

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
CHOTA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



Evaluación de la proporción de materiales granulares de las canteras de
Rejopampa Alto para su uso en mantenimientos periódicos de vías
terrestres, Chota, 2024

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Presentado por:

FELIX MAR MEJÍA REGALADO

LITO RONAL MEJIA HERRERA

Asesor:

Mg. Ing. MIGUEL ÁNGEL SILVA TARRILLO

Chota – Perú

2025



Colpa Matara, 10 de octubre del 2025.

C.O. N° 30-2025-UI-EPIC

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Jefe de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, hace constar que el Informe Final de Tesis titulado: **"EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE MATERIALES GRANULARES DE LAS CANTERAS DE REJOPAMPA ALTO PARA SU USO EN MANTENIMIENTOS PERIÓDICOS DE VÍAS TERRESTRES, CHOTA, 2024"**, elaborado por los bachilleres en ingeniería civil: **FELIX MAR MEJÍA REGALADO y LITO RONAL MEJIA HERRERA**, para optar el Título Profesional de ingeniero civil, presenta un índice de similitud de 7% excluyendo texto citado, bibliografía y fuentes que tengan coincidencias de menos de 10 palabras; por lo tanto, cumple con los criterios de evaluación de originalidad establecidos en el acápite g) del artículo 20 del Reglamento de Grados y Títulos UNACH, aprobado mediante la Resolución C.O. N° 120-2022-UNACH con fecha de 03 de marzo de 2022.

Se expide la presente, en conformidad a la directiva antes mencionada, para los fines que estime pertinentes.

Miguel Ángel SILVA TARRILLO
INGENIERO EN INGENIERÍA CIVIL

Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo
Jefe de la unidad de investigación
FCI-UNACH

FELIX MAR MEJÍA REGALADO LITO RONAL MEJIA ...

Evaluación de la proporción de materiales granulares de las canteras de Rejopampa Alto para su uso en mantenimientos p...

 Informe Final de Tesis
 UNIDAD DE INVESTIGACION FIC 2025-1
 Universidad Nacional Autónoma de Chota

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trnoid=1:3360816706

Fecha de entrega
3 oct 2025, 4:04 p.m. GMT-5

Fecha de descarga
10 oct 2025, 11:59 a.m. GMT-5

Nombre del archivo
Informe_final_LITO_RONAL_tnt.pdf

Tamaño del archivo
4.6 MB

158 páginas

36.651 palabras

177.272 caracteres




7% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para co...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 5%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 3%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad




N.º de alerta de integridad para revisión

- ▶ **Texto oculto**
201 caracteres sospechosos en N.º de página
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitan distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

- 5%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 3%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	repositorio.unach.edu.pe	2%
2	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Autónoma de Chota	<1%
3	Internet	www.repositorio.unach.edu.pe	<1%
4	Internet	repositorio.ucv.edu.pe	<1%
5	Trabajos del estudiante	uncedu	<1%
6	Trabajos del estudiante	Universidad Andina del Cusco	<1%
7	Internet	repositorio.uns.edu.pe	<1%
8	Trabajos del estudiante	Universidad Privada Antenor Orrego	<1%
9	Trabajos del estudiante	Universidad Católica de Santa María	<1%
10	Internet	www.coursehero.com	<1%
11	Internet	hdl.handle.net	<1%

12	Internet	redi.unjbg.edu.pe	<1%
13	Internet	repositorio.urp.edu.pe	<1%
14	Internet	repositorio.upeu.edu.pe	<1%
15	Internet	alicia.concytec.gob.pe	<1%
16	Trabajos del estudiante	Universidad Continental	<1%
17	Trabajos del estudiante	Universidad Tecnológica de los Andes	<1%
18	Internet	repositorio.uss.edu.pe	<1%
19	Internet	www.repositorio.unu.edu.pe	<1%
20	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez	<1%
21	Trabajos del estudiante	Universidad Técnica De Ambato- Direccion de Investigación y Desarrollo , DIDE	<1%
22	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo	<1%
23	Internet	repositorio.unc.edu.pe	<1%
24	Internet	repositorio.upse.edu.ec	<1%
25	Trabajos del estudiante	Universidad San Ignacio de Loyola	<1%

26	Internet	repositorio.upn.edu.pe	<1%
27	Trabajos del estudiante	Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador	<1%
28	Trabajos del estudiante	Universidad Jose Carlos Mariategui	<1%
29	Trabajos del estudiante	Universidad Privada Antenor Orrego 2025	<1%
30	Internet	repositorio.upci.edu.pe	<1%
31	Publicación	Medina Alvarez, Edwin James. "Efecto en la consistencia y compactación de un su..."	<1%
32	Trabajos del estudiante	Universidad Politécnica del Perú	<1%
33	Internet	www.repositorio.upla.edu.pe	<1%
34	Internet	dspace.untru.edu.pe	<1%
35	Internet	idoc.tips	<1%
36	Internet	repositorio.undac.edu.pe	<1%
37	Internet	repositorio.unsm.edu.pe	<1%
38	Internet	repositorio.upla.edu.pe	<1%
39	Internet	repositorio.upao.edu.pe	<1%

40	Internet	www.swissinfo.ch	<1%
41	Internet	activities.macmillanmh.com	<1%
42	Internet	gredos.usal.es	<1%
43	Internet	issuu.com	<1%
44	Internet	micigc.uniandes.edu.co	<1%
45	Internet	repositorio.uct.edu.pe	<1%
46	Internet	tesis.usat.edu.pe	<1%



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE INFORME FINAL DE TESIS

El jurado evaluador designado con RESOLUCIÓN DE COORDINACIÓN DE FACULTAD N° 245-2025-FCI/UNACH:

Nombres y apellidos	Cargo
Mg. Cristhian Saúl López Villanueva	Presidente
Dra. Claudia Emilia Benavidez Núñez	Secretario
Dr. Abelardo Melanio Barboza Mejía	Vocal

De la tesis titulada:

“Evaluación de la proporción de materiales granulares de las canteras de Rejopampa Alto para su uso en mantenimientos periódicos de vías terrestres, Chota, 2024.”

Que ha sustentado el(los) Bachiller (es):

Nombres y apellidos	DNI
Felix Mar Mejía Regalado	7157 5385
Lito Ronal Mejía Herrera	7156 8286

Para obtener el título profesional de:

Ingeniero Civil

Acuerdan por:

Unanimidad Mayoría

Aprobar Desaprobar

Otorgando la calificación de:

Aprobado

<input type="checkbox"/>	Excelente
<input checked="" type="checkbox"/>	Bueno
<input type="checkbox"/>	Regular

Desaprobado

Colpa Matara, 28 de octubre de 2025

 Mg. Cristhian Saúl López Villanueva
Presidente

 Dra. Claudia Emilia Benavidez Núñez
Secretario

 Dr. Abelardo Melanio Barboza Mejía
Vocal

 Dr. Miguel Ángel Silva Tarrillo
Asesor

DEDICATORIA

Dedicamos esta investigación, en primer lugar, a Dios, por ser nuestra guía constante, darnos fuerza en los momentos difíciles y permitirnos culminar con éxito este proyecto. A nuestros familiares, por su amor incondicional, comprensión y apoyo inquebrantable a lo largo de nuestra formación académica. También dedicamos este logro a nuestros amigos, quienes estuvieron presentes brindando ánimo y motivación cuando más lo necesitábamos. Sin su compañía, este camino habría sido más difícil de recorrer.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a Dios, por habernos dado la sabiduría, la salud y la perseverancia necesarias para llevar a cabo esta investigación. Agradecemos profundamente al Mg. Miguel Ángel Silva Tarrillo, nuestro asesor, por su orientación constante, sus valiosas observaciones y su compromiso con nuestro trabajo. Reconocemos y agradecemos a los propietarios de las canteras de Rejopampa Alto 1, quienes nos brindaron acceso a los materiales y facilitaron el desarrollo de las pruebas requeridas. Finalmente, extendemos nuestro agradecimiento a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron al desarrollo de este estudio; su apoyo ha sido fundamental para alcanzar este objetivo académico.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS	xx
RESUMEN	xxi
ABSTRACT	xxii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	23
1.1. Planteamiento del problema.....	23
1.2. Formulación del problema	25
1.3. Justificación	25
1.4. Objetivos	26
1.4.1. Objetivo general.....	26
1.4.2. Objetivos específicos	26
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	28
2.1. Antecedentes	28
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	28
2.1.2. Antecedentes nacionales	31
2.1.3. Antecedentes regionales	34
2.2. Bases teórico – científicas	36
2.2.1. Teorías relacionadas con suelos granulares para infraestructura vial.....	36
2.2.2. Teoría de mecánica de rocas: Teoría del ciclo de las rocas	39
2.2.3. Mantenimiento vial periódico	40
2.2.4. Comportamiento de materiales granulares	42
2.2.5. Método analítico para la combinación granulométrica	43
2.3. Marco conceptual	46
2.3.1. Canteras	46
2.3.2. Materiales granulares	50
2.3.3. Base granular	54
2.3.4. Mantenimiento de vías.....	57
2.3.5. Proporción de materiales granulares.....	59
2.4. Hipótesis	61

2.5. Operacionalización de variables	61
2.5.1. Variable independiente: Proporción óptima de materiales granulares de canteras	61
2.5.2. Variable dependiente: Uso en mantenimiento periódicos de vías terrestres	61
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	63
3.1. Tipo y nivel de investigación	63
3.2. Diseño de investigación	64
3.3. Métodos de investigación.....	65
3.4. Población, muestra y muestreo	67
3.4.1. Población	67
3.4.2. Muestreo	68
3.4.3. Muestra	69
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	70
3.5.1. Técnicas de recolección de los datos	70
3.5.2. Instrumentos para la recolección de los datos	70
3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	71
3.6.1. Proceso de obtención de los datos	71
3.6.2. Equipos, materiales e instrumentos	106
3.6.3. Procesamiento de datos.....	107
3.6.4. Análisis de datos	108
3.7. Aspectos éticos	109
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	111
4.1. Descripción de resultados.....	111
4.1.1. Propiedades del material granular de las tres canteras	111
4.1.2. Propiedades físicas y mecánicas de las combinaciones.....	129
4.1.3. Comparación de las propiedades físicas y mecánicas	149
4.2. Contrastación de hipótesis.....	160
4.3. Discusión de resultados.....	164
4.3.1. Propiedades del material granular de las tres canteras	164
4.3.2. Propiedades físico mecánicas de las combinaciones	166

4.3.3. Comparación de las propiedades físico mecánicas.....	168
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	170
5.1. Conclusiones	170
5.2. Recomendaciones y/o sugerencias	171
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS	173
CAPÍTULO VII. ANEXOS	179
Anexo A. Matriz de consistencia.....	179
Anexo B. Formato de registro de observación (tomado del MTC, 2014).....	180
Anexo C. Resultado de ensayos de laboratorio	182
Anexo D. Planos	247

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Ejemplo de Gradación de Materiales a Combinar y sus Especificaciones.....	44
Tabla 2	Ejemplo de Combinación Teórica de Materiales para Base Granular	44
Tabla 3	Catalogación del Suelo según IP	52
Tabla 4	Clasificación según el EA	53
Tabla 5.	Requisitos Técnicos del Material Granular para Base	56
Tabla 6	Matriz de Operacionalización de Variables en Estudio	62
Tabla 7	Tipo de Investigación	64
Tabla 8	Denominación y Ubicación de las Canteras en Estudio.....	67
Tabla 9	Número de Muestras por cada Ensayo.....	69
Tabla 10	Ubicación UTM de las Canteras en Rejopampa Alto, Chota.....	71
Tabla 11	Análisis Granulométrico de la Cantera Rejopampa Alto 1	92
Tabla 12	Análisis Granulométrico de la Cantera Rejopampa Alto 2	92
Tabla 13	Análisis Granulométrico de la Cantera Rejopampa Alto 3	93
Tabla 14	Combinaciones Planteadas para la Mezcla del Material de las Canteras	96
Tabla 15	Gradaciones de la Base Granular de Acuerdo a la EG-2013.....	96
Tabla 16	Granulometría de Dos Canteras: Rejopampa 1 y Rejopampa 3	97
Tabla 17	Granulometría de Dos Canteras: Rejopampa 2 y Rejopampa 3	98
Tabla 18	Granulometría de Dos Canteras: Rejopampa 2 y Rejopampa 3	99
Tabla 19	Verificación Teórica de la Combinación 1.....	100
Tabla 20	Verificación Teórica de la Combinación 2.....	101
Tabla 21	Verificación Teórica de la Combinación 3.....	102
Tabla 22	Combinaciones Granulométricas	103
Tabla 23	Equipos, Herramientas y Materiales	106
Tabla 24	Propiedades Físicas y Mecánicas de las Canteras	113
Tabla 25	Índice de plasticidad de las Tres Canteras de Rejopampa Alto.....	114
Tabla 26	Datos para la Curva Granulométrica de las Tres Canteras.....	118
Tabla 27	Límite Líquido de las Canteras de Rejopampa Alto	119
Tabla 28	Límite Plástico de las Tres Canteras de Rejopampa Alto	121
Tabla 29	Índice de Plasticidad de las Tres Canteras de Rejopampa Alto	122
Tabla 30	Índice de Plasticidad de las Tres Canteras de Rejopampa Alto	122
Tabla 31	Equivalente de Arena de las Tres Canteras de Rejopampa Alto	123
Tabla 32	Equivalente de Arena de las Tres Canteras de Rejopampa Alto	123
Tabla 33	Compactación: de las Canteras de Rejopampa Alto	124
Tabla 34	CBR del Material por sí solo de las Canteras de Rejopampa Alto.....	126

Tabla 35 Porcentaje de Desgaste de las Tres Canteras de Rejopampa Alto.....	128
Tabla 36 Propiedades Físicas y Mecánicas de las Combinaciones	131
Tabla 37 Gradación de las Combinaciones de las Canteras de Rejopampa Alto	135
Tabla 38 Humedad del Material Granular de las Combinaciones.....	136
Tabla 39 Limite líquido de las Combinaciones.....	137
Tabla 40 Límite Plástico de las Combinaciones.....	139
Tabla 41 Índice de Plasticidad de las Combinaciones.....	140
Tabla 42 Equivalente de Arena de las Combinaciones	141
Tabla 43 Compactación del Material Granular de las Canteras y Combinaciones	142
Tabla 44 Máxima Densidad Seca de las Canteras y Combinaciones	143
Tabla 45 Óptimo Contenido de Humedad de las Canteras y Combinaciones.....	143
Tabla 46 Capacidad de Soporte de las Canteras y Combinaciones.....	146
Tabla 47 CBR al 95% MDS de las Canteras y Combinaciones	146
Tabla 48 CBR al 100% de las Canteras y Combinaciones.....	146
Tabla 49 Desgaste por Abrasión de las Canteras y Combinaciones.....	148
Tabla 50 Comparación de las Propiedades Físicas y Mecánicas de las Canteras de Rejopampa Alto por sí Solas y en Combinaciones	159
Tabla 51 Análisis de Varianza (ANOVA) del CBR del Material Granular	162
Tabla 52 Prueba t-student de Dos Muestras del CBR del Material Granular.....	162
Tabla 53 Prueba t-student para CBR del Suelo.....	163

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Ciclo de las Rocas.....	39
Figura 2	Mantenimiento Preventivo Versus Mantenimiento Correctivo	41
Figura 3	Ejemplo de Curva de Gradación que se Debe Cumplir según Especificaciones	45
Figura 4	Partes de una Cantera.....	46
Figura 5	Tipos de Suelos que se Utilizan en Vías	50
Figura 6	Curva Granulométrica	51
Figura 7	Husos Granulométricos para Base Granular.....	57
Figura 8	Diseño de Investigación.....	66
Figura 9	Ubicación de las Canteras Rejopampa Alto	67
Figura 10	Ubicación de las Canteras en Rejopampa Alto, Chota	72
Figura 11	Levantamiento Topográfico de la Cantera Rejopampa Alto 1	74
Figura 12	Levantamiento Topográfico de la Cantera Rejopampa Alto 2	74
Figura 13	Levantamiento Topográfico de la Cantera Rejopampa Alto 3	75
Figura 14	Plano en Planta de la Cantera Rejopampa Alto 1	76
Figura 15	Plano en Planta de la Cantera Rejopampa Alto 2	77
Figura 16	Plano en Planta de la Cantera Rejopampa Alto 3	78
Figura 17	Mapa Geológico de las Canteras de Rejopampa Alto	81
Figura 18	Extracción de Muestras de la Cantera Rejopampa Alto 1	83
Figura 19	Extracción de Muestras de la Cantera Rejopampa Alto 2	83
Figura 20	Extracción de Muestras de Piedra Triturada de la Cantera Rejopampa Alto 3.....	84
Figura 21	Análisis Granulométrico del Material de las Canteras de Rejopampa.....	87
Figura 22	Ensayo de Límite Líquido en el Material de las Canteras	88
Figura 23	Ensayo de Límite Plástico en el Material de las Canteras	88
Figura 24	Ensayo de Proctor Modificado al Material de las Canteras	89
Figura 25	Ensayo de CBR al Material de las Canteras	89
Figura 26	Ensayo Equivalente de Arena al Material de las Canteras	90
Figura 27	Ensayo de Abrasión al Material de las Canteras.....	90
Figura 28	Verificación del Cumplimiento del Huso “B” Cantera 1.....	94
Figura 29	Verificación del Cumplimiento del Huso “B” Cantera 2.....	95
Figura 30	Verificación del Cumplimiento del Huso “B” Cantera 3.....	95
Figura 31	Verificación Teórica del Huso Granulométrico de la Combinación 1.....	101
Figura 32	Verificación Teórica del Huso Granulométrico de la Combinación 2.....	102
Figura 33	Verificación Teórica del Huso Granulométrico de la Combinación 3.....	103
Figura 34	Ensayos de Mecánica de Suelos a las Combinaciones	105

Figura 35	Límite Líquido de las Tres Canteras de Rejopampa Alto.....	114
Figura 36	Equivalente de Arena de las Tres Canteras de Rejopampa Alto	115
Figura 37	Porcentaje de Abrasión de las Tres Canteras de Rejopampa Alto.....	115
Figura 38	CBR de las Canteras de Rejopampa Alto	116
Figura 39	Curva Granulométrica para el Huso B de las Tres Canteras	117
Figura 40	Curva de Fluides de las Canteras de Rejopampa Alto.....	120
Figura 41	Límite Líquido de las Canteras de Rejopampa Alto.....	120
Figura 42	Limite Plástico de las Tres Canteras de Rejopampa Alto.....	121
Figura 43	Curva de Compactación de las Canteras de Rejopampa Alto.....	124
Figura 44	Máxima Densidad Seca de las Canteras de Rejopampa Alto	125
Figura 45	Óptimo Contenido de Humedad de las Canteras de Rejopampa Alto	125
Figura 46	CBR al 95% MDS de las Canteras de Rejopampa Alto	127
Figura 47	CBR al 100% MDS de las Canteras de Rejopampa Alto	127
Figura 48	Desgaste por Abrasión de las Tres Canteras de Rejopampa Alto.....	128
Figura 49	Límite Líquido de las Combinaciones	131
Figura 50	Índice de Plasticidad de las Combinaciones	132
Figura 51	Equivalente de las Combinaciones	132
Figura 52	Porcentaje de Abrasión de las Combinaciones	133
Figura 53	CBR de las Combinaciones	133
Figura 54	Curva Granulométrica para el Huso B de las Combinaciones.....	135
Figura 55	Humedad del Material Granular de las Combinaciones	136
Figura 56	Curva de Fluides de las Combinaciones	138
Figura 57	Límite Líquido de las Combinaciones	138
Figura 58	Limite plástico de las Combinaciones	139
Figura 59	Índice de Plasticidad de las Combinaciones	140
Figura 60	Equivalente de arena de las Combinaciones.....	141
Figura 61	Curva de Compactación de las Canteras y Combinaciones.....	143
Figura 62	Máxima Densidad Seca de las Canteras y Combinaciones	144
Figura 63	Óptimo Contenido de Humedad de las Canteras y Combinaciones	144
Figura 64	CBR al 95% MDS de las Canteras y Combinaciones.....	147
Figura 65	CBR al 100% de las Canteras y Combinaciones	147
Figura 66	Desgaste por Abrasión de las Canteras y Combinaciones	148
Figura 67	Verificación de la Granulometría Huso B	152
Figura 68	Verificación del Límite Líquido del Material Granular.....	154
Figura 69	Verificación del Índice de Plasticidad del Material Granular.....	154
Figura 70	Verificación del Equivalente de Arena del Material Granular	155
Figura 71	Verificación del CBR del Material Granular.....	157

Figura 72 Verificación del Porcentaje de Desgaste del Material Granular	158
Figura 73 Prueba de Normalidad del CBR de los Materiales Granulares.....	161

LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

ASTM: American Society for Testing and Materials

CBR: California Bearing Ratio (Índice de Capacidad Soportante de California)

CRA: Crushed Rock Aggregate (Agregado de Roca Triturada)

D-2, D-3: Clasificación local de tipo de material granular según tamaño o uso

EA: Equivalente de Arena

EG-2013: Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción del MTC

GLM: Granular Lateritic Material (Material Laterítico Granular)

GP-GM: Grava mal gradada con limo o arcilla (según SUCS)

INACAL: Instituto Nacional de Calidad

IP: Índice de Plasticidad

LL: Límite Líquido

LP: Límite Plástico

MDS: Máxima Densidad Seca

MOP: Ministerio de Obras Públicas (Ecuador)

MTC: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

MVCS: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento

NEVI-I2: Norma Ecuatoriana de Vialidad - Especificación Técnica I2

NP: No Plástico

OCH: Óptimo Contenido de Humedad

SUCS: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

UGM: Unbound Granular Material (Material Granular No Ligado)

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la proporción óptima de materiales granulares provenientes de las canteras de Rejopampa Alto para su uso en mantenimientos periódicos de vías terrestres en Chota, 2024, según los lineamientos del Manual de Carreteras EG-2013 (MTC, 2015). El estudio se desarrolló bajo el enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, nivel descriptivo y diseño causal simple. La muestra consistió en 150 kg de material granular extraído de cada una de las tres canteras: Rejopampa Alto 1 y 2 (suelo granular) y Rejopampa Alto 3 (grava triturada). Los resultados mostraron que ninguna de las canteras por sí sola cumple con los requisitos técnicos para base granular. La cantera Rejopampa 1 presentó CBR de 77.79%, IP de 7.46% y 19.9% de finos; Rejopampa 2 obtuvo CBR de 73.88%, IP de 6.81% y 12% de finos; y Rejopampa 3 al ser una cantera de solamente grava, mostró desgaste elevado (69%) e imposibilidad de ensayo CBR. Sin embargo, al realizar combinaciones entre materiales, se logró mejorar considerablemente las propiedades. La combinación 1 (85% R1 + 15% R3) alcanzó CBR de 80.85%, IP de 5.98% y 28.4% de desgaste, cumpliendo con los criterios exigidos para base granular. Las combinaciones 2 y 3 cumplieron únicamente para subbase. Se concluye que la mezcla 85R1–15R3 representa la proporción óptima para ser utilizada como base granular en mantenimientos viales.

Palabras clave: CBR, subbase, base granular, afirmado, combinación óptima.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the proportion of granular materials from the Rejopampa Alto quarries for use in periodic maintenance of roads in Chota, 2024, according to the guidelines of the EG-2013 Road Manual (MTC, 2015). The study was conducted using a quantitative, applied, descriptive approach and a simple causal design. The sample consisted of 150 kg of granular material extracted from each of the three quarries: Rejopampa Alto 1 and 2 (granular soil) and Rejopampa Alto 3 (crushed gravel). The results showed that none of the quarries alone meets the technical requirements for granular base. The Rejopampa 1 quarry had a CBR of 77.79%, IP of 7.46%, and 19.9% fines; Rejopampa 2 obtained a CBR of 73.88%, IP of 6.81%, and 12% fines; and Rejopampa 3, being a gravel-only quarry, showed high wear (69%) and was impossible to test for CBR. However, by combining materials, it was possible to significantly improve the properties. Combination 1 (85% R1 + 15% R3) achieved a CBR of 80.85%, an IP of 5.98%, and 28.4% wear, meeting the criteria required for a granular base. Combinations 2 and 3 only met the criteria for subbase. It is concluded that the 85R1–15R3 mixture represents the optimal ratio for use as a granular base in road maintenance.

Keywords: CBR, subbase, granular base, compacted, optimal combination.

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

La calidad de las carreteras promueve el desarrollo económico y garantiza la eficiencia del transporte (Jimoh & Olawuwo, 2024); sin embargo, el mantenimiento de vías terrestres continúa siendo un desafío significativo por el creciente volumen de tráfico y las cambiantes condiciones geotécnicas que influyen en el comportamiento de los materiales utilizados (Yao et al., 2024). Entre el 40% y 60% de las carreteras no pavimentadas en países en desarrollo presentan fallas prematuras relacionadas con la selección inadecuada de agregados (Kafle et al., 2024); asimismo, la variabilidad de la calidad de los materiales de cantera puede incrementar en 35% los costos de mantenimiento (Ngo'o Ze et al., 2024).

En América Latina, esta problemática se intensifica debido a la diversidad geográfica y climática que incide directamente en las propiedades de los materiales granulares disponibles. La eficacia variable de los materiales de las canteras y la falta de tecnologías adecuadas para evaluar y mantener las vías ha contribuido al deterioro prematuro de la red vial en más del 50% de los caminos rurales latinoamericanos (Arrieta et al., 2024). Además, la escasa investigación aplicada y la ausencia de estandarización en los procesos de caracterización impiden una gestión eficiente de estos materiales (Kodikara et al., 2024), lo que se traduce en carreteras en mal estado y elevados costos operativos (Fernández-Irigoín & Ticlla-Ríos, 2020).

El Perú enfrenta retos similares, las canteras a menudo suministran materiales cuya calidad no siempre cumple con los estándares técnicos requeridos

para la construcción y mantenimiento de carreteras; además la falta de estudios específicos sobre la proporción adecuada de agregados granulares limita la posibilidad de formular mezclas que respondan eficazmente a las condiciones del terreno y del tránsito (Ticlla, 2021). El 33% de los agregados extraídos de canteras no cumplen con los estándares técnicos para subbases y bases granulares dados en el *Manual de Carreteras – Especificaciones Generales para Construcción* (MTC, 2015), lo que genera mantenimientos viales frecuentes de entre 8 y 12 meses, cuando el intervalo técnico recomendado debería superar los 18 meses

En la región de Cajamarca, las dificultades se agravan por las condiciones geográficas complejas y la disponibilidad limitada de materiales de buena calidad (Silva, 2023). Las canteras locales proporcionan agregados cuya composición no siempre es adecuada para las capas estructurales de las vías, especialmente cuando no se determina la proporción correcta para su uso (Ticlla, 2021). La ausencia de estudios técnicos sobre mezclas óptimas ha derivado en que más del 70% de los caminos requieran mantenimiento constante y presenten baja transitabilidad (Fernández-Irigoín & Ticlla-Ríos, 2020).

En el distrito de Chota, se ha identificado que las canteras de Rejopampa Alto 1 y 2, ofrecen materiales de afirmado con buena capacidad de soporte (CBR superior a 40%), pero presentan problemas de alta plasticidad ($IP > 12$) y equivalentes de arena por debajo de 25%, lo que limita su uso como base granular (Ticlla, 2021). Aunque estos materiales han mostrado capacidad de soporte adecuada para afirmado, presentan problemas de plasticidad elevada y bajo equivalente de arena, lo que los hace inadecuados para ser utilizados como base o subbase granular. Por lo que, la propuesta local es combinar estos materiales con piedra triturada proveniente de una tercera cantera para mejorar sus características

físicas y mecánicas. Esta propuesta busca establecer proporciones óptimas que permitan su aplicación efectiva en el mantenimiento periódico de las vías, adaptándose a las condiciones locales y contribuyendo a la mejora de la infraestructura vial en Chota.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la proporción óptima de materiales granulares de las canteras de Rejopampa Alto para su uso en mantenimientos periódicos de vías terrestres, Chota, 2024?

1.3. Justificación

La presente investigación responde a la necesidad de comprender y optimizar la combinación de materiales granulares locales para su aplicación en la construcción y mantenimiento periódico de vías terrestres. En particular, aborda la falta de información sobre las proporciones adecuadas de mezcla entre los materiales disponibles en las canteras de Rejopampa Alto; este estudio genera datos relevantes que pueden ser utilizados para perfeccionar el mantenimiento vial, promoviendo el uso más eficiente y sostenible de los recursos locales.

Desde el ámbito científico, la investigación contribuye al desarrollo teórico en el campo de la ingeniería de materiales aplicados a la infraestructura vial. Su valor radica en la definición de proporciones óptimas de mezcla de materiales granulares y la evaluación de su influencia en las propiedades físicas y mecánicas de las capas de base. El estudio se fundamenta en teorías existentes, como el método analítico para el diseño granulométrico, y genera nuevos datos empíricos que permiten validar o ajustar los modelos actuales. Asimismo, aunque se ha avanzado en estudios previos como los de Ticlla (2021), esta investigación

profundiza en la evaluación de combinaciones de materiales para superar las limitaciones detectadas en el material natural.

Técnicamente, la investigación responde a la necesidad de estudiar la proporción óptima de materiales granulares de las canteras de Rejopampa Alto para el mantenimiento de vías en Chota. Al evaluar la viabilidad de utilizar estos agregados como base granular, se busca optimizar su desempeño a través de mezclas que mejoren su capacidad de soporte (CBR) y su plasticidad. Los principales beneficiarios son la comunidad científica con información acerca de la combinación granulométrica, además de las autoridades locales y residentes de Chota, quienes tendrán una proporción adecuada de materiales granulares para su uso como base granular en el mantenimiento de carreteras.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar la proporción óptima de materiales granulares de las canteras de Rejopampa Alto para su uso en mantenimientos periódicos de vías terrestres, Chota, 2024; en base al manual de carreteras EG-2013 (MTC, 2015).

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar las propiedades físicas (contenido de humedad, granulometría, límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad, equivalente de arena) y mecánicas (máxima densidad seca, óptimo contenido de humedad, CBR, porcentaje de desgaste) del material granular de las canteras de Rejopampa Alto de forma independiente.
- Determinar las propiedades físicas (contenido de humedad, granulometría, límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad, equivalente de arena) y mecánicas (máxima densidad seca, óptimo contenido de humedad, CBR,

porcentaje de desgaste) de las combinaciones del material granular de las canteras de Rejopampa Alto.

- Comparar las propiedades físicas (contenido de humedad, granulometría, límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad, equivalente de arena) y mecánicas (máxima densidad seca, óptimo contenido de humedad, CBR, porcentaje de desgaste) de las canteras de Rejopampa Alto para verificar la proporción que puede ser utilizada como base granular para los mantenimientos periódicos de vías.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Kafle et al. (2024) en su estudio traducido del inglés como “Investigación del comportamiento mecánico del material granular no ligado (UGM) para aplicaciones de construcción de pavimentos de carreteras: un estudio de caso en el oeste de Victoria” tuvieron como objetivo determinar el comportamiento de los materiales granulares para su uso en carreteras. Realizaron pruebas de laboratorio a los UGM recolectados de tres sitios (Roses Gap, Rules East y Polkemmet Road) en Horsham, Victoria, Australia. Las muestras de suelo tienen valores CBR variados; las muestras de RE del sitio tanto para profundidades superficiales como profundas (RE13 y RE19) producen resultados aceptables para su uso en carreteras; y, los materiales de 200 de profundidad en el sitio PR (PR12) son adecuadas para la construcción de carreteras. Concluyeron que, la muestra RG23 tiene CBR más alto de 26.21 y 28.27 para profundidades de 2.5 mm y 5 mm, respectivamente, esto indica que tiene capacidad de carga muy alta y es adecuada para fines de construcción.

Ndzié et al. (2024) en su investigación “Evaluación de la adición de agregados de roca triturada a materiales lateríticos granulares en el contexto de urbanización extensiva subsahariana (Yaundé, Camerún) para fines de construcción de carreteras” tuvieron como objetivo evaluar los materiales lateríticos granulares (GLM) para la construcción de carreteras después de la adición de agregados de roca triturada (CRA) en el contexto de urbanización extensiva subsahariana. Las rocas estudiadas son gneises compuestos de cuarzo,

granate, biotita, piroxeno y feldespatos. Los gneises obtenidos CRA tienen contenido de finos inferior al 10%, MDS superior a 2.00 g/cm³, buena capacidad de soporte, CBR de 88%, y excelentes características mecánicas (Los Ángeles < 40%); por lo que, recomiendan su uso como capa de base para pavimentos de tráfico de bajo a medio volumen. Los GLM derivados de gneises, menos portantes (CBR de 39 a 42%) que los CRA, tienen comportamiento limitado y pueden utilizarse como subbase para todo tipo de tráfico. Concluyeron que, la adición de 25% de CRA o más, es eficaz para el uso del material como base granular.

Supe (2024) en su tesis “Análisis comparativo del material proveniente de las canteras “Mollepamba”, “Rubí 2” y cantera Rumipamba de la provincia de Cotopaxi utilizado para la elaboración de base y subbase en la construcción de carreteras” tuvo como objetivo comparar el material de las canteras “Mollepamba”, “Rubí 2” y Rumipamba para la elaboración de base y subbase. El análisis granulométrico reveló que las curvas granulométricas se ajustaban a los límites de la norma ecuatoriana NEVI-I2. En cuanto a los ensayos de límites de Atterberg, se determinó que los materiales eran no plásticos o presentaban plasticidad nula, haciéndolos adecuados para subbases y bases. Los valores de CBR obtenidos fueron: 78% para subbase y 108% para base en la cantera Mollepamba; 59% para subbase y 92% para base en la cantera Rumipamba; y 66% para subbase y 89% para base en la cantera Rubí 2. Estos resultados cumplieron con las exigencias de la normativa, donde el CBR para las bases debe ser superior al 80% y para las subbases superior al 30%. Sin embargo, se identificó que las canteras Rumipamba y Rubí 2 no cumplieron con el desgaste por sulfatos. En conclusión, los materiales de las tres canteras analizadas son adecuados para

bases y subbases, de acuerdo con los parámetros de la norma NEVI-12, excepto en lo que respecta al desgaste por sulfatos en las canteras Rumipamba y Rubí 2.

Aguachela (2024) en su tesis “Análisis comparativo del material proveniente de las minas “Explendor”, “La Ponderosa” y cantera “Tierra Prometida” de la provincia de Chimborazo utilizado para la elaboración de base y subbase en la construcción de carreteras” tuvo como objetivo evaluar los materiales de las minas Explendor, La Ponderosa y Tierra Prometida para el desarrollo de bases y subbases. Los resultados del análisis muestran que la mayoría de los materiales en las minas cumplen con los estándares establecidos por el MOP con CBR para base granular de 109%, 97%, 104% para las canteras Explendor, Poderosa y Tierra Prometida, y CBR para subbase granular de 60, 63, y 72%, respectivamente; sin embargo, la Ponderosa no cumple con las exigencias para la abrasión del material base, ya que el valor obtenido (44%) supera el límite permisible (40%). Además, se ha verificado que los materiales cumplen con valores CBR de más del 80% para bases y 30% para subbases. En conclusión, los materiales extraídos de las tres canteras son adecuados para bases y subbases de carreteras, de acuerdo con los parámetros de la norma, excepto la cantera Poderosa que supera la abrasión especificada para base granular.

Gautam & Karki (2023) en su artículo científico “Evaluación de la resistencia en el material de subbase debido a la variación de partículas finas en el suelo” tuvieron como objetivo encontrar la gradación de la mezcla de agregados seguida de las propiedades del índice de finos, la propiedad de compactación y la resistencia en términos de CBR. Determinaron que, el CBR obtenido con agregado de TikaBhairab al 5, 10, 15, 20 y 25% es 35, 50, 60, 55 y 43%, respectivamente; mientras que, el CBR del material granular de BhimPhedi con

5, 10, 15, 20 y 25% de finos es 27, 60, 55, 31 y 17%, respectivamente. Concluyeron que, para el material de la subbase obtenido de la cantera Bhimpedi, se obtuvo MDS de 2.39 g/cm³ a OCH de 8.06% con 10% de finos; y que, para el material de la subbase obtenido de la cantera de Tikabhairab, se obtiene MDS de 2.4 g/cm³ a OCH del 8.05% con 15% de finos; así mismo, en ambos casos, el CBR reveló que la resistencia del material de la sub-base es alta, es decir, del 60%.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Huaman & Gálvez (2024) en su investigación “Propuesta de material granular combinado para el uso de subbase en pavimento flexible en obra por administración directa Yanamilla – Totorá en la provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho” tuvieron como objetivo mejorar la subbase granular para el pavimento flexible del tramo Ay-728(Penal de Yanamilla) hasta Ay-729(Ptar) longitud 2.38 km en el distrito de Andrés Avelino Cáceres, Ayacucho. La propuesta presenta tres alternativas de material granular, resultantes de la combinación de materiales provenientes de la Cantera Totorá y la Cantera Chillico. El uso de estos materiales como subbase es evaluado garantizando el cumplimiento del volumen necesario para el proyecto. Determinaron que, la cantera Chillico corresponde a grava arcillosa con arena de 12% IP, mientras que, la cantera Totorá es arena pobremente gradada con arcilla y grava sin IP. Realizaron combinaciones 1:1, 1:2 y 1:3, que alcanzaron correspondientemente IP de 8%, 3%, y NP; con CBR de 40%, 85.50% y 40%, por ende, concluyó que, la combinación 1:2 cumple con los requisitos del MTC para su uso en la construcción de carreteras.

Trillo & Vargas (2024) en su investigación “Análisis de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados provenientes de las canteras Rumi

Rinconada, Munay Warmi y Huilque para su caracterización como subbase granular en la ciudad de Cusco - 2023” tuvieron como objetivo valorar las propiedades físico mecánicas de los agregados procedentes de las canteras Rumi Rinconada, Munay Warmi y Huilque como subbase granular en Cusco, además de mejorar los materiales de ser necesario para cumplir con la EG-2013. En cuanto a la metodología, se realizaron ensayos granulométricos, de plasticidad, equivalente de arena y CBR. El análisis granulométrico del material de la cantera Munay Warmi no cumplió con la normativa, por lo que se propuso una mezcla del material con agregado grueso al 10%, 15% y 20%, siendo la combinación más adecuada la del 15%. El IP del material de Munay Warmi fue 3.94%, y el de Rumi Rinconada 3.77%. En cuanto al EA, el agregado de Huilque presentó 46.07%, mientras que el de Rumi Rinconada fue ligeramente mayor, con 47.95%. El CBR de la cantera Munay Warmi tampoco cumplió como subbase granular, por lo que se propuso el uso del aditivo Polycom en 0.04%, lo que aumentó el CBR de 32.17% a 41.18%. Esto permitió que el material cumpliera con los requisitos normativos, aunque el CBR de Huilque fue superior, con 46.48%. Concluyeron que los materiales de las canteras Rumi Rinconada y Huilque cumplen como subbase granular, y que, mediante el uso de aditivos y ajustes granulométricos, el material de Munay Warmi también puede cumplir con la norma EG-2013.

Aracayo (2024) en su investigación “Mejoramiento de subrasante mediante la combinación de materiales de canteras de cerro y lecho de río, carretera Lampa – Palca, Puno, 2023” tuvo como objetivo mejorar el suelo de subrasante de la Carretera Lampa – Palca mediante la incorporación de materiales de Cantera de Cerro y río. Realizó dosificaciones de suelo natural añadiendo 10%, 20% y 30% de materiales de cerro y río. El suelo natural tenía IP de 15%, y al

dosificar con 10%, 20% y 30% de materiales de cerro y río, se redujo correspondientemente a 14, 12 y 7%. El CBR del suelo natural era 5.5%, y con 10%, 20% y 30% de materiales de cerro y río, aumentó correspondientemente a 7.1%, 10.6% y 21.3%. Determinó que el espesor mínimo de refuerzo de la subrasante es de 0.80 m al emplear 30% de materiales de cantera, lo que resultó en CBR de 14.96%. Concluyó con el diseño del pavimento flexible en base al CBR mejorado, siendo 5 cm de capa asfáltica, 15 cm de base y 20 cm de subbase.

Caceres (2022) en su tesis “Evaluación de los materiales de las canteras para la conformación de la base granular de la carretera Arapa, Azángaro, Puno, 2022” tuvo como objetivo examinar la calidad de los materiales provenientes de las canteras Mumu, Azángaro y Cabanillas para su uso como base granular en Puno. La investigación utilizó metodología aplicada con diseño experimental para evaluar las características de los materiales. Determinó que el suelo era GP-GM, tipo A-1-a, con IP de 2.29% y desgaste por abrasión de 23.97%. Además, el CBR oscilaba entre 83.1% y 100% al 100% MDS, y entre 70% y 95% al 95% MDS. Concluyó que estos materiales cumplen con los detalles del MTC, lo que los hace adecuados para su uso como base granular.

Torres & Yacila (2022) en su tesis “Diseño de mezclas de material granular de tres canteras para optimizar sus propiedades en pavimentos, Nuevo Chimbote 2020” tuvieron como objetivo desarrollar mezclas de materiales provenientes de las canteras La Sorpresa, San Pedrito y Cambio Puente, con el fin de mejorar sus propiedades para su uso en pavimentos. Determinaron que, de manera individual, los materiales no cumplen con los requisitos de granulometría ni con CBR superior al 80%, necesario para bases y subbases. Sin embargo, al combinar los materiales de las canteras Cambio Puente (47%) y San Pedrito (47%)

con piedra chancada de La Sorpresa (6%), logró obtener CBR adecuado para pavimentos, alcanzando valores de entre 94% al 100% al 100% MDS y entre 81% al 95% al 95% MDS. Concluyeron que esta combinación de materiales es óptima para la construcción de pavimentos en Nuevo Chimbote.

Calderón & Quiñones (2021) en su investigación “Proporcionalidades del material granular de la cantera Alfa y Omega empleados como base de pavimentos en La Libertad – Trujillo” tuvieron como objetivo analizar las proporciones de los materiales de las canteras Alfa y Omega para su uso como base de pavimentos en Trujillo, de acuerdo con la normativa del MTC. Para ello, emplearon la metodología descriptiva no experimental, en la que probaron diversas combinaciones hasta hallar la proporción óptima, que fue de 40% de material tipo D-2 (piedra de ¾”) y 60% de material tipo afirmado D-3. Los ensayos demostraron que esta mezcla cumple con los requisitos establecidos, con CBR de 81.50% al 95% MDS y 95.30% al 100% MDS. Concluyeron que, la proporción encontrada es adecuada y puede usarse de manera eficiente como material base para pavimentos.

2.1.3. Antecedentes regionales

Cayotopa et al. (2024) en su investigación “Influencia de granulometría y plasticidad en la vida útil de las carreteras de bajo volumen de tránsito a nivel de afirmado en la provincia de Jaén” tuvieron como objetivo determinar cómo la gradación y la plasticidad afectan el afirmado en Jaén. La metodología utilizada fue de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo y diseño experimental. Como resultado, encontraron que los factores que más influyen en la vida útil del afirmado, acelerando su deterioro, son el incumplimiento de las especificaciones técnicas de gradación y plasticidad definidas por el MTC. Observaron que cuando

el contenido de gravas varía entre 70% y 74%, el de arenas entre 15% y 19%, y el de finos entre 9% y 11%, los afirmados presentan mayor duración en su vida útil.

Silva (2023) en su tesis “Características físicas y mecánicas de 4 canteras utilizadas como material de afirmado en carreteras en la ciudad de Jaén - departamento de Cajamarca” tuvo como objetivo analizar las propiedades de los materiales provenientes de las canteras Arenera Jaén, Azula, Josecito y Olano para su uso en afirmado de carreteras en Jaén. Utilizó metodología cuantitativa de carácter descriptivo, realizando ensayos de laboratorio y evaluando los resultados conforme a los estándares del MTC. Determinó que Arenera Jaén alcanzó CBR de 66.68% con desgaste por abrasión del 21.4%, Azula presentó CBR de 49.98% y desgaste del 39.9%, Josecito mostró CBR de 55.89% y abrasión del 37.7%, mientras que Olano obtuvo CBR de 57.94% y desgaste del 29.4%. Concluyó que, los materiales de las canteras cumplen con los requisitos para su uso como afirmado en carreteras, pero no son aptos para ser utilizados como base granular.

Ticlla (2021) en su tesis “Evaluación de las características geotécnicas del suelo de las principales canteras para afirmado de carreteras del distrito de Chota” tuvo como objetivo analizar las características geotécnicas de los suelos de las principales canteras de Chota para determinar su calidad de acuerdo con los estándares del MTC (2014). Los resultados mostraron que las canteras La Torre, La Chuica, Rejopampa Alto 1 y Rejopampa Alto 2 del grupo A-2, cumplieron con la gradación requerida para afirmado, aunque con LL e IP elevados; en cambio, la cantera Pingobamba Bajo del grupo A-1 cumplió con los requisitos técnicos, presentando LL del 22% e IP de 4%. Concluyó que, si bien todas las canteras cumplen con la normativa para afirmado, solo Pingobamba Bajo cumple como subbase, con CBR de 53.50%.

2.2. Bases teórico – científicas

2.2.1. Teorías relacionadas con suelos granulares para infraestructura vial

El entendimiento y la aplicación de teorías y métodos relacionados con suelos granulares son esenciales para asegurar la durabilidad de las vías. Dos conceptos fundamentales en este contexto son el Método de Proctor Modificado y el Modelo CBR (California Bearing Ratio), cada uno con un papel importante en la evaluación y optimización de materiales granulares (Gutiérrez, 2021).

a. Leyes de tamizado y análisis granulométrico de suelos

El tamizado es una técnica esencial en el análisis granulométrico, utilizada para clasificar los suelos según el tamaño de sus partículas. El proceso se basa en la ley de Stokes y la ley de Darcy, que describen el movimiento de partículas a través de un medio poroso. En el análisis granulométrico, los suelos se pasan a través de tamices con aberturas específicas, lo que permite separar las partículas en diferentes fracciones. Según Coduto et al. (2011), la distribución del tamaño de las partículas es un factor determinante para el comportamiento del suelo bajo diferentes condiciones de carga.

El análisis granulométrico también permite la clasificación de suelos de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), el cual categoriza los suelos en función de su contenido de grava, arena, limo y arcilla. Como señalan Holtz et al. (1981), la granulometría del material influye directamente en su capacidad para drenar agua y, por lo tanto, en su estabilidad a largo plazo en estructuras como carreteras o pavimentos. Este tipo de análisis es especialmente relevante en áreas donde el drenaje es un factor clave para la durabilidad de las vías terrestres, como las zonas de alta pluviosidad.

b. Teoría de la compactación de suelos – Método de Proctor modificado

La compactación de suelos es un proceso mecánico que aumenta la densidad del suelo mediante la eliminación de aire de los poros, lo que mejora su capacidad de soporte de carga. Este proceso está regido por la ley de compactación, la cual establece que la densidad seca del suelo aumenta hasta un punto máximo cuando se compacta al contenido de humedad óptimo (Brajá, 2001). El contenido de humedad óptimo es central en esta teoría, ya que define el volumen de agua para lograr la densidad máxima sin causar saturación.

El Método de Proctor Modificado es una técnica ampliamente usada para determinar la correlación entre la densidad seca máxima y el contenido óptimo de humedad del suelo. Representa la variación del Proctor estándar, se aplica a suelos granulares y mezcla de materiales para pavimentos, especialmente en bases y subbases. En el Proctor Modificado, el suelo se compacta en moldes de mayor densidad con una mayor energía de compactación en comparación con el método estándar, que simula de manera más realista las condiciones de compactación en campo (Gutiérrez, 2021).

La técnica consiste en realizar el ensayo de compactación en el laboratorio, donde se mezcla el suelo con diferentes contenidos de humedad y se compacta bajo condiciones controladas. Posteriormente, se mide la densidad seca del suelo y se determina el contenido de humedad que produce la densidad máxima seca. Este valor es crítico porque permite establecer el nivel óptimo de humedad para lograr la compactación adecuada durante la construcción. La correcta aplicación de la compactación asegura que los materiales granulares alcancen la densidad necesaria para soportar las cargas (Gutiérrez, 2021).

c. Modelo CBR (California Bearing Ratio)

El Modelo CBR, o Índice de Capacidad de Carga de California determina la capacidad de soporte del suelo. Este modelo proporciona la medida de la resistencia del suelo a la penetración del pistón bajo condiciones controladas, comparando la resistencia del material con la del suelo de referencia estándar. Durante el ensayo CBR, se ejecuta la prueba de carga en la que se mide la resistencia del material a la penetración del pistón en el molde de suelo compactado. Los valores de CBR indican la capacidad del material para soportar cargas y determinar su idoneidad para su uso en bases y subbases. Un alto valor de CBR indica mayor capacidad de carga, lo que es importante para garantizar que la infraestructura vial pueda soportar el tráfico y las condiciones de servicio (Gutiérrez, 2021).

d. Expansibilidad y deformación elásticas del suelo

La expansibilidad se refiere a la capacidad del suelo para expandirse o contraerse en respuesta a cambios en la humedad. Este fenómeno es especialmente relevante en suelos arcillosos que contienen minerales expansivos, cuando estos suelos absorben agua, se hinchan y aumentan de volumen, pero en condiciones secas se contraen y disminuyen su volumen, no obstante, esta expansión y contracción cíclica puede afectar las estructuras viales (Gutiérrez, 2021).

La deformación elástica es la capacidad del suelo para deformarse y luego regresar a su forma de origen al retirar la carga aplicada. Esta propiedad permite evaluar el comportamiento del suelo bajo cargas dinámicas, como las impuestas por el tráfico vehicular. La deformación elástica se basa en el principio de que los materiales, incluidos los suelos, responden a las cargas mediante deformación reversible mientras la carga esté dentro del límite elástico (Gutiérrez, 2021).

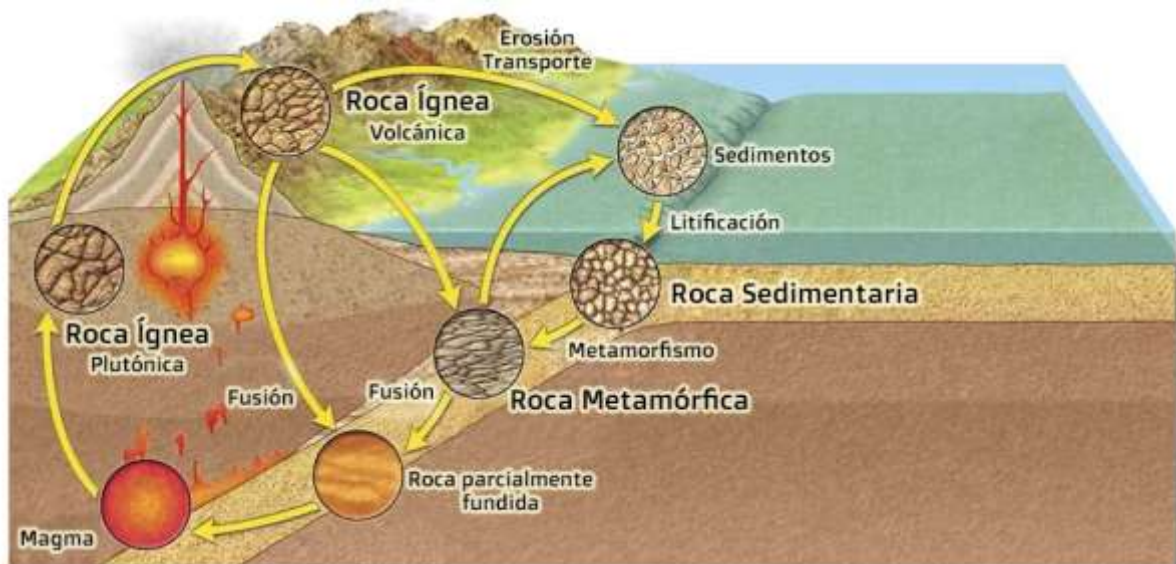
2.2.2. Teoría de mecánica de rocas: Teoría del ciclo de las rocas

La teoría del ciclo de las rocas describe el proceso dinámico mediante el cual las rocas cambian de un tipo a otro a lo largo del tiempo geológico. Este ciclo incluye la formación de rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas a través de procesos como el enfriamiento, la erosión, la deposición y la transformación bajo presión y temperatura (Grotzinger et al., 2014).

Cada tipo de roca tiene propiedades únicas que influyen en su comportamiento como material de construcción. Las rocas sedimentarias, por ejemplo, tienden a ser más porosas y, por lo tanto, menos resistentes a la erosión, mientras que las rocas ígneas, como el basalto, suelen ser más duras y resistentes, lo que las hace ideales para su uso en pavimentos (Tarbuck et al., 2005). La comprensión del ciclo de las rocas permite seleccionar materiales granulares que ofrezcan rendimiento óptimo en aplicaciones viales.

Figura 1

Ciclo de las Rocas



Nota: (Madrid, 2021).

2.2.3. *Mantenimiento vial periódico*

a. Modelos de mantenimiento vial periódico

Según Henning (2008), los modelos de mantenimiento vial periódico se desarrollan a partir de la combinación de inspección visual, datos de tráfico, las características geológicas y pronósticos de deterioro de pavimentos. En el caso de carreteras no pavimentadas, donde los materiales granulares constituyen la base estructural, los modelos se centran en la regularización de la superficie, la reposición de material granular y el control del polvo. Según Paterson (1987), el modelo de deterioro de carreteras no pavimentadas tiene en cuenta variables como la pérdida de material granular por erosión o tráfico, y la compactación que afecta directamente la transitabilidad y seguridad de la vía. En este contexto, los ciclos de mantenimiento deben considerar la adición periódica de material granular para reponer las pérdidas y asegurar la capacidad portante de la carretera.

b. Uso de materiales granulares en el mantenimiento vial

Los materiales granulares son esenciales para la resistencia de las capas estructurales de carreteras. En las vías pavimentadas, estos materiales conforman las capas de subbase y base, que proporcionan soporte a la capa de rodadura. El mantenimiento periódico de estas capas requiere verificar la compactación y, cuando sea necesario, reemplazar o mejorar el material granular mediante la adición de agregados (Aysen, 2002). El comportamiento de estos materiales depende de factores como la granulometría, la densidad y la resistencia al desgaste, lo que exige una evaluación regular.

Un aspecto importante en los modelos de mantenimiento vial es la frecuencia del mantenimiento, la cual varía según las condiciones locales. En áreas con alta pluviosidad, los materiales granulares tienden a perderse más

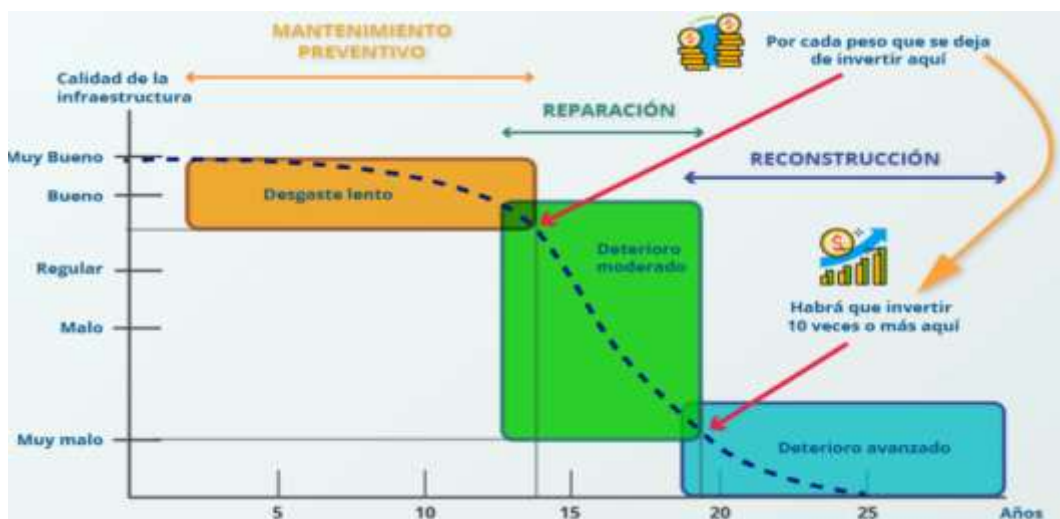
rápidamente por la erosión, lo que aumenta la frecuencia de las intervenciones. Según Robinson & Thagesen (2018) el mantenimiento periódico en estas áreas debe incluir la aplicación de tratamientos superficiales o la estabilización de los materiales granulares con agentes ligantes, para mejorar su durabilidad.

c. Mantenimiento preventivo y correctivo

El mantenimiento vial periódico se divide generalmente en dos categorías: mantenimiento preventivo y correctivo. El mantenimiento preventivo busca evitar que el deterioro alcance niveles críticos, mientras que el correctivo se realiza cuando los daños ya han afectado significativamente la funcionalidad de la vía. Como señalan Mamlouk & Zaniewski (2014), el uso eficiente de materiales granulares en el mantenimiento preventivo puede reducir la necesidad de reparaciones costosas a largo plazo. Al evaluar el comportamiento de los materiales y su desgaste bajo tráfico constante, se puede predecir con mayor precisión el momento adecuado para intervenir, asegurando mayor durabilidad de las capas estructurales y reducción en los costos generales de mantenimiento.

Figura 2

Mantenimiento Preventivo Versus Mantenimiento Correctivo



Nota: (Equipo davinci ingeniería, 2022).

2.2.4. *Comportamiento de materiales granulares*

Se enfoca en el comportamiento mecánico de los materiales sueltos (arena, grava), que son los componentes principales de los materiales granulares en carreteras (Rondón & Reyes, 2022). Abarca principios y conceptos clave que explican cómo estos materiales se comportan bajo diferentes condiciones de carga y humedad, y cómo se pueden optimizar para garantizar la durabilidad de las vías (Garnica & Sesma, 2022). Los materiales granulares son compuestos de partículas individuales que tienen la capacidad de fluir y acomodarse bajo presión. En la infraestructura vial, estos materiales se utilizan principalmente para bases y subbases, así como para la estabilización de suelos (Garnica & Sesma, 2022).

La teoría del comportamiento granular se basa en el principio de que los materiales granulares, al estar compuestos de partículas discretas, tienen un comportamiento diferente al de los materiales cohesivos. Estas partículas interactúan mediante fuerzas de fricción, lo que permite que el material granular se ajuste a las cargas y deformaciones sin colapsar (Rondón & Reyes, 2022).

Además, el comportamiento de los materiales granulares puede ser influenciado por factores externos como la humedad. La presencia de agua en el suelo granular puede alterar la fricción entre las partículas y cambiar su capacidad de carga y compactación. Por lo tanto, la gestión de la humedad y la selección adecuada del material son aspectos clave (Garnica & Sesma, 2022).

La teoría del comportamiento del material granular se aplica para seleccionar y optimizar los materiales utilizados en las capas del pavimento. El conocimiento de cómo los materiales granulares responden a las cargas permite a los ingenieros diseñar estructuras viales que sean estables, duraderas y capaces de soportar el tráfico y condiciones climáticas (Rondón & Reyes, 2022).

2.2.5. Método analítico para la combinación granulométrica

El método analítico para la combinación granulométrica de materiales se usa para tener la mezcla óptima de agregados con disímiles tamaños de partículas. El objetivo es crear la curva granulométrica que cumpla con requisitos normativos y asegure la calidad del material utilizado en bases y subbases (Ticlla, 2021).

El primer paso consiste en realizar el análisis granulométrico individual de cada material granular disponible, que pueden incluir grava, arena y otros agregados. Este análisis se lleva a cabo a través de ensayos de tamizado, donde se determina la proporción de partículas retenidas en cada tamiz estándar. Cada material granular tiene su curva granulométrica individual, que puede compararse con la curva granulométrica ideal que cumplen las especificaciones técnicas para su uso en pavimentos, como las normas MTC, ASTM o AASHTO (Ticlla, 2021).

El siguiente paso es definir el rango granulométrico que se desea lograr, basado en los requerimientos de la base o subbase granular. Esto incluye límites máximos y mínimos para la proporción de partículas de distintos tamaños (Ticlla, 2021).

Para obtener la mezcla adecuada, se realiza la combinación proporcional de los materiales granulares. Esto implica calcular qué porcentaje de cada material debe ser combinado para obtener la mezcla final que cumpla con la curva objetivo. Siendo, la fórmula básica para la combinación: (Ticlla, 2021)

$$P = aA + bB + cC + \dots + nN \quad (1)$$

$$a + b + c + \dots + n = 1.00 \text{ ó } 100\% \quad (2)$$

$$P = A \times (1 - b) + B \times b \rightarrow P = A - A \times b + B \times b \rightarrow b = \frac{P-A}{B-A} \quad (3)$$

Donde, P es el porcentaje de suelo que pasa el tamiz resultante de la combinación; A, B, C, D, ..., N representan el porcentaje que pasa cada tamiz específico

utilizado en la mezcla; mientras que, a, b, c, d, ..., n son las proporciones individuales de cada material en la combinación, siendo la sumatoria 1.00.

Ejemplo: Se tiene el material “A” y el material “B”, cuya combinación debe cumplir con las especificaciones de la base tipo III (Landeta, 2010).

Tabla 1

Ejemplo de Gradación de Materiales a Combinar y sus Especificaciones

Tamiz	¾"	½"	3/8"	N° 4	N° 8	N° 30	N° 50	N° 100	N° 200
Esp.	100	80	70	50	35	18	13	8	4
A	100	100	90	70	50	29	23	16	10
B	100	90	59	16	3.2	1.1	0	0	0
B	100	100	100	96	82	51	36	21	9.2

Nota: Esp. Especificación de la base tipo III (Landeta, 2010).

Considerando tamiz N°8:

$$P = 42.5\% \left\{ \begin{array}{l} \% \text{ pasante que se desea alcanzar para el tamiz N}^\circ 8 \\ P = \frac{35+50}{2} = 42.50 \end{array} \right. \quad (4)$$

$$A = 3.2\% \text{ y } B = 82\% \text{ (\% que pasa tamiz N}^\circ 8) \quad (5)$$

$$b = \frac{42.50-3.2}{82-3.2} = 0.50 \text{ (\% que B participará en la combinación)} \quad (6)$$

$$a = 1 - 0.50 = 0.50 \text{ (\% que A participará en la combinación)} \quad (7)$$

Al hallar “a” y “b”, se multiplica cada material en cada fila proporcionada por el porcentaje encontrado y luego se verifica la gradación, en caso de no cumplir la especificación se debe ejecutar otra interacción eligiendo diferente “a” y “b”, pero tomando en cuenta que a + b= 1.

Tabla 2

Ejemplo de Combinación Teórica de Materiales para Base Granular

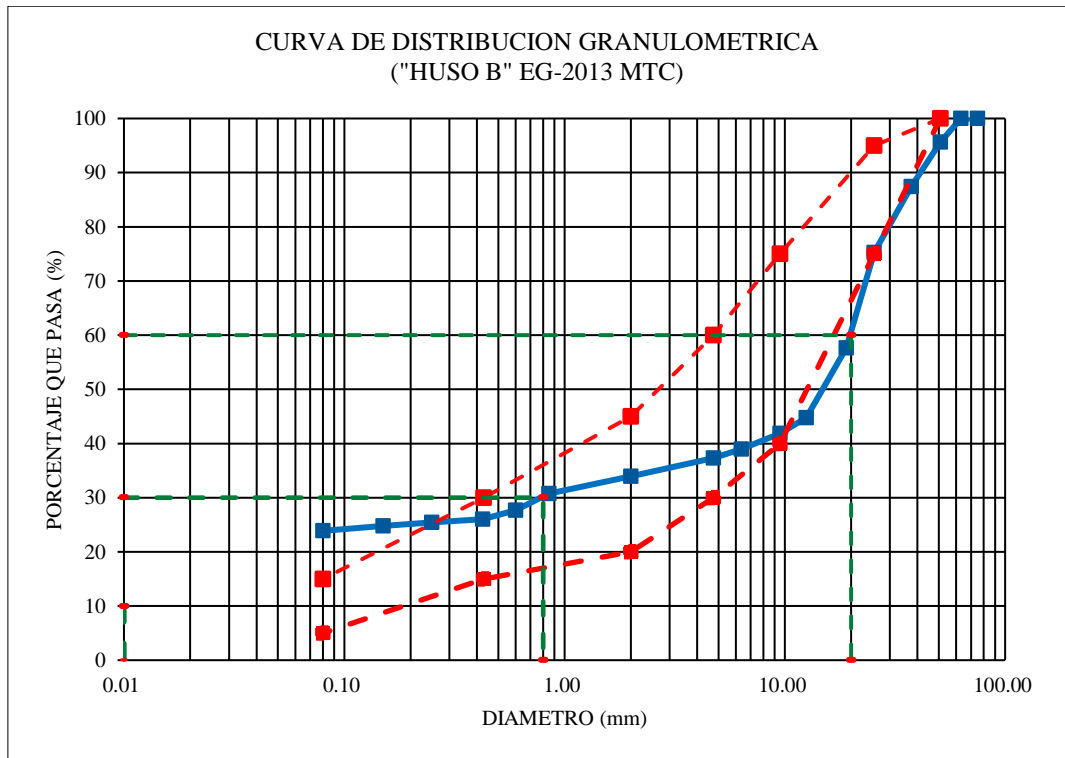
Tamiz	¾"	½"	3/8"	N° 4	N° 8	N° 30	N° 50	N° 100	N° 200
Axa	50	45	29.5	8	1.6	0.6	0	0	0
Bxb	50	50	50	48	41	25.5	18	10.5	4.6
Total	100	95	79.5	56	42.6	26.1	18	10.5	4.6

Nota: (Landeta, 2010).

Una vez que se ha determinado la proporción de cada material, se calcula la curva de gradación resultante de la combinación. Para ello, se ejecuta el cálculo ponderado del porcentaje de paso acumulado para cada tamiz. Esto permite construir la nueva curva para la combinación final y compararla con la curva objetivo. La curva obtenida debe ser comparada con las especificaciones técnicas (por ejemplo, las normas MTC). Si la mezcla cumple con los límites dados, se considera que es adecuada para su uso en la construcción de vías. Si la curva granulométrica de la mezcla no cumple con las especificaciones, se ajustan las proporciones de los materiales granulares y se repite el cálculo. Este proceso de ajuste continúa hasta obtener una mezcla que se alinee con los requisitos granulométricos necesarios (Ticlla, 2021).

Figura 3

Ejemplo de Curva de Gradación que se Debe Cumplir según Especificaciones



Nota: Adaptado de la EG-2013 (MTC, 2015).

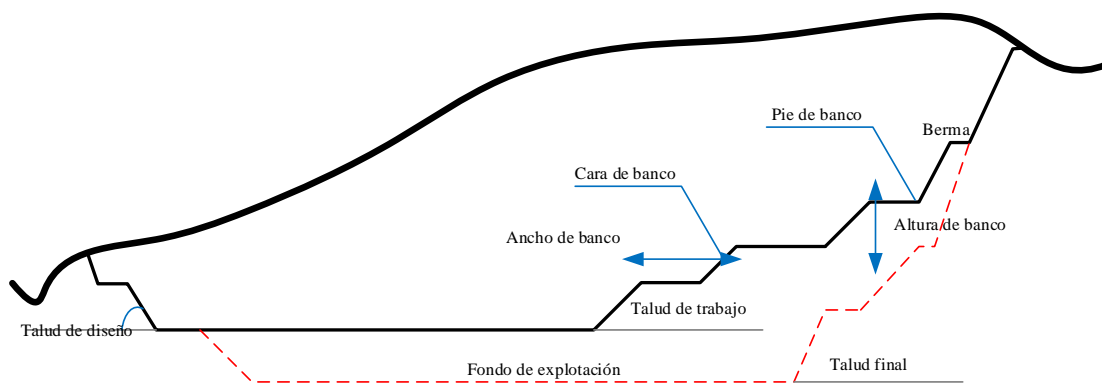
2.3. Marco conceptual

2.3.1. Canteras

Sitio o establecimiento de donde se extraen recursos minerales, principalmente rocas y materiales de construcción, mediante procesos de excavación o extracción. Las canteras pueden estar diseñadas para obtener diferentes tipos de materiales, ya sea exclusivamente piedra, suelo, o una mezcla de ambos, dependiendo de la finalidad de los materiales extraídos y la geología del lugar (MTC, 2018).

Figura 4

Partes de una Cantera



Nota: (Ticlla, 2021).

a. Tipos de canteras

Canteras aluviales. Son sitios de extracción de materiales que se encuentran en depósitos formados por procesos de sedimentación en ríos o arroyos. Estos depósitos aluviales son compuestos por sedimentos transportados y depositados por el agua, como arena, grava y grava fina (MTC, 2014).

Canteras de roca dura. Son sitios de extracción de materiales en formaciones rocosas sólidas y compactas. Estos depósitos están formados por rocas ígneas, metamórficas o sedimentarias que no han sido alteradas significativamente por procesos de erosión o sedimentación (MTC, 2014).

b. Extracción de materiales de canteras

Proceso para obtener recursos minerales, como rocas, piedras y suelos, que se utilizan en diversas aplicaciones industriales y de construcción. Este proceso implica varias etapas y técnicas, siendo los aspectos clave de la extracción de materiales de canteras: (MTC, 2014)

Preparación y planificación

Estudio geológico: Antes de iniciar la extracción, se realiza el estudio geológico para evaluar la cantidad de los materiales disponibles, así como para entender la estructura y las características del depósito (MTC, 2014).

Diseño de la cantera: Se desarrolla el plan de extracción que incluye la disposición de las áreas de excavación, las técnicas a utilizar, y las medidas de seguridad y protección ambiental (MTC, 2014).

Permisos y regulaciones: Es necesario obtener permisos y cumplir con las normativas de extracción y uso del terreno (MTC, 2014).

Métodos de extracción

Canteras de roca dura:

Perforación y voladura: Se perforan agujeros en las rocas para insertar explosivos, que se detonan para fracturar el material. La roca fragmentada se recoge y se transporta para su procesamiento (Chérrez, 2021).

Corte y Extracción: En algunos casos, se utilizan sierras diamantadas y otras herramientas especializadas para cortar bloques de piedra (Chérrez, 2021).

Canteras aluviales:

Dragado: Se utiliza maquinaria para drenar y extraer sedimentos de lechos de ríos o áreas aluviales. Este material se transporta a plantas de procesamiento (Chérrez, 2021).

Excavación: Se realiza en el suelo aluvial utilizando excavadoras y cargadores para recolectar arena, grava y otros sedimentos (Chérrez, 2021).

Procesamiento del material

Técnicas utilizadas para extraer, clasificar, triturar y acondicionar los materiales, como rocas, gravas y arenas, a fin de obtener productos que cumplan con los requisitos normados para su uso, principalmente en infraestructuras como carreteras y edificaciones (Chérrez, 2021)

Trituración: Los materiales extraídos se trituran para reducir su tamaño y obtener la granulometría deseada. Esto es común para rocas duras y ciertos materiales de cantera (Chérrez, 2021).

Clasificación: Los materiales triturados o extraídos se catalogan para asegurar que cumplan con los requisitos de uso (Chérrez, 2021).

Lavado: En el caso de materiales aluviales, puede ser necesario lavar los sedimentos para eliminar impurezas y mejorar la calidad del material (Chérrez, 2021).

c. Selección de materiales de canteras para construcción de vías

Este proceso implica evaluar diversos factores para garantizar que los materiales extraídos cumplan con los requisitos técnicos y normativos específicos para su uso en infraestructuras viales (Supe, 2024).

En vías, los materiales de cantera se utilizan principalmente para formar la base, la subbase, el afirmado y, en algunos casos, los componentes del pavimento. Cada una de estas capas tiene requisitos específicos en cuanto a propiedades físicas y mecánicas (Huamán & Santoyo, 2023).

Para comenzar, se realiza un estudio preliminar de las canteras disponibles. Este estudio incluye la evaluación geológica del depósito para

determinar la calidad y cantidad del material. Es importante que el material extraído tenga las propiedades adecuadas para soportar las cargas y el tráfico vehicular. En este sentido, se deben considerar aspectos como la resistencia, la durabilidad y la gradación del material (Aguachela, 2024).

Identificado el tipo de material necesario, se procede a la evaluación de las propiedades del material. Esto se hace a través de ensayos de laboratorio, como granulometría, compactación Proctor, resistencia al desgaste e índice CBR. Estos ensayos permiten determinar si el material desempeña los detalles técnicos establecidos para cada capa; por ejemplo, la base y subbase deben tener alta capacidad de carga, mientras que el afirmado debe ofrecer buena adherencia y resistencia al desgaste (Huacac & Huancachoque, 2021).

Además, la gradación del material es otro elemento importante. Los materiales deben tener una distribución de tamaños de partículas que asegure una buena compactación y estabilidad. La gradación debe cumplir con los estándares para que el material pueda soportar las condiciones de tráfico y climáticas a las que estará expuesto (Aguachela, 2024).

Otro aspecto importante es la compatibilidad del material con el diseño de la vía. En algunos casos, puede ser necesario mezclar diferentes tipos de materiales para lograr las propiedades deseadas. Por ejemplo, se pueden combinar gravas y arenas con piedra triturada para obtener una mezcla que cumpla con los requisitos de resistencia (Huacac & Huancachoque, 2021).

La extracción de materiales debe realizarse de manera sostenible, gestionando adecuadamente los residuos. Además, el costo del material y del proceso de extracción y transporte debe ser viable en relación con el presupuesto del proyecto (Huacac & Huancachoque, 2021).

2.3.2. *Materiales granulares*

Los materiales definidos como “agregados” o “áridos”, pueden ser: rocas, grava o suelos extraídos de canteras para su uso en obras viales (MTC, 2014).

Los materiales granulares son aquellos compuestos por partículas de tamaños variados, que incluyen arenas, gravas, y otros fragmentos de roca. Estos materiales son fundamentales debido a sus propiedades de compactación y drenaje. Se caracterizan por su capacidad para ser compactados en capas, formando la base sólida y estable (Calderón & Quiñones, 2021).

a. **Tipos de materiales granulares usados en vías**

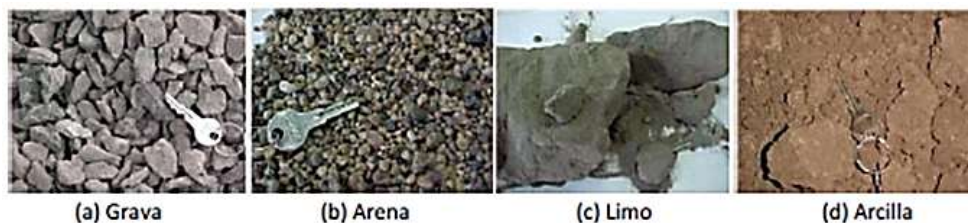
Grava. Material granular compuesto por fragmentos de roca de tamaño variable, que generalmente oscilan entre 2 mm y 75 mm. Se obtiene a partir de la trituración de rocas o de depósitos aluviales (Lozada, 2018).

Arena. Material con partículas que tienen diámetro entre 0.0625 y 2 mm. Puede ser natural, obtenida de lechos de ríos y playas, o manufacturada (Lozada, 2018).

Afirmado. Mezcla de materiales granulares que incluye arena y grava, y se usa para constituir las capas de afirmado en carreteras. Es menos tratado que la grava triturada (Lozada, 2018).

Figura 5

Tipos de Suelos que se Utilizan en Vías



Nota: (a) y (b) son Suelos Granulares, (c) y (d) son Suelos con los que se combinan los suelos granulares para formar afirmado (Zapata, 2018).

b. Propiedades físicas de los materiales granulares

Características inherentes a su estructura y composición que determinan su comportamiento y respuesta bajo diferentes condiciones físicas (Zapata, 2018).

Granulometría. Proceso manual o mecánico de separar partículas por tamaño. A partir de las partículas retenidas en cada tamiz, se calculan los porcentajes por malla, estos datos se representan luego en la curva granulométrica (MTC, 2016).

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso Retenido en el Tamiz}}{\text{Peso Total}} \times 100 \quad (8)$$

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado} \quad (9)$$

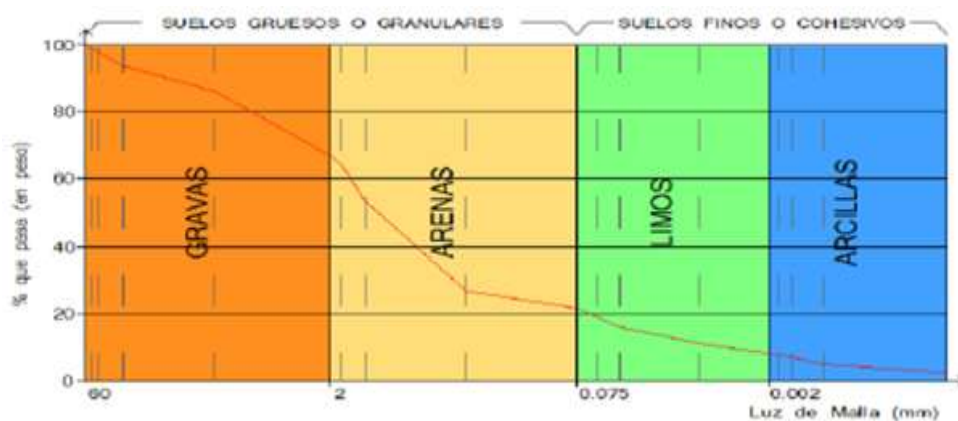
$$\text{Coeficiente de uniformidad } Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (10)$$

$$\text{Coeficiente de curvatura } Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}} \quad (11)$$

Donde, D_{60} tamaño tal, que el 60% en peso del suelo sea igual o menor, D_{10} tamaño tal que sea igual o mayor que el 10% en peso, del suelo.

Figura 6

Curva Granulométrica



Nota: (Zapata, 2018).

Contenido de humedad. Porcentaje de agua en el suelo, expresado como el peso del agua en relación con el peso de las partículas sólidas presentes (Braja, 2001).

$$\text{Contenido de humedad } W(\%) = \frac{W_h - W_s}{W_s} \times 100 \quad (12)$$

$$\text{Contenido de humedad (f\u00f3rmula corta)} W(\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \quad (13)$$

Donde, W_h Peso del suelo h\u00famedo (gr), W_s Peso del suelo seco (gr)

L\u00edmite l\u00edquido (LL). Contenido de agua en el cual el material cambia de estado pl\u00e1stico a l\u00edquido. Se determina a los 25 golpes en copa Casagrande (Braja, 2001).

$$LL = KW^n \quad (14)$$

Donde: N n\u00fameros de golpes, W_n humedad, K factor igual a 1, a 25 golpes.

L\u00edmite pl\u00e1stico (LP). Contenido de agua con el que el material granular cambia de estado semis\u00f3lido a pl\u00e1stico (Braja, 2001).

$$LP = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100 \quad (15)$$

\u00cdndice de plasticidad (IP). Rango de contenido de agua en el cual el material se comporta de manera pl\u00e1stica (MTC, 2016).

$$IP = LL - LP \quad (16)$$

Tabla 3

Catalogaci\u00f3n del Suelo seg\u00fan IP

IP	>20	7 a 20	<7	IP=0
Plasticidad	Alta	Media	Baja	No pl\u00e1stico (NP)
Suelo	Muy arcilloso	Arcilloso	Poco arcilloso	Exento de arcilla

Nota: (MTC, 2014).

Equivalente de arena. Medida de la cantidad de finos (part\u00edculas menores) en el suelo, obtenido mediante la comparaci\u00f3n de la cantidad de arena con la de materiales finos que afectan la calidad del agregado.

$$EA = \frac{h_1}{h_2} \times 100 \quad (17)$$

Donde, EA es el equivalente de arena (expresado en porcentaje), h_1 altura de la columna de arena, h_2 altura total de la columna de material.

Tabla 4*Clasificación según el EA*

EA	> 40	20 a 40	<20
Suelo	No plástico. Es arena	Poco plástico.	Plástico y arcilloso.

Nota: (MTC, 2014).

c. Propiedades mecánicas de los materiales granulares

Se centran en el rendimiento mecánico del suelo y se llevarán a cabo como mínimo, considerando la densificación y el índice CBR (Taha et al., 2019).

Abrasión los ángeles. Se evalúa la resistencia de los agregados a la fragmentación utilizando la Máquina de Abrasión Los Ángeles (MTC, 2016).

$$A(\%) = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100 \quad (18)$$

Compactación. El ensayo Proctor modificado es el método para establecer la densidad máxima seca (DMS) y el contenido óptimo de humedad (OCH) del material mediante la compactación de la muestra con impacto de mayor energía. Ayuda a establecer las condiciones óptimas para lograr una buena compactación y densidad en el terreno, lo que mejora su resistencia (Ticlla, 2021).

- OCH es el porcentaje de agua en el material granular que produce la máxima densidad seca durante la compactación (Ticlla, 2021).
- MDS es la densidad más alta que el material granular puede alcanzar cuando está compactado al contenido óptimo de humedad (Ticlla, 2021).

$$yd = \frac{Yd,max}{1+w_{opt}w} \quad (19)$$

$$yd = \frac{G}{1+w} \quad (20)$$

Donde, Yd es la densidad seca máxima del suelo, G es la masa específica del sólido del suelo, w es el contenido de humedad del suelo.

Capacidad de Soporte CBR (California Bearing Ratio). Medida de la capacidad de carga del material granular. Se determina a través del ensayo que mide la presión necesaria para penetrar la muestra de suelo con pistón estándar (MTC, 2016).

$$CBR = \frac{\text{Presión en muestra}}{\text{Presión en muestra patrón}} \times 100 \quad (21)$$

2.3.3. Base granular

Capa de material granular, como grava o la mezcla de grava y arena con finos, que se coloca sobre el subrasante (suelo natural o capa de soporte). Esta capa sirve de soporte para las capas superiores del pavimento, como la subbase y la capa de rodadura, y proporciona una plataforma estable y resistente para soportar el tráfico vehicular (Caceres, 2022).

a. Funciones de la base Granular en la estructura de un pavimento

La base granular cumple varias funciones esenciales en la estructura del pavimento: (Caceres, 2022)

Distribución de cargas: Actúa como capa que distribuye las cargas aplicadas por el tráfico vehicular hacia las capas inferiores y el subrasante, reduciendo la presión en cualquier punto específico y evitando daños en el pavimento (Caceres, 2022).

Estabilidad estructural: Proporciona estabilidad y resistencia a la deformación bajo carga, logrando que el pavimento conserve su funcionalidad (Caceres, 2022).

Drenaje: Facilita el drenaje del agua de lluvia al permitir que el agua se escurra a través de la capa, reduciendo la acumulación de agua y previniendo daños por acumulación de agua en la capa de rodamiento (Caceres, 2022).

Mejora de la compactación: Contribuye a la correcta compactación de las capas, garantizando la superficie más duradera y resistente al tráfico (Caceres, 2022).

b. Especificaciones técnicas para la base granular

Las especificaciones técnicas que debe cumplir la base granular se describen en el Manual de Especificaciones técnicas generales de la construcción EG-2013 (MTC, 2015) y en la norma CE.010 del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2010).

Gradación. Distribución de tamaños de las partículas del material granular. En la base granular, es importante que el material tenga la gradación adecuada para asegurar buena compactación y estabilidad. La gradación debe cumplir con los requisitos normativos que especifican los tamaños de partículas y su proporción para lograr la estructura uniforme y sólida (Cayatopa et al., 2024).

Plasticidad. La base granular debe presentar baja plasticidad, lo que significa que su capacidad para deformarse sin romperse debe ser limitada cuando el material se somete a cambios en la humedad. Este requisito evita deformaciones excesivas en la base del pavimento. El índice de plasticidad de los materiales debe ser bajo, generalmente menor al 6%, para cumplir con las normativas de construcción de vías, ya que el material con alta plasticidad tiende a expandirse o contraerse con los cambios de humedad, generando fallos en la estructura (Cayatopa et al., 2024).

Compactación. La compactación es el proceso de acrecentar la densidad del material granular mediante el uso de rodillos o pisones, para eliminar vacíos de aire y mejorar la estabilidad. Una adecuada compactación asegura que el material tenga la densidad necesaria para soportar las cargas aplicadas y minimizar la deformación. Se mide con el ensayo Proctor modificado (García, 2005).

Densidad. La densidad seca es especialmente importante en la base granular, ya que representa la densidad del material después de la compactación, sin tener en

cuenta el contenido de humedad. Permite evaluar si se ha alcanzado el nivel deseado de compactación y estabilidad en la capa de base (García, 2005).

Capacidad de soporte (CBR). Medida de la capacidad del material granular utilizado en la base. Para que el material sea adecuado para su uso en la base, debe alcanzar el CBR mínimo de 80%, de acuerdo con las especificaciones técnicas. Un mayor valor de CBR garantiza mejor desempeño vial (García, 2005).

Tabla 5.

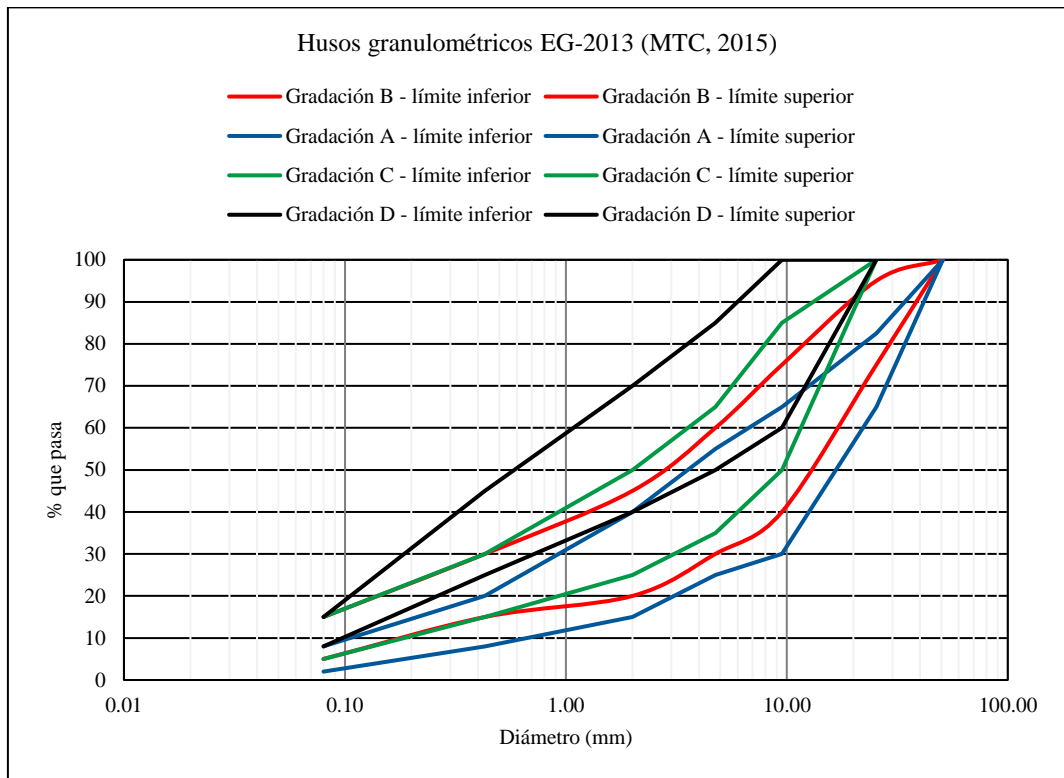
Requisitos Técnicos del Material Granular para Base

Tamiz	Porcentaje que pasa				
	A	B	C	D	
50 mm (2")	100	100			
25 mm (1")		75 – 95	100	100	
9.5 mm (3/8")	30 – 65	40 – 75	50 - 85	60 - 100	
4.75 mm (N° 4)	25 – 55	30 – 60	35 - 65	50 - 85	
2.0 mm (N° 10)	15 – 40	20 – 45	25 - 50	40 - 70	
4.25 um (N° 40)	8 – 20	15 – 30	15 - 30	25 - 45	
75 um (N° 200)	2 – 8	5 – 15	5 - 15	8 - 15	
Abrasión	40%	40%	40%	40%	Máx.
CBR de Laboratorio	80%	80%	80%	80%	Mín.
LL	25%	25%	25%	25%	Máx.
IP	4%	4%	4%	4%	Máx.
EA	45%	45%	45%	45%	Mín.

