



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA



INFORME N° 21-2025-UNACH/UI/MAST

A : **Dr. Ing. Luis A. Orbegoso Navarro**
Presidente del jurado de tesis FCI-UNACH.

ASUNTO : Constancia de Originalidad de Turnitin de ALEX YOEL SILVA GUEVARA y CRISTIAN DUCEF HUAMAN.

FECHA : Colpa Matara, 01 de julio del 2025.

REFERENCIA: i) Envío de tesis en digital en su versión final
ii) Carta N°045-2025-UNACH-LON/PJ / Conformidad por parte del presidente del jurado de tesis.
iii) CARTA N° 046- 2025- UNACH/CRCR / Conformidad por parte del secretario del jurado de tesis.
iv) INFORME N° 004-2025-UNACH/CEBN-SJE / Conformidad por parte del vocal del jurado de tesis

De mi mayor consideración

Es grato dirigirme a Usted para expresar mi saludo, y a la vez alcanzar la constancia de originalidad de TURNITIN de la tesis denominada: **“MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS - TACABAMBA UTILIZANDO RESIDUOS DE CARBÓN DE PIEDRA-CONCHÁN, 2024”**, elaborado por los bachilleres en ingeniería civil **ALEX YOEL SILVA GUEVARA y CRISTIAN DUCEF HUAMAN**, para continuar con sus trámites ante la UNACH.

Sin otro particular, es propicia la ocasión para reiterarle las muestras de mi distinguida consideración y estima.

Atentamente,

Miguel Ángel SILVA TARRILLO
INGENIERO CIVIL
CIP 157792

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

CC.

Archivo

Adjunto:

- 1) Constancia de originalidad N° 21-2025.
- 2) Reporte TURNITIN



Colpa Matara, 01 de julio del 2025.

C.O. N° 21-2025-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: **“MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS - TACABAMBA UTILIZANDO RESIDUOS DE CARBÓN DE PIEDRA-CONCHÁN, 2024”**, elaborado por los bachilleres en ingeniería civil: **ALEX YOEL SILVA GUEVARA y CRISTIAN DUCEF HUAMAN**, para optar el Título Profesional de ingeniero civil, presenta un índice de similitud de 17% 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 CIVIL

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

ALEX YOEL SILVA GUEVARA y CRISTIAN DUCEF H...

Mejoramiento de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Material de Cantera Las Tunas - Tacabamba utilizando residu...

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

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3288567915

Fecha de entrega

1 jul 2025, 10:48 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

1 jul 2025, 10:55 a.m. GMT-5

Nombre de archivo

Inf.Final.Tesis.Ducef.03.06_TNT.docx

Tamaño de archivo

15.6 MB

131 Páginas

27.968 Palabras

148.053 Caracteres




17% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Fuentes principales

- 16%  Fuentes de Internet
- 3%  Publicaciones
- 6%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían 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

- 16% Fuentes de Internet
- 3% Publicaciones
- 6% 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	3%
2	Internet	hdl.handle.net	3%
3	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Autonoma de Chota	1%
4	Internet	www.repositorio.unach.edu.pe	1%
5	Internet	repositorio.ucv.edu.pe	<1%
6	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo	<1%
7	Internet	repositorio.unap.edu.pe	<1%
8	Internet	repositorio.urp.edu.pe	<1%
9	Internet	repositorio.upla.edu.pe	<1%
10	Internet	repositorio.upn.edu.pe	<1%
11	Internet	vsip.info	<1%

12	Internet	www.coursehero.com	<1%
13	Internet	repositorio.uncp.edu.pe	<1%
14	Internet	repositorio.uss.edu.pe	<1%
15	Trabajos del estudiante	Universidad Continental	<1%
16	Internet	repositorio.unc.edu.pe	<1%
17	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez	<1%
18	Internet	core.ac.uk	<1%
19	Publicación	Carlos Hidalgo Signes. "APLICACIÓN AL ESTUDIO DE LA RESPUESTA MECÁNICA DE ..."	<1%
20	Trabajos del estudiante	Universidad Tecnologica de los Andes	<1%
21	Trabajos del estudiante	Universidad Andina del Cusco	<1%
22	Trabajos del estudiante	unapiquitos	<1%
23	Trabajos del estudiante	Universidad Anahuac México Sur	<1%
24	Trabajos del estudiante	Universidad Católica Boliviana "San Pablo"	<1%
25	Internet	repositorio.upt.edu.pe	<1%

26	Internet	repositorio.usanpedro.edu.pe	<1%
27	Internet	www.researchgate.net	<1%
28	Trabajos del estudiante	Pontificia Universidad Catolica de Chile	<1%
29	Trabajos del estudiante	Universidad Catolica Sedes Sapientiae	<1%
30	Internet	tesis.usat.edu.pe	<1%
31	Trabajos del estudiante	Universidad Privada del Norte	<1%
32	Internet	repositorio.unb.br	<1%
33	Internet	repositorio.unp.edu.pe	<1%
34	Internet	transparencia.mtc.gob.pe	<1%
35	Trabajos del estudiante	Universidad de Sevilla	<1%
36	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional del Centro del Peru	<1%
37	Publicación	Huaquisto Cáceres, Samuel. "Efecto del aceite residual de la maquinaria pesada e...	<1%
38	Internet	dspace.ucuenca.edu.ec	<1%
39	Internet	es.slideshare.net	<1%

40	Internet	tesis.unap.edu.pe	<1%
41	Internet	fr.slideshare.net	<1%
42	Trabajos del estudiante	Universidad Santo Tomas	<1%
43	Internet	repositorio.ucp.edu.pe	<1%
44	Internet	repositorio.upse.edu.ec	<1%
45	Trabajos del estudiante	uncedu	<1%
46	Internet	www.bolsasymercados.es	<1%
47	Internet	1library.co	<1%
48	Publicación	Medina Alvarez, Edwin James. "Efecto en la consistencia y compactación de un su...	<1%
49	Internet	bdigital.unal.edu.co	<1%
50	Internet	creativecommons.org	<1%
51	Internet	helvia.uco.es	<1%
52	Internet	pesquisa.bvsalud.org	<1%
53	Internet	studyres.com	<1%

54	Internet	wiki.aaroads.com	<1%
55	Internet	www.kiosco.mep.go.cr	<1%
56	Internet	www.spanishdict.com	<1%
57	Internet	www.studocu.com	<1%
58	Trabajos del estudiante	Aliat Universidades	<1%
59	Trabajos del estudiante	Universidad San Ignacio de Loyola	<1%
60	Internet	dadun.unav.edu	<1%
61	Internet	perso.univ-lyon2.fr	<1%
62	Internet	repositorio.unh.edu.pe	<1%
63	Internet	repositorio.utea.edu.pe	<1%
64	Internet	studylib.es	<1%
65	Publicación	"Solos não saturados no contexto geotécnico", Editora Cubo, 2023	<1%
66	Publicación	Aroste Villa, Jorge Luis. "Impregnación de agregados reciclados con cemento IP y ...	<1%
67	Internet	alicia.concytec.gob.pe	<1%

68	Internet	apps.ucsm.edu.pe	<1%
69	Internet	archive.transformativeworks.org	<1%
70	Internet	conductscience.com	<1%
71	Internet	futur.upc.edu	<1%
72	Internet	pirhua.udep.edu.pe	<1%
73	Internet	repositorio.udec.cl	<1%
74	Internet	repositorio.unjbg.edu.pe	<1%
75	Internet	repositorio.unjfsc.edu.pe	<1%
76	Internet	repositorio.unsm.edu.pe	<1%
77	Internet	repositorio.upao.edu.pe	<1%
78	Internet	repositorioacademico.upc.edu.pe	<1%
79	Internet	ri.ues.edu.sv	<1%
80	Internet	ru.dgb.unam.mx	<1%
81	Internet	www.calameo.com	<1%

82	Internet	www.mtc.gob.pe	<1%
83	Internet	www.repositorio.usac.edu.gt	<1%
84	Internet	www.revistacomunicar.com	<1%
85	Internet	www.scielo.cl	<1%
86	Internet	www.tandfonline.com	<1%
87	Publicación	GARCIA VIVANCO JULIO CESAR. "DIA del Proyecto de Estación de Servicios de Com...	<1%
88	Publicación	Jorge García Ivars. "OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE MEMBRANAS POLIMÉRI...	<1%
89	Publicación	Laura De La Cruz, Kevin Mario. "La investigación formativa y logro de competenci...	<1%
90	Internet	biblioteca.uajms.edu.bo	<1%
91	Internet	dgsa.uaeh.edu.mx:8080	<1%
92	Internet	garavito.colciencias.gov.co	<1%
93	Internet	issuu.com	<1%
94	Internet	observatorio.ubiobio.cl	<1%
95	Internet	pdfcookie.com	<1%

96	Internet	pesquisa.teste.bvsalud.org	<1%
97	Internet	purl.org	<1%
98	Internet	repositorio.unheval.edu.pe	<1%
99	Internet	repositorio.uns.edu.pe	<1%
100	Internet	repositorio.usmp.edu.pe	<1%
101	Internet	repository.uamerica.edu.co	<1%
102	Internet	repositorij.unios.hr	<1%
103	Internet	www.azti.es	<1%
104	Internet	www.jorgealvahurtado.com	<1%
105	Internet	www.scielo.org.mx	<1%
106	Internet	www.scribd.com	<1%
107	Internet	www.ulvr.edu.ec	<1%

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
CHOTA**

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



Mejoramiento de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Material de
Cantera Las Tunas - Tacabamba utilizando residuos de Carbón de Piedra-

Conchán, 2024

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Presentado por:

ALEX YOEL SILVA GUEVARA

CRISTIAN DUCEF HUAMAN

Asesor:

Dr. Ing. EDWAR CIEZA SÁNCHEZ

Chota – Perú

2025



FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN, PARA OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL – UNACH

1. DATOS DEL AUTOR:

Apellidos y nombres: **DUCEF HUAMAN CRISTIAN**

Código del alumno: **2019051016**

Correo electrónico: 2019051016@unach.edu.pe

Teléfono: 986155951

DNI: 73218190

Apellidos y nombres: **SILVA GUEVARA ALEX YOEL**

Código del alumno: **2019051029**

Correo electrónico: 2019051029@unach.edu.pe

Teléfono: 956944555

DNI: 74090581

2. MODALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

Trabajo de investigación

Trabajo de suficiencia profesional

Trabajo académico

Tesis

3. TÍTULO PROFESIONAL O GRADO ACADÉMICO:

Bachiller

Licenciado

Título

Magister

Segunda especialidad

Doctor

4. TÍTULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS - TACABAMBA UTILIZANDO RESIDUOS DE CARBÓN DE PIEDRA- CONCHÁN, 2024

5. FACULTAD DE: CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

6. ESCUELA PROFESIONAL DE: INGENIERÍA CIVIL

7. ASESOR:

Apellidos y Nombres: **EDWAR CIEZA SANCHEZ**

Correo electrónico: eciezas@unach.edu.pe

Teléfono: 972698285

D.N.I: 45795431

A través de este medio autorizo a la Universidad Nacional Autónoma de Chota publicar el trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, Repositorio Nacional Digital de Acceso Libre (ALICIA) y el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI).

Asimismo, por la presente dejo constancia que los documentos entregados a la UNACH, versión digital, son las versiones finales del trabajo sustentado y aprobado por el jurado y son de autoría del suscrito en estricto respeto de la legislación en materia de propiedad intelectual.

FIRMA: DUCEF HUAMAN CRISTIAN
DNI: 73218190

FIRMA: SILVA GUEVARA ALEX YOEL
DNI: 74090581

**MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y
MECÁNICAS DEL MATERIAL DE CANTERA LAS
TUNAS - TACABAMBA UTILIZANDO RESIDUOS DE
CARBÓN DE PIEDRA- CONCHÁN, 2024**

POR:

ALEX YOEL SILVA GUEVARA

CRISTIAN DUCEF HUAMAN

**Presentada a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la
Universidad Nacional Autónoma de Chota para optar el título
de
INGENIERO CIVIL**

APROBADA POR EL JURADO INTEGRADO POR



Dr. Ing. Luis Alberto Orbegoso Navarro

PRESIDENTE



Dra. Ing. Claudia Emilia Benavidez Núñez

SECRETARIO



Dra. Ing. Carmen Rosa Cárdenas Rosales

VOCAL



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ley de Creación N° 29531

LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 160-2018-SUNEDU/CD

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 05:00 p.m. del día 09 de julio 2025, reunidos en el segundo piso del local administrativo-Sala de Incuba- UNACH, los miembros del jurado de tesis que suscriben, para escuchar y evaluar la sustentación de tesis presentado por los Bachilleres: **Alex Yoel Silva Guevara y Cristian Ducef Huamán**, denominada: **“MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS- TACABAMBA UTILIZANDO RESIDUOS DE CARBÓN PIEDRA- CONCHÁN- 2024”**; escuchada la sustentación, y absueltas las preguntas a las observaciones formuladas, la declaramos:

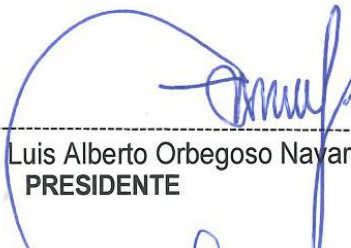
Aprobado

CON EL CALIFICATIVO (*)

Catorce (14).

En consecuencia, se le declara **EXPEDITOS** para conferirle el Título de Ingeniero civil, elevando la presente acta al coordinador de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería a fin de que se emita el acto resolutivo, en conformidad con la ley universitaria y el estatuto de la Universidad.

Chota, 09 de julio 2025.



Dr. Luis Alberto Orbegoso Navarro
PRESIDENTE



Dra. Claudia Emilia Benavidez Núñez
SECRETARIO



Dra. Carmen Rosa Cardenas Rosales
VOCAL



Dr. Edwar Cieza Sánchez
ASESOR

(*) De acuerdo al reglamento específico del proyecto y tesis de investigación de la EPIC, aprobada con Resolución de coordinación N° 141-2020, Artículo 21, cuya calificación es: (20 Summa Cum Laude); (18-19: Aprobado con excelencia); (15-17: Aprobado con mención honrosa); (12-14: Aprobado); (0-11: Desaprobado).



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ley de Creación N° 29531

LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 160-2018-SUNEDU/CD

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS

Los miembros del jurado, luego de evaluar la Tesis denominada: **“MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS-TACABAMBA UTILIZANDO RESIDUOS DE CARBÓN PIEDRA- CONCHÁN- 2024”**; presentado por los Bachilleres: **Alex Yoel Silva Guevara y Cristian Ducef Huamán**, sustentada el día 09 de julio 2025, según Resolución N°155-2025-FCI/UNACH, la declaramos **CONFORME**.

Chota, 25 de setiembre de 2025.



Dr. Luis Alberto Orbegoso Navarro
PRESIDENTE



Dra. Claudia Emilia Benavidez Núñez
SECRETARIO



Dra. Carmen Rosa Cárdenas Rosales
VOCAL



Dr. Edwar Cieza Sánchez
ASESOR

DEDICATORIA

Con gratitud y humildad, dedicamos este trabajo a Dios, fuente de sabiduría y fortaleza, dándonos la perseverancia y el entendimiento necesario para culminar este desafío.

A nuestras familias, por su amor incondicional, su apoyo constante y su confianza en nuestro esfuerzo. Gracias por ser nuestro pilar en los momentos de dificultad y nuestra mayor motivación para alcanzar nuestras metas.

A nuestros amigos, quienes han sido compañeros de este viaje, brindándonos aliento y compañía en cada etapa de esta investigación. Su presencia y apoyo han sido fundamentales para superar los desafíos que se presentaron en el proceso.

A todos ustedes, nuestro más profundo agradecimiento.

Alex Yoel Silva Guevara

Cristian Ducef Huamán

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a Dios, por darnos salud, sabiduría y fortaleza para completar esta investigación con éxito.

A nuestro asesor, Dr. Ing. Edwar Cieza Sánchez, por su valiosa orientación, paciencia y conocimientos compartidos, que fueron esenciales para el desarrollo de esta tesis.

A los propietarios de la cantera Las Tunas en Tacabamba y a los propietarios de la cantera de carbón de piedra en Conchán, por permitirnos acceder a los materiales esenciales para este estudio y brindarnos su apoyo logístico durante nuestra investigación.

A los encargados del laboratorio GSE, donde se llevaron a cabo los ensayos experimentales, por su disposición, profesionalismo y colaboración en el análisis y pruebas de los materiales.

A nuestros familiares y a todos aquellos que, de alguna manera, contribuyeron ya sea con su conocimiento, su apoyo técnico o sus palabras de aliento.

Este logro no habría sido posible sin ustedes. ¡Gracias!

Alex Yoel Silva Guevara

Cristian Ducef Huamán

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	14
1.1. Planteamiento del problema.....	14
1.2. Formulación del problema	18
1.2.1. Problema general	18
1.2.2. Problemas específicos.....	18
1.3. Justificación	19
1.4. Objetivos	20
1.4.1. Objetivo general.....	20
1.4.2. Objetivos específicos	20
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	21
2.1. Antecedentes	21
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	21
2.1.2. Antecedentes nacionales	28
2.1.3. Antecedentes regionales	31
2.2. Bases teórico – científicas	33
2.2.1. Teoría de la estabilización o mejoramiento de suelos granulares.....	33
2.2.2. Teorías relacionadas con mecánica de suelos.....	34
2.2.3. Teorías de mezclas.....	36
2.2.4. Teoría de la sostenibilidad ambiental y su relación con el mejoramiento del material de cantera con residuos de carbón	39
2.3. Marco conceptual	40
2.3.1. Residuos de carbón mineral: Ganga de carbón mineral	40
2.3.2. Material de cantera.....	45
2.3.3. Suelo	46
2.3.4. Propiedades físicas del suelo	47
2.3.5. Propiedades mecánicas del suelo	49

2.3.6. Mejoramiento del material de cantera	51
2.3.7. Subbase granular.....	52
2.4. Hipótesis	53
2.4.1. Hipótesis general.....	53
2.4.2. Hipótesis específicas.....	53
2.5. Operacionalización de variables	54
2.5.1. Variable independiente: Residuos de carbón de piedra.....	54
2.5.2. Variable dependiente: Propiedades físicas y mecánicas del material de afirmado.	54
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	57
3.1. Tipo y nivel de investigación	57
3.2. Diseño de investigación	59
3.3. Métodos de investigación.....	60
3.4. Población, muestra y muestreo	62
3.4.1. Población	62
3.4.2. Muestreo	62
3.4.3. Muestra	62
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	64
3.5.1. Técnicas de recolección de datos.....	64
3.5.2. Instrumentos de recolección de datos	64
3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	66
3.6.1. Proceso de obtención de los datos	66
3.6.2. Procesamiento de datos.....	81
3.6.3. Análisis de datos	82
3.7. Aspectos éticos	82
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	84
4.1. Descripción de resultados	84
4.1.1. Propiedades físicas del material de la cantera “Las Tunas” con residuos de carbón de piedra	84

4.1.2. Propiedades mecánicas del material de la cantera “Las Tunas” con residuos de carbón de piedra.....	100
4.2. Contratación de hipótesis.....	115
4.2.1. Hipótesis de la investigación	115
4.2.2. Análisis descriptivo.....	115
4.2.3. Criterio de aceptación de la hipótesis	116
4.2.4. Análisis de normalidad	116
4.2.5. Análisis ANOVA.....	117
4.2.6. Análisis t-Student.....	118
4.2.7. Análisis de Correlación de Pearson	123
4.2.8. Inferencia final.....	124
4.3. Discusión de resultados.....	126
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	132
5.1. Conclusiones	132
5.2. Recomendaciones y/o sugerencias	132
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS	134
CAPÍTULO VII. ANEXOS	141
Anexo A. Matriz de consistencia.....	141
Anexo B. Resultados previos del estudio de mecánica de suelos a la cantera Las Tunas..	
.....	142
Anexo C. Panel fotográfico	144
Anexo D. Resultado de ensayos de laboratorio.....	151
Anexo E. Certificados de calibración	194

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Requisitos Técnicos del Material Granular para Afirmado.....	46
Tabla 2. <i>Requisitos Técnicos de la Subbase Granular</i>	52
Tabla 3 Matriz de Operacionalización de Variables	56
Tabla 4 Tipo de Investigación según los Principales Criterios	58
Tabla 5 Criterios de Inclusión y Exclusión para la Elección de la Muestra de Estudio	62
Tabla 6 Fuentes, Técnicas e Instrumentos para la Recolección de los Datos de Cada Variable.....	65
Tabla 7 Especificaciones de la Prueba Proctor Modificado.....	78
Tabla 8 Número de Especímenes para Ensayos en las Mezclas de Material de Cantera y residuos de Carbón para la Producción de Subbase Granular	81
Tabla 9 Propiedades Físicas del Material de la Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón de Piedra	86
Tabla 10 Datos para la Curva Granulométrica para el Huso B del Material de la Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón de Piedra.....	90
Tabla 11 Humedad del Material de la Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón	91
Tabla 12 Límite Líquido del Material de Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón.....	93
Tabla 13 Límite Plástico del Material de la Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón de Piedra	95
Tabla 14 Índice de Plasticidad del Material de Cantera con Residuos de Carbón.....	97
Tabla 15 Índice de Plasticidad del Material de la Cantera con Residuos de Carbón.....	97
Tabla 16 EA del Material de Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón de Piedra.....	99
Tabla 17 Propiedades mecánicas del material de la cantera “Las Tunas” con residuos de carbón de Piedra	101
Tabla 18 Compactación del Material de la Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón	105
Tabla 19 Máxima Densidad Seca del Material de la Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón de Piedra	105
Tabla 20 Óptimo Contenido de Humedad del Material con Residuos de Carbón de Piedra	106
Tabla 21 Capacidad de Soporte del Material de la Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón de Piedra	109
Tabla 22 CBR al 95% MDS del Material de la Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón de Piedra	109
Tabla 23 CBR al 100% MDS del Material de la Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón de Piedra	109
Tabla 24 Porcentaje de Expansión del Material de la Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón de Piedra.....	112

Tabla 25 Porcentaje de Desgaste por Abrasión del Material de la Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón de Piedra.....	114
Tabla 26 Propiedades Físicas y Mecánicas del Material con Residuos de Carbón	115
Tabla 27 Prueba ANOVA para las Propiedades Físico Mecánicas del Suelo	118
Tabla 28 Prueba t-student para Límite Líquido del Material de la Cantera “Las Tunas” con Adición de Residuos de Carbón	119
Tabla 29 Prueba t-student para Índice de Plasticidad del Material de la Cantera “Las Tunas” con Adición de Residuos de Carbón	120
Tabla 30 Prueba t-student para Equivalente de Arena del Material de la Cantera “Las Tunas” con Adición de Residuos de Carbón.....	121
Tabla 31 Prueba t-student para Porcentaje de Desgaste por Abrasión del Material de la Cantera “Las Tunas” con Adición de Residuos de Carbón.....	122
Tabla 32 Prueba t-student para CBR del del Material de la Cantera “Las Tunas” con Adición de Residuos de Carbón.....	123
Tabla 33 Correlación de Pearson Calificación.....	124
Tabla 34 Correlaciones de Pearson.....	125

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Beneficios de la estabilización del suelo con residuos de carbón	38
Figura 2 Diagrama del Desarrollo Sostenible	39
Figura 3 Residuos de Carbón Mineral	41
Figura 4 Ciclotemas y Depósitos de Carbón de una Cuenca	42
Figura 5 Carbón Mineral	43
Figura 6 Tipos de Carbones	43
Figura 7 Cantera a Cielo Abierto.....	45
Figura 8 Esquema de una Muestra de Suelo y el Modelo de sus 3 Fases	47
Figura 9 Diseño de Investigación	61
Figura 10 Mapa de Ubicación de las Canteras y Residuos de Carbón	63
Figura 11 Flujograma del Proceso de Recolección de Información	67
Figura 12 Ubicación de la Mina de Carbón de Piedra en Conchán	68
Figura 13 Recolección de Residuos de Carbón en la Mina de Carbón de Conchán.....	70
Figura 14 Ubicación de la Cantera Las Tunas de Tacabamba	73
Figura 15 Toma de Muestras de Material Granular de la Cantera “Las Tunas”	75
Figura 16 Límite Líquido del Material de la Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón de Piedra	86
Figura 17 Índice de Plasticidad del Material de la Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón de Piedra	87
Figura 18 Equivalente de Arena del Material de la Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón de Piedra	87
Figura 19 Curva Granulométrica para el Huso B del Material de la Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón de Piedra.....	89
Figura 20 Humedad del Material de la Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón	91
Figura 21 Curva de Fluidez, Material de Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón.....	93
Figura 22 Límite Líquido del Material de Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón	93
Figura 23 Límite Plástico del Material de la Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón de Piedra	95
Figura 24 Equivalente de arena del Material de la Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón de Piedra	99
Figura 25 CBR del Material de la Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón de Piedra...	102
Figura 26 Desgaste del Material de la Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón de Piedra	102

Figura 27 Curva de Compactación del Material de la Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón de Piedra.....	105
Figura 28 Máxima Densidad Seca del Material con Residuos de Carbón de Piedra.....	106
Figura 29 Óptimo Contenido de Humedad del Material con Residuos de Carbón de Piedra...	106
Figura 30 CBR al 95% MDS del Material de la Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón de Piedra	110
Figura 31 CBR al 100% MDS del Material de la Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón de Piedra	110
Figura 32 Porcentaje de Expansión del Material de la Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón de Piedra.....	112
Figura 33 Desgaste por Abrasión del Material de la Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón de Piedra	114
Figura 34 Prueba de Normalidad del CBR	117

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo analizar el mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas del material de cantera Las Tunas de Tacabamba utilizando residuos de carbón de piedra para ser empleados como subbase granular en obras de pavimentación en el distrito de Conchán. El estudio se desarrolló bajo el enfoque cuantitativo, de tipo aplicado y nivel correlacional, con diseño cuasi - experimental y método hipotético-deductivo. Se trabajó con muestra intencionada de material representativo de la cantera, al cual se le adicionaron residuos de carbón de piedra en proporciones del 5%, 10% y 20%. Los resultados indican que las mezclas con 10% y 20% de residuos de carbón cumplen con los requisitos de granulometría y plasticidad del manual EG-2013 (MTC, 2015), con límite líquido de 23.0% y 21.3%, e índice de plasticidad de 5.5% y 4.6%, respectivamente. Sin embargo, el equivalente de arena en todas las combinaciones resultó inferior al mínimo requerido (25%). En términos de capacidad de soporte, la adición de 10% de residuos de carbón generó el mayor beneficio, alcanzando CBR de 59.5% al 100% de MDS y 50.6% al 95% de MDS, superando el mínimo exigido (40%) para subbase granular. Además, el desgaste por abrasión con 10% de residuos de carbón fue 48.7%, cumpliendo con ser menor a 50%. Se concluye que la mezcla con 10% de residuos de carbón presenta la mejor combinación de capacidad de carga, estabilidad volumétrica y resistencia al desgaste, siendo apta para su uso como subbase granular según los criterios de la EG-2013.

Palabras clave: Capacidad de soporte (CBR), subbase granular, residuos de carbón.

ABSTRACT

The objective of this research was to analyze the improvement of the physical and mechanical properties of Las Tunas de Tacabamba quarry material using coal waste to be used as a granular subbase in paving works in the district of Conchán. The study was conducted using a quantitative, applied, correlational approach, with experimental design and a hypothetical-deductive method. A representative sample of material from the quarry was used, to which coal waste was added in proportions of 5%, 10%, and 20%. The results indicate that the mixtures with 10% and 20% coal waste meet the granulometry and plasticity requirements of the EG-2013 manual (MTC, 2015), with a liquid limit of 23.0% and 21.3% and a plasticity index of 5.5% and 4.6%, respectively. However, the sand equivalent in all combinations was below the minimum requirement (25%). In terms of bearing capacity, the addition of 10% coal waste generated the greatest benefit, reaching a CBR of 59.5% at 100% MDS and 50.6% at 95% MDS, exceeding the minimum requirement (40%) for granular subbase. In addition, abrasion wear with 10% coal waste was 48.7%, meeting the requirement of being less than 50%. It is concluded that the mixture with 10% coal waste presents the best combination of load-bearing capacity, volumetric stability, and wear resistance, making it suitable for use as a granular subbase according to the criteria of EG-2013

Key words: bearing capacity (CBR), granular subbase, coal residues.

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

El desarrollo de infraestructuras viales es prioridad para el desarrollo económico y la unificación social (Napitupulu et al., 2024). Sin embargo, la extracción de materiales como el agregado de cantera para la construcción de carreteras tiene impacto ambiental significativo, incluyendo la alteración del paisaje, la pérdida de biodiversidad y la generación de residuos (Ogundana & Afolalu, 2024). Frente a estos desafíos, la comunidad internacional ha comenzado a explorar alternativas más sostenibles, incluyendo la reutilización de residuos industriales, para mejorar los materiales tradicionales y reducir el impacto ambiental (Waciński et al., 2024).

El carbón de piedra, uno de los combustibles fósiles más utilizados, genera cantidad significativa de residuos durante su extracción y procesamiento (Jermain et al., 2024). Estos residuos, conocidos como ganga de carbón, son subproducto problemático debido a su volumen y potencial impacto ambiental si no se gestionan adecuadamente (Ashfaq et al., 2020); sin embargo, estos residuos poseen propiedades físicas y químicas que pueden ser utilizadas para mejorar la calidad de los materiales de construcción, en particular en carreteras (Aderinlewo et al., 2020).

Utilizar residuos de carbón en la mejora del material de cantera ofrece una solución dual: por un lado, reduce el volumen de residuos a ser dispuestos en vertederos, y por otro, mejora las características del material de cantera, como la resistencia, proporcionando una subbase granular más eficiente (Yu et al., 2024).

El uso de residuos de carbón en la construcción de infraestructuras viales ha sido investigado y, en algunos casos, implementado con éxito (Aderinlewo et al., 2020). En países como Estados Unidos, India y China, la incorporación de cenizas volantes y otros residuos de carbón en la fabricación de hormigón y en la estabilización de suelos ha mostrado beneficios considerables, como mayor resistencia, durabilidad y reducción de costos (Kumar et al., 2024). Estos avances han inspirado a otros países a explorar la viabilidad de utilizar residuos industriales en la mejora de materiales de construcción, promoviendo prácticas más amigables con el medio ambiente y reduciendo la dependencia de los recursos naturales vírgenes (Gupta et al., 2024).

En el Perú, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) establece las normas técnicas que rigen la construcción de carreteras; según el MTC (2014), los materiales utilizados en el afirmado de carreteras deben cumplir con ciertas propiedades físicas y mecánicas para garantizar la estabilidad y durabilidad de las vías. Posteriormente, el MTC (2015) detalla las características específicas que deben cumplir las subbases y bases granulares, materiales fundamentales para soportar las cargas vehiculares y prolongar la vida útil de las carreteras. Estas normativas también reconocen la posibilidad de combinar materiales de cantera que no cumplan con las especificaciones requeridas con otros aditivos, permitiendo así su mejoramiento.

A pesar de estas regulaciones, la calidad de los materiales de cantera en diversas regiones del país a menudo no cumple con los estándares establecidos, lo que limita su aplicación directa en la construcción de carreteras (Aracayo, 2024). En consecuencia, es necesario investigar y desarrollar métodos efectivos

para mejorar las propiedades de estos materiales, aprovechando recursos disponibles localmente, como los residuos industriales (Esquén, 2023).

En Chota – Cajamarca, muchas de las canteras utilizadas para el afirmado de carreteras no poseen las propiedades necesarias para ser empleadas como subbase granular o base granular, conforme a las normativas del MTC (Ticlla, 2021). Esta limitación no solo afecta la calidad de las infraestructuras viales, sino que también incrementa los costos de construcción, ya que se requiere importar materiales adecuados desde otras regiones o realizar procesos adicionales de mejoramiento (Esquén, 2023).

La cantera Las Tunas, ubicada en el distrito de Tacabamba, representa una de las fuentes principales para extracción de material para construcción de carreteras en la provincia de Chota; este material es trasladado al distrito de Conchán para su uso en el afirmado y pavimentado de tres calles del distrito de Conchán realizado por administración directa por parte de la Municipalidad Distrital de Conchán y de la carretera 105, de segunda clase, en el tramo, Conchán – Tacabamba, realizado actualmente por contrata por la empresa Heraldos Negros. Sin embargo, aunque el material de esta cantera es parcialmente adecuado para afirmado de acuerdo al estudio de mecánica de suelos realizado por la empresa ejecutora de la carretera 105, tramo Conchán – Tacabamba, este no cumple con las especificaciones requeridas para ser utilizado como subbase granular según lo establecido por el MTC, ya que presenta un CBR de 39% de acuerdo al estudio de mecánica de suelos realizado por la empresa Heraldos Negros.

Simultáneamente, Conchán cuenta con actividad minera de carbón en el centro poblado de Lascan, administrados por el Sr. Segundo Agiseto Pardo dueño de estas minas de carbón, que producen mensualmente 50 toneladas de carbón,

pero a la vez genera una cierta cantidad de residuos; ya que estos si no se gestionan adecuadamente, representan problemas ambientales y sociales, conforme lo considera el estudio realizado por Cusma (2020), donde se explica que en las minas de carbón de la provincia de Chota se genera contaminación ambiental por los residuos, pero también enfermedades pulmonares y a la piel en los trabajadores que están en contacto con este material, sin el equipo de protección personal necesario.

Investigaciones recientes, como el estudio de Esquén (2023) en el distrito de Chalamarca, ha demostrado que la incorporación de residuos de carbón utilizados en suelos finos para subrasantes de carreteras, mejora significativamente las propiedades mecánicas del suelo, esto se refleja en el aumento del Índice de Capacidad de Soporte California (CBR), lo cual evidencia el potencial de esta mezcla para mejorar la resistencia y durabilidad del suelo que se utilizaría como subbase para carretera; sin embargo, no existen referentes que hayan verificado este aumento en un suelo granular, en este caso, en el material de afirmado que se extrae de dicha cantera, que es un suelo con características diferentes (en cuanto a plasticidad y CBR) que el suelo analizado por Esquén (2023).

La existencia de residuos de carbón en el distrito de Conchán, provenientes de las minas locales, ofrece la oportunidad única para abordar este desafío. La reutilización de estos residuos para mejorar las propiedades del material de afirmado podría no solo resolver el problema de la calidad del material, sino también contribuir con disminuir la contaminación del medio ambiente.

El problema central de esta investigación es la insuficiente calidad del material de la cantera Las Tunas, la misma que presenta CBR de 39% de acuerdo

al EMS realizado por la empresa Heraldos Negros; por tanto, no cumple con los requisitos de una subbase granular adecuada para la construcción de carreteras, según las normativas del MTC. Dado el contexto local de la existencia de residuos de carbón y los resultados positivos obtenidos en estudios previos con la mezcla de estos residuos en suelos finos, se plantea utilizarlo en combinación con el material de la cantera Las Tunas en proporciones de 5%, 10% y 20% del peso seco del suelo granular, para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, permitiendo utilizarlo como subbase granular en la construcción de carreteras.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Mejorarán las propiedades físicas y mecánicas del material de afirmado de la cantera Las Tunas de Tacabamba, al ser combinadas con residuos de carbón de piedra para que sirva como subbase granular combinada?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Qué propiedades físicas, granulometría, límite líquido, límite plástico, equivalente de arena del material de la cantera en combinación con 5%, 10% y 20% de residuos de carbón de piedra cumplen con los requisitos de una subbase granular?
- ¿Qué propiedades mecánicas, porcentaje de desgaste, compactación y CBR de laboratorio, del material de la cantera en combinación con 5%, 10% y 20% de residuos de carbón de piedra cumplen con los requisitos de una subbase granular?

1.3. Justificación

La investigación se justifica por su potencial para ofrecer una solución innovadora y sostenible al problema de la baja calidad de los materiales de cantera en el distrito de Conchán, al no cumplir con las especificaciones técnicas necesarias para su uso en subbases granulares de infraestructuras viales, el material local actualmente limita el desarrollo de proyectos viales en el distrito. Esta investigación busca no solo mejorar las propiedades físicas y mecánicas del material de cantera, sino también fomentar la reutilización de los abundantes residuos de carbón de piedra generados en la zona.

En el ámbito científico, esta investigación contribuirá a la comprensión de cómo los residuos de carbón de piedra pueden utilizarse para mejorar las propiedades del material de cantera en subbases granulares; analizando la relación entre los componentes del material de cantera y los residuos de carbón, este estudio expandirá el conocimiento sobre los mecanismos que potencian el CBR, aportando nuevas perspectivas al campo de la reutilización de residuos industriales en construcción. Además, el estudio desarrolla el marco teórico sobre cómo estos residuos industriales pueden integrarse en materiales de construcción, proporcionando un modelo que puede aplicarse en diversos contextos y potencialmente impulsar nuevas metodologías en la ingeniería civil.

