito
- Departamentos
- Límite de Manzanas
- Depósito aluvial, Qh-al
- Formación Quilmaná, Kis-qui
- Formación Huarangal, Kis-hua
- Formación Atocongo, Ki-at
- Formación Pamplona, Ki-pa
- Formación Santa Rosa, Ks-bc/sr/p-tn
- Super Unidad Patap, Ks-bc/pt-gbdi

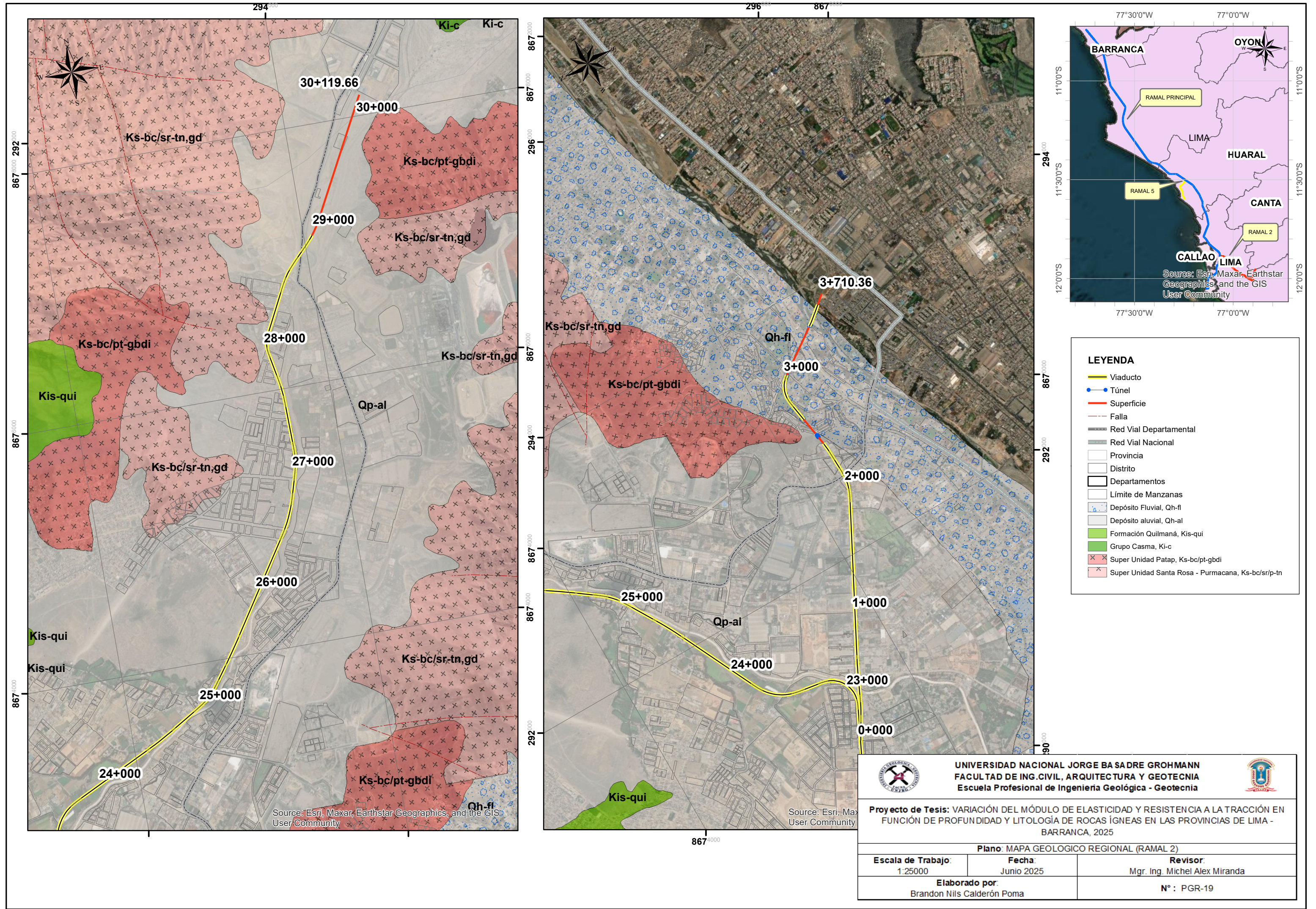
UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE ING.CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia

Proyecto de Tesis: VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN FUNCIÓN DE PROFUNDIDAD Y LITOLOGÍA DE ROCAS ÍGNEAS EN LAS PROVINCIAS DE LIMA - BARRANCA, 2025

Plano: MAPA GEOLOGICO REGIONAL (RAMAL 2)

Escala de Trabajo: 1:25000	Fecha: Junio 2025	Revisor: Mgr. Ing. Michel Alex Miranda
Elaborado por: Brandon Nils Calderón Poma		N° : PGR-17





LEYENDA

- Viaducto
- Túnel
- Superficie
- Falla
- Red Vial Departamental
- Red Vial Nacional
- Provincia
- Distrito
- Departamentos
- Límite de Manzanas
- Depósito Fluvial, Qh-fl
- Depósito aluvial, Qh-al
- Formación Quilmaná, Kis-qui
- Grupo Casma, Ki-c
- Super Unidad Patap, Ks-bc/pt-gbdi
- Super Unidad Santa Rosa - Purmacana, Ks-bc/sr/p-tn

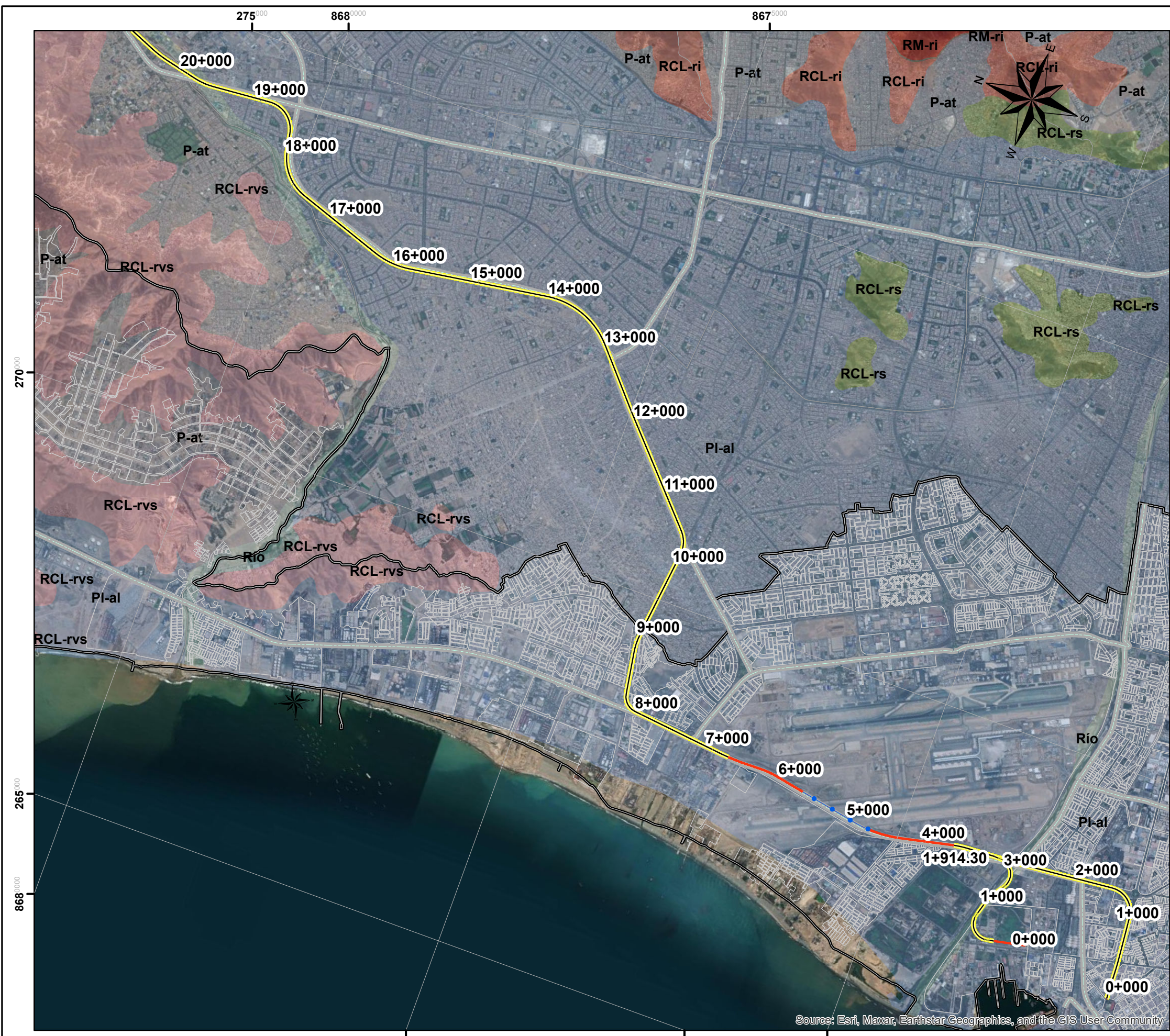


UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE ING.CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia



Proyecto de Tesis: VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN FUNCIÓN DE PROFUNDIDAD Y LITOLOGÍA DE ROCAS ÍGNEAS EN LAS PROVINCIAS DE LIMA - BARRANCA, 2025

Plano: MAPA GEOLOGICO REGIONAL (RAMAL 2)		
Escala de Trabajo: 1:25000	Fecha: Junio 2025	Revisor: Mgr. Ing. Michel Alex Miranda
Elaborado por: Brandon Nils Calderón Poma		N° : PGR-19