Nota: EG-2013 (MTC, 2015) y norma CE.010 (MVCS, 2010).

Figura 7

Husos Granulométricos para Base Granular



Nota: EG-2013 (MTC, 2015).

2.3.4. Mantenimiento de vías

El mantenimiento vial se refiere a las actividades realizadas para preservar y mejorar el estado de las vías, incluyendo carreteras y calles, con el objetivo de garantizar su funcionalidad, seguridad y durabilidad a lo largo del tiempo. Este proceso involucra las intervenciones para corregir el desgaste natural y los daños causados por el tráfico, el clima y otros factores (Villanueva et al., 2022).

a. Tipos de mantenimiento de vías

Mantenimiento rutinario. Es un tipo de mantenimiento que se realiza de manera frecuente para mantener las vías en condiciones operativas. Incluye actividades como la limpieza de cunetas, el arreglo de baches menores y la eliminación de

vegetación invasiva. Su objetivo es prevenir el deterioro y asegurar que las vías funcionen correctamente en el día a día (MTC, 2018).

Mantenimiento periódico. Intervenciones programadas que se llevan a cabo a intervalos regulares para restaurar o mejorar las condiciones de las vías. Este tipo de mantenimiento suele ser más intensivo y abarca tareas como la reparación de pavimentos, la renovación de capas de rodadura, y la rehabilitación de la base granular. El mantenimiento periódico busca prolongar la vida útil de la vía y evitar daños mayores que podrían requerir reparaciones más costosas (MTC, 2018).

b. Objetivos del mantenimiento periódico de vías

Los objetivos del mantenimiento periódico de vías incluyen: (MTC, 2018)

Restaurar la condición del pavimento: Corregir el desgaste y los daños en la superficie de la carretera para asegurar una conducción segura y cómoda.

Mejorar la seguridad vial: Asegurar que las vías cumplan con los estándares de seguridad mediante la reparación de elementos deteriorados y la mejora de características como la señalización y el drenaje.

Prolongar la vida útil vial: Realizar intervenciones que reduzcan el deterioro y prevengan daños más graves, extendiendo así la durabilidad de la infraestructura.

c. Proceso de mantenimiento periódico con material granular

El proceso de mantenimiento periódico con material granular implica varias etapas para renovar y mejorar las capas de la carretera que usan materiales granulares, como la base y la subbase. Este proceso incluye: (MTC, 2018)

Evaluación del estado actual: Inspección y evaluación del estado de la vía para identificar áreas que requieren reparación o mejora, tales como baches, desgastes, o problemas de drenaje (Idrogo, 2022).

Preparación del terreno: Limpieza de la superficie y eliminación de material dañado. Esto puede incluir la remoción de capas superficiales deterioradas y la preparación de la base para recibir el nuevo material (MTC, 2018).

Aplicación de material granular: Colocación de la nueva capa de material granular sobre la superficie preparada. Esta capa puede consistir en grava, afirmado u otros materiales granulares que se elijan según las especificaciones técnicas y el estado de la vía (MTC, 2018).

Compactación y nivelación: Compactación del material granular con equipos especializados para asegurar la densidad adecuada y superficie uniforme. La compactación logra la estabilidad necesaria en la capa de base (MTC, 2018).

Revisión y control de calidad: Inspección final del trabajo realizado para garantizar que el material granular se haya aplicado correctamente y cumpla con las especificaciones técnicas. Se revisa la compactación, la nivelación y el acabado de la superficie (MTC, 2018).

Mantenimiento adicional: Implementación de medidas adicionales, si es necesario, como la mejora del drenaje u otros (Idrogo, 2022).

2.3.5. *Proporción de materiales granulares*

La proporción de materiales granulares se refiere a la relación o mezcla específica entre diferentes tipos de materiales granulares, como grava, arena y afirmado, que se utilizan en la construcción y mantenimiento de vías. Esta proporción determina la composición de la capa granular, afectando sus propiedades, como la estabilidad, capacidad de carga y drenaje. La selección adecuada de la proporción de estos materiales es importante para cumplir con los requisitos técnicos y garantizar buen desempeño (Calderón & Quiñones, 2021).

a. Importancia de la proporción óptima de materiales en el desempeño de vías

La importancia de la proporción óptima de materiales en el desempeño de vías radica en cómo afecta las características y la funcionalidad del pavimento.

Una proporción adecuada de materiales granulares: (Calderón & Quiñones, 2021)

Asegura la estabilidad estructural: Una mezcla bien balanceada de materiales asegura que la base granular tenga la capacidad necesaria para soportar cargas sin deformarse ni colapsar.

Optimiza la compactación: Una mezcla adecuada facilita la compactación uniforme y efectiva, lo que contribuye a la vida útil del pavimento.

Cumple con normativas técnicas: La correcta proporción óptima de materiales asegura que se cumplan los requisitos técnicos para la construcción y mantenimiento vial.

b. Factores que afectan la proporción óptima de materiales granulares

Tipo de material. Se refiere a las características específicas de los materiales granulares utilizados, como grava, arena o afirmado. Diferentes tipos de materiales tienen propiedades físicas y mecánicas variadas, como tamaño de partícula, forma y resistencia, que influyen en la proporción óptima necesaria para alcanzar el rendimiento deseado en la base granular (Calderón & Quiñones, 2021).

Granulometría. La proporción óptima de materiales está influenciada por la gradación. La granulometría adecuada asegura que haya una mezcla balanceada con mejor densidad y resistencia (Calderón & Quiñones, 2021).

Condiciones climáticas. Incluyen factores climáticos e influye en la elección de la proporción. Por ejemplo, en áreas con lluvias frecuentes, se ajusta la proporción para mejorar el drenaje y prevenir la saturación del suelo.

2.4. Hipótesis

La proporción óptima de materiales granulares de las canteras de Rejopampa Alto para su uso en mantenimientos periódicos de vías terrestres, Chota, 2024 cumple con el manual de especificaciones técnicas generales de la construcción EG-2013.

2.5. Operacionalización de variables

2.5.1. Variable independiente: Proporción óptima de materiales granulares de canteras

La proporción óptima de materiales granulares de canteras se refiere a la combinación y mezcla adecuada de diferentes tipos de agregados, como arena, grava y finos, provenientes de distintas canteras, con el fin de obtener la composición óptima que cumpla con las especificaciones técnicas requeridas para su uso en infraestructura vial. Esta proporción influye en las propiedades físicas y mecánicas del material, como granulometría, plasticidad y capacidad de soporte.

2.5.2. Variable dependiente: Uso en mantenimiento periódicos de vías terrestres

El uso en mantenimientos periódicos de vías terrestres se refiere a la aplicación de los materiales granulares en las tareas de conservación y rehabilitación de carreteras, con el objetivo de asegurar su buen desempeño frente al tráfico. Este mantenimiento incluye la reparación de daños, mejora de la superficie de rodadura y reposición de la estructura granular, aspectos que dependen de la calidad y proporción adecuada de los materiales seleccionados.

Tabla 6

Matriz de Operacionalización de Variables en Estudio

Variab	Definición conceptual	Dimensiones	Definición operacional	Indicadores	Ítem
VI	Combinación y mezcla adecuada de diferentes tipos de agregados, como arena, grava y	Propiedades físicas	Son las características inherentes a los agregados que determinan su comportamiento, como la granulometría, humedad, límites de consistencia.	Contenido de humedad	%
			Granulometría	%	
			LL	%	
			LP	%	
			IP	%	
Proporción óptima de materiales granulares de canteras	composición óptima que cumpla con los requisitos técnicos requeridos para su uso en infraestructura vial.	Propiedades mecánicas	Son las características que determinan la resistencia de los materiales granulares ante cargas externas, como la abrasión, compactación (Proctor modificado) y capacidad de soporte CBR.	Resistencia a la abrasión	%
			Compactación: Máxima densidad seca	g/cm3	
			Compactación: Óptimo contenido de humedad	%	
			Capacidad de soporte CBR	%	
			Combinación de materiales granulares	Es el proceso de mezclar los materiales en proporciones adecuadas.	Tipo de material
		Granulometría	%		
VD	Aplicación de los materiales granulares en las tareas de conservación y rehabilitación de carreteras y caminos, con el objetivo de asegurar su durabilidad y buen desempeño.	Requisitos técnicos de base granular	Son los parámetros que los materiales deben cumplir para ser utilizados como base.	LL	%
			Incluyen especificaciones como baja plasticidad, adecuada granulometría, alta capacidad de soporte (CBR mayor al 80%), y correcta compactación.	IP	%
				EA	%
				Resistencia a la abrasión	%
				Compactación	%
Uso en mantenimientos periódicos de vías				Capacidad de soporte CBR	%

CAPÍTULO III.

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y nivel de investigación

La investigación se basa en la recolección y análisis de datos numéricos obtenidos a partir de pruebas de laboratorio sobre los materiales granulares de las canteras de Rejopampa Alto. El enfoque cuantitativo permite medir de manera precisa las propiedades de los materiales; como su granulometría, CBR, límites de plasticidad y otros; estos datos numéricos son esenciales para evaluar si los materiales cumplen con las normativas técnicas y permiten hacer comparaciones objetivas entre diferentes combinaciones de materiales.

La investigación tiene propósito aplicado ya que busca resolver un problema concreto relacionado con la infraestructura vial de Chota. El objetivo es mejorar la calidad de los materiales utilizado en los mantenimientos periódicos de vías mediante la combinación adecuada de materiales granulares de canteras locales. No se trata de una investigación puramente teórica, sino que busca ofrecer soluciones directas y aplicables para optimar el uso de los recursos disponibles en las canteras chotanas.

La investigación es de nivel descriptivo porque se enfoca en caracterizar las propiedades de los materiales granulares provenientes de Rejopampa Alto. Se busca detallar cómo cada material se comporta bajo distintas pruebas y combinaciones, proporcionando detalles de sus características físicas y mecánicas. El estudio no solo busca conocer las proporciones ideales, sino también describir cómo estas afectan el rendimiento del material en la práctica vial, haciendo énfasis en la documentación de los resultados observados durante los ensayos.

Tabla 7*Tipo de Investigación*

Criterio	Tipo de investigación
Finalidad	Aplicada
Estrategia o enfoque metodológico	Cuantitativa
Objetivos	Descriptiva
Fuente de datos	Primaria
Control de diseño de la prueba	No experimental
Temporalidad	Transversal (sincrónica)
Contexto donde sucede	Laboratorio, campo

Nota: (Grajales, 2000).

3.2. Diseño de investigación

Se clasifica como diseño descriptivo causal simple. Este tipo de diseño se utiliza cuando el objetivo principal es describir la correspondencia causa-efecto, en este caso, la proporción óptima de materiales granulares (variable independiente) y su uso en el mantenimiento periódico de vías (variable dependiente). El estudio se centra en analizar cómo las diferentes combinaciones de materiales granulares influyen en la base granular de acuerdo a los requisitos de la EG-2013.

En este contexto, el estudio analiza las propiedades de los materiales y cómo su combinación afecta la calidad del mantenimiento vial. A través de pruebas como la granulometría, CBR, equivalente de arena y otros, se busca describir el comportamiento de estas combinaciones, para su uso en el mantenimiento de carreteras de acuerdo a los requisitos de la EG-2013.

$$M \leftarrow XY \tag{22}$$

Donde, M es las canteras de estudio, X las proporciones de combinación de las canteras, Y la probabilidad de su uso para el mantenimiento periódico de vías al cumplir con las peculiaridades de una base granular.

3.3. Métodos de investigación

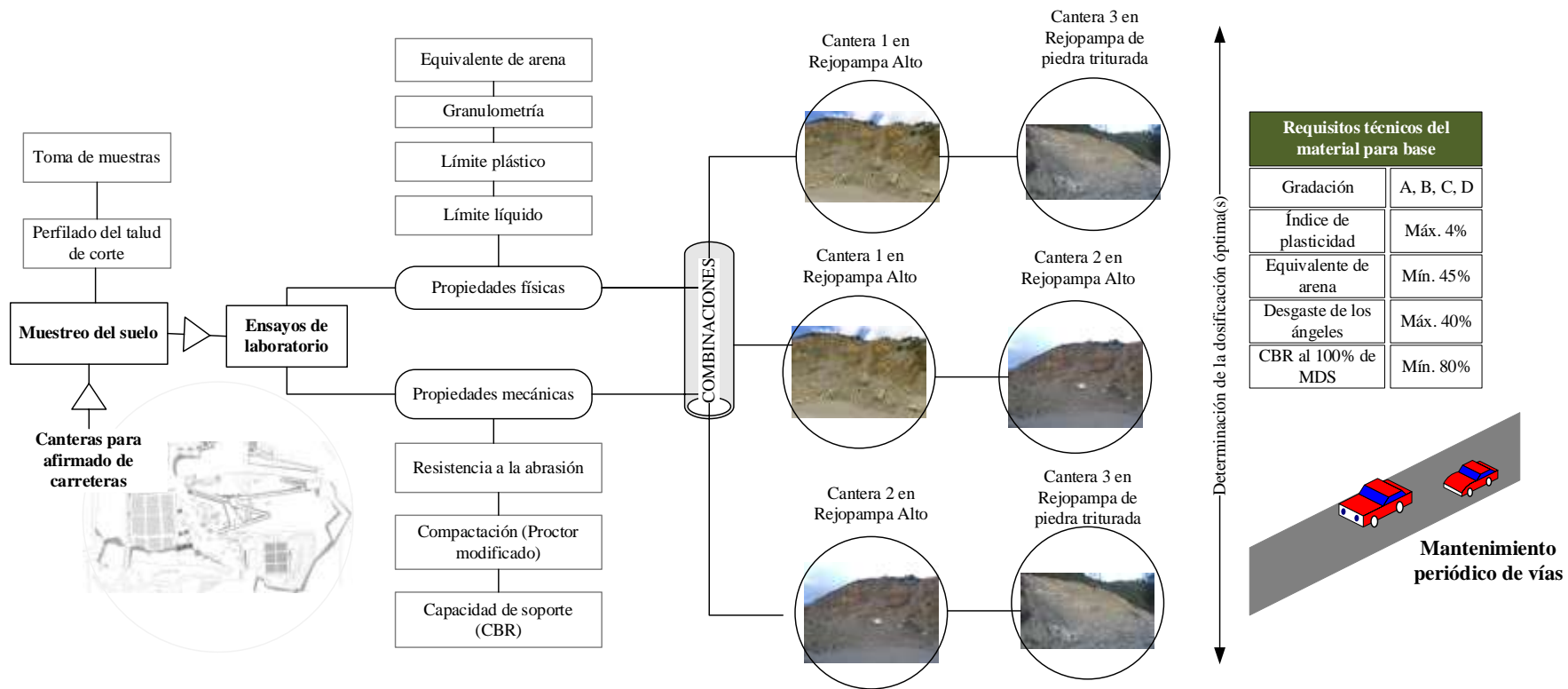
En el estudio se ha utilizado el método deductivo al abordar el problema de manera sistemática, partiendo de teorías generales para llegar a conclusiones específicas. El método deductivo se basa en iniciar con conocimientos generales y normas previamente establecidas, como los estándares técnicos del MTC. Estos principios generales proporcionan el marco teórico esencial para evaluar la calidad y adecuación de los materiales de las canteras de Rejopampa Alto.

En el proceso deductivo, primero se consultan y aplican normas y teorías generales sobre las características necesarias de los materiales granulares para la construcción y mantenimiento de vías. A partir de estos conocimientos, la investigación se enfoca en analizar específicamente los materiales provenientes de las canteras de Rejopampa Alto, evaluando sus propiedades físicas y mecánicas a través de ensayos de laboratorio, como el CBR, granulometría y los límites de plasticidad.

Luego, los resultados obtenidos en estos ensayos se cotejan con los requisitos señalados en las normas técnicas. Este análisis permite deducir si los materiales cumplen con los estándares necesarios para ser utilizados en el mantenimiento periódico de vías. Finalmente, con base en estos resultados específicos, se desarrollan recomendaciones prácticas sobre la proporción óptima de materiales granulares, ofreciendo soluciones precisas para mejorar la calidad de los materiales utilizados en el mantenimiento de vías en Chota.

Figura 8

Diseño de Investigación



3.4. Población, muestra y muestreo

3.4.1. Población

Todos los materiales granulares disponibles en las canteras de Rejopampa Alto 1 (Cantera Ramires Cubas), Rejopampa Alto 2 (Cantera Ramires Cubas) y Rejopampa Alto 3 (Cantera Curva Grande), ubicadas en el distrito de Chota. Esta población incluye todos los tipos de materiales extraídos de estas canteras que podrían ser utilizados para el mantenimiento periódico de vías.

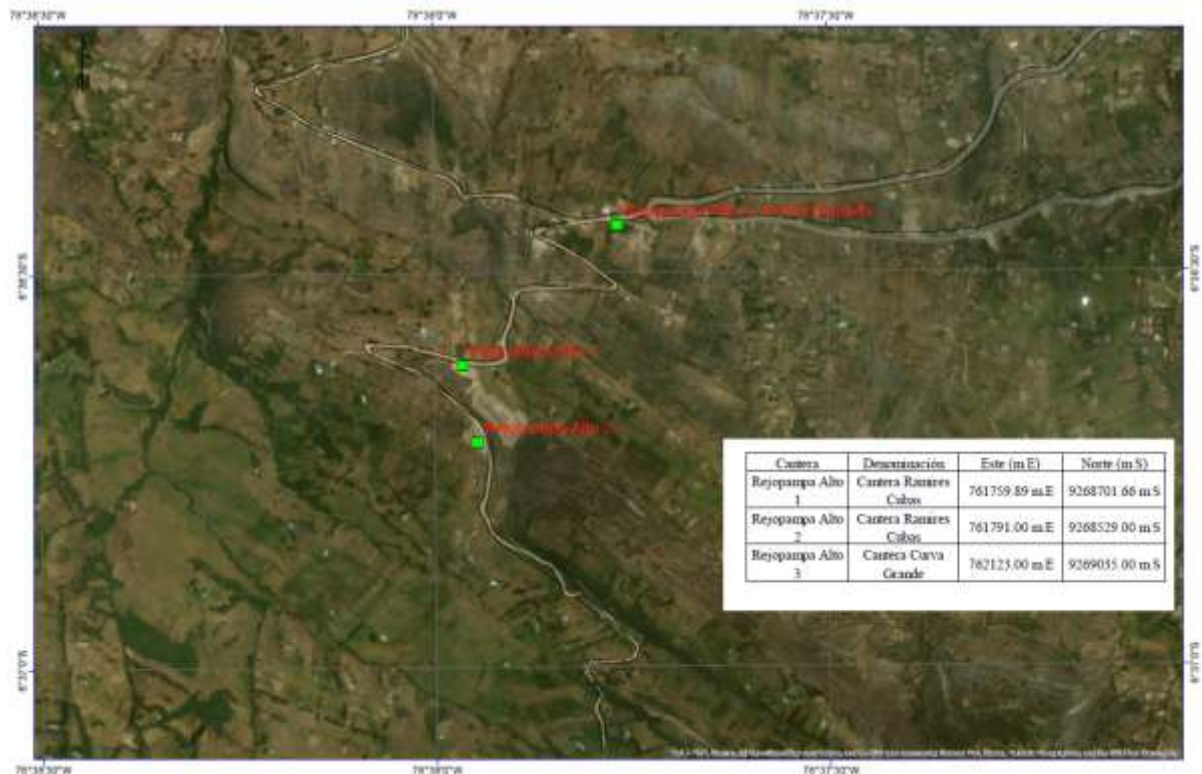
Tabla 8

Denominación y Ubicación de las Canteras en Estudio

Cantera	Denominación	Este (m E)	Norte (m S)
Rejopampa Alto 1	Cantera Ramires Cubas	761759.89 m E	9268701.66 m S
Rejopampa Alto 2	Cantera Ramires Cubas	761791.00 m E	9268529.00 m S
Rejopampa Alto 3	Cantera Curva Grande	762123.00 m E	9269035.00 m S

Figura 9

Ubicación de las Canteras Rejopampa Alto



3.4.2. Muestreo

El muestreo fue por conveniencia, seleccionado en función de la accesibilidad y representatividad de los materiales disponibles en las canteras, siguiendo los criterios establecidos en las Normas Técnicas Peruanas de suelos y pavimentos (MTC, 2014; ASTM D75/D421) y en manuales técnicos de mecánica de suelos. Este tipo de muestreo resultó adecuado debido a que:

- Las canteras de estudio constituyen la fuente real de abastecimiento de material granular para las vías de la zona.
- La selección de muestras representativas en puntos accesibles permitió reproducir las condiciones reales de explotación.
- La cantidad de muestra se definió en base a los requerimientos normativos para ensayos de laboratorio: 40 kg para ensayos mecánicos y 5 kg para ensayos físicos por muestra, por lo que se consideró 50 kg por mezcla. Al evaluar tres mezclas, se recolectaron 150 kg por cantera.

Siendo así, en esta investigación, se utiliza el muestreo por conveniencia para seleccionar las muestras de las canteras de Rejopampa Alto. Las muestras se extraen en proporciones representativas que reflejan las características generales de los materiales disponibles en cada cantera. De acuerdo a Llique (2003) para ensayos mecánicos en suelos granulares se requiere 40 kg de suelo, mientras que para los ensayos físicos se necesita 5 kg de material granular, por lo que, se ha considerado como la cantidad de suelo necesaria para cada mezcla 50 kg, como son tres mezclas, se necesitó 150 kg de material de cada cantera.

3.4.3. Muestra

La muestra consiste en 150 kg de materiales granulares extraídos de cada cantera: de Rejopampa Alto 1 “Suelo granular”, Rejopampa Alto 2 “Suelo granular” y Rejopampa Alto 3 “Grava triturada”. Cada una de las canteras fue analizada inicialmente de forma individual (en su estado natural) para determinar sus propiedades físicas y mecánicas. Posteriormente, los materiales fueron combinados en diferentes proporciones, siguiendo el plan de mezclas establecido en la Tabla 9, con el fin de evaluar su comportamiento conjunto y determinar la proporción óptima para su uso como base granular en mantenimientos periódicos de vías.

Tabla 9

Número de Muestras por cada Ensayo

Cantera A	Rejopampa 1	Rejopampa 2	Rejopampa 1	Total
Cantera B	Rejopampa 3	Rejopampa 3	Rejopampa 2	
Granulometría	3	3	3	9
Límites de consistencia				
Límite líquido	3	3	3	9
Límite plástico	2	2	2	6
Índice de plasticidad	1	1	1	3
Equivalente de arena	3	3	3	9
Compactación				
Máxima densidad seca	5	5	5	15
Óptimo contenido de humedad	5	5	5	15
Abrasión de los Ángeles	3	3	3	9
Capacidad de soporte (CBR)				
CBR al 95% MDS	3	3	3	9
CBR al 100% MDS	3	3	3	9

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Técnicas de recolección de los datos

Observación. Sirvió para recolectar datos de campo sobre las peculiaridades visibles de las canteras y su ubicación. La observación directa en el sitio también permitió verificar la homogeneidad en los materiales entre las diferentes secciones de las canteras. Este proceso se llevó a cabo según el manual de “Suelo, geología, geotecnia y pavimentos, sección suelos y pavimentos” (MTC, 2014).

Ensayos de laboratorio. Se utilizaron para realizar el análisis de las propiedades de las muestras de material granular recolectadas en las canteras Rejopampa Alto 1, 2 y 3. Estos ensayos incluyeron: granulometría, contenido de humedad, límite líquido y plástico, abrasión de Los Ángeles, Proctor modificado y CBR. Estas pruebas permiten identificar la proporción óptima de materiales granulares para mejorar sus propiedades y cumplir con los requerimientos técnicos para ser utilizados como base granular de acuerdo a la EG-2013 (MTC, 2015).

3.5.2. Instrumentos para la recolección de los datos

Formato de observación MTC. Esta herramienta se utilizó para registrar las características del lugar durante las visitas de campo. Este formato permitirá detallar aspectos como la ubicación exacta de extracción y las condiciones del terreno, de acuerdo con los parámetros exigidos por el manual de “Suelo, geología, geotecnia y pavimentos, sección suelos y pavimentos” (MTC, 2014).

Formatos de laboratorio. Sirvieron para documentar los resultados de los ensayos realizados a las muestras de los materiales granulares. Estos formatos incluyeron secciones específicas para registrar datos de pruebas clave, como la granulometría, el contenido de humedad, la capacidad de soporte (CBR), la resistencia a la abrasión y Proctor modificado.

3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

3.6.1. Proceso de obtención de los datos

3.6.1.1. Ubicación de las canteras de Rejopampa Alto

Las canteras 1, 2 y 3 de Rejopampa Alto están ubicadas en el centro poblado de Rejopampa Alto, del distrito de Chota, provincia de Chota, región de Cajamarca, a pocos metros de la curva grande en la carretera 3N ruta Chota – Bambamarca. La cantera Rejopampa Alto 1 y 2 se utiliza actualmente como material de afirmado, subbase y base granular para el mantenimiento periódico de vías aledañas, sin embargo, estudios previos realizados por Ticlla (2021) en la cantera Rejopampa Alto 2 han demostrado que solamente cumpliría con las propiedades mecánicas de un material de afirmado con CBR de tan solo 40%, e incumpliría el límite líquido e índice de plasticidad solicitado por los requisitos normativos, por lo que, a la vez no alcanza las propiedades necesarias para su uso como base granular, siendo así, se puede mezclar este suelo con una cantera de material gravoso que logre que la mezcla alcance mayor capacidad de soporte, por ello se ha propuesto el uso de la cantera Rejopampa 3 cuyo material corresponde a piedra triturada de menos de ½” que funciona como una tercera cantera de combinación para cumplir con los requisitos de una base granular.

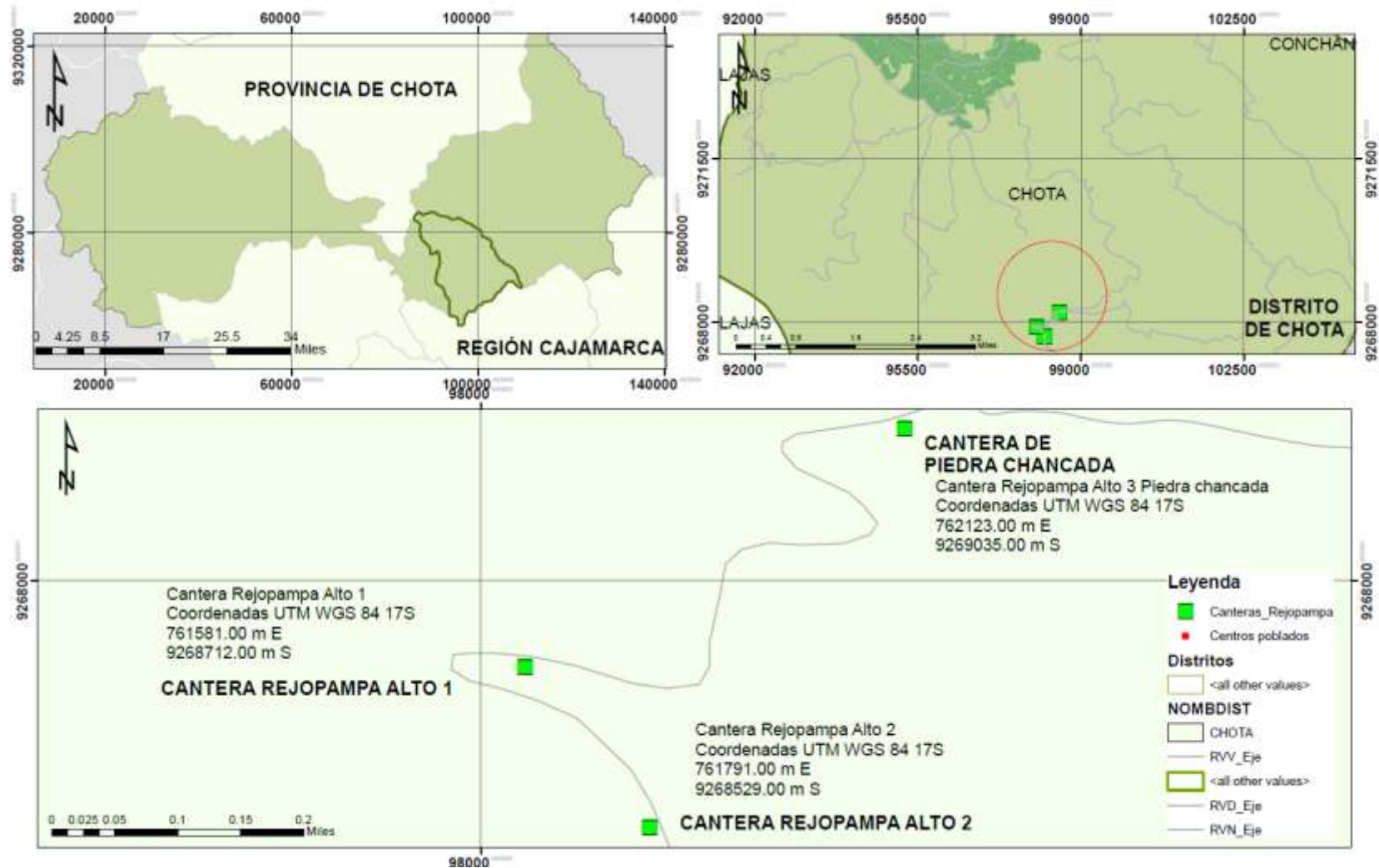
Tabla 10

Ubicación UTM de las Canteras en Rejopampa Alto, Chota

Cantera	Denominación	Este (m E)	Norte (m S)
Rejopampa Alto 1	Cantera Ramires Cubas	761759.00 m E	9268701.00 m S
Rejopampa Alto 2	Cantera Ramires Cubas	761791.00 m E	9268529.00 m S
Rejopampa Alto 3	Cantera Curva Grande	762123.00 m E	9269035.00 m S

Figura 10

Ubicación de las Canteras en Rejopampa Alto, Chota



3.6.1.2. Levantamiento topográfico de las canteras

- Se preparó la estación total junto con su trípode, asegurándose de que el equipo esté correctamente calibrado y nivelado utilizando el nivel de burbuja.
- Se establecieron puntos de control en el área de estudio utilizando estacas y jalones para garantizar la correcta orientación y referencia del levantamiento. Estos puntos fueron posicionados con el GPS de mano Garmin e Trex.
- Se procedió a instalar la estación total en el primer punto de control. Se ajustó y alineó correctamente el equipo con la ayuda del nivel de burbuja y se registraron las coordenadas exactas del punto utilizando el GPS de mano. Usando el prisma reflector, se midieron las distancias y ángulos a diferentes puntos de la cantera para generar el levantamiento topográfico. Este procedimiento se repitió en las tres canteras de estudio.
- Al finalizar el levantamiento en campo, los datos recolectados se transfirieron a la computadora portátil con software de topografía especializado (AutoCAD Civil 3D). Se procedió a realizar el procesamiento de los datos para generar los planos topográficos de las canteras. El software permitió crear los perfiles, curvas de nivel y modelos digitales del terreno.
- Se elaboraron planos topográficos que incluyeron las características de las canteras como área y potencia.

Figura 11

Levantamiento Topográfico de la Cantera Rejopampa Alto 1



Figura 12

Levantamiento Topográfico de la Cantera Rejopampa Alto 2



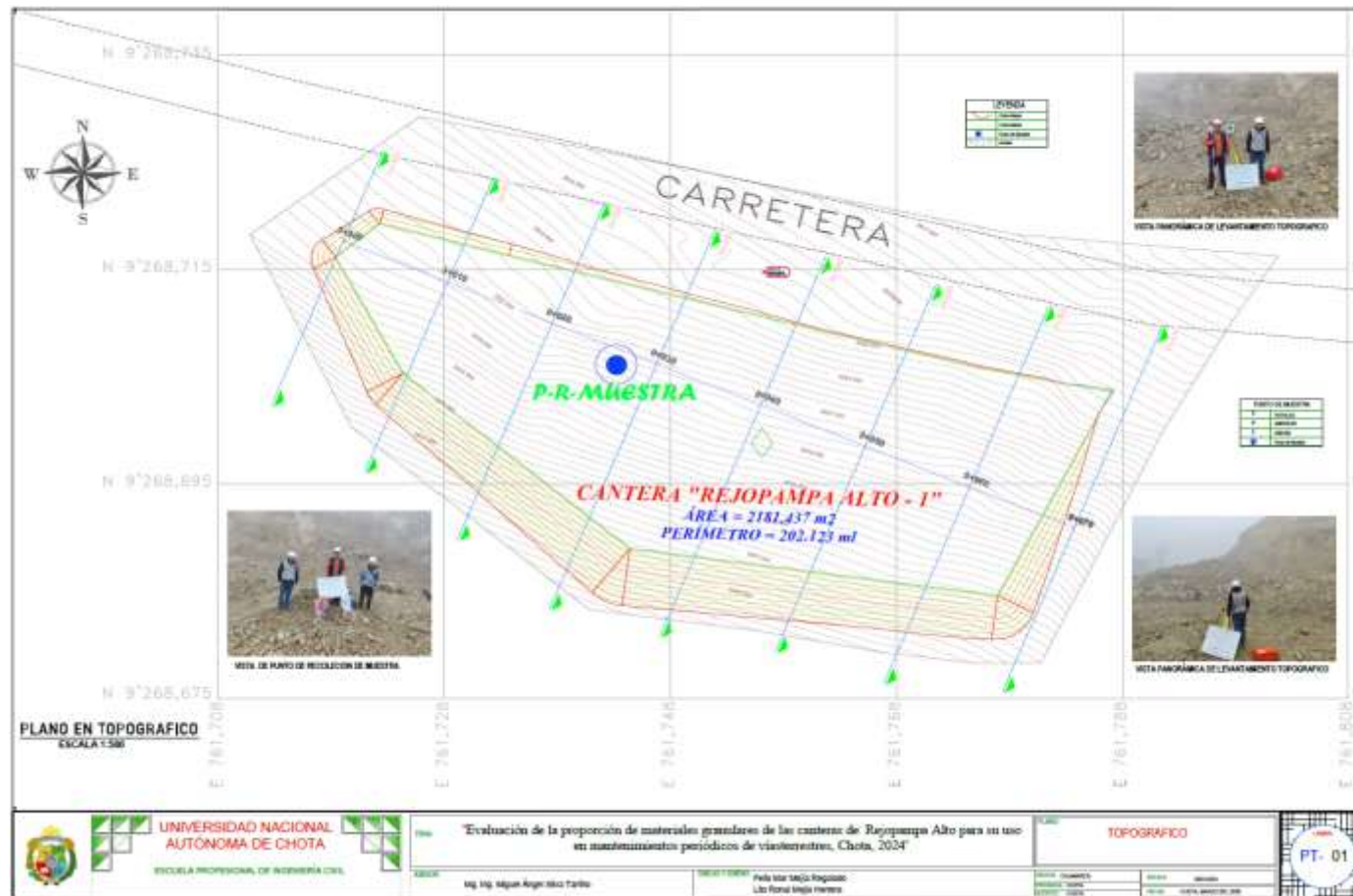
Figura 13

Levantamiento Topográfico de la Cantera Rejopampa Alto 3



Figura 14

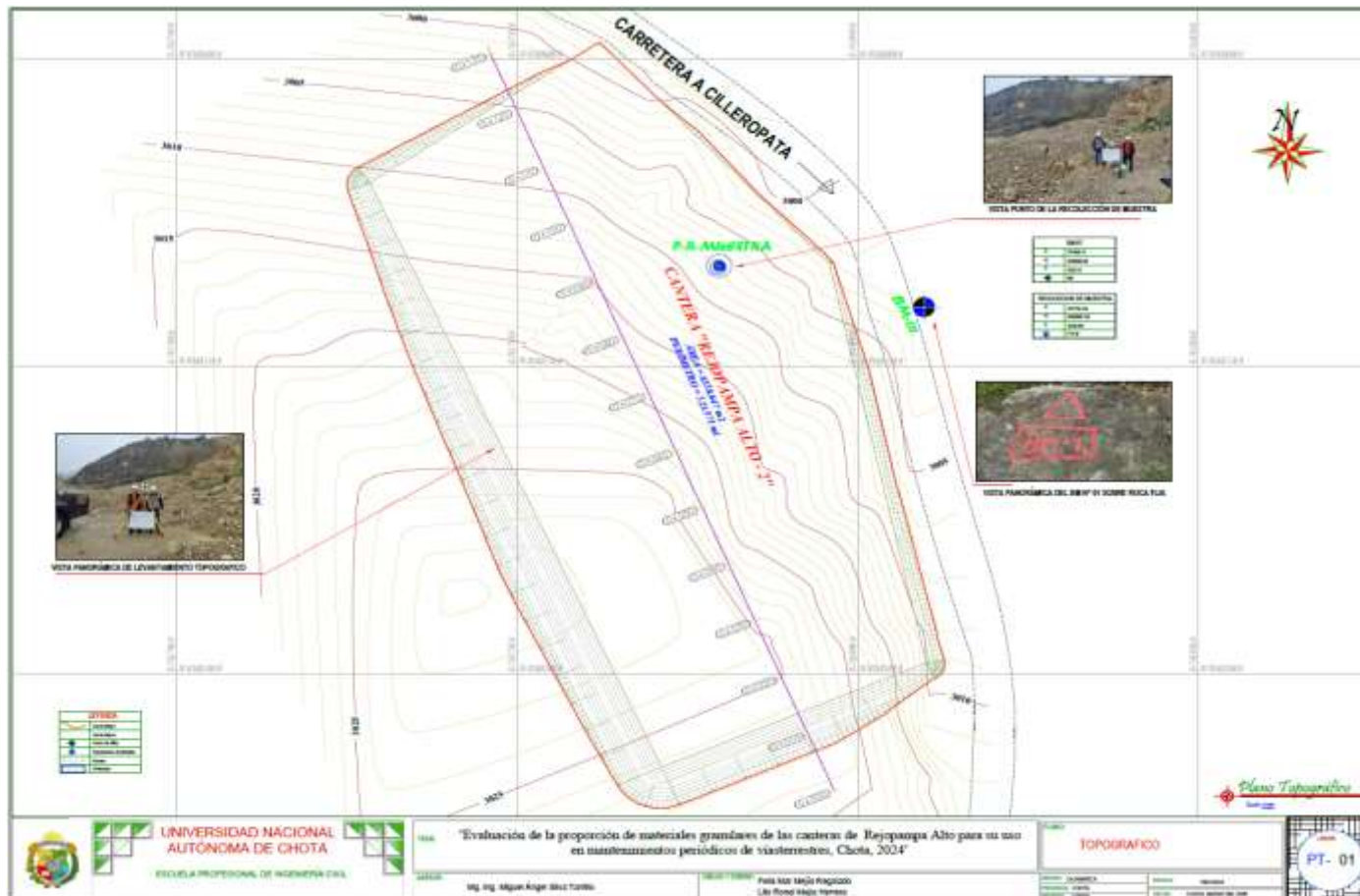
Plano en Planta de la Cantera Rejopampa Alto 1



Nota. Ver mapas en anexos.

Figura 15

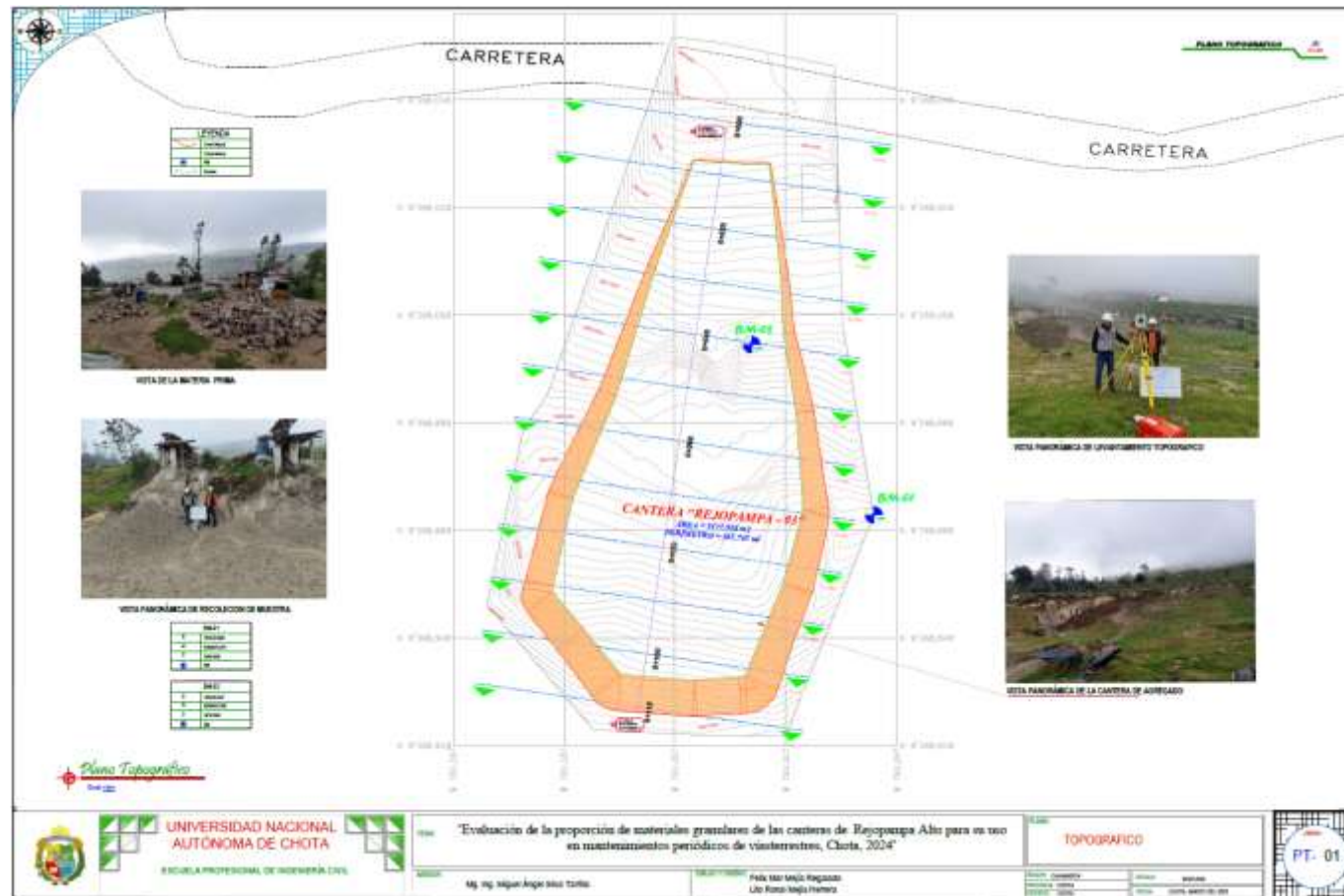
Plano en Planta de la Cantera Rejopampa Alto 2



Nota. Ver mapas en anexos.

Figura 16

Plano en Planta de la Cantera Rejopampa Alto 3



Nota. Ver mapas en anexos.

3.6.1.3. Estudio geológico y litológico de las canteras

a) Procedimiento para estudio geológico litológico:

El estudio geológico se efectuó mediante inspección directa en campo, empleando georreferenciación con GPS para localizar las tres canteras de Rejopampa Alto y registrar su contexto geológico. Se tomaron registros fotográficos de los afloramientos y cortes naturales para identificar estructuras, disposición estratigráfica y tipo de formación.

Posteriormente, se realizó el reconocimiento de las características litológicas superficiales y subyacentes en cada cantera, empleando martillo geológico y lupa de mano para observar el tamaño de grano, textura, color, estructura interna y mineralogía predominante. Además, se midieron espesores, inclinación y buzamiento de los estratos con cinta métrica y brújula geológica, permitiendo determinar la orientación general de la secuencia sedimentaria.

Los datos obtenidos se complementaron con información cartográfica (Mapa Geológico de Chota – INGEMMET, 2002), elaborándose un plano geológico actualizado que muestra la distribución de las formaciones Cajamarca, Celendín, Chota y Yumagual, presentes en el entorno. Con esta información se definió el marco geológico y la correspondencia estratigráfica de cada cantera.

b) Descripción geológica y litológica de resultados:

La geología del área de estudio está conformada por rocas sedimentarias de composición calcárea y arcillosa, correspondientes al Cretáceo Superior.

Litología de las canteras 1 y 2

La litología se encuentra intercalada desde su base con rocas calcáreas y lutitas, calizas lutáceas y rocas de composición margosa, así como limolitas y areniscas de color marrón y crema. Presenta estratos de hasta 0,8 m de espesor y,

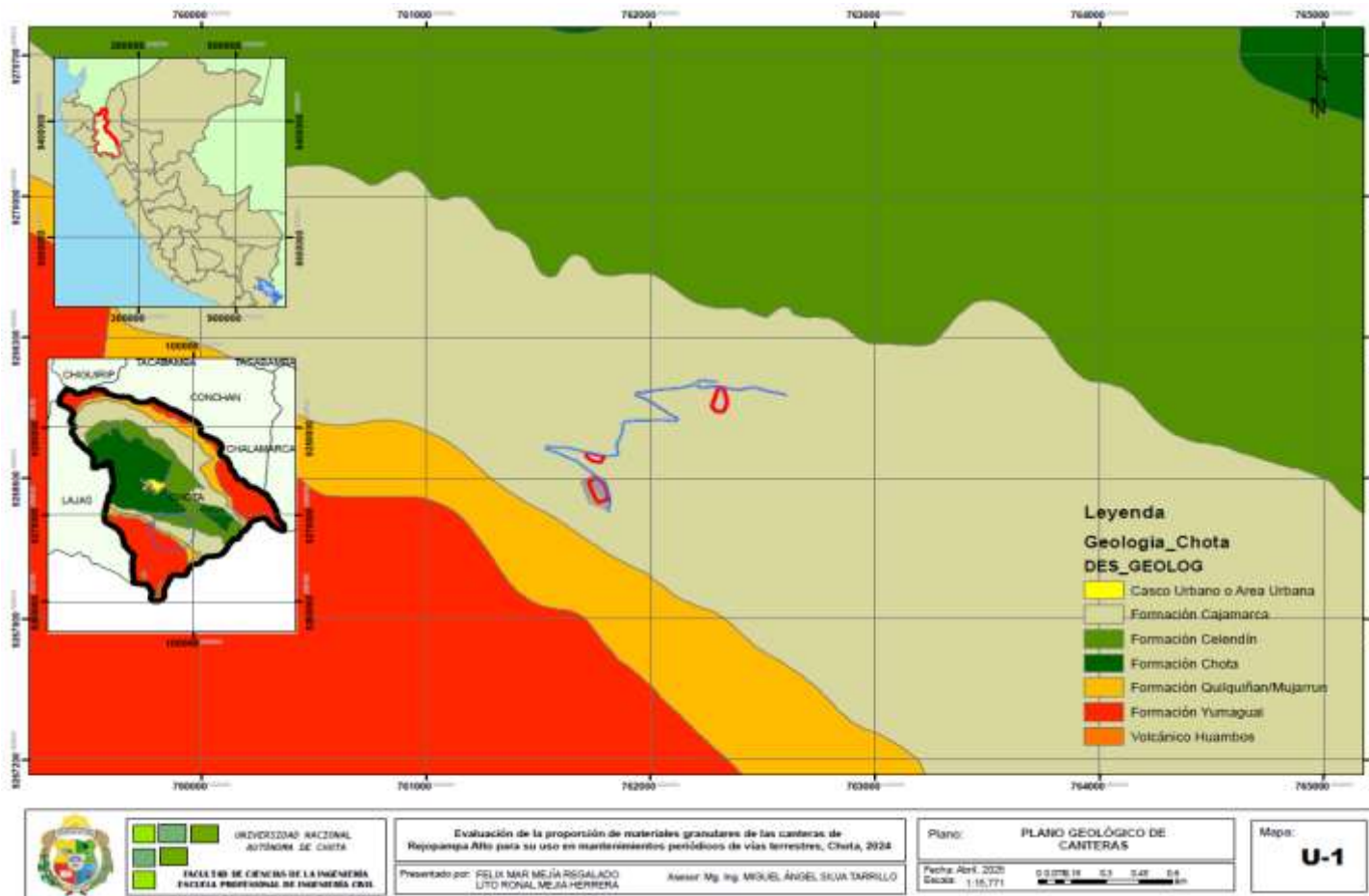
en general, corresponde a varios cientos de metros pertenecientes al Grupo Puquia (Ks-pu). Se observa la presencia de óxidos de hierro generados por procesos de intemperismo. El contacto inferior del Grupo Puquia se establece con la Formación Pariatambo, mientras que el contacto superior se asocia con la Formación Quillquiollay y Muinamu.

Litología de la cantera 3

La litología está compuesta por rocas calcáreas de color gris azulado, con estratos métricos compactos e intercalaciones delgadas de lutitas (Ks-ca). El contacto inferior de la Formación Cajamarca se establece con la Formación Quillquiollay y Muinamu, y el contacto superior con la Formación Celendín.

Figura 17

Mapa Geológico de las Canteras de Rejopampa Alto



3.6.1.4.Extracción de muestra de las canteras de Rejopampa Alto

- Se verificaron y cargaron los equipos necesarios en el vehículo de transporte y se procedió a trasladar el equipo y el personal hasta las canteras.
- Se seleccionó los puntos de extracción en las canteras Rejopampa Alto 1 y 2: Al llegar a las canteras, se georreferenciaron los puntos exactos de extracción mediante GPS y se determinó la ubicación precisa sobre el perfil del talud en cada cantera, seleccionando áreas representativas del material en extracción.
- En la cantera Rejopampa Alto 1 y 2 utilizando palas y picos, se procedió a extraer el material granular del talud. Se tomaron muestras a diferentes alturas del talud para asegurar la representatividad del material, y se colocaron en los sacos de polietileno. Los sacos fueron etiquetados inmediatamente con el nombre de la cantera, la ubicación del perfil del talud, y la fecha.
- Como la cantera Rejopampa Alto 3 es de piedra triturada, se solicitó la adquisición del material granular con tamaño máximo nominal de menos de ½”, similar al confitillo, para su uso en combinación con los otros materiales. El material adquirido fue transportado en sacos etiquetados correctamente con la identificación del proveedor y las características del material.
- Todas las muestras extraídas de las tres canteras fueron pesadas en la balanza portátil para asegurar que se ha recogido la cantidad suficiente para realizar los ensayos de laboratorio. Se almacenaron en un lugar seco y seguro.

Figura 18

Extracción de Muestras de la Cantera Rejopampa Alto 1



Figura 19

Extracción de Muestras de la Cantera Rejopampa Alto 2



Figura 20

Extracción de Muestras de Piedra Triturada de la Cantera Rejopampa Alto 3



3.6.1.5. Ensayos físico mecánicos al material granular de cada cantera de Rejopampa

Alto

Con el objetivo de caracterizar adecuadamente los materiales granulares provenientes de las canteras de Rejopampa Alto 1, 2 y 3, se realizaron una serie de ensayos de laboratorio en las instalaciones del laboratorio CIEXLIAN, ubicado en la ciudad de Chota. Los ensayos realizados comprenden: humedad natural, según la NTP 339.127:2019; el análisis granulométrico por tamizado, conforme a la NTP 339.128:2019; la determinación del límite líquido mediante el aparato de Casagrande y del límite plástico, ambos de acuerdo con la NTP 339.129:2019; el ensayo Proctor modificado para obtener la humedad óptima y densidad máxima seca, bajo la NTP 339.141:2019; el ensayo de CBR de laboratorio, conforme a la

NTP 339.145:2019; la determinación del equivalente de arena, según la NTP 339.146:2019; y el ensayo de abrasión Los Ángeles, bajo la NTP 400.019:2020.

a) NTP 339.127 Ensayo de contenido de humedad (INACAL, 2019):

Procedimiento: Se seleccionó la muestra representativa del material granular, la cual fue pesada en su estado húmedo utilizando la balanza digital de precisión. Posteriormente, la muestra fue colocada en el horno a temperatura constante de 110 °C hasta alcanzar peso seco constante. Finalmente, se realizó la segunda pesada y se calculó el contenido de humedad mediante la comparación entre el peso húmedo inicial y el peso seco final, conforme a la NTP 339.127:2019.

b) NTP 339.128 Análisis granulométrico (INACAL, 2019):

Procedimiento: Se tomó la muestra representativa del material seco y se la sometió al análisis granulométrico por tamizado, utilizando una serie de tamices con aberturas progresivamente menores. Se empleó un agitador mecánico. El material retenido en cada tamiz fue recolectado y pesado. Posteriormente, se determinó la distribución de tamaños de partículas y se graficó la curva granulométrica para su análisis, de acuerdo con la NTP 339.128:2019.

c) NTP 339.129 Determinación del límite líquido (INACAL, 2019):

Procedimiento: Se preparó la muestra y se colocó en la copa del aparato de Casagrande. Con la herramienta ranuradora se hizo una hendidura en el centro del espécimen. Posteriormente, se aplicaron golpes controlados a la copa hasta que la ranura se cerró en una longitud de 12.7 mm. Este procedimiento se repitió tres veces, variando el contenido de agua en cada caso. Finalmente, se determinó el contenido de humedad correspondiente a cada ensayo.

d) NTP 339.129 Determinación del límite plástico (INACAL, 2019):

Procedimiento: Se tomó una porción de la muestra y se la amasó manualmente hasta formar una masa plástica. Luego, esta masa fue moldeada en forma de cilindros finos de aproximadamente 3 mm de diámetro. Cuando los cilindros comenzaron a desmoronarse al ser manipulados, se pesaron y se llevaron al horno para su secado a peso constante. Con los valores de peso húmedo y seco se calculó el contenido de humedad correspondiente.

e) NTP 339.141 Ensayo Proctor modificado (INACAL, 2019):

Procedimiento: Se compactó la muestra en el molde cilíndrico mediante cinco capas, aplicando 56 golpes por capa con martillo estandarizado de 4.5 kg, desde la altura de caída de 457 mm. Esta energía de compactación correspondió a 2,700 golpes/m³. Tras la compactación, la muestra fue extraída, pesada y se midieron sus dimensiones para calcular la densidad húmeda y seca. A través de distintos contenidos de humedad, se trazó la curva de compactación para obtener la humedad óptima y la máxima densidad seca.

f) NTP 339.145 Ensayo de CBR de laboratorio (INACAL, 2019):

Procedimiento: Se preparó la muestra tratada y compactada al 95% de la densidad máxima obtenida en el ensayo Proctor modificado. Luego, fue sumergida en agua durante 4 días, realizándose lecturas diarias del dial para controlar la expansión. Posteriormente, la muestra fue colocada en la máquina de ensayo CBR, donde se le aplicó carga incremental a través del pistón metálico hasta lograr la penetración estándar. Se midió la carga aplicada y se calculó el valor del CBR, comparándolo con cargas estándar.

g) NTP 339.146 Ensayo de equivalente de arena (INACAL, 2019):

Procedimiento: Se colocó la muestra representativa de suelo fino en el cilindro graduado, al cual se le añadió solución floculante y agua destilada. La mezcla fue

agitada vigorosamente y se dejó en reposo durante el periodo de sedimentación. Transcurrido el tiempo, se midieron los volúmenes de arena asentada y del líquido arcilloso en la parte superior del cilindro. Con estos valores se calculó el EA, expresado como el porcentaje del volumen de arena respecto al volumen total.

h) NTP 400.019 Ensayo de abrasión los ángeles (INACAL, 2020):

Procedimiento: Se introdujeron las muestras de agregado grueso en la máquina de abrasión Los Ángeles, junto con un conjunto de esferas de acero de masa normalizada. La máquina fue operada a velocidad constante durante 500 revoluciones. Finalizado el proceso, el material fue extraído, tamizado con malla N°12, y se determinó el porcentaje de material que pasó por el tamiz. Este valor representó el índice de desgaste por abrasión.

Figura 21

Análisis Granulométrico del Material de las Canteras de Rejopampa



Figura 22

Ensayo de Límite Líquido en el Material de las Canteras

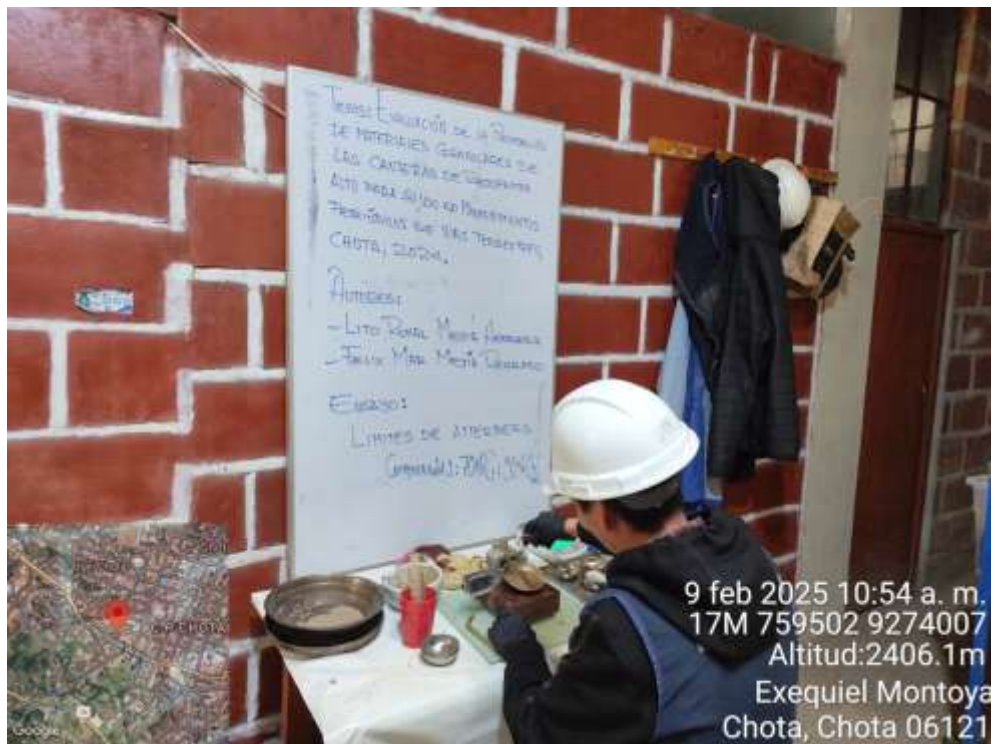


Figura 23

Ensayo de Límite Plástico en el Material de las Canteras



Figura 24

Ensayo de Proctor Modificado al Material de las Canteras



Figura 25

Ensayo de CBR al Material de las Canteras



Figura 26

Ensayo Equivalente de Arena al Material de las Canteras



Figura 27

Ensayo de Abrasión al Material de las Canteras



3.6.1.6. Combinaciones de material granular por el método analítico

Con la finalidad de mejorar las propiedades granulométricas de los materiales extraídos de las canteras de Rejopampa Alto, se procedió a realizar combinaciones de estos mediante el método analítico. Este procedimiento permitió evaluar mezclas entre pares de canteras, con el objetivo de que las combinaciones resultantes cumplieran con los requisitos establecidos en el huso granulométrico tipo B, definido por el Manual EG-2013 del MTC (2015).

El procedimiento inició con la ejecución de los ensayos de granulometría para cada cantera de forma individual, cuyos resultados sirvieron como base para identificar las deficiencias en las curvas granulométricas iniciales. Luego, se realizó el análisis comparativo con el huso tipo B, lo que permitió determinar qué proporciones debían combinarse. Posteriormente, se calcularon los porcentajes óptimos de mezcla entre pares de canteras utilizando la fórmula analítica aplicada al tamiz N°4, y se verificó teóricamente que las combinaciones obtenidas cumplieran con las especificaciones técnicas.

a) Ensayo de granulometría inicial:

Las muestras fueron llevadas al laboratorio, donde se pesó una cantidad representativa de cada una. Posteriormente, se sometieron al análisis granulométrico utilizando el juego de tamices correspondiente. Las muestras fueron colocadas en el agitador mecánico y, tras el proceso de tamizado, se pesaron las fracciones retenidas en cada tamiz. Este procedimiento permitió obtener la curva granulométrica inicial de cada cantera.

Tabla 11*Análisis Granulométrico de la Cantera Rejopampa Alto 1*

N°	Tamiz Abertura (mm)	Peso retenido parcial	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	37.500	154.00	11.80	11.80	88.20
1"	25.000	100.00	7.66	19.46	80.54
¾"	19.000	193.00	14.79	34.25	65.75
½"	12.500	94.00	7.20	41.46	58.54
⅜"	9.500	76.00	5.82	47.28	52.72
N° 4	4.750	221.00	16.93	64.21	35.79
N° 8	2.360	92.00	7.05	71.26	28.74
N° 10	2.000	17.00	1.30	72.57	27.43
N° 16	1.190	13.00	1.00	73.56	26.44
N° 20	0.850	4.00	0.31	73.87	26.13
N° 30	0.600	8.00	0.61	74.48	25.52
N° 40	0.425	0.00	0.00	74.48	25.52
N° 60	0.250	44.00	3.37	77.85	22.15
N° 140	0.106	25.00	1.92	79.77	20.23
N° 200	0.075	5.00	0.38	80.15	19.85
Cazoleta	Fondo	259.00	19.85	100.00	0.00
TOTAL	WG=	1305.00			

Tabla 12*Análisis Granulométrico de la Cantera Rejopampa Alto 2*

N°	Tamiz Abertura (mm)	Peso retenido parcial	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	37.500	655.00	20.49	20.49	79.51
1"	25.000	621.00	19.42	39.91	60.09
¾"	19.000	343.00	10.73	50.64	49.36
½"	12.500	253.00	7.91	58.55	41.45
⅜"	9.500	129.00	4.04	62.59	37.41

N°	Tamiz Abertura (mm)	Peso retenido parcial	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa
N° 4	4.750	324.00	10.13	72.72	27.28
N° 8	2.360	156.00	4.88	77.60	22.40
N° 10	2.000	63.00	1.97	79.57	20.43
N° 16	1.190	92.00	2.88	82.45	17.55
N° 20	0.850	36.00	1.13	83.58	16.42
N° 30	0.600	53.00	1.66	85.24	14.76
N° 40	0.425	0.00	0.00	85.24	14.76
N° 60	0.250	53.00	1.66	86.89	13.11
N° 140	0.106	29.00	0.91	87.80	12.20
N° 200	0.075	7.00	0.22	88.02	11.98
Cazoleta	Fondo	383.00	11.98	100.00	0.00
TOTAL	WG=	3197.00			

Tabla 13

Análisis Granulométrico de la Cantera Rejopampa Alto 3

N°	Tamiz Abertura (mm)	Peso retenido parcial	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
¾"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
½"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.750	102.00	8.23	8.23	91.77
N° 8	2.360	144.00	11.62	19.85	80.15
N° 10	2.000	220.00	17.76	37.61	62.39
N° 16	1.190	265.00	21.39	59.00	41.00
N° 20	0.850	88.00	7.10	66.10	33.90
N° 30	0.600	124.00	10.01	76.11	23.89
N° 40	0.425	3.00	0.24	76.35	23.65
N° 60	0.250	74.00	5.97	82.32	17.68
N° 140	0.106	20.00	1.61	83.94	16.06
N° 200	0.075	14.00	1.13	85.07	14.93
Cazoleta	Fondo	185.00	14.93	100.00	0.00
TOTAL	WG=	1239.00			

Figura 29

Verificación del Cumplimiento del Huso "B" Cantera 2

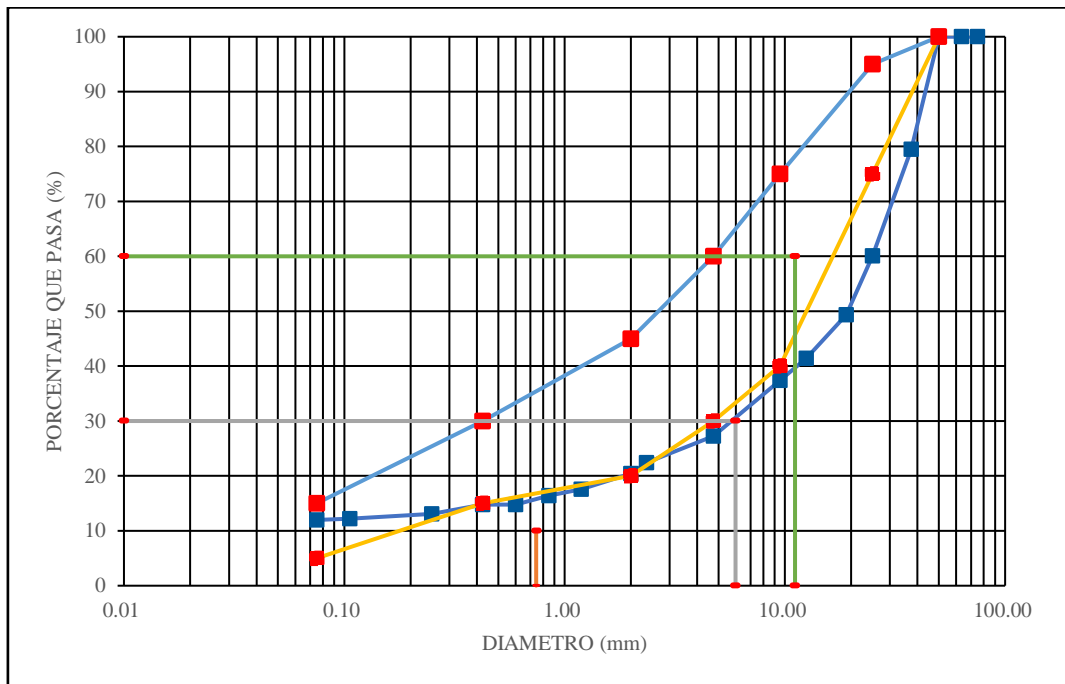
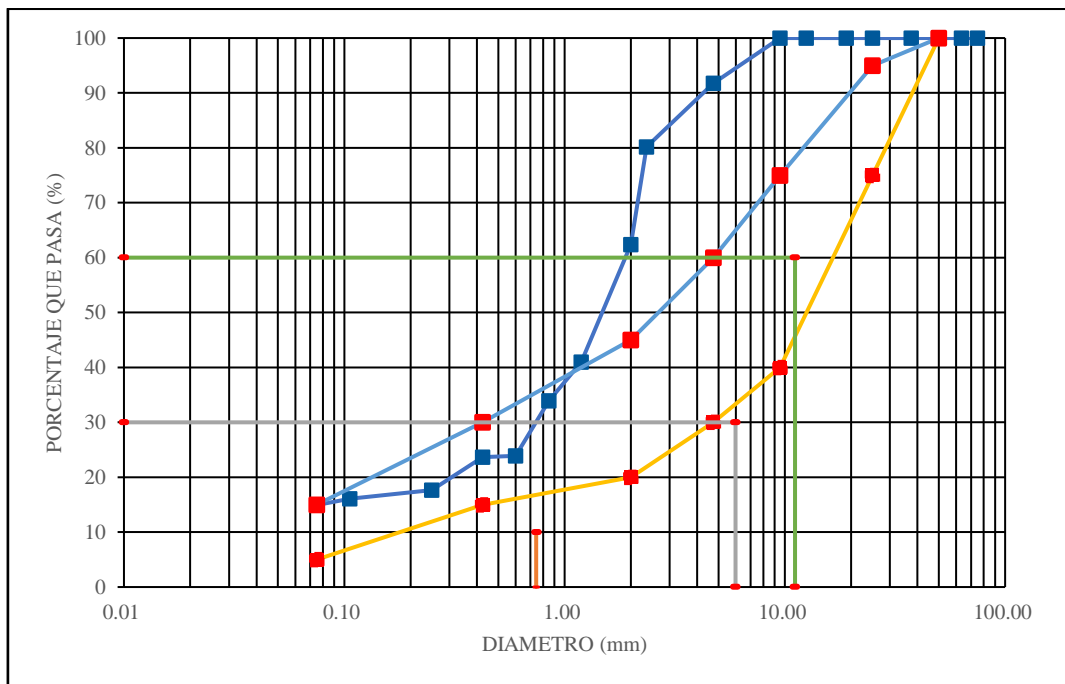


Figura 30

Verificación del Cumplimiento del Huso "B" Cantera 3



c) Determinación de las proporciones de material granular:

Se procedió a realizar la combinación analítica de dos en dos entre las canteras evaluadas utilizando una hoja de cálculo de Microsoft Excel para simular la combinación granulométrica y determinar el porcentaje óptimo de mezcla requerido de cada cantera, ajustando las proporciones hasta que todas las combinaciones cumplieran con el huso granulométrico tipo B.

Tabla 14

Combinaciones Planteadas para la Mezcla del Material de las Canteras

Mezcla	1	2	3
Cantera A	Rejopampa 1	Rejopampa 2	Rejopampa 1
Cantera B	Rejopampa 3	Rejopampa 3	Rejopampa 2

d) Cálculo de los porcentajes de combinación para la cantera Rejopampa 1

+ Rejopampa 3:

Una vez que se cuenta con el huso granulométrico de cada cantera por sí sola se procede a plantear la mezcla. En este caso se tiene la cantera A “Rejopampa 1” y la cantera B “Rejopampa 3” con porcentajes que pasan de acuerdo a la tabla 14 y tabla 16, y se deseaba cumplir con el Huso B de material de base granular (tabla 18), siendo así, se eligió como tamiz de análisis, al tamiz N° 4, en el que se aplicaron las ecuaciones dadas en el marco teórico ítem 2.2.5.

Tabla 15

Gradaciones de la Base Granular de Acuerdo a la EG-2013

N°	Abertura(mm)	Gradación A		Gradación B		Gradación C	
2"	50.000	100	100	100	100		
1"	25.000			75	95	100	100
3/8"	9.500	30	65	40	75	50	85
N° 4	4.750	25	55	30	60	35	65
N° 10	2.000	15	40	20	45	25	50
N° 40	0.425	8	20	15	30	15	30
N° 200	0.075	2	8	5	15	5	15

Tabla 16*Granulometría de Dos Canteras: Rejopampa 1 y Rejopampa 3*

N°	Tamiz Abertura (mm)	Especificaciones		Rejopampa 1	Rejopampa 3
		% que pasa (Huso B)		% que pasa	% que pasa
3"	75.00	----	----	100.00	100.00
2 1/2"	63.00	----	----	100.00	100.00
2"	50.80	100	100	100.00	100.00
1 1/2"	38.10			88.20	100.00
1"	25.40	75	95	80.54	100.00
3/4"	19.05			65.75	100.00
1/2"	12.70	----	----	58.54	100.00
3/8"	9.52	40	75	52.72	100.00
N° 4	4.75	30	60	35.79	91.77
N° 8	2.36	----	----	28.74	80.15
N°10	2.00	20	45	27.43	62.39
N° 16	1.19	----	----	26.44	41.00
N°20	0.85	----	----	26.13	33.90
N°30	0.60	----	----	25.52	23.89
N°40	0.43	15	30	25.52	23.65
N°60	0.25	----	----	22.15	17.68
N°140	0.11	----	----	20.23	16.06
N°200	0.08	5	15	19.85	14.93

$$P = A \times (1 - b) + B \times b \rightarrow P = A - A \times b + B \times b \rightarrow b = \frac{P-A}{B-A} \quad (23)$$

Considerando tamiz N°4:

$$P = 45\% \left\{ \begin{array}{l} \% \text{ pasante que se desea obtener para el tamiz N}^\circ 4 \\ P = \frac{30+60}{2} = 45 \end{array} \right. \quad (24)$$

$$A = 35.79\% \text{ (\% que pasa tamiz N}^\circ 4 \text{ del material A)} \quad (25)$$

$$B = 91.77\% \text{ (\% que pasa tamiz N}^\circ 4 \text{ del material B)} \quad (26)$$

$$b = \frac{45-35.79}{91.77-35.79} = 0.16 \text{ \{ \% que B participará en la combinación} \} \quad (27)$$

$$a = 1 - 0.16 = 0.84 \text{ (Aporte del material A en la combinación)} \quad (28)$$

Entonces, a y b para el estudio serán respectivamente 15% y 85%.

c.2. Cálculo de los porcentajes de combinación para la cantera Rejopampa 2 + Rejopampa 3:

En este caso se tiene la cantera A “Rejopampa 2” y la cantera B “Rejopampa 3” con porcentajes que pasan de acuerdo a la tabla 15 y tabla 16,

respectivamente, y se desea cumplir con el Huso B de material de base granular (tabla 18), siendo así, se eligió como tamiz de análisis, al tamiz N° 4.

Tabla 17

Granulometría de Dos Canteras: Rejopampa 2 y Rejopampa 3

N°	Tamiz	Especificaciones		Rejopampa 2	Rejopampa 3
	Abertura (mm)	% que pasa (Huso B)		% que pasa	% que pasa
3"	75.00	----	----	100.00	100.00
2 1/2"	63.00	----	----	100.00	100.00
2"	50.80	100	100	100.00	100.00
1 1/2"	38.10			79.51	100.00
1"	25.40	75	95	60.09	100.00
3/4"	19.05			49.36	100.00
1/2"	12.70	----	----	41.45	100.00
3/8"	9.52	40	75	37.41	100.00
N° 4	4.75	30	60	27.28	91.77
N° 8	2.36	----	----	22.40	80.15
N°10	2.00	20	45	20.43	62.39
N° 16	1.19	----	----	17.55	41.00
N°20	0.85	----	----	16.42	33.90
N°30	0.60	----	----	14.76	23.89
N°40	0.43	15	30	14.76	23.65
N°60	0.25	----	----	13.11	17.68
N°140	0.11	----	----	12.20	16.06
N°200	0.08	5	15	11.98	14.93

$$P = A \times (1 - b) + B \times b \rightarrow P = A - A \times b + B \times b \rightarrow b = \frac{P-A}{B-A} \quad (29)$$

Considerando tamiz N°4:

$$P = 45\% \left\{ \begin{array}{l} \% \text{ pasante que se desea obtener para el tamiz N° 4} \\ P = \frac{30+60}{2} = 45 \end{array} \right. \quad (30)$$

$$A = 27.28\% \text{ (\% que pasa tamiz N° 4 del material A)} \quad (31)$$

$$B = 91.77\% \text{ (\% que pasa tamiz N° 4 del material B)} \quad (32)$$

$$b = \frac{45-27.28}{91.77-27.28} = 0.27 \text{ \{ \% que B participará en la combinación} \} \quad (33)$$

$$a = 1 - 0.16 = 0.73 \text{ (Aporte del material A en la combinación)} \quad (34)$$

Entonces, a y b para el estudio serán respectivamente 70% y 30%.

c.3. Cálculo de los porcentajes de combinación para la cantera Rejopampa 1 + Rejopampa 2:

Se tiene la cantera A “Rejopampa 1” y la cantera B “Rejopampa 2” con porcentajes que pasan de acuerdo a la tabla 14 y tabla 15, respectivamente, y se desea cumplir con el Huso B de material de base granular (tabla 18), siendo así, se eligió como tamiz de análisis, al tamiz N° 40.

Tabla 18

Granulometría de Dos Canteras: Rejopampa 2 y Rejopampa 3

N°	Tamiz Abertura (mm)	Especificaciones % que pasa (Huso B)		Rejopampa 1 % que pasa	Rejopampa 2 % que pasa
3"	75.00	----	----	100.00	100.00
2 1/2"	63.00	----	----	100.00	100.00
2"	50.80	100	100	100.00	100.00
1 1/2"	38.10			88.20	79.51
1"	25.40	75	95	80.54	60.09
3/4"	19.05			65.75	49.36
1/2"	12.70	----	----	58.54	41.45
3/8"	9.52	40	75	52.72	37.41
N° 4	4.75	30	60	35.79	27.28
N° 8	2.36	----	----	28.74	22.40
N°10	2.00	20	45	27.43	20.43
N° 16	1.19	----	----	26.44	17.55
N°20	0.85	----	----	26.13	16.42
N°30	0.60	----	----	25.52	14.76
N°40	0.43	15	30	25.52	14.76
N°60	0.25	----	----	22.15	13.11
N°140	0.11	----	----	20.23	12.20
N°200	0.08	5	15	19.85	11.98

$$P = A \times (1 - b) + B \times b \rightarrow P = A - A \times b + B \times b \rightarrow b = \frac{P-A}{B-A} \quad (35)$$

Considerando tamiz N°40:

$$P = 22.5\% \left\{ \begin{array}{l} \% \text{ pasante que se desea obtener para tamiz N}^\circ 40 \\ P = \frac{15+30}{2} = 22.5 \end{array} \right. \quad (36)$$

$$A = 25.52\% \text{ (% que pasa tamiz N}^\circ 40 \text{ del material A)} \quad (37)$$

$$B = 14.76\% \text{ (% que pasa tamiz N}^\circ 40 \text{ del material B)} \quad (38)$$

$$b = \frac{22.5-25.52}{14.76-25.52} = 0.28 \text{ (% que B participará en la combinación)} \quad (39)$$

$$a = 1 - 0.16 = 0.72 \text{ (Aporte del material A en la combinación)} \quad (40)$$

Entonces, a y b para el estudio serán respectivamente 70% y 30%.

e) Verificación teórica del cumplimiento del huso granulométrico:

Luego de calcular “a” y “b”, se verifica que esta combinación cumpla con el huso granulométrico teórico (huso B). Si no cumple la gradación se hace otra interacción seleccionando diferente “a” y “b”, recordando que $a + b = 1$. No obstante como en este caso, todas las combinaciones cumplen con el huso teórico esperado se trabajó con estos porcentajes.

Tabla 19

Verificación Teórica de la Combinación 1

N°	Tamiz Abertura (mm)	Peso retenido parcial	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa
3"	75.00	0	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.00	0	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0	0.00	0.00	100.00
1 ½"	37.50	130.9	10.11	10.11	89.89
1"	25.40	85	6.56	16.67	83.33
¾"	19.00	164.05	12.67	29.34	70.66
½"	12.50	79.9	6.17	35.51	64.49
3/8"	9.50	64.6	4.99	40.49	59.51
N° 4	4.75	203.15	15.69	56.18	43.82
N° 8	2.36	99.8	7.71	63.89	36.11
N 10	2.00	47.45	3.66	67.55	32.45
N° 16	1.19	50.8	3.92	71.47	28.53
N 20	0.85	16.6	1.28	72.75	27.25
N 30	0.60	25.4	1.96	74.72	25.28
N 40	0.43	0.45	0.03	74.75	25.25
N 60	0.25	48.5	3.74	78.50	21.50
N 140	0.15	24.25	1.87	80.37	19.63
N 200	0.08	6.35	0.49	80.86	19.14
Cazoleta	--	247.9	19.14	100.00	0.00
Total		1295.1			

Figura 31

Verificación Teórica del Huso Granulométrico de la Combinación 1

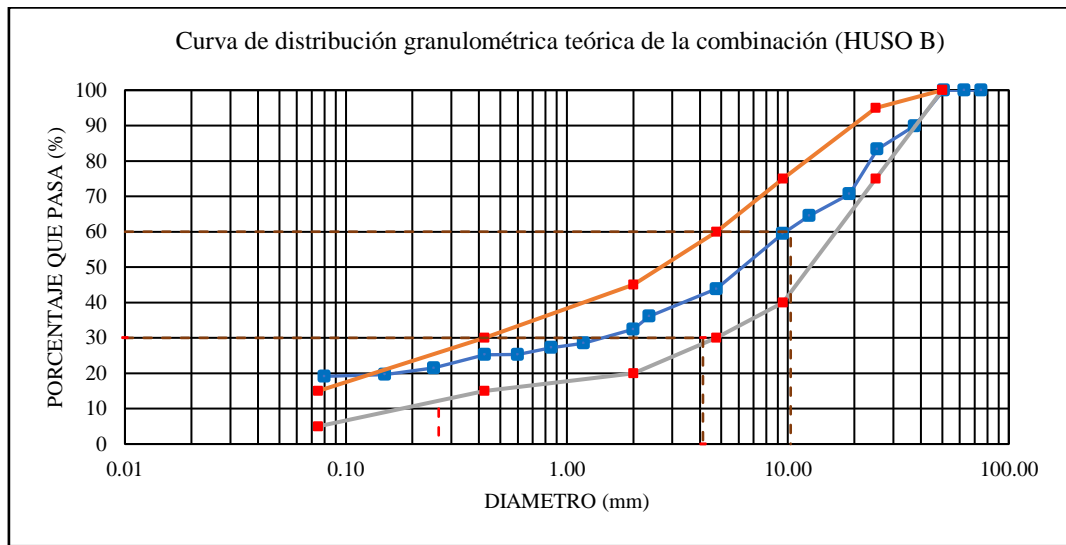


Tabla 20

Verificación Teórica de la Combinación 2

N°	Tamiz Abertura (mm)	Peso retenido parcial	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa
3"	75.00	0	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.00	0	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0	0.00	0.00	100.00
1 ½"	37.50	458.5	17.57	17.57	82.43
1"	25.40	434.7	16.66	34.23	65.77
¾"	19.00	240.1	9.20	43.43	56.57
½"	12.50	177.1	6.79	50.21	49.79
3/8"	9.50	90.3	3.46	53.67	46.33
N° 4	4.75	257.4	9.86	63.54	36.46
N° 8	2.36	152.4	5.84	69.38	30.62
N 10	2.00	110.1	4.22	73.60	26.40
N° 16	1.19	143.9	5.51	79.11	20.89
N 20	0.85	51.6	1.98	81.09	18.91
N 30	0.60	74.3	2.85	83.94	16.06
N 40	0.43	0.9	0.03	83.97	16.03
N 60	0.25	59.3	2.27	86.24	13.76
N 140	0.15	26.3	1.01	87.25	12.75
N 200	0.08	9.1	0.35	87.60	12.40
Cazoleta	--	323.6	12.40	100.00	0.00
Total		2609.6			

Figura 32

Verificación Teórica del Huso Granulométrico de la Combinación 2

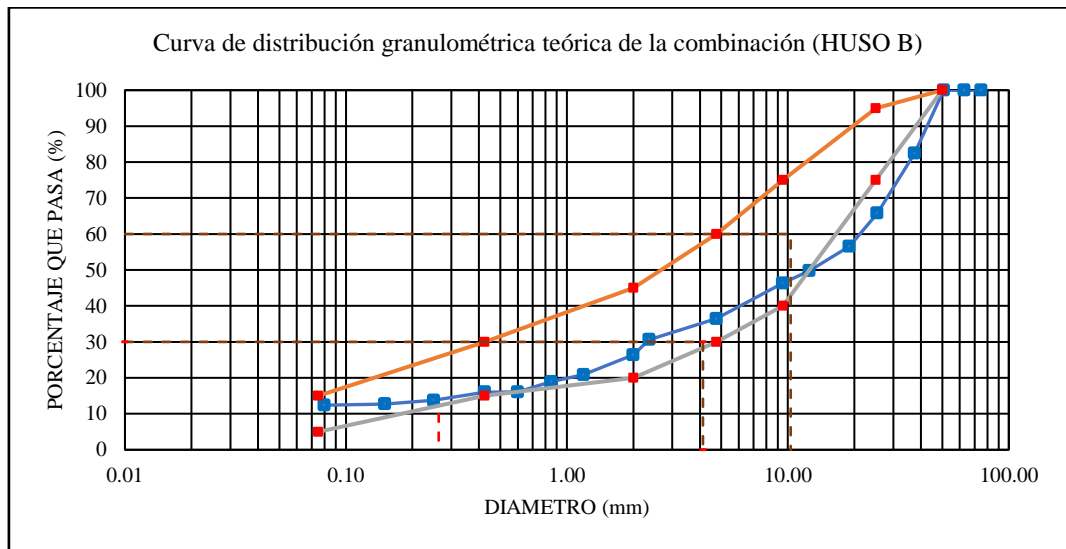


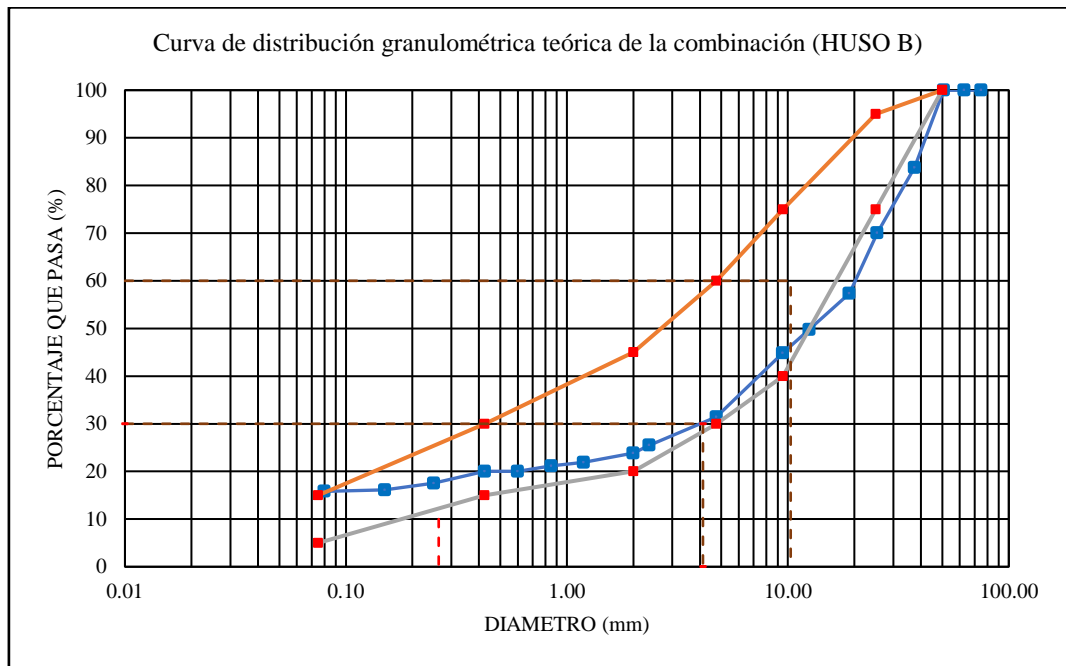
Tabla 21

Verificación Teórica de la Combinación 3

Nº	Tamiz Abertura (mm)	Peso retenido parcial	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa
3"	75.00	0	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.00	0	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0	0.00	0.00	100.00
1 ½"	37.50	304.3	16.25	16.25	83.75
1"	25.40	256.3	13.69	29.94	70.06
¾"	19.00	238	12.71	42.65	57.35
½"	12.50	141.7	7.57	50.21	49.79
⅜"	9.50	91.9	4.91	55.12	44.88
Nº 4	4.75	251.9	13.45	68.57	31.43
Nº 8	2.36	111.2	5.94	74.51	25.49
N 10	2.00	30.8	1.64	76.16	23.84
Nº 16	1.19	36.7	1.96	78.12	21.88
N 20	0.85	13.6	0.73	78.84	21.16
N 30	0.60	21.5	1.15	79.99	20.01
N 40	0.43	0	0.00	79.99	20.01
N 60	0.25	46.7	2.49	82.48	17.52
N 140	0.15	26.2	1.40	83.88	16.12
N 200	0.08	5.6	0.30	84.18	15.82
Cazoleta	--	296.2	15.82	100.00	0.00
Total		1872.6			

Figura 33

Verificación Teórica del Huso Granulométrico de la Combinación 3



f) Registro de resultados:

Finalmente, se documentaron las proporciones de cada combinación (La combinación 1: 85% Rejopampa 1 + 15% Rejopampa 3, combinación 2: 70% Rejopampa 2 + 30% Rejopampa 3, combinación 3: 70% Rejopampa 1 + 30% Rejopampa 2) y se registraron los resultados de las curvas granulométricas finales que cumplan con los estándares técnicos.