Técnicamente, esta investigación propone mejorar la calidad del material de cantera en Conchán, el cual, aunque parcialmente adecuado para afirmado, no cumple con los estándares técnicos para subbases granulares según las normativas del MTC. La abundancia de residuos de carbón de piedra en la zona presenta la oportunidad única para abordar esta limitación, permitiendo mejorar las propiedades mecánicas del material local y fomentar una práctica de gestión de

residuos sostenibles. Este estudio también tiene implicaciones prácticas para el uso de este material como subbase granular en los proyectos de pavimentación, beneficiando tanto a las autoridades locales como a los contratistas de construcción.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Mejorar las propiedades físicas y mecánicas del material de afirmado de la cantera Las Tunas de Tacabamba, al ser mezcladas con material residual proveniente de la quema del carbón de piedra para utilizarlo como material de subbase granular para carreteras.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar las propiedades físicas, contenido de humedad, granulometría, límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad, y equivalente de arena del material de cantera Las Tunas según dosificaciones: de 0% 5%, 10% y 20% de residuos de carbón de piedra en peso para verificar si sirve como subbase granular.
- Determinar las propiedades mecánicas, porcentaje de desgaste, compactación y CBR de laboratorio del material de cantera Las Tunas según dosificaciones: de 0% 5%, 10% y 20% de residuos de carbón de piedra en peso para verificar si sirve como subbase granular.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Agate et al. (2024) en su artículo científico “Rendimiento de suelo expansivo estabilizado con carbón de bambú, polvo de cantera y cal para su uso como material de subrasante de carreteras” tuvieron como objetivo analizar el método de estabilización trifásica que utiliza carbón de bambú, polvo de cantera y cal para mejorar las propiedades de ingeniería de los suelos de algodón negro para aplicaciones en carreteras rurales. Utilizaron metodología basada en pruebas estándar de caracterización del suelo, incluyendo límites de Atterberg, compactación y CBR. Obtuvieron como resultados en la fase inicial una reducción progresiva del índice de plasticidad y del índice de hinchamiento, así como una mejora del CBR hasta un 20% de contenido de carbón de bambú, logrando un valor de CBR empapado del 2.7%. En la segunda fase al incorporar polvo de cantera en combinación con el contenido óptimo de carbón de bambú, lo que mejoró el CBR a 7.7% con un 12% de polvo de cantera, aunque el índice de plasticidad mostró una tendencia no lineal. Finalmente, en la fase final, añadieron un 5% de cal, lo que redujo el índice de plasticidad a 11.2% y aumentó el CBR a 19%. Concluyeron que la combinación óptima de 20% de carbón de bambú, 12% de polvo de cantera y 5% de cal mejoró las propiedades de plasticidad, compactación y resistencia del suelo, demostrando la viabilidad de este enfoque.

Mogili et al. (2024), en su artículo científico “Evaluación de la mezcla de cenizas de estanques de carbón y polvo de cantera para su aplicación en pavimentos”, tuvieron como objetivo evaluar la viabilidad del uso de cenizas de

estanques de carbón tratadas con cal y polvo de cantera como una alternativa sostenible para la construcción de capas de subbase en pavimentos flexibles. Utilizaron una metodología experimental que incluyó pruebas de compactación, resistencia a la compresión simple y durabilidad, así como análisis de módulo resiliente y vida útil con el programa KENLAYER. Se realizaron mezclas con diferentes proporciones de estanques de carbón (70%), tratadas con cal (10%) y polvo de cantera (10 %-40%), y se evaluaron sus propiedades de compactación. La DMS aumentó desde 13.41 kN/m³ en La mezcla compuesta por 70% cenizas de estanques de carbón, 10% cal y 10 % polvo de cantera. hasta 15.07 kN/m³ en la mezcla compuesta por 70% cenizas de estanques de carbón, 10% cal y 10 % polvo de cantera., mientras que el OCH disminuyó de 25.16% a 22.52%. En cuanto a la resistencia, la mezcla compuesta por 70% cenizas de estanques de carbón, 10% cal y 20% polvo de cantera alcanzó valores de resistencia a la compresión simple adecuados para la aplicación en subbase, con un incremento significativo tras 7 y 28 días de curado, superando los 7 MPa recomendados por la norma IRC 37. Concluyeron que la mezcla de cenizas de estanques de carbón y polvo de cantera mostró un balance óptimo entre resistencia y durabilidad, además de un mejor desempeño estructural en pavimentos flexibles en comparación con una subbase granular tradicional. Por lo tanto, sugirieron que esta combinación es viable para su uso en la subbase de pavimentos.

Choudhury & Mishra (2023) en su artículo científico “Desarrollo y evaluación de materiales de desecho de minas de carbón para su utilización lucrativa” tuvieron como objetivo analizar el uso de desechos de minas de carbón y cenizas volantes no utilizadas de plantas de carbón como materiales compuestos para mejorar sus propiedades físicas, químicas y geotécnicas en aplicaciones de

infraestructura vial. Utilizaron una metodología experimental en la que desarrollaron materiales compuestos con diferentes proporciones de desechos de minas de carbón (50 %-90%) y cenizas volantes (10 %-50%), además de la adición de entre 2 % y 6% de cemento Portland como material estabilizante. Evaluaron las propiedades de compactación, la resistencia a la compresión sin confinamiento (UCS) y la relación de carga de California (CBR). Obtuvieron como resultados que la adición de cemento Portland influyó significativamente en las propiedades geotécnicas de las mezclas; la resistencia a la compresión sin confinamiento alcanzó valores de 4.01 MPa en muestras con 70 % de desechos de minas de carbón, 30% de cenizas volantes y 6% de cemento, mientras que una mezcla con 80% de desechos de minas de carbón, 20% de cenizas volantes y 6 % de cemento logró una UCS de 4.90 MPa a los 56 días. Además, se observó una correlación negativa (-0.9) entre el contenido de cenizas volantes y la resistencia UCS en ambas mezclas. Concluyeron que el contenido de cenizas volantes y cemento en la mezcla puede optimizar la resistencia mecánica de los materiales estabilizados, facilitando su uso en la base y subbase de caminos de transporte de minas de carbón.

Podar et al. (2022) en su artículo científico “Estabilización de suelos utilizando residuos de minas de carbón”, tuvieron como objetivo evaluar el efecto del uso de residuos de minas de carbón como material estabilizante para mejorar las propiedades geotécnicas de los suelos arcillosos. Utilizaron una metodología experimental en la que se realizaron pruebas de límites de Atterberg, compactación (MDS y OCH), resistencia a la compresión sin confinamiento (UCS) y relación de carga de California (CBR) en muestras de suelo natural y en mezclas con diferentes proporciones de residuos de minas de carbón (0%, 10%,

20%, 30%, 40%, 50% y 60%). Obtuvieron como resultados que la máxima densidad seca (MDS) aumentó de 1.41 g/cm³ a 1.61 g/cm³ con el incremento del contenido de residuos de minas de carbón, mientras que el óptimo contenido de humedad (OCH) disminuyó de 23.8% a 18.5%. La resistencia a la compresión sin confinamiento (UCS) y la relación de CBR también mostraron una tendencia creciente, alcanzando valores de 7.51% de CBR para un 50% de residuos de minas de carbón. Concluyeron que la adición de hasta 50% de residuos de minas de carbón en suelos arcillosos mejora significativamente sus propiedades mecánicas, lo que permite su uso como material de subrasante en terraplenes y cimentaciones, reduciendo así el impacto ambiental de estos residuos.

Kien et al. (2021), en su estudio “Utilización de residuos reciclados de la minería del carbón para capas de cimentación de carreteras en Vietnam”, tuvieron como objetivo evaluar la viabilidad del uso de residuos de minas de carbón como material reciclado en capas de cimentación de carreteras en Vietnam, en sustitución de agregados naturales. Utilizaron una metodología experimental en la que analizaron las propiedades de compactación, la relación de CBR y otras características físico-técnicas de los agregados reciclados obtenidos a partir de residuos de minas de carbón. Se probaron distintos tamaños de partículas, incluyendo arena reciclada (D_{max}=4.75 mm) y macadán reciclado (D_{max}=25 mm), para determinar su idoneidad en capas de subrasante y base de carreteras. Obtuvieron como resultados que la MDS de la arena reciclada varió entre 1.695 y 1.912 g/cm³, con un óptimo OCH de 15.1%-18.1%, mientras que el macadán reciclado mostró una MDS entre 2.091 y 2.307 g/cm³ y un OCH de 5.1%-6.7%. En términos de resistencia, los valores de CBR alcanzaron entre 33% y 44% para la arena reciclada y entre 89% y 123% para el macadán reciclado, lo que indica

su viabilidad como material de base y subbase en pavimentos. Concluyeron que los residuos de minas de carbón pueden ser utilizados como agregados reciclados en la construcción de carreteras, reduciendo el impacto ambiental de su disposición y ofreciendo una alternativa sostenible a los agregados naturales; además, destacaron que el control de la humedad y la granulometría es fundamental para garantizar un rendimiento adecuado en campo.

Yu et al. (2024) en su artículo científico “Nueva aplicación del carbón vegetal sostenible en la estabilización de suelos de cemento” exploraron el uso innovador del carbón en la estabilización de suelos con cemento. Con el enfoque cuantitativo al examinar varios contenidos de cemento (5%, 10% y 20%) y contenidos de carbón (10%, 20% y 30%), se investigan exhaustivamente las propiedades de los suelos estabilizados con carbón y cemento, incluida la mineralogía, la densidad, el contenido de agua, la conductividad térmica, la resistencia a la compresión sin confinamiento (UCS) y las propiedades mecánicas, como CBR. Determinaron que, el carbón promueve tanto la hidratación del cemento como la reacción entre los minerales del suelo y el cemento. Bajo compresión triaxial, la adición de carbón en el suelo estabilizado conduce a un aumento del 23.7% en la resistencia al corte del 17.7 % en la cohesión y del 16.7% en el ángulo de fricción interna y del 12.23% en el CBR. Concluyeron que, la introducción de carbón vegetal en la estabilización tradicional de suelos con cemento demuestra un enfoque novedoso para lograr la sostenibilidad y mejorar el rendimiento de la ingeniería en aplicaciones geotécnicas relevantes.

Esto es relevante para la investigación en Conchán, ya que sugiere la posibilidad de aplicar el carbón vegetal como un componente clave para mejorar

las características del material de cantera, proponiendo un modelo de estabilización que se podría adaptar a las condiciones locales.

Amaya et al. (2022) en su artículo científico “Residuos de la combustión de carbón para el mejoramiento plástico de suelos” se propusieron mejorar suelos plásticos en Colombia mediante la adición de residuos de carbón en proporciones que varían entre 0% y 15% en relación al peso seco del suelo. La metodología consistió en evaluar cómo distintas dosificaciones de residuos de carbón (0%, 3%, 6%, 9%, 12% y 15%) afectan el CBR al 95% de la MDS y la expansión del suelo a 56 golpes. Los resultados mostraron que el CBR alcanzó valores de 10.10%, 15.80%, 9.10%, 12%, 21.30% y 17.70% respectivamente, mientras que la expansión se redujo a 1.12%, 0.328%, 1.152%, 1.040%, 0.361% y 0.559%. Concluyeron que la adición de un 12% de residuos de carbón mejora significativamente las propiedades físico-mecánicas del suelo, reduciendo su plasticidad en un 10% y aumentando el CBR en un 75% en comparación con el suelo natural.

Este trabajo demuestra cómo los residuos de carbón pueden ser efectivos en el aumento del CBR del suelo, siendo una base técnica que apoya la hipótesis.

Ashfaq et al. (2020) en su investigación “Estudios de caracterización de la ganga de carbón para geotecnia sostenible” tuvieron como objetivo analizar cómo la adición de ganga de carbón, en proporciones que oscilan entre el 10% y el 50% del peso seco del suelo afecta el CBR de suelos expansivos conocidos como algodón negro. Además, incluyeron la cal como aditivo, en concentraciones del 2%, 4% y 6%, debido a sus propiedades cementantes. La metodología permitió observar que el CBR del suelo aumentó de 4% a 23% cuando se utilizó un 40% de ganga de carbón, obteniéndose el mayor valor en esta proporción, ya que al

incrementar el porcentaje de ganga más allá del 40%, el CBR comenzó a disminuir.

Este estudio proporciona una base comparativa para evaluar el impacto de los residuos de carbón de piedra en el material de cantera en Conchán, sugiriendo que la ganga de carbón puede ser un estabilizante efectivo si se maneja correctamente.

Aderinlewo, et al. (2020) en su estudio “Propiedades geotécnicas del suelo laterítico estabilizado con cemento y carbón vegetal purificado” se enfocaron en comparar las propiedades geotécnicas de suelos lateríticos estabilizados con cemento y con carbón vegetal pulverizado, utilizando proporciones del 2%, 4%, 6%, 8% y 10% en relación al peso del suelo. En su metodología, observaron que el suelo natural, clasificado como A-6, alcanzó su valor óptimo de CBR de 13.68% al añadir un 6% de carbón pulverizado. Concluyeron que el carbón vegetal tiene un gran potencial como estabilizador de suelos, mostrando una resistencia a la compresión comparable a la del cemento.

Este hallazgo es útil para la tesis en Conchán, ya que sugiere que el carbón de piedra podría ser una alternativa viable o complementaria al cemento en la mejora del material de cantera para su uso en subbases granulares.

Jiménez et al. (2019) en su estudio “Optimización de residuos mineros de carbón para el mejoramiento de suelos viales con algoritmos evolutivos multiobjetivo” investigaron el uso de residuos de carbón mineral como estabilizante del suelo. Para aumentar la capacidad de soporte, estos residuos fueron tratados previamente con cal (en proporciones de 2 a 4%) y cemento (al 1%), aplicando el algoritmo evolutivo multiobjetivo (AEMO) para optimizar la mezcla. El suelo A-2-6 en estudio, inicialmente con un CBR de 5.5%, no cumplía

con los requisitos para su uso en afirmado, subbase y terraplén, que requieren CBR superiores a 15%, 40% y 5%, respectivamente. Sin embargo, al aplicar un 50% de residuos de carbón junto con cal y cemento, se lograron valores de CBR de 31.93%, 56.29% y 14.27%, permitiendo su uso en dichas aplicaciones. Los autores concluyeron que el AEMO es eficaz para optimizar la mezcla de residuos con cal y cemento, mejorando significativamente las propiedades del suelo para su uso en obras viales.

Este enfoque metodológico avanzado puede inspirar técnicas similares en la tesis para optimizar la mezcla de materiales de cantera y residuos de carbón, asegurando que se logre el máximo rendimiento posible en términos de capacidad de soporte de la subbase granular.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Paredes (2023) en su tesis “Adición de gigantón y carbón para el mejoramiento de propiedades de subrasante de la calle Estío, distrito de Independencia, Ancash - 2023”, tuvo como objetivo evaluar cómo influye la adición de gigantón y carbón en la mejora de las propiedades de la subrasante de la calle Estío. Utilizó una metodología de tipo aplicada; realizaron ensayos de Proctor modificado y relación de CBR en muestras de suelo natural y con adiciones de gigantón y carbón en diferentes proporciones: 0%, 2.7% (1.2% G + 1.5% C), 3.4% (1.4% G + 2.0% C) y 4.1 % (1.6% G + 2.5% C). Obtuvieron como resultados que de CBR, los valores mejoraron significativamente: al 100 % de MDS, el CBR aumentó hasta 13.81% en la C-1 y hasta 23.62% en la C-2, y al 95 % de MDS, alcanzó valores de hasta 9.42% en la C-1 y 18.65% en la C-2. Concluyó que la mejor dosificación encontrada fue 4.1% (1.6% G + 2.5% C), ya

que presentó los mayores beneficios en la mejora de la subrasante, sugiriendo su aplicación en proyectos de infraestructura vial para suelos de baja resistencia.

Guerrero (2024) en su tesis “Estabilización de suelos arenosos en subrasante incorporando cenizas de carbón” tuvo como objetivo evaluar cómo la adición de cenizas de carbón puede estabilizar suelos arenosos, utilizando porcentajes de 7%, 14%, 21% y 25%. La metodología empleada fue de carácter experimental con enfoque cuantitativo, y se realizaron seis muestreos en distintos puntos del AA. HH. Pedro Ruiz Gallo en Lambayeque; empleó técnicas de observación y revisión documental para el análisis. Obtuvieron como resultados que el suelo de la zona era una arena pobremente graduada (tipo SP); con la adición de cenizas de carbón, las densidades secas máximas obtenidas fueron de 1.92 g/cm³, 1.96 g/cm³, 2.01 g/cm³ y 2.02 g/cm³, mientras que los contenidos óptimos de humedad fueron de 11.69%, 10.62%, 9.47% y 9.33%, respectivamente. El análisis químico de las cenizas mostró que el componente principal era el óxido de silicio (SiO₂) con un 50.33%, seguido por el óxido de aluminio (Al₂O₃) con un 16.12% y el óxido de calcio (CaO) con un 12.10%. Concluyeron que la adición del 21% de cenizas de carbón proporcionó los mejores resultados, logrando MDS de 2.01 g/cm³ y OCH de 9.47%.

Este estudio es relevante para la tesis en Conchán ya que ofrece una referencia sobre cómo los residuos de carbón pueden ser utilizados eficazmente para mejorar suelos granulares, similar al material de cantera, y cómo se pueden optimizar las proporciones para maximizar la densidad seca máxima y mejorar la capacidad de soporte.

Romo (2022) en su tesis “Análisis de las Propiedades Físicas y Mecánicas de un Suelo Granular con Biochar en la Base-Provincia de Huancayo” tuvo como

objetivo analizar el efecto del biochar, un tipo de carbón vegetal, en la mejora de las propiedades físicas y mecánicas de un suelo granular utilizado como base en Huancayo. Utilizando un enfoque experimental y explicativo, estudió una muestra de un metro cúbico de suelo granular de la Av. Salaverry, al que se le añadió un 5% de biochar y se sometió a análisis en laboratorio. Obtuvo como resultados que la adición de biochar aumentó el índice de plasticidad en un 8.74%, redujo la máxima densidad seca en un 9.20% y elevó el contenido óptimo de humedad en un 42.75%. Además, la durabilidad al sulfato de magnesio del agregado fino mejoró en un 152.36% y el CBR incrementó en un 46.14%, cumpliendo con los estándares para tráfico moderado. En conclusión, la adición de biochar resultó en mejoras significativas, cumpliendo con los requerimientos normativos.

Este estudio demuestra cómo los aditivos basados en carbón pueden mejorar la durabilidad y capacidad de soporte del suelo, lo cual es aplicable en el mejoramiento del material de cantera con residuos de carbón de piedra, especialmente en términos de incrementar la densidad y reducir la plasticidad.

Reyes (2021) en su tesis “Capacidad de soporte de suelo adicionando cenizas de conchas de abanico y cenizas de carbón mineral” tuvo como objetivo evaluar la mejora en la capacidad de soporte del suelo en el AA-HH Los Constructores, ubicado en el distrito de Nuevo Chimbote, Ancash, debido a la necesidad de mejorar las calles de la zona. La metodología consistió en utilizar cenizas de conchas de abanico y carbón mineral como estabilizantes del suelo, aplicando porcentajes del 8% y 12% para cada aditivo. Obtuvo como resultados que, sin aditivos, el valor del CBR fue de 22.8% en la calicata N1, 18.4% en la calicata N2 y 19.8% en la calicata N3. Con la adición del 8% de conchas de abanico y carbón, el CBR aumentó a 39.0% en la calicata N1, 36.0% en la calicata

N2 y 35.6% en la calicata N3. Con un 12% de adición, los valores del CBR se elevaron a 41.2% en la calicata N1, 39.0% en la calicata N2 y 37.5% en la calicata N3. Concluyó que la adición de un 7% de conchas de abanico y un 5% de carbón mineral fue efectiva para estabilizar el suelo arenoso, mejorando significativamente su capacidad de soporte.

El aporte para la tesis en Conchán radica en la demostración de cómo la combinación de diferentes tipos de cenizas puede incrementar significativamente la capacidad de soporte del suelo.

2.1.3. Antecedentes regionales

Esquén (2023) en su tesis “Evaluación del CBR de la subrasante de la carretera El Verde – Numbral, Km 1+500 al Km 2+500, adicionando residuos de carbón mineral, Chalamarca, Chota”, tuvo como objetivo mejorar el CBR del suelo de la subrasante de dicha carretera mediante la adición de residuos de carbón mineral provenientes de la mina “La Palma” en Chalamarca. Utilizó una metodología experimental que incluyó la excavación de tres calicatas, las cuales fueron analizadas en laboratorio con diferentes proporciones de residuos de carbón mineral (0%, 10%, 20% y 30%). Las calicatas se clasificaron como arcilla de alta plasticidad (C-1), limo de alta plasticidad (C-2) y arena limosa (C-3). Los resultados mostraron que la adición del 20% de residuos de carbón mineral incrementó el CBR al 95% de la MDS de 4.20% a 6.60% en la calicata 1, de 5.0% a 6.50% en la calicata 2 y de 5.10% a 6.50% en la calicata 3. Además, se observó que la expansión del suelo disminuía conforme aumentaba la adición de residuos de carbón, aunque el CBR comenzaba a reducirse cuando la proporción superaba el 20%. Concluyó que la adición del 20% de residuos de carbón mineral mejora significativamente el CBR de la subrasante, logrando una clasificación de regular,

lo que sugiere que este material puede utilizarse como una alternativa viable para mejorar la estabilidad de carreteras con suelos de baja resistencia.

Este antecedente sirve como una base comparativa y metodológica para evaluar cómo los residuos de carbón de piedra pueden influir en el CBR del material de cantera utilizado en subbases granulares.

Villanueva (2023) en su tesis “Estabilización de la subrasante de la calle Ucrania adicionando cenizas de carbón y cal, Cajamarca 2023”, tuvo como objetivo analizar la influencia de la adición de cenizas de carbón vegetal de algarrobo y cal en la mejora de las propiedades mecánicas de la subrasante de la calle Ucrania, ubicada en el distrito de Baños del Inca, Cajamarca. Utilizó una metodología experimental en la que se realizaron ensayos de contenido de humedad, análisis granulométrico, límites de consistencia, Proctor modificado y relación de CBR en muestras de suelo natural y en mezclas estabilizadas con distintos porcentajes de ceniza de carbón vegetal de algarrobo (25%, 27%, 30%) y cal (3%, 5%, 7%). Los resultados mostraron que la MDS y el OCH variaron dependiendo de la proporción de material estabilizante añadido. Con cal, los CBR aumentaron progresivamente hasta alcanzar 5.2% al 95 % de MDS, mientras que, con ceniza de carbón vegetal, el CBR alcanzó 3.7% al 95% de MDS. Sin embargo, ninguna de las dos adiciones logró estabilizar completamente el suelo, aunque sí mejoraron su resistencia, pasando de una clasificación de suelo muy malo a regular. Concluyó que la adición de cal mejora la resistencia de la subrasante, recomendando investigaciones adicionales para lograr una estabilización óptima.

Este estudio proporciona una referencia metodológica y comparativa para analizar el impacto de los residuos de carbón de piedra en el CBR del material empleado en subbases granulares.

2.2. Bases teórico – científicas

2.2.1. Teoría de la estabilización o mejoramiento de suelos granulares

2.2.1.1. Fundamentos de la estabilización de suelos granulares

Los suelos granulares, por su naturaleza, suelen tener una estructura de partículas grandes que se intercalan, permitiendo un alto grado de permeabilidad y un bajo contenido de finos; sin embargo, su capacidad de carga puede ser insuficiente en su estado natural para aplicaciones constructivas, siendo así, la estabilización busca mejorar la capacidad de carga (Elizondo, 2009).

2.2.1.2. Métodos de estabilización

Compactación: Reduce el volumen de aire en el suelo mediante energía mecánica, aumentando la densidad. La MDS y el OCH son parámetros clave (Cuipal, 2018).

Adición de aditivos: La cal, el cemento, las cenizas y otros residuos industriales mejoran la resistencia y estabilidad del suelo a través de reacciones químicas (Lomparte & Sánchez, 2019).

Mezcla de materiales: La combinación de suelos con residuos como carbón o cenizas modifica la granulometría y plasticidad, mejorando estabilidad (MTC, 2014).

2.2.1.3. Aplicaciones prácticas

La estabilización de suelos granulares es esencial para garantizar el rendimiento adecuado de infraestructuras; en la construcción de pavimentos, un suelo bien estabilizado proporciona una base sólida y uniforme que puede soportar cargas vehiculares y climáticas. En la edificación de cimientos, la estabilización asegura que el suelo bajo el cimiento sea capaz de soportar las cargas estructurales sin sufrir deformaciones significativas (Lomparte & Sánchez, 2019).

2.2.2. Teorías relacionadas con mecánica de suelos

2.2.2.1. Teoría de la compactación

La teoría de la compactación se centra en el principio de que la densidad de un suelo puede ser incrementada mediante la reducción del volumen de aire entre sus partículas. La compactación es un proceso que involucra la aplicación de una energía mecánica al suelo para aumentar su densidad y mejorar sus propiedades mecánicas. Este proceso es crítico en la construcción, ya que un suelo compactado adecuadamente proporciona una base más estable y resistente para las estructuras (Rico & Del Castillo, 2017).

El objetivo de la compactación es alcanzar la máxima densidad seca del suelo, conocida como la Máxima Densidad Seca (MDS). La MDS se determina mediante ensayos, como el Proctor estándar o modificado, que miden la densidad del suelo en función del contenido de humedad. El OCH es el nivel de humedad al cual se logra esta máxima densidad. La compactación óptima asegura que el suelo tenga suficiente cohesión para soportar cargas sin deformarse excesivamente (Rico & Del Castillo, 2017).

2.2.2.2. Relación entre densidad y CBR

El California Bearing Ratio (CBR) es una prueba de laboratorio que mide la capacidad de carga del suelo, proporcionando una indicación de su resistencia al corte bajo condiciones controladas de humedad y densidad. El CBR se determina aplicando una carga a una muestra de suelo compactada y midiendo la penetración de un pistón estándar a una profundidad determinada. Los resultados se comparan con una muestra de referencia para obtener un valor relativo de capacidad de carga (Rico & Del Castillo, 2017).

Hay una relación directa entre la densidad del suelo y su CBR. Generalmente, a medida que la densidad seca del suelo aumenta, también lo hace su capacidad de carga, reflejada en un valor mayor de CBR. Esto se debe a que una mayor densidad implica una mayor interconexión entre las partículas del suelo, lo que incrementa la resistencia al corte y mejora el comportamiento estructural del suelo (Rico & Del Castillo, 2017).

2.2.2.3. Modelo de compacidad

El modelo de compacidad analiza cómo la adición de carbón de piedra modifica la densidad y capacidad de carga del suelo. Si el carbón es fino, aumenta la densidad al llenar vacíos; si es grueso, la reduce al crear más espacios entre partículas (Rico & Del Castillo, 2017).

El carbón de piedra, cuando se añade al suelo, altera la distribución del tamaño de las partículas y su interrelación; dependiendo del tamaño y la proporción del carbón añadido, este puede actuar como un material de relleno que influye en la densidad del suelo. Si el carbón de piedra es de tamaño fino, puede llenar los vacíos entre las partículas del suelo, potencialmente aumentando la densidad; sin embargo, si el carbón tiene una textura más gruesa, podría reducir la densidad al aumentar los espacios entre las partículas del suelo (Amaya et al., 2022).

Su efecto en la compactación y CBR se observa en cambios en la MDS y OCH, requiriendo ajustes en la humedad para optimizar la densidad. Además, las variaciones en la densidad influyen directamente en el CBR, afectando la resistencia del suelo (Amaya et al., 2022).

2.2.3. Teorías de mezclas

2.2.3.1. Principios fundamentales de la teoría de mezclas

La teoría de mezclas se refiere al comportamiento de un material compuesto que resulta de la combinación de dos o más componentes con diferentes propiedades; esta interacción no es simplemente una suma de las características individuales de cada componente, sino que depende de varios factores como la proporción de los componentes, el tamaño de las partículas, la distribución granulométrica y las condiciones ambientales, como el contenido de humedad (Car et al., 2000).

En la mejora de suelos, la adición de residuos de carbón modifica la estructura interna y las propiedades geotécnicas del suelo; esta interacción puede alterar la densidad, la capacidad de carga, la cohesión y la permeabilidad, debido a los cambios en la distribución de partículas y la compactación del material resultante. Dependiendo de la proporción y el tamaño de los residuos de carbón incorporados, estos pueden mejorar la estabilidad del suelo al reducir su plasticidad y aumentar su resistencia mecánica; sin embargo, una dosificación inadecuada puede generar efectos adversos, como una disminución en la compactación óptima o una mayor porosidad, afectando su desempeño estructural en aplicaciones de infraestructura vial y geotécnica (Amaya et al., 2022).

Además, la estabilidad y resistencia de la mezcla dependen de cómo se integren los residuos de carbón con el suelo natural. Un adecuado diseño de mezcla puede optimizar la compactación y reducir la expansión del suelo, mejorando su desempeño en aplicaciones geotécnicas, especialmente en subrasantes de carreteras y cimentaciones, donde la estabilidad es un factor clave (Amaya et al., 2022).

2.2.3.2. Interacción entre residuos de carbón y suelo

En la mejora de suelos, la adición de residuos de carbón modifica su estructura interna, alterando la densidad, la capacidad de carga y la cohesión; un adecuado diseño de mezcla puede optimizar la compactación y reducir la plasticidad, mejorando su estabilidad en aplicaciones geotécnicas, mientras que una dosificación inadecuada podría afectar negativamente su resistencia y desempeño estructural (Amaya et al., 2022).

2.2.3.3. Factores que influyen en la eficiencia de la mezcla

Varios factores determinan el comportamiento final de la mezcla de residuos de carbón y suelo: (Amaya et al., 2022)

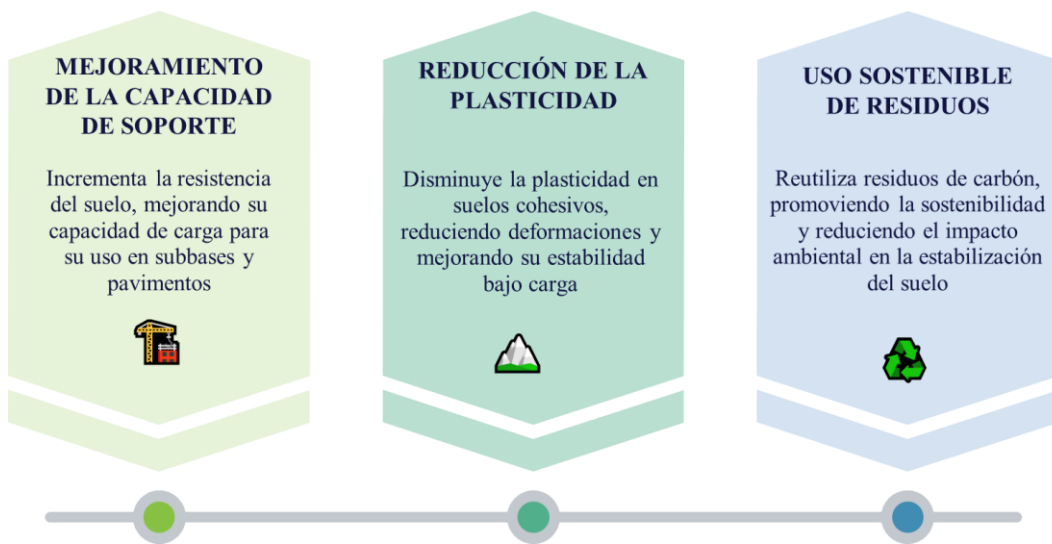
- **Proporción de la Mezcla:** La cantidad de residuos de carbón en relación con el peso seco del suelo es un factor decisivo. Generalmente, proporciones moderadas de carbón mejoran las propiedades del suelo, pero cantidades excesivas pueden generar disminución de la estabilidad.
- **Contenido de Humedad:** El agua es un componente clave en la interacción entre el suelo y el carbón; el OCH puede variar dependiendo de la proporción de residuos de carbón, ya que este material puede afectar la capacidad del suelo para retener agua y compactarse adecuadamente.
- **Tipo de Suelo:** Influye en su respuesta a la adición de carbón. Los suelos granulares, como arenas y gravas, suelen mejorar su estabilidad con la incorporación de este material, mientras que los suelos cohesivos, como las arcillas, pueden requerir ajustes en la mezcla para evitar problemas de compactación y estabilidad

2.2.3.4. Aplicaciones y beneficios

La teoría de mezclas aplicada a la interacción entre residuos de carbón y suelo tiene implicaciones importantes para la ingeniería de suelos. El uso de residuos de carbón en mezclas de suelo puede generar múltiples beneficios: (Amaya et al., 2022).

Figura 1

Beneficios de la estabilización del suelo con residuos de carbón



Nota: Adaptado de (Amaya et al., 2022).

La incorporación de cenizas de carbón en la estabilización de suelos ha demostrado ser una alternativa viable y sostenible en la ingeniería civil. Estudios recientes indican que la adición de un 10% de ceniza de carbón a suelos arcillosos puede mejorar significativamente su capacidad portante, alcanzando valores de CBR al 95% (Villanueva, 2023). Además, esta práctica contribuye a la reducción de residuos industriales, promoviendo una gestión más eficiente y sostenible de los mismos (Jiménez et al., 2019). La reutilización de estos subproductos no solo mejora las propiedades mecánicas de los suelos, sino que también minimiza el impacto ambiental asociado con la disposición de residuos y la extracción de nuevos materiales.

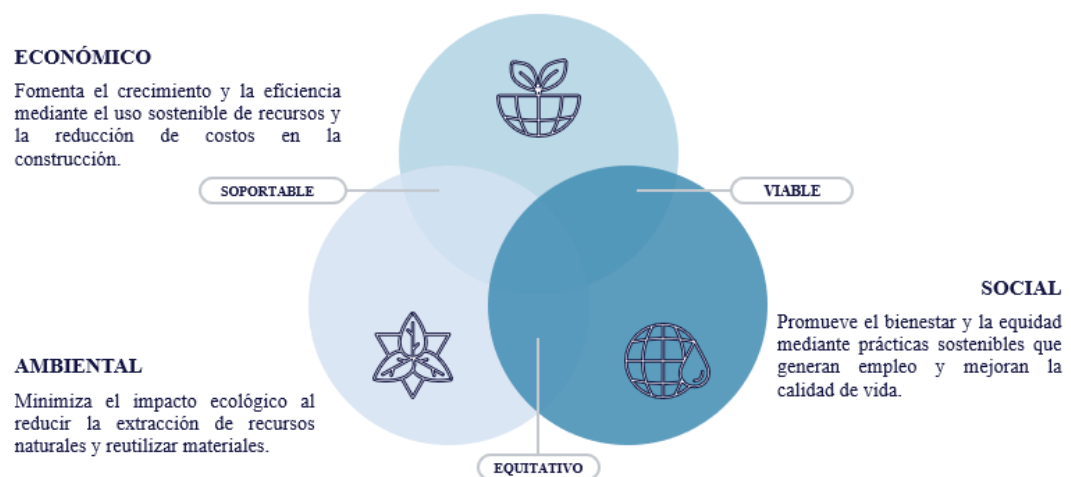
2.2.4. Teoría de la sostenibilidad ambiental y su relación con el mejoramiento del material de cantera con residuos de carbón

El desarrollo sostenible, definido en el Informe Brundtland (1987), busca satisfacer las necesidades actuales sin comprometer las futuras, promoviendo acciones económicamente viables, ambientalmente responsables y socialmente equitativas (García L. , 2003). Aplicado a la construcción, la reutilización de residuos de carbón en el mejoramiento del material de cantera reduce el impacto ambiental al disminuir la dependencia de recursos vírgenes y optimizar el uso de materiales disponibles (Esquén, 2023).

Desde un enfoque de economía circular, el uso de estos residuos en suelos granulares minimiza la extracción de materiales y la generación de desechos, contribuyendo a la sostenibilidad. Este enfoque equilibra tres pilares: económico, al reducir costos de materiales y transporte; social, al fomentar prácticas más seguras y limpias en la construcción; y ambiental, al disminuir la huella de carbono y la explotación de recursos naturales (López et al., 2018).

Figura 2

Diagrama del Desarrollo Sostenible



Nota: Adaptado de (López et al., 2018).

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Residuos de carbón mineral: Ganga de carbón mineral

Los residuos de carbón mineral son los subproductos generados durante la extracción, procesamiento y combustión del carbón. Estos residuos incluyen materiales como las cenizas volantes, las cenizas de fondo, y la ganga. Las cenizas volantes son partículas finas que se elevan con los gases de combustión y se recolectan en los sistemas de control de emisiones, son el grupo inferior, compuesto por partículas dentro de las calderas con tamaños superiores a 0.075 mm; mientras que las cenizas de fondo son materiales más pesados que se depositan en la parte inferior de las calderas, por tanto, son las cenizas volantes, que se adhieren a las chimeneas de las calderas y tienen dimensiones menores a 0.075 mm. La ganga, por su parte, es el material mineral que queda después de que se han extraído los minerales valiosos del carbón (Casas, 2021).

La ganga de carbón mineral es el material mineral no combustible que se encuentra mezclado con el carbón durante su extracción. Son sedimentos porosos que se compone principalmente de rocas, arcillas, pizarra, y otros minerales que no tienen valor energético. Durante el procesamiento del carbón, la ganga se separa como un residuo al extraer el carbón útil. Aunque históricamente se consideraba un desecho, la ganga de carbón tiene aplicaciones potenciales en la construcción y estabilización de suelos debido a sus propiedades físicas, como la resistencia y durabilidad (Casas, 2021).

