

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN**

**Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia**

**Escuela Profesional de Ingeniería Geológica – Geotecnia**

**PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE  
AGREGANDO CAL EN LA ASOCIACIÓN JOSE OLAYA  
KM 0 + 000 AL KM 2 + 000 DEL DISTRITO YARADA  
LOS PALOS TACNA 2023**

**TESIS**

**Presentada por:**

**Bach. Michael Arnold Fuentes Villalobos**

**Para optar el Título Profesional de:**

**Ingeniero Geólogo - Geotécnico**

**TACNA – PERÚ**

**2025**

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN**

**Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia**

**Escuela Profesional de Ingeniería Geológica – Geotecnia**

**TESIS**

**“PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE AGREGANDO CAL EN LA ASOCIACIÓN JOSE OLAYA KM 0+000 AL KM 2+000 DEL DISTRITO YARADA LOS PALOS TACNA 2023”**

Presentado por el Bachiller Michael Arnold Fuentes Villalobos  
Para optar el título profesional de Ingeniero Geólogo – Geotécnico


Tesis sustentada y aprobada el día 05 de junio de 2025 (RF N°288-2025-FIAG/UNJBG)

Con el siguiente jurado:

**PRESIDENTE**

  
: .....  
Mgr. Ing. Fredy Cleto Cabrera Olivera

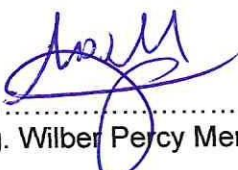
**SECRETARIO**

  
: .....  
M.Sc. Ing. Gina Macklina Chambi Tapahuasco

**VOCAL**

  
: .....  
Ing. Miguel Angel Banda Flores

**ASESOR**

  
: .....  
Mtro. Ing. Wilber Percy Mendoza Ramirez

**CERTIFICADO DE SIMILITUD**

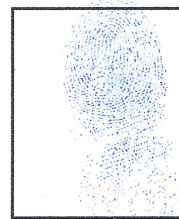
Yo, Mtro. Ing. WILBER PERCY MENDOZA RAMIREZ, en mi condición de ASESOR acreditado con Resolución de Facultad N° 777-2023-FIAG/UNJBG del 20 de noviembre del 2023, del Trabajo de Tesis titulado: **“PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE AGREGANDO CAL EN LA ASOCIACIÓN JOSE OLAYA KM 0+000 AL KM 2+000 DEL DISTRITO YARADA LOS PALOS TACNA 2023”**. Presentado por el Bach. **MICHAEL ARNOLD FUENTES VILLALOBOS**. Para optar el grado de título profesional de **INGENIERO GEÓLOGO-GEOTÉCNICO**.

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 **16 %**. Por lo que CERTIFICO LA SIMILARIDAD de la tesis y/o trabajo enunciado líneas arriba, la cual esta expedita para continuar con los trámites para optar el título profesional de **INGENIERO GEÓLOGO-GEOTÉCNICO**, según corresponda para su publicación en el Repositorio Institucional.

Tacna, 13 de agosto del 2025.

FIRMA ASESOR

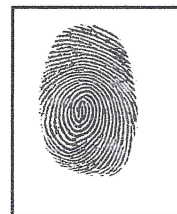
Mtro. Ing. Wilber Percy Mendoza Ramirez



Huella dactilar

FIRMA AUTOR

Bach. Michael Arnold Fuentes Villalobos



Huella dactilar

## **DEDICATORIA**

A Dios, por darme sabiduría necesaria para enfrentar los problemas.

A la memoria de mi Abuela Luisa Dávila de Fuentes, por su amor y apoyo incondicional de enseñarme a enfrentar la vida desde muy pequeño.

A mi madre, Alfonsa, por ser mi fortaleza de poder seguir adelante y nunca rendirme.

A mis hermanos, Christopher y Angela, por su comprensión y por nunca dejarme solo.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi alma mater, la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Facultad de Ingeniería civil, Arquitectura y Geotecnia, Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia, sus docentes universitarios, por guiarme en mi formación profesional.

A la Municipalidad Yarada – Los Palos, por las facilidades para el desarrollo de la presente tesis, un agradecimiento especial al Ingeniero Francisco Ramos Flores, inspector de la entidad anteriormente mencionada, por la amistad y por compartir sus experiencias.

A mi asesor, Ing. Wilber Mendoza Ramírez, por compartir sus conocimientos. Le expreso mi gratitud por su orientación experta y acompañamiento constante a lo largo de todo el proceso investigativo, desde sus etapas iniciales hasta su culminación.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
ÍNDICE GENRAL.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT .....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	xix
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.1 Descripción del problema .....	1
1.2 Formulación del problema .....	2
1.2.1 Interrogante principal.....	2
1.2.2 Interrogantes específicas.....	2
1.3 Justificación e importancia.....	3
1.4 Alcances y limitaciones.....	4
1.5 Objetivos4	
1.5.1 Objetivo general .....	4
1.5.2 Objetivos específicos.....	4
1.6 Hipótesis .....	5
1.6.1 Hipótesis general.....	5
1.6.2 Hipótesis específicas.....	5

CAPTÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	6
2.1 Antecedentes de estudio .....	6
2.2 Propiedades geotécnicas.....	10
2.2.1 Contenido de humedad ASTM 2216 (MTC E 108) .....	10
2.2.2 Análisis granulométrico por tamizado ASTM D 422 (MTC E 107).....	10
2.2.3 Límite líquido ASTM D 423 (MTC E 110).....	10
2.2.4 Límite plástico ASTM D 424 (MTC E 111) .....	11
2.2.5 Densidad natural ASTM D 1556 .....	12
2.2.6 Densidad máxima – Proctor modificado ASTM D 1557 (MTC E 115).....	12
2.2.7 Clasificación del suelo SUCS ASTM D 2487 .....	12
2.2.8 Clasificación del suelo AASHTO ASTM D 3282 .....	13
2.2.9 Ensayo de CBR MTC E 132 – ASTM D 1883 – AASHTO T 193 .....	15
2.3 Sub rasante .....	16
2.4 Estabilización de subrasante .....	17
2.5 Propiedades de las subrasantes estabilizadas .....	17
2.6 Cal .....	19
2.7 Proceso productivo de la cal.....	19
2.7.1 Extracción .....	19
2.7.2 Trituración .....	20
2.7.3 Calcinación.....	20

2.7.4	Cribado.....	20
2.7.5	Trituración y pulverización.....	20
2.8	Tipos de cal .....	22
2.8.1	Cal viva .....	22
2.8.2	Cal apagada.....	22
2.8.3	Cal hidratada.....	22
2.8.4	Cal hidráulica hidratada.....	23
2.8.5	Cal hidratada – al alto calcio.....	24
2.8.6	Cal Dolomítica.....	24
2.9	Pavimento.....	24
2.9.1	Pavimento flexible .....	24
2.10	Estudio del tráfico .....	25
2.10.1	Volumen de tránsito.....	26
2.10.2	Índice medio diario (IMD) .....	26
2.10.3	Pesos y medidas máximas permitidas.....	26
2.10.4	Periodo de diseño .....	28
2.10.5	Carril de diseño .....	29
2.10.6	Cálculo de tasa de crecimiento y proyección.....	31
2.10.7	Estimación de ESAL.....	31
2.10.8	Factores de crecimiento acumulado (Fca).....	31
2.11	Metodología AASHTO 93 .....	33
2.11.1	Procedimiento de diseño .....	33
2.11.2	Criterios de comportamiento.....	34

2.11.3	Propiedades de los materiales .....	35
2.11.4	Características estructurales del pavimento .....	35
2.11.5	Diseño estructural del pavimento.....	36
CAPÍTULO III: MARCO GEOLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO .....		42
3.1	Geología .....	42
3.1.1	Deposito aluvial 1 (Q al 1) .....	42
3.2	Geomorfología .....	43
3.2.1	Unidad de piedemonte .....	43
3.2.2	Unidad de terrazas .....	44
3.3	Geología estructural .....	45
3.3.1	Sistemas de fallas NE - SO .....	45
3.3.2	Lineamiento Caplina.....	46
CAPÍTULO IV: MARCO METODOLÓGICO .....		47
3.1	Tipo y diseño de la investigación .....	47
3.1.1	Tipo de investigación.....	47
3.1.2	Diseño de la investigación.....	47
3.1	Población y/o muestra de estudio .....	47
4.2.1	Población .....	47
4.2.2	Muestra .....	48
4.2.3	Variable independiente.....	49
4.2.4	Variable dependiente.....	49
4.3	Técnicas e instrumentos para la recolección de datos .....	52
4.3.1	Recolección de datos .....	52

4.3.2	Técnicas.....	52
4.3.3	Instrumentos y equipos .....	52
4.4	Procesamiento y análisis de datos.....	53
CAPÍTULO V: ESTUDIO DE LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUB RASANTE.....		55
5.1	Aspectos generales .....	55
5.1.1	Ubicación .....	55
5.1.2	Accesibilidad .....	56
5.1.3	Clima.....	56
5.1.4	Relieve y altitud.....	57
5.2	Estudio geotécnico de la subrasante .....	58
5.2.1	Procesamiento y análisis en laboratorio .....	59
5.2.2	Procesamiento y gabinete .....	59
5.3	Estabilización de la subrasante agregando cal .....	59
5.3.1	Procedimiento del método de Eades y Grim.....	60
5.4	Análisis geotécnico de la subrasante estabilizada .....	62
5.4.1	Procesamiento y análisis en laboratorio .....	62
5.4.2	Procesamiento y gabinete .....	63
5.5	Estudio del tráfico .....	63
5.5.1	Trabajo de campo .....	63
5.5.2	Trabajo de gabinete.....	63
5.5.3	Análisis de la información y obtención de resultados.....	63
5.5.4	Cronograma de conteos .....	64
5.5.5	Metodología para hallar el promedio diario anual (IMDA) .....	64

5.5.6	Puntos de aforo considerado.....	67
5.6	Método ASSHTO .....	68
5.6.1	Análisis de tráfico .....	68
5.6.2	Cálculo de IMDA .....	69
5.6.3	Metodología de cálculo de ESAL.....	70
5.6.4	Cálculo de CBR de diseño.....	72
5.6.5	Confiabilidad.....	74
5.6.6	Coefficiente estadístico de desviación estándar normal (ZR) ..	75
5.6.7	Desviación estándar combinada (So) .....	76
5.6.8	Índice de serviciabilidad .....	77
5.6.9	Coefficiente de drenaje.....	79
5.6.10	Periodo de diseño .....	80
5.6.11	Número estructural requerido (SNR) .....	80
CAPÍTULO VI: RESULTADOS .....		84
6.1	Resultados del primer objetivo.....	84
6.1.1	Contenido de Humedad.....	84
6.1.2	Análisis granulométrico .....	85
6.1.3	Límites de Atterberg .....	89
6.1.4	Compactación de suelos .....	92
6.1.5	Ensayo de relación de soporte de California (CBR) .....	94
6.1.6	Ensayos químicos del suelo .....	99
6.2	Resultados del segundo objetivo .....	102
6.2.1	Estabilización de la subrasante.....	102

6.2.2	Contenido de humedad .....	103
6.2.3	Análisis granulométrico .....	105
6.2.4	Límites de Atterberg .....	108
6.2.5	Compactación de suelos .....	111
6.2.6	Ensayo de relación de soporte de California CBR.....	114
6.2.7	Ensayos químicos del suelo.....	120
6.3	Resumen de propiedades físicas y químicas de C- 01.....	121
6.4	Resumen de propiedades físicas y químicas de C- 02.....	122
6.5	Resultados del tercer objetivo .....	123
6.5.1	Resultados de diseño del pavimento flexible.....	123
CONCLUSIONES.....		125
RECOMENDACIONES.....		127
BIBLIOGRAFÍA.....		128
ANEXOS .....		131

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Producción de cal</i> .....	21
<b>Figura 2</b> <i>Descripción gráfica de autobuses</i> .....	27
<b>Figura 3</b> <i>Descripción gráfica de camiones</i> .....	28
<b>Figura 4</b> <i>Gráfica para hallar a1</i> .....	38
<b>Figura 5</b> <i>Variación del coeficiente a2</i> .....	39
<b>Figura 6</b> <i>Variación del coeficiente a3</i> .....	40
<b>Figura 7</b> <i>Nomograma de diseño</i> .....	41
<b>Figura 8</b> <i>Ubicación</i> .....	55
<b>Figura 9</b> <i>Calicata 01 y 02</i> .....	58
<b>Figura 10</b> <i>Cálculo del % CAL</i> .....	62
<b>Figura 11</b> <i>Ubicación de E - 01</i> .....	67
<b>Figura 12</b> <i>Correlación CBR y Mr</i> .....	73
<b>Figura 13</b> <i>Coeficiente estructural carpeta asfáltica</i> .....	81
<b>Figura 14</b> <i>Coeficiente de base granular</i> .....	82
<b>Figura 15</b> <i>Coeficiente de subbase granular</i> .....	83
<b>Figura 16</b> <i>Contenido de humedad C – 01</i> .....	84
<b>Figura 17</b> <i>Contenido de humedad C - 02</i> .....	85
<b>Figura 18</b> <i>Granulometría C – 01</i> .....	86
<b>Figura 19</b> <i>Granulometría C - 02</i> .....	87
<b>Figura 20</b> <i>Límite líquido C - 01</i> .....	89
<b>Figura 21</b> <i>Límite líquido C- 02</i> .....	90
<b>Figura 22</b> <i>Compactación C- 01</i> .....	92

<b>Figura 23</b> <i>Compactación C – 02</i> .....	93
<b>Figura 24</b> <i>Ensayo CBR C – 01</i> .....	95
<b>Figura 25</b> <i>Gráfica CBR C – 01</i> .....	96
<b>Figura 26</b> <i>Ensayo CBR C - 02</i> .....	97
<b>Figura 27</b> <i>Gráfica CBR C – 02</i> .....	98
<b>Figura 28</b> <i>Análisis químico C – 01</i> .....	100
<b>Figura 29</b> <i>Análisis químico C – 02</i> .....	101
<b>Figura 30</b> <i>Gráfica % CAL vs PH</i> .....	103
<b>Figura 31</b> <i>Contenido de humedad C – 01</i> .....	104
<b>Figura 32</b> <i>Contenido de humedad C – 02</i> .....	105
<b>Figura 33</b> <i>Granulometría C – 01</i> .....	106
<b>Figura 34</b> <i>Granulometría C – 02</i> .....	107
<b>Figura 35</b> <i>Límite líquido C - 01</i> .....	109
<b>Figura 36</b> <i>Límite líquido C – 02</i> .....	110
<b>Figura 37</b> <i>Compactación C – 01</i> .....	112
<b>Figura 38</b> <i>Compactación C – 02</i> .....	113
<b>Figura 39</b> <i>CBR C – 01</i> .....	115
<b>Figura 40</b> <i>Gráfica CBR C – 01</i> .....	116
<b>Figura 41</b> <i>CBR C – 02</i> .....	117
<b>Figura 42</b> <i>Gráfica CBR C - 02</i> .....	118
<b>Figura 43</b> <i>Análisis químico C - 01</i> .....	120
<b>Figura 44</b> <i>Análisis químico C - 02</i> .....	121

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Parámetros de plasticidad</i> .....	11
<b>Tabla 2</b> <i>Categorías principales AASTHO</i> .....	14
<b>Tabla 3</b> <i>Categorías de subrasante</i> .....	16
<b>Tabla 4</b> <i>Ubicación de estación 01</i> .....	25
<b>Tabla 5</b> <i>Recomendaciones de la AASTHO</i> .....	29
<b>Tabla 6</b> <i>ESAL (Equivalent Single axle load)</i> .....	30
<b>Tabla 7</b> <i>Factores de distribución y de carril</i> .....	30
<b>Tabla 8</b> <i>Factores de distribución direccional y de carril (Fca)</i> .....	32
<b>Tabla 9</b> <i>Niveles de confiabilidad para las diferentes carreteras</i> .....	34
<b>Tabla 10</b> <i>Calidad de drenaje y sub base</i> .....	35
<b>Tabla 11</b> <i>Valores de (mi) recomendados</i> .....	36
<b>Tabla 12</b> <i>Coordenadas de zona de estudio</i> .....	48
<b>Tabla 13</b> <i>Operacionalización de variables</i> .....	50
<b>Tabla 14</b> <i>Factor de corrección estacional</i> .....	66
<b>Tabla 15</b> <i>Ubicación de puntos de aforo</i> .....	67
<b>Tabla 16</b> <i>Identificación del tramo de estudio</i> .....	69
<b>Tabla 17</b> <i>Conteo vehicular</i> .....	69
<b>Tabla 18</b> <i>Cálculo de ESAL</i> .....	71
<b>Tabla 19</b> <i>CBR estabilizado</i> . .....	72
<b>Tabla 20</b> <i>Categorías de subrasantes</i> .....	72
<b>Tabla 21</b> <i>Módulo de resiliente</i> .....	74
<b>Tabla 22</b> <i>Nivel de confiabilidad</i> .....	75

<b>Tabla 23</b> <i>Desviación estándar normal</i> .....	76
<b>Tabla 24</b> <i>Serviciabilidad inicial (Pi)</i> .....	78
<b>Tabla 25</b> <i>Serviciabilidad final</i> .....	78
<b>Tabla 26</b> <i>Variación de serviciabilidad</i> .....	79
<b>Tabla 27</b> <i>Coeficiente de drenaje</i> .....	80
<b>Tabla 28</b> <i>Porcentaje total</i> .....	102
<b>Tabla 29</b> <i>Resumen calicata 01</i> .....	122
<b>Tabla 30</b> <i>Resumen calicata 02</i> .....	123
<b>Tabla 31</b> <i>Resumen de datos</i> .....	124
<b>Tabla 32</b> <i>Diseño de pavimento</i> .....	124

## RESUMEN

La mejora de las propiedades geotécnicas de la subrasante es un tema de interés antiguo, buscando aumentar su durabilidad y reducir los costos de mantenimiento. Aunque existen diversos productos en el mercado para este propósito, como polímeros, enzimas y asfalto, el cemento y la cal son los más populares debido a la cantidad y efectividad de investigaciones realizadas con ellos. No obstante, se requieren más estudios del comportamiento de los materiales, esto para comprenderlos y estabilizados, especialmente en el diseño. Esta tesis presenta una investigación de suelos estabilizados con cal.

En el primer capítulo, se aborda una exhaustiva identificación del problema, con el fin de aclarar la descripción y formulación del mismo. Posteriormente, se procede a detallar la justificación, los objetivos y las hipótesis de la investigación.

El segundo capítulo se enfoca en los precedentes relacionados con la cal, incorporando información sobre las distintas variedades de cal, así como los mecanismos empleados para estabilizarlos. También se menciona investigaciones realizadas de geología y geomorfología de la zona de intervención

En el tercer capítulo, se describen los procedimientos de los ensayos, enfocándose en CBR y resistencia en compresión simple.

El cuarto capítulo presenta los resultados de los ensayos; en el quinto capítulo, las discusiones y terminando con las conclusiones y recomendaciones.

**Palabras claves:** estabilización de subrasante, suelo – cal, subrasante, CBR y dosificación.

## ABSTRACT

There has long been interest in enhancing the subgrade's geotechnical characteristics in an effort to save maintenance costs and boost durability. Despite the fact that there are many items available for this purpose, including asphalt, polymers, and enzymes, cement and lime are the most widely used because of the volume and efficacy of research done on them. To fully comprehend the behavior of stabilized materials, particularly in design, more research is necessary. An examination of soils stabilized with calcium is presented in this thesis. The problem is thoroughly identified in the first chapter in order to make its formulation and description more understandable. The research's rationale, goals, and hypotheses are then thoroughly explained.

In the second chapter, precedents pertaining to lime are discussed, along with details on the various types of lime and the stabilizing mechanisms. Additionally highlighted are studies conducted on the intervention area's geology and geomorphology.

The third chapter describes the test procedures, focusing on CBR and simple compression strength.

The fourth chapter presents the test results, the fifth chapter presents the discussions and ends with conclusions and recommendations.

**Keywords:** subgrade stabilization, soil – cal, subgrade, CBR and dosage.

## INTRODUCCIÓN

La construcción de carreteras pavimentadas con asfalto demanda una diversidad de materiales, que incluyen una variedad de materiales, desde compuestos bituminosos hasta agregados de distintos tamaños, abarcando también suelos de partículas más pequeñas como los compuestos por limo, arena y arcilla. Dichos materiales deben satisfacer criterios particulares conforme al tipo de capa en la que se emplearán, ya sea terraplén, subrasante, subbase, base o carpeta asfáltica.

Idealmente, las capas del pavimento deberían emplear materiales locales, pero estos a menudo no cumplen requisitos. Por ello, los ingenieros han usado productos para mejorar propiedades geotécnicas, logrando materiales más duraderos y aptos para el pavimento.

La cal ha sido un producto empleado desde tiempos remotos. Este material es ampliamente reconocido por sus propiedades para mejorar las cualidades de los materiales deficientes o inadecuados, así como su destreza para optimizar los componentes necesarios en la edificación de vías de primer nivel.

En este estudio, se examina la estabilización de la subrasante utilizando óxido de calcio, también conocido como cal. La sub rasante fue evaluado en dos condiciones con y sin cal.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 Descripción del problema**

Los suelos a nivel de Sudamérica a menudo carecen de las cualidades necesarias para proyectos de ingeniería, tal es el caso de los suelos de Bogotá Colombia, con resistencia deficiente y deterioro a largo plazo debido a factores climáticos. Se requieren ajustes y tratamientos para mejorar la idoneidad del suelo, reducir costos y minimizar el impacto ambiental. Estos procesos implican manipulación y tratamiento para obtener una estabilidad en las superficies y resistentes, con condiciones que abarcan soportar adversas de tráfico y clima, evitando así la necesidad de transportar material adicional (Parra, 2018).

En el Perú, la falta de infraestructura vial eficiente y la congestión en las áreas urbanas afectan el proceso económico y la calidad de vida de la población. La mejora de la infraestructura vial, especialmente en regiones como la selva, es esencial. El distrito de Tarapoto enfrenta desafíos en sus carreteras no pavimentadas debido a las constantes lluvias y costos elevados de estabilización del suelo, para mejorar la resistencia y flexibilidad de estas carreteras, lo que puede contribuir al desarrollo económico, la generación de empleo y una mejor calidad de vida en la región (Delgado y Guerra, 2020).

En Tacna, se enfrentan problemas de mantenimiento en caminos vecinales rurales y provisionales debido al limitado avance urbano y falta de conocimiento de los pobladores. La estabilización de suelos se plantea como

una solución efectiva en este trabajo, con el propósito de diseñar un enfoque óptimo para estabilizar diversos tipos de suelos en los caminos vecinales de la región. Este proceso permitirá establecer conexiones de transporte duraderas y resistentes, beneficiando tanto a las comunidades existentes como a las futuras (Jaillita, 2023).

El distrito de Yarada Los Palos ha enfrentado un incremento en la densidad poblacional con problemas de planificación urbana. Se han formado asociaciones de vivienda y asentamientos urbanos irregulares debido a la falta de recursos o conocimiento. Los caminos construidos por los propios habitantes, aunque son fundamentales para sus comunidades, suelen no figurar en los planes viales oficiales, lo que los deja fuera de los programas de mantenimiento este es el caso de la vía de acceso a la asociación José Olaya entre el Km 0 + 000 al Km 2 + 000 del distrito Yarada Los Palos – Tacna.

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Interrogante principal**

¿Es posible dar una propuesta de estabilización de subrasante agregando cal en la vía de acceso a la Asociación José Olaya km 0+000 al km 2+000 del distrito Yarada Los Palos Tacna?

### **1.2.2 Interrogantes específicas**

- a) ¿Cuáles son las propiedades físicas y químicas de la subrasante en la Asociación José Olaya km 0+000 al km 2+000 del distrito Yarada Los Palos Tacna?

- b) ¿Cuál es el porcentaje de cal necesario para la estabilización y las nuevas propiedades físicas y químicas de la subrasante en la Asociación José Olaya km 0+000 al km 2+000 del distrito Yarada Los Palos Tacna?
- c) ¿Cuál es el diseño del pavimento flexible con la subrasante estabilizada en la Asociación José Olaya km 0+000 al km 2+000 del distrito Yarada Los Palos Tacna?

### **1.3 Justificación e importancia**

La investigación actual se lleva a cabo con el propósito de destacar el impacto potencial que el uso de estabilizadores podría tener en la población, especialmente en la mejora de la subrasante del camino vecinal José Olaya del distrito de Yarada Los palos-Tacna. La adición de estabilizadores al suelo se considera como una forma de analizar cómo se puede fortalecer la resistencia y la durabilidad de esta vía rural.

La presente investigación se enfoca en profundizar el conocimiento sobre los progresos en la aplicación de sustancias estabilizadoras de bajo costo, con el potencial de disminuir los gastos asociados a la construcción de caminos rurales. Dado que un gran porcentaje de los suelos en el distrito aún no están pavimentados, este estudio podría establecer un precedente para mejorar la condición y resistencia de los caminos vecinales, lo que a su vez contribuiría a facilitar el acceso y a hacer que las vías sean más resistentes a largo plazo.

#### **1.4 Alcances y limitaciones**

Según esta investigación, se podrá comprender una cantidad adecuada a utilizar para estabilizar la subrasante en la Asociación José Olaya, distrito Yarada – Los Palos.

Antes de proceder con la estabilización del suelo mediante cal, es esencial realizar un análisis exhaustivo de las características fundamentales y la uniformidad de la subrasante que se pretenden tratar. Asimismo, se requiere llevar a cabo pruebas de laboratorio más detalladas para determinar con mayor precisión la cantidad adecuada de cal necesaria en la estabilización.

#### **1.5 Objetivos**

##### **1.5.1 Objetivo general**

Desarrollar la propuesta de estabilización de subrasante agregando cal en la asociación José Olaya km 0+000 al km 2+000 del distrito Yarada Los Palos Tacna.

##### **1.5.2 Objetivos específicos**

- a) Determinar las propiedades físicas y químicas de la subrasante en la Asociación José Olaya km 0+000 al km 2+000 del distrito Yarada Los Palos Tacna.
- b) Calcular el porcentaje de cal necesario para la estabilización y las nuevas propiedades físicas y químicas de la subrasante de la Asociación José Olaya km 0+000 al km 2+000 del distrito Yarada Los Palos Tacna.

- c) Diseñar el pavimento flexible con la subrasante estabilizada en la Asociación José Olaya km 0+000 al km 2+000 del distrito Yarada Los Palos Tacna.

## **1.6 Hipótesis**

### **1.6.1 Hipótesis general**

El desarrollo de la propuesta permitirá la estabilización de la subrasante agregando cal en la vía de acceso a la Asociación José Olaya km 0+000 al km 2+000 del distrito Yarada Los Palos Tacna.

### **1.6.2 Hipótesis específicas**

- a) Determinando las propiedades físicas y químicas en la subrasante de la vía de acceso a la Asociación José Olaya km 0+000 al km 2+000 del distrito Yarada Los Palos Tacna permitirá calcular los parámetros que la caracterizan.
- b) Determinando el porcentaje de cal necesario para la estabilización y conociendo las propiedades físicas y químicas de la subrasante de la vía de acceso a la Asociación José Olaya km 0+000 al km 2+000 del distrito Yarada Los Palos Tacna permitirá la estabilización de la subrasante.
- c) Diseñando el pavimento flexible con la subrasante estabilizada de la Asociación José Olaya km 0+000 al km 2+000 del distrito Yarada Los Palos Tacna determinará las características óptimas del pavimento flexible.

## **CAPTÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes de estudio**

El estado de las carreteras, especialmente las rurales y vecinales, tiene un impacto significativo en la productividad y desarrollo de una ciudad o región. Estas carreteras representan una parte importante de la red vial nacional y, en su mayoría, necesitan mantenimiento constante. Durante el siglo XX, se ha adoptado ampliamente la práctica de estabilizar suelos con cemento en varios países debido a sus ventajas, como costos de construcción y mantenimiento bajos. Esta técnica se ha utilizado en diversos campos de la ingeniería, como pavimentos y bases para estructuras de hormigón, lo que la convierte en una solución efectiva para mejorar la infraestructura vial y promover el desarrollo regional.

Según Jallita (2023), para las técnicas más populares para fortalecer las características físicas del terreno, incrementando su firmeza, longevidad y capacidad de repeler el agua, implica la incorporación de cemento al suelo original. Este proceso conlleva la mezcla del cemento con el terreno y agua, seguida de una cuidadosa compactación del compuesto resultante.

Barriga (2022) contrasta la efectividad de la cal y el cemento en el reforzamiento de suelos de grano fino en la región de Madre de Dios. Se adoptó un método de investigación práctica con un abordaje cuantitativo, donde se analizó cómo la proporción de cal y cemento (variable independiente) afecta el proceso de estabilización del terreno (variable

dependiente). Se agregaron 2 %, 4 % y 6 % de cal y cemento a muestras de suelo natural alterado, evaluando los límites de consistencia y el valor de soporte CBR.

Para Chauca (2021), las turbas son suelos blandos con características únicas, incluyendo baja resistencia, alta deformación, alta compresibilidad y alta humedad, lo que plantea desafíos en la ingeniería geotécnica. La estabilización con cemento es efectiva, pero a menudo costosa y ambientalmente ineficiente. Este estudio documental investigó métodos más efectivos para estabilizar turba y encontró que la combinación de cemento con aditivos y rellenos, junto con métodos de curado adecuados como el curado en aire o húmedo con sobrecarga, puede mejorar significativamente la estabilización sin la necesidad de grandes cantidades de cemento.

Hanco (2021), con su investigación, propone la mejora de propiedades de suelos cohesivos en la Avenida Santa Rosa en Juliaca, Puno, mediante la adición de cal y cemento. Buscaba aumentar la resistencia y reducir la plasticidad de la subrasante de la avenida, calificándola de inadecuada a regular. Empleó un diseño experimental y pruebas de laboratorio. Los resultados mostraron mejoras significativas en la resistencia de soporte (CBR) y una reducción de la plasticidad al agregar cal y cemento en diferentes proporciones.

Mendoza (2021) se enfocó en caracterizar los métodos de estabilización de suelos utilizados para mejorar propiedades físicas en subrasantes. Realizó una revisión de 20 investigaciones nacionales e internacionales que abordan la estabilización de suelos en subrasantes. Identificó varios métodos, como el uso de productos, aditivos, geomallas y combinaciones de estabilizadores, todos capaces de mejorar la capacidad de soporte del suelo. Se propuso utilizar cemento y cal debido a su eficacia en suelos arcillosos, baja adición requerida y accesibilidad.

Del Castillo (2021), esta investigación pretende desarrollar un método de estabilización del terreno para optimizar las características físicas y mecánicas del estrato inferior en la vía vecinal Pampas de Cochada, que conecta Olaya-Mache con Otuzco, en La Libertad. Los resultados confirmaron que el proceso de estabilización incrementa la resistencia del suelo y reduce su plasticidad. Además, se constató que el empleo de aditivos químicos resulta más económico que las técnicas convencionales de construcción. La metodología empleada abarcó pruebas in situ y en laboratorio para identificar las cantidades óptimas de aditivos químicos, comparando los resultados para evaluar su eficacia. Este estudio puede servir como referencia para futuras investigaciones en el campo de la estabilización de suelos.

Araya (2020) examina las características y aplicaciones de Soiltac, un producto novedoso en el mercado nacional, contrastándolo con agentes estabilizadores tradicionales como el cloruro de sodio y el cloruro de

magnesio. Realizó un análisis comparativo de los gastos relacionados con estos estabilizadores en el contexto de obras viales, ofreciendo una visión detallada de los pros y contras de cada alternativa. Esta información facilita un proceso de toma de decisiones más riguroso y basado en evidencia.

López y Ortiz (2018), centraron en identificar la proporción ideal de cal para reforzar la capa inferior del pavimento en las calles Molinopata y Santo Domingo de Abancay. Se basaron en pruebas de laboratorio y siguió los protocolos establecidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Analizaron diversas características del suelo, incluyendo su resistencia a fuerzas cortantes, nivel de humedad, grado de compactación y plasticidad, empleando distintas cantidades de cal. Los resultados revelaron que una mezcla con 8% de cal es suficiente para lograr una estabilización efectiva del terreno, cumpliendo así con los estándares exigidos por el MTC.

Mamani (2018) se enfocó en la selección adecuada de estructuras viales considerando un análisis técnico-económico y el uso de materiales disponibles para pavimentos. Analizó cómo la técnica de reforzar el suelo con cemento afecta a los elementos estructurales en diferentes tipos de pavimentos (rígidos, articulados y flexibles) en carreteras poco transitadas. Se escogieron yacimientos de materiales que se ajustaban a los requisitos técnicos: dos para la capa inferior y uno para la superior. Concluyó que la alternativa más ventajosa, tanto en términos de rendimiento como de costos, era el pavimento flexible cuya base de grava se había fortalecido con cemento.

## **2.2 Propiedades geotécnicas**

Las propiedades geotécnicas del suelo pueden definirse como el conjunto de atributos físicos, químicos y mecánicos que determinan el comportamiento del terreno en la ingeniería civil y construcción, incluyendo tamaño de partículas, plasticidad, compresibilidad, permeabilidad y resistencia al corte.

### **2.2.1 Contenido de Humedad ASTM 2216 (MTC E 108)**

El contenido de humedad es una medida que cuantifica la cantidad de agua presente en un material. Se define como la relación entre la masa de agua contenida en la muestra y la masa del material sólido. Es crítico en geotecnia y construcción, influyendo en propiedades y comportamiento del suelo (MTC, 2000).

### **2.2.2 Análisis granulométrico por tamizado ASTM D 422 (MTC E 107)**

La granulometría por cribado es un método que determina cómo se distribuyen las partículas de diferentes tamaños en una muestra de terreno. El proceso implica hacer pasar el material por una serie de mallas con orificios de distintos diámetros, midiendo luego la cantidad de suelo retenido en cada una. Esta medición se expresa como un porcentaje de la masa total de la muestra (MTC, 2000).

### **2.2.3 Límite líquido ASTM D 423 (MTC E 110)**

El límite líquido es la humedad mínima en la que un suelo se vuelve líquido y fluye bajo una fuerza leve. Se establece mediante ensayos de límites

de Atterberg y es crucial para clasificar suelos y comprender su plasticidad en ingeniería civil y construcción (MTC, 2000).

#### **2.2.4 Límite plástico ASTM D 424 (MTC E 111)**

El límite plástico es la humedad en la que un suelo cambia de estado plástico a semisólido, permitiendo su moldeo sin fluir como líquido. Evaluado con ensayos de límites de Atterberg, es crucial en ingeniería civil para la manipulación y compactación del suelo en proyectos de construcción (MTC, 2000).

La tabla 1 indica los parámetros del índice de plasticidad.

**Tabla 1**

*Parámetros de plasticidad*

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Características
IP > 20	Alta	Suelos muy arcillosos
IP < 20; IP > 7	Media	Suelos arcillosos
IP < 7	Baja	Suelos poco arcillosos
IP = 0	No plástico (NP)	Suelos exentos de arcilla

*Nota.* Extraído del *Manual de carreteras - suelos, geología, geotecnia y pavimentos* - SECCIÓN SUELOS Y PAVIMENTOS – R.D. N° 10 -2014/ 14.

Cuadro (4.9)

### **2.2.5 Densidad natural ASTM D 1556**

La densidad natural hace referencia a la concentración de masa por unidad de volumen de un suelo en su condición original en el terreno. Se obtiene determinando la masa y el volumen de una muestra extraída sin alterar su estructura. Este parámetro es de vital importancia en los campos de la ingeniería civil y la construcción, pues ofrece datos cruciales sobre la porosidad del terreno y su capacidad para soportar cargas en su estado inalterado. Tal información resulta indispensable para la planificación y ejecución adecuada de obras de construcción (MTC, 2000).

### **2.2.6 Densidad máxima – Proctor modificado ASTM D 1557 (MTC E 115)**

La densidad máxima, determinada mediante el método Proctor modificado, representa el nivel más alto de compactación que puede lograr un suelo bajo condiciones controladas específicas. Este valor se obtiene a través de un procedimiento estandarizado que consiste en compactar el material en estratos dentro de un recipiente normalizado, para luego medir la densidad alcanzada (MTC, 2000).

### **2.2.7 Clasificación del suelo SUCS ASTM D 2487**

El sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) clasifica los suelos en función de sus características de textura y plasticidad. El sistema utiliza letras y sufijos para asignar una descripción a los suelos. Las letras se refieren a la textura del suelo, mientras que los sufijos indican la plasticidad del suelo (ASTM, 2017).

Las principales categorías son las siguientes:

Letras que representan la textura del suelo:

- G: Grava
- S: Arena
- M: Limos
- C: Arcilla
- O: Suelos orgánicos

Letras que representan las características del del suelo:

- W: Bien graduado
- P: Pobrementemente graduado
- M: Limoso
- C: Arcilloso
- L: Baja plasticidad
- H: Alta plasticidad

### **2.2.8 Clasificación del suelo AASHTO ASTM D 3282**

El método de categorización de suelos de la AASHTO (siglas en inglés de la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transporte) es un esquema ampliamente utilizado en los campos de ingeniería civil y geotecnia. Este sistema organiza los diferentes tipos de suelo en categorías y subcategorías basándose en sus características físicas y comportamiento mecánico. La clasificación se realiza mediante una

combinación de letras y números que representan las distintas propiedades del suelo analizado (ASTM, 2015).

Las principales categorías incluyen los siguientes grupos principales:

**Tabla 2**

*Categorías principales AASTHO*

Grupo	Descripción
Grupo A	Suelos granulares (Gravas y arenas)
Grupo B	Suelos finos no cohesivos (limos)
Grupo C	Suelos cohesivos (arcillas)
Grupo D	Suelos orgánicos

*Nota.* Fuente AASTHO - ASTM 3282

Subgrupos:

Se utilizan letras minúsculas para identificar subgrupos dentro de cada grupo principal, indicando detalles adicionales de las propiedades del suelo.

Por ejemplo, A-1 se refiere a suelos con alta plasticidad, como arcillas muy plásticas; mientras que A-3 se refiere a suelos de baja plasticidad, como gravas mal graduadas. Esta clasificación es esencial para diseñar y construir infraestructuras de transporte, como carreteras y puentes, ya que ayuda a comprender las características de los suelos y su comportamiento bajo cargas y condiciones específicas.

### **2.2.9 Ensayo de CBR MTC E 132 – ASTM D 1883 – AASHTO T 193**

El ensayo de Índice de soporte California, conocido por sus siglas en inglés CBR (California Bearing Ratio), es un método de prueba empleado para medir la resistencia del suelo que se encuentra bajo las capas de pavimento en carreteras y aeropuertos. Esta prueba consiste en calcular la fuerza requerida para que un émbolo estandarizado penetre una muestra de suelo a una velocidad predeterminada. El resultado se expresa como un valor numérico que refleja la resistencia comparativa del suelo analizado. Este índice es fundamental en el diseño de pavimentos y estructuras viales, siendo un componente esencial en la evaluación de la capacidad portante de los suelos en proyectos de ingeniería civil (MTC, 2000).

El procedimiento de este ensayo es el siguiente:

- El suelo se acondiciona en laboratorio con un nivel específico de humedad y se compacta en un molde bajo condiciones controladas, siguiendo una densidad establecida (generalmente basada en la densidad máxima obtenida en el ensayo Proctor).
- Después de preparar la muestra, se efectúa una penetración en el suelo compactado utilizando un pistón.
- Se ejerce presión sobre el pistón y se mide la profundidad de su penetración en el suelo. La carga requerida para alcanzar ciertas profundidades (usualmente 2.5 mm y 5 mm) se compara con los valores de referencia establecidos.

### 2.3 Sub rasante

La capa inferior del pavimento, conocida como subrasante, tiene la función crucial de soportar la estructura vial y resistir las fuerzas ejercidas por el tráfico. Esta debe estar constituida por materiales cuidadosamente seleccionados y compactados siguiendo normas específicas. De acuerdo con las directrices del manual de ensayo de materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, se exige un nivel de compactación del 95 % de la densidad seca máxima (MTC, 2018).

La tabla 3 indica una clasificación de acuerdo a su CBR.

**Tabla 3**

*Categorías de subrasante*

<b>Categorías de Subrasante</b>	<b>CBR</b>
S0: Subrasante inadecuada	CBR < 3 %
S1: Subrasante insuficiente	De CBR ≥ 3 % a CBR < 6 %
S2: Subrasante regular	De CBR ≥ 6 % a CBR < 10 %
S3: Subrasante buena	De CBR ≥ 10 % a CBR < 20 %
S4: Subrasante muy buena	De CBR ≥ 20 % a CBR < 30 %
S5: Subrasante excelente	De CBR ≥ 30 %

*Nota.* Para subrasantes excelentes el CBR>30 %, extraído del *Manual de suelos, geología, geotecnia y pavimentos del MTC (2014)*.

## **2.4 Estabilización de subrasante**

La estabilización del terreno es una técnica que emplea métodos tanto físicos como químicos para mejorar las características de una muestra de suelo de la capa inferior del pavimento, haciéndola apta para su uso previsto. En el ámbito de la construcción vial, este proceso se aplica para acondicionar los suelos que conformarán las distintas capas de la estructura del camino, incluyendo la base, la superficie de rodadura, la sub-base y la subrasante. El objetivo es optimizar los niveles de humedad y densidad del suelo para alcanzar propiedades óptimas en cuanto a longevidad, economía y resistencia.

## **2.5 Propiedades de las subrasantes estabilizadas**

Para lograr una efectiva mejora en las propiedades de los suelos que se pretenden estabilizar, es necesario que estos cumplan con ciertas características físicas predefinidas.

- Resistencia: En el caso específico de suelos cohesivos, como los compuestos principalmente por arcilla, el enfoque se centra en mejorar su capacidad de resistencia. Esto se consigue impidiendo que la humedad penetre entre las partículas del suelo. Para ello, se utilizan sustancias cementantes que alteran la capa de agua que rodea cada grano de suelo, fortaleciendo así la estructura general del terreno (Fontalvo y Medrano, 2016).
- Compresibilidad: La permeabilidad se refiere a la capacidad de los suelos para dejar pasar un fluido sin cambiar sus

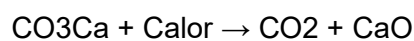
características. Para prevenir problemas de bombeo y mantener la integridad del suelo, es esencial que el agua circundante tenga un medio filtrante efectivo, que puede lograrse mediante la incorporación de materiales impermeables o la construcción de estructuras compactas.

- Permeabilidad: La permeabilidad es la propiedad que determina la facilidad con la que un líquido, típicamente el agua, puede atravesar un suelo sin modificar su composición estructural. Esta característica se mide estableciendo una diferencia de presión hidráulica y observando cómo el fluido se desplaza a través de un camino predefinido en el material. La permeabilidad puede denominarse conductividad o transmisividad hidráulica según el contexto. Se cuantifica con el coeficiente de permeabilidad, que mide la velocidad del agua en el suelo con un gradiente unitario (Frankie, 2013).
- Retracción y expansión: Es crucial considerar estas dos características, ya que se originan debido a las variaciones en la humedad del suelo. Por lo tanto, es esencial introducir un componente arcilloso con alta capacidad de retención de agua, junto con la aplicación de agentes aglutinantes que restrinjan la penetración de humedad en el suelo (Parra, 2018).
- Durabilidad: es la capacidad del suelo para resistir la erosión o la carga del tráfico. En el contexto de carreteras, es fundamental

construir capas de espesores adecuados para evitar el deterioro de tanto los materiales naturales como los estabilizados, garantizando así una durabilidad efectiva y la prevención de problemas (Fontalvo y Medrano, 2016).

## **2.6 Cal**

La cal es un material multifuncional ampliamente utilizado en la industria de la construcción y en la ingeniería vial. Se caracteriza por ser un sólido de coloración blanca y estructura no cristalina. Su proceso de obtención implica la desintegración térmica de piedra caliza a temperaturas elevadas, cercanas a los 900°C. Este proceso de transformación puede representarse mediante una ecuación química específica (Cienciabit, 2019 ).



En su estado natural, se extrae el carbonato cálcico ( $\text{CaCO}_3$ ), que experimenta una descomposición en dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ), también conocido como cal viva, para su futura utilización (Cienciabit, 2019 ).

## **2.7 Proceso productivo de la cal**

La cal se puede conseguir por dos métodos principales. El primero implica el proceso de calcinación de roca calcárea, lo que resulta en la producción de lo que comúnmente se conoce como cal viva (Parra, 2018).

### **2.7.1 Extracción**

Se trata de ejecutar la remoción de la capa superior del área deseada, posteriormente se efectúan perforaciones para insertar cargas explosivas,

estas se cargan y se procede con la detonación necesaria para transportar el material triturado resultante.

### **2.7.2 Trituración**

Se realiza el proceso de trituración con el fin de reducir las dimensiones de los fragmentos de roca generados durante la detonación. Según lo requerido, estos fragmentos y materiales pasan por un proceso adicional de trituración para reducir aún más sus dimensiones. Una vez fragmentados, estos trozos más pequeños son trasladados a hornos de diseño vertical o de tipo rotatorio para su procesamiento posterior.

### **2.7.3 Calcinación**

El proceso consiste en someter el material a la acción directa del calor dentro del horno. El objetivo es provocar la liberación del dióxido de carbono a través de la combustión. Como resultado de esta reacción, se obtiene óxido de calcio, comúnmente denominado cal viva.

### **2.7.4 Cribado**

Esta etapa tiene como propósito aislar la cal viva de otros elementos, tales como pequeñas piedras o guijarros. Una vez separada, la cal viva pasa por subsiguientes fases de molienda y pulverización para refinar su textura.

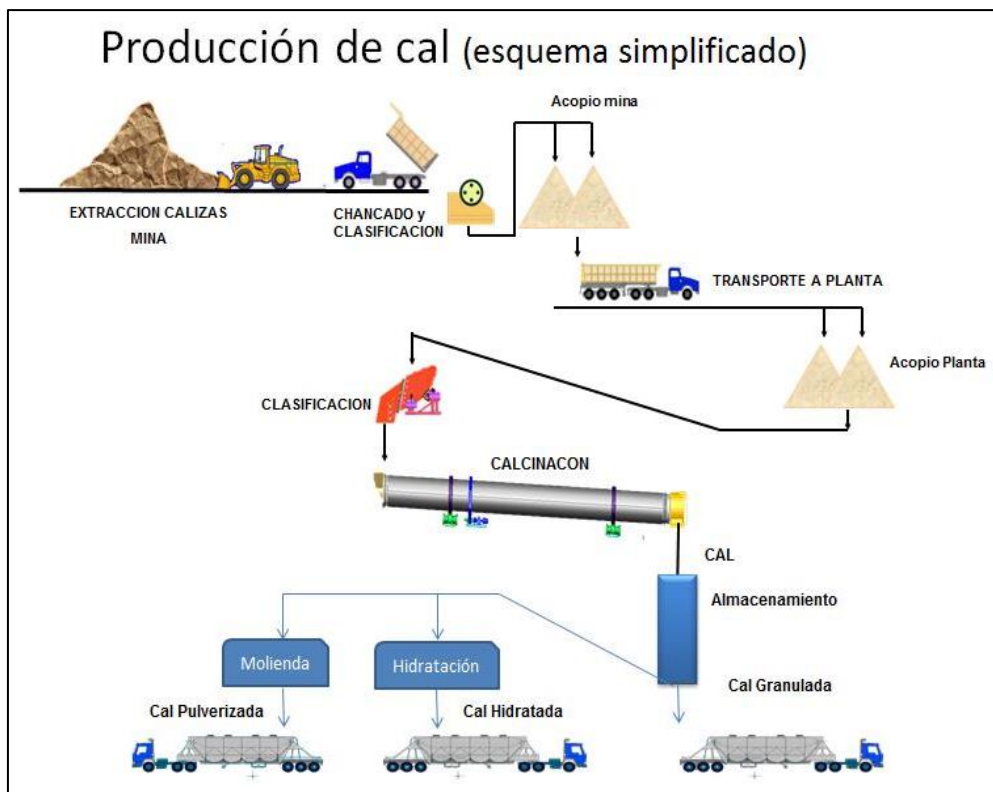
### **2.7.5 Trituración y pulverización**

Esta fase se realiza fundamentalmente para disminuir aún más el tamaño de las partículas de cal, preparándolas así para los procesos finales de molienda y pulverización.