Tabla 22

Combinaciones Granulométricas

Combinación	1	2	3
Cantera A	Rejopampa 1	Rejopampa 2	Rejopampa 1
Cantera B	Rejopampa 3	Rejopampa 3	Rejopampa 2
A	85%	70%	70%
B	15%	30%	30%

3.6.1.7. Ensayos físico mecánicos a las combinaciones de material granular

- **Ensayo de contenido de humedad NTP 339.127:** Se pesó la muestra representativa de cada combinación granular y se colocó en el horno a temperatura constante de 110 °C durante 24 horas. Tras el secado, se realizó la segunda pesada y se calculó la diferencia entre el peso húmedo y seco para determinar el contenido de humedad.
- **Análisis granulométrico NTP 339.128:** Se tomó una cantidad representativa de material granular, la cual fue sometida a tamizado utilizando tamices estándar en el agitador mecánico. Luego, se pesaron las fracciones retenidas en cada tamiz y se determinó la distribución granulométrica, comparando los resultados con los límites establecidos en la EG-2013.
- **Determinación de los límites de Atterberg NTP 339.129:** Para el límite líquido, se preparó una mezcla que fue colocada en la copa del aparato de Casagrande, donde se registró el número de golpes necesarios para cerrar la ranura en la muestra. El límite líquido se obtuvo por interpolación de los datos. Para el límite plástico, se moldearon hilos de suelo hasta el punto de quiebre, determinando el contenido de humedad correspondiente.
- **Ensayo Proctor Modificado NTP 339.141:** El material granular fue compactado en capas dentro del molde cilíndrico estándar, utilizando el martillo Proctor. Posteriormente, la muestra fue extraída, pesada y se calcularon la densidad seca máxima y el contenido de humedad óptimo.
- **Ensayo de CBR de laboratorio NTP 339.145:** Se prepararon cilindros de material previamente compactado al 95% de la densidad seca máxima. Estos especímenes fueron sometidos a un proceso de penetración en el equipo CBR, midiendo la carga aplicada para calcular el valor del CBR.

- **Ensayo de equivalente de arena NTP 339.146:** Se mezcló la muestra con solución floculante dentro del cilindro graduado, agitando la mezcla y dejándola en reposo. Posteriormente, se midieron las alturas del sedimento de arena y del material fino, calculándose el equivalente de arena.
- **Ensayo de abrasión Los Ángeles NTP 400.019:** El agregado grueso fue introducido en la máquina de Los Ángeles junto con esferas de acero. La máquina fue operada durante 500 revoluciones. Al finalizar el ensayo, el material fue tamizado con malla N°12 y se calculó el porcentaje de desgaste.

Figura 34

Ensayos de Mecánica de Suelos a las Combinaciones



3.6.2. Equipos, materiales e instrumentos

Tabla 23

Equipos, Herramientas y Materiales

Equipos	N°	Características
Equipos, Herramientas y Materiales para Levantamiento Topográfico		
Estación total	1	Leica FlexLine TS07
Trípode para estación total		
Prisma reflector		
Vehículo de transporte	1	
GPS de mano	1	Garmin e Trex Serie navegador
Computadora portátil	1	
Herramientas		
	N°	Características
Jalones	10	
Brújula	1	
Cinta de fibra de vidrio	1	
Materiales		
	N°	Características
Mapas topográficos	1	
Cinta métrica	2	
Estacas y marcadores	10	
Guantes de protección	2	
Casco	2	
Libretas de campo y bolígrafos	2	
Equipos, Herramientas y Materiales para Estudio Geológico y Litológico		
Equipos		
	N°	Características
Cámara fotográfica	1	Registro fotográfico de afloramientos y estructuras
Vehículo de transporte	1	Traslado a puntos de muestreo
GPS de mano	1	Garmin e Trex Serie navegador
Computadora portátil	1	Procesamiento de datos y elaboración cartográfica
Herramientas		
	N°	Características
Lupa o microscopio portátil	1	Ampliación de texturas y granos minerales
Pica y punzón o cincel	2	Extracción de muestras en afloramientos
Martillo geológico	1	Estwing de 16"
Materiales		
	N°	Características
Mapas topográficos y geológicos de la zona	1	Fuente: INGEMMET, 2002; presentado por GEOGPS Perú
Cinta métrica	1	Medición de espesores de estratos
Rotulador permanente	1	Identificación de muestras
Guantes de protección	2	Seguridad en campo
Casco	2	Protección personal
Muestras de sacos	6	Transporte y conservación de material
Equipos, Herramientas y Materiales para Extracción de Muestras		
Equipos		
	N°	Características
Balanza portátil	1	CAS de capacidad 200 kg
Vehículo de transporte	1	
GPS de mano	1	Garmin e Trex Serie navegador
Tamizador portátil	1	AS 450 basic
Herramientas		
		Características

Equipos	N°	Características
Pala	2	
Pico	2	
Martillo geológico	1	Estwing de 16"
Materiales		
Sacos de polietileno	6	Características
Cinta métrica	1	
Rotulador permanente	1	
Guantes de protección	2	
Casco	2	
Cajas para muestreo	6	
Equipos, Herramientas y Materiales para Ensayos de Laboratorio		
Materiales		
Balanza digital		
Recipientes de aluminio	1	
Espátula	1	
Juego de tamices (ASTM)	1	
Bandejas recolectoras	1	
Vidrio o placa lisa	1	
Molde cilíndrico	1	
Martillo compactador (peso y altura estándar)	1	
Probeta para medir volumen	1	
Moldes de ensayo CBR	1	
Placa de perforación	1	
Esferas de acero	1	
Tamiz No. 12	1	
Equipos		
Horno eléctrico	1	
Agitador mecánico	1	
Copa de Casagrande	1	
Prensa de carga	1	
Máquina de Los Ángeles	1	
Herramientas		
Pincel para limpiar tamices	1	
Cuchillo o espátula	1	
Reglas, vernier y cinta métrica para medición	1	

3.6.3. *Procesamiento de datos*

Se realizó utilizando hojas de cálculo de Microsoft Excel para organizar y analizar los resultados de los ensayos de laboratorio. El proceso comenzó con la recolección de los datos obtenidos en los diferentes ensayos físicos y mecánicos, como el contenido de humedad, granulometría, límites líquido y plástico, densidad seca máxima, CBR, equivalente de arena, y abrasión Los Ángeles. Una

vez recopilados los datos, se ingresaron en la hoja de cálculo de Excel, donde cada combinación de materiales granulares (Rejopampa Alto 1 y 3, Rejopampa Alto 2 y 3, Rejopampa Alto 1 y 2) tiene una tabla específica con los resultados de cada ensayo. Las fórmulas necesarias para calcular índices como el CBR, el índice de plasticidad y el equivalente de arena fueron aplicadas dentro del programa.

Además de organizar los datos en tablas, se generaron gráficos que representan visualmente los resultados, tales como curvas granulométricas, comparaciones de densidades, y el comportamiento de los materiales en relación con los requisitos técnicos establecidos para bases granulares. Estos gráficos ayudaron a interpretar los resultados de manera clara y facilitaron la comparación entre las distintas combinaciones de materiales granulares. Finalmente, los datos procesados se analizaron para identificar qué combinación de materiales cumple mejor con las especificaciones técnicas de la EG-2013 (MTC, 2015) para su uso en el mantenimiento periódico de vías.

3.6.4. *Análisis de datos*

Se realizó el análisis descriptivo de los datos utilizando las herramientas proporcionadas por la hoja de cálculo de Excel. Esto implicó resumir y organizar los resultados de los ensayos físicos y mecánicos (como granulometría, límites líquido y plástico, densidad seca máxima, CBR, equivalente de arena, y abrasión Los Ángeles) en tablas y gráficos. Estos resultados se compararon con los requisitos técnicos establecidos en la EG-2013 del MTC (2015), que define las especificaciones para materiales granulares en bases de pavimentos.

Posteriormente, se empleó la estadística inferencial, para ello, se utilizó el software Minitab 22. Se aplicaron técnicas inferenciales para determinar si las diferencias observadas en los resultados entre las diferentes combinaciones de

materiales eran estadísticamente significativas. Esto incluyó la realización de pruebas de hipótesis, como pruebas t o ANOVA, con el objetivo de confirmar si se admite o se objeta la hipótesis de estudio, que está relacionada con la eficacia de las combinaciones de materiales en función de sus propiedades mecánicas y físicas para el mantenimiento de vías.

3.7. Aspectos éticos

En el desarrollo de la investigación se consideraron principios éticos y criterios de rigurosidad científica, conforme a lo señalado por Acevedo (2002):

Consentimiento informado y permisos: Se solicitaron permisos formales a los propietarios de las canteras para realizar las extracciones de muestras y llevar a cabo los ensayos necesarios.

Transparencia y honestidad: Se evitó cualquier manipulación o falsificación de datos. Los resultados fueron reportados con precisión, sin omitir información relevante ni alterar los hallazgos para ajustarse a expectativas preconcebidas.

Reconocimiento de fuentes: Se otorgó el debido crédito a todas las fuentes utilizadas durante la investigación, incluyendo literatura previa y metodologías adoptadas.

Procedimientos estandarizados: Se siguieron rigurosamente los procedimientos estandarizados descritos en las normas NTP (INACAL) para garantizar la validez y precisión de los ensayos físicos y mecánicos. Esto incluyó el uso de equipos calibrados y la aplicación consistente de metodologías.

Interpretación imparcial: Los datos fueron analizados de manera objetiva y sin sesgos. Las decisiones respecto a la aceptación o rechazo de hipótesis se basaron en la evidencia estadística y en los resultados empíricos, no en preferencias personales ni expectativas previas.

CAPÍTULO IV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción de resultados

4.1.1. *Propiedades del material granular de las tres canteras*

En el caso de la cantera Rejopampa Alto 1, el material presenta distribución granulométrica que en general cumple parcialmente con los parámetros establecidos para base granular en los tamices N.º 4, 10 y 40, pero no cumple en el tamiz N.º 200, ya que presenta 19.9% de material fino pasante, superando el límite máximo de 15%. En cuanto a sus características de plasticidad, el límite líquido (24.23%) se encuentra dentro del valor permitido para base, sin embargo, el índice plástico (7.46%) excede el máximo de 6%, por lo que no es apto como base granular, aunque sí cumple los requisitos para subbase o afirmado ($IP < 9\%$). El equivalente de arena (14.62%) está muy por debajo del mínimo exigido (25%), lo que indica deficiente limpieza del material. El ensayo CBR al 100% de la MDS arrojó 77.79%, ligeramente inferior al mínimo requerido para base (80%), mientras que el CBR al 95% de la MDS alcanzó 54.34%, superando ampliamente el umbral de 40% para subbase. Por último, el valor de desgaste por abrasión Los Ángeles (26.6%) se encuentra dentro del límite permitido ($<50\%$). Por tanto, este material es apto para subbase y afirmado, pero no cumple plenamente con los requisitos para ser usado como base granular.

Por su parte, la cantera Rejopampa Alto 2 muestra también distribución granulométrica que parcialmente cumple con los valores exigidos en los tamices N.º 4, 10 y 200, pero no en el tamiz N.º 40, en el que registra 14.8%, quedando ligeramente por debajo del mínimo requerido (15%). En cuanto a la plasticidad, presenta límite líquido de 25.15% e índice plástico de 6.81%; si bien estos valores

no exceden los límites para subbase o afirmado, sí lo hacen para base granular, que exige un $IP \leq 6\%$. Su equivalente de arena (14.09%) también está por debajo del mínimo aceptable, lo cual indica deficiente limpieza del material. En el ensayo CBR, el valor al 100% de la MDS fue de 73.88%, mientras que al 95% fue de 42.45%; el primero es insuficiente para base, pero el segundo cumple con lo exigido para subbase. El desgaste por abrasión se mantuvo dentro de los límites permitidos (26.4%). Por tanto, este material puede utilizarse como subbase o afirmado, pero no es adecuado como base granular sin algún tipo de mejora.

En el caso de la cantera Rejopampa Alto 3, al tratarse de un material de tipo grava, no se determinaron propiedades como densidad máxima seca (MDS), contenido óptimo de humedad (OCH), ni CBR, debido a que no posee suficientes finos que le proporcionen cohesión para su compactación. Sin embargo, su granulometría cumple adecuadamente con los parámetros del huso B en los tamices evaluados, y no presenta plasticidad ($IP = NP$). A pesar de ello, el equivalente de arena (22.12%) se encuentra ligeramente por debajo del mínimo requerido, y el desgaste por abrasión es de 69%, excediendo ampliamente el límite máximo permitido de 50%. En consecuencia, este material no es apto por sí solo para usarse como base, subbase ni afirmado, aunque puede resultar útil al mezclarse con materiales más finos, ya que ayuda a mejorar la granulometría y reducir la plasticidad de los suelos con exceso de finos.

En conclusión, ninguna de las tres canteras cumple por sí sola con todos los requisitos técnicos para ser utilizada como base granular, conforme a la EG-2013. No obstante, las canteras Rejopampa Alto 1 y 2 presentan características aceptables para su uso como afirmado o subbase.

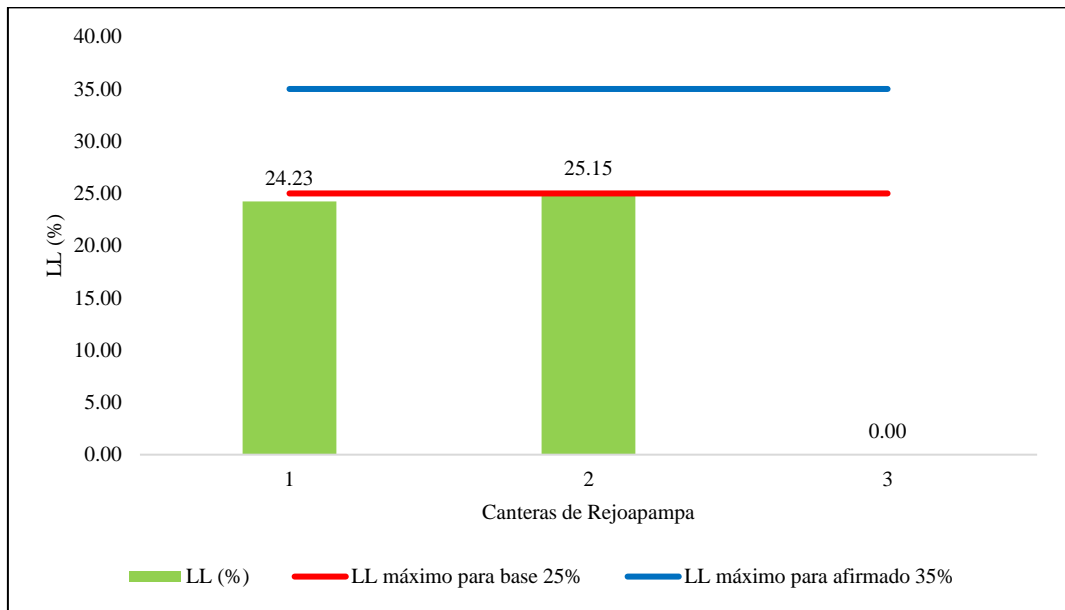
Tabla 24*Propiedades Físicas y Mecánicas de las Canteras*

Propiedades	Canteras			Requisitos de la EG-2013 (MTC, 2015)
	Rejopampa 1	Rejopampa 2	Rejopampa 3	
Humedad	15.25%	15.35%	15.35%	
Grava (%)	64.2	72.7	8.2	
Arena (%)	15.9	15.3	76.8	
Finos (%)	19.9	12.0	14.9	
Pasa N° 4 (%)	35.8	27.3	91.8	30-60%
Pasa N° 10 (%)	27.4	20.4	62.4	20-45%
Pasa N° 40 (%)	25.5	14.8	23.7	15-30%
Pasa N° 200 (%)	19.9	12.0	14.9	5-15%
LL (%)	24.23	25.15	0.00	Máx. 25%
LP (%)	16.77	18.34	0.00	
IP (%)	7.46	6.81	NP	Máx. 6%
Equivalente de arena (%)	14.62	14.09	22.12	Min. 25%
MDS (g/cm ³)	2.25	2.21	---	
OCH (%)	4.50	5.30	---	
CBR al 100% MDS	77.79	73.88	---	Mín. 80% para base
CBR al 95% MDS	54.34	42.45	----	Mín. 40% para subbase
Desgaste (%)	26.6	26.4	69	Máx. 50%

Nota: La cantera Rejopampa 3 corresponde a una cantera de material gravoso, caracterizada por la ausencia de plasticidad, es decir, no presenta límite líquido ni índice de plasticidad. Asimismo, al tratarse de un material sin fracción fina suficiente, no se genera la cohesión necesaria para la ejecución de los ensayos de compactación ni de CBR, ya que estos requieren que las partículas finas actúen como agente de unión durante la conformación de la muestra. Por esta razón, en esta cantera no se han determinado los valores de máxima densidad seca (MDS), óptimo contenido de humedad (OCH) ni capacidad portante (CBR al 95% y 100% MDS), y dichos parámetros no se presentan en los resultados.

Figura 35

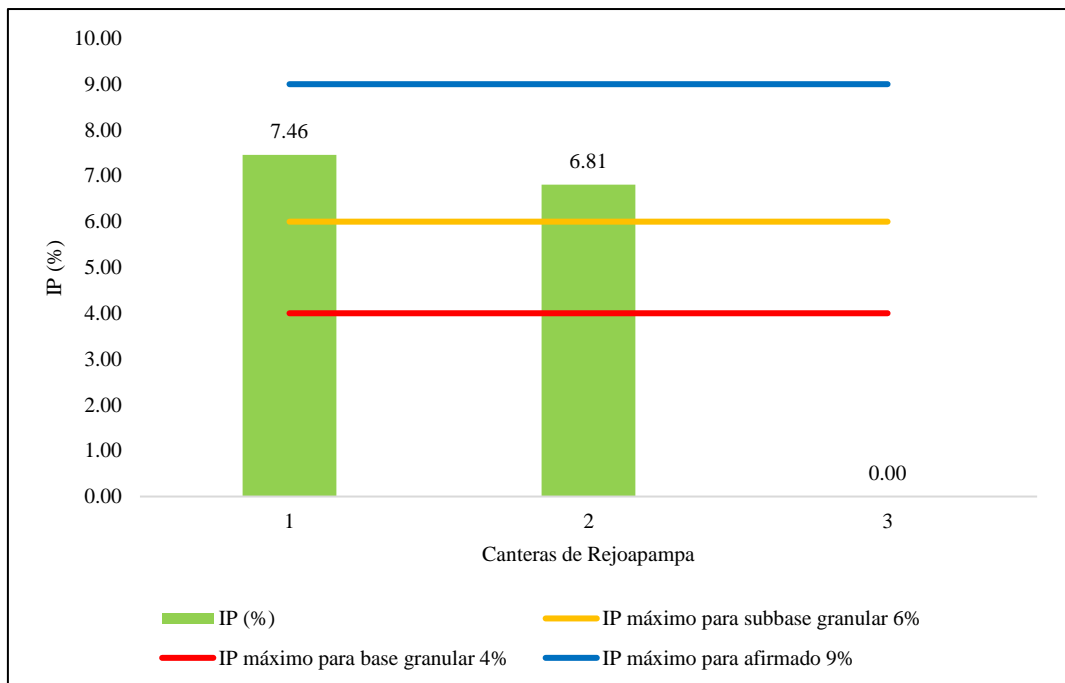
Límite Líquido de las Tres Canteras de Rejoapampa Alto



Nota: La cantera Rejoapampa 3 al ser material gravoso no presenta límite líquido.

Tabla 25

Índice de plasticidad de las Tres Canteras de Rejoapampa Alto



Nota: La cantera Rejoapampa 3 al ser material gravoso no presenta índice de plasticidad.

Figura 36

Equivalente de Arena de las Tres Canteras de Rejopampa Alto

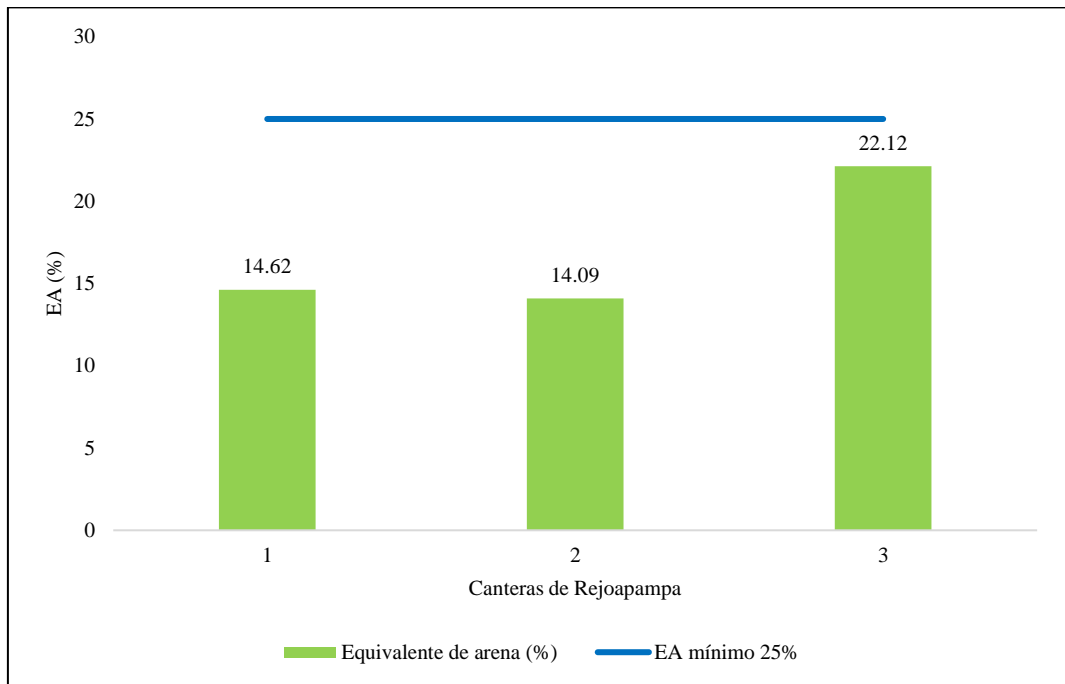


Figura 37

Porcentaje de Abrasión de las Tres Canteras de Rejopampa Alto

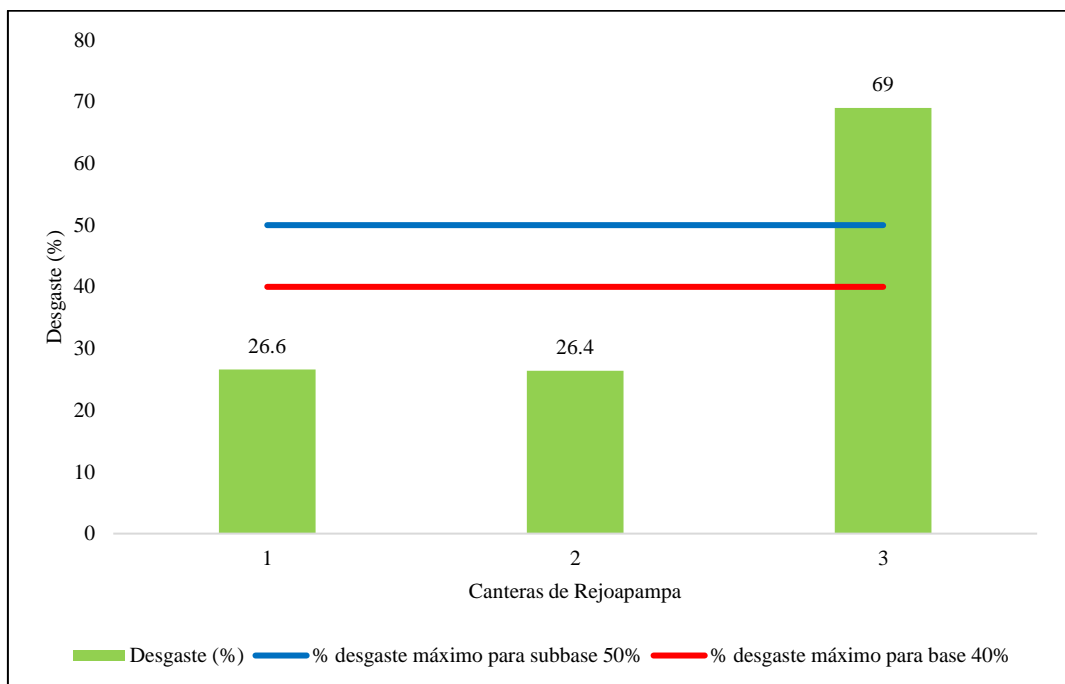
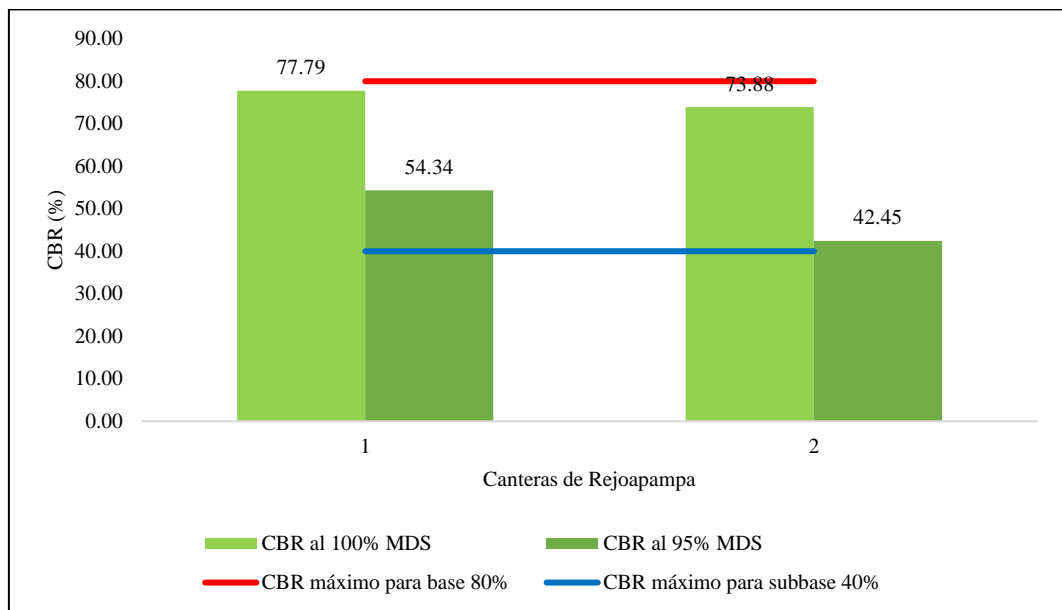


Figura 38

CBR de las Canteras de Rejopampa Alto



Nota: En estos resultados no se ha considerado el CBR de la cantera Rejopampa 3 debido a que es un material gravoso que no presenta finos, lo que ha impedido la realización de este ensayo, siendo así, solo se muestran los resultados realizados para la cantera Rejopampa 1 y 2.

4.1.1.1. Granulometría

Solo la cantera Rejopampa Alto 1 cumple parcialmente con los requisitos granulométricos del huso B de la EG-2013, mostrando una curva bien distribuida. En cambio, las canteras Rejopampa Alto 2 y 3 presentan incumplimientos en varios tamices clave: la primera, por insuficiencia de material fino intermedio, y la segunda, por exceso de finos. Esto sugiere que ninguna de estas dos últimas puede ser utilizada de forma individual para base granular, pero pueden ser consideradas en combinaciones con otras fuentes para lograr gradación aceptable.

La granulometría del material de la cantera Rejopampa Alto 1 cumple con algunos rangos del huso B. En el tamiz de 1" presenta 80.54% de material que pasa, lo que está dentro del rango permitido de 75–95%. En el tamiz N° 3/8", pasa

52.72%, también dentro del rango de 40–75%. Asimismo, en los tamices N° 4, N° 10 y N° 40, los porcentajes de paso son 35.79%, 27.43% y 25.52%.

El material de la cantera Rejopampa Alto 2 aunque cumple en el tamiz de 1" con 60.09% de paso (límite inferior de 75%), los resultados están por debajo del rango exigido. En el tamiz N° 3/8", con paso de 37.41%, también se ubica por debajo del mínimo requerido (40%). Asimismo, en el tamiz N° 4 (4.75 mm), el porcentaje de paso es 27.28%, que no alcanza el límite inferior de 30%, y en el tamiz N° 40, con 14.76%, también se queda por debajo del mínimo (15%).

La cantera Rejopampa 3, de naturaleza gravosa, muestra comportamiento opuesto: presenta exceso de finos y sobrepasa en los tamices más pequeños. En el tamiz N° 4 el porcentaje de paso es de 91.77%, muy por encima del límite superior de 60%. También en el tamiz N° 10 (62.39%) y en el N° 40 (23.65%), aunque este último está dentro del rango, los demás valores reflejan material mal graduado con demasiado contenido de partículas pequeñas.

Figura 39

Curva Granulométrica para el Huso B de las Tres Canteras

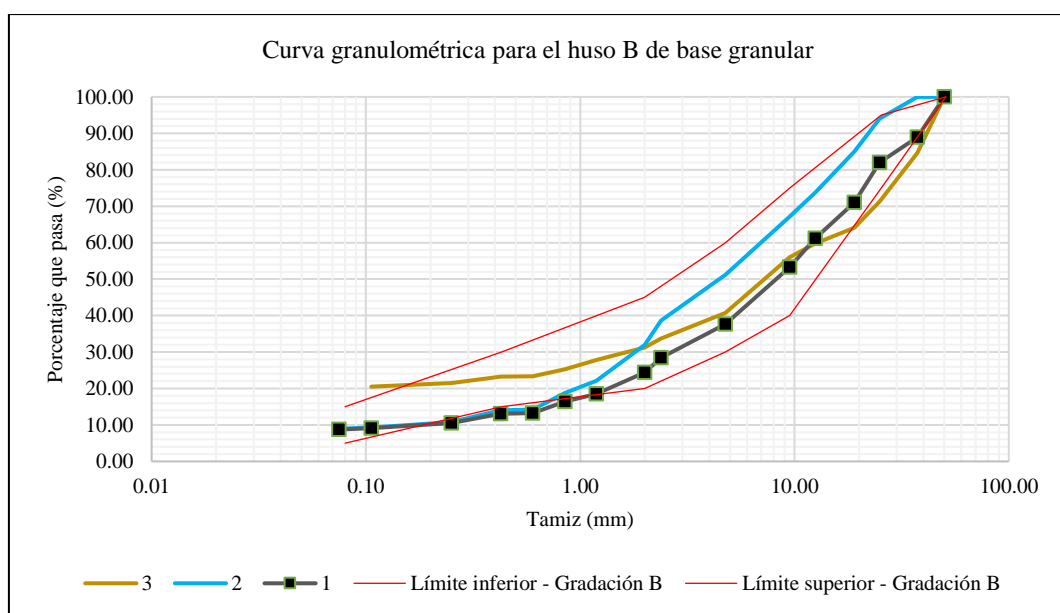


Tabla 26*Datos para la Curva Granulométrica de las Tres Canteras*

N°	Tamiz	Porcentaje que pasa (%)			Requisitos de la EG-2013 (MTC, 2015) Huso B	
	Abertura (mm)	Canteras			Límite inferior	Límite superior
	Cantera	Rejopampa 1	Rejopampa 2	Rejopampa 3		
3"	75.00	100.00	100.00	100.00		
2 1/2"	63.50	100.00	100.00	100.00		
2"	50.00	100.00	100.00	100.00	100	100
1 1/2"	37.50	88.20	79.51	100.00		
1"	25.00	80.54	60.09	100.00	75	95
3/4"	19.00	65.75	49.35	100.00		
1/2"	12.50	58.54	41.45	100.00		
3/8"	9.50	52.72	37.41	100.00	40	75
N° 4	4.75	35.79	27.28	91.77	30	60
N° 8	2.38	28.74	22.40	80.15		
N° 10	2.00	27.43	20.43	62.39	20	45
N° 16	1.19	26.44	17.55	41.00		
N° 20	0.85	26.13	16.42	33.90		
N° 30	0.60	25.52	14.76	23.89		
N° 40	0.43	25.52	14.76	23.65	15	30
N° 60	0.25	22.15	13.11	17.68		
N° 140	0.11	20.23	12.20	16.06		
N° 200	0.08	19.85	11.98	14.93	5	15

4.1.1.2.Limite liquido

Solo Rejopampa 1 cumple con los requisitos para ser usado directamente como base, mientras que Rejopampa 2 puede ser utilizada como subbase o afirmado, y Rejopampa 3, por su naturaleza no plástica, es ideal como material complementario en mezclas para ajustar propiedades plásticas en materiales con contenido fino más elevado.

El material de la cantera Rejopampa Alto 1 presentó valor de 24.23%, por lo tanto, cumple con los requisitos normativos tanto para base, como para subbase

y afirmado; este resultado indica que el material contiene fracción fina con plasticidad moderada, pero que no compromete su estabilidad estructural.

Por otro lado, el material procedente de la cantera Rejopampa Alto 2 registró límite líquido de 25.15%, lo que significa que supera ligeramente el valor máximo permitido para su uso como base granular. Si bien esta diferencia es mínima, no permite su uso como base sin un tratamiento correctivo o combinación con otro material de menor plasticidad. No obstante, dado que el valor no supera el 35%, el material sí es admisible para aplicaciones como subbase o afirmado.

Finalmente, la cantera Rejopampa Alto 3 mostró valor de 0.00% de límite líquido, lo que indica la ausencia total de plasticidad en el material, ya que no contiene finos plásticos o estos son prácticamente inexistentes.

Tabla 27

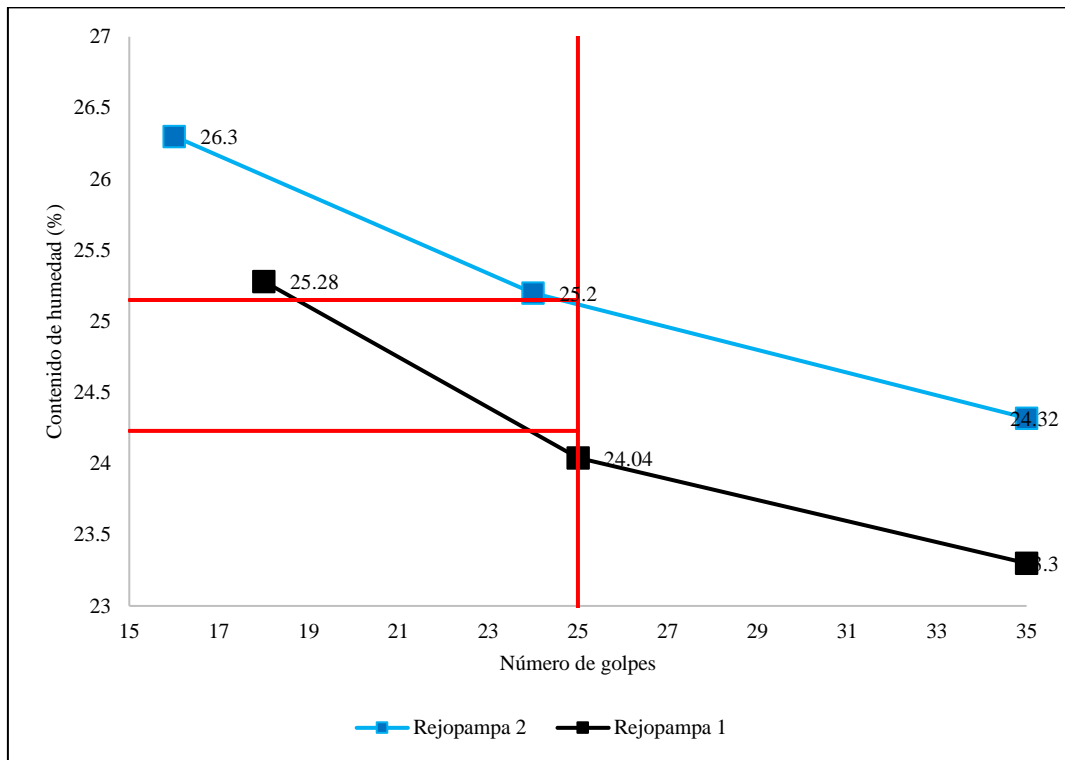
Límite Líquido de las Canteras de Rejopampa Alto

Cantera	LL (%)
Rejopampa 1	24.23
Rejopampa 2	25.15
Rejopampa 3	0.00

Nota: La cantera Rejopampa 3 al ser material gravoso no presenta límite líquido.

Figura 40

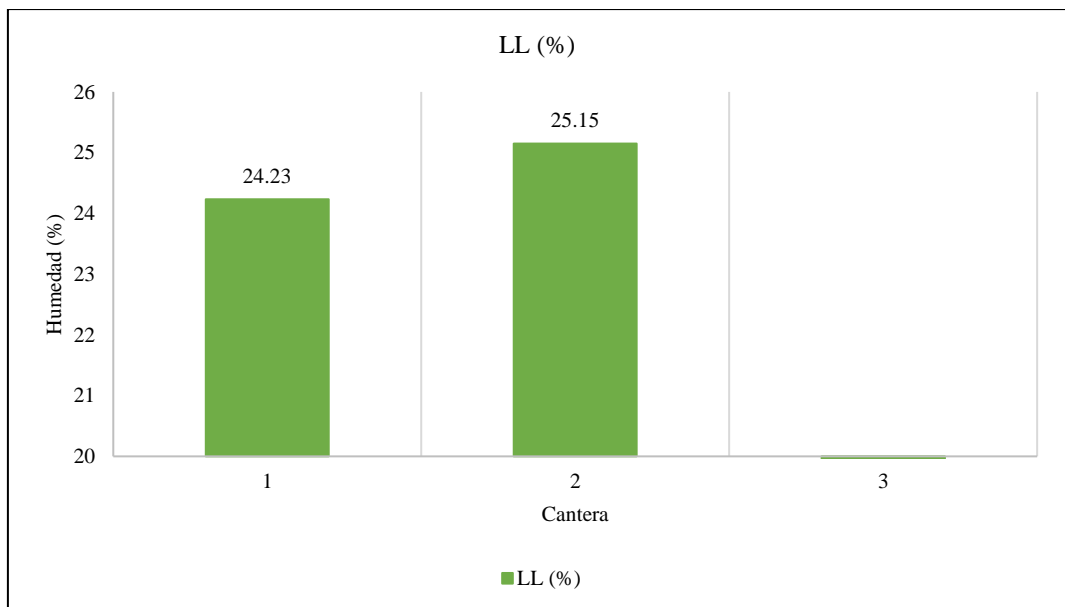
Curva de Fluides de las Canteras de Rejopampa Alto



Nota: La cantera Rejopampa 3 al ser material gravoso no presenta límite líquido.

Figura 41

Límite Líquido de las Canteras de Rejopampa Alto



Nota: La cantera Rejopampa 3 al ser material gravoso no presenta límite líquido.

4.1.1.3.Limite Plástico

El límite plástico del material granular de las tres canteras muestra que Rejopampa 1 y Rejopampa 2 presentan valores de 16.77% y 18.34%, respectivamente, lo que indica una plasticidad considerable que podría restringir su uso en base o subbase si el índice plástico supera los límites normativos. En cambio, Rejopampa 3 no presenta plasticidad (0%), lo que la hace adecuada para corregir la plasticidad de los otros materiales en mezclas combinadas.

Tabla 28

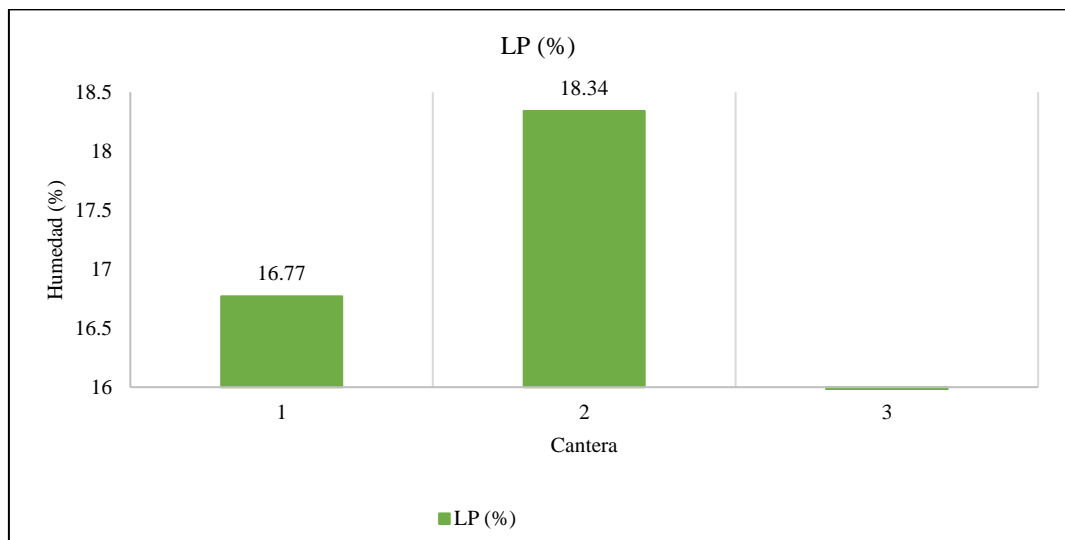
Límite Plástico de las Tres Canteras de Rejopampa Alto

Combinación	Cantera	LP (%)
1	Rejopampa 1	16.77
2	Rejopampa 2	18.34
3	Rejopampa 3	0

Nota: La cantera Rejopampa 3 al ser material gravoso no presenta límite plástico.

Figura 42

Limite Plástico de las Tres Canteras de Rejopampa Alto



Nota: La cantera Rejopampa 3 al ser material gravoso no presenta límite plástico.

4.1.1.4. Índice de plasticidad

El índice de plasticidad (IP) de las canteras Rejopampa Alto 1 y 2 fue de 7.46% y 6.81%, respectivamente, valores que superan ligeramente el límite máximo de 6% exigido por la EG-2013 para bases granulares. Por otro lado, la cantera Rejopampa 3 no presentó plasticidad (NP), lo cual la convierte en una opción adecuada para mezclar con las otras dos y reducir su IP dentro del rango permitido.

Tabla 29

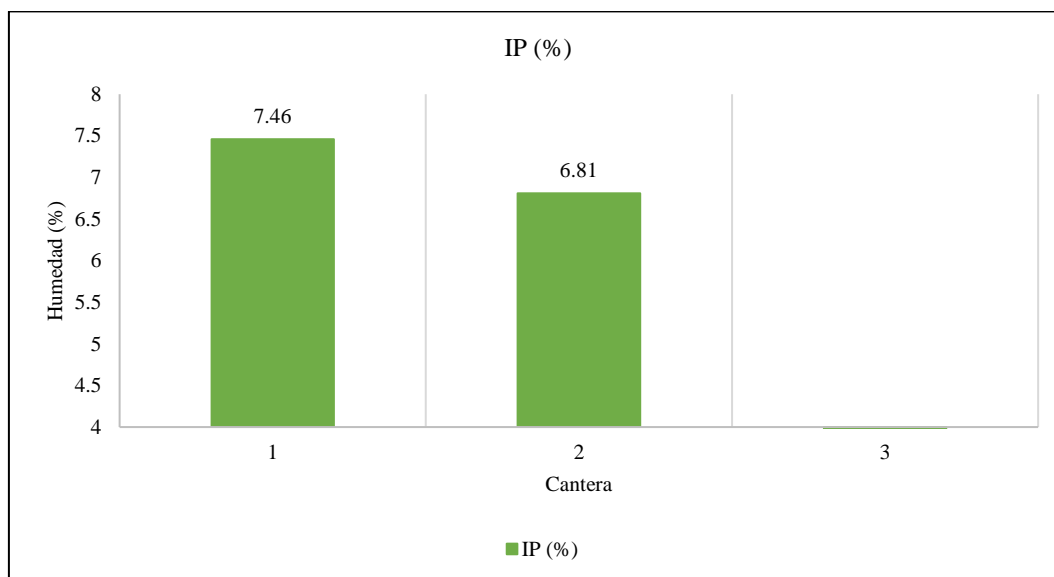
Índice de Plasticidad de las Tres Canteras de Rejopampa Alto

Combinación	Cantera	IP (%)
1	Rejopampa 1	7.46
2	Rejopampa 2	6.81
3	Rejopampa 3	NP

Nota: La cantera Rejopampa 3 al ser material gravoso no presenta (NP) índice de plasticidad.

Tabla 30

Índice de Plasticidad de las Tres Canteras de Rejopampa Alto



Nota: La cantera Rejopampa 3 al ser material gravoso no presenta (NP) índice de plasticidad.

4.1.1.5. Equivalente de arena

Los resultados del ensayo de equivalente de arena muestran que ninguna de las tres canteras cumple con el mínimo requerido del 25% según la EG-2013 para base granular. Rejopampa 1 y 2 presentan valores bajos, de 14.62% y 14.09% respectivamente, mientras que Rejopampa 3, aunque con mejor desempeño (22.12%), también se encuentra por debajo del umbral exigido.

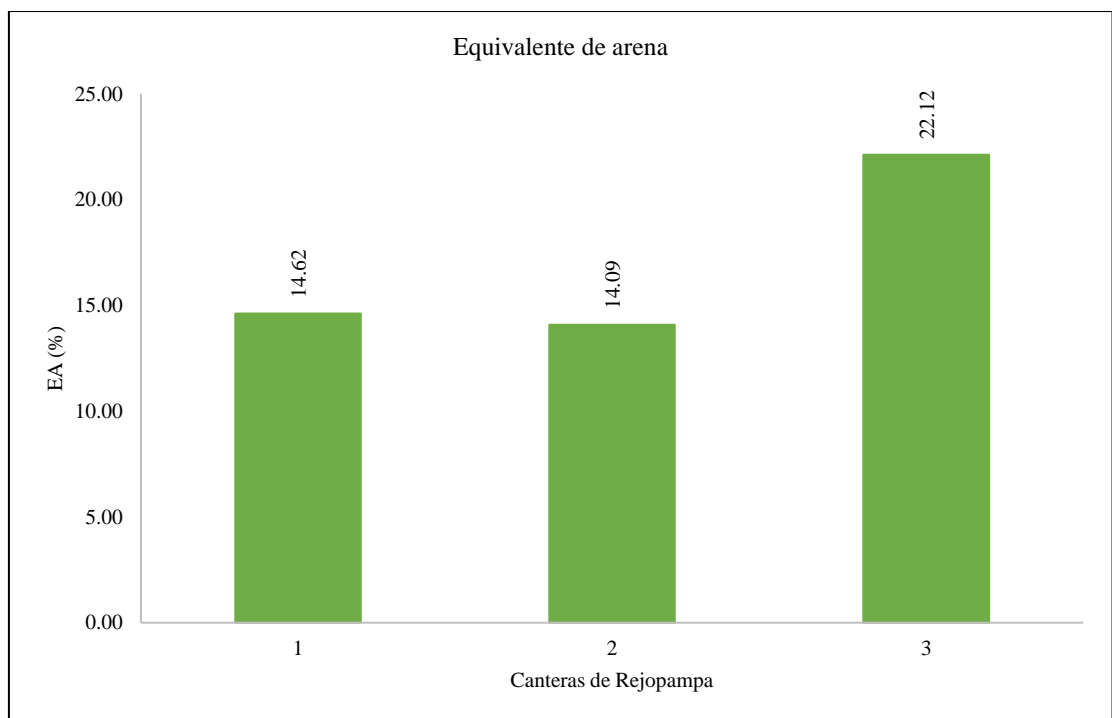
Tabla 31

Equivalente de Arena de las Tres Canteras de Rejopampa Alto

Combinación	Cantera	EA (%)
1	Rejopampa 1	14.62
2	Rejopampa 2	14.09
3	Rejopampa 3	22.12

Tabla 32

Equivalente de Arena de las Tres Canteras de Rejopampa Alto



4.1.1.6. Compactación: óptimo contenido de humedad y máxima densidad seca

Los resultados de compactación indican que la cantera Rejopampa 1 alcanzó máxima densidad seca (MDS) de 2.25 g/cm³ con óptimo contenido de humedad (OCH) de 4.5%, mientras que Rejopampa 2 obtuvo MDS de 2.21 g/cm³ y OCH de 5.3%. La cantera Rejopampa 3 no fue evaluada en este ensayo debido a su naturaleza gravosa y falta de finos cohesivos, lo que impide su compactación efectiva. Estos valores reflejan buena compactabilidad en Rejopampa 1 y 2.

Tabla 33

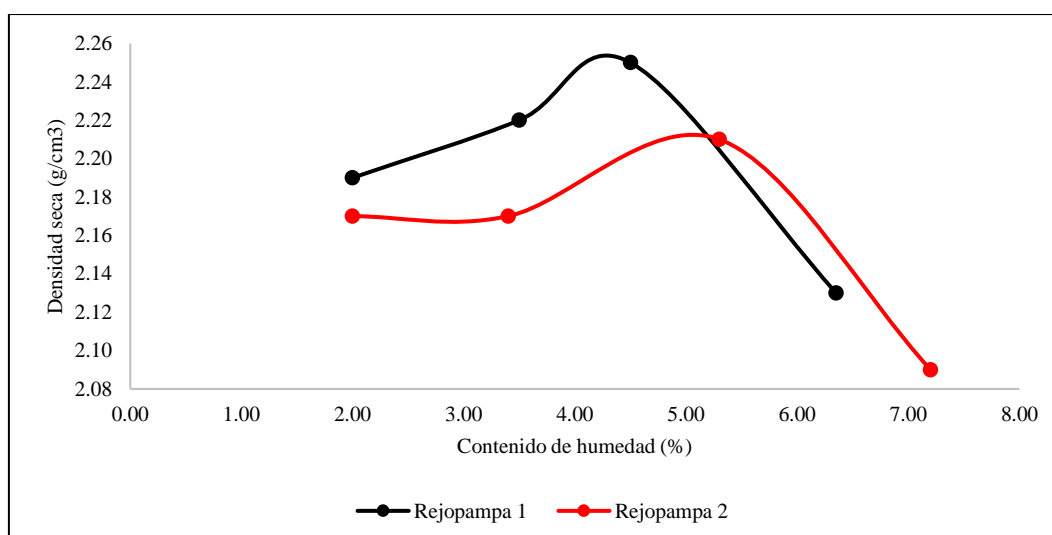
Compactación: de las Canteras de Rejopampa Alto

Compactación	Cantera		
	Rejopampa 1	Rejopampa 2	Rejopampa 3
MDS (g/cm ³)	2.25	2.21	
OCH (%)	4.5	5.3	

Nota: En la cantera Rejopampa 3 por ser material gravoso no se ha realizado el ensayo de compactación.

Figura 43

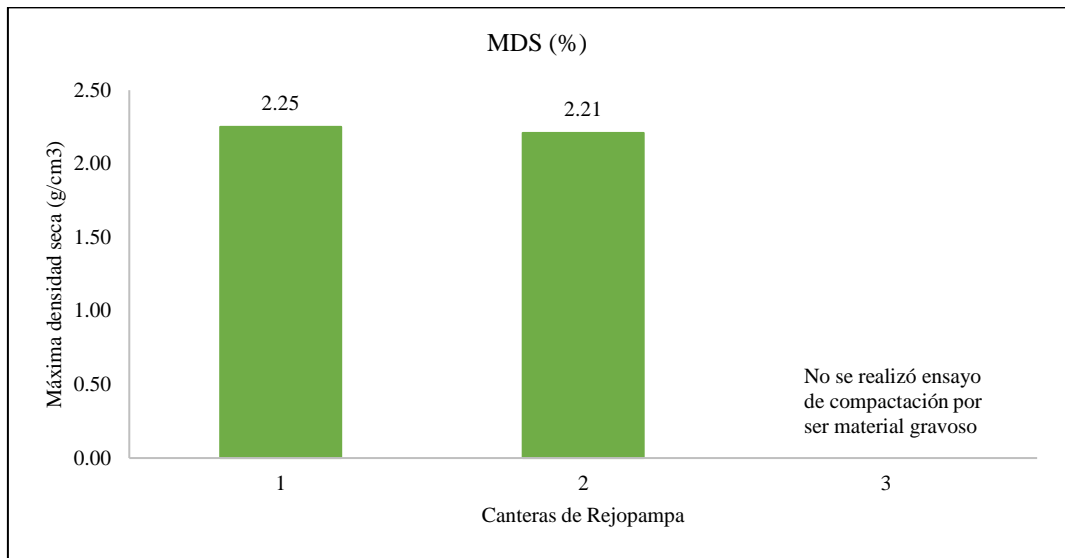
Curva de Compactación de las Canteras de Rejopampa Alto



Nota: En la cantera Rejopampa 3 por ser material gravoso no se ha realizado el ensayo de compactación.

Figura 44

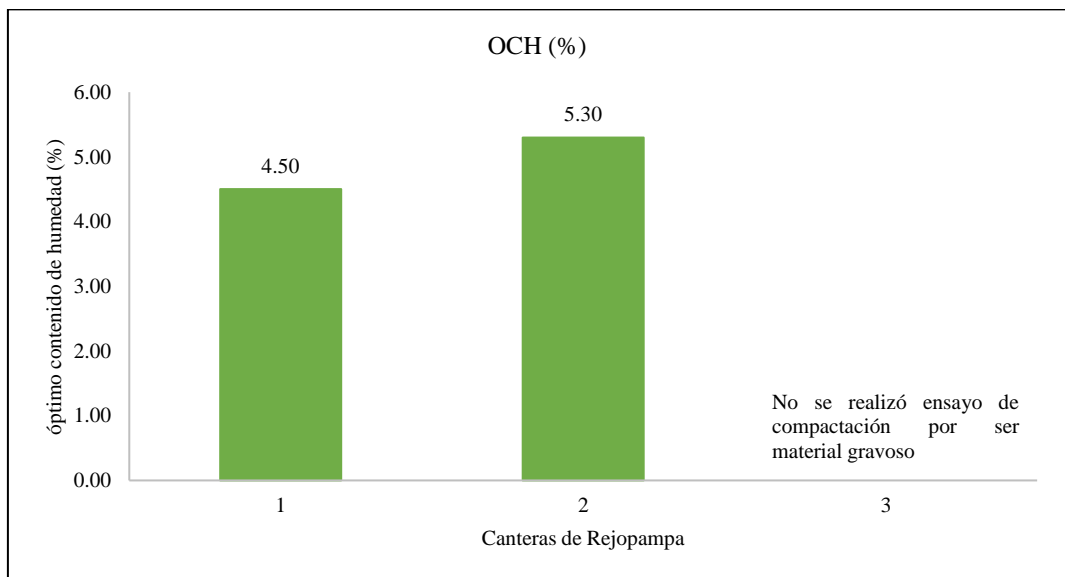
Máxima Densidad Seca de las Canteras de Rejopampa Alto



Nota: En la cantera Rejopampa 3 por ser material gravoso no se ha realizado el ensayo de compactación.

Figura 45

Óptimo Contenido de Humedad de las Canteras de Rejopampa Alto



Nota: En la cantera Rejopampa 3 por ser material gravoso no se ha realizado el ensayo de compactación.

4.1.1.7. Capacidad de soporte (CBR)

Los resultados del CBR fueron obtenidos al 100% y 95% de la máxima densidad seca (MDS) para las tres canteras de Rejopampa Alto. Ninguna de las canteras por sí sola cumple los requisitos para base granular. Sin embargo, Rejopampa 1 y 2 son viables como subbase, y la cantera 3 podría ser útil como componente de una mezcla.

Para el caso de la cantera Rejopampa 1, el valor de CBR al 100% MDS fue de 77.79%, ligeramente por debajo del mínimo requerido de 80% para su uso como base granular según la EG-2013. Esto indica que, aunque tiene buena capacidad de soporte, no alcanza el umbral técnico exigido para desempeñarse como base. Sin embargo, al 95% MDS, su valor fue de 54.34%, superando el mínimo de 40% requerido para subbase y/o afirmado.

La cantera Rejopampa 2 presentó comportamiento similar, con CBR de 73.88% al 100% MDS, también por debajo del estándar para base granular, y 42.45% al 95% MDS, apenas por encima del límite para subbase.

Por otro lado, la cantera Rejopampa 3 no fue sometida a la prueba CBR, ya que se trata de material predominantemente gravoso sin presencia de finos, lo cual impide su cohesión y compactación adecuada para realizar el ensayo bajo condiciones controladas.

Tabla 34

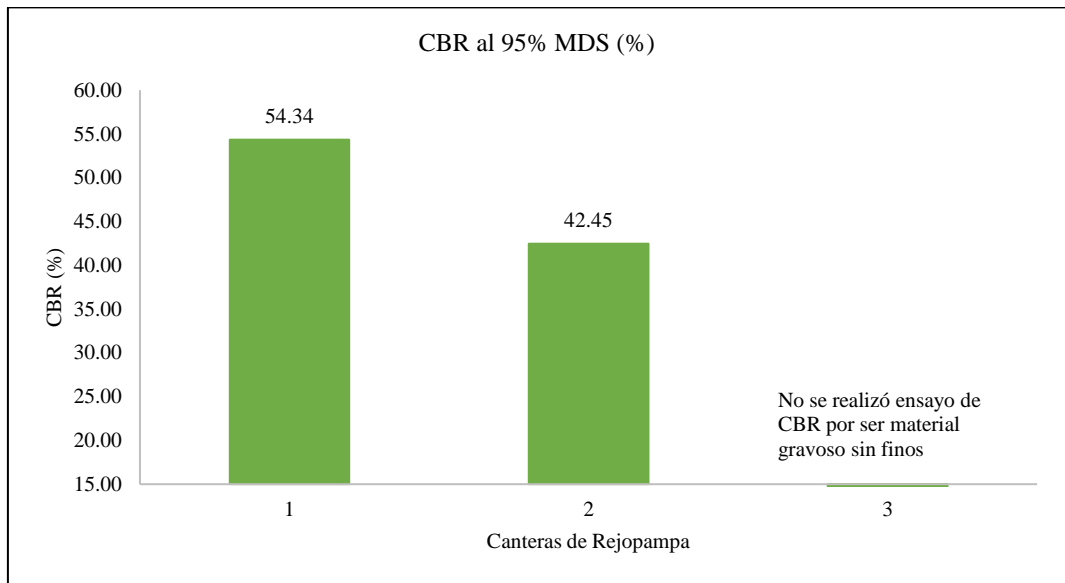
CBR del Material por sí solo de las Canteras de Rejopampa Alto

CBR (%)	Cantera			Requisitos de la EG-2013 (MTC, 2015)
	Rejopampa 1	Rejopampa 2	Rejopampa 3	
Al 100% MDS	77.79	73.88	0	80
Al 95% MDS	54.34	42.45	0	40

Nota: En la cantera Rejopampa 3 por ser material gravoso no se ha realizado el ensayo de compactación, ni CBR de laboratorio.

Figura 46

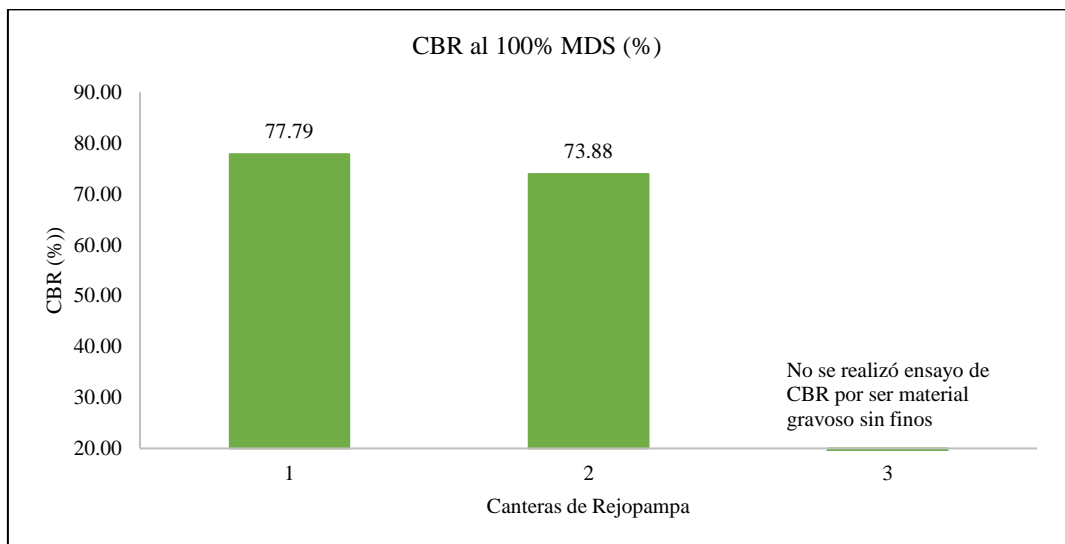
CBR al 95% MDS de las Canteras de Rejopampa Alto



Nota: En la cantera Rejopampa 3 por ser material gravoso no se ha realizado el ensayo de compactación, ni CBR de laboratorio.

Figura 47

CBR al 100% MDS de las Canteras de Rejopampa Alto



Nota: En la cantera Rejopampa 3 por ser material gravoso no se ha realizado el ensayo de compactación, ni CBR de laboratorio.

4.1.1.8.Desgaste por abrasión

Los resultados del ensayo de desgaste por abrasión muestran que las canteras Rejopampa 1 y Rejopampa 2 presentan valores de 26.60% y 26.40%, respectivamente, cumpliendo con el límite máximo de 50% establecido por la EG-2013, esto indica que ambos materiales poseen buena resistencia al desgaste. En contraste, la cantera Rejopampa 3 obtuvo 69.00%, excediendo ampliamente el valor permitido, lo que sugiere alta susceptibilidad a la degradación bajo cargas.

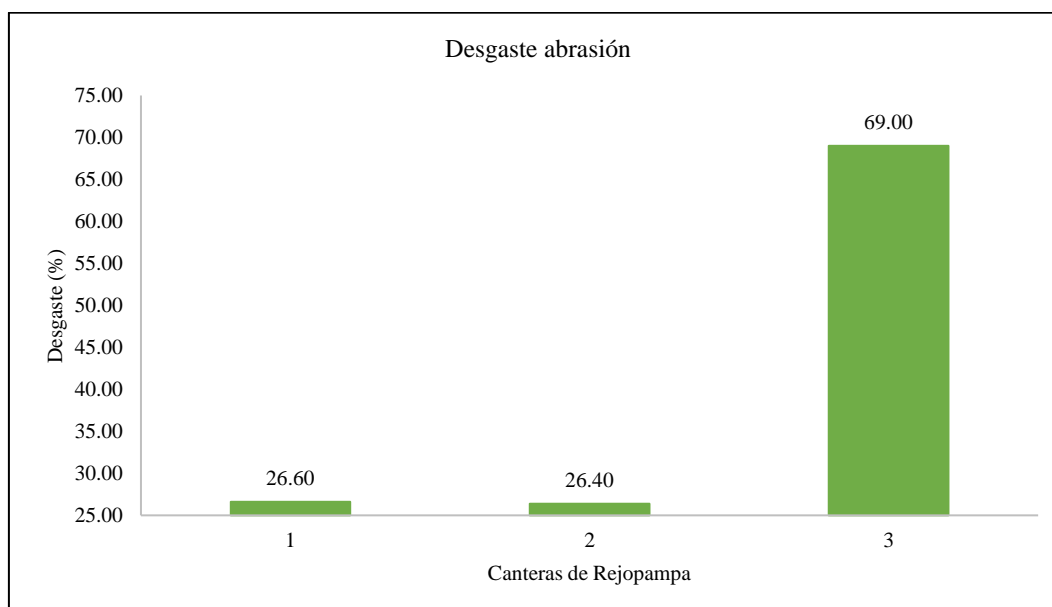
Tabla 35

Porcentaje de Desgaste de las Tres Canteras de Rejopampa Alto

N°	Cantera	Desgaste abrasión
1	Rejopampa 1	26.60
2	Rejopampa 2	26.40
3	Rejopampa 3	69.00

Figura 48

Desgaste por Abrasión de las Tres Canteras de Rejopampa Alto



4.1.2. *Propiedades físicas y mecánicas de las combinaciones*

Se analizaron tres combinaciones: la combinación 1 (85% Rejopampa 1 + 15% Rejopampa 3), la combinación 2 (70% Rejopampa 2 + 30% Rejopampa 3) y la combinación 3 (70% Rejopampa 1 + 30% Rejopampa 2), donde las tres cumplen con los requisitos para ser utilizadas como subbase granular, siendo la combinación 1 la única que cumple con el CBR requerido para base. No obstante, todas las combinaciones presentan deficiencias en el equivalente de arena, por lo que se recomienda considerar ajustes o tratamientos para mejorar la limpieza del material fino y asegurar un mejor comportamiento estructural en obra.

La combinación 1 destacó como la más favorable en términos generales. Cumplió con los requisitos granulométricos en los tamices N.º 4, N.º 10 y N.º 200, pero quedó ligeramente por debajo del mínimo permitido en el tamiz N.º 40, con 13.1% de material pasante (el mínimo exigido es 15%). En cuanto a sus propiedades plásticas, presentó límite líquido de 24.08% e índice de plasticidad de 5.98%, ambos dentro de los rangos permitidos para su uso como base granular. Asimismo, registró buena densidad seca máxima (2.26 g/cm³) y contenido óptimo de humedad de 4.8%. En lo que respecta a la capacidad de soporte, alcanzó CBR de 80.85% al 100% de MDS, cumpliendo con el mínimo requerido para bases, y CBR de 49.70% al 95% MDS, también dentro del valor exigido para subbases. Sin embargo, su equivalente de arena fue de 16.54%, muy por debajo del 25% requerido. Finalmente, su porcentaje de desgaste por abrasión fue de 28.4%, dentro del límite máximo permitido, reflejando adecuada resistencia mecánica. En conjunto, esta combinación es la más adecuada para emplearse como base granular, aunque sería recomendable mejorar su equivalente de arena.

La combinación 2 tiene buena distribución granulométrica, cumpliendo con los rangos establecidos en los tamices claves, salvo nuevamente en el tamiz N.º 40, donde obtuvo 14.1%, apenas por debajo del mínimo. Su límite líquido fue de 23.93%, adecuado para base, pero el índice de plasticidad alcanzó 6.40%, ligeramente superior al valor máximo de 6% permitido para base granular, pero sigue siendo aceptable para subbase y afirmado, donde el valor límite es 9%. El equivalente de arena fue de 17.23%, también insuficiente, lo cual implica presencia de finos no plásticos. Su densidad seca máxima fue de 2.24 g/cm³, y el contenido óptimo de humedad fue de 5.1%. Respecto al CBR, logró 79.76% al 100% MDS, quedando muy cerca del mínimo para base, y 52.98% al 95% MDS, valor suficiente para subbase. El desgaste por abrasión fue de 30.6%, lo cual es favorable. Esta combinación es adecuada para subbase, pero no para base.

Finalmente, la combinación 3 demostró granulometría equilibrada, cumpliendo con los límites en todos los tamices, incluido el tamiz N.º 40, con pasante de 23.3%. El límite líquido fue de 24.32%, dentro de los parámetros, pero su índice de plasticidad fue de 6.51%, levemente por encima del máximo permitido para base granular. Su equivalente de arena fue el más bajo de las tres combinaciones (14.3%), lo que representa una debilidad importante frente a los criterios técnicos. Presentó MDS de 2.23 g/cm³ y OCH de 5.1%, parámetros adecuados para compactación. El CBR fue de 76.79% al 100% MDS, lo cual no cumple con el requisito mínimo de 80% para base, pero al 95% MDS obtuvo 50.57%, valor aceptable para subbase. Su desgaste por abrasión fue de 26.8%, por debajo del límite normativo. En conjunto, esta combinación es apropiada para subbase, aunque presenta limitaciones para su uso como base debido al índice de plasticidad ligeramente elevado y su bajo equivalente de arena.

Tabla 36

Propiedades Físicas y Mecánicas de las Combinaciones

Propiedades	Combinación			Requisitos de la EG-2013 (MTC, 2015)
	1	2	3	
Cantera A	Rejopampa 1	Rejopampa 2	Rejopampa 1	
Cantera B	Rejopampa 3	Rejopampa 3	Rejopampa 2	
A	85%	70%	70%	
B	15%	30%	30%	
Humedad	15.35%	15.25%	15.35%	
Grava (%)	62.4	48.8	59.3	
Arena (%)	28.9	42.2	20.4	
Finos (%)	8.7	9.0	20.3	
Pasa N° 4 (%)	37.6	51.2	40.7	30-60%
Pasa N° 10 (%)	24.4	31.9	31.2	20-45%
Pasa N° 40 (%)	13.1	14.1	23.3	15-30%
Pasa N° 200 (%)	8.7	9.0	20.3	5-15%
LL (%)	24.08	23.93	24.32	Máx. 25%
LP (%)	18.10	17.53	17.81	
IP (%)	5.98	6.40	6.51	Máx. 6%
Equivalente de arena (%)	16.54	17.23	14.3	Mín. 25%
MDS (g/cm3)	2.26	2.24	2.23	
OCH (%)	4.80	5.10	5.10	
CBR al 100% MDS	80.85	79.76	76.79	Mín. 80% para base
CBR al 95% MDS	49.70	52.98	50.57	Mín. 40% para subbase
Desgaste (%)	28.4	30.6	26.8	Máx. 50%

Figura 49

Límite Líquido de las Combinaciones

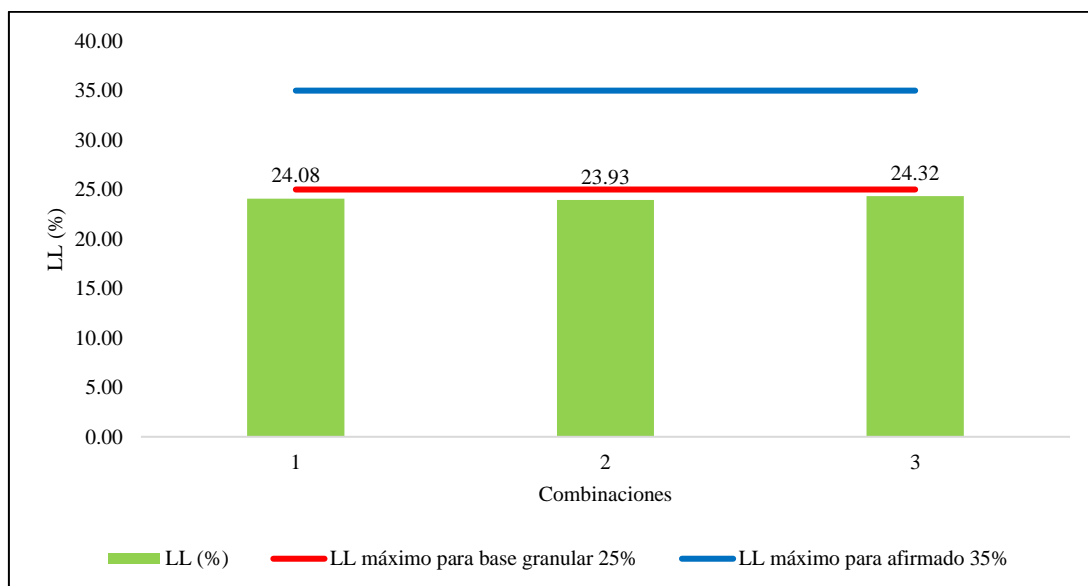


Figura 50

Índice de Plasticidad de las Combinaciones

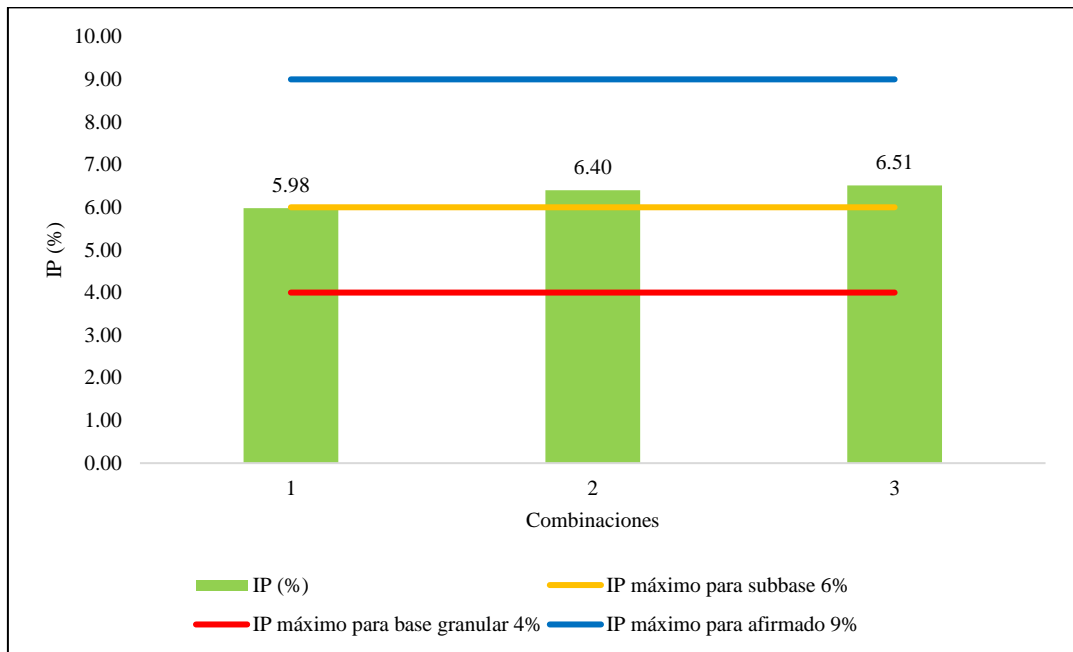


Figura 51

Equivalente de las Combinaciones

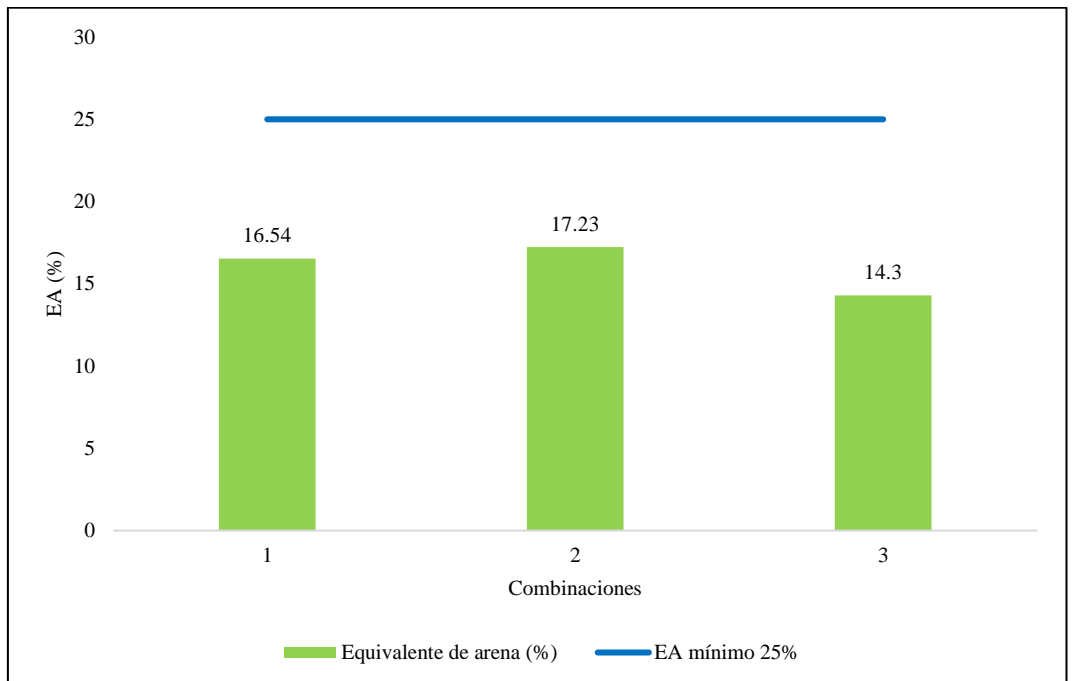


Figura 52

Porcentaje de Abrasión de las Combinaciones

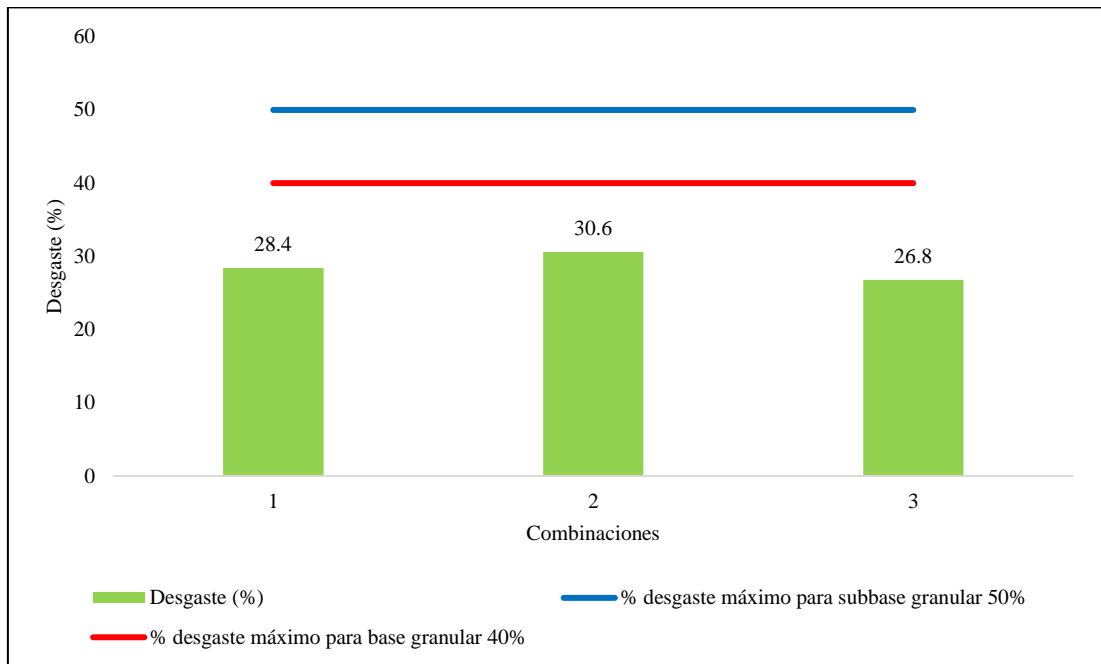
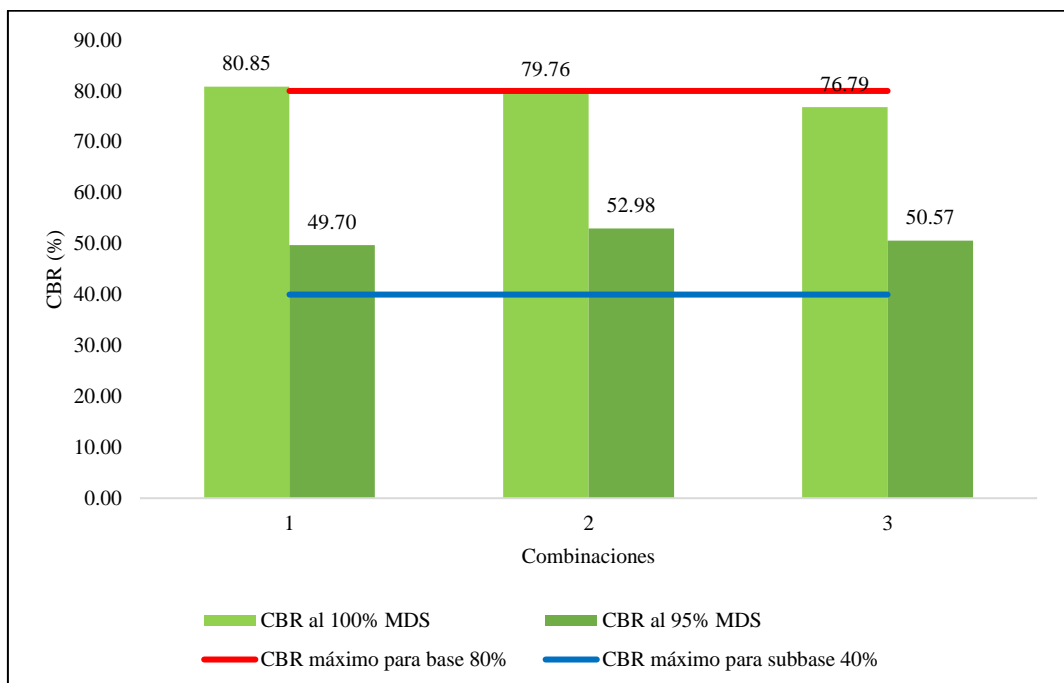


Figura 53

CBR de las Combinaciones



4.1.2.1. Granulometría

Todas las combinaciones se ajustan en su mayoría al huso B, solo la combinación 3 cumple con los requisitos en los tamices N.º 4, N.º 10 y N.º 40, pero excede el contenido de finos, mientras que las combinaciones 1 y 2 no alcanzan el mínimo en el tamiz N.º 40, lo que sugiere la necesidad de ajustes específicos para garantizar comportamiento óptimo como base granular.

La combinación 1 (85% Rejopampa 1 + 15% Rejopampa 3) cumple adecuadamente con los rangos permitidos en los tamices más representativos: N.º 4 (37.64%), N.º 10 (24.43%) y N.º 200 (8.73%). No obstante, no alcanza el mínimo exigido en el tamiz N.º 40, con porcentaje pasante de 13.10%, cuando el mínimo requerido es 15%. Esta ligera deficiencia podría corregirse con ajustes menores en la proporción óptima de materiales más finos.

La combinación 2 (70% Rejopampa 2 + 30% Rejopampa 3) ofrece gradación muy favorable, cumpliendo holgadamente con los límites exigidos en los tamices clave: N.º 4 (51.19%), N.º 10 (31.92%), N.º 40 (14.05%) y N.º 200 (8.96%). Aunque el valor en el tamiz N.º 40 también está por debajo del mínimo (15%), la diferencia es mínima y el resto de la curva se encuentra dentro del huso especificado, mostrando una buena distribución de partículas.

La combinación 3 (70% Rejopampa 1 + 30% Rejopampa 2) destaca por cumplir con todos los requisitos granulométricos establecidos por el huso B. Sus valores para los tamices N.º 4 (40.74%), N.º 10 (31.23%), N.º 40 (23.29%) y N.º 200 (20.34%) se ubican dentro de los rangos permitidos, salvo el tamiz N.º 200 que excede el límite superior de 15%, con un pasante de 20.34%, lo que indica una presencia excesiva de finos. Esto podría afectar negativamente la capacidad de drenaje y compactación del material.

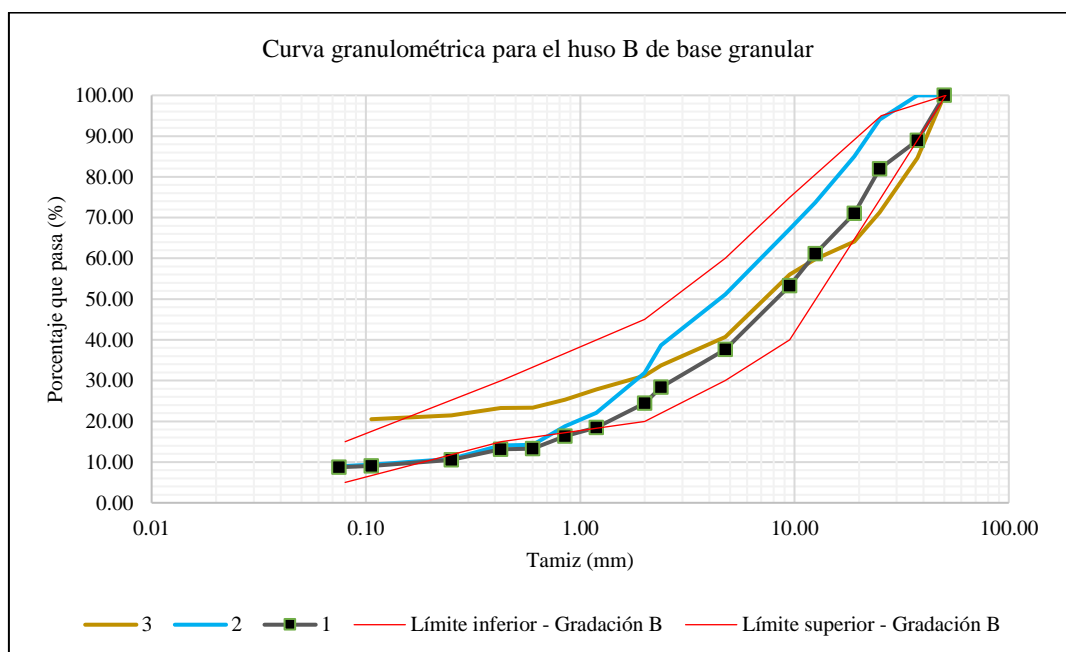
Tabla 37

Gradación de las Combinaciones de las Canteras de Rejopampa Alto

N°	Tamiz Abertura (mm) Cantera A Cantera B A B	Porcentaje que pasa (%) Combinación			Requisitos de la EG-2013 (MTC, 2015)	
		1	2	3	Límite inferior	Límite superior
		Rejopampa 1 Rejopampa 3	Rejopampa 2 Rejopampa 3	Rejopampa 1 Rejopampa 2		
		85% 15%	70% 30%	70% 30%		
3"	75.00	100.00	100.00	100.00		
2 1/2"	63.50	100.00	100.00	100.00		
2"	50.00	100.00	100.00	100.00	100	100
1 1/2"	37.50	88.95	100.00	84.63		
1"	25.00	81.97	94.03	71.26	75	95
3/4"	19.00	71.03	85.02	64.11		
1/2"	12.50	61.17	73.73	59.83		
3/8"	9.50	53.29	67.15	56.00	40	75
N° 4	4.75	37.64	51.19	40.74	30	60
N° 8	2.38	28.40	38.64	33.74		
N° 10	2.00	24.43	31.92	31.23	20	45
N° 16	1.19	18.48	22.12	27.80		
N° 20	0.85	16.38	18.76	25.31		
N° 30	0.60	13.27	14.19	23.37		
N° 40	0.43	13.10	14.05	23.29	15	30
N° 60	0.25	10.54	10.78	21.46		
N° 140	0.11	9.07	9.33	20.51		
N° 200	0.08	8.73	8.96	20.34	5	15

Figura 54

Curva Granulométrica para el Huso B de las Combinaciones



4.1.2.2. Contenido de humedad

Los resultados del contenido de humedad en las combinaciones muestran que las combinaciones 1 y 3 mantienen valor constante de 15.35%, sin variación respecto a sus componentes principales. En cambio, la combinación 2, que incorpora mayor porcentaje de Rejopampa 3 (30%), presenta ligera reducción de 0.65%, alcanzando valor de 15.25%. Esta diferencia sugiere que la inclusión de material gravoso de menor retención hídrica influye levemente en la humedad.