Figura 3

Residuos de Carbón Mineral



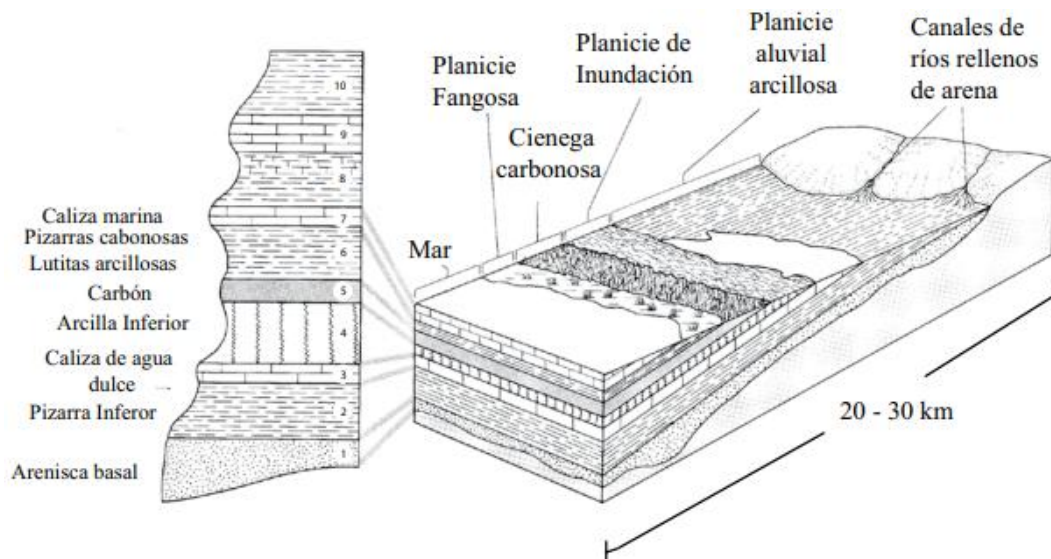
Nota: Se muestra el carbón mineral ζ , su extracción y los residuos acumulados, sacos del material residual (Esquén, 2023).

2.3.1.1. Carbón

El carbón es un combustible fósil formado a partir de restos vegetales depositados en ambientes como pantanos y deltas, a través de un proceso bioquímico, estos restos sufren transformaciones químicas impulsadas por bacterias, que enriquecen el contenido de carbono y convierten las moléculas orgánicas en carbón, dióxido de carbono y metano. Este proceso culmina en la maduración del carbón, donde la compactación, deshidratación y expulsión de compuestos volátiles, influenciados por presión y temperatura, completan su formación (Castillejo et al., 2017).

Figura 4

Ciclotemas y Depósitos de Carbón de una Cuenca



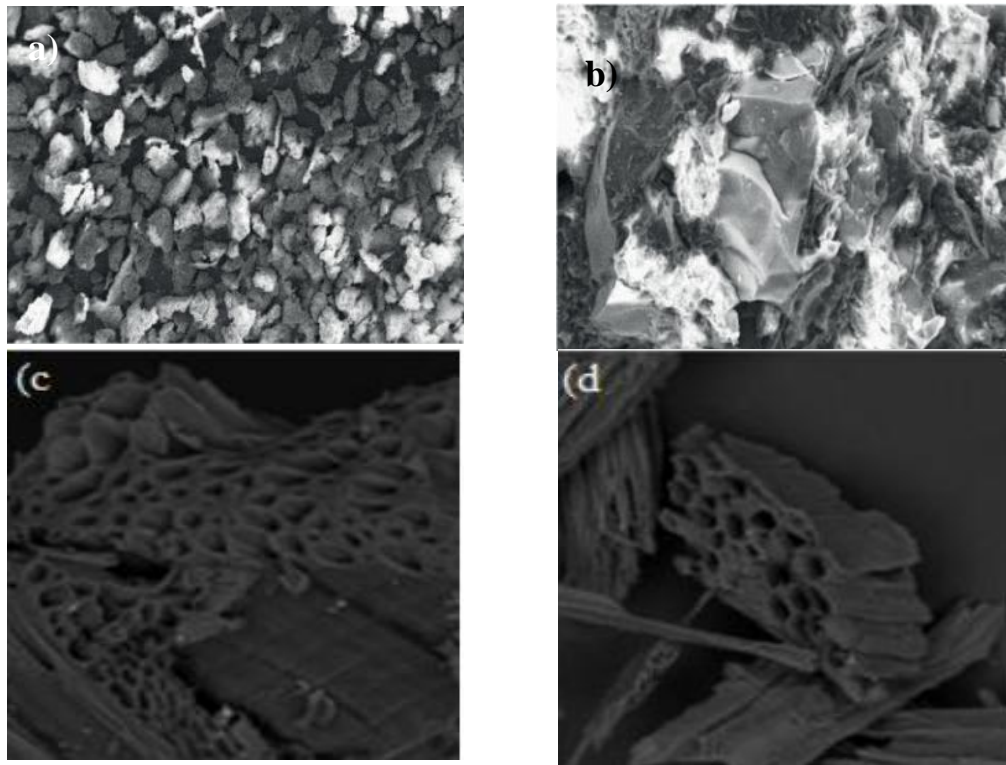
Nota: El diagrama representa los ciclotemas y depósitos de carbón en una cuenca, ilustrando la secuencia estratigráfica de la formación del carbón (Corona-Esquivel et al., 2006).

2.3.1.2. Composición del carbón mineral

El carbón mineral está compuesto principalmente por carbono, hidrógeno y oxígeno, además de pequeñas cantidades de azufre, nitrógeno y otros elementos inorgánicos. Estos elementos forman moléculas complejas con alto peso molecular a partir de la materia vegetal original a través del proceso de carbonatación. El carbón mineral incluye tanto una parte orgánica como una inorgánica, en la que los componentes se encuentran interrelacionados (León, 2006).

Figura 5

Carbón Mineral



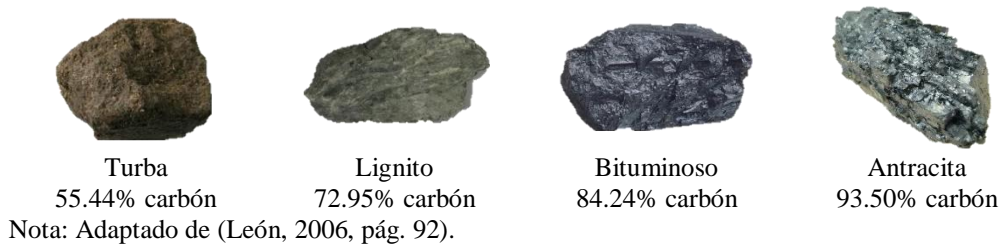
Nota: a (a) Carbón mineral; (b) Micrografía de una mezcla de residuos de carbón; (c) Morfología del carbón con tamaño de partícula superior a 2 mm; (d) Morfología del carbón con un tamaño de partícula entre 74-150 μm (Asimbaya et al., 2015).

2.3.1.3. Tipos de carbón

El carbón se clasifica se basa en el análisis del carbón fijo y el material volátil, así como en la evaluación del poder calorífico y los contenidos finales de carbono, hidrógeno y oxígeno (León, 2006).

Figura 6

Tipos de Carbones



2.3.1.4. Características del carbón mineral

Según Quijandría (2017) las características del carbón mineral son:

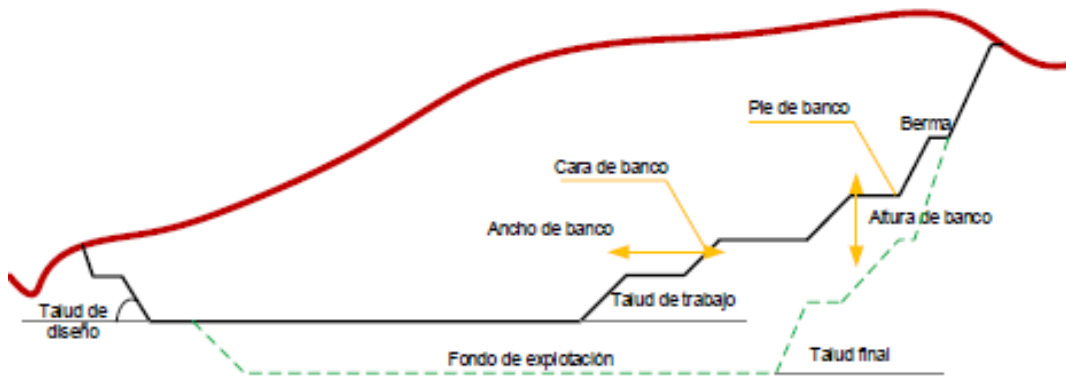
- Composición química: El carbón mineral está compuesto principalmente por carbono, con cantidades menores de hidrógeno, oxígeno, azufre y nitrógeno.
- Contenido de carbono: Es el principal determinante del poder calorífico del carbón. A medida que el carbón se transforma de turba a antracita, el contenido de carbono aumenta.
- Materia volátil: Esta es la fracción del carbón que se libera como gases cuando se calienta a altas temperaturas. Incluye vapor de agua, dióxido de carbono, metano, entre otros.
- Carbón fijo: Es la parte del carbón que queda después de la eliminación de la materia volátil. Es una medida de la cantidad de carbono presente en el carbón.
- Poder calorífico: Refleja la cantidad de energía que se puede obtener de la combustión del carbón.
- Densidad aparente: La densidad del carbón varía según su tipo y puede influir en su manejo y almacenamiento.
- Estructura y textura: El carbón puede presentar diferentes texturas y estructuras, como brillante (antracita), mate o intercalado (bituminoso), que afectan su comportamiento durante la combustión.
- Propiedades reológicas: Incluyen la capacidad del carbón para formar una masa plástica durante el calentamiento, lo que es relevante para su uso en procesos industriales como la producción de coque.
- Propiedades ambientales: El carbón puede liberar contaminantes como dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno durante la combustión, lo que tiene implicaciones para el medio ambiente y la salud pública.

2.3.2. *Material de cantera*

El material de cantera se refiere a un tipo de agregado mineral natural extraído de canteras, que se utiliza en la construcción de capas de soporte en infraestructuras viales, específicamente para la capa de afirmado. Este material está compuesto por una mezcla de partículas de distintos tamaños, como gravas, arenas y finos, y es seleccionado y procesado para cumplir con especificaciones técnicas que aseguren su capacidad de proporcionar una base estable y duradera. Su función principal es distribuir cargas y proporcionar una superficie firme sobre la cual se pueden colocar otras capas de pavimento o servir directamente como superficie de rodadura en caminos menos transitados (Mendoza & Perez, 2023).

Figura 7

Cantera a Cielo Abierto



Nota: (Ticlla, 2021).

La incorporación de cenizas de carbón en la estabilización de suelos ha demostrado ser una alternativa eficaz para mejorar las propiedades mecánicas de los mismos. Estudios recientes han evaluado el uso de cenizas de carbón provenientes de ladrilleras como aditivo estabilizador en suelos arcillosos, obteniendo mejoras significativas en su capacidad portante y resistencia a la compresión (Villanueva, 2023).

Tabla 1*Requisitos Técnicos del Material Granular para Afirmado*

Tamiz	Porcentaje que pasa					
	A-1	A-2	C	D	E	F
50 mm (2")	100					
37.5 mm (1 1/2")	100					
25 mm (1")	90 - 100	100	100	100	100	100
19 mm (3/4")	65 - 100	80 - 100				
9.5 mm (3/8")	45 - 80	65 - 100	50 - 85	60 - 100		
4.75 mm (N° 4)	30 - 65	50 - 85	35 - 65	50 - 85	55 - 100	70 - 100
2.0 mm (N° 10)	22 - 52	33 - 67	25 - 50	40 - 70	40 - 100	55 - 100
4.25 um (N° 40)	15 - 35	20 - 45	15 - 30	25 - 45	20 - 50	30 - 70
75 um (N° 200)	5 a 20	5 a 20	5 a 15	5 a 20	6 a 20	8 a 25
IP	4 a 9	4 a 9	4 a 9	4 a 9	4 a 9	4 a 9
LL	Máx.	35%	35%	35%	35%	35%
Desgaste de los ángeles	Máx.	50%	50%	50%	50%	50%
CBR al 100% de MDS, carga de 0.1" (2.5 mm)]	Mín.	40%	40%	40%	40%	40%

Nota: (MTC, 2014)

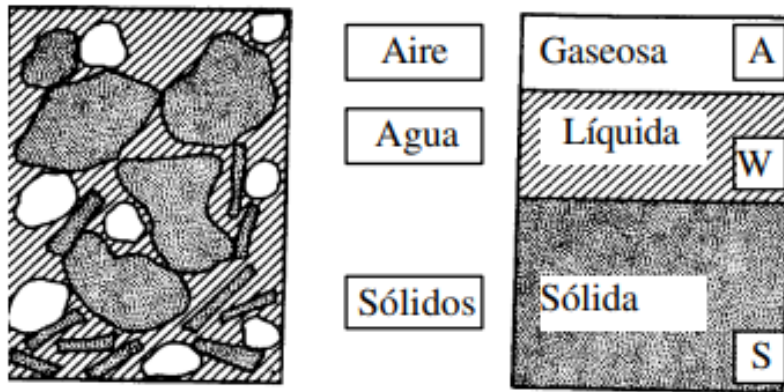
2.3.3. Suelo

Es un conjunto de partículas minerales formadas a partir de la desintegración mecánica o química de rocas existentes, así como de sedimentos no consolidados y partículas sólidas que resultan de la descomposición de rocas (Palli, 2015).

En un suelo se pueden identificar tres fases: la sólida, compuesta por las partículas minerales del suelo; la líquida, que está constituida principalmente por el agua libre, aunque pueden encontrarse otros líquidos en menor cantidad; y la fase gaseosa, que se compone principalmente de aire, pero también puede contener otros gases (Duque & Escobar, 2002).

Figura 8

Esquema de una Muestra de Suelo y el Modelo de sus 3 Fases



Nota: (Duque & Escobar, 2002).

2.3.4. *Propiedades físicas del suelo*

Granulometría. Se refiere a la distribución de tamaños de las partículas dentro de una muestra de suelo; la granulometría determina las proporciones de los distintos componentes del suelo, permitiendo su clasificación en categorías como grava, arena y materiales finos, incluyendo limo y arcilla (Velásquez, 2018).

$$\% \text{ Ret. Acum.} = \frac{\text{Peso ret. acumulado}}{PT} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Peso que pasa} = PT - \text{Peso ret. acumulado} \quad (2)$$

$$\% \text{ Que pasa} = \frac{\text{Peso que pasa}}{PT} \times 100 \quad (3)$$

Donde: PT: porcentaje total (PT) de la muestra.

Contenido de humedad. Es la relación entre el peso original del suelo y el peso de la muestra después de secarla en el horno, expresada en porcentaje (Casas, 2021).

$$H\% = \frac{W_h - W_s}{W_s} \times 100 \quad (4)$$

Donde, H%: contenido de humedad; (W_a): peso del agua, peso seco del suelo (W_s).

Límites de consistencia. También conocidos como límites de Atterberg, indican cómo cambia el comportamiento del suelo con su contenido de humedad, permitiendo clasificarlo en estado líquido, plástico o sólido (Velásquez, 2018).

a) Límite Líquido (LL): Es el contenido de humedad en el que el suelo pasa de un estado semilíquido a uno plástico, permitiendo que se moldee (Fernandez, 2018).

b) Límite Plástico (LP): Es el contenido de humedad más bajo en el cual el suelo puede ser moldeado en barras sin que se rompan (Fernandez, 2018).

c) Índice de Plasticidad (IP): Es un parámetro que mide la plasticidad del suelo, calculado como la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico (Fernandez, 2018).

$$IP = LL - LP \quad (5)$$

Donde, el índice de plasticidad (IP), es igual a la resta del límite líquido (LL), con el límite plástico (LP).

Equivalente de arena. Medida que cuantifica la proporción de partículas finas, como arcillas y limos, presentes en una muestra de suelo en comparación con la cantidad de partículas más gruesas, como arena. Este ensayo se utiliza para evaluar la calidad del suelo en términos de pureza y contenido de finos (Mendoza & Perez, 2023).

$$EA = \frac{h_1}{h_2} \times 100 \quad (6)$$

Donde, EA equivalente de arena, h1 altura de arena, h2 altura total de la probeta de ensayo.

2.3.5. *Propiedades mecánicas del suelo*

Porcentaje de desgaste. El porcentaje de desgaste, conocido como Abrasión de Los Ángeles, es un parámetro que mide la resistencia de un agregado (como la grava) a la abrasión y al desgaste. Este ensayo se realiza utilizando la máquina de Los Ángeles, en la cual una muestra del agregado se somete a un proceso de impacto y fricción con esferas de acero (Ticlla, 2021).

El objetivo de esta prueba es determinar la durabilidad y calidad del agregado, asegurando que posea la resistencia adecuada para soportar condiciones de tráfico y desgaste en el tiempo; un bajo porcentaje de desgaste indica un material más resistente, adecuado para pavimentos y capas de rodadura, mientras que un alto porcentaje de desgaste sugiere una menor durabilidad y un mayor riesgo de degradación bajo cargas dinámicas. Este parámetro es fundamental en la selección de materiales para infraestructura vial y otras aplicaciones estructurales (Ticlla, 2021).

$$\%desgaste = \frac{\text{Peso inicial de la muestra} - \text{Peso final de la muestra}}{\text{Peso inicial de la muestra}} \times 100 \quad (7)$$

Donde, Peso inicial de la muestra: Es el peso total del agregado seco antes de realizar el ensayo; Peso final de la muestra: Es el peso total del agregado seco que pasa a través del tamiz de 1.7 mm (No. 12) después de ser sometido al ensayo en la máquina de Los Ángeles.

Proctor modificado (compactación). Es un ensayo de compactación que establece la cantidad óptima de agua necesaria para lograr la máxima densidad seca del suelo, reproduciendo condiciones similares a las del campo. (Quispe, 2020).

- **Óptimo Contenido de Humedad (OCH):** Es la cantidad de agua en la que el suelo alcanza su máxima densidad seca al ser compactado, permitiendo mejor disposición de las partículas y reduciendo los vacíos de aire. Este parámetro se determina a través del ensayo de compactación Proctor (estándar o modificado) y es importante en proyectos de construcción y geotecnia, ya que influye en la estabilidad y capacidad de soporte del suelo (Quispe, 2020).
- **Máxima Densidad Seca (MDS):** Se determina mediante ensayo de compactación, como el Proctor modificado o el Proctor estándar, y refleja la densidad máxima que el suelo puede alcanzar cuando se compacta con un contenido de humedad específico (Quispe, 2020).

$$Ds = \frac{Dh}{(100+W\%)} \times 100 \quad (8)$$

Donde, la densidad seca (Ds), es igual a la densidad húmeda, entre el 100% más el porcentaje del contenido de humedad (W%).

Capacidad de soporte del suelo (CBR, California Bearing Ratio). Es el parámetro que evalúa la resistencia al corte del suelo bajo condiciones controladas de humedad y compactación. Este ensayo determina la fuerza requerida para que el pisón penetre la muestra de suelo previamente compactado hasta una profundidad específica, manteniendo condiciones estables de humedad y densidad. Su aplicación es fundamental en el diseño de pavimentos, ya que permite conocer la capacidad de carga del suelo y su idoneidad como base para estructuras viales (Fernández, 2017).

$$\%CBR = \frac{\text{Carga unitaria del ensayo}}{\text{Carga unitaria patrón}} \times 100 \quad (9)$$

Donde, el CBR es un porcentaje del peso unitario del ensayo, entre la carga unitaria patrón, multiplicada por 100, para que se exprese en porcentaje.

2.3.6. Mejoramiento del material de cantera

Se refiere a la modificación o estabilización de las propiedades físicas y mecánicas del agregado extraído de canteras para mejorar su desempeño en aplicaciones de construcción; este proceso puede incluir la adición de materiales estabilizantes, como cemento, cal, o residuos industriales (por ejemplo, residuos de ceniza o carbón), para aumentar la resistencia, durabilidad, y capacidad de soporte del material. El objetivo es adaptar el material a los requisitos específicos de la obra, garantizando que cumpla con las normas técnicas necesarias para su uso en la construcción de infraestructuras (Tamay, 2022).

Los objetivos de mejoramiento del material de cantera son: (Tamay, 2022)

- Optimización de propiedades mecánicas: Aumenta el CBR, la densidad, y la resistencia al desgaste y a la abrasión, entre otras propiedades mecánicas; esto es esencial para cumplir con la estabilidad y durabilidad de las estructuras construidas con estos materiales.
- Control de la gradación: Ajustar la distribución granulométrica del material es clave para asegurar un buen comportamiento bajo cargas; un material bien gradado tiene una mezcla adecuada de partículas de diferentes tamaños, esto mejora su capacidad de compactación y resistencia.
- Estabilización del material: En muchos casos, se incorporan estabilizantes como cemento, cal, o aditivos químicos para mejorar la cohesión y reducir la plasticidad o expansividad del material, haciéndolo más adecuado para aplicaciones específicas.

2.3.7. Subbase granular

Capa estructural de material granular, generalmente compuesta de piedras, gravas, arenas, y otros agregados, colocada entre la subrasante y la base de un pavimento. Su función principal es proporcionar soporte adicional a la base y al pavimento superior, distribuyendo las cargas hacia la subrasante y mejorando la estabilidad y durabilidad del pavimento. Además, la subbase granular ayuda en el drenaje del agua, evitando la acumulación de humedad que podría comprometer la integridad de la estructura del pavime (García J. , 2005) nto.

Tabla 2.

Requisitos Técnicos de la Subbase Granular

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	
Sales solubles	1%	1%	1%	1%	Máx.
Abrasión	50%	50%	50%	50%	Máx.
CBR	40%	40%	40%	40%	Mín.
LL	25%	25%	25%	25%	Máx.
IP	4-6%	4-6%	4-6%	4-6%	Máx.
EA	25-35%	25-35%	25-35%	25-35%	Mín.

Nota: Norma CE.010 (MVCS, 2010) y en las Especificaciones Técnicas Generales de la Construcción EG-2013 (MTC, 2015).

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

H1: La mezcla de residuos de carbón de piedra con material de afirmado de la cantera Las Tunas de la localidad de Tacabamba, en dosis controladas, incrementa significativamente su índice CBR, de tal manera que se puede utilizar como subbase granular en conformidad con la Normativa vigente.

Ho: La mezcla de residuos de carbón de piedra con material de afirmado de la cantera Las Tunas de la localidad de Tacabamba, en dosis controladas, no incrementa significativamente su índice CBR, de tal manera que no se puede utilizar como subbase granular en conformidad con la Normativa vigente.

2.4.2. Hipótesis específicas

Hipótesis específica 1:

- H1: Las propiedades físicas, granulometría, límite líquido, límite plástico, equivalente de arena del material de afirmado de la cantera Las Tunas, en combinación con 5%, 10% y 20% de residuos de carbón de piedra cumplen con los requisitos de una subbase granular.
- Ho: Las propiedades físicas, granulometría, límite líquido, límite plástico, equivalente de arena del material de afirmado de la cantera Las Tunas, en combinación con 5%, 10% y 20% de residuos de carbón de piedra no cumplen con los requisitos de una subbase granular.

Hipótesis específica 2:

- H1: Las propiedades mecánicas, porcentaje de desgaste, compactación y CBR de laboratorio, del material de afirmado de la cantera Las Tunas en combinación con 5%, 10% y 20% de residuos de carbón de piedra cumplen con los requisitos de una subbase granular.

- Ho: Las propiedades mecánicas, porcentaje de desgaste, compactación y CBR de laboratorio, del material de afirmado de la cantera Las Tunas en combinación con 5%, 10% y 20% de residuos de carbón de piedra no cumplen con los requisitos de una subbase granular.

2.5. Operacionalización de variables

2.5.1. Variable independiente: Carbón de piedra

Los residuos de carbón de piedra son subproductos resultantes del proceso de combustión o procesamiento del carbón mineral. Estos residuos en este caso, representan la ganga del carbón. Los residuos de carbón de piedra poseen propiedades físicas y químicas que los hacen potencialmente útiles en aplicaciones como la estabilización de suelos, debido a su capacidad para mejorar las características mecánicas del material base cuando se mezclan en ciertas proporciones (Casas, 2021).

En la investigación, los residuos de carbón de piedra se integran al material de cantera en proporciones de 5%, 10% y 20% en peso.

2.5.2. Variable dependiente: Material de afirmado

El material de afirmado de cantera es una mezcla de partículas minerales extraídas directamente de depósitos naturales, utilizada principalmente en la construcción. Este material incluye agregados gruesos y finos que, tras su extracción, pueden ser clasificados según su granulometría y otras propiedades físicas; es comúnmente utilizado para la formación de capas de afirmado, subbases y bases en pavimentos, dependiendo de sus características mecánicas como la compactación, resistencia al desgaste y capacidad de soporte (Mendoza & Perez, 2023).

En la investigación, el material de afirmado de cantera se refiere específicamente a los agregados obtenidos de la cantera “Las Tunas”, se analizan sus propiedades físicas y mecánicas iniciales, como la granulometría, límites de Atterberg, equivalente de arena, porcentaje de desgaste, compactación y CBR de laboratorio.

Tabla 3

Matriz de Operacionalización de Variables

Variab les	Definición conceptual	Dimensiones	Definición operacional	Indicadores	Índice de medición		
VI Carbón de piedra	Subproductos del carbón mineral, que incluye específicamente la ganga del carbón (Casas, 2021).	Composición	Mezcla de residuos en proporciones	Proporción de residuos (% en peso)	5% 10% 20%		
				Propiedades físicas	Determinación del tamaño de partículas de los residuos	Granulometría	%
						Peso específico	g/cm3
						Peso unitario	kg/m3
						Granulometría	%
		Límite líquido	%				
		VD Material de afirmado	Agregados minerales extraídos de depósitos naturales utilizados en la construcción de subbases granulares (Mendoza & Perez, 2023).	Propiedades físicas del material de cantera natural	Clasificación del material según el tamaño de sus partículas	Límite plástico	%
						Índice de plasticidad	%
						Equivalente de arena	%
						Porcentaje de desgaste	%
Resistencia del material en estado natural	Compactación (MDS, OCH)					g/cm3 %	
Propiedades físicas del material de cantera con residuos de carbón de piedra	Evaluación del material al combinarse con residuos de carbón			Capacidad de soporte (CBR)	%		
				Granulometría	%		
				Límite líquido	%		
				Límite plástico	%		
				Índice de plasticidad	%		
Propiedades mecánicas del material de cantera con residuos de carbón de piedra	Resistencia del material en combinación con los residuos de carbón	Equivalente de arena	%				
		Porcentaje de desgaste	%				
		Compactación (MDS, OCH)	g/cm3 %				
		Capacidad de soporte (CBR)	%				

CAPÍTULO III.

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y nivel de investigación

En esta investigación, el enfoque cuantitativo se evidencia en la manera en que se busca medir y analizar las propiedades físicas y mecánicas del material de cantera y su mezcla con residuos de carbón, se emplean métodos analíticos precisos y objetivamente medibles, como el análisis granulométrico, la determinación de los límites de Atterberg, el porcentaje de desgaste (Abrasión de Los Ángeles), y el CBR (California Bearing Ratio). Estos métodos permiten obtener datos numéricos que se analizarán estadísticamente para evaluar la influencia de los residuos de carbón en las propiedades del material de cantera; la recopilación de datos numéricos y la aplicación de fórmulas estadísticas para interpretar los resultados son características distintivas de este enfoque.

El tipo aplicada se refiere a la investigación orientada a resolver problemas prácticos y específicos mediante la aplicación de conocimientos científicos. En este caso, la investigación se centra en mejorar el material de cantera utilizando residuos de carbón de piedra con el objetivo de optimizar sus propiedades para ser utilizado como subbase granular en pavimentos. Este tipo de investigación busca obtener resultados que puedan ser directamente aplicados en el campo de la ingeniería civil, específicamente en la construcción de pavimentos; la aplicación práctica del conocimiento adquirido es fundamental, ya que la investigación pretende implementar soluciones basadas en los resultados experimentales para mejorar la calidad y desempeño del material de cantera en contextos reales de construcción.

El nivel correlacional se refiere al análisis que investiga la relación entre dos o más variables sin necesariamente establecer una causalidad directa; en esta investigación, se examina cómo la adición de diferentes porcentajes de residuos de carbón de piedra al material de cantera afecta sus propiedades, como la densidad, la capacidad de soporte (CBR), y la durabilidad (porcentaje de desgaste). La relación entre estas variables se estudia para identificar patrones y correlaciones; se evaluó si hay una relación significativa entre el porcentaje de residuos de carbón y la mejora en las propiedades mecánicas y físicas del material de cantera. Este análisis correlacional permitió entender cómo las variaciones en una variable (el porcentaje de residuos de carbón) influyen en otras (propiedades del material de cantera), sin que se busque establecer una relación de causa y efecto directa.

Tabla 4

Tipo de Investigación según los Principales Criterios

Criterio	Tipo de investigación
Finalidad	Aplicada
Control de diseño de la prueba	Cuasi - experimental
Temporalidad	Transversal (Sincrónica)
Estrategia o enfoque metodológico	Cuantitativa
Fuente de datos	Primaria
Contexto donde sucede	Laboratorio, Campo
Objetivos	Correlacional

Nota: (Grajales, 2000).

3.2. Diseño de investigación

La investigación se clasifica como un estudio de diseño cuasi - experimental descriptiva causal simple porque los investigadores manipulan activamente las variables independientes en un entorno controlado, y miden cómo la adición de diferentes porcentajes de residuos de carbón de piedra (5%, 10% y 20%) influye en las propiedades físicas y mecánicas del material de la cantera.

Además, esta investigación posee un enfoque descriptivo, ya que se centra en caracterizar detalladamente las propiedades físicas y mecánicas del material en sus diferentes estados. Para ello, se realizaron mediciones técnicas específicas como granulometría, límites de Atterberg, porcentaje de desgaste (Abrasión de Los Ángeles) y capacidad de soporte (CBR). Estos análisis permiten generar un perfil técnico preciso de cómo responde el material ante la inclusión de residuos de carbón.

El diseño también se clasifica como causal simple, dado que el objetivo es analizar la relación directa entre una variable independiente, que en este caso es el porcentaje de residuos de carbón añadido, y las variables dependientes, que son las propiedades físicas y mecánicas del material; este enfoque busca determinar si el aumento o disminución del porcentaje de carbón tiene un efecto observable en características como la plasticidad, la resistencia al desgaste o la capacidad de soporte.

$$M \leftarrow xy \tag{10}$$

Donde, M es la muestra el suelo natural, x los residuos de carbón, y el suelo en combinación con los residuos de carbón “xy” del cual se determinan sus propiedades físicas y mecánicas.

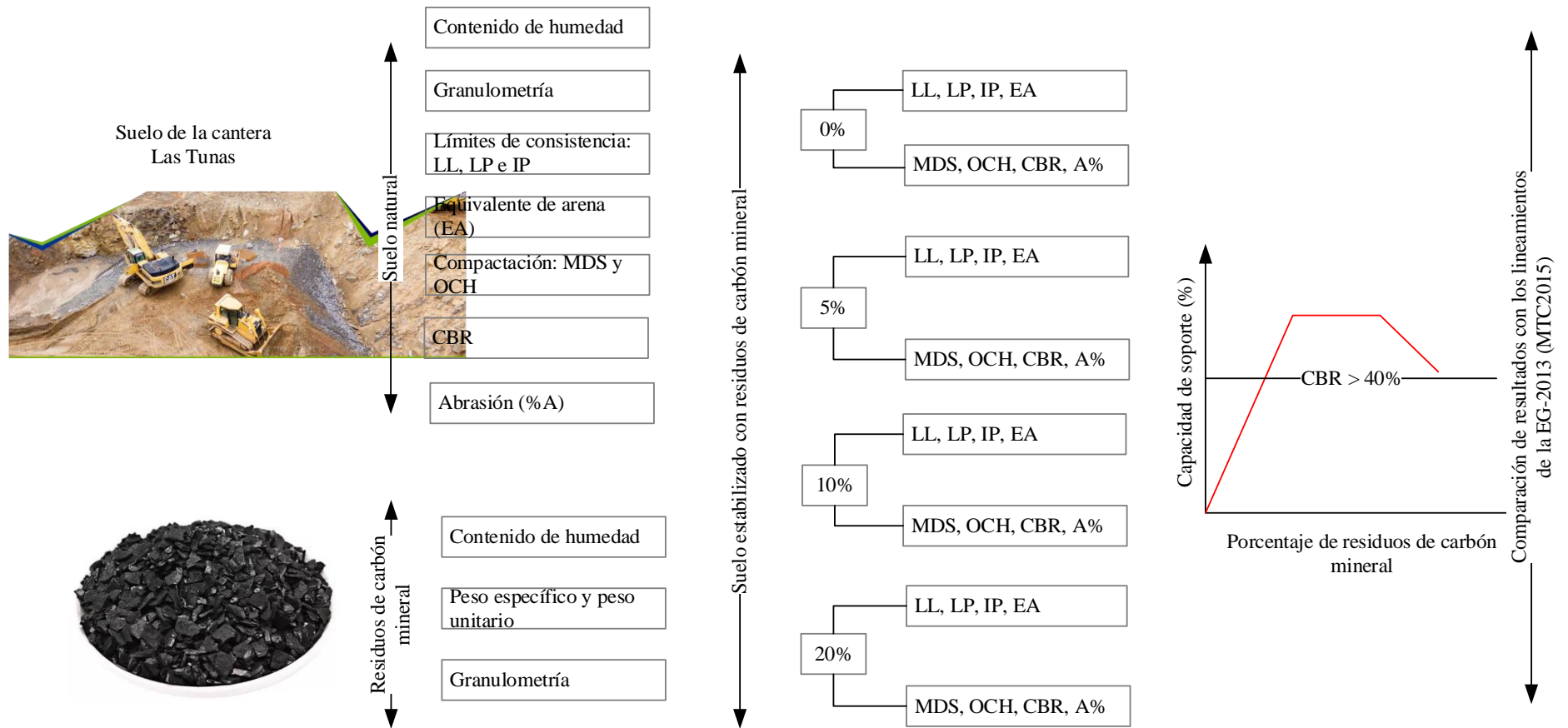
3.3. Métodos de investigación

La investigación ha utilizado el método deductivo debido a que parte de principios teóricos generales para llegar a conclusiones específicas. En este enfoque, se han tomado como base conocimientos previos sobre la estabilización de suelos y la interacción de materiales en ingeniería civil para analizar cómo la adición de residuos de carbón de piedra puede mejorar las propiedades del material de cantera en la subbase granular.

A partir de estos fundamentos teóricos, se han diseñado y ejecutado experimentos que permiten evaluar de manera objetiva el comportamiento del material mejorado. El análisis de los datos obtenidos se ha realizado siguiendo una lógica deductiva, comparando los resultados con los principios teóricos previamente establecidos; este método asegura una evaluación sistemática y rigurosa de la efectividad del uso de residuos de carbón en la mejora del material de cantera, fundamentando las conclusiones en evidencia empírica.

Figura 9

Diseño de Investigación



3.4. Población, muestra y muestreo

3.4.1. Población

Corresponde a todas las canteras que explotan material para base y subbase en el distrito de Tacabamba de la provincia de Chota.

3.4.2. Muestreo

El muestreo es de tipo no probabilístico por conveniencia y de tipo intencional. Se selecciona de manera deliberada el material de cantera “Las Tunas”. La elección se basa en la disponibilidad y relevancia de estos materiales para los objetivos de la investigación.