La figura 1 muestra la producción de la cal en un esquema simplificado.

### Figura 1

*Producción de cal*



*Nota.* Extraído del proceso productivo de cal de la empresa CBB.

## **2.8 Tipos de cal**

Es esencial destacar que las rocas calizas contienen diversas impurezas que, si no se eliminan, resultan en la formación de diversos tipos de cal.

### **2.8.1 Cal viva**

La cal viva, obtenida por calcinación, al liberar dióxido de carbono, se convierte en óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) y se usa para hacer morteros de cal en trabajos de estabilización. Ofrece ventajas económicas, reduce costos de transporte y almacén, y mejora el suelo arcilloso en climas húmedos. Sin embargo, su hidratación requiere cuidado y puede presentar problemas de seguridad durante la aplicación (Parra, 2018).

### **2.8.2 Cal apagada**

Sustancia pulverizada y deshidratada, resultado de la reacción entre la cal viva y el agua en cantidades precisas para lograr su transformación química e hidratación completa. Su composición principal es hidróxido cálcico [ $\text{Ca(OH)}_2$ ], aunque también puede incluir una combinación de este con óxido de magnesio ( $\text{MgO}$ ) y su forma hidratada [ $\text{Mg(OH)}_2$ ] (Perez, 2019).

### **2.8.3 Cal hidratada**

El producto resultante de la interacción entre el óxido de calcio y el agua, conocido como cal hidratada, se caracteriza por su sencilla aplicación y eficacia en terrenos áridos. Sin embargo, presenta ciertos inconvenientes: tiende a generar partículas en suspensión, implica mayores gastos de

traslado debido a su considerable masa, y su dosificación precisa se complica en zonas expuestas a fuertes vientos (Parra, 2018).

Los métodos para combinar la cal viva con agua se pueden clasificar en tres categorías distintas:

- **Aspersión:** Se trata de esparcir bloques de cal viva en una superficie, añadir agua (25 % - 50 % del peso) y cubrir con arena para obtener cal en polvo.
- **Inmersión:** Los bloques de cal se trituran al tamaño de grava y se sumergen en agua durante 1 minuto en cestos. Luego, con aire artificial, se forma el polvo durante el proceso de extinción de la cal.
- **Fusión:** Se introduce la cal en recipientes con agua para formar una pasta, que se cubre con arena para prevenir la carbonatación.

La cal viva reacciona violentamente al contacto con el agua debido a su inestabilidad y capacidad de absorción de humedad, generando una reacción exotérmica.



#### **2.8.4 Cal Hidráulica Hidratada**

En un material adhesivo en polvo, ya hidratado, que se obtiene mediante la cocción de rocas calizas ricas en sílice ( $\text{SiO}_2$ ) y alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) a temperaturas próximas a su punto de fusión. Este proceso genera una cantidad óptima de óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) para permitir la hidratación,

mientras mantiene una porción de silicatos de calcio ( $\text{CaSiO}_3$ ) sin hidratar. El resultado es un polvo seco con propiedades hidráulicas específicas, destacando su capacidad de solidificarse y ganar dureza incluso en ambientes sumergidos. Estas características lo hacen idóneo para diversas aplicaciones en la construcción (Perez, 2019).

### **2.8.5 Cal Hidratada – al alto calcio**

Cal hidratada producto de la calcinación de calizas, contaminadas con menos del cinco por ciento de carbonato de magnesio ( $\text{MgCO}_3$ ) (Perez, 2019).

### **2.8.6 Cal dolomítica**

Cal obtenida de la calcinación de calizas que contiene del treinta y cinco al cuarenta y seis por ciento de carbonatos de magnesio ( $\text{MgCO}_3$ ) (Perez, 2019).

## **2.9 Pavimento**

El pavimento es una construcción multicapa que se asienta sobre el estrato más profundo de la vía. Su diseño tiene dos objetivos fundamentales: resistir y distribuir las cargas producidas por los vehículos, y proporcionar una superficie segura y cómoda para el tránsito. La configuración más común de esta estructura incluye tres componentes: la subbase, la base y la superficie de rodadura (MTC, 2014).

### **2.9.1 Pavimento flexible**

El pavimento flexible se caracteriza por su estructura multicapa que incluye estratos granulares (la subbase y la base) coronados por una

superficie de tránsito elaborada con compuestos bituminosos que actúan como ligantes, junto con áridos y, en ocasiones, aditivos específicos. La capa superior, destinada al contacto directo con los vehículos, puede adoptar diversas formas, todas ellas basadas en materiales asfálticos sobre las capas de grava (MTC, 2014).

## 2.10 Estudio del tráfico

El aforo ha sido realizado en la estación de aforo EA-01 ubicado en la zona del proyecto en la progresiva 0+000,00. El IMDa actual obtenido mediante el aforo y correcciones estacionales respectivas se muestra en el siguiente cuadro.

La tabla 4 indica la ubicación de la estación 01, donde se realizó el conteo de vehículos.

**Tabla 4**

*Ubicación de estación 01*

<b>Código</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Ruta</b>	<b>Distrito</b>	<b>IMDa(actual)</b>	
EA – 01	Prog. 000	0+ Vía Vecinal	La Yarada	130	h/día

*Nota.* Datos extraídos del expediente técnico *Mejoramiento de la vía mejoramiento de la vía vecinal tramo: desde la Asociación Agropecuaria José Olaya hasta la vía Ta-645 del distrito de La Yarada Los Palos - provincia de Tacna - departamento de Tacna CUI 2538960.*

### **2.10.1 Volumen de tránsito**

La densidad vehicular se refiere a la cantidad de vehículos que circulan por una ubicación concreta o una franja de circulación particular en un periodo establecido. Esta medida se puede expresar de diversas formas, siendo las más comunes: vehículos por día (veh/día) y vehículos por hora (veh/hora) (MTC, 2018).

### **2.10.2 Índice medio diario (IMD)**

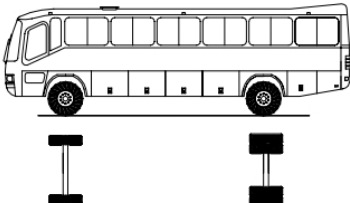
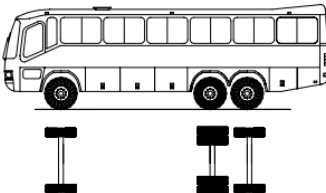
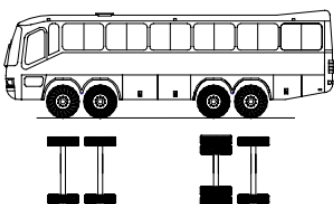
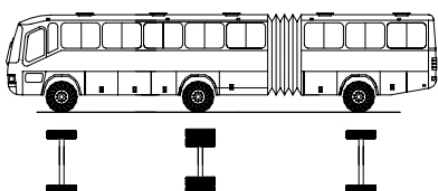
Esta métrica puede expresarse de diversas formas, dependiendo del período de tiempo considerado: como promedio diario a lo largo de un año (IMDA), como media diaria en el transcurso de un mes (IMDM), o como promedio diario durante una semana (IMDS) (MTC, 2018).

### **2.10.3 Pesos y medidas máximas permitidas**

La tabla 5 presenta una descripción gráfica de los autobuses según su peso y tamaño. La tabla 6 proporciona una descripción gráfica de los camiones según su peso y tamaño (MTC, 2018).

**Figura 2**

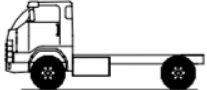
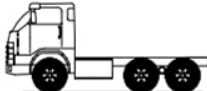

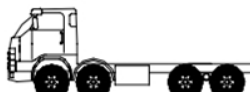
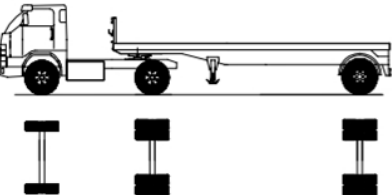
*Descripción gráfica de autobuses*

Configuración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. (m)	Eje Delant	Peso máximo ( t )				Peso bruto máx. ( t )
				Conjunto de ejes posteriores				
				1º	2º	3º	4º	
B2		13,20	7	11	—	—	—	18
B3-1		14,00	7	16	—	—	—	23
B4-1		15,00	7+7 <sup>(5)</sup>	16	—	—	—	30
BA-1		18,30	7	11	7	—	—	25

*Nota.* Extraído del Ministerio de Transportes y Comunicaciones 2018.

**Figura 3**

*Descripción gráfica de camiones*

TABLA DE PESOS Y MEDIDAS								
Configuración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. (m)	Eje Delant	Peso máximo (t)				Peso bruto máx. (t)
				Conjunto de ejes posteriores				
				1º	2º	3º	4º	
C2		12,30	7	11	—	—	—	18
C3		13,20	7	18	—	—	—	25
C4		13,20	7	23 <sup>(1)</sup>	—	—	—	30
8x4		13,20	7+7 <sup>(5)</sup>	18	—	—	—	32
T2S1		20,50	7	11	11	—	—	29

*Nota.* Extraído del Ministerio de Transportes y Comunicaciones 2018.

#### **2.10.4 Periodo de diseño**

El periodo de diseño es el lapso temporal para el cual se proyecta la estructura del pavimento, con el fin de que soporte la carga acumulada del tráfico sin necesidad de intervenciones mayores (AASHTO, 1993).

### 2.10.5 Carril de diseño

El flujo vehicular hace referencia a la cantidad de vehículos que circulan por una vía, considerando uno o ambos sentidos de circulación. Generalmente, el tráfico es similar en ambos sentidos, aunque en ciertos casos puede observarse una mayor cantidad de vehículos en una dirección comparado con la otra (*Manual de carreteras MTC, 2014*).

La tabla 5 presenta las recomendaciones del Instituto del Asfalto y de AASHTO sobre los porcentajes de camiones en el carril de diseño, según la cantidad de carriles en ambas direcciones. La figura 2 proporciona una representación gráfica del carril de diseño.

**Tabla 5**

*Recomendaciones de la AASTHO*

Nº de carriles (2 direcciones)	% de camiones en el carril de diseño
2	50
4	45 (35 – 48)
6 o más	40 (25 – 48)

*Nota.* Adaptado del Instituto del Asfalto Manual MS – 1 (1991).

La tabla 5 presenta las recomendaciones de la AASHTO (Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes), al analizar el tráfico en ambas direcciones, se debe aplicar un factor direccional del 50 %. Sin embargo, este valor puede oscilar entre el 30 % y el 70 %, dependiendo de las características específicas de la vía (1991).

**Tabla 6***ESAL (Equivalent Single axle load)*

<b>Nº de carriles en 1 dirección</b>	<b>% de ESAL en el carril de diseño</b>
1	100
2	80 - 100
3	60 – 80
4	50 - 75

*Nota.* Adaptado del Instituto del Asfalto Manual MS – 1 (1991).

La tabla 6 presenta una metodología se utiliza para calcular el volumen de tráfico en el carril de diseño, considerando el número total de carriles disponibles, presentando coeficientes de dirección ponderados y coeficientes de carril.

**Tabla 7***Factores de distribución y de carril*

<b>Número de calzadas</b>	<b>Número de sentidos</b>	<b>Número de carriles por sentido</b>	<b>Factor direccional (Fd)</b>	<b>Factor Carril (Fc)</b>	<b>Factor Ponderado Fd x Fc para carril de diseño</b>
1 calzada (para IMDa total de la calzada)	1 sentido	1	1,00	1,00	1,00
	1 sentido	2	1,00	0,80	0,80
	1 sentido	3	1,00	0,60	0,60
	1 sentido	4	1,00	0,50	0,50
	2 sentido	1	0,50	1,00	0,50
	2 sentido	2	0,50	0,80	0,40

2 calzadas						
con						
separador	2 sentido	1	0,50	1,00	0,50	
central	2 sentido	2	0,50	0,80	0,40	
(para	2 sentido	3	0,50	0,60	0,30	
IMDa total	2 sentido	4	0,50	0,50	0,25	
de las dos calzadas)						

*Nota.* Factores de distribución direccional y de carril en función al número de calzadas (*Manual de carreteras MTC, 2014*).

### 2.10.6 Cálculo de tasa de crecimiento y proyección

Aplicando fórmulas para calcular el crecimiento del tráfico.

$$T_n = T_0 (1 + r)^{n-1} \quad (1)$$

Donde:

$T_n$  = Tránsito proyectado al año  $n$  en veh/día

$T_0$  = Tránsito actual (año base 0) en veh/día

$n$  = Número de años del periodo de diseño

$r$  = Tasa anual de crecimiento de tránsito

### 2.10.7 Estimación de ESAL

Una vez obtenido el número de vehículos en el carril que se toma para el diseño y en el tiempo, se emplea la siguiente fórmula:

$$ESAL = \sum_{i=1}^{1-m} \text{FACTOR CAMION}_i * IMD_i * Fca * Fd * Fc * 365 \quad (2)$$

### 2.10.8 Factores de crecimiento acumulado (Fca)

$$\text{Factor de crecimiento} = \frac{(1+r)^n - 1}{r} \quad (3)$$

Donde:  $r$  = Tasa de crecimiento anual, %

$n$  = Periodo de diseño en años

**Tabla 8***Factores de distribución direccional y de carril (Fca)*

Periodo de Análisis (años)	Factor de crecimiento	Tasa anual de crecimiento (r)							
		2	3	4	5	6	7	8	10
1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2	2,00	2,00	2,03	2,04	2,05	2,06	2,07	2,08	2,10
3	3,00	3,06	3,09	3,12	3,15	3,18	3,21	3,25	3,31
4	4,00	4,12	4,18	4,25	4,31	4,37	4,44	4,51	4,64
5	5,00	5,2	3,19	5,42	5,53	5,64	5,75	5,87	6,11
6	6,00	6,31	6,47	6,63	6,8	6,98	7,15	7,34	7,72
7	7,00	7,43	7,66	7,9	8,14	8,39	8,65	8,92	9,49
8	8,00	8,58	8,89	9,21	9,55	9,9	10,26	10,64	11,44
9	9,00	9,75	10,16	10,58	11,03	11,49	11,98	12,49	13,58
10	10,00	10,95	11,46	12,01	12,58	13,18	13,82	14,49	15,94
11	11,00	12,17	12,81	13,49	14,21	14,97	15,78	16,65	18,53
12	12,00	13,41	14,19	15,03	15,92	16,87	17,89	18,98	21,38
13	13,00	14,68	15,62	16,63	17,71	18,88	20,14	21,5	24,52
14	14,00	15,9	17,09	18,29	19,16	21,01	22,55	24,21	27,97
15	15,00	15,29	18,6	20,02	21,58	23,28	25,13	30,32	31,77
16	16,00	18,64	20,16	21,82	23,66	25,67	27,89	33,75	35,95
17	17,00	20,01	21,76	23,7	25,84	28,21	30,84	33,75	40,55
18	18,00	21,41	23,41	25,65	28,13	30,91	34,00	37,45	45,6
19	19,00	22,84	25,12	27,67	30,54	33,76	37,38	41,45	51,16
20	20,00	24,3	29,78	29,78	33,06	36,79	41,00	45,76	57,28

*Nota.* Adaptado del *Manual de carreteras MTC (2014)*, factores de carril

F(ca).

## **2.11 Metodología AASHTO 93**

El enfoque de diseño AASHTO 93 para pavimentos bituminosos emplea una fórmula específica para obtener el valor del número estructural (SN), un factor crucial en la determinación de los grosores de los distintos estratos del pavimento, que abarcan la capa de asfalto, la base y la subbase. Como se indicó previamente, esta ecuación incorpora diversos parámetros de diseño, entre los que se incluyen el volumen de tráfico, la variación estándar, el nivel de fiabilidad y el índice de capacidad de servicio, además de otros factores relevantes (AASHTO, 1993).

### **2.11.1 Procedimiento de diseño**

Según las directrices de AASHTO (1993), se debe seguir el siguiente procedimiento para el diseño de un pavimento flexible:

- Calcular el tráfico durante el periodo de diseño ( $W_{18}$ ).
- Determinar la desviación estándar total ( $S$ ) y el nivel de confianza ( $R$ ).
- Establecer el módulo de resistencia de la subrasante ( $M_r$ ).
- Determinar la pérdida de serviciabilidad.
- Calcular el número estructural (SN).
- Definir los espesores correspondientes al SN.

**2.11.1.1 Confiabilidad y variabilidad.** La confiabilidad se define como la probabilidad de que el pavimento funcione según lo previsto.

- Variabilidad ( $S_o$ ) se refiere a la fluctuación en las mediciones de los parámetros.

- Se considera un valor de 0.44 para ajustar los cambios esperados en el tráfico para pavimentos flexibles.
- El intervalo de valores para pavimentos no rígidos varía entre 0,40 y 0,50.

La tabla 9 presenta los niveles de confiabilidad recomendados para diferentes tipos de carreteras según el *Manual AASHTO* de 1993.

**Tabla 9**

*Niveles de confiabilidad para las diferentes carreteras*

Clasificación funcional	Nivel de confiabilidad recomendado	
	Urbana	Rural
Autopista interestatal	85-99,0	80,99
Arterias principales	80-99	75-95
Colectoras de tránsito	80-95	75-95
Carreteras locales	50-80	50-80

*Nota.* Adaptado de la Guía AASHTO (1993). La clasificación funcional para el tipo de vía analizada es autopista interestatal urbana.

### **2.11.2 Criterios de Comportamiento**

**Servicialidad.** - La Serviciabilidad en el contexto de un pavimento, la comodidad al conducir se cuantifica mediante un índice de servicio vigente, que oscila entre 0 y 5. Para determinar el índice de servicio al final de la vida útil del pavimento (Pt), se toman en cuenta las características del tráfico y el nivel de servicio inicial (Po), el cual está determinado por la configuración de la vía. Una vez establecidos los valores de Po y Pt (AASHTO, 1993)

$$\Delta\text{PSI} = P_o - P_t \quad (4)$$

### 2.11.3 Propiedades de los materiales

Modulo Resilente (Mr). - El módulo de elasticidad se obtuvo mediante pruebas adicionales. En el laboratorio, se utiliza el CBR para el cálculo según la siguiente fórmula.

$$\text{Mr(Psi)} = 1500 \text{ CBR} \quad (5)$$

### 2.11.4 Características estructurales del pavimento

#### 2.11.4.1 Drenaje (mi)

En el contexto del diseño de pavimentos flexibles, el concepto de drenaje se refiere al proceso de evacuación del agua de las distintas capas que componen la estructura vial y cómo este proceso afecta a dichas capas.

La tabla 10 presenta los valores sugeridos para ajustar la tasa de subbase según el porcentaje de tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a la humedad, según el *Manual AASHTO* de 1993 (AASHTO, 1993).

**Tabla 10**

*Calidad de drenaje y sub base*

Calidad de drenaje	Término para remoción del agua
Excelente	2 horas
Buena	1 día
Aceptable	1 semana
Pobre	1 mes
Muy pobre	(el agua no drena)

*Nota.* Adaptado de la Guía AASHTO (1993). La calidad de drenaje es aceptable.

La tabla 11 presenta los valores recomendados de "mi" para ajustar los coeficientes de las capas de base y subbase granular, indicando así la calidad del drenaje, según el *Manual AASHTO* de 1993.

**Tabla 11**

*Valores de (mi) recomendados*

<b>Valores de "mi" recomendados para modificar los coeficientes de capas de base y sub base granular</b>				
<b>Calidad de drenaje</b>	<b>% de tiempo de exposición de las estructuras de pavimento a nivel de humedad próxima a la saturación</b>			
	<b>&lt; 1 %</b>	<b>1 - 5 %</b>	<b>5 - 25 %</b>	<b>&gt;25 %</b>
Excelente	1.4 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Buena	1.36 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Aceptable	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

*Nota.* Adaptado de la Guía AASHTO (1993), método AASHTO 1993

### **2.11.5 Diseño estructural del pavimento**

Según AASHTO (1993), esta metodología de diseño se ajusta específicamente a carreteras de alta velocidad que soportan un flujo de tráfico pesado, con vehículos que superan las 8,2 toneladas. Para el cálculo en pavimentos flexibles:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_r S_o + 9.36 \log_{10}(SN_i + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10} \left( \frac{(\Delta PSI)}{4.2 - 1.5} \right)}{0.4 + \frac{1}{(SN_i + 1)}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07 \quad (6)$$

Donde:

- W18: Es el número de aplicaciones de ejes equivalentes durante el periodo de diseño.
- Zr: Parámetro estadístico asociado a la incertidumbre del índice de servicio.
- S0: Es la desviación estándar total de la distribución normal de errores en variables de diseño.
- ΔPSI: Es la diferencia entre los índices de servicio inicial y final.
- MR: Es el módulo de la resiliencia en psi.
- SNi: Número estructural del espesor total del pavimento requerido:

$$SN_i = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 \cdot m_2 + a_3 \cdot D_3 \cdot m_3 \quad (7)$$

Donde:

- ai: Coeficiente de la capa "i"
- Di: Espesor de la capa (pulgadas) "i"
- mi: Coeficiente de drenaje de la capa "i"

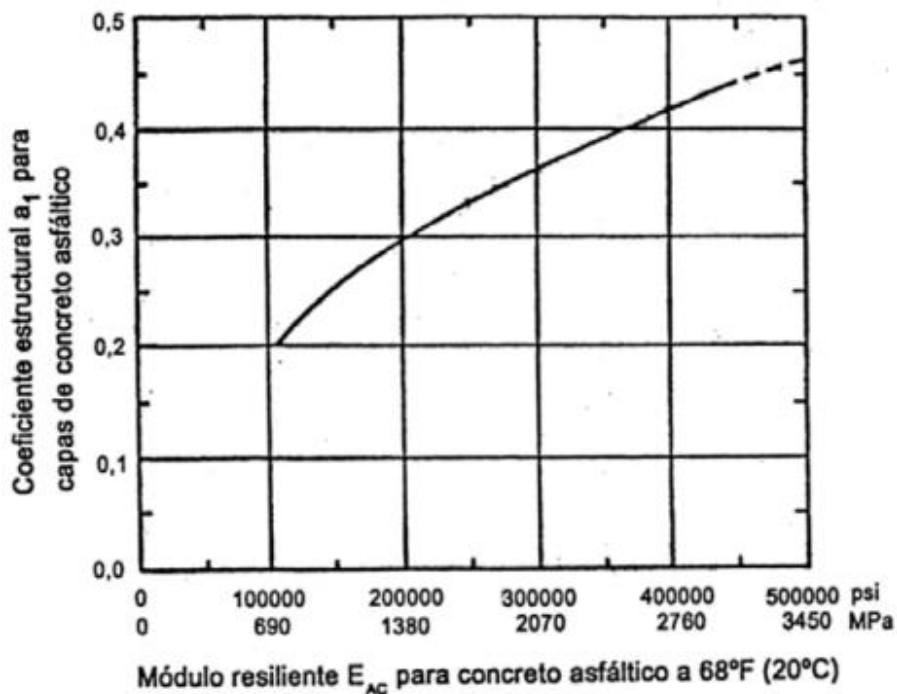
#### **2.11.5.1 Análisis de diseño mediante capas**

Para determinar el grosor de cada una de las capas que componen la estructura del pavimento flexible, es necesario considerar los factores mencionados anteriormente y determinar ciertos valores basados en los diagramas que se presentan a continuación.

La figura 4 se utiliza para establecer el coeficiente estructural  $a_1$ , correlacionándolo con el módulo de elasticidad, según el *Manual AASHTO* de 1993.

**Figura 4**

*Gráfica para hallar  $a_1$*

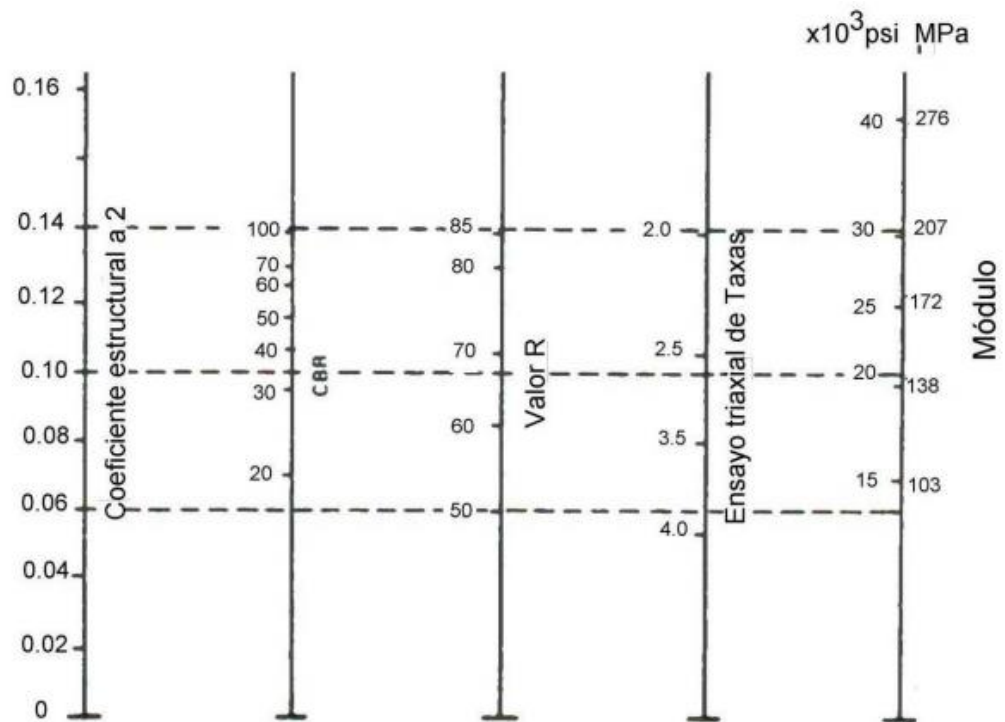


*Nota.* Guía AASHTO (1993), método AASTHO 1993

La figura 5 se emplea un instrumento gráfico, utiliza para calcular el componente estructural  $a_2$  correspondiente a la capa intermedia del pavimento. El nomograma, desarrollado por la AASHTO en 1993, ilustra la relación entre el coeficiente  $a_2$  de la capa de base granular y diversos parámetros de resistencia y calidad del material.

**Figura 5**

*Variación del coeficiente a2*

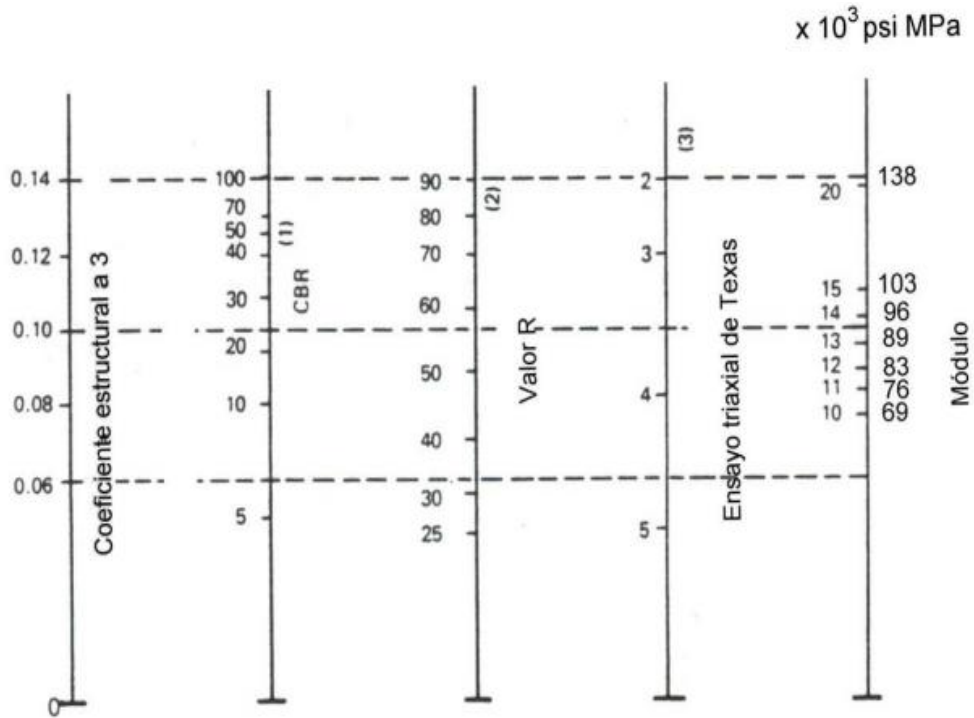


Nota. Guía AASHTO (1993), método AASHTO 1993.

La figura 6 se utiliza para determinar el elemento estructural en la capa de subbase granular  $a_3$ , utilizando el nomograma recomendado en la guía AASHTO de 1993.

**Figura 6**

Variación del coeficiente  $a_3$

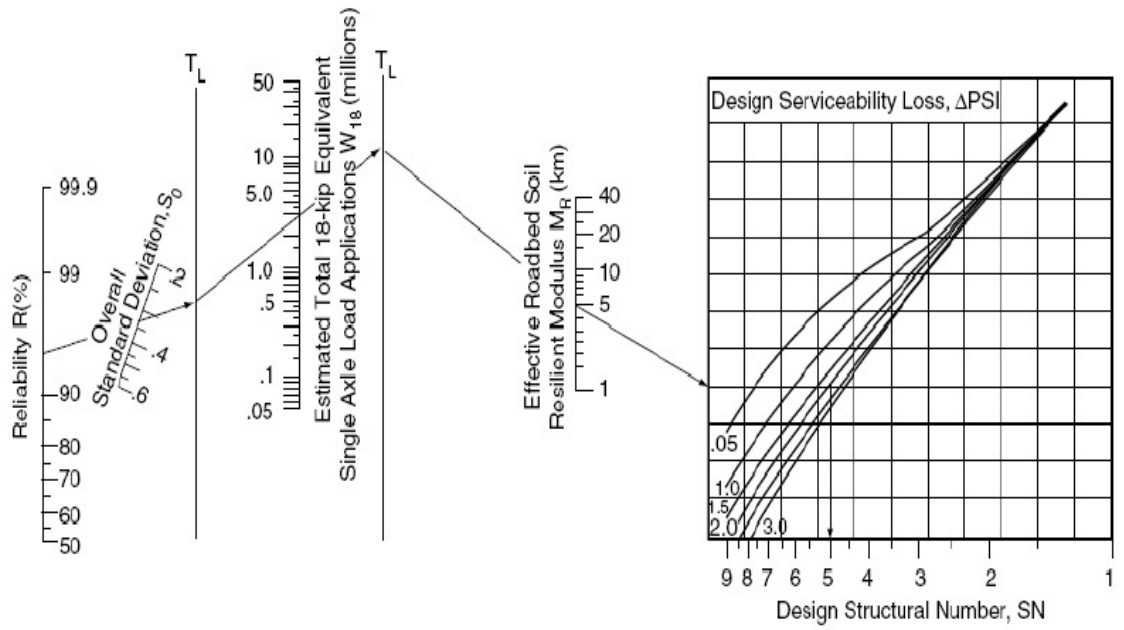


Nota. Guía AASHTO (1993), método AASHTO 1993

La figura 7 un nomograma es una herramienta gráfica diseñada para el dimensionamiento de pavimentos flexibles, empleando valores promedio para cada variable de entrada. Forma parte del *Manual AASHTO* de 1993 y se utiliza para cuantificar los diversos aspectos del diseño estructural del pavimento.

**Figura 7**

*Nomograma de diseño*



*Nota.* Guía AASHTO (1993), método AASHTO 1993.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO GEOLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO**

#### **3.1 Geología**

La zona de estudio se emplaza sobre depósitos aluviales del cuaternario reciente producto del desplazamiento de material por acción del río Caplina, a su vez, se ha identificado depósitos antrópicos producto del ser humano; a continuación, se describe de forma regional la estratigrafía de la zona de estudio. Ver anexo 4.

##### **3.1.1 *Deposito aluvial 1 (Q al 1)***

Son depósitos de sedimentos, cuyos aportes de material aluvial provienen generalmente de las partes altas conformada por la cordillera Occidental donde se emplaza el río Caplina. Estos depósitos aluviales son paquetes sedimentarios con dimensiones cuyo espesor vario desde algunos metros hasta decenas de metros. Bajo esta denominación, se ha cartografiado los depósitos de gravas y arenas que se encuentran en actual proceso de transporte y depositación de los ríos. Por lo general, estos depósitos se forman por el transporte de material a través de las quebradas, depositándose temporalmente en las márgenes de los ríos a la espera de un evento fluvial importante para ser nuevamente transportados a zonas más distales. Estos depósitos están constituidos por conglomerados, arenas y arcillas inconsolidadas que se intercalan entre ellas irregularmente. Los conglomerados están conformados por clastos mayormente volcánicos, con ocasionales clastos de areniscas y lutitas cuyas formas sub angulosas o

redondeadas y tamaño de diámetros varían conforme se aproximan a la línea de costa (INGEMMET, 2012).

### **3.2 Geomorfología**

La zona de estudio se emplaza sobre la estructura geomorfológica denominada cono aluvial, ha sido formado principalmente por el acarreo del río Caplina, con el aporte de las quebradas Honda y Hospicio. La acción erosiva del río Caplina ha sido muy intensa durante el cuaternario, habiendo cortado notablemente la planicie. A lo largo de su recorrido, presenta laderas con pendientes fuertes; pero, cerca al límite con las pampas costaneras, los valles se convierten en quebradas amplias y de suave pendiente la zona de estudio se emplaza en la parte media del valle. Ver anexo 6.

Los aspectos geomorfológicos se emplazan sobre las unidades geomorfológicas de piedemonte y terrazas, a su vez, sobre las sub unidades del vertiente o pie de monte aluvial y terraza indiferenciada respectivamente.

#### **3.2.1 Unidad de piedemonte**

Unidad genética correspondiente a una planicie inclinada con topografía de glacis se extiende al pie de sistemas montañosos y escarpes de altiplanicies, ha sido formado por la sedimentación de las corrientes de agua estacionales. Está constituido por sucesiones de abanicos aluviales y aluvio – diluviales, incluidos algunos conos de deyección de igual o diferente composición granulométrica, por influencia del río Caplina. Dentro de esta unidad, se ha identificado la sub unidad de vertiente o piedemonte aluvial (V – al).

- Subunidad de vertiente o piedemonte aluvial (V – al)

Unidad genética correspondiente a una planicie inclinada con topografía de glacis se extiende al pie de sistemas montañosos y escarpes de altiplanicies, ha sido formado por la sedimentación de las corrientes de agua estacionales. Está constituido por sucesiones de abanicos aluviales y aluvio – diluviales, incluidos algunos conos de deyección de igual o diferente composición granulométrica, por influencia del río Caplina.

### **3.2.2 Unidad de terrazas**

Constituyen depósitos convexos residuales acarreadas y depositadas en vertientes o laderas bajas y medias, engloba orígenes variados asociado a la gravedad, aguas superficiales, etc., y la pendiente como una condición determinante en su movilidad y acumulación de los materiales sueltos. Asociado al tiempo geológico del cuaternario, a su vez la vía se emplaza parcialmente sobre una terraza indiferenciada.

- Terraza indiferenciada (Ti)

Identifica a superficies planas, remanentes de anteriores niveles de sedimentación ubicadas por encima del nivel máximo de las aguas de un río, en las que no se puede determinar los diferentes niveles de terraza a partir del nivel actual de sedimentación, en nuestra zona de estudio se identifica en las quebradas S/N adyacentes al río Caplina.

### **3.3 Geología estructural**

#### **3.3.1 *Sistemas de fallas NE - SO***

En las pampas de la Yarada y en la ciudad de Tacna, se realizaron ensayos geofísicos que ponen en manifiesto la existencia en el sub suelo de fallas o lineamientos importantes, cuya tendencia está claramente definida hacia el NE – SO, interpretándose como fallas de tipo normal sub verticales (Martínez et al., 1996). Las secciones geolétricas SEV hechas por Martínez et al. (1996) muestran numerosas secciones o cortes geolétricos, en los cuales sugiere una diferenciación de materiales de acuerdo a las variaciones de resistividad.

Existen grandes saltos verticales entre materiales H1, H2, H3, ..., H6, que los autores consideran como fallas normales subverticales, que coincidentemente están en los cauces principales de las quebradas Caplina, Cauñani, Escritos, realizada con datos proporcionados en los cortes de Martínez et al. (1996), se aprecia la disposición de las fallas, con dirección promedio NO – SE, con buzamientos hacia el NO y SE. Ver anexo 1.

La interpretación estructural planteada por Martínez et al. (1996) da mayor información estructural bajo la superficie y demuestra la existencia del sistema de fallas NE – SO, calificado como un sistema de lineamientos, en el subsuelo; utilizando la información ofrecida por el método SEV usado por Martínez et al. (1996), se sugiere un sistema principal de fallas normales de dirección NE – SO.

### **3.3.2 Lineamiento Caplina**

En la figura, se puede observar un lineamiento principal de dirección NE -SO, al que denominaremos lineamiento Caplina. Este lineamiento se extiende desde la costa peruana hasta la Cordillera Occidental, encontrándose en el curso principal del río Caplina. En los estudios de geofísica realizados en pampas de La Yarada, Martínez et. Al. (1996), pone de manifiesto la existencia en sub suelo de fallas o trazas de falla que fueron identificados mediante estudios SEV, configurando una serie de fallas a las que determina como normales sub verticales que se extienden a lo largo de toda la quebrada de los ríos Caplina, Cauñani y Escritos.

La información de superficie hallada en los cuadrángulos de Pachía (36 -v) y Palca (36-x) en el sector Cruz de Pallagua, río Caplina (Acosta et al., 2011) demuestra con base a evidencias de campo fallas normales de dirección N<sup>o</sup> 40 con buzamiento de 57° al SE y la otra ubicada a 500 m río arriba con dirección N 55° con buzamiento de 75° al NO que corroborarían la presencia de las fallas normales propuestas por Martínez en las pampas de La Yarada.

## **CAPÍTULO IV**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 Tipo y diseño de la investigación**

##### **3.1.1 Tipo de investigación**

Este estudio es inherentemente correlacionado, ya que evalúa el nivel de relación entre las variables dependientes. Además, implica el uso de pruebas estadísticas, como pruebas de laboratorio.

##### **3.1.2 Diseño de la investigación**

Se desarrolló un plan de investigación de campo que abarcó la planificación, ejecución y análisis de resultados, utilizando métodos de recolección de datos específicos de la metodología estadística. El estudio involucra la recopilación de datos de pruebas de suelo para establecer el espesor adecuado en el diseño de pavimentos flexibles.

#### **3.1 Población y/o muestra de estudio**

##### **4.2.1 Población**

La zona de investigación se encuentra ubicada en el sector de la Asociación Agropecuaria José Olaya, en el distrito de La Yarada Los Palos, provincia de Tacna. En la tabla 14, se muestran las coordenadas de la zona de estudio, con DATUM WGS 84 – Zona 19S. Altitudinalmente, la zona de estudio se encuentra entre los 100 a los 200 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.).

**Tabla 12**

*Coordenadas de zona de estudio*

<b>Ubicación de la zona de estudios - Zona 19 S</b>			
<b>Vértice</b>	<b>Este (m)</b>	<b>Norte (m)</b>	
1	351200	7983800	
2	351200	7995000	
3	354200	7995000	
4	354200	7983800	

*Nota.* Datos extraídos del expediente técnico *Mejoramiento de la vía mejoramiento de la vía vecinal tramo: desde la Asociación Agropecuaria José Olaya hasta la vía Ta-645 del distrito de La Yarada Los Palos - provincia de Tacna - departamento de Tacna CUI 2538960.*

#### **4.2.2 Muestra**

El área de estudio abarca el distrito la Yarada Los Palos, siendo delimitada conforme a los planos de ubicación y zonificación correspondientes.

Se realizaron dos excavaciones de aproximadamente 1.5 metros de profundidad para obtener muestras representativas del suelo. Estas muestras, extraídas de cada calicata, fueron enviadas a un laboratorio especializado para su análisis detallado. La metodología empleada para la selección de los puntos de investigación y los procedimientos de muestreo se basó en una serie de normas y manuales reconocidos, incluyendo la Norma E.050, estándares ASTM, la Guía AASHTO 93, el *Manual de Carreteras*, el *Manual de inventarios viales* y el *Manual de ensayo de materiales*.

#### **4.2.3 *Variable independiente***

Agregar Cal

#### **4.2.4 *Variable dependiente***

Estabilización de la Subrasante

**Tabla 13**

*Operacionalización de variables*

<b>Hipótesis</b>	<b>Variables</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Escala</b>
El desarrollo de la propuesta permitirá la estabilización de subrasante agregando cal en la asociación José Olaya km 0+00 al km	Agregar cal	Se refiere al análisis del porcentaje de cal para para ello necesitamos las principales propiedades geotécnicas de la subrasante	Calcular los porcentajes adecuados para la estabilización	Porcentajes	5 %	Porcentaje	De razón
					10 %		
					15 %		

2+00 del distrito La Yarada Los Palos Tacna	Propuesta de estabilización de la subrasante	Alternativa de solución para la estabilización de la subrasante	Realizar ensayos de mecánica de suelos para determinar las propiedades geotécnicas de la subrasante	Clasificación	Granulometría	%	De razón
				Propiedades	MDS Humedad CBR	% g/cm3 %	
					Plasticidad	%	
					AASHTO	-	
					SUCS	-	

*Nota.* Operacionalización de las variables independiente y dependiente; se hizo a partir de la hipótesis general.

### **4.3 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos**

#### **4.3.1 Recolección de datos**

La recopilación de datos implicará la observación en campo. Además, se utilizará la observación en campo experimental para evaluar las propiedades físicas y mecánicas de las muestras recolectadas en el terreno.

#### **4.3.2 Técnicas**

Los ensayos físicos y mecánicos del suelo fueron llevados a cabo en un laboratorio, donde técnicos supervisaron el proceso utilizando las normativas de la American Society for Testing and Materials (ASTM) y las Normas Técnicas del Perú (NTP).

#### **4.3.3 Instrumentos y equipos**

Los instrumentos y equipos para el estudio de la subrasante de Vía vecinal José Olaya hasta la vía TA – 645 del distrito de La Yarada Los Palos - Tacna, en el tramo del Km 0+000 – Km 2+000, de la vía vecinal José Olaya hasta la vía TA – 645.

##### **4.3.3.1 Instrumentos y equipos utilizados en campo.**

- Cámara fotográfica
- Libreta de campo
- Lampa
- Sacos

##### **4.3.3.2 Instrumentos utilizados en el laboratorio.**

- Set de tamices
- Horno

- Balanza
- Recipientes
- Prensa CBR
- Accesorios y otros.

#### **4.4 Procesamiento y análisis de datos**

La fase inicial en campo incluyó el reconocimiento de la zona de intervención, zonas donde la subrasante no era estable, con un total de 2 calicatas realizadas en puntos estratégicos.

Luego, se realiza ensayos geotécnicos a las muestras obtenidas en campo. Posteriormente, de acuerdo a los resultados obtenidos, se realiza la estabilización de la subrasante agregando cal, para obtener una subrasante adecuada y que cumpla con las normas establecidas.

Seguidamente, se llevó a cabo la recopilación de datos, seguida por el análisis mediante cuadros y dibujos para calcular los valores del ESAL de diseño y el CBR. Estos cálculos son fundamentales para identificar el tipo de vía adecuado para el proyecto.

Basándose en los resultados de ESAL y CBR obtenidos, se procede a diseñar el pavimento asfáltico utilizando la metodología AASHTO 93, conforme a los parámetros establecidos en la Norma Técnica CE.010 para pavimentos urbanos.

Por último, se determinan los espesores de la estructura del pavimento asfáltico para asegurar que la estabilización de la subrasante de la Vía vecinal José Olaya hasta la vía TA – 645 del distrito de La Yarada Los

Palos - Tacna cumpla con las condiciones de servicio requeridas, según los estudios y características del terreno investigado.

## CAPÍTULO V

### ESTUDIO DE LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUB RASANTE

#### 5.1 Aspectos generales

##### 5.1.1 Ubicación

La zona de investigación se encuentra ubicada en el sector de la Asociación Agropecuaria José Olaya, en el distrito de La Yarada Los Palos, provincia de Tacna, tal como se aprecia en la figura 8. Ver anexo 3.

**Figura 8**

*Ubicación*



*Nota.* Sistema de georreferenciación WGS 84 Zona 19 S.

### **5.1.2 Accesibilidad**

Para acceder a la zona de estudio, se parte desde la ciudad de Tacna (Centro Cívico), hacia el inicio de la carretera Tacna – Arica en una longitud de 3.80 Km, para recorrer la carretera costanera Tacna – Arica en una longitud de 20 +100,00 Km. Para luego girar a la derecha por la carretera Vecinal TA – 644 en una longitud de 09 +380,00 Km y girar a la izquierda y recorrer una longitud de 2,32 Km hasta llegar a la Asociación Agropecuaria José Olaya (punto de inicio de la carretera vecinal proyectada) ubicada en el distrito de La Yarada Los Palos.

### **5.1.3 Clima**

La franja costera se caracteriza por su topografía plana, extendiéndose desde el borde marítimo hasta los primeros contrafuertes occidentales de la cordillera andina, alcanzando generalmente una altitud de 1000 metros sobre el nivel del mar. Este límite altitudinal se define por la influencia de la capa atmosférica marina, cuya presencia se manifiesta a través de fenómenos como nieblas, brumas y precipitaciones ligeras. Estos eventos meteorológicos son particularmente notorios durante las horas nocturnas y al amanecer, predominando en las temporadas otoñales e invernales.

Según el mapa de zonificación climática del Perú, elaborado por SENAMHI utilizando la metodología de Warren Thornthwaite, el área en cuestión se clasifica como E(d) B'1 H3. Esta designación indica un entorno árido y semicálido, con temperaturas promedio que oscilan entre 16°C y

23°C. La región se caracteriza por una marcada escasez de precipitaciones a lo largo del año, aunque mantiene un nivel de humedad relativa considerado como húmedo. Es importante mencionar que, contrariamente a la tendencia general, en los meses de febrero de 2019 y 2020, se registraron episodios de lluvia de intensidad moderada a fuerte en la localidad de Tacna, en 2019 ocasionó inundaciones y aniegos donde se vio afectada la red de alcantarillado, 2020 se activaron las quebradas Caramolle y Del Diablo; con ello, el flujo de lodos que afectaron a zonas aledañas a dichas quebradas, los eventos meteorológicos suscitados en los años 2019 y 2020 son atípicos en la ciudad de Tacna.