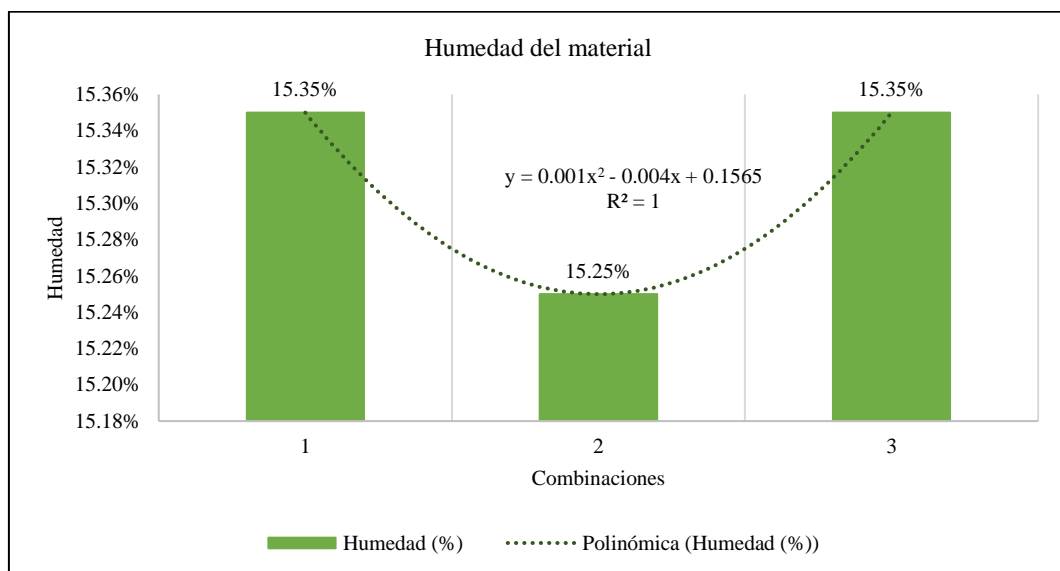
Tabla 38

Humedad del Material Granular de las Combinaciones

Combinación	Cantera A	Cantera B	A	B	Humedad	Porcentaje de reducción
1	Rejopampa 1	Rejopampa 3	85%	15%	15.35%	0.00%
2	Rejopampa 2	Rejopampa 3	70%	30%	15.25%	-0.65%
3	Rejopampa 1	Rejopampa 2	70%	30%	15.35%	0.00%

Figura 55

Humedad del Material Granular de las Combinaciones



4.1.2.3.Limite liquido

Los resultados del límite líquido (LL) de las combinaciones del material granular muestran comportamiento favorable respecto a los criterios establecidos por la EG-2013, que establece máximo de 25% para bases granulares. La combinación 1 (85% Rejopampa 1 y 15% Rejopampa 3) obtuvo valor de 24.08%, idéntico al del material principal (Rejopampa 1), por lo que no presentó variación significativa; esto indica que la adición de 15% de grava (Rejopampa 3) no altera la plasticidad del suelo base. La combinación 2 (70% Rejopampa 2 y 30% Rejopampa 3) alcanzó LL de 23.93%, lo que representa ligera disminución del 0.62% respecto al valor original de Rejopampa 2 (25.15%); esta reducción sugiere que el mayor contenido de material grueso no plástico (Rejopampa 3) contribuye a mejorar la condición plástica del material combinado, acercándolo aún más al estándar. La combinación 3 (70% Rejopampa 1 y 30% Rejopampa 2) tuvo LL de 24.32%, con incremento de 1.00% frente al valor original de Rejopampa 1; aunque se observa aumento, el valor se mantiene dentro del rango permitido, lo que demuestra que la mezcla conserva plasticidad adecuada para su uso en capas. Todas las combinaciones cumplen con el límite máximo de 25%, reflejando buena compatibilidad entre los materiales combinados en términos de plasticidad.

Tabla 39

Limite liquido de las Combinaciones

Combinación	Cantera A	Cantera B	A	B	LL (%)	Porcentaje de reducción
1	Rejopampa 1	Rejopampa 3	85%	15%	24.08	0.00%
2	Rejopampa 2	Rejopampa 3	70%	30%	23.93	-0.62%
3	Rejopampa 1	Rejopampa 2	70%	30%	24.32	1.00%

Figura 56

Curva de Fluides de las Combinaciones

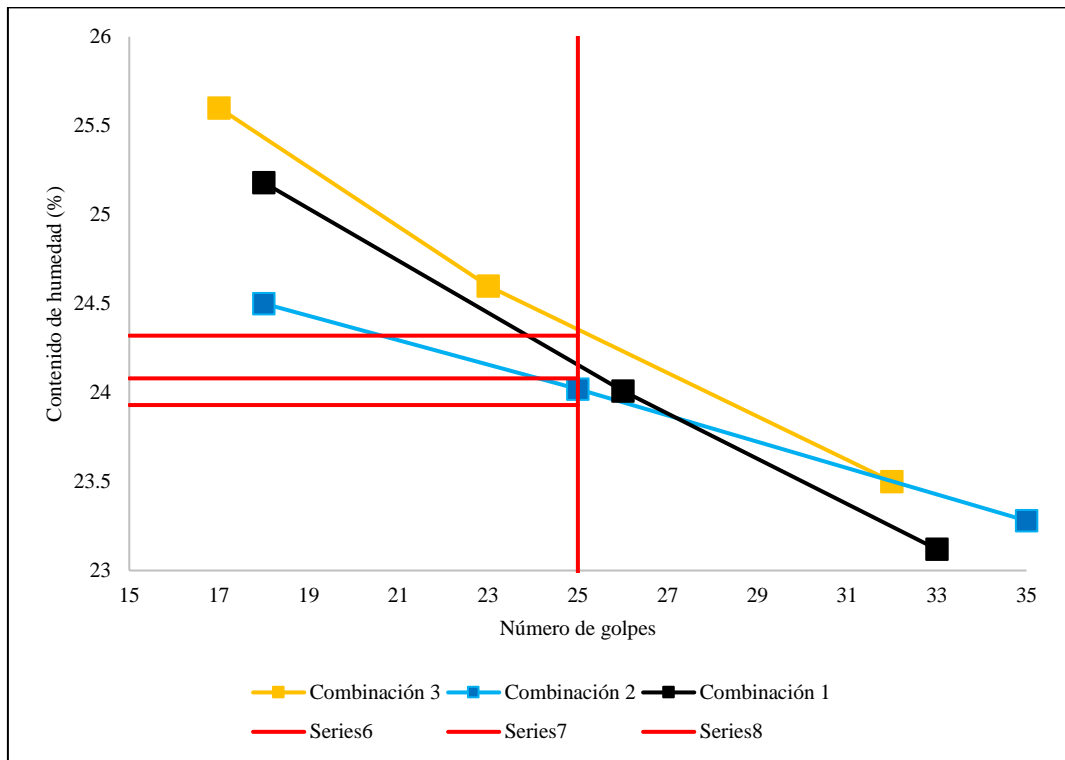
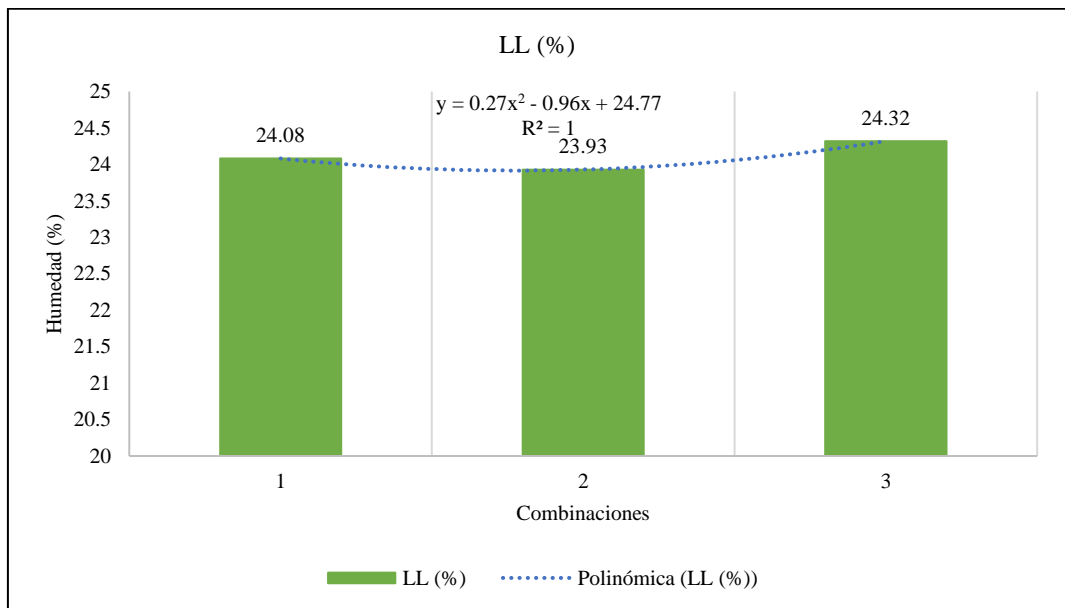


Figura 57

Límite Líquido de las Combinaciones



4.1.2.4. Límite plástico

La combinación 1 (85% Rejopampa 1 y 15% Rejopampa 3) presentó el valor más alto con 18.10%, sin variación respecto al material principal. La combinación 2 (70% Rejopampa 2 y 30% Rejopampa 3) registró LP de 17.53%, con leve disminución del 3.15%, mientras que la combinación 3 (70% Rejopampa 1 y 30% Rejopampa 2) obtuvo 17.81%, con reducción del 1.60%. Por tanto, el aporte del material de Rejopampa 3, al no ser plástico, contribuye a moderar ligeramente este parámetro.

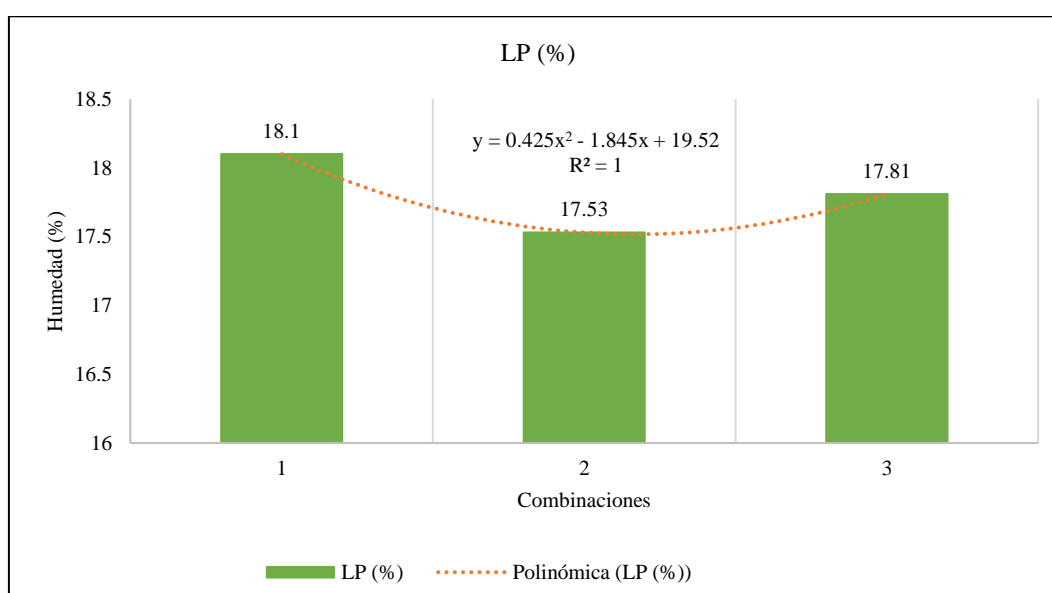
Tabla 40

Límite Plástico de las Combinaciones

Combinación	Cantera A	Cantera B	A	B	LP (%)	Porcentaje de incremento
1	Rejopampa 1	Rejopampa 3	85%	15%	18.1	0.00%
2	Rejopampa 2	Rejopampa 3	70%	30%	17.53	-3.15%
3	Rejopampa 1	Rejopampa 2	70%	30%	17.81	-1.60%

Figura 58

Limite plástico de las Combinaciones



4.1.2.5. Índice de plasticidad

La combinación 1 (85% Rejopampa 1 y 15% Rejopampa 3) obtuvo IP de 5.98%, cumpliendo con el máximo permitido de 6% según la EG-2013 para uso en base granular. Las combinaciones 2 (70% Rejopampa 2 y 30% Rejopampa 3) y 3 (70% Rejopampa 1 y 30% Rejopampa 2) presentaron IP de 6.40% y 6.51%, respectivamente, superando ligeramente el límite establecido; sin embargo, ambas reflejan reducción del IP, con mejora del 7.02% y 8.86% respectivamente. Aunque no aptas como base granular, serían apropiadas para subbase o afirmado.

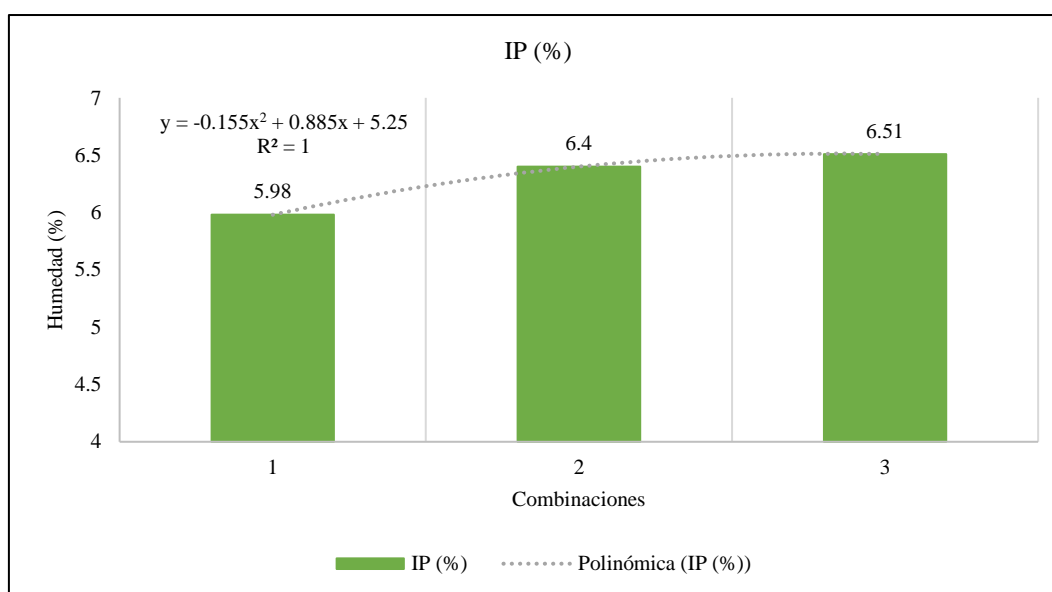
Tabla 41

Índice de Plasticidad de las Combinaciones

Combinación	Cantera A	Cantera B	A	B	IP (%)	Porcentaje de reducción
1	Rejopampa 1	Rejopampa 3	85%	15%	5.98	0.00%
2	Rejopampa 2	Rejopampa 3	70%	30%	6.40	7.02%
3	Rejopampa 1	Rejopampa 2	70%	30%	6.51	8.86%

Figura 59

Índice de Plasticidad de las Combinaciones



4.1.2.6. Equivalente de arena

El equivalente de arena indica que ninguna de las combinaciones alcanza el mínimo del 25% exigido por la EG-2013. La combinación 2 (70% Rejopampa 2 y 30% Rejopampa 3) obtuvo el mejor desempeño con 17.23%. La combinación 1 (85% Rejopampa 1 y 15% Rejopampa 3) mantiene su valor en 16.54%, sin variación. En cambio, la combinación 3 (70% Rejopampa 1 y 30% Rejopampa 2) mostró el peor desempeño, con 14.30%, lo que representa reducción del 13.54%. Estos resultados reflejan baja limpieza del material fino en todas las mezclas.

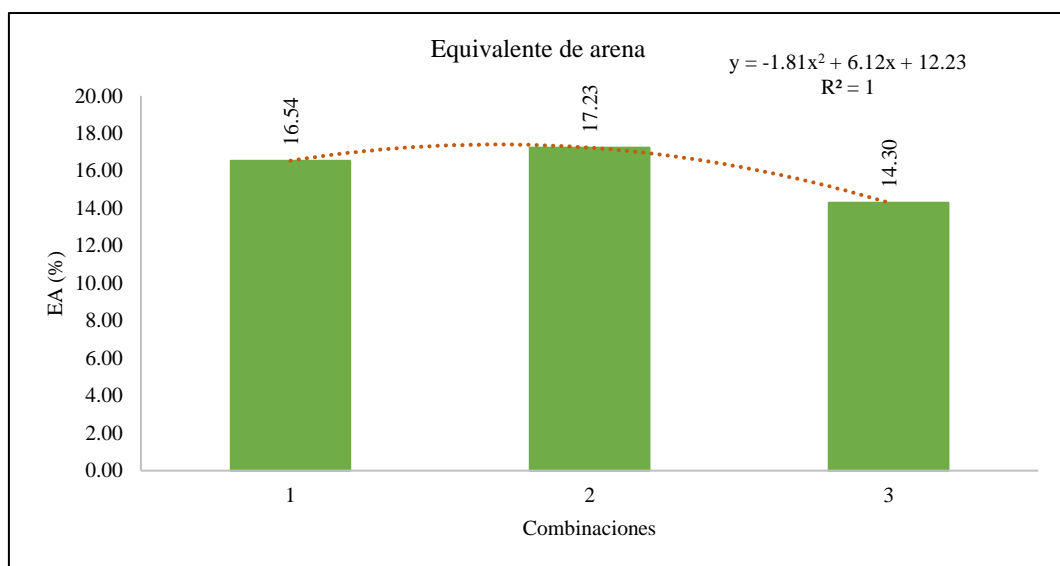
Tabla 42

Equivalente de Arena de las Combinaciones

Combinación	Cantera A	Cantera B	A	B	Equivalente de arena	Porcentaje de reducción o aumento
1	Rejopampa 1	Rejopampa 3	85%	15%	16.54	0.00%
2	Rejopampa 2	Rejopampa 3	70%	30%	17.23	4.17%
3	Rejopampa 1	Rejopampa 2	70%	30%	14.30	-13.54%

Figura 60

Equivalente de arena de las Combinaciones



4.1.2.7. Compactación: óptimo contenido de humedad y máxima densidad seca

Los resultados de compactación de las combinaciones del material granular de las canteras de Rejopampa Alto evidencian un desempeño aceptable, con ligeras variaciones en la máxima densidad seca (MDS) y el óptimo contenido de humedad (OCH). La combinación 1 (85% Rejopampa 1 y 15% Rejopampa 3) presentó la mayor MDS con 2.26 g/cm³ y el valor más bajo de OCH con 4.8%, lo que indica una buena compactabilidad y eficiencia volumétrica. En la combinación 2 (70% Rejopampa 2 y 30% Rejopampa 3), la MDS se redujo ligeramente a 2.24 g/cm³ (-0.88%), mientras que el OCH aumentó a 5.1%, lo que puede implicar una mayor demanda de humedad para lograr la compactación ideal. De forma similar, la combinación 3 (70% Rejopampa 1 y 30% Rejopampa 2) mostró la menor MDS con 2.23 g/cm³ (-1.33%) y el mismo OCH de 5.1%, con un aumento del 6.25%. Estas diferencias muestran cómo la proporción y tipo de materiales influyen en la densidad lograda y en la cantidad de agua requerida para una adecuada compactación.

Tabla 43

Compactación del Material Granular de las Canteras y Combinaciones

Compactación	Combinación		
	1	2	3
Cantera A	Rejopampa 1	Rejopampa 2	Rejopampa 1
Cantera B	Rejopampa 3	Rejopampa 3	Rejopampa 2
A	85%	70%	70%
B	15%	30%	30%
MDS (g/cm ³)	2.26	2.24	2.23
OCH (%)	4.8	5.1	5.1

Tabla 44*Máxima Densidad Seca de las Canteras y Combinaciones*

Combinación	Cantera A	Cantera B	A	B	MDS (%)	Porcentaje de aumento
1	Rejopampa 1	Rejopampa 3	85%	15%	2.26	0.00%
2	Rejopampa 2	Rejopampa 3	70%	30%	2.24	-0.88%
3	Rejopampa 1	Rejopampa 2	70%	30%	2.23	-1.33%

Tabla 45*Óptimo Contenido de Humedad de las Canteras y Combinaciones*

Combinación	Cantera A	Cantera B	A	B	OCH (%)	Porcentaje de reducción
1	Rejopampa 1	Rejopampa 3	85%	15%	4.80	0.00%
2	Rejopampa 2	Rejopampa 3	70%	30%	5.10	6.25%
3	Rejopampa 1	Rejopampa 2	70%	30%	5.10	6.25%

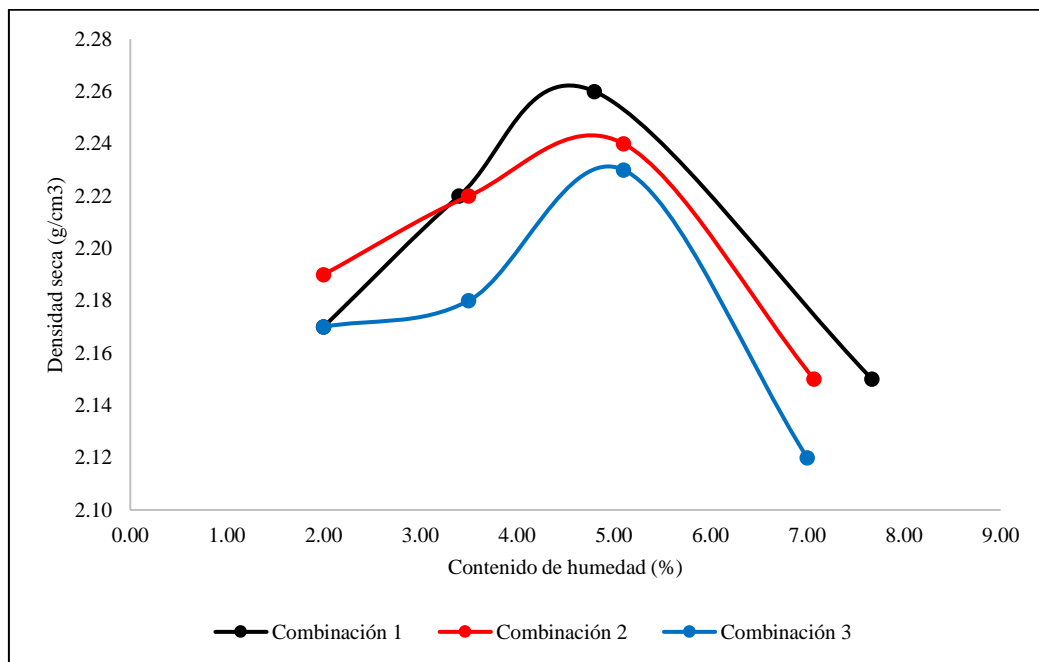
Figura 61*Curva de Compactación de las Canteras y Combinaciones*

Figura 62

Máxima Densidad Seca de las Canteras y Combinaciones

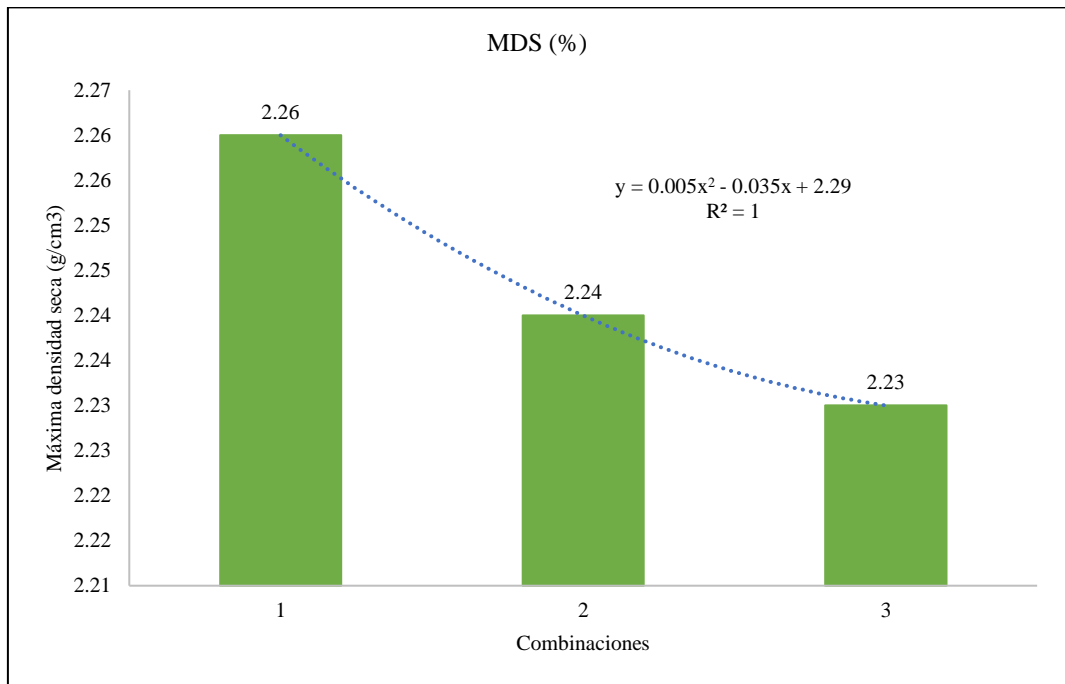
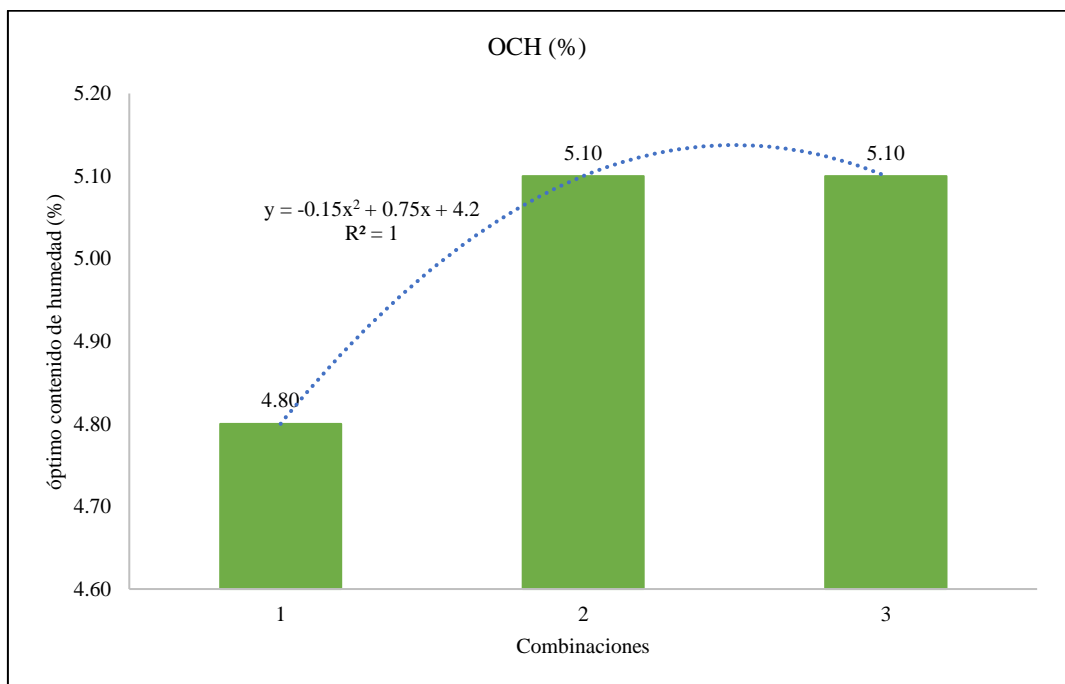


Figura 63

Óptimo Contenido de Humedad de las Canteras y Combinaciones



4.1.2.8.Capacidad de soporte (CBR)

La combinación 1, compuesta por 85% de Rejopampa 1 y 15% de Rejopampa 3, fue la única que alcanzó y superó el valor mínimo exigido para base granular, registrando CBR de 80.85% al 100% de MDS, cumpliendo así con el umbral de 80%. Al 95% de MDS, obtuvo CBR de 49.70%, superando también el mínimo requerido de 40% para subbase, lo que indica desempeño adecuado tanto como base como subbase, sin necesidad de ajustes adicionales.

En la combinación 2 (70% Rejopampa 2 y 30% Rejopampa 3), el CBR al 100% MDS fue de 79.76%, apenas por debajo del límite mínimo requerido para base (80%), con leve diferencia de -1.35%. No obstante, al 95% de MDS, esta mezcla mostró el mayor CBR entre las tres combinaciones, con 52.98%, lo que representa incremento del 6.60% respecto a la combinación 1. Este resultado indica que, si bien no cumple estrictamente como base, es una opción óptima para subbase granular debido a su alta capacidad de soporte en condiciones más realistas de compactación (95% MDS).

Por su parte, la combinación 3 (70% Rejopampa 1 y 30% Rejopampa 2) obtuvo CBR de 76.79% al 100% MDS, con disminución del 5.02% respecto a la combinación 1, lo que la deja por debajo del requisito para base granular. Sin embargo, al 95% de MDS logró CBR de 50.57%, superando el mínimo requerido para subbase y registrando aumento del 1.75% respecto a la combinación 1 en esta condición.

Por tanto, la combinación 1 es la única apta como base granular, mientras que las combinaciones 2 y 3, aunque no alcanzan el CBR requerido al 100% MDS, son viables como subbase debido a sus buenos resultados al 95% MDS. La

combinación 2 destaca especialmente por ofrecer la mejor capacidad de soporte como subbase, siendo la más favorable si se prioriza este nivel estructural.

Tabla 46

Capacidad de Soporte de las Canteras y Combinaciones

CBR (%)	Combinación			Requisitos de la EG-2013 (MTC, 2015)
	1	2	3	
Cantera A	Rejopampa 1	Rejopampa 2	Rejopampa 1	
Cantera B	Rejopampa 3	Rejopampa 3	Rejopampa 2	
A	85%	70%	70%	
B	15%	30%	30%	
Al 100% MDS	80.85	79.76	76.79	80
Al 95% MDS	49.7	52.98	50.57	40

Tabla 47

CBR al 95% MDS de las Canteras y Combinaciones

Combinación	Cantera A	Cantera B	A	B	CBR al 95% MDS (%)	Porcentaje de aumento
1	Rejopampa 1	Rejopampa 3	85%	15%	49.70	0.00%
2	Rejopampa 2	Rejopampa 3	70%	30%	52.98	6.60%
3	Rejopampa 1	Rejopampa 2	70%	30%	50.57	1.75%

Tabla 48

CBR al 100% de las Canteras y Combinaciones

Combinación	Cantera A	Cantera B	A	B	CBR al 100% MDS (%)	Porcentaje de aumento
1	Rejopampa 1	Rejopampa 3	85%	15%	80.85	0.00%
2	Rejopampa 2	Rejopampa 3	70%	30%	79.76	-1.35%
3	Rejopampa 1	Rejopampa 2	70%	30%	76.79	-5.02%

Figura 64

CBR al 95% MDS de las Canteras y Combinaciones

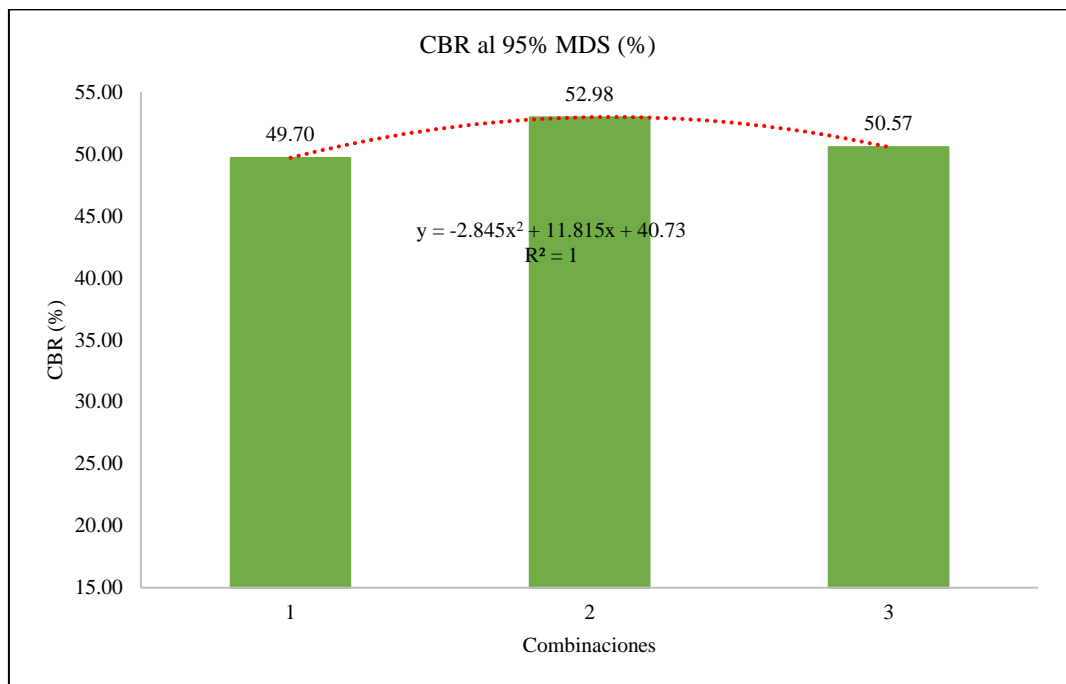
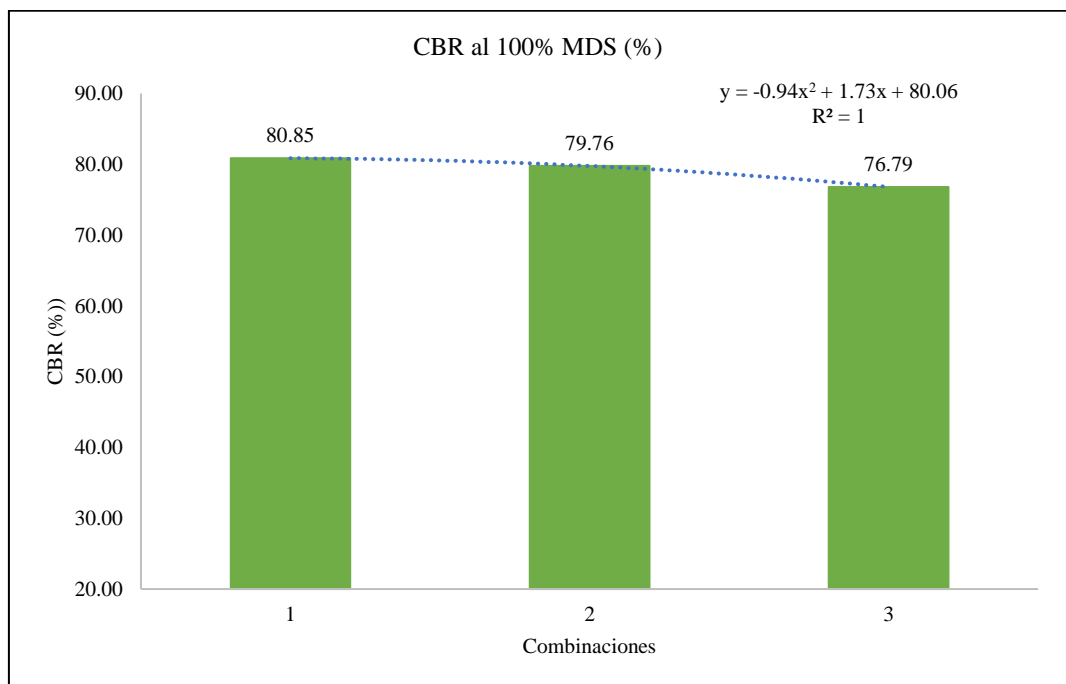


Figura 65

CBR al 100% de las Canteras y Combinaciones



4.1.2.9. Desgaste por abrasión

Los resultados del ensayo de desgaste por abrasión de las combinaciones del material granular de las canteras de Rejopampa Alto muestran que todas las mezclas cumplen con el requisito de la EG-2013, que establece máximo del 50% de desgaste. La combinación 1 presentó desgaste de 28.40%, que sirve como referencia base. La combinación 2 tuvo ligero incremento hasta 30.60%, dentro del rango aceptable. Finalmente, la combinación 3 mostró el mejor comportamiento frente al desgaste, con valor de 26.80%.

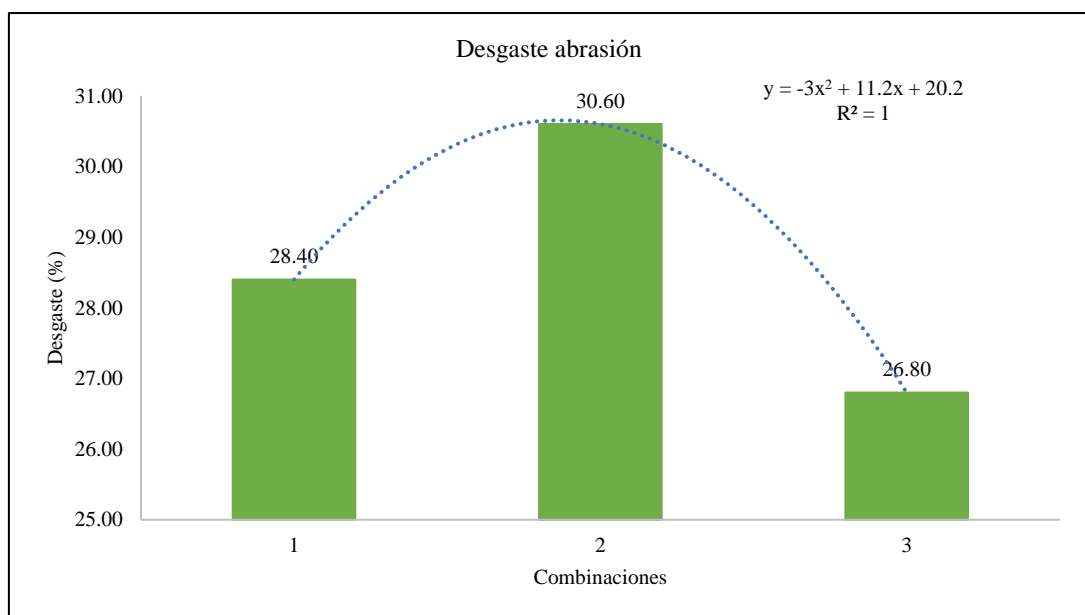
Tabla 49

Desgaste por Abrasión de las Canteras y Combinaciones

Combinación	Cantera A	Cantera B	A	B	Desgaste abrasión	Porcentaje de aumento
1	Rejopampa 1	Rejopampa 3	85%	15%	28.40	0.00%
2	Rejopampa 2	Rejopampa 3	70%	30%	30.60	7.75%
3	Rejopampa 1	Rejopampa 2	70%	30%	26.80	-5.63%

Figura 66

Desgaste por Abrasión de las Canteras y Combinaciones



4.1.3. Comparación de las propiedades físicas y mecánicas

La combinación 1 (85% R1 + 15% R3) es la más equilibrada, alcanzando cumplimiento en granulometría, IP, CBR y desgaste, lo cual la convierte en la opción óptima para base granular conforme a la EG-2013. Su bajo contenido de R3 permite aprovechar su resistencia sin arrastrar sus debilidades (alto desgaste y granulometría fina). Las otras combinaciones podrían ser aptas para subbase, pero no garantizan la misma confiabilidad estructural como base. La combinación 2 (70% R2 + 30% R3) mejora significativamente el IP, EA y CBR, aunque sin llegar al valor mínimo para base, lo que la hace apta como subbase reforzada. Y la combinación 3 (70% R1 + 30% R2), al no incluir R3, presenta problemas de IP y sobrepaso de finos, lo que limita su uso a subbase.

El análisis detallado de los porcentajes de mejora o deterioro de cada propiedad entre las combinaciones y sus canteras permite concluir que la combinación 1 es la más balanceada y eficiente. Esta mezcla logra mejorar prácticamente todas las propiedades, especialmente en granulometría, plasticidad, soporte (CBR) y desgaste, cumpliendo con todos los criterios de la EG-2013. Combinación 2 también ofrece resultados positivos y destaca en soporte y equivalente de arena, aunque algunas propiedades aún la limitan para uso como base. Por su parte, combinación 3 mejora algunas características, pero otras, como el equivalente de arena y contenido de finos, muestran deterioro, lo que reduce su potencial para usos estructurales superiores. En resumen, una proporción adecuada en la mezcla permite corregir deficiencias críticas y lograr un material granular técnicamente apto para mantenimiento vial.

4.1.3.1. Humedad:

Las tres canteras presentan contenidos similares de humedad (15.25%–15.35%), y las combinaciones mantienen esta constancia. La variación es mínima ($\pm 0.65\%$), lo cual indica que el porcentaje de mezcla entre los materiales no afecta significativamente la higroscopicidad del conjunto.

4.1.3.2. Granulometría:

Las canteras por sí solas presentan limitaciones importantes en cuanto a la distribución granulométrica. Rejopampa 1 y Rejopampa 2 superan el límite máximo permitido de material fino pasando por el tamiz N° 200 (19.9% y 12.0%, respectivamente), mientras que Rejopampa 3 presenta un perfil aún más crítico, con un contenido excesivo de material fino pasando por los tamices N° 4 (91.8%) y N° 10 (62.4%), incumpliendo ampliamente los requisitos de la EG-2013. Sin embargo, al analizar las combinaciones, se evidencia una mejora significativa en la gradación del material. La combinación 1 (85% Rejopampa 1 + 15% Rejopampa 3) logra reducir el contenido de pasa N° 200 hasta 8.73%, ubicándolo dentro del rango normativo, al igual que la combinación 2 (70% Rejopampa 2 + 30% Rejopampa 3) con 8.96%. Esto se debe a la influencia positiva de Rejopampa 3, que, aunque deficiente por sí sola, diluye la proporción de finos cuando se incorpora en cantidades controladas. En contraste, la combinación 3 (70% Rejopampa 1 + 30% Rejopampa 2), al no contener material corrector, incrementa el porcentaje de pasa N° 200 a 20.34%, superando el límite y reflejando que la suma de materiales de alto contenido plástico sin control puede resultar contraproducente.

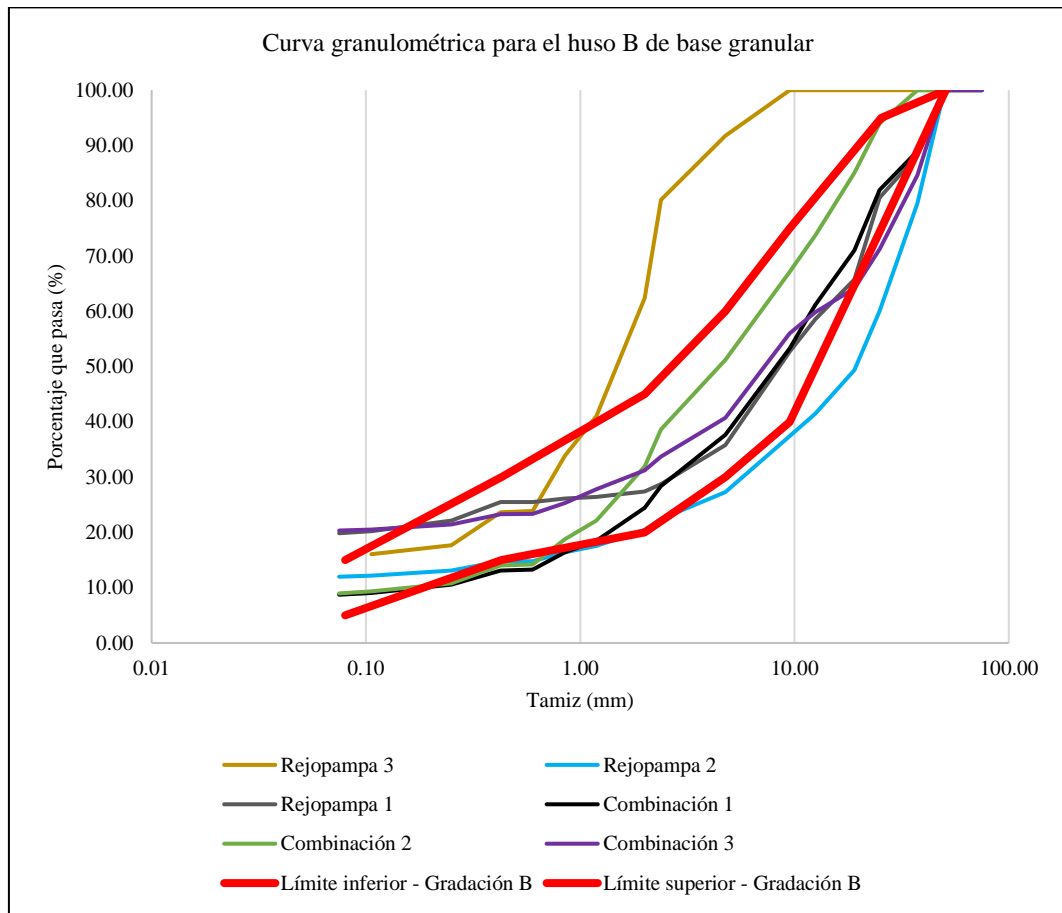
Las canteras evaluadas presentan comportamientos distintos en cuanto a distribución granulométrica. Rejopampa 1 y Rejopampa 2 superan los valores permitidos de material fino que pasa el tamiz N° 200, con 19.9% y 12.0%

respectivamente, mientras que Rejopampa 3 presenta un perfil crítico con un 91.8% en el tamiz N° 4, 62.4% en el N° 10 y 14.9% en el N° 200, lo cual la descarta como material base sin corrección. Al observar la combinación 1 (85% Rejopampa 1 + 15% Rejopampa 3), se evidencia una reducción significativa del material fino, con un -127.38% de reducción respecto a Rejopampa 1, y -71.02% en relación a Rejopampa 3. Combinación 2 (70% Rejopampa 2 + 30% Rejopampa 3) muestra también un cambio positivo, reduciendo el pasa N° 200 en -33.71% comparado con Rejopampa 2 y -66.63% respecto a Rejopampa 3. Sin embargo, la combinación 3 (70% Rejopampa 1 + 30% Rejopampa 2), al no incluir el material corrector, aumenta el contenido de finos en +2.41% respecto a Rejopampa 1 y +41.10% respecto a Rejopampa 2, sobrepasando el límite del 15%.

En cuanto al porcentaje de grava, la combinación 1 presenta ligera disminución de -2.97% respecto a Rejopampa 1, pero aumento de +86.80% si se compara con Rejopampa 3. En combinación 2 se observa una caída significativa de -31.55% y -48.99% frente a Rejopampa 1 y 2 respectivamente, pero un aumento de +83.14% comparado con Rejopampa 3. Combinación 3 mantiene un comportamiento intermedio, con -8.35% respecto a Rejopampa 1 y -22.71% respecto a Rejopampa 2. Este patrón se repite en los tamices intermedios (N° 4, 10 y 40), donde todas las combinaciones muestran mejoras respecto a Rejopampa 3, con reducciones extremas en pasa N° 4: -143.81% (combinación 1), -79.27% (combinación 2) y -125.26% (combinación 3). Estas mejoras reflejan la efectividad de las combinaciones para corregir los excesos granulométricos de R3.

Figura 67

Verificación de la Granulometría Huso B



4.1.3.3. Consistencia (LL, LP e IP):

En cuanto al límite líquido (LL), todas las canteras y combinaciones se encuentran dentro del máximo permitido (25%). La influencia positiva de Rejopampa 3, que tiene LL de 0%, se nota principalmente en combinación 1 (24.08%) y combinación 2 (23.93%), mientras que combinación 3, al no incorporar R3, muestra leve aumento a 24.32%. En términos del índice de plasticidad (IP), Rejopampa 1 (7.46%) y 2 (6.81%) por sí solas no cumplen o apenas cumplen con el máximo de 6%. Gracias al efecto no plástico de Rejopampa 3, las combinaciones reducen estos valores, destacando combinación 1 (5.98%), la única que cumple estrictamente con la norma. Las combinaciones 2 y 3 se

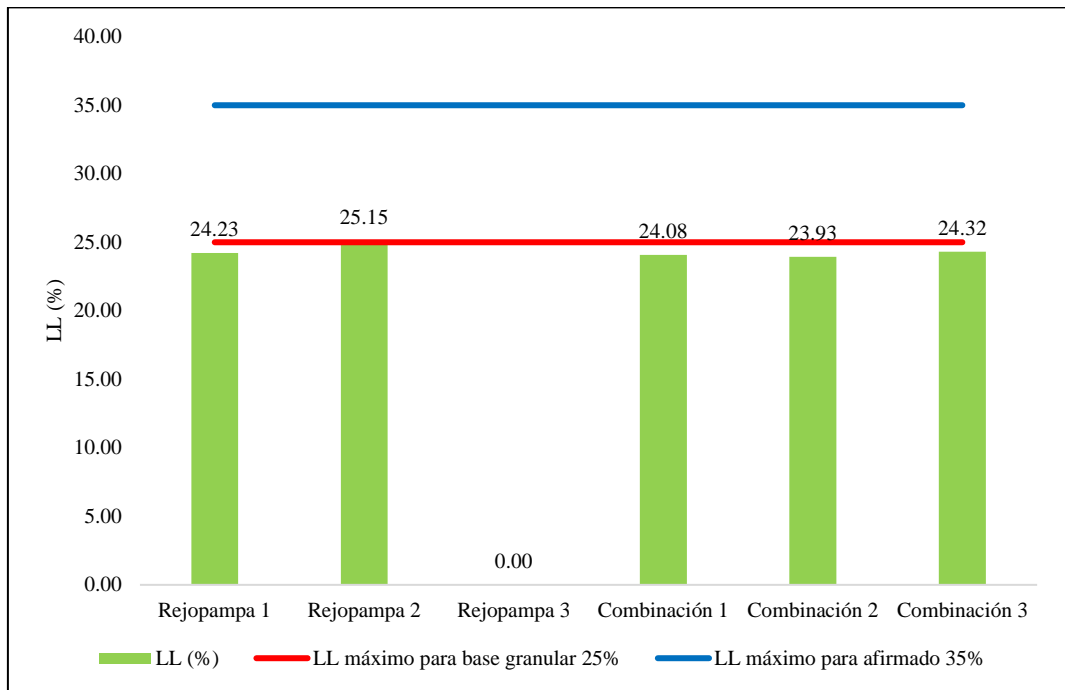
acercan, pero aún superan ligeramente el límite (6.4% y 6.51%). Estos resultados confirman que una pequeña proporción de material no plástico puede corregir eficazmente el comportamiento de la mezcla.

Respecto al límite líquido (LL), todas las combinaciones se mantienen dentro del rango permitido (máx. 25%). La combinación 1 presenta una reducción de -0.62% respecto a Rejopampa 1 y -4.44% frente a Rejopampa 2. En la combinación 2, los descensos son mayores: -1.25% (vs. R1) y -5.10% (vs. R2). En la combinación 3, el LL es estable con variaciones mínimas de $\pm 1\%$. Este control también se evidencia en el límite plástico (LP), donde las combinaciones tienden a mantener o disminuir ligeramente sus valores frente a las canteras base.

El índice de plasticidad (IP) es donde más se percibe el impacto de la mezcla con Rejopampa 3. La combinación 1 logra una reducción de -24.75% respecto a Rejopampa 1 y -13.88% frente a Rejopampa 2. Combinación 2 muestra reducciones similares de -16.56% (vs. R1) y -6.41% (vs. R2). En combinación 3, la disminución es menos marcada (-14.59% vs. R1), lo cual evidencia que sin la participación de R3, la capacidad de corrección en plasticidad es limitada. Cabe señalar que, aunque el IP de la combinación 3 sigue ligeramente por encima del límite (6.51%), representa una mejora en relación con las canteras por separado.

Figura 68

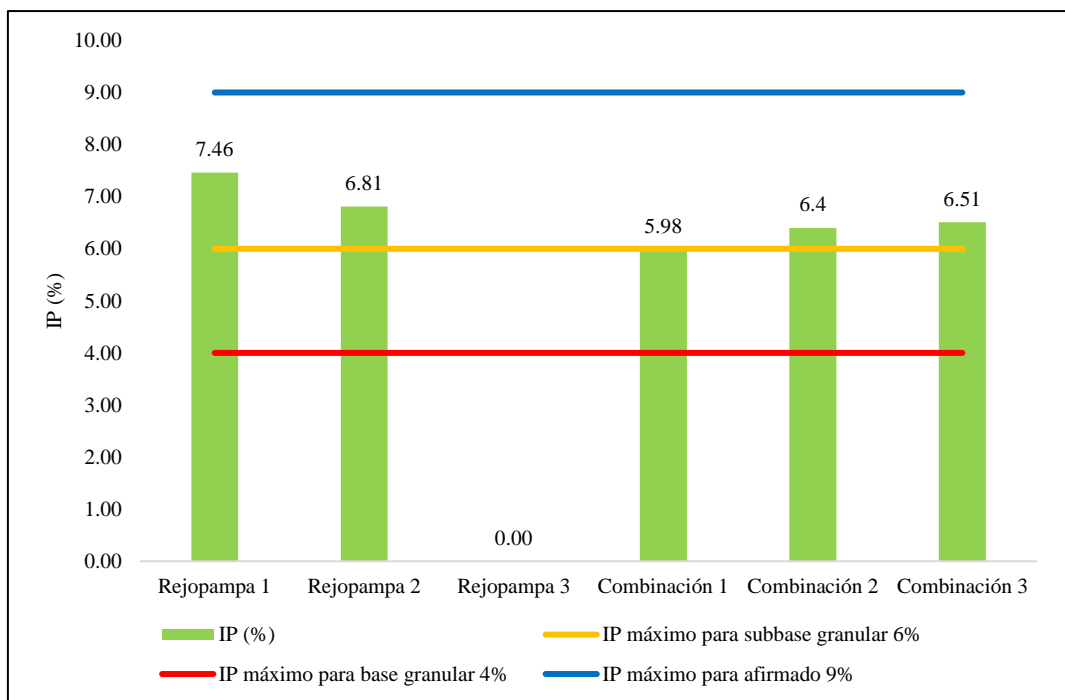
Verificación del Límite Líquido del Material Granular



Nota: En la cantera Rejopampa 3 por ser material gravoso no tiene límite líquido.

Figura 69

Verificación del Índice de Plasticidad del Material Granular



Nota: En la cantera Rejopampa 3 por ser material gravoso no tiene índice de plasticidad.

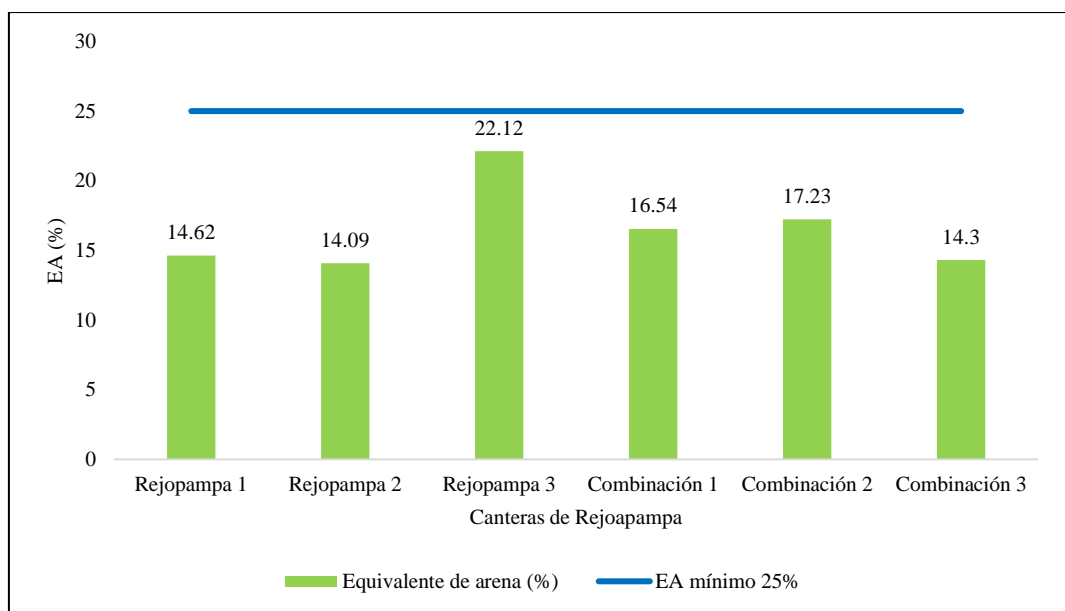
4.1.3.4. Equivalente de arena (EA):

Ninguna de las canteras ni combinaciones cumple con el mínimo exigido de 25%. No obstante, se observa que la inclusión de Rejopampa 3, con el mayor EA individual (22.12%), favorece una ligera mejora en las combinaciones 1 y 2. Combinación 2 (70% R2 + 30% R3) alcanza el valor más alto con 17.23%, aunque sigue por debajo del estándar. Esto sugiere que, si bien Rejopampa 3 mejora la limpieza relativa del material, no es suficiente para cumplir el requisito, lo que podría condicionar la durabilidad estructural.

Sin embargo, las mejoras relativas son notorias: combinación 1 incrementa el equivalente de arena en +11.61% respecto a Rejopampa 1 y +14.81% frente a Rejopampa 2. Combinación 2 también mejora (+15.15% y +18.22%), siendo esta la de mejor desempeño. Por el contrario, combinación 3 muestra un descenso frente a Rejopampa 1 (-2.24%) y un leve aumento frente a Rejopampa 2 (+1.47%), reflejando que sin R3 en la mezcla, esta propiedad se mantiene limitada.

Figura 70

Verificación del Equivalente de Arena del Material Granular



4.1.3.5.Compactación (MDS y OCH):

Rejopampa 1 presenta la mayor densidad seca máxima (2.25 g/cm³). Esta propiedad se conserva e incluso mejora ligeramente en combinación 1 (2.26 g/cm³), que mantiene la mayor proporción de este material. En cambio, las combinaciones 2 y 3, al tener mayor contenido de Rejopampa 2 y/o menor participación de R1, presentan leves reducciones en MDS (2.24 y 2.23 g/cm³). Respecto al óptimo contenido de humedad (OCH), todos los valores se encuentran dentro de rangos adecuados para compactación en obra. La mezcla no ha alterado significativamente esta propiedad.

En cuanto a la densidad seca máxima (MDS), los cambios son pequeños pero positivos en la mayoría de los casos. La combinación 1 aumenta un +0.44% respecto a Rejopampa 1, y combinación 2 incrementa un +2.21% frente a Rejopampa 2. En combinación 3, el resultado es estable, con un ligero aumento de +0.90% en comparación con Rejopampa 2. El óptimo contenido de humedad (OCH) también se mantiene en rangos apropiados, con incrementos moderados del +6.25% (combinación 1) y +11.76% (combinaciones 2 y 3), lo que puede deberse al mayor contenido de finos que requiere más humedad para lograr la compactación adecuada.

4.1.3.6.Capacidad de soporte (CBR):

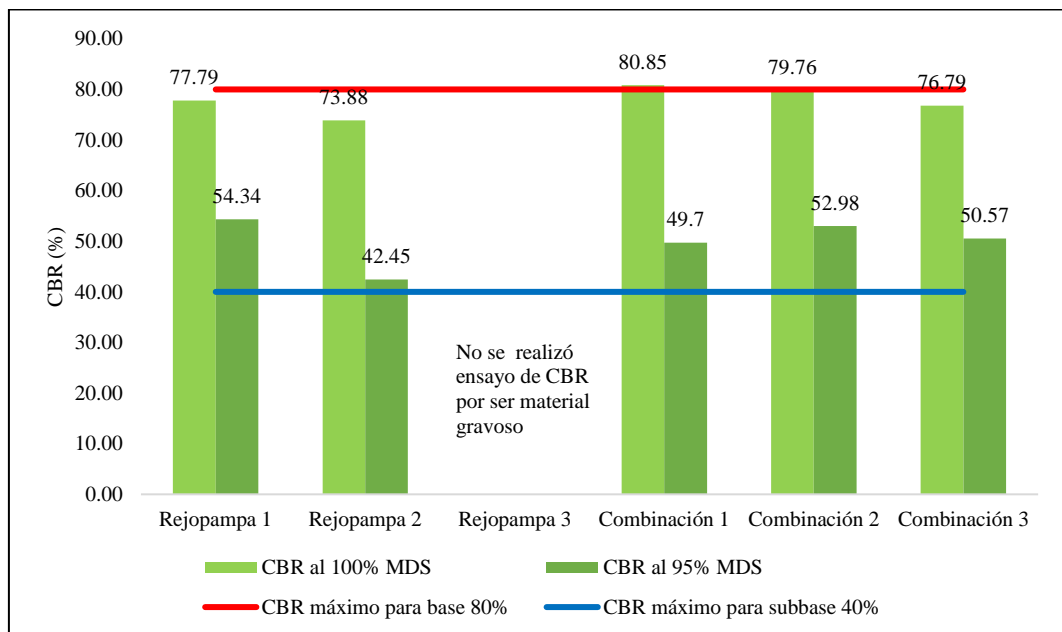
Este es uno de los indicadores más decisivos. Rejopampa 3, al no poseer finos cohesivos, no fue evaluada en CBR, aunque se considera teóricamente de alta resistencia (>95%). Rejopampa 1 y 2 por sí solas no alcanzan el mínimo para base granular (77.79% y 73.88% respectivamente). La combinación 1 (85% R1 + 15% R3) logra superar el umbral (80.85%), siendo la única válida como base. Combinaciones 2 y 3 (ambas bajo 80%) podrían considerarse solo como subbase,

aunque presentan buena capacidad al 95% MDS (52.98% y 50.57%). En estos casos, el efecto positivo de Rejopampa 3 como componente resistente se diluye ligeramente por la presencia predominante de suelos más plásticos.

En el CBR al 100% de MDS, combinación 1 supera el mínimo exigido por la EG-2013 (80%), alcanzando 80.85%, lo que representa un aumento de +3.78% respecto a Rejopampa 1. Combinación 2 mejora aún más frente a su cantera base (+8.62% frente a R2), aunque queda ligeramente por debajo del estándar con 79.76%. Combinación 3, sin R3, alcanza solo 76.79%, representando un descenso de -1.30% respecto a Rejopampa 1, aunque aún muy superior al mínimo para subbase. En el CBR al 95% de MDS, todas las combinaciones cumplen con el estándar para subbase, destacando combinación 2 con +19.88% respecto a Rejopampa 2 y combinación 3 con +16.06%, lo que evidencia que el aporte de R3 tiene un efecto positivo directo sobre la capacidad portante del material.

Figura 71

Verificación del CBR del Material Granular



Nota: En la cantera Rejopampa 3 por ser material gravoso no se ha realizado el ensayo de compactación, ni CBR de laboratorio.

4.1.3.7.Desgaste por abrasión:

El desgaste en la cantera Rejopampa 3, con 69%, es inadmisibles por sí sola. Las otras dos canteras cumplen sin problema. Al combinarse, los valores permanecen dentro del rango normativo (<50%), y el efecto de dilución de R3 se evidencia especialmente en combinación 3 (26.8%), donde no participa este material, y en combinación 1 (28.4%) con solo 15% de R3. Combinación 2, con 30% de R3, eleva su desgaste a 30.6%, aunque aún aceptable.

Las combinaciones siguen cumpliendo con la norma (máx. 50%), incluso aquellas que incluyen Rejopampa 3, cuyo desgaste individual es excesivo (69%). Combinación 1 presenta desgaste de 28.4%, lo que implica aumento moderado de +6.34% respecto a R1 y +7.04% frente a R2, pero drástica mejora respecto a R3 (-142.96%). Combinación 2, que contiene más proporción de R3 (30%), muestra desgaste mayor (30.6%), pero aún dentro del límite y con reducción de -125.49% respecto a R3. Combinación 3, sin R3, mantiene el mejor comportamiento con 26.8%, reflejando solo +0.75% y +1.49% de incremento respecto a R1 y R2.

Figura 72

Verificación del Porcentaje de Desgaste del Material Granular

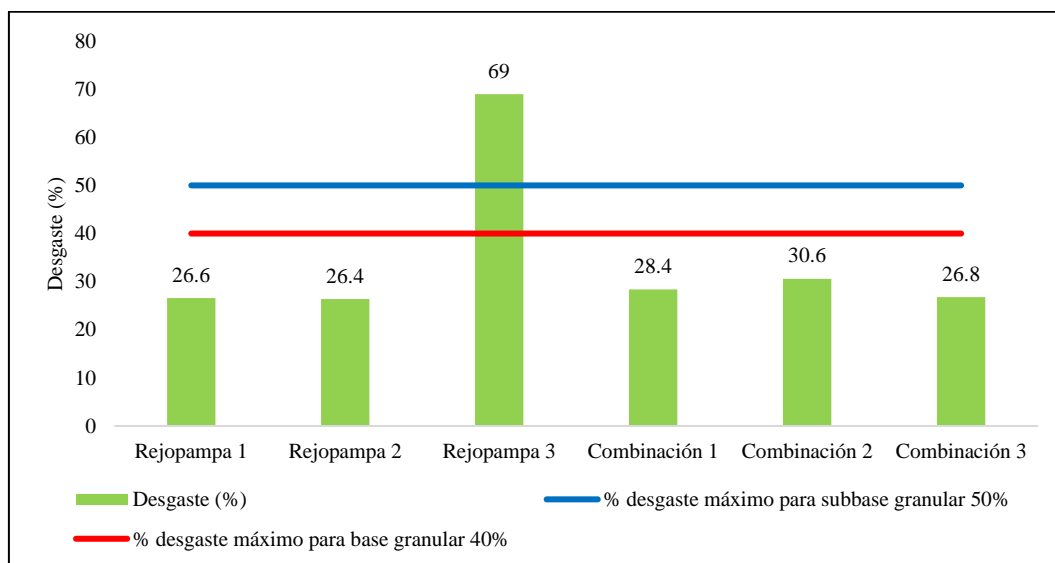


Tabla 50

Comparación de las Propiedades Físicas y Mecánicas de las Canteras de Rejopampa Alto por sí Solas y en Combinaciones

Propiedades	Canteras			Combinaciones			Porcentaje de aumento o reducción de la combinación respecto a la cantera									Requisitos de la EG-2013 (MTC, 2015)
	Rejopampa	Rejopampa	Rejopampa	Combinación	Combinación	Combinación	Combinación			Combinación			Combinación			
	1	2	3	1	2	3	1	1	1	2	2	2	3	3	3	
A				85%	70%	70%										
B				15%	30%	30%										
Cantera A				Rejopampa 1	Rejopampa 2	Rejopampa 1	Combinación 1	Combinación 1	Combinación 1	Combinación 2	Combinación 2	Combinación 2	Combinación 3	Combinación 3	Combinación 3	
Cantera B				Rejopampa 3	Rejopampa 3	Rejopampa 2	Rejopampa 1	Rejopampa 2	Rejopampa 3	Rejopampa 1	Rejopampa 2	Rejopampa 3	Rejopampa 1	Rejopampa 2	Rejopampa 3	
Humedad	15.25%	15.35%	15.35%	15.35%	15.25%	15.35%	0.65%	0.00%	0.00%	0.00%	-0.66%	-0.66%	0.65%	0.00%	0.00%	
Grava (%)	64.2	72.7	8.2	62.36	48.81	59.26	-2.97%	-16.61%	86.80%	-31.55%	-48.99%	83.14%	-8.35%	-22.71%	86.11%	
Arena (%)	15.9	15.3	76.8	28.91	42.23	20.4	44.86%	47.08%	-165.79%	62.25%	63.77%	-81.96%	21.86%	25.00%	-276.67%	
Finos (%)	19.9	12.0	14.9	8.73	8.96	20.34	-127.38%	-37.23%	-71.02%	-121.54%	-33.71%	-66.63%	2.41%	41.10%	26.60%	
Pasa N° 4 (%)	35.8	27.3	91.8	37.64	51.19	40.74	4.91%	27.52%	-143.81%	30.08%	46.71%	-79.27%	12.15%	33.04%	-125.26%	30-60%
Pasa N° 10 (%)	27.4	20.4	62.4	24.43	31.92	31.23	-12.28%	16.37%	-155.38%	14.07%	36.00%	-95.46%	12.17%	34.58%	-99.78%	20-45%
Pasa N° 40 (%)	25.5	14.8	23.7	13.1	14.05	23.29	-94.81%	-12.67%	-80.53%	-81.64%	-5.05%	-68.33%	-9.57%	36.63%	-1.55%	15-30%
Pasa N° 200 (%)	19.9	12.0	14.9	8.73	8.96	20.34	-127.38%	-37.23%	-71.02%	-121.54%	-33.71%	-66.63%	2.41%	41.10%	26.60%	5-15%
LL (%)	24.23	25.15	0.00	24.08	23.93	24.32	-0.62%	-4.44%	100.00%	-1.25%	-5.10%	100.00%	0.37%	-3.41%	100.00%	Máx. 25%
LP (%)	16.77	18.34	0.00	18.1	17.53	17.81	7.35%	-1.33%	100.00%	4.34%	-4.62%	100.00%	5.84%	-2.98%	100.00%	
IP (%)	7.46	6.81	0.00	5.98	6.4	6.51	-24.75%	-13.88%	100.00%	-16.56%	-6.41%	100.00%	-14.59%	-4.61%	100.00%	Máx. 6%
EA (%)	14.62	14.09	22.12	16.54	17.23	14.3	11.61%	14.81%	-33.74%	15.15%	18.22%	-28.38%	-2.24%	1.47%	-54.69%	Mín. 25%
MDS (g/cm3)	2.25	2.21	...	2.26	2.24	2.23	0.44%	2.21%	...	-0.45%	1.34%	...	-0.90%	0.90%	...	
OCH (%)	4.50	5.30	...	4.8	5.1	5.1	6.25%	-10.42%	...	11.76%	-3.92%	...	11.76%	-3.92%	...	
CBR al 100% MDS	77.79	73.88	...	80.85	79.76	76.79	3.78%	8.62%	...	2.47%	7.37%	...	-1.30%	3.79%	...	Mín. 80%
CBR al 95% MDS	54.34	42.45	...	49.7	52.98	50.57	-9.34%	14.59%	...	-2.57%	19.88%	...	-7.46%	16.06%	...	Mín. 40%
Desgaste (%)	26.6	26.4	69	28.4	30.6	26.8	6.34%	7.04%	-142.96%	13.07%	13.73%	-125.49%	0.75%	1.49%	-157.46%	Máx. 50%

Nota: La cantera Rejopampa 3 corresponde a una cantera de material gravoso, caracterizada por la ausencia de plasticidad, es decir, no presenta límite líquido ni índice de plasticidad. Asimismo, al tratarse de un material sin fracción fina suficiente, no se genera la cohesión necesaria para la ejecución de los ensayos de compactación ni de CBR, ya que estos requieren que las partículas finas actúen como agente de unión durante la conformación de la muestra. Por esta razón, en esta cantera no se han determinado los valores de máxima densidad seca (MDS), óptimo contenido de humedad (OCH) ni capacidad portante (CBR al 95% y 100% MDS), y dichos parámetros no se presentan en los resultados.

4.2. Contrastación de hipótesis

a) Criterio de prueba

Se acepta la hipótesis alternativa (H1), cuando el valor p (probabilidad) es menor a 0.05 (nivel de significancia), para un nivel de confianza del 95%, caso contrario se acepta la hipótesis nula (Ho).

Si el valor $p < 0.05$, se rechaza Ho, es decir, hay diferencia significativa.

Si el valor $p \geq 0.05$, no se rechaza Ho, es decir, no hay diferencia significativa.

Las hipótesis de estudio son:

Ho: La proporción óptima de materiales granulares de las canteras de Rejopampa Alto para su uso en mantenimientos periódicos de vías terrestres, Chota, no cumple con el manual de especificaciones técnicas generales de la construcción EG-2013.

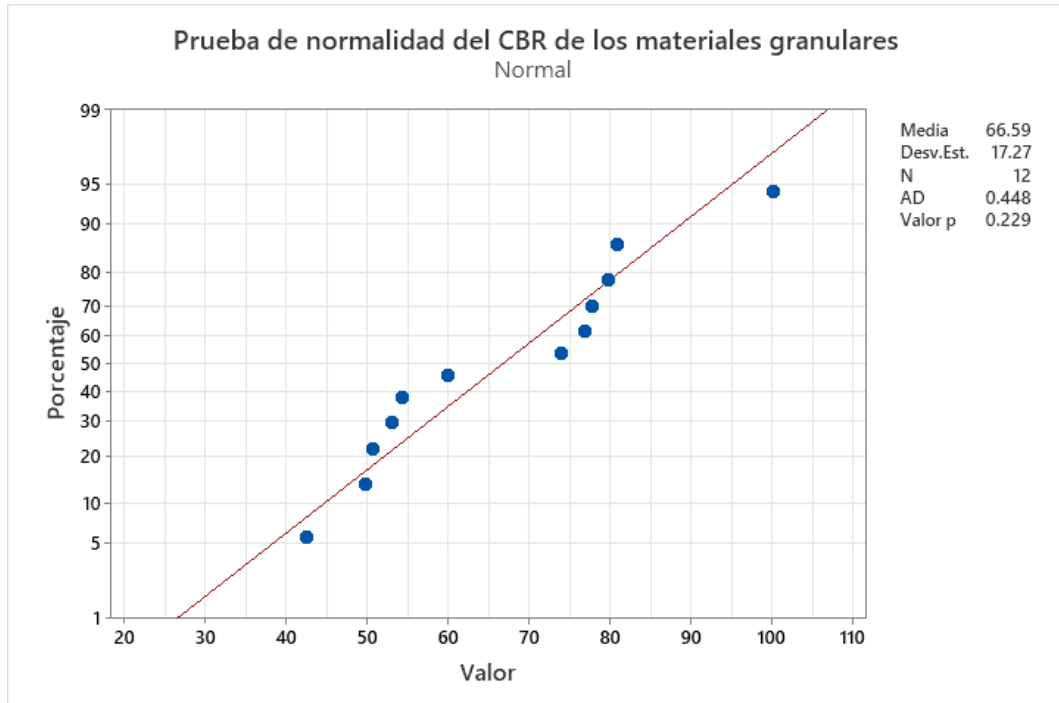
H1: La proporción óptima de materiales granulares de las canteras de Rejopampa Alto para su uso en mantenimientos periódicos de vías terrestres, Chota, cumple con el manual de especificaciones técnicas generales de la construcción EG-2013.

b) Prueba de normalidad y criterios

Se realizó la prueba de normalidad de los datos de las propiedades físico mecánicas de las canteras de Rejopampa Alto por sí solas y en combinaciones a través del programa Minitab 22, utilizando la prueba de normalidad Anderson Darling, con el cual se obtuvo el valor p de 0.229 para los datos correspondientes a la capacidad de soporte (CBR) del material granular, valor mayor al 0.05, para el nivel de confianza del 95%, por lo que, se infirió que dichos datos siguen tendencia normal, y se optó por aplicar pruebas paramétricas como, el análisis de varianza (ANOVA), la prueba t-student de dos muestras y la prueba t-student de 1 muestra.

Figura 73

Prueba de Normalidad del CBR de los Materiales Granulares



c) Análisis ANOVA para diferencia de medias

Para el análisis ANOVA se tuvo las siguientes hipótesis:

H₀ (nula): No existen diferencias significativas entre las propiedades de las combinaciones y las propiedades de las canteras individuales.

H₁ (alternativa): Existen diferencias significativas entre las propiedades de las combinaciones y las propiedades de las canteras individuales.

Del proceso inferencial se determinó en el programa Minitab 22 mediante el modelo lineal general para el análisis de varianza (ANOVA) que, el valor p era 0.0133 para tipo de muestra, donde las dos muestras eran: canteras individuales y combinaciones, por lo que, al ser el valor p menor a 0.05, se acepta H₁, y se infiere

que, si existe diferencia significativa en el CBR entre las propiedades de las combinaciones y las propiedades de las canteras individuales.

Tabla 51

Análisis de Varianza (ANOVA) del CBR del Material Granular

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tipo de muestra	1	1685	1684.8	2.73	0.0133

Nota: Los tipos de muestra son: cantera por sí sola, combinaciones.

d) Prueba t-student de dos muestras

Para el análisis t-student de dos muestras se tuvo las siguientes hipótesis:

H₀: El promedio del CBR al 100% de las combinaciones es igual al de las canteras.

H₁: El promedio del CBR al 100% de las combinaciones es mayor que el de las canteras.

Del proceso inferencial se determinó en el programa Minitab 22 que el valor p en la prueba t-student de dos muestras es 0.012, por lo que al ser menor que 0.05, se acepta H₁, y se infiere que el promedio del CBR al 100% de las combinaciones es mayor que el CBR del material de las canteras solas.

Tabla 52

Prueba t-student de Dos Muestras del CBR del Material Granular

Hipótesis nula	H ₀ : $\mu_1 - \mu_2 = 0$	
Hipótesis alterna	H ₁ : $\mu_1 - \mu_2 > 0$	
Valor T	GL	Valor p
-1.53	6	0.088

Nota: u₁ es el CBR de las combinaciones, u₂ es el CBR del material de las canteras.

e) Prueba t-student

Para el análisis t-student de una muestra se tuvo las siguientes hipótesis:

H₀: El promedio del CBR al 100% de las combinaciones o del material de las canteras por sí solo es igual o inferior a 80%.

H₁: El promedio del CBR al 100% de las combinaciones o del material de las canteras por sí solo es mayor a 80%.

Del análisis inferencial se ha determinado que en ambos casos el valor p es mayor a 0.05, por lo que se acepta la hipótesis nula (H₀) y se rechaza la hipótesis alternativa (H₁), siendo así, se concluye que, el CBR del suelo natural de las canteras no cumple con la EG-2013 para su uso como base granular debido a que, el CBR es inferior a 80%, así mismo, en conjunto las combinaciones tampoco cumplen con dicho criterio debido a que, la combinación 2 (70% Rejopampa 2 + 30% Rejopampa 3) y la combinación 3 (70% Rejopampa 1 + 30% Rejopampa 2) presentan CBR de 79.76% y 76.79%, respectivamente; pero, por sí sola la combinación 1, si presenta CBR igual o superior al mínimo indicado en la normatividad con un valor de 80.85% al 100% de MDS.

Tabla 53

Prueba t-student para CBR del Suelo

H₀: $\mu = 80$

H₁: $\mu > 80$

Muestra	Valor T	Valor p
CBR de las canteras	-1.16	0.818
CBR de las combinaciones	-0.71	0.0725

f) Inferencia general

En función de los resultados estadísticos obtenidos y del cumplimiento técnico frente a la norma EG-2013, se concluye que se rechaza la hipótesis nula (H₀) y se acepta parcialmente la hipótesis alternativa (H₁). Esto se sustenta en que la combinación 1 (85% Rejopampa 1 + 15% Rejopampa 3) es la única que cumple con todos los requisitos técnicos exigidos para base granular, incluyendo granulometría, índice de plasticidad, resistencia al desgaste y capacidad de soporte

(CBR \geq 80%). Aunque no alcanza el valor mínimo requerido de equivalente de arena (25%), presenta aumento significativo respecto a las canteras individuales.

4.3. Discusión de resultados

4.3.1. Propiedades del material granular de las tres canteras

Los resultados obtenidos para las tres canteras de Rejopampa Alto revelan que, de manera individual, ninguna de ellas cumple con todos los requisitos establecidos por la EG-2013 para ser utilizada como material de base granular en mantenimientos periódicos de vías terrestres. Sin embargo, las canteras Rejopampa 1 y Rejopampa 2 presentan características aceptables que permiten su uso como subbase o afirmado, mientras que la cantera Rejopampa 3, si bien deficiente por sí sola, podría ser aprovechada en mezclas debido a su baja plasticidad y adecuada gradación. Esta situación guarda similitud con lo reportado por Torres & Yacila (2022), quienes concluyeron que los materiales de las canteras estudiadas individualmente no alcanzaban los valores de CBR exigidos para base granular, pero que, al combinarlos adecuadamente, se lograron mejoras.

a) Propiedades físicas

Los resultados de las propiedades físicas muestran que las canteras Rejopampa 1 y 2 presentan contenidos de finos de 19.9% y 12%, respectivamente, superando en el caso de la primera el límite máximo permitido por la EG-2013 (15%); este comportamiento se asemeja al observado por Gautam & Karki (2023), quienes evidenciaron que el incremento del contenido de finos deteriora el CBR. Además, el equivalente de arena de ambas canteras (14.62% y 14.09%) está por debajo del mínimo requerido (25%), lo que limita su uso como base granular. En contraste, la cantera Rejopampa 3, compuesta por grava triturada, presentó un IP no plástico y un equivalente de arena de 22.12%, cercano al límite normativo, lo

que la convierte en un material corrector adecuado para reducir la plasticidad de mezclas. Estos resultados coinciden con Huaman & Gálvez (2024), quienes evidenciaron que la adición de materiales no plásticos a suelos con alta plasticidad permite cumplir los límites de las normas del MTC. Asimismo, el comportamiento observado es consistente con Cayotopa et al. (2024), quienes destacaron que la combinación de gravas de 70%–74% con arenas de 15%–19% y finos menores a 11% favorece la durabilidad de afirmados, situación parcialmente alcanzada por Rejopampa 2. Esta estrategia también es coherente con Aracayo (2024), que mejoró las propiedades al combinar materiales de lecho de río y cantera.

b) Propiedades mecánicas

En cuanto a las propiedades mecánicas, la cantera Rejopampa 1 alcanzó CBR al 100% MDS de 77.79% y la Rejopampa 2 de 73.88%, valores cercanos al umbral de 80% exigido para bases, aunque suficientes para considerarlas aptas como subbases o afirmados, dado que superan el 40% requerido para subbase. Este comportamiento guarda similitud con Silva (2023), quien identificó que materiales con CBR de 50%–66% y abrasión menor al 40% son adecuados para subbases en Jaén. El desgaste por abrasión en ambas canteras (26.6% y 26.4%) cumple con el límite máximo de 50%, evidenciando buena resistencia al tránsito vehicular, en línea con los criterios definidos por Ndzié et al. (2024), quienes consideraron materiales con abrasión inferior a 40% como aptos para capas estructurales. En cuanto a la cantera Rejopampa 2 su comportamiento coincide con Trillo & Vargas (2024), quienes hallaron que el material de la cantera Munay Warmi, aunque inicialmente no cumplía, fue considerado viable tras ciertas mejoras. Por otro lado, la cantera Rejopampa 3, al ser grava limpia sin finos, no permitió determinar MDS ni CBR; sin embargo, su desgaste de 69% la inhabilita

para uso directo en capas estructurales, aunque resulta útil como material de corrección.

4.3.2. *Propiedades físico mecánicas de las combinaciones*

Los resultados confirman que la combinación 1 es apta para base y subbase granular, mientras que las combinaciones 2 y 3 son más apropiadas para subbase. Las mejoras observadas respecto a los materiales individuales evidencian la eficacia de la dosificación controlada y coinciden con Huaman & Gálvez (2024), donde la combinación de materiales complementarios permitió cumplir con los estándares del MTC para capas estructurales.

a) Propiedades físicas

Las combinaciones de materiales de Rejopampa Alto muestran mejoras significativas en la granulometría respecto a los materiales individuales. La combinación 1 (85% Rejopampa 1 + 15% Rejopampa 3) presenta una distribución de partículas que se ajusta al huso B de la EG-2013, con un contenido de finos de 8.7% que cumple con el rango permitido (5–15%); sin embargo, las combinaciones 2 y 3 presentan ligeras deficiencias: la primera evidencia un déficit en el paso por el tamiz N° 40 (14.1%), mientras que la tercera excede el contenido de finos permitido (20.3%), lo que puede afectar la durabilidad de la capa granular. Este comportamiento coincide con Trillo & Vargas (2024), quienes identificaron que los ajustes granulométricos en canteras que no cumplen inicialmente la norma permiten optimizar su uso en subbases.

En cuanto a los límites de Atterberg, todas las combinaciones cumplen con el límite líquido ($LL < 25\%$), y la combinación 1 logra un índice plástico (IP) de 5.98%, dentro del límite máximo de 6% exigido para bases, gracias a la incorporación de material no plástico de la cantera 3. Las combinaciones 2 y 3

superan ligeramente este valor (6.40% y 6.51%), manteniéndose dentro del rango admisible para subbases. Este resultado refleja la tendencia observada por Aracayo (2024), quien evidenció que la adición de agregados no plásticos reduce la plasticidad de suelos arcillosos, mejorando su comportamiento geotécnico; sin embargo, el equivalente de arena en todas las combinaciones es bajo (14.3%–17.23%), sin alcanzar el mínimo de 25% requerido por la EG-2013, situación que podría comprometer la durabilidad de la capa de rodadura y que ha sido señalada por Cayotopa et al. (2024) como un factor crítico en el deterioro de afirmados.

b) Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas evidencian la efectividad de la combinación controlada de materiales. La combinación 1 alcanzó CBR al 100% MDS de 80.85%, cumpliendo con el requisito para base granular, mientras que las combinaciones 2 y 3 lograron 79.76% y 76.79%, quedando ligeramente por debajo del mínimo normativo, pero superando holgadamente el 40% requerido para subbases. Estos resultados son consistentes con Torres & Yacila (2022), quienes demostraron que la mezcla de materiales que por sí solos no cumplen con el CBR puede lograr valores adecuados mediante combinaciones proporcionales.