Tabla 5

Crterios de Inclusión y Exclusión para la Elección de la Muestra de Estudio

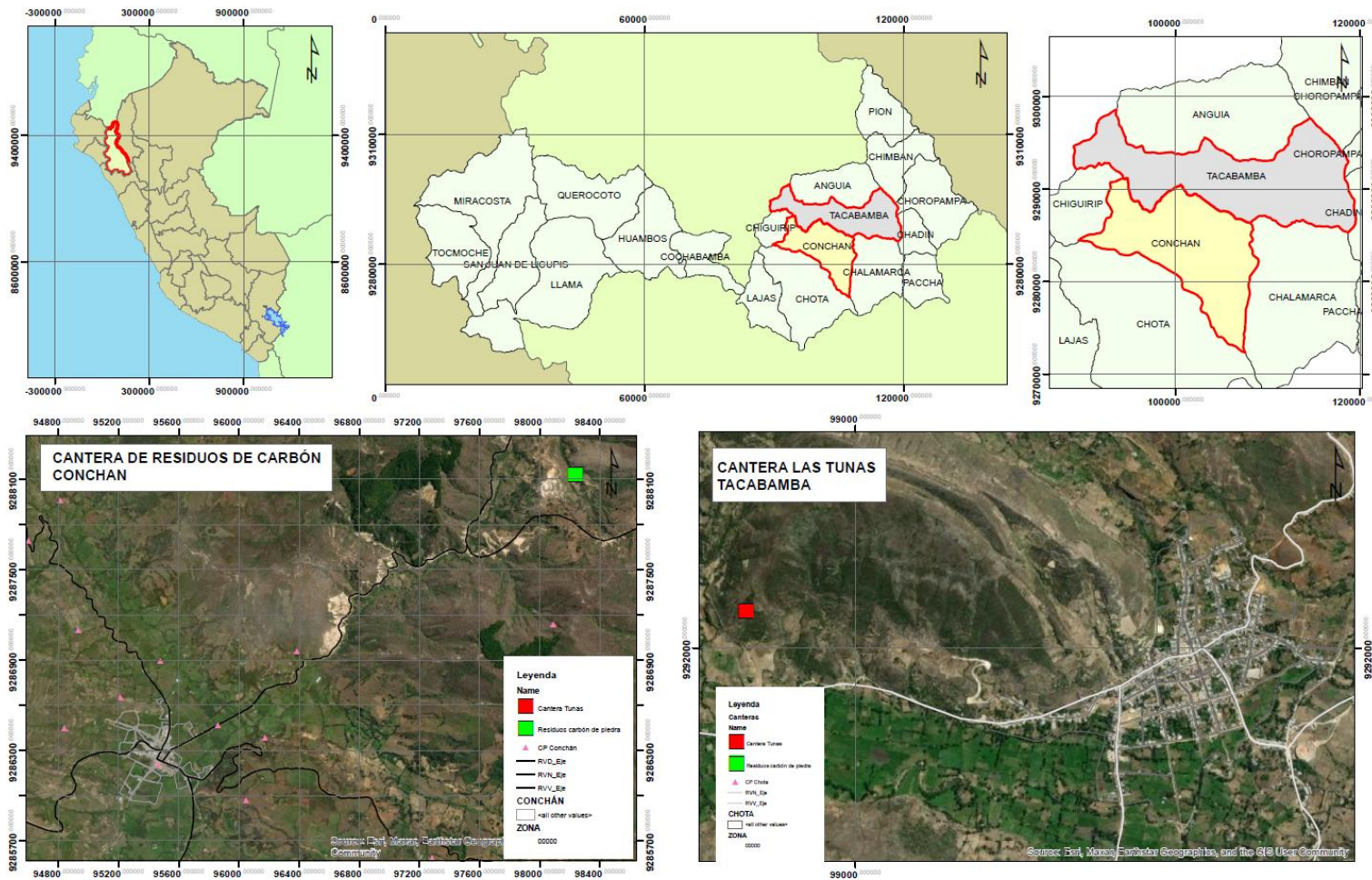
Crterios de inclusión	Crterios de exclusión
<ul style="list-style-type: none">– Canteras que cuenten con producción activa de material para base y subbase granular.– Canteras ubicadas en zonas geográficamente cercanas a minas informales de carbón de piedra.– Canteras con accesibilidad técnica y logística para el transporte y manipulación de materiales.– Canteras cuyos propietarios otorguen autorización expresa para el muestreo y uso del material con fines de investigación.– Canteras que presenten un uso frecuente del material en obras viales locales, siendo representativas en Tacabamba.	<ul style="list-style-type: none">– Canteras inactivas o sin producción de material granular en el periodo del estudio.– Canteras ubicadas en zonas alejadas de las fuentes de residuos de carbón.– Canteras sin autorización para la toma de muestras.– Canteras con características geológicas no compatibles con los objetivos del estudio.

3.4.3. Muestra

La muestra es intencionada, se toman muestras de material representativo para base y subbase de la cantera Las Tunas. A esa muestra se le va agregar residuos de carbón de piedra provenientes de minas informales cercanas a la localidad de Conchán, que se utilizarán en proporciones de volumen de: 5%, 10% y 20%.

Figura 10

Mapa de Ubicación de las Canteras y Residuos de Carbón



3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Técnicas de recolección de datos

Observación. Consistió en una inspección general de la cantera y el material extraído de la cantera “Las Tunas”. Esta técnica permitió documentar las características visuales del material, como su color, así como las condiciones del yacimiento, como su ubicación, acceso y propiedad de la cantera. La observación ayudó a identificar la característica relevante del material que pueda influir en su comportamiento cuando se mezcló con residuos de carbón de piedra.

Ensayos de laboratorio. Se utilizó para analizar de manera cuantitativa las propiedades del material de cantera y sus mezclas con residuos de carbón de piedra en proporciones del 5%, 10% y 20%. Estos ensayos incluyen la determinación de propiedades físicas como la granulometría, límite líquido, límite plástico, y propiedades mecánicas como el porcentaje de desgaste, la compactación y el índice CBR. Estos análisis permitieron evaluar el impacto de los residuos de carbón en la calidad del material de cantera y su adecuación para usarlo como subbase granular en pavimentos. Los resultados de estos ensayos proporcionaron datos precisos y fiables sobre cómo las mezclas cumplen con los requisitos técnicos para subbases granulares y contribuyen a establecer recomendaciones basadas en evidencia para el mejoramiento del material de cantera.

3.5.2. Instrumentos de recolección de datos

Ficha de registro de observación. Es un formato de caracterización de la cantera dado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2014), fue utilizada para sistematizar y documentar algunas de las características del lugar y

del material extraído de la cantera “Las Tunas”. Este instrumento permitió registrar aspectos como el color, y las condiciones del yacimiento.

Formatos de ensayos de laboratorio. Se empleó para llevar a cabo las pruebas necesarias en el material de cantera y en las mezclas con residuos de carbón; estos formatos incluyeron protocolos para determinar propiedades físicas y mecánicas del material, como granulometría, límites de plasticidad, porcentaje de desgaste, compactación, y el índice CBR dados de acuerdo a las normas técnicas peruanas de cada ensayo. Cada formato detalló el procedimiento específico a seguir para cada ensayo, así como los parámetros a medir y registrar, también se utilizó como base el Manual de Ensayos de Materiales (MTC, 2016). Su uso aseguró que los datos obtenidos sean precisos, reproducibles y conforme a los estándares técnicos requeridos, facilitando el análisis comparativo entre las muestras de material de cantera en su estado natural y tras la adición de residuos de carbón.

Tabla 6

Fuentes, Técnicas e Instrumentos para la Recolección de los Datos de Cada

Variable

Variables	Fuente	Recolección de datos	
		Técnica	Instrumento
VI Residuos de carbón de piedra	Primaria	Observación Ensayos de laboratorio	Formato de observación Formatos de ensayos de laboratorio
VD Propiedades físicas y mecánicas del material de cantera para que sirva como subbase granular	Primaria	Observación Ensayos de laboratorio	Formato de observación Formatos de ensayos de laboratorio

3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

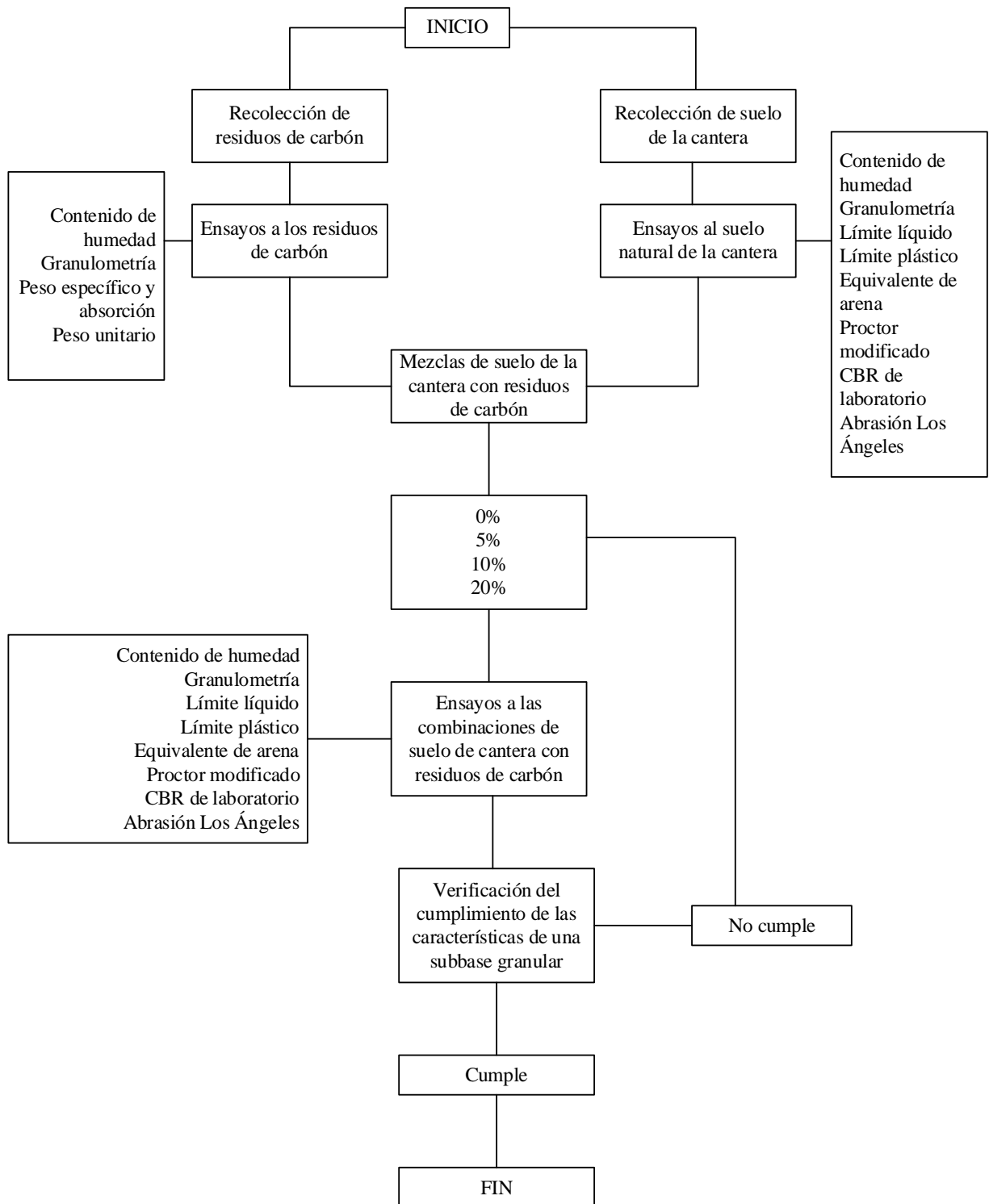
3.6.1. Proceso de obtención de los datos

Durante la investigación se realizó un proceso sistemático para la obtención de datos. Primero, se recolectaron los residuos de carbón de piedra de las minas en Conchán, ubicadas en la comunidad de Lascan, donde se extrajo el material residual descartado de la explotación de carbón energético. Para ello, se emplearon herramientas como palas, picos y sacos de recolección, asegurando que las muestras fueran representativas. Posteriormente, los residuos fueron pesados con balanzas de precisión, tamizados para separar partículas según su granulometría y almacenados en recipientes etiquetados para su análisis en laboratorio.

Paralelamente, se extrajo el material de cantera en la cantera Las Tunas - Tacabamba, registrando su ubicación con un GPS portátil y asegurando la representatividad de la muestra. Se realizó la limpieza superficial del perfil del talud y se recogieron las muestras con palas y sacos impermeables, identificando cada una con su respectiva etiqueta. Luego, tanto los residuos de carbón como el material de cantera fueron sometidos a ensayos físicos y mecánicos, incluyendo análisis de contenido de humedad, granulometría, límites de consistencia, compactación (Proctor modificado), abrasión Los Ángeles y CBR. Finalmente, se elaboraron mezclas con 5 %, 10 % y 20 % de residuos de carbón, evaluando su comportamiento mediante pruebas de laboratorio para determinar su viabilidad como material de subbase granular.

Figura 11

Flujograma del Proceso de Recolección de Información

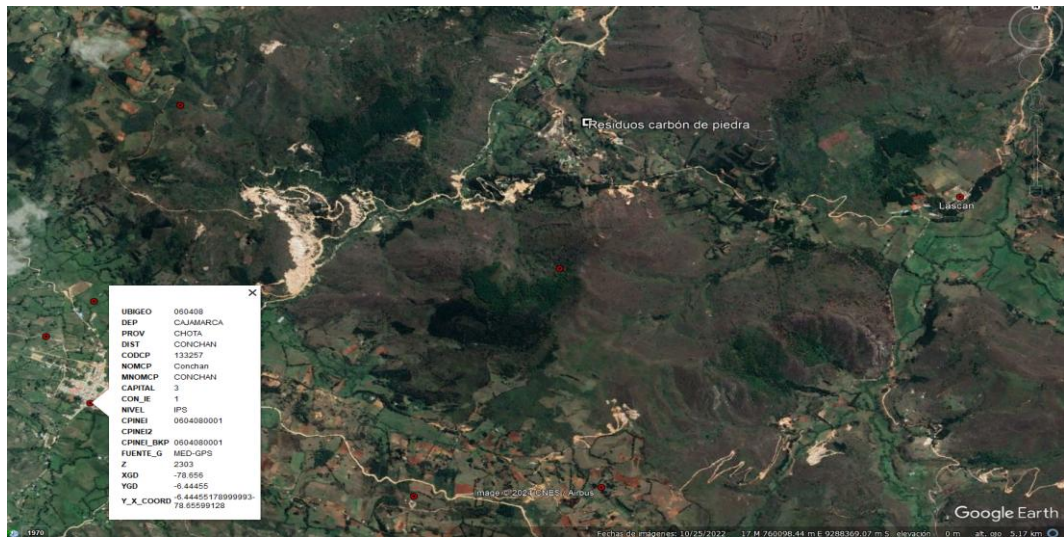


3.6.1.1.Recolección de los residuos de carbón de piedra (ganga de carbón) de las minas en Conchán

La mina de carbón se ubica en las coordenadas UTM WGS84 17S 762056.00 m E, 9288951.00 m S, en la comunidad de Lascan del distrito de Conchán, provincia de Chota, a aproximadamente 1.5 km de la ciudad de Conchán, por la carretera afirmada Conchán – Lascan. De esta mina se extrae carbón para uso energético y se desecha la ganga de carbón o también conocido como residuos de carbón, siendo este el material residual que se utilizó en la presente investigación.

Figura 12

Ubicación de la Mina de Carbón de Piedra en Conchán



Nota: Google earth, 2024.

a) Equipos, materiales e instrumentos necesarios:

- Pala y pico.
- Sacos o bolsas de recolección.
- Balanza de precisión.
- Tamices de diferentes tamaños.
- Cernedor manual.

- Recipientes para muestras.
- Etiquetas.
- Herramientas de limpieza.
- Cuaderno de campo y bolígrafos: para registrar observaciones y datos relevantes.

b) Procedimiento:

- Se seleccionó el área de extracción de residuos de carbón en las minas de Conchán.
- Se empleó palas y picos para recoger los residuos de carbón de piedra de las zonas de excavación. Los residuos recolectados se colocaron en sacos o bolsas de recolección para su transporte.
- La balanza de precisión se utilizó para pesar los sacos con residuos de carbón.
- Se registró las cantidades exactas de residuos recolectados en un cuaderno de campo, anotando la fecha y el lugar de recolección.
- Los residuos de carbón se vertieron en los tamices de diferentes tamaños para separar las partículas según su granulometría.
- Se utilizó el vibrador de tamices para facilitar el proceso de separación y asegurar una distribución uniforme de las partículas.
- Se realizó un tamizado inicial con el cernedor manual para eliminar las partículas más grandes antes de proceder al tamizado fino.
- Las partículas tamizadas se almacenaron en recipientes etiquetados con la información relevante, como el tamaño de la malla del tamiz y la fecha de tamizado.
- Se limpió el área de trabajo y se organizó las muestras para su posterior análisis en el laboratorio.

Figura 13

Recolección de Residuos de Carbón en la Mina de Carbón de Conchán



3.6.1.2. Ensayos físicos de caracterización a los residuos de carbón de piedra

a) Equipos, materiales e instrumentos necesarios:

- Estufa de laboratorio.
- Balanza de precisión.
- Tamices de diferentes tamaños.
- Probeta graduada.
- Recipientes para muestreo.
- Cucharón de laboratorio.
- Pachón o frasco de Chapman.
- Varilla compactadora.
- Cilindro metálico de volumen conocido.

b) Determinación del contenido de humedad NTP 339.185 (INACAL, 2021):

- Se seleccionó una muestra representativa de los residuos de carbón de piedra y se colocó en un recipiente limpio.
- La muestra se pesó utilizando una balanza de precisión, registrando su peso inicial.
- Se secó la muestra en una estufa de laboratorio a una temperatura establecida ($110 \pm 5^{\circ}\text{C}$) hasta alcanzar un peso constante.
- Una vez seca, se pesó nuevamente la muestra y se calculó el contenido de humedad como la diferencia de peso antes y después del secado, expresado en porcentaje.

c) Análisis granulométrico NTP 400.012 (INACAL, 2021):

- Se tamizó una muestra representativa de los residuos de carbón utilizando una serie de tamices de diferentes tamaños, según la norma NTP 400.012.
- El vibrador de tamices se usó para facilitar el paso del material a través de los tamices.
- Se pesó la cantidad de material retenido en cada tamiz y se registró.
- Se elaboró la curva granulométrica con los datos obtenidos para determinar la distribución de tamaños de partículas en la muestra.

d) Determinación del peso específico y absorción del agregado fino NTP 400.022 (INACAL, 2021):

- Se tomó una muestra de los residuos de carbón y se sumergió en agua durante un período específico para que se absorba.
- Luego, se escurrió y secó superficialmente la muestra para determinar su peso saturado.

- Se utilizó el frasco de Chapman para medir el volumen desplazado por la muestra en agua, lo que permitió calcular el peso específico.
- Se secó completamente la muestra en la estufa y se pesó nuevamente para calcular el peso seco, lo que permitió determinar la absorción del agregado.

e) Determinación del peso unitario suelto y compactado NTP 400.017 (INACAL, 2020):

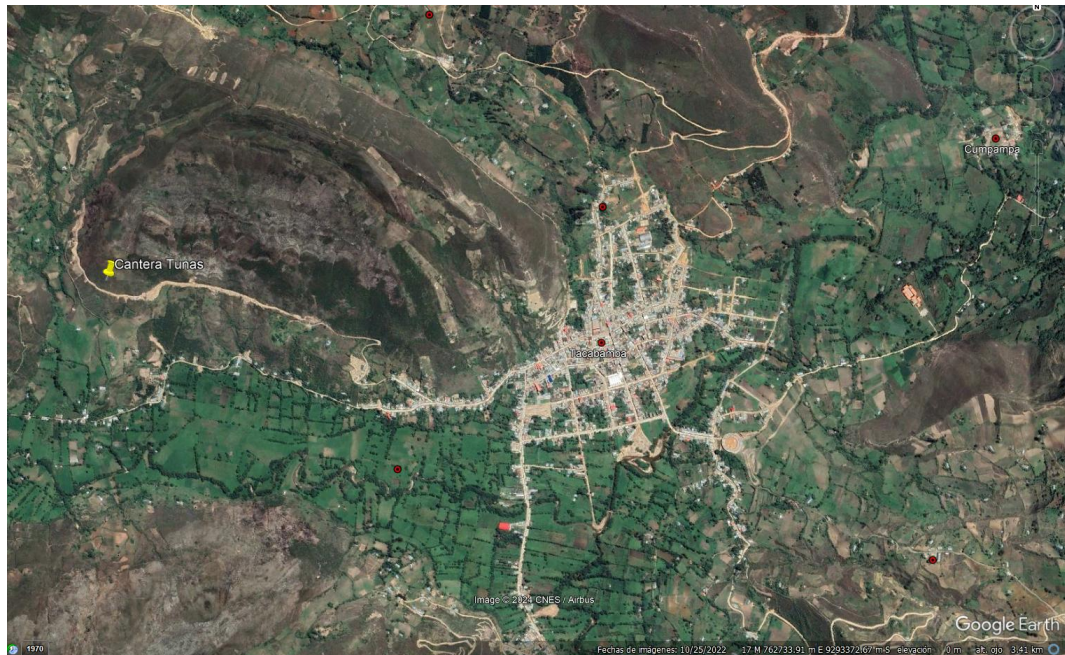
- Se llenó un cilindro metálico de volumen conocido con la muestra de residuos de carbón sin compactar, para medir el peso unitario suelto.
- Se pesó el cilindro lleno y se calculó el peso unitario suelto dividiendo el peso de la muestra entre el volumen del cilindro.
- Luego, se compactó la muestra en el cilindro utilizando una varilla compactadora, aplicando un número determinado de golpes según la norma.
- Se pesó nuevamente el cilindro con la muestra compactada y se calculó el peso unitario compactado.

3.6.1.3.Extracción, muestreo y muestra de material de cantera “Las Tunas”

La cantera Las Tunas ubicada en las coordenadas UTM WGS84 17S 762410.00 m E, 9292964.00 m S, se localiza en la ciudad de Tacabamba, Distrito de Tacabamba, provincia de Chota, a 500 m de la ciudad de Tacabamba y a 9.8 km (23 minutos) de la ciudad de Conchán. Esta cantera actualmente se está utilizando como material granular para conformar las capas de afirmado y subbase granular de las carreteras y pavimentos del distrito de Conchán.

Figura 14

Ubicación de la Cantera Las Tunas de Tacabamba



Nota: Google earth, 2024.

a) Equipos, materiales e instrumentos necesarios:

- Pala: para excavar y extraer el material del talud.
- Pico: para romper el material más compacto y facilitar su extracción.
- Cuchara de albañil: para recoger el material extraído.
- Sacos impermeables: para almacenar y transportar el material de cantera.
- Guantes de protección: para la manipulación segura del material.
- Machete: para limpiar y cortar vegetación superficial si es necesario.
- Cinta métrica: para medir la profundidad y ubicación exacta de la extracción.
- Cuaderno de campo y bolígrafo: para anotar las características y ubicación de la extracción.
- Cinta adhesiva: para sellar los sacos y evitar pérdidas de material durante el transporte.

- Piqueta o marcadores de suelo: para marcar el área de muestreo.
- Vehículo de transporte: para trasladar los sacos al laboratorio.
- GPS portátil: para registrar las coordenadas exactas de la ubicación del muestreo.

b) Procedimiento:

- Se seleccionó el perfil del talud de la cantera “Las Tunas” para la extracción del material, dado que es una cantera en explotación.
- Se utilizó una baliza o GPS portátil para registrar las coordenadas exactas del lugar de extracción.
- Se marcó el área de muestreo con una piqueta o marcadores de suelo, asegurando que la extracción se realice en un lugar representativo.
- Se limpió el área superficial del perfil del talud con un machete para remover cualquier vegetación o material suelto que pueda contaminar la muestra.
- Se empleó una pala y un pico para excavar y extraer el material del talud, asegurándose de que la muestra provenga de una profundidad representativa del perfil geológico.
- Se utilizó un azadón para remover el material extraído y asegurar la homogeneidad de la muestra.
- Se recogió el material extraído con una cuchara de albañil y se colocó en sacos impermeables, asegurando que no haya contaminación externa.
- Se tomó una cantidad suficiente de material, según los requerimientos del laboratorio, para asegurar que la muestra sea representativa.
- Se sellaron los sacos impermeables con cinta adhesiva para evitar la pérdida de material durante el transporte.

- Se etiquetaron los sacos con la información relevante, como la fecha, ubicación, profundidad y número de muestra.
- Se registró en el cuaderno de campo la cantidad de material extraído, las características observadas y las coordenadas exactas del punto de extracción.
- Los sacos con el material extraído se cargaron en el vehículo de transporte y se trasladaron al laboratorio para su análisis.
- Durante el transporte, se aseguró los sacos para evitar derrames o pérdidas de material.
- Al llegar al laboratorio, se descargaron los sacos y se almacenaron en un lugar seguro hasta que se realizaron los ensayos correspondientes.

Figura 15

Toma de Muestras de Material Granular de la Cantera “Las Tunas”



3.6.1.4. Ensayos físicos y mecánicos al material de cantera

a) Equipos, materiales e instrumentos necesarios:

- Horno de secado.
- Balanza de precisión.
- Tamices de diferentes mallas.
- Agitador de tamices.
- Copa de Casagrande.
- Espátula y cuchillo de paleta.
- Rodillo de vidrio o metálico.
- Molde cilíndrico y pisón de compactación.
- Dispositivo de CBR.
- Cápsulas o recipientes metálicos.
- Equipos de compactación (pisón mecánico).
- Balanza de capacidad media.
- Tanque de almacenamiento de agua.
- Equipo de abrasión Los Ángeles.
- Máquina de ensayo de equivalente de arena.
- Cronómetro.
- Mazas, cilindros y discos de carga: para los ensayos de CBR y compactación.
- Probeta y pipeta graduada.
- Recipientes y bandejas.
- Regla metálica.
- Dispositivos de medición de desplazamiento: para los ensayos de CBR.

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

- Se seleccionó una muestra representativa del material y se pesó en una balanza de precisión.
- Luego, la muestra se colocó en cápsulas metálicas y se introdujo en el horno de secado a 110°C hasta alcanzar peso constante.
- Una vez secas, se volvieron a pesar las muestras y se calculó el contenido de humedad según la diferencia de pesos.

c) Análisis Granulométrico NTP 339.128 (INACAL, 2019):

- Se tamizó la muestra de suelo a través de una serie de tamices de diferentes mallas colocados en un agitador de tamices.
- Se registró el peso retenido en cada tamiz y se calcularon los porcentajes de partículas por tamaño.
- Se elaboró una curva granulométrica para analizar la distribución de tamaños de las partículas.

d) Determinación del Límite Líquido NTP 339.129 (INACAL, 2019):

- Se preparó una pasta de suelo con agua y se colocó en la copa de Casagrande.
- Se realizó el ensayo aplicando golpes a la copa hasta que se cierre una ranura formada en la pasta.
- Se repitió el proceso con diferentes contenidos de agua para determinar el límite líquido.

e) Determinación del Límite Plástico NTP 339.129 (INACAL, 2019):

- Se tomó una porción de la muestra de suelo y se amoldó en forma de barritas delgadas con un rodillo.
- Se procedió a enrollar la muestra hasta que se desmorone a un diámetro de 3.2 mm.

- Se registró la cantidad mínima de agua con la que la muestra aún puede ser moldeada para determinar el límite plástico.

f) Ensayo Proctor Modificado NTP 339.141 (INACAL, 2019):

- Se prepararon varias muestras de suelo con diferentes contenidos de agua.
- Cada muestra se compactó en un molde cilíndrico usando un pisón mecánico según el procedimiento específico.
- Se midió la densidad seca obtenida y se determinó la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad.

Tabla 7

Especificaciones de la Prueba Proctor Modificado

Elemento	Método A	Método B	Método C
Energía de compactación (KN-m/m ³)	2696	2696	2696
Altura de la caída del martillo (mm)	457.2	457.2	457.2
Número de capas de compactación	5	5	5
Número de golpes de martillo por capa de suelo			
Peso del martillo (N)	44.5	44.5	44.5
Diámetro del molde (mm)	101.6	101.6	152.4
Volumen del molde (cm ³)	943.3	3 943.3	2124

Nota: (Das, 2015, pág. 102)

g) Ensayo de CBR de Laboratorio NTP 339.145 (INACAL, 2019):

- Las muestras de suelo compactadas a la densidad y humedad óptimas previamente se analizaron a expansión colocándolo en agua por 4 días.
- Las muestras de suelo compactadas a la densidad y humedad óptimas se colocarán en el dispositivo de CBR, luego del ensayo de expansión.
- Se aplicó una carga sobre la muestra y se midió la resistencia al corte a diferentes profundidades de penetración.
- Se calculó el valor de CBR comparando la resistencia medida con una referencia estándar.

h) Ensayo de Equivalente de Arena NTP 339.146 (INACAL, 2019):

- Se mezcló la muestra de suelo con agua en una probeta y se agitaron en la máquina de ensayo de equivalente de arena.
- Se dejó reposar la mezcla y se midió la altura de los finos en la probeta para determinar el equivalente de arena.

i) Ensayo de Abrasión Los Ángeles NTP 400.019 (INACAL, 2020):

- Se introdujo una muestra de agregado grueso en el tambor de la máquina de abrasión Los Ángeles junto con esferas de acero.
- Se hizo girar el tambor a una velocidad constante y durante un número específico de revoluciones.
- Al finalizar, se recuperó el material y se tamizó para calcular el porcentaje de desgaste sufrido por el agregado.

3.6.1.5. Mezclas de material de cantera con residuos de carbón

a) Equipos, materiales e instrumentos necesarios:

- Balanza de precisión.
- Recipientes o bandejas grandes.
- Palas o espátulas metálicas.
- Tamices.
- Horno de secado.
- Guantes de protección.
- Cinta métrica o regla.
- Taras o sacos impermeables.
- Rotulador permanente.

b) Procedimiento para realizar las mezclas de material de cantera con residuos de carbón:

- Se procedió a secar el material de cantera en un horno a 110°C hasta alcanzar un peso constante. Este proceso garantizó que los materiales estén en condiciones adecuadas para realizar las mezclas.
- Se pesó la cantidad de material de cantera necesaria para cada mezcla en la balanza de precisión. Por ejemplo, cuando se preparó una muestra de 10 kg, se pesó exactamente 10 kg de material de cantera seco.
- Posteriormente, se pesó los residuos de carbón en proporciones del 5%, 10%, y 20% del peso seco del material de cantera. Para la muestra de 10 kg, se pesó 0.5 kg, 1 kg, y 2 kg de residuos de carbón respectivamente para cada mezcla.
- Se colocó el material de cantera y los residuos de carbón en un recipiente o bandeja grande.
- Con la ayuda de palas o espátulas metálicas, se mezcló ambos componentes manualmente. El proceso se repitió varias veces para asegurar una distribución homogénea de los residuos de carbón en el material de cantera.
- Se verificó visualmente que no haya aglomeraciones de carbón en la mezcla y que esté uniformemente distribuida.
- Las mezclas preparadas se transfirieron a taras o sacos impermeables, que fueron debidamente etiquetados con el porcentaje de residuos de carbón (5%, 10%, 20%) y el peso de la muestra.
- Finalmente, las mezclas se almacenaron en un lugar adecuado hasta realizar los ensayos correspondientes.

3.6.1.6. Ensayos físicos y mecánicos a las mezclas de material de cantera con residuos de carbón

En la investigación, se realizó ensayos físicos y mecánicos a las mezclas de material de cantera con residuos de carbón al 5%, 10%, y 20% del peso seco del suelo de la cantera. Estos ensayos se llevaron a cabo de manera similar a los que se efectuaron para el suelo natural, pero con la mezcla combinada de suelo con residuos de carbón.

Tabla 8

Número de Especímenes para Ensayos en las Mezclas de Material de Cantera y residuos de Carbón para la Producción de Subbase Granular

Ensayos	Proporciones de materiales			
	100%	95%	90%	80%
Material de la cantera	100%	95%	90%	80%
Residuos de carbón	0%	5%	10%	20%
Granulometría	3	3	3	3
Contenido de humedad	3	3	3	3
Límite líquido	3	3	3	3
Límite plástico	2	2	2	2
Equivalente de arena	3	3	3	3
Proctor modificado	5	5	5	5
Abrasión	3	3	3	3
Capacidad de soporte (CBR)	3	3	3	3
Total	25	25	25	25

3.6.2. Procesamiento de datos

El procesamiento de datos se realizó de manera sistemática utilizando Microsoft Excel 2024; inicialmente, se organizaron los resultados de los ensayos de laboratorio, incluyendo contenido de humedad, granulometría, límites de Atterberg, compactación (Proctor modificado), CBR, equivalente de arena y abrasión Los Ángeles.

Los datos verificados fueron ingresados en hojas de cálculo estructuradas, donde se generaron tablas y gráficos para facilitar el análisis comparativo entre mezclas con 0%, 5%, 10% y 20% de residuos de carbón. Se calcularon promedios, desviaciones estándar y otros parámetros estadísticos; además, se elaboraron gráficos granulométricos, de barras y de líneas, permitiendo una mejor interpretación de las tendencias y relaciones entre variables.

3.6.3. *Análisis de datos*

El análisis de datos se realizó utilizando Minitab 22, comenzando con la evaluación de la normalidad de los datos mediante el test de Shapiro-Wilk. Si los datos mostraban una distribución normal, se aplicaron pruebas estadísticas paramétricas, como la correlación de Pearson, para evaluar la relación entre la proporción de residuos de carbón y las propiedades mecánicas del material de cantera.

Finalmente, los resultados fueron comparados con los requisitos técnicos de la Especificación General (EG-2013) del MTC (2015) para determinar si las mezclas evaluadas cumplen con los estándares exigidos para subbases granulares, verificando así su viabilidad en pavimentos.

3.7. Aspectos éticos

En la investigación se aplicaron varios aspectos éticos relevantes al tema (Acevedo, 2002). En primer lugar, se garantizó el respeto y la protección del medio ambiente durante la recolección y manejo de los residuos de carbón y del material de cantera. Esto implica que se tomaron medidas para minimizar cualquier impacto ambiental negativo, como la prevención de la contaminación del suelo y del agua durante el proceso de extracción y manejo de los materiales.

Además, se aseguró la transparencia y la honestidad en la presentación de los resultados obtenidos. Todos los datos de los ensayos de laboratorio fueron reportados de manera precisa y completa, sin omitir o manipular información que pudiera alterar la interpretación de los resultados. Esto incluye el uso responsable del software de análisis estadístico y la presentación clara de cualquier limitación o incertidumbre en los resultados.

Asimismo, se respetaron los derechos de propiedad intelectual en el uso de datos y fuentes bibliográficas. Se acreditaron correctamente todas las fuentes de información utilizadas en el desarrollo de la investigación, evitando el plagio y garantizando el reconocimiento adecuado de las ideas y trabajos previos de otros investigadores.

Finalmente, se actuó con responsabilidad social al considerar el impacto potencial del uso de residuos de carbón en la mejora de materiales de construcción. Se evaluó la seguridad de las mezclas propuestas, asegurando que no se introduzcan riesgos para la salud pública o el medio ambiente en la aplicación de estos materiales en la construcción de subbases granulares para pavimentos.

CAPÍTULO IV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción de resultados

4.1.1. *Propiedades físicas del material de la cantera “Las Tunas” con residuos de carbón de piedra*

La normativa EG-2013 (MTC, 2015) establece rangos específicos para el porcentaje de material que pasa por los tamices N° 4, N° 10, N° 40 y N° 200, los cuales deben encontrarse dentro de ciertos límites para garantizar la adecuada distribución de partículas de la cantera Las Tunas, combinado con diferentes proporciones de residuos de carbón (0%, 5%, 10% y 20%). A medida que se incrementa el porcentaje de residuos de carbón, el material se vuelve ligeramente más fino, pasando de 32.7% a 37.0% en el tamiz N° 4, de 24.3% a 27.3% en el tamiz N° 10, de 15.7% a 16.8% en el tamiz N° 40 y de 13.0% a 14.4% en el tamiz N° 200. Estos valores indican que, la granulometría del material se mantiene dentro de los estándares permitidos para subbase granular, independientemente del porcentaje de residuos de carbón.

Respecto a los límites de consistencia la norma establece que el Límite Líquido (LL) no debe superar el 25%, mientras que el Índice de Plasticidad (IP) debe ser de 6% o menos. Las mezclas con 0% y 5% de residuos de carbón no cumplen con estos criterios, ya que presentan LL de 30.1% y 27.2%, respectivamente, además de IP de 9.5% y 7.9%, ambos valores superiores a los límites normativos; esto indica que estas mezclas son demasiado plásticas. Sin embargo, al incorporar 10% de residuos de carbón, el LL se reduce a 23.0% y el IP a 5.5%, logrando así cumplir con la normativa. Esta tendencia se mantiene con 20% de residuos de carbón, donde el LL baja a 21.3% y el IP a 4.6%, indicando

mayor estabilidad del material. Y respecto al equivalente de arena la norma exige mínimo 25%, sin embargo, ninguna de las combinaciones analizadas alcanza este valor. Los resultados varían entre 15.9% y 17.4%, lo que indica que el material contiene partículas finas de baja calidad. Este aspecto es crítico, ya que el bajo equivalente de arena puede comprometer el comportamiento del material en aplicaciones viales.

Por tanto, de acuerdo a las propiedades físicas, las mezclas con 0% y 5% de residuos de carbón no son adecuadas para su uso como subbase granular, ya que superan los límites permitidos de LL e IP. En contraste, las combinaciones con 10% y 20% de residuos de carbón sí cumplen con los requisitos de granulometría y plasticidad, lo que sugiere que estos niveles de residuos de carbón mejoran la estabilidad del material. Sin embargo, a pesar de cumplir con la mayoría de los criterios normativos, ninguna de las combinaciones alcanza el mínimo requerido de 25% en el equivalente de arena, lo que representa una limitación importante para su uso como subbase granular.

Siendo así, los resultados indican que para que el material de cantera Las Tunas sea adecuado como subbase granular, debe contener al menos 10% de residuos de carbón, ya que a partir de este punto se cumplen los requisitos de granulometría y plasticidad establecidos en la normativa.