#### **5.1.4 *Relieve y altitud***

El relieve de la zona de estudio se caracteriza por presentar una intensa erosión, que es el resultado del modelado que sufrió durante época del Pleistoceno, donde las crisis climáticas provocaron en las estaciones húmedas una intensa actividad hídrica con precipitaciones y escorrentías superficiales violentas que actuaron en un basamento rocoso diferencial muy fracturado por la actividad tectónica del pasado y la alteración del macizo rocoso, que originó un relieve irregular donde los flancos de las quebradas principales así como las secundarias presentan pendientes de baja a alta, observable a lo largo del cauce río Caplina, el curso del río Caplina, el curso del río tiene rumbo promedio de S 35 O. Cabe resaltar que la zona de estudio se ubica sobre un gran cono aluvial debido al acarreo del río.

## 5.2 Estudio geotécnico de la subrasante

El propósito de esta etapa del estudio fue identificar los puntos de excavación del tramo analizado. Se realizaron dos calicatas de acuerdo a la tabla 4.1 Número de calicatas para la exploración de suelos, *Manual de carreteras* del MTC, ya que la carretera es de bajo volumen de tránsito esto se entiende que el  $IMDA \leq 200$  veh/día, de una calzada.

Las calicatas se efectuaron el 14 de octubre del 2023, con dos cuadrillas compuestas por dos integrantes cada una, trabajando desde las 11 de la mañana hasta las cuatro de la tarde.

Cada calicata tuvo una profundidad de 1,5 metros, siguiendo las indicaciones del manual de ensayo de materiales.

Se establecieron dos puntos, ver anexo 2, para llevar a cabo las calicatas. Las calicatas realizadas se presentan en las figuras 8.

### Figura 9

#### Calicata 01 y 02



Nota. Se observas las dos calicatas realizadas.

### **5.2.1 *Procesamiento y análisis en laboratorio***

Se realizaron dos perfiles estratigráficos, ver anexo 1. Posteriormente, se realizaron pruebas a cada una de las muestras recolectadas, es decir:

- Análisis granulométrico por tamizado
- Prueba del Proctor modificado
- Ensayo de CBR

### **5.2.2 *Procesamiento y gabinete***

En la investigación, se llevaron a cabo dos excavaciones (calicatas) para realizar los ensayos y se determinó la clasificación según SUCS (ASTM D-2487) y AASHTO. Los resultados obtenidos se presentan en el ítem 4.3.

- Unidad experimental: Subrasante de la Vía vecinal José Olaya hasta la vía TA – 645 del distrito de la Yarada los Palos-Tacna, 0+000 Km a 2+000 Km.
- Tratamientos: Ensayos de laboratorio y estabilización de la subrasante.
- Factores fijos: Normativa técnica y reglamentos
- Variable de respuesta: Determinación de los parámetros de estabilización y diseño estructural del pavimento.

### **5.3 *Estabilización de la subrasante agregando cal***

Existen muchos métodos para determinar el porcentaje óptimo de cal, y la eficacia de cada uno depende de la experiencia de quien lo aplique. Aunque la mayoría de estas técnicas carecen de estandarización por parte

de la ASTM, destaca el procedimiento ASTM D-6276-03, concebido por Eades y Grim, por su practicidad y confiabilidad. Esta metodología permite calcular la relación adecuada entre suelo y cal para optimizar la capa inferior del pavimento. Se considera óptima aquella proporción que logre potenciar las propiedades inherentes del terreno.

### **5.3.1 Procedimiento del método de Eades y Grim**

El procedimiento de esta prueba incluye los siguientes pasos básicos:

- a) Preparación de la muestra de suelo
  - Se selecciona una muestra representativa del suelo a evaluar, que debe estar seca y pasada por un tamiz específico N.º 40 (Según la norma ASTM D -6276 -03).
  - La muestra debe estar completamente pulverizada para garantizar un contacto uniforme con la cal.
  
- b) Preparación de la mezcla
  - Se coloca una cantidad medida de suelo y se le agrega una cantidad específica de cal (según la norma ASTM D-6276 -03) entre el 1 % y el 6 % en peso de suelo, dependiendo del proyecto).
  - Se mezcla la cal con el suelo y se añade agua destilada o desionizada hasta formar una pasta homogénea.
  
- c) Medición del pH
  - Se introduce un electrodo de pH en la mezcla y se mide el pH inmediatamente después de preparar la mezcla.

- La lectura del pH debe realizarse rápidamente, ya que el pH tiende a estabilizarse después de un tiempo corto.

d) Interpretación de los resultados:

- Si el pH de la mezcla de suelo y cal es igual o superior a 12,4, se considera que el suelo es reactivo a la cal; por lo que puede estabilizarse adecuadamente mediante su uso.
- Si el pH es inferior a 12,4, el suelo no es suficientemente reactivo y la cal puede no ser efectiva para su estabilización; por lo que podría requerirse otro tipo de estabilizante o tratamiento.

En la figura 10, se muestra el método realizado por Eades y Grim, para hallar el porcentaje óptimo para estabilización de suelos.

**Figura 10**

*Cálculo del % CAL*



*Nota.* Eades y Grim, cálculo del porcentaje óptimo de CAL.

#### **5.4 Análisis geotécnico de la subrasante estabilizada**

Teniendo el porcentaje óptimo de cal en esta etapa de estudio se identificó las características geotécnicas de la subrasante estabilizada para lo cual seguimos el siguiente procedimiento:

##### **5.4.1 Procesamiento y análisis en laboratorio**

Se realizaron pruebas a cada una de las muestras con el porcentaje óptimo de cal, es decir:

- Análisis granulométrico por tamizado
- Prueba del Proctor modificado
- Ensayo de CBR

#### **5.4.2 *Procesamiento y gabinete***

En esta etapa, se procesa la información y se determinó la clasificación según SUCS (ASTM D-2487) y AASHTO. Los resultados obtenidos se presentan en el siguiente capítulo.

### **5.5 *Estudio del tráfico***

#### **5.5.1 *Trabajo de campo***

Previo a la ejecución de los trabajos de campo, se determinaron preliminarmente los puntos de aforo en gabinete. También se realizó una visita al campo para establecer la ubicación final de estos puntos in situ. Los aforos se llevaron a cabo durante siete días en cada punto, con una duración de 24 horas para cada conteo.

#### **5.5.2 *Trabajo de gabinete***

El procesamiento de los datos recogidos en campo se realizó completamente en gabinete, utilizando el programa Microsoft Excel para analizar los resultados gráficamente y mejorar su visualización. El trabajo en gabinete incluyó el procesamiento de la información en hojas de cálculo, donde se obtuvieron resultados sobre las variaciones horarias de los flujos durante el día, el flujo máximo en la hora punta y el IMDS para cada punto de aforo considerado.

#### **5.5.3 *Análisis de la información y obtención de resultados***

Tras la conclusión de las actividades tanto en el terreno como en la oficina, se inicia la fase de interpretación de los datos recopilados. Se examina de manera general la red vial existente, considerando los aforos

realizados, y se obtienen los siguientes indicadores para el diseño final del proyecto.

- Clasificación vehicular
- Índice medio diario (IMDs)
- Horas pico y flujos críticos (VMD y VMH)

#### **5.5.4 Cronograma de conteos**

Los trabajos de campo se llevaron a cabo desde el lunes 23 hasta el domingo 29 de agosto de 2023, contando con la participación de 02 técnicos y un especialista en tráfico.

#### **5.5.5 Metodología para hallar el promedio diario anual (IMDA)**

La densidad vehicular promedio se calcula como la cantidad global de vehículos que transitan durante un intervalo específico (considerando jornadas completas), que no supera el año, dividida entre el número de días que abarca dicho periodo de observación.

Índice medio diario anual (IMDA): Es una medida comúnmente utilizada para evaluar el flujo vehicular. Se aplica para caracterizar el tránsito en ausencia de congestión y en el diseño de pavimentos. Este valor, expresado en vehículos por día, se incluye generalmente en los modelos de deterioro de pavimentos. Los vehículos pueden pertenecer a una agrupación general de categorías o a categorías específicas.

**5.5.5.1 Tráfico medio diario semanal.** Para procesar los datos de conteos clasificados, se realizó lo siguiente:

Para estaciones de siete días:

$$IMDS = \left( \frac{dl+ds}{7} \right) \quad (8)$$

Donde:

- IMDs = Índice medio diario semanal
- dl = Conteo en los días laborales
- ds = Conteo en los días sábado o domingo

**5.5.5.2 Índice medio diario anual.** Para procesar los datos de conteos clasificados, se realizó lo siguiente:

Para estaciones de siete días:

$$IMDA = IMDS \times F. C. \quad (9)$$

Donde:

- IMDA = Índice medio diario anual
- IMDS = Índice medio diario semanal
- FC = Factor de corrección estacional

**5.5.5.3 Factores de corrección estacional (FC).** Considerando que la medición del tráfico se realizó durante un periodo de siete días, y nuestro objetivo es proyectar el patrón de circulación a lo largo de un año para obtener el índice medio diario anual (IMDA), es imprescindible aplicar coeficientes de ajuste. Estos factores permiten extender los datos recopilados en esa muestra semanal a una estimación representativa del flujo vehicular durante todo el año.

Este factor se estimó basándose en la información disponible proporcionada por la OPMI-MTC, correspondiente al peaje de Pozo

Redondo. La Unidad de Peaje de Pozo Redondo, ubicada en el KM 320 de la Carretera Costanera Sur (PE-1S D), es la más representativa para la carretera en estudio.

Para calcular el FC, se puede emplear la siguiente expresión matemática basada en la información disponible.

$$FC = \frac{\text{IMD anual}}{\text{IMD del mes del estudio de la unidad de PEAJE}} \quad (10)$$

Donde:

- FC m = Factor de corrección mensual clasificado por cada tipo de Veh.
- IMD = Volumen Promedio Diario Anual clasificado de la Unidad de Peaje.
- IMD e = Volumen Promedio Diario, del mes en la Unidad de Peaje.

La tabla 14 muestra el factor de corrección estacional del mes de agosto en la unidad de peaje de Pozo Redondo.

**Tabla 14**

*Factor de corrección estacional*

Punto de control	Unidad de peaje asumida	Código de puntos de control	F.C Veh. Ligeros	F.C Veh. pesados
PE 1S (Carretera costanera Sur)	Pozo Redondo	E1	0,923489	1,026472

*Nota.* Solo se utilizó una estación E-01, para el conteo de vehículos.

### 5.5.6 Puntos de aforo considerado

Para recopilar la información requerida, se ha considerado un punto de aforo, que se muestra en la tabla 15 y ubicado de manera estratégica como indica la figura 10.

**Tabla 15**

*Ubicación de puntos de aforo*

Código	Ubicación	Ruta	Distrito
EA - 01	Vía proyectado progresiva 00+000,00	Vía vecinal	La Yarada Los Palos

*Nota.* Solo se utilizó una estación E-01, para el conteo de vehículos.

**Figura 11**

*Ubicación de E - 01*



*Nota.* Imagen satelital de la E- 01 extraída de Google Earth.

## **5.6 Método ASSHTO**

### **5.6.1 Análisis de tráfico**

El análisis del flujo vehicular tiene como objetivo cuantificar, categorizar y comprender el volumen de tránsito en el segmento de vía bajo estudio. Esta evaluación es fundamental para establecer los parámetros de diseño de la estructura del pavimento. Al recopilar datos sobre la frecuencia, tipos y patrones de circulación de vehículos, los ingenieros pueden dimensionar adecuadamente la carretera.

Índice medio diario anual (IMDA): Esta métrica se considera el indicador más utilizado para cuantificar el movimiento de vehículos. Su aplicación es fundamental en dos contextos principales: para describir el flujo de tráfico en condiciones de circulación fluida y para la planificación estructural de las capas del pavimento. Este parámetro juega un papel crucial en los modelos que predicen el desgaste de las superficies viales y se expresa como la cantidad de vehículos que circulan en un día. La clasificación de estos vehículos puede realizarse de manera amplia, agrupándolos en categorías generales, o de forma más detallada, diferenciándolos en tipos específicos.

El estudio de la vía se desarrollará en un punto de conteo E-01 que se ubica en el tramo de estudio, tal como indica la tabla 16.

**Tabla 16***Identificación del tramo de estudio*

Estación	Ubicación	Distrito	Coordenadas	
			Norte	Este
E-01	PE-1S (Carretera costanera Sur)	La Yarada los Palos	311428.407 m	8069358.025 m

*Nota.* Datos extraídos del expediente técnico “Mejoramiento de la vía vecinal tramo: desde la Asociación Agropecuaria José Olaya hasta la vía Ta-645 del distrito de La Yarada Los Palos - provincia de Tacna - departamento de Tacna” CUI 2538960.

**5.6.2 Cálculo de IMDA**

En la tabla 17, se muestra el conteo vehicular, realizado en la estación E – 01, en los cuales se muestra el tráfico actual por tipo de vehículo.

**Tabla 17***Conteo vehicular*

Tipo de vehículo	IMD	Distribución (%)
Automóvil	22	16,79 %
Station Wagon	15	11,45 %
Camioneta Pick Up	17	12,98 %
Camioneta Panel	9	6,87 %
C.R	11	8,40 %
Micro	4	3,05 %
Bus Grande 2E	2	1,53 %
Bus Grande 3E	0	0,00 %
Camión 2E	23	17,56 %
Camión 3E	15	11,45 %

Camión 4E	9	6,87 %
Semi Trayler		3,05 %
2S1/2S2	4	
IMD	131	100,00 %

*Nota.* Datos extraídos del expediente técnico *Mejoramiento de la vía mejoramiento de la vía vecinal tramo: desde la Asociación Agropecuaria José Olaya hasta la vía Ta-645 del distrito de La Yarada Los Palos - provincia de Tacna - departamento de Tacna CUI 2538960.*

### **5.6.3 Metodología de cálculo de ESAL**

#### **5.6.3.1 Datos de ESAL proyectado (vehículos ligeros).**

- Tasa de crecimiento (r) =1,50 %
- Factor Direccional (fd) = 0,50
- Proyección en años (n) =10 años
  - Factor Carril (fc) = 1.00
  - Factor de Crecimiento (G) =10.703

#### **5.6.3.2 Datos de ESAL proyectado (vehículos pesados)**

- Tasa de crecimiento (r) =2,88 %
- Factor Direccional (fd) = 0,50
- Proyección en años (n) =10 años
- Factor Carril (fc) = 1,00
- Factor de Crecimiento (G) =11,401

En la tabla 18, se muestra el cálculo de ESAL, realizado de acuerdo al IMDA.

**Tabla 18***Cálculo de ESAL*

Descripción	Tipo de vehículo	Carga		FECV	IMDA FECV	Factor de crecimiento	IMDA		Fd	Fc	Días	EE
		IMDA	de veh Eje				FECV	FC				
Autos, Taxis, Camionetas y Micros	Varios	87	1,00	0,0005	0,05	10,7027	0,4935	1	1	365	89,56	
Bus Grande 2E		B2	2	7,00	1,2654	2,53	11,4007	28,8529	1	1	365	5265,53
Camión 2E	C2	2	11,00	3,2383	6,48	11,4007	73,8378	1	1	365	13475,37	
		28	7,00	1,2654	35,43	11,4007	403,9405	1	1	365	73717,37	
Camión 3E	C3	28	11,00	3,2383	90,67	11,4007	1033,7288	1	1	365	188655,2	
		18	7,00	1,2654	22,78	11,4007	259,6760	1	1	365	47389,74	
Camión 4E	C4	18	18,00	2,0192	36,35	11,4007	414,3653	1	1	365	75622,35	
		10	7,00	1,2654	12,65	11,4007	144,2645	1	1	365	26327,63	
Semi Trayler 2S1/2S2	T2S1	10	23,00	1,5082	15,08	11,4007	171,9454	1	1	365	31379,76	
		4	7,00	1,2654	5,06	11,4007	57,7058	1	1	365	10531,05	
		4	11,00	3,2383	12,95	11,4007	147,6755	1	1	365	26950,74	
		4	11,00	3,2383	12,95	11,4007	147,6755	1	1	365	26950,74	

*Nota.* Datos extraídos del expediente técnico *Mejoramiento de la vía mejoramiento de la vía vecinal tramo: desde la Asociación Agropecuaria José Olaya hasta la vía Ta-645 del distrito de La Yarada Los Palos - provincia de Tacna - departamento de Tacna CUI 2538960.*

#### 5.6.4 Cálculo de CBR de diseño

La metodología recomendada por el Instituto del Asfalto para determinar el C.B.R. de diseño de un tramo específico es el método de los percentiles. En las áreas donde el C.B.R. es inferior al valor de diseño, se sugiere mejorar los suelos reemplazándolos con otros que tengan una capacidad de soporte superior al C.B.R. de diseño.

**Tabla 19**

*CBR estabilizado.*

<b>Calicata</b>	<b>CBR %</b>
C - 01	23,6
C - 02	22,5

*Nota.* Resultados del CBR estabilizado.

Una vez definido el valor de CBR de diseño, que para este caso será el promedio 23,05 %, se clasificará a que categoría de subrasante pertenece el sector o subtramo, según la tabla 22, tal como lo indica el manual de suelos y pavimentos.

**Tabla 20**

*Categorías de subrasantes*

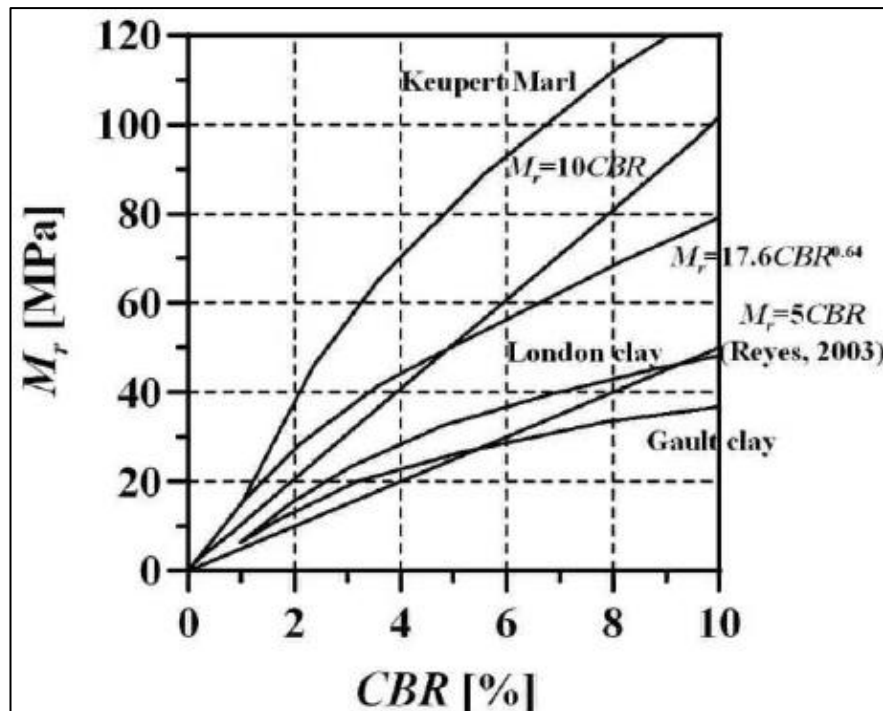
<b>Categorías de subrasantes</b>	<b>CBR %</b>
S0: Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S1: Subrasante Pobre	3 % > CBR < 6 %
S2: Subrasante Regular	6% > CBR < 10 %
S3: Subrasante Buena	10% > CBR < 20 %
S4: Subrasante muy Buena	20% > CBR < 30 %
S5: Subrasante Excelente	CBR > 30 %

*Nota.* Extraído del *Manual de carreteras* del MTC 2014.

**5.6.4.1 Módulo resiliente para pavimento flexible.** El módulo resiliente se ha calculado utilizando correlaciones empíricas estudiadas por diversas agencias y fuentes extranjeras actuales, las cuales son lo suficientemente precisas, como se muestra en la gráfica adjunta.

**Figura 12**

*Correlación CBR y Mr.*



*Nota. Manual de diseño de pavimentos, método AASTHO 93.*

El módulo resiliente es una medida que caracteriza cómo responde y se comporta el suelo de cimentación dentro de sus límites elásticos cuando se somete a cargas dinámicas producidas por el tráfico vehicular. Aunque su determinación precisa requiere pruebas especializadas, en esta investigación se optó por un método indirecto. Los valores del módulo resiliente se

obtuvieron a partir de los resultados de ensayos C.B.R. (California Bearing Ratio), siguiendo el estándar ASTM D 1883. Específicamente, se utilizó el C.B.R. promedio como dato de entrada para los cálculos.

$$Mr(\text{psi}) = 2555 \times CBR^{0.64} \quad (11)$$

- Para todo valor de CBR
- Mr: Módulo resiliente del estrato

Por lo tanto, de manera indirecta a partir de ensayos C.B.R. (ASTM D-1883) (C.B.R. promedio), utilizando fórmulas matemáticas que aparecen en la guía de diseño mecanístico-empírico del NCHRP1, denominada AASHTO 2008, la tabla 21 indica el cálculo del módulo de resiliencia.

**Tabla 21**

*Módulo de resiliente*

Tramo	Sector (Km)		Promedio	
			CBR promedio	Mr (psi)
Tramo	0+000	02+000	23,05 %	19 032,7

*Nota.* Cálculo de módulo resiliente con el resultado del CBR estabilizado.

### **5.6.5 Confiabilidad**

Es una forma de incorporar grados de certeza o incertidumbre. En la fase de planificación, se determina un nivel de confianza para garantizar que el tramo de carretera diseñado responda eficazmente a las demandas del tráfico y a las condiciones del entorno durante el tiempo previsto de servicio. La relevancia de la vía es un factor determinante en esta decisión, con porcentajes que oscilan desde un 50 % para caminos de uso local hasta un 99,9 % para las arterias principales del país.

La confiabilidad no se ingresa directamente en la ecuación de diseño; en su lugar, se debe utilizar el coeficiente estadístico conocido como desviación normal estándar ( $Z_r$ ).

**Tabla 22**

*Nivel de confiabilidad*

Tipo de caminos	Tráfico	Ejes equivalentes acumulados		Nivel de confiabilidad (R)
Caminos de bajo volumen de tránsito	Tp 0	100,000	150,000	65 %
	Tp 1	150,001	300,000	70 %
	Tp 2	300,001	500,000	75 %
	Tp 3	500,001	750,000	80 %
	Tp 4	750,001	1 000,000	80 %

*Nota.* Valores recomendados de nivel de confiabilidad para una sola etapa de diseño (10 a 20 años) según rango de tráfico, método AASTHO 1993

La confiabilidad de acuerdo a nuestro rango de tráfico (Ejes Equivalentes Acumulados) es de 80 %.

#### **5.6.6 Coeficiente estadístico de desviación estándar normal ( $Z_R$ )**

El factor  $Z_r$ , conocido como desviación estándar normal, es un indicador estadístico que refleja el nivel de confianza seleccionado para un grupo de información que se ajusta a una curva de distribución gaussiana. Este coeficiente permite cuantificar la fiabilidad de los datos en el contexto de un análisis probabilístico.

La tabla 23 representa la confiabilidad elegida para datos de acuerdo a una distribución normal. De acuerdo a nuestro nivel de confiabilidad para

nuestro caso el coeficiente estadístico de desviación estándar normal es de -0,842.

**Tabla 23**

*Desviación estándar normal*

<b>Tipo de caminos</b>	<b>Tráfico</b>	<b>Ejes equivalentes acumulados</b>		<b>Desviación estándar normal (Zr)</b>
Caminos de bajo volumen de tránsito	Tp 0	100,000	150,000	-0,385
	Tp 1	150,001	300,000	-0,524
	Tp 2	300,001	500,000	-0,674
	Tp 3	500,001	750,000	-0,842
	Tp 4	750,001	1,000,000	-0,842

*Nota.* Coeficiente estadístico de la desviación estándar normal (Zr) para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según el nivel de confiabilidad seleccionado y el rango de tráfico, método AASTHO 1993.

### **5.6.7 Desviación estándar combinada (So)**

La dispersión global ( $S_o$ ) es un parámetro que engloba las posibles fluctuaciones en las estimaciones de tráfico y otros elementos que influyen en el desempeño de la estructura vial. Estos factores abarcan desde las técnicas de construcción y las condiciones ambientales hasta las limitaciones inherentes al modelo predictivo. En sus directrices, la AASHTO sugiere que, para pavimentos flexibles, este valor oscile entre 0,40 y 0,50. En el contexto de este proyecto específico, se ha optado por emplear un valor intermedio de 0,45, siguiendo las pautas establecidas en el *Manual de carreteras*, concretamente en el apartado dedicado a suelos y pavimentos.

### **5.6.8 Índice de serviciabilidad**

La funcionalidad de una superficie vial se define por su aptitud para acomodar el flujo vehicular, independientemente de si se trata de automóviles ligeros o vehículos de gran tonelaje. Esta característica se cuantifica mediante el índice de serviciabilidad presente (PSI), una escala que va desde 0, representando una vía completamente intransitable, hasta 5, que indica una carretera en óptimas condiciones.

En la práctica ingenieril actual, se asignan valores iniciales de serviciabilidad diferentes según el tipo de superficie:

- a) Para vías con capa asfáltica, se establece un valor inicial ( $p_1$ ) de 3,80.
- b) En el caso de carreteras con tratamiento superficial bicapa, se utiliza un valor inicial de 3,50.

**5.6.8.1 Serviciabilidad inicial ( $P_i$ ).** La serviciabilidad inicial ( $P_i$ ) se refiere al estado de una carretera recién construida. A continuación, en la tabla 24, se presentan los índices de serviciabilidad inicial para diferentes tipos de tráfico.

**Tabla 24***Serviciabilidad inicial (Pi)*

<b>Tipo de caminos</b>	<b>Tráfico</b>	<b>Ejes equivalentes acumulados</b>		<b>Índice de serviciabilidad inicial (Pi)</b>
Caminos de bajo volumen de tránsito	Tp 0	100,000	150,000	3,80
	Tp 1	150,001	300,000	3,80
	Tp 2	300,001	500,000	3,80
	Tp 3	500,001	750,000	3,80
	Tp 4	750,001	1000,000	3,80

*Nota.* De acuerdo a nuestro tipo de tráfico el índice de serviciabilidad inicial (Pi) es de 3,80, método del AASTHO 1993.

**5.6.8.2 Serviciabilidad final o terminal.** La serviciabilidad terminal (Pt) es el estado de una carretera que ha llegado al punto en que requiere algún tipo de rehabilitación o reconstrucción. En la tabla 25, se presentan los índices de serviciabilidad final para diferentes tipos de tráfico.

**Tabla 25***Serviciabilidad final*

<b>Tipo de caminos</b>	<b>Tráfico</b>	<b>Ejes equivalentes acumulados</b>		<b>Índice de serviciabilidad final (Pt)</b>
Caminos de bajo volumen de tránsito	Tp 0	100,000	150,000	2,00
	Tp 1	150,001	300,000	2,00
	Tp 2	300,001	500,000	2,00
	Tp 3	500,001	750,000	2,00
	Tp 4	750,001	1000,000	2,00

*Nota.* De acuerdo al método AASTHO 1993, el tipo de tráfico el índice de serviciabilidad final (Pt) es de 2,00.

**5.6.8.3 Variación de serviciabilidad.** ( $\Delta$ PSI) es la diferencia entre la serviciabilidad inicial y terminal, tal como se detalla en la tabla 26, asumida para el pavimento proyectado.

**Tabla 26**

*Variación de serviciabilidad*

<b>Tipo de caminos</b>	<b>Tráfico</b>	<b>Ejes equivalentes acumulados</b>		<b>Diferencial de serviciabilidad (PSI)</b>
Caminos de bajo volumen de tránsito	Tp 0	100,000	150,000	1,80
	Tp 1	150,001	300,000	1,80
	Tp 2	300,001	500,000	1,80
	Tp 3	500,001	750,000	1,80
	Tp 4	750,001	1000,000	1,80

*Nota.* De acuerdo al método AASTHO 1993 nuestro tipo de tráfico el diferencial de serviciabilidad es de 1,80.

### **5.6.9 Coeficiente de drenaje**

Representa la relación entre la calidad del drenaje en la vía y el porcentaje de tiempo (durante el periodo de diseño) en que las capas granulares estarán expuestas a niveles de humedad cercanos a la saturación. En la tabla 27 "Valores de coeficiente de drenaje", se muestran los valores recomendados para ajustar los coeficientes de las capas granulares (base y subbase) según la humedad.

**Tabla 27***Coeficiente de drenaje*

Calidad del Drenaje	P % del tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercano a la saturación			
	Menor que 1 %	1 % - 5 %	5 % - 25 %	Mayor que 25 %
Excelente	1,40 – 1,35	1,35 – 1,25	1,30 – 1,20	1,20
Bueno	1,35 – 1,25	1,25 – 1,15	1,15 – 1,00	1,00
Regular	1,25 – 1,15	1,15 – 1,05	1,00 – 0,80	0,80
Pobre	1,15 – 1,05	1,05 – 0,80	0,80 – 0,60	0,60
Muy pobre	1,05 – 0,95	0,95 – 0,75	0,75 – 0,40	0,40

*Nota.* Valores recomendados del coeficiente de drenaje (m) para bases y subbases granulares no tratadas en pavimentos flexibles MTC 2014.

#### **5.6.10 Periodo de diseño**

El periodo de diseño utilizado para el cálculo de la estructura del pavimento es de 15 años. Se realizará un diseño para dicho periodo.

#### **5.6.11 Número estructural requerido (SNR)**

La información recopilada y analizada se introduce en la fórmula de diseño establecida por AASHTO para obtener el número estructural. Este valor es un indicador que representa el grosor total requerido para el pavimento. Esta conversión se realiza aplicando la siguiente ecuación.

$$a_1 \cdot d_1 + a_2 \cdot d_2 \cdot m_2 + a_3 \cdot d_3 \cdot m_3 \quad (12)$$

Donde:

- A1, a2 y a3 = Coeficiente estructural de las capas: superficial, base y subbase, respectiva.

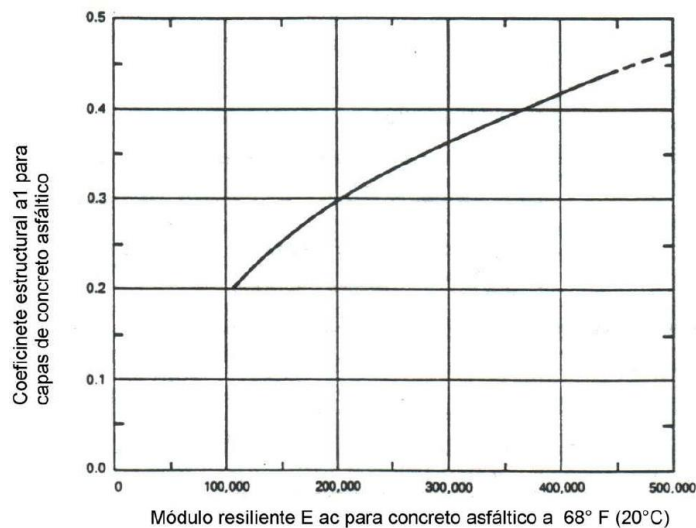
- D1, d2 y d3 = Espesores (en centímetros) de las capas: superficial, base y sub base, respectivamente.
- M1 y m2 = Coeficiente de drenaje para las capas de base y sub base, respectivamente.

La metodología AASHTO reconoce que la ecuación para el número estructural (SN) no conduce a una solución única. En su lugar, ofrece la flexibilidad de múltiples configuraciones de espesores para las capas del pavimento, todas ellas capaces de satisfacer los requisitos de diseño.

**5.6.11.1 Cálculo de coeficiente estructural de la carpeta asfáltica.** La figura 13 detalla la carta para calcular el coeficiente estructural de concreto asfáltico de gradación densa MTC.

**Figura 13**

*Coeficiente estructural carpeta asfáltica*



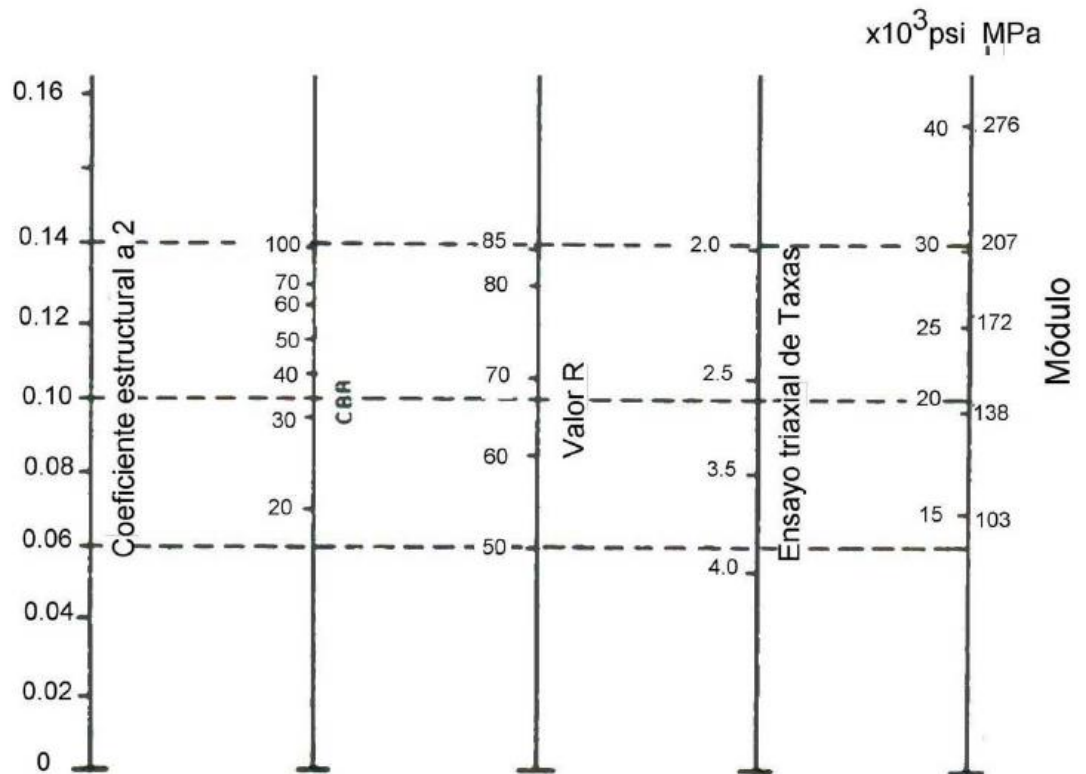
*Nota.* Carta para calcular el coeficiente estructural de concreto asfáltico de gradación densa *Manual de carreteras* MTC 2014.

### 5.6.11.2 Cálculo de coeficiente estructural de la base granular.

La figura 14 detalla la variación del coeficiente de capa de base granular (a2) con la variación de los parámetros de resistencia.

**Figura 14**

*Coeficiente de base granular*

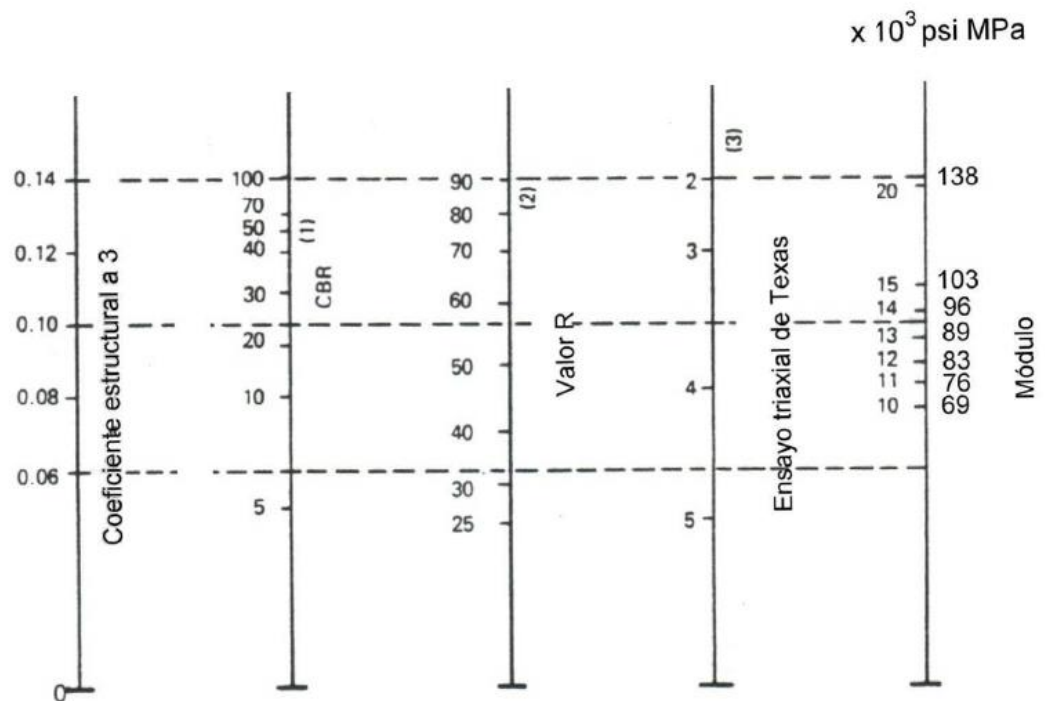


*Nota.* Variación del coeficiente de capa de base granular ( $a_2$ ) con la variación de los parámetros de resistencia Manual de carreteras MTC 2014.

**5.6.11.3 Cálculo de coeficiente estructural de la sub base granular.** La figura 15 detalla la variación del coeficiente de capa de subbase granular ( $a_3$ ) con la variación de los parámetros de resistencia.

**Figura 15**

*Coefficiente de subbase granular*



*Nota.* Variación del coeficiente de capa de subbase granular (a<sub>3</sub>) con la variación de los parámetros de resistencia, *Manual de carreteras* del MTC 2014.

## CAPÍTULO VI

### RESULTADOS

#### 6.1 Resultados del primer objetivo

##### 6.1.1 Contenido de Humedad

La figura 15, detalla el ensayo de contenido de humedad de la calicata N.º 01 de la muestra sin agregar cal.

**Figura 16**

#### Contenido de humedad C – 01

##### 1.- DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

PROCEDENCIA : Asoc. Agropecuaria Jose Olaya	TEC. RESPONSABLE :
UBICACIÓN : PROG.: 0 + 500	FECHA DE ENSAYO : Feb-24
CALICATA : C-01	CÓDIGO DE FORMAT : 1

##### 2.- CONTENIDO HUMEDAD

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRA			PROMEDIO
			M1	M2	M3	
1	Nº de Tara		T-49	T-26	T-31	
2	Peso Muestra humeda + Tara	gr	520.10	577.31	442.1	
3	Peso Muestra Seca + Tara	gr	505.20	560.77	429.4	
4	Peso del Agua	gr	14.90	16.54	12.67	<b>3.45 %</b>
5	Peso de la Tara	gr	76.6	59.4	76.1	
6	Peso Muestra Seca	gr	428.59	501.4	353.3	
7	<b>Contenido de humedad</b>	%	<b>3.48</b>	<b>3.30</b>	<b>3.58</b>	

*Nota.* El contenido de humedad para la C – 01 de la muestra sin agregar CAL es de 3,45 %.

Es un valor de humedad reducido está asociado a suelos gravas y arenas. En ensayos de compactación, podría estar por debajo de la humedad optima óptima, dificultando la densidad máxima y la cohesión en suelos finos como arcillas.

La figura 17 detalla el ensayo de contenido de humedad de la calicata N.º 02 de la muestra sin agregar cal.

## Figura 17

### Contenido de humedad C - 02

#### 1.- DESCRIPCION DEL ENSAYO

PROCEDENCIA : Asoc. Agropecuaria Jose Olaya

TEC. RESPONSABLE :

UBICACIÓN : PROG.: 1 + 500

FECHA DE ENSAYO : Feb-24

CALICATA : C-02

CÓDIGO DE FORMAT : 1

#### 2.- CONTENIDO HUMEDAD

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	MUESTRA			PROMEDIO
			M1	M2	M3	
1	Nº de Tara		T-50	T-47	T-34	
2	Peso Muestra humeda + Tara	gr	613.70	681.21	521.6	
3	Peso Muestra Seca + Tara	gr	598.70	664.56	508.9	
4	Peso del Agua	gr	15.00	16.65	12.75	<b>2.88 %</b>
5	Peso de la Tara	gr	75.8	76.0	76.6	
6	Peso Muestra Seca	gr	522.91	588.6	432.3	
7	<b>Contenido de humedad</b>	%	<b>2.87</b>	<b>2.83</b>	<b>2.95</b>	

*Nota.* El contenido de humedad para la C – 02 de la muestra sin agregar CAL es de 2,88 %.

Es un nivel bajo de humedad se relaciona con suelos como gravas y arenas. En pruebas de compactación, podría estar por debajo del contenido óptimo, lo que complica alcanzar la máxima densidad y la cohesión en suelos finos como las arcillas.

#### 6.1.2 Análisis granulométrico

La figura 18 y 19 detalla el ensayo de análisis granulométrico por tamizado de la calicata Nº 01 y 02 de la muestra sin agregar cal.

## Figura 18

### Granulometría C – 01

#### 1.- DESCRIPCION DEL ENSAYO

PROCEDENCIA : Asoc. Agropecuaria Jose Olaya  
 UBICACIÓN : PROG.: 0 + 500  
 CALICATA : C-01

TEC. RESPONSABLE :  
 FECHA DE ENSAYO : Feb-24  
 CÓDIGO DE FORMAT : 2

#### 2.- DATOS DEL ENSAYO

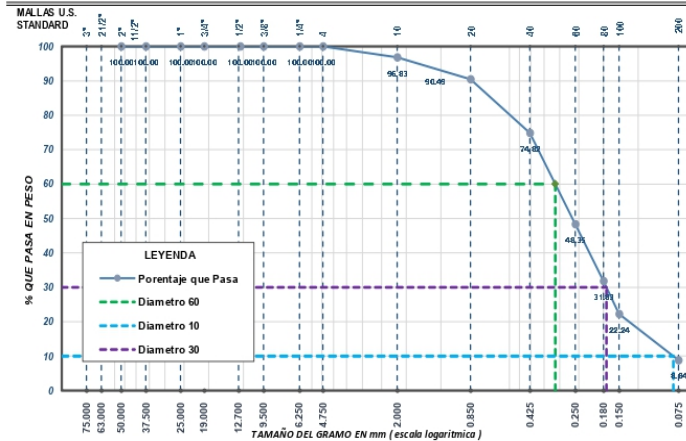
CLASIFICACION SEGÚN ASTM	TAMIZ ASTM		PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
	pulgada	mm				
CANTO RODADO	3 1/2"	87.500				100.00
GRAVA DE 4.75 mm hasta 75.00 mm	GRUESA	3"	75.000	0.0	0.00	100.00
		2 1/2"	63.000	0.0	0.00	100.00
		2"	50.000	0.0	0.00	100.00
		1 1/2"	37.500	0.0	0.00	100.00
		1"	25.000	0.0	0.00	100.00
	FINA	3/4"	19.000	0.0	0.00	100.00
		1/2"	12.500	0.0	0.00	100.00
		3/8"	9.500	0.0	0.00	100.00
		1/4"	6.250	0.0	0.00	100.00
		Nº4	4.750	0.0	0.00	100.00
ARENA DE 0.075 mm hasta 4.75 mm	GRUESA	Nº10	2.000	19.4	3.17	96.83
		Nº20	0.850	38.9	6.35	93.65
	MEDIA	Nº40	0.425	96.0	15.67	84.33
		Nº60	0.250	162.2	26.47	73.53
		Nº80	0.180	101.2	16.51	63.49
		Nº100	0.150	58.8	9.60	54.89
FINA	Nº200	0.075	82.1	13.40	41.49	
	Base	0.074	54.17	8.84	32.65	

Arena mal graduada con limo SP SM

#### 3.- DESCRIPCION

CONTENIDO DE HUMEDAD	
Porcentaje de Humedad	3.45 %
DATOS DE LA MUESTRA	
Peso Muestra Inicial	23564.0 gr.
Peso Muestra Grava	0.0 gr.
Peso Muestra Arena	23564.0 gr.
Peso Fraccion Fino < N°4	612.8 gr.
Porcentaje de Grava	0.00 %
Porcentaje de Arena	91.16 %
Porcentaje de Limos y Arcillas	8.84 %
LIMITE DE ATTERBERG	
Limite Liquido	22.32 %
Limite Plastico	N.P.
Indice de Plasticidad	N.P.
DENSIDADES	
Densidad Natural	---
Densidad Minima	---
Densidad Maxima	1.650 gr/cm³
PESO Y GRAVEDAD ESPECIFICA	
Peso Especifico de Grava	---
Gravedad Especifica finos	---

#### 4.- GRAFICO DE ANALISIS GRANULOMETRICO



TIPO DE MUESTRA	
Muestra altera en bolsa de plástico (Mab)	
SUCS	SP SM
AASHTO	A-3 (0)
DIAMETROS	
Diametro 60	0.32 mm
Diametro 30	0.17 mm
Diametro 10	0.08 mm
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD	
3.97	
COEFICIENTE DE CURVATURA	
1.20	

Nota. Clasificación AASHTO A – 3.