LEYENDA

- Viaductos
- Túnel
- Superficie
- Red Vial Departamental
- Red Vial Nacional
- Provincia
- Distrito
- Departamentos
- Limite de Manzanas
- RM-ri, Montaña en roca intrusiva
- RCL-ri, Colina y lomada en roca intrusiva
- RCL-rvs, Colina y lomada en roca volcano-sedimentaria
- RCL-rs, Colina y lomada en roca sedimentaria
- P-at, Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial
- PI-al, Llanura o planicie aluvial
- Río, Cauce del río



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

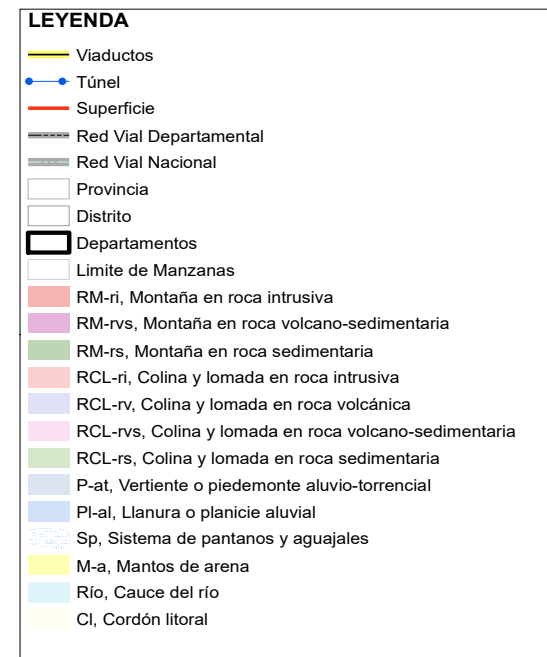
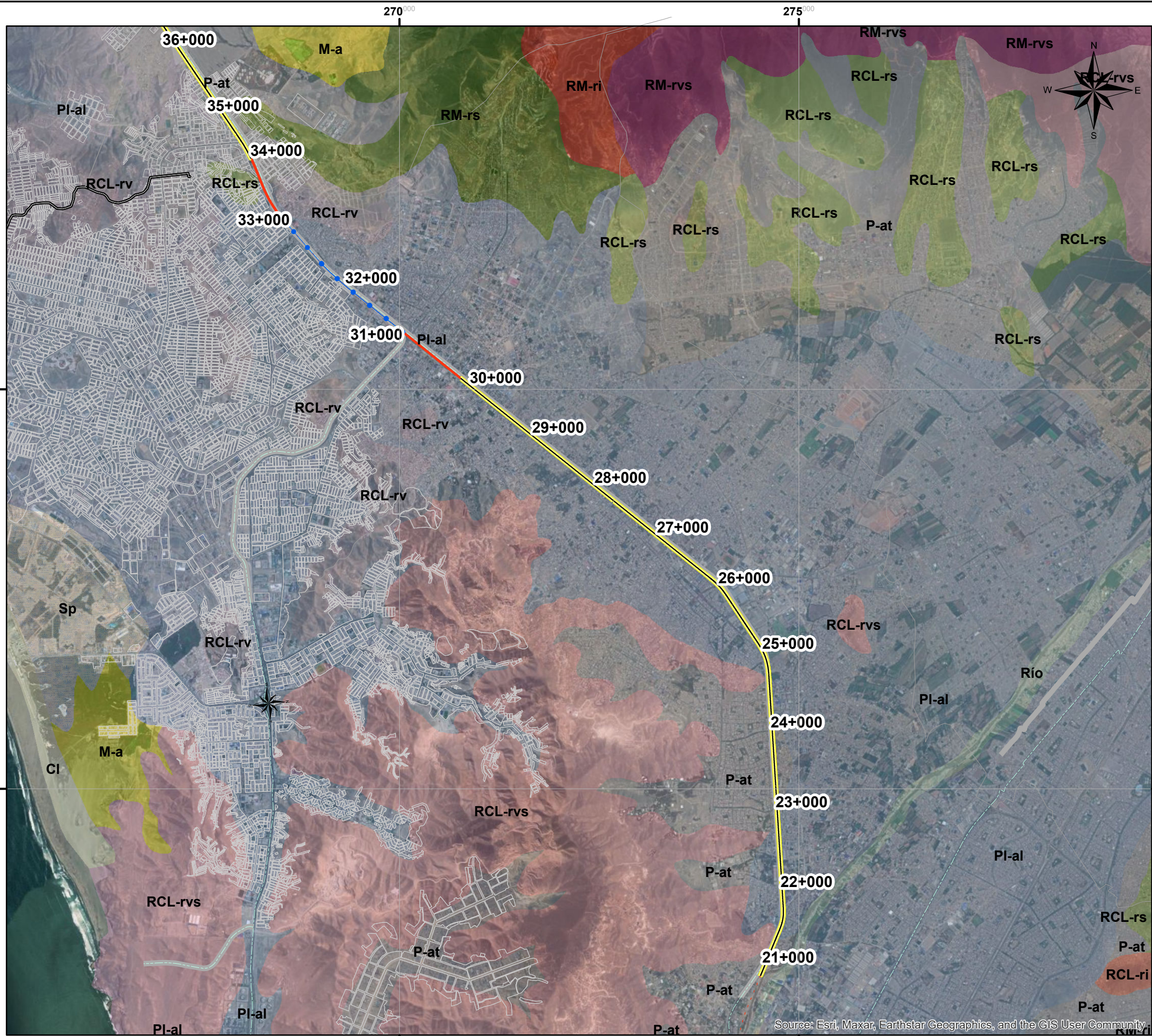
FACULTAD DE ING.CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA

Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia



Proyecto de Tesis: VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN FUNCIÓN DE PROFUNDIDAD Y LITOLOGÍA DE ROCAS ÍGNEAS EN LAS PROVINCIAS DE LIMA - BARRANCA, 2025

Plano: PLANO GEOMORFOLÓGICO (EJE PRINCIPAL)		
Escala de Trabajo: 1:25000	Fecha: Junio 2025	Revisor: Mgr. Ing. Michel Alex Miranda
Elaborado por: Brandon Nils Calderón Poma		N°: PGE-21





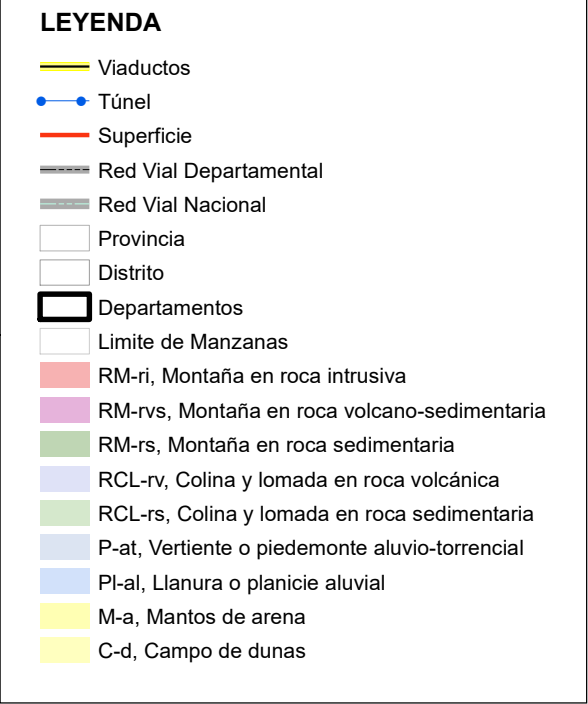
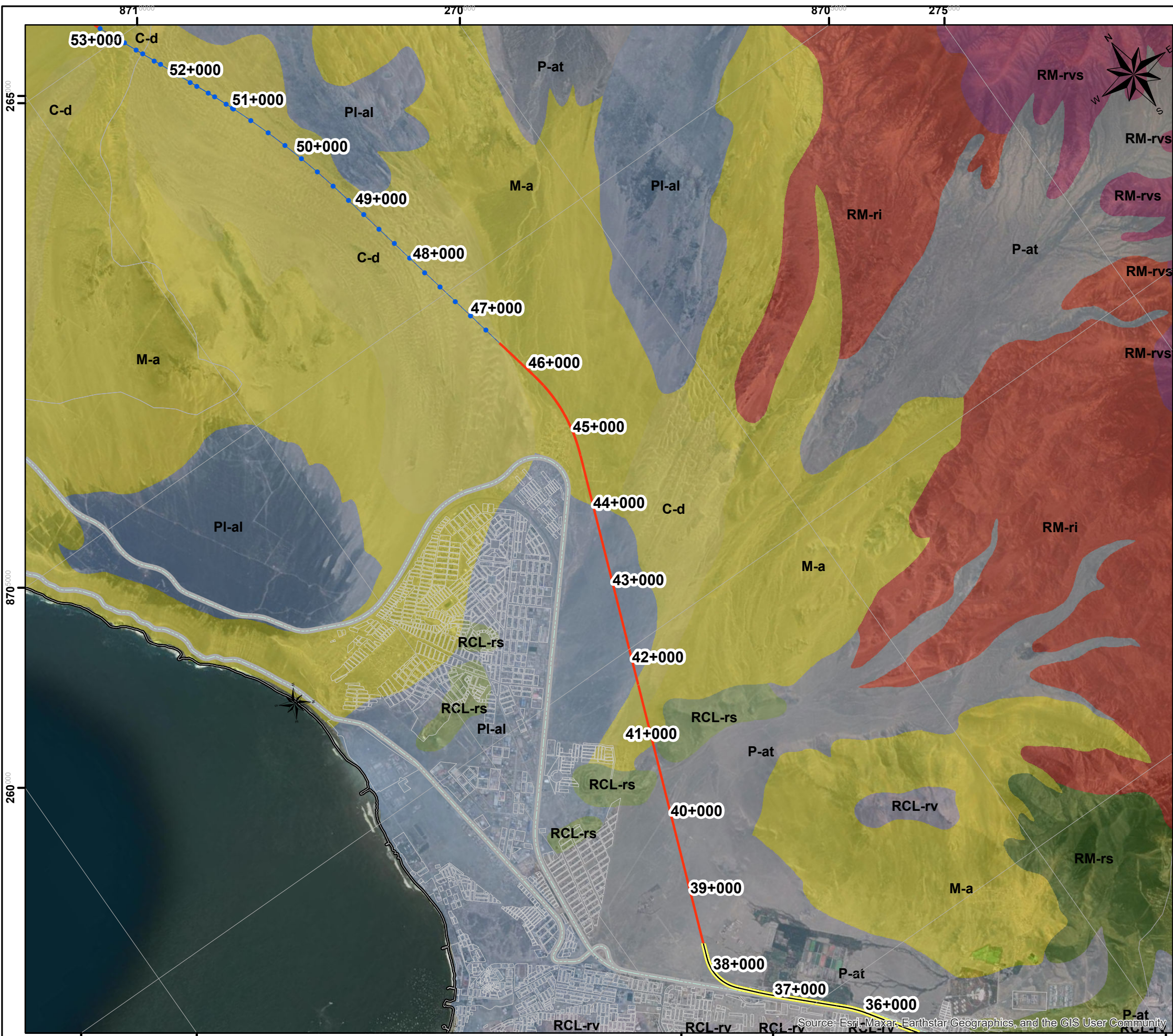
UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE ING.CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia



Proyecto de Tesis: VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN FUNCIÓN DE PROFUNDIDAD Y LITOLOGÍA DE ROCAS ÍGNEAS EN LAS PROVINCIAS DE LIMA - BARRANCA, 2025

Plano: PLANO GEOMORFOLÓGICO (EJE PRINCIPAL)

Escala de Trabajo: 1:25000	Fecha: Junio 2025	Revisor: Mgr. Ing. Michel Alex Miranda
Elaborado por: Brandon Nils Calderón Poma		N° : PGE-22





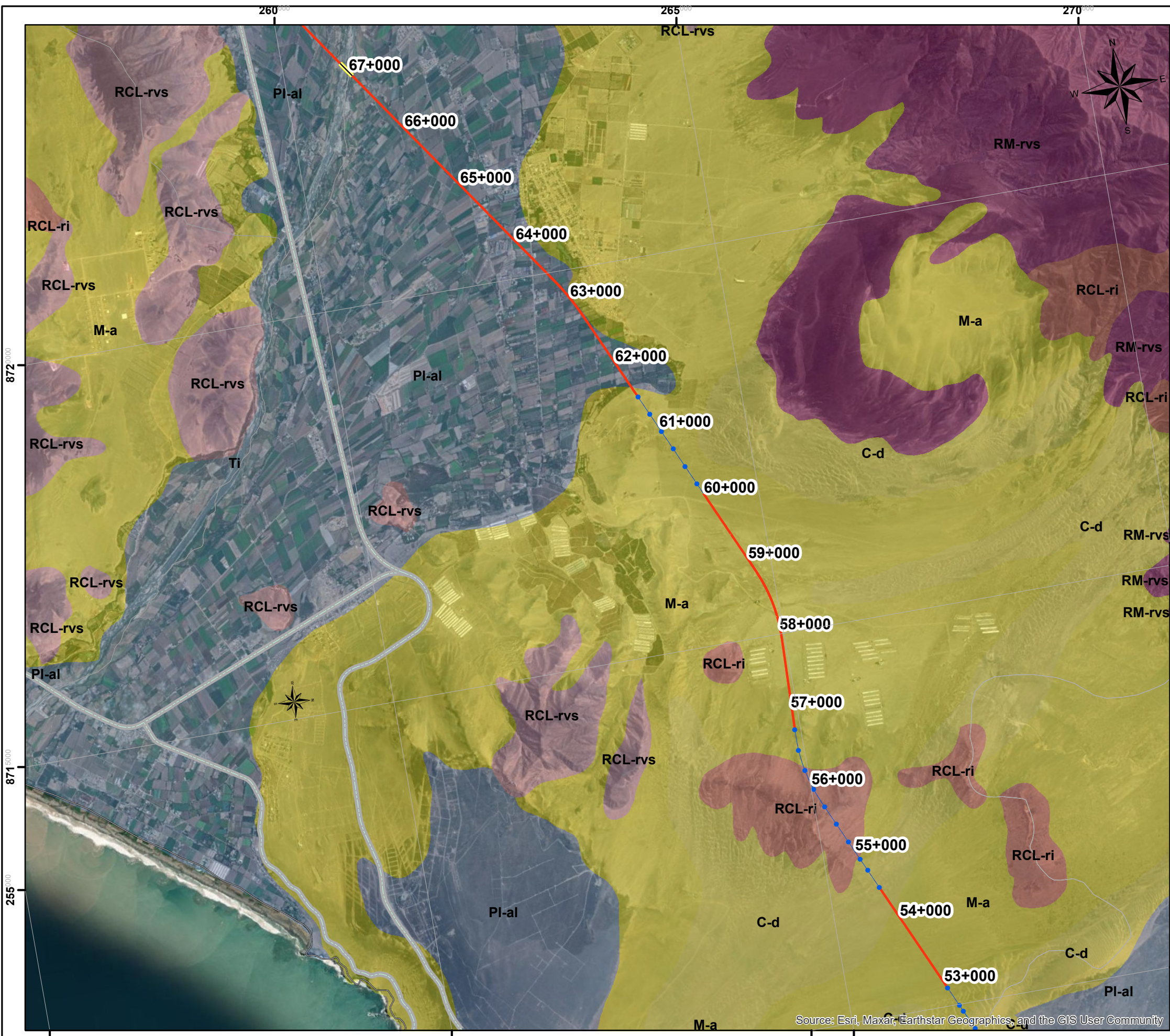
UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE ING.CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia



Proyecto de Tesis: VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN FUNCIÓN DE PROFUNDIDAD Y LITOLOGÍA DE ROCAS ÍGNEAS EN LAS PROVINCIAS DE LIMA - BARRANCA, 2025

Plano: PLANO GEOMORFOLÓGICO (EJE PRINCIPAL)

Escala de Trabajo: 1:25000	Fecha: Junio 2025	Revisor: Mgr. Ing. Michel Alex Miranda
Elaborado por: Brandon Nils Calderón Poma		N° : PGE-23



LEYENDA

- Viaductos
- Túnel
- Superficie
- Red Vial Departamental
- Red Vial Nacional
- Provincia
- Distrito
- Departamentos
- Limite de Manzanas
- RM-rvs, Montaña en roca volcano-sedimentaria
- RCL-ri, Colina y lomada en roca intrusiva
- RCL-rvs, Colina y lomada en roca volcano-sedimentaria
- PI-al, Llanura o planicie aluvial
- Ti, Terraza indiferenciada
- M-a, Mantos de arena
- C-d, Campo de dunas



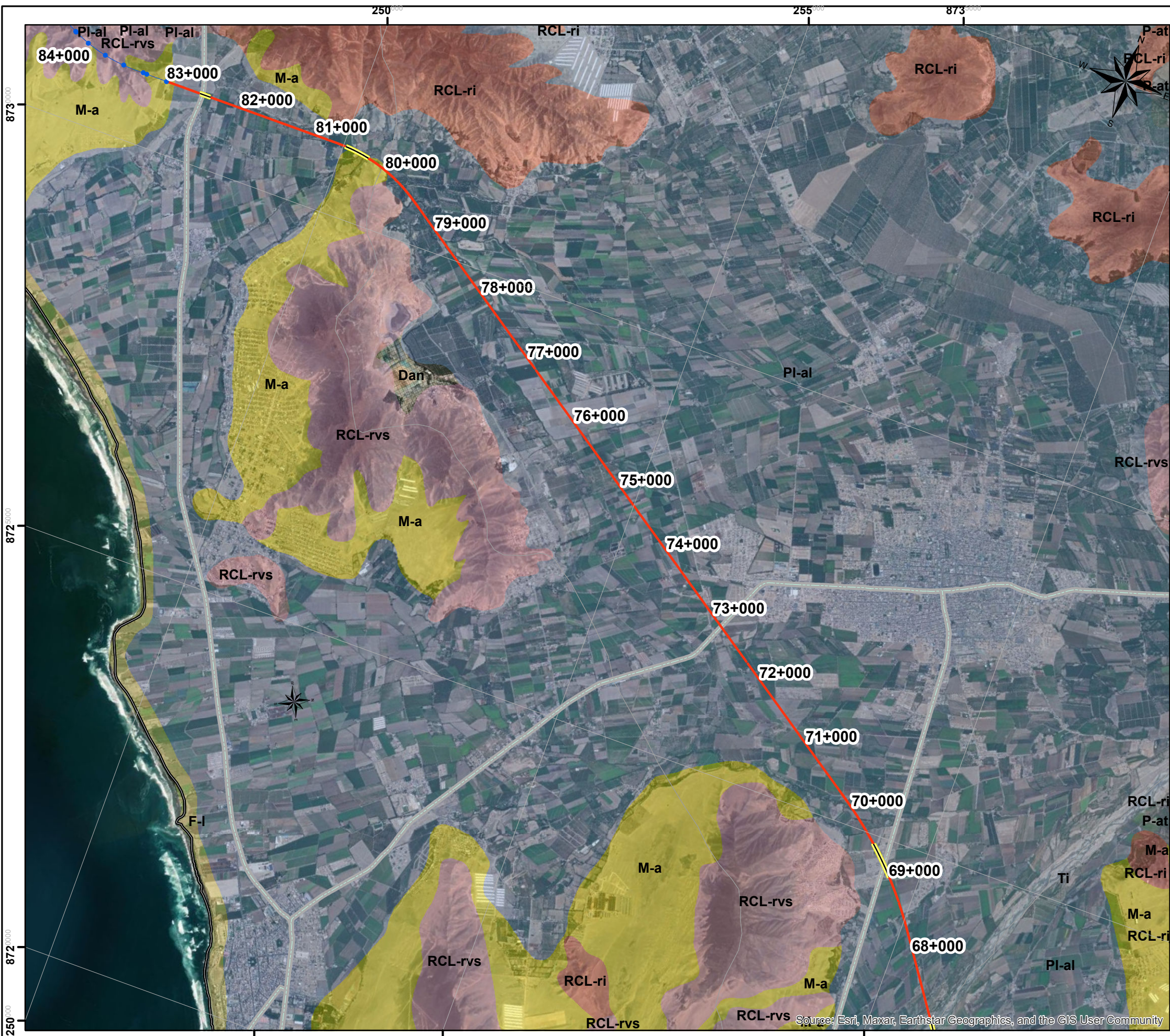
UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE ING.CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia



Proyecto de Tesis: VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN FUNCIÓN DE PROFUNDIDAD Y LITOLOGÍA DE ROCAS ÍGNEAS EN LAS PROVINCIAS DE LIMA - BARRANCA, 2025

Plano: PLANO GEOMORFOLÓGICO (EJE PRINCIPAL)

Escala de Trabajo: 1:25000	Fecha: Junio 2025	Revisor: Mgr. Ing. Michel Alex Miranda
Elaborado por: Brandon Nils Calderón Poma		N°: PGE-24



LEYENDA

- Viaductos
- Túnel
- Superficie
- Red Vial Departamental
- Red Vial Nacional
- Provincia
- Distrito
- Departamentos
- Limite de Manzanas
- RCL-ri, Colina y lomada en roca intrusiva
- RCL-rvs, Colina y lomada en roca volcano-sedimentaria
- P-at, Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial
- PI-al, Llanura o planicie aluvial
- Ti, Terraza indiferenciada
- M-a, Mantos de arena
- F-I, Faja litoral
- Dan, Depósito antrópico

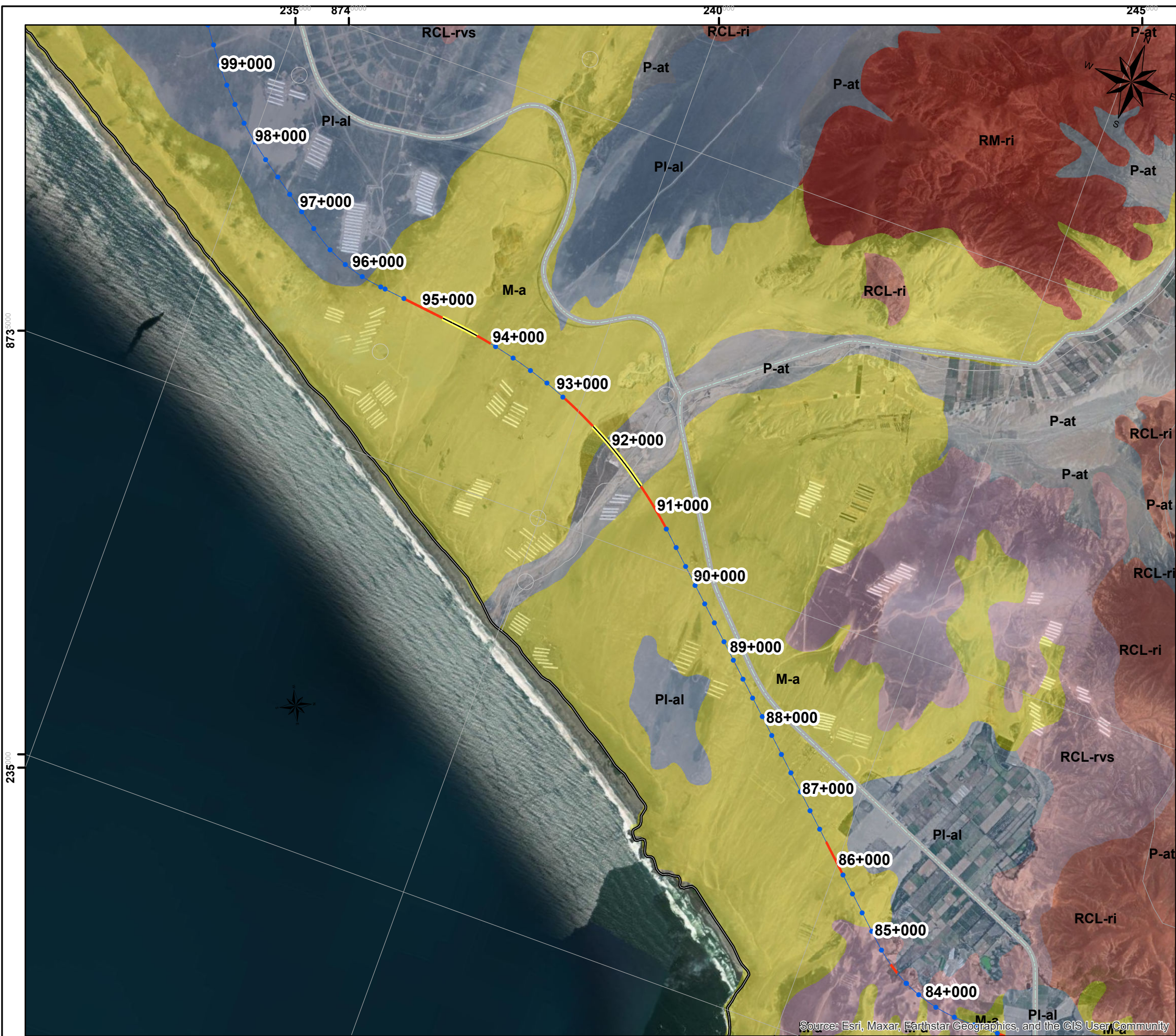


UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE ING.CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia



Proyecto de Tesis: VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN FUNCIÓN DE PROFUNDIDAD Y LITOLOGÍA DE ROCAS ÍGNEAS EN LAS PROVINCIAS DE LIMA - BARRANCA, 2025

Plano: PLANO GEOMORFOLÓGICO (EJE PRINCIPAL)		
Escala de Trabajo: 1:25000	Fecha: Junio 2025	Revisor: Mgr. Ing. Michel Alex Miranda
Elaborado por: Brandon Nils Calderón Poma		N° : PGE-25



LEYENDA

- Viaductos
- Túnel
- Superficie
- Red Vial Departamental
- Red Vial Nacional
- Provincia
- Distrito
- Departamentos
- Límite de Manzanas
- RM-ri, Montaña en roca intrusiva
- RCL-ri, Colina y lomada en roca intrusiva
- RCL-rvs, Colina y lomada en roca volcano-sedimentaria
- P-at, Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial
- PI-al, Llanura o planicie aluvial
- M-a, Mantos de arena



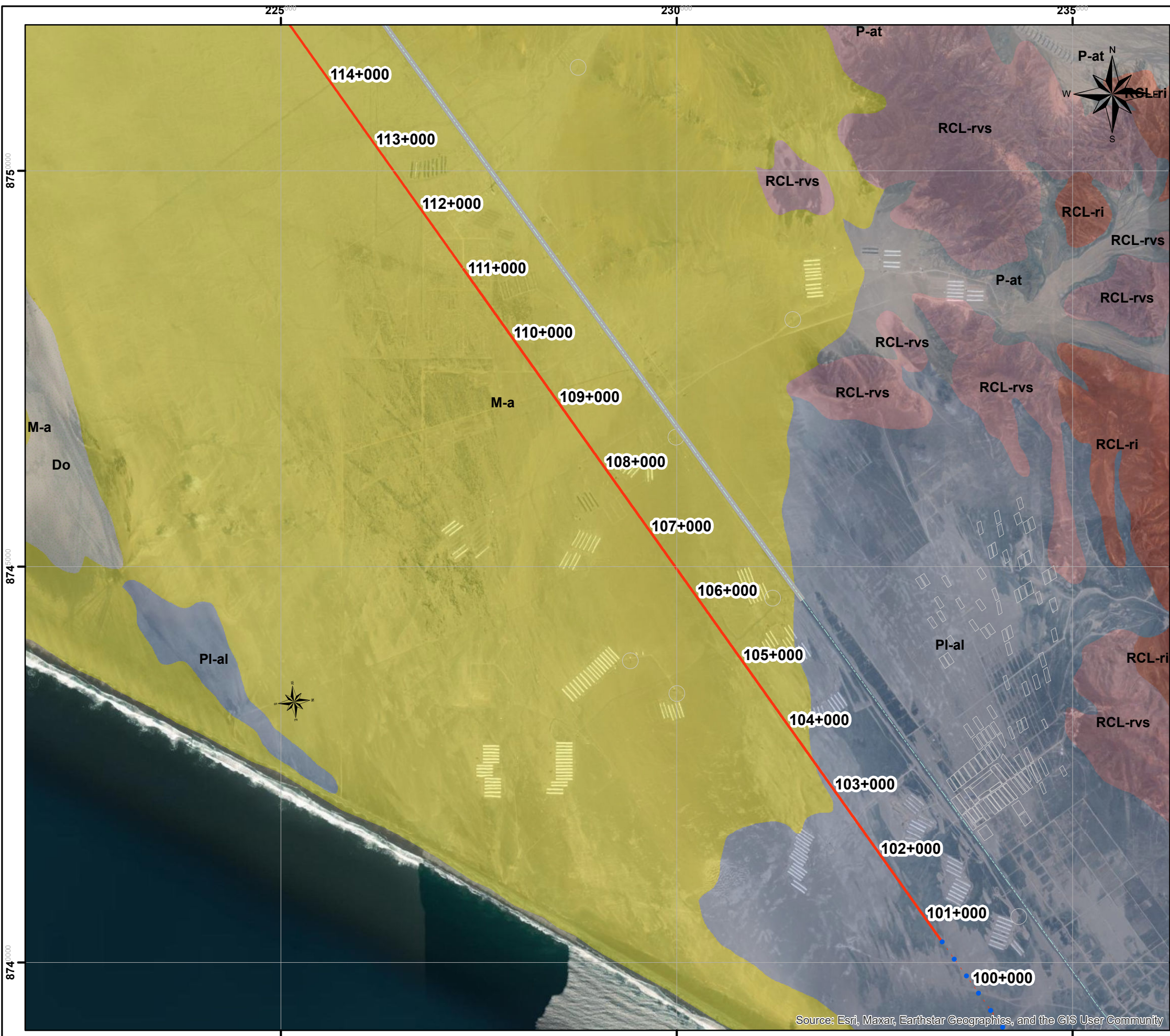
UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE ING.CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia



Proyecto de Tesis: VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN FUNCIÓN DE PROFUNDIDAD Y LITOLOGÍA DE ROCAS ÍGNEAS EN LAS PROVINCIAS DE LIMA - BARRANCA, 2025

Plano: PLANO GEOMORFOLÓGICO (EJE PRINCIPAL)

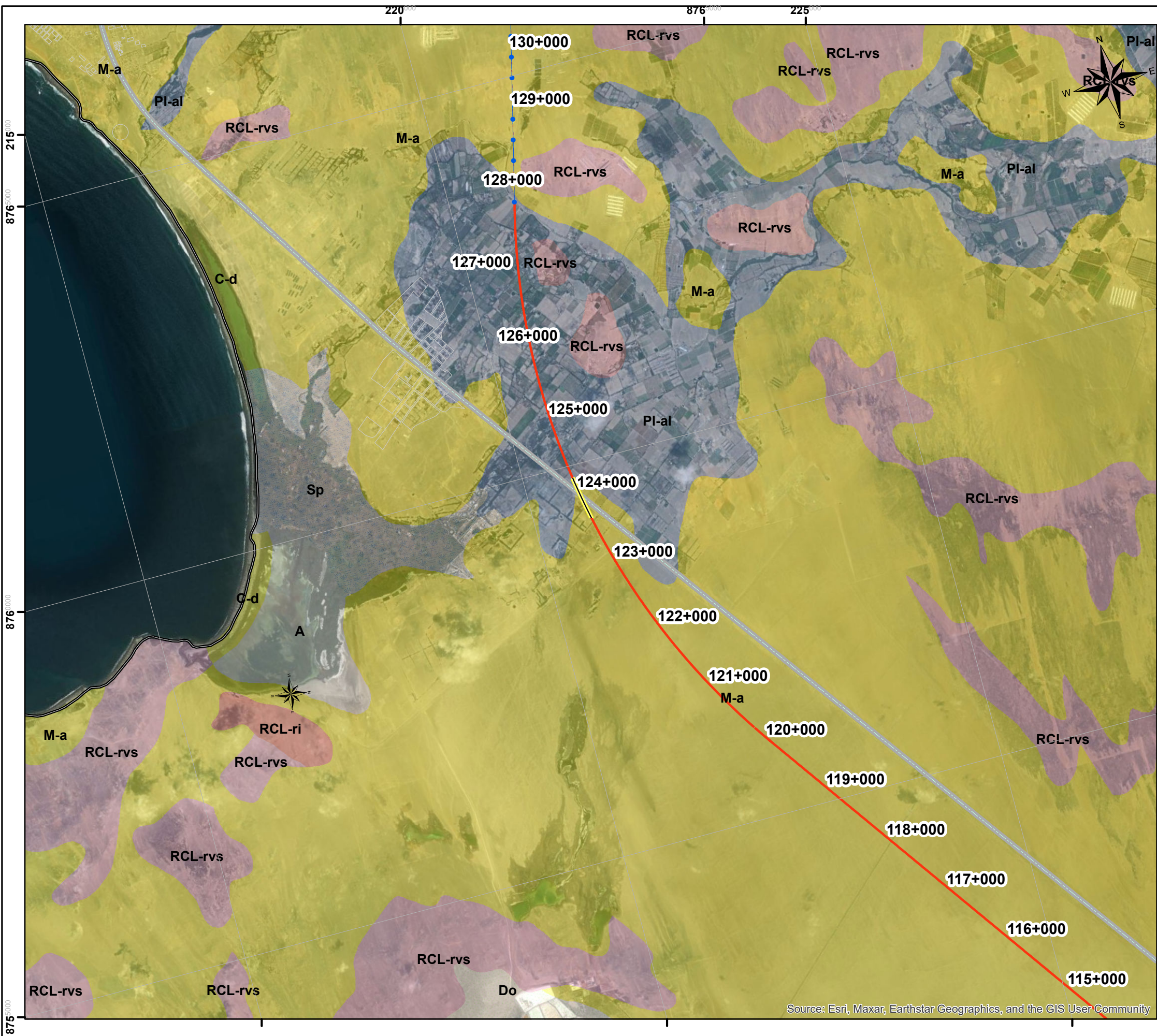
Escala de Trabajo: 1:25000	Fecha: Junio 2025	Revisor: Mgr. Ing. Michel Alex Miranda
Elaborado por: Brandon Nils Calderón Poma		N°: PGE-26



LEYENDA

- Viaductos
- Túnel
- Superficie
- Red Vial Departamental
- Red Vial Nacional
- Provincia
- Distrito
- Departamentos
- Limite de Manzanas
- RCL-ri, Colina y lomada en roca intrusiva
- RCL-rvs, Colina y lomada en roca volcano-sedimentaria
- Do, Domo de sal
- P-at, Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial
- PI-al, Llanura o planicie aluvial
- M-a, Mantos de arena

 UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE ING.CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia			
Proyecto de Tesis: VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN FUNCIÓN DE PROFUNDIDAD Y LITOLOGÍA DE ROCAS ÍGNEAS EN LAS PROVINCIAS DE LIMA - BARRANCA, 2025			
Plano: PLANO GEOMORFOLÓGICO (EJE PRINCIPAL)			
Escala de Trabajo: 1:25000	Fecha: Junio 2025	Revisor: Mgr. Ing. Michel Alex Miranda	
Elaborado por: Brandon Nils Calderón Poma		N°: PGE-27	



LEYENDA

- Viaductos
- Túnel
- Superficie
- Red Vial Departamental
- Red Vial Nacional
- Provincia
- Distrito
- Departamentos
- Limite de Manzanas
- RCL-ri, Colina y lomada en roca intrusiva
- RCL-rvs, Colina y lomada en roca volcano-sedimentaria
- Do, Domo de sal
- PI-al, Llanura o planicie aluvial
- Sp, Sistema de pantanos y aguajales
- M-a, Mantos de arena
- C-d, Campo de dunas
- A, Albufera

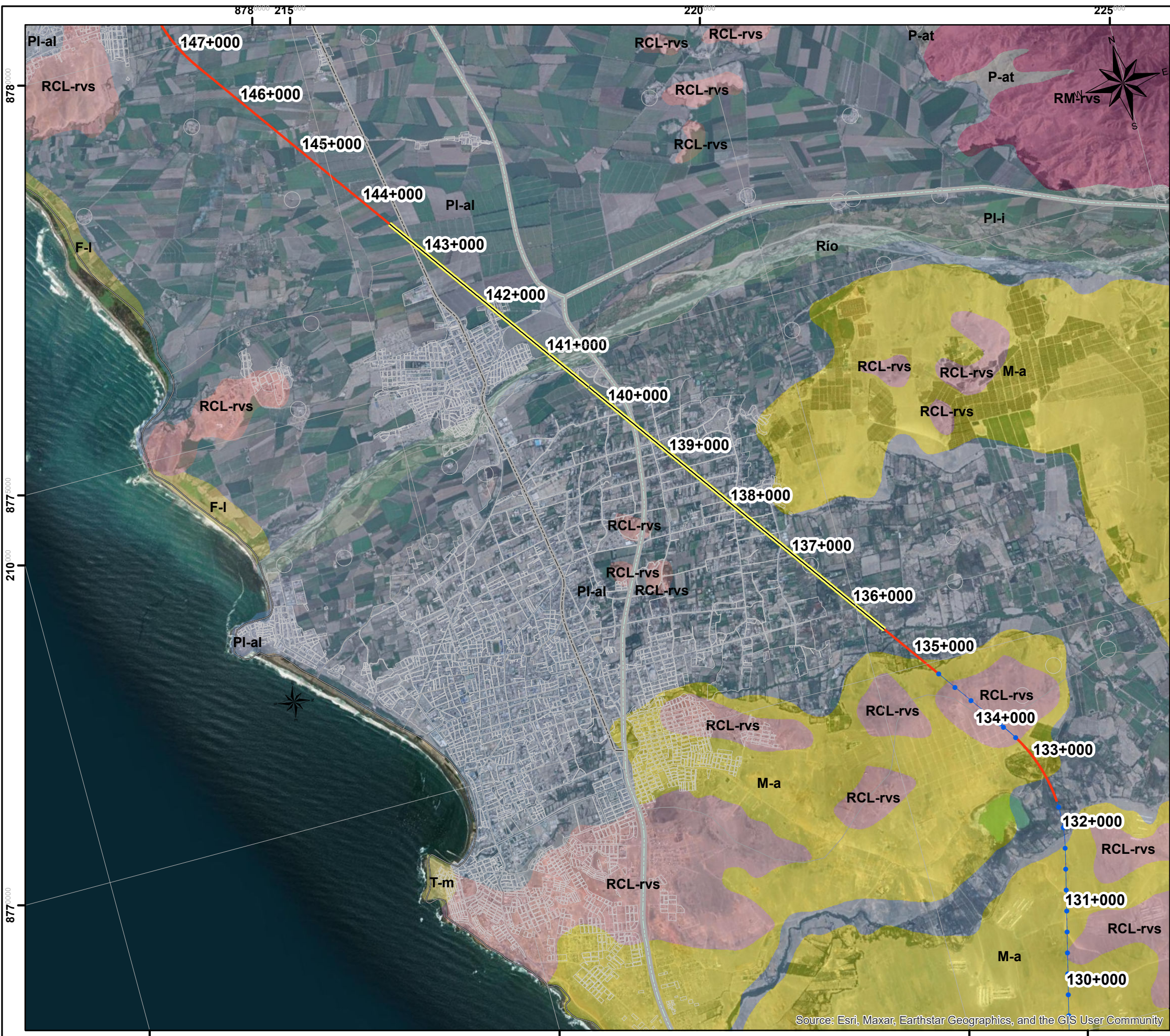


UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE ING.CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia



Proyecto de Tesis: VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN FUNCIÓN DE PROFUNDIDAD Y LITOLOGÍA DE ROCAS ÍGNEAS EN LAS PROVINCIAS DE LIMA - BARRANCA, 2025

Plano: PLANO GEOMORFOLÓGICO (EJE PRINCIPAL)		
Escala de Trabajo: 1:25000	Fecha: Junio 2025	Revisor: Mgr. Ing. Michel Alex Miranda
Elaborado por: Brandon Nils Calderón Poma		N° : PGE-28



LEYENDA

- Viaductos
- Túnel
- Superficie
- Red Vial Departamental
- Red Vial Nacional
- Provincia
- Distrito
- Departamentos
- Limite de Manzanas
- RM-rvs, Montaña en roca volcano-sedimentaria
- RCL-rvs, Colina y lomada en roca volcano-sedimentaria
- P-at, Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial
- PI-al, Llanura o planicie aluvial
- PI-i, Llanura o planicie inundable
- M-a, Mantos de arena
- T-m, Terraza marina
- Río, Cauce del río
- F-l, Faja litoral



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE ING.CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia



Proyecto de Tesis: VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN FUNCIÓN DE PROFUNDIDAD Y LITOLOGÍA DE ROCAS ÍGNEAS EN LAS PROVINCIAS DE LIMA - BARRANCA, 2025

Plano: PLANO GEOMORFOLÓGICO (EJE PRINCIPAL)

Escala de Trabajo: 1:25000	Fecha: Junio 2025	Revisor: Mgr. Ing. Michel Alex Miranda
Elaborado por: Brandon Nils Calderón Poma		N° : PGE-29



LEYENDA

- Viaductos
- Túnel
- Superficie
- Red Vial Departamental
- Red Vial Nacional
- Provincia
- Distrito
- Departamentos
- Limite de Manzanas
- RM-rvs, Montaña en roca volcano-sedimentaria
- RCL-rvs, Colina y lomada en roca volcano-sedimentaria
- PI-al, Llanura o planicie aluvial
- M-a, Mantos de arena
- CI, Cordón litoral
- A, Albufera

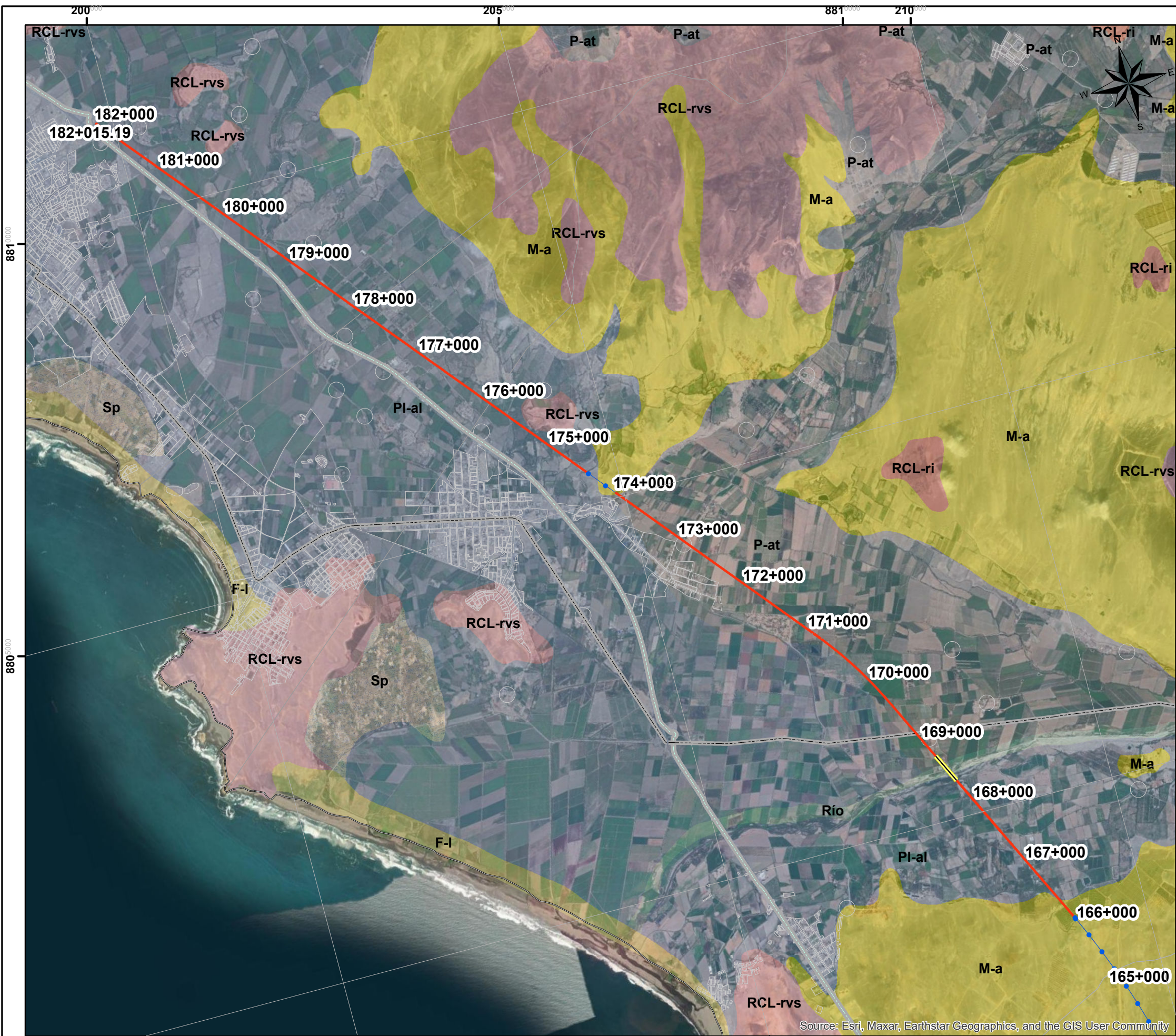


UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE ING.CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia



Proyecto de Tesis: VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN FUNCIÓN DE PROFUNDIDAD Y LITOLOGÍA DE ROCAS ÍGNEAS EN LAS PROVINCIAS DE LIMA - BARRANCA, 2025

Plano: PLANO GEOMORFOLÓGICO (EJE PRINCIPAL)		
Escala de Trabajo: 1:25000	Fecha: Junio 2025	Revisor: Mgr. Ing. Michel Alex Miranda
Elaborado por: Brandon Nils Calderón Poma		N° : PGE-30



LEYENDA

- Viaductos
- Túnel
- Superficie
- Red Vial Departamental
- Red Vial Nacional
- Provincia
- Distrito
- Departamentos
- Limite de Manzanas
- RCL-ri, Colina y lomada en roca intrusiva
- RCL-rvs, Colina y lomada en roca volcano-sedimentaria
- P-at, Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial
- PI-al, Llanura o planicie aluvial
- Sp, Sistema de pantanos y aguajales
- M-a, Mantos de arena
- Río, Cauce del río
- F-I, Faja litoral



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE ING.CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia

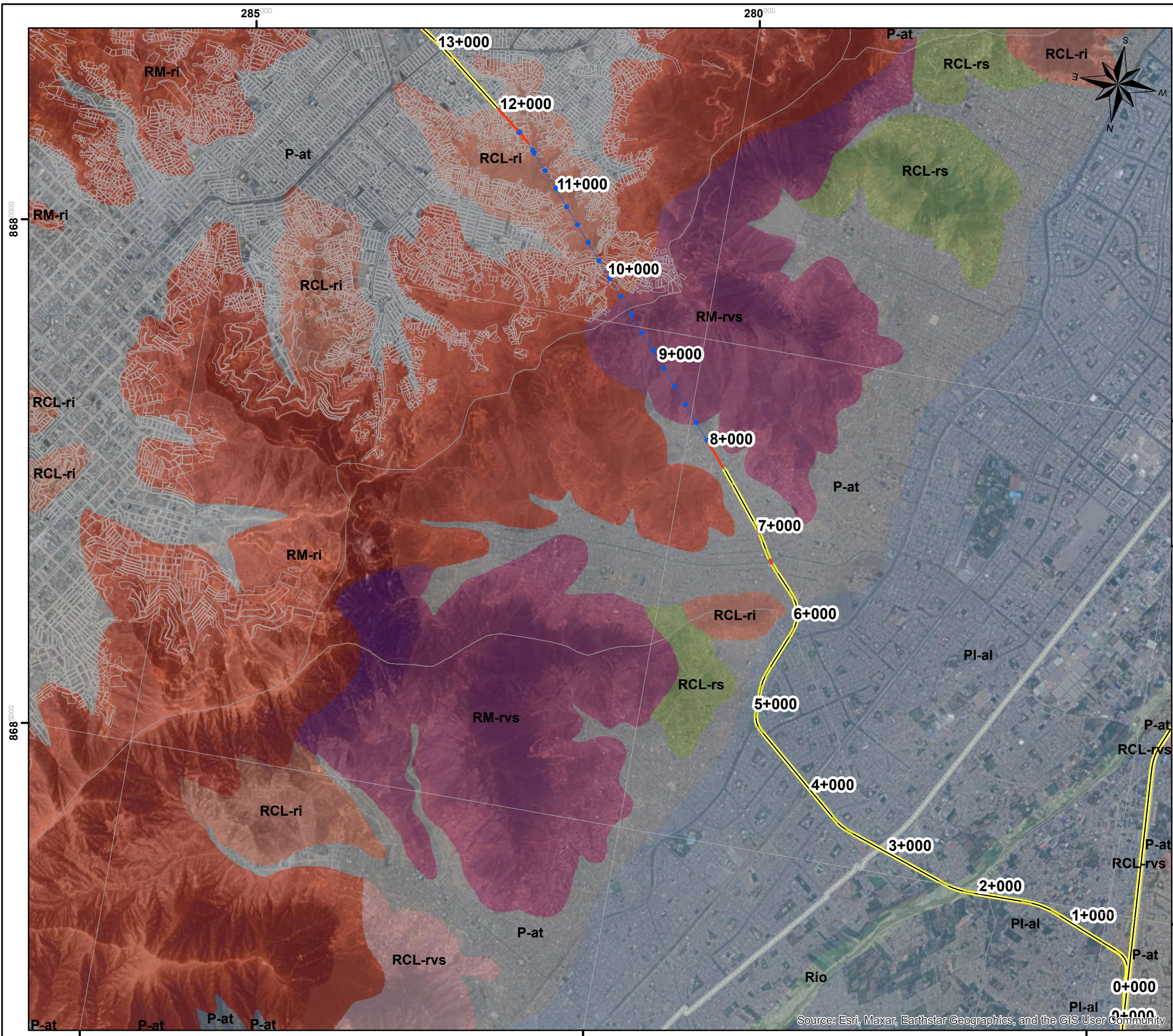


Proyecto de Tesis: VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN FUNCIÓN DE PROFUNDIDAD Y LITOLOGÍA DE ROCAS ÍGNEAS EN LAS PROVINCIAS DE LIMA - BARRANCA, 2025