En cuanto a la compactación, los valores de MDS oscilaron entre 2.23 y 2.26 g/cm³, y el OCH entre 4.8% y 5.1%, rangos considerados adecuados para materiales granulares, en línea con lo señalado por Gautam & Karki (2023), quienes identificaron que MDS superiores a 2.2 g/cm³ favorecen el comportamiento estructural de subbases. Respecto a la resistencia al desgaste, todas las combinaciones cumplen con la EG-2013 (<50%), destacando la combinación 3 con 26.8%, valor que indica buena durabilidad frente al tránsito.

Estos hallazgos se alinean con Aguachela (2024), quien determinó que valores de abrasión menores a 40% aseguran el desempeño satisfactorio de capas base.

4.3.3. Comparación de las propiedades físico mecánicas

De la comparación se infiere que las canteras de Rejopampa Alto, al ser evaluadas por separado, no cumplen de manera integral con los requisitos técnicos de la EG-2013 para base granular, pero al ser combinadas en proporciones específicas, algunas mezclas logran alcanzar los estándares exigidos. La combinación 1 (85% Rejopampa 1 + 15% Rejopampa 3) destaca como la más eficiente, al presentar cumplimiento en los parámetros clave como granulometría, índice de plasticidad (IP), capacidad de soporte (CBR) y resistencia al desgaste. Este comportamiento coincide con Torres & Yacila (2022) y Calderón & Quiñones (2021), quienes hallaron que la combinación de materiales con deficiencias individuales permite lograr un comportamiento mecánico superior al de sus componentes por separado, especialmente en términos de soporte y estabilidad estructural.

a) Propiedades físicas

La comparación de las propiedades físicas evidencia que las canteras individuales no cumplen integralmente con la EG-2013 para base granular, principalmente por exceso de finos y bajo equivalente de arena (14.09%–22.12%, mínimo 25%); al combinarse los materiales, se observa una mejora significativa en la granulometría, especialmente en la combinación 1 (85% Rejopampa 1 + 15% Rejopampa 3), donde los finos se reducen a 8.7%, cumpliendo con el rango permitido de 5–15%, y el índice de plasticidad (IP) desciende a 5.98%, ajustándose al límite máximo de 6% para base; en cambio, la combinación 2 reduce parcialmente la plasticidad (IP = 6.40%), y la combinación 3 mantiene IP

de 6.51% y exceso de finos (20.3%), lo que limita su uso como base. Este comportamiento concuerda con Aracayo (2024) y Huamán & Gálvez (2024), quienes demostraron que la inclusión de agregados no plásticos mejora las propiedades de suelos granulares, especialmente la reducción de plasticidad y la optimización de su gradación. No obstante, ninguna combinación alcanza el equivalente de arena mínimo de 25%, lo que coincide con lo señalado por Cayotopa et al. (2024) sobre la importancia de la limpieza del material fino para garantizar mayor durabilidad de la capa granular.

b) Propiedades mecánicas

Respecto al comportamiento mecánico, las combinaciones reflejan mejoras notables en capacidad de soporte (CBR) y resistencia al desgaste, confirmando la efectividad de la dosificación controlada. La combinación 1 alcanza un CBR al 100% MDS de 80.85%, cumpliendo el requisito para base granular, mientras que las combinaciones 2 y 3 (79.76% y 76.79%) resultan aptas para subbase, al superar el 40% mínimo exigido. La resistencia al desgaste se mantiene dentro de los límites normativos (<50%) en todas las mezclas, con la combinación 3 como la más resistente (26.8%), a pesar de incluir material de alta abrasión como Rejopampa 3 (69%). Este resultado es coherente con Aguachela (2024) y Supe (2024) en canteras ecuatorianas, donde la dilución de agregados de alta abrasión en proporciones controladas permitió obtener mezclas con desempeño mecánico adecuado. Además, la MDS de 2.23–2.26 g/cm³ y el OCH de 4.8%–5.1% se encuentran en rangos óptimos para capas granulares, en concordancia con Gautam & Karki (2023), quienes vincularon densidades superiores a 2.2 g/cm³ con mejor desempeño estructural.

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La evaluación de las proporciones de materiales granulares de las canteras de Rejopampa Alto permitió identificar que la combinación 1 (85% Rejopampa 1 + 15% Rejopampa 3) es la única que cumple con los requisitos del Manual de Carreteras EG-2013 (MTC, 2015) para su uso como base granular en mantenimientos periódicos de vías terrestres. Siendo las conclusiones específicas:

Las propiedades físicas y mecánicas del material granular por sí solo de las canteras Rejopampa Alto 1, 2 y 3 no cumplen con los requisitos técnicos de la EG-2013 para ser utilizada como base granular. Respecto a las propiedades físicas, las canteras Rejopampa Alto 1, 2 y 3 presentan deficiencias en granulometría, índice de plasticidad y equivalente de arena; ninguna alcanzó el mínimo de 25% de equivalente de arena (14.62%, 14.09% y 22.12%, respectivamente). Rejopampa 1 y 2 mostraron índices plásticos de 7.46% y 6.81%, superando el límite de 6% de la EG-2013 para base granular. Respecto a las propiedades mecánicas, Rejopampa 1 y 2 obtuvieron CBR al 100% MDS de 77.79% y 73.88%, ligeramente por debajo del 80% requerido para base, pero aceptables como subbase (CBR > 40%). Rejopampa 3 presentó desgaste elevado (69%) y no se realizó el ensayo de CBR al ser material gravoso; por tanto, individualmente, solo se pueden usar como subbase o afirmado.

Las propiedades físicas y mecánicas de las tres combinaciones evaluadas cumplieron con los requisitos técnicos para ser utilizadas como subbase granular. Respecto a las propiedades físicas, todas las combinaciones mostraron mejoras en la granulometría y reducción de finos; la combinación 1 (85% R1 + 15% R3)

alcanzó IP de 5.98%, cumpliendo con la EG-2013, mientras que las combinaciones 2 y 3 registraron 6.40% y 6.51%, apenas superiores al límite; asimismo, ninguna mezcla alcanzó el equivalente de arena mínimo, con valores entre 14.3% y 17.23%. Respecto a las propiedades mecánicas, las tres combinaciones son aptas como subbase, con CBR al 95% MDS superiores al 40% (49.70%, 52.98% y 50.57%), mientras que, solo la combinación 1 alcanzó el CBR mínimo de 80% para base granular (80.85%), con desgaste por abrasión controlado (< 50%).

Al comparar las propiedades físicas y mecánicas de las canteras Rejopampa se ha verificado que, la combinación 1 (85% Rejopampa 1 + 15% Rejopampa 3) se posiciona como la única mezcla que cumple con todos los criterios de la EG-2013 para ser utilizada en el mantenimiento periódico de vías como base granular. Respecto a las propiedades físicas, esta combinación evidenció la mejor combinación granulométrica y reducción de finos (8.73%), mejorando frente a Rejopampa 1, aun así, el equivalente de arena de 16.54% continúa por debajo del requisito normativo, por lo que se debe tamizar el material previo a su uso. Respecto a las propiedades mecánicas, esta combinación logró los valores óptimos de CBR (80.85% al 100% MDS) y desgaste (28.4%), cumpliendo con la EG-2013 para base granular; en contraste, las combinaciones 2 y 3, con CBR de 79.76% y 76.79%, solo cumplen para subbase.

5.2. Recomendaciones y/o sugerencias

No se recomienda utilizar las canteras Rejopampa 1, 2 y 3 de forma individual como material para base granular, ya que no cumplen con los requisitos técnicos de la EG-2013. Sin embargo, se sugiere emplearlas como subbase o afirmado, especialmente Rejopampa 1 y 2, y considerar a Rejopampa 3 como

material complementario en mezclas, debido a su potencial para corregir granulometría y reducir plasticidad.

Se recomienda priorizar el uso de la combinación 1 (85% Rejopampa 1 + 15% Rejopampa 3) como base granular en obras de mantenimiento vial, ya que es la única que cumple todos los requisitos de la EG-2013. Las combinaciones 2 y 3 deben limitarse a aplicaciones como subbase, y se sugiere mejorar el equivalente de arena mediante tratamientos adicionales o mezclas con materiales más limpios para optimizar su durabilidad.

Se recomienda realizar tramos de prueba en campo utilizando la combinación 1 (85% R1 + 15% R3) para evaluar su desempeño real bajo cargas de tránsito y condiciones climáticas locales. Esto permitirá validar su uso como base granular en planes de mantenimiento vial y ajustar procedimientos constructivos según la respuesta mecánica observada.

CAPÍTULO VI.

REFERENCIAS

- Acevedo, I. (2002). Aspectos éticos en la investigación científica. *Ciencia y enfermería*, 8(1), 1-5. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95532002000100003>
- Aguachela, E. A. (2024). *Análisis comparativo del material proveniente de las minas “Explendor”, “La Ponderosa” y cantera “Tierra Prometida” de la provincia de Chimborazo utilizado para la elaboración de base y subbase en la construcción de carreteras*. [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/42534>
- Aracayo, R. H. (2024). *Mejoramiento de subrasante mediante la combinación de materiales de canteras de cerro y lecho de río, carretera Lampa – Palca, Puno, 2023*. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/140552>
- Arrieta, J. D., Nuñez de la Rosa, Y. E., & Massao Futai, M. (2024). Geomechanical Characterization of a Brazilian Experimental Site: Testing, Interpretation, and Material Properties. *Applied Sciences*, 14(13), 1-22. <https://doi.org/10.3390/app14135656>
- Aysen, A. (2002). *Soil mechanics: basic concepts and engineering applications*. CRC Press.
- Braja, M. D. (2001). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. Mexico: International Thomson Editores S.A.
- Caceres, L. L. (2022). *Evaluación de los materiales de las canteras para la conformación de la base granular de la carretera Arapa, Azángaro, Puno, 2022*. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/106152>
- Calderón, V. E., & Quiñones, J. D. (2021). *Proporcionalidades del material granular de la cantera Alfa y Omega empleados como base de pavimentos en La Libertad – Trujillo*. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/80901>
- Cayatopa, B. A., Rojas, W., Facundo, H. H., & Flores, B. A. (2024). *Influencia de Granulometría y Plasticidad en la Vida Útil de las Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito a Nivel de Afirmado en la Provincia de Jaén*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Jaén]. <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/600>

- Chérrez, C. A. (2021). *Estudio de factibilidad para el procesamiento y comercialización del total del material explotado de la cantera "Perla del Pacífico"*. [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/52303>
- Coduto, D. P., Yeung, M. C., & Kitch, W. A. (2011). *Geotechnical engineering: principles and practices*. Pearson.
- Equipo davinci ingeniería. (11 de noviembre de 2022). *Mantenimiento correctivo y preventivo de infraestructuras*. davinci.com: <https://www.davinci.com.co/obras-civiles/mantenimiento-correctivo-y-preventivo/>
- Fernández-Irigoín, R., & Ticlla-Ríos, T. N. (2020). Análisis de la condición de transitabilidad y nivel de intervención de las carreteras del distrito de Chota. *Revista Ciencia Nor@ndina*, 3(1), pp. 24-29. <https://doi.org/10.37518/2663-6360X2020v3n1p24>
- García, J. (2005). *Diccionario de términos geológicos*. Ediciones Omega.
- Garnica, P., & Sesma, J. A. (2022). *Mecánica de materiales para pavimentos*. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX). <http://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt197.pdf>
- Gautam, G., & Karki, R. (2023). Strength evaluation in sub-base material due to variation of fine particles in soil. *Journal of Innovations in Engineering Education*, 6(1), 105-109. <https://doi.org/10.3126/jiee.v6i1.47803>
- Grajales, T. (2000). *Tipos de investigación*. Efaind. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://cmappublic2.ihmc.us/rid=1RM1F0L42-VZ46F4-319H/871.pdf>
- Grotzinger, J. P., Jordan, T. H., Press, F., & Siever, R. (2014). *Understanding earth* (p. 650). New York: WH Freeman.
- Gutiérrez, W. (2021). *Mecánica de suelos aplicada a vías de transporte*. Editorial Macro.
- Henning, T. (2008). *The development of pavement deterioration models on the state highway network of New Zealand*. The University of Auckland. <http://hdl.handle.net/2292/4236>
- Holtz, R. D., Kovacs, W. D., & Sheahan, T. C. (1981). *An introduction to geotechnical engineering* (Vol. 733). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-hall.
- Huacac, R., & Huancachoque, A. (2021). *Evaluación técnica económica del material de cantera para subrasante, Ccorimayo KM 105 – distrito de Yanatile, Provincia de*

- Calca, Cusco – 2021*. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo].
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/64393>
- Huaman, P., & Gálvez, Y. J. (2024). *Propuesta de material granular combinado para el uso de subbase en pavimento flexible en obra por administración directa Yanamilla – Totorá en la provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho*. [Tesis de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)].
<http://hdl.handle.net/10757/671716>
- Huamán, P., & Santoyo, R. (2023). *Influencia de la piedra Checco en la estabilización de suelos en carreteras no pavimentadas*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Huancavelica]. <https://repositorio.unh.edu.pe/handle/unh/6194>
- Idrogo, D. Y. (2022). *Evaluación del nivel de intervención de vías afirmadas y su relación con el nivel de satisfacción de los usuarios, ruta Chota - Campamento*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota].
- INACAL. (2019). *NTP 339.127 SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1ª Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- INACAL. (2019). *NTP 339.128 SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- INACAL. (2019). *NTP 339.129 SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos. 1ª Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- INACAL. (2019). *NTP 339.141. SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN-m/m³ (56 000 pie-lbf/pie³)). 1ª Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- INACAL. (2019). *NTP 339.145. SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. 1ª Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- INACAL. (23 de octubre de 2019). *NTP 339.146 SUELOS. Método de ensayo normalizado para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino. 1ª Ed. Instituto Nacional de Calidad (INACAL).*
- INACAL. (26 de noviembre de 2020). *NTP 400.019 AGREGADOS. Determinación de la resistencia al desgaste en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles. Método de ensayo. Instituto Nacional de Calidad (INACAL).*

- Jimoh, J. B., & Olawuwo, A. A. (2024). The impact of the road transportation on the socio-economic development in Oyo Town. *Journal of Biodiversity and Environmental Research*, 4(4), 1-10.
<https://ssaapublications.com/sjber/article/view/241>
- Kafle, B., Baghbani, A., Pempeit, R., & Shrestha, K. (2024). Investigating the Mechanical Behaviour of Unbound Granular Material (UGM) for Road Pavement Construction Applications: A Western Victoria Case Study. *International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering*, 10(2), 1-29.
<https://doi.org/10.1007/s40891-024-00543-5>
- Kodikara, J., Sountharajah, A., & Chen, L. (2024). Reimagining unbound road pavement technology: Integrating testing, design, construction and performance in the post-digital era. *Transportation Geotechnics*, 47, 1-10.
<https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2024.101274>
- Landeta, H. (2010). *Pavimentos: Combinación granulométrica (Método analítico)*. USM.
- Llique, R. H. (2003). *Manual de laboratorio de mecánica de suelos*. Editorial Universitaria de la UNC.
- Lozada, E. F. (2018). *Estudio de las características físicas y mecánicas de las canteras Hualango como material de afirmado en carreteras - provincia de Utcubamba*. [Tesis de grado, Universidad Señor de Sipán].
<https://hdl.handle.net/20.500.12802/5301>
- Lozano, S., Ordoñez, C., & López, V. (2020). *Caracterización de acuerdo a las propiedades físicas y mecánicas de los materiales (sub base y afirmado)*. [Tesis de grado, Corporación Universitaria Minuto de Dios].
<https://hdl.handle.net/10656/12083>
- Madrid, M. (29 de mayo de 2021). *¿Qué es el Ciclo de las Rocas y cómo funciona?* geoplaneta.net: <https://geoplaneta.net/que-es-el-ciclo-de-las-rocas-y-como-funciona/>
- Mamlouk, M. S., & Zaniewski, J. P. (2014). *Materials for civil and construction engineers*. London, UK:: Pearson.
- MTC. (2014). *Manual de carreteras, suelo, geología, geotecnia y pavimentos: sección suelos y pavimentos*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).
- MTC. (2015). *Manual de carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción – EG-2013*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

- MTC. (2016). *Manual de ensayos de materiales*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).
- MTC. (2018). *Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_1556.pdf
- MTC. (2018). *Manual de carreteras: Mantenimiento o conservación vial*. Ministerio de Transporte y Comunicaciones, MTC.
- MVCS. (2010). Norma CE.010 Pavimentos Urbanos. En C. y. Ministerio de Vivienda, *Reglamento Nacional de Edificaciones* (págs. https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo2/05_CE/Pavimentos_Urbanos.pdf). Instituto Nacional de Gerencia (ICG).
- Ndzié Mvindi, A. T., Lobe Bille, J. F., Ngo'o Ze, A., Enock Embom, C., Tsoyi À Koung, E., Ngonon Mbenti Emvana, M. S., & Onana, V. L. (2024). Assessment of crushed rock aggregates addition to granular lateritic materials in sub-Saharan extensive urbanization context (Yaoundé Cameroon) for road construction purposes. *Discover Civil Engineering*, 1(1), 1-3. <https://doi.org/10.1007/s44290-024-00004-y>
- Ngo'o Ze, A., Ndzié Mvindi, A. T., Lobe Bille, J. F., Mvindi Mvindi, W. P., Mebouinz, D. L., & Onana, V. L. (2024). Ex-Situ and In-Situ Manufacturing Procedures for Optimizing the Characteristics of a Soil Concrete Based on Lateritic Gravels and Granitic Aggregates: Application in Road Construction. *International Journal of Pavement Research and Technology*, 17(1), 226-239. <https://doi.org/10.1007/s42947-022-00231-5>
- Paterson, W. D. (1987). *Road deterioration and maintenance effects: Models for planning and management*. The World Bank.
- Robinson, R., & Thagesen, B. (2018). *Road engineering for development*. CRC Press.
- Rondón, H. A., & Reyes, F. A. (2022). *Pavimentos: Materiales, construcción y diseño*. ECOE ediciones.
- Silva, A. J. (2023). *Características físicas y mecánicas de 4 canteras utilizadas como material de afirmado en carreteras en la ciudad de Jaén - departamento de Cajamarca*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/6260>
- Supe, J. D. (2024). *Análisis comparativo del material proveniente de las canteras "Mollepamba", "Rubí 2" y cantera Rumipamba de la provincia de Cotopaxi*

- utilizado para la elaboración de base y subbase en la construcción de carreteras.*
[Trabajo de grado, Universidad Técnica de Ambato].
<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/42561>
- Taha, S., Gabr, A., & El-Badawy, S. (2019). Regression and neural network Models for California Bearing Ratio Prediction of Typical Granular Materials in Egypt. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 44(10), 8690-8705.
<https://doi.org/10.1007/s13369-019-03803-z>
- Tarback, E. J., Lutgens, F. K., Tasa, D., & Tasa, D. (2005). *Earth: an introduction to physical geology*. Upper Saddle River: Pearson/Prentice Hall.
- Ticlla, T. N. (2021). *Evaluación de las características geotécnicas del suelo de las principales canteras para afirmado de carreteras del distrito de Chota*. [Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <http://repositorio.unach.edu.pe/handle/UNACH/162>
- Torres, F. J., & Yacila, M. N. (2022). *Diseño de mezclas de material granular de tres canteras para optimizar sus propiedades en pavimentos, Nuevo Chimbote 2020*. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Santa].
<https://hdl.handle.net/20.500.14278/3948>
- Trillo, D. F., & Vargas, P. F. (2024). *Análisis de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados provenientes de las canteras Rumi Rinconada, Munay Warmi y Huilque para su caracterización como subbase granular en la ciudad de Cusco - 2023*. [Tesis de grado, Universidad Andina del Cusco].
<https://hdl.handle.net/20.500.12557/6531>
- Villanueva, Á. L., Ramírez, A. M., Quintero, D. F., & Lucena, S. (2022). *Implementación de un Plan de Mantenimiento para Vías Provisionales en las Canteras*. [Tesis de grado, Universidad Piloto de Colombia].
<http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/12261>
- Yao, L., Leng, Z., Ni, F., Lu, G., & Jiang, J. (2024). Adaptive maintenance strategies to mitigate climate change impacts on asphalt pavements. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 126, 1-10.
<https://doi.org/10.1016/j.trd.2023.104026>
- Zapata, R. (2018). *Geología y Geotecnia*. Universidad Nacional de Rosario.

CAPÍTULO VII. ANEXOS

Anexo A. Matriz de consistencia

Título de la investigación: Evaluación de la proporción de materiales granulares de las canteras de Rejopampa Alto para su uso en mantenimientos periódicos de vías terrestres, Chota, 2024

Tesista(s): Felix Mar Mejía Regalado, Lito Ronal Mejia Herrera

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
¿Cuál es la proporción óptima de materiales granulares de las canteras de Rejopampa Alto para su uso en mantenimientos periódicos de vías terrestres, Chota, 2024?	<p>Objetivo general Evaluar la proporción óptima de materiales granulares de las canteras de Rejopampa Alto para su uso en mantenimientos periódicos de vías terrestres, Chota, 2024.</p> <p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> – Determinar las propiedades físicas y mecánicas del material granular de las tres canteras de Rejopampa Alto de forma independiente. – Determinar las propiedades físicas y mecánicas de las combinaciones del material granular de las canteras de Rejopampa Alto. – Comparar las propiedades físicas y mecánicas de las canteras de Rejopampa Alto para verificar la proporción que puede ser utilizada como base granular para el mantenimientos periódicos de vías. 	La proporción óptima de materiales granulares de las canteras de Rejopampa Alto para su uso en mantenimientos periódicos de vías terrestres, Chota, 2024 cumple con el manual de especificaciones técnicas generales de la construcción EG-2013.	VI Proporción óptima de materiales granulares de canteras	Propiedades físicas	Contenido de humedad	<p>Enfoque: cuantitativo Tipo: aplicado Nivel: descriptivo Diseño: descriptivo causal simple</p> <p>Muestra: La muestra de esta investigación consiste en 150 kg de materiales granulares extraídos de cada una de las canteras de Rejopampa Alto 1 “Suelo granular”, Rejopampa Alto 2 “Suelo granular” y Rejopampa Alto 3 “Grava triturada”.</p>
					Granulometría	
					Límite líquido	
					Límite plástico	
					Índice de plasticidad	
					Equivalente de arena	
					Resistencia a la abrasión	
			Propiedades mecánicas	Compactación: Máxima densidad seca		
				Compactación: Óptimo contenido de humedad		
				Capacidad de soporte CBR		
			VD Uso en mantenimientos periódicos de vías terrestres	Requisitos técnicos de base granular	Tipo de material	
					Granulometría	
					Proporción	
					Granulometría	
Límite líquido						
Índice de plasticidad						
Equivalente de arena						
Resistencia a la abrasión						
Compactación						
Capacidad de soporte CBR						

Anexo B. Formato de registro de observación (tomado del MTC, 2014)

FICHA DE INVENTARIO DE CANTERAS

DENOMINACIÓN DE CANTERA:

DEPARTAMENTO CÓDIGO:

LOCALIZACIÓN		Ubicación de Cantera (Con coordenadas UTM-WGS84).	
CARRETERA:	.....	
TRAMO:	.....	
KM o REFERENCIA:	.....	
LADO:	.....	
DISTANCIA AL EJE o REFERENCIA	.....	
ACCESO	PROPIEDAD		
PAVIMENTO: <input type="checkbox"/>	PRIVADA: <input type="checkbox"/>		
AFIRMADO: <input type="checkbox"/>			
TROCHA: <input type="checkbox"/>	PÚBLICA: <input type="checkbox"/>		
SENDERO: <input type="checkbox"/>			
SIN ACCESO <input type="checkbox"/>	MTC: <input type="checkbox"/>		
TIPO DE CANTERA	- FORMACIÓN ROCOSA <input type="checkbox"/> GRUPO:		
	(Las características indicadas posteriormente corresponden al material triturado)		
	ALUVIAL <input type="checkbox"/>	PLAYA PERMANENTE <input type="checkbox"/>	
	DEPÓSITO: PLUV. ANTIGUO <input type="checkbox"/>	PLAYA ESTACIONAL <input type="checkbox"/>	
CARACTERÍSTICA DEL MATERIAL			
SOLO AGREGADO	FRACCIÓN	GRUESA	FINA
CLASIFICACIÓN AASHTO	PESO ESPECÍFICO (ASTM C 128):		
CLASIFICACIÓN SUCS:	ABSORCIÓN (ASTM C128):		
TAMAÑO MÁXIMO	DURABILIDAD (MTC-E209):		
PORCENTAJE MAYOR 1 1/2" %	PESO UNITARIO (ASTM C29):		
PORCENTAJE MAYOR 3/4" %	ABRASIÓN (LOS ÁNGELES) (ASTM C131):		%
PORCENTAJE PASA # 200: %	RECUBRIMIENTO CON ASFALTO (ADHERENCIA):		
LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D4318): %	EQUIVALENTE ARENA (ASTM D2419):		%
LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D4318): %	RIEDEL – WEBER (%)		
ÍNDICE PLÁSTICO (ASTM D4318) %	SALES SOLUBLES AGREGADO GRUESO (ppm)		
PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS (ASTM D4791) %	SALES SOLUBLES INTEGRAL (ppm)		

CARACTERÍSTICA DEL MATERIAL	
CBR al 95% (ASTM D1883)	IMPUREZAS ORGÁNICAS INTEGRAL (ASTM C40) (ppm)
REVESTIMIENTO Y DESPRENDIMIENTO	TERRONES DE ARCILLA AGREGADO FINO
Nº DE MUESTRAS TOMADAS	CARAS FRACTURADAS (ASTM D5821)
Nº DE SONDAJES EJECUTADOS	
FORMA:	EXAMEN PETROGRÁFICO
REDONDEADA: <input type="checkbox"/>	MATERIAL PERJUDICIAL (%)
SUBREDONDEADA: <input type="checkbox"/>	MATERIAL DEFICIENTE BLANDO (%)
SUBANGULOSA: <input type="checkbox"/>	MATERIAL DEFICIENTE SEMICURO Y/O TOTAL INAPTOS (%)
ANGULOSA: <input type="checkbox"/>	

POSIBILIDADES DE UTILIZACIÓN						
CAPA		RELLENO	SUBBASE	BASE	MEZCLA ASFÁLTICA	CONCRETO
PROCESAMIENTO	EXTRAC. DIRECTA	.....	.....	.....	.....	.....
	ZARANDEADO	.....	.....	.....	.....	.....
	CHANCADO	.....	.....	.....	.....	.....
	CHANCADO Y ZARANDEO	.....	.....	.....	.....	.....
	LAVADO	.....	.....	.....	.....	.....
	FILLER	.....	.....	.....	.....	.....
	ADITIVO	.....	.....	.....	.....	.....
	SECADO	.....	.....	.....	.....	.....
	MEZCLA	.....	.....	.....	.....	.....
DOSAJE O RENDIMIENTO						
ENSAYOS	DENSIDAD MÁXIMA	.....	.....	.....	.....	.....
	HUMEDAD ÓPTIMA	.....	.....	.....	.....	.....
	CBR	.....	.....	.....	.....	.....
	OTROS	.....	.....	.....	.....	.....
OBSERVACIONES:						
.....						
.....						



Anexo C. Resultado de ensayos de laboratorio

TESIS

“EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE MATERIALES GRANULARES DE LAS CANTERAS DE REJOPAMPA ALTO PARA SU USO EN MANTENIMIENTOS PERIÓDICOS DE VÍAS TERRESTRES, CHOTA, 2024”

SOLICITANTE

- FELIX MAR MEJÍA REGALADO
- LITO RONAL MEJIA HERRERA



Chota, Perú del 2025



CANTERA REJOPAMPA N° 1

CIEXLIAN
Construyendo sueños

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE MATERIALES GRANULARES DE LAS CANTERAS DE REJOPAMPA ALTO PARA SU USO EN MANTENIMIENTOS PERIÓDICOS DE VÍAS TERRESTRES, CHOTA, 2024

UBICACIÓN: CANTERA REJOPAMPA N°1

CLIENTE: FELIX MAR MEJÍA REGALADO - LITO RONAL MEJIA HERRERA

FECHA DE INFORME: 20/01/2025

DATOS DE LA MUESTRA

Material: CANTERA PARA AFIRMADO

Fecha de Muestreo: 27/12/2024

Prof.(m): -

NIVEL FREÁTICO :

Profundidad (m)	MUESTRA	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACION		Contenido de humedad	Limites de consistencia	
			Símbolo	Símbolo gráfico		L.L (%)	L.P (%)
	S/M						
		AASTHO A-1b(0)			15.25%	24.23	16.77
						IP	7.46

FOTOS



Técnico de Laboratorio:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO



CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS SUELOS (NTP 339.127)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO RUC : 20604291641 CEL.:950589432

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE MATERIALES GRANULARES DE LAS CANTERAS DE REJOPAMPA ALTO PARA SU USO EN MANTENIMIENTOS PERIÓDICOS DE VÍAS TERRESTRES, CHOTA, 2024

UBICACIÓN CANTERA REJOPAMPA N°1

CLIENTE: FELIX MAR MEJÍA REGALADO - LITO RONAL MEJIA HERRERA

FECHA DE INFORME: 20/01/2025

DATOS DE LA MUESTRA

Material: CANTERA PARA AFIRMADO

Muestra/Calicata:

Fecha de Muestreo: 27/12/2024

Fecha de Recepción: 27/12/2024

Prof.(m): -

Table with 4 main columns: Descripción, Und., Ensayos, Promedio. Rows include Tara, Peso Material Humedo + Tara (A), Peso Material Seco + Tara (B), Peso de Agua (A-B), Peso de Tara ©, Peso Neto de Material Seco (B -C), and Porcentaje de Humedad (A-B)/(B-C)*100.

OBSERVACIONES :

Porcentaje de Humedad: 15.25%

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

Técnico de Laboratorio:

Firma:

CIEXLIAN Y LABORATORIO Ing. Hermes Rojas Tiravanti REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO Gilmer Yoel Vásquez Saldaña TÉCNICO EN LABORATORIO

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:

EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE MATERIALES GRANULARES DE LAS CANTERAS DE REJOPAMPA ALTO PARA SU USO EN MANTENIMIENTOS PERIÓDICOS DE VÍAS TERRESTRES, CHOTA, 2024

UBICACIÓN

CANTERA REJOPAMPA N°1

CLIENTE:

FELIX MAR MEJÍA REGALADO - LITO RONAL MEJIA HERRERA

FECHA DE INFORME:

20/01/2025

DATOS DE LA MUESTRA

Muestra/Calicata: CANTERA PARA AFIRMADO

Fecha de Muestreo:

27/12/2024

Fecha de Recepción:

Prof.(m):

-

Tamaño Máximo:

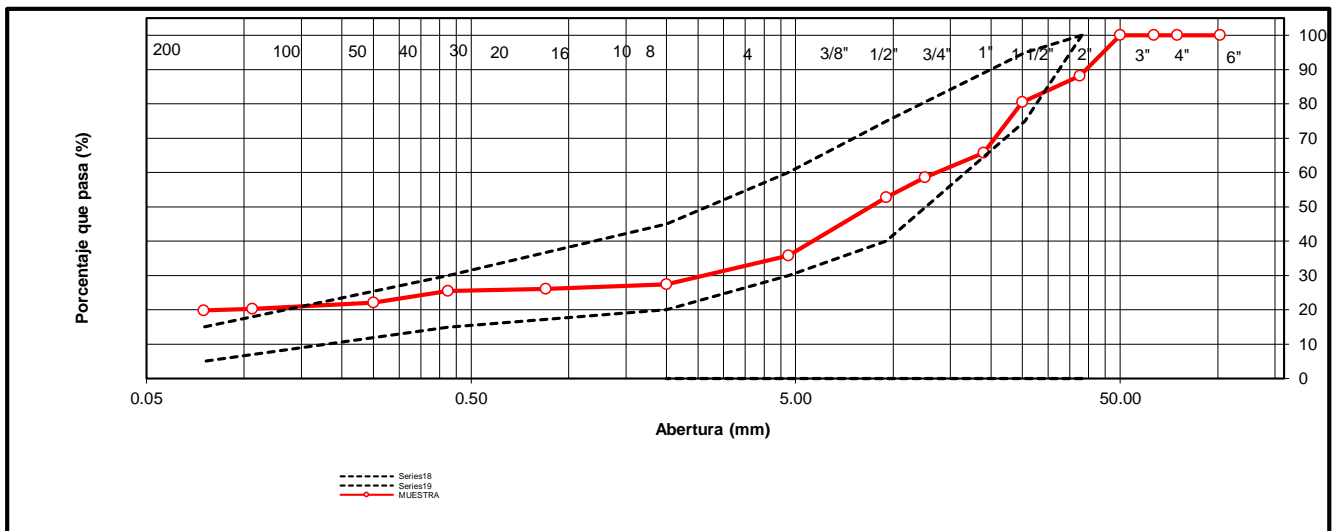
2"

Peso Inicial Seco:

1305 gr.

TAMIZ	ABERTURA	PESO	PORCENTAJE	RETENIDO	PORCENTAJE	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
A.S.T.M	(mm)	RETENIDO	27/12/2024	ACUMULADO	QUE PASA	mm	
4"	101.600	0	0.00	0.00	100.00		OBSERVACIONES :
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00		Bolonería 4" - 3" : 0.00 %
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Grava 3" - N° 4 : 64.21 %
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00		Arena N°4 - N° 200 : 15.94 %
1 1/2"	37.500	154.00	11.80	11.80	88.20		Finos < N° 200 : 19.85 %
1"	25.000	100.00	7.66	19.46	80.54		A. gruesa N° 4 - N° 10 : 8.35 %
3/4"	19.000	193.00	14.79	34.25	65.75		A. media N° 10 - N° 40 : 1.92 %
1/2"	12.500	94.00	7.20	41.46	58.54		A. fina N° 40 - N° 200 : 5.67 %
3/8"	9.500	76.00	5.82	47.28	52.72		
N° 4	4.750	221.00	16.93	64.21	35.79		CARACTERISTICAS:
N° 8	2.360	92.00	7.05	71.26	28.74		LL (ASTM D4318-17): 24.23 %
N° 10	2.000	17.00	1.30	72.57	27.43		LP (ASTM D4318-17): 16.77 %
N° 16	1.190	13.00	1.00	73.56	26.44		IP (ASTM D4318-17): 7.46 %
N° 20	0.850	4.00	0.31	73.87	26.13		
N° 30	0.600	8.00	0.61	74.48	25.52		
N° 40	0.425	0.00	0.00	74.48	25.52		Descripción (AASHTO) A-1b(0)
N° 60	0.250	44.00	3.37	77.85	22.15		
N° 140	0.106	25.00	1.92	79.77	20.23		
N° 200	0.075	5.00	0.38	80.15	19.85		
< N° 200	FONDO	259.00	19.85	100.00	0.00		

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA





OBSERVACIONES:

Tamaño Máximo de partículas: 2"

Técnico de Laboratorio:

Firma:


CIEXLIAN Y LABORATORIO
 Ing. Hermes Rojas Tiravanti
 REG. CIP. 348840


CIEXLIAN Y LABORATORIO
 Güilmer Yoel Vásquez Saldaña
 TÉCNICO EN LABORATORIO

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE MATERIALES GRANULARES DE LAS CANTERAS DE REJOPAMPA ALTO PARA SU USO EN MANTENIMIENTOS PERIÓDICOS DE VÍAS TERRESTRES, CHOTA, 2024

UBICACIÓN CANTERA REJOPAMPA N°1

CLIENTE: FELIX MAR MEJÍA REGALADO - LITO RONAL MEJIA HERRERA

FECHA DE INF: 20/01/2025

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha de Muestreo: _____ **Muestra/Calicata:** 0
Prof.(m): 1.50 m

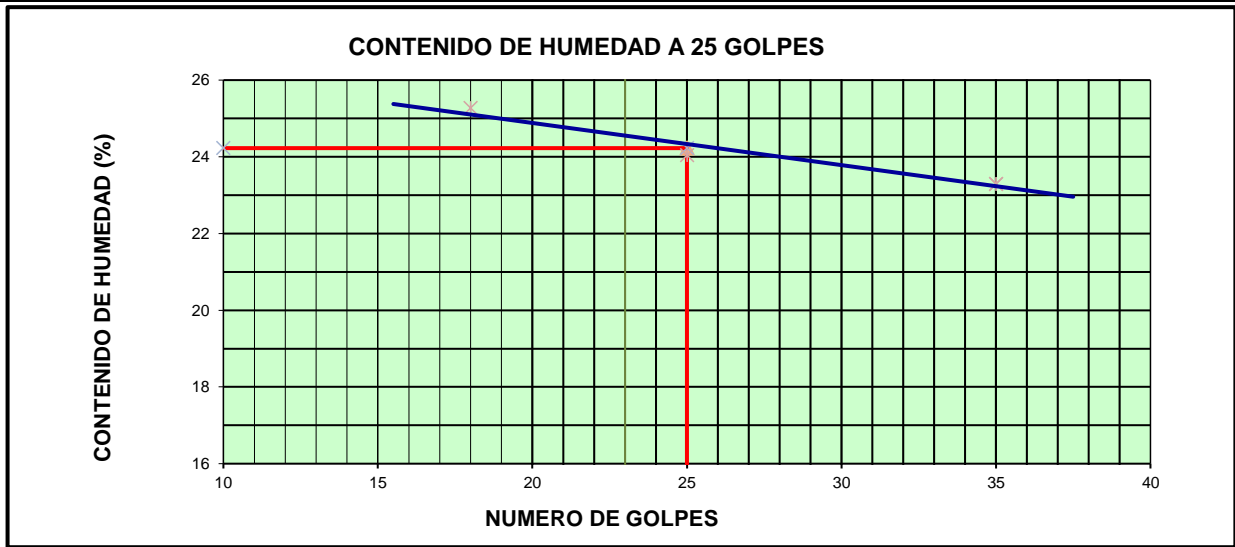
LIMITE LIQUIDO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
		T-716	T-717	T-716	
Nº TARRO					
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	32.48	43.18	37.36	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	29.73	38.56	33.91	
PESO DE AGUA	(g)	2.75	4.62	3.45	
PESO DE LA TARA	(g)	18.85	19.34	19.10	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	10.88	19.22	14.81	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	25.28	24.04	23.30	
NUMERO DE GOLPES	59	18	25	35	

64

LIMITE PLÁSTICO

Descripción	86	Ensayos		Observaciones
		T-14	T-17	
Nº TARRO	223			
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	108	16.75	16.49	
PESO TARRO + SUELO SECO	34	16.28	16.19	
PESO DE AGUA	44	0.47	0.30	
PESO DE LA TARA	14	13.58	14.33	
PESO DEL SUELO SECO	20	2.70	1.86	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	0	17.41	16.13	



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		
LIMITE LIQUIDO	%	24.23
LIMITE PLASTICO	%	16.77
INDICE DE PLASTICIDAD	%	7.46

OBSERVACIONES:

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

Técnico de Laboratorio: _____

Firma: _____

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO



PROCTOR MODIFICADO
(NTP 339.141)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432
CORREO:ciexlianlab@gmail.com

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE MATERIALES GRANULARES DE LAS CANTERAS DE REJOPAMPA ALTO PARA SU USO EN MANTENIMIENTOS PERIÓDICOS DE VÍAS TERRESTRES, CHOTA, 2024

UBICACIÓN CANTERA REJOPAMPA N°1

CLIENTE: FELIX MAR MEJÍA REGALADO - LITO RONAL MEJIA HERRERA

FECHA DE INF: 20/01/2025

DATOS DE LA MUESTRA

Material: CANTERA PARA AFIRMADO

Muestra/Calicata:

Fecha de Muestreo:

Fecha de Recepción:

Prof.(m): -

METODO DE COMPACTACION:

C

Peso de Martillo (gr):

4536.4

Tipo de pisón: Manual

Diam. Molde:

45653.00

Vol. Molde:

2122.32

Peso del Molde (gr):

6690

(cm):

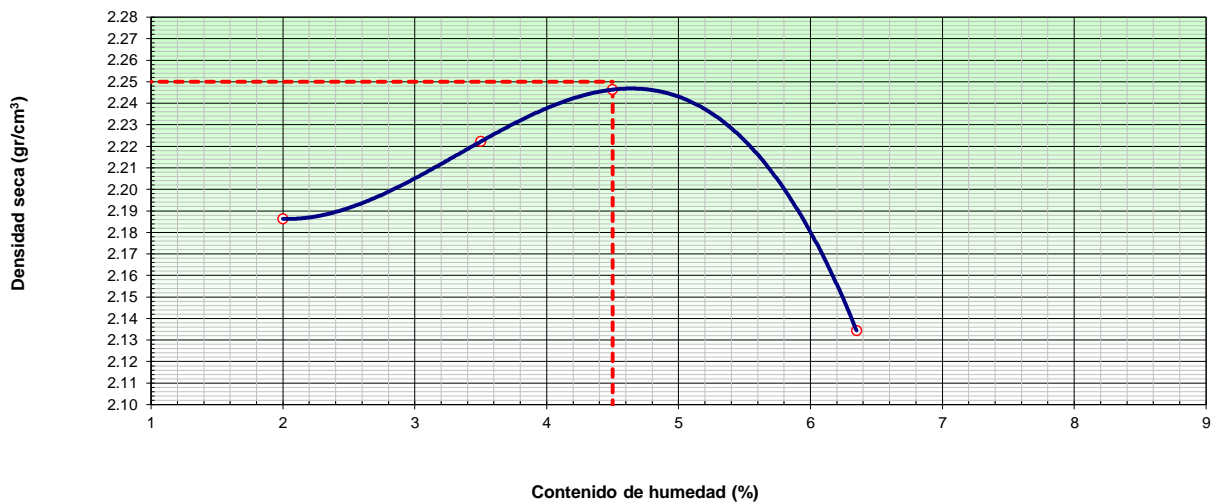
(cm3):

.....		1	2	3	4	OBSERVACION
Peso suelo + molde		11423	11571	11672	11508	
Peso neto del suelo húmedo		4733	4881	4982	4818	
Peso volumétrico húmedo		2.23	2.30	2.35	2.27	
Tara		T1	T2	T3	T4	
Peso del suelo húmedo+tara		69.57	68.14	83.51	104.60	
Peso del suelo seco + tara		68.55	66.35	81.59	100.65	
Peso de Tara		17.36	15.35	38.87	38.37	
Peso de agua		1.02	1.79	1.92	3.95	
Peso del suelo seco		51.19	51.00	42.72	62.28	
Contenido de Humedad	%	2.00	3.50	4.50	6.35	
Peso volumétrico seco		2.19	2.22	2.25	2.13	

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2.25

Óptimo Contenido de Humedad (%): 4.5

CURVA DE COMPACTACIÓN



OBSERVACIONES :

Técnico de Laboratorio: _____ Tamaño Máximo de partículas: _____

CIEXLIAN Y LABORATORIO

 Ing. Hermes Rojas Tiravanti
 REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO

 Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
 TÉCNICO EN LABORATORIO



**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO
(NTP 339.145)**

CIEXLIAN S.R.L -
LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

Pag: 6 de 7

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE MATERIALES GRANULARES DE LAS CANTERAS DE REJOPAMPA ALTO PARA SU USO EN MANTENIMIENTOS PERIÓDICOS DE VÍAS TERRESTRES, CHOTA, 2024

UBICACIÓN: CANTERA REJOPAMPA N°1

CLIENTE: FELIX MAR MEJÍA REGALADO - LITO RONAL MEJIA HERRERA

FECHA DE INFORME: 20/01/2025

DATOS DE LA MUESTRA

Material: CANTERA PARA AFIRMADO

Fecha de Muestreo:

Prof.(m): -

C.B.R.

MOLDE N°	4				6					
	56						12			
N° DE GOLPES POR CAPA	SIN MOJAR		MOJADA		MOJADA		SIN MOJAR		MOJADA	
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (gr)	12618.70						12241.40			
PESO DEL MOLDE (gr)	7632.00						7562.00			
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	4986.70						4679.40			
VOLUMEN DEL SUELO (cm ³)	2122.00				2165.00		2127.00			
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	2.35				2.29		2.20			
CAPSULA N°	1				3		5			
PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO (gr)	67.50				65.41		66.17			
PESO CAPSULA + SUELO SECO (gr)	65.25				63.25		64.25			
PESO DE AGUA CONTENIDA (gr)	2.25				2.16		1.92			
PESO DE CAPSULA (gr)	15.23				15.27		21.77			
PESO DE SUELO SECO (gr)	50.02				47.98		42.48			
HUMEDAD (%)	4.50%				4.51%		4.52%			
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	2.25				2.19		2.10			

19

EXPANSIÓN

9

DÍAS	HORAS	3	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
			mm	%		mm	%		mm	%

PENETRACION

PENETRACION	PULG.	CARGA ESTÁNDAR (Lbs/pulg ²)	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
			CARGA	CORECCION			CARGA	CORECCION			CARGA	CORECCION		
				Lectura	Lbs	lbs/pulg ²		%	Lectura	Lbs		lbs/pulg ²	%	Lectura	Lbs	lbs/pulg^{2}	%
0		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		
0.020		250.35	552	183.98		250.00	551	183.72		112.56	248	82.72		
0.040		420.35	927	308.90		350.00	772	257.21		283.19	624	208.11		
0.060		735.68	1622	540.63		615.36	1357	452.21		413.87	912	304.14		
0.080		950.25	2095	698.31		764.86	1686	562.08		524.98	1157	385.79		
0.100		1000	1058.60	2334	777.94	77.79	850.00	1874	624.64	62.46	650.00	1433	477.67	47.77
0.200		1400.00	3086	1028.82		1100.21	2426	808.51		895.10	1973	657.79		
0.300		1595.25	3517	1172.31		1271.23	2803	934.19		1065.68	2349	783.14		
0.400		1769.25	3901	1300.17		1463.13	3226	1075.22		1265.31	2790	929.84		
0.500		1856.56	4093	1364.34		1632.84	3600	1199.93		1450.21	3197	1065.72		

CIEXLIAN Y LABORATORIO
 Ing. Hermes Rojas Tiravanti
 REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
 Gilmer Yoel Vásquez Saldana
 TÉCNICO EN LABORATORIO



ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO
(NTP 339.145)

CIEXLIAN S.R.L -
LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE MATERIALES GRANULARES DE LAS CANTERAS DE REJOPAMPA ALTO PARA SU USO EN MANTENIMIENTOS PERIÓDICOS DE VÍAS TERRESTRES, CHOTA, 2024

UBICACIÓN: CANTERA REJOPAMPA N°1

CLIENTE: FELIX MAR MEJÍA REGALADO - LITO RONAL MEJIA HERRERA

FECHA DE INFORME: 20/01/2025

DATOS DE LA MUESTRA

Material: CANTERA PARA AFIRMADO

DATOS DEL PROCTOR

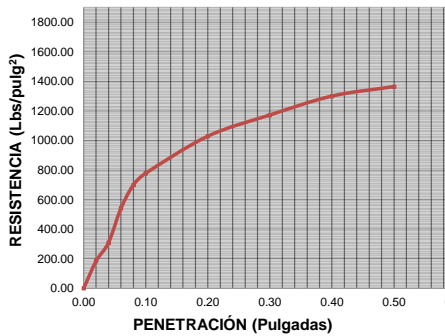
DENSIDAD MAXIMA (gr/cm3)	2.25
HUMEDAD OPTIMA (%)	4.50

Tamaño Máximo de partícula 0.00%

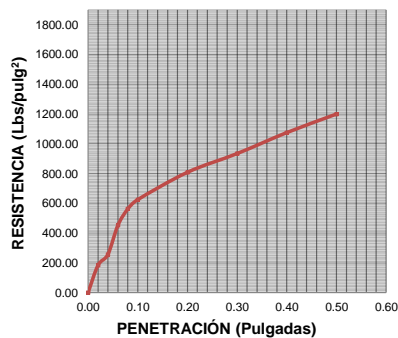
DATOS DEL C.B.R.

CBR al 100% de M.D.S. (%)	77.79
CBR al 95% de M.D.S. (%)	54.34

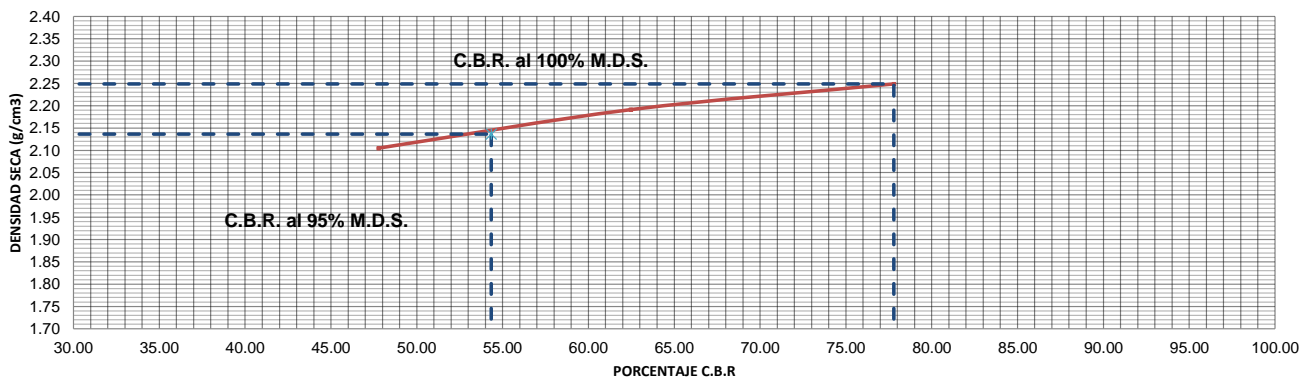
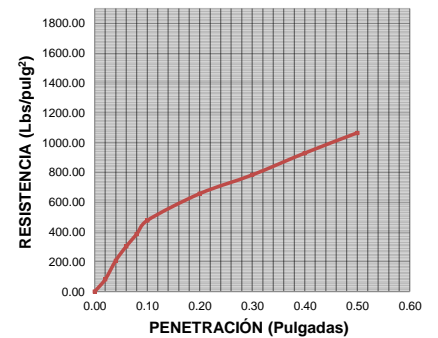
56 GOLPES



25 GOLPES



12 GOLPES



Técnico de Laboratorio:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO



DESGASTE POR ABRASIÓN (NTP 400.019)

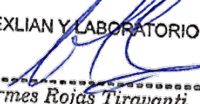
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS	EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE MATERIALES GRANULARES DE LAS CANTERAS DE REJOPAMPA ALTO PARA SU USO EN MANTENIMIENTOS PERIÓDICOS DE VÍAS TERRESTRES, CHOTA, 2024
SOLICITANTE	FELIX MAR MEJÍA REGALADO - LITO RONAL MEJIA HERRERA
UBICACIÓN	CANTERA REJOPAMPA N°1
Tam.Max.Nominal.	2" FECHA INFORME 24/12/2024

ENSAYO DE ABRASIÓN

PASA TAMIZ	RETENIDO TAMIZ	PESOS Y GRANULOMETRÍA DE LA MUESTRA EN ENSAYO (gs)			
		A	B	C	D
mm	mm				
11/2	1"	1250.00			
1"	3/4"	1250.00			
3/4"	1/2"	1250.00			
1/2"	3/8"	1250.00			
3/8"	1/4"				
1/4"	N°4				
N°4	N°8				
PESO MUESTRA ANTES DE ENSAYO		5000.00			
PESO MUESTRAS DESPUÉS DEL ENSAYO		3650.00			
PERDIDA MUESTRA DESPUÉS DE ENSAYO		1350.00			
% DE ABRASIÓN		27.00			

Técnico de Laboratorio: _____


CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840


CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO



CANTERA REJOPAMPA N° 2

CIEXLIAN
Construyendo sueños



PERFIL ESTRATIGRÁFICO (NTP 339.150)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO RUC : 20604291641 CEL.:950589432

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE MATERIALES GRANULARES DE LAS CANTERAS DE REJOPAMPA ALTO PARA SU USO EN MANTENIMIENTOS PERIÓDICOS DE VÍAS TERRESTRES, CHOTA, 2024

UBICACIÓN CANTERA REJOPAMPA 2

CLIENTE: FELIX MAR MEJÍA REGALADO - LITO RONAL MEJIA HERRERA

FECHA DE INFORME: 20/01/2025

DATOS DE LA MUESTRA

Material: CANTERA PARA AFIRMADO

Fecha de Muestreo: 27/12/2024

Prof.(m): -

NIVEL FREÁTICO :

Profundidad (m)	30.7	DESCRIPCIÓN	29.21		Contenido de humedad	Límites de consistencia	
			Símbolo	Símbolo gráfico		L.L (%)	L.P (%)
	S/M						
		AASTHO A-1b(0)			15.35%	25.15	18.34
						IP	6.81

FOTOS



Técnico de Laboratorio:

CIEXLIAN Y LABORATORIO Ing. Hermes Rojas Tiravanti REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO Gilmer Yoel Vásquez Saldaña TÉCNICO EN LABORATORIO



**CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS SUELOS
(NTP 339.127)**

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL.:950589432

Pag: 2 de 7

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE MATERIALES GRANULARES DE LAS CANTERAS DE REJOPAMPA ALTO PARA SU USO EN MANTENIMIENTOS PERIÓDICOS DE VÍAS TERRESTRES, CHOTA, 2024

UBICACIÓN CANTERA REJOPAMPA 2

CLIENTE: FELIX MAR MEJÍA REGALADO - LITO RONAL MEJIA HERRERA

FECH |

20/01/2025

DATOS DE LA MUESTRA

Material: CANTERA PARA AFIRMADO

Muestra/Calicata:

Fecha de Muestreo: 27/12/2024

Fecha de Recepción: 27/12/2024

Prof.(m): -

Descripcion	Und.	Ensayos				Promedio
Tara	Nº	T1				
Peso Material Humedo + Tara (A)	gr.	279.6	-			
Peso Material Seco + Tara (B)	gr.	258.0				
Peso de Agua (A-B)	gr.	21.6				
Peso de Tara ©	gr.	117.0				
Peso Neto de Material Seco (B - C)	gr.	141.0				
Porcentaje de Humedad (A-B)/(B-C)*100	%	15.35%				15.35%

OBSERVACIONES :

Porcentaje de Humedad: 15.35%

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

Técnico de Laboratorio: _____

Firma: _____

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE MATERIALES GRANULARES DE LAS CANTERAS DE REJOPAMPA ALTO PARA SU USO EN MANTENIMIENTOS PERIÓDICOS DE VÍAS TERRESTRES, CHOTA, 2024

UBICACIÓN CANTERA REJOPAMPA-02

CLIENTE: FELIX MAR MEJÍA REGALADO - LITO RONAL MEJIA HERRERA

FECHA DE INFORME: 20/01/2025

DATOS DE LA MUESTRA

Muestra/Calicata:

Fecha de Muestreo: 27/12/2024

Fecha de Recepción:

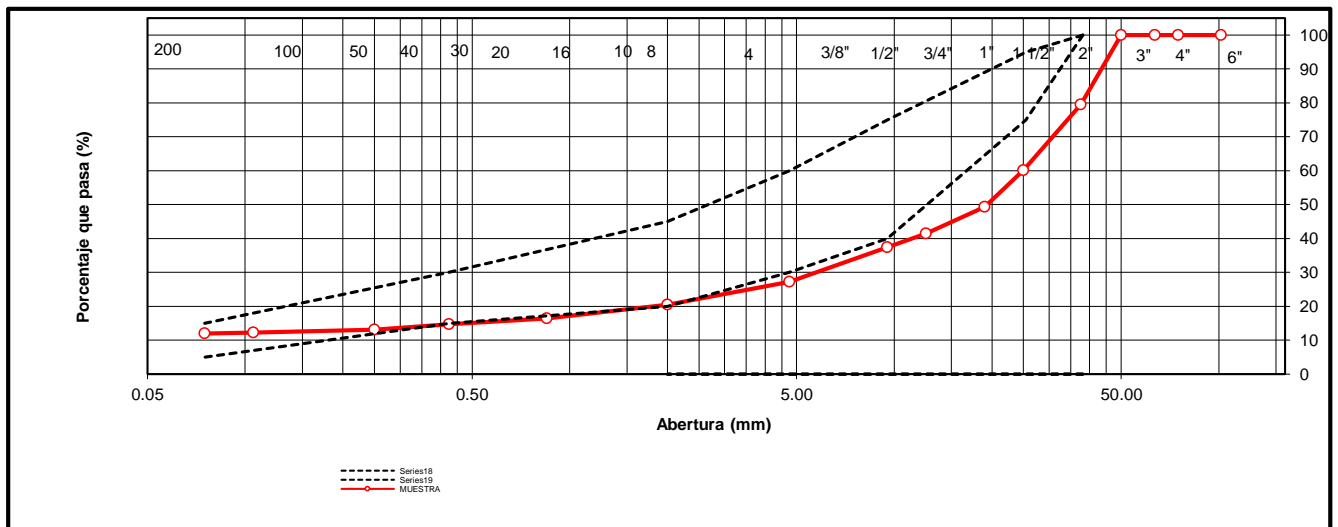
Prof.(m): -

Tamaño Máximo: 2"

Peso Inicial Seco: 3197 gr.

TAMIZ	ABERTURA	PESO	PORCENTAJE	RETENIDO	PORCENTAJE	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
A.S.T.M	(mm)	RETENIDO	27/12/2024	ACUMULADO	QUE PASA	Tipo:	
			0.00				
4"	101.600	0	0.00	0.00	100.00		OBSERVACIONES :
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00		Bolonería 4" - 3" : 0.00 %
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Grava 3" - Nº 4 : 72.72 %
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00		Arena Nº4 - Nº 200 : 15.30 %
1 1/2"	37.500	655.00	20.49	20.49	79.51		Finos < Nº 200 : 11.98 %
1"	25.000	621.00	19.42	39.91	60.09		A. gruesa Nº 4 - Nº 10 : 6.85 %
3/4"	19.000	343.00	10.73	50.64	49.36		A. media Nº 10 - Nº 40 : 5.66 %
1/2"	12.500	253.00	7.91	58.55	41.45		A. fina Nº 40 - Nº 200 : 2.78 %
3/8"	9.500	129.00	4.04	62.59	37.41		
Nº 4	4.750	324.00	10.13	72.72	27.28		CARACTERISTICAS:
Nº 8	2.360	156.00	4.88	77.60	22.40		LL (ASTM D4318-17): 25.15 %
Nº 10	2.000	63.00	1.97	79.57	20.43		LP (ASTM D4318-17): 18.34 %
Nº 16	1.190	92.00	2.88	82.45	17.55		IP (ASTM D4318-17): 6.81 %
Nº 20	0.850	36.00	1.13	83.58	16.42		
Nº 30	0.600	53.00	1.66	85.24	14.76		
Nº 40	0.425	0.00	0.00	85.24	14.76		Descripción (AASHTO) A-1b(0)
Nº 60	0.250	53.00	1.66	86.89	13.11		
Nº 140	0.106	29.00	0.91	87.80	12.20		
Nº 200	0.075	7.00	0.22	88.02	11.98		
< Nº 200	FONDO	383.00	11.98	100.00	0.00		

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: Tamaño Máximo de partículas: 2"

Técnico de Laboratorio: _____ **Firma:** _____

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE MATERIALES GRANULARES DE LAS CANTERAS DE REJOPAMPA ALTO PARA SU USO EN MANTENIMIENTOS PERIÓDICOS DE VÍAS TERRESTRES, CHOTA, 2024

UBICACIÓN CANTERA REJOPAMPA 2

CLIENTE: FELIX MAR MEJÍA REGALADO - LITO RONAL MEJIA HERRERA

FECHA DE INF: 20/01/2025

DATOS DE LA MUESTRA

Muestra/Calicata: _____
Fecha de Muestreo: _____ **Prof.(m):** _____

LIMITE LIQUIDO

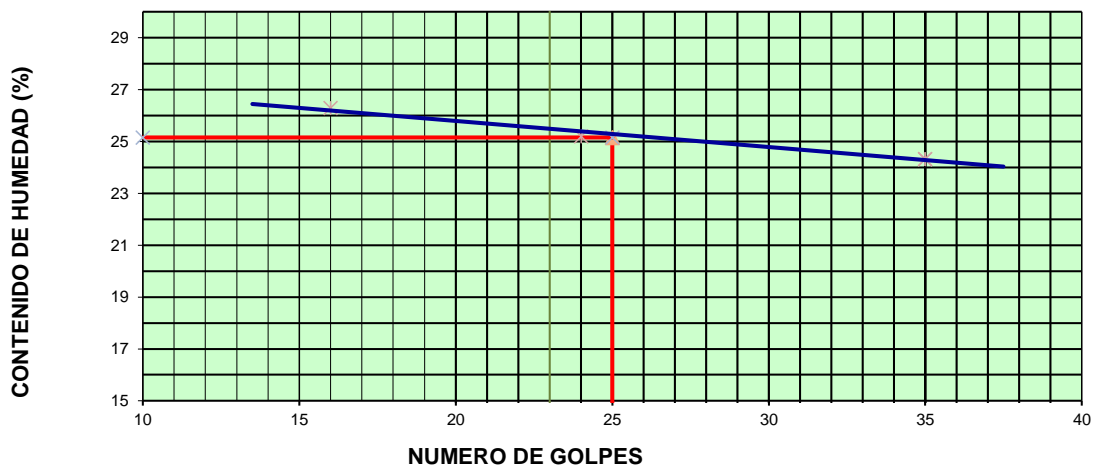
Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
		T-719	T-720	T-721	
Nº TARRO					
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	32.05	42.49	38.23	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	29.30	37.69	34.57	
PESO DE AGUA	(g)	2.75	4.80	3.66	
PESO DE LA TARA	(g)	18.85	18.65	19.54	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	10.45	19.04	15.03	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	26.30	25.20	24.32	
NUMERO DE GOLPES	59	16	24	35	

64

LIMITE PLASTICO

Descripción	86	Ensayos		Observaciones
		T-14	T-17	
Nº TARRO	223			
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	108	15.69	16.59	
PESO TARRO + SUELO SECO	34	15.36	16.24	
PESO DE AGUA	44	0.33	0.35	
PESO DE LA TARA	14	13.58	14.33	
PESO DEL SUELO SECO	20	1.78	1.91	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	0	18.35	18.33	

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



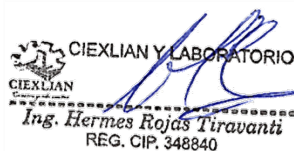
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		
LIMITE LIQUIDO	%	25.15
LIMITE PLASTICO	%	18.34
INDICE DE PLASTICIDAD	%	6.81

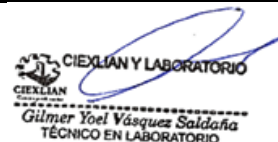
OBSERVACIONES:

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +/- 5C°

Técnico de Laboratorio: _____

Firma: _____


CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840


CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (NTP 339.141)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432
CORREO:ciexlianlab@gmail.com

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE MATERIALES GRANULARES DE LAS CANTERAS DE REJOPAMPA ALTO PARA SU USO EN MANTENIMIENTOS PERIÓDICOS DE VÍAS TERRESTRES, CHOTA, 2024

UBICACIÓN CANTERA REJOPAMPA 2

CLIENTE: FELIX MAR MEJÍA REGALADO - LITO RONAL MEJIA HERRERA

FECHA DE INF: 20/01/2025

DATOS DE LA MUESTRA

Material: CANTERA PARA AFIRMADO

Muestra/Calicata:

Fecha de Muestreo:

Fecha de Recepción:

Prof.(m): -

METODO DE COMPACTACION:

C

Peso de Martillo (gr):

4536.4

Tipo de pisón: Manual

Diam. Mold.

15.14

Vol. Mold.

2122.32

Peso del Molde (gr):

6690

(cm):

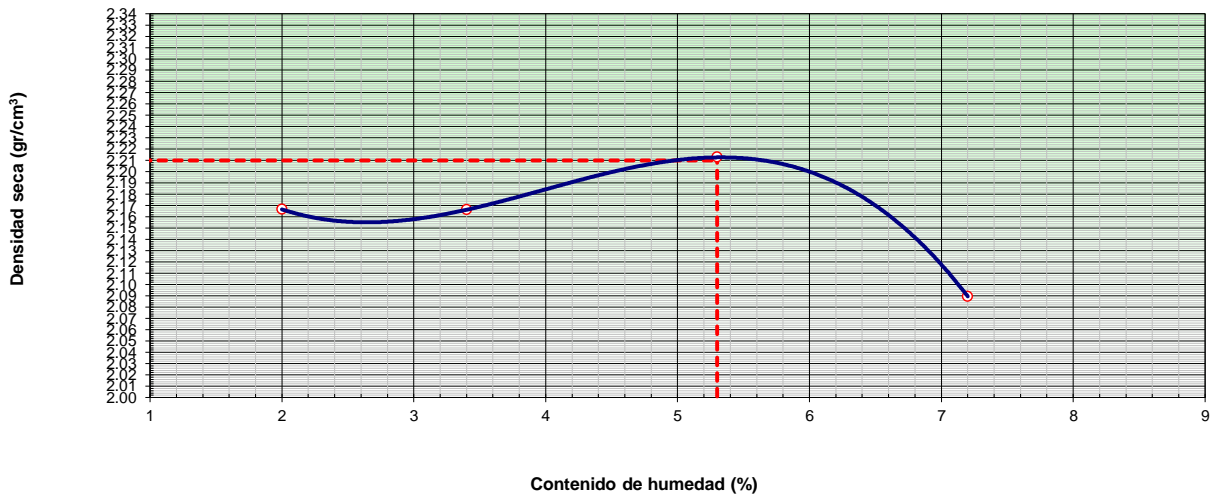
(cm3):

Table with 7 columns: Test ID, 1, 2, 3, 4, OBSERVACION. Rows include: Peso suelo + molde, Peso neto del suelo húmedo, Peso volumétrico húmedo, Tara (T1-T4), Peso del suelo húmedo+tara, Peso del suelo seco + tara, Peso de Tara, Peso de agua, Peso del suelo seco, Contenido de Humedad, Peso volumétrico seco.

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2.21

Óptimo Contenido de Humedad (%): 5.3

CURVA DE COMPACTACIÓN



OBSERVACIONES :

Técnico de Laboratorio:

Firma:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Güner Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO



ENSAYO CALIFORNIA BEARNING RATIO
(NTP 339.145)

CIEXLIAN S.R.L -
LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

Pag: 6 de 7

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

UBICACIÓN EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE MATERIALES GRANULARES DE LAS CANTERAS DE REJOPAMPA ALTO PARA SU USO EN MANTENIMIENTOS PERIÓDICOS DE VÍAS TERRESTRES, CHOTA, 2024

UBICACIÓN CANTERA REJOPAMPA 2

CLIENTE: FELIX MAR MEJÍA REGALADO - LITO RONAL MEJIA HERRERA

FECHA DE INFORME: 20/01/2025

DATOS DE LA MUESTRA

Material: CANTERA PARA AFIRMADO

Fecha de Muestreo: 27/12/2024

27/12/2024

Prof.(m): -

C.B.R.

MOLDE N°	4		5		6	
	56		25		12	
N° DE GOLPES POR CAPA						
CONDICION DE MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (gr)	12589.26		12477.55		12291.21	
PESO DEL MOLDE (gr)	7645.00		7563.00		7548.00	
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	4944.26		4914.55		4743.21	
VOLUMEN DEL SUELO (cm ³)	2122.00		2165.00		2127.00	
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	2.33		2.27		2.23	
CAPSULA N°	1		3		5	
PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO (gr)	68.01		65.90		66.83	
PESO CAPSULA + SUELO SECO (gr)	65.25		63.25		64.25	
PESO DE AGUA CONTENIDA (gr)	2.76		2.65		2.58	
PESO DE CAPSULA (gr)	13.25		13.38		16.35	
PESO DE SUELO SECO (gr)	52.00		49.87		47.90	
HUMEDAD (%)	5.30%		5.31%		5.39%	
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	2.21		2.16		2.12	

EXPANSIÓN

DÍAS	HORAS	3	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
			mm	%		mm	%		mm	%

PENETRACION

PENETRACION	PULG.	CARGA ESTÁNDAR (Lbs/pulg ²)	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
			CARGA	CORECCION			CARGA	CORECCION			CARGA	CORECCION		
			Lbs	lbs/pulg ²	%	Lbs	lbs/pulg ²	%	Lbs	lbs/pulg ²	%	Lbs	lbs/pulg ²	%
0		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00	
0.020		258.79	571	190.18		154.83	341	113.78	150.41	332	110.53			
0.040		423.86	934	311.48		346.75	764	254.82	283.19	624	208.11			
0.060		659.87	1455	484.92		548.91	1210	403.38	413.87	912	304.14			
0.080		874.65	1928	642.76		736.84	1624	541.48	524.98	1157	385.79			
0.100	1000	1005.32	2216	738.78	73.88	823.54	1816	605.20	60.52	631.29	1392	463.92	46.39	
0.200		1456.38	3211	1070.25		1145.70	2526	841.94	970.12	2139	712.92			
0.300		1784.59	3934	1311.45		1394.91	3075	1025.08	1287.30	2838	946.00			
0.400		2056.37	4534	1511.17		1683.27	3711	1236.99	1523.59	3359	1119.65			
0.500		2350.24	5181	1727.13		1950.78	4301	1433.58	1720.52	3793	1264.36			

CIEXLIAN Y LABORATORIO
 Ing. Hermes Rojas Tiravanti
 REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
 Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
 TÉCNICO EN LABORATORIO



ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (NTP 339.145)

CIEXLIAN S.R.L -
LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

Pag: 6 de 7

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

UBICACIÓN EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE MATERIALES GRANULARES DE LAS CANTERAS DE REJOPAMPA ALTO PARA SU USO EN MANTENIMIENTOS PERIÓDICOS DE VÍAS TERRESTRES, CHOTA, 2024

UBICACIÓN CANTERA REJOPAMPA 2

CLIENTE: FELIX MAR MEJÍA REGALADO - LITO RONAL MEJIA HERRERA

FECHA DE INFORME: 20/01/2025

DATOS DE LA MUESTRA

Material: CANTERA PARA AFIRMADO

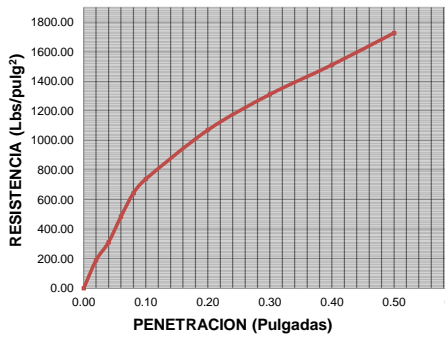
DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD MAXIMA (gr/cm ³)	2.21
HUMEDAD OPTIMA (%)	5.30

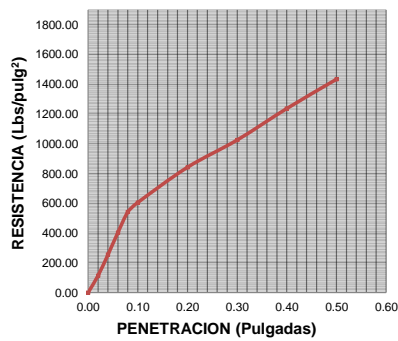
DATOS DEL C.B.R.

CBR al 100% de M.D.S. (%)	73.88
CBR al 95% de M.D.S. (%)	42.45

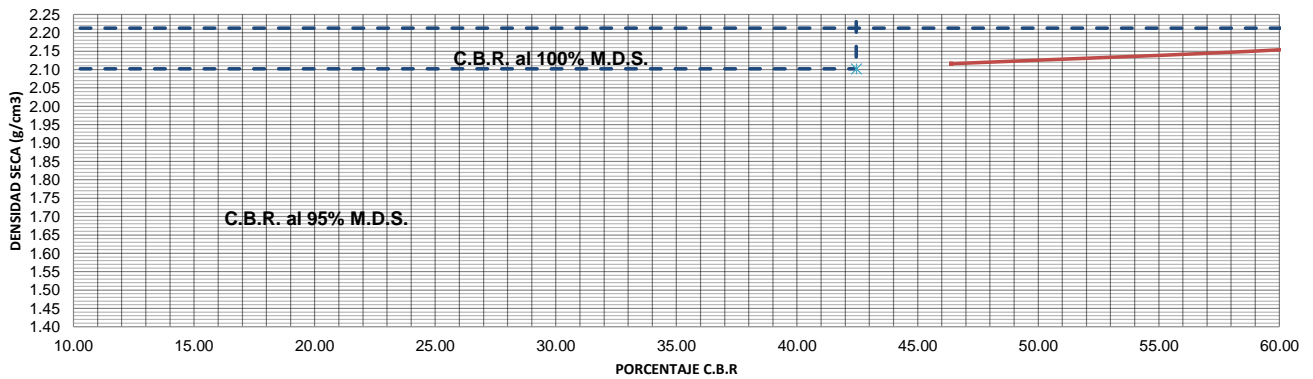
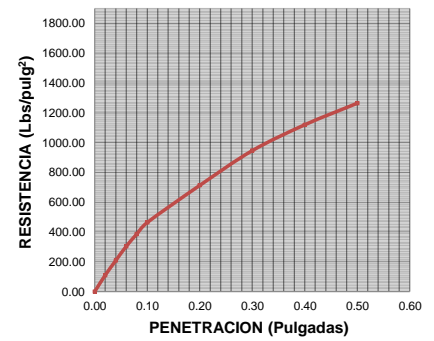
56 GOLPES



25 GOLPES



12 GOLPES



Técnico de Laboratorio: 0.00

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO



DESGASTE POR ABRASIÓN (NTP 400.019)

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS	EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE MATERIALES GRANULARES DE LAS CANTERAS DE REJOPAMPA ALTO PARA SU USO EN MANTENIMIENTOS PERIÓDICOS DE VÍAS TERRESTRES, CHOTA, 2024		
SOLICITANTE	FELIX MAR MEJÍA REGALADO - LITO RONAL MEJIA HERRERA		
UBICACIÓN	CANTERA REJOPAMPA 2		
Tam.Max.Nominal.	2"	FECHA INFORME	24/12/2024

ENSAYO DE ABRASIÓN

PASA TAMIZ	RETENIDO TAMIZ	PESOS Y GRANULOMETRÍA DE LA MUESTRA EN ENSAYO (gs)			
		A	B	C	D
mm	mm				
11/2	1"	1250.00			
1"	3/4"	1250.00			
3/4"	1/2"	1250.00			
1/2"	3/8"	1250.00			
3/8"	1/4"				
1/4"	N°4				
N°4	N°8				
PESO MUESTRA ANTES DE ENSAYO		5000.00			
PESO MUESTRAS DESPUÉS DEL ENSAYO		3670.00			
PERDIDA MUESTRA DESPUÉS DE ENSAYO		1330.00			
% DE ABRASIÓN		26.60			

Técnico de Laboratorio: _____

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO



CIEXLIAN
Construyendo sueños

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

PROYECTO: EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE MATERIALES GRANULARES DE LAS CANTERAS DE REJOPAMPA ALTO PARA SU USO EN MANTENIMIENTOS PERIÓDICOS DE VÍAS TERRESTRES, CHOTA, 2024

UBICACIÓN: CANTERA REJOPAMPA N°3

CLIENTE: FELIX MAR MEJÍA REGALADO - LITO RONAL MEJIA HERRERA

FECHA DE INFORME: 20/01/2025

DATOS DE LA MUESTRA

Muestra/Calicata: CONFITILLO

Fecha de Muestreo: 10/12/2024

Fecha de Recepción: 10/12/2024

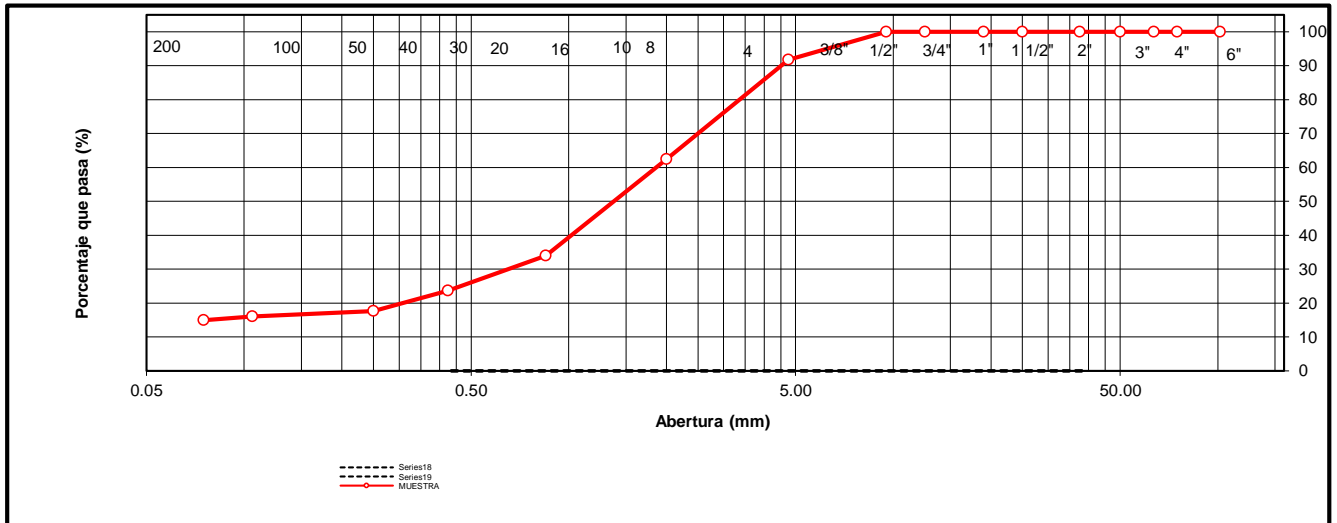
Prof.(m):

Tamaño Máximo: 3/8"

Peso Inicial Seco: 1239 gr.

TAMIZ	ABERTURA	PESO	PORCENTAJE	RETENIDO	PORCENTAJE	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
A.S.T.M	(mm)	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA	Tipo:	
4"	101.600	0	0.00	0.00	100.00		OBSERVACIONES : Bolonería 4" - 3" : 0.00 % Grava 3" - N° 4 : 8.23 % Arena N°4 - N° 200 : 76.84 % Finos < N° 200 : 14.93 % A. gruesa N° 4 - N° 10 : 29.38 % A. media N° 10 - N° 40 : 38.74 % A. fina N° 40 - N° 200 : 8.72 %
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00		
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00		
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00		
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00		
N° 4	4.750	102.00	8.23	8.23	91.77		CARACTERISTICAS:
N° 8	2.360	144.00	11.62	19.85	80.15		
N° 10	2.000	220.00	17.76	37.61	62.39		
N° 16	1.190	265.00	21.39	59.00	41.00		
N° 20	0.850	88.00	7.10	66.10	33.90		
N° 30	0.600	124.00	10.01	76.11	23.89		
N° 40	0.425	3.00	0.24	76.35	23.65		
N° 60	0.250	74.00	5.97	82.32	17.68		
N° 140	0.106	20.00	1.61	83.94	16.06		
N° 200	0.075	14.00	1.13	85.07	14.93		
< N° 200	FONDO	185.00	14.93	100.00	0.00		

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: Tamaño Máximo de partículas: 3/8"

Técnico de Laboratorio: _____ Firma: _____



DESGASTE POR ABRASIÓN (NTP 400.019)

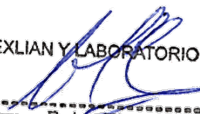
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO


TESIS	EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE MATERIALES GRANULARES DE LAS CANTERAS DE REJOPAMPA ALTO PARA SU USO EN MANTENIMIENTOS PERIÓDICOS DE VÍAS TERRESTRES, CHOTA, 2024		
SOLICITANTE	FELIX MAR MEJÍA REGALADO - LITO RONAL MEJIA HERRERA		
UBICACIÓN	CANTERA REJOPAMPA N°3		
Tam.Max.Nominal.	3/8"	FECHA INFORME	20/01/2025

ENSAYO DE ABRASIÓN

PASA TAMIZ	RETENIDO TAMIZ	PESOS Y GRANULOMETRÍA DE LA MUESTRA EN ENSAYO (gs)			
		A	B	C	D
mm	mm				
11/2	1"				
1"	3/4"				
3/4"	1/2"			2500.00	
1/2"	3/8"			2500.00	
3/8"	1/4"				
1/4"	N°4				
N°4	N°8				
PESO MUESTRA ANTES DE ENSAYO				5000.00	
PESO MUESTRAS DESPUÉS DEL ENSAYO				1550.00	
PERDIDA MUESTRA DESPUÉS DE ENSAYO				3450.00	
% DE ABRASIÓN				69.00	

Técnico de Laboratorio: _____


CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840


CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO



COMBINACIÓN 1: 85% REJOPAMPA N°1 + 15% REJOPAMPA N°3

CIEXLIAN
Construyendo sueños

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:

EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE MATERIALES GRANULARES DE LAS CANTERAS DE REJOPAMPA ALTO PARA SU USO EN MANTENIMIENTOS PERIÓDICOS DE VÍAS TERRESTRES, CHOTA, 2024

UBICACIÓN

COMBINACIÓN 1: 85% CANTERA REJOPAMPA 1 + 15% CANTERA REJOPAMPA 3

CLIENTE:

FELIX MAR MEJÍA REGALADO - LITO RONAL MEJIA HERRERA

FECHA DE INFORME:

20/01/2025

DATOS DE LA MUESTRA

Muestra/Calicata:

Fecha de Muestreo:

27/12/2024

Fecha de Recepción:

Prof.(m):

-

Tamaño Máximo:

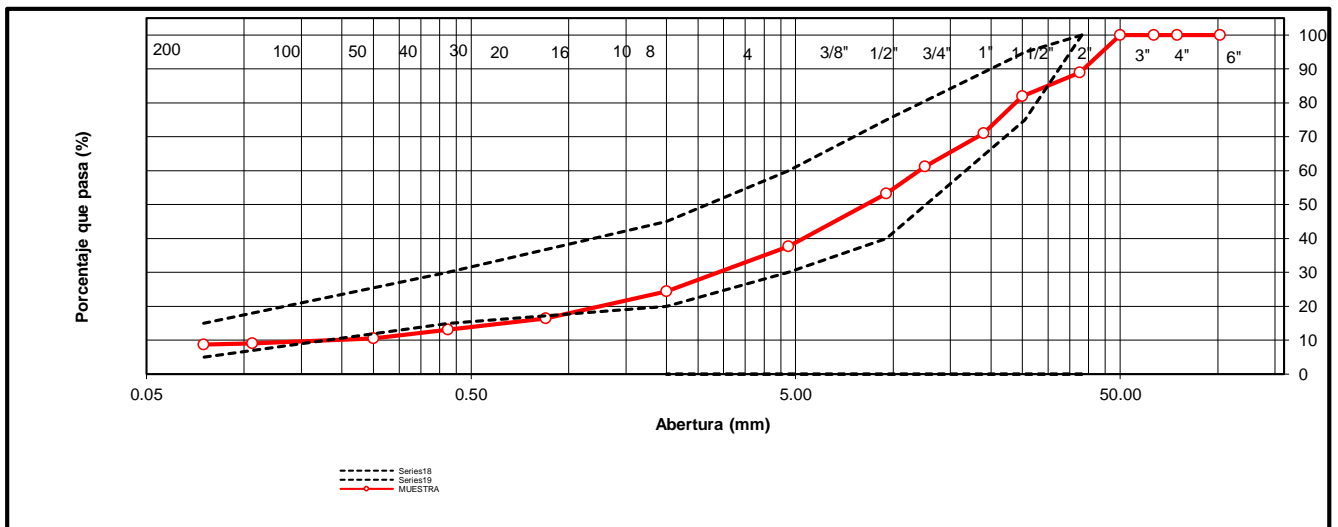
2"

Peso Inicial Seco:

1764 gr.