Tabla 9

Propiedades Físicas del Material de la Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón de Piedra

Propiedades	Carbón				Requisitos de la EG-2013 (MTC, 2015)
	0%	5%	10%	20%	
Humedad	4.50	4.50	4.30	4.20	
Grava (%)	67.3	65.2	61.1	63.0	
Arena (%)	19.7	21.6	24.5	24.0	
Finos (%)	13.0	13.2	14.4	13.0	
Pasa N° 4 (%)	32.7	34.8	38.9	37.0	30-60%
Pasa N° 10 (%)	24.3	25.8	28.8	27.3	20-45%
Pasa N° 40 (%)	15.7	16.3	18.1	16.8	15-30%
Pasa N° 200 (%)	13.0	13.2	14.4	13.0	5-15%
LL (%)	30.1	27.2	23.0	21.3	Máx. 25% base granular Máx. 35% afirmado
LP (%)	20.6	19.3	17.5	16.7	
IP (%)	9.5	7.9	5.5	4.6	Máx. 6%
EA (%)	16.5	17.4	15.9	16.0	Min. 25%

Figura 16

Límite Líquido del Material de la Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón de Piedra

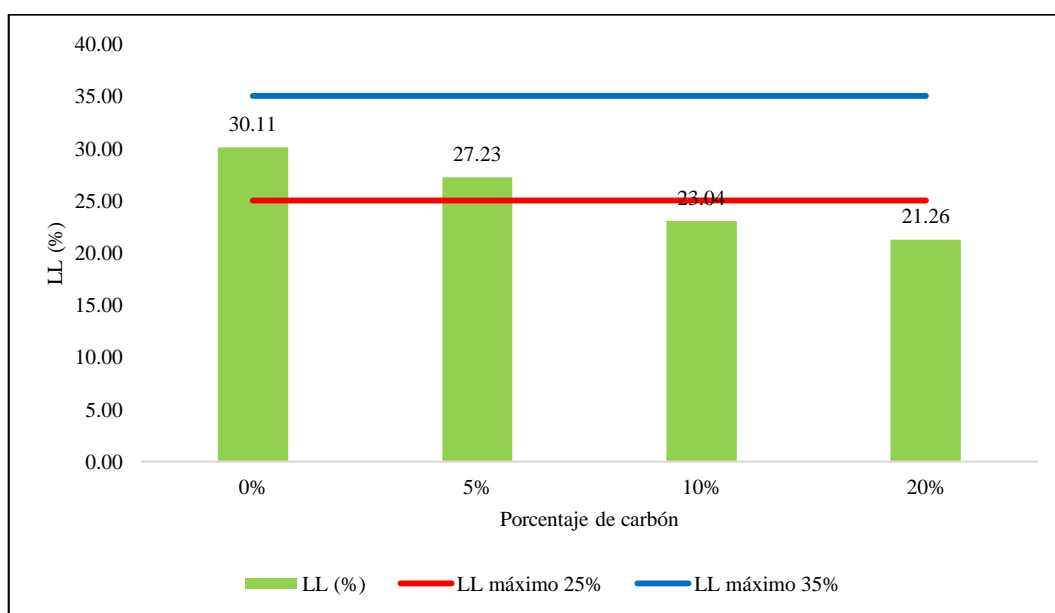


Figura 17

Índice de Plasticidad del Material de la Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón de Piedra

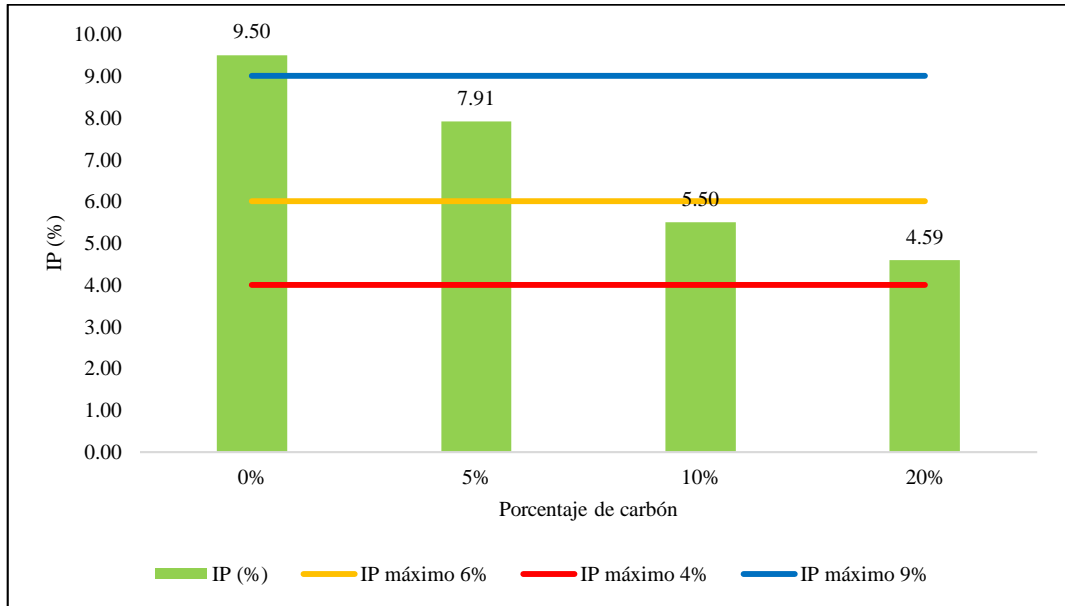
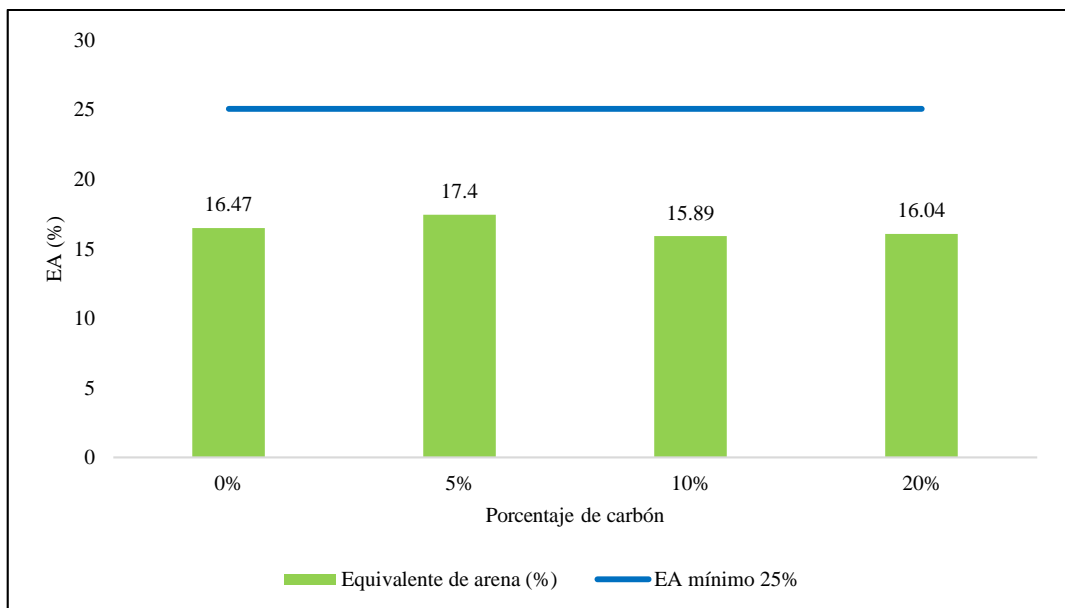


Figura 18

Equivalente de Arena del Material de la Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón de Piedra



4.1.1.1. Granulometría

El análisis de la granulometría del material de cantera Las Tunas, combinado con distintos porcentajes de residuos de carbón (0%, 5%, 10% y 20%), permite evaluar su cumplimiento con el huso granulométrico B para subbase granular, según la norma EG-2013 (MTC, 2015). Para ello, se compararon los valores obtenidos en cada tamiz con los límites establecidos en la normativa.

En primer lugar, se observa que en el tamiz de 2" (50 mm), todos los valores obtenidos (96.9% - 97.2%) están ligeramente por debajo del 100% exigido, lo que indica que el material no cumple estrictamente con este requisito. Sin embargo, en el resto de los tamices donde la norma establece un rango de valores aceptables, el material se encuentra dentro de los límites permitidos. Por ejemplo, en el tamiz de 1" (25 mm), los valores oscilan entre 79.1% y 81.5%, lo que se encuentra dentro del intervalo de 75% a 95% establecido en la normativa. De manera similar, en los tamices de 3/8" (9.5 mm), N° 4 (4.75 mm), N° 10 (2.00 mm), N° 40 (0.43 mm) y N° 200 (0.08 mm), los valores registrados cumplen con los límites exigidos.

Al comparar las diferentes combinaciones de residuos de carbón, se identifica una tendencia clara: a medida que aumenta el porcentaje de residuos de carbón, los valores de los porcentajes que pasan en los tamices más finos tienden a incrementarse ligeramente. Esto es esperable, ya que la adición de residuos de carbón aporta una fracción más fina al material, aumentando la cantidad de partículas que atraviesan los tamices de menor tamaño. La variación más notable se presenta en el tamiz N° 4, donde el porcentaje que pasa aumenta en 4.3% entre la mezcla sin residuos (0%) y la mezcla con 20%. En el tamiz N° 200, el incremento es más moderado, con un aumento de 1.4%.

Por otro lado, en los tamices de mayor tamaño (2", 1 1/2", 1" y 3/8"), la variación es menor, con incrementos de entre 0.3% y 3.4%. Esto indica que la adición de residuos de carbón no altera significativamente la granulometría en la fracción gruesa, sino que su impacto es más notorio en la fracción fina.

Por tanto, todas las combinaciones de residuos de carbón cumplen con los requisitos granulométricos establecidos en la norma, excepto en el tamiz de 2", donde no se alcanza el 100% exigido. No obstante, la adición de residuos de carbón tiende a incrementar la cantidad de material fino sin modificar de manera significativa la fracción gruesa. Entre todas las opciones, la combinación con 10% de residuos de carbón parece proporcionar la distribución granulométrica más equilibrada, ya que mantiene la proporción adecuada de partículas finas sin generar exceso que pudiera afectar la estabilidad del material.

Figura 19

Curva Granulométrica para el Huso B del Material de la Cantera "Las Tunas" con Residuos de Carbón de Piedra

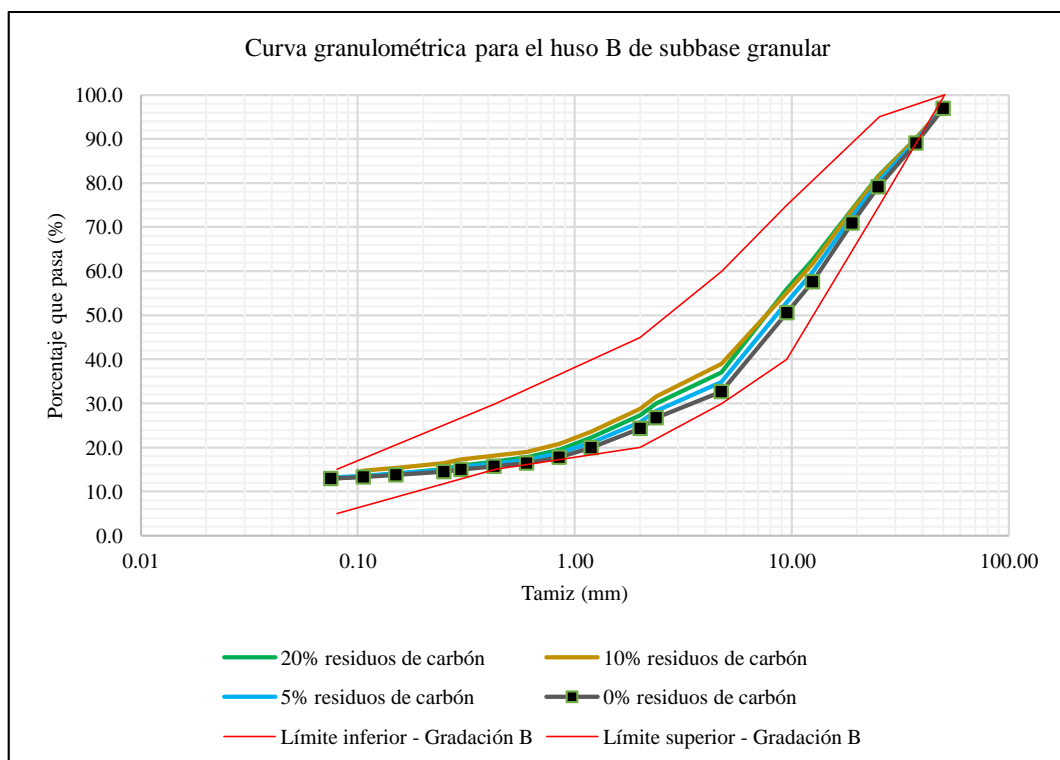


Tabla 10

*Datos para la Curva Granulométrica para el Huso B del Material de la Cantera
"Las Tunas" con Residuos de Carbón de Piedra*

N°	Tamiz Abertura (mm)	Porcentaje que pasa (%) de acuerdo al porcentaje de residuos de carbón				Huso granulométrico B	
		0%	5%	10%	20%	Límite inferior	Límite superior
3"	75.00	100.0	100.0	100.0	100.0		
2 1/2"	63.50	100.0	100.0	100.0	100.0		
2"	50.00	96.9	97.1	97.2	97.0	100	100
1 1/2"	37.50	89.1	89.6	90.1	90.2		
1"	25.00	79.1	80.2	81.3	81.5	75	95
3/4"	19.00	70.9	72.4	73.8	74.0		
1/2"	12.50	57.6	59.8	61.7	62.5		
3/8"	9.50	50.6	53.0	55.2	56.0	40	75
N° 4	4.75	32.7	34.8	38.9	37.0	30	60
N° 8	2.38	26.7	28.3	31.6	30.0		
N° 10	2.00	24.3	25.8	28.8	27.3	20	45
N° 16	1.19	20.0	21.1	23.6	22.3		
N° 20	0.85	17.8	18.7	20.8	19.5		
N° 30	0.60	16.5	17.2	19.0	17.8		
N° 40	0.43	15.7	16.3	18.1	16.8	15	30
N° 50	0.30	15.0	15.6	17.3	15.9		
N° 60	0.25	14.5	14.9	16.4	15.1		
N° 100	0.15	13.8	14.1	15.4	14.0		
N° 140	0.11	13.3	13.6	14.8	13.4		
N° 200	0.08	13.0	13.2	14.4	13.0	5	15

4.1.1.2. Contenido de humedad

Inicialmente, sin residuos de carbón (0%) y con la mezcla del 5%, la humedad se mantiene constante en 4.50%, lo que indica que la adición mínima de carbón no genera variaciones en la retención de humedad. Sin embargo, al aumentar la proporción de residuos de carbón al 10%, la humedad disminuye a 4.30%, representando reducción del 4.44% en comparación con la mezcla sin

carbón. Esta tendencia continúa con el 20% de residuos de carbón, donde la humedad desciende a 4.20%, lo que representa reducción del 6.67% en la capacidad del material para retener agua. Este comportamiento sugiere que el residuo de carbón tiene menor capacidad de absorción de agua en comparación con el material original de la cantera. A medida que aumenta su proporción en la mezcla, se reduce la cantidad de agua retenida. Por tanto, la presencia de residuos de carbón en la mezcla disminuye el contenido de humedad del material, con reducciones más significativas a partir del 10% de carbón en adelante.

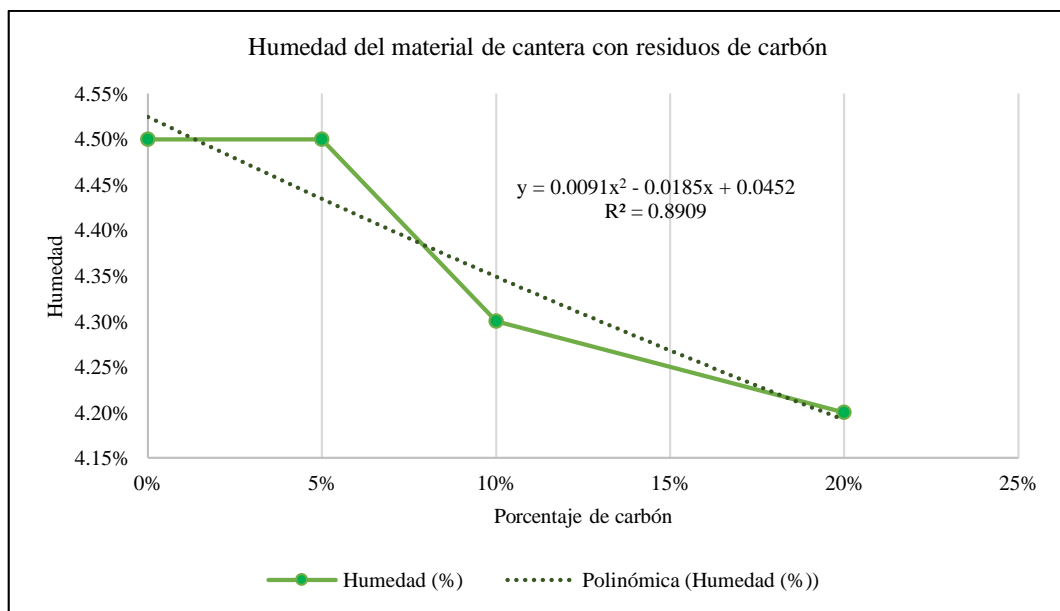
Tabla 11

Humedad del Material de la Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón

Carbón	Humedad	Porcentaje de reducción
0%	4.50%	0.00%
5%	4.50%	0.00%
10%	4.30%	-4.44%
20%	4.20%	-6.67%

Figura 20

Humedad del Material de la Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón



4.1.1.3.Límite líquido

La EG-2013 (MTC, 2015) establece que el valor máximo del límite líquido (LL) del material de cantera Las Tunas, combinado con distintos porcentajes de residuos de carbón (0%, 5%, 10% y 20%) no debe ser mayor a 35% para afirmado y 25% para subbase granular.

Inicialmente, sin residuos de carbón (0%), el límite líquido es 30.11%, cumpliendo con el criterio de afirmado, pero excediendo el valor permitido para subbase granular. Con la adición de 5% de residuos de carbón, el límite líquido disminuye a 27.23%, representando reducción del 9.56% con respecto a la mezcla original. A medida que el porcentaje de residuos de carbón aumenta, el límite líquido continúa disminuyendo significativamente. Con 10% de residuos de carbón, el valor se reduce a 23.04%, alcanzando reducción del 23.48%; en esta proporción, el material ya cumple con los requisitos tanto para afirmado como para subbase granular, haciéndolo más versátil en su aplicación. Finalmente, con 20% de residuos de carbón, el límite líquido baja aún más a 21.26%, lo que representa reducción del 29.39% en comparación con la mezcla sin residuos. Este valor se encuentra dentro de los límites exigidos para ambas aplicaciones.

Los resultados indican que el uso de residuos de carbón reduce el límite líquido del material, lo que sugiere menor plasticidad. Mientras que la mezcla original solo es apta para afirmado, a partir del 10% de residuos de carbón, el material cumple también con el límite requerido para subbase granular.

Si el objetivo es utilizar el material en afirmado, cualquier porcentaje analizado es adecuado. Sin embargo, para aplicaciones en subbase granular, se recomienda dosificación de al menos 10% de residuos de carbón, ya que garantiza que el límite líquido esté dentro de los valores normativos.

Tabla 12

Límite Líquido del Material de Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón

Carbón	LL (%)	Porcentaje de reducción
0%	30.11	0.00%
5%	27.23	-9.56%
10%	23.04	-23.48%
20%	21.26	-29.39%

Figura 21

Curva de Fluidez, Material de Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón

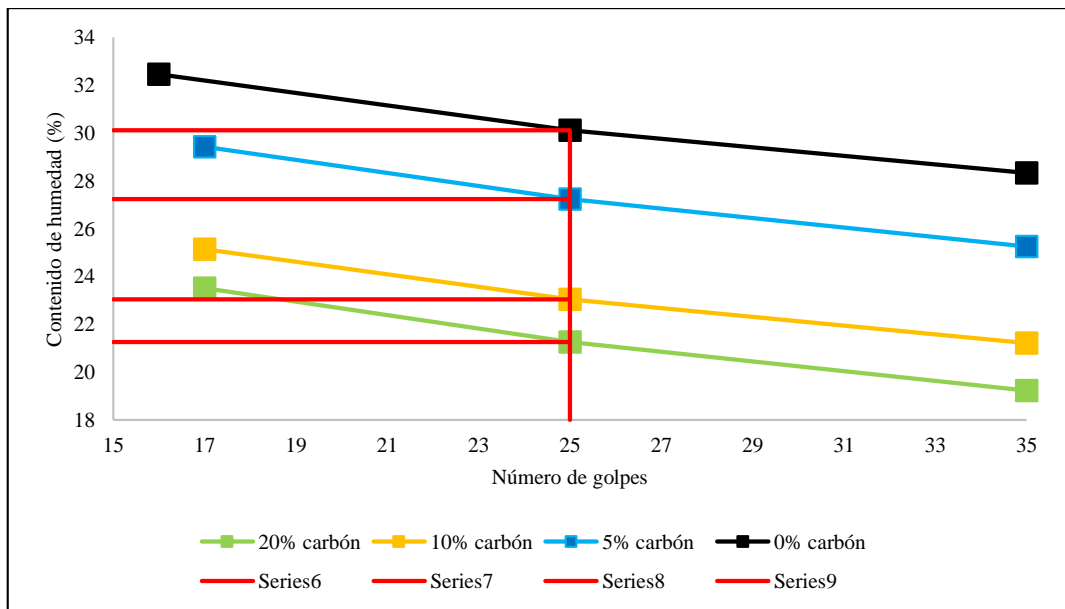
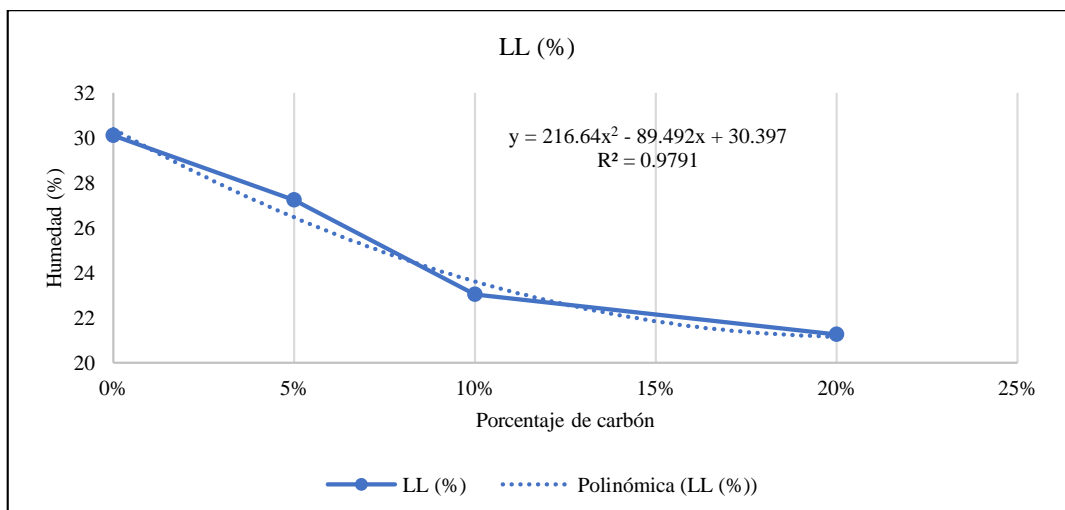


Figura 22

Límite Líquido del Material de Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón



4.1.1.4.Límite plástico

Inicialmente, sin residuos de carbón (0%), el límite plástico es de 20.61%. Al adicionar 5% de residuos de carbón, el valor se reduce a 19.32%, representando disminución del 6.26% en comparación con la mezcla original. A medida que aumenta el porcentaje de residuos de carbón, la tendencia a la disminución del límite plástico se mantiene. Con 10% de residuos de carbón, el valor desciende a 17.54%, lo que equivale a la reducción del 14.90%. Finalmente, con 20% de residuos de carbón, el límite plástico disminuye hasta 16.67%, representando reducción del 19.12%, lo que indica que el material es menos plástico y potencialmente menos susceptible a deformaciones.

La disminución del límite plástico indica que el material combinado con residuos de carbón tiene menor plasticidad, lo que sugiere que la mezcla es menos cohesiva y menos susceptible a la deformación bajo condiciones de humedad. Esto es positivo en aplicaciones donde se requiere menor expansión volumétrica, ya que materiales con menor plasticidad tienden a ser menos sensibles a la presencia de agua y más resistentes a deformaciones en condiciones de carga.

Los resultados muestran que la incorporación de residuos de carbón reduce de manera progresiva la plasticidad del material, lo que es beneficioso en términos de estabilidad y resistencia a la deformación. Si bien todos los porcentajes de residuos de carbón analizados presentan disminución del límite plástico, la proporción del 10% o más parece ser óptima, ya que mantiene la reducción significativa sin comprometer excesivamente la trabajabilidad del material.

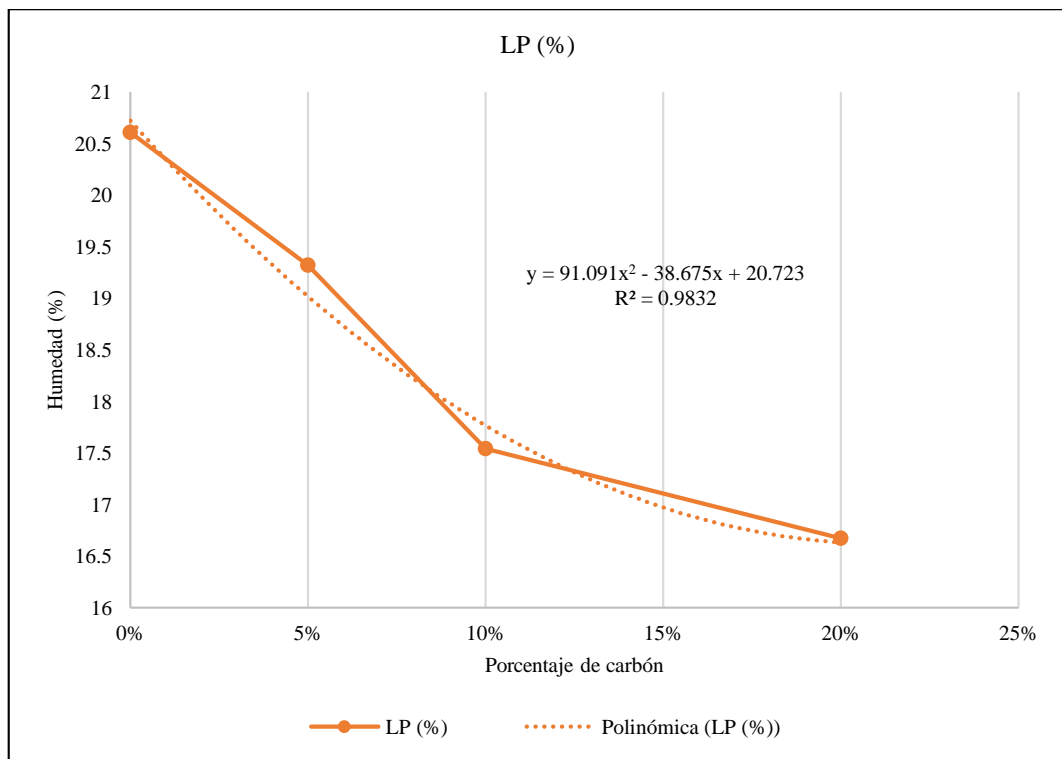
Tabla 13

Límite Plástico del Material de la Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón de Piedra

Carbón	LP (%)	Porcentaje de reducción
0%	20.61	0.00%
5%	19.32	-6.26%
10%	17.54	-14.90%
20%	16.67	-19.12%

Figura 23

Límite Plástico del Material de la Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón de Piedra



4.1.1.5. Índice de plasticidad

Según la norma EG-2013 (MTC, 2015), el índice de plasticidad (IP) del material de cantera Las Tunas, combinado con distintos porcentajes de residuos de carbón (0%, 5%, 10% y 20%), debe estar entre 4% y 9% para afirmado y no debe ser mayor a 6% para subbase granular.

Sin residuos de carbón (0%), el índice de plasticidad es de 9.50%, lo que excede ligeramente el valor máximo permitido para afirmado (9%) y está muy por encima del límite para subbase granular (6%), esto indica que el material original es altamente plástico. Con 5% de residuos de carbón, el índice de plasticidad disminuye a 7.91%, lo que representa reducción del 16.74%, este valor ya se encuentra dentro del rango aceptable para afirmado, pero sigue siendo superior al límite para subbase y base granular. Con 10% de residuos de carbón, el índice baja significativamente a 5.50%, con reducción del 42.11% respecto al material sin residuos, este valor cumple con ambos requisitos normativos, tanto para afirmado como para subbase granular, lo que lo hace adecuado para diversas aplicaciones viales. Con 20% de residuos de carbón, el índice de plasticidad se reduce aún más a 4.59%, lo que implica disminución del 51.68%, este valor sigue cumpliendo con los requisitos para afirmado y subbase granular, acercándose al límite inferior del rango aceptable para afirmado (4%).

La tendencia observada indica que a medida que aumenta el porcentaje de residuos de carbón, la plasticidad del material disminuye significativamente. Esto sugiere que los residuos de carbón reducen la cantidad de finos cohesivos en la mezcla, disminuyendo su sensibilidad al agua y mejorando su estabilidad mecánica.

La mezcla con 0% de carbón es demasiado plástica para cumplir con los requisitos normativos. Con 5% de carbón, el material se vuelve adecuado para afirmado, pero aún no para subbase granular. Con 10% de carbón o más, el material cumple con ambos requisitos normativos, volviéndose más estable. Por tanto, para aplicaciones en afirmado, 5% o más de residuos de carbón es adecuado; sin embargo, si el material se utilizará en subbase granular, se recomienda al menos 10% de residuos de carbón para asegurar que el IP no supere 6%.

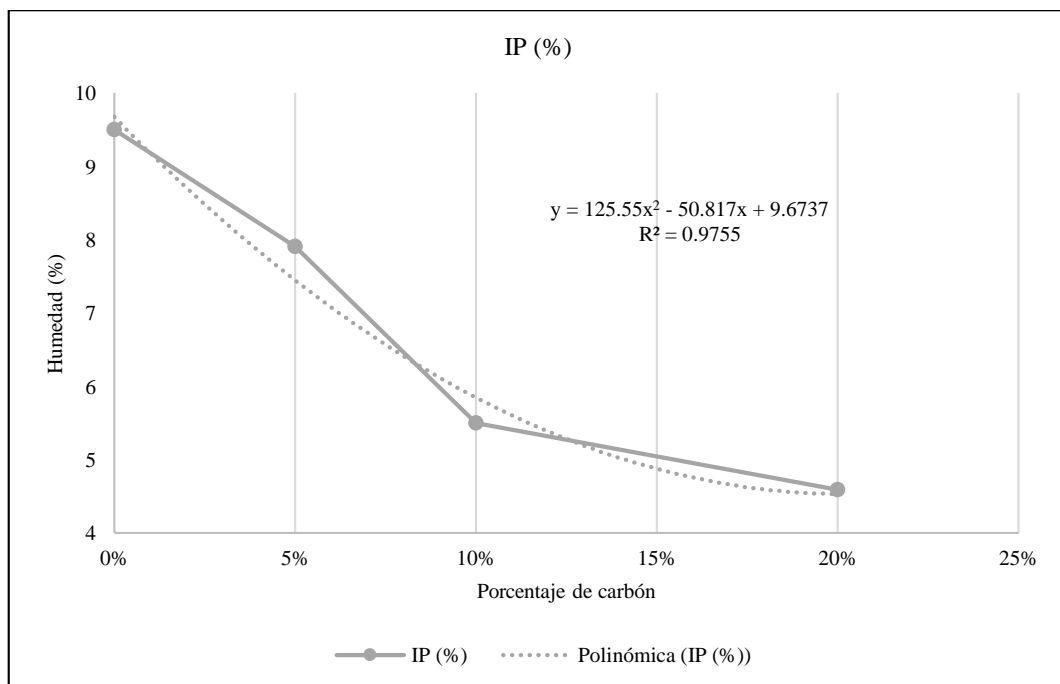
Tabla 14

Índice de Plasticidad del Material de Cantera con Residuos de Carbón

Carbón	IP (%)	Porcentaje de reducción
0%	9.50	0.00%
5%	7.91	-16.74%
10%	5.50	-42.11%
20%	4.59	-51.68%

Tabla 15

Índice de Plasticidad del Material de la Cantera con Residuos de Carbón



4.1.1.6. Equivalente de arena

Según la norma EG-2013 (MTC, 2015), el equivalente de arena del material de cantera Las Tunas, combinado con distintos porcentajes de residuos de carbón (0%, 5%, 10% y 20%), debe ser como mínimo 25% para que el material sea apto como subbase granular.

Sin residuos de carbón (0%), el equivalente de arena es de 16.47%, valor muy por debajo del mínimo requerido, lo que indica alta presencia de finos. Al incorporar 5% de residuos de carbón, se observa ligera mejora, aumentando el equivalente de arena a 17.40%, lo que representa incremento del 5.65%; no obstante, este valor sigue estando lejos del umbral mínimo normativo. Con la adición de 10% de residuos de carbón, el equivalente de arena disminuye a 15.89%, reflejando reducción del 3.52% respecto al material sin residuos; este resultado sugiere que la calidad de las partículas finas se ve afectada, por la introducción de mayor contenido de material más fino y de menor calidad. Tendencia similar se observa con 20% de residuos de carbón, donde el equivalente de arena se mantiene en 16.04%, con reducción del 2.61% en comparación con la mezcla inicial; aunque este valor es ligeramente mejor que el obtenido con 10%.

Comparando las distintas combinaciones, la única proporción que presenta leve mejora en la limpieza del material es la del 5% de residuos de carbón, aunque sigue sin cumplir con los requisitos normativos. En contraste, las mezclas con 10% y 20% de residuos de carbón muestran disminución en el equivalente de arena, lo que sugiere que el material se vuelve menos limpio con mayores proporciones de residuos. Por tanto, ninguna de las combinaciones analizadas alcanza el mínimo de 25% exigido por la normativa para subbase granular. Si bien la adición de 5% de residuos de carbón mejora ligeramente la calidad de las

partículas finas, el material aún no es apto, además, mayor contenido de residuos de carbón afecta negativamente la limpieza del material, por lo que, para mejorar la viabilidad del material, se debe considerar tratamientos adicionales.

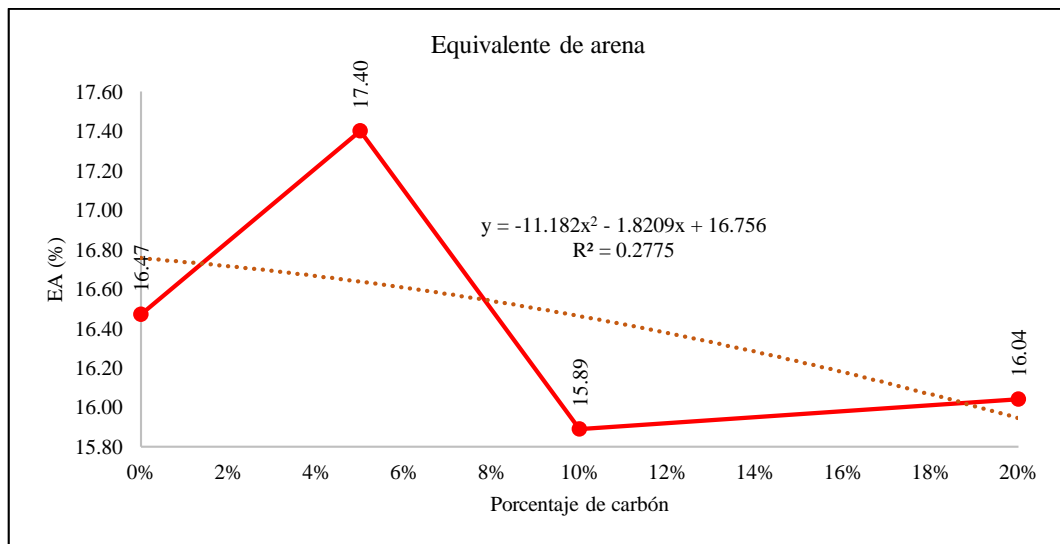
Tabla 16

EA del Material de Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón de Piedra

Carbón	Equivalente de arena (EA)	Porcentaje de reducción o aumento
0%	16.47	0.00%
5%	17.40	5.65%
10%	15.89	-3.52%
20%	16.04	-2.61%

Figura 24

EA del Material de la Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón de Piedra



Nota: La figura muestra la relación entre el porcentaje de residuos de carbón y el EA% del material de cantera Las Tunas. Se observa comportamiento no lineal en los valores del equivalente de arena: aumenta inicialmente, pasando de 16.47% (0%) a 17.40% (5%), luego disminuye bruscamente a 15.89% con 10% de carbón, y finalmente vuelve a subir levemente a 16.04% con 20%. Este patrón indica que los valores no siguen tendencia global estrictamente creciente o decreciente, sino que presentan fluctuaciones locales. Sin embargo, al observar la línea de tendencia cuadrática (representada por la curva punteada), se evidencia que en promedio el equivalente de arena disminuye a medida que se incrementa el porcentaje de carbón.