## Figura 19

### Granulometría C - 02

#### 1.- DESCRIPCION DEL ENSAYO

PROCEDENCIA : Asoc. Agropecuaria Jose Olaya  
 UBICACIÓN : PROG.: 1 + 500  
 CALICATA : C-02

TEC. RESPONSABLE :  
 FECHA DE ENSAYO : Feb-24  
 CÓDIGO DE FORMAT : 2

#### 2.- DATOS DEL ENSAYO

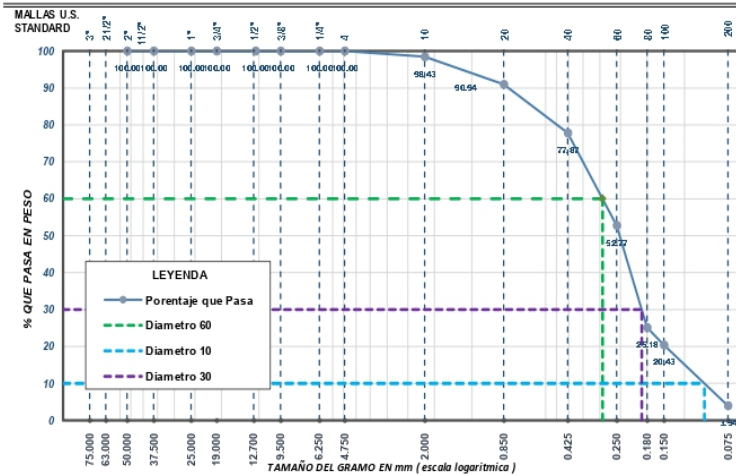
CLASIFICACION SEGÚN ASTM	TAMIZ ASTM		PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
	pulgada	mm				
CANTO RODADO	3 1/2"	87.500				100.00
GRAVA DE 4.75 mm hasta 75.00 mm	GRUESA	3"	75.000	0.0	0.00	100.00
		2 1/2"	63.000	0.0	0.00	100.00
		2"	50.000	0.0	0.00	100.00
		1 1/2"	37.500	0.0	0.00	100.00
		1"	25.000	0.0	0.00	100.00
	FINA	3/4"	19.000	0.0	0.00	100.00
		1/2"	12.500	0.0	0.00	100.00
		3/8"	9.500	0.0	0.00	100.00
		1/4"	6.250	0.0	0.00	100.00
		Nº4	4.750	0.0	0.00	100.00
ARENA DE 0.075 mm hasta 4.75 mm	GRUESA	Nº10	2.000	10.5	1.57	98.43
		Nº20	0.850	50.2	7.50	90.94
	FINA	Nº40	0.425	87.5	13.07	77.87
		Nº60	0.250	168.1	25.10	47.23
		Nº80	0.180	184.8	27.59	74.82
		Nº100	0.150	31.8	4.75	79.57
Nº200	0.075	110.4	16.48	96.06	3.94	
LIMO Y ARCILLA	Base	0.074	26.40	3.94	100.00	0.00

Arena mal graduada SP

#### 3.- DESCRIPCION

CONTENIDO DE HUMEDAD	
Porcentaje de Humedad	2.88 %
DATOS DE LA MUESTRA	
Peso Muestra Inicial	25100.0 gr.
Peso Muestra Grava	0.0 gr.
Peso Muestra Arena	25100.0 gr.
Peso Fraccion Fino < N° 4	669.7 gr.
Porcentaje de Grava	0.00 %
Porcentaje de Arena	96.06 %
Porcentaje de Limos y Arcillas	3.94 %
LIMITE DE ATTERBERG	
Limite Lliquido	21.97 %
Limite Plastico	N.P.
Indice de Plasticidad	N.P.
DENSIDADES	
Densidad Natural	---
Densidad Minima	---
Densidad Maxima	1.655 gr/cm <sup>3</sup>
PESO Y GRAVEDAD ESPECIFICA	
Peso Especifico de Grava	---
Gravedad Especifica finos	---

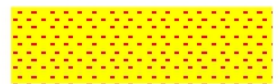
#### 4.- GRAFICO DE ANALISIS GRANULOMETRICO



#### TIPO DE MUESTRA

Muestra altera en bolsa de plástico (Mab)

SUCS SP



AASHTO A-3 (0)  
 DIAMETROS

Diametro 60 0.29 mm  
 Diametro 30 0.19 mm  
 Diametro 10 0.10 mm

COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD  
 3.01

COEFICIENTE DE CURVATURA  
 1.29

Nota. Clasificación AASHTO A - 3

De acuerdo a la granulometría de la calicata C – 01 es clasificado como SP-SM, esto significa una arena con limo, mal graduada y de moderada capacidad de soporte. Los suelos SP-SM son mayormente arenosos con limo, lo que les da poca cohesión, pero más que un SP puro. Son generalmente permeables, aunque el limo reduce el drenaje. La presencia de limo mejora su compactibilidad respecto al SP puro. En proyectos de construcción, puede requerir compactación adicional o mezclas estabilizadoras para mejorar su comportamiento bajo carga y evitar problemas como deformaciones o asentamientos excesivos.

De acuerdo a la granulometría de la calicata C – 02, es clasificado un suelo SP es una arena mal graduada, adecuada para aplicaciones donde se necesita alta permeabilidad y baja retención de agua, pero puede requerir estabilización para usos estructurales críticos. El suelo SP está compuesto principalmente de arena mal graduada, con partículas uniformes que dificultan el interbloqueo, compactación y estabilidad. Tiene alta permeabilidad, baja cohesión, y buena capacidad de carga, pero es propenso a deformaciones dinámicas.

### 6.1.3 Límites de Atterberg

Las figuras 20 y 21 detallan en ensayo de límite líquidos de las calicatas C -01 y C – 02, de las muestras sin estabilización.

**Figura 20**

#### Límite líquido C - 01

##### 1.- DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

PROCEDENCIA :	Asoc. Agropecuaria Jose Olaya	TEC. RESPONSABLE :	
UBICACIÓN :	PROG.: 0 + 500	FECHA DE ENSAYO :	Feb-24
CALICATA :	C-01	CÓDIGO DE FORMATO :	3

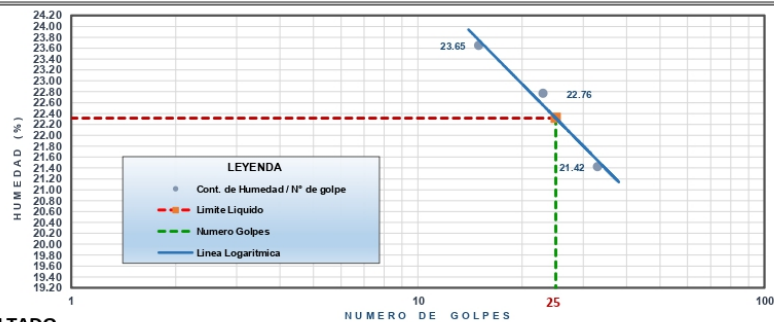
##### 2.- DETERMINACIÓN DE LIMITE LIQUIDO

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS				LIMITE LIQUIDO
		M1	M2	M3	M4	
Número de golpes	n°	33	23	15	---	
Nº Tara	n°	T-03	T-56	T-06	---	
Peso Tara + suelo húmedo	gr.	45.82	44.45	43.1	---	
Peso Tara + suelo seco	gr.	42.17	40.02	38.86	---	
Peso del agua	gr.	3.65	4.43	4.24	---	
Peso de la tara	gr.	25.13	20.56	20.93	---	
Peso del suelo seco	gr.	17.04	19.46	17.93	---	
<b>Contenido de humedad</b>	<b>%</b>	<b>21.42</b>	<b>22.76</b>	<b>23.65</b>	<b>---</b>	<b>22.32 %</b>

##### 3.- DETERMINACION DE LIMITE PLASTICO

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS			LIMITE PLASTICO
		M1	M2	M3	
Nº Tara	n°	---	---	---	
Peso Tara + suelo húmedo	gr.	---	---	---	
Peso Tara + suelo seco	gr.	---	---	---	
Peso del agua	gr.	---	---	---	
Peso de la tara	gr.	---	---	---	
Peso del suelo seco	gr.	---	---	---	
<b>Contenido de humedad</b>	<b>%</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>N.P.</b>

##### 4.- GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



##### 5.- RESULTADO

INDICE DE PLASTICIDAD	INDICE DE CONSISTENCIA	INDICE DE FLUIDEZ / LIQUIDEZ
N.P.	-	-

Nota. Límite líquido 22,32 %.

## Figura 21

### Límite líquido C- 02

#### 1.- DESCRIPCION DEL ENSAYO

PROCEDECENCIA :	Asoc. Agropecuaria Jose Olaya	TEC. RESPONSABLE :	
UBICACIÓN :	PROG.: 1 + 500	FECHA DE ENSAYO :	Feb-24
CALICATA :	C-02	CÓDIGO DE FORMATO :	3

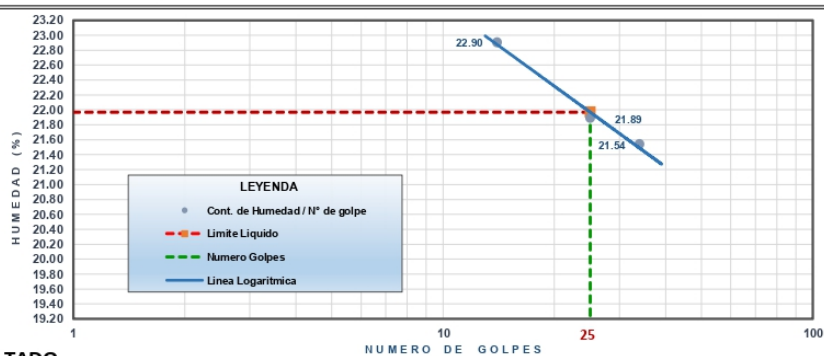
#### 2.- DETERMINACIÓN DE LIMITE LIQUIDO

DESCIPCION	UNIDAD	MUESTRAS				LIMITE LIQUIDO
		M1	M2	M3	M4	
Número de golpes	n°	34	25	14	---	
Nº Tara	n°	T-08	T-07	T-54	---	
Peso Tara + suelo húmedo	gr.	44.66	44.06	45.76	---	
Peso Tara + suelo seco	gr.	40.24	39.82	41.2	---	
Peso del agua	gr.	4.42	4.24	4.56	---	21.97 %
Peso de la tara	gr.	19.72	20.45	21.29	---	
Peso del suelo seco	gr.	20.52	19.37	19.91	---	
<b>Contenido de humedad</b>	<b>%</b>	<b>21.54</b>	<b>21.89</b>	<b>22.90</b>	---	

#### 3.- DETERMINACION DE LIMITE PLASTICO

DESCIPCION	UNIDAD	MUESTRAS			LIMITE PLASTICO
		M1	M2	M3	
Nº Tara	n°	---	---	---	
Peso Tara + suelo húmedo	gr.	---	---	---	
Peso Tara + suelo seco	gr.	---	---	---	
Peso del agua	gr.	---	---	---	N.P.
Peso de la tara	gr.	---	---	---	
Peso del suelo seco	gr.	---	---	---	
<b>Contenido de humedad</b>	<b>%</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	

#### 4.- GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



#### 5.- RESULTADO

INDICE DE PLASTICIDAD	INDICE DE CONSISTENCIA	INDICE DE FLUIDEZ / LIQUIDEZ
N.P.	-	-

Nota. Límite líquido 21,97 %.

La calicata C – 01 tiene un límite líquido de 22,32 %, sugiere que el suelo es más fácil de compactar que aquellos con límites líquidos más altos;

pero, aún requiere control de humedad. Tiene baja cohesión, lo que afecta su comportamiento bajo carga. Es adecuado para bases y subbases debido a su estabilidad frente a la humedad.

En resumen, un límite líquido de 22,32 % indica que el suelo tiene una plasticidad baja, lo que lo hace menos susceptible a cambios volumétricos y expansivos, generalmente más fácil de manejar y compactar en ingeniería civil.

La calicata C – 02 tiene un límite líquido de 21,97 %, indica que el suelo tiene un bajo contenido de agua en el punto donde pasa de un estado plástico a un estado líquido. Un límite líquido de 21,97% indica un suelo de baja plasticidad, como limos o arcillas limosas, con menor sensibilidad a la humedad y menor expansión o contracción. Es fácil de compactar con control de humedad, aunque presenta baja cohesión.

En resumen, un límite líquido de 21,97% indica un suelo con baja plasticidad, adecuado para ser compactado con facilidad, pero con baja cohesión. Es adecuado para aplicaciones como bases, subbases y rellenos, donde la estabilidad frente a la humedad es importante.

### 6.1.4 Compactación de suelos

Las figuras 21 y 22 muestran la compactación de suelos de las calicatas C -01 y C – 02, de las muestras sin estabilización.

**Figura 22**

#### Compactación C- 01

##### 1.- DESCRIPCION DEL ENSAYO

PROCEDENCIA : Asoc. Agropecuaria Jose Olaya  
 UBICACIÓN : PROG.: 0 + 500  
 CALICATA: C-01

TEC. RESPONSABLE :  
 FECHA DE ENSAYO : Feb-24  
 CÓDIGO DE FORMATO : 4

##### 2.- ENSAYO DE COMPACTACION

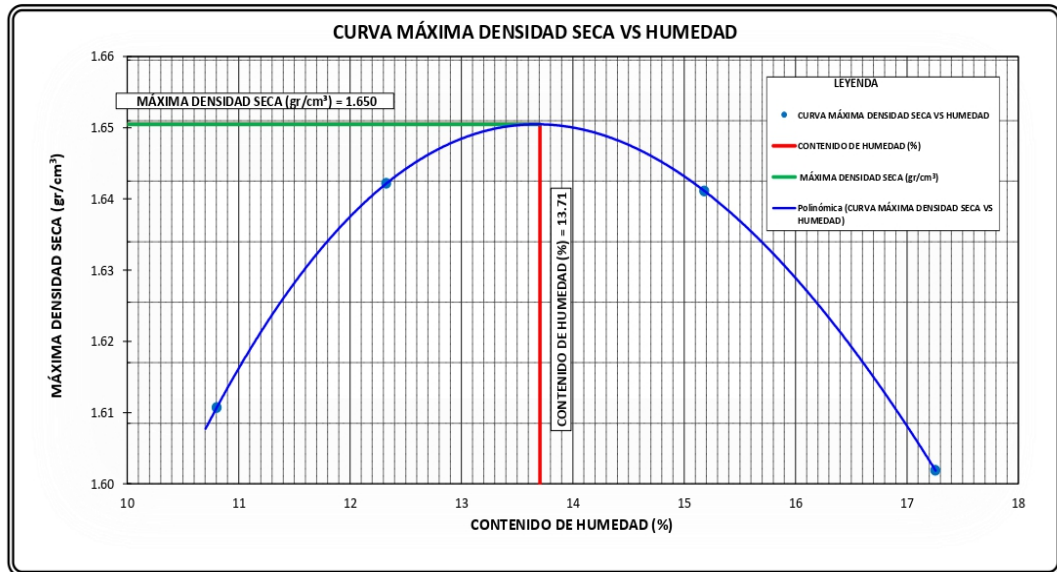
ENSAYO N°	COMPACTACION			
	1	2	3	4
Nº Capas	5	5	5	5
Nº Golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5554	5609	5651	5640
Peso molde (gr.)	3,914.0	3,914.0	3,914.0	3,914.0
Peso suelo compactado (gr.)	1,640.0	1,695.0	1,737.0	1,726.0
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	918.9	918.9	918.9	918.9
Densidad humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.785	1.845	1.890	1.878

METODO A			
PESO INICIAL	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUM.
23,564.0			
MALLA 3"			
MALLA 3"-3/4"	0.00	0.00	0.00
MALLA 3/4" - 3/8"	0.00	0.00	0.00
MALLA 3/8" - Nº4	0.00	0.00	0.00
MALLA Nº4-...	23,564.00	100.00	100.00

HUMEDAD (%)				
Tara Nº	T-28	T-30	T-07	T-58
Tara + suelo húmedo (gr.)	434.7	295.7	129.7	186.1
Tara + suelo seco (gr.)	399.6	271.5	115.3	161.9
Peso de agua (gr.)	35.1	24.2	14.4	24.2
Peso de tara (gr.)	74.71	75.16	20.45	21.67
Peso de suelo seco (gr.)	324.9	196.3	94.9	140.2
Humedad (%)	10.8	12.3	15.2	17.3
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.611	1.642	1.641	1.602

CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE 03	
PESO (GR.)	3,914.00
VOLUMEN (CM <sup>3</sup> )	918.92

RESULTADOS DE PROCTOR	
Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ):	1.650
Óptimo Contenido de Humedad (%):	13.71



Nota. Contenido óptimo de humedad 13,71 %.



La calicata C – 01 alcanzó 13,71 % de humedad óptima para hallar la máxima densidad seca significa identificar el contenido de agua en el que un suelo puede ser compactado al nivel más denso posible. La humedad óptima es el porcentaje de agua que reduce la fricción entre partículas del suelo, permitiendo su acomodo más compacto durante la compactación.

La calicata C - 01 alcanzó 1,650 gr/cm<sup>3</sup> de máxima densidad seca; esto implica que es el mayor nivel de compactación que el suelo alcanza a la humedad óptima, sin exceso de agua en los poros.

La calicata C - 02 es un suelo con una humedad óptima de 13,78 %, logra su máxima densidad seca al reducir la fricción entre partículas. Este valor es típico de suelos granulares finos o mezclas con limos y arcillas. Las humedades inferiores dificultan la compactación, mientras que superiores disminuyen la densidad seca.

En resumen, una humedad óptima de 13,78 % indica el contenido de agua ideal para lograr la mayor densidad y estabilidad posible del suelo durante la compactación. En este caso, la máxima densidad seca para esta muestra resultó de 1,655 gr/cm<sup>3</sup>.

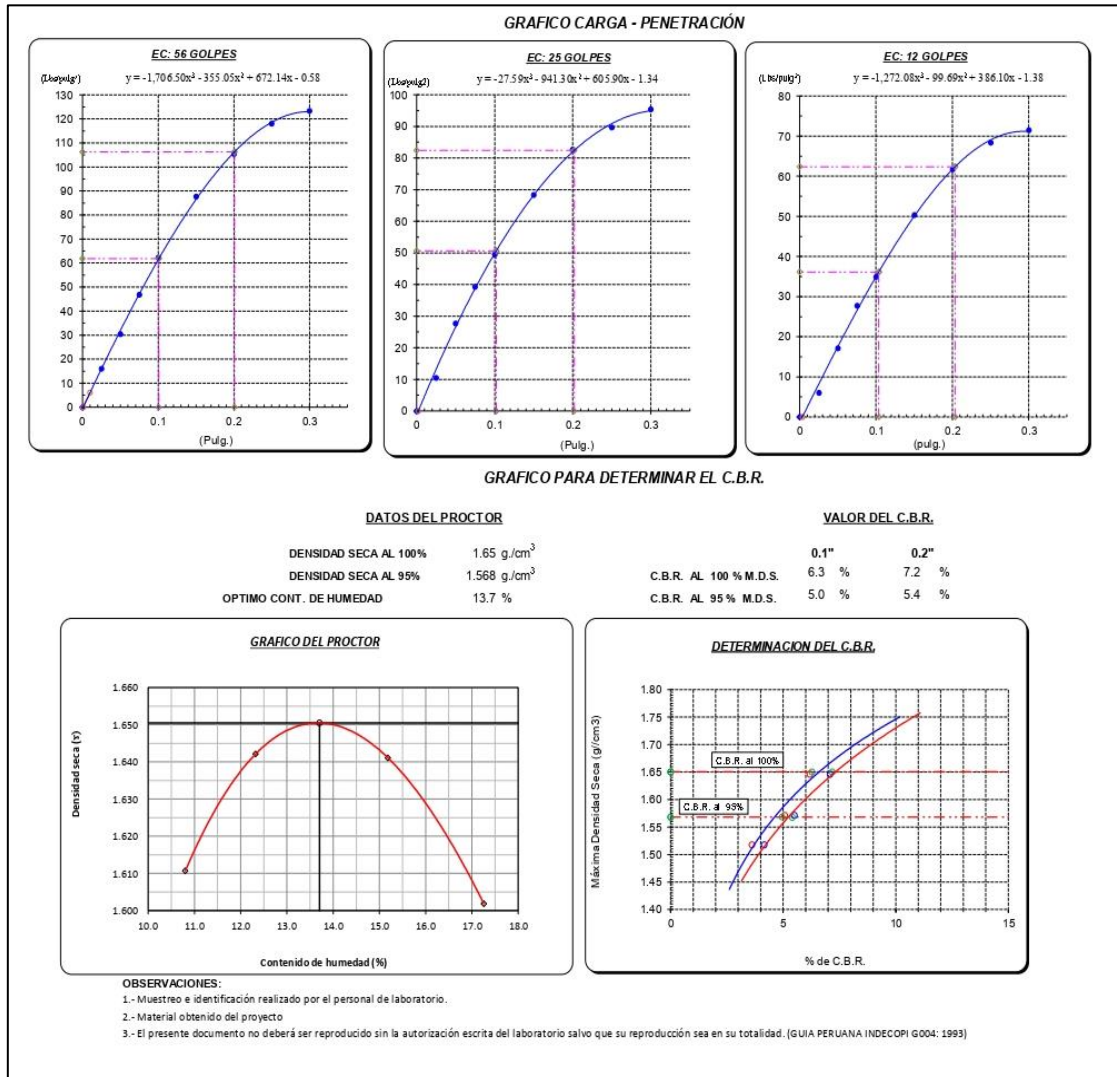
#### **6.1.5 Ensayo de relación de soporte de California (CBR)**

Las figuras 23 y 24 detallan el ensayo de relación de soporte de California (CBR) de la calicata 01.



**Figura 25**

*Gráfica CBR C – 01*

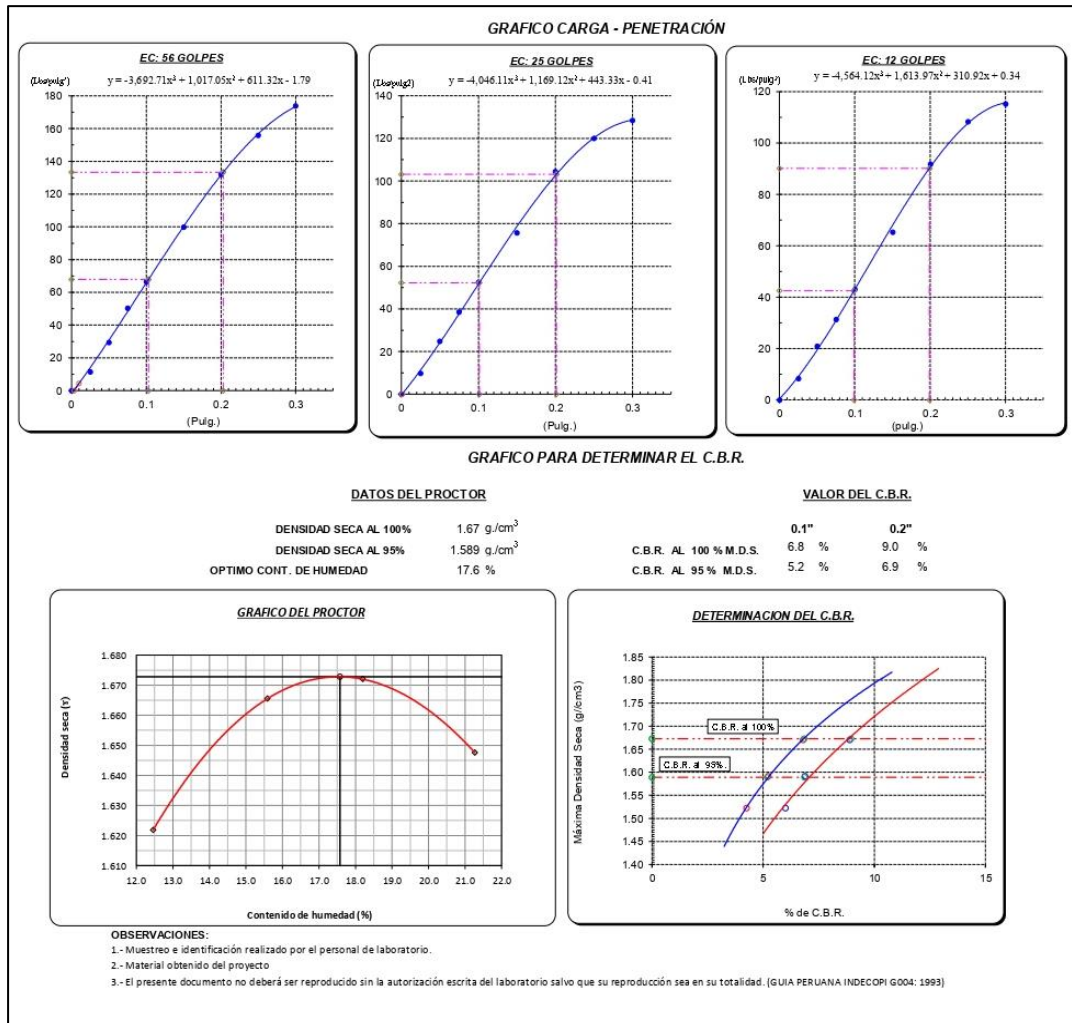


*Nota.* CBR al 95 % máxima densidad seca es de 5 %.



Figura 27

Gráfica CBR C – 02



Nota. CBR al 95 % máxima densidad seca es de 5,2 %.

De la calicata C – 01 resultó un CBR (California Bearing Ratio) del 5 % al 95 % de la máxima densidad seca, esto significa que el suelo tiene una capacidad de soporte relativamente baja en condiciones compactadas al 95% de su densidad máxima. Este resultado se interpreta en el contexto de su uso como material de subrasante.

Un CBR de 5% indica que el suelo soporta solo el 5 % de la carga estándar del ensayo, típico de suelos con baja capacidad de carga como limos, arcillas blandas o arenas mal compactadas.

La calicata C – 02 resultó un CBR de 5,2 %, significa que el suelo puede soportar solo el 5,2 % de la carga estándar aplicada en el ensayo CBR, en comparación con un material de alta resistencia como la piedra triturada. Este valor se asocia a suelos con una baja capacidad de soporte, lo que influye en su uso en proyectos de ingeniería civil.

Un CBR de 5,2 % indica un suelo con baja capacidad de carga, adecuado para subrasantes en proyectos de bajo tráfico, pero inadecuado para bases y subbases sin estabilización o tratamiento previo.

#### **6.1.6 Ensayos químicos del suelo**

Las figuras 27 y 28 detallan el análisis químico del suelo sin agregar cal de las calicatas C – 01 y C – 02.

**Figura 28**

*Análisis químico C – 01*

ENSAYO DE ANÁLISIS QUÍMICO - SULFATOS NORMA: NTP 339.178				
MUESTRA	DESCRIPCIÓN	RESULTADO		GRADO DE ALTERACION
		ppm	%	
C-01	Muestra tomada de fondo de cimentación	2230.00	0.22	ACEPTABLE
ENSAYO DE ANÁLISIS QUÍMICO - CLORUROS NORMA: NTP 339.177				
MUESTRA	DESCRIPCIÓN	RESULTADO		GRADO DE ALTERACION
		ppm	%	
C-01	Muestra tomada de fondo de cimentación	630.00	0.06	ACEPTABLE
ENSAYO DE ANÁLISIS FÍSICO - SALES DISUELTOS TOTALES NORMA: NTP 339.152				
MUESTRA	DESCRIPCIÓN	RESULTADO		GRADO DE ALTERACION
		ppm	%	
C-01	Muestra tomada de fondo de cimentación	3600.00	0.360	ACEPTABLE

PARAMETRO SEGÚN ESPECIFICACIONES				
ELEMENTOS QUÍMICOS	%	GRADO DE ALTERACION	DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
SULFATOS	---	---	No específica	SULFATOS
				ACEPTABLE
CLORUROS	---	---	No específica	CLORUROS
				ACEPTABLE
SALES SOLUBLES TOTALES	< 0.55 %	ACEPTABLE	Alto contenido de sales disueltas totales ocasiona problemas de pérdida de resistencia mecánica por problemas de lixiviación.	SALES DISUELTOS TOTALES
	> 0.55 %	NO ACEPTABLE		ACEPTABLE

*Nota.* El análisis químico de la C – 01 resultó aceptable.

**Figura 29**

Análisis químico C – 02.

ENSAYO DE ANÁLISIS QUÍMICO - SULFATOS NORMA: NTP 339.178				
MUESTRA	DESCRIPCIÓN	RESULTADO		GRADO DE ALTERACION
		ppm	%	
C-01	Muestra tomada de fondo de cimentación	2050.00	0.21	ACEPTABLE
ENSAYO DE ANÁLISIS QUÍMICO - CLORUROS NORMA: NTP 339.177				
MUESTRA	DESCRIPCIÓN	RESULTADO		GRADO DE ALTERACION
		ppm	%	
C-01	Muestra tomada de fondo de cimentación	560.00	0.06	ACEPTABLE
ENSAYO DE ANÁLISIS FÍSICO - SALES DISUELTOS TOTALES NORMA: NTP 339.152				
MUESTRA	DESCRIPCIÓN	RESULTADO		GRADO DE ALTERACION
		ppm	%	
C-01	Muestra tomada de fondo de cimentación	3140.00	0.31	ACEPTABLE

PARAMETRO SEGÚN ESPECIFICACIONES				
ELEMENTOS QUÍMICOS	%	GRADO DE ALTERACION	DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
SULFATOS	---	---	No especifica	SULFATOS
				ACEPTABLE
CLORUROS	---	---	No especifica	CLORUROS
				ACEPTABLE
SALES SOLUBLES TOTALES	< 0.55 %	ACEPTABLE	Alto contenido de sales disueltas totales ocasiona problemas de pérdida de resistencia mecánica por problemas de lixiviación.	SALES DISUELTOS TOTALES
	>0.55 %	NO ACEPTABLE		ACEPTABLE

Nota. El análisis químico de la C – 02 resultó aceptable.

## 6.2 Resultados del segundo objetivo

### 6.2.1 Estabilización de la subrasante

En la tabla 28 y en la figura 30, se describe los porcentajes de cal utilizados lo cual resulta diferentes ph, hasta llegar al ph 12,4.

**Tabla 28**

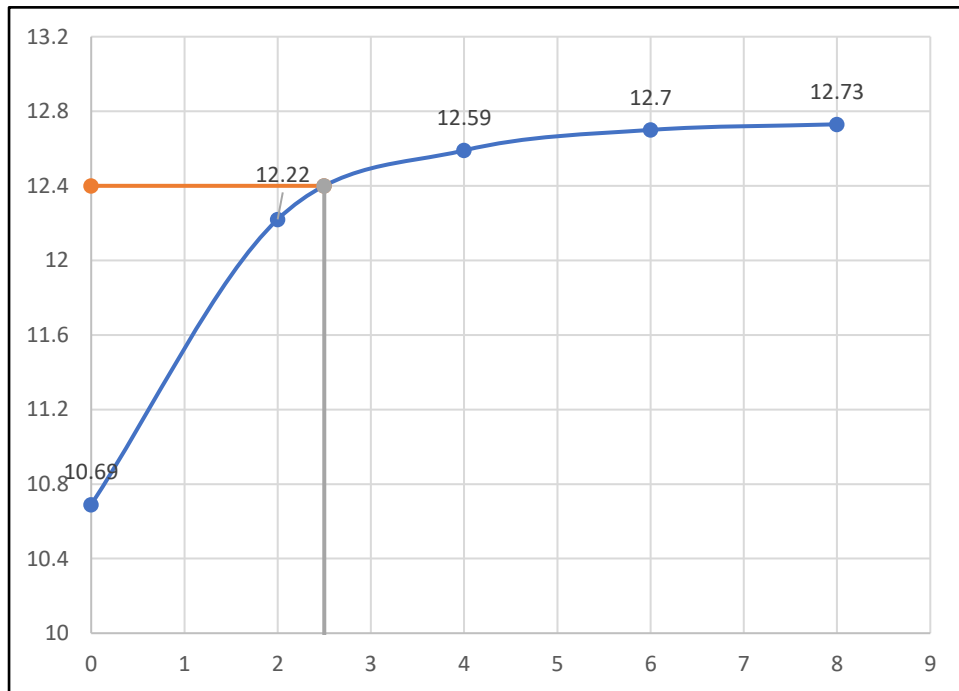
*Porcentaje total*

<b>%</b>	<b>Ph</b>
x	y
0	10,69
2	12,22
4	12,59
6	12,7
8	12,73

*Nota.* % Cal - Ph

**Figura 30**

*Gráfica % CAL vs PH*



*Nota.* Gráfica % CAL vs PH.

### **6.2.2 Contenido de humedad**

La figura 31 detalla el ensayo de contenido de humedad de la calicata N.º 01 agregando el porcentaje de cal óptimo.

## Figura 31

### Contenido de humedad C – 01

#### 1.- DESCRIPCION DEL ENSAYO

PROCEDENCIA : Asoc. Agropecuaria Jose Olaya

TEC. RESPONSABLE :

UBICACIÓN : PROG.: 0 + 500

FECHA DE ENSAYO : Feb-24

CALICATA : C-01

CÓDIGO DE FORMAT : 1

#### 2.- CONTENIDO HUMEDAD

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	MUESTRA			PROMEDIO
			M1	M2	M3	
1	N° de Tara		T-101	T-65	T-55	
2	Peso Muestra humeda + Tara	gr	602.10	668.33	511.8	
3	Peso Muestra Seca + Tara	gr	595.40	660.89	506.1	
4	Peso del Agua	gr	6.70	7.44	5.70	1.21 %
5	Peso de la Tara	gr	45.8	60.2	21.0	
6	Peso Muestra Seca	gr	549.57	600.7	485.1	
7	<b>Contenido de humedad</b>	%	<b>1.22</b>	<b>1.24</b>	<b>1.17</b>	

*Nota.* El contenido de humedad de la C – 01 es de 1,21 %.

Una humedad del 1,21 % es común en suelos granulares secos como arenas o gravas, y sugiere que el suelo está muy seco, lo que limita su capacidad de compactación y soporte. En suelos finos, puede faltar cohesión. Este nivel de humedad compromete la capacidad de carga y estabilidad del suelo.

La figura 32 detalla el ensayo de contenido de humedad de la calicata N.º 02 agregando el porcentaje de cal óptimo.

## Figura 32

### Contenido de humedad C – 02

#### 1.- DESCRIPCION DEL ENSAYO

PROCEDENCIA : Asoc. Agropecuaria Jose Olaya	TEC. RESPONSABLE :
UBICACIÓN : PROG.: 1+ 500	FECHA DE ENSAYO : Feb-24
CALICATA : C-02	CÓDIGO DE FORMAT : 1

#### 2.- CONTENIDO HUMEDAD

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	MUESTRA			PROMEDIO
			M1	M2	M3	
1	N° de Tara		T-41	T-27	T-29	
2	Peso Muestra humeda + Tara	gr	600.50	666.56	510.4	
3	Peso Muestra Seca + Tara	gr	594.80	660.23	505.6	
4	Peso del Agua	gr	5.70	6.33	4.85	1.10 %
5	Peso de la Tara	gr	79.3	74.6	76.0	
6	Peso Muestra Seca	gr	515.52	585.6	429.6	
7	Contenido de humedad	%	1.11	1.08	1.13	

*Nota.* El contenido de humedad de la C – 02 es de 1,10 %.

Una humedad del 1,10 % es común en suelos granulares secos como arenas o gravas, y sugiere que el suelo está muy seco, lo que limita su capacidad de compactación y soporte. En suelos finos, puede faltar cohesión. Este nivel de humedad compromete la capacidad de carga y estabilidad del suelo.

#### 6.2.3 Análisis granulométrico

La figura 33 y 34 detalla el ensayo de análisis granulométrico por tamizado de la calicata N.º 01 y 02 de la muestra agregando cal.

**Figura 33**

**Granulometría C – 01**

**1.- DESCRIPCION DEL ENSAYO**

PROCEDENCIA : Asoc. Agropecuaria Jose Olaya	TEC. RESPONSABLE :
UBICACIÓN : PROG.: 0 + 500	FECHA DE ENSAYO : Feb-24
CALICATA : C-01	CÓDIGO DE FORMAT : 2

**2.- DATOS DEL ENSAYO**

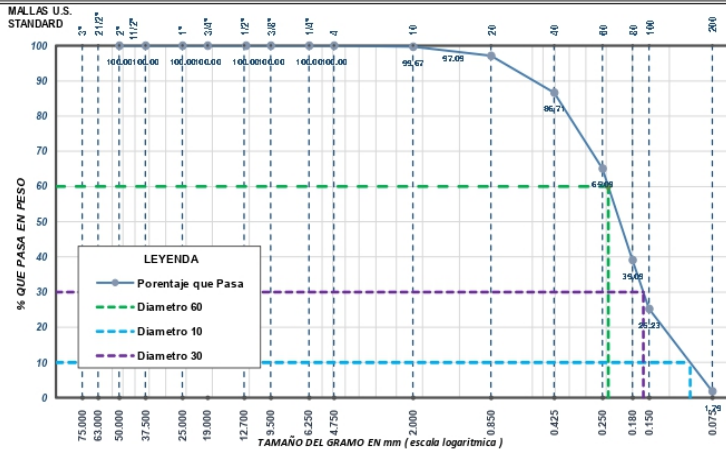
CLASIFICACION SEGÚN ASTM	TAMIZ ASTM		PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
	pulgada	mm				
GRAVA DE 4.75 mm hasta 75.00 mm	GRUESA	3 1/2"	87.500			100.00
		3"	75.000	0.0	0.00	100.00
		2 1/2"	63.000	0.0	0.00	100.00
		2"	50.000	0.0	0.00	100.00
		1 1/2"	37.500	0.0	0.00	100.00
	FINA	1"	25.000	0.0	0.00	100.00
		3/4"	19.000	0.0	0.00	100.00
		1/2"	12.500	0.0	0.00	100.00
		3/8"	9.500	0.0	0.00	100.00
		1/4"	6.250	0.0	0.00	100.00
ARENA DE 0.075 mm hasta 4.75 mm	GRUESA	Nº4	4.750	0.0	0.00	100.00
		Nº10	2.000	2.0	0.33	99.67
	MEDIA	Nº20	0.850	15.4	2.57	97.09
		Nº40	0.425	62.1	10.38	86.71
	FINA	Nº60	0.250	129.4	21.62	69.91
		Nº80	0.180	155.6	26.00	60.91
		Nº100	0.150	82.9	13.85	74.77
Nº200	0.075	140.3	23.45	98.21	1.79	
LIMO Y ARCILLA	Base	0.074	10.70	1.79	100.00	0.00

Arena mal graduada SP

**3.- DESCRIPCION**

CONTENIDO DE HUMEDAD	
Porcentaje de Humedad	1.21 %
DATOS DE LA MUESTRA	
Peso Muestra Inicial	25978.0 gr.
Peso Muestra Grava	0.0 gr.
Peso Muestra Arena	25978.0 gr.
Peso Fraccion Fino < N°4	598.4 gr.
Porcentaje de Grava	0.00 %
Porcentaje de Arena	98.21 %
Porcentaje de Limos y Arcillas	1.79 %
LIMITE DE ATTERBERG	
Limite Lliquido	20.16 %
Limite Plastico	N.P.
Indice de Plasticidad	N.P.
DENSIDADES	
Densidad Natural	---
Densidad Minima	---
Densidad Maxima	1.743 gr/cm³
PESO Y GRAVEDAD ESPECIFICA	
Peso Especifico de Grava	---
Gravedad Especifica finos	---

**4.- GRAFICO DE ANALISIS GRANULOMETRICO**



TIPO DE MUESTRA	
Muestra altera en bolsa de plástico (Mab)	
SUCS	SP
<b>AASHTO A-3 (0)</b>	
DIAMETROS	
Diametro 60	0.23 mm
Diametro 30	0.16 mm
Diametro 10	0.10 mm
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD	
2.45	
COEFICIENTE DE CURVATURA	
1.14	

Nota. Clasificación AASHTO A – 3

**Figura 34**

**Granulometría C – 02**

**1.- DESCRIPCION DEL ENSAYO**

PROCEDENCIA : Asoc. Agropecuaria Jose Olaya  
 UBICACIÓN : PROG.: 1 + 500  
 CALICATA : C-02

TEC. RESPONSABLE :  
 FECHA DE ENSAYO : Feb-24  
 CÓDIGO DE FORMAT : 2

**2.- DATOS DEL ENSAYO**

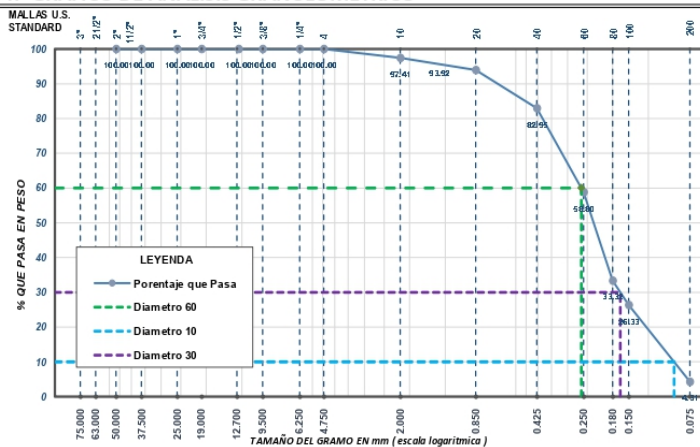
CLASIFICACION SEGÚN ASTM	TAMIZ ASTM		PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
	pulgada	mm				
CANTO RODADO	3 1/2"	87.500				100.00
GRAVA DE 4.75 mm hasta 75.00 mm	GRUESA	3"	75.000	0.0	0.00	100.00
		2 1/2"	63.000	0.0	0.00	100.00
		2"	50.000	0.0	0.00	100.00
		1 1/2"	37.500	0.0	0.00	100.00
		1"	25.000	0.0	0.00	100.00
		3/4"	19.000	0.0	0.00	100.00
		1/2"	12.500	0.0	0.00	100.00
ARENA DE 0.075 mm hasta 4.75 mm	FINA	3/8"	9.500	0.0	0.00	100.00
		1/4"	6.250	0.0	0.00	100.00
		Nº4	4.750	0.0	0.00	100.00
		GRUESA	Nº10	2.000	15.4	2.59
LIMO Y ARCILLA	MEDIA	Nº20	0.850	20.8	3.49	6.08
		Nº40	0.425	65.3	10.97	17.05
		Nº60	0.250	143.7	24.15	41.20
		Nº80	0.180	151.5	25.47	66.68
FINA	Nº100	0.150	41.6	6.99	73.67	
	Nº200	0.075	131.0	22.03	95.69	
LIMO Y ARCILLA	Base	0.074	25.61	4.31	100.00	

Arena mal graduada SP

**3.- DESCRIPCION**

CONTENIDO DE HUMEDAD	
Porcentaje de Humedad	1.10 %
DATOS DE LA MUESTRA	
Peso Muestra Inicial	28730.0 gr.
Peso Muestra Grava	0.0 gr.
Peso Muestra Arena	28730.0 gr.
Peso Fraccion Fino < N°4	594.8 gr.
Porcentaje de Grava	0.00 %
Porcentaje de Arena	95.69 %
Porcentaje de Limos y Arcillas	4.31 %
LIMITE DE ATTERBERG	
Limite Liquido	19.23 %
Limite Plastico	N.P.
Indice de Plasticidad	N.P.
DENSIDADES	
Densidad Natural	---
Densidad Minima	---
Densidad Maxima	1.768 gr/cm³
PESO Y GRAVEDAD ESPECIFICA	
Peso Especifico de Grava	---
Gravedad Especifica finos	---

**4.- GRAFICO DE ANALISIS GRANULOMETRICO**



**TIPO DE MUESTRA**

Muestra altera en bolsa de plástico (Mab)

SUCS	SP
AASHTO	A-3 (0)
DIAMETROS	
Diametro 60	0.26 mm
Diametro 30	0.17 mm
Diametro 10	0.09 mm
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD	
2.86	
COEFICIENTE DE CURVATURA	
1.18	

Nota. Clasificación AASHTO A-3.

El término A-3 hace referencia a una clasificación de suelo según el sistema de clasificación de suelos de la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), que es utilizado en ingeniería geotécnica para describir suelos utilizados en la construcción de pavimentos y otras infraestructuras.

De acuerdo a la granulometría de la calicata C – 01, es clasificado como suelos A-3, por su capacidad de drenaje y buenas características de compactación, son adecuados para subrasantes y subbases en pavimentos de bajo tráfico o baja carga. Los suelos A-3 son generalmente bien graduados (tienen una buena mezcla de tamaños de partículas), lo que les otorga una buena capacidad de compactación. Tienen baja cohesión y son relativamente permeables, lo que favorece el drenaje.

De acuerdo a la granulometría de la calicata C – 02, es clasificado un suelo A-3, es una arena mal graduada, adecuada para aplicaciones donde se necesita alta permeabilidad y baja retención de agua, pero puede requerir estabilización para usos estructurales críticos. El suelo A-3 está compuesto principalmente de arena mal graduada, con partículas uniformes que dificultan el interbloqueo, compactación y estabilidad. Tiene alta permeabilidad, baja cohesión, y buena capacidad de carga, pero es propenso a deformaciones dinámicas.

#### **6.2.4 Límites de Atterberg**

Las figuras 34 y 35 detallan en ensayo de límite líquidos de las calicatas C -01 y C – 02, de las muestras ya estabilizadas.

## Figura 35

### Límite líquido C - 01

#### 1.- DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

PROCEDENCIA :	Asoc. Agropecuaria Jose Olaya	TEC. RESPONSABLE :	
UBICACIÓN :	PROG.: 0 + 500	FECHA DE ENSAYO :	Feb-24
CALICATA :	C-01	CÓDIGO DE FORMATO :	3

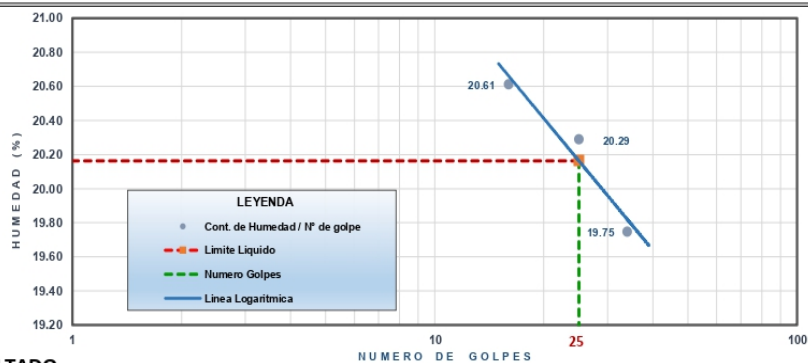
#### 2.- DETERMINACIÓN DE LIMITE LIQUIDO

DESCRIPCION	UNIDAD	MUESTRAS				LIMITE LIQUIDO
		M1	M2	M3	M4	
Número de golpes	n°	34	25	16	---	
Nº Tara	n°	T-08	T-69	T-58	---	
Peso Tara + suelo húmedo	gr.	36.7	35.1	36.3	---	
Peso Tara + suelo seco	gr.	33.9	32.7	33.8	---	
Peso del agua	gr.	2.80	2.40	2.50	---	20.16 %
Peso de la tara	gr.	19.72	20.87	21.67	---	
Peso del suelo seco	gr.	14.18	11.83	12.13	---	
<b>Contenido de humedad</b>	%	<b>19.75</b>	<b>20.29</b>	<b>20.61</b>	---	

#### 3.- DETERMINACION DE LIMITE PLASTICO

DESCRIPCION	UNIDAD	MUESTRAS			LIMITE PLASTICO
		M1	M2	M3	
Nº Tara	n°	---	---	---	
Peso Tara + suelo húmedo	gr.	---	---	---	
Peso Tara + suelo seco	gr.	---	---	---	
Peso del agua	gr.	---	---	---	N.P.
Peso de la tara	gr.	---	---	---	
Peso del suelo seco	gr.	---	---	---	
<b>Contenido de humedad</b>	%	---	---	---	

#### 4.- GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



#### 5.- RESULTADO

INDICE DE PLASTICIDAD	INDICE DE CONSISTENCIA	INDICE DE FLUIDEZ / LIQUIDEZ
N.P.	-	-

## Figura 36

### Límite líquido C – 02

#### 1.- DESCRIPCION DEL ENSAYO

PROCEDENCIA :	Asoc. Agropecuaria Jose Olaya	TEC. RESPONSABLE :	
UBICACIÓN :	PROG.: 1 + 500	FECHA DE ENSAYO :	Feb-24
CALICATA :	C-02	CÓDIGO DE FORMATO :	3

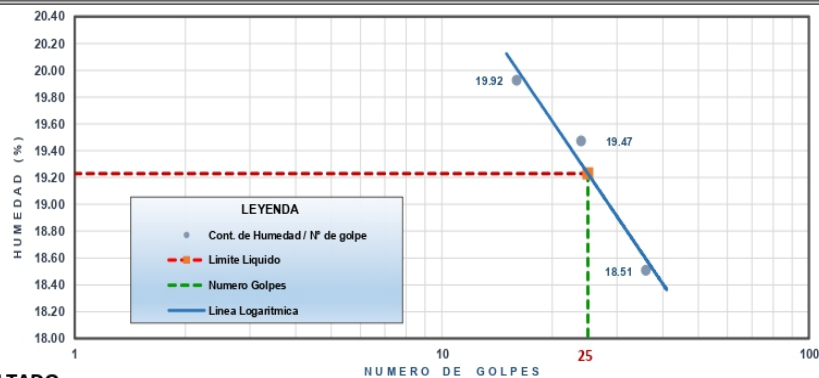
#### 2.- DETERMINACIÓN DE LIMITE LIQUIDO

DESCRIPCION	UNIDAD	MUESTRAS				LIMITE LIQUIDO
		M1	M2	M3	M4	
Número de golpes	n°	36	24	16	---	
Nº Tara	n°	T-71	T-72	T-70	---	
Peso Tara + suelo húmedo	gr.	50.96	49.31	45.31	---	
Peso Tara + suelo seco	gr.	46.18	44.74	41.09	---	19.23 %
Peso del agua	gr.	4.78	4.57	4.22	---	
Peso de la tara	gr.	20.35	21.27	19.91	---	
Peso del suelo seco	gr.	25.83	23.47	21.18	---	
<b>Contenido de humedad</b>	%	<b>18.51</b>	<b>19.47</b>	<b>19.92</b>	---	

#### 3.- DETERMINACION DE LIMITE PLASTICO

DESCRIPCION	UNIDAD	MUESTRAS			LIMITE PLASTICO
		M1	M2	M3	
Nº Tara	n°	---	---	---	
Peso Tara + suelo húmedo	gr.	---	---	---	
Peso Tara + suelo seco	gr.	---	---	---	
Peso del agua	gr.	---	---	---	N.P.
Peso de la tara	gr.	---	---	---	
Peso del suelo seco	gr.	---	---	---	
<b>Contenido de humedad</b>	%	---	---	---	

#### 4.- GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



#### 5.- RESULTADO

INDICE DE PLASTICIDAD	INDICE DE CONSISTENCIA	INDICE DE FLUIDEZ / LIQUIDEZ
N.P.	-	-

Nota. El límite líquido de la C – 02 es 19,23 %.