TAMIZ	ABERTURA	PESO	PORCENTAJE	RETENIDO	PORCENTAJE	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
A.S.T.M	(mm)	RETENIDO	T-407	ACUMULADO	T-206	Tipo: T-204	
			0.00			33.3	
4"	101.600	0	0.00	0.00	100.00	29.21	OBSERVACIONES :
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00		Bolonería 4" - 3" : 0.00 %
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Grava 3" - Nº 4 : 62.36 %
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	15.99	Arena Nº4 - Nº 200 : 28.91 %
1 1/2"	37.500	195.00	11.05	11.05	88.95		Finos < Nº 200 : 8.73 %
1"	25.000	123.00	6.97	18.03	81.97	35	A. gruesa Nº 4 - Nº 10 : 13.21 %
3/4"	19.000	193.00	10.94	28.97	71.03		A. media Nº 10 - Nº 40 : 11.34 %
1/2"	12.500	174.00	9.86	38.83	61.17		A. fina Nº 40 - Nº 200 : 4.37 %
3/8"	9.500	139.00	7.88	46.71	53.29		
Nº 4	4.750	276.00	15.65	62.36	37.64		CARACTERISTICAS:
Nº 8	2.360	163.00	9.24	71.60	28.40		LL (ASTM D4318-17): 24.08 %
Nº 10	2.000	70.00	3.97	75.57	24.43		LP (ASTM D4318-17): 18.10 %
Nº 16	1.190	105.00	5.95	81.52	18.48		IP (ASTM D4318-17): 5.98 %
Nº 20	0.850	37.00	2.10	83.62	16.38		
Nº 30	0.600	55.00	3.12	86.73	13.27		
Nº 40	0.425	3.00	0.17	86.90	13.10		Descripción (AASHTO) A-1b(0)
Nº 60	0.250	45.00	2.55	89.46	10.54		
Nº 140	0.106	26.00	1.47	90.93	9.07		
Nº 200	0.075	6.00	0.34	91.27	8.73		
< Nº 200	FONDO	154.00	8.73	100.00	0.00		

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES:

Tamaño Máximo de partículas: 2"

Técnico de Laboratorio:

Firma:

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE MATERIALES GRANULARES DE LAS CANTERAS DE REJOPAMPA ALTO PARA SU USO EN MANTENIMIENTOS PERIÓDICOS DE VÍAS TERRESTRES, CHOTA, 2024

UBICACIÓN: COMBINACIÓN 1: 85% CANTERA REJOPAMPA 1 + 15% CANTERA REJOPAMPA 3

CLIENTE: FELIX MAR MEJÍA REGALADO - LITO RONAL MEJIA HERRERA

FECHA DE INF: 20/01/2025

DATOS DE LA MUESTRA

Muestra/Calicata:

Fecha de Muestreo:

Prof.(m): 1.50 m

LIMITE LIQUIDO

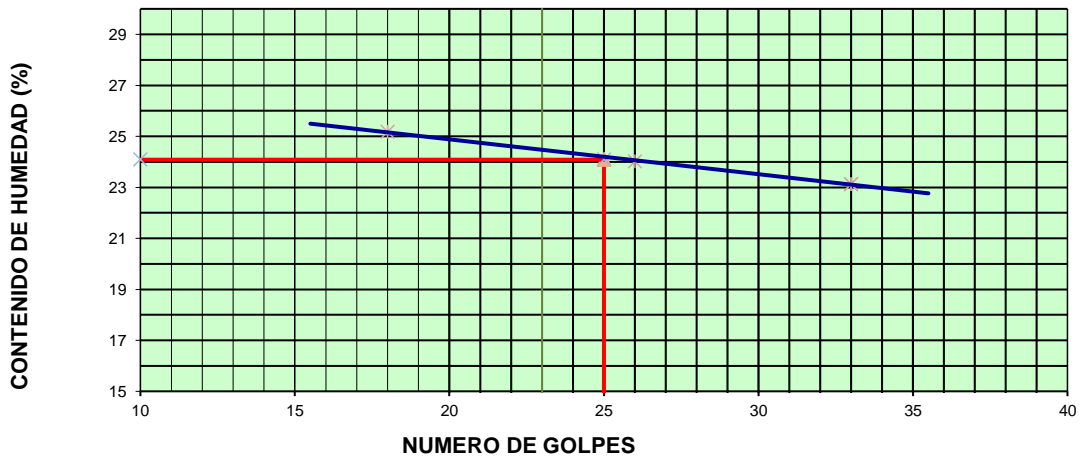
Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
		T-719	T-720	T-721	
Nº TARRO					
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	35.86	35.51	28.32	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	32.65	32.39	26.43	
PESO DE AGUA	(g)	3.21	3.12	1.89	
PESO DE LA TARA	(g)	19.91	19.38	18.27	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	12.74	13.01	8.16	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	25.18	24.01	23.12	
NUMERO DE GOLPES	59	18	26	33	

64

LIMITE PLASTICO

Descripción	86	Ensayos		Observaciones
		T-14	T-17	
Nº TARRO	223			
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	108	16.90	16.58	
PESO TARRO + SUELO SECO	34	16.66	16.35	
PESO DE AGUA	44	0.24	0.23	
PESO DE LA TARA	14	15.33	15.09	
PESO DEL SUELO SECO	20	1.33	1.26	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	0	18.05	18.15	

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	%	24.08
LIMITE PLASTICO	%	18.10
INDICE DE PLASTICIDAD	%	5.98

OBSERVACIONES:

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

Técnico de Laboratorio:

Firma:



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
(NTP 339.141)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432
CORREO:ciexlianlab@gmail.com

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE MATERIALES GRANULARES DE LAS CANTERAS DE REJOPAMPA ALTO PARA SU USO EN MANTENIMIENTOS PERIÓDICOS DE VÍAS TERRESTRES, CHOTA, 2024

UBICACIÓN COMBINACIÓN 1: 85% CANTERA REJOPAMPA 1 + 15% CANTERA REJOPAMPA 3

CLIENTE: FELIX MAR MEJÍA REGALADO - LITO RONAL MEJIA HERRERA

FECHA DE INF: 20/01/2025

DATOS DE LA MUESTRA

Material: CANTERA PARA AFIRMADO

Muestra/Calicata:

Fecha de Muestreo:

Fecha de Recepción:

Prof.(m): -

METODO DE COMPACTACION:

C

Peso de Martillo (gr):

4536.4

Tipo de pisón: Manual

Diam. Mold.

15.14

Vol. Mold.

2122.32

Peso del Molde (gr):

6690

(cm):

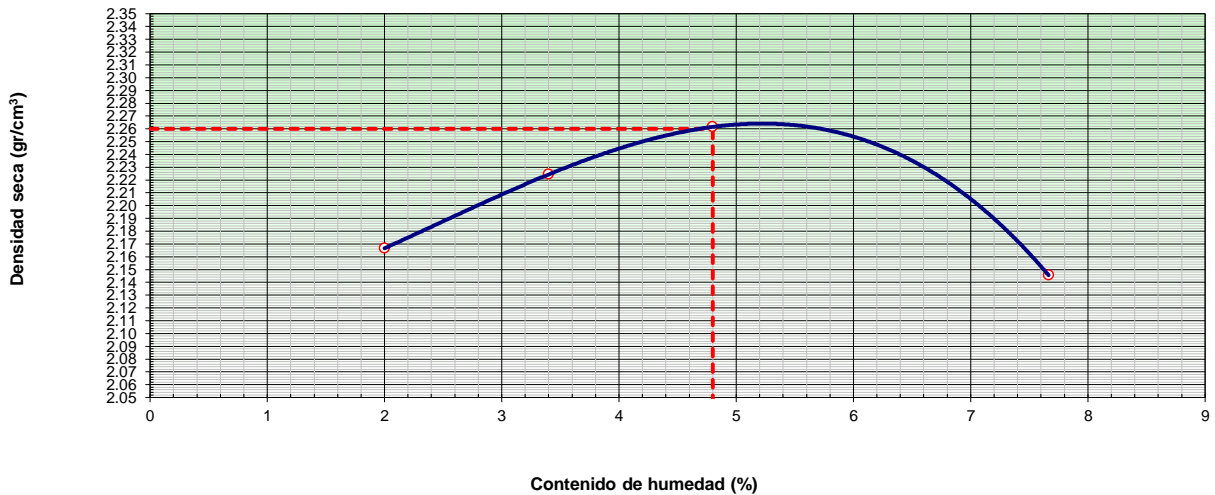
(cm3):

.....		1	2	3	4	OBSERVACION
Peso suelo + molde		11380	11571	11720	11593	
Peso neto del suelo húmedo		4690	4881	5030	4903	
Peso volumétrico húmedo		2.21	2.30	2.37	2.31	
Tara		T1	T2	T3	T4	
Peso del suelo húmedo+tara		73.07	63.58	72.42	97.95	
Peso del suelo seco + tara		72.35	62.35	69.98	92.32	
Peso de Tara		36.35	26.24	19.12	18.87	
Peso de agua		0.72	1.23	2.44	5.63	
Peso del suelo seco		36.00	36.11	50.86	73.45	
Contenido de Humedad	%	2.00	3.40	4.80	7.67	
Peso volumétrico seco		2.17	2.22	2.26	2.15	

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2.26

Óptimo Contenido de Humedad (%): 4.8

CURVA DE COMPACTACIÓN



OBSERVACIONES :

Técnico de Laboratorio:

Firma:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO



ENSAYO CALIFORNIA BEARNING RATIO
(NTP 339.145)

CIEXLIAN S.R.L -
LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

Pag: 6 de 7

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE MATERIALES GRANULARES DE LAS CANTERAS DE REJOPAMPA ALTO PARA SU USO EN MANTENIMIENTOS PERIÓDICOS DE VÍAS TERRESTRES, CHOTA, 2024

UBICACIÓN: COMBINACIÓN 1: 85% CANTERA REJOPAMPA 1 + 15% CANTERA REJOPAMPA 3

CLIENTE: FELIX MAR MEJÍA REGALADO - LITO RONAL MEJIA HERRERA

FECHA DE INFORME: 20/01/2025

DATOS DE LA MUESTRA

Material: CANTERA PARA AFIRMADO

Fecha de Muestreo: 27/12/2024

27/12/2024

Prof.(m): -

C.B.R.

MOLDE N°	4		5		6	
	56		25		12	
N° DE GOLPES POR CAPA						
CONDICION DE MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (gr)	12674.14		12520.85		12333.75	
PESO DEL MOLDE (gr)	7645.00		7563.00		7548.00	
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	5029.14		4957.85		4785.75	
VOLUMEN DEL SUELO (cm ³)	2122.00		2165.00		2127.00	
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	2.37		2.29		2.25	
CAPSULA N°	1		3		5	
PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO (gr)	57.07		60.97		58.47	
PESO CAPSULA + SUELO SECO (gr)	55.25		58.88		56.33	
PESO DE AGUA CONTENIDA (gr)	1.82		2.09		2.14	
PESO DE CAPSULA (gr)	17.35		15.42		12.35	
PESO DE SUELO SECO (gr)	37.90		43.46		43.98	
HUMEDAD (%)	4.80%		4.82%		4.86%	
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	2.26		2.18		2.15	

EXPANSIÓN

DÍAS	HORAS	3	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
			mm	%		mm	%		mm	%

PENETRACION

PENETRACION	PULG.	CARGA ESTÁNDAR (Lbs/pulg ²)	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
			CARGA	CORECCION			CARGA	CORECCION			CARGA	CORECCION		
		Lectura	Lbs	lbs/pulg ²	%	Lectura	Lbs	lbs/pulg ²	%	Lectura	Lbs	lbs/pulg ²	%	
0		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		
0.020		258.79	571	190.18		173.25	382	127.32		150.41	332	110.53		
0.040		423.86	934	311.48		366.75	809	269.51		283.19	624	208.11		
0.060		659.87	1455	484.92		548.91	1210	403.38		413.87	912	304.14		
0.080		874.65	1928	642.76		786.84	1735	578.23		524.98	1157	385.79		
0.100	1000	1100.25	2426	808.54	80.85	873.25	1925	641.73	64.17	666.34	1469	489.68	48.97	
0.200		1544.56	3405	1135.06		1235.26	2723	907.76		970.12	2139	712.92		
0.300	1000.32	1835.32	4046	1348.73	823.54	1456.35	3211	1070.23	631.29	1150.25	2536	845.29		
0.400		2036.37	4489	1496.47		1683.27	3711	1236.99		1356.25	2990	996.67		
0.500		2150.24	4740	1580.15		1836.25	4048	1349.41		1523.25	3358	1119.40		

CIEXLIAN Y LABORATORIO

Ing. *Hermes Rojas Tiravanti*
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO

Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO



ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (NTP 339.145)

CIEXLIAN S.R.L -
LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE MATERIALES GRANULARES DE LAS CANTERAS DE REJOPAMPA ALTO PARA SU USO EN MANTENIMIENTOS PERIÓDICOS DE VÍAS TERRESTRES, CHOTA, 2024

UBICACIÓN: COMBINACIÓN 1: 85% CANTERA REJOPAMPA 1 + 15% CANTERA REJOPAMPA 3

CLIENTE: FELIX MAR MEJÍA REGALADO - LITO RONAL MEJIA HERRERA

FECHA DE INFORME: 20/01/2025

DATOS DE LA MUESTRA

Material: CANTERA PARA AFIRMADO

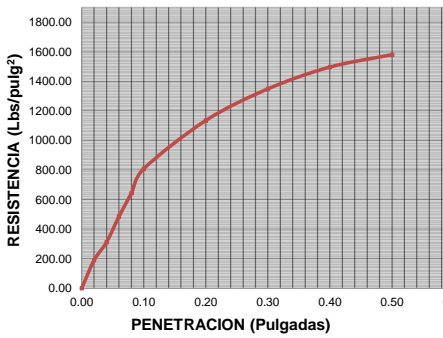
DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD MAXIMA (gr/cm ³)	2.26
HUMEDAD OPTIMA (%)	4.80

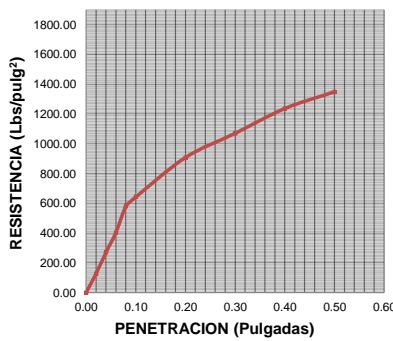
DATOS DEL C.B.R.

CBR al 100% de M.D.S. (%)	80.85
CBR al 95% de M.D.S. (%)	49.70

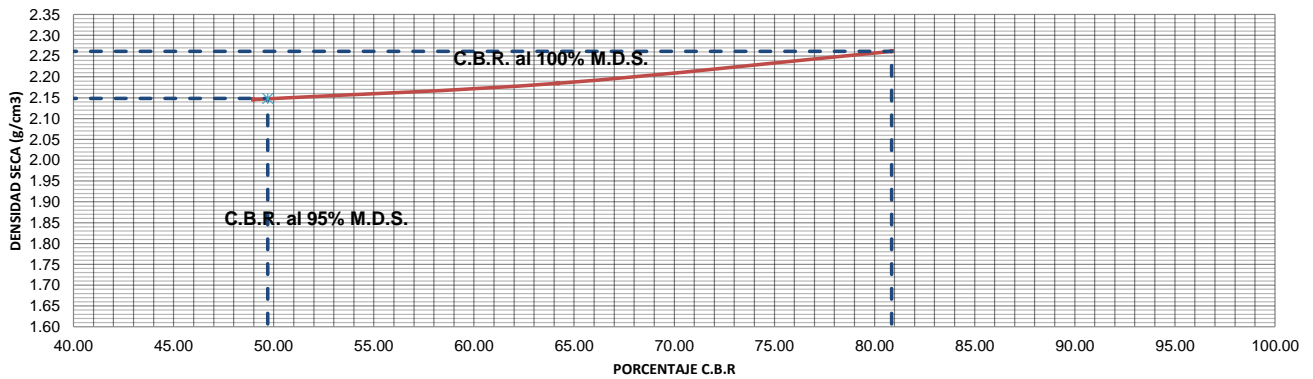
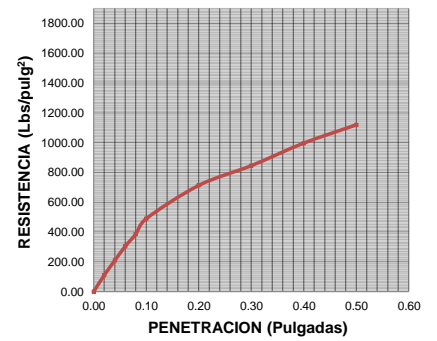
56 GOLPES



25 GOLPES



12 GOLPES



Técnico de Laboratorio:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO



DESGASTE POR ABRASIÓN (NTP 400.019)

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS	EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE MATERIALES GRANULARES DE LAS CANTERAS DE REJOPAMPA ALTO PARA SU USO EN MANTENIMIENTOS PERIÓDICOS DE VÍAS TERRESTRES, CHOTA, 2024
SOLICITANTE	FELIX MAR MEJÍA REGALADO - LITO RONAL MEJIA HERRERA
UBICACIÓN	COMBINACIÓN 1: 85% CANTERA REJOPAMPA 1 + 15% CANTERA REJOPAMPA 3
Tam.Max.Nominal.	2" FECHA INFORME 20/001/2025

ENSAYO DE ABRASIÓN

PASA TAMIZ	RETENIDO TAMIZ	PESOS Y GRANULOMETRÍA DE LA MUESTRA EN ENSAYO (gs)			
		A	B	C	D
mm	mm				
11/2	1"	1250.00			
1"	3/4"	1250.00			
3/4"	1/2"	1250.00			
1/2"	3/8"	1250.00			
3/8"	1/4"				
1/4"	N°4				
N°4	N°8				
PESO MUESTRA ANTES DE ENSAYO		5000.00			
PESO MUESTRAS DESPUÉS DEL ENSAYO		3580.00			
PERDIDA MUESTRA DESPUÉS DE ENSAYO		1420.00			
% DE ABRASIÓN		28.40			

Técnico de Laboratorio: _____

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO



COMBINACIÓN 2:70% REJOPAMPA N°2 + 30% REJOPAMPA N°3

CIEXLIAN
Construyendo sueños

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE MATERIALES GRANULARES DE LAS CANTERAS DE REJOPAMPA ALTO PARA SU USO EN MANTENIMIENTOS PERIÓDICOS DE VÍAS TERRESTRES, CHOTA, 2024

UBICACIÓN COMBINACIÓN 2:70% CANTERA REJOPAMPA 2 + 30% CANTERA REJOPAMPA 3

CLIENTE: FELIX MAR MEJÍA REGALADO - LITO RONAL MEJIA HERRERA

FECHA DE INFORME: 20/01/2025

DATOS DE LA MUESTRA

Muestra/Calicata:

Fecha de Muestreo: 27/12/2024

Fecha de Recepción:

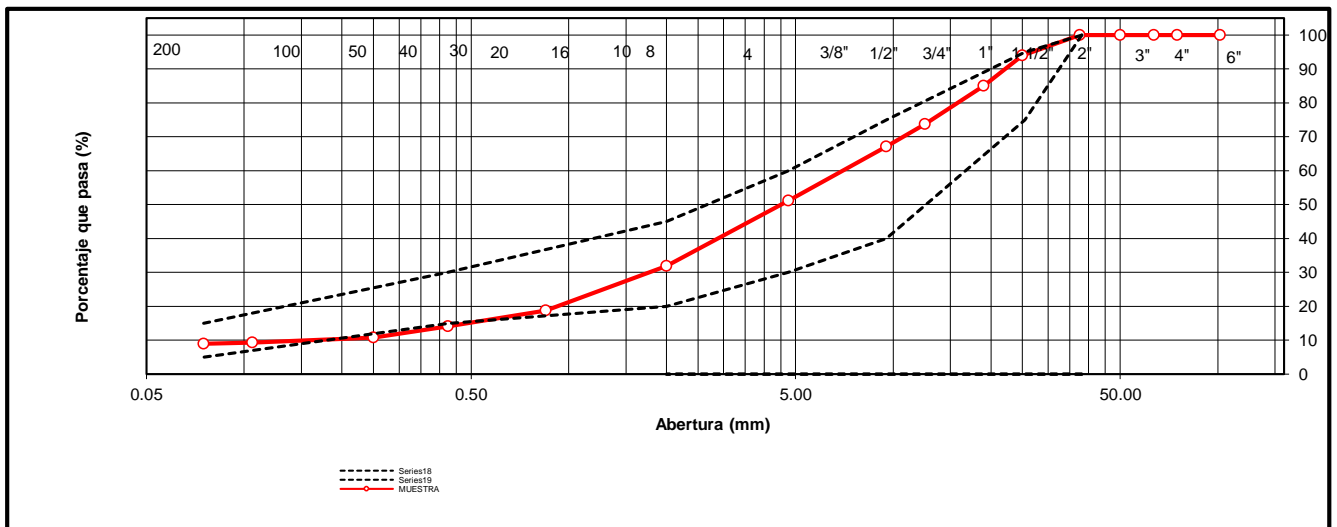
Prof.(m): -

Tamaño Máximo: 1 1/2"

Peso Inicial Seco: 2143 gr.

TAMIZ	ABERTURA	PESO	PORCENTAJE	RETENIDO	PORCENTAJE	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
A.S.T.M	(mm)	RETENIDO	T-407	ACUMULADO	T-206	Tipo: T-204	
			0.00			33.3	
4"	101.600	0	0.00	0.00	100.00	29.21	OBSERVACIONES :
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00		Bolonería 4" - 3" : 0.00 %
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Grava 3" - Nº 4 : 48.81 %
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	15.99	Arena Nº4 - Nº 200 : 42.23 %
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Finos < Nº 200 : 8.96 %
1"	25.000	128.00	5.97	5.97	94.03	35	A. gruesa Nº 4 - Nº 10 : 19.27 %
3/4"	19.000	193.00	9.01	14.98	85.02		A. media Nº 10 - Nº 40 : 17.87 %
1/2"	12.500	242.00	11.29	26.27	73.73		A. fina Nº 40 - Nº 200 : 5.09 %
3/8"	9.500	141.00	6.58	32.85	67.15		
Nº 4	4.750	342.00	15.96	48.81	51.19		CARACTERISTICAS:
Nº 8	2.360	269.00	12.55	61.36	38.64		LL (ASTM D4318-17): 23.93 %
Nº 10	2.000	144.00	6.72	68.08	31.92		LP (ASTM D4318-17): 17.53 %
Nº 16	1.190	210.00	9.80	77.88	22.12		IP (ASTM D4318-17): 6.40 %
Nº 20	0.850	72.00	3.36	81.24	18.76		
Nº 30	0.600	98.00	4.57	85.81	14.19		
Nº 40	0.425	3.00	0.14	85.95	14.05		Descripción (AASHTO) A-1b(0)
Nº 60	0.250	70.00	3.27	89.22	10.78		
Nº 140	0.106	31.00	1.45	90.67	9.33		
Nº 200	0.075	8.00	0.37	91.04	8.96		
< Nº 200	FONDO	192.00	8.96	100.00	0.00		

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: Tamaño Máximo de partículas: 1 1/2"

Técnico de Laboratorio:

Firma:

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE MATERIALES GRANULARES DE LAS CANTERAS DE REJOPAMPA ALTO PARA SU USO EN MANTENIMIENTOS PERIÓDICOS DE VÍAS TERRESTRES, CHOTA, 2024

UBICACIÓN COMBINACIÓN 2:70% CANTERA REJOPAMPA 2 + 30% CANTERA REJOPAMPA 3

CLIENTE: FELIX MAR MEJÍA REGALADO - LITO RONAL MEJIA HERRERA

FECHA DE INF: 20/01/2025

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha de Muestreo: _____ **Muestra/Calicata:** 0
Prof.(m): 1.50 m

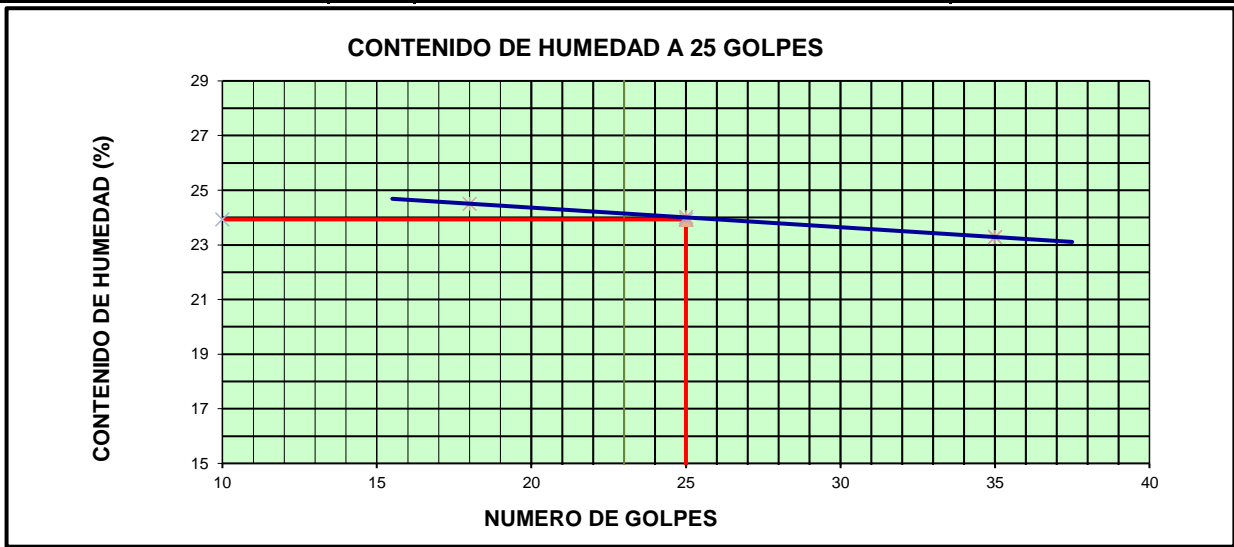
LIMITE LIQUIDO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
		T-716	T-717	T-718	
Nº TARRO					
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	36.06	27.39	30.81	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	32.05	25.00	27.76	
PESO DE AGUA	(g)	4.01	2.39	3.05	
PESO DE LA TARA	(g)	15.68	15.05	14.66	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	16.37	9.95	13.10	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	24.50	24.02	23.28	
NUMERO DE GOLPES	59	18	25	35	

64

LIMITE PLASTICO

Descripción	86	Ensayos		Observaciones
		T-14	T-17	
Nº TARRO	223			
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	108	15.53	16.02	
PESO TARRO + SUELO SECO	34	15.37	15.88	
PESO DE AGUA	44	0.16	0.14	
PESO DE LA TARA	14	14.46	15.08	
PESO DEL SUELO SECO	20	0.91	0.80	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	0	17.53	17.52	



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		
LIMITE LIQUIDO	%	23.93
LIMITE PLASTICO	%	17.53
INDICE DE PLASTICIDAD	%	6.40

24


7.46


OBSERVACIONES:

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

Técnico de Laboratorio: _____

Firma: _____


CIEXLIAN Y LABORATORIO
 Ing. *Hermes Rojas Tiravanti*
 REG. CIP. 348840


CIEXLIAN Y LABORATORIO
 Gilmer *Yoel Vásquez Saldaña*
 TÉCNICO EN LABORATORIO



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
(ASTM D-1557)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432
CORREO:ciexlianlab@gmail.com

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE MATERIALES GRANULARES DE LAS CANTERAS DE REJOPAMPA ALTO PARA SU USO EN MANTENIMIENTOS PERIÓDICOS DE VÍAS TERRESTRES, CHOTA, 2024

UBICACIÓN COMBINACIÓN 2:70% CANTERA REJOPAMPA 2 + 30% CANTERA REJOPAMPA 3

CLIENTE: FELIX MAR MEJÍA REGALADO - LITO RONAL MEJIA HERRERA

FECHA DE INF: 20/01/2025

DATOS DE LA MUESTRA

Material: CANTERA PARA AFIRMADO

Muestra/Calicata: 0

Fecha de Muestreo:

Fecha de Recepción:

Prof.(m): -

1000

METODO DE COMPACTACION:

C

Peso de Martillo (gr):

4536.4

Tipo de pisón: Manual

Diam. Mold.

15.14

Vol. Mold.

2122.32

Peso del Molde (gr): 6690

(cm):

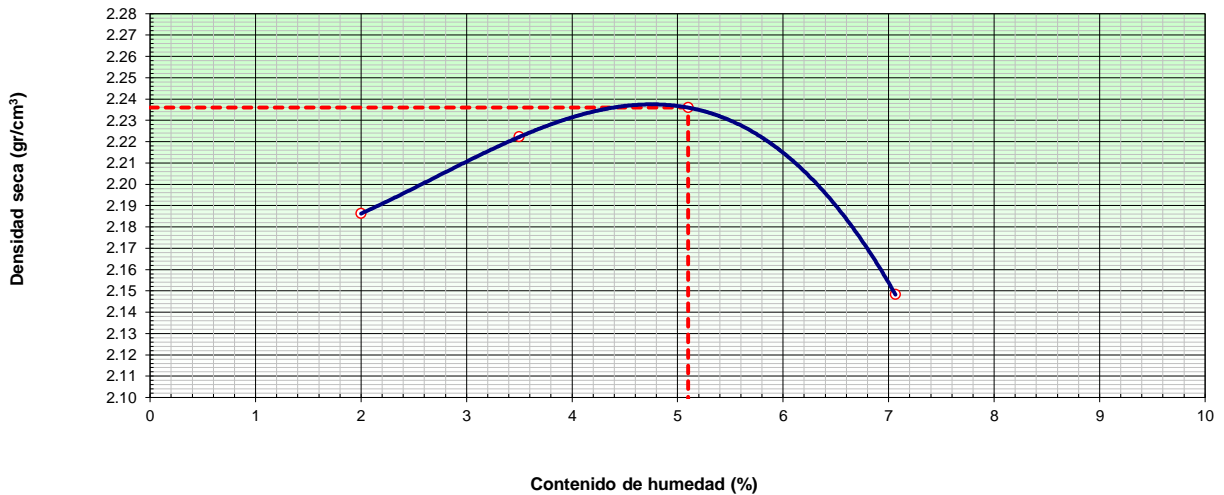
(cm3):

.....		1	2	3	4	OBSERVACION
Peso suelo + molde		11423	11571	11677	11571	
Peso neto del suelo húmedo		4733	4881	4987	4881	
Peso volumétrico húmedo		2.23	2.30	2.35	2.30	
Tara		T1	T2	T3	T4	
Peso del suelo húmedo+tara		69.57	117.20	65.34	120.51	
Peso del suelo seco + tara		68.55	113.95	63.10	113.95	
Peso de Tara		17.36	21.10	19.12	21.10	
Peso de agua		1.02	3.25	2.24	6.56	
Peso del suelo seco		51.19	92.85	43.98	92.85	
Contenido de Humedad	%	2.00	3.50	5.10	7.07	
Peso volumétrico seco		2.19	2.22	2.24	2.15	

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2.24

Óptimo Contenido de Humedad (%): 5.1

CURVA DE COMPACTACIÓN



OBSERVACIONES :

Técnico de Laboratorio: _____

Firma: _____

CIEXLIAN Y LABORATORIO

 Ing. Hermes Rojas Tiravanti
 REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO

 Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
 TÉCNICO EN LABORATORIO



**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO
(MTC E-132 / A.S.T.M D 1883 / AASHTO- T 193)**

CIEXLIAN S.R.L -
LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

Pag: 6 de 7

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

UBICACIÓN EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE MATERIALES GRANULARES DE LAS CANTERAS DE REJOPAMPA ALTO PARA SU USO EN MANTENIMIENTOS PERIÓDICOS DE VÍAS TERRESTRES, CHOTA, 2024

UBICACIÓN COMBINACIÓN 2:70% CANTERA REJOPAMPA 2 + 30% CANTERA REJOPAMPA 3

CLIENTE: FELIX MAR MEJÍA REGALADO - LITO RONAL MEJIA HERRERA

FECHA DE INFORME: 20/01/2025

DATOS DE LA MUESTRA

Material: CANTERA PARA AFIRMADO

Fecha de Muestreo: **Prof.(m):** -

C.B.R.

MOLDE N°	4		5		6	
	56		25		12	
N° DE GOLPES POR CAPA						
CONDICIÓN DE MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (gr)	12631.70		12500.20		12276.94	
PESO DEL MOLDE (gr)	7645.00		7564.00		7555.00	
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	4986.70		4936.20		4721.94	
VOLUMEN DEL SUELO (cm ³)	2122.00		2165.00		2127.00	
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	2.35		2.28		2.22	
CAPSULA N°	1		3		5	
PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO (gr)	64.09		77.26		78.79	
PESO CAPSULA + SUELO SECO (gr)	62.25		75.26		76.66	
PESO DE AGUA CONTENIDA (gr)	1.84		2.00		2.13	
PESO DE CAPSULA (gr)	26.21		36.23		35.12	
PESO DE SUELO SECO (gr)	36.04		39.03		41.54	
HUMEDAD (%)	5.10%		5.12%		5.13%	
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	2.24		2.17		2.11	

19

EXPANSIÓN

9

DÍAS	HORAS	3	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
			mm	%		mm	%		mm	%

PENETRACION

PENETRACION	PULG.	CARGA ESTÁNDAR	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
			CARGA	CORECCION			CARGA	CORECCION			CARGA	CORECCION		
		(Lbs/pulg ²)	Lectura	Lbs	lbs/pulg ²	%	Lectura	Lbs	lbs/pulg ²	%	Lectura	Lbs	lbs/pulg ²	%
0			0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
0.020			265.25	585	194.93		210.00	463	154.32		180.25	397	132.46	
0.040			420.35	927	308.90		377.77	833	277.61		300.00	661	220.46	
0.060			735.68	1622	540.63		615.36	1357	452.21		458.65	1011	337.05	
0.080			960.21	2117	705.63		764.86	1686	562.08		577.58	1273	424.45	
0.100		1000	1085.35	2393	797.59	79.76	856.35	1888	629.31	62.93	680.25	1500	499.90	49.99
0.200			1533.50	3381	1126.93		1198.58	2642	880.80		985.25	2172	724.03	
0.300		1058	1820.25	4013	1337.65	850.00	1458.60	3216	1071.89	650.00	1300.00	2866	955.34	
0.400			2148.36	4736	1578.77		1725.30	3804	1267.88		1468.21	3237	1078.95	
0.500			2398.25	5287	1762.41		2015.60	4444	1481.21		1563.25	3446	1148.79	

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Güner Yoel Vásquez Saldana
TÉCNICO EN LABORATORIO



**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO
(MTC E-132 / A.S.T.M D 1883 / AASHTO- T 193)**

CIEXLIAN S.R.L -
LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

UBICACIÓN EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE MATERIALES GRANULARES DE LAS CANTERAS DE REJOPAMPA ALTO PARA SU USO EN MANTENIMIENTOS PERIÓDICOS DE VÍAS TERRESTRES, CHOTA, 2024

UBICACIÓN COMBINACIÓN 2:70% CANTERA REJOPAMPA 2 + 30% CANTERA REJOPAMPA 3

CLIENTE: FELIX MAR MEJÍA REGALADO - LITO RONAL MEJIA HERRERA

FECHA DE INFORME: 20/01/2025

DATOS DE LA MUESTRA

Material: CANTERA PARA AFIRMADO

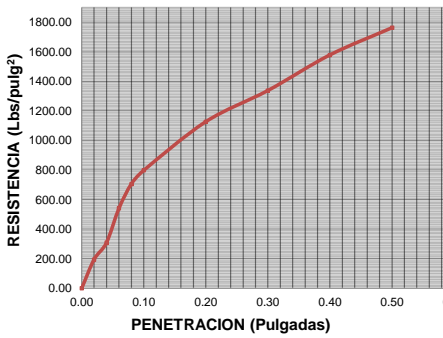
DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD MAXIMA (gr/cm3)	2.24
HUMEDAD OPTIMA (%)	5.10

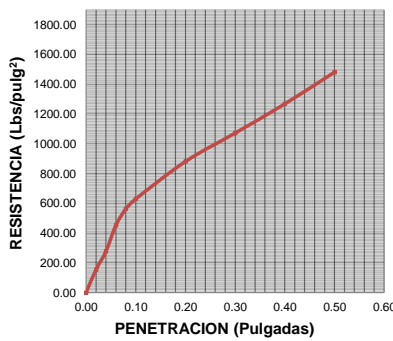
DATOS DEL C.B.R.

CBR al 100% de M.D.S. (%)	79.76
CBR al 95% de M.D.S. (%)	52.98

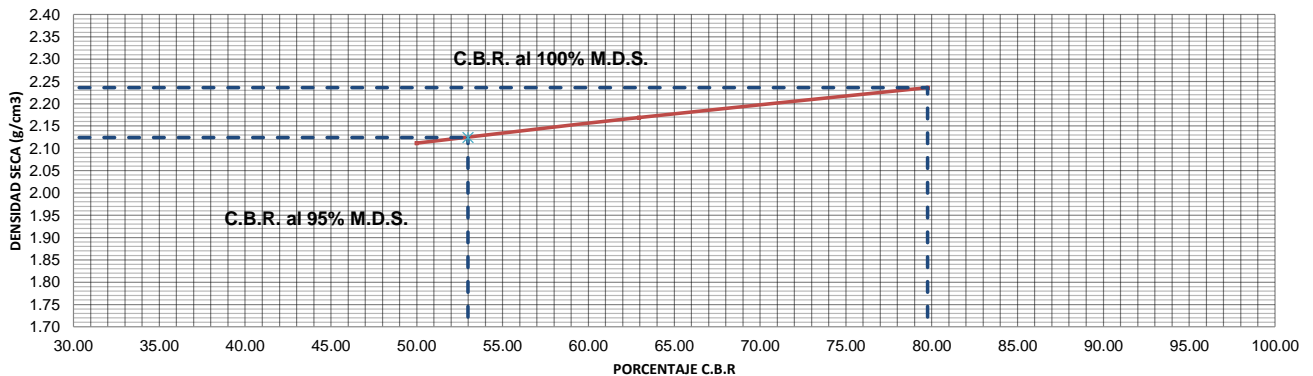
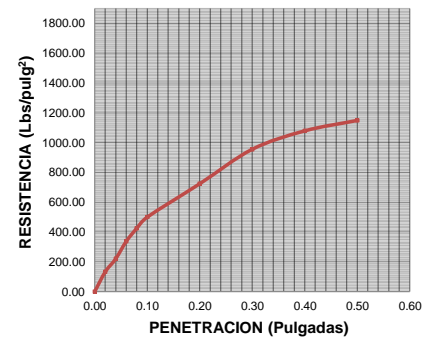
56 GOLPES



25 GOLPES



12 GOLPES



Técnico de Laboratorio:

CIEXLIAN Y LABORATORIO

 Ing. Hermes Rojas Tiravanti
 REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO

 Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
 TÉCNICO EN LABORATORIO



DESGASTE POR ABRASIÓN (NTP 400.019)

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS	EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE MATERIALES GRANULARES DE LAS CANTERAS DE REJOPAMPA ALTO PARA SU USO EN MANTENIMIENTOS PERIÓDICOS DE VÍAS TERRESTRES, CHOTA, 2024
SOLICITANTE	FELIX MAR MEJÍA REGALADO - LITO RONAL MEJIA HERRERA
UBICACIÓN	COMBINACIÓN 2:70% CANTERA REJOPAMPA 2 + 30% CANTERA REJOPAMPA 3
Tam.Max.Nominal.	2" FECHA INFORME 20/01/2025

ENSAYO DE ABRASIÓN

PASA TAMIZ	RETENIDO TAMIZ	PESOS Y GRANULOMETRÍA DE LA MUESTRA EN ENSAYO (gs)			
		A	B	C	D
mm	mm				
11/2	1"	1250.00			
1"	3/4"	1250.00			
3/4"	1/2"	1250.00			
1/2"	3/8"	1250.00			
3/8"	1/4"				
1/4"	N°4				
N°4	N°8				
PESO MUESTRA ANTES DE ENSAYO		5000.00			
PESO MUESTRAS DESPUÉS DEL ENSAYO		3580.00			
PERDIDA MUESTRA DESPUÉS DE ENSAYO		1420.00			
% DE ABRASIÓN		28.40			

Técnico de Laboratorio: _____

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO



COMBINACION 3: 70% REJOPAMPA 1 + 30% REJOPAMPA 2

CIEXLIAN
Construyendo sueños

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE MATERIALES GRANULARES DE LAS CANTERAS DE REJOPAMPA ALTO PARA SU USO EN MANTENIMIENTOS PERIÓDICOS DE VÍAS TERRESTRES, CHOTA, 2024

UBICACIÓN COMBINACION 3: 70% REJOPAMPA 1 + 30% REJOPAMPA 2

CLIENTE: FELIX MAR MEJÍA REGALADO - LITO RONAL MEJIA HERRERA

FECHA DE INFORME: 20/01/2025

DATOS DE LA MUESTRA

Muestra/Calicata:

Fecha de Muestreo: 27/12/2024

Fecha de Recepción:

Prof.(m): -

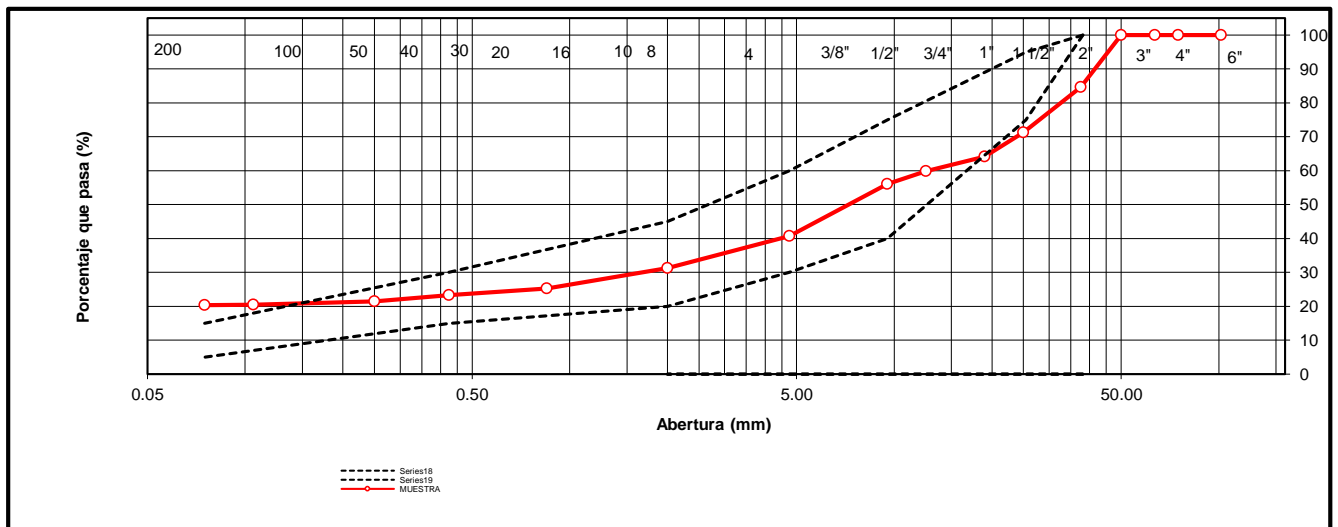
Tamaño Máximo: 2"

Peso Inicial Seco:

3500 gr.

TAMIZ	ABERTURA	PESO	PORCENTAJE	RETENIDO	PORCENTAJE	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
A.S.T.M	(mm)	RETENIDO	T-407	ACUMULADO	T-206	Tipo: T-204	
			0.00			33.3	
4"	101.600	0	0.00	0.00	100.00	29.21	OBSERVACIONES :
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00		Bolonería 4" - 3" : 0.00 %
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Grava 3" - Nº 4 : 59.26 %
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	15.99	Arena Nº4 - Nº 200 : 20.40 %
1 1/2"	37.500	538.00	15.37	15.37	84.63		Finos < Nº 200 : 20.34 %
1"	25.000	468.00	13.37	28.74	71.26	35	A. gruesa Nº 4 - Nº 10 : 9.51 %
3/4"	19.000	250.00	7.14	35.89	64.11		A. media Nº 10 - Nº 40 : 7.94 %
1/2"	12.500	150.00	4.29	40.17	59.83		A. fina Nº 40 - Nº 200 : 2.94 %
3/8"	9.500	134.00	3.83	44.00	56.00		
Nº 4	4.750	534.00	15.26	59.26	40.74		CARACTERISTICAS:
Nº 8	2.360	245.00	7.00	66.26	33.74		LL (ASTM D4318-17): 24.32 %
Nº 10	2.000	88.00	2.51	68.77	31.23		LP (ASTM D4318-17): 17.81 %
Nº 16	1.190	120.00	3.43	72.20	27.80		IP (ASTM D4318-17): 6.51 %
Nº 20	0.850	87.00	2.49	74.69	25.31		
Nº 30	0.600	68.00	1.94	76.63	23.37		
Nº 40	0.425	3.00	0.09	76.71	23.29		Descripción (AASHTO) A-1b(0)
Nº 60	0.250	64.00	1.83	78.54	21.46		
Nº 140	0.106	33.00	0.94	79.49	20.51		
Nº 200	0.075	6.00	0.17	79.66	20.34		
< Nº 200	FONDO	712.00	20.34	100.00	0.00		

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: Tamaño Máximo de partículas: 2"

Técnico de Laboratorio: _____ **Firma:** _____

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE MATERIALES GRANULARES DE LAS CANTERAS DE REJOPAMPA ALTO PARA SU USO EN MANTENIMIENTOS PERIÓDICOS DE VÍAS TERRESTRES, CHOTA, 2024

UBICACIÓN COMBINACION 3: 70% CANTERA REJOPAMPA 1 + 30% CANTERA REJOPAMPA 2

CLIENTE: FELIX MAR MEJÍA REGALADO - LITO RONAL MEJIA HERRERA

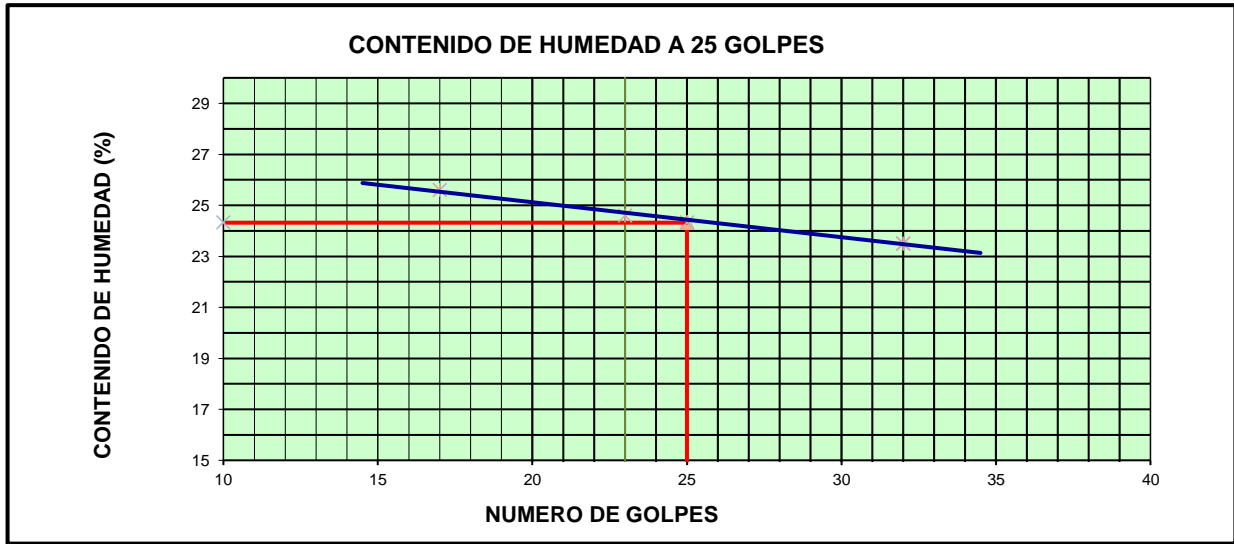
FECHA DE INF: 20/01/2025

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha de Muestreo: _____ **Muestra/Calicata:** 0
Prof.(m): 1.50 m

LIMITE LIQUIDO					
Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T-719	T-720	T-721	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	49.80	60.92	60.95	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	42.35	52.32	56.25	
PESO DE AGUA	(g)	7.45	8.60	4.70	
PESO DE LA TARA	(g)	13.25	17.35	36.24	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	29.10	34.97	20.01	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	25.60	24.60	23.50	
NUMERO DE GOLPES	59	17	23	32	
	64				


LIMITE PLASTICO					
Descripción	86	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO	223	T-14	T-17		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	108	15.95	16.80		
PESO TARRO + SUELO SECO	34	15.36	16.24		
PESO DE AGUA	44	0.59	0.56		
PESO DE LA TARA	14	12.05	13.12		
PESO DEL SUELO SECO	20	3.31	3.12		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	0	17.80	17.81		




CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		
LIMITE LIQUIDO	%	24.32
LIMITE PLASTICO	%	17.81
INDICE DE PLASTICIDAD	%	6.51

OBSERVACIONES: _____
La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

Técnico de Laboratorio: _____ **Firma:** _____


 CIEXLIAN Y LABORATORIO
 Ing. Hermes Rojas Tiravanti
 REG. CIP. 348840


 CIEXLIAN Y LABORATORIO
 Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
 TÉCNICO EN LABORATORIO



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
(339.141)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432
CORREO:ciexlianlab@gmail.com

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE MATERIALES GRANULARES DE LAS CANTERAS DE REJOPAMPA ALTO PARA SU USO EN MANTENIMIENTOS PERIÓDICOS DE VÍAS TERRESTRES, CHOTA, 2024

UBICACIÓN COMBINACION 3: 70% CANTERA REJOPAMPA 1 + 30% CANTERA REJOPAMPA 2

CLIENTE: FELIX MAR MEJÍA REGALADO - LITO RONAL MEJIA HERRERA

FECHA DE INF: 20/01/2025

DATOS DE LA MUESTRA

Material: CANTERA PARA AFIRMADO

Muestra/Calicata:

Fecha de Muestreo:

Fecha de Recepción:

Prof.(m): -

METODO DE COMPACTACION:

C

Peso de Martillo (gr):

4536.4

Tipo de pisón: Manual

Diam. Mold.

15.14

Vol. Mold.

2122.32

Peso del Molde (gr):

6690

(cm):

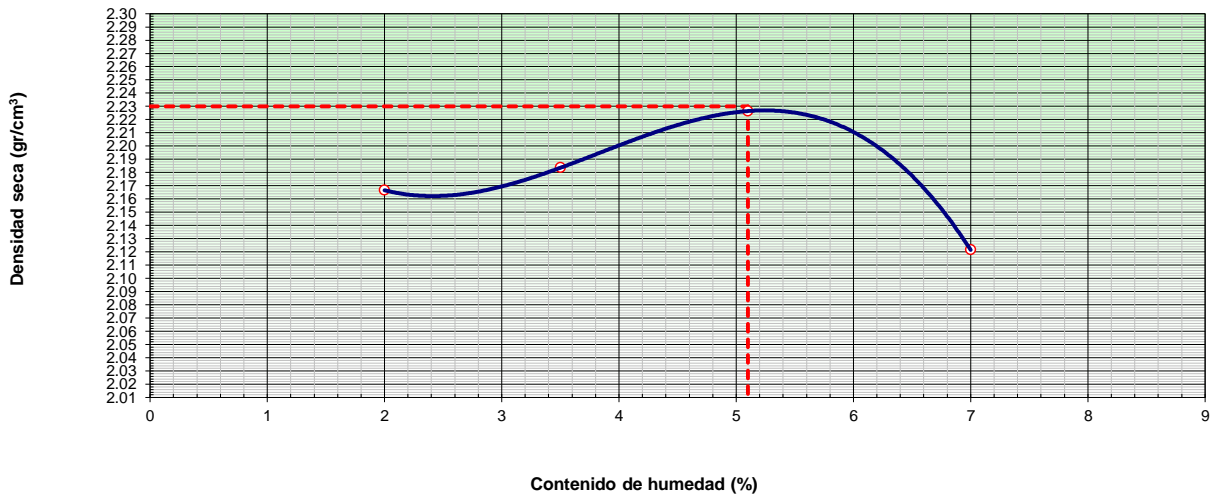
(cm3):

.....		1	2	3	4	OBSERVACION
Peso suelo + molde		11380	11486	11656	11508	
Peso neto del suelo húmedo		4690	4796	4966	4818	
Peso volumétrico húmedo		2.21	2.26	2.34	2.27	
Tara		T1	T2	T3	T4	
Peso del suelo húmedo+tara		73.47	64.06	61.96	59.32	
Peso del suelo seco + tara		72.35	62.35	59.69	56.25	
Peso de Tara		16.23	13.54	15.09	12.35	
Peso de agua		1.12	1.71	2.27	3.07	
Peso del suelo seco		56.12	48.81	44.60	43.90	
Contenido de Humedad	%	2.00	3.50	5.10	7.00	
Peso volumétrico seco		2.17	2.18	2.23	2.12	

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2.23

Óptimo Contenido de Humedad (%): 5.1

CURVA DE COMPACTACIÓN



OBSERVACIONES :

Técnico de Laboratorio: _____

Firma: _____

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO



ENSAYO CALIFORNIA BEARNING RATIO
(NTP 339.145)

CIEXLIAN S.R.L -
LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

Pag: 6 de 7

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

UBICACIÓN EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE MATERIALES GRANULARES DE LAS CANTERAS DE REJOPAMPA ALTO PARA SU USO EN MANTENIMIENTOS PERIÓDICOS DE VÍAS TERRESTRES, CHOTA, 2024

UBICACIÓN COMBINACION 3: 70% CANTERA REJOPAMPA 1 + 30% CANTERA REJOPAMPA 2

CLIENTE: FELIX MAR MEJÍA REGALADO - LITO RONAL MEJIA HERRERA

FECHA DE INFORME: 20/01/2025

DATOS DE LA MUESTRA

Material: CANTERA PARA AFIRMADO

Fecha de Muestreo:

Prof.(m): -

C.B.R.

MOLDE N°	4		5		6	
	56		25		12	
N° DE GOLPES POR CAPA						
CONDICION DE MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (gr)	12613.48		12502.20		12255.67	
PESO DEL MOLDE (gr)	7648.00		7566.00		7555.00	
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	4965.48		4936.20		4700.67	
VOLUMEN DEL SUELO (cm ³)	2122.00		2165.00		2127.00	
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	2.34		2.28		2.21	
CAPSULA N°	1		3		5	
PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO (gr)	75.14		70.34		62.30	
PESO CAPSULA + SUELO SECO (gr)	73.25		68.25		59.99	
PESO DE AGUA CONTENIDA (gr)	1.89		2.09		2.31	
PESO DE CAPSULA (gr)	36.25		27.45		15.18	
PESO DE SUELO SECO (gr)	37.00		40.80		44.81	
HUMEDAD (%)	5.10%		5.12%		5.15%	
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	2.23		2.17		2.10	

EXPANSIÓN

DÍAS	HORAS	3	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
			mm	%		mm	%		mm	%

PENETRACION

PENETRACION	PULG.	CARGA ESTÁNDAR	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
			CARGA	CORECCION			CARGA	CORECCION			CARGA	CORECCION		
		(Lbs/pulg ²)	Lectura	Lbs	lbs/pulg ²	%	Lectura	Lbs	lbs/pulg ²	%	Lectura	Lbs	lbs/pulg ²	%
0			0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
0.020			250.00	551	183.72		160.00	353	117.58		145.36	320	106.82	
0.040			426.36	940	313.32		348.00	767	255.74		283.25	624	208.15	
0.060			663.25	1462	487.40		555.25	1224	408.04		420.23	926	308.82	
0.080			890.25	1963	654.22		720.25	1588	529.29		535.25	1180	393.34	
0.100		1000	1045.00	2304	767.94	76.79	830.25	1830	610.13	61.01	645.25	1423	474.18	47.42
0.200			1477.60	3258	1085.85		1189.68	2623	874.26		970.12	2139	712.92	
0.300			1796.20	3960	1319.98		1456.35	3211	1070.23		1287.30	2838	946.00	
0.400			2070.25	4564	1521.37		1683.27	3711	1236.99		1503.59	3315	1104.95	
0.500			2365.25	5214	1738.16		1950.78	4301	1433.58		1645.25	3627	1209.05	

CIEXLIAN Y LABORATORIO
 CIEXLIAN
 Ing. Hermes Rojas Tiravanti
 REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
 CIEXLIAN
 Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
 TÉCNICO EN LABORATORIO



ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (NTP 339.145)

CIEXLIAN S.R.L -
LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

UBICACIÓN EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE MATERIALES GRANULARES DE LAS CANTERAS DE REJOPAMPA ALTO PARA SU USO EN MANTENIMIENTOS PERIÓDICOS DE VÍAS TERRESTRES, CHOTA, 2024

UBICACIÓN COMBINACION 3: 70% CANTERA REJOPAMPA 1 + 30% CANTERA REJOPAMPA 2

CLIENTE: FELIX MAR MEJÍA REGALADO - LITO RONAL MEJIA HERRERA

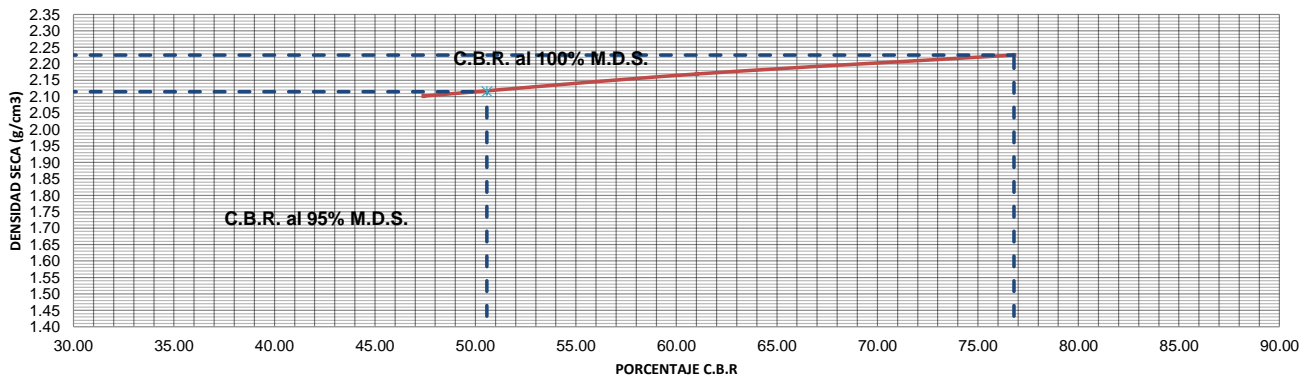
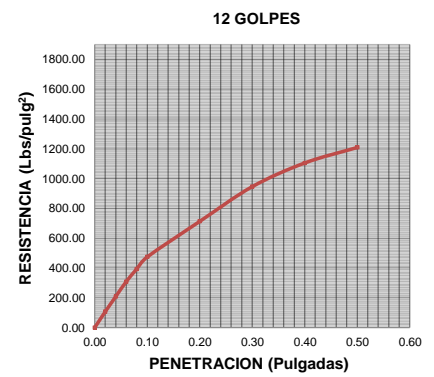
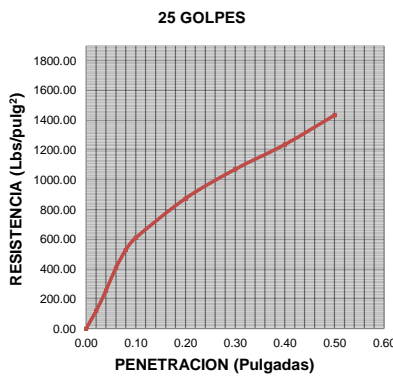
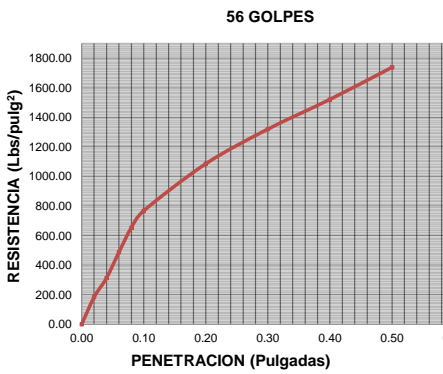
FECHA DE INFORME: 20/01/2025

DATOS DE LA MUESTRA

Material: CANTERA PARA AFIRMADO

DATOS DEL PROCTOR	
DENSIDAD MAXIMA (gr/cm ³)	2.23
HUMEDAD OPTIMA (%)	5.10

DATOS DEL C.B.R.	
CBR al 100% de M.D.S. (%)	76.79
CBR al 95% de M.D.S. (%)	50.57



Técnico de Laboratorio:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO



DESGASTE POR ABRASIÓN (NTP 400.019)

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS	EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE MATERIALES GRANULARES DE LAS CANTERAS DE REJOPAMPA ALTO PARA SU USO EN MANTENIMIENTOS PERIÓDICOS DE VÍAS TERRESTRES, CHOTA, 2024
SOLICITANTE	FELIX MAR MEJÍA REGALADO - LITO RONAL MEJIA HERRERA
UBICACIÓN	COMBINACION 3: 70% CANTERA REJOPAMPA 1 + 30% CANTERA REJOPAMPA 2
Tam.Max.Nominal.	2" FECHA INFORME 24/12/2024

ENSAYO DE ABRASIÓN

PASA TAMIZ	RETENIDO TAMIZ	PESOS Y GRANULOMETRÍA DE LA MUESTRA EN ENSAYO (gs)			
		A	B	C	D
mm	mm				
11/2	1"	1250.00			
1"	3/4"	1250.00			
3/4"	1/2"	1250.00			
1/2"	3/8"	1250.00			
3/8"	1/4"				
1/4"	N°4				
N°4	N°8				
PESO MUESTRA ANTES DE ENSAYO		5000.00			
PESO MUESTRAS DESPUÉS DEL ENSAYO		3668.00			
PERDIDA MUESTRA DESPUÉS DE ENSAYO		1332.00			
% DE ABRASIÓN		26.64			

Técnico de Laboratorio: _____

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
RÉG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO



EQUIVALENTE DE ARENA

CIEXLIAN
Construyendo sueños



EQUIVALENTE DE ARENA
(NTP 339146)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

Pag: 1 de1

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE MATERIALES GRANULARES DE LAS CANTERAS DE REJOPAMPA ALTO PARA SU USO EN MANTENIMIENTOS PERIÓDICOS DE VÍAS TERRESTRES, CHOTA, 2024

UBICACIÓN: CANTERA REJOPAMPA 1

CLIENTE: FELIX MAR MEJÍA REGALADO - LITO RONAL MEJIA HERRERA

FECHA DE INFORME: 20/01/2025

DATOS DE LA MUESTRA

Material: CANTERA PARA AFIRMADO

Muestra/Calicata:

Fecha de Muestreo: 27/12/2024

Fecha de Recepción: 27/12/2024

Prof.(m): -

Descripción	Und.	Ensayos			Promedio
		1	2	3	
Tamaño maximo(pasa malla N° 4)	mm	4.76	4.76	4.76	
Hora de entrada a saturacion		13.25	14.00	15.00	
Hora de salida de saturacion (10")		13.35	14.10	15.10	
Hora de entrada a decantación		13.37	14.12	15.12	
Hora de salida a decantación mas 20")		13.57	14.32	15.32	
Haltura maxima de la material fino	mm	13.25	13.55	13.54	
Altura máxima ded la arena	mm	1.90	2.00	2.00	
Equivalente de arena	%	14.34%	14.76%	14.77%	14.62%

OBSERVACIONES :

Porcentaje de Humedad: 14.62%

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

Técnico de Laboratorio:

Firma:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO



EQUIVALENTE DE ARENA
(NTP 339146)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE MATERIALES GRANULARES DE LAS CANTERAS DE REJOPAMPA ALTO PARA SU USO EN MANTENIMIENTOS PERIÓDICOS DE VÍAS TERRESTRES, CHOTA, 2024

UBICACIÓN CANTERA REJOPAMPA 2

CLIENTE: FELIX MAR MEJÍA REGALADO - LITO RONAL MEJIA HERRERA

FECHA DE INFORME: 20/01/2025

DATOS DE LA MUESTRA

Material: CANTERA PARA AFIRMADO

Muestra/Calicata:

Fecha de Muestreo: 27/12/2024

Fecha de Recepción: 27/12/2024

Prof.(m): -

Descripción	Und.	Ensayos			Promedio
		1	2	3	
Tamaño maximo(pasa malla N° 4)	mm	4.76	4.76	4.76	
Hora de entrada a saturacion		10.00	11.00	12.00	
Hora de salida de saturacion (10")		10.10	11.10	12.10	
Hora de entrada a decantación		10.12	11.12	12.12	
Hora de salida a decantación mas 20")		10.32	11.32	12.32	
Haltura maxima de la material fino	mm	14.0	15.0	14.3	
Altura máxima ded la arena	mm	2.0	2.1	2.0	
Equivalente de arena	%	14.27%	13.98%	14.04%	14.09%

OBSERVACIONES :

Porcentaje de Humedad: 14.09%

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

Técnico de Laboratorio:

Firma:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldafia
TÉCNICO EN LABORATORIO



EQUIVALENTE DE ARENA
(NTP 339146)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE MATERIALES GRANULARES DE LAS CANTERAS DE REJOPAMPA ALTO PARA SU USO EN MANTENIMIENTOS PERIÓDICOS DE VÍAS TERRESTRES, CHOTA, 2024

UBICACIÓN CANTERA REJOPAMPA 3

CLIENTE: FELIX MAR MEJÍA REGALADO - LITO RONAL MEJIA HERRERA

FECHA DE INFORME: 20/01/2025

DATOS DE LA MUESTRA

Material: CANTERA PARA AFIRMADO

Muestra/Calicata:

Fecha de Muestreo: 27/12/2024

Fecha de Recepción: 27/12/2024

Prof.(m): -

Descripción	Und.	Ensayos			Promedio
		1	2	3	
Tamaño maximo(pasa malla N° 4)	mm	4.76	4.76	4.76	
Hora de entrada a saturacion		8.00	9.00	10.00	
Hora de salida de saturacion (10")		8.10	9.10	10.10	
Hora de entrada a decantación		8.12	9.12	10.12	
Hora de salida a decantación mas 20")		8.32	9.32	10.32	
Haltura maxima de la material fino	mm	20.2	22.2	21.2	
Altura máxima ded la arena	mm	4.4	5.1	4.6	
Equivalente de arena	%	21.75%	22.94%	21.66%	22.12%

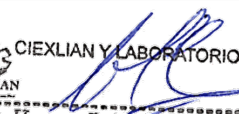
OBSERVACIONES :

Porcentaje de Humedad: 22.12%


La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

Técnico de Laboratorio:

Firma:



CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840



CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO



EQUIVALENTE DE ARENA
(NTP 339146)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE MATERIALES GRANULARES DE LAS CANTERAS DE REJOPAMPA ALTO PARA SU USO EN MANTENIMIENTOS PERIÓDICOS DE VÍAS TERRESTRES, CHOTA, 2024

UBICACIÓN COMBINACIÓN 1: 85% REJOPAMPA N°1 + 15% REJOPAMPA N°3

CLIENTE: FELIX MAR MEJÍA REGALADO - LITO RONAL MEJIA HERRERA

FECHA DE INFORME: 25/01/2025

DATOS DE LA MUESTRA

Material: CANTERA PARA AFIRMADO

Muestra/Calicata:

Fecha de Muestreo: 27/12/2024

Fecha de Recepción: 27/12/2024

Prof.(m): -

Descripción	Und.	Ensayos			Promedio
		1	2	3	
Tamaño maximo(pasa malla N° 4)	mm	4.76	4.76	4.76	
Hora de entrada a saturacion		8.00	9.00	10.00	
Hora de salida de saturacion (10")		8.10	9.10	10.10	
Hora de entrada a decantación		8.12	9.12	10.12	
Hora de salida a decantación mas 20")		8.32	9.32	10.32	
Haltura maxima de la material fino	mm	13.25	13.40	13.25	
Altura máxima ded la arena	mm	2.20	2.20	2.20	
Equivalente de arena	%	16.60%	16.42%	16.60%	16.54%

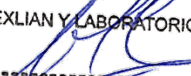
OBSERVACIONES :


Porcentaje de Humedad: 16.54%

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

Técnico de Laboratorio:

Firma:


 CIEXLIAN Y LABORATORIO
 CIEXLIAN
 Ing. Hermes Rojas Tiravanti
 REG. CIP. 348840


 CIEXLIAN Y LABORATORIO
 CIEXLIAN
 Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
 TÉCNICO EN LABORATORIO



EQUIVALENTE DE ARENA
(NTP 339146)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

Pag: 1 de 1

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE MATERIALES GRANULARES DE LAS CANTERAS DE REJOPAMPA ALTO PARA SU USO EN MANTENIMIENTOS PERIÓDICOS DE VÍAS TERRESTRES, CHOTA, 2024

UBICACIÓN COMBINACIÓN 2:70% CANTERA REJOPAMPA 2 + 30% CANTERA REJOPAMPA 3

CLIENTE: FELIX MAR MEJÍA REGALADO - LITO RONAL MEJIA HERRERA

FECHA DE INFORME: 25/01/2025

DATOS DE LA MUESTRA

Material: CANTERA PARA AFIRMADO

Muestra/Calicata:

Fecha de Muestreo: 27/12/2024

Fecha de Recepción: 27/12/2024

Prof.(m): -

Descripción	Und.	Ensayos			Promedio
		1	2	3	
Tamaño maximo(pasa malla N° 4)	mm	4.76	4.76	4.76	
Hora de entrada a saturacion		7.00	8.00	8.00	
Hora de salida de saturacion (10")		7.10	8.10	8.10	
Hora de entrada a decantación		7.12	8.12	8.12	
Hora de salida a decantación mas 20")		7.32	8.32	8.32	
Haltura maxima de la material fino	mm	13.90	14.00	13.89	
Altura máxima ded la arena	mm	2.40	2.40	2.40	
Equivalente de arena	%	17.27%	17.14%	17.28%	17.23%

OBSERVACIONES :

Porcentaje de Humedad: 17.23%

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

Técnico de Laboratorio:

Firma:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO



EQUIVALENTE DE ARENA
(NTP 339146)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE MATERIALES GRANULARES DE LAS CANTERAS DE REJOPAMPA ALTO PARA SU USO EN MANTENIMIENTOS PERIÓDICOS DE VÍAS TERRESTRES, CHOTA, 2024

UBICACIÓN COMBINACION 3: 70% REJOPAMPA 1 + 30% REJOPAMPA 2

CLIENTE: FELIX MAR MEJÍA REGALADO - LITO RONAL MEJIA HERRERA

FECHA DE INFORME: 25/01/2025

DATOS DE LA MUESTRA

Material: CANTERA PARA AFIRMADO

Muestra/Calicata:

Fecha de Muestreo: 27/12/2024

Fecha de Recepción: 27/12/2024

Prof.(m): -

Descripción	Und.	Ensayos			Promedio
		1	2	3	
Tamaño maximo(pasa malla N° 4)	mm	4.76	4.76	4.76	
Hora de entrada a saturacion		8.25	9.00	9.30	
Hora de salida de saturacion (10")		8.35	9.10	9.40	
Hora de entrada a decantación		8.37	9.12	9.42	
Hora de salida a decantación mas 20")		8.57	9.32	9.62	
Haltura maxima de la material fino	mm	14.4	14.3	14.0	
Altura máxima ded la arena	mm	2.0	2.1	2.0	
Equivalente de arena	%	13.87%	14.74%	14.30%	14.30%

OBSERVACIONES :

Porcentaje de Humedad: . 14.30%

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

Técnico de Laboratorio:

Firma:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS

CIEXLIAN
Construyendo sueños



PERÚ

Presidencia
del Consejo de Ministros

INDECOPI

Registro de la Propiedad Industrial

Dirección de Signos Distintivos

CERTIFICADO N° 00147604

La Dirección de Signos Distintivos del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual – INDECOPI, certifica que por mandato de la Resolución N° 012890-2023/DSD - INDECOPI de fecha 26 de mayo de 2023, ha quedado inscrito en el Registro de Marcas de Servicio, el siguiente signo:

Signo : La denominación CIEXLIAN CONSTRUYENDO SUEÑOS y logotipo (se reivindica colores), conforme al modelo

Clase : 42 de la clasificación Internacional.

Solicitud : 0000770-2023

Titular : CIEXLIAN S.R.L.

País : Perú

Vigencia : 26 de mayo de 2023

Distingue : Servicios científicos y tecnológicos, así como servicios de investigación y diseño en estos ámbitos; servicios de análisis e investigación industriales; diseño y desarrollo de equipos informáticos y de software

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840



Pág. 1 de 1

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por Indecopi, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web.

<https://enlinea.indecopi.gob.pe/verificador>

Id Documento: **qjgww2y00y**



Arso Group
Laboratorio de Metrología

Fecha de emisión 2024/09/27

Solicitante CIEXLIAN S.R.L.

Dirección JR. SAN MARTIN NRO. 860 CENTRO CHOTA
CAJAMARCA - CHOTA - CHOTA -
CAJAMARCA , Chota , Chota

Instrumento de medición **PRENSA CBR CON CELDA DE CARGA**

Identificación NO INDICA

Marca Prensa ARSOU

Modelo NO INDICA

Serie 500040

Celda de Carga TIPO S

Modelo NO INDICA

Indicador DIGITAL

Modelo NO INDICA

Procedencia PERÚ

Ubicación Laboratorio de suelos
Lugar de calibración Instalaciones del cliente

Fecha de calibración 2024/09/27

Método/Procedimiento de calibración

El procedimiento toma como referencia a la norma ISO 7500-1 "Metallic materials - Verification of static uniaxial testing machines", Se aplicaron dos series de carga al Sistema Digital mediante la misma prensa. En cada serie se registraron las lecturas de las cargas.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



ARSOU GROUP S.A.C.
P/ Josep Andres Arevalo Flores
METROLOGIA

ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. de viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martin de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com



Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de PUCP	FORCE TRANSDUCER	INF-LE N° 039-23

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental	Inicial: 21 °C	Final: 21 °C
Humedad Relativa	Inicial: 57 %hr	Final: 57 %hr

Resultados

TABLA N° 01
CALIBRACION DE CELDA DE CARGA

SISTEMA DIGITAL "A" Kg	SERIES DE VERIFICACIÓN PATRON (Kg)				PROMEDIO "B" Kg	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE (1) Kg	SERIE (2) Kg	ERROR %	ERROR (2) %			
500	503	502	0.60	0.4	502.5	0.5	0.14
1000	1006	1003	0.60	0.3	1004.5	0.45	0.21
1500	1506	1501	0.4	0.07	1503.5	0.23	0.24
2000	2001	2003	0.05	0.15	2002.0	0.10	0.07
2500	2503	2502	0.12	0.08	2502.5	0.10	0.03
3000	3005	3002	0.17	0.07	3003.5	0.12	0.07
3500	3506	3507	0.17	0.2	3506.5	0.19	0.02
4000	4004	4002	0.1	0.05	4003.0	0.08	0.04

NOTAS SOBRE CALIBRACION

1. - La Calibración se hizo según el Método C de la norma ISO 7500-1
- 2.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:

$$Ep = ((A-B) / B) * 100 \quad Rp = Error(2) - Error(1)$$
3. - La norma exige que Ep y Rp no excedan el +/- 1.0 %



ARSOU GROUP S.A.C.

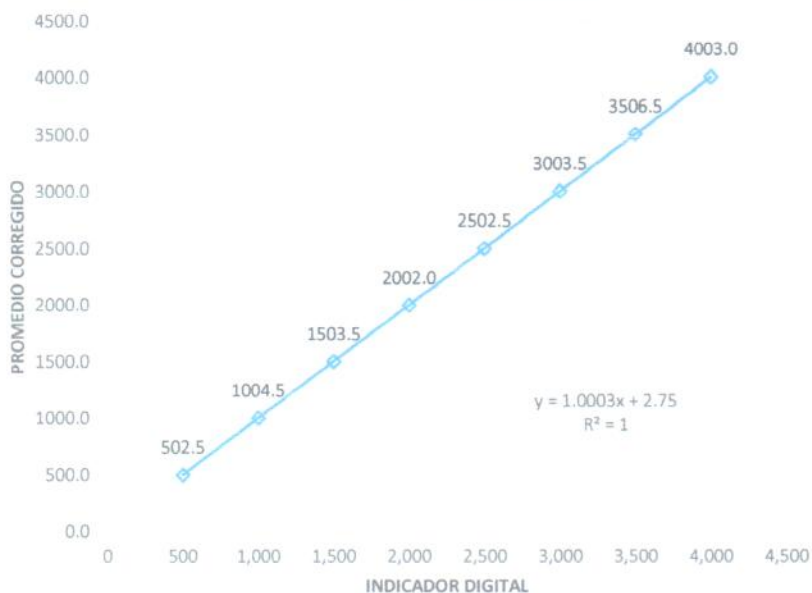
 Joseph Andres Arevalo Flores
 METROLOGÍA

ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. de viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martin de Porres, Lima, Perú
 Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
 ventas@arsougroup.com
 www.arsougroup.com

Gráfica (Coeficiente de correlación y Ecuación de Ajuste)

GRAFICO N° 01



Ecuación de ajuste:

Donde: $y = 1,0003x + 2,75$ Coeficiente Correlació $R^2 = 1$

X : Lectura de la pantalla (kg)

Y : fuerza promedio (kg)

**Observaciones**

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95 % con un factor de cobertura $k=2$.
3. (*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
4. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"

Fin de documento

ARSOU GROUP S.A.C.

 José Andrés Arevalo Flores
 METROLOGÍA

ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. de viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú

Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437

ventas@arsougroup.com

www.arsougroup.com



Fecha de emisión 2024/08/10
Solicitante CIEXLIAN S.R.L.
Dirección JR. SAN MARTIN NRO. 860 CENTRO CHOTA
CAJAMARCA - CHOTA - CHOTA -
CAJAMARCA , Chota , Chota
Instrumento de medición COPA CASAGRANDE
Identificación NO INDICA
Marca ARSOU
Modelo CSA902
Serie 900269
Mecanismo MANUAL
Ranurador BRONCE
Procedencia PERÚ
Ubicación Laboratorio de suelos
Lugar de calibración Instalaciones del cliente
Fecha de calibración 2024/08/10

Método/Procedimiento de calibración

La calibración se efectuó por comparación directa tomando como referencia el procedimiento PC-012 Sta. Ed. , "Procedimiento de Calibración de Pie de Rey", del Instituto Nacional de la Calidad - INACAL y la Norma del MTC 110.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



ARSOU GROUP S.A.C.
Joshep Andres Arevalo Flores
Joshep Andres Arevalo Flores
METROLOGÍA

ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com



Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
DSI PERU AUTOMATION EIRL	Pie de Rey digital	L-0063-2023

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental	Inicial: 22 °C	Final: 22 °C
Humedad Relativa	Inicial: 41 %hr	Final: 41 %hr

Resultados

IMAGEN N° 01

Dimensiones	Aparato de Limite Liquido							Ranurador		
	Conjunto de la Cazuela			N	Base			Extremo Curvado		
	A	B	C		K	L	M	a	b	c
Descripción	Radio de la Copa	Espesor de la Copa	Profundidad de la Copa	Copa desde la guía del elevador hasta la base	Espesor	Largo	Ancho	Espesor	Borde Cortante	Ancho
Métrico, mm	54	2.0	27	47	50	150	125	10.0	2.0	13.5
Tolerancia, mm	2	0.1	1	1.5	5	5	5	0.1	0.1	0.1
Inglés, pulg.	2.13	0.079	1.063	1.850	2	5.90	4.92	0.39	0.08	0.53
Tolerancia, pulg.	0.08	0.004	0.4	0.6	0.2	0.2	0.2	0.004	0.004	0.004

TABLA N° 01

CAZUELA

DESCRIPCIÓN	DATO PROMEDIO (mm)	TOLERANCIA (mm)	RESULTADO
ESPESOR	2.03	+/- 0.1	OK
PROFUNDIDAD	27.15	+/- 1	OK



ARSOU GROUP S.A.C.
Joshep Andres Arevalo Flores
Joshep Andres Arevalo Flores
METROLOGÍA

ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com



TABLA N° 02

BASE

DESCRIPCIÓN	DATO PROMEDIO (mm)	TOLERANCIA (mm)	RESULTADO
GUÍA DEL ELEVADOR	47.36	+/- 1.5	OK
ESPESOR	50.62	+/- 5	OK
LARGO	151.03	+/- 5	OK
ANCHO	126.11	+/- 5	OK
HUELLA	6.12	+/- 13	OK

TABLA N° 03

RANURADOR

DESCRIPCIÓN	DATO PROMEDIO (mm)	TOLERANCIA (mm)	RESULTADO
CALIBRADOR CUADRADO	10.05	+/- 0.2	OK
ESPESOR	10.02	+/- 0.1	OK
BORDE CORTANTE	2.06	+/- 0.1	OK
ANCHO	13.51	+/- 0.1	OK

Observaciones

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. (*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
3. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"



Fin de documento

ARSOU GROUP S.A.C.
José Andrés Arevalo Flores
José Andrés Arevalo Flores
METROLOGÍA

ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com



Arsou Group
Laboratorio de Metrología

Fecha de emisión 2024/09/05

Solicitante CIEXLIAN S.R.L.

Dirección JR. SAN MARTIN NRO. 860 CENTRO CHOTA
CAJAMARCA - CHOTA - CHOTA -
CAJAMARCA , Chota , Chota

Instrumento de medición **BALANZA**

Identificación NO INDICA

Intervalo de indicación 30000 g

División de escala 1 g
Resolución

División de verificación 1 g
(e)

Tipo de indicación Digital

Marca / Fabricante PATRICKS

Modelo NO INDICA

N° de serie 70047

Procedencia CHINA

Ubicación Laboratorio de suelos

Lugar de calibración Laboratorio de ARSOU GROUP S.A.C.

Fecha de calibración 2024/09/05

Método/Procedimiento de calibración

"Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII" (PC-001) del SNM-INDECOPI, 3era edición Enero 2009 y la Norma Metrológica Peruana "Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento No Automático (NMP 003:2009)

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



ARSOU GROUP S.A.C.

Joshep Andres Arevalo Flores
METROLOGÍA

ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martin de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com



Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
PESATEC PERÚ S.A.C.	Juego de Pesas de 1mg a 1kg	1045-MPES-C-2023
PESATEC PERÚ S.A.C.	Juego de Pesas de 1g a 1kg	1044-MPES-C-2023
PESATEC PERÚ S.A.C.	Pesa Patrón de 5kg	1046-MPES-C-2023
PESATEC PERÚ S.A.C.	Pesa Patrón de 10 kg	1047-MPES-C-2023
PESATEC PERÚ S.A.C.	Pesa Patrón de 20kg	1048-MPES-C-2023

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental Inicial: 16 °C Final: 16 °C
Humedad Relativa Inicial: 80 %hr Final: 80 %hr

Resultados

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 15000 g			Carga L1= 30000 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	15000	0.005	-0.002	30000	-0.001	0.002
2	15000	0.008	-0.003	30000	-0.003	0.005
3	15000	0.006	-0.003	30000	0.004	0.006
4	15000	0.007	0.009	30000	0.006	0.009
5	15000	0.008	0.006	30000	0.008	-0.002
6	15000	0.005	0.011	30000	0.005	-0.003
7	15000	0.004	0.012	30000	0.002	-0.005
8	15000	0.012	-0.009	30000	0.006	0.006
9	15000	0.009	-0.007	30000	-0.004	0.007
10	15000	0.008	0.004	30000	-0.002	0.007

Carga (g)	Diferencia Máxima Encontrada (g)	Error Máximo Permitido (g)
15000	0	1
30000	0	5



ARSOU GROUP S.A.C.
Joshep
Joshep Andrés Arevalo Flores
METROLOGÍA



ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E ₀				Determinación de E ₀				
	Carga Mín ⁽¹⁾ (g)	I (g)	ΔL (g)	E ₀ (g)	Carga L (g)	I (kg)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)
1	500	500	0.002	0.003	10000	10001	0.004	0.001	-0.002
2		500	0.006	0.002		10000	0.002	0.005	-0.003
3		500	0.004	-0.002		10000	0.006	0.003	0.004
4		500	0.005	-0.003		10001	0.005	0.004	-0.001
5		500	0.003	0.007		10000	0.003	0.002	-0.001

ENSAYO DE PESAJE

Carga L (g)	Crecientes				Decrecientes				EMP ⁽²⁾ (±g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	
1	1	0.004	0.001	0.002					
5	5	0.006	0.001	0.003	5	0.006	-0.002	0.004	0.1
10	10	0.008	-0.002	0.008	10	0.004	0.003	0.009	0.1
50	50	0.011	0.002	-0.005	50	0.002	0.004	0.006	0.1
100	100	0.009	0.004	-0.002	100	0.007	0.005	-0.001	0.1
500	500	0.005	0.006	0.007	500	0.006	-0.003	0.007	0.2
1000	1000	0.002	-0.005	0.006	1000	0.009	0.004	-0.002	0.2
5000	5000	0.003	0.008	0.005	5000	0.004	0.006	0.006	0.5
10000	10000	0.004	0.003	0.003	10000	0.003	0.005	0.008	0.5
20000	20001	0.009	0.002	0.008	20001	0.006	0.004	0.014	0.5
30000	30000	0.013	0.006	0.011	30000	0.008	0.002	0.018	0.5

Leyenda

I: Indicación de la balanza

ΔL: Carga Incrementada

E: Error encontrado

E₀: Error en cero

E_c: Error corregido

EMP: Error máximo permitido

INCERTIDUMBRE EXPANDIDA Y LECTURA CORREGIDA

Incertidumbre expandida de medición $U_R = 2^* \sqrt{0.40167 \text{ g}^2 + 0.0000000003543 \text{ R}^2}$

Lectura Corregida $R_{\text{corregida}} = R + 0.000060109 \text{ R}$

R: Indicación de lectura de balanza : (g)



Observaciones

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. Los EMP para esta balanza, corresponden para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II según la Norma Metrología Peruana NMP 003:2009
3. La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95 % con un factor de cobertura k=2 .
4. (*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
5. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"

Fin de documento

ARSOU GROUP S.A.C.

PI
Josep Andrés Arevalo Flores
METROLOGÍA

ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú

Tel: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437

ventas@arsougroup.com

www.arsougroup.com



LABORATORIO DE MASA LM-2227-2024

Solicitante	CIEXLIAN S.R.L.
Dirección	JR. SAN MARTIN NRO. 860 CENTRO CHOTA CAJAMARCA - CHOTA - CHOTA
Equipo	BALANZA PORTÁTIL DE 600GR X 0.01GR
Marca	PYS EQUIPOS
Modelo	DJ602C
Serie	N/I
Procedencia	China
Capacidad Máxima	620 g g
División De Escala	0.01 g g
Divis.De Verificación	0.01 g g
Clase	II
Tipo	Electrónico
Capacidad Mínima	0.2 g
Variación de ΔT Local	1 °C

Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.

Identificación	No indica
Fecha de calibración	2024-06-19
Lugar	LABORATORIO DE MASA DE PYS EQUIPOS E.I.R.L. Calle 8, Mz. D1 Lt. 24 Urb. Virgen Del Rosario - San Martín de Porres - Lima

P Y S EQUIPOS E.I.R.L. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Método utilizado Método de comparación según el PC-018 2da edición, junio 2009:
"Procedimiento para la calibración o caracterización de medios isotermicos con aire como medio termóstático" publicada por el snm/INDECOPI.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.



Revisado y firmado digitalmente por:
Eler Pozo S.
Dpto. Metrología

EPP

Javier Negron C.