4.1.2. Propiedades mecánicas del material de la cantera “Las Tunas” con residuos de carbón de piedra

La Máxima Densidad Seca (MDS) se mantiene constante en 2.2 g/cm³ en todas las mezclas, lo que indica que la adición de residuos de carbón no afecta significativamente la densidad del material cuando se compacta. Por otro lado, el Óptimo Contenido de Humedad (OCH) disminuye progresivamente a medida que aumenta el porcentaje de residuos de carbón, pasando de 6.1% en la mezcla sin residuos a 5.6% con 10% de residuos, lo que sugiere que la presencia de residuos de carbón reduce la cantidad de agua necesaria para alcanzar la compactación óptima. Sin embargo, con 20% de residuos de carbón, el OCH aumenta ligeramente a 5.8%, lo que podría indicar que un exceso de residuos comienza a afectar la retención de humedad del material.

El material sin residuos de carbón presenta CBR al 100% de MDS de 39.1%, lo que no cumple con el mínimo requerido (40%) para subbase granular. Al incorporar 5% de residuos de carbón, el CBR aumenta a 44.1%, lo que le permite cumplir con la normativa para subbase granular. Sin embargo, el CBR al 95% de MDS en esta misma mezcla es de 37.5%, aún por debajo del mínimo exigido (40%). Con 10% de residuos de carbón, se alcanza la mejor capacidad de soporte, con CBR al 100% de 59.5% y CBR al 95% de 50.6%, ambos valores superando los mínimos requeridos para subbase granular. Sin embargo, al aumentar la proporción de residuos de carbón al 20%, los valores de CBR comienzan a descender, alcanzando 48.7% al 100% de MDS y 41.5% al 95% de MDS. Aunque estos valores aún cumplen con la normativa para subbase granular, reflejan disminución en la capacidad de soporte, lo que sugiere que un contenido excesivo de residuos puede comprometer la resistencia del material. Por tanto, la

mezcla con 10% de residuos de carbón es la más adecuada en términos de capacidad de soporte, ya que logra el mayor incremento en CBR, garantizando el cumplimiento de la normativa para subbase granular.

La mezcla sin residuos de carbón presenta el mayor porcentaje de expansión (1.0%), lo que indica mayor tendencia a la deformación. Con 5% de residuos de carbón, la expansión disminuye a 0.8%, y con 10% de residuos, baja aún más a 0.7%. La mejor reducción de expansión se observa con 20% de residuos de carbón, donde el valor desciende a 0.5%, lo que representa mayor estabilidad en presencia de humedad. Este resultado es positivo, ya que indica que la incorporación de residuos de carbón reduce la susceptibilidad del material a la expansión, lo que mejora su estabilidad estructural.

La incorporación de residuos de carbón al material de la cantera Las Tunas incrementa significativamente el desgaste por abrasión, reduciendo su resistencia mecánica. Aunque con 5% y 10% de carbón el material aún cumple con el límite del 50% establecido por la EG-2013 para subbase granular, se encuentra muy cercano al umbral. Mientras que, con 20% de carbón, el desgaste supera el límite permitido (53.10%), por lo que la mezcla no es apta como subbase granular.

Tabla 17

Propiedades mecánicas del material de la cantera “Las Tunas” con residuos de carbón de Piedra

Propiedades	Carbón				Requisitos de la EG-2013 (MTC, 2015)
	0%	5%	10%	20%	
MDS (g/cm ³)	2.2	2.2	2.2	2.2	
OCH (%)	6.1	5.9	5.6	5.8	
CBR al 100%					
MDS	39.1	44.1	59.5	48.7	Mín. 80% para base
CBR al 95%					
MDS	33.3	37.5	50.6	41.5	Mín. 40% para subbase
Expansión (%)	1.0	0.8	0.7	0.5	
Desgaste (%)	28.4	45.3	48.7	53.1	Máx. 50%

Figura 25

CBR del Material de la Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón de Piedra

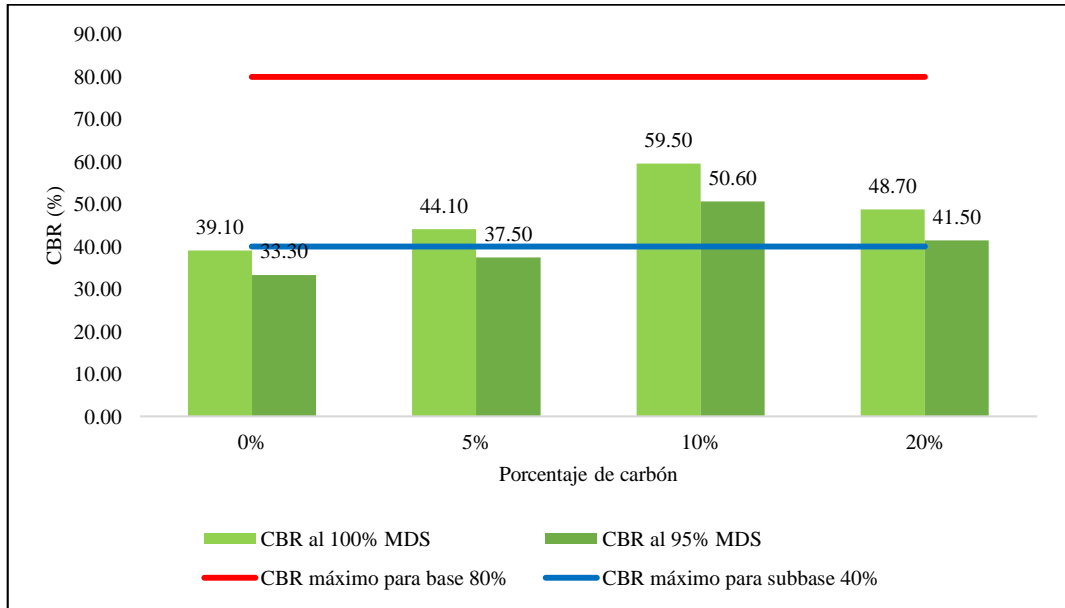
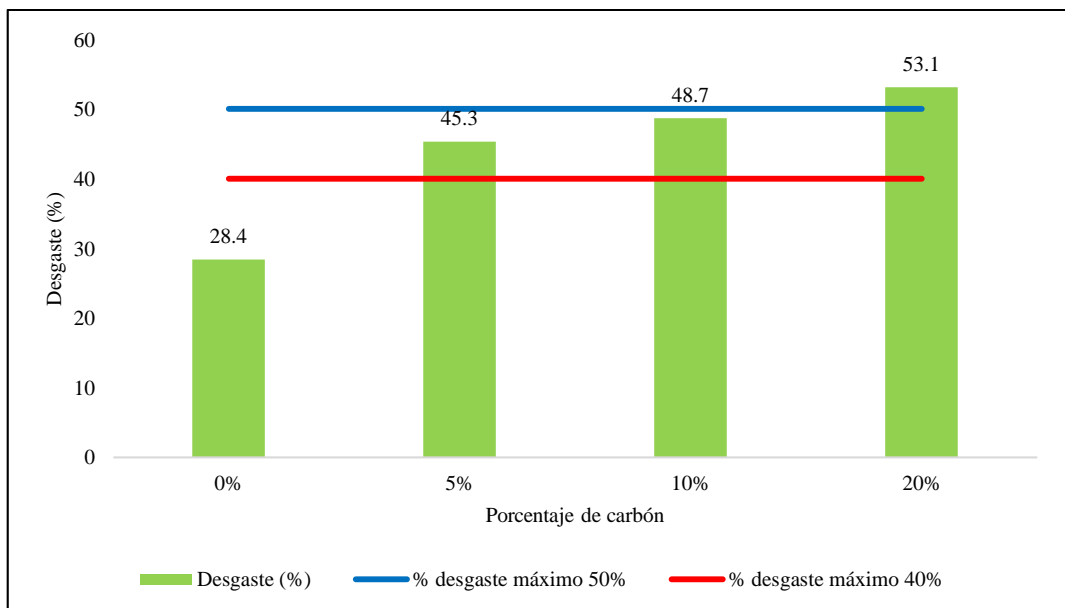


Figura 26

Desgaste del Material de la Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón de Piedra



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

La Máxima Densidad Seca (MDS) representa la densidad máxima que el material puede alcanzar bajo condiciones óptimas de compactación. En este caso, se observa que el material de la cantera Las Tunas sin residuos de carbón tiene MDS de 2.168 g/cm³, la cual aumenta progresivamente con la adición de residuos de carbón. Con 5% de residuos, la densidad seca aumenta ligeramente a 2.178 g/cm³, reflejando incremento del 0.46%. Con 10% de residuos, se obtiene el mayor valor de MDS, alcanzando 2.21 g/cm³, lo que representa mejora del 1.94% con respecto a la mezcla original. Sin embargo, al aumentar la proporción de residuos al 20%, la MDS disminuye levemente a 2.188 g/cm³, aunque sigue siendo 0.92% superior a la mezcla sin residuos. Estos resultados indican que la adición de residuos de carbón mejora la compactabilidad del material, con pico óptimo en 10% de residuos, donde se alcanza la mayor densidad. Sin embargo, cuando el porcentaje de residuos aumenta a 20%, la densidad seca muestra ligera reducción, lo que sugiere que un exceso de residuos de carbón afecta negativamente la capacidad de compactación del material.

El óptimo contenido de humedad (OCH) es la cantidad de agua requerida para alcanzar la máxima densidad del material. Un menor OCH indica que el material necesita menos agua para su compactación. En la mezcla sin residuos de carbón, el OCH es de 6.1%, y con la adición de 5% de residuos, se reduce a 5.9%, lo que representa disminución del 3.28%. Con 10% de residuos de carbón, se alcanza la mayor reducción del OCH, llegando a 5.6%, lo que significa que se necesita 8.20% menos agua en comparación con la mezcla sin residuos. Sin embargo, al aumentar la proporción de residuos a 20%, el OCH se incrementa ligeramente a 5.8%, aunque sigue siendo 4.92% menor que el del material sin

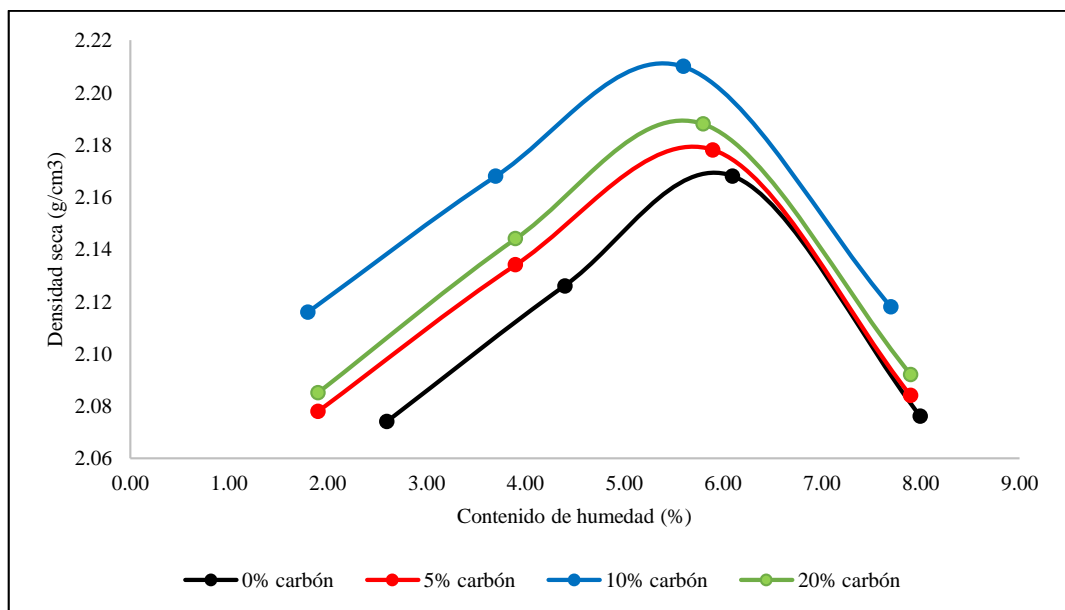
residuos. Estos resultados muestran que la incorporación de residuos de carbón reduce la cantidad de agua necesaria para lograr la compactación óptima, con la mejor reducción observada en la mezcla con 10% de residuos de carbón. A partir de este punto, el OCH aumenta nuevamente, lo que sugiere que una cantidad excesiva de residuos afecta la eficiencia del proceso de compactación.

Los datos analizados muestran que la adición de 10% de residuos de carbón es la más efectiva para mejorar la compactación del material, debido a que, aumenta la MDS en 1.94%, lo que sugiere mayor estabilidad y capacidad de carga, además, reduce el OCH en 8.20%, lo que indica que requiere menos agua para alcanzar su densidad óptima. Así mismo, si bien la mezcla con 20% de residuos de carbón también presenta mejoras en comparación con la mezcla sin residuos, la ligera reducción en la MDS y el aumento en el OCH en comparación con la mezcla con 10% de residuos sugieren que un contenido de residuos mayor a este nivel podría no ser óptimo en términos de eficiencia de compactación. Por otro lado, las mezclas con 0% y 5% de residuos de carbón muestran valores inferiores en compactación y requieren más humedad, lo que las hace menos eficientes.

Por tanto, la mezcla con 10% de residuos de carbón es la más adecuada para aplicaciones en infraestructura vial, ya que logra la mayor densidad seca y el menor contenido de humedad óptimo, por lo que el material con esta proporción de residuos tendrá mayor capacidad de carga, además de requerir menos agua para su compactación, lo que optimiza su desempeño en el campo.

Tabla 18*Compactación del Material de la Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón*

Compactación	Carbón			
	0%	5%	10%	20%
MDS (g/cm ³)	2.168	2.178	2.21	2.188
OCH (%)	6.1	5.9	5.6	5.8

Figura 27*Curva de Compactación del Material de la Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón de Piedra***Tabla 19***Máxima Densidad Seca del Material de la Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón de Piedra*

Carbón	MDS (g/cm ³)	Porcentaje de aumento
0%	2.17	0.00%
5%	2.18	0.46%
10%	2.21	1.94%
20%	2.19	0.92%

Figura 28

Máxima Densidad Seca del Material con Residuos de Carbón de Piedra

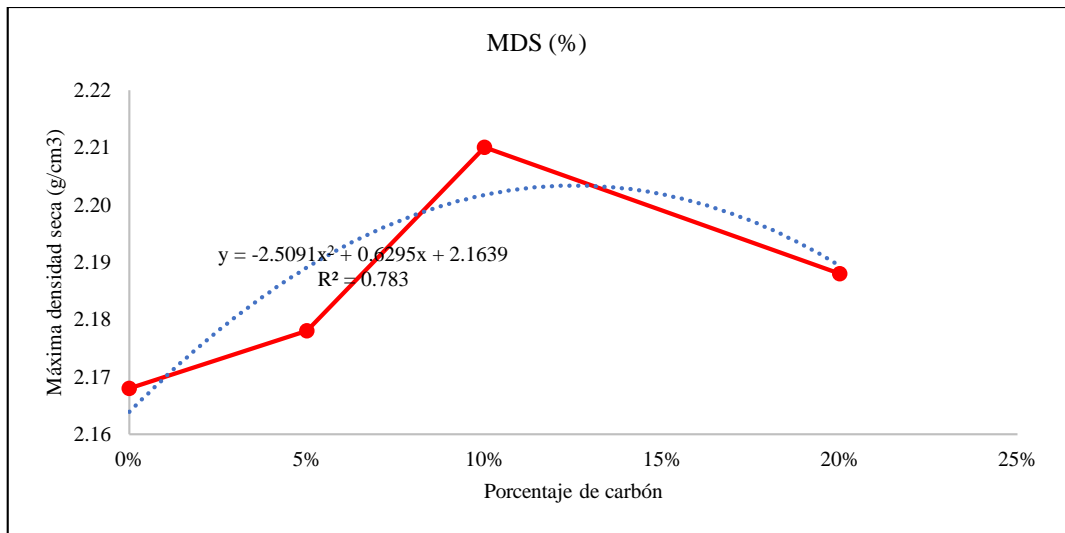


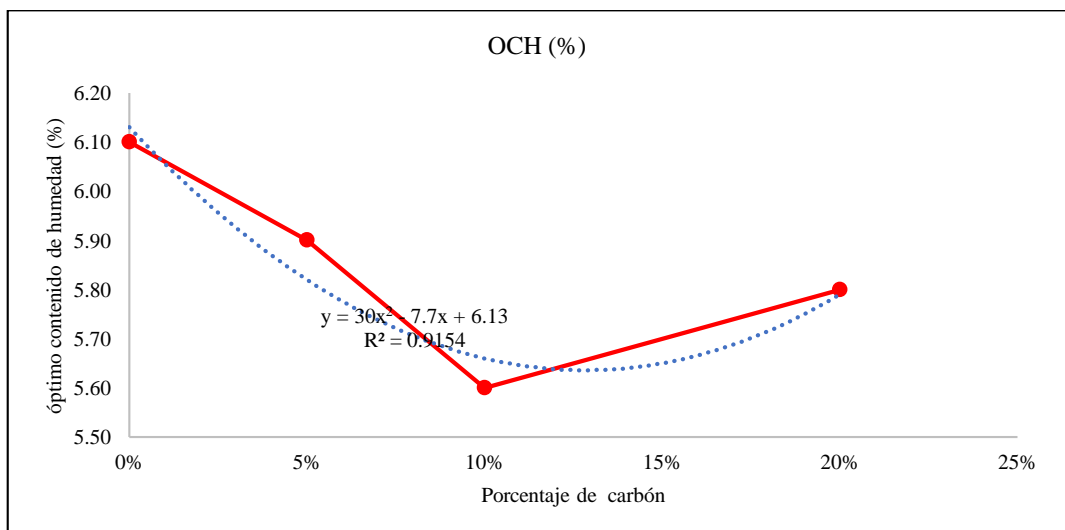
Tabla 20

Óptimo Contenido de Humedad del Material con Residuos de Carbón de Piedra

Carbón	OCH (%)	Porcentaje de reducción
0%	6.10	0.00%
5%	5.90	-3.28%
10%	5.60	-8.20%
20%	5.80	-4.92%

Figura 29

Óptimo Contenido de Humedad del Material con Residuos de Carbón de Piedra



4.1.2.2.Capacidad de soporte (CBR)

De acuerdo con la normativa EG-2013 (MTC, 2015), el CBR debe ser de al menos 40% para subbase granular y 80% para base granular. El CBR al 100% de MDS indica que la mezcla sin residuos de carbón tiene CBR de 39.1%, lo que significa que no cumple con el mínimo requerido para subbase granular. Sin embargo, al incorporar 5% de residuos de carbón, el CBR aumenta a 44.1%, lo que representa mejora del 12.79% y permite que la mezcla cumpla con los requisitos mínimos para subbase granular. El mayor incremento en la capacidad de soporte se obtiene con 10% de residuos de carbón, donde el CBR alcanza 59.5%, lo que equivale al aumento del 52.17% respecto al material original, este valor supera ampliamente el mínimo exigido para subbase granular, aunque sigue siendo insuficiente para su uso como base granular, que requiere CBR mínimo de 80%. Por otro lado, al aumentar la proporción de residuos al 20%, el CBR disminuye a 48.7%, aunque sigue representando mejora del 24.55% en comparación con la mezcla sin residuos.

En la mezcla sin residuos de carbón, el CBR al 95% de MDS es de 33.3%, lo que está por debajo del límite mínimo para subbase granular. Con 5% de residuos de carbón, el CBR mejora hasta 37.5%, lo que representa incremento del 12.61%, aunque sigue sin cumplir con la normativa. Con 10% de residuos de carbón, se observa una mejora considerable, alcanzando CBR de 50.6%, lo que significa aumento del 51.95% respecto a la mezcla original y garantiza el cumplimiento de los requisitos normativos para subbase granular. Finalmente, con 20% de residuos de carbón, el CBR se reduce a 41.5%, aunque sigue representando mejora del 24.62% y se mantiene dentro del rango permitido para subbase granular.

El material sin residuos de carbón (0%) no cumple con los requisitos para subbase granular, ya que su capacidad de soporte es insuficiente. Con 5% de residuos de carbón, el material mejora su CBR al 100% de MDS y cumple con los requisitos para subbase granular, pero sigue sin alcanzar el mínimo requerido al 95% de MDS. Con 10% de residuos de carbón, el material presenta el mayor incremento en capacidad de soporte y cumple con los requisitos tanto al 100% como al 95% de MDS, lo que lo convierte en la mejor opción para su uso como subbase granular. Con 20% de residuos de carbón, la capacidad de soporte sigue siendo aceptable para subbase granular, aunque ligeramente menor que con 10%.

Estos resultados demuestran que todas las mezclas con residuos de carbón cumplen con el requisito para subbase granular, pero ninguna alcanza el 80% necesario para base granular. La combinación óptima es la que contiene 10% de residuos de carbón, ya que presenta el mayor aumento en capacidad de soporte sin comprometer otras propiedades del material. Los resultados indican que la incorporación de 10% de residuos de carbón es la mejor opción para mejorar la capacidad de soporte del material de cantera Las Tunas, ya que, cumple con los requisitos para subbase granular establecidos en la normativa EG-2013 (MTC, 2015), además presenta el mayor incremento en el CBR, tanto al 100% de MDS como al 95% de MDS, superando ampliamente la capacidad de soporte de la mezcla original, garantizando mejor estabilidad estructural.

Por otro lado, aunque la mezcla con 20% de residuos de carbón sigue siendo viable, su capacidad de soporte es inferior a la de la mezcla con 10%, lo que sugiere que el exceso de residuos afecta la resistencia del material. En contraste, las mezclas con 0% y 5% de residuos de carbón presentan valores insuficientes de CBR, lo que las hace menos favorables para su uso en

infraestructura vial. Por tanto, para utilizar el material de cantera Las Tunas como subbase granular, se recomienda la proporción del 10% de residuos de carbón, ya que proporciona la mejor combinación.

Tabla 21

Capacidad de Soporte del Material de la Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón de Piedra

CBR (%)	Carbón			
	0%	5%	10%	20%
AI 100% MDS	39.1	44.1	59.5	48.7
AI 95% MDS	33.3	37.5	50.6	41.5

Tabla 22

CBR al 95% MDS del Material de la Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón de Piedra

Carbón	CBR al 95% MDS (%)	Porcentaje de aumento
0%	33.30	0.00%
5%	37.50	12.61%
10%	50.60	51.95%
20%	41.50	24.62%

Tabla 23

CBR al 100% MDS del Material de la Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón de Piedra

Carbón	CBR al 100% MDS (%)	Porcentaje de aumento
0%	39.10	0.00%
5%	44.10	12.79%
10%	59.50	52.17%
20%	48.70	24.55%

Figura 30

CBR al 95% MDS del Material de la Cantera "Las Tunas" con Residuos de Carbón de Piedra

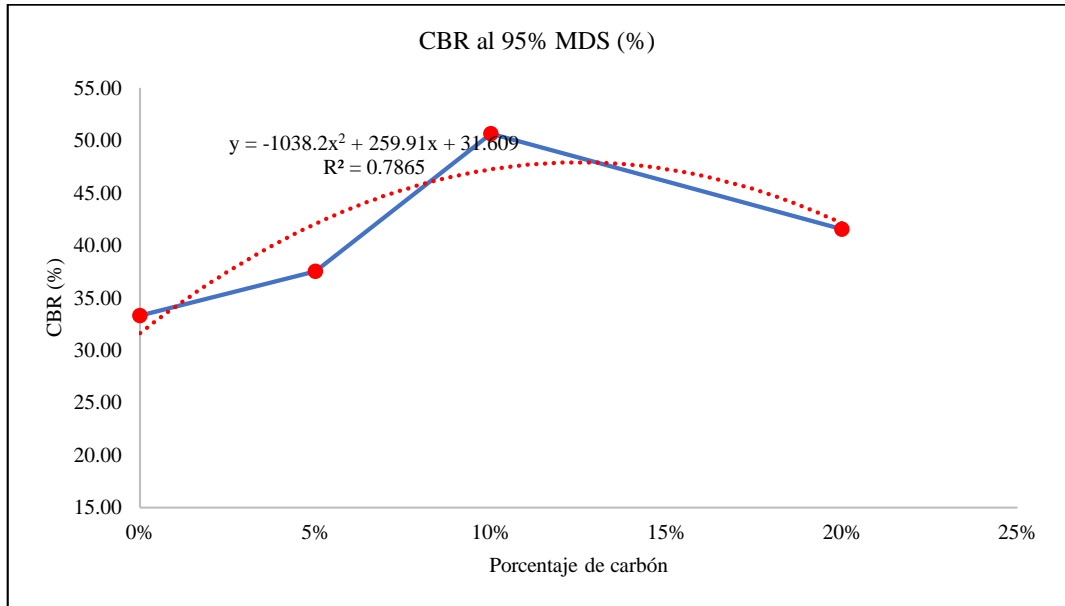
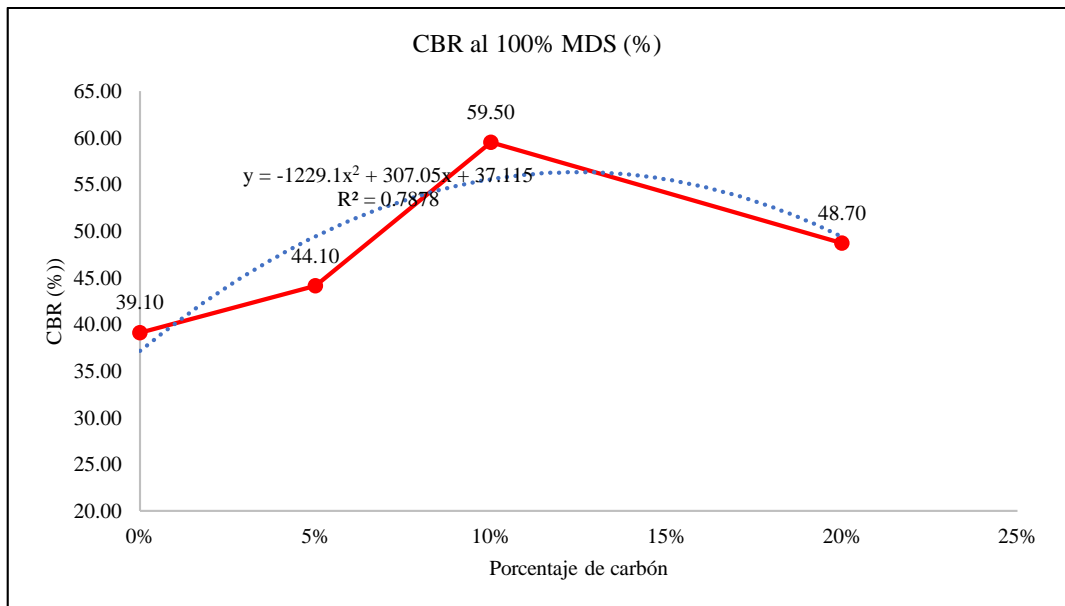


Figura 31

CBR al 100% MDS del Material de la Cantera "Las Tunas" con Residuos de Carbón de Piedra



4.1.2.3. Porcentaje de expansión

Los resultados muestran una tendencia clara a medida que aumenta el porcentaje de residuos de carbón, el porcentaje de expansión disminuye progresivamente. Esto sugiere que los residuos de carbón contribuyen a mejorar la estabilidad volumétrica del material, reduciendo su tendencia a la expansión y, por ende, su susceptibilidad a deformaciones por efectos de la humedad.

Con 0% de residuos de carbón se presenta el mayor porcentaje de expansión, con valor de 0.99%, lo que indica mayor tendencia a la expansión del material original. Con 5% de residuos de carbón, la reducción es moderada pero todavía significativa, se observa reducción del 18.18%, alcanzando valor de 0.81%, esto sugiere que la adición de residuos de carbón ayuda a disminuir la expansión del material, aunque la reducción no es muy pronunciada. Con 10% de residuos de carbón, la expansión se reduce considerablemente, mostrando notable mejora en la estabilidad del material, el porcentaje de expansión disminuye aún más a 0.72%, lo que representa reducción del 27.27% con respecto al material sin residuos, este valor indica mejora significativa en la estabilidad volumétrica. Con 20% de residuos de carbón, la expansión se reduce a menos de la mitad del valor inicial, lo que indica que esta mezcla ofrece la mayor estabilidad y menor deformación volumétrica, se registra la menor expansión, con valor de 0.46%, lo que implica reducción del 53.54%, esto significa que la mezcla con 20% de residuos de carbón es la más estable frente a la expansión.

Siendo así, el análisis confirma que la adición de residuos de carbón mejora la estabilidad del material de cantera Las Tunas, reduciendo su susceptibilidad a la expansión en presencia de humedad. La mejor estabilidad volumétrica se logra con 20% de residuos de carbón, donde la expansión es

53.54% menor que en el material sin residuos. Sin embargo, la mezcla con 10% de residuos de carbón también representa una opción viable, ya que reduce la expansión en 27.27% y mantiene un equilibrio entre estabilidad y otras propiedades mecánicas del material.

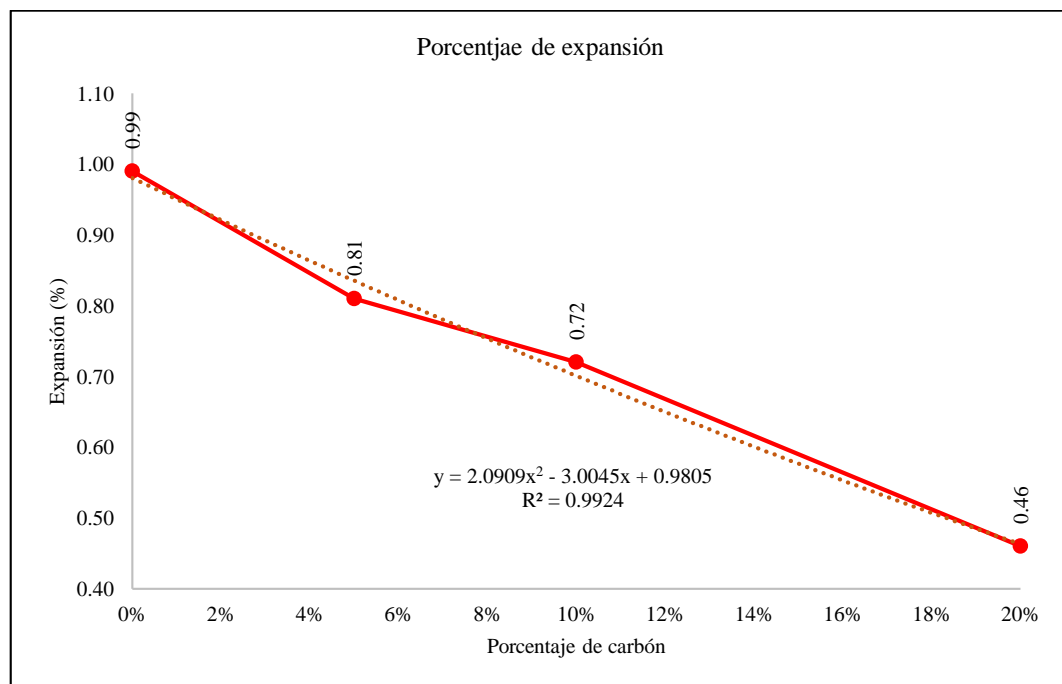
Tabla 24

Porcentaje de Expansión del Material de la Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón de Piedra

Carbón	Porcentaje de expansión (%)	Porcentaje de aumento
0%	0.99	0.00%
5%	0.81	-18.18%
10%	0.72	-27.27%
20%	0.46	-53.54%

Figura 32

Porcentaje de Expansión del Material de la Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón de Piedra



4.1.2.4.Desgaste por abrasión

De acuerdo con la normativa EG-2013 (MTC, 2015), el porcentaje de desgaste por abrasión debe ser menor al 50% para subbase granular y base granular. Con 0% de carbón, el desgaste es de 28.40%, cumpliendo ampliamente con el límite máximo del 50% establecido por la normativa EG-2013 (MTC, 2015) para uso como subbase granular, este valor indica alta resistencia a la abrasión. Con 5% de carbón, el desgaste aumenta a 45.30%, representando el incremento del 59.51% respecto a la mezcla original, aunque aún cumple con el requisito normativo, se acerca peligrosamente al límite, lo que reduce su margen de seguridad frente al desgaste en campo, no obstante, sigue siendo aceptable debido a que presenta desgaste por abrasión menor al 50% de acuerdo al manual EG-2013. Con 10% de carbón, el valor se eleva a 48.70%, con aumento acumulado del 71.48%, este valor está muy cercano al umbral permitido, no obstante, sigue siendo aceptable debido a que presenta desgaste por abrasión menor al 50% de acuerdo al manual EG-2013. Con 20% de carbón, el desgaste alcanza 53.10%, superando el máximo permitido, este incremento del 86.97% con respecto a la mezcla sin residuos indica que el material no es apto como subbase y base granular debido a su baja resistencia a la abrasión.

Por tanto, aunque la adición de residuos de carbón mejora algunas propiedades del material, todos los porcentajes desde el 5% en adelante muestran incrementos importantes en el desgaste, y con 20% de carbón se excede el límite normativo, descalificando al material para su uso como subbase granular sin tratamiento adicional. Por lo que, para infraestructura vial como subbase se puede utilizar las mezclas con 0%, 5% y 10% de residuos de carbón, donde la mezcla con 0% de carbón sigue siendo la más resistente al desgaste.

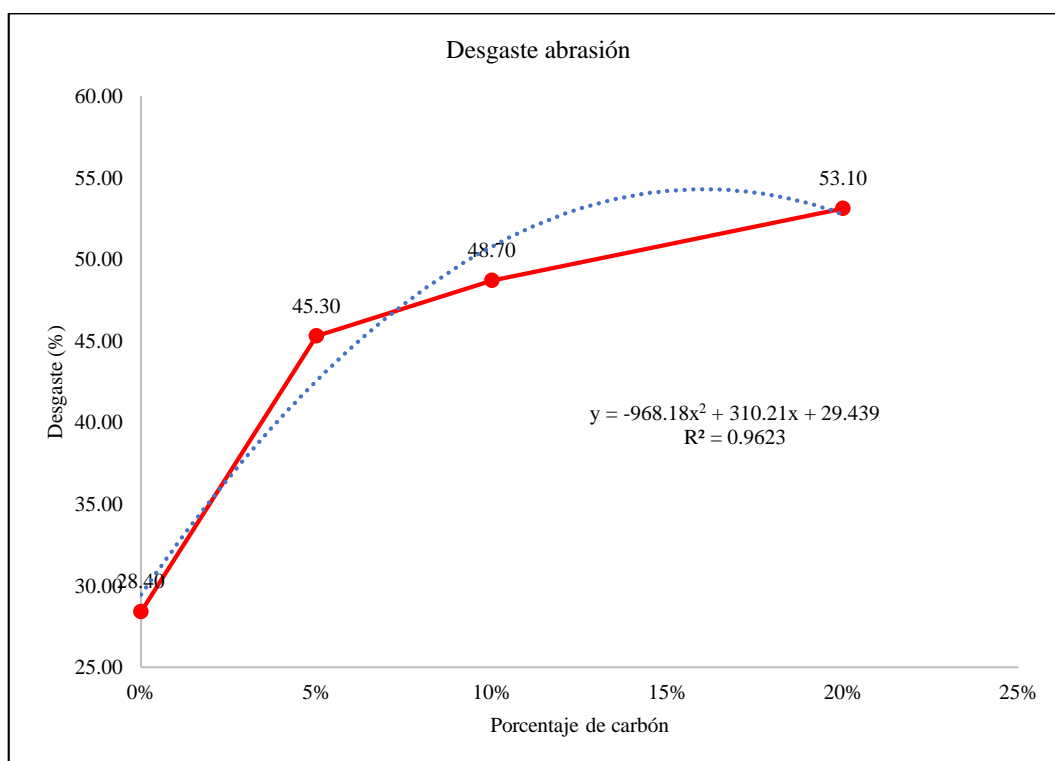
Tabla 25

Porcentaje de Desgaste por Abrasión del Material de la Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón de Piedra

Carbón	Desgaste abrasión	Porcentaje de aumento
0%	28.40	0.00%
5%	45.30	59.51%
10%	48.70	71.48%
20%	53.10	86.97%

Figura 33

Desgaste por Abrasión del Material de la Cantera “Las Tunas” con Residuos de Carbón de Piedra



4.2. Contrastación de hipótesis

4.2.1. Hipótesis de la investigación

La presente investigación plantea la hipótesis de que la mezcla de residuos de carbón de piedra con material de la cantera Las Tunas de la localidad de Tacabamba, en dosis controladas, incrementará significativamente su índice CBR, permitiendo que el material pueda utilizarse como subbase granular en conformidad con la normativa EG-2013 (MTC, 2015).

4.2.2. Análisis descriptivo

Para contrastar la hipótesis, se ha realizado la comparación entre los valores obtenidos en laboratorio y las especificaciones de la normativa vigente.