La calicata C – 01 tiene un límite líquido de 20,16 %, sugiere que el suelo es más fácil de compactar que aquellos con límites líquidos más altos, pero aún requiere control de humedad. Tiene baja cohesión, lo que afecta su comportamiento bajo carga. Es adecuado para bases y subbases debido a su estabilidad frente a la humedad.

En resumen, un límite líquido de 20,16 % indica que el suelo tiene una plasticidad baja, lo que lo hace menos susceptible a cambios volumétricos y expansivos, generalmente más fácil de manejar y compactar en ingeniería civil.

La calicata C – 02 tiene un límite líquido de 19,23 %, indica que el suelo tiene un bajo contenido de agua en el punto donde pasa de un estado plástico a un estado líquido. Un límite líquido de 19,23 % indica un suelo de baja plasticidad, como limos o arcillas limosas, con menor sensibilidad a la humedad y menor expansión o contracción. Es fácil de compactar con control de humedad, aunque presenta baja cohesión.

En resumen, un límite líquido de 19,23 % indica un suelo con baja plasticidad, adecuado para ser compactado con facilidad, pero con baja cohesión. Es adecuado para aplicaciones como bases, subbases y rellenos, donde la estabilidad frente a la humedad es importante.

#### **6.2.5 Compactación de suelos**

Las figuras 36 y 37 muestran la compactación de suelos de las calicatas C -01 y C – 02, de las muestras ya estabilizadas.

## Figura 37

### Compactación C – 01.

#### 1.- DESCRIPCION DEL ENSAYO

PROCEDENCIA : Asoc. Agropecuaria Jose Olaya  
 UBICACIÓN : PROG.: 0 + 500  
 CALICATA: C-01

TEC. RESPONSABLE :  
 FECHA DE ENSAYO : Feb-24  
 CÓDIGO DE FORMATO : 4

#### 2.- ENSAYO DE COMPACTACION

COMPACTACION					METODO A			
ENSAYO N°	1	2	3	4	PESO INICIAL	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUM.
N° Capas	5	5	5	5	25,978.0			
N° Golpes	25	25	25	25	MALLA 3"			
Peso suelo + molde (gr.)	5621	5685	5732	5722	MALLA 3"-3/4"	0.00	0.00	0.00
Peso molde (gr.)	3,914.0	3,914.0	3,914.0	3,914.0	MALLA 3/4" - 3/8"	0.00	0.00	0.00
Peso suelo compactado (gr.)	1,707.0	1,771.0	1,818.0	1,808.0	MALLA 3/8" - N°4	0.00	0.00	0.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	918.9	918.9	918.9	918.9	MALLA N°4 -...	25,978.00	100.00	100.00
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.858	1.927	1.978	1.968				

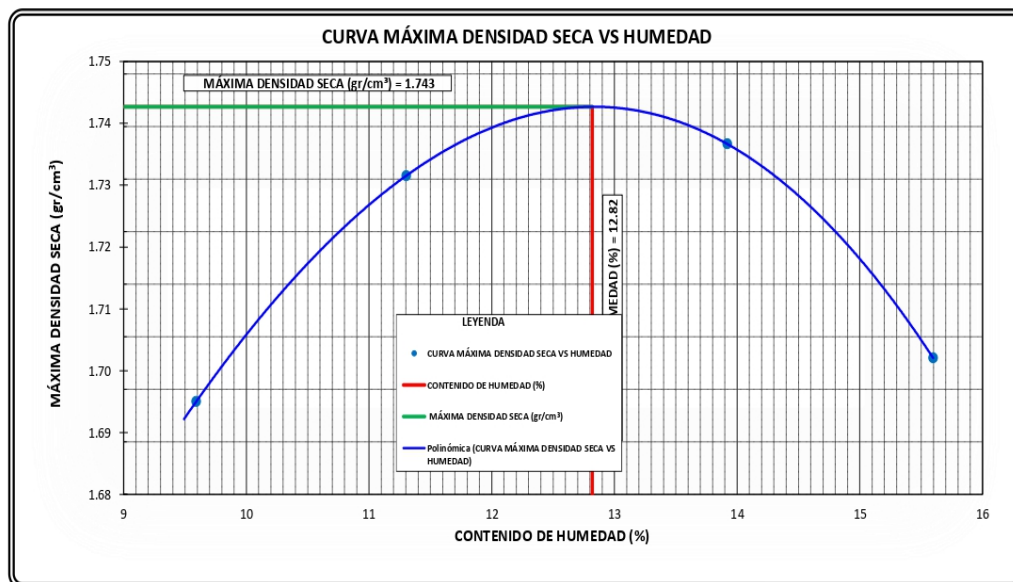
HUMEDAD (%)				
Tara N°	T-16	T-17	T-20	T-75
Tara + suelo húmedo (gr.)	362.1	361.4	378.4	363.9
Tara + suelo seco (gr.)	333.3	328.3	336.4	318.5
Peso de agua (gr.)	28.8	33.1	42.0	45.4
Peso de tara (gr.)	33.05	35.47	34.68	27.43
Peso de suelo seco (gr.)	300.3	292.8	301.7	291.1
Humedad (%)	9.6	11.3	13.9	15.6
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.695	1.732	1.737	1.702

CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE 03	
PESO (GR.)	3,914.00
VOLUMEN (CM <sup>3</sup> )	918.92

RESULTADOS DE PROCTOR	
Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ):	1.743
Óptimo Contenido de Humedad (%):	12.82



Nota. Contenido óptimo de humedad de la C – 01 es 12,82 %.

**Figura 38**

**Compactación C – 02**

**1.- DESCRIPCION DEL ENSAYO**

PROCEDENCIA : Asoc. Agropecuaria Jose Olaya  
 UBICACIÓN : PROG.: 1 + 500  
 CALICATA: C-02

TEC. RESPONSABLE :  
 FECHA DE ENSAYO : Feb-24  
 CÓDIGO DE FORMATO : 4

**2.- ENSAYO DE COMPACTACION**

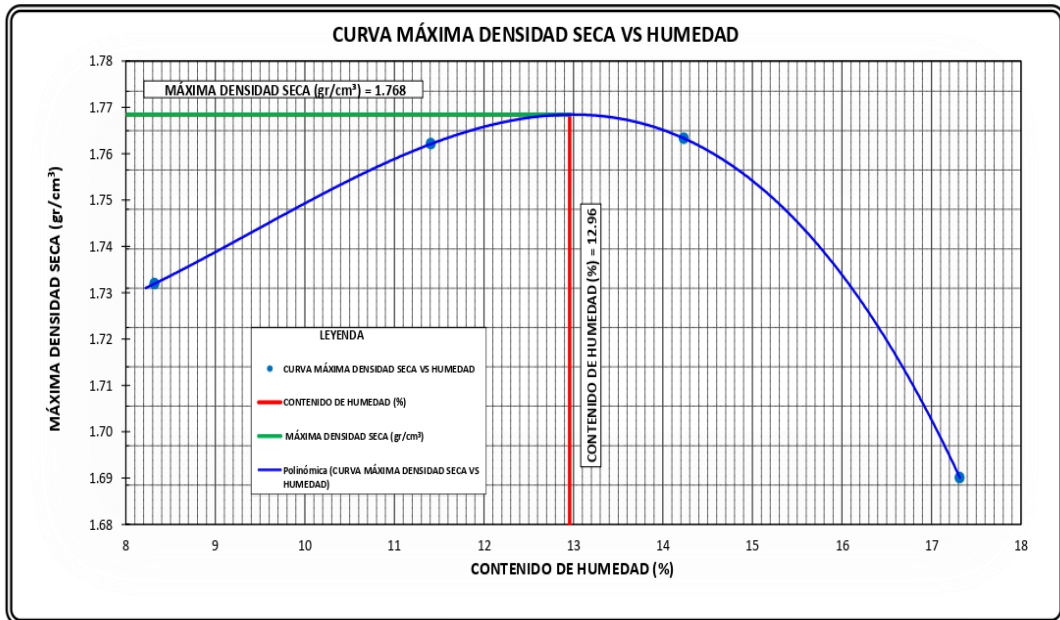
COMPACTACION				
ENSAYO N°	1	2	3	4
N° Capas	5	5	5	5
N° Golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5638	5718	5765	5736
Peso molde (gr.)	3,914.0	3,914.0	3,914.0	3,914.0
Peso suelo compactado (gr.)	1,724.0	1,804.0	1,851.0	1,822.0
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	918.9	918.9	918.9	918.9
Densidad humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.876	1.963	2.014	1.983

METODO A			
PESO INICIAL	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUM.
28,730.0			
MALLA 3"			
MALLA 3"-3/4"	0.00	0.00	0.00
MALLA 3/4" - 3/8"	0.00	0.00	0.00
MALLA 3/8" - N°4	0.00	0.00	0.00
MALLA N°4-...	28,730.00	100.00	100.00

HUMEDAD (%)				
Tara N°	T-25	T-39	T-28	T-33
Tara + suelo húmedo (gr.)	315.2	289.5	234.4	285.1
Tara + suelo seco (gr.)	295.6	267.3	214.5	254.1
Peso de agua (gr.)	19.6	22.2	19.9	31.0
Peso de tara (gr.)	60.10	72.73	74.71	75.09
Peso de suelo seco (gr.)	235.5	194.6	139.8	179.0
<b>Humedad (%)</b>	<b>8.3</b>	<b>11.4</b>	<b>14.2</b>	<b>17.3</b>
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.732	1.762	1.763	1.690

CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE 03	
PESO (GR.)	3,914.00
VOLUMEN (CM <sup>3</sup> )	918.92

RESULTADOS DE PROCTOR	
Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ):	1.768
Óptimo Contenido de Humedad (%):	12.96



Nota. Contenido óptimo de humedad de la C – 02 es 12,96 %.

La calicata C – 01 alcanzó 12,82 % de humedad óptima para hallar la máxima densidad seca significa identificar el contenido de agua en el que un suelo puede ser compactado al nivel más denso posible. La humedad óptima es el porcentaje de agua que reduce la fricción entre partículas del suelo, permitiendo su acomodo más compacto durante la compactación.

La calicata C - 01 alcanzó 1,743 gr/cm<sup>3</sup> de máxima densidad seca, esto implica que es el mayor nivel de compactación que el suelo alcanza a la humedad óptima, sin exceso de agua en los poros.

La calicata C - 02 es un suelo con una humedad óptima de 12,96 %, logra su máxima densidad seca al reducir la fricción entre partículas. Este valor es típico de suelos granulares finos o mezclas con limos y arcillas. Las humedades inferiores dificultan la compactación, mientras que superiores disminuyen la densidad seca.

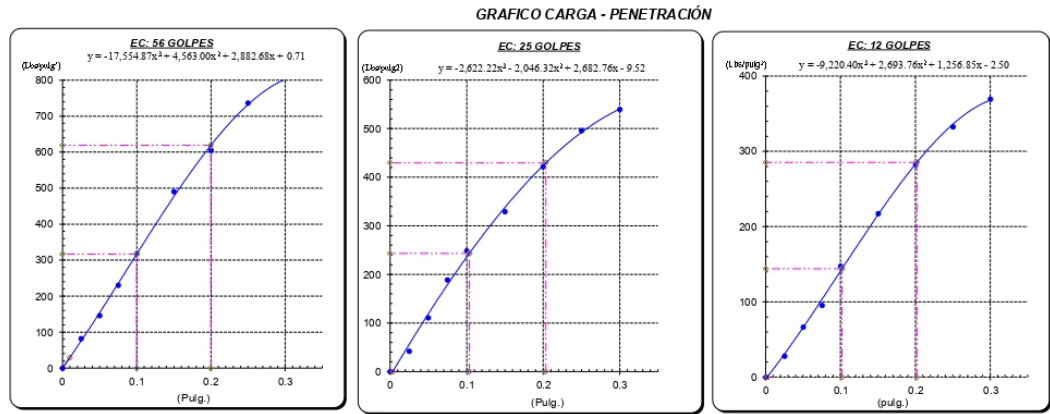
En resumen, una humedad óptima de 12,96 % indica el contenido de agua ideal para lograr la mayor densidad y estabilidad posible del suelo durante la compactación. En este caso, la máxima densidad seca para esta muestra resultó de 1,768 gr/cm<sup>3</sup>.

#### **6.2.6 Ensayo de relación de soporte de California CBR**

Las figuras 38 y 39 detallan el ensayo de relación de soporte de California (CBR) de la calicata 01.

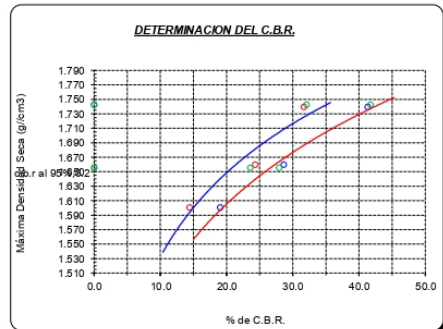
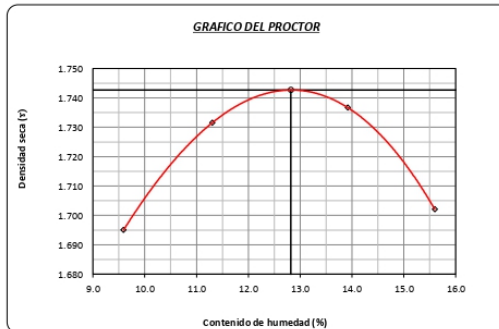


Figura 40 Gráfica CBR C – 01



**GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.**

DATOS DEL PROCTOR		VALOR DEL C.B.R.	
DENSIDAD SECA AL 100%	1.74 g/cm <sup>3</sup>	0.1"	0.2"
DENSIDAD SECA AL 95%	1.656 g/cm <sup>3</sup>	C.B.R. AL 100 % M.D.S.	32.0 %    41.7 %
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	12.8 %	C.B.R. AL 95 % M.D.S.	23.6 %    27.9 %



- OBSERVACIONES:**
- 1.- Muestreo e identificación realizado por el personal de laboratorio.
  - 2.- Material obtenido del proyecto
  - 3.- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio salvo que su reproducción sea en su totalidad. (GUIA PERUANA INDECOPI G004: 1993)

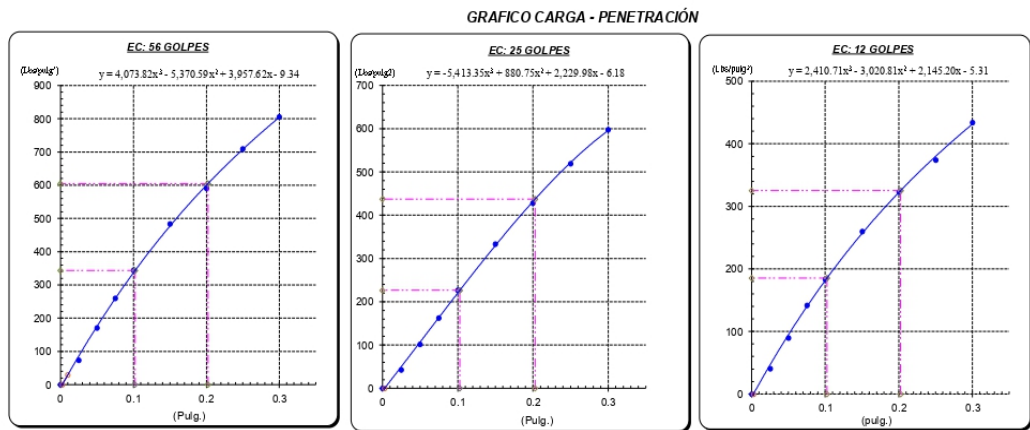
Nota. El CBR de la C - 01 al 95 % de su máxima densidad seca es de 23,6 %.

Las figuras 40 y 41 detallan el ensayo de relación de soporte de califonia (CBR) de la calicata 02.

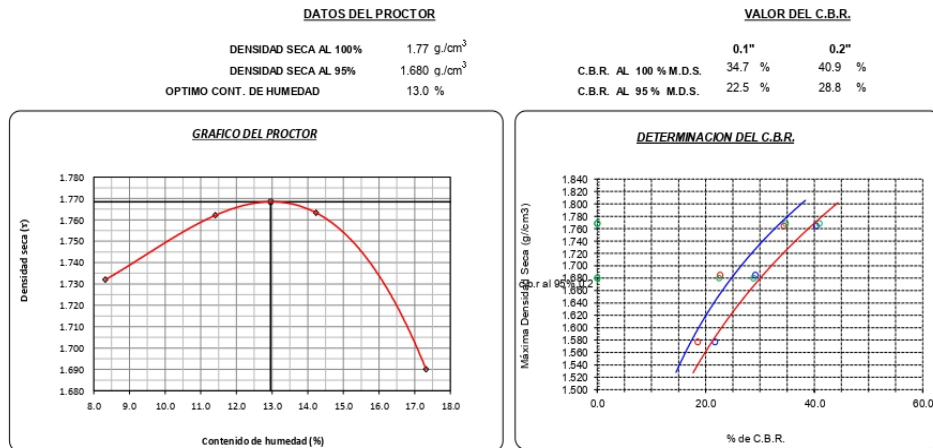


**Figura 42**

*Gráfica CBR C - 02*



**GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.**



**OBSERVACIONES:**

- 1.- Muestreo e identificación realizado por el personal de laboratorio.
- 2.- Material obtenido del proyecto
- 3.- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio salvo que su reproducción sea en su totalidad. (GUIA PERUANA INDECOPI G004: 1993)

**Nota.** El CBR de la C - 01 al 95 % de su máxima densidad seca, es de 22,5 %.

La calicata C – 01 resultó un CBR de 23,6 % al 95 % de la máxima densidad seca, esto significa que, al compactar el suelo al 95 % de su densidad máxima (según el ensayo Proctor), el suelo puede soportar un 23,6 % de la carga estándar utilizada en el ensayo CBR, en comparación con un material de referencia como la piedra triturada.

En resumen, un CBR de 23,6 % al 95 % de la densidad máxima seca indica un suelo con una capacidad de soporte moderada que es adecuado para aplicaciones de pavimentos de tráfico moderado y requiere una buena compactación para garantizar su desempeño.

La calicata C - 02 resultó un CBR de 22,5 %, indica que el suelo tiene una capacidad de carga moderada, siendo adecuado para subrasantes, subbases y bases de pavimentos de tráfico moderado. Compactado al 95 % de su densidad máxima, el suelo tiene alta densidad y buena estabilidad, resistiendo presiones moderadas sin deformarse, lo que lo hace adecuado para carreteras y caminos rurales con tráfico de intensidad media.

En resumen, un CBR de 22,5 % al 95 % de la máxima densidad seca significa que el suelo tiene una capacidad de carga moderada y es adecuado para subrasantes, subbases y bases en proyectos de pavimentación de tráfico moderado, con un buen desempeño en términos de compactación y resistencia.

### 6.2.7 Ensayos químicos del suelo

Las figuras 42 y 43 detalla el análisis químico del suelo agregando cal de las calicatas C – 01 y C – 02.

**Figura 43**

*Análisis químico C - 01*

ENSAYO DE ANÁLISIS QUÍMICO - SULFATOS NORMA: NTP 339.178				
MUESTRA	DESCRIPCIÓN	RESULTADO		GRADO DE ALTERACION
		ppm	%	
C-01	Muestra tomada de fondo de cimentación	1240.00	0.12	ACEPTABLE
ENSAYO DE ANÁLISIS QUÍMICO - CLORUROS NORMA: NTP 339.177				
MUESTRA	DESCRIPCIÓN	RESULTADO		GRADO DE ALTERACION
		ppm	%	
C-01	Muestra tomada de fondo de cimentación	320.00	0.03	ACEPTABLE
ENSAYO DE ANÁLISIS FÍSICO - SALES DISUELTOS TOTALES NORMA: NTP 339.152				
MUESTRA	DESCRIPCIÓN	RESULTADO		GRADO DE ALTERACION
		ppm	%	
C-01	Muestra tomada de fondo de cimentación	1900.00	0.190	ACEPTABLE

PARAMETRO SEGÚN ESPECIFICACIONES				
ELEMENTOS QUÍMICOS	%	GRADO DE ALTERACION	DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
SULFATOS	---	---	No especifica	SULFATOS
				ACEPTABLE
CLORUROS	---	---	No especifica	CLORUROS
				ACEPTABLE
SALES SOLUBLES TOTALES	< 0.55 %	ACEPTABLE	Alto contenido de sales disueltas totales ocasiona problemas de pérdida de resistencia mecánica por problemas de lixiviación.	SALES DISUELTOS TOTALES
	>0.55 %	NO ACEPTABLE		ACEPTABLE

*Nota.* Análisis químico de la C – 01, resultó aceptable

**Figura 44**

*Análisis químico C - 02*

ENSAYO DE ANÁLISIS QUÍMICO - SULFATOS NORMA: NTP 339.178				
MUESTRA	DESCRIPCIÓN	RESULTADO		GRADO DE ALTERACION
		ppm	%	
C-01	Muestra tomada de fondo de cimentación	1390.00	0.14	ACEPTABLE
ENSAYO DE ANÁLISIS QUÍMICO - CLORUROS NORMA: NTP 339.177				
MUESTRA	DESCRIPCIÓN	RESULTADO		GRADO DE ALTERACION
		ppm	%	
C-01	Muestra tomada de fondo de cimentación	480.00	0.05	ACEPTABLE
ENSAYO DE ANÁLISIS FÍSICO - SALES DISUELTOS TOTALES NORMA: NTP 339.152				
MUESTRA	DESCRIPCIÓN	RESULTADO		GRADO DE ALTERACION
		ppm	%	
C-01	Muestra tomada de fondo de cimentación	2100.00	0.210	ACEPTABLE

PARAMETRO SEGÚN ESPECIFICACIONES				
ELEMENTOS QUÍMICOS	%	GRADO DE ALTERACION	DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
SULFATOS	---	---	No específica	SULFATOS
				ACEPTABLE
CLORUROS	---	---	No específica	CLORUROS
				ACEPTABLE
SALES SOLUBLES TOTALES	< 0.55 %	ACEPTABLE	Alto contenido de sales disueltas totales ocasiona problemas de pérdida de resistencia mecánica por problemas de lixiviación.	SALES DISUELTOS TOTALES
	>0.55 %	NO ACEPTABLE		ACEPTABLE

### 6.3 Resumen de propiedades físicas y químicas de C- 01

La tabla 29 muestra los resultados antes y después de agregar cal C

- 01.

**Tabla 29***Resumen calicata 01*

<b>Ensayos</b>		<b>Calicatas</b>	
		<b>M - 01</b>	<b>ME -01</b>
Contenido de humedad		3,45 %	1,21 %
Análisis	AASHTO	A - 3	A - 3
granulométrico	SUCS	SP SM	SP
Límites de Atterberg	Límite líquido	22,32 %	20,16 %
	Límite plástico	NP	NP
Compactación de suelos	Máxima densidad seca	1,650 g/cm <sup>3</sup>	1,743 g/cm <sup>3</sup>
	Óptimo contenido de humedad	13,71 %	12,82 %
CBR al 95 % M.D. S		5 %	23,6 %
Análisis químico		Aceptable	Aceptable

*Nota.* Para mayor detalle, ver anexo 7.

#### **6.4 Resumen de propiedades físicas y químicas de C- 02**

La tabla 30 muestra los resultados antes y después de agregar cal C  
– 02.

**Tabla 30***Resumen calicata 02*

<b>Ensayos</b>		<b>Calicatas</b>	
		<b>M - 01</b>	<b>ME - 02</b>
Contenido de humedad		2,88 %	1,10 %
Análisis	AASHTO	A - 3	A - 3
granulométrico	SUCS	SP	SP
Límites de Atterberg	Límite líquido	21,97 %	19,23 %
	Límite plástico	NP	NP
Compactación de	Máxima densidad seca	1,655 g/cm3	1,768 g/cm3
Suelos	Óptimo contenido de humedad	13,78 %	12,96 %
CBR al 95 % M.D. S		5,20 %	22,5 %
Análisis químico		Aceptable	Aceptable

*Nota.* Para mayor detalle ver anexo 8.

## **6.5 Resultados del tercer objetivo**

### **6.5.1 Resultados de diseño del pavimento flexible**

En la tabla 31, se detalla el resumen de datos para el cálculo de numero estructural del pavimento flexible.

**Tabla 31***Resumen de datos*

Descripción	Datos a ingresar para el cálculo de SN
ESAL	526 444,60
Módulo resiliente	19 032,7
Confiabilidad ( R)	80 %
Desviación estándar normal (Zr)	-0,842
Servicialidad inicial	3,80
Servicialidad final	2,00
Variación de servicialidad	1,80
Coefficiente de drenaje	1,00

*Nota.* Datos para el diseño de pavimento flexible método AASTHO 1993.

**Tabla 32***Diseño de pavimento*

Descripción	Espesor en (cm)	Características
Asfalto en frío	5 cm	Carpeta asfáltica
Base granular	20 cm	Granulometría gradación B
Sub base granular	15 cm	Granulometría gradación B

*Nota.* ASTM D1241 (Especificaciones técnicas generales para la construcción). Para el cálculo de lo espesores, se utilizó el anexo 9

## CONCLUSIONES

- Primera.** Las propiedades físicas de la calicata 01 es clasificado como A-3 según AASHTO, tiene 3,45 % de humedad, LL de 22,32 % y sin LP. Su humedad óptima es 13,71 %, densidad seca máxima 1,650 g/cm<sup>3</sup> y CBR de 5 %; la calicata 02 es clasificado como A-3 según AASHTO, tiene 2,88 % de humedad, LL de 21,97 % y sin LP. Su humedad óptima es 13,78 %, densidad seca máxima 1,655 g/cm<sup>3</sup> y CBR de 5,20 %. De acuerdo a los ensayos químicos, las dos calicatas no presentan sales. Según *Manual de Carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos del MTC*, se consideran como materiales aptos para las capas de la subrasante suelos con CBR  $\geq$  6 %; por lo tanto, la subrasante es insuficiente y se requiere una estabilización.
- Segunda.** El porcentaje óptimo de cal se calculó según el procedimiento de la ASTM D-6276-03, desarrollado por Eades y Grim, obteniendo como resultado un porcentaje de 2,5 % de CAL.
- Tercera.** Las nuevas propiedades físicas de la calicata 01 es clasificado como A-3 según AASHTO, tiene 1,21 % de humedad, LL de 20,16 % y sin LP. Su humedad óptima es 12,82 %, densidad seca máxima 1.743 g/cm<sup>3</sup> y CBR de 23,6 %; la calicata 02 es clasificado como A-3 según AASHTO, tiene 1,10 % de humedad, LL de 19,23 % y sin LP. Su humedad óptima es 12,96 %,

densidad seca máxima 1,768 g/cm<sup>3</sup> y CBR de 22,5 %. De acuerdo a los ensayos químicos, las dos calicatas no presentan sales. Según *Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos* del MTC se clasifica como subrasante muy buena, ya que está en el rango entre 20 % > CBR < 30 %; por tanto, la subrasante ya se encuentra en el rango permitido.

**Cuarta.** El diseño del pavimento que se realizó con la subrasante estabilizada y de acuerdo al método AASTHO 1993 dando como resultado 15 cm de subbase, 20 cm de base granular y 05 cm de carpeta asfáltica.

## RECOMENDACIONES

- Primera.** Enfocarse en el proceso de combinación del terreno con el aditivo cálcico, buscando alcanzar una óptima integración de los componentes. Esta meticulosidad en la mezcla es fundamental para maximizar la eficacia de las pruebas subsiguientes.
- Segunda.** Emplear el nivel de humedad ideal, en vez de la humedad inherente del terreno, al calcular el índice CBR. Esta práctica tiende a optimizar de manera más eficiente el resultado del CBR.
- Tercera.** Los ensayos de suelo-cal, especialmente aquellos relacionados con los límites de consistencia, deben realizarse de manera simultánea, ya que, al mezclarse con agua, los resultados pueden variar con el tiempo y volverse menos precisos.
- Cuarta.** Se recomienda un porcentaje de entre 3 y 8 por ciento para favorecer reacciones puzolánicas a lo largo del tiempo.

## BIBLIOGRAFÍA

- AASHTO, M. (1993). *Diseño de pavimentos flexibles*.
- Araya, D. M. (2020). *Análisis comparativo para ejecución de estabilización de suelos, entre procesos tradicionales y el estabilizador de suelos SOILTAC*. Valdivia.
- ASTM. (2006). *Método de prueba estándar para la resistencia a la compresión ilimitada de suelos cohesivos*.
- ASTM. (2015). *ASTM D 3282 Práctica estándar para la clasificación de suelos y mezclas de suelo y agregados para fines de construcción de carreteras*.
- ASTM. (2017). *ASTM D 2487 Práctica estándar para la clasificación de suelos para propósitos de ingeniería (sistema de clasificación unificada de suelos)*.
- Barriga, S. F. (2022). *Análisis comparativo de la estabilización de suelos arcillosos empleando cal y cemento, carretera vecinal Chonta carretera Interoceánica, Madre de Dios 2021*. Lima.
- Chauca, R. W. (2021). *Estudio comparativo de la influencia de aditivos químicos y rellenos en la efectividad de la estabilización de suelos orgánicos con cemento*. Lima.
- Cienciabit. (2019 ). *Descomposición térmica del carbonato de calcio*.
- Del Castillo, B. F. (2021). *Estabilización de suelos con uso de aditivos químicos del camino vecinal pampas de Cochaya, Olaya – Mache – Otuzco La Libertad*. Trujillo.

- Delgado, L. I. y Guerra, P. B. (2020). *Análisis comparativo de aceite sulfonado y cal para la estabilización de la sub-rasante en la carretera no pavimentada San Francisco, Tarapoto-2020*. Lima.
- Fontalvo, A. O. y Medrano, B. B. (2016). *Estabilización con cal del suelo de la ciudad de cartagena para ser utilizado como base*. Cartagena.
- Frankie. (2013). *Permeabilidad de los suelos: concepto y determinación (in situ y en laboratorio)*.
- Hanco, C. J. (2021). *Estabilización de suelos cohesivos con cal y cemento para mejorar la subrasante de la avenida Santa Rosa, Puno, 2021*. Lima.
- INGEMMET. (2012). *Geología de los cuadrángulos de La Yarada, Tacna y Huaylillas, Hojas 37 - u, 37 - v y 37 - x. Escala 1:50000*. Lima - Perú.
- Jaillita, M. F. (2023). *Análisis de estabilización de suelos con cemento en caminos vecinales del distrito de Pocollay - Tacna*. Tacna.
- Lopez, S. J. y Ortiz, P. G. (2018). *Estabilización de suelos arcillosos con cal para el tratamiento de la subrasante en las calles de la urbanización san luis de la ciudad de Abancay*. Apurimac.
- Mamani, M. W. (2018). *Análisis de estabilización de suelos con cemento, en componentes estructurales para diseño equivalente de pavimentos rígidos, segmentados y flexibles en vías de bajo volumen de tránsito*. Puno.

- Mendoza, G. H. (2021). *Caracterización de los tipos de estabilización de suelos utilizados para el mejoramiento de las propiedades físicas en subrasantes, Cajamarca 2020*. Cajamarca.
- MTC. (2000). *MTC E 115 Relaciones humedad densidad*. Lima.
- MTC. (2000). *MTC E - 114 Método de ensayo estándar para el valor equivalente*. Lima.
- MTC. (2000). *MTC E 107 Análisis granulométrico por tamizado*. Lima - Perú.
- MTC. (2000). *MTC E 108 Método de ensayo para determinar el contenido de humedad*. Lima.
- MTC. (2000). *MTC E 110 Determinación del Límite líquido de suelos*. Lima.
- MTC. (2000). *MTC E 111 Determinación del límite plástico e índice de plasticidad*. Lima.
- MTC. (2000). *MTC E 132 CRB de suelos (laboratorio)*. Lima.
- MTC. (2014). *Manual de carreteras*. Lima.
- MTC. (2018). *Manual de carreteras; suelos, geotecnia y pavimentos; sección suelos y pavimentos*. Lima.
- Parra, G. M. (2018). *Estabilización de un suelo con cal y ceniza volante*. Bogota.
- Perez, G. N. (2019). *Evaluación del óxido de calcio (estabilical) como estabilizador de suelos*. Queratero.

## **ANEXOS**

Anexo 1. Perfiles estratigráficos

Anexo 2. Ubicación de calicatas

Anexo 3. Ubicación del proyecto

Anexo 4. Plano geológico regional

Anexo 5. Plano geológico local

Anexo 6. Plano geomorfológico regional


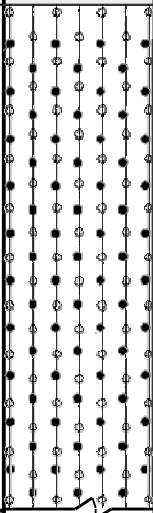

Anexo 7. Ensayos de laboratorio

Anexo 8. Ensayos de laboratorio agregando cal

Anexo 9. Memoria de cálculo para el diseño de pavimento flexible


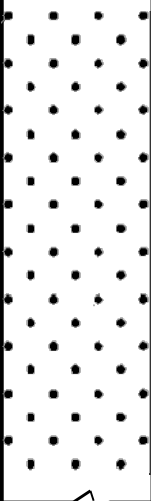

**REGISTRO DE EXCAVACION C-01**

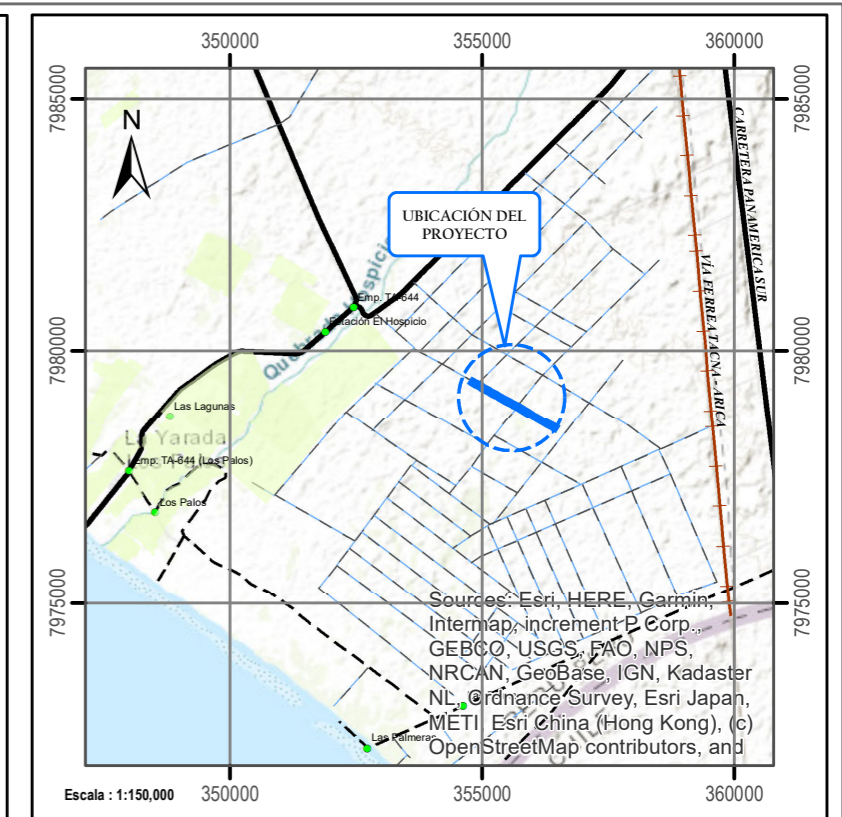
**TESISTA** : MICHAEL ARNOLD FUENTES VILLALOBOS  
**PROYECTO** : "PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE AGREGANDO CAL EN LA ASOCIACIÓN JOSE OLAYA KM 0+00 AL KM 2+00 DEL DISTRITO YARADA LOS PALOS TACNA 2023  
**PROCEDENCIA** : ASOC. AGROPECUARIA JOSE OLAYA  
**COORDENADAS** : E 355175.0000 , N 7979181.0001  
**EXCAVACION N°** : C - 01-KM 0+500  
**FECHA** : 14 DE OCTUBRE DE 2024

CLASIFICACION		P R O F U N D I D A D  ( m )	DESCRIPCION Y CLASIFICACION DEL MATERIAL	FOTOGRAFÍA
S I M B O L O S	G R Á F I C O			
R		0.01	De 0.00 m. a 0,01 m.de profundidad SUELO ANTRÓPICO - MATERIAL DE RELLENO	
SP - SM		1.49	De 0.01 m. a 1,49 m.de profundidad GRAVAS Y ARENAS MAL SELECCIONADOS EN MATRIZ, LIMOARENOSA.	
	CONTINUA			

**REGISTRO DE EXCAVACION C-02**

**TESISTA** : MICHAEL ARNOLD FUENTES VILLALOBOS  
**PROYECTO** : "PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE AGREGANDO CAL EN LA ASOCIACIÓN JOSE OLAYA KM 0+00 AL KM 2+00 DEL DISTRITO YARADA LOS PALOS TACNA 2023  
**PROCEDENCIA** : ASOC. AGROPECUARIA JOSE OLAYA  
**COORDENADAS** : E 356052.0000 , N 7978687.0001  
**EXCAVACION N°** : C - 02-KM 1 + 500  
**FECHA** : 14 DE OCTUBRE DE 2024

CLASIFICACION		P R O F U N D I D A D  ( m )	DESCRIPCION Y CLASIFICACION DEL MATERIAL	FOTOGRAFÍA
S I M B O L O S	G R Á F I C O			
R		0.008	De 0.00 m. a 0,008 m.de profundidad SUELO ANTRÓPICO - MATERIAL DE RELLENO	
SP		1.492	De 0.01 m. a 1,492 m.de profundidad ARENAS MAL GRADADAS COLOR GRIS, CON GRAVA Y MUY POROSAS. DE BAJO PESO ESPECÍFICO. SU ESTADO DE COMPACIDAD ES SUELTO.	
	CONTINUA			



**LEYENDA**

CALICATAS	LÍMITE PROVINCIAL	VÍA ASFALTADA
ÁREA DE INTERVENCIÓN DEL PROYECTO	LÍMITE DISTRITAL	VÍA AFIRMADA
CENTROS POBLADOS		VÍA CARROZABLE

**CUADRO DE DATOS TÉCNICOS**

N°	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS UTM - WGS-84	
		ESTE	NORTE
1	C-01	355175.0000	7979181.0001
2	C-02	356052.0000	7978687.0001

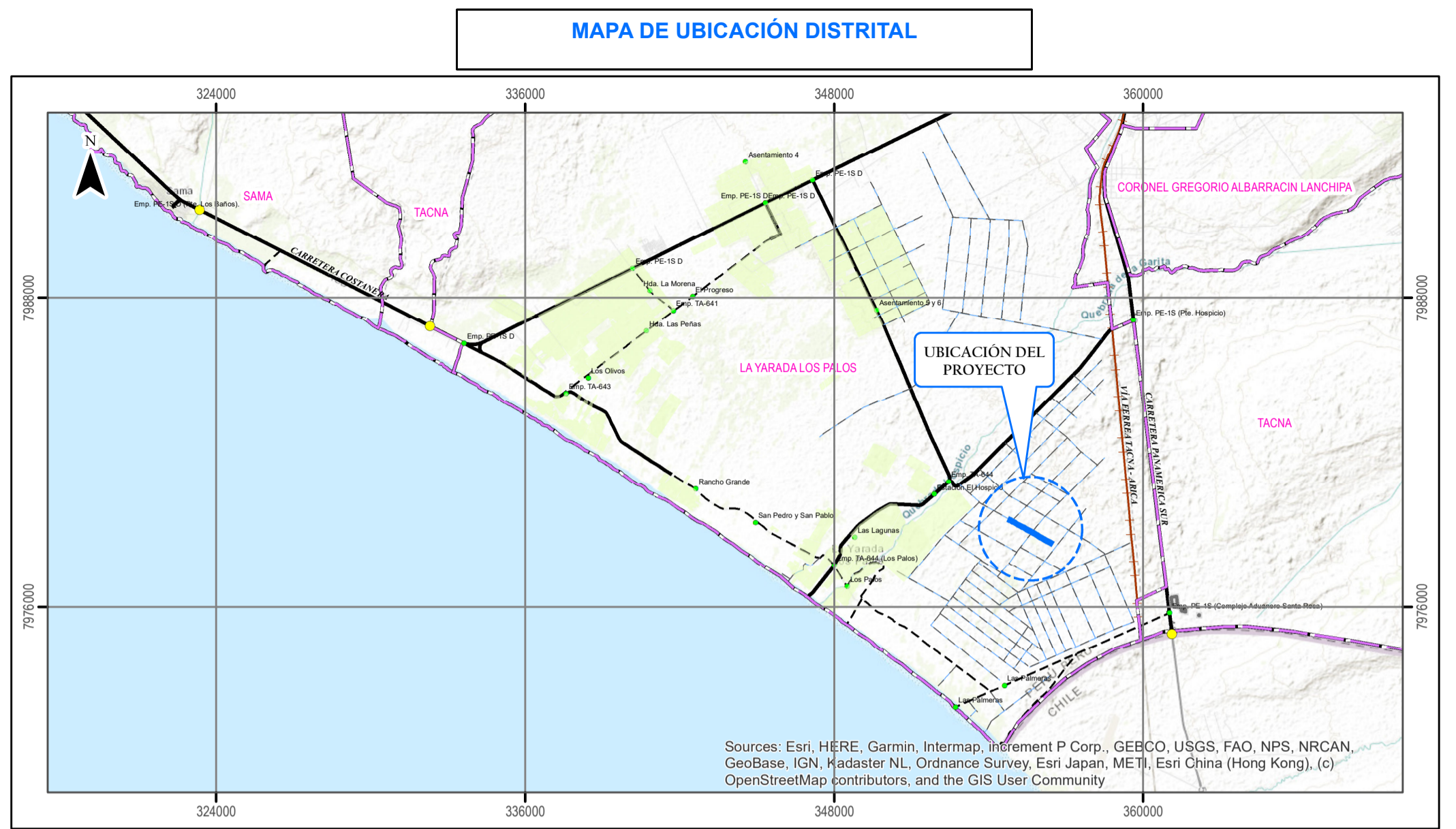
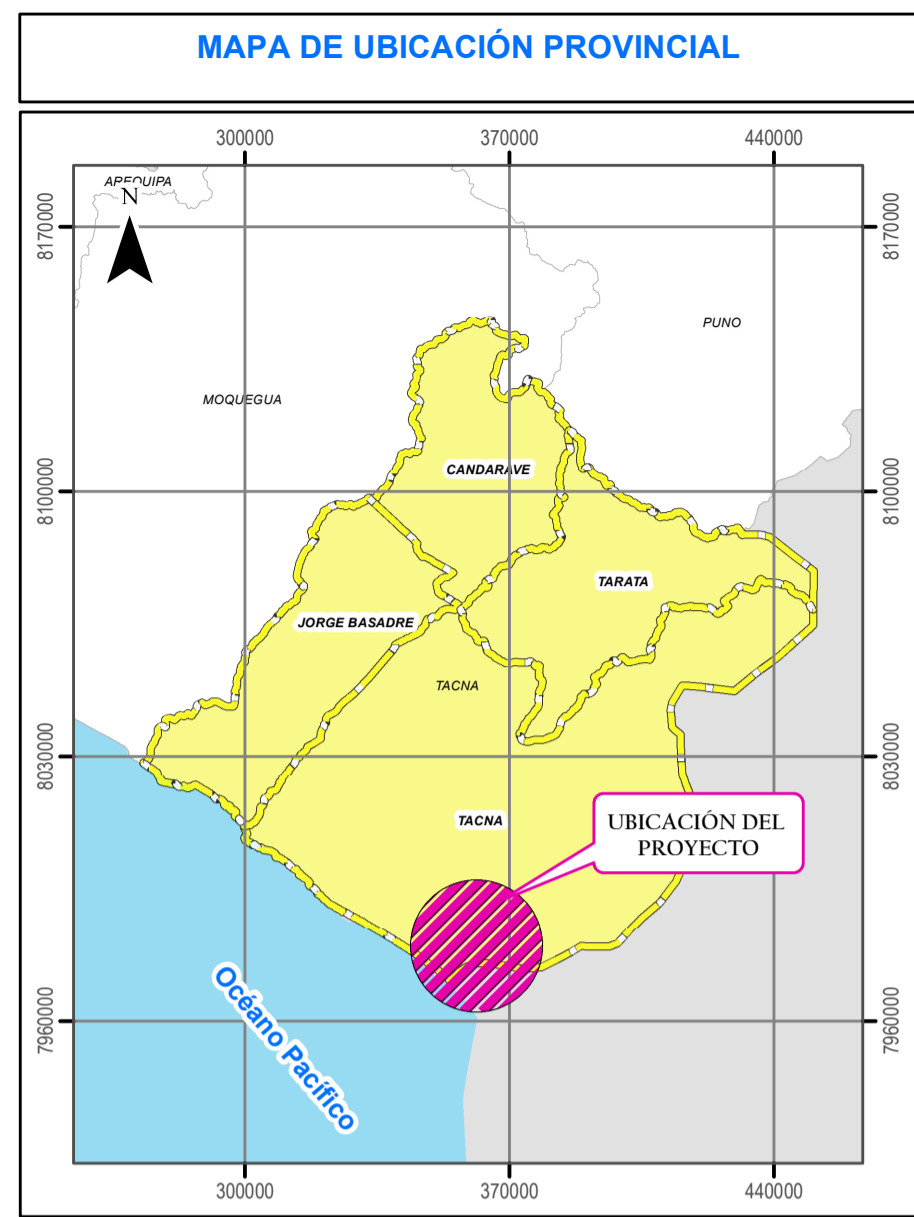
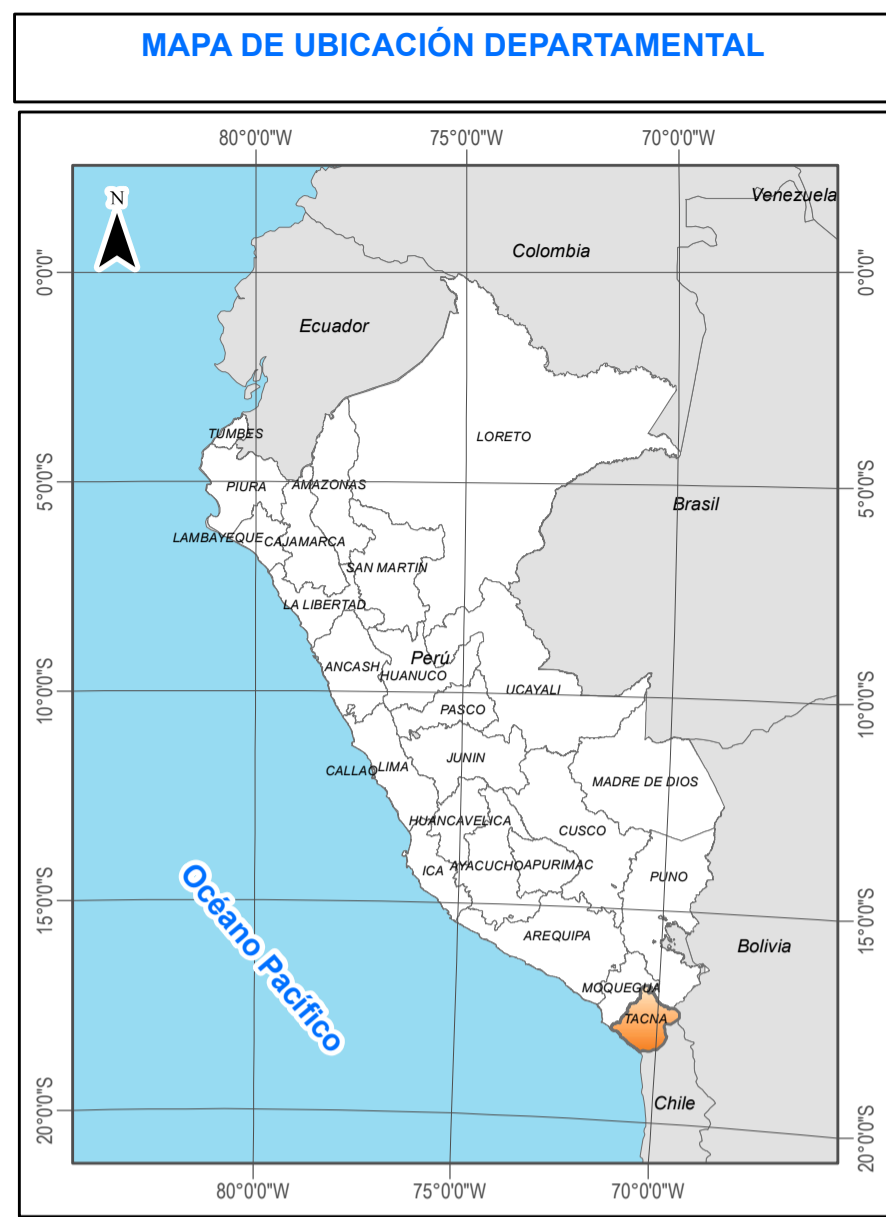
PROYECTO:  
**“PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE AGREGANDO CAL EN LA ASOCIACIÓN JOSE OLAYA KM 0+00 AL KM 2+00 DEL DISTRITO YARADA LOS PALOS TACNA 2023”**