Plano: PLANO GEOMORFOLÓGICO (EJE PRINCIPAL)

Escala de Trabajo: 1:25000	Fecha: Junio 2025	Revisor: Mgr. Ing. Michel Alex Miranda
Elaborado por: Brandon Nils Calderón Poma		N°: PGE-31

Source: Esri, Maxar, Earthstar Geographics, and the GIS User Community



LEYENDA

- Viaducto
- Túnel
- Superficie
- Red Vial Departamental
- Red Vial Nacional
- Provincia
- Distrito
- Departamentos
- Limite de Manzanas
- RM-ri, Montaña en roca intrusiva
- RM-rvs, Montaña en roca volcano-sedimentaria
- RCL-ri, Colina y lomada en roca intrusiva
- RCL-rvs, Colina y lomada en roca volcano-sedimentaria
- RCL-rs, Colina y lomada en roca sedimentaria
- P-at, Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial
- PI-al, Llanura o planicie aluvial
- Río, Cauce del río



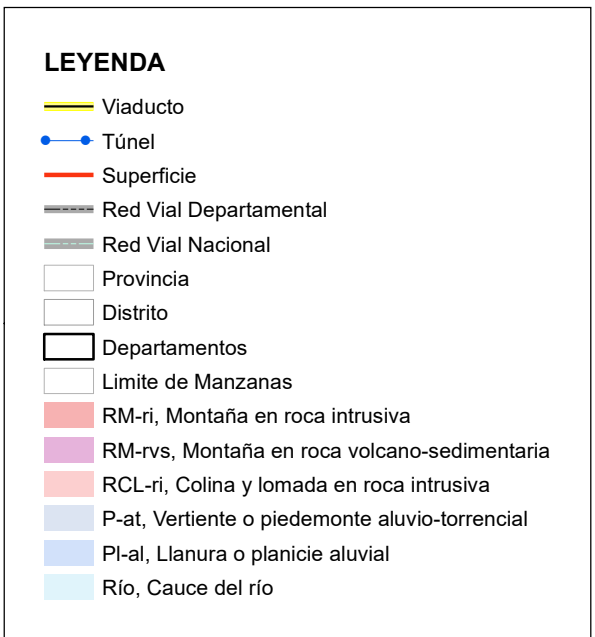
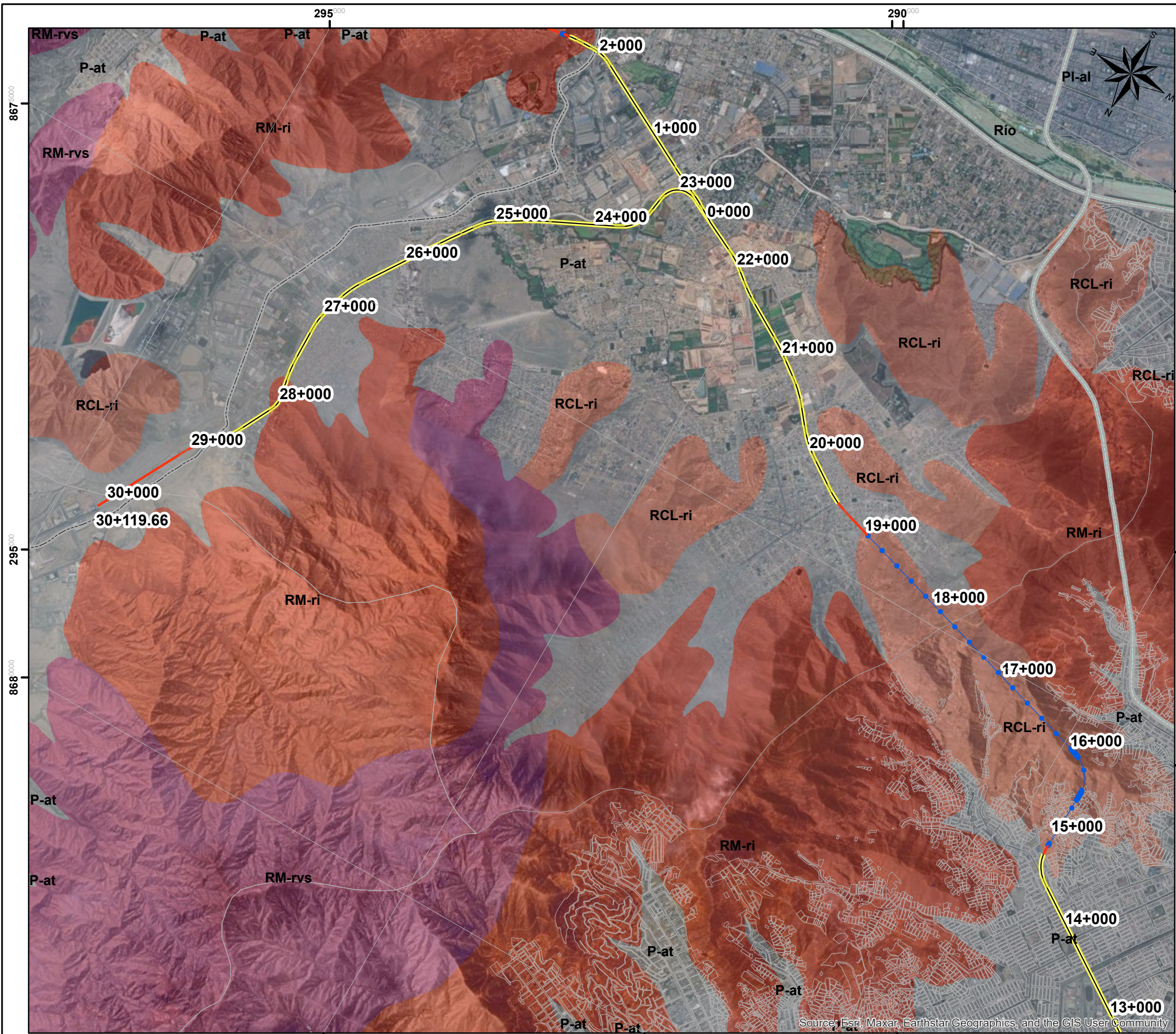
UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE ING.CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia



Proyecto de Tesis: VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN FUNCIÓN DE PROFUNDIDAD Y LITOLOGÍA DE ROCAS ÍGNEAS EN LAS PROVINCIAS DE LIMA - BARRANCA, 2025

Plano: PLANO GEOMORFOLÓGICO (EJE PRINCIPAL)

Escala de Trabajo: 1:25000	Fecha: Junio 2025	Revisor: Mgr. Ing. Michel Alex Miranda
Elaborado por: Brandon Nils Calderón Poma		N° : PGE-32