Tabla 26

Propiedades Físicas y Mecánicas del Material con Residuos de Carbón

Propiedades	Carbón				Requisitos de la EG-2013 (MTC, 2015)
	0%	5%	10%	20%	
Humedad	4.50%	4.50%	4.30%	4.20%	
Grava (%)	67.3	65.2	61.1	63.0	
Arena (%)	19.7	21.6	24.5	24.0	
Finos (%)	13.0	13.2	14.4	13.0	
Pasa N° 4 (%)	32.7	34.8	38.9	37.0	30-60%
Pasa N° 10 (%)	24.3	25.8	28.8	27.3	20-45%
Pasa N° 40 (%)	15.7	16.3	18.1	16.8	15-30%
Pasa N° 200 (%)	13.0	13.2	14.4	13.0	5-15%
LL (%)	30.11	27.23	23.04	21.26	Máx. 25%
LP (%)	20.61	19.32	17.54	16.67	
IP (%)	9.50	7.91	5.50	4.59	Máx. 6%
Equivalente de arena (%)	16.47	17.4	15.89	16.04	Min. 25%
MDS (g/cm ³)	2.17	2.18	2.21	2.19	
OCH (%)	6.10	5.90	5.60	5.80	
CBR al 100% MDS	39.10	44.10	59.50	48.70	Mín. 80% para base
CBR al 95% MDS	33.30	37.50	50.60	41.50	Mín. 40% para subbase
Expansión (%)	0.99	0.81	0.72	0.46	
Desgaste (%)	28.4	45.3	48.7	53.1	Máx. 50%

En cuanto a la granulometría, todas las mezclas cumplen con los rangos establecidos en la normativa para el porcentaje de material que pasa por los tamices N° 4, N° 10, N° 40 y N° 200. En los límites de consistencia, se observa que el Límite Líquido (LL) solo cumple con la normativa cuando el contenido de residuos de carbón es del 10% o superior ($\leq 25\%$). De manera similar, el Índice de Plasticidad (IP) cumple con la norma solo con 10% o más de residuos de carbón, manteniéndose por debajo del límite de 6%. Mientras que, el equivalente de Arena, no cumple con el mínimo de 25% en ninguna de las combinaciones, lo que sugiere la presencia de partículas finas indeseadas, no obstante, este parámetro puede mejorarse mediante el tamizado del material para eliminar partículas finas o la incorporación de mayor porcentaje de material granular. Respecto a la capacidad de soporte (CBR), los valores superan el mínimo de 40% para subbase granular a partir del 5% de residuos de carbón, con valor óptimo en la mezcla con 10% de residuos (59.50%). En cuanto al desgaste por abrasión, las mezclas con 5% y 10% de residuos de carbón no superan el 50%, lo que indica que el material cumple con este requisito normativo.

4.2.3. Criterio de aceptación de la hipótesis

Para aceptar la hipótesis alternativa (H_1), se establece que el valor p para el nivel de confianza del 95% debe ser menor a 0.05. En este caso, se evaluará si la adición de residuos de carbón genera incremento significativo en el CBR, permitiendo que el material sea apto como subbase granular.

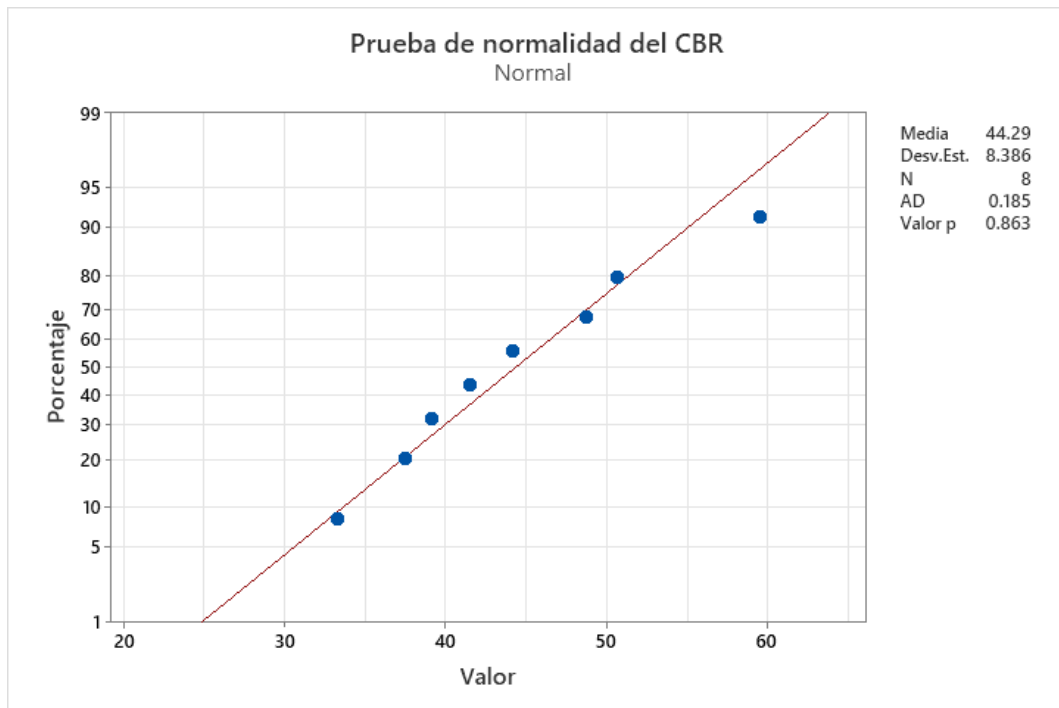
4.2.4. Análisis de normalidad

Para verificar la distribución de los datos, se utilizó la prueba de Anderson-Darling, la cual evalúa si las muestras siguen distribución normal. El resultado de la prueba de normalidad del CBR indica valor p de 0.863, siendo mayor a 0.05,

por lo que se infiere con 95% de confianza que, la mayoría de los datos siguen distribución normal, lo que permite aplicar los métodos estadísticos paramétricos (ANOVA y t-student) para evaluar diferencias significativas en las propiedades del material con distintos porcentajes de residuos de carbón.

Figura 34

Prueba de Normalidad del CBR



4.2.5. Análisis ANOVA

Se realizó el análisis ANOVA del factor para evaluar si existe diferencia significativa en las medias de cada una de las propiedades en función del porcentaje de residuos de carbón. El valor p es menor a 0.05, por lo que con nivel de confianza del 95%, se infiere que el porcentaje de residuos de carbón influye significativamente en las propiedades físicas y mecánicas del material de la cantera “Las Tunas”. Los resultados muestran que la adición de residuos de carbón tiene efecto significativo en el CBR, reduciendo la expansión y modificando los

límites de consistencia, pero también afecta negativamente la resistencia al desgaste, aumentando su porcentaje de desgaste a la abrasión.

Tabla 27

Prueba ANOVA para las Propiedades Físico Mecánicas del Suelo

Ho: No hay diferencia significativa en las mediciones de propiedades físico mecánicas del suelo entre tipo de propiedad analizada, porcentaje de aditivo utilizado (residuos de carbón).

H1: Si hay diferencia significativa en las mediciones de propiedades físico mecánicas del suelo entre tipo de propiedad analizada, porcentaje de aditivo utilizado (residuos de carbón).

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Propiedades	17	22126.0	1301.53	83.12	0.000
Carbón	3	91.6	30.55	1.95	0.013
Error	51	798.6	15.66		
Total	71	23016.3			

4.2.6. Análisis t-Student

Para contrastar cada parámetro normativo, se realizaron pruebas t-Student con un nivel de significancia del 5% ($\alpha = 0.05$), para el nivel de confianza del 95%, de acuerdo a los criterios del manual EG-2013 (MTC, 2015), que indica que el límite líquido (LL) no debe superar el 35%, el índice de plasticidad (IP) no debe ser mayor a 6%, el equivalente de arena (EA) debe ser mayor a 25%, el CBR debe ser superior al 40% y el desgaste por abrasión debe ser menor al 50%.

4.2.6.1. Propiedades físicas

Hipótesis específica 1:

- H1: Las propiedades físicas, granulometría, límite líquido, límite plástico, equivalente de arena del material de afirmado de la cantera Las Tunas, en combinación con 5%, 10% y 20% de residuos de carbón de piedra cumplen con los requisitos de una subbase granular.

- Ho: Las propiedades físicas, granulometría, límite líquido, límite plástico, equivalente de arena del material de afirmado de la cantera Las Tunas, en combinación con 5%, 10% y 20% de residuos de carbón de piedra no cumplen con los requisitos de una subbase granular.

a) Límite líquido

Límite Líquido ($LL \leq 25\%$): Se verificó que con 10% y 20% de residuos de carbón, el LL cumple con la normativa (23.04% y 21.26%, respectivamente). Además, el valor p para estos porcentajes es de 0.000, siendo menor al nivel de significancia del 0.05, por lo que se acepta la hipótesis alternativa, infiriendo que el límite líquido del material de la cantera “Las Tunas” con 10% y 20% de residuos de carbón es menor a 25% por lo que no cumple con el manual EG-2013 (MTC, 2015) para su uso como subbase granular.

Tabla 28

Prueba t-student para Límite Líquido del Material de la Cantera “Las Tunas” con Adición de Residuos de Carbón

Ho: $\mu = 25$

Hi: $\mu < 25$

Muestra	Valor T	Valor p
0% de carbón	88.51	1.000
5% de carbón	38.62	1.000
10% de carbón	-33.95	0.000
20% de carbón	-64.78	0.000

b) Índice de plasticidad

Índice de Plasticidad ($IP \leq 6\%$): Se comprobó que el IP cumple con la normativa solo cuando el contenido de residuos de carbón es 10% o superior. Además, el valor p para estos porcentajes (10% y 20% de residuos de carbón) es de 0.007 y 0.001, respectivamente, siendo menor al nivel de significancia del 0.05,

por lo que se acepta la hipótesis alternativa, infiriendo que el índice de plasticidad del material de la cantera “Las Tunas” con 10% y 20% de residuos de carbón es menor a 6%, por lo que no cumple con el manual EG-2013 (MTC, 2015) para su uso como subbase granular.

Tabla 29

Prueba t-student para Índice de Plasticidad del Material de la Cantera “Las Tunas” con Adición de Residuos de Carbón

H₀: $\mu = 6$

H₁: $\mu > 6$

Muestra	Valor T	Valor p
0% de carbón	60.62	1.000
5% de carbón	33.08	1.000
10% de carbón	-8.66	0.007
20% de carbón	-24.42	0.001

c) Equivalente de arena

Equivalente de Arena ($\geq 25\%$): Ninguna de las mezclas cumple con este requisito, indicando que el material contiene cantidad considerable de finos no deseados. Además, el valor p para estos porcentajes (0%, 5%, 10% y 20% de residuos de carbón de piedra) es de 1.000, siendo mayor al nivel de significancia del 0.05, por lo que se acepta la hipótesis nula, infiriendo que el equivalente de arena del material de la cantera “Las Tunas” sin y con residuos de carbón es menor a 25%, por lo que no cumple con el manual EG-2013 (MTC, 2015) para su uso como subbase granular.

Tabla 30

Prueba t-student para Equivalente de Arena del Material de la Cantera “Las Tunas” con Adición de Residuos de Carbón

Ho: $\mu = 25$

Hi: $\mu > 25$

Muestra	Valor T	Valor p
0% de carbón	-147.74	1.000
5% de carbón	-131.64	1.000
10% de carbón	-157.79	1.000
20% de carbón	-155.19	1.000

4.2.6.2. Propiedades mecánicas

Hipótesis específica 2:

- H1: Las propiedades mecánicas, porcentaje de desgaste, compactación y CBR de laboratorio, del material de afirmado de la cantera Las Tunas en combinación con 5%, 10% y 20% de residuos de carbón de piedra cumplen con los requisitos de una subbase granular.
- Ho: Las propiedades mecánicas, porcentaje de desgaste, compactación y CBR de laboratorio, del material de afirmado de la cantera Las Tunas en combinación con 5%, 10% y 20% de residuos de carbón de piedra no cumplen con los requisitos de una subbase granular.

a) Desgaste por abrasión

Desgaste por abrasión ($\leq 50\%$): Las mezclas con 5% y 10% de residuos de carbón cumple con este criterio, lo que significa que el material es lo suficientemente resistente al desgaste. Además, el valor p para estos porcentajes 0%, 5% y 10% es de 0.000, 0.000 y 0.001, respectivamente, siendo menor al nivel de significancia del 0.05, por lo que se acepta la hipótesis alternativa, infiriendo que el porcentaje de desgaste por abrasión del material de la cantera “Las Tunas”

con 0%, 5% y 10% de residuos de carbón es menor a 50%, por lo que cumple con el manual EG-2013 (MTC, 2015) para su uso como subbase granular.

Tabla 31

Prueba t-student para Porcentaje de Desgaste por Abrasión del Material de la Cantera “Las Tunas” con Adición de Residuos de Carbón

H₀: $\mu = 50$

H₁: $\mu < 50$

Muestra	Valor T	Valor p
0% de carbón	-374.12	0.000
5% de carbón	-81.41	0.000
10% de carbón	-22.52	0.001
20% de carbón	53.69	1.000

b) CBR

CBR ($\geq 40\%$): Se verificó que el CBR al 100% y 95% de MDS cumple a partir del 5% de residuos de carbón, y su valor máximo se obtiene con 10% de residuos. Además, el valor p para el CBR con 10% de residuos de carbón es de 0.042, siendo menor al nivel de significancia del 0.05, por lo que se acepta la hipótesis alternativa, infiriendo que la capacidad de soporte (CBR) del material de la cantera “Las Tunas” con 10% de residuos de carbón es mayor al 40%, por lo que cumple con el manual EG-2013 (MTC, 2015) para su uso como subbase granular.

Tabla 32

Prueba t-student para CBR del del Material de la Cantera “Las Tunas” con Adición de Residuos de Carbón

H₀: $\mu = 40$

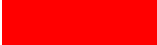











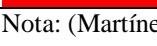
H₁: $\mu > 40$

Muestra	Valor T	Valor p
0% de carbón	-1.31	0.793
5% de carbón	0.24	0.424
10% de carbón	3.38	0.042
20% de carbón	1.42	0.196

4.2.7. Análisis de Correlación de Pearson

Para evaluar la relación entre las propiedades mecánicas y el porcentaje de residuos de carbón en la mezcla, se calculó el coeficiente de correlación de Pearson (Tabla 32). Se encontró fuerte correlación positiva entre el porcentaje de residuos de carbón y el CBR, lo que indica que la adición de residuos mejora la capacidad de soporte del material. Se identificó correlación negativa entre el porcentaje de residuos de carbón y el porcentaje de expansión, lo que confirma que la presencia de residuos de carbón reduce la expansión del material. Así mismo, se observó correlación negativa entre el porcentaje de residuos de carbón y la resistencia al desgaste, lo que confirma que mayor cantidad de residuos de carbón reduce la resistencia a la abrasión del material de la cantera “Las Tunas”.

Tabla 33*Correlación de Pearson Calificación*

	Valor	Correlación
	1	positiva perfecta
	0.9 y 0.99	positiva muy fuerte
	0.7 y 0.89	positiva fuerte
	0.4 y 0.69	positiva moderada
	0.2 y 0.39	positiva débil
	0.01 y 0.19	positiva muy débil
	0	No hay correlación entre las variables
	-0.01 y -0.19	negativa muy débil
	-0.2 y -0.39	negativa débil
	-0.4 y -0.69	negativa moderada
	-0.7 y -0.89	negativa fuerte
	-0.9 y -0.99	negativa muy fuerte
	-1	negativa perfecta

Nota: (Martínez & Campos, 2015).

4.2.8. Inferencia final

Tras analizar los resultados, se acepta la hipótesis alternativa general parcialmente. La adición de 10% de residuos de carbón mejora significativamente el CBR, permitiendo que el material cumpla con el requisito para subbase granular. Sin embargo, el equivalente de arena no cumple con el mínimo de 25%, lo que indica la presencia de partículas finas indeseadas.

Tabla 34

Correlaciones de Pearson

Propiedades físico mecánicas	Carbón	Humedad	Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)	Pasa N° 4	Pasa N° 10	Pasa N° 40	Pasa N° 200	LL (%)	LP (%)	IP (%)	EA	MDS (g/cm3)	OCH (%)	CBR al 100% MDS	CBR al 95% MDS	Expansión	
Humedad	-0.943																		
Grava (%)	-0.701	0.79																	
Arena (%)	0.828	-0.873	-0.98																
Finos (%)	0.058	-0.264	-0.748	0.6															
Pasa N° 4 (%)	0.701	-0.79	-1	0.98	0.748														
Pasa N° 10 (%)	0.68	-0.775	-1	0.974	0.767	1													
Pasa N° 40 (%)	0.502	-0.647	-0.967	0.896	0.892	0.967	0.974												
Pasa N° 200 (%)	0.058	-0.264	-0.748	0.6	1	0.748	0.767	0.892											
LL (%)	-0.95	0.953	0.889	-0.961	-0.365	-0.889	-0.875	-0.746	-0.365										
LP (%)	-0.956	0.953	0.879	-0.956	-0.346	-0.879	-0.865	-0.732	-0.346	1									
IP (%)	-0.945	0.952	0.895	-0.965	-0.379	-0.895	-0.882	-0.756	-0.379	1	0.999								
EA (%)	-0.52	0.769	0.592	-0.583	-0.433	-0.592	-0.589	-0.589	-0.433	0.594	0.585	0.6							
MDS (g/cm3)	0.522	-0.668	-0.971	0.905	0.882	0.971	0.977	1	0.882	-0.76	-0.747	-0.771	-0.607						
OCH (%)	-0.609	0.694	0.989	-0.949	-0.809	-0.989	-0.992	-0.98	-0.809	0.825	0.815	0.833	0.502	-0.981					
CBR al 100%	0.515	-0.66	-0.97	0.902	0.885	0.97	0.976	1	0.885	-0.756	-0.742	-0.766	-0.598	1	-0.981				
CBR al 95%	0.519	-0.664	-0.971	0.904	0.883	0.971	0.977	1	0.883	-0.758	-0.745	-0.769	-0.602	1	-0.981	1			
Expansión (%)	-0.995	0.911	0.699	-0.829	-0.049	-0.699	-0.679	-0.495	-0.049	0.946	0.953	0.941	0.439	-0.513	0.617	-0.507	-0.511		
Desgaste (%)	0.867	-0.768	-0.834	0.908	0.323	0.834	0.821	0.683	0.323	-0.923	-0.925	-0.921	-0.247	0.69	-0.81	0.689	0.69	-0.902	

4.3. **Discusión de resultados**

La presente investigación tiene como objetivo analizar la influencia de la adición de residuos de carbón de piedra sobre las propiedades físicas y mecánicas del material de cantera Las Tunas con el fin de determinar su viabilidad como subbase granular, en conformidad con la normativa EG-2013 (MTC, 2015). Para ello, se analizaron diversos parámetros, como la granulometría, el contenido de humedad, los límites de consistencia (límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad), el equivalente de arena, la abrasión y la capacidad de soporte (CBR).

Los resultados del análisis granulométrico muestran que todas las mezclas de material de cantera con residuos de carbón cumplen con los requisitos del huso granulométrico B para subbase granular, establecido en la EG-2013 (MTC, 2015). se observó que, a medida que aumenta el porcentaje de residuos de carbón, el material incrementa ligeramente su fracción fina, sin comprometer la estabilidad de la mezcla. Concordando con Mogili et al. (2024), quienes evaluaron la mezcla de cenizas de estanques de carbón y polvo de cantera para su aplicación en pavimentos y encontraron que la incorporación de materiales finos no afectaba negativamente la distribución granulométrica, siempre que se mantuviera dentro de los límites establecidos. Asimismo, Kien et al. (2021), en su estudio sobre residuos de minas de carbón como materiales reciclados en carreteras, encontraron que los agregados de carbón reciclado podían cumplir con los requisitos granulométricos para capas estructurales en pavimentos flexibles, lo que es consistente con los resultados de esta investigación.

El contenido de humedad del material de cantera disminuye con el incremento del porcentaje de residuos de carbón, reduciéndose de 4.50% (0% de residuos) a 4.20% (20% de residuos de carbón). Esta reducción es consistente con

la tendencia observada por Poddar et al. (2022), donde la adición de residuos de minas de carbón a suelos arcillosos también redujo la capacidad de retención de humedad, favoreciendo una compactación más eficiente. De manera similar, Guerrero (2024), al estabilizar suelos arenosos con cenizas de carbón, encontró que el contenido óptimo de humedad disminuía a medida que se incrementaba la proporción de residuos de carbón, debido a su menor capacidad de absorción en comparación con el material original. Estos resultados indican que la incorporación de residuos de carbón en la cantera Las Tunas puede favorecer la reducción de la humedad del material, mejorando su compactación.

Los valores del Límite Líquido (LL) e Índice de Plasticidad (IP) muestran una reducción significativa con la incorporación de residuos de carbón. Se observa que a partir del 10% de residuos de carbón, los valores de LL (23.04%) e IP (5.50%) cumplen con los límites normativos exigidos para su uso como subbase granular. Estos resultados concuerdan con Amaya et al. (2022), quienes encontraron que la adición de residuos de carbón disminuía la plasticidad de los suelos plásticos en un 10%, haciéndolos más estables y menos susceptibles a deformaciones. Asimismo, Choudhury & Mishra (2023) demostraron que la combinación de residuos de minas de carbón y cenizas volantes reducía el índice de plasticidad y mejoraba la resistencia mecánica de los suelos tratados, en concordancia con los hallazgos de esta investigación. Por otro lado, Jiménez et al. (2019) aplicaron algoritmos evolutivos multiobjetivo (AEMO) para optimizar la mezcla de residuos de carbón y cal, logrando mejorar significativamente la plasticidad y el CBR del material, esto sugiere que un tratamiento adicional con estabilizantes, como la cal, podría optimizar aún más las propiedades del material de cantera Las Tunas.

El equivalente de arena es un parámetro crítico para determinar la calidad de las partículas finas en la mezcla. Se encontró que ninguna de las combinaciones analizadas alcanzó el mínimo requerido de 25%, indicando que el material contiene porcentaje considerable de finos no plásticos. Estos resultados son similares a los reportados por Reyes (2021), quien estudió la adición de cenizas de carbón y conchas de abanico en suelos arenosos y encontró que el material mejoraba su capacidad de soporte, pero presentaba dificultades en la limpieza de partículas finas, afectando su equivalente de arena. Asimismo, Villanueva (2023) encontró que la adición de cenizas de carbón vegetal de algarrobo no lograba estabilizar completamente la subrasante de la calle Ucrania, debido a la presencia de finos inadecuados. Estos antecedentes indican que la baja calidad de los finos en el material de cantera Las Tunas podría ser un factor limitante en su aplicación como subbase granular, a menos que se implementen procesos de lavado o adición de estabilizantes para mejorar la limpieza de las partículas finas.

Siendo así, la adición de 10% o más de residuos de carbón mejora las propiedades físicas del material de cantera Las Tunas, permitiendo que cumpla con los requisitos de granulometría y plasticidad establecidos en la normativa EG-2013 (MTC, 2015). Estos hallazgos son consistentes con Amaya et al. (2022), Choudhury & Mishra (2023) y Jiménez et al. (2019), quienes encontraron que el carbón puede ser un estabilizante efectivo para reducir la plasticidad. Sin embargo, el equivalente de arena sigue siendo inferior al mínimo requerido, lo que sugiere que el material aún contiene cantidad significativa de finos de baja calidad; estos resultados concuerdan con Reyes (2021) y Villanueva (2023), quienes también reportaron problemas de limpieza en materiales estabilizados con residuos de carbón. Por lo tanto, si bien la adición de 10% o 20% de residuos de

carbón mejora la plasticidad y granulometría del material, su equivalente de arena es insuficiente para cumplir con los estándares requeridos para su uso como subbase granular.

El análisis de las propiedades mecánicas del material de cantera Las Tunas, con distintos porcentajes de residuos de carbón de piedra (0%, 5%, 10% y 20%), permite determinar su idoneidad como subbase granular conforme al manual EG-2013 (MTC, 2015). La MDS es constante en aproximadamente 2.2 g/cm³ en todas las mezclas evaluadas, lo que indica que la adición de residuos de carbón de piedra no tiene impacto significativo en la densidad máxima alcanzable mediante compactación. Sin embargo, el OCH disminuye a medida que aumenta el porcentaje de residuos de carbón, pasando de 6.1% en la mezcla sin residuos a 5.6% con 10% de residuos; esta reducción implica que el material requiere menos agua para alcanzar su compactación óptima. No obstante, con 20% de residuos, el OCH aumenta ligeramente a 5.8%, lo que sugiere que un exceso de residuos afecta la capacidad de retención de humedad del material. Estos hallazgos son consistentes con Poddar et al. (2022), quienes reportaron reducción progresiva del OCH con la adición de residuos de minas de carbón en suelos arcillosos, optimizando la compactabilidad y mejorando la resistencia estructural.

El CBR al 100% de MDS del material sin residuos de carbón es de 39.1%, lo que se encuentra por debajo del mínimo requerido (40%) para subbase granular según la normativa vigente. Sin embargo, con la adición de 5% de residuos de carbón, el CBR incrementa a 44.1%, permitiendo cumplir con el umbral exigido. Con un 10% de residuos de carbón, el CBR alcanza su valor máximo de 59.5%, representando aumento del 52.17% en comparación con la mezcla original, lo que indica mejora sustancial en la capacidad de soporte del material. Al incrementar

la proporción de residuos a 20%, el CBR disminuye a 48.7%, aunque aún cumple con los requisitos normativos. Por otro lado, para el CBR al 95% de MDS, la mezcla sin residuos presenta CBR de 33.3%, valor inferior al mínimo requerido para subbase granular. Con 5% de residuos, el CBR se eleva a 37.5%, aún insuficiente, mientras que con 10% de residuos se alcanza CBR de 50.6%, superando el umbral de 40% y confirmando la idoneidad del material como subbase granular. Con 20% de residuos, el CBR disminuye ligeramente a 41.5%, aunque sigue cumpliendo con la normativa. Estos resultados concuerdan con Jiménez et al. (2019), quienes demostraron que la adición de residuos de carbón mineral, combinado con estabilizantes como cal y cemento, mejora la capacidad de soporte del suelo, logrando valores de CBR superiores al 50%. De manera similar, Esquén (2023) encontró que la incorporación de 20% de residuos de carbón mineral en suelos de subrasante incrementó el CBR al 95% de MDS, aunque con descenso en la mejora al superar este porcentaje.

La adición de residuos de carbón de piedra también tiene impacto positivo en la estabilidad volumétrica del material. La mezcla sin residuos presenta el mayor porcentaje de expansión (0.99%), lo que indica mayor susceptibilidad a la deformación en presencia de humedad. Con 5% de residuos, la expansión se reduce a 0.81%, y con 10%, disminuye a 0.72%. El mayor beneficio en términos de estabilidad volumétrica se observa con 20% de residuos, donde la expansión desciende a 0.46%, representando reducción del 53.54% respecto a la mezcla original. Este comportamiento es consistente con Amaya et al. (2022), quienes demostraron que la adición de residuos de carbón reduce significativamente la expansión de los suelos plásticos en Colombia, favoreciendo su estabilidad y desempeño en infraestructuras viales.

Según la normativa vigente, el desgaste no debe superar el 50% para que el material sea apto como subbase granular. La mezcla sin residuos presenta el menor desgaste (28.4%), lo que indica alta resistencia a la abrasión y cumple con la normativa. Sin embargo, al incorporar 5% de residuos de carbón, el desgaste aumenta a 45.3%, esta tendencia se mantiene con 10% y 20% de residuos, con valores de 48.7% y 53.1%, respectivamente. Estos resultados sugieren que, aunque la adición de residuos de carbón mejora la capacidad de soporte y la estabilidad volumétrica del material, compromete su durabilidad, sin embargo, sigue estando dentro del rango del manual EG-2013 (MTC, 2015) cuando se utiliza hasta 10% de residuos de carbón. Este fenómeno ha sido documentado por Mogili et al. (2024), quienes encontraron que la adición de cenizas de estanques de carbón en capas de subbase mejoraba la capacidad de soporte, pero incrementaba la friabilidad del material, reduciendo su resistencia mecánica. Asimismo, Villanueva (2023) observó que la inclusión de cenizas de carbón vegetal y cal en suelos de subrasante en Cajamarca mejoraba su CBR, pero no alcanzaba valores adecuados en términos de resistencia al desgaste.

Por tanto, el análisis de las propiedades mecánicas del material de cantera Las Tunas con residuos de carbón de piedra revela que la mejor proporción en términos de capacidad de soporte y estabilidad volumétrica es del 10%. Esta mezcla presenta CBR al 100% de MDS de 59.5% y CBR al 95% de MDS de 50.6%, ambos valores superiores al mínimo requerido para subbase granular. Además, la expansión se reduce en 27.27% en comparación con la mezcla original, mejorando su estabilidad en condiciones húmedas. Por lo tanto, la adición de 10% de residuos de carbón es la opción más adecuada para mejorar la capacidad de carga del material, para su aplicación efectiva en infraestructura vial.

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Las propiedades físicas y mecánicas del material de cantera Las Tunas de Tacabamba mejoran utilizando residuos de carbón de piedra del distrito de Conchán, por lo que, en conformidad con el manual EG-2013, el material con 10% de residuos de carbón puede ser empleados como subbase granular. Siendo las conclusiones:

- 1) El material de cantera Las Tunas con 10% y 20% de residuos de carbón cumple con los requisitos de granulometría y plasticidad para subbase granular, presentando límite líquido de 23.0% y 21.3%, respectivamente, e índice de plasticidad de 5.5% y 4.6%. Sin embargo, todas las mezclas tienen equivalente de arena inferior al mínimo requerido (25%), con valores entre 15.9% y 17.4%.
- 2) La adición de 10% de residuos de carbón mejora significativamente la capacidad de soporte del material de cantera Las Tunas, con CBR de 59.5% al 100% de MDS y 50.6% al 95% de MDS, superando el mínimo requerido (40%) para subbase granular. Además, reduce la expansión de 1.0% a 0.7%, mejorando su estabilidad volumétrica. El desgaste por abrasión cumple con el límite normativo (50%) con las mezclas de 5% y 10% de carbón, alcanzando 45.3% y 48.7% respectivamente. Por tanto, la mezcla con 10% de residuos de carbón presenta la mejor capacidad de carga y estabilidad como subbase granular.

5.2. Recomendaciones y/o sugerencias

Dado que el material de cantera Las Tunas con 10% y 20% de residuos de carbón cumple con los requisitos de granulometría y plasticidad, pero presenta equivalente de arena inferior al mínimo requerido (25%), se recomienda mejorar la calidad de las partículas finas mediante la adición de materiales granulares más limpios o el lavado del material para reducir la cantidad de finos de baja calidad y garantizar su estabilidad en uso como subbase granular.

Se recomienda emplear la mezcla con 10% de residuos de carbón para la construcción de subbases granulares, ya que presenta una excelente capacidad de soporte (CBR de 59.5% al 100% de MDS y 50.6% al 95% de MDS), buena estabilidad volumétrica (expansión del 0.7%) y un desgaste por abrasión dentro del límite normativo (48.7%). Esta dosificación ofrece el mejor equilibrio entre resistencia, durabilidad y comportamiento mecánico, siendo la opción más adecuada para su implementación en infraestructura vial.

CAPÍTULO VI.

REFERENCIAS

- Acevedo, I. (2002). Aspectos éticos en la investigación científica. *Ciencia y enfermería*, 8(1), 1-5. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95532002000100003>
- Aderinlewo, O., Sorunke, O., Afolayan, A., & Tanimola, M. (2020). Geotechnical properties of lateritic soil stabilized with cement and puasdadaslverized wood charcoal. *Journal of Engineering Sciences*, 1(2), 128-134. <https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.3784364>
- Agate, E., Timothy, N., Nathaniel, A., & Ngassam, I. (2024). Performance of Expansive Soil Stabilized with Bamboo Charcoal, Quarry Dust, and Lime for Use as Road Subgrade Material. *Computational Engineering*, 11(2), 108-120. <https://doi.org/https://doi.org/10.14445/23488352/IJCE-V11I2P110>
- Amaya, R. G., Rojas, J. C., & Calixto, N. C. (2022). Residue from coal combustion for plastic soil improvement. *Journal of Physics: Conference Series*, 2163(1), 1-10. <https://doi.org/DOI 10.1088/1742-6596/2163/1/012008>
- Aracayo, R. H. (2024). *Mejoramiento de subrasante mediante la combinación de materiales de canteras de cerro y lecho de rio, carretera Lampa – Palca, Puno, 2023*. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. <https://doi.org/https://hdl.handle.net/20.500.12692/140552>
- Ashfaq, M., Heeralal, M., & Moghal, A. A. (2020). Characterization studies on coal gangue for sustainable geotechnics. *Innovative Infrastructure Solutions*, 5(1), 1-15. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s41062-020-0267-3>
- Asimbaya, C., Rosas, N., Endara, D., & Guerrero, V. H. (2015). Obtención de carbón activado a partir de residuos lignocelulósicos de canelo, laurel y eucalipto. *Revista Politécnica*, 36(3), 24-30. https://doi.org/https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/537
- Car, E., Oller, S., & Oñate, E. (2000). Tratamiento numérico de los materiales compuestos. *International Centre for Numerical Methods in Engineering (CIMNE)*, ISBN 84-89925-66-6. <http://hdl.handle.net/2117/188564>

- Casas, J. P. (2021). *Ceniza de carbón mineral para estabilización de suelos cohesivos en subrasante*. [Tesis de grado, Universidad Peruana Los Andes].
<https://doi.org/https://hdl.handle.net/20.500.12848/2364>
- Castillejo, R. C., Poterico, J. G., Bojoquez, G. O., & Huaman, L. L. (2017). *Incremento del poder calorífico de los minerales de carbón antracita del departamento de Áncash mediante la técnica de flotación diferencial-2016*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo].
- Choudhury, S., & Mishra, M. (2023). Development and evaluation of coal mine waste materials for gainful utilization. *Emerging Materials Research*, 12(2), 112-125.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1680/jemmr.22.00185>
- Corona-Esquivel, R., Tritlla, J., Benavides-Muñoz, M. E., Piedad-Sánchez, N., & Ferrusquía-Villafranca, I. (2006). Geología, estructura y composición de los principales yacimientos de carbón mineral en México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 58(1), 141-160.
<https://doi.org/https://doi.org/10.18268/bsgm2006v58n1a5>
- Cuipal, B. K. (2018). *Estabilización de la subrasante de suelo arcilloso con uso de polímero sintético en la carretera Chachapoyas–Huancas, Amazonas, 2018*. [Tesis de Grado, Universidad César Vallejo].
- Cusma, M. (2020). *Efecto de la extracción del carbón de piedra obtenida de la minera informal en la salud de los trabajadores del distrito de Chalamarca - Chota*. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo].
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/50737>
- Das, B. M. (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica (Cuarta edición ed.)*. Cengage Learning.
- Duque, G., & Escobar, C. (2002). *Mecánica de suelos*. Universidad Nacional de Colombia.
- Elizondo, F. (2009). Estabilización y mejoramiento de rutas no pavimentadas. *Revista de Infraestructura vial*, 21(1), 49-55.
- Esquén, J. B. (2023). *Evaluación del CBR de la subrasante de la carretera el Verde – Numbral, Km 1+500 al Km 2+500, adicionando residuos de carbón mineral, Chalamarca, Chota*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota].
<https://doi.org/http://hdl.handle.net/20.500.14142/333>
- Fernández, H. W. (2017). *Efecto del aditivo terrazyme en la estabilización de suelos arcillosos de subrasantes en la zona de expansión de la ciudad de Cajamarca*.