PLANO:  
**UBICACIÓN DE CALICATAS**

DISTRITO: YARADA LOS PALOS    PROVINCIA: TACNA    DEPARTAMENTO: TACNA

ESCALA: INDICADA  
 FECHA: MARZO 2024  
 DATUM: WGS 84 - UTM ZONA 19S  
 FUENTE: IGN - MTC

PLANO N°  
**U-01**



### MAPA DE UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

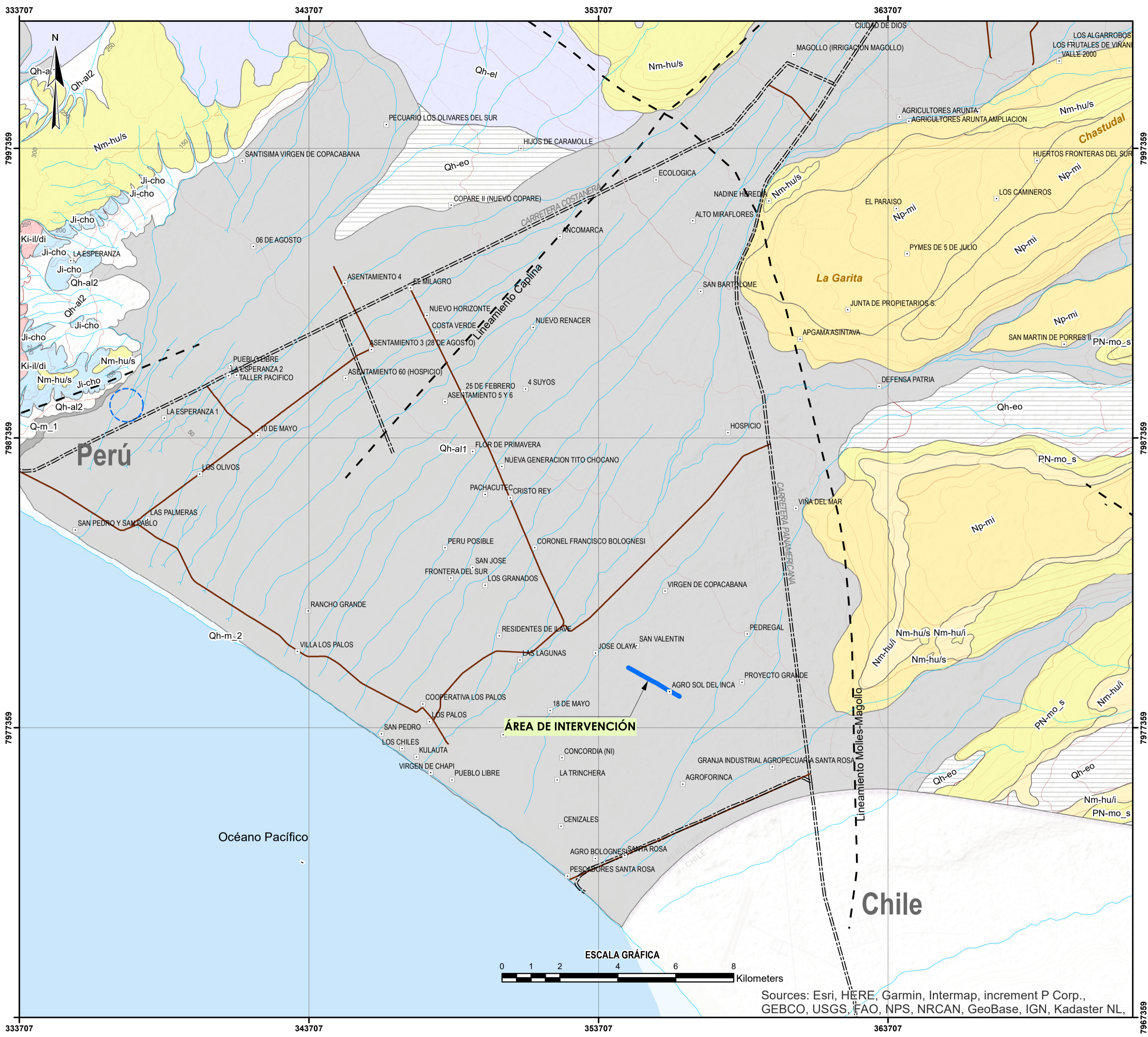


#### LEYENDA

- ÁREA DE INTERVENCIÓN DEL PROYECTO
- CENTROS POBLADOS
- LÍMITE POLÍTICOS**
- LÍMITE PROVINCIAL
- LÍMITE DISTRITAL
- TIPO DE VÍA**
- VÍA FERREA
- VÍA ASFALTADA
- VÍA AFIRMADA
- VÍA CARROZABLE

Escala 1:20.000.000

PROYECTO: <b>"PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE AGREGANDO CAL EN LA ASOCIACIÓN JOSE OLAYA KM 0+00 AL KM 2+00 DEL DISTRITO YARADA LOS PALOS TACNA 2023"</b>		PLANO: <b>UBICACIÓN DEL PROYECTO</b>		ESCALA: INDICADA	PLANO N° <b>U-01</b>
				FECHA: MARZO 2024	
				DATUM: WGS 84 - UTM ZONA 19S	
		DISTRITO: YARADA LOS PALOS	PROVINCIA: TACNA	DEPARTAMENTO: TACNA	
				FUENTE: IGN - MTC	



### CUADRO DE UNIDADES LITOSTRATIGRAFICAS

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOSTRATIGRAFICAS	UNIDADES INTRUSIVAS		
CENOZOICA	CUATERNARIO	HOLOCENO	Dep. eluvial	Qh-el	UNIDAD ILO	
			Dep. eólico	Qh-eo		
			Dep. Marino_2	Qh-m_2		
			Dep. Marino_1	Qh-m_1		
			Dep. Aluvial_2	Qh-al2		
	Dep. Aluvial_1	Qh-al1				
	NEOGENO	PLIOCENO	Formación Millo	Np-mi		
			Formación Magollo	Nm-mg		
		MIOCENO	Formación Huayllitas	Nm-hu_s		
	Formación Huayllitas		Nm-hu_l			
PALEOGENO	OLIGOCENO	Grupo Tacaña	PN-mo_s	UNIDAD ILO		
	Formación Moquegua	PN-mo_i				
MESOZOICA	CRETACEO	INFERIOR	Formación Hualhuani		Ki-hu	Ki-il-di
			Formación Gramadal		Js-gr	Ki-il-gd-di
			Formación Labra	Js-la	Ki-il-gd-h	
JURÁSICO	MEDIO	Formación Socosani	Jm-so			
		Formación Chocolate	Ji-cho			

### ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS

- FALLA CONTINUA
- FALLA DEXTRAL
- FALLA DISCONTINUA
- FALLA INVERSA
- FALLA NORMAL
- FALLA SINISTRAL
- LINEAMIENTO
- PLIEGUE ANTICLINAL
- PLIEGUE SINCLINAL
- DERRUMBES

#### LEYENDA

- ÁREA INTERVENCIÓN DEL PROYECTO
- Centro poblado
- Red Vial
- Red Vial Vecinal
- Red Hidrografica

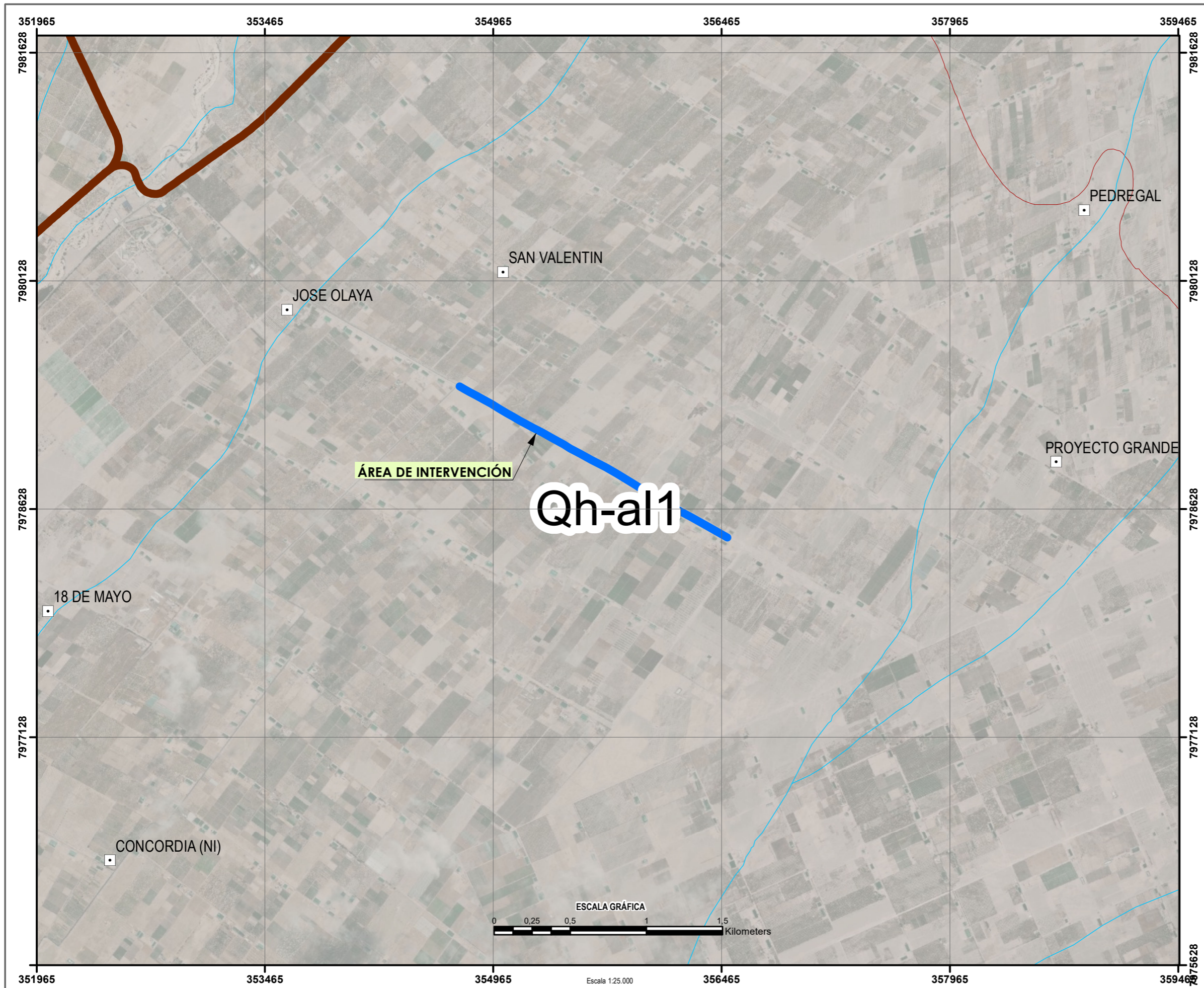


Sources: Esri, HERE, Garmin, Intermap, increment P Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GeoBase, IGN, Kadaster NL,

BY: MICHAEL ARNOLD FUENTES VILLALBO  
 PATH: C:\Users\USB\MICHAEL\FUENTES\MICHAEL\_PLANOS\02\_PLANO\_GEOLOGICO\_REGIONAL\_A2.mxd  
 PLOT DATE: miércoles, 27 de noviembre de 2024 - 5:55:29  
 ARCHIVO / FILE: 02\_PLANO\_GEOLOGICO\_REGIONAL\_A2

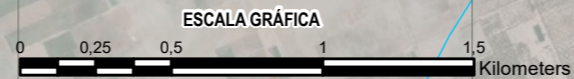
PROYECTO: "PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE AGREGANDO CAL EN LA ASOCIACIÓN JOSE OLAYA KM 0+00 AL KM 2+00 DEL DISTRITO YARADA LOS PALOS TACNA 2023"		PLANO: <b>MAPA GEOLOGICO REGIONAL DEL PROYECTO</b>		ESCALA: INDICADA	PLANO N°: <b>GR-01</b>
DISTRITO: LA YARADA LOS PALOS		PROVINCIA: TACNA	DEPARTAMENTO: TACNA	FECHA: MARZO 2024	
DATUM: WGS 84 - UTM ZONA 19S				FUENTE: IGN - INGENMET	

Escala 1:100.000

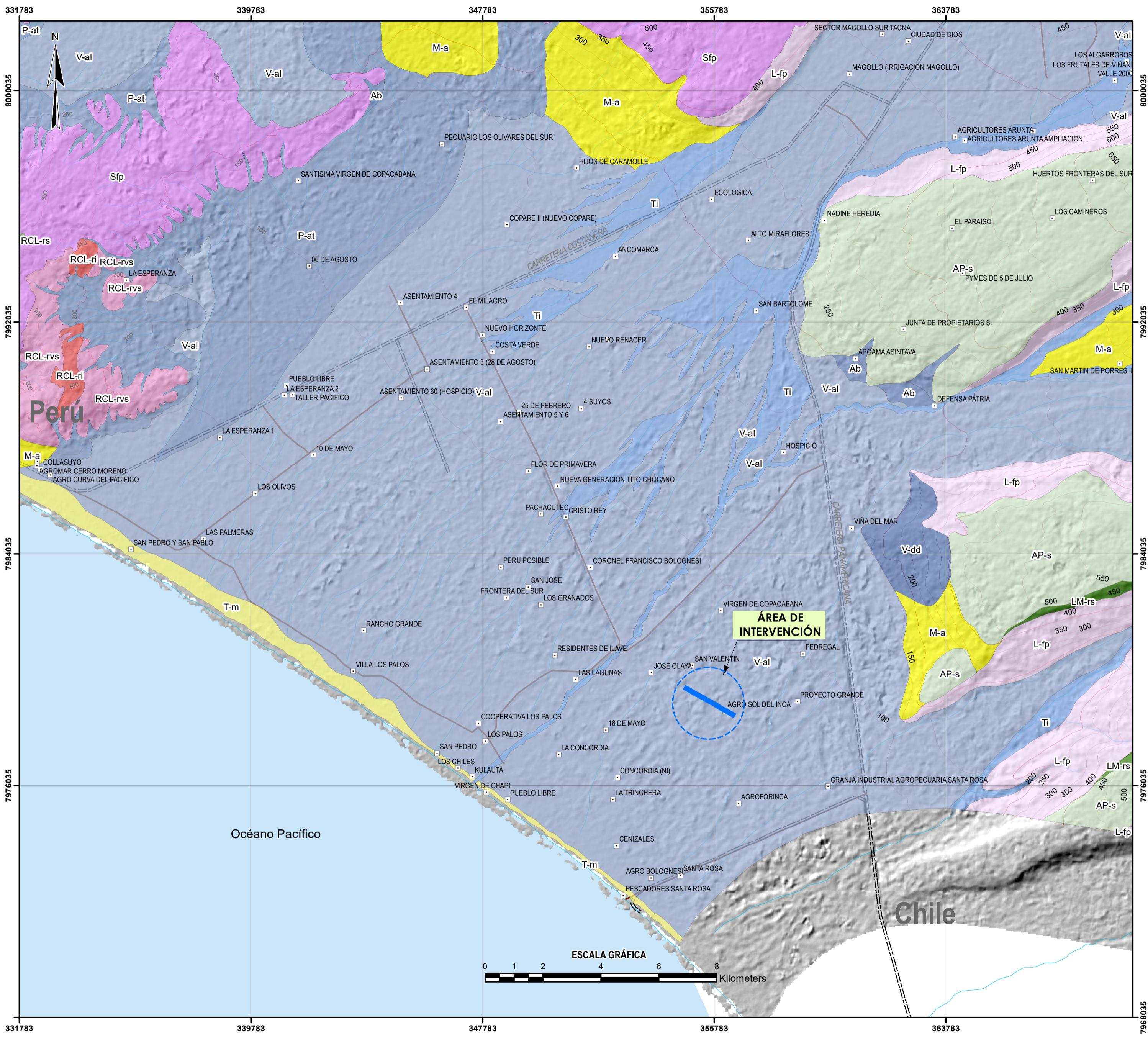


CUADRO DE UNIDADES LITOSTRATIGRAFICAS

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOSTRATIGRAFICAS	UNIDADES INTRUSIVAS	
CENOZOICA	CUATERNARIO	HOLOCENO	Dip. eolial	Qh-el	UNIDAD ILO Ki-i-dl Dorta Ki-ig-dl Granodiorita, dorta Ki-ig-dA Granodiorita con hornblenda
			Dip. eólico	Qh-ec	
			Dip. Marino_2	Qh-m_2	
			Dip. Marino_1	Qh-m_1	
			Dip. Aluvial_2	Qh-a2	
	Dip. Aluvial_1	Qh-a1			
	NEOGENO	MIOCENO	Formación Mito	Np-mi	
			Formación Magallo	Nm-mg	
			Formación Huayllas	Nm-hu_a	
				Nm-hu_b	
			Nm-hu_c		
PALEOGENO	OLIGOCENO	Formación Moquegua	PN-mo_a		
		Grupo Tarma	PT-mo		
MESOZOICA	CRETACEO	INFERIOR	Formación Huallhuas	Hu-hu	
			Formación Gramadal	Ja-gr	
			Formación Labra	Ja-la	
JURASICO	MEDIO	INFERIOR	Formación Socosani	Ja-so	
			Formación Chocobate	Ju-cho	



PROYECTO: "PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE AGREGANDO CAL EN LA ASOCIACIÓN JOSE OLAYA KM 0+00 AL KM 2+00 DEL DISTRITO YARADA LOS PALOS TACNA 2023"	PLANO: <b>MAPA GEOLOGÍA LOCAL DEL PROYECTO</b>		ESCALA: INDICADA	PLANO N° <b>GL-01</b>
	DISTRITO: LA YARADA LOS PALOS	PROVINCIA: TACNA	DEPARTAMENTO: TACNA	
			DATUM: WGS 84 - UTM ZONA 19S	
			FUENTE: IGN - INGENMET	



**CUADRO DE UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS**

UNIDAD GEOMORFOLÓGICA	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
TERRAZAS	T-al	Terraza aluvial
	Tb-al	Terraza baja aluvial
	Ti	Terraza indiferenciada
	T-m	Terraza marina
PLANICIES	V-al	Vertiente con depósito de deslizamiento
	Ab	Abanico de piedemonte
	P-at	Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial
	V-al	Vertiente o piedemonte aluvial
	M-a	Mantos de arena
	AP-s	Altiplanicie sedimentaria
	L-fp	Ladera con flujo piroclástico
	Sfp	Superficie de flujo piroclástico
	Sfp-d	Superficie de flujo piroclástico disectado o erosionado
	COLINAS	RCL-ri
RCL-rs		Colina y lomada en roca sedimentaria
RCL-rvs		Colina y lomada en roca volcano-sedimentaria

**LEYENDA**

- ÁREA INTERVENCIÓN DEL PROYECTO
- Centro poblado
- Red Vial
- Red Vial Vecinal
- Red Hidrográfica



Escala 1:100.000

BY MICHAEL ARNOLD FUENTES VILLALOBOS  
 PATH : G:\Desarrollo\USB\MICHAEL\MICHAEL\_PLANOS\01\_PLANO\_GEOMORFOLOGICO\_REGIONAL\_A2.mxd  
 PLOT DATE miércoles, 27 de noviembre de 2024 - 6:06:33  
 ARCHIVO / FILE : 01\_PLANO\_GEOMORFOLOGICO\_REGIONAL\_A2

PROYECTO: <b>“PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE AGREGANDO CAL EN LA ASOCIACIÓN JOSE OLAYA KM 0+00 AL KM 2+00 DEL DISTRITO YARADA LOS PALOS TACNA 2023”</b>		PLANO: <b>MAPA GEOMORFOLÓGICO REGIONAL DEL PROYECTO</b>		ESCALA: INDICADA	PLANO Nº <b>GM-01</b>
DISTRITO: LA YARADA LOS PALOS	PROVINCIA: TACNA	DEPARTAMENTO: TACNA	FECHA: MARZO 2024	DATUM: WGS 84 - UTM ZONA 19S	
			FUENTE: IGN - INGENMET - ZEE		



GEOLOGÍA & GEOTECNIA  
**GEOINGENIERIA E.I.R.L**

Dirección: Asoc. Las Américas Mz. "E" Lote "11", Cnel. Gregorio Albarracin, Tacna. Tef: +51 986441250

## CALICATA C-01

PROCEDENCIA :

Asoc. Agropecuaria Jose Olaya

UBICACION :

PROG.: 0 + 500

- 
- CONTENIDO DE HUMEDAD.
  - ANALISIS GRANULOMETRICO.
  - LIMITES DE ATTERBERG.
  - COMPACTACIÓN DE SUELOS.
  - RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR).
  - SALE SOLUBLES TOTALES



RAZÓN SOCIAL  
RUC  
DIRECCIÓN  
TELÉFONO  
EMAIL

: GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L  
: 20608052071  
: Asoc. Las Américas Mz. E Lote 11, Cnel. Gregorio Albarracin, Tacna  
: +51 986441250 +51 995343581  
: gg.geingenieria@gmail.com



# GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L

Dirección: Asoc. Las Américas Mz. "E" Lote "11", Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna. Tef: +51 986441250

## CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

NORMA APLICABLE: NTP 339.127 / ASTM D - 2216

**TESIS** : "PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE AGREGANDO CAL EN LA ASOCIACIÓN JOSE OLAYA KM 0+00 AL KM 2+00 DEL DISTRITO YARADA LOS PALOS TACNA 2023"

**SOLICITA** : Bach. Michael Arnold Fuentes Villalobos

**UBICACIÓN** : DISTRITO LA YARADA LOS PALOS

### 1.- DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

**PROCEDENCIA** : Asoc. Agropecuaria Jose Olaya

**TEC. RESPONSABLE** : Tec. Alvaro B. Ortiz Vicente

**UBICACIÓN** : PROG.: 0 + 500

**FECHA DE ENSAYO** : Feb-24



**CALICATA** : C-01

**CÓDIGO DE FORMAT** : 1

### 2.- CONTENIDO HUMEDAD

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRA			PROMEDIO
			M1	M2	M3	
1	N° de Tara		T-49	T-26	T-31	
2	Peso Muestra húmeda + Tara	gr	520.10	577.31	442.1	
3	Peso Muestra Seca + Tara	gr	505.20	560.77	429.4	
4	Peso del Agua	gr	14.90	16.54	12.67	3.45 %
5	Peso de la Tara	gr	76.6	59.4	76.1	
6	Peso Muestra Seca	gr	428.59	501.4	353.3	
7	<b>Contenido de humedad</b>	%	<b>3.48</b>	<b>3.30</b>	<b>3.58</b>	

### 3.- CONCLUSIÓN

  
  
**Alvaro B. Ortiz Vicente**  
TÉCNICO EN LABORATORIO DE  
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

  
  
**Mtr. Ing. GUIDO G. CAÑAHUARICALLO**  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETO Y ASFALTO  
CIP 235917



**RAZÓN SOCIAL** : GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L  
**RUC** : 20608052071  
**DIRECCIÓN** : Asoc. Las Américas Mz. E Lote 11, Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna  
**TELÉFONO** : +51 986441250 +51 995343581  
**EMAIL** : gg.geingenieria@gmail.com



# GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L

Dirección: Asoc. Las Américas Mz. "E" Lote "11", Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna. Tef: +51 986441250

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

NORMA APLICABLE : NTP 228.128 / ASTM D - 422

**TESIS** : "PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE AGREGANDO CAL EN LA ASOCIACIÓN JOSE OLAYA KM 0+00 AL KM 2+00 DEL DISTRITO YARADA LOS PALOS TACNA 2023"

**SOLICITA** : Bach. Michael Arnold Fuentes Villalobos

**UBICACIÓN** : DISTRITO LA YARADA LOS PALOS

### 1.- DESCRIPCION DEL ENSAYO

**PROCEDENCIA** : Asoc. Agropecuaria Jose Olaya  
**UBICACIÓN** : PROG.: 0 + 500  
**CALICATA** : C-01

**TEC. RESPONSABLE** : Tec. Alvaro B. Ortiz Vicente  
**FECHA DE ENSAYO** : Feb-24  
**CÓDIGO DE FORMAT** : 2

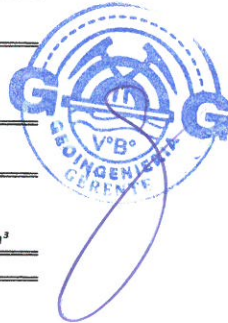
### 2.- DATOS DEL ENSAYO

CLASIFICACION SEGÚN ASTM	TAMIZ ASTM		PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)	
	pulgada	mm					
<b>CANTO RODADO</b>	3 1/2"	87.500				100.00	
	3"	75.000	0.0	0.00	0.00	100.00	
<b>GRAVA DE 4.75 mm hasta 75.00 mm</b>	<b>GRUESA</b>	2 1/2"	63.000	0.0	0.00	100.00	
		2"	50.000	0.0	0.00	100.00	
		1 1/2"	37.500	0.0	0.00	100.00	
		1"	25.000	0.0	0.00	100.00	
		3/4"	19.000	0.0	0.00	100.00	
	<b>FINA</b>	1/2"	12.500	0.0	0.00	100.00	
		3/8"	9.500	0.0	0.00	100.00	
		1/4"	6.250	0.0	0.00	100.00	
		Nº4	4.750	0.0	0.00	100.00	
		Nº10	2.000	19.4	3.17	96.83	
<b>ARENA DE 0.075 mm hasta 4.75 mm</b>	<b>GRUESA</b>	Nº20	0.850	38.9	6.35	90.49	
		Nº40	0.425	96.0	15.67	25.18	74.82
	<b>MEDIA</b>	Nº60	0.250	162.2	26.47	51.65	48.35
<b>FINA</b>		Nº80	0.180	101.2	16.51	68.17	31.83
		Nº100	0.150	58.8	9.60	77.76	22.24
Nº200	0.075	82.1	13.40	91.16	8.84		
<b>LIMO Y ARCILLA</b>	Base	0.074	54.17	8.84	100.00	0.00	

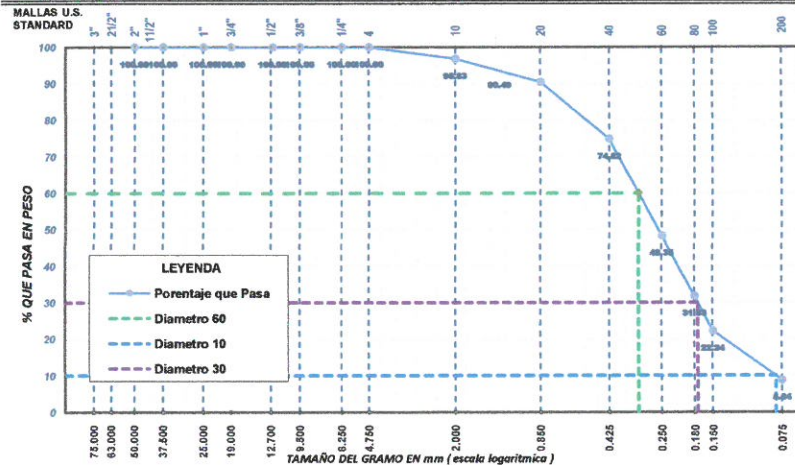
Arena mal graduada con limo SP SM

### 3.- DESCRIPCION

CONTENIDO DE HUMEDAD	
Porcentaje de Humedad	3.45 %
DATOS DE LA MUESTRA	
Peso Muestra Inicial	23564.0 gr.
Peso Muestra Grava	0.0 gr.
Peso Muestra Arena	23564.0 gr.
Peso Fraccion Fino < N° 4	612.8 gr.
Porcentaje de Grava	0.00 %
Porcentaje de Arena	91.16 %
Porcentaje de Limos y Arcillas	8.84 %
LIMITE DE ATTERBERG	
Limite Liquido	22.32 %
Limite Plastico	N.P.
Indice de Plasticidad	N.P.
DENSIDADES	
Densidad Natural	---
Densidad Minima	---
Densidad Maxima	1.650 gr/cm³
PESO Y GRAVEDAD ESPECIFICA	
Peso Especifico de Grava	---
Gravedad Especifica finos	---



### 4.- GRAFICO DE ANALISIS GRANULOMETRICO



TIPO DE MUESTRA	
Muestra altera en bolsa de plástico (Mab)	
<b>SUCS</b>	<b>SP SM</b>
<b>AASHTO</b>	<b>A-3 (0)</b>
DIAMETROS	
Diametro 60	0.32 mm
Diametro 30	0.17 mm
Diametro 10	0.08 mm
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD	
3.97	
COEFICIENTE DE CURVATURA	
1.20	



**RAZÓN SOCIAL**  
**RUC**  
**DIRECCIÓN**  
**TELÉFONO**  
**EMAIL**

**Alvaro B. Ortiz Vicente**  
TÉCNICO EN LABORATORIO DE  
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

: GEOINGENIERIA E.I.R.L.  
: 20608052071  
: Asoc. Las Américas Mz. E Lote 11, Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna  
: +51 986441250 +51 995343581  
: gg.georingeneria@gmail.com

**Mr. Ing. GUIDO G. CANTHUARICHALLO**  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETO Y ASFALTO  
CIP 235017



# GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L

Dirección: Asoc. Las Américas Mz. "E" Lote "11", Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna. Tef: +51 986441250

## LIMITES DE ATTERBERG

NORMA APLICABLE : NTP 339.129 / ASTM D - 4318

TESIS : "PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE AGREGANDO CAL EN LA ASOCIACIÓN JOSE OLAYA KM 0+00 AL KM 2+00 DEL DISTRITO YARADA LOS PALOS TACNA 2023"

SOLICITA : Bach. Michael Arnold Fuentes Villalobos

UBICACIÓN : DISTRITO LA YARADA LOS PALOS

### 1.- DESCRIPCION DEL ENSAYO

PROCEDENCIA :	Asoc. Agropecuaria Jose Olaya	TEC. RESPONSABLE :	Tec. Alvaro B. Ortiz Vicente
UBICACIÓN :	PROG.: 0 + 500	FECHA DE ENSAYO :	Feb-24
CALICATA :	C-01	CÓDIGO DE FORMATO :	3

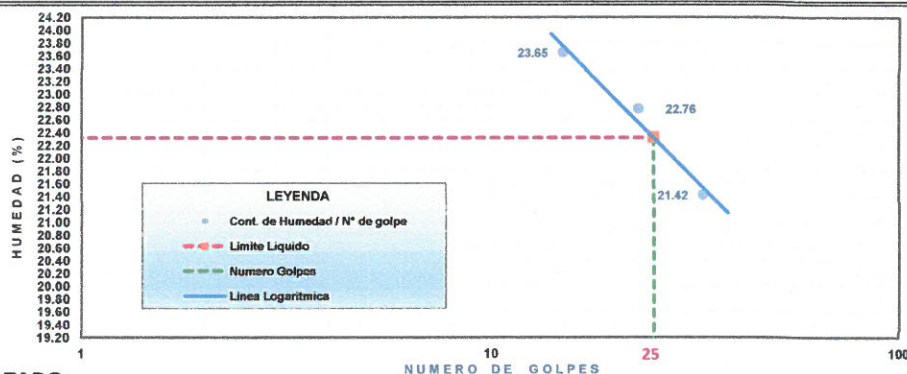
### 2.- DETERMINACIÓN DE LIMITE LIQUIDO

DESCIPCION	UNIDAD	MUESTRAS				LIMITE LIQUIDO
		M1	M2	M3	M4	
Número de golpes	n°	33	23	15	---	22.32 %
Nº Tara	n°	T-03	T-56	T-06	---	
Peso Tara + suelo húmedo	gr.	45.82	44.45	43.1	---	
Peso Tara + suelo seco	gr.	42.17	40.02	38.86	---	
Peso del agua	gr.	3.65	4.43	4.24	---	
Peso de la tara	gr.	25.13	20.56	20.93	---	
Peso del suelo seco	gr.	17.04	19.46	17.93	---	
Contenido de humedad	%	21.42	22.76	23.65	---	

### 3.- DETERMINACION DE LIMITE PLASTICO

DESCIPCION	UNIDAD	MUESTRAS			LIMITE PLASTICO
		M1	M2	M3	
Nº Tara	n°	---	---	---	N.P.
Peso Tara + suelo húmedo	gr.	---	---	---	
Peso Tara + suelo seco	gr.	---	---	---	
Peso del agua	gr.	---	---	---	
Peso de la tara	gr.	---	---	---	
Peso del suelo seco	gr.	---	---	---	
Contenido de humedad	%	---	---	---	

### 4.- GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



### 5.- RESULTADO

INDICE DE PLASTICIDAD	INDICE DE CONSISTENCIA	INDICE DE FLOIDEZ / LIQUIDEZ
N.P.	-	-



Alvaro B. Ortiz Vicente  
TÉCNICO EN LABORATORIO DE  
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO



Mtr. Ing. GUIDO G. CASIHUARCILLO  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETO Y ASFALTO  
210-225042



RAZÓN SOCIAL : GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L  
RUC : 20608052071  
DIRECCIÓN : Asoc. Las Américas Mz. E Lote 11, Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna  
TELÉFONO : +51 986441250 +51 995343581  
EMAIL : gg.geoingenieria@gmail.com



# GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L

Dirección: Asoc. Las Américas Mz. "E" Lote "11", Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna. Tef: +51 986441250

## COMPACTACION DE SUELOS

NORMA APLICABLE : NTP 339.142 / MTC E 115 / ASTM D - 698 - 1557

TESIS: "PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE AGREGANDO CAL EN LA ASOCIACIÓN JOSE OLAYA KM 0+00 AL KM 2+00 DEL DISTRITO YARADA LOS PALOS TACNA 2023"

SOLICITA: Bach. Michael Arnold Fuentes Villalobos

UBICACIÓN: DISTRITO LA YARADA LOS PALOS

### 1.- DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

PROCEDENCIA : Asoc. Agropecuaria Jose Olaya

UBICACIÓN : PROG.: 0 + 500

CALICATA: C-01

TEC. RESPONSABLE : Tec. Alvaro B. Ortiz Vicente

FECHA DE ENSAYO : Feb-24

CÓDIGO DE FORMATO : 4

### 2.- ENSAYO DE COMPACTACION

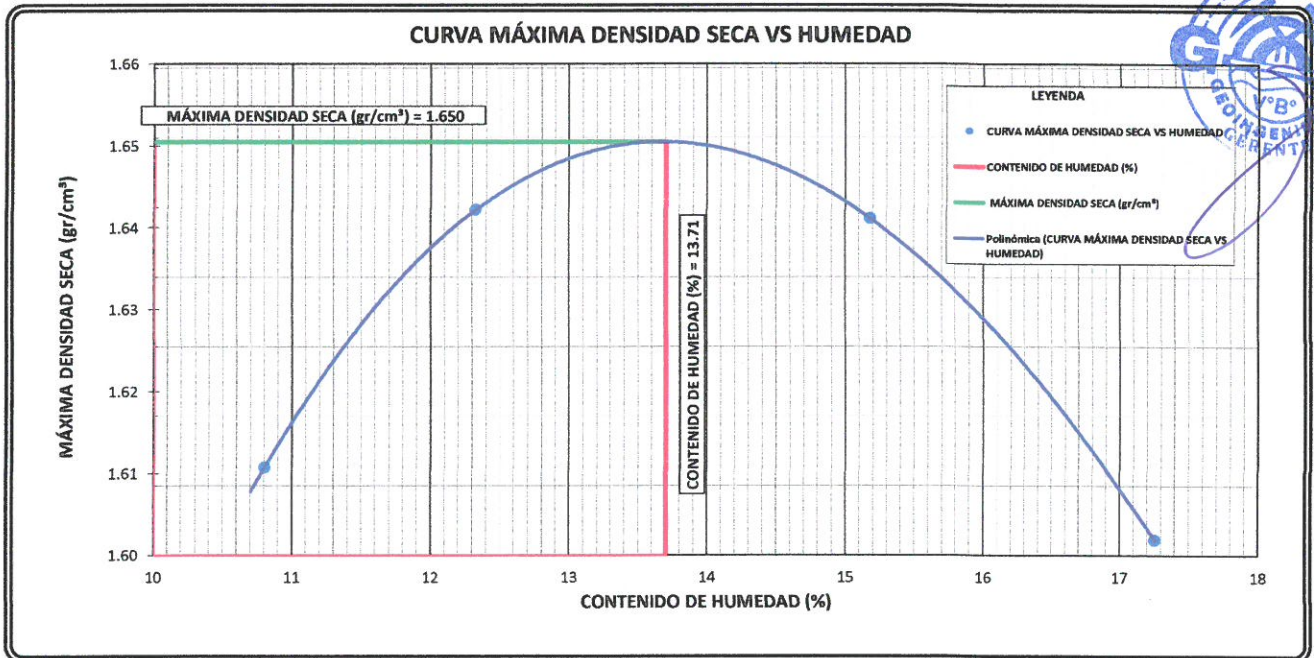
ENSAYO N°	COMPACTACION			
	1	2	3	4
N° Capas	5	5	5	5
N° Golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5554	5609	5651	5640
Peso molde (gr.)	3,914.0	3,914.0	3,914.0	3,914.0
Peso suelo compactado (gr.)	1,640.0	1,695.0	1,737.0	1,726.0
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	918.9	918.9	918.9	918.9
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.785	1.845	1.890	1.878

METODO A			
PESO INICIAL	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUM.
23,564.0			
MALLA 3"			
MALLA 3"-3/4"	0.00	0.00	0.00
MALLA 3/4" - 3/8"	0.00	0.00	0.00
MALLA 3/8" - N°4	0.00	0.00	0.00
MALLA N°4-...	23,564.00	100.00	100.00

Tara N°	HUMEDAD (%)			
	T-28	T-30	T-07	T-58
Tara + suelo húmedo (gr.)	434.7	295.7	129.7	186.1
Tara + suelo seco (gr.)	399.6	271.5	115.3	161.9
Peso de agua (gr.)	35.1	24.2	14.4	24.2
Peso de tara (gr.)	74.71	75.16	20.45	21.67
Peso de suelo seco (gr.)	324.9	196.3	94.9	140.2
Humedad (%)	10.8	12.3	15.2	17.3
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.611	1.642	1.641	1.602

CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE 03	
PESO (GR.)	3,914.00
VOLUMEN (CM <sup>3</sup> )	918.92

RESULTADOS DE PROCTOR	
Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ):	1.650
Óptimo Contenido de Humedad (%):	13.71



RAZÓN SOCIAL  
RUC  
DIRECCIÓN  
TELÉFONO  
EMAIL

: GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L  
: 20608052071  
: Asoc. Las Américas Mz. E Lote 11, Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna  
: +51 986441250 +51 995343581  
: gg.geingenieria@gmail.com



Alvaro B. Ortiz Vicente  
TÉCNICO EN LABORATORIO DE  
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO



Mr. Ing. GUIDO G. CAÑU HUARICALLA  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETO Y ASFALTO  
CIP 235917





# GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L

Dirección: Asoc. Las Américas Mz. "E" Lote "11", Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna. Tef: +51 986441250

## ENSAYO DE RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

NORMA APLICABLE: ASTM D 1883 / MTC E 132 / EG 2000

TESIS: "PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE AGREGANDO CAL EN LA ASOCIACIÓN JOSE OLAYA KM 0+00 AL KM 2+00 DEL DISTRITO YARADA LOS PALOS TACNA 2023"

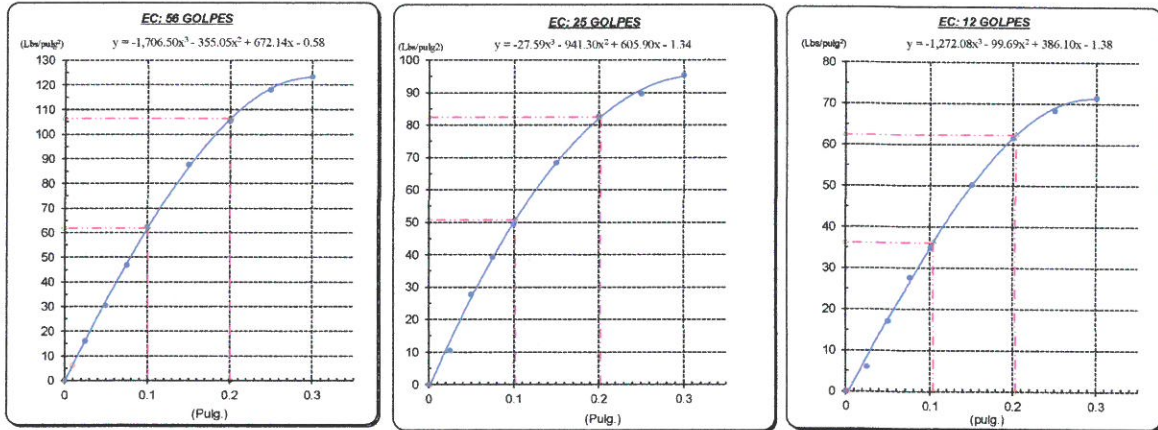
SOLICITA: Bach. Michael Arnold Fuentes Villalobos

UBICACIÓN: DISTRITO LA YARADA LOS PALOS

### DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

PROCEDENCIA	Asoc. Agropecuaria Jose Olaya	TEC. RESPONSABLE	Tec. Alvaro B. Ortiz Vicente
UBICACIÓN	PROG.: 0 + 500	FECHA DE ENSAYO	Feb-24
CALICATA	C-01	CÓDIGO DE FORMATO	6

### GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN



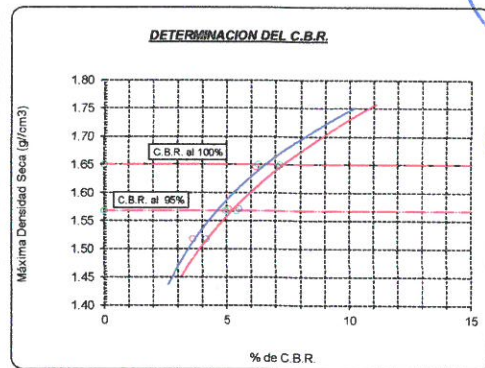
### GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

#### DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.65 g/cm <sup>3</sup>
DENSIDAD SECA AL 95%	1.568 g/cm <sup>3</sup>
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	13.7 %

#### VALOR DEL C.B.R.

	0.1"	0.2"
C.B.R. AL 100% M.D.S.	6.3 %	7.2 %
C.B.R. AL 95% M.D.S.	5.0 %	5.4 %



#### OBSERVACIONES:

- 1.- Muestreo e identificación realizado por el personal de laboratorio.
- 2.- Material obtenido del proyecto
- 3.- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio salvo que su reproducción sea en su totalidad. (GUIA PERUANA INDECOPI 004: 1993)

**Alvaro B. Ortiz Vicente**  
 TÉCNICO EN LABORATORIO DE  
 SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

**M<sup>o</sup> Ing. GUIDO G. CARRI HUARICALLO**  
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
 CONCRETO Y ASFALTO



**RAZÓN SOCIAL** : GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L  
**RUC** : 20608052071  
**DIRECCIÓN** : Asoc. Las Américas Mz. E Lote 11, Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna  
**TELÉFONO** : +51 986441250 +51 995343581  
**EMAIL** : gg.geoingenieria@gmail.com



# GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L

Dirección: Asoc. Las Américas Mz. "E" Lote "11", Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna. Tef: +51 986441250

## ENSAYOS QUÍMICOS DE SUELO

NORMA APLICABLE: NTP 339.152 / MTC E-219

TESIS : "PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE AGREGANDO CAL EN LA ASOCIACIÓN JOSE OLAYA KM 0+00 AL KM 2+00 DEL DISTRITO YARADA LOS PALOS TACNA 2023"

UBICACIÓN : DISTRITO LA YARADA LOS PALOS

SOLICITA : Bach. Michael Arnold Fuentes Villalobos

MUESTRA : PROG.: 0 + 500

CODIGO:

FECHA : TACNA , FEBRERO DEL 2023

7

ENSAYO DE ANÁLISIS QUÍMICO - SULFATOS NORMA: NTP 339.178				
MUESTRA	DESCRIPCIÓN	RESULTADO		GRADO DE ALTERACION
		ppm	%	
C-01	Muestra tomada de fondo de cimentación	2230.00	0.22	ACEPTABLE

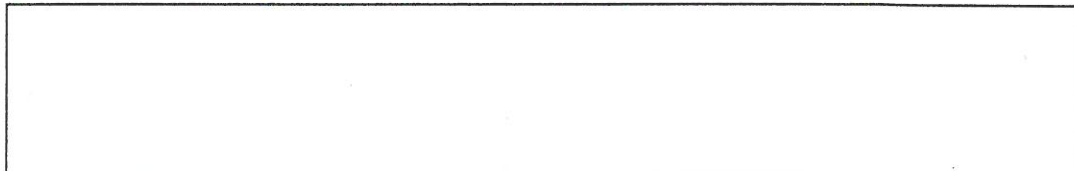
  

ENSAYO DE ANÁLISIS QUÍMICO - CLORUROS NORMA: NTP 339.177				
MUESTRA	DESCRIPCIÓN	RESULTADO		GRADO DE ALTERACION
		ppm	%	
C-01	Muestra tomada de fondo de cimentación	630.00	0.06	ACEPTABLE

ENSAYO DE ANÁLISIS FÍSICO - SALES DISUELTOS TOTALES NORMA: NTP 339.152				
MUESTRA	DESCRIPCIÓN	RESULTADO		GRADO DE ALTERACION
		ppm	%	
C-01	Muestra tomada de fondo de cimentación	3600.00	0.360	ACEPTABLE

PARAMETRO SEGÚN ESPECIFICACIONES				
ELEMENTOS QUÍMICOS	%	GRADO DE ALTERACION	DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
SULFATOS	---	---	No especifica	SULFATOS
				ACEPTABLE
CLORUROS	---	---	No especifica	CLORUROS
				ACEPTABLE
SALES SOLUBLES TOTALES	< 0.55 %	ACEPTABLE	Alto contenido de sales disueltas totales ocasiona problemas de pérdida de resistencia mecánica por problemas de lixiviación.	SALES DISUELTOS TOTALES
	> 0.55 %	NO ACEPTABLE		ACEPTABLE



Alvaro B. Ortiz Vicente  
TÉCNICO EN LABORATORIO DE  
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO



Mtr. Ing. GUIDO G. CAÑI HUARICALLO  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETO Y ASFALTO  
CIP 225042



RAZÓN SOCIAL : GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L.  
RUC : 20608052071  
DIRECCIÓN : Asoc. Las Américas Mz. E Lote 11, Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna  
TELÉFONO : +51 986441250 +51 995343581  
EMAIL : gg.geoingenieria@gmail.com



GEOLOGÍA & GEOTECNIA  
**GEOINGENIERIA E.I.R.L**

Dirección: Asoc. Las Américas Mz. "E" Lote "11", Cnel. Gregorio Albarracin, Tacna. Tef: +51 986441250

## CALICATA C-02

PROCEDENCIA :

Asoc. Agropecuaria Jose Olaya

UBICACION :

PROG.: 1 + 500

- 
- CONTENIDO DE HUMEDAD.
  - ANALISIS GRANULOMETRICO.
  - LIMITES DE ATTERBERG.
  - COMPACTACIÓN DE SUELOS.
  - RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR).
  - SALE SOLUBLES TOTALES



RAZÓN SOCIAL : GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L.  
RUC : 20608052071  
DIRECCIÓN : Asoc. Las Américas Mz. E Lote 11, Cnel. Gregorio Albarracin, Tacna  
TELÉFONO : +51 986441250 +51 995343581  
EMAIL : gg.geoingenieria@gmail.com



# GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L

Dirección: Asoc. Las Américas Mz. "E" Lote "11", Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna. Tef: +51 986441250

## CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

NORMA APLICABLE: NTP 339.127 / ASTM D - 2216

TESIS : "PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE AGREGANDO CAL EN LA ASOCIACIÓN JOSE OLAYA KM 0+00 AL KM 2+00 DEL DISTRITO YARADA LOS PALOS TACNA 2023"

SOLICITA : Bach. Michael Arnold Fuentes Villalobos

UBICACIÓN : DISTRITO LA YARADA LOS PALOS

### 1.- DESCRIPCION DEL ENSAYO

PROCEDECENCIA : Asoc. Agropecuaria Jose Olaya

TEC. RESPONSABLE : Tec. Alvaro B. Ortiz Vicente

UBICACIÓN : PROG.: 1 + 500

FECHA DE ENSAYO : Feb-24

CALICATA : C-02

CÓDIGO DE FORMAT : 1


### 2.- CONTENIDO HUMEDAD

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	MUESTRA			PROMEDIO
			M1	M2	M3	
1	N° de Tara		T-41	T-27	T-29	
2	Peso Muestra humeda + Tara	gr	600.50	666.56	510.4	
3	Peso Muestra Seca + Tara	gr	594.80	660.23	505.6	
4	Peso del Agua	gr	5.70	6.33	4.85	1.10 %
5	Peso de la Tara	gr	79.3	74.6	76.0	
6	Peso Muestra Seca	gr	515.52	585.6	429.6	
7	Contenido de humedad	%	1.11	1.08	1.13	



### 3.- CONCLUSION

  
Alvaro B. Ortiz Vicente  
TÉCNICO EN LABORATORIO DE  
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

  
M. Ing. GUIDO G. CAÑAHUACALLOS  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETO Y ASFALTO  
CIP 235912



RAZÓN SOCIAL : GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L  
RUC : 20608052071  
DIRECCIÓN : Asoc. Las Américas Mz. E Lote 11, Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna  
TELÉFONO : +51 986441250 +51 995343581  
EMAIL : gg.geoingenieria@gmail.com



# GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L

Dirección: Asoc. Las Américas Mz. "E" Lote "11", Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna. Tef: +51 986441250

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

NORMA APLICABLE : NTP 228.128 / ASTM D - 422

**TESIS** : "PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE AGREGANDO CAL EN LA ASOCIACIÓN JOSE OLAYA KM 0+00 AL KM 2+00 DEL DISTRITO YARADA LOS PALOS TACNA 2023"

**SOLICITA** : Bach. Michael Arnold Fuentes Villalobos

**UBICACIÓN** : DISTRITO LA YARADA LOS PALOS

### 1.- DESCRIPCION DEL ENSAYO

PROCEDENCIA : Asoc. Agropecuaria Jose Olaya

UBICACIÓN : PROG.: 1 + 500

CALICATA : C-02

TEC. RESPONSABLE : Tec. Alvaro B. Ortiz Vicente

FECHA DE ENSAYO : Feb-24

CÓDIGO DE FORMAT : 2

### 2.- DATOS DEL ENSAYO

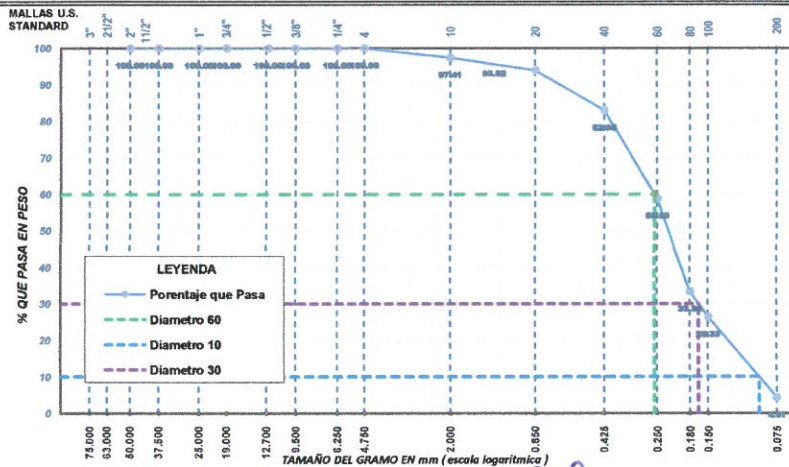
CLASIFICACION SEGUN ASTM	TAMIZ ASTM		PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)	
	pulgada	mm					
<b>CANTO RODADO</b>	3 1/2"	87.500				100.00	
<b>GRAVA</b> DE 4.75 mm hasta 75.00 mm	<b>GRUESA</b>	3"	75.000	0.0	0.00	100.00	
		2 1/2"	63.000	0.0	0.00	100.00	
		2"	50.000	0.0	0.00	100.00	
		1 1/2"	37.500	0.0	0.00	100.00	
		1"	25.000	0.0	0.00	100.00	
	<b>FINA</b>	3/4"	19.000	0.0	0.00	100.00	
		1/2"	12.500	0.0	0.00	100.00	
		3/8"	9.500	0.0	0.00	100.00	
		1/4"	6.250	0.0	0.00	100.00	
		Nº4	4.750	0.0	0.00	100.00	
<b>ARENA</b> DE 0.075 mm hasta 4.75 mm	<b>GRUESA</b>	Nº10	2.000	15.4	2.59	97.41	
		Nº20	0.850	20.8	3.49	6.08	93.92
	<b>MEDIA</b>	Nº40	0.425	65.3	10.97	17.05	82.95
		Nº60	0.250	143.7	24.15	41.20	58.80
	<b>FINA</b>	Nº80	0.180	151.5	25.47	66.68	33.32
		Nº100	0.150	41.6	6.99	73.67	26.33
Nº200	0.075	131.0	22.03	95.69	4.31		
<b>LIMO Y ARCILLA</b>	Base	0.074	25.61	4.31	100.00	0.00	

Arena mal graduada SP

### 3.- DESCRIPCION

CONTENIDO DE HUMEDAD	
Porcentaje de Humedad	1.10 %
DATOS DE LA MUESTRA	
Peso Muestra Inicial	28730.0 gr.
Peso Muestra Grava	0.0 gr.
Peso Muestra Arena	28730.0 gr.
Peso Fraccion Fino < N° 4	594.8 gr.
Porcentaje de Grava	0.00 %
Porcentaje de Arena	95.69 %
Porcentaje de Limos y Arcillas	4.31 %
LIMITE DE ATTERBERG	
Limite Liquido	19.23 %
Limite Plastico	N.P.
Indice de Plasticidad	N.P.
DENSIDADES	
Densidad Natural	---
Densidad Minima	---
Densidad Maxima	1.768 gr/cm³
PESO Y GRAVEDAD ESPECIFICA	
Peso Especifico de Grava	---
Gravedad Especifica finos	---

### 4.- GRAFICO DE ANALISIS GRANULOMETRICO



TIPO DE MUESTRA	
Muestra altera en bolsa de plástico (Mab)	
SUCS	SP
AASHTO	A-3 (0)
DIAMETROS	
Diametro 60	0.26 mm
Diametro 30	0.17 mm
Diametro 10	0.09 mm
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD	
2.86	
COEFICIENTE DE CURVATURA	
1.18	



**RAZÓN SOCIAL** : GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L  
**RUC** : 20608052071  
**DIRECCIÓN** : Asoc. Las Américas Mz. E Lote 11, Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna  
**TELÉFONO** : +51 986441250 +51 995343581  
**EMAIL** : gg-geoingenieria@gmail.com



**Alvaro B. Ortiz Vicente**  
 TÉCNICO EN LABORATORIO DE  
 SUELOS CONCRETO Y ASFALTO



**Mtr. Ing. GUIDO G. CANHUARICALLO**  
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
 CONCRETO Y ASFALTO  
 CIP 235912



# GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L

Dirección: Asoc. Las Américas Mz. "E" Lote "11", Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna. Tef: +51 986441250

## LIMITES DE ATTERBERG

NORMA APLICABLE : NTP 339.129 / ASTM D - 4318

TESIS : "PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE AGREGANDO CAL EN LA ASOCIACIÓN JOSE OLAYA KM 0+00 AL KM 2+00 DEL DISTRITO YARADA LOS PALOS TACNA 2023"

SOLICITA : Bach. Michael Arnold Fuentes Villalobos

UBICACIÓN : DISTRITO LA YARADA LOS PALOS

### 1.- DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

PROCEDENCIA :	Asoc. Agropecuaria Jose Olaya	TEC. RESPONSABLE :	Tec. Alvaro B. Ortiz Vicente
UBICACIÓN :	PROG.: 1 + 500	FECHA DE ENSAYO :	Feb-24
CALICATA :	C-02	CÓDIGO DE FORMATO :	3

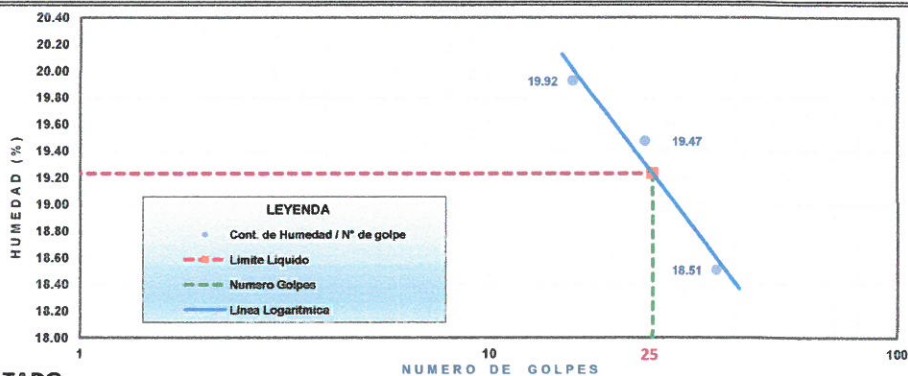
### 2.- DETERMINACIÓN DE LIMITE LIQUIDO

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS				LIMITE LIQUIDO
		M1	M2	M3	M4	
Número de golpes	n°	36	24	16	---	19.23 %
Nº Tara	n°	T-71	T-72	T-70	---	
Peso Tara + suelo húmedo	gr.	50.96	49.31	45.31	---	
Peso Tara + suelo seco	gr.	46.18	44.74	41.09	---	
Peso del agua	gr.	4.78	4.57	4.22	---	
Peso de la tara	gr.	20.35	21.27	19.91	---	
Peso del suelo seco	gr.	25.83	23.47	21.18	---	
Contenido de humedad	%	18.51	19.47	19.92	---	

### 3.- DETERMINACIÓN DE LIMITE PLASTICO

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS			LIMITE PLASTICO
		M1	M2	M3	
Nº Tara	n°	---	---	---	N.P.
Peso Tara + suelo húmedo	gr.	---	---	---	
Peso Tara + suelo seco	gr.	---	---	---	
Peso del agua	gr.	---	---	---	
Peso de la tara	gr.	---	---	---	
Peso del suelo seco	gr.	---	---	---	
Contenido de humedad	%	---	---	---	

### 4.- GRÁFICO DE LIMITE LIQUIDO



### 5.- RESULTADO

INDICE DE PLASTICIDAD	INDICE DE CONSISTENCIA	INDICE DE FLUIDEZ / LIQUEZ
N.P.	-	-

Alvaro B. Ortiz Vicente  
TÉCNICO EN LABORATORIO DE  
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

Mtr. Ing. GUIDO G. CANHUARICALLO  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETO Y ASFALTO  
CIP 215912



RAZÓN SOCIAL : GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L  
RUC : 20608052071  
DIRECCIÓN : Asoc. Las Américas Mz. E Lote 11, Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna  
TELÉFONO : +51 986441250 +51 995343581  
EMAIL : gg-geingenieria@gmail.com



# GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L

Dirección: Asoc. Las Américas Mz. "E" Lote "11", Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna. Tef: +51 986441250

## COMPACTACION DE SUELOS

NORMA APLICABLE : NTP 339.142 / MTC E 115 / ASTM D - 698 - 1557

TESIS: "PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE AGREGANDO CAL EN LA ASOCIACIÓN JOSE OLAYA KM 0+00 AL KM 2+00 DEL DISTRITO YARADA LOS PALOS TACNA 2023"

SOLICITA: Bach. Michael Arnold Fuentes Villalobos

UBICACIÓN: DISTRITO LA YARADA LOS PALOS

### 1.- DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

PROCEDENCIA : Asoc. Agropecuaria Jose Olaya

UBICACIÓN : PROG.: 1 + 500

CALICATA: C-02

TEC. RESPONSABLE : Tec. Alvaro B. Ortiz Vicente

FECHA DE ENSAYO : Feb-24

CÓDIGO DE FORMATO : 4

### 2.- ENSAYO DE COMPACTACION

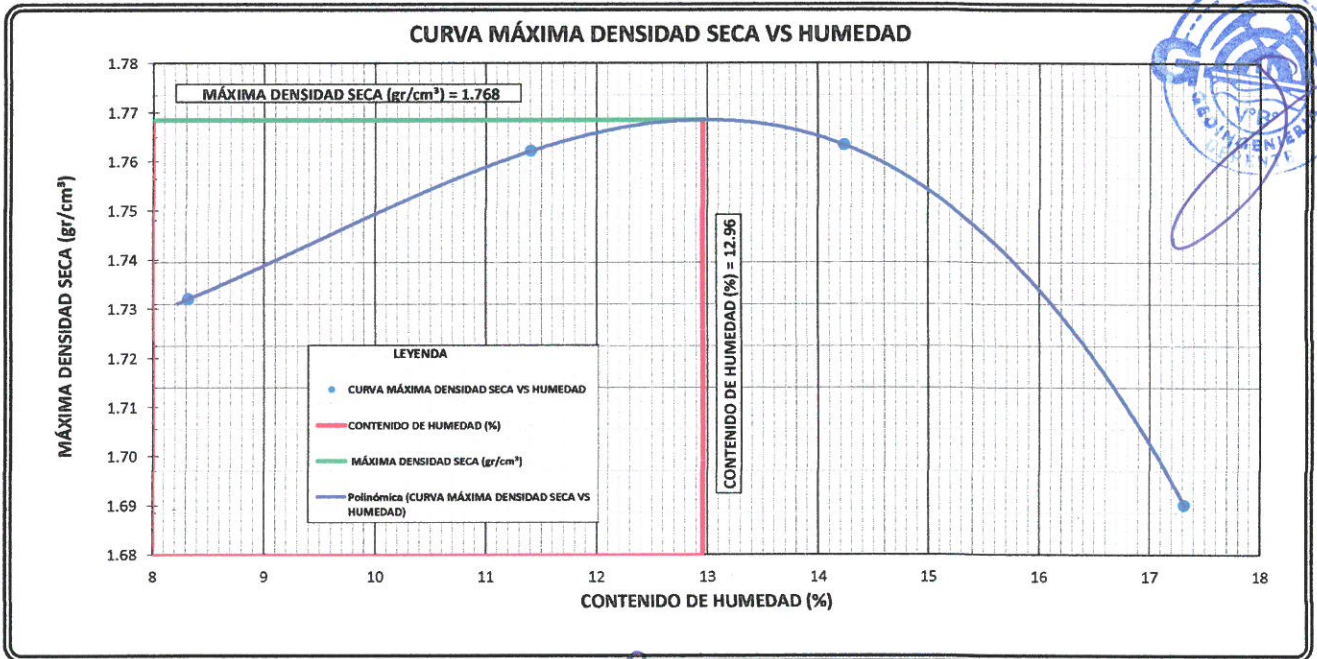
ENSAYO N°	COMPACTACION			
	1	2	3	4
N° Capas	5	5	5	5
N° Golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5638	5718	5765	5736
Peso molde (gr.)	3,914.0	3,914.0	3,914.0	3,914.0
Peso suelo compactado (gr.)	1,724.0	1,804.0	1,851.0	1,822.0
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	918.9	918.9	918.9	918.9
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.876	1.963	2.014	1.983

METODO A			
PESO INICIAL	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUM.
28,730.0			
MALLA 3"			
MALLA 3"-3/4"	0.00	0.00	0.00
MALLA 3/4" - 3/8"	0.00	0.00	0.00
MALLA 3/8" - N°4	0.00	0.00	0.00
MALLA N°4-...	28,730.00	100.00	100.00

Tara N°	HUMEDAD (%)			
	T-25	T-39	T-28	T-33
Tara + suelo húmedo (gr.)	315.2	289.5	234.4	285.1
Tara + suelo seco (gr.)	295.6	267.3	214.5	254.1
Peso de agua (gr.)	19.6	22.2	19.9	31.0
Peso de tara (gr.)	60.10	72.73	74.71	75.09
Peso de suelo seco (gr.)	235.5	194.6	139.8	179.0
Humedad (%)	8.3	11.4	14.2	17.3
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.732	1.762	1.763	1.690

CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE 03	
PESO (GR.)	3,914.00
VOLUMEN (CM <sup>3</sup> )	918.92

RESULTADOS DE PROCTOR	
Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ):	1.768
Óptimo Contenido de Humedad (%):	12.96



Alvaro B. Ortiz Vicente  
TÉCNICO EN LABORATORIO DE  
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

Mtr. Ing. GUIDO G. CAÑAHUARIGALLO  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETO Y ASFALTO  
CIP 235017



RAZÓN SOCIAL : GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L  
RUC : 20608052071  
DIRECCIÓN : Asoc. Las Américas Mz. E Lote 11, Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna  
TELÉFONO : +51 986441250 +51 995343581  
EMAIL : gg.geoingenieria@gmail.com





# GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L

Dirección: Asoc. Las Américas Mz. "E" Lote "11", Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna. Tef: +51 986441250

## ENSAYO DE RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

NORMA APLICABLE: ASTM D 1883 / MTC E 132 / EG 2000

TESIS: "PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE AGREGANDO CAL EN LA ASOCIACIÓN JOSE OLAYA KM 0+00 AL KM 2+00 DEL DISTRITO YARADA LOS PAIS TACNA 2023"

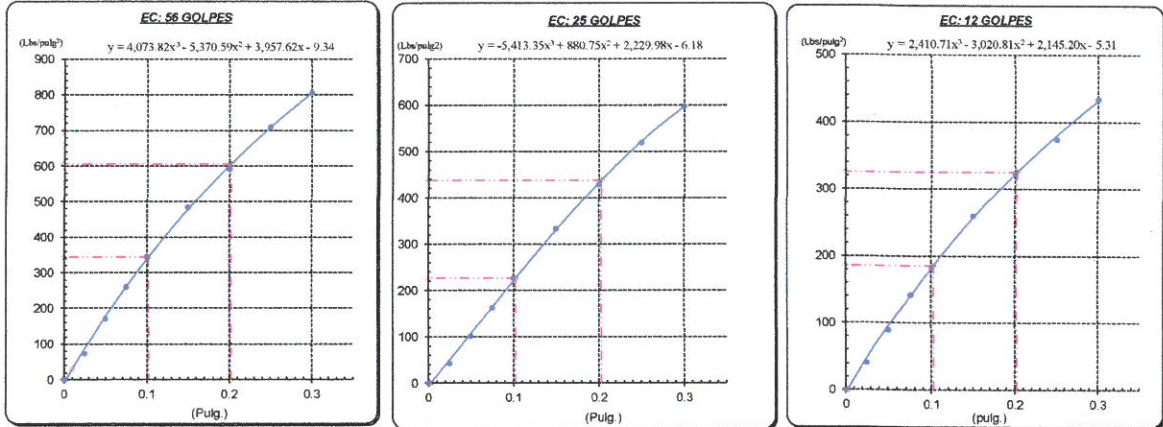
SOLICITA: Bach. Michael Arnold Fuentes Villalobos

UBICACIÓN: DISTRITO LA YARADA LOS PALOS

### DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

PROCEDENCIA	Asoc. Agropecuaria Jose Olaya	TEC. RESPONSABLE	Tec. Avaro B. Ortiz Vicente
UBICACIÓN	PROG.: 1 + 500	FECHA DE ENSAYO	Feb-24
CALICATA	C-02	CÓDIGO DE FORMATO	6

### GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN



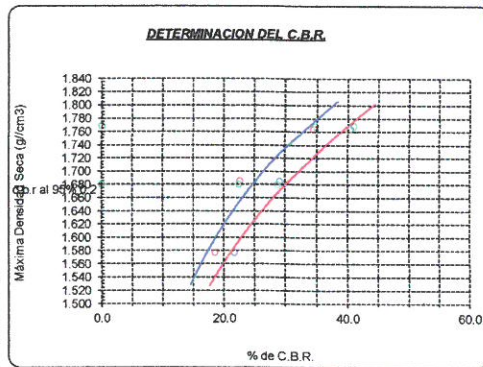
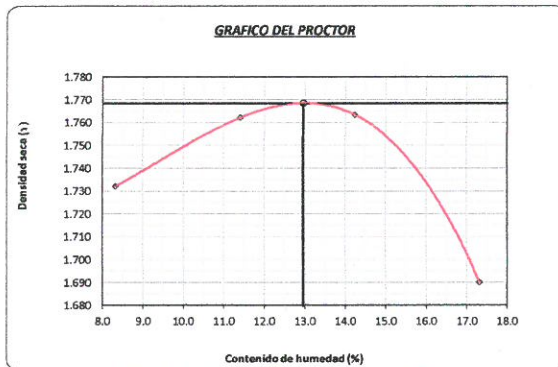
### GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

#### DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.77 g/cm <sup>3</sup>
DENSIDAD SECA AL 95%	1.680 g/cm <sup>3</sup>
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	13.0 %

#### VALOR DEL C.B.R.

	0.1"	0.2"
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	34.7 %	40.9 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	22.5 %	28.8 %



#### OBSERVACIONES:

- 1.- Muestreo e identificación realizado por el personal de laboratorio.
- 2.- Material obtenido del proyecto
- 3.- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio salvo que su reproducción sea en su totalidad. (GUIA PERUANA INDECOPI 6004: 1993)

**Alvaro B. Ortiz Vicente**  
 TÉCNICO EN LABORATORIO DE  
 SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

**Nr. Ing. GUIDO G. CAÑAHUARCILLO**  
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
 CONCRETO Y ASFALTO  
 CIP 235917



**RAZÓN SOCIAL** : GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L  
**RUC** : 20608052071  
**DIRECCIÓN** : Asoc. Las Américas Mz. E Lote 11, Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna  
**TELÉFONO** : +51 986441250 +51 995343581  
**EMAIL** : gg.geoingenieria@gmail.com



# GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L

Dirección: Asoc. Las Américas Mz. "E" Lote "11", Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna. Tef: +51 986441250

## ENSAYOS QUÍMICOS DE SUELO

NORMA APLICABLE : NTP 339.152 / MTC E-219

**TESIS** : "PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE AGREGANDO CAL EN LA ASOCIACIÓN JOSE OLAYA KM 0+00 AL KM 2+00 DEL DISTRITO YARADA LOS PALOS TACNA 2023"

**UBICACIÓN** : DISTRITO LA YARADA LOS PALOS

**SOLICITA** : Bach. Michael Arnold Fuentes Villalobos

**MUESTRA** : PROG.: 1 + 500

**CODIGO:**

**FECHA** : TACNA, FEBRERO DEL 2023

7

ENSAYO DE ANÁLISIS QUÍMICO - SULFATOS NORMA: NTP 339.178				
MUESTRA	DESCRIPCIÓN	RESULTADO		GRADO DE ALTERACION
		ppm	%	
C-01	Muestra tomada de fondo de cimentación	1390.00	0.14	ACEPTABLE

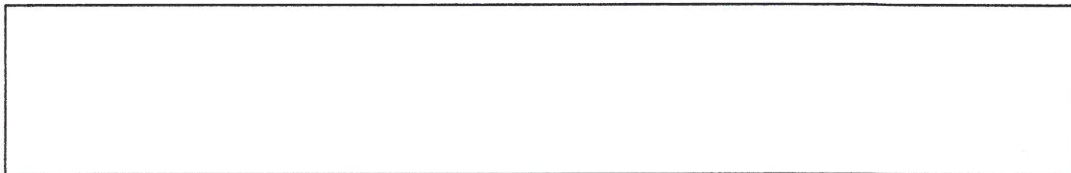
  

ENSAYO DE ANÁLISIS QUÍMICO - CLORUROS NORMA: NTP 339.177				
MUESTRA	DESCRIPCIÓN	RESULTADO		GRADO DE ALTERACION
		ppm	%	
C-01	Muestra tomada de fondo de cimentación	480.00	0.05	ACEPTABLE

ENSAYO DE ANÁLISIS FÍSICO - SALES DISUELTOS TOTALES NORMA: NTP 339.152				
MUESTRA	DESCRIPCIÓN	RESULTADO		GRADO DE ALTERACION
		ppm	%	
C-01	Muestra tomada de fondo de cimentación	2100.00	0.210	ACEPTABLE

PARAMETRO SEGÚN ESPECIFICACIONES				
ELEMENTOS QUÍMICOS	%	GRADO DE ALTERACION	DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
SULFATOS	---	—	No especifica	SULFATOS
				ACEPTABLE
CLORUROS	---	—	No especifica	CLORUROS
				ACEPTABLE
SALES SOLUBLES TOTALES	< 0.55 %	ACEPTABLE	Alto contenido de sales disueltas totales ocasiona problemas de pérdida de resistencia mecánica por problemas de lixiviación.	SALES DISUELTOS TOTALES
	> 0.55 %	NO ACEPTABLE		ACEPTABLE



**Alvaro B. Ortiz Vicente**  
TÉCNICO EN LABORATORIO DE  
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO



**Mtr. Ing. GUIDO G. CANTUARCALLO**  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETO Y ASFALTO  
CIP 225012



**RAZÓN SOCIAL** : GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L.  
**RUC** : 20608052071  
**DIRECCIÓN** : Asoc. Las Américas Mz. E Lote 11, Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna  
**TELÉFONO** : +51 986441250 +51 995343581  
**EMAIL** : gg-geoingenieria@gmail.com



GEOLOGÍA & GEOTECNIA  
**GEOINGENIERIA E.I.R.L**

Dirección: Asoc. Las Américas Mz. "E" Lote "11", Cnel. Gregorio Albarracin, Tacna. Tef: +51 986441250

## CALICATA C-01

PROCEDENCIA :

Asoc. Agropecuaria Jose Olaya

UBICACION :

PROG.: 0 + 500

- 
- CONTENIDO DE HUMEDAD.
  - ANALISIS GRANULOMETRICO.
  - LIMITES DE ATTERBERG.
  - COMPACTACIÓN DE SUELOS.
  - RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR).
  - SALE SOLUBLES TOTALES



RAZÓN SOCIAL : GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L  
RUC : 20608052071  
DIRECCIÓN : Asoc. Las Américas Mz. E Lote 11, Cnel. Gregorio Albarracin, Tacna  
TELÉFONO : +51 986441250 +51 995343581  
EMAIL : gg.geoingenieria@gmail.com



# GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L

Dirección: Asoc. Las Américas Mz. "E" Lote "11", Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna. Tef: +51 986441250

## CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

NORMA APLICABLE: NTP 339.127 / ASTM D - 2216

**TESIS** : "PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE AGREGANDO CAL EN LA ASOCIACIÓN JOSE OLAYA KM 0+00 AL KM 2+00 DEL DISTRITO YARADA LOS PALOS TACNA 2023"

**SOLICITA** : Bach. Michael Arnold Fuentes Villalobos

**UBICACIÓN** : DISTRITO LA YARADA LOS PALOS

### 1.- DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

**PROCEDENCIA** : Asoc. Agropecuaria Jose Olaya

**TEC. RESPONSABLE** : Tec. Alvaro B. Ortiz Vicente

**UBICACIÓN** : PROG.: 0 + 500

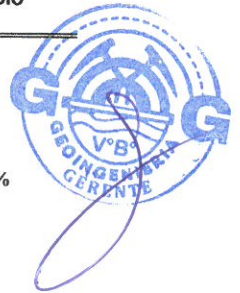
**FECHA DE ENSAYO** : Feb-24

**CALICATA** : C-01



**CÓDIGO DE FORMAT** : 1

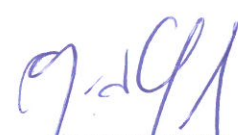

### 2.- CONTENIDO HUMEDAD

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRA			PROMEDIO
			M1	M2	M3	
1	N° de Tara		T-101	T-65	T-55	
2	Peso Muestra húmeda + Tara	gr	602.10	668.33	511.8	
3	Peso Muestra Seca + Tara	gr	595.40	660.89	506.1	
4	Peso del Agua	gr	6.70	7.44	5.70	1.21 %
5	Peso de la Tara	gr	45.8	60.2	21.0	
6	Peso Muestra Seca	gr	549.57	600.7	485.1	
7	Contenido de humedad	%	1.22	1.24	1.17	



### 3.- CONCLUSIÓN

  
  
**Alvaro B. Ortiz Vicente**  
TÉCNICO EN LABORATORIO DE  
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

  
  
**Mr. Ing. GUIDO G. CAÑI HUARICALLO**  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETO Y ASFALTO  
CIP 238012



**RAZÓN SOCIAL** : GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L.  
**RUC** : 20608052071  
**DIRECCIÓN** : Asoc. Las Américas Mz. E Lote 11, Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna  
**TELÉFONO** : +51 986441250 +51 995343581  
**EMAIL** : gg.geoingenieria@gmail.com



# GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L

Dirección: Asoc. Las Américas Mz. "E" Lote "11", Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna. Tef: +51 986441250

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

NORMA APLICABLE : NTP 228.128 / ASTM D - 422

TESIS : "PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE AGREGANDO CAL EN LA ASOCIACIÓN JOSE OLAYA KM 0+00 AL KM 2+00 DEL DISTRITO YARADA LOS PALOS TACNA 2023"

SOLICITA : Bach. Michael Arnold Fuentes Villalobos

UBICACIÓN : DISTRITO LA YARADA LOS PALOS

### 1.- DESCRIPCION DEL ENSAYO

PROCEDENCIA : Asoc. Agropecuaria Jose Olaya

UBICACIÓN : PROG.: 0 + 500

CALICATA : C-01

TEC. RESPONSABLE : Tec. Alvaro B. Ortiz Vicente

FECHA DE ENSAYO : Feb-24

CÓDIGO DE FORMAT : 2

### 2.- DATOS DEL ENSAYO

CLASIFICACION SEGUN ASTM	TAMIZ ASTM		PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)	
	pulgada	mm					
CANTO RODADO	3 1/2"	87.500				100.00	
GRAVA DE 4.75 mm hasta 75.00 mm	GRUESA	3"	75.000	0.0	0.00	100.00	
		2 1/2"	63.000	0.0	0.00	100.00	
		2"	50.000	0.0	0.00	100.00	
		1 1/2"	37.500	0.0	0.00	100.00	
		1"	25.000	0.0	0.00	100.00	
	FINA	3/4"	19.000	0.0	0.00	100.00	
		1/2"	12.500	0.0	0.00	100.00	
		3/8"	9.500	0.0	0.00	100.00	
		1/4"	6.250	0.0	0.00	100.00	
		Nº4	4.750	0.0	0.00	100.00	
ARENA DE 0.075 mm hasta 4.75 mm	GRUESA	Nº10	2.000	2.0	0.33	99.67	
		Nº20	0.850	15.4	2.57	97.09	
	MEDIA	Nº40	0.425	62.1	10.38	13.29	86.71
		Nº60	0.250	129.4	21.62	34.91	65.09
		Nº80	0.180	155.6	26.00	60.91	39.09
FINA	Nº100	0.150	82.9	13.85	74.77	25.23	
	Nº200	0.075	140.3	23.45	98.21	1.79	
LIMO Y ARCILLA	Base	0.074	10.70	1.79	100.00	0.00	

Arena mal graduada SP

### 3.- DESCRIPCION

CONTENIDO DE HUMEDAD

Porcentaje de Humedad : 1.21 %

DATOS DE LA MUESTRA

Peso Muestra Inicial : 25978.0 gr.

Peso Muestra Grava : 0.0 gr.

Peso Muestra Arena : 25978.0 gr.

Peso Fraccion Fino < N° 4 : 598.4 gr.

Porcentaje de Grava : 0.00 %

Porcentaje de Arena : 98.21 %

Porcentaje de Limos y Arcillas : 1.79 %

LIMITE DE ATTERBERG

Limite Liquido : 20.16 %

Limite Plastico : N.P.

Indice de Plasticidad : N.P.

DENSIDADES

Densidad Natural : ---

Densidad Minima : ---

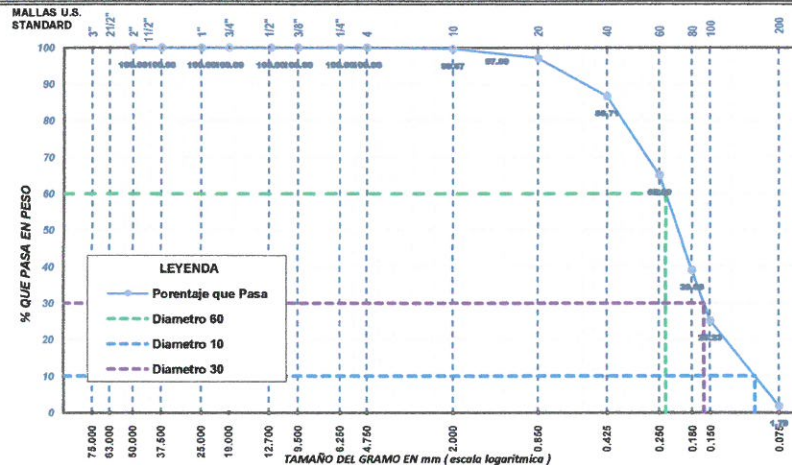
Densidad Maxima : 1.743 gr/cm³

PESO Y GRAVEDAD ESPECIFICA

Peso Especifico de Grava : ---

Gravedad Especifica finos : ---

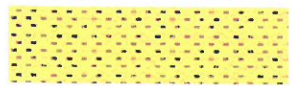
### 4.- GRAFICO DE ANALISIS GRANULOMETRICO



TIPO DE MUESTRA

Muestra altera en bolsa de plástico (Mab)

SUCS SP



AASHTO A-3 (0)

DIAMETROS

Diametro 60 : 0.23 mm

Diametro 30 : 0.16 mm

Diametro 10 : 0.10 mm

COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD

2.45

COEFICIENTE DE CURVATURA

1.14



RAZÓN SOCIAL : GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L.  
RUC : 20608052071  
DIRECCIÓN : Asoc. Las Américas Mz. E Lote 11, Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna  
TELÉFONO : +51 986441250 +51 995343581  
EMAIL : gg-geingenieria@gmail.com



Alvaro B. Ortiz Vicente  
TÉCNICO EN LABORATORIO DE  
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO



Mtr. Ing. GUIDO G. CARRI HUARICALLO  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETO Y ASFALTO  
CIP 235912



# GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L

Dirección: Asoc. Las Américas Mz. "E" Lote "11", Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna. Tef: +51 986441250

## LIMITES DE ATTERBERG

NORMA APLICABLE : NTP 339.129 / ASTM D - 4318

TESIS : "PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE AGREGANDO CAL EN LA ASOCIACIÓN JOSE OLAYA KM 0+00 AL KM 2+00 DEL DISTRITO YARADA LOS PALOS TACNA 2023"

SOLICITA : Bach. Michael Arnold Fuentes Villalobos

UBICACIÓN : DISTRITO LA YARADA LOS PALOS

### 1.- DESCRIPCION DEL ENSAYO

PROCEDENCIA	: Asoc. Agropecuaria Jose Olaya	TEC. RESPONSABLE	: Tec. Alvaro B. Ortiz Vicente
UBICACIÓN	: PROG.: 0 + 500	FECHA DE ENSAYO	: Feb-24
CALICATA	: C-01	CÓDIGO DE FORMATO	: 3

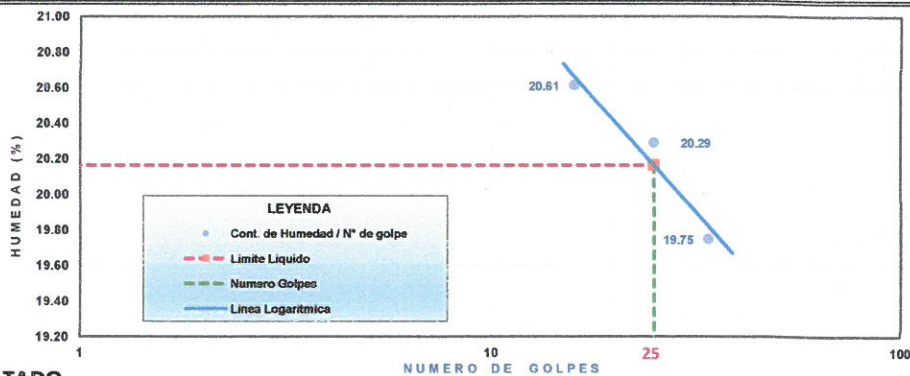
### 2.- DETERMINACIÓN DE LIMITE LIQUIDO

DESCRIPCION	UNIDAD	MUESTRAS				LIMITE LIQUIDO
		M1	M2	M3	M4	
Número de golpes	n°	34	25	16	---	20.16 %
Nº Tara	n°	T-08	T-69	T-58	---	
Peso Tara + suelo húmedo	gr.	36.7	35.1	36.3	---	
Peso Tara + suelo seco	gr.	33.9	32.7	33.8	---	
Peso del agua	gr.	2.80	2.40	2.50	---	
Peso de la tara	gr.	19.72	20.87	21.67	---	
Peso del suelo seco	gr.	14.18	11.83	12.13	---	
Contenido de humedad	%	19.75	20.29	20.61	---	

### 3.- DETERMINACION DE LIMITE PLASTICO

DESCRIPCION	UNIDAD	MUESTRAS			LIMITE PLASTICO
		M1	M2	M3	
Nº Tara	n°	---	---	---	N.P.
Peso Tara + suelo húmedo	gr.	---	---	---	
Peso Tara + suelo seco	gr.	---	---	---	
Peso del agua	gr.	---	---	---	
Peso de la tara	gr.	---	---	---	
Peso del suelo seco	gr.	---	---	---	
Contenido de humedad	%	---	---	---	

### 4.- GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



### 5.- RESULTADO

INDICE DE PLASTICIDAD	INDICE DE CONSISTENCIA	INDICE DE FLUIDEZ / LIQUIDEZ
N.P.	-	-



Alvaro B. Ortiz Vicente  
TÉCNICO EN LABORATORIO DE  
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO



Nº. Ing. GUIDO G. CAÑAHUARCALLO  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETO Y ASFALTO  
CID 225012



RAZÓN SOCIAL : GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L.  
RUC : 20608052071  
DIRECCIÓN : Asoc. Las Américas Mz. E Lote 11, Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna  
TELÉFONO : +51 986441250 +51 995343581  
EMAIL : gg.geoingenieria@gmail.com



# GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L

Dirección: Asoc. Las Américas Mz. "E" Lote "11", Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna. Tef: +51 986441250

## COMPACTACION DE SUELOS

NORMA APLICABLE : NTP 339.142 / MTC E 115 / ASTM D - 698 - 1557

TESIS: "PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE AGREGANDO CAL EN LA ASOCIACIÓN JOSE OLAYA KM 0+00 AL KM 2+00 DEL DISTRITO YARADA LOS PALOS TACNA 2023"

SOLICITA: Bach. Michael Arnold Fuentes Villalobos

UBICACIÓN: DISTRITO LA YARADA LOS PALOS

### 1.- DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

PROCEDENCIA: Asoc. Agropecuaria Jose Olaya

UBICACIÓN: PROG.: 0 + 500

CALICATA: C-01

TEC. RESPONSABLE: Tec. Alvaro B. Ortiz Vicente

FECHA DE ENSAYO: Feb-24

CÓDIGO DE FORMATO: 4

### 2.- ENSAYO DE COMPACTACION

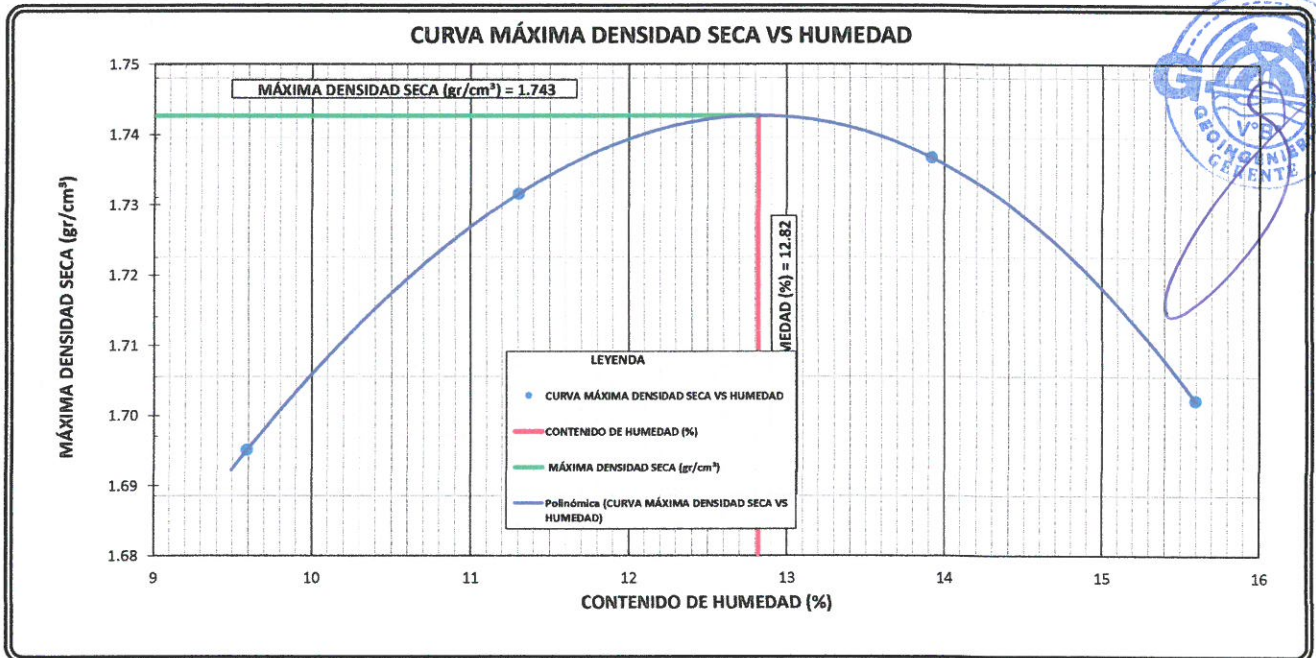
ENSAYO N°	COMPACTACION			
	1	2	3	4
N° Capas	5	5	5	5
N° Golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5621	5685	5732	5722
Peso molde (gr.)	3,914.0	3,914.0	3,914.0	3,914.0
Peso suelo compactado (gr.)	1,707.0	1,771.0	1,818.0	1,808.0
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	918.9	918.9	918.9	918.9
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.858	1.927	1.978	1.968

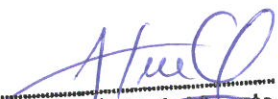
METODO A			
PESO INICIAL	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUM.
25,978.0			
MALLA 3"			
MALLA 3"-3/4"	0.00	0.00	0.00
MALLA 3/4" - 3/8"	0.00	0.00	0.00
MALLA 3/8" - N°4	0.00	0.00	0.00
MALLA N°4...	25,978.00	100.00	100.00

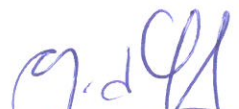
HUMEDAD (%)				
Tara N°	T-16	T-17	T-20	T-75
Tara + suelo húmedo (gr.)	362.1	361.4	378.4	363.9
Tara + suelo seco (gr.)	333.3	328.3	336.4	318.5
Peso de agua (gr.)	28.8	33.1	42.0	45.4
Peso de tara (gr.)	33.05	35.47	34.68	27.43
Peso de suelo seco (gr.)	300.3	292.8	301.7	291.1
Humedad (%)	9.6	11.3	13.9	15.6
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.695	1.732	1.737	1.702

CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE 03	
PESO (GR.)	3,914.00
VOLUMEN (CM <sup>3</sup> )	918.92

RESULTADOS DE PROCTOR	
Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ):	1.743
Óptimo Contenido de Humedad (%):	12.82



  
**Alvaro B. Ortiz Vicente**  
 TÉCNICO EN LABORATORIO DE  
 SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

  
**Mtr. Ing. GUIDO G. CARIHUACALCO**  
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
 CONCRETO Y ASFALTO  
 CIP 225047



RAZÓN SOCIAL : GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L.  
 RUC : 20608052071  
 DIRECCIÓN : Asoc. Las Américas Mz. E Lote 11, Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna  
 TELÉFONO : +51 986441250 +51 995343581  
 EMAIL : gg.geingenieria@gmail.com





# GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L

Dirección: Asoc. Las Américas Mz. "E" Lote "11", Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna. Tef: +51 986441250

## ENSAYO DE RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

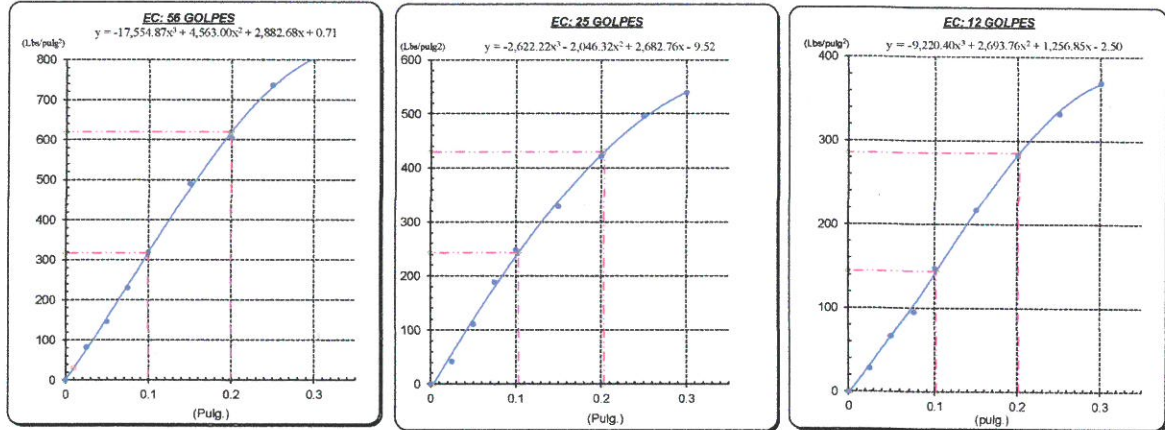
NORMA APLICABLE: ASTM D 1883 / MTC E 132 / EG 2000

TESIS: "PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE AGREGANDO CAL EN LA ASOCIACIÓN JOSE CLAYA KM 0+00 AL KM 2+00 DEL DISTRITO YARADA LOS PALOS PAI OS TACNA 2022"  
 SOLICITA: Bach. Michael Arnold Fuentes Villalobos  
 UBICACIÓN: DISTRITO LA YARADA LOS PALOS

### DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

PROCEDENCIA	Asoc. Agropecuaria Jose Olaya	TEC. RESPONSABLE	Tec. Alvaro B. Ortiz Vicente
UBICACIÓN	PROG.: 0 + 500	FECHA DE ENSAYO	Feb-24
CALICATA	C-01	CÓDIGO DE FORMATO	6

### GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN



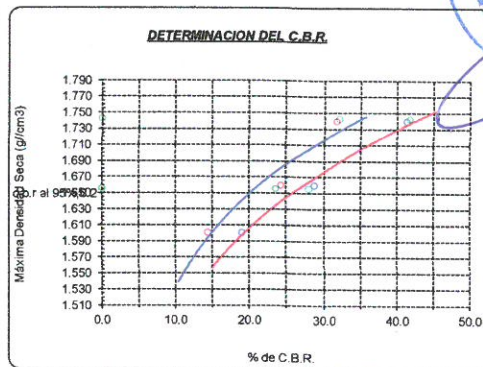
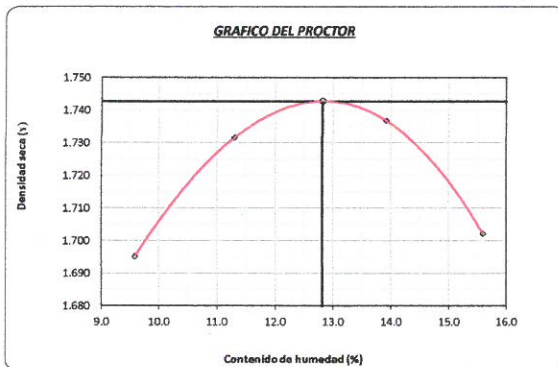
### GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

#### DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.74 g/cm <sup>3</sup>
DENSIDAD SECA AL 95%	1.656 g/cm <sup>3</sup>
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	12.8 %

#### VALOR DEL C.B.R.

	0.1"	0.2"
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	32.0 %	41.7 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	23.6 %	27.9 %



#### OBSERVACIONES:

- 1.- Muestreo e identificación realizado por el personal de laboratorio.
- 2.- Material obtenido del proyecto
- 3.- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio salvo que su reproducción sea en su totalidad. (GUIA PERUANA INDECOPI G004: 1993)

**Alvaro B. Ortiz Vicente**  
 TÉCNICO EN LABORATORIO DE  
 SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

**Mtr. Ing. GUIDO G. CANTHUARCALLO**  
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
 CONCRETO Y ASFALTO  
 CIP 225012



**RAZÓN SOCIAL** : GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L  
**RUC** : 20608052071  
**DIRECCIÓN** : Asoc. Las Américas Mz. E Lote 11, Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna  
**TELÉFONO** : +51 986441250 +51 995343581  
**EMAIL** : gg.geoingenieria@gmail.com



# GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L

Dirección: Asoc. Las Américas Mz. "E" Lote "11", Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna. Tef: +51 986441250

## ENSAYOS QUÍMICOS DE SUELO

NORMA APLICABLE: NTP 339.152/ MTC E-219

TESIS : "PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE AGREGANDO CAL EN LA ASOCIACIÓN JOSE OLAYA KM 0+00 AL KM 2+00 DEL DISTRITO YARADA LOS PALOS TACNA 2023"

UBICACIÓN : DISTRITO LA YARADA LOS PALOS

SOLICITA : Bach. Michael Arnold Fuentes Villalobos

MUESTRA : PROG.: 0 + 500

CODIGO:

FECHA : TACNA , FEBRERO DEL 2023

7

ENSAYO DE ANÁLISIS QUÍMICO - SULFATOS NORMA: NTP 339.178				
MUESTRA	DESCRIPCIÓN	RESULTADO		GRADO DE ALTERACION
		ppm	%	
C-01	Muestra tomada de fondo de cimentación	1240.00	0.12	ACEPTABLE

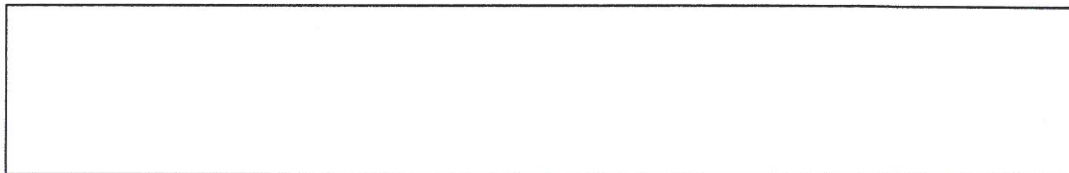
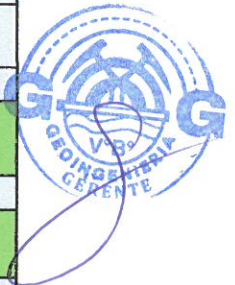
  

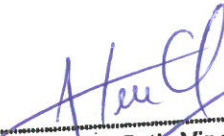

ENSAYO DE ANÁLISIS QUÍMICO - CLORUROS NORMA: NTP 339.177				
MUESTRA	DESCRIPCIÓN	RESULTADO		GRADO DE ALTERACION
		ppm	%	
C-01	Muestra tomada de fondo de cimentación	320.00	0.03	ACEPTABLE



  

ENSAYO DE ANÁLISIS FÍSICO - SALES DISUELTOS TOTALES NORMA: NTP 339.152				
MUESTRA	DESCRIPCIÓN	RESULTADO		GRADO DE ALTERACION
		ppm	%	
C-01	Muestra tomada de fondo de cimentación	1900.00	0.190	ACEPTABLE

PARAMETRO SEGÚN ESPECIFICACIONES				
ELEMENTOS QUÍMICOS	%	GRADO DE ALTERACION	DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
SULFATOS	---	---	No especifica	SULFATOS
				ACEPTABLE
CLORUROS	---	---	No especifica	CLORUROS
				ACEPTABLE
SALES SOLUBLES TOTALES	< 0.55 %	ACEPTABLE	Alto contenido de sales disueltas totales ocasiona problemas de pérdida de resistencia mecánica por problemas de lixiviación.	SALES DISUELTOS TOTALES
	> 0.55 %	NO ACEPTABLE		ACEPTABLE



  
**Alvaro B. Ortiz Vicente**  
TÉCNICO EN LABORATORIO DE  
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

  
**Mr. Ing. GUIDO G. CANTHUARICALLO**  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETO Y ASFALTO  
CIP 226912



RAZÓN SOCIAL : GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L  
RUC : 20608052071  
DIRECCIÓN : Asoc. Las Américas Mz. E Lote 11, Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna  
TELÉFONO : +51 986441250 +51 995343581  
EMAIL : gg.georingeneria@gmail.com



GEOLOGÍA & GEOTECNIA  
**GEOINGENIERIA E.I.R.L**

Dirección: Asoc. Las Américas Mz. "E" Lote "11", Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna. Tef: +51 986441250

## CALICATA C-02

PROCEDENCIA :

Asoc. Agropecuaria Jose Olaya

UBICACION :

PROG.: 1 + 500

- 
- CONTENIDO DE HUMEDAD.
  - ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.
  - LÍMITES DE ATTERBERG.
  - COMPACTACIÓN DE SUELOS.
  - RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR).
  - SALES SOLUBLES TOTALES



RAZÓN SOCIAL  
RUC  
DIRECCIÓN  
TELÉFONO  
EMAIL

: GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L  
: 20608052071  
: Asoc. Las Américas Mz. E Lote 11, Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna  
: +51 986441250 +51 995343581  
: gg.geoingenieria@gmail.com



# GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L

Dirección: Asoc. Las Américas Mz. "E" Lote "11", Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna. Tef: +51 986441250

## CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

NORMA APLICABLE: NTP 339.127 / ASTM D - 2216

**TESIS** : "PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE AGREGANDO CAL EN LA ASOCIACIÓN JOSE OLAYA KM 0+00 AL KM 2+00 DEL DISTRITO YARADA LOS PALOS TACNA 2023"

**SOLICITA** : Bach. Michael Arnold Fuentes Villalobos

**UBICACIÓN** : DISTRITO LA YARADA LOS PALOS

### 1.- DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

**PROCEDENCIA** : Asoc. Agropecuaria Jose Olaya

**TEC. RESPONSABLE** : Tec. Alvaro B. Ortiz Vicente

**UBICACIÓN** : PROG.: 1 + 500

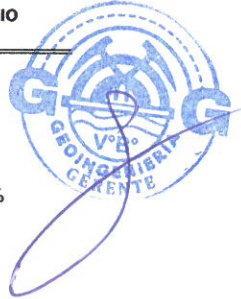
**FECHA DE ENSAYO** : Feb-24

**CALICATA** : C-02

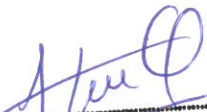

**CÓDIGO DE FORMAT** : 1

### 2.- CONTENIDO HUMEDAD

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRA			PROMEDIO
			M1	M2	M3	
1	N° de Tara		T-50	T-47	T-34	
2	Peso Muestra húmeda + Tara	gr	613.70	681.21	521.6	
3	Peso Muestra Seca + Tara	gr	598.70	664.56	508.9	
4	Peso del Agua	gr	15.00	16.65	12.75	2.88 %
5	Peso de la Tara	gr	75.8	76.0	76.6	
6	Peso Muestra Seca	gr	522.91	588.6	432.3	
7	Contenido de humedad	%	2.87	2.83	2.95	



### 3.- CONCLUSIÓN

  
  
**Alvaro B. Ortiz Vicente**  
TÉCNICO EN LABORATORIO DE  
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

  
  
**Mr. Ing. GUIDO G. CANHUARCALLO**  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETO Y ASFALTO  
CIP 2359



**RAZÓN SOCIAL** : GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L.  
**RUC** : 20608052071  
**DIRECCIÓN** : Asoc. Las Américas Mz. E Lote 11, Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna  
**TELÉFONO** : +51 986441250 +51 995343581  
**EMAIL** : gg.geoingenieria@gmail.com



# GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L

Dirección: Asoc. Las Américas Mz. "E" Lote "11", Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna. Tef: +51 986441250

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

NORMA APLICABLE : NTP 228.128 / ASTM D - 422

**TESIS** : "PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE AGREGANDO CAL EN LA ASOCIACIÓN JOSE OLAYA KM 0+00 AL KM 2+00 DEL DISTRITO YARADA LOS PALOS TACNA 2023"

**SOLICITA** : Bach. Michael Arnold Fuentes Villalobos

**UBICACIÓN** : DISTRITO LA YARADA LOS PALOS

### 1.- DESCRIPCION DEL ENSAYO

PROCEDENCIA : Asoc. Agropecuaria Jose Olaya	TEC. RESPONSABLE : Tec. Alvaro B. Ortiz Vicente
UBICACIÓN : PROG.: 1 + 500	FECHA DE ENSAYO : Feb-24
CALICATA : C-02	CÓDIGO DE FORMAT : 2

### 2.- DATOS DEL ENSAYO

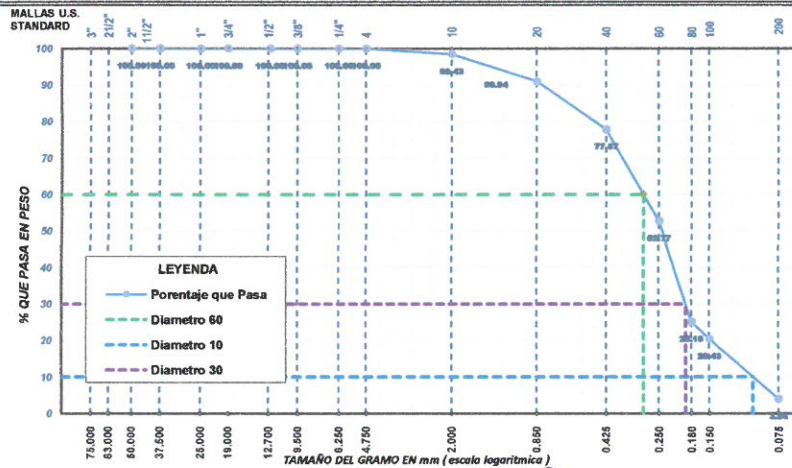
CLASIFICACION SEGÚN ASTM	TAMIZ ASTM		PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)	
	pulgada	mm					
<b>CANTO RODADO</b>	3 1/2"	87.500		0.00	0.00	100.00	
<b>GRAVA DE 4.75 mm hasta 75.00 mm</b>	<b>GRUESA</b>	3"	75.000	0.0	0.00	100.00	
		2 1/2"	63.000	0.0	0.00	100.00	
		2"	50.000	0.0	0.00	100.00	
		1 1/2"	37.500	0.0	0.00	100.00	
		1"	25.000	0.0	0.00	100.00	
		3/4"	19.000	0.0	0.00	100.00	
		1/2"	12.500	0.0	0.00	100.00	
<b>ARENA DE 0.075 mm hasta 4.75 mm</b>	<b>FINA</b>	3/8"	9.500	0.0	0.00	100.00	
		1/4"	6.250	0.0	0.00	100.00	
		Nº4	4.750	0.0	0.00	100.00	
		<b>GRUESA</b>	Nº10	2.000	10.5	1.57	98.43
		<b>MEDIA</b>	Nº20	0.850	50.2	7.50	90.94
		Nº40	0.425	87.5	13.07	22.13	77.87
		<b>FINA</b>	Nº60	0.250	168.1	25.10	47.23
Nº80	0.180	184.8	27.59	74.82	25.18		
Nº100	0.150	31.8	4.75	79.57	20.43		
Nº200	0.075	110.4	16.48	96.06	3.94		
<b>LIMO Y ARCILLA</b>	<i>Base</i>	0.074	26.40	3.94	100.00	0.00	

*Arena mal graduada SP*

### 3.- DESCRIPCION

CONTENIDO DE HUMEDAD	
Porcentaje de Humedad	2.88 %
DATOS DE LA MUESTRA	
Peso Muestra Inicial	25100.0 gr.
Peso Muestra Grava	0.0 gr.
Peso Muestra Arena	25100.0 gr.
Peso Fraccion Fino < N° 4	669.7 gr.
Porcentaje de Grava	0.00 %
Porcentaje de Arena	96.06 %
Porcentaje de Limos y Arcillas	3.94 %
LIMITE DE ATTERBERG	
Limite Liquido	21.97 %
Limite Plastico	N.P.
Indice de Plasticidad	N.P.
DENSIDADES	
Densidad Natural	---
Densidad Minima	---
Densidad Maxima	1.655 gr/cm <sup>3</sup>
PESO Y GRAVEDAD ESPECIFICA	
Peso Especifico de Grava	---
Gravedad Especifica finos	---

### 4.- GRAFICO DE ANALISIS GRANULOMETRICO



TIPO DE MUESTRA	
Muestra altera en bolsa de plástico (Mab)	
<b>SUCS</b>	<b>SP</b>
<b>AASHTO</b>	<b>A-3 (0)</b>
DIAMETROS	
Diametro 60	0.29 mm
Diametro 30	0.19 mm
Diametro 10	0.10 mm
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD	
3.01	
COEFICIENTE DE CURVATURA	
1.29	

**Alvaro B. Ortiz Vicente**  
 TÉCNICO EN LABORATORIO DE  
 SUELOS CONCRETO Y ASFALTO  
 GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L.  
 : 20608052071  
 : Asoc. Las Américas Mz. E Lote 11, Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna  
 : +51 986441250 +51 995343581  
 : gg.geoingenieria@gmail.com

**Mr. Ing. GUIDO C. CAÑI HUARICALLO**  
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
 CONCRETO Y ASFALTO  
 CIP 235912



**RAZÓN SOCIAL** : GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L.  
**RUC** : 20608052071  
**DIRECCIÓN** : Asoc. Las Américas Mz. E Lote 11, Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna  
**TELÉFONO** : +51 986441250 +51 995343581  
**EMAIL** : gg.geoingenieria@gmail.com



# GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L

Dirección: Asoc. Las Américas Mz. "E" Lote "11", Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna. Tef: +51 986441250

## LIMITES DE ATTERBERG

NORMA APLICABLE : NTP 339.129 / ASTM D - 4318

TESIS : "PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE AGREGANDO CAL EN LA ASOCIACIÓN JOSE OLAYA KM 0+00 AL KM 2+00 DEL DISTRITO YARADA LOS PALOS TACNA 2023"

SOLICITA : Bach. Michael Arnold Fuentes Villalobos

UBICACIÓN : DISTRITO LA YARADA LOS PALOS

### 1.- DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

PROCEDECENCIA :	Asoc. Agropecuaria Jose Olaya	TEC. RESPONSABLE :	Tec. Alvaro B. Ortiz Vicente
UBICACIÓN :	PROG.: 1 + 500	FECHA DE ENSAYO :	Feb-24
CALICATA :	C-02	CÓDIGO DE FORMATO :	3

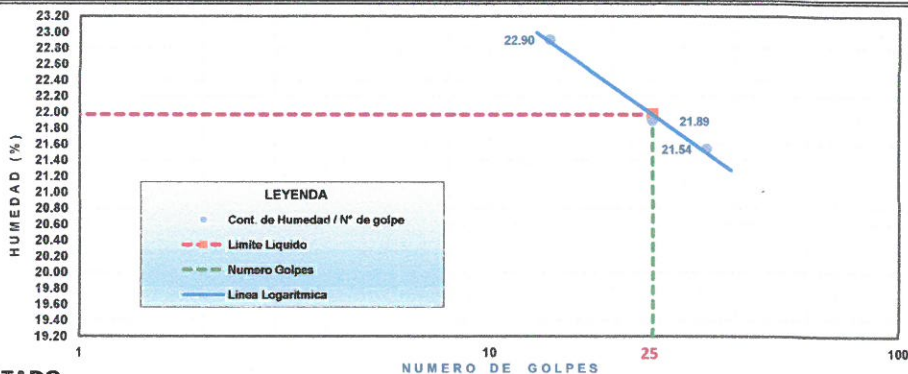
### 2.- DETERMINACIÓN DE LIMITE LIQUIDO

DESCRIPCION	UNIDAD	MUESTRAS				LIMITE LIQUIDO
		M1	M2	M3	M4	
Número de golpes	n°	34	25	14	---	21.97 %
Nº Tara	n°	T-08	T-07	T-54	---	
Peso Tara + suelo húmedo	gr.	44.66	44.06	45.76	---	
Peso Tara + suelo seco	gr.	40.24	39.82	41.2	---	
Peso del agua	gr.	4.42	4.24	4.56	---	
Peso de la tara	gr.	19.72	20.45	21.29	---	
Peso del suelo seco	gr.	20.52	19.37	19.91	---	
Contenido de humedad	%	21.54	21.89	22.90	---	

### 3.- DETERMINACIÓN DE LIMITE PLASTICO

DESCRIPCION	UNIDAD	MUESTRAS			LIMITE PLASTICO
		M1	M2	M3	
Nº Tara	n°	---	---	---	N.P.
Peso Tara + suelo húmedo	gr.	---	---	---	
Peso Tara + suelo seco	gr.	---	---	---	
Peso del agua	gr.	---	---	---	
Peso de la tara	gr.	---	---	---	
Peso del suelo seco	gr.	---	---	---	
Contenido de humedad	%	---	---	---	

### 4.- GRÁFICO DE LIMITE LIQUIDO



### 5.- RESULTADO

INDICE DE PLASTICIDAD	INDICE DE CONSISTENCIA	INDICE DE FLOIDEZ / LIQUIDEZ
N.P.	-	-



Alvaro B. Ortiz Vicente  
TÉCNICO EN LABORATORIO DE  
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO



Mtr. Ing. GUIDO G. CAÑAHUARCILL  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETO Y ASFALTO  
CIP 225017



RAZÓN SOCIAL : GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L.  
RUC : 20608052071  
DIRECCIÓN : Asoc. Las Américas Mz. E Lote 11, Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna  
TELÉFONO : +51 986441250 +51 995343581  
EMAIL : gg.geingenieria@gmail.com



# GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L

Dirección: Asoc. Las Américas Mz. "E" Lote "11", Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna. Tef: +51 986441250

## COMPACTACION DE SUELOS

NORMA APLICABLE : NTP 339.142 / MTC E 115 / ASTM D - 698 - 1557

TESIS: "PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE AGREGANDO CAL EN LA ASOCIACIÓN JOSE OLAYA KM 0+00 AL KM 2+00 DEL DISTRITO YARADA LOS PALOS TACNA 2023"

SOLICITA: Bach. Michael Arnold Fuentes Villalobos

UBICACIÓN: DISTRITO LA YARADA LOS PALOS

### 1.- DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

PROCEDENCIA : Asoc. Agropecuaria Jose Olaya

UBICACIÓN : PROG.: 1+ 500

CALICATA: C-02

TEC. RESPONSABLE : Tec. Alvaro B. Ortiz Vicente

FECHA DE ENSAYO : Feb-24

CÓDIGO DE FORMATO : 4

### 2.- ENSAYO DE COMPACTACION

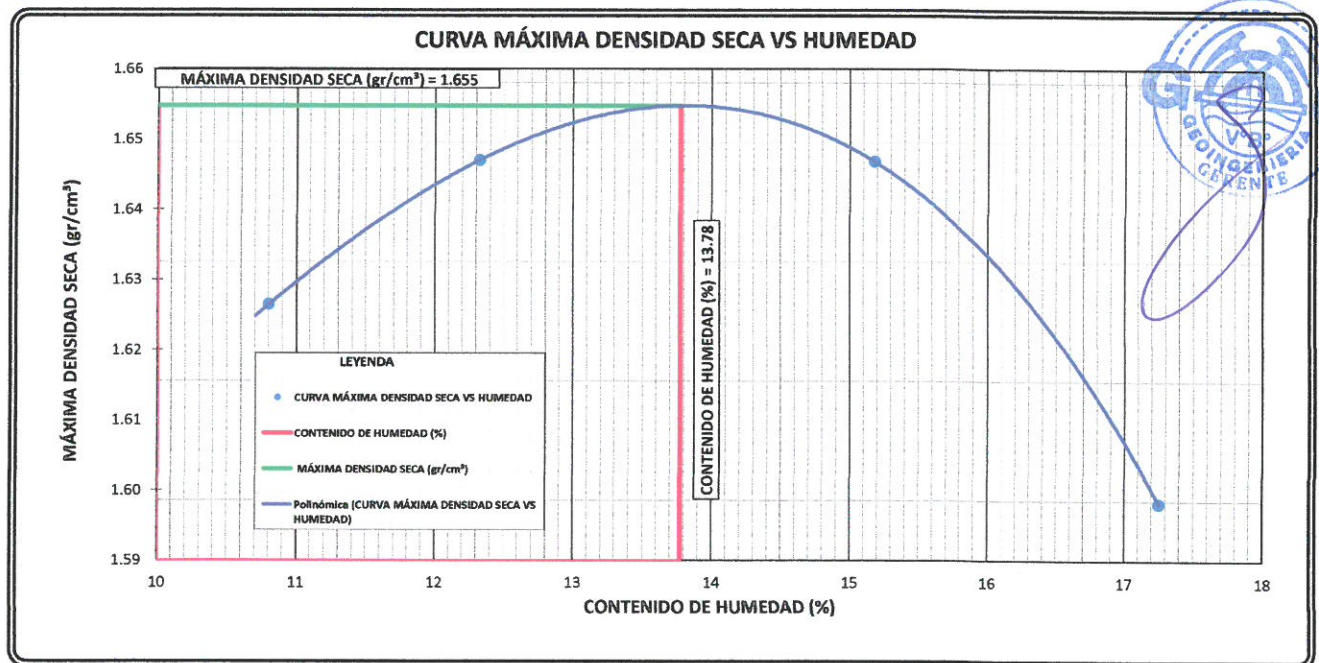
ENSAYO N°	COMPACTACION			
	1	2	3	4
N° Capas	5	5	5	5
N° Golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5570	5614	5657	5636
Peso molde (gr.)	3,914.0	3,914.0	3,914.0	3,914.0
Peso suelo compactado (gr.)	1,656.0	1,700.0	1,743.0	1,722.0
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	918.9	918.9	918.9	918.9
Densidad humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.802	1.850	1.897	1.874

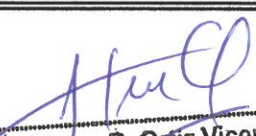
METODO A			
PESO INICIAL	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUM.
25,100.0			
MALLA 3"			
MALLA 3"-3/4"	0.00	0.00	0.00
MALLA 3/4" - 3/8"	0.00	0.00	0.00
MALLA 3/8" - N°4	0.00	0.00	0.00
MALLA N°4-...	25,100.00	100.00	100.00

Tara N°	HUMEDAD (%)			
	T-28	T-30	T-07	T-58
Tara + suelo húmedo (gr.)	434.7	295.7	129.7	186.1
Tara + suelo seco (gr.)	399.6	271.5	115.3	161.9
Peso de agua (gr.)	35.1	24.2	14.4	24.2
Peso de tara (gr.)	74.71	75.16	20.45	21.67
Peso de suelo seco (gr.)	324.9	196.3	94.9	140.2
Humedad (%)	10.8	12.3	15.2	17.3
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.626	1.647	1.647	1.598

CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE 03	
PESO (GR.)	3,914.00
VOLUMEN (CM <sup>3</sup> )	918.92

RESULTADOS DE PROCTOR	
Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ):	1.655
Optimo Contenido de Humedad (%):	13.78



  
Alvaro B. Ortiz Vicente  
TÉCNICO EN LABORATORIO DE  
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

  
Mtr. Ing. GUIDO G. CAÑAHUAC LLC  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETO Y ASFALTO  
CIP 238017



RAZÓN SOCIAL : GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L  
RUC : 20608052071  
DIRECCIÓN : Asoc. Las Américas Mz. E Lote 11, Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna  
TELÉFONO : +51 986441250 +51 995343581  
EMAIL : gg.geoingenieria@gmail.com





# GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L

Dirección: Asoc. Las Américas Mz. "E" Lote "11", Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna. Tef: +51 986441250

## ENSAYO DE RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

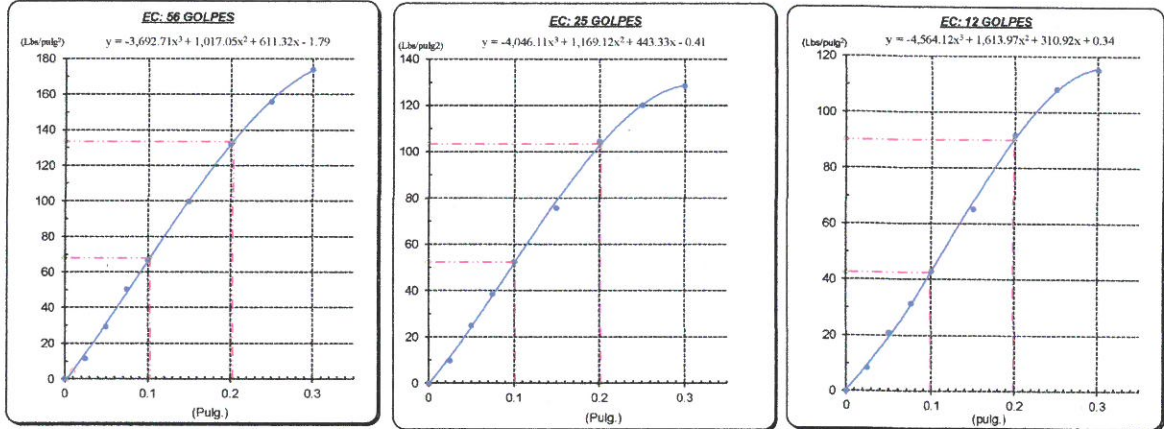
NORMA APLICABLE: ASTM D 1883 / MTC E 132 / EG 2000

**TESIS:** "PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE AGREGANDO CAL EN LA ASOCIACIÓN JOSE OLAYA KM 0+00 AL KM 2+00 DEL DISTRITO YARADA LOS PALOS TACNA 2022"  
**SOLICITA:** Bach. Michael Arnold Fuentes Villalobos  
**UBICACIÓN:** DISTRITO LA YARADA LOS PALOS

**DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO**

PROCEDENCIA	Asoc. Agropecuaria Jose Olaya	TEC. RESPONSABLE	Tec. Alvaro B. Ortiz Vicente
UBICACIÓN	PROG.: 1 + 500	FECHA DE ENSAYO	Feb-24
CALICATA	C-02	CÓDIGO DE FORMATO	6

**GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN**



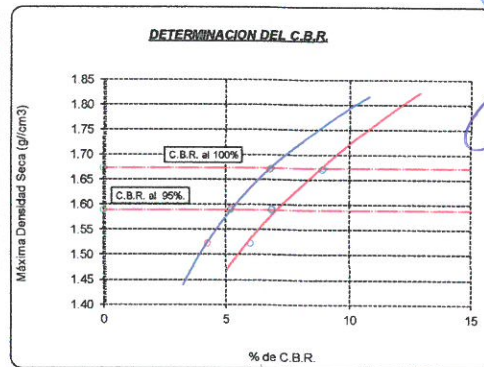
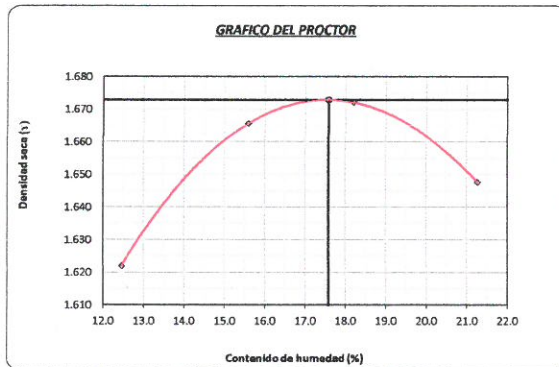
**GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.**

**DATOS DEL PROCTOR**

DENSIDAD SECA AL 100%	1.67 g./cm <sup>3</sup>
DENSIDAD SECA AL 95%	1.589 g./cm <sup>3</sup>
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	17.6 %

**VALOR DEL C.B.R.**

	0.1"	0.2"
C.B.R. AL 100% M.D.S.	6.8 %	9.0 %
C.B.R. AL 95% M.D.S.	5.2 %	6.9 %



**OBSERVACIONES:**

- 1.- Muestreo e identificación realizado por el personal de laboratorio.
- 2.- Material obtenido del proyecto
- 3.- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio salvo que su reproducción sea en su totalidad. (GUIA PERUANA INDECOPI 6004: 1999)

*Alvaro B. Ortiz Vicente*  
**Alvaro B. Ortiz Vicente**  
 TÉCNICO EN LABORATORIO DE  
 SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

*Guido G. Canthuar Call C*  
**Mtr. Ing. GUIDO G. CANTHUAR CALL C**  
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
 CONCRETO Y ASFALTO  
 CIP 225042



**RAZÓN SOCIAL** : GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L  
**RUC** : 20608052071  
**DIRECCIÓN** : Asoc. Las Américas Mz. E Lote 11, Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna  
**TELÉFONO** : +51 986441250 +51 995343581  
**EMAIL** : gg-geoingenieria@gmail.com



# GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L

Dirección: Asoc. Las Américas Mz. "E" Lote "11", Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna. Tef: +51 986441250

## ENSAYOS QUÍMICOS DE SUELO NORMA APLICABLE: NTP 339.152/MTC E-219

**TESIS** : "PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE AGREGANDO CAL EN LA ASOCIACIÓN JOSE OLAYA KM 0+00 AL KM 2+00 DEL DISTRITO YARADA LOS PALOS TACNA 2023"

**UBICACIÓN** : DISTRITO LA YARADA LOS PALOS

**SOLICITA** : Bach. Michael Arnold Fuentes Villalobos

**MUESTRA** : PROG.: 1 + 500

**CODIGO:**

**FECHA** : TACNA , FEBRERO DEL 2023

7

ENSAYO DE ANÁLISIS QUÍMICO - SULFATOS NORMA: NTP 339.178				
MUESTRA	DESCRIPCIÓN	RESULTADO		GRADO DE ALTERACION
		ppm	%	
C-01	Muestra tomada de fondo de cimentación	2050.00	0.21	ACEPTABLE

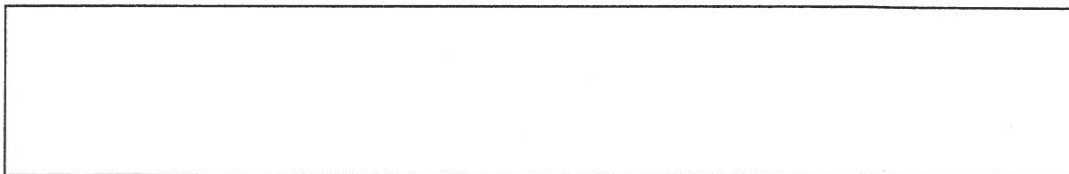
  

ENSAYO DE ANÁLISIS QUÍMICO - CLORUROS NORMA: NTP 339.177				
MUESTRA	DESCRIPCIÓN	RESULTADO		GRADO DE ALTERACION
		ppm	%	
C-01	Muestra tomada de fondo de cimentación	560.00	0.06	ACEPTABLE

ENSAYO DE ANÁLISIS FÍSICO - SALES DISUELTOS TOTALES NORMA: NTP 339.152				
MUESTRA	DESCRIPCIÓN	RESULTADO		GRADO DE ALTERACION
		ppm	%	
C-01	Muestra tomada de fondo de cimentación	3140.00	0.31	ACEPTABLE

PARAMETRO SEGÚN ESPECIFICACIONES				
ELEMENTOS QUIMICOS	%	GRADO DE ALTERACION	DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
SULFATOS	---	—	No especifica	SULFATOS
				ACEPTABLE
CLORUROS	---	—	No especifica	CLORUROS
				ACEPTABLE
SALES SOLUBLES TOTALES	< 0.55 %	ACEPTABLE	Alto contenido de sales disueltas totales ocasiona problemas de pérdida de resistencia mecánica por problemas de lixiviación.	SALES DISUELTOS TOTALES
	> 0.55 %	NO ACEPTABLE		ACEPTABLE



**Alvaro B. Ortiz Vicente**  
TÉCNICO EN LABORATORIO DE  
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

**Ing. GUIDO G. CAÑAHUACALLOS**  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETO Y ASFALTO  
CIP 225242



**RAZÓN SOCIAL** : GEOLOGÍA & GEOTECNIA GEOINGENIERIA E.I.R.L  
**RUC** : 20608052071  
**DIRECCIÓN** : Asoc. Las Américas Mz. E Lote 11, Cnel. Gregorio Albarracín, Tacna  
**TELÉFONO** : +51 986441250 +51 995343581  
**EMAIL** : gg.geingenieria@gmail.com

# DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

<b>PROYECTO:</b>	<b>“PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE AGREGANDO CAL EN LA ASOCIACIÓN JOSE OLAYA KM 0+00 AL KM 2+00 DEL DISTRITO YARADA LOS PALOS TACNA 2023</b>
<b>TESISTA</b>	<b>Bach. MICHAEL ARNOLD FUENTES VILLALOBOS</b>

## MÉTODO AASTHO -93

Es uno de los métodos mas utilizados y de mayor utilización a nivel internacional para el diseño de pavimentos rígidos.

## FORMULACIÓN DE DISEÑO

La ecuación básica de diseño a la que llegó AASHTO para el diseño de pavimentos rígidos, desde un desarrollo analítico, se encuentra plasmada también en monogramas de cálculo, éstos esencialmente basados en los resultados obtenidos de la prueba experimental de la carretera AASHTO. La ecuación de diseño para pavimentos rígidos modificada para la versión actual es la que a continuación se presenta:

## FORMULA GENERAL AASTHO

$$\text{Log}_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 9.36 \times \text{Log}_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \text{Log}_{10}(Mr) - 8.07$$

<b>Donde:</b>	
SN	= Número Estructural
W18	= Tráfico (Número de ESAL's)
Zr	= Desviación Estándar Normal
So	= Error Estándar Combinado de la predicción del Tráfico
ΔPSI	= Diferencia de Serviciabilidad (Po-Pt)
Po	= Serviciabilidad Inicial
Pt	= Serviciabilidad Final
Mr	= Módulo de Resiliencia

## VARIABLES DEL DISEÑO

### NÚMERO ESTRUCTURAL (SN).

En base a este número estructural, se identifican y determinan un conjunto de espesores de cada capa de la estructura del pavimento, que deben ser construidas sobre la subrasante para soportar las cargas vehiculares con aceptable serviciabilidad durante el periodo establecido en el proyecto.

### 1.- ESTUDIO DE TRANSITO

#### 1.1.- Transito (demanda)

Probablemente, la variable más importante en el diseño de una vía es el tránsito, pues, si bien el volumen y dimensiones de los vehículos influyen en su diseño geométrico, el número y el peso de los ejes de éstos son factores determinantes en el diseño de la estructura del pavimento.

La demanda o volumen de tráfico (IMDA ó TPD), requiere ser expresado en términos de Ejes Equivalentes acumulados para el periodo de diseño. Un eje equivalente (EE) equivale al efecto de deterioro causado sobre el pavimento, por un eje simple de dos ruedas cargado con 8.2 ton de peso, con neumáticos con presión de 80 lb./pulg2.

**Cálculo de tasas de crecimiento y la proyección**

Se puede calcular el crecimiento de tránsito utilizando una fórmula simple:

$$T_n = T_o (1 + i)^{n-1}$$

Donde:

T<sub>n</sub> = Tránsito proyectado al año “n” en veh/día.

T<sub>o</sub> = Tránsito actual (año base o) en veh/día.

n = Años del período de diseño.

i = Tasa anual de crecimiento del tránsito que se define en correlación con la dinámica de crecimiento socio-económico(\*) normalmente entre 2% y 6% a criterio del equipo del estudio.

La demanda o volumen de tráfico (IMDA ó TPD), requiere ser expresado en términos de Ejes Equivalentes acumulados para el periodo de diseño. Un eje equivalente (EE) equivale al efecto de deterioro causado sobre el pavimento.

**1.2.- Determinación del tránsito existente.**

El volumen existente en el tramo, considera el promedio diario anual del total de vehículos (ligeros y pesados) en ambos sentidos.

Para la obtención de la demanda de tránsito que circula en cada sub tramo en estudio, se requerirá como mínimo la siguiente información:

- a. El tránsito promedio semanal (TPDS) mediante conteos de tránsito en cada sub tramo (incluyendo un sábado o un domingo) por un período consecutivo de 7 días (5 día de semana+Sábado+Domingo), como mínimo, de una semana que haya sido de circulación normal. Los conteos serán volumétricos y clasificados por tipo de vehículo. Así mismo en caso no hubiera información oficial, sobre pesos por eje, aplicable a la zona, se efectuara un censo de carga Vehicular durante 2 días consecutivos.
- b. Número, tipo y peso de los ejes de los vehículos pesados.
- c. Con los datos obtenidos, se definirá el Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes (EE) para el periodo de diseño del pavimento.

**1.1. CALCULO DE LOS EJES EQUIVALENTES ESAL'S(W18)**

ESAL's(W18) =	526,444.60
ESAL's(W18) =	5.26E+05

## 2. CONFIABILIDAD:

Se denomina confiabilidad (R%) a la probabilidad de que un pavimento desarrolle su función durante su vida útil en condiciones adecuadas para su operación. También se puede entender a la confiabilidad como un factor de seguridad, de ahí que su uso se debe al mejor de los criterios.

**Cuadro 12.6**  
**Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad Para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según rango de Tráfico**

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>P0</sub>	75,000	150,000	65%
	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	70%
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	75%
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	80%
	T <sub>P4</sub>	750,001	1,000,000	80%
Resto de Caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	85%
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	85%
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	85%
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	90%
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10,000,000	90%
	T <sub>P10</sub>	10,000,001	12,500,000	90%
	T <sub>P11</sub>	12,500,001	15,000,000	90%
	T <sub>P12</sub>	15,000,001	20,000,000	95%
	T <sub>P13</sub>	20,000,001	25,000,000	95%
	T <sub>P14</sub>	25,000,001	30,000,000	95%
	T <sub>P15</sub>	>30,000,000		95%

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

**Cuadro 12.8**  
**Coefficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal (Zr) Para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) Según el Nivel de Confiabilidad seleccionado y el Rango de Tráfico**

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>P0</sub>	75,000	150,000	-0.385
	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	-0.524
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	-0.674
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	-0.842
	T <sub>P4</sub>	750,001	1,000,000	-0.842
Resto de Caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	-1.036
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	-1.036
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	-1.036
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	-1.282
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10,000,000	-1.282
	T <sub>P10</sub>	10,000,001	12,500,000	-1.282
	T <sub>P11</sub>	12,500,001	15,000,000	-1.282
	T <sub>P12</sub>	15,000,001	20,000,000	-1.645
	T <sub>P13</sub>	20,000,001	25,000,000	-1.645
	T <sub>P14</sub>	25,000,001	30,000,000	-1.645
	T <sub>P15</sub>	>30,000,000		-1.645

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

$$R (\%) = 80.00 \quad \%$$

### 2.1. DESVIACIÓN ESTÁNDAR (Zr).

Es función de los niveles seleccionados de confiabilidad.

$$Zr = -0.842$$

### 2.2. ERROR ESTÁNDAR COMBINADO (So):

AASHTO propuso los siguientes valores para seleccionar la Variabilidad o Error Estándar Combinado So, cuyo valor recomendado es:

Para pavimentos flexibles	0.40 – 0.50
En construcción nueva	0.45

$$So = 0.450$$

## 4. SERVICIABILIDAD ( $\Delta$ PSI):

El Índice de Serviabilidad Presente, es la comodidad de circulación ofrecida al usuario. Su valor varía de 0 a 5. Un valor de 5 refleja la mejor comodidad teórica (difícil de alcanzar) y por el contrario un valor de 0 refleja el peor. Cuando la condición de la vía decrece por deterioro, el PSI también decrece.

ÍNDICE DE SERVICIO	CALIFICACIÓN
5	Excelente
4	Muy bueno
3	Bueno
2	Regular
1	Malo
0	Intransitable

Entonces:

Po =	3.8
Pt =	2.0

$\Delta$ PSI =	Po - Pt
----------------	---------

$\Delta$ PSI =	1.80
----------------	------

## 5. MÓDULO RESILIENTE (Mr)

El módulo resiliente es una medida de la rigidez del suelo de sub rasante, el cual para su cálculo, deberá determinarse mediante el ensayo de resiliencia determinado de acuerdo a las recomendaciones del AASHTO

CBR =	23.05 %
-------	---------

Mr =	19032.70 PSI
------	--------------

Número Estructural requerido	SN =	2.015
------------------------------	------	-------

Haciendo tanteos de espesor hasta que (Ecuación I) Sea aproximadamente Igual a ( Ecuación II):

$\text{Log}_{10}(W18) - Z_r \times S_o + 0.20 + 8.07$
---

14.370 ... Ecuación I
-----------------------

$9.36 \times \text{Log}_{10}(SN+1) + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \text{Log}_{10}(Mr)$
--

14.370 ... Ecuación II
------------------------

## NÚMERO ESTRUCTURAL (SN).

$SN = a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 \times m_2 + a_3 \times d_3 \times m_3$
---

SN	=	Número Estructural.
a <sub>1,2,3</sub>	=	Coefficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase.
d <sub>1,2,3</sub>	=	Espesores (en cm) de las capas: superficial, base y subbase.
m <sub>2,3</sub>	=	Coefficiente de drenaje para las capas: superficial, base y subbase.

a <sub>1</sub> =	0.125	/cm
------------------	-------	-----

a <sub>2</sub> =	0.052	/cm
------------------	-------	-----

a <sub>3</sub> =	0.047	/cm
------------------	-------	-----

**CALIDAD DE DRENAJE**

Calidad de Drenaje	% de tiempo del año en que el pavimento está expuesto a niveles de saturación			
	Menor que 1%	1% - 5%	5% - 25%	Mayor que 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

m2 = 1.15

m3 = 1

Espesor de capa Superficial **D1 = 5.00 Cm**

Espesor de Base **D2 = 20.00 Cm**

Espesor de Subbase **D3 = 15.00 Cm**

Número Estructural requerido **SN = 2.015**

Número Estructural calculado **SN = 2.526**

Comparando ambos "SN" **CUMPLE**

**ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO**

	Pulg.	Cm.
Losa de Cº Asfáltico	e= 0.020	5.00
Base Granular	e= 0.079	20.00
Subbase granular	e= 0.059	15.00