Calibrado y firmado digitalmente por:
Javier Negron C.
Dpto. Metrología



Trazabilidad

Trazabilidad	Patrón utilizado	Cert. De Calibración
Patrones de referencia corporación 2m & n	Pesa 1gr - 2kg M2	336-CM-M-2022
Patrones de referencia METROIL	Termohigrómetro digital con incertidumbres 0.3°C / 2.8%	1AT-080-2022

Resultados de medición

Inspección visual

Ajuste de cero	Tiene	Escala	No tiene
Oscilación libre	Tiene	Cursor	No tiene
Plataforma	Tiene	Nivelación	Tiene
Sistema de traba	No Tiene		

Ensayo de repetibilidad

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	24.4	24.4
Humedad Relativa (%)	65	65

Medición Nº	300 g			Medición Nº	600 g		
	Carga L1 I (g)	ΔL (g)	E (g)		Carga L2 I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	300.00	0.007	-0.0020	1	600.00	0.007	-0.002
2	300.00	0.007	-0.0020	2	600.01	0.009	0.006
3	300.00	0.007	-0.0020	3	600.01	0.008	0.007
4	300.00	0.007	-0.0020	4	600.01	0.008	0.007
5	300.00	0.007	-0.0020	5	600.01	0.008	0.007
6	300.00	0.007	-0.0020	6	600.01	0.009	0.006
7	300.00	0.007	-0.0020	7	600.01	0.008	0.007
8	300.00	0.007	-0.0020	8	600.01	0.008	0.007
9	300.00	0.007	-0.0020	9	600.01	0.008	0.007
10	300.00	0.007	-0.0020	10	600.01	0.008	0.007
Diferencia Máxima		0.00		Diferencia Máxima		0.0	
E.M.P.		0.03		E.M.P.		0.03	



Ensayo De Excentricidad



	Inicial	Final
Temperatura (°C)	24.4	24.5
Humedad Relativa (%)	65	65

N°	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec					E. M. P. ± (g)
	Carga Mínima*	l (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga L (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
1	(g)	0.10	0.007	-0.002	200	200.00	0.008	-0.003	-0.001	0.02
2	0.10	0.10	0.008	-0.003		200.01	0.009	0.006	0.009	0.02
3		0.10	0.007	-0.002		200.00	0.007	-0.002	0.000	0.02
4		0.10	0.007	-0.002		199.99	0.005	-0.010	-0.008	0.02
5		0.10	0.007	-0.002		200.00	0.007	-0.002	0.000	0.02

Ensayo De Pesaje

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	24.5	24.5
Humedad Relativa (%)	65	65

N°	Carga L (g)	Crecientes				Decreciente				E. M. P. ± (g)
		l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
1	0.10	0.10	0.008	-0.003						0.010
2	0.20	0.20	0.007	-0.002	0.00	0.20	0.008	-0.003	0.000	0.010
3	1.00	1.00	0.008	-0.003	0.00	1.00	0.007	-0.002	0.001	0.010
4	10.00	10.00	0.007	-0.002	0.00	10.00	0.007	-0.002	0.001	0.010
5	20.00	20.00	0.007	-0.002	0.00	20.00	0.007	-0.002	0.001	0.010
6	50.00	50.01	0.009	0.006	0.01	50.01	0.007	0.008	0.011	0.010
7	100.00	100.01	0.008	0.007	0.01	100.00	0.007	-0.002	0.001	0.020
8	150.00	150.00	0.007	-0.002	0.00	150.00	0.007	-0.002	0.001	0.020
9	200.00	200.00	0.007	-0.002	0.00	200.00	0.007	-0.002	0.001	0.020
10	400.00	400.01	0.008	0.007	0.01	400.01	0.008	0.007	0.010	0.030
11	600.00	600.01	0.008	0.007	0.01	600.01	0.008	0.007	0.010	0.030

Donde:

- l : Indicación de la balanza
- ΔL : Carga adicional
- Eo : Error en cero
- R : Lectura de la balanza posterior a la calibración (g)
- E : Error del instrumento
- Ec : Error corregido

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE DE LA BALANZA

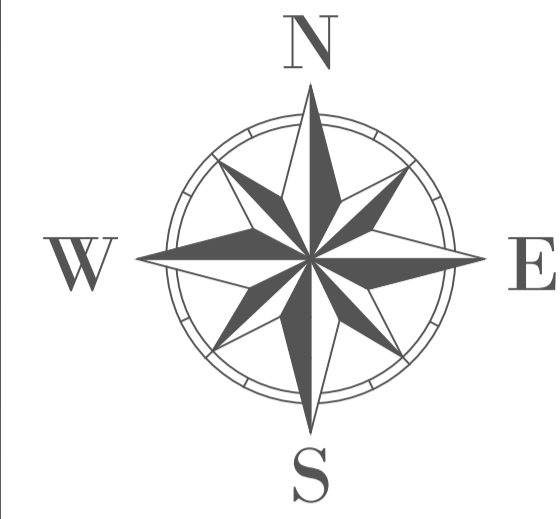
$\text{Lectura corregida} = R + 0.00003103 \times R$ $\text{Incertidumbre expandida} = 2 \times \sqrt{0.000026 \text{ g}^2 + 0.00000000067 \times R^2}$

Incertidumbre

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de

FIN DEL DOCUMENTO

Anexo D. Planos



LEYENDA	
	Curva Mayor
	Curva Menor
	Punto de Muestra
	Acceso



VISTA PANORÁMICA DE LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO



VISTA DE PUNTO DE RECOLECCION DE MUESTRA



VISTA PANORÁMICA DE LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

PUNTO DE MUESTRA	
E:	761743.521
N:	9268705.851
Z:	2928.500
	Punto de Muestra

CARRETERA

P-R-MUESTRA

CANTERA "REJOPAMPA ALTO - 1"

ÁREA = 2181.437 m²
 PERÍMETRO = 202.123 ml

PLANO EN TOPOGRAFICO
 ESCALA 1:500

TESIS: "Evaluación de la proporción de materiales granulares de las canteras de Rejopampa Alto para su uso en mantenimientos periódicos de vías terrestres, Chota, 2024"

PLANO: TOPOGRAFICO

LAMINA:
 PT- 01

ASESOR: Mg. Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo

DIBUJO Y DISEÑO: Felix Mar Mejía Regalado
 Lito Ronal Mejía Herrera

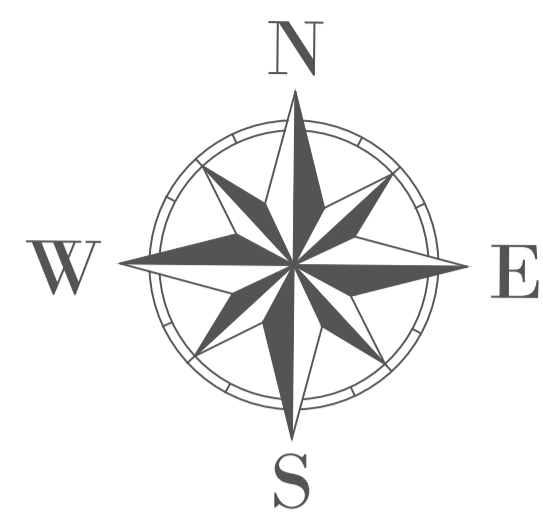
REGION: CAJAMARCA
 PROVINCIA: CHOTA
 DISTRITO: CHOTA

ESCALA: INDICADA
 FECHA: CHOTA, MARZO DEL 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL
 AUTÓNOMA DE CHOTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL





PLANO EN PLANTA
ESCALA 1:200

N 9'268,715

N 9'268,715

N 9'268,695

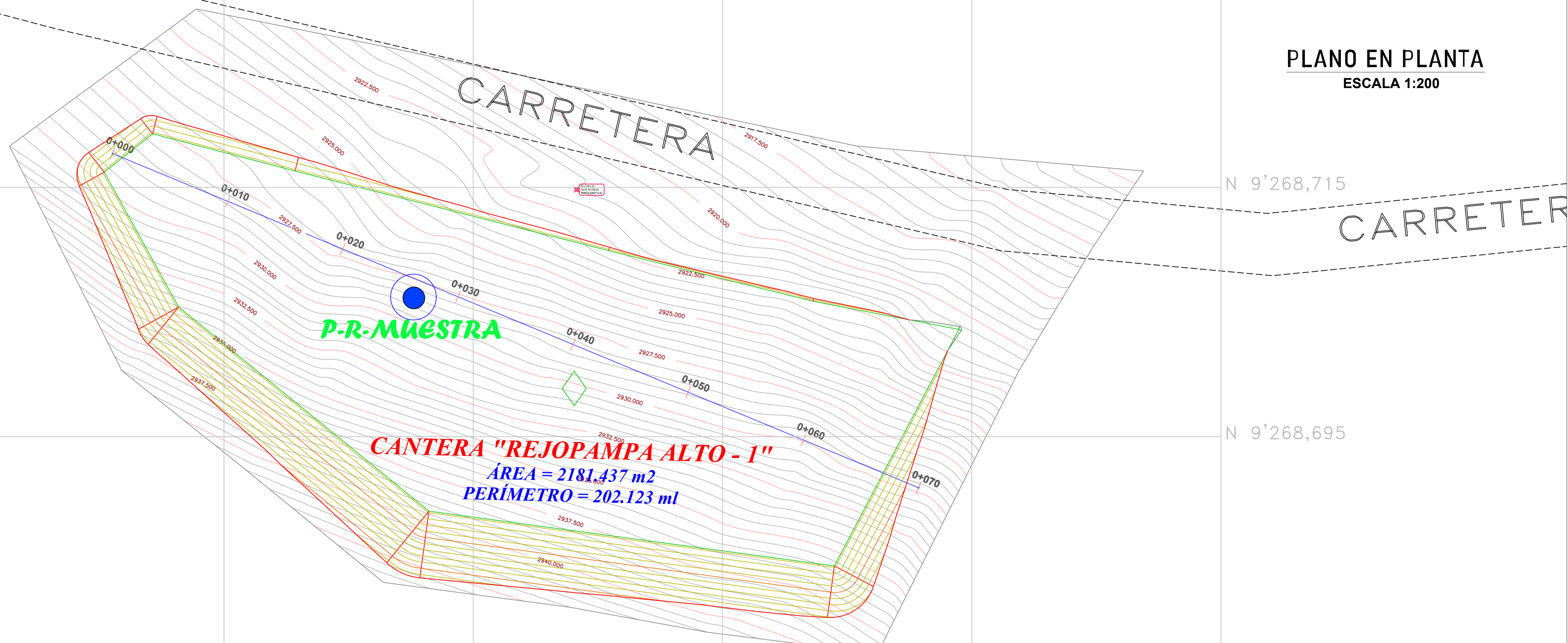
N 9'268,695

N 9'268,675

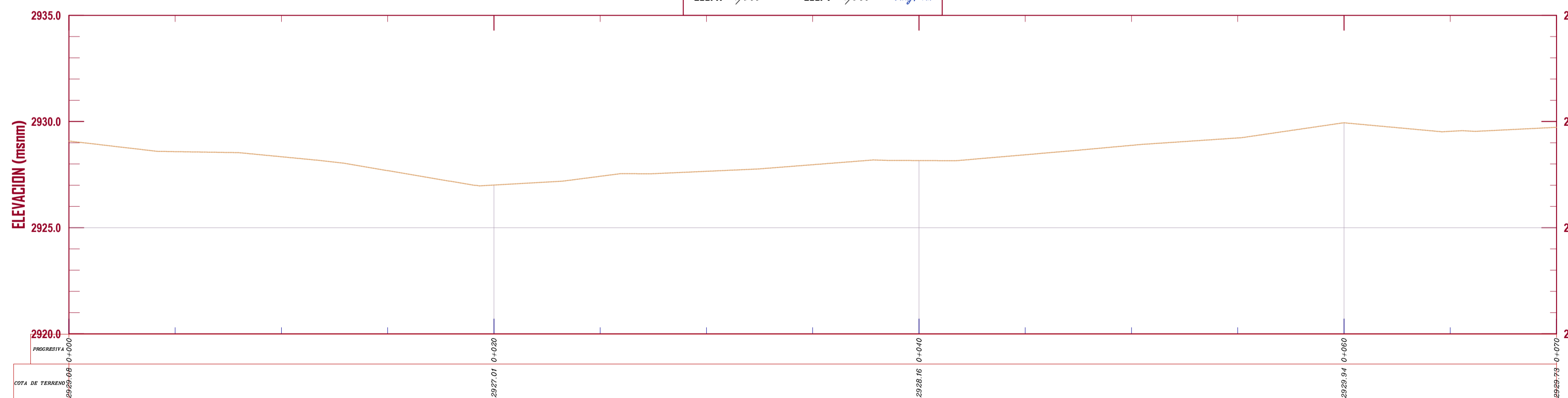
N 9'268,675

PUNTO DE MUESTRA	
E:	781743.521
N:	9268705.851
Z:	2928.500
	Punto de Muestra

LEYENDA	
	Curva Mayor
	Curva Menor
	Punto de Muestra
	Acceso



PERFIL LONGITUDINAL
Esc. H = 1/200 - Esc. V = 1/200 → Esc. 1m



PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA 1:150



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "Evaluación de la proporción de materiales granulares de las canteras de Rejopampa Alto para su uso en mantenimientos periódicos de vías terrestres, Chota, 2024"

ASESOR: Mg. Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo

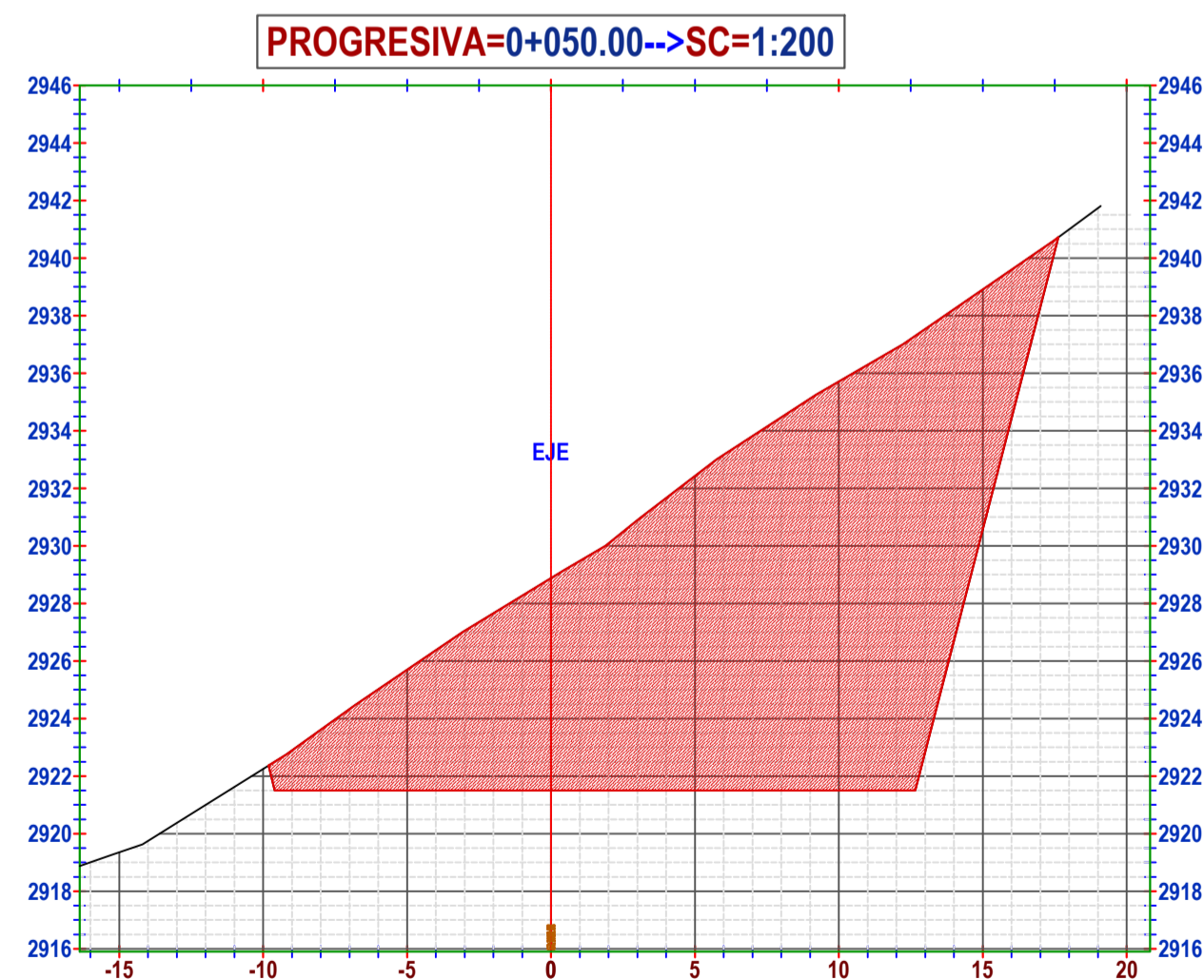
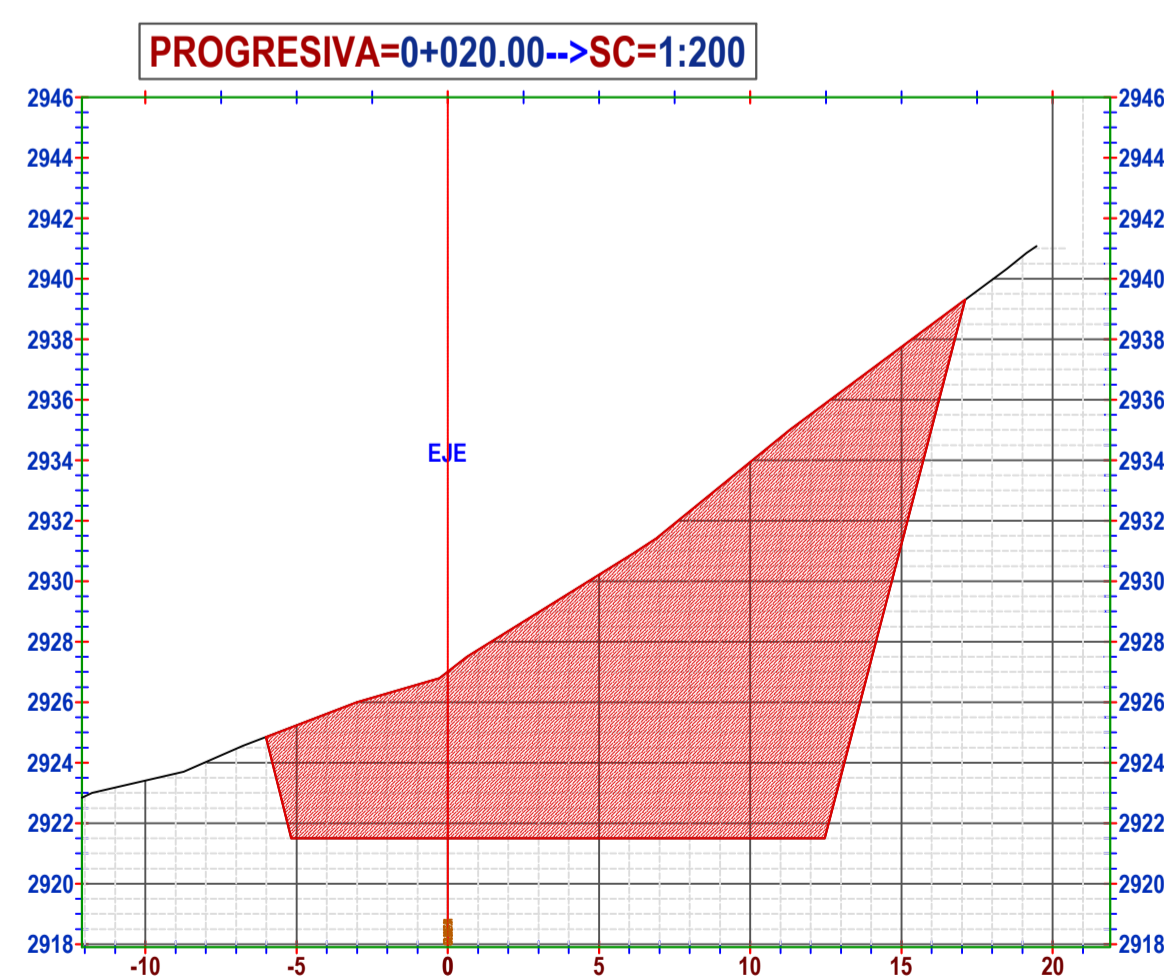
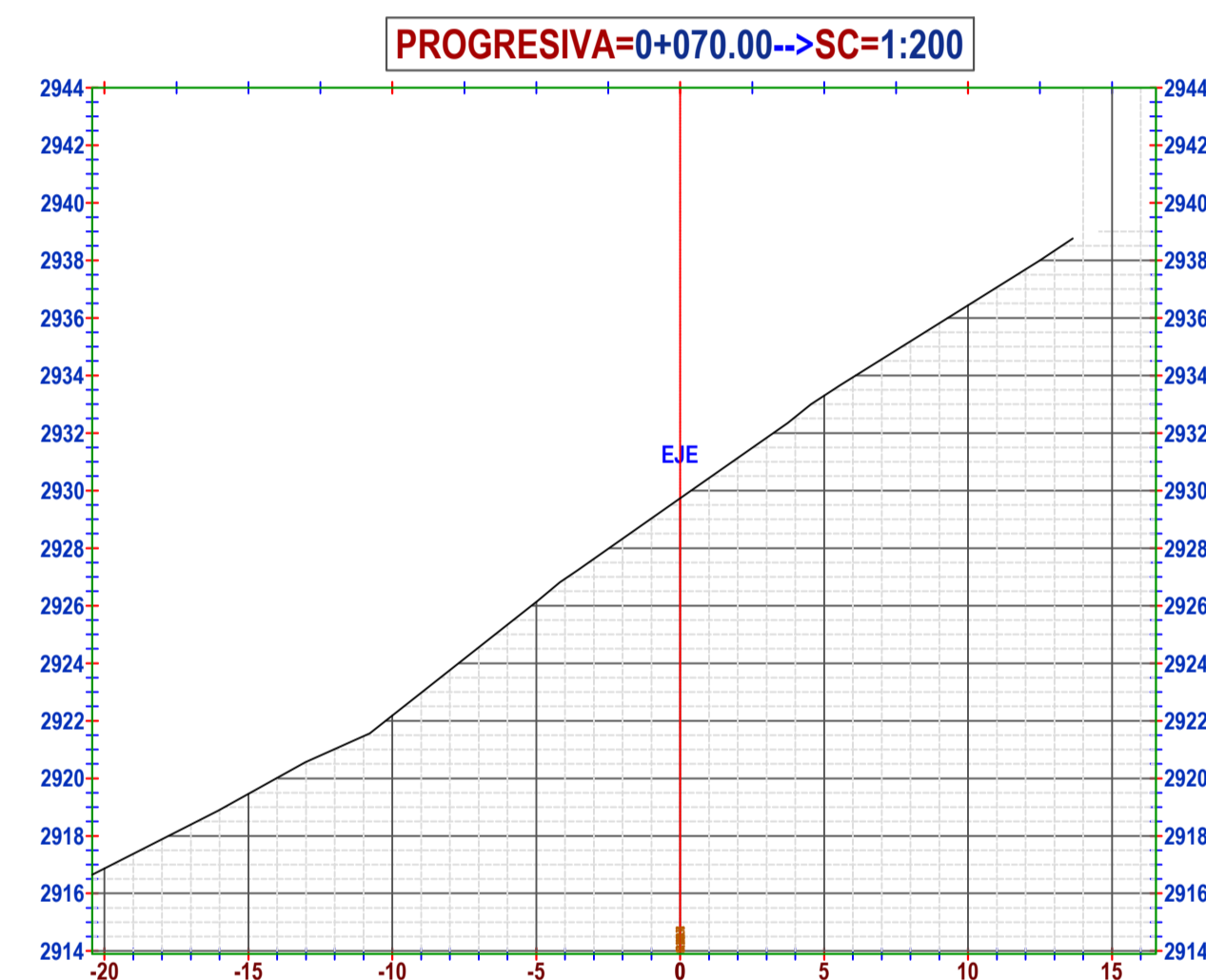
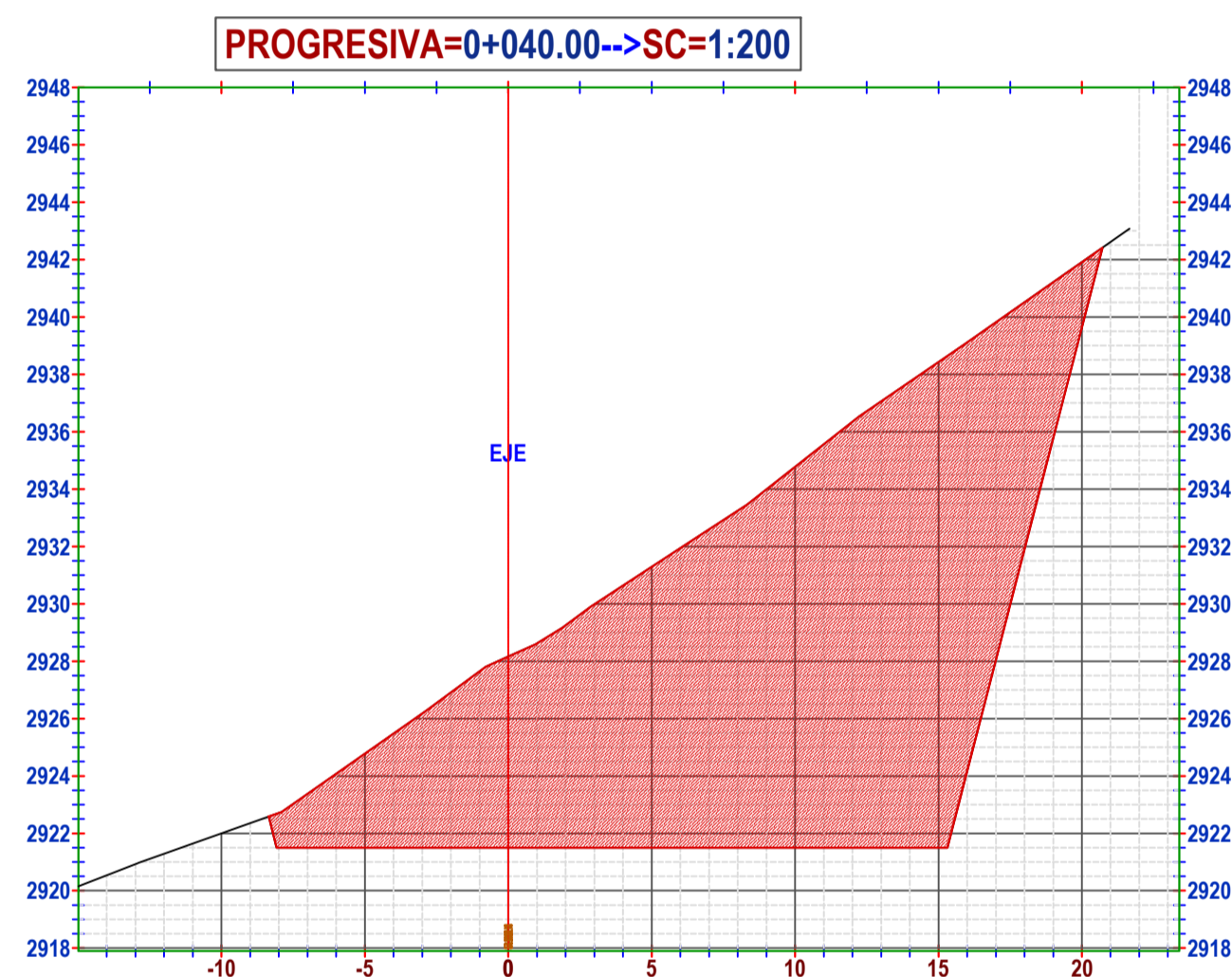
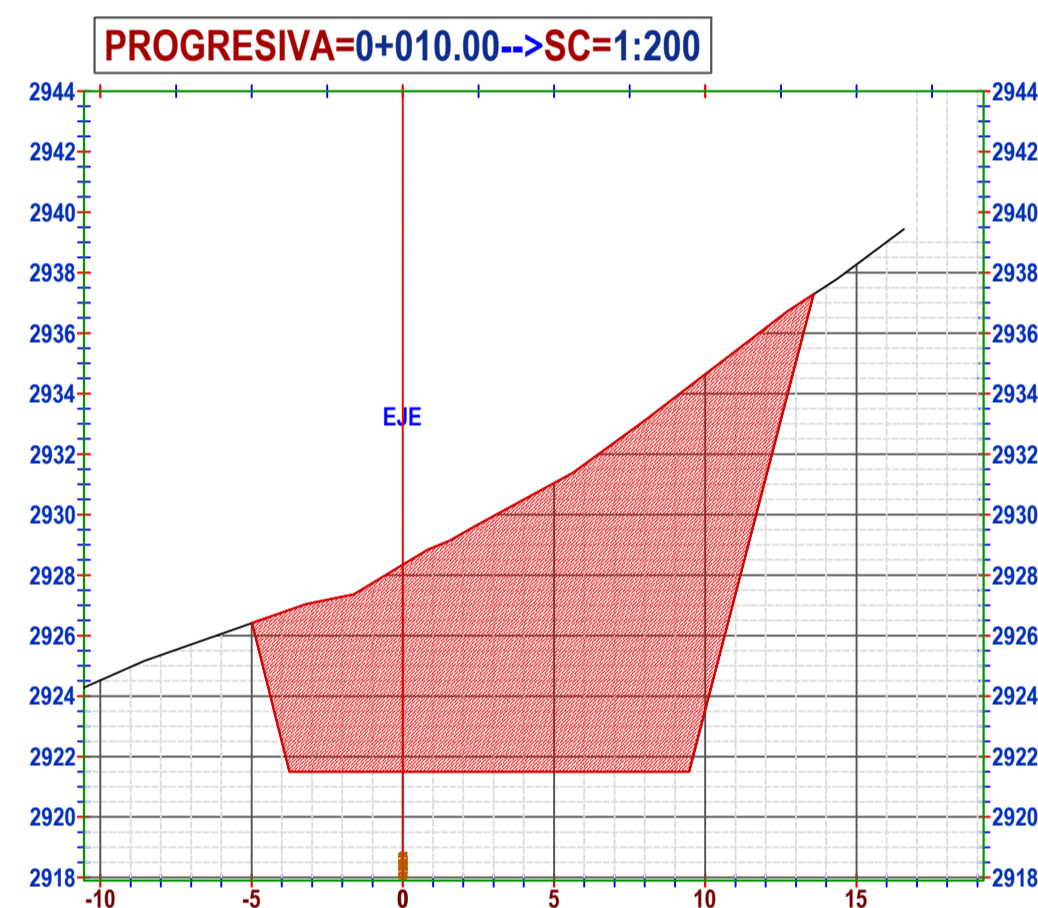
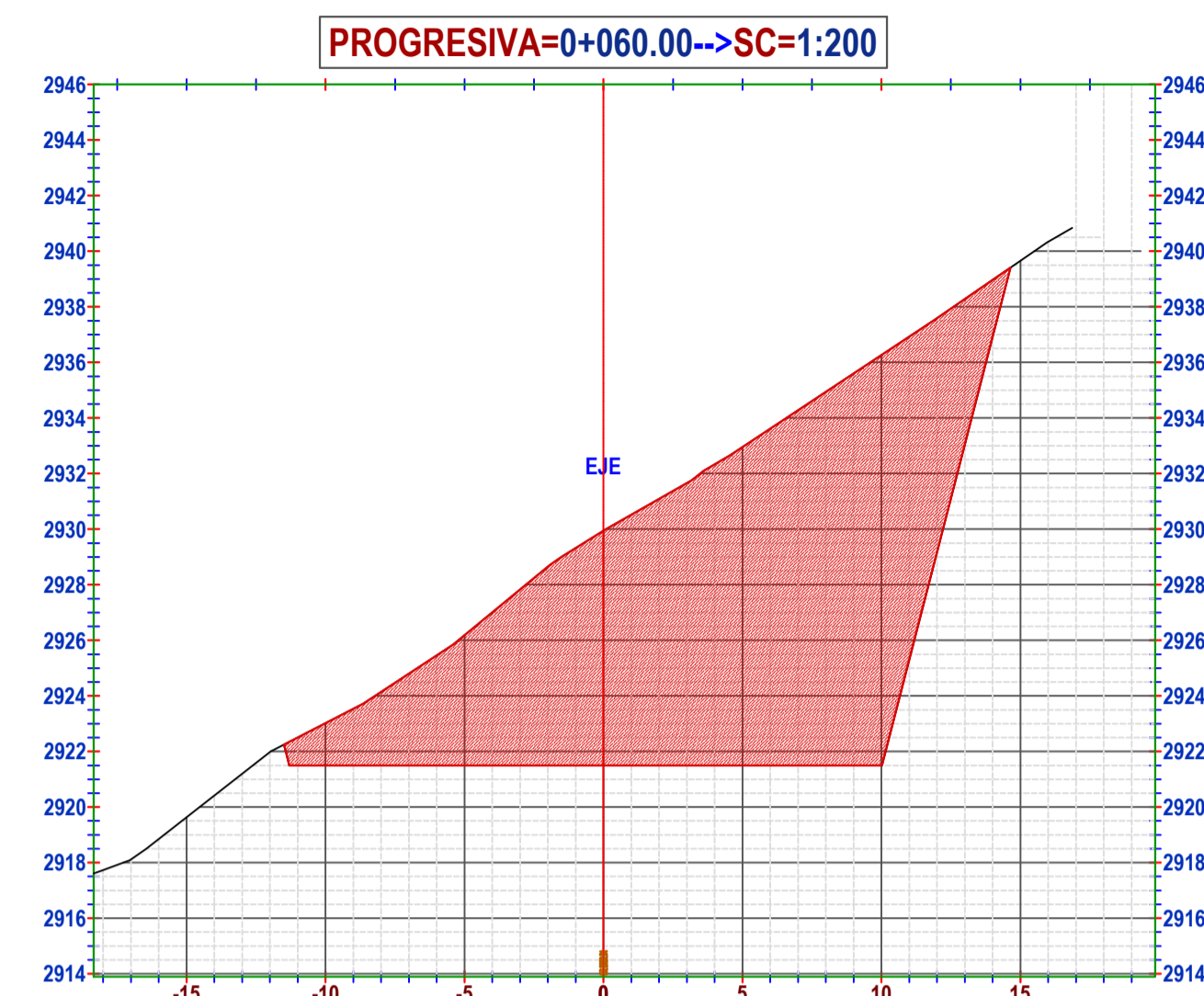
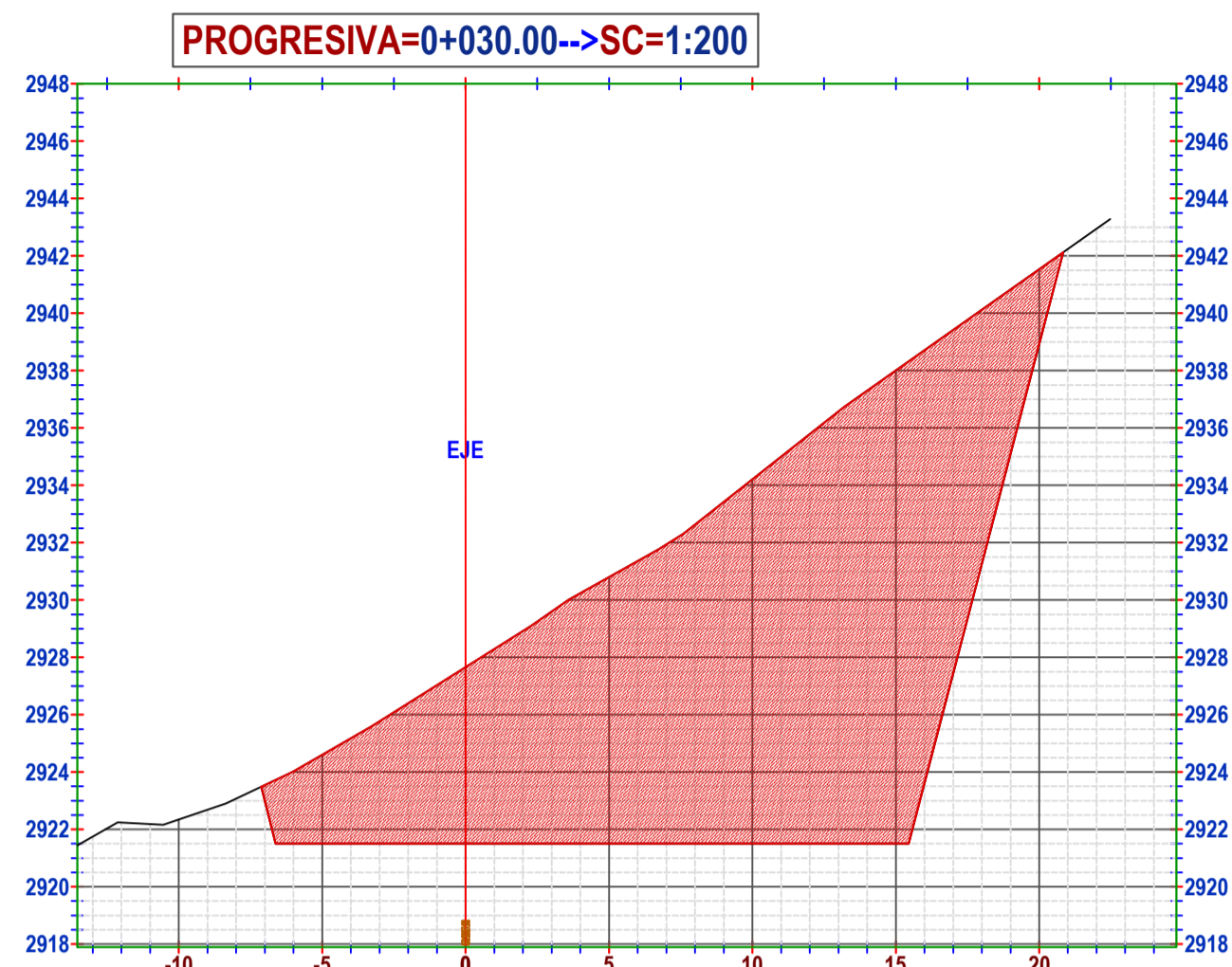
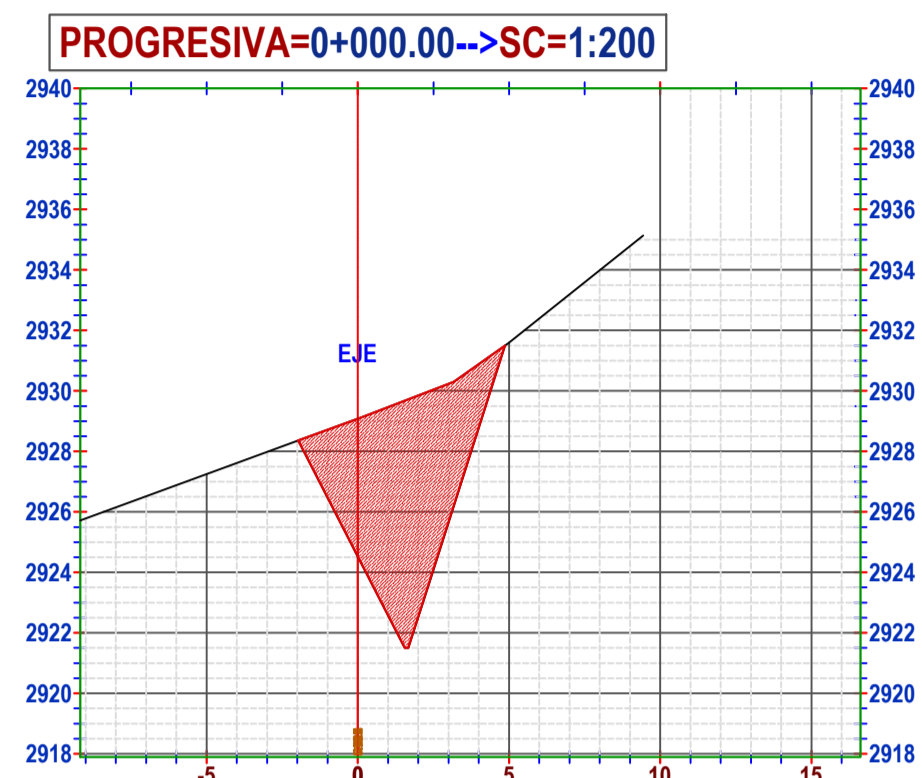
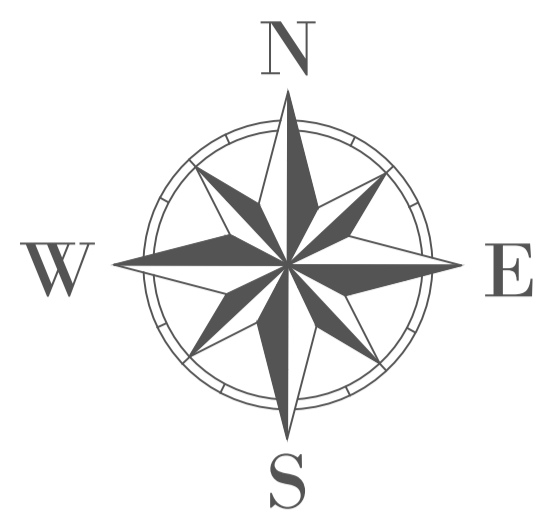
DIBUJO Y DISEÑO: Felix Mar Mejía Regalado
Lito Ronal Mejía Herrera

PLANO:
PLANTA Y PERFIL

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

ESCALA: INDICADA
FECHA: CHOTA, MARZO DEL 2025

LAMINA:
PP- 01



PLANO DE SECCIONES TRASVERSALES KM 0+000 - 0+070
ESCALA 1:200



**UNIVERSIDAD NACIONAL
 AUTÓNOMA DE CHOTA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:

"Evaluación de la proporción de materiales granulares de las canteras de Rejopampa Alto para su uso en mantenimientos periódicos de vías terrestres, Chota, 2024"

ASESOR:

Mg. Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo

DIBUJO Y DISEÑO:

Felix Mar Mejía Regalado
 Lito Ronal Mejía Herrera

PLANO:

SECCIONES TRASVERSALES

REGION: CAJAMARCA
 PROVINCIA: CHOTA
 DISTRITO: CHOTA

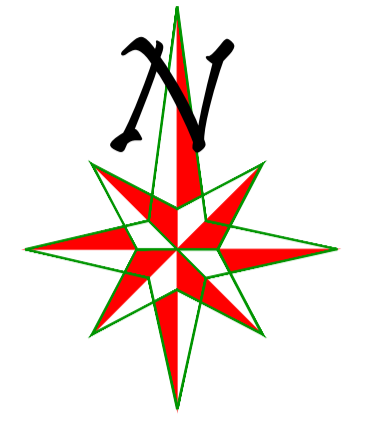
ESCALA: INDICADA
 FECHA: CHOTA, MARZO DEL 2025

LAMINA:

ST- 01

E-761700.0 N-9268600.0 E-761800.0 N-9268600.0 E-761850.0 N-9268600.0

CARRETERA A CILLEROPATA



VISTA PUNTO DE LA RECOLECCIÓN DE MUESTRA

BM-01	
E:	761809.73
N:	9268559.88
Z:	3002.19
●	BM

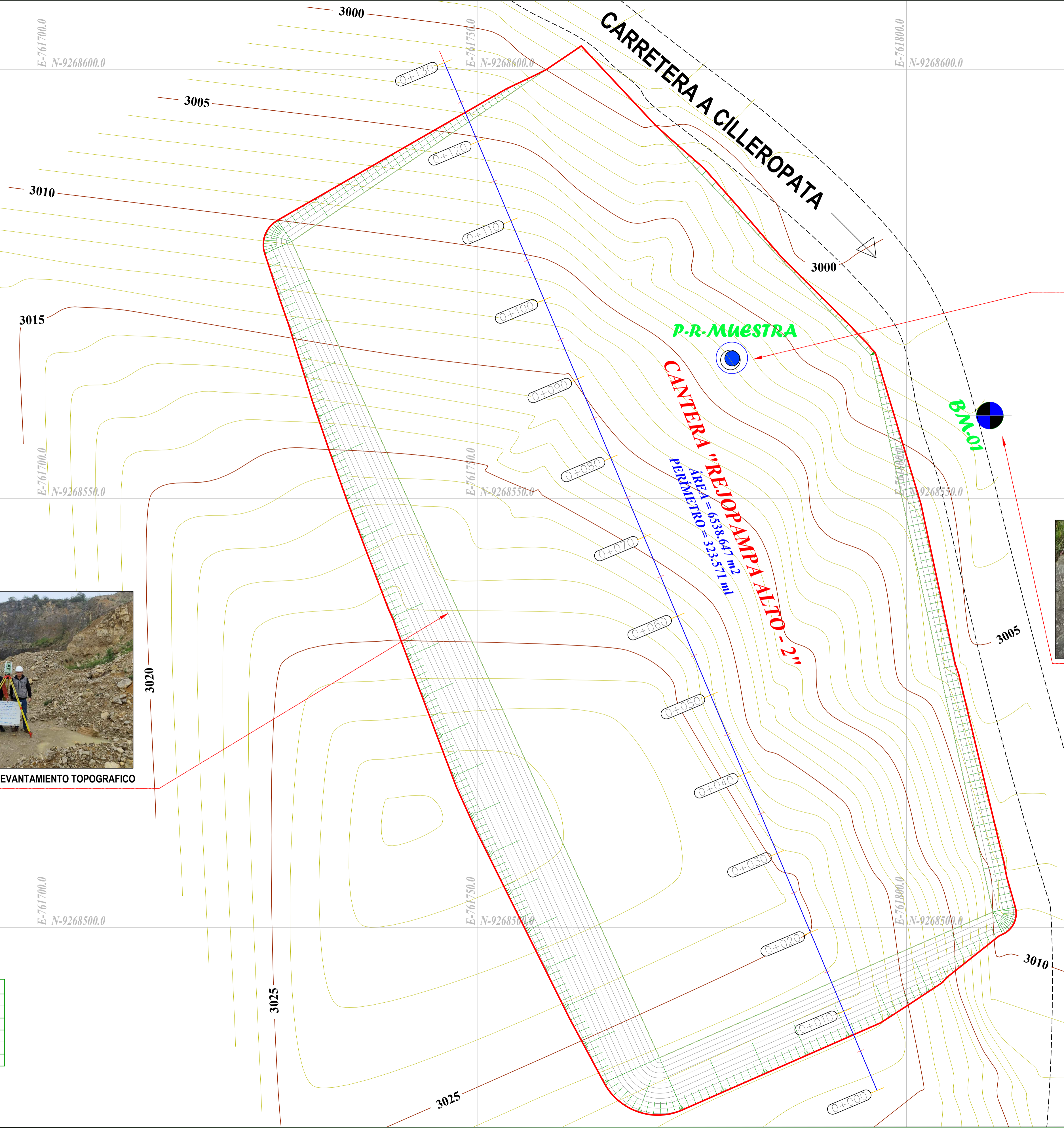
RECOLECIÓN DE MUESTRA	
E:	761779.479
N:	9268566.154
Z:	3008.000
●	P-R-M



VISTA PANORÁMICA DEL BM N° 01 SOBRE ROCA FIJA



VISTA PANORÁMICA DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO



LEYENDA	
	Curva Mayor
	Curva Menor
	Punto De BMs
	Recolección de Muestra
	Acceso
	Viviendas

Plano Topográfico
Escala: 1/250



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

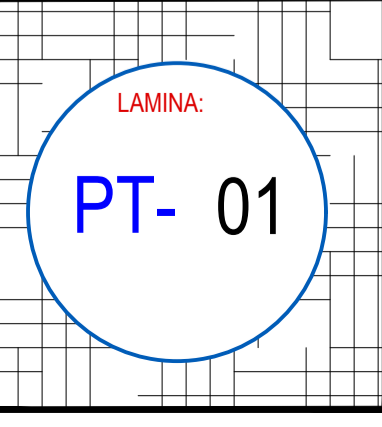
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

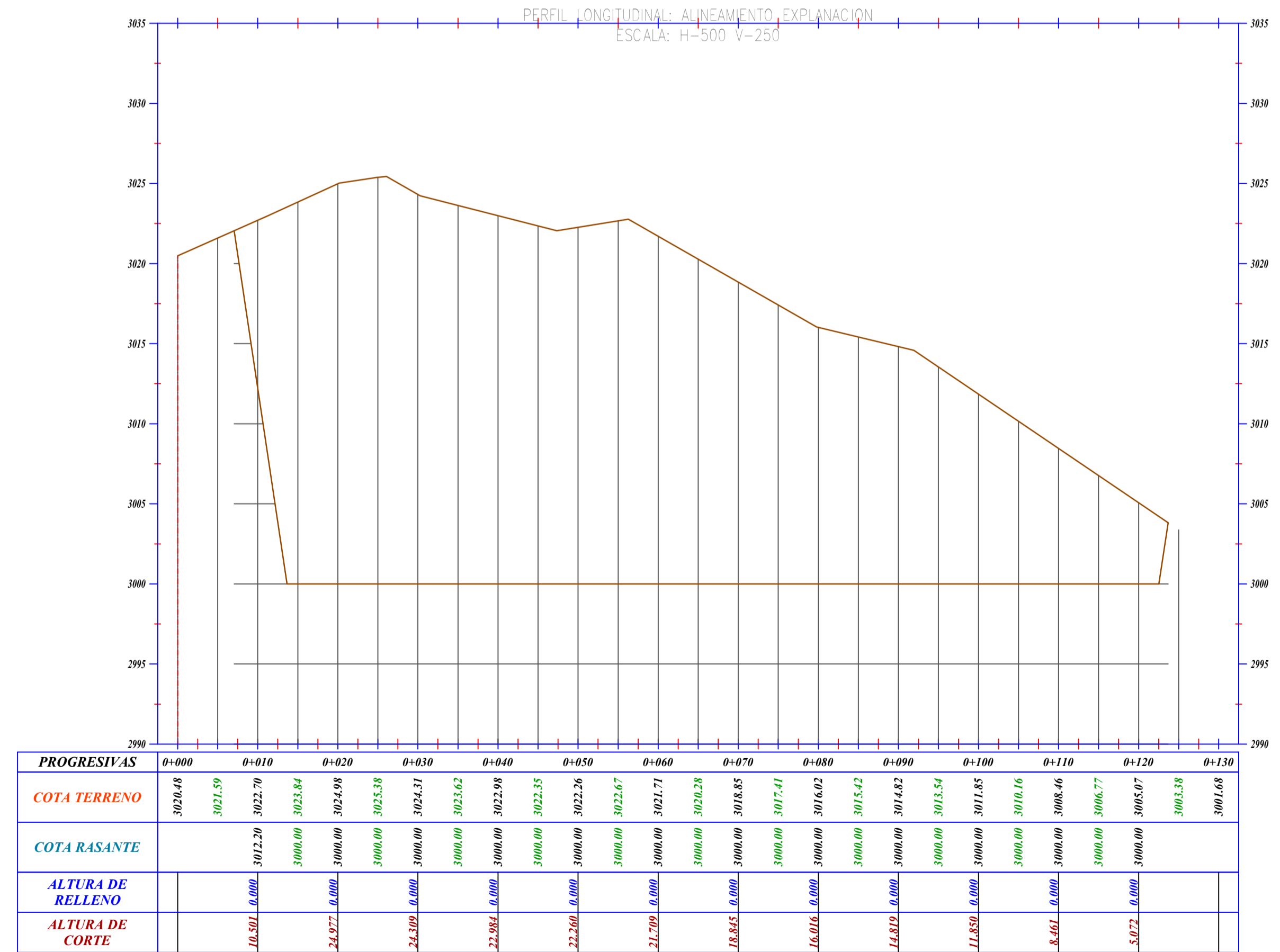
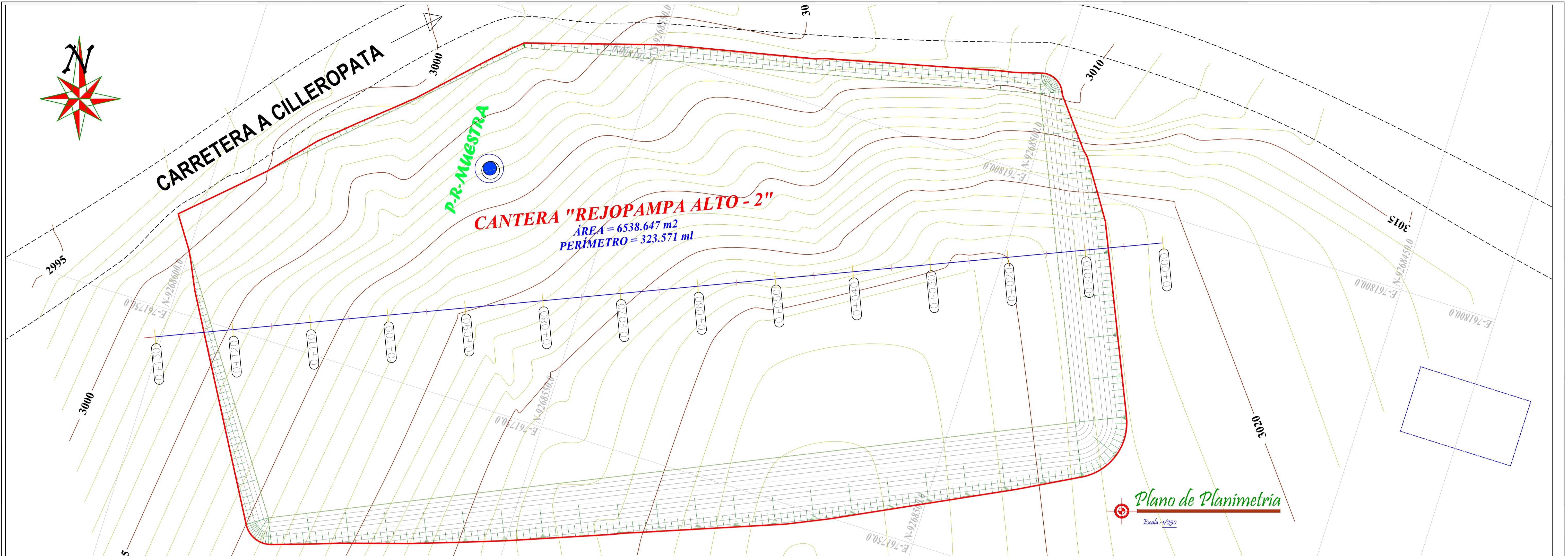
TESIS: "Evaluación de la proporción de materiales granulares de las canteras de Rejopampa Alto para su uso en mantenimientos periódicos de vías terrestres, Chota, 2024"

ASESOR: Mg. Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo

DIBUJO Y DISEÑO: Felix Mar Mejía Regalado
Lito Ronal Mejía Herrera

PLANO: TOPOGRAFICO	
REGION: CAJAMARCA	ESCALA: INDICADA
PROVINCIA: CHOTA	FECHA: CHOTA, MARZO DEL 2025
DISTRITO: CHOTA	





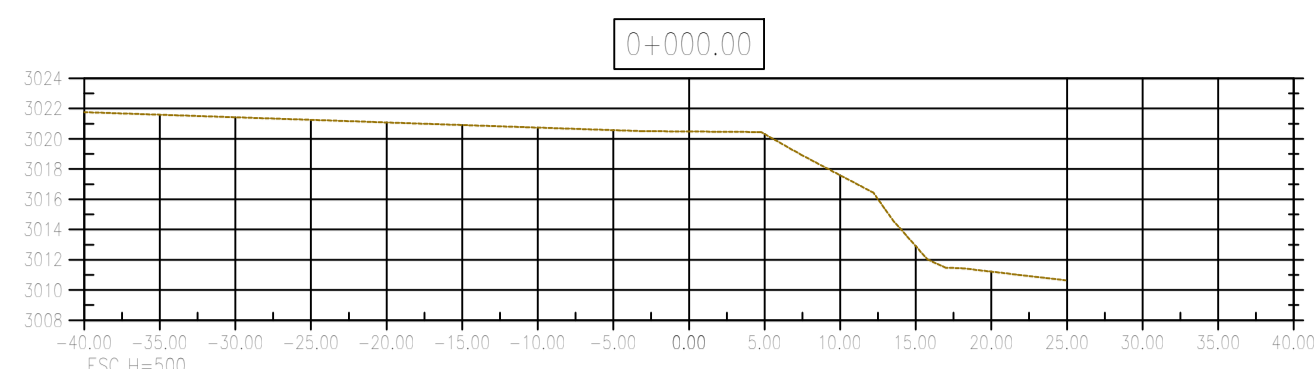
Perfil Longitudinal
 Escala Vertical: 1/250

LEYENDA

- Curva Mayor
- Curva Menor
- Punto De BMs
- Recoleccion de Muestra
- Acceso
- Viviendas

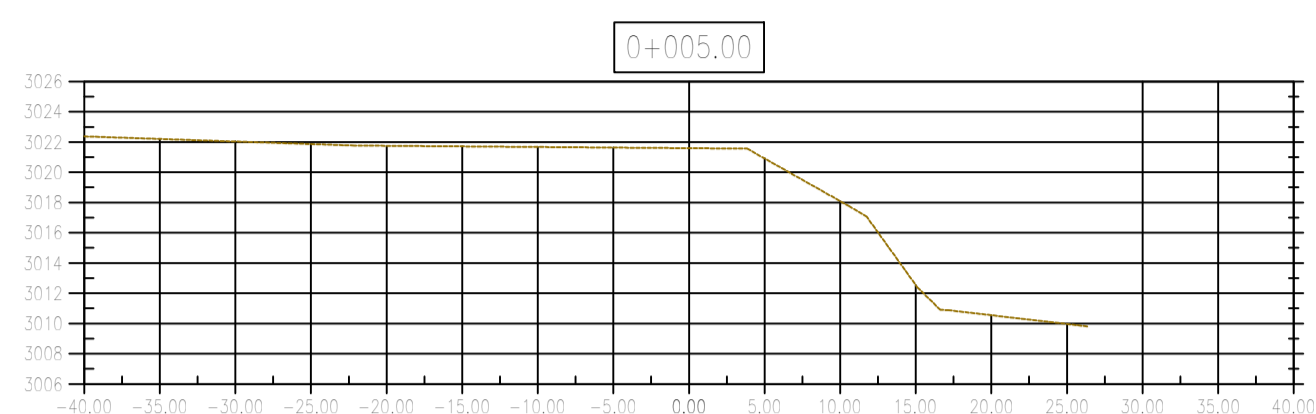
BM-01	
E:	761809.73
N:	928559.68
Z:	3002.19
BM	

RECOLECCION DE MUESTRA	
E:	761779.479
N:	928556.154
Z:	3008.000
P-R-M	



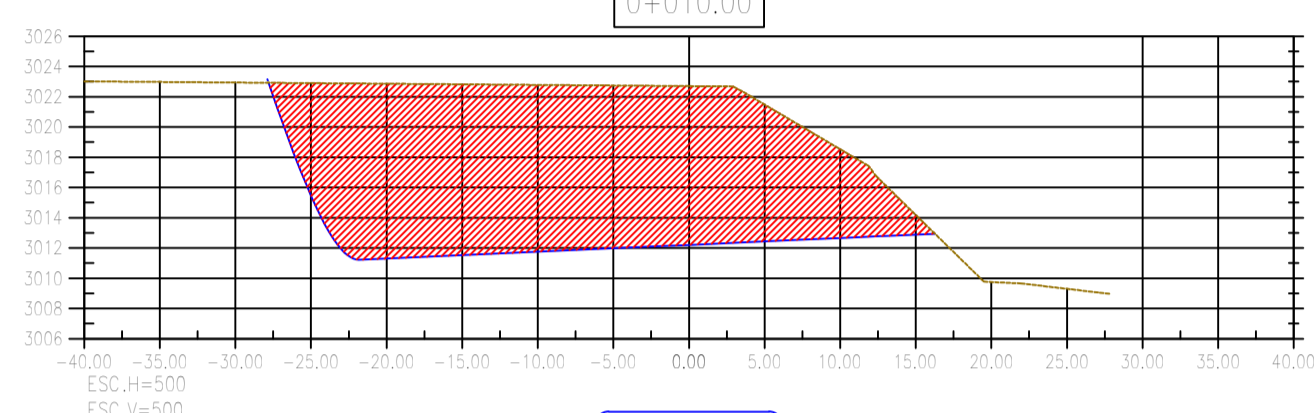
CUADRO DE AREAS	
A.C.=	0.00m ²
A.R.=	0.00m ²

C.T.: 3020.48
C.R.: 3000.000



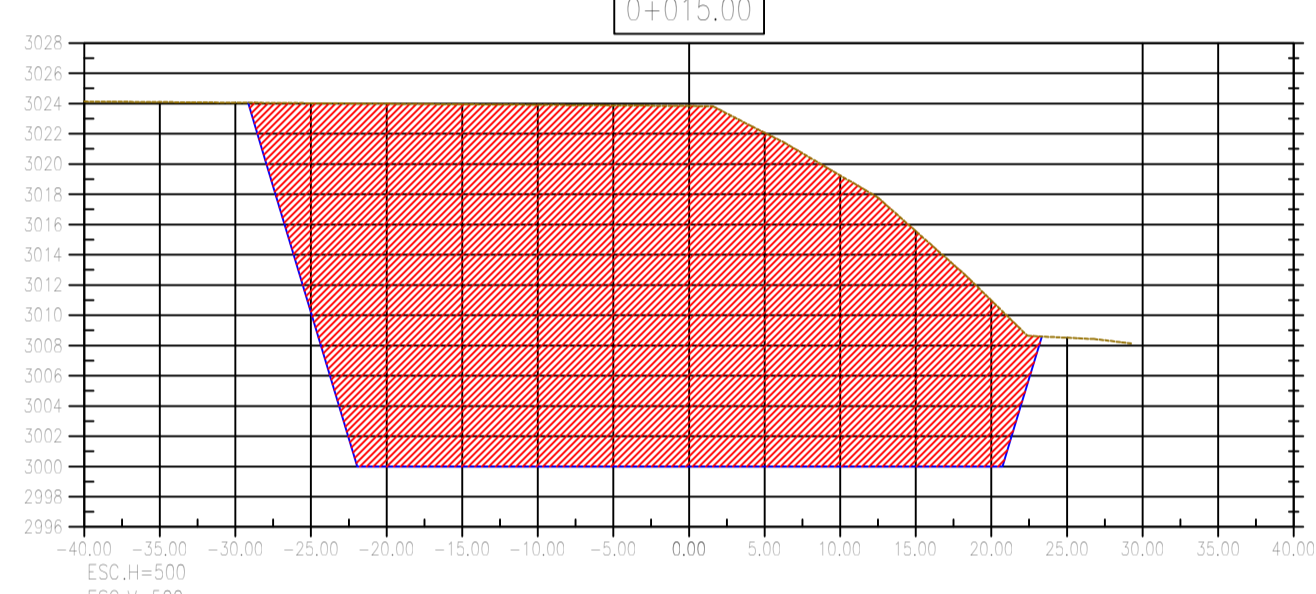
CUADRO DE AREAS	
A.C.=	0.00m ²
A.R.=	0.00m ²

C.T.: 3021.59
C.R.: 3000.000



CUADRO DE AREAS	
A.C.=	392.74m ²
A.R.=	0.01m ²

C.T.: 3022.70
C.R.: 3012.204



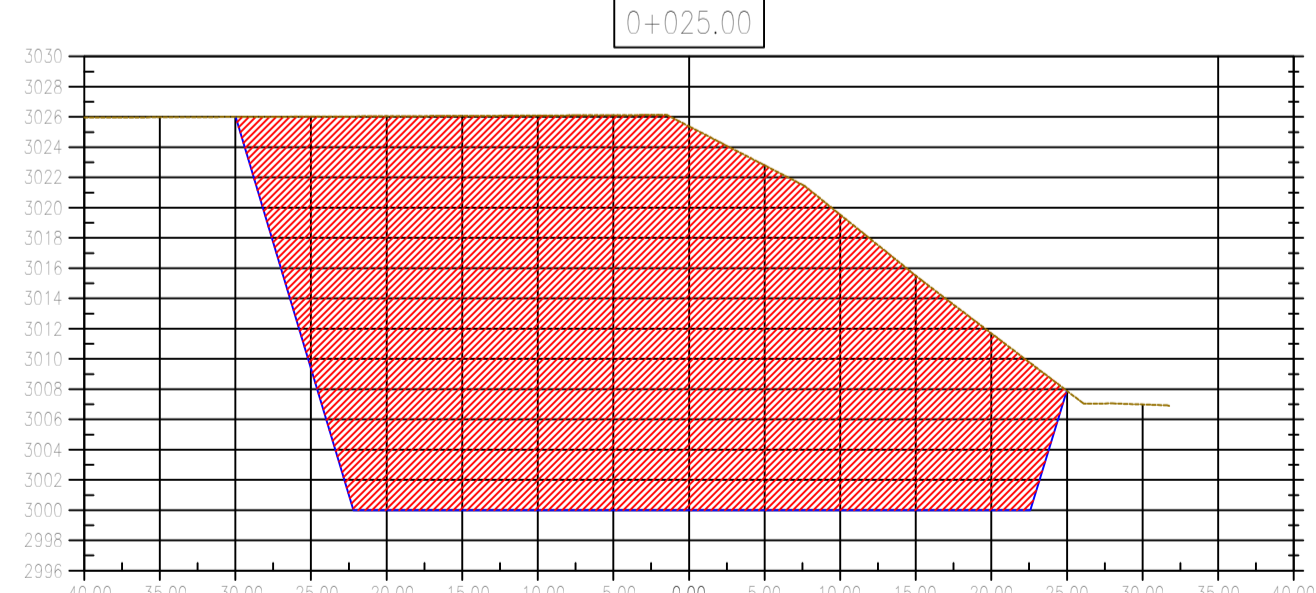
CUADRO DE AREAS	
A.C.=	1005.95m ²
A.R.=	0.00m ²

C.T.: 3023.84
C.R.: 3000.000



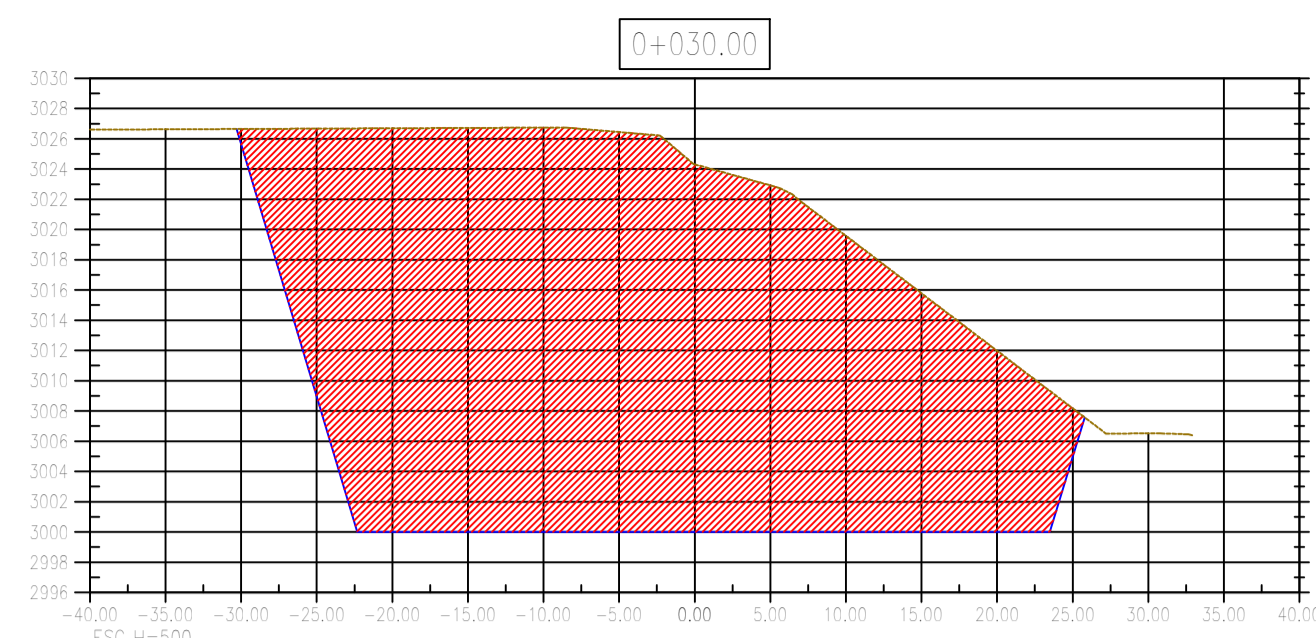
CUADRO DE AREAS	
A.C.=	1063.10m ²
A.R.=	0.00m ²

C.T.: 3024.98
C.R.: 3000.000



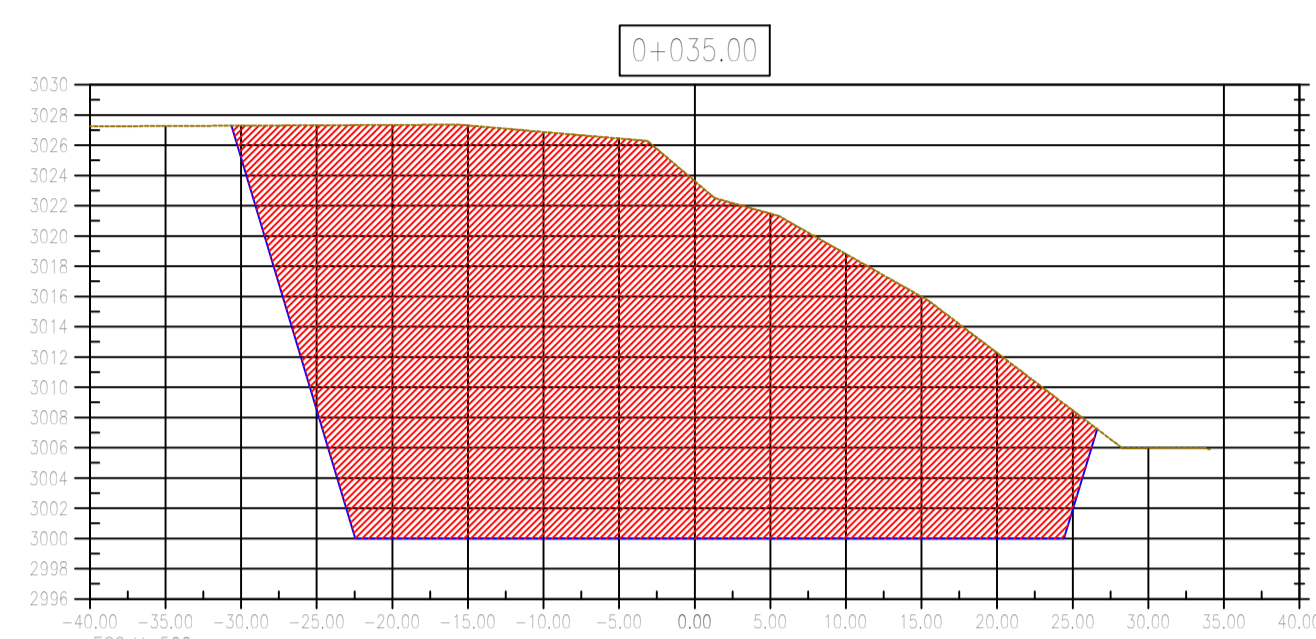
CUADRO DE AREAS	
A.C.=	1102.04m ²
A.R.=	0.00m ²

C.T.: 3025.38
C.R.: 3000.000



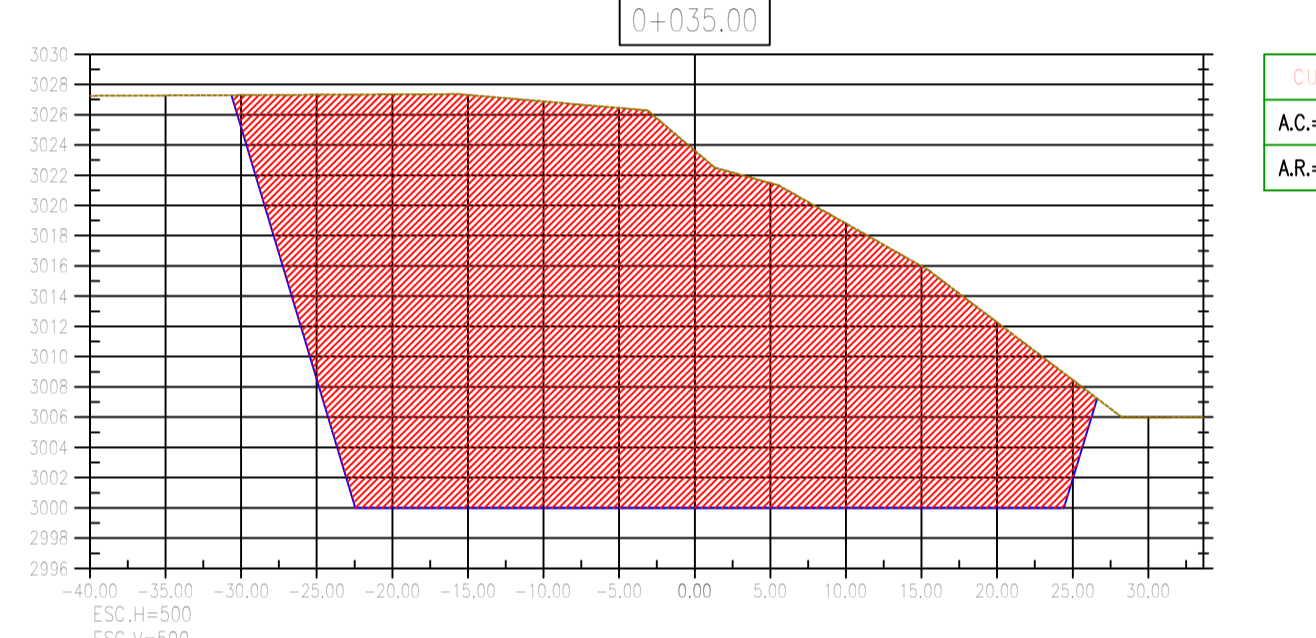
CUADRO DE AREAS	
A.C.=	1128.99m ²
A.R.=	0.00m ²

C.T.: 3024.31
C.R.: 3000.000



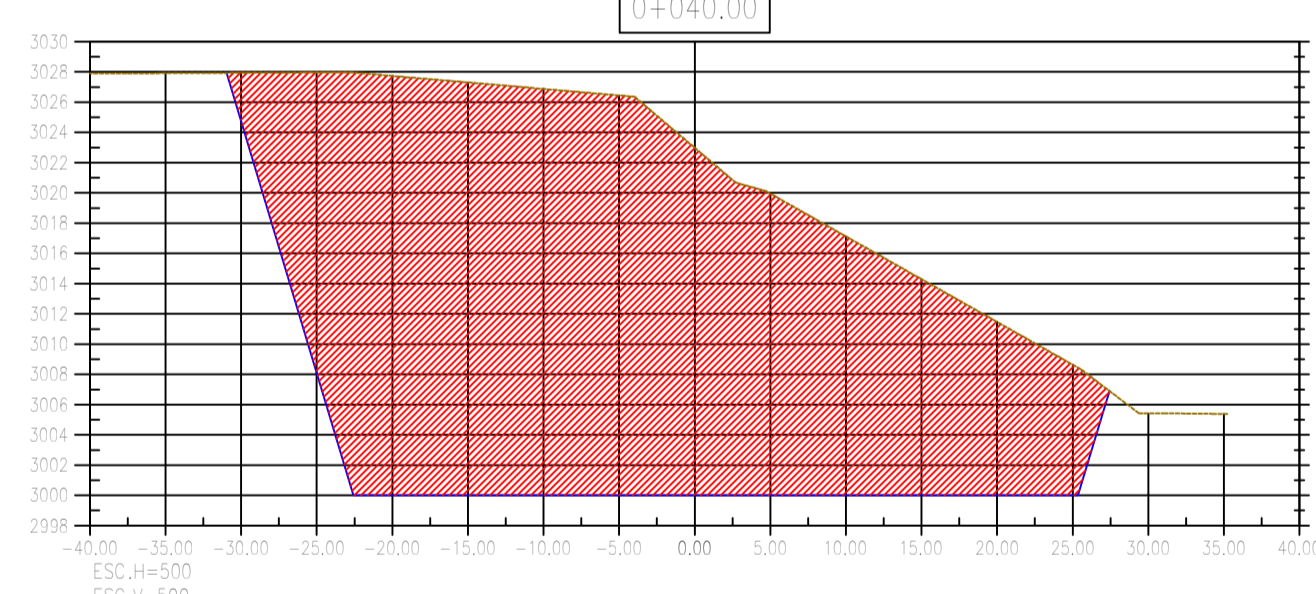
CUADRO DE AREAS	
A.C.=	1138.32m ²
A.R.=	0.00m ²

C.T.: 3023.62
C.R.: 3000.000



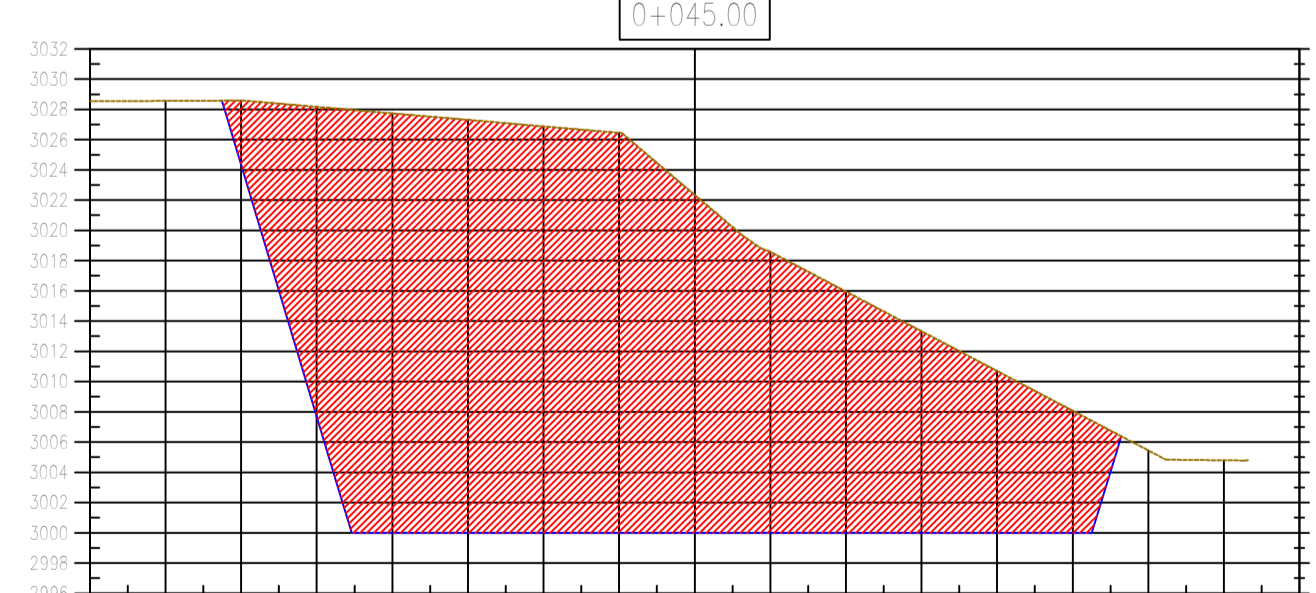
CUADRO DE AREAS	
A.C.=	1138.32m ²
A.R.=	0.00m ²

C.T.: 3023.62
C.R.: 3000.000



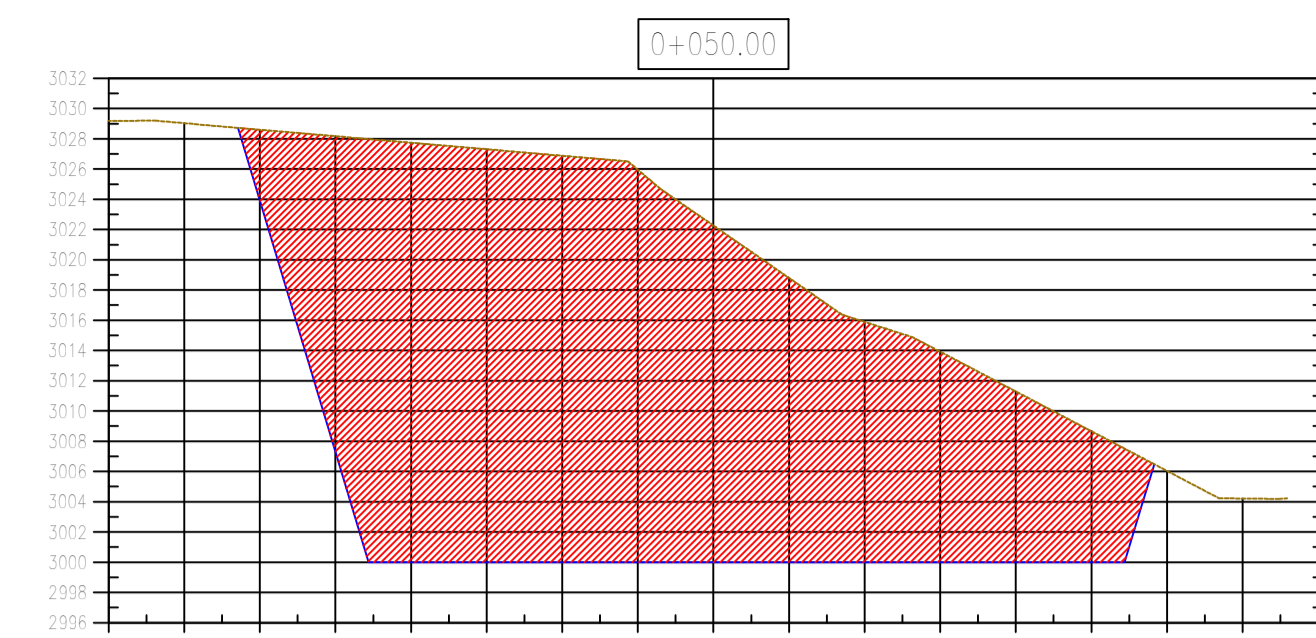
CUADRO DE AREAS	
A.C.=	1123.73m ²
A.R.=	0.00m ²

C.T.: 3022.96
C.R.: 3000.000



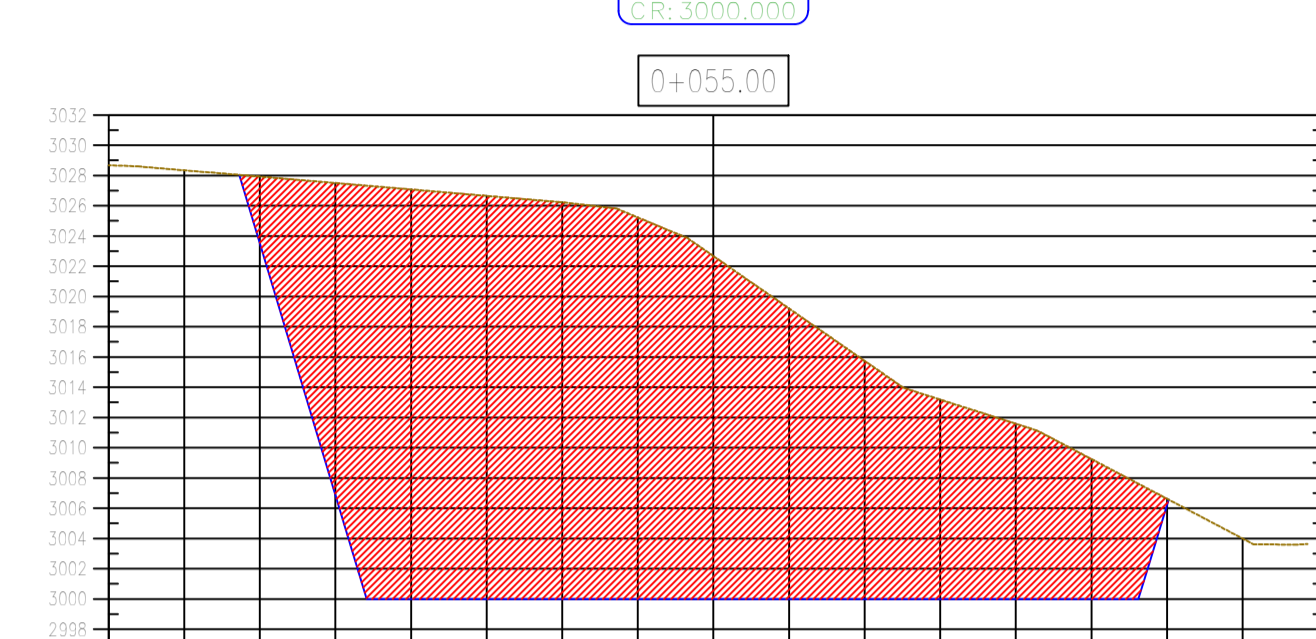
CUADRO DE AREAS	
A.C.=	1109.09m ²
A.R.=	0.00m ²

C.T.: 3022.35
C.R.: 3000.000



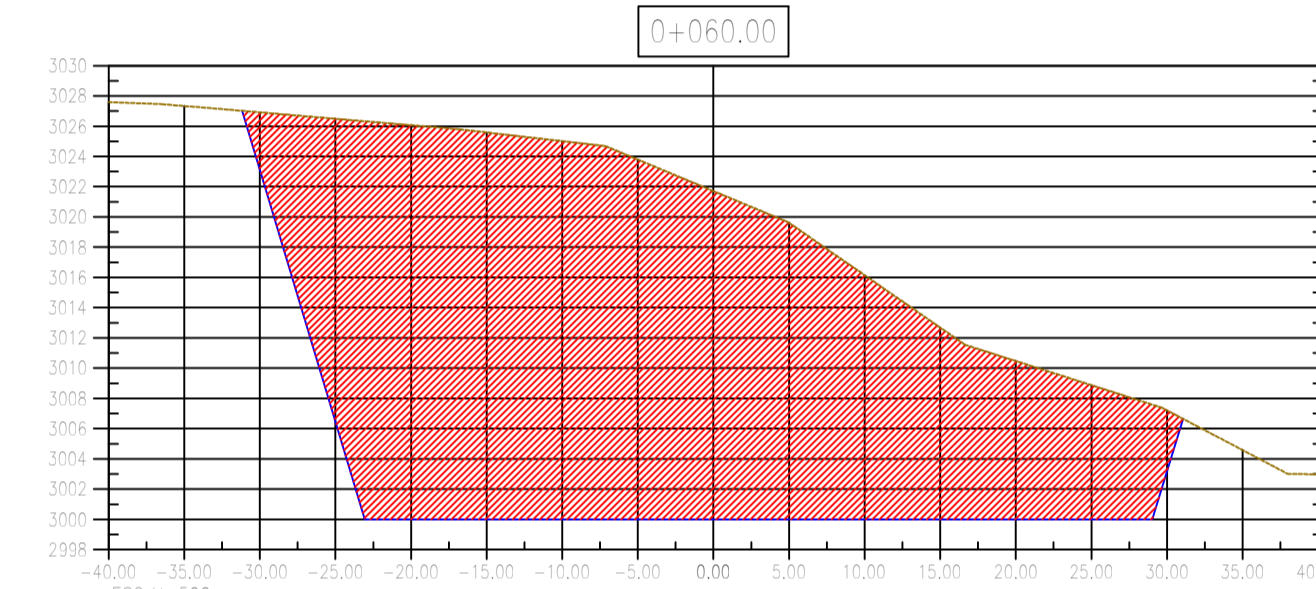
CUADRO DE AREAS	
A.C.=	1126.86m ²
A.R.=	0.00m ²