- [Tesis de grado para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://doi.org/http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1140>
- Fernandez, N. (2018). *Estabilización de subrasante con material de demoliciones en avenida malecón checa, San Juan de Lurigancho en el 2017*. [Tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo].
- García, J. (2005). *Diccionario de términos geológicos*. Ediciones Omega.
- García, L. (2003). Teoría del desarrollo sostenible y legislación ambiental colombiana , una reflexión, cultural. *Revista de Derecho*, 1(20), 198-215. <https://doi.org/https://www.redalyc.org/pdf/851/85102008.pdf>
- Grajales, T. (2000). *Tipos de investigación*. Efaind. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://cmapspublic2.ihmc.us/rid=1RM1F0L42-VZ46F4-319H/871.pdf
- Guerrero, P. H. (2024). *Estabilización de suelos arenosos en subrasante incorporando cenizas de carbón*. [Tesis de grado, Universidad Señor de Sipán]. <https://doi.org/https://hdl.handle.net/20.500.12802/12693>
- Gupta, G., Sood, H., & Gupta, P. K. (2024). Economic and environmental assessment of industrial wastes stabilized clay and sand soil subgrades using experimental and theoretical approaches. *Construction and Building Materials*, 422(1), 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.135787>
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta · Parte 1. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGrawHill Education. <https://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612>
- 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/pe³)). 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. 1ªEd.* 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. (18 de febrero de 2020). *NTP 400.017 AGREGADOS. Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados.* 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).
- INACAL. (2021). *NTP 339.185 AGREGADOS. Determinación del contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Método de ensayo. 3a Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- INACAL. (2021). *NTP 400.012 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino y grueso. Método de ensayo. 4a Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- INACAL. (2021). *NTP 400.022 AGREGADOS. Determinación de la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Método de ensayo. 4a Ed.* Instituto Nacional de la Calidad (INACAL).
- Jermain, D. O., Pilcher, R. C., Ren, Z. J., & Berardi, E. J. (2024). Coal in the 21st Century: Industry transformation and transition justice in the phaseout of coal-as-fuel and the phase-in of coal as multi-asset resource platforms. *Energy and Climate Change*, 5, 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egycc.2024.100142>
- Jiménez, Y. A., Bastidas, M. J., & Consuegra, J. L. (2019). Optimización de residuos mineros de carbón para el mejoramiento de suelos viales con algoritmos evolutivos multiobjetivo. *Información tecnológica*, 30(4), 249-258. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000400249>
- Kien, T., & Vinh, P. (2021). Utilización de residuos reciclados de la minería del carbón para capas de cimentación de carreteras en Vietnam. *International Journal of GEOMATE*, 21(87), 11-18. <https://doi.org/https://doi.org/10.21660/2021.87.j2229>

- Kumar, S., Maurya, A. K., Singh, M., & Manik, G. (2024). Converting Waste Fly Ash into Valuable Products: An Insight into Processing Techniques and Applications. *From Waste to Wealth, 1*, 645-668. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-981-99-7552-5_30
- León, E. F. (2006). La importancia del carbón mineral en el desarrollo. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias geográficas*, 9(18), 91-97. <https://doi.org/https://doi.org/10.15381/iigeo.v9i18.579>
- Lomparte, J. A., & Sánchez, D. A. (2019). *Estabilización de la superficie de rodadura mediante el uso de polímero en emulsión vinilo acrílico en la carretera no pavimentada al centro poblado Tangay-Nuevo Chimbote-Santa*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional del Santa].
- López, I., Arriaga, A., & Pardo, M. (2018). La dimensión social del concepto de desarrollo sostenible: ¿La eterna olvidada? *Revista Española de Sociología*, 27(1), 25-41.
- Martínez, A., & Campos, W. (2015). Correlación entre Actividades de Interacción Social Registradas con Nuevas Tecnologías y el grado de Aislamiento Social en los Adultos Mayores. *Revista mexicana de ingeniería biomédica*, 36(3), 1-11. <https://doi.org/https://doi.org/10.17488/RMIB.36.3.4>
- Mendoza, M. E., & Perez, P. J. (2023). *Influencia del afirmado de cantera en la subbase del proyecto de pavimentación del Jr. Arica, Chíncha 2022*. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. <https://doi.org/https://hdl.handle.net/20.500.12692/113640>
- Mogili, S., Mudavath, H., Kapuganti, C., & Goray, N. (2024). Evaluation of coal pond ash and quarry dust mix for pavement application. *Engineering and Applied Science Research*, 51(6), 756-763. <https://doi.org/https://orcid.org/0000-0003-1610-3269>
- MTC. (2014). *Manual de carreteras: Suelos, 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).

- 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).
- Napitupulu, C. A., Dompok, T., & Salsabila, L. (2024). Comparative Analysis of Political Dynamics and Public Policy in Infrastructure Development: A Study of Indonesia and India. *Journal of Contemporary Local Politics*, 3(1), 15-27. <https://doi.org/https://doi.org/10.46507/jclp.v3i1.614>
- Ogundana, A. K., & Afolalu, S. A. (2024). Environmental and Social Implications of Aggregate Extraction: A Review. In *2024 International Conference on Science, Engineering and Business for Driving Sustainable Development Goals (SEB4SDG)*, 1, 1-7. <https://doi.org/10.1109/SEB4SDG60871.2024.10630403>
- Palli, E. (2015). *Guía básica para estabilización de suelos con cal en caminos de baja intensidad vehicular en la provincia de San Román*. [Tesis de grado: Universidad Nacional del Altiplano]. http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/2444/Palli_Apaza_Edwin_Ever.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Paredes, D. J. (2023). *Adición de gigantón y carbón para mejoramiento de propiedades de subrasante de la calle Estío, distrito de Independencia, Ancash - 2023*. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. <https://doi.org/https://hdl.handle.net/20.500.12692/115295>
- Poddar, R., Singh, R., & Malviya, P. (2022). Stabilization of soil using coal mines waster. *International Journal of Research and Analytical Reviews*, 9(4). https://www.researchgate.net/profile/Ran-Singh-3/publication/371607503_STABILIZATION_OF_SOIL_USING_COAL_MINES_WASTE/links/648be88ec41fb852dd096c30/STABILIZATION-OF-SOIL-USING-COAL-MINES-WASTE.pdf
- Quijandría, J. C. (2017). *Evaluación del carbón mineral, para disminuir el contenido de azufre y mejorar su calidad*. [Tesis de Maestría en Ingeniería de Metalurgia Extractiva, Universidad Nacional Mayor de San Marcos].
- Quispe, A. G. (2020). *Aplicación de ceniza de boñiga para la estabilización en subrasantes plásticas*. [Tesis de Grado, Universidad Peruana los Andes].

- Reyes, A. I. (2021). *Capacidad de soporte de suelo adicionando cenizas de conchas de abanico y cenizas de carbón mineral*. [Tesis de grado, Universidad San Pedro]. <https://doi.org/http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/20.500.129076/20519>
- Rico, A., & Del Castillo, H. (2017). *La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres: Carreteras, ferrocarriles y aeropistas, volumen 1*. Limusa.
- Romo, A. Y. (2022). *Análisis de las Propiedades Físicas y Mecánicas de un Suelo Granular con Biochar en la Base-Provincia de Huancayo*. [Tesis de grado, Universidad Peruana Los Andes]. <https://doi.org/https://hdl.handle.net/20.500.12848/4607>
- Tamay, A. R. (2022). *Análisis de las propiedades físico-mecánicas de una base granular tratada con adición de PET reciclado triturado, Canteras Chuyabamba, Chota, 2021*. [Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. <http://hdl.handle.net/20.500.12423/5503>
- 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>
- Velásquez, C. (2018). *Influencia del cemento portland tipo I en la estabilización del suelo arcilloso de la subrasante de la avenida Dinamarca, sector la Molina*. [Tesis de grado, Universidad Nacional De Cajamarca]. <https://doi.org/http://hdl.handle.net/20.500.14074/2534>
- Villanueva, M. (2023). *Estabilización de la subrasante de la calle ucrania adicionando cenizas de carbón y cal, Cajamarca 2023*. [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/36470>
- Waciński, W., Kuligowski, K., Olejarczyk, M., Zając, M., Urbaniak, W., Cyske, W., & Cenian, A. (2024). Recycling of Industrial Waste as Soil Binding Additives— Effects on Soil Mechanical and Hydraulic Properties during Its Stabilisation before Road Construction. *Materials*, *17*(9), 1-24. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ma17092000>
- Yu, H., Joshi, P., Lau, C., & Ng, K. (2024). Novel application of sustainable coal-derived char in cement soil stabilization. *Construction and Building Materials*, *414*(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.134960>

CAPÍTULO VII. ANEXOS

Anexo A. Matriz de consistencia


Título: Mejoramiento de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Material de Cantera Las Tunas - Tacabamba utilizando residuos de Carbón de

Piedra- Conchán, 2024

Tesista(s): Alex Yoel Silva Guevara, Cristian Ducef Huaman

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variabes	Dimensiones	Indicadores	Metodología
<p>Problema general ¿Mejorarán las propiedades físicas y mecánicas del material de afirmado de la cantera Las Tunas de Tacabamba, al ser combinadas con residuos de carbón de piedra para que sirva como subbase granular combinada?</p> <p>Problemas específicos ¿Qué propiedades físicas, granulometría, límite líquido, límite plástico, equivalente de arena del material de la cantera en combinación con 5%, 10% y 20% de residuos de carbón de piedra cumplen con los requisitos de una subbase granular?</p> <p>¿Qué propiedades mecánicas, porcentaje de desgaste, compactación y CBR de laboratorio, del material de la cantera en combinación con 5%, 10% y 20% de residuos de carbón de piedra cumplen con los requisitos de una subbase granular?</p>	<p>Objetivo general Mejorar las propiedades físicas y mecánicas del material de afirmado de la cantera Las Tunas de Tacabamba, al ser mezcladas con material residual proveniente de la quema del carbón de piedra para utilizarlo como material de subbase granular para carreteras.</p> <p>Objetivos específicos Determinar las propiedades físicas, contenido de humedad, granulometría, límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad, y equivalente de arena del material de cantera Las Tunas según dosificaciones: de 0% 5%, 10% y 20% de residuos de carbón de piedra en peso para verificar si sirve como subbase granular.</p> <p>Determinar las propiedades mecánicas, porcentaje de desgaste, compactación y CBR de laboratorio del material de cantera Las Tunas según dosificaciones: de 0% 5%, 10% y 20% de residuos de carbón de piedra en peso para verificar si sirve como subbase granular.</p>	<p>Hipótesis general La mezcla de residuos de carbón de piedra con material de la cantera Las Tunas de la localidad de Tacabamba, en dosis controladas, incrementarán significativamente su índice CBR, de tal manera que se pueda utilizar como subbase granular en conformidad con la Normativa vigente.</p> <p>Hipótesis específicas Las propiedades físicas, granulometría, límite líquido, límite plástico, equivalente de arena del material de la cantera en combinación con 5%, 10% y 20% de residuos de carbón de piedra cumplen con los requisitos de una subbase granular.</p> <p>Las propiedades mecánicas, porcentaje de desgaste, compactación y CBR de laboratorio, del material de la cantera en combinación con 5%, 10% y 20% de residuos de carbón de piedra cumplen con los requisitos de una subbase granular.</p>	<p>VI Carbón de piedra</p> <p>VD Material de afirmado</p>	<p>Composición</p> <p>Propiedades físicas</p> <p>Propiedades físicas del material de cantera natural</p> <p>Propiedades mecánicas del material de cantera natural</p> <p>Propiedades físicas del material de cantera con residuos de carbón de piedra</p> <p>Propiedades mecánicas del material de cantera con residuos de carbón de piedra</p>	<p>Proporción de residuos (% en peso)</p> <p>Granulometría</p> <p>Peso específico</p> <p>Peso unitario</p> <p>Granulometría</p> <p>Límite líquido</p> <p>Límite plástico</p> <p>Índice de plasticidad</p> <p>Equivalente de arena</p> <p>Porcentaje de desgaste</p> <p>Compactación (MDS, OCH)</p> <p>Capacidad de soporte (CBR)</p> <p>Granulometría</p> <p>Límite líquido</p> <p>Límite plástico</p> <p>Índice de plasticidad</p> <p>Equivalente de arena</p> <p>Porcentaje de desgaste</p> <p>Compactación (MDS, OCH)</p> <p>Capacidad de soporte (CBR)</p>	<p>Enfoque: Cuantitativo Tipo: Aplicada Nivel: Correlacional Diseño: Cuasi - experimental Método: Hipotético deductivo</p> <p>Muestra: La muestra de la investigación es intencionada, se toma muestras de material representativo para subbase de la cantera Las Tunas. A esa muestra le va agregar residuos de carbón de piedra provenientes de Conchán, que se utilizarán en proporciones del 5%, 10% y 20%.</p>

Anexo B. Resultados previos del estudio de mecánica de suelos a la cantera Las Tunas

 ENSAYOS DE LABORATORIO SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL LA PALMA - CONCHÁN - LA LEGUA - FACABAMBA - CRUCÓN - ANQUA - BODEOPAMPA - GURNEAMAYO - DISTRITOS DE CONCHÁN - FACABAMBA - ANQUA, PROVINCIA DE CNOTA - CONCHÁN - CNOTA - CAJAMARCA LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS										
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) A.A.S.H.T.O. T 193 - A.S.T.M. D 1583										
RESPONSABLE:		HERALDOS NEGRO			COORDENADAS UTM		HECHO POR			G.R.R.
UBICACIÓN:		CANTERA LAS TUNAS			Elev		ING° RESP.			H.C.R.
CALICATA:		C-1			Muestra		M-1			FECHA
PROFUNDIDAD:		1.50 m			Muestra		M-1			07/09/2024
COMPACTACIÓN CBR										
Número molde	1			2			3			
N° golpes por Capa	32			25			56			
Altura Molde (mm)	110			110			110			
N° Capas	5			5			5			
Condición de Muestra		ANTES DE SATURAR		DESPUES		ANTES DE SATURAR		DESPUES		
Peso Humedo *Molde (gr)	11773	12745.56	7200	10246.45	12359	13147.75				
Peso Molde (gr)	7254	7254	5044	5044	7656	7656				
Peso Humedo (gr)	4519	5492.56	4342	5202.45	4411	5488.75				
Volumen del Molde (cm ³)	2305	2305	2305	2305	2305	2305				
Densidad Humeda (gr/cm ³)	1.961	2.383	1.883	2.257	1.914	2.384				
CONTENIDO DE HUMEDAD										
MARCA N°	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C	
Peso Humedo *Tara (gr)	181.51	170.26	182.54	173.24	175.34	165.99	181.48	171.35	174.72	
Peso seco *Tara (gr)	180.47	150.54	153.20	153.20	154.53	128.35	180.83	151.8	134.83	
Peso Agua (gr)	21.04	19.72	29.34	20.04	20.81	37.64	20.65	19.55	39.89	
Peso Tara (gr)	22.95	22.55	22.47	22.85	22.25	22.25	24.02	20.30	22.35	
Peso Muestra Seca (gr)	137.49	127.99	113.32	130.3	134.24	106.1	136.81	131.44	112.76	
% Humedad (H)	15.26	15.41	26.29	15.31	15.42	35.30	15.29	15.31	35.31	
% Humedad promedio (H)	15.26	15.41	26.29	15.31	15.36	35.30	15.29	15.31	35.31	
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.769	1.769	1.769	1.769	1.769	1.769	1.769	1.769	1.769	
ENSAYO DE EXPANSION										
TIEMPO ACUMULADO (Días)	(Pis)	PRESION 12 GOLPES			PRESION 25 GOLPES			PRESION 56 GOLPES		
		LECTURA DEFORM.	EXPANSION (mm)	%	LECTURA DEFORM.	EXPANSION (mm)	%	LECTURA DEFORM.	EXPANSION (mm)	%
0	0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
24	1	4.726	4.74	4.86	4.339	4.44	4.63	4.119	4.18	3.56
48	2	5.006	5.07	4.97	4.933	4.93	4.97	4.456	4.56	3.83
72	3	5.351	5.36	4.84	5.171	5.17	4.48	5.114	5.11	4.41
96	4	5.773	5.77	4.88	5.379	5.38	4.64	5.253	5.25	4.53
ENSAYO CARGA - PENETRACION										
PENETRACION (mm)	(pulg)	PRESION 12 GOLPES			PRESION 25 GOLPES			PRESION 56 GOLPES		
		CARGA KG.	ESFUERZO (Lb/pulg ²)		CARGA KG.	ESFUERZO (Lb/pulg ²)		CARGA KG.	ESFUERZO (Lb/pulg ²)	
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.64	0.025	64.00	3.36	69.00	3.30	67.00	3.27	121.00	5.88	
1.27	0.050	128.00	7.00	138.00	6.67	134.00	6.67	161.00	8.66	
1.91	0.075	192.00	9.80	213.00	9.80	213.00	11.05	240.00	12.47	
2.54	0.100	256.00	11.82	291.00	11.82	291.00	12.91	284.00	13.71	
3.18	0.125	320.00	14.88	353.00	14.88	353.00	14.88	353.00	15.33	
3.82	0.150	384.00	18.24	427.00	18.24	427.00	18.96	427.00	17.42	
4.46	0.175	448.00	21.92	501.00	21.92	501.00	21.92	474.00	18.41	
5.10	0.200	512.00	25.84	575.00	25.84	575.00	25.84	541.00	19.54	


LABORATORIO DE INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 HENRY DAVILA RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CP N° 77267

Geremas Rimarachin Rimarachin

 LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO



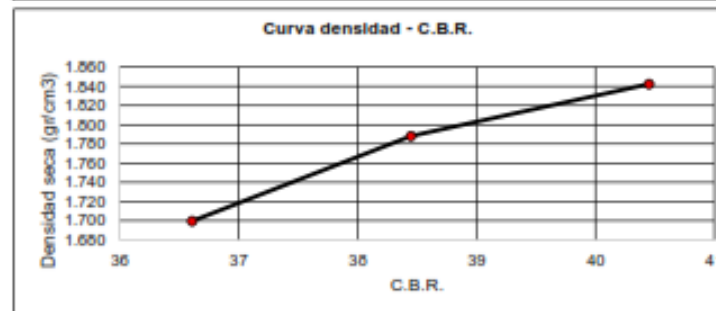
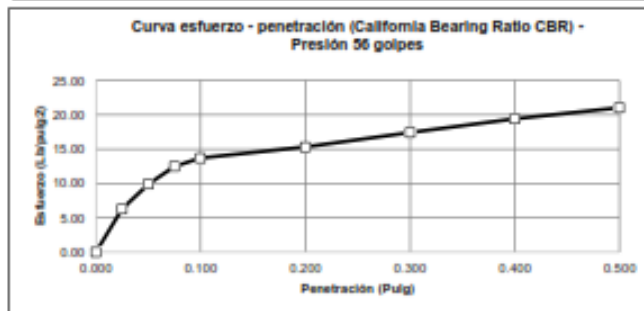
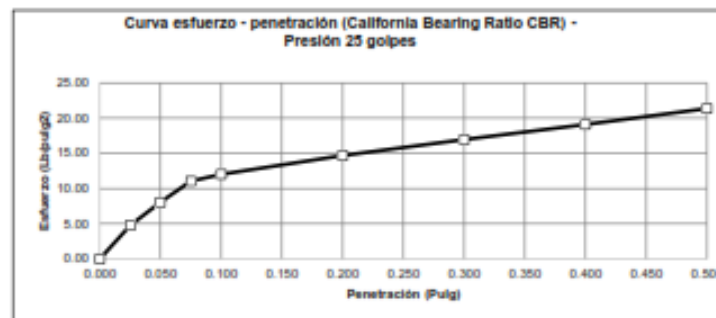
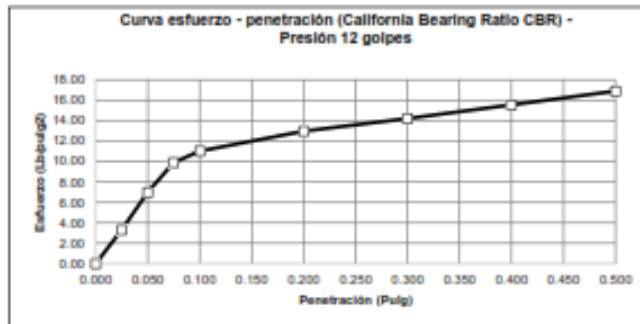
ENSAYOS DE LABORATORIO SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL LA PALMA - CONCHAN - LA LEGUA - TACABAMBA - CRUJUR - ANGUA -
 RODEOPAMPA - GUINZAMAYO. DISTRITOS DE CONCHAN - TACABAMBA - ANGUA. PROVINCIA DE CHOTA - CONCHAN - CHOTA - CAJAMARCA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

A.A.S.H.T.O. T 193 - A.S.T.M. D 1583

RESPONSABLE:	HERALDOS NEGROS	COORDENADAS UTM	HECHO POR	: G.R.R.
UBICACIÓN:	CANTERA LAS TUNAS	Este	ING° RESP.	: H.C.R.
CALICATA:	C-1	Norte	FECHA	: 07/09/2024
PROFUNDIDAD:	MUESTRA 1.50 m	M-1		



ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm³)	1.820	CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%)			15.4
	DENSIDAD	0.1	0.2	CBR	CBR
Presión 12 golpes	1.700	35.01	33.05	35.01	100%
Presión 25 golpes	1.765	35.45	34.45	35.45	
Presión 56 golpes	1.842	40.45	36.1	40.45	39.68%

LABORATORIO
 INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC
 HENRY DAVID CARRERA RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 C.O. Nº 77343

Geremas Rimarachin Rimarachin
 LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

Anexo C. Panel fotográfico

Fotografía 1 Proceso de extracción de residuos de carbón de piedra en la mina de Conchán



Fotografía 2 Muestra recolectada de residuos de carbón de piedra en la mina de Conchán



Fotografía 3 Proceso de recolección del material de la cantera “Las Tunas” en Tacabamba



Fotografía 4 Muestra de material granular de la cantera “Las Tunas” en Tacabamba



Fotografía 5 Análisis granulométrico de residuos de carbón de piedra



Fotografía 6 Ensayo de humedad natural de los residuos de carbón de piedra



Fotografía 7 Ensayo de peso unitario a los residuos de cabrón



Fotografía 8 Ensayo de peso específico de los residuos de carbón



Fotografía 9 Proceso de cuarteo del suelo



Fotografía 10 Análisis granulométrico del suelo natural



Fotografía 11 Ensayo de contenido de humedad del suelo natural



Fotografía 12 Ensayo de Proctor modificado al suelo natural



Fotografía 13 Ensayo de penetración CBR al suelo natural



Fotografía 14 Ensayo de abrasión de los ángeles al suelo con carbón



Fotografía 15 Ensayo de abrasión del suelo natural



Fotografía 16 Análisis granulométrico al suelo con carbón



Fotografía 17 Ensayo Proctor modificado al suelo con carbón



Anexo D. Resultado de ensayos de laboratorio



"GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC"
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS




GSE

MATERIAL DE SUBBASE



LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Geremías Rimbaután Alvarado
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL, REG. C.O. N° 18111

DIRECCIÓN: Jr. ANAXIMANDRO VEGA N° 865 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com

	INFORME DE ENSAYOS	
	IE-2024-197-01	
"GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC" - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS		
DATOS DE PROYECTO		
PROYECTO	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL MATERIAL DE CANTERA LAS TUMAS - TACABAMBA UTILIZANDO RESIDUOS DE CARBÓN DE PIEDRA, CONCHAL 2024".	
UBICACIÓN	TACABAMBA	REALIZADO POR : I.C.D
SOLICITANTE	Bach. ALEX YOEL SILVA GUEVARA & Bach. CRISTIAN DUCEF HUAMÁN	APROBADO POR : G.R.R
CONTACTO	Bach. ALEX YOEL SILVA GUEVARA / CEL. 956 944 555 & Bach. CRISTIAN DUCEF HUAMÁN / CEL. 986 155 951	FECHA DE MUESTREO : 09/12/2024
CANTERA	LAS TUMAS	FECHA DE RECEPCIÓN : 16/12/2024
CODIGO DE MUESTRA	M-197-01	FECHA DE ENSAYO : 16/12/2024
MATERIAL	MATERIAL DE SUBBASE	FECHA DE EMISION : 09/01/2025
PROF. (m)	-	COORDENADAS : E: 762410.93; N: 9292944.69
ESTRUCTURA	-	
MÉTODOS DE PRUEBA ESTANDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DEL SUELO Y LA ROCA EN MASA		
ASTM D2216 - 19		
ENSAYO N°	t	---
N° DE TARA	7-37	
MASA TARA + SUELO HUMEDO (g)	5695.09	
MASA TARA + SUELO SECO (g)	4882.09	
MASA DE LA TARA (g)	231.90	---
MASA DEL AGUA (g)	213.90	
MASA DEL SUELO SECO (g)	4669.40	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	4.58	
HUMEDAD NATURAL (%)	4.6	---

Observaciones: LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS EN CONJUNTO CON EL SOLICITANTE

<p>Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.</p> <p>Si la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C no se debe reproducir el informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.</p> <p>El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.</p> <p>Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.</p> <p>Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.</p> <p>Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencial.</p>	AUTORIZADO POR
	<p>Jefe de Laboratorio:</p>  <p>  GSE LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC Geremías Anaximandro VEGA JEFE DE LABORATORIO INGENIERO CIVIL - REG. CP. N° 201870 </p>



INFORME DE ENSAYO

IE-2024-107-01

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

DATOS DEL PROYECTO

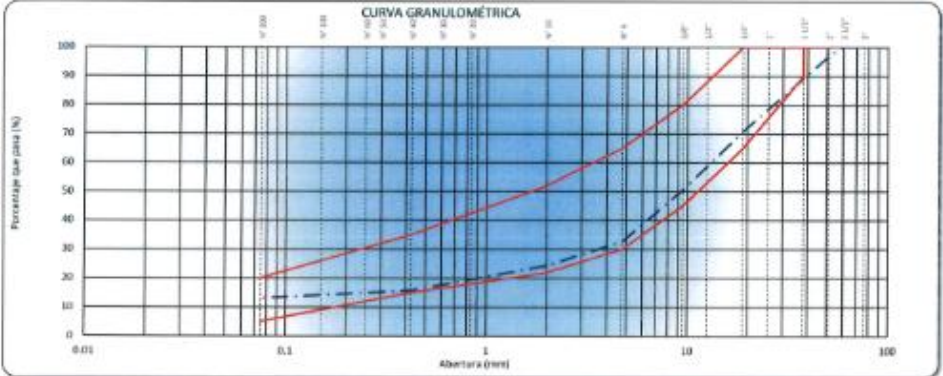
PROYECTO	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS - TACABAMBA UTILIZANDO RESIDUOS DE CORDON DE PIEDRA, CONCHAL, 2024"		
UBICACION	TACABAMBA		
SOLICITANTE	Boh. ALEX YOEL SILVA GUEVARA A Boh. CRISTIAN DUCOF HIJAMAN	REALIZADO POR : I.C.D	
CONTACTO	Boh. ALEX YOEL SILVA GUEVARA / CEL. 956 944 555 A Boh. CRISTIAN DUCOF HIJAMAN / CEL. 956 155 957	APROBADO POR: G.R.R	
CANTERA	LAS TUNAS	FECHA DE MUESTREO 09/12/2024	
CODIGO DE MUESTRA	M-107-01	FECHA DE RECEPCION 10/12/2024	
PROP. No.	-	FECHA DE ENSAYO 09/01/2025	
MATERIAL	MATERIAL DE SUBBASE	FECHA DE EMISION 09/01/2025	
ESTRUCTURA	-	COORDENADAS O: 78216.00; N: 628284.30	

METODOS DE PRUEBA ESTANDAR PARA LA DISTRIBUCION DEL TAMAÑO DE PARTICULA (GRADACION) DE LOS SUELOS MEDIANTE ANALISIS DE TAMIZ

ASTM D6913 / D6913M - 17

TAMIZ	ABERTURA [mm]	MASA RETENIDO g	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	SUB BASE A-1	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
4"	101.600						Masa de la Muestra
3"	76.200						Masa Total de la Muestra (g) : 3690.3
2 1/2"	63.500						Materia Fina < N°4 (g) : 1753
2"	50.800	1101	3.1	3.1	96.9	100 - 100	Materia Gruesa > N°4 (g) : 2427
1 1/2"	38.100	2830	7.9	10.9	92.1		Fraccion Maxima < N°4 (g) : 480.9
1"	25.400	3595.3	13.0	23.9	78.1		Limites de Especificacion
3/4"	19.000	2980.5	8.2	28.1	70.9		Limite Liquido (%) : 30.11
1/2"	12.500	4795.9	13.3	42.4	57.6		Limite Plasticos (%) : 20.61
3/8"	9.525	2953.9	7.1	49.4	50.6		Indice Plasticos (%) : 9.50
N°4	4.750	9450.9	17.9	67.3	32.7	30 - 60	Clasificacion de Suelo
N°8	2.380	84.5	0.0	73.3	26.7		Clasificacion SUCS : GC
N°10	2.000	33.3	2.4	75.7	24.3	22 - 52	Clasificacion AASHTO : A-2-4 (0)
N°15	1.190	60.4	4.3	80.0	20.0		
N°20	840	30.9	2.2	82.2	17.8		
N°30	600	19.0	1.3	83.5	16.5		
N°40	3.425	11.3	0.8	84.3	15.7	15 - 35	
N°50	3.000	9.2	0.7	85.0	15.0		Humedad Natural (%) : 4.99
N°60	2.500	7.9	0.6	85.6	14.5		Materia Organica (%) : ---
N°100	1.500	18.1	0.7	86.3	13.7		Maximo Agua Seca (g/100g) : 2.168
N°150	0.999	6.4	0.5	86.7	13.3		Optimo Cont. Humedad (%) : 6.10
N°200	0.850	4.2	0.3	87.0	13.0	5 - 20	CBR 0.1" a 6% MDS (%) : 33.21
< N°200	FONDO	102.8	13.0	100.0			CBR 0.1" a 10% MDS (%) : 39.15

CURVA GRANULOMETRICA



Observaciones : LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS EN CONJUNTO CON EL SOLIDITANTE


Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.
 Sin la aprobacion del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C no se debe reproducir el informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se reproduzca en su totalidad.
 El laboratorio no es responsable de la informacion suministrada por el cliente.
 Los resultados se aplican a la muestra como se recibio.
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificacion de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
 Las actividades de laboratorio se llevaran a cabo de manera imparcial y confidencial.

AUTORIZADO POR


Jefe de Laboratorio:

 GERARDO RIOS PACHECO RIMORACHA
 JEFE DE LABORATORIO
 INGENIERO CIVIL - REG. CIP. N° 267170


JR. ANAXIMANDRO VEGA N° 865
 CHOTA - CAJAMARCA - PERU
 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com

		INFORME DE ENSAYO	
IE-2024-197-01			
"GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC" - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS			
DATOS DE PROYECTO			
PROYECTO	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS - TACABAMBA UTILIZANDO RESIDUOS DE CARBON DE PIEDRA, CONCHUAN, 2024".		
UBICACION	TACABAMBA	REALIZADO POR	I.C.D
SOLICITANTE	Bach. ALEX YOEL SILVA GUEVARA & Bach. CRISTIAN DUCEP HUAMAN	APROBADO POR	G.R.R
CONTACTO	Bach. ALEX YOEL SILVA GUEVARA / CEL. 999 944 555 & Bach. CRISTIAN DUCEP HUAMAN / CEL. 998 155 801	FECHA DE MUESTREO	09/12/2024
CANTERA	LAS TUNAS	FECHA DE RECEPCION	10/12/2024
CODIGO DE MUESTRA	M-197-01	FECHA DE ENSAYO	10/12/2024
MATERIAL	MATERIAL DE SUBBASE	FECHA DE EMISION	09/12/2025
PROF. INI	-	COORDENADAS	E: 782419.80; N: 9292866.80
ESTRUCTURA	-		
MÉTODOS DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS			
ASTM D4318 - 17a1			
LÍMITE LÍQUIDO			
N° DE TARA		T-09	T-10
MASA TARA + SUELO HÚMEDO (g)		41.19	41.83
MASA TARA + SUELO SECO (g)		35.40	35.79
MASA DEL AGUA (g)		5.79	6.03
MASA DE LA TARA (g)		14.87	15.35
MASA DEL SUELO SECO (g)		20.43	20.35
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		28.33	30.11
NÚMERO DE GOLPES		35	25
LÍMITE PLÁSTICO			
N° DE TARA		T-06	T-07
MASA TARA + SUELO HÚMEDO (g)		16.69	17.36
MASA TARA + SUELO SECO (g)		15.32	15.87
MASA DE LA TARA (g)		5.72	6.62
MASA DEL AGUA (g)		1.37	1.48
MASA DEL SUELO SECO (g)		4.90	7.25
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		28.77	20.44

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		OBSERVACIONES	
LÍMITE LÍQUIDO (%)	30.11	LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS EN CONJUNTO CON EL SOLICITANTE	
LÍMITE PLÁSTICO (%)	28.6	-----	
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	9.5	-----	

<p>Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.</p> <p>Sin la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C no se debe reproducir el informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.</p> <p>El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.</p> <p>Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.</p> <p>Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.</p> <p>Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencial.</p>	<p style="text-align: center;">AUTORIZADO POR</p> <p style="text-align: center;">Jefe de Laboratorio:</p> <div style="text-align: center;">  <p>LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC</p> <p><i>Ceremias Aníbal Ambrach</i></p> <p>JEFE DE LABORATORIO</p> <p>INGENIERO CIVIL - REG. COP. N° 26757</p> </div>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

"GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC" - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

DATOS DE PROYECTO

PROYECTO	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS - TACABAMBA UTILIZANDO RESIDUOS DE CARBÓN DE PIEDRA, CONCHAN, 2024".		
UBICACIÓN	TACABAMBA	REALIZADO POR	I.C.D
SOLICITANTE	Bach. ALEX YOEL SILVA GUEVARA & Bach. CRISTIAN DUCEF	APROBADO POR	G.R.R
CONTACTO	Bach. ALEX YOEL SILVA GUEVARA / CEL. 988 944 588 & Bach. CRISTIAN DUCEF HUAMAN / CEL. 986 166 961	FECHA DE MUESTREO	09/12/2024
CANTERA	LAS TUNAS	FECHA DE RECEPCIÓN	19/12/2024
CODIGO DE MUESTRA	IS-197-01	FECHA DE ENBAYO	19/12/2024
MATERIAL	MATERIAL DE SUBBASE	FECHA DE EMISION	09/01/2025
PROF. (m)	-	COORDENADAS	E: 762410.00; N: 9282964.80
ESTRUCTURA	-		

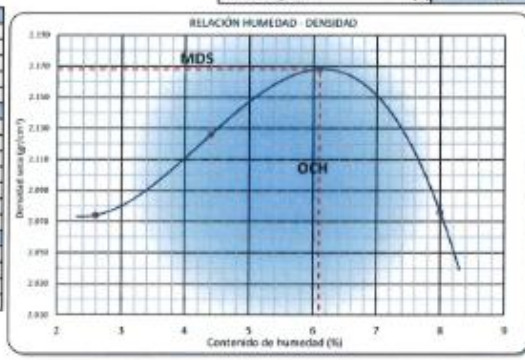
MÉTODOS DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LAS CARACTERÍSTICAS DE COMPACTACIÓN DE LABORATORIO DEL SUELO UTILIZANDO ESFUERZO MODIFICADO (56,809 FT-LBF / FT* [2,703 KN-M/N²])

ASTM D1557 - 12e1

Ensayo N°	1	2	3	4
Número de Capas	5	5	5	5
Golpes de Pico por Capa	56	56	56	56
Masa suelo húmedo + molde (g)	10779	10969	11137	11016
Masa molde + tara (g)	6341	6341	6341	6341
Masa suelo húmedo compactado (g)	4437	4628	4796	4675
Volumen del molde (cm³)	2085	2085	2085	2085
Peso volumétrico húmedo (g/cm³)	2.126	2.220	2.303	2.242
Tara N°	T-01	T-03	T-05	T-08
Peso del suelo húmedo + tara (g)	650.2	650.2	710.2	750.3
Peso del suelo seco + tara (g)	635.9	759.2	675.6	668.2
Peso de Tara (g)	90.5	95.2	107.8	47.2
Peso de agua (g)	14.3	31.0	34.6	32.1
Peso del suelo seco (g)	549.4	704.0	567.8	651.0
Contenido de agua (%)	2.6	4.4	6.1	8.0
Peso volumétrico seco (g/cm³)	2.674	3.126	2.168	2.976
			Densidad máxima (g/cm³)	2.168
			Humedad óptima (%)	6.1

DATOS DESARROLLO DE ENSAYO

Altura de Celda de Pison	45.7 cm	
Masa del Pison	4.5 kg	
Volumen Molde	2085	
N° capas	5	
N° golpes/Capas	56	
GRADACION DE LA MUESTRA		
TAMIZ	RET. PARCIAL (%)	PASA (%)
3"	0	100
2"	3.1	96.9
3/4"	6.2	93.8
3/8"	7.1	92.9
N° 4	17.9	82.1
< N° 4	32.7	67.3
DATOS		
METODO C		
Gravedad Especifica (g/cm³)		
Maxima densidad Seca (g/cm³)	2.168	
Óptimo Contenido de Humedad (%)	6.1	



Observación: LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS EN CONJUNTO CON EL SOLICITANTE

Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.

Si la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C no se debe reproducir el informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencial.

AUTORIZADO POR

Jefe de Laboratorio:

GSE LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Geremias Rimbachin Rimbachin
 JEFE DE LABORATORIO
 INGENIERO CIVIL - REG. OP. N° 26787



INFORME DE ENSAYO

IE-2024-197-01

"GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C." - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

DATOS DE PROYECTO

PROYECTO	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS - TACABAMBA UTILIZANDO RESIDUOS DE CARBON DE PIEDRA, CONCHAL, 2024".		
UBICACION	TACABAMBA	REALIZADO POR	L.C.D
SOLICITANTE	Bach. ALEX YOEL SILVA GUEYARA A Bach. ORTIZ	APROBADO POR	G.R.R
CONTACTO	Bach. ALEX YOEL SILVA GUEYARA / CEL. 956 344 555 & Bach. CRISTIAN DUCEP HUAMAN / CEL. 966 155 951	FECHA DE MUESTREO	08/12/2024
CANTERA	LAS TUNAS	FECHA DE RECEPCION	18/12/2024
CODIGO DE MUESTRA	M-197-01	FECHA DE ENSAYO	18/12/2024
MATERIAL	MATERIAL DE SUBBASE	FECHA DE EMISION	09/12/2025
PROF. (m)	-	COORDENADAS	E: 763416.00; N: 925294.00
ESTRUCTURA	-		

METODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO ASTM D1553 - 1

	C.B.R.					
	19		12		15	
	5		5		5	
N° Capas	5		5		5	
N° golpes por capa	55		25		12	
Corrección de la muestra						
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	12753	12739	12560	12545	12246	12233
Masa de molde + base (g)	7605	7605	7959	7959	8049	8049
Masa de suelo húmedo (g)	4916	4904	4621	4607	4197	4184
Volumen del molde (cm³)	2130	2130	2105	2105	2123	2123
Densidad húmeda