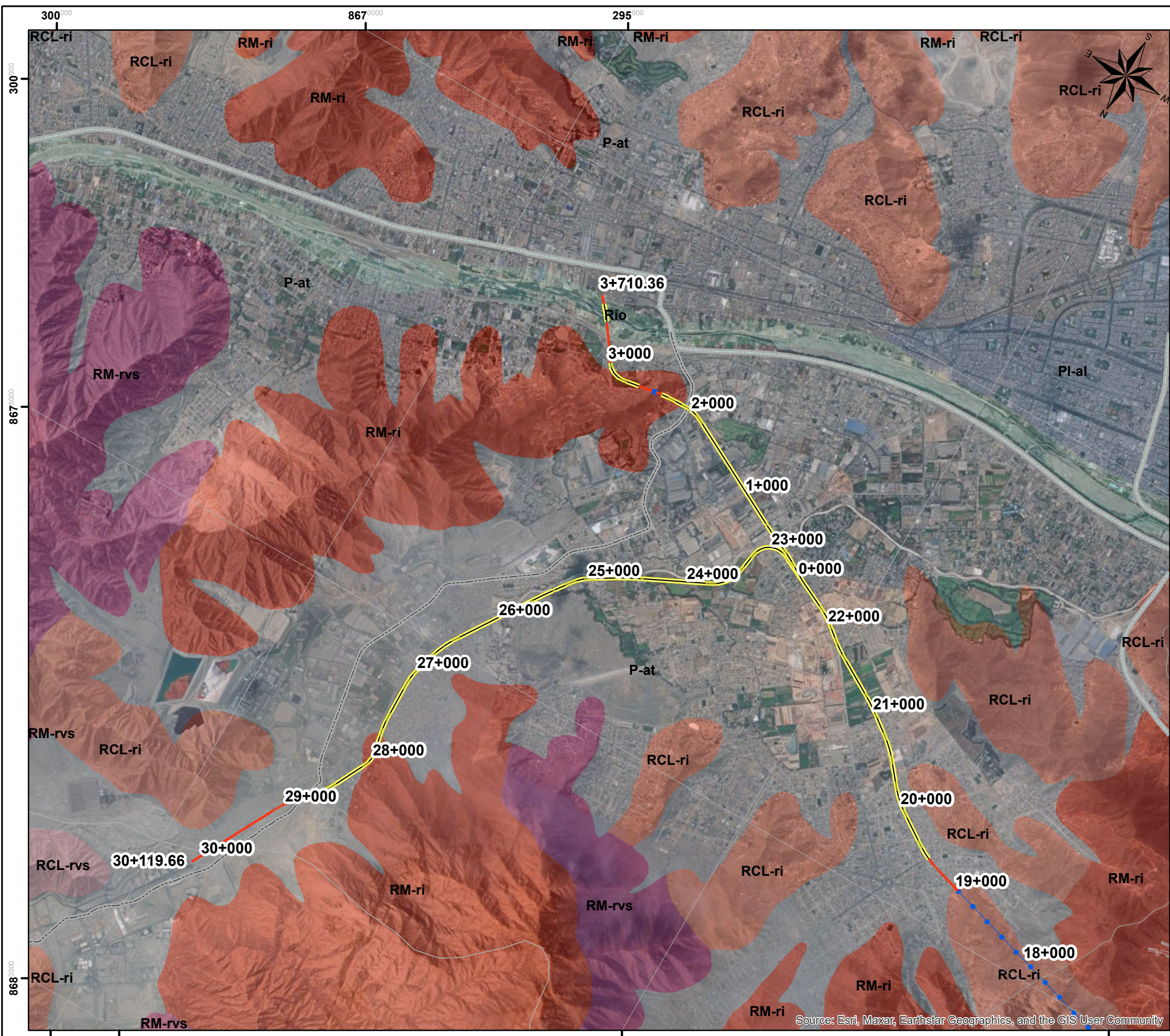


UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE ING.CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia



Proyecto de Tesis: VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN FUNCIÓN DE PROFUNDIDAD Y LITOLOGÍA DE ROCAS ÍGNEAS EN LAS PROVINCIAS DE LIMA - BARRANCA, 2025

Plano: PLANO GEOMORFOLÓGICO (EJE PRINCIPAL)		
Escala de Trabajo: 1:25000	Fecha: Junio 2025	Revisor: Mgr. Ing. Michel Alex Miranda
Elaborado por: Brandon Nils Calderón Poma		N° : PGE-33



LEYENDA

- Viaducto
- Túnel
- Superficie
- Red Vial Departamental
- Red Vial Nacional
- Provincia
- Distrito
- Departamentos
- Limite de Manzanas
- RM-ri, Montaña en roca intrusiva
- RM-rvs, Montaña en roca volcano-sedimentaria
- RCL-ri, Colina y lomada en roca intrusiva
- RCL-rvs, Colina y lomada en roca volcano-sedimentaria
- P-at, Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial
- PI-al, Llanura o planicie aluvial
- Río, Cauce del río

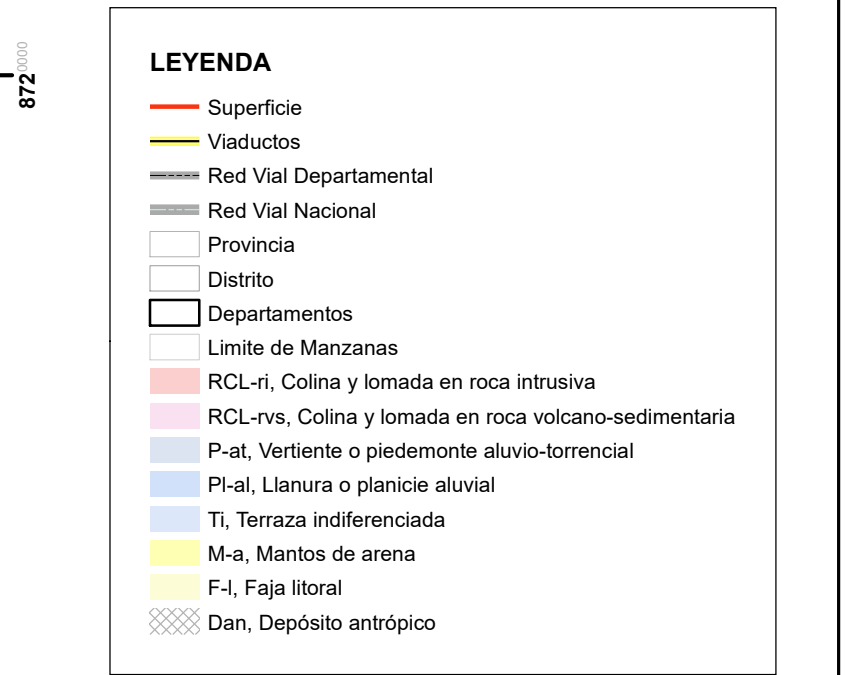
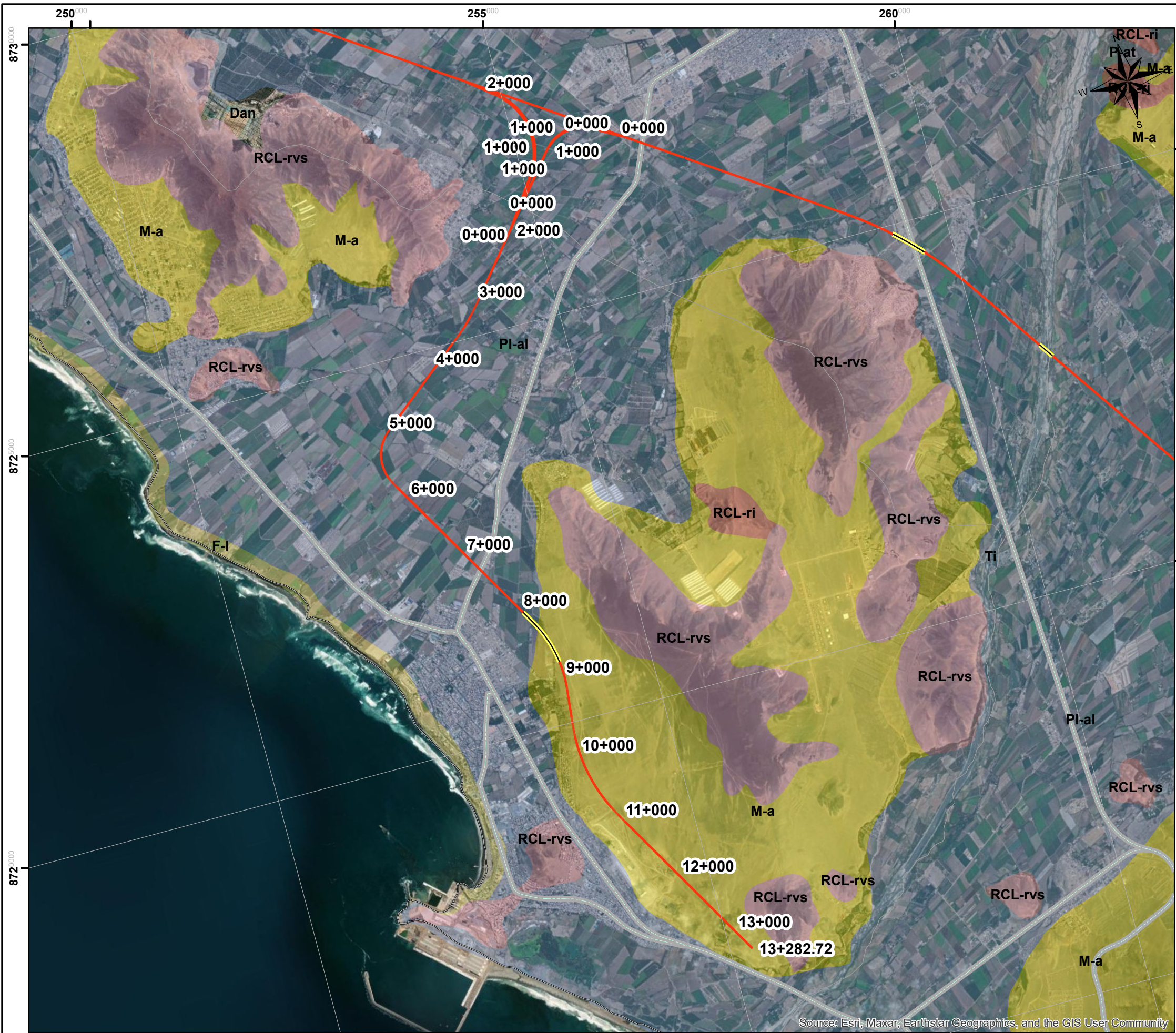


UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE ING.CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia



Proyecto de Tesis: VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN FUNCIÓN DE PROFUNDIDAD Y LITOLOGÍA DE ROCAS ÍGNEAS EN LAS PROVINCIAS DE LIMA - BARRANCA, 2025

Plano: PLANO GEOMORFOLÓGICO (EJE PRINCIPAL)		
Escala de Trabajo: 1:25000	Fecha: Junio 2025	Revisor: Mgr. Ing. Michel Alex Miranda
Elaborado por: Brandon Nils Calderón Poma		N° : PGE-34





UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

FACULTAD DE ING.CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA

Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia



Proyecto de Tesis: VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN FUNCIÓN DE PROFUNDIDAD Y LITOLOGÍA DE ROCAS ÍGNEAS EN LAS PROVINCIAS DE LIMA - BARRANCA, 2025

Plano: PLANO GEOMORFOLÓGICO (EJE PRINCIPAL)

Escala de Trabajo: 1:25000	Fecha: Junio 2025	Revisor: Mgr. Ing. Michel Alex Miranda
Elaborado por: Brandon Nils Calderón Poma		N° : PGE-35