C.T.: 3022.26
C.R.: 3000.000



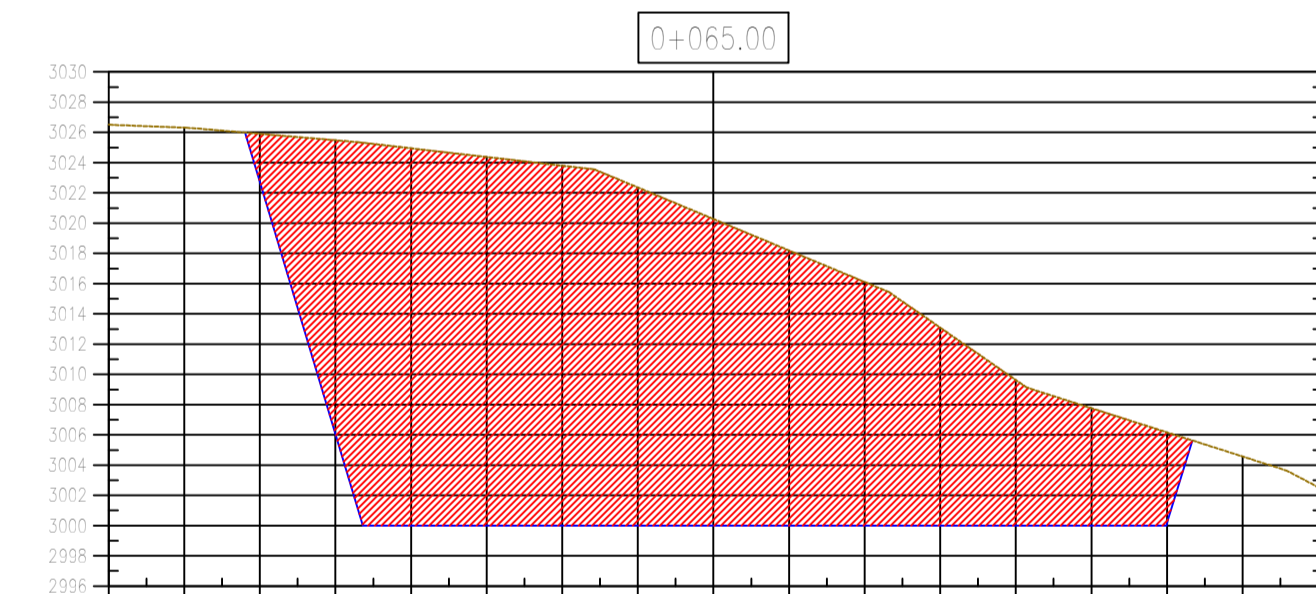
CUADRO DE AREAS	
A.C.=	1122.87m ²
A.R.=	0.00m ²

C.T.: 3022.67
C.R.: 3000.000



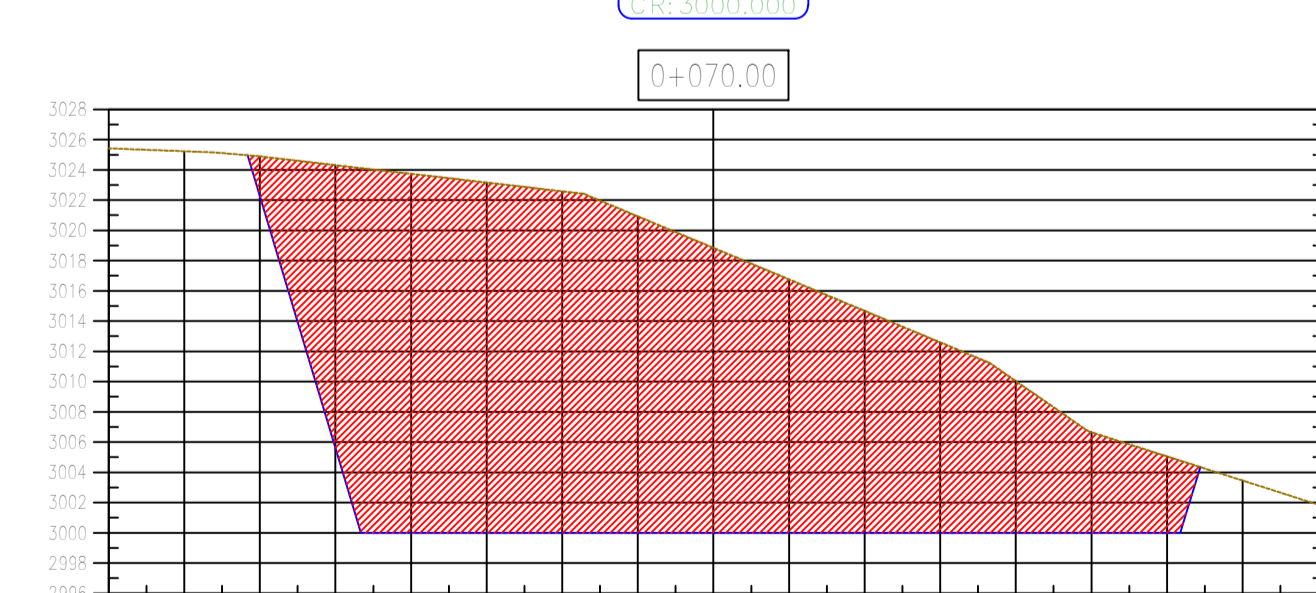
CUADRO DE AREAS	
A.C.=	1090.41m ²
A.R.=	0.00m ²

C.T.: 3021.41
C.R.: 3000.000



CUADRO DE AREAS	
A.C.=	1040.85m ²
A.R.=	0.00m ²

C.T.: 3020.28
C.R.: 3000.000



CUADRO DE AREAS	
A.C.=	981.77m ²
A.R.=	0.00m ²

C.T.: 3018.85
C.R.: 3000.000

Secciones Transversales
Escala: 1/500

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "Evaluación de la proporción de materiales granulares de las canteras de Rejopampa Alto para su uso en mantenimientos periódicos de vías terrestres, Chota, 2024"

ASESOR: Mg. Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo

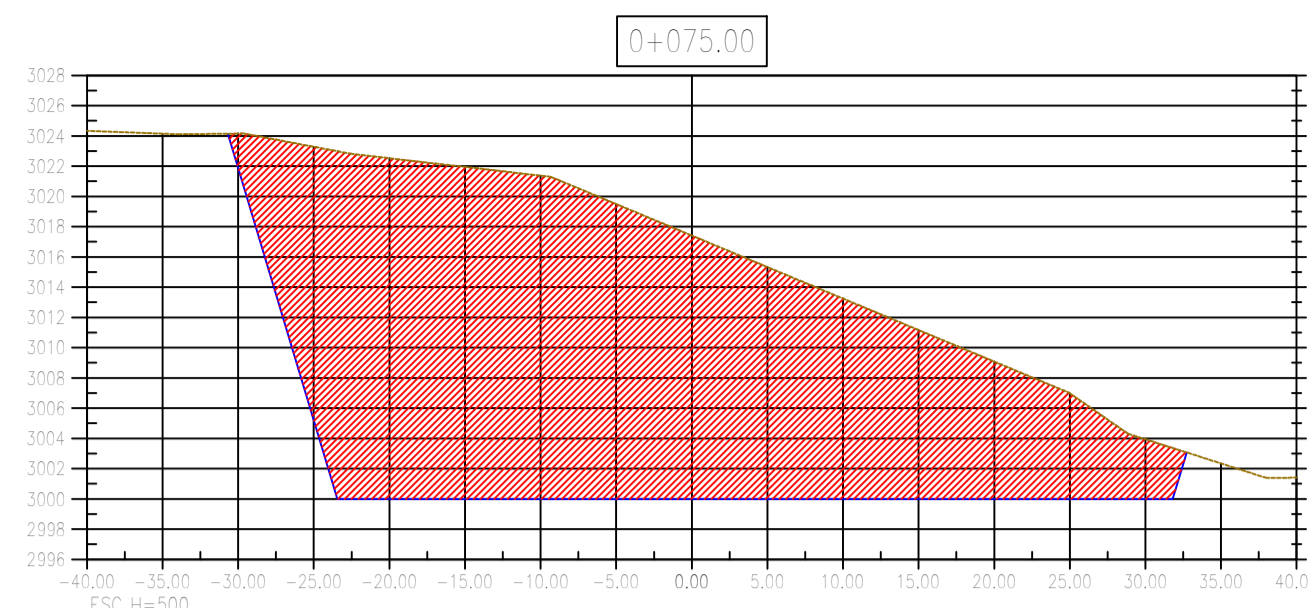
DIBUJO Y DISEÑO: Felix Mar Mejía Regalado
Lito Ronal Mejía Herrera

PLANO: SECCIONES TRASVERSALES

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

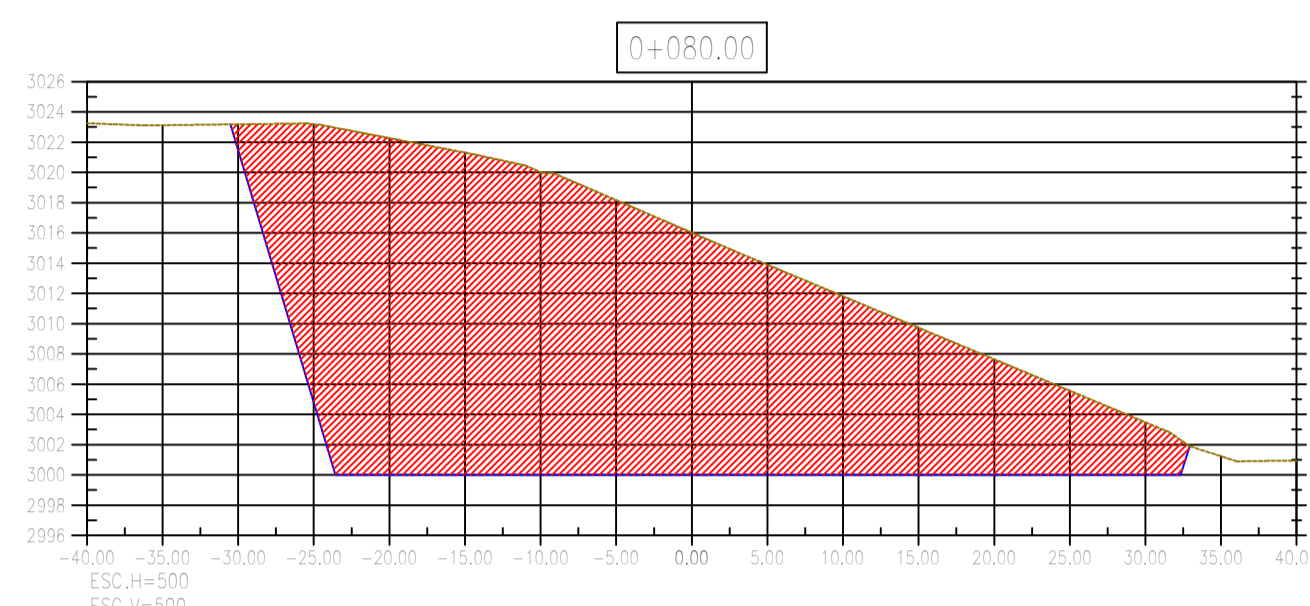
ESCALA: INDICADA
FECHA: CHOTA, MARZO DEL 2025

LAMINA: ST- 01



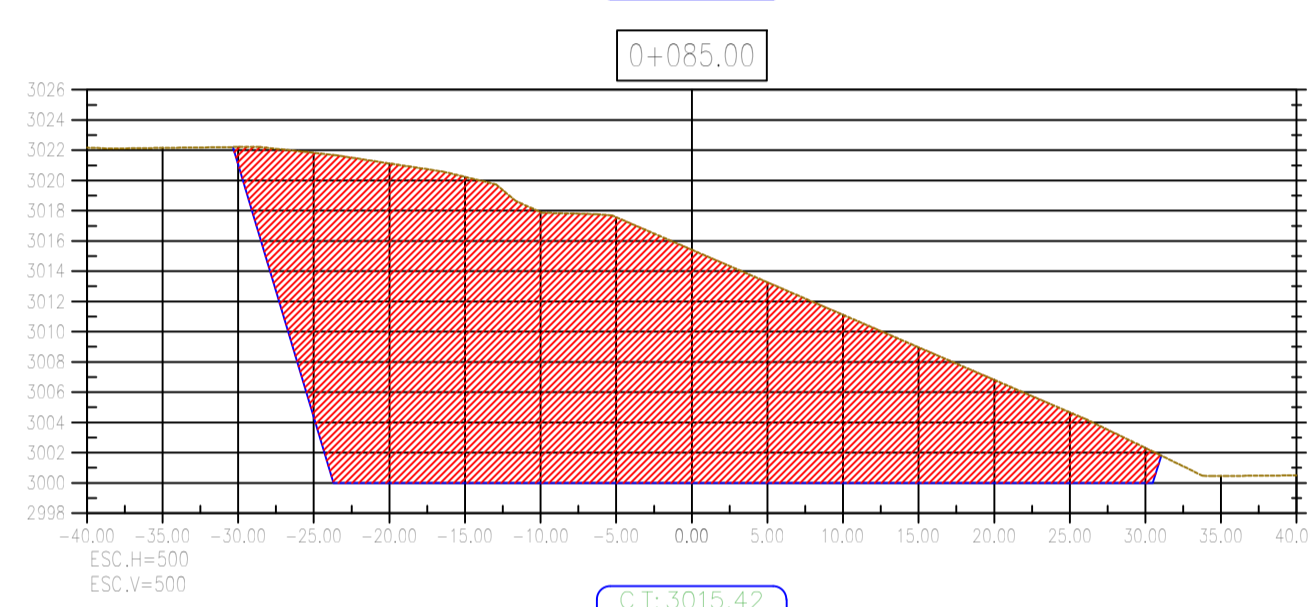
CUADRO DE AREAS
A.C.= 916.30m²
A.R.= 0.00m²

C.T.: 3017.41
C.R.: 3000.000



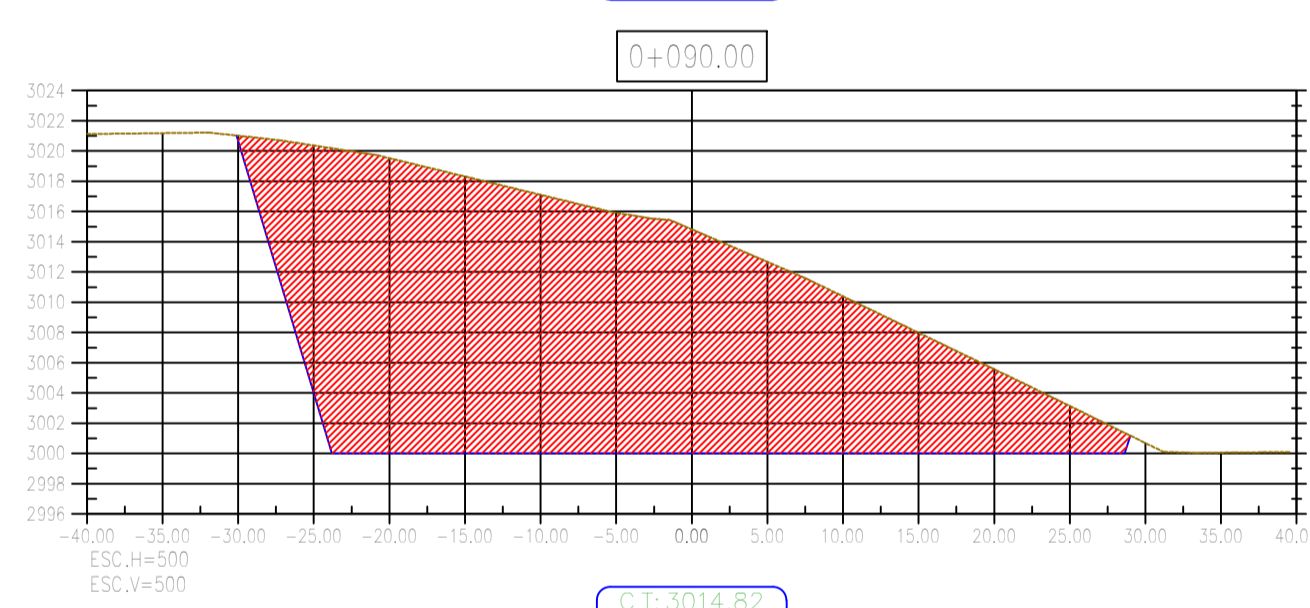
CUADRO DE AREAS
A.C.= 855.14m²
A.R.= 0.00m²

C.T.: 3016.02
C.R.: 3000.000



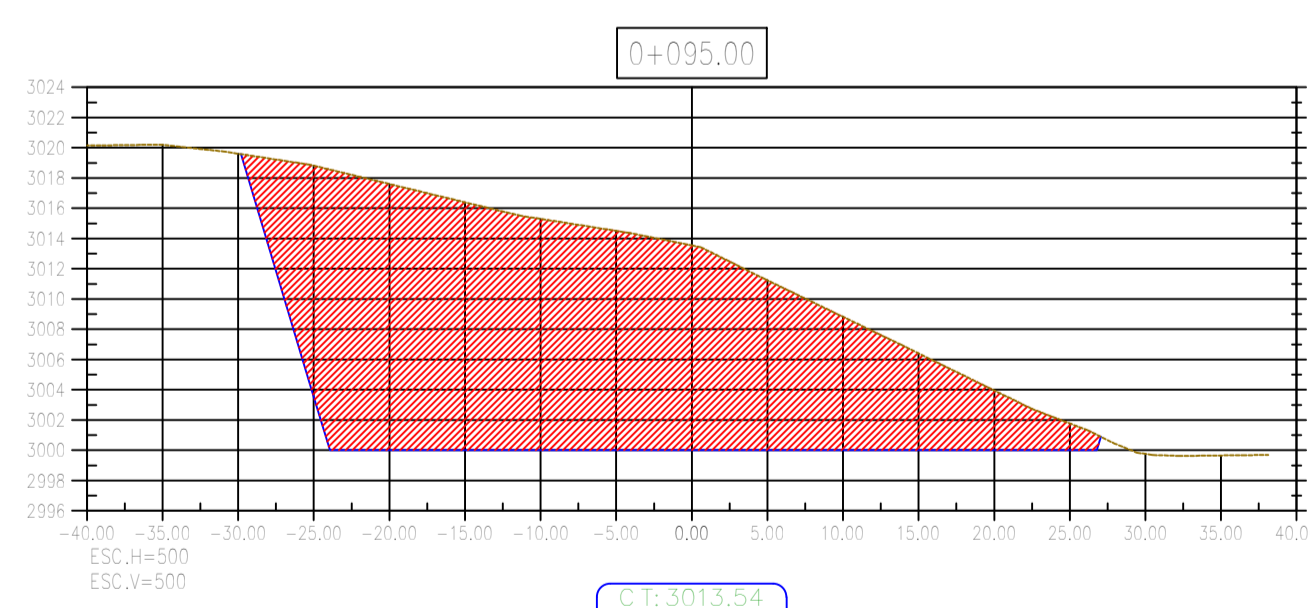
CUADRO DE AREAS
A.C.= 793.17m²
A.R.= 0.00m²

C.T.: 3015.42
C.R.: 3000.000



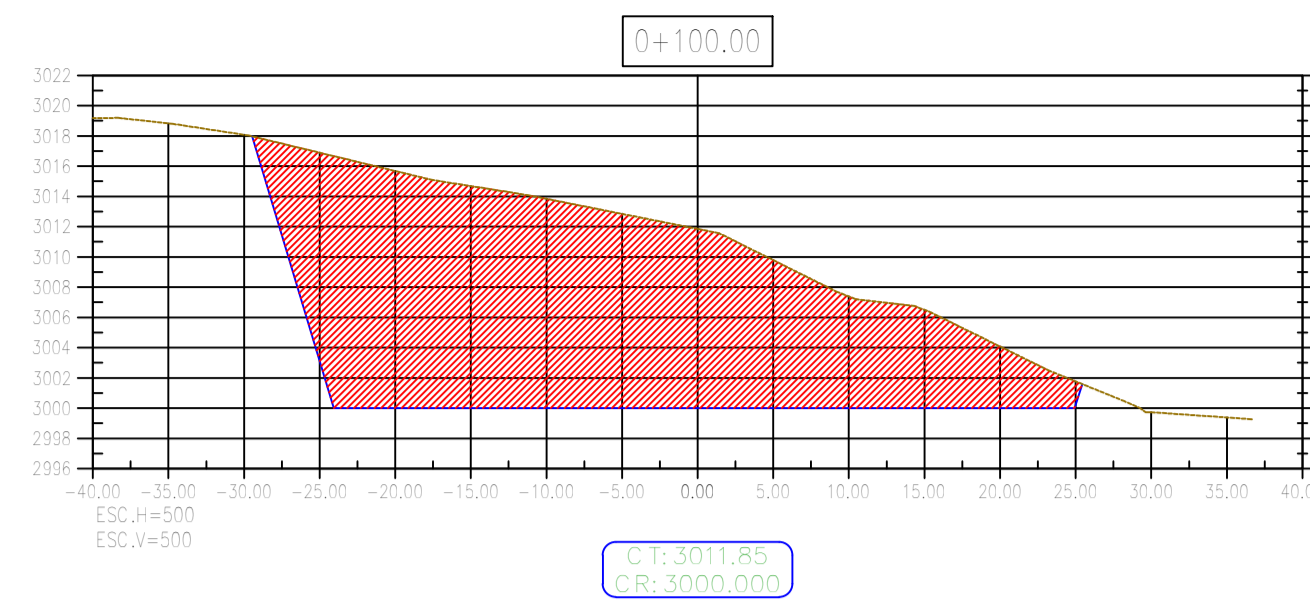
CUADRO DE AREAS
A.C.= 719.35m²
A.R.= 0.00m²

C.T.: 3014.82
C.R.: 3000.000



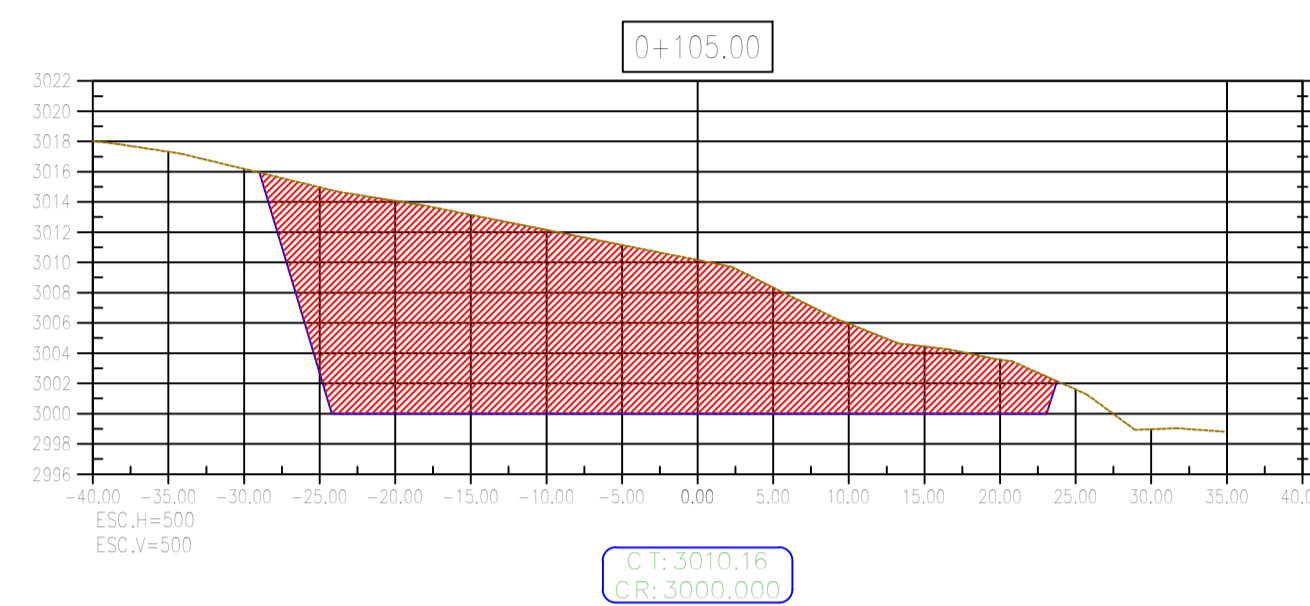
CUADRO DE AREAS
A.C.= 627.79m²
A.R.= 0.00m²

C.T.: 3013.54
C.R.: 3000.000



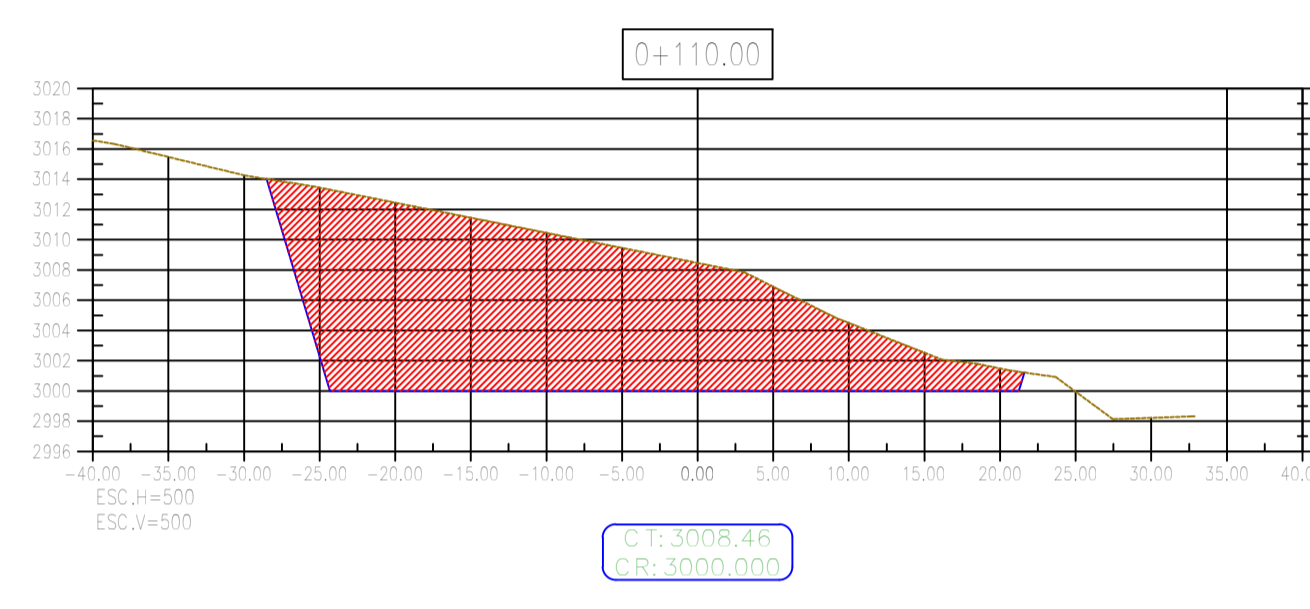
CUADRO DE AREAS
A.C.= 559.82m²
A.R.= 0.00m²

C.T.: 3011.85
C.R.: 3000.000



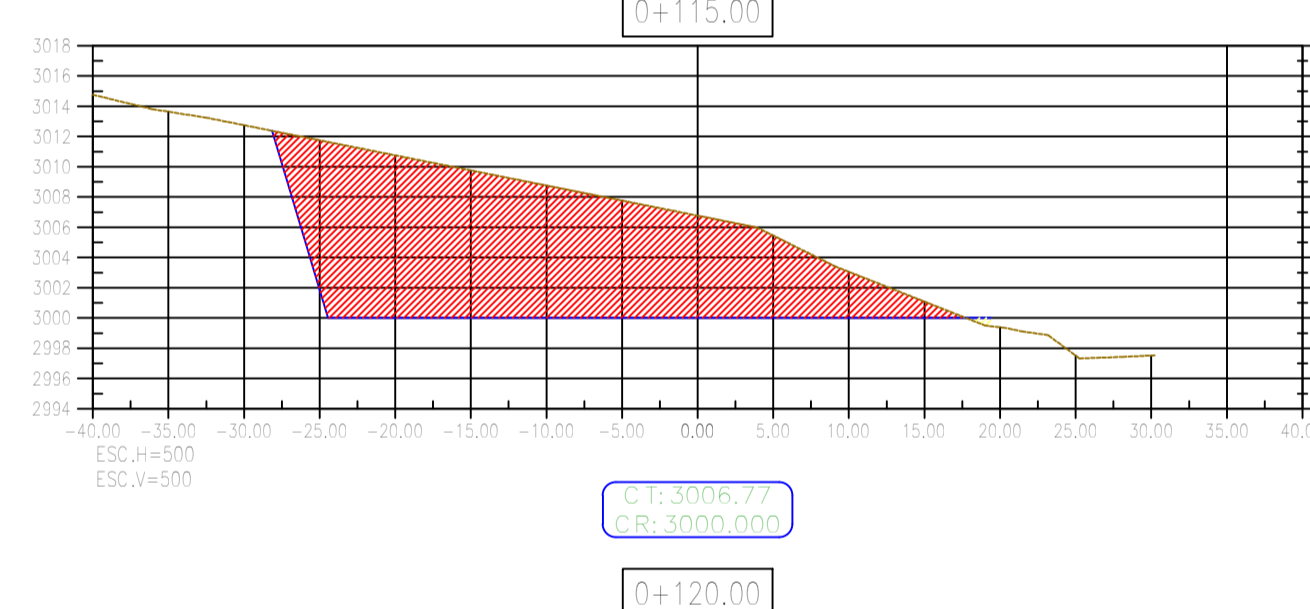
CUADRO DE AREAS
A.C.= 477.05m²
A.R.= 0.00m²

C.T.: 3010.18
C.R.: 3000.000



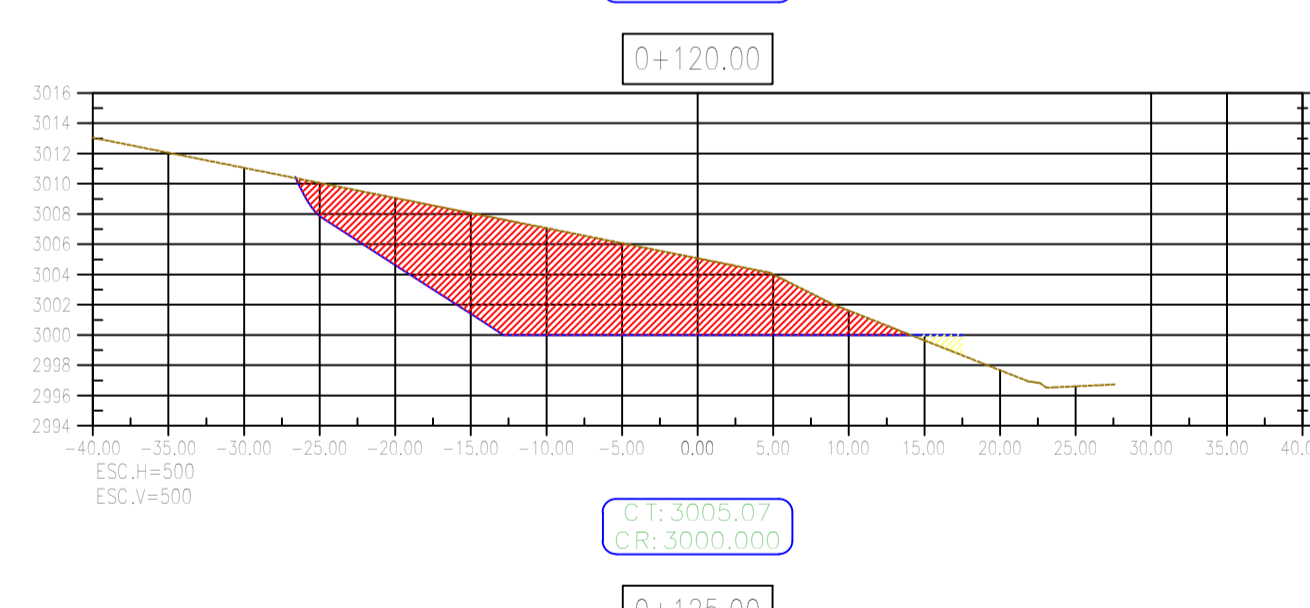
CUADRO DE AREAS
A.C.= 389.39m²
A.R.= 0.00m²

C.T.: 3008.46
C.R.: 3000.000



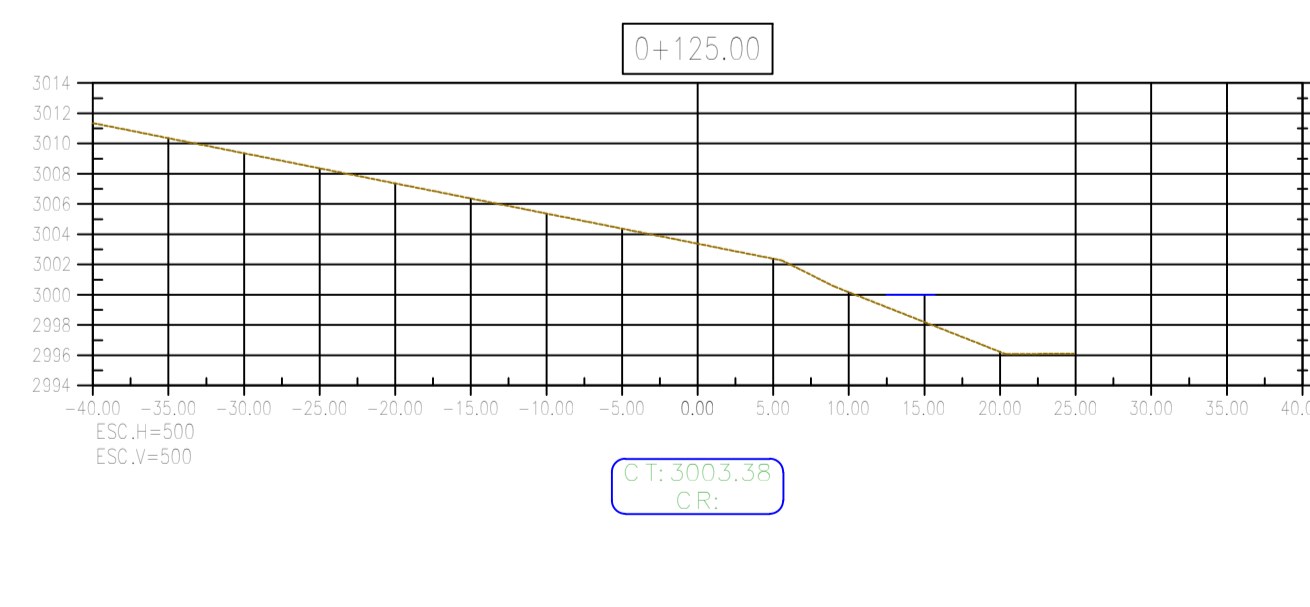
CUADRO DE AREAS
A.C.= 310.58m²
A.R.= 0.50m²

C.T.: 3006.77
C.R.: 3000.000



CUADRO DE AREAS
A.C.= 183.40m²
A.R.= 2.34m²

C.T.: 3005.0
C.R.: 3000.000

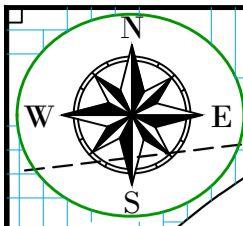


CUADRO DE AREAS
A.C.= 0.00m²
A.R.= 0.00m²

C.T.: 3003.38
C.R.: 3000.000

CUADRO DE MOVIMIENTO DE TIERRA							
PROGRESIVAS	AREA CORTE (m ²)	AREA RELLENO (m ²)	VOL CORTE (m ³)	VOL RELLENO (m ³)	VOL ACUMULADO Corte (m ³)	VOL ACUMULADO Relleno (m ³)	VOLUMEN NETO (m ³)
0+000.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0+005.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0+010.00	392,74	0,00	981,85	0,00	981,85	0,00	981,85
0+015.00	1005,95	0,00	3496,72	0,00	4478,57	0,00	4478,57
0+020.00	1063,10	0,00	5172,63	0,00	9651,19	0,00	9651,19
0+025.00	1102,04	0,00	5412,85	0,00	15064,04	0,00	15064,04
0+030.00	1128,99	0,00	5577,58	0,00	20641,61	0,00	20641,61
0+035.00	1138,32	0,00	5668,28	0,00	26309,89	0,00	26309,89
0+040.00	1123,73	0,00	5655,14	0,00	31965,03	0,00	31965,03
0+045.00	1109,09	0,00	5582,07	0,00	37547,10	0,00	37547,10
0+050.00	1126,86	0,00	5589,89	0,00	43136,99	0,00	43136,99
0+055.00	1122,87	0,00	5624,33	0,00	48761,32	0,00	48761,32
0+060.00	1090,41	0,00	5533,20	0,00	54294,51	0,00	54294,51
0+065.00	1040,85	0,00	5328,16	0,00	59622,68	0,00	59622,68
0+070.00	981,77	0,00	5056,56	0,00	64679,24	0,00	64679,24
0+075.00	916,30	0,00	4745,18	0,00	69424,42	0,00	69424,42
0+080.00	855,14	0,00	4428,60	0,00	73853,01	0,00	73853,01
0+085.00	793,17	0,00	4120,78	0,00	77973,79	0,00	77973,79
0+090.00	719,35	0,00	3781,31	0,00	81755,10	0,00	81755,10
0+095.00	627,79	0,00	3367,87	0,00	85122,97	0,00	85122,97
0+100.00	559,82	0,00	2969,02	0,00	88091,99	0,00	88091,99
0+105.00	477,05	0,00	2592,16	0,00	90684,15	0,00	90684,15
0+110.00	389,39	0,00	2166,10	0,00	92850,25	0,00	92850,25
0+115.00	310,58	0,00	1749,92	0,00	94600,18	0,00	94600,18
0+120.00	183,40	0,00	1234,93	0,00	95835,11	0,00	95835,11
0+125.00	0,00	0,00	458,50	0,00	96293,61	0,00	96293,61
0+130.00	0,00	0,00	0,00	0,00	96293,61	0,00	96293,61

Secciones Transversales
Escala: 1/500



LEYENDA	
	Curva Mayor
	Curva Menor
	BM
	Acceso



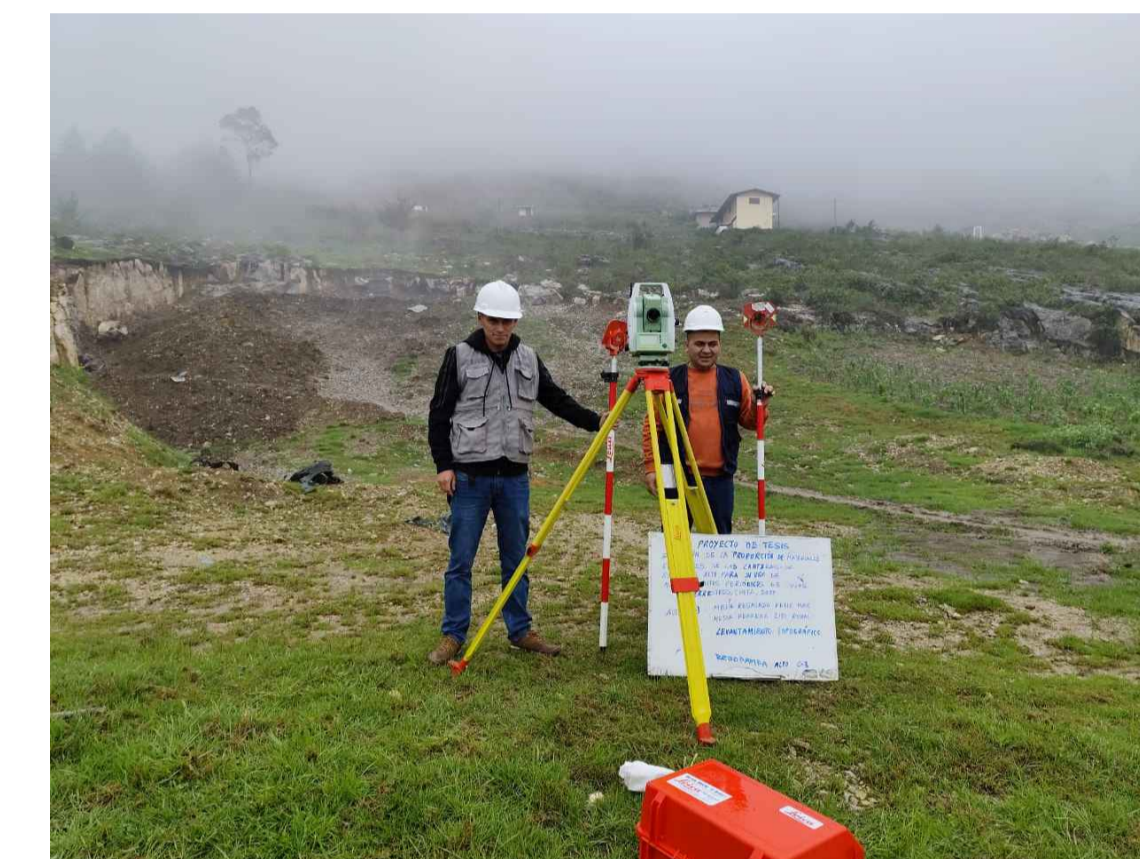
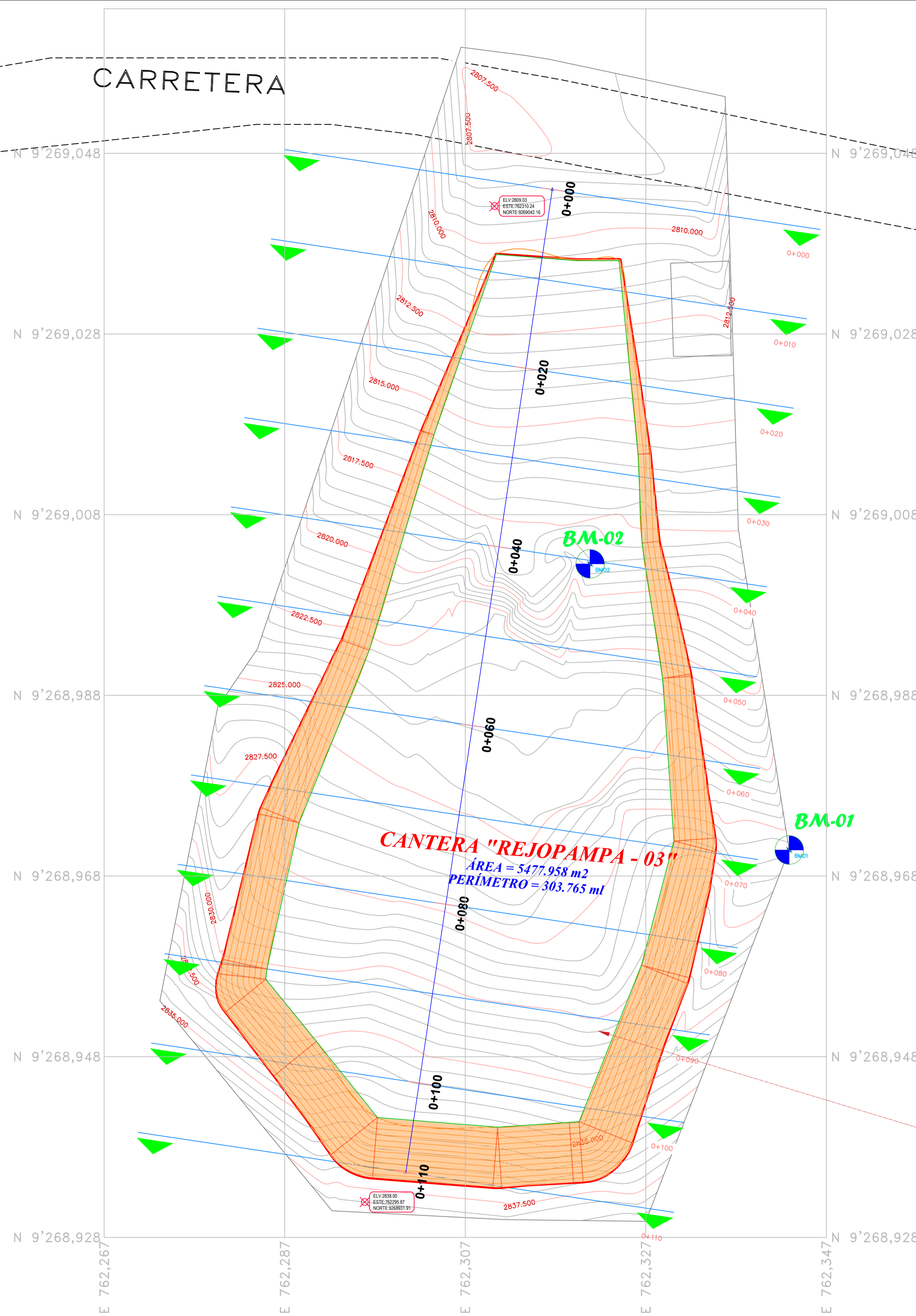
VISTA DE LA MATERIA PRIMA



VISTA PANORÁMICA DE RECOLECIÓN DE MUESTRA

BM-01	
E:	762342.890
N:	9268970.874
Z:	2963.936
	BM

BM-02	
E:	762320.827
N:	9269002.550
Z:	2818.559
	BM

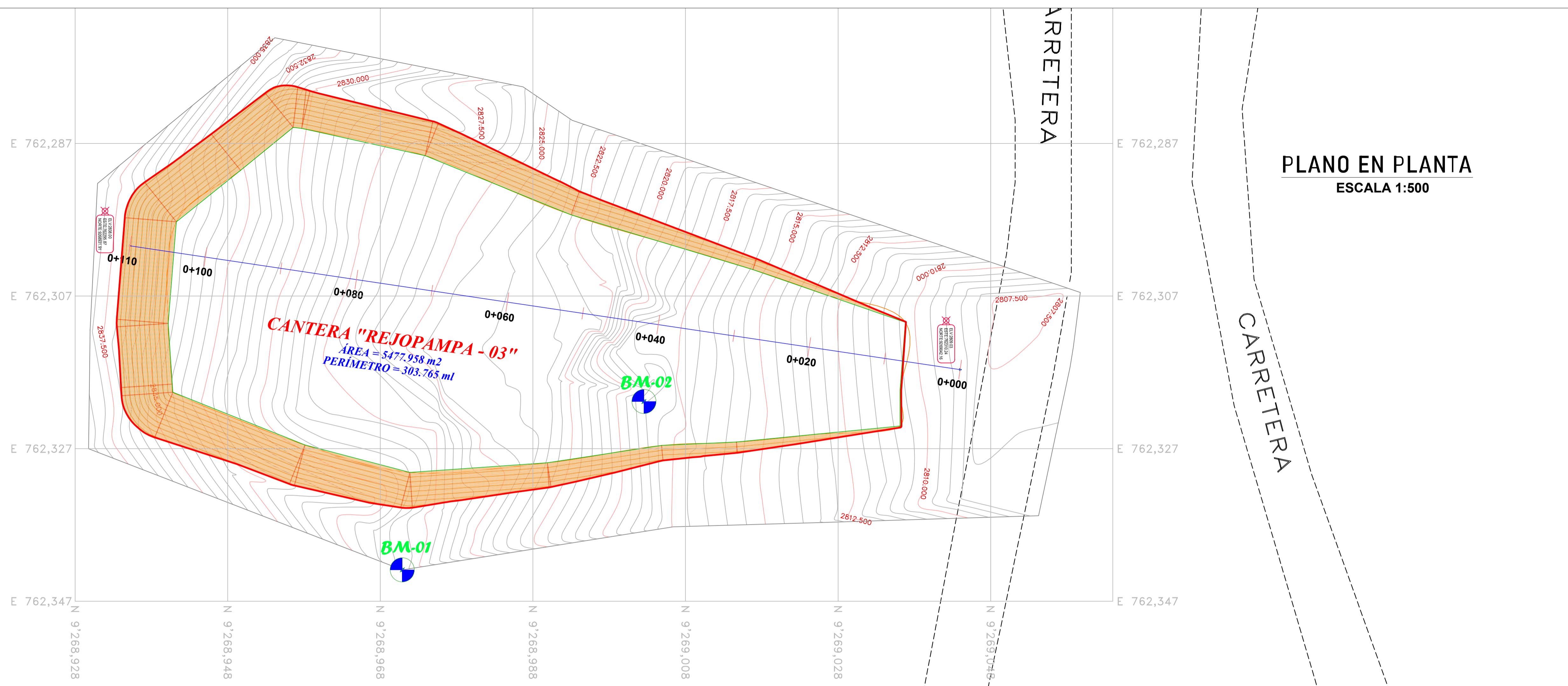
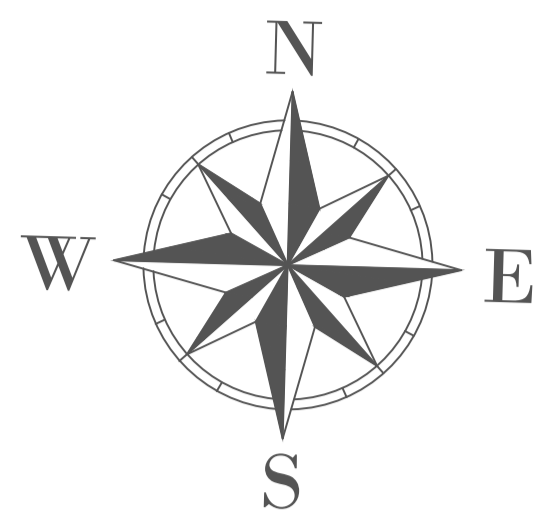


VISTA PANORÁMICA DE LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

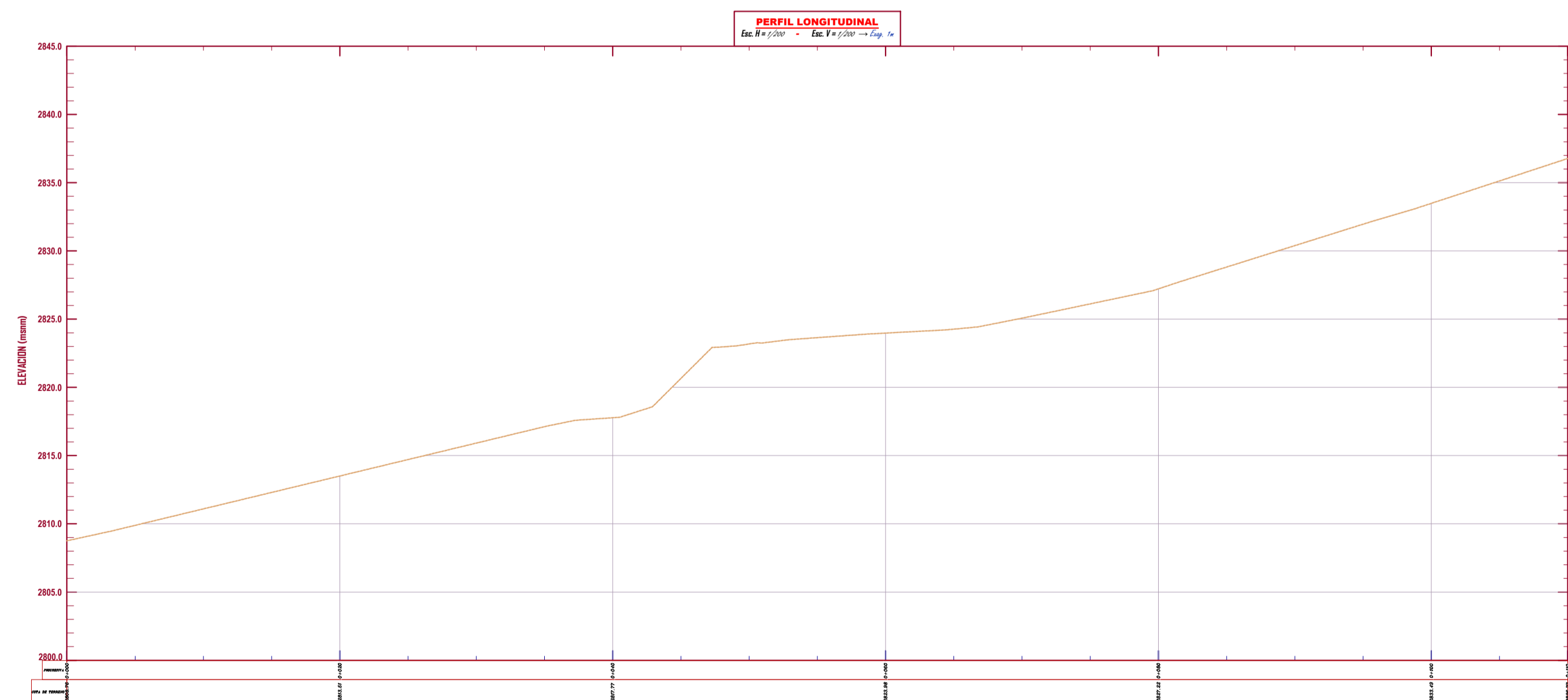


VISTA PANORÁMICA DE LA CANTERA DE AGREGADO





LEYENDA	
	Curva Mayor
	Curva Menor
	BM
	Acceso



BM-01	
E:	762342.890
N:	9288970.874
Z:	2863.936
	BM

BM-02	
E:	762320.827
N:	9289002.550
Z:	2818.559
	BM

LEYENDA	
	Curva Mayor
	Curva Menor
	BM
	Acceso

PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA 1:500



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "Evaluación de la proporción de materiales granulares de las canteras de Rejopampa Alto para su uso en mantenimientos periódicos de vías terrestres, Chota, 2024"

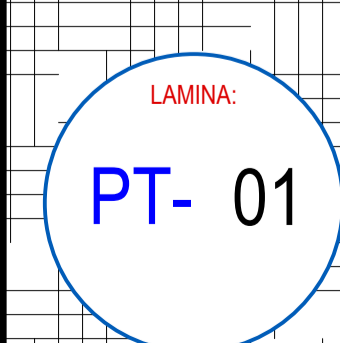
ASESOR: Mg. Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo

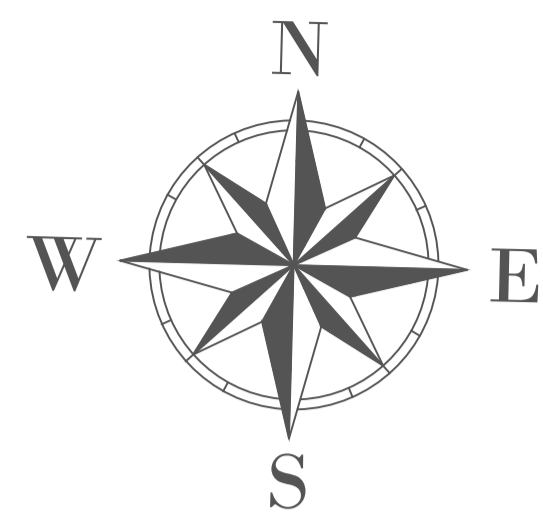
DIBUJO Y DISEÑO: Felix Mar Mejía Regalado
Lito Ronal Mejía Herrera

PLANO: **PLANTA Y PERFIL**

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

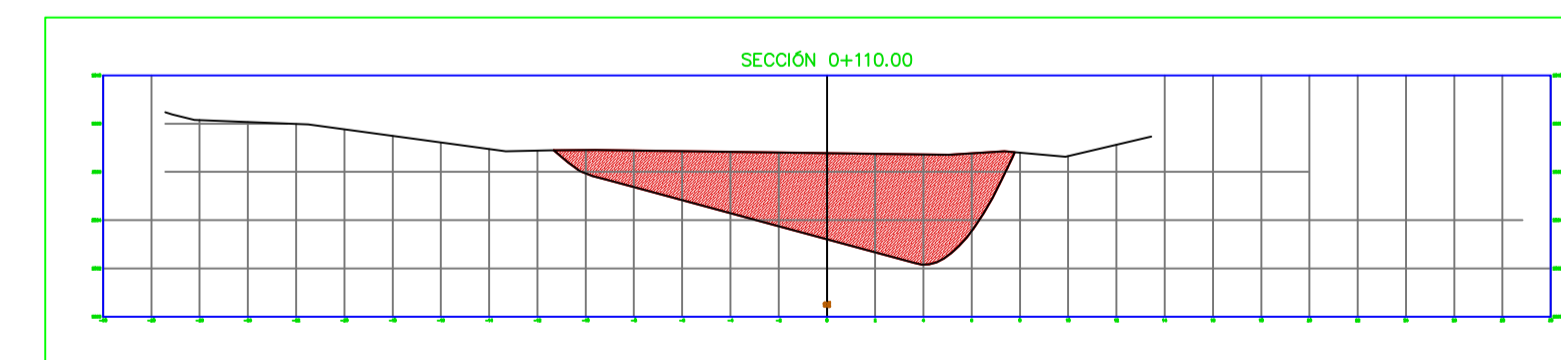
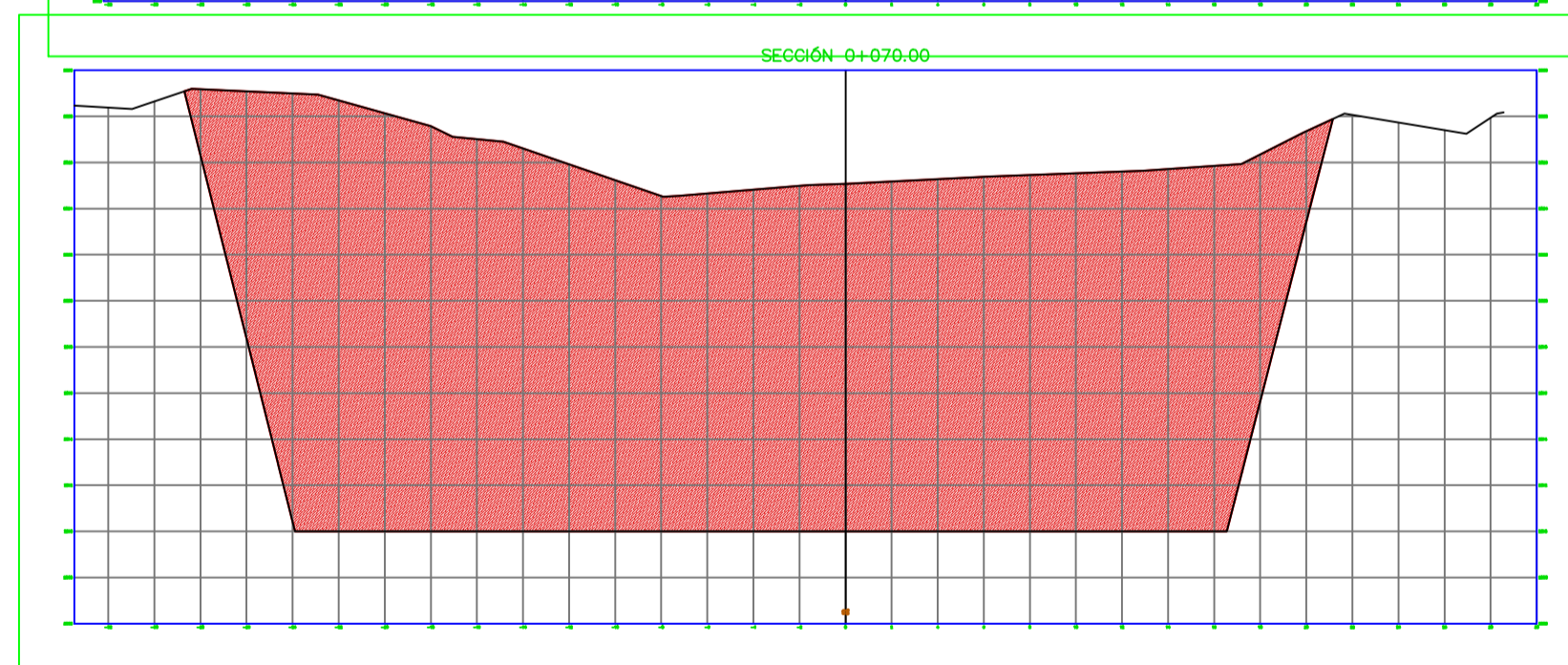
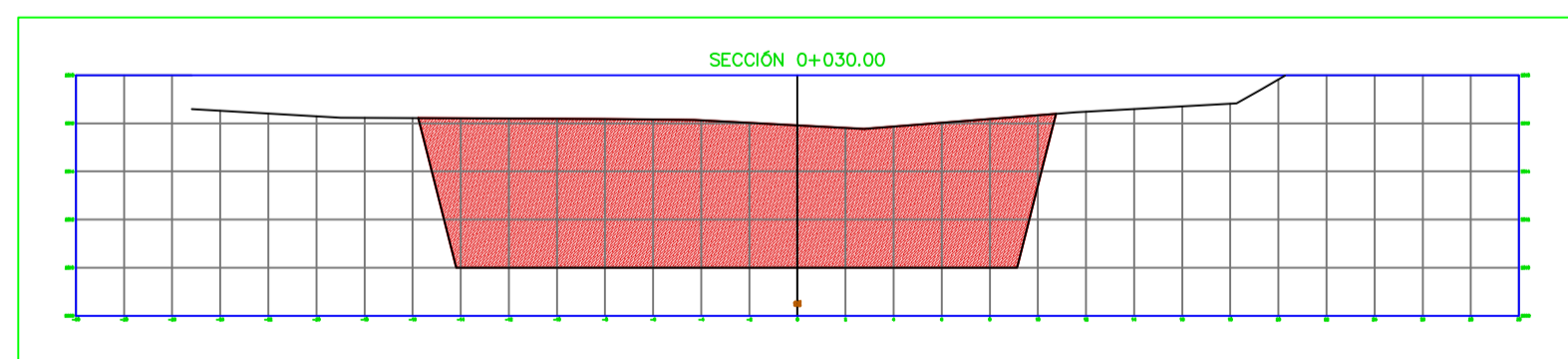
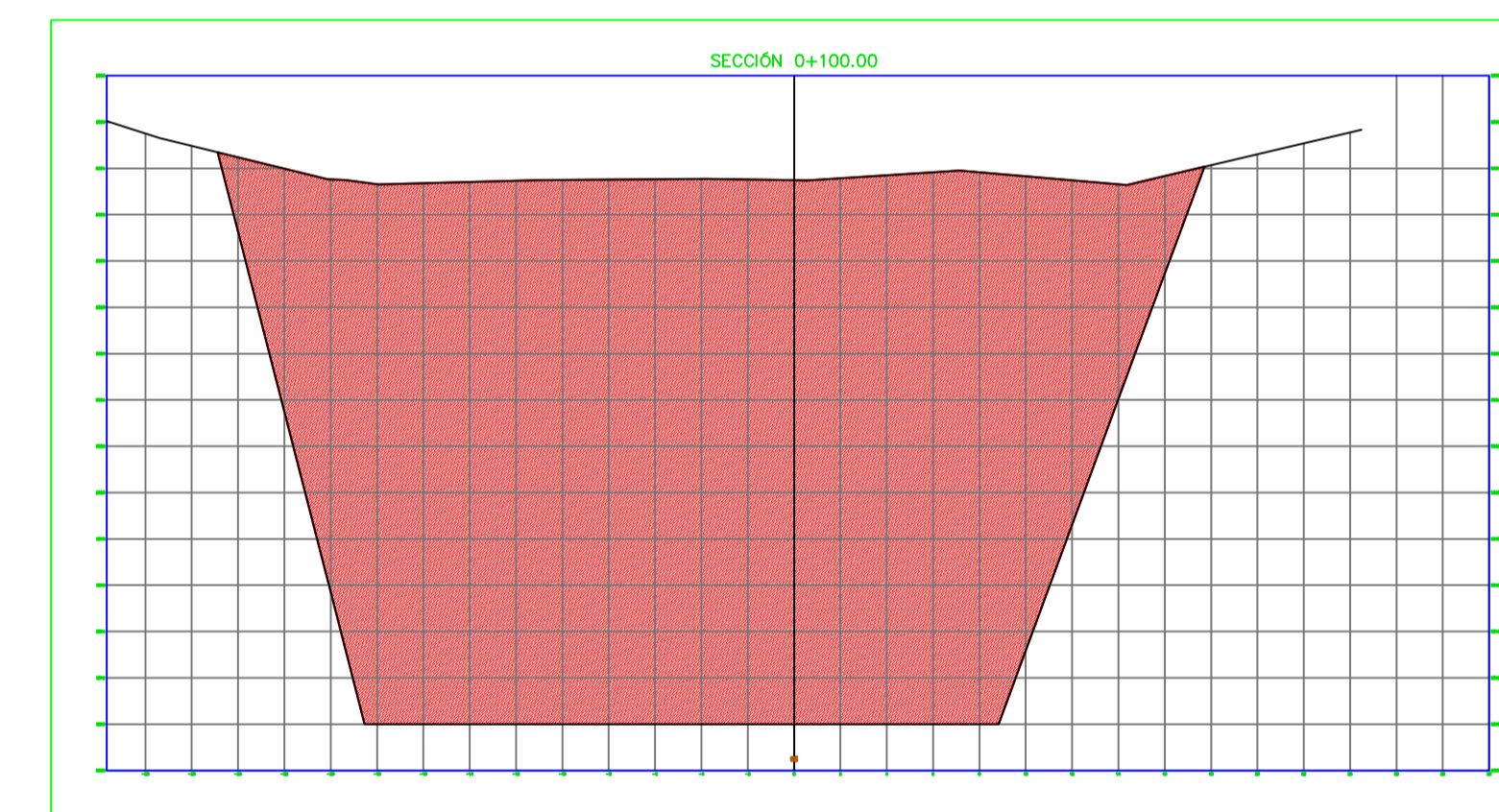
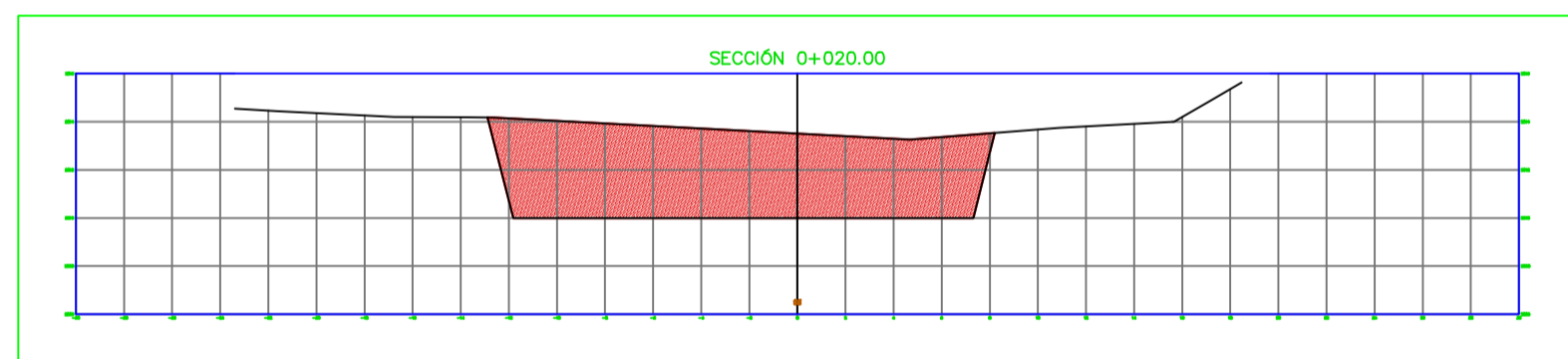
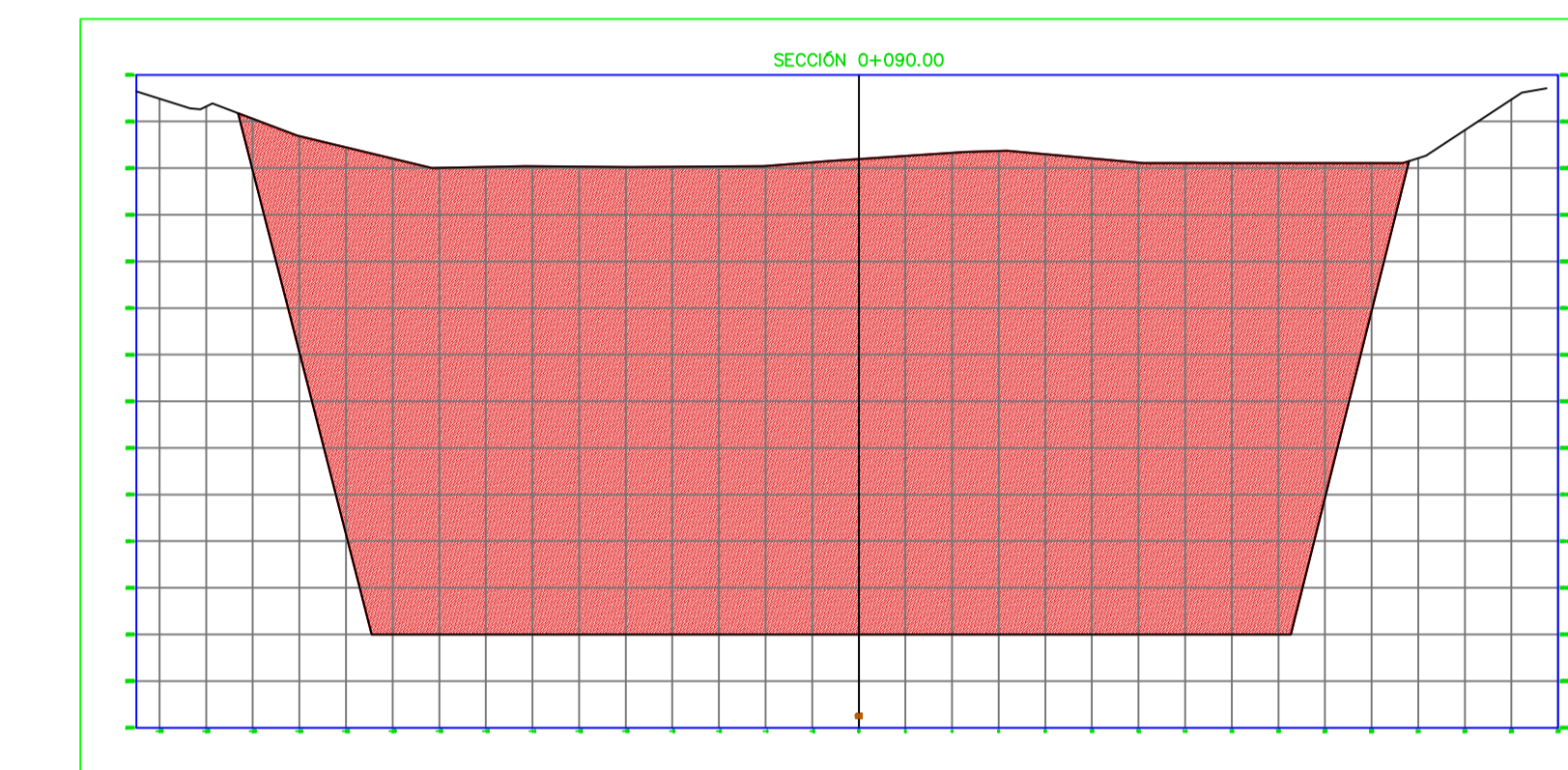
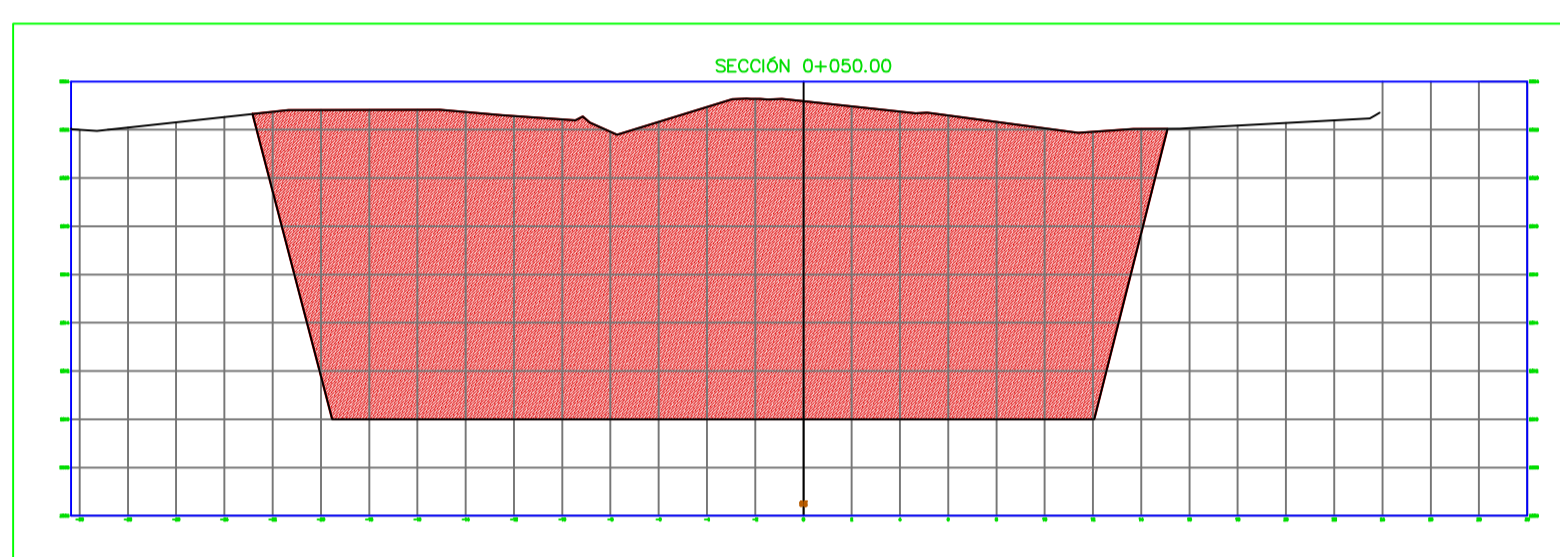
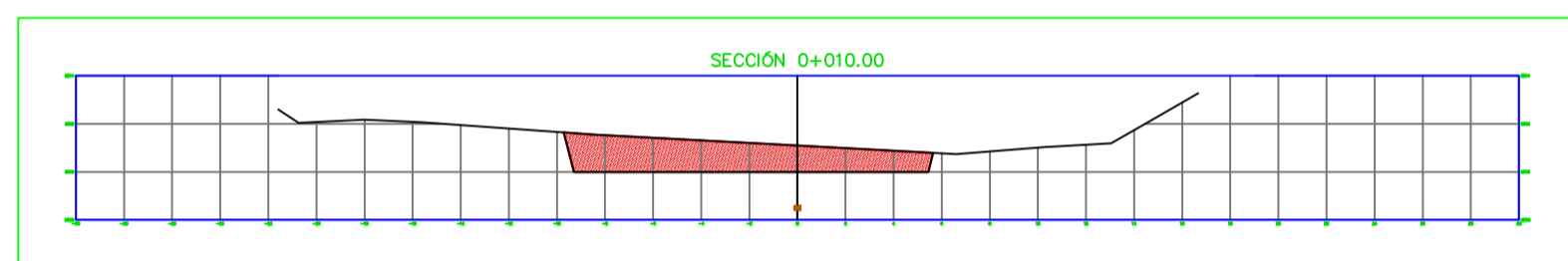
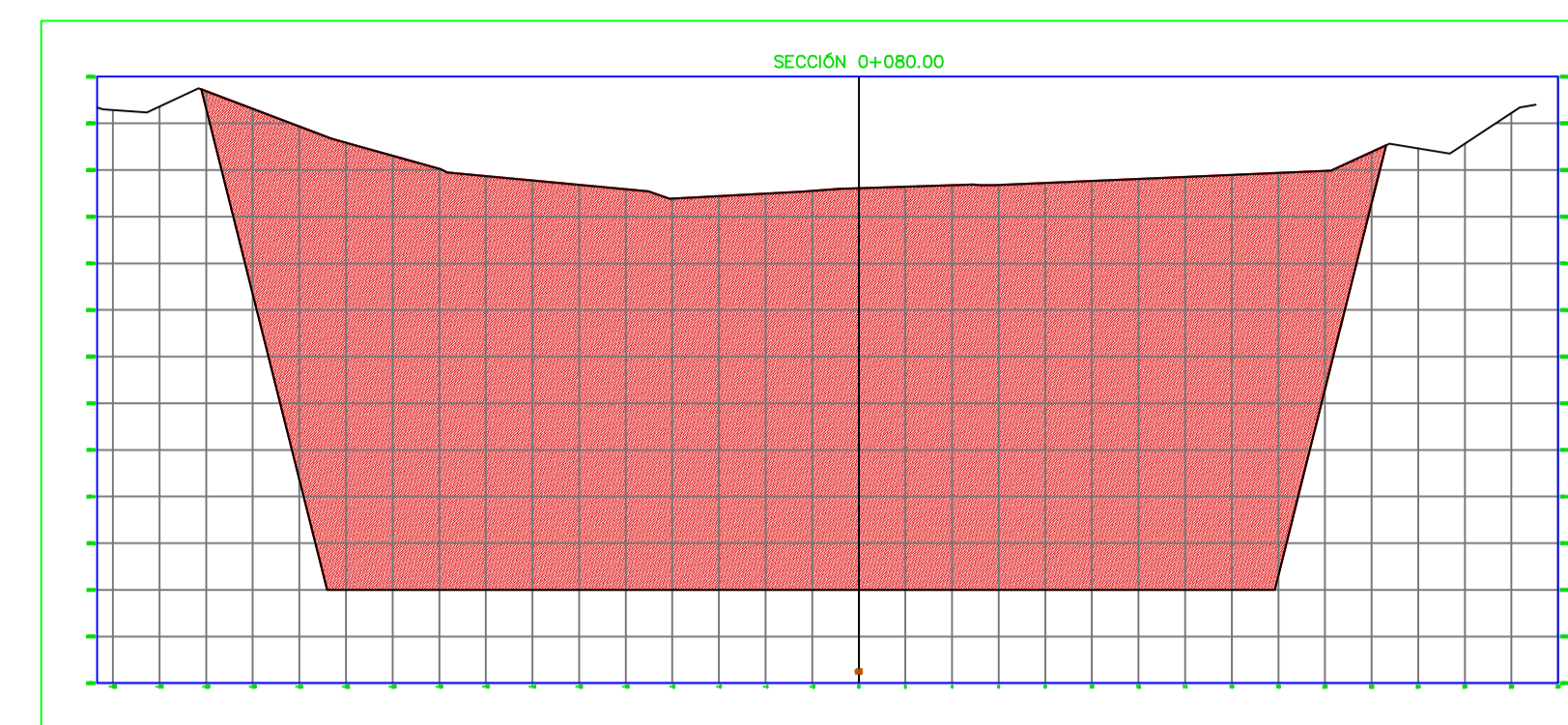
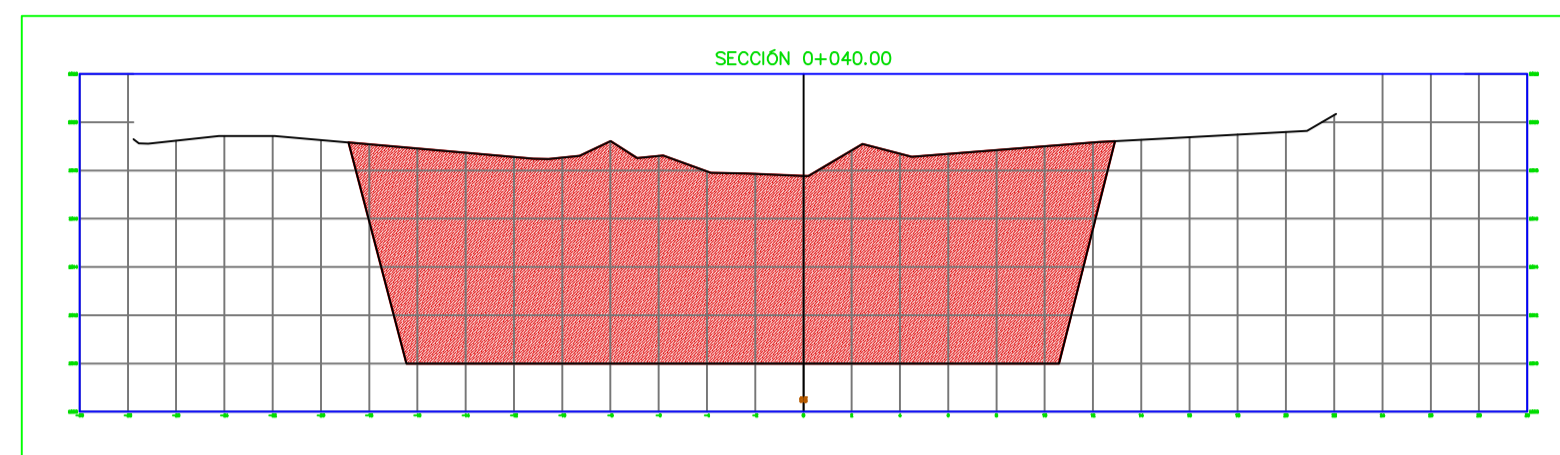
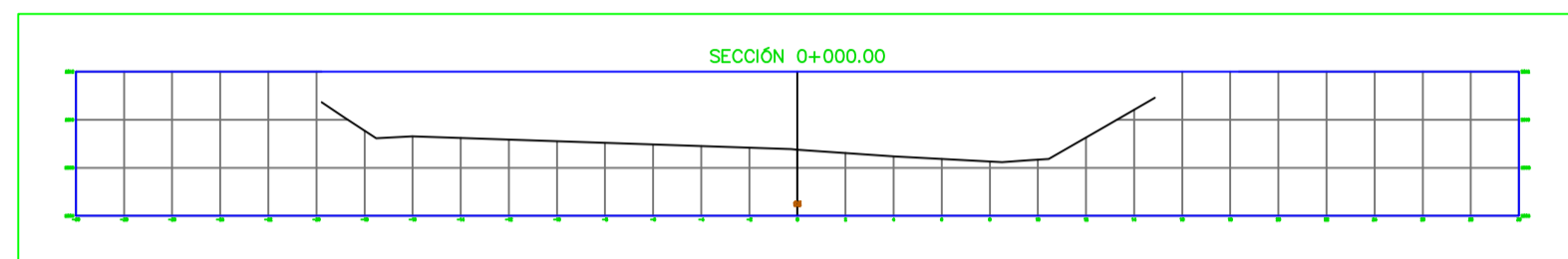
ESCALA: INDICADA
FECHA: CHOTA, MARZO DEL 2025





PLANO DE SECCIONES TRASVERSALES KM 0+000 - 0+110

ESCALA 1:200



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "Evaluación de la proporción de materiales granulares de las canteras de Rejopampa Alto para su uso en mantenimientos periódicos de vías terrestres, Chota, 2024"

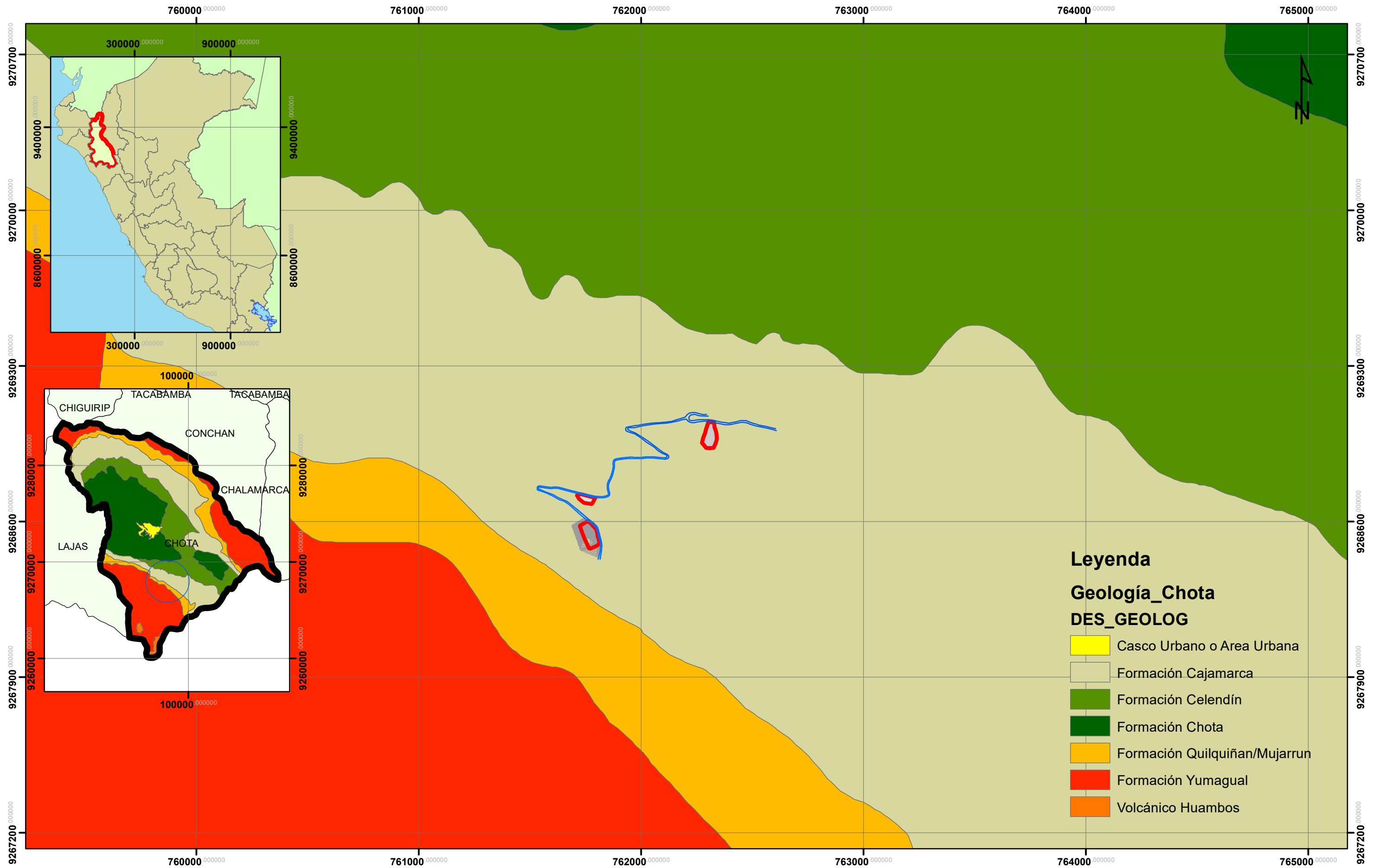
ASESOR: Mg. Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo

DIBUJO Y DISEÑO: Felix Mar Mejía Regalado
Lito Ronal Mejía Herrera

PLANO:
SECCIONES TRASVERSALES

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA
ESCALA: INDICADA
FECHA: CHOTA, MARZO DEL 2025

LAMINA:
ST- 01



- Legenda**
- Geología_Chota**
DES_GEOLOG
- Casco Urbano o Area Urbana
 - Formación Cajamarca
 - Formación Celendín
 - Formación Chota
 - Formación Quilquiñan/Mujarrun
 - Formación Yumagual
 - Volcánico Huambos



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Evaluación de la proporción de materiales granulares de las canteras de Rejopampa Alto para su uso en mantenimientos periódicos de vías terrestres, Chota, 2024

Presentado por: FELIX MAR MEJÍA REGALADO
LITO RONAL MEJIA HERRERA

Asesor: Mg. Ing. MIGUEL ÁNGEL SILVA TARRILLO

Plano: **PLANO GEOLÓGICO DE CANTERAS**

Fecha: Abril, 2025
Escala: 1:15,771

Mapa:
U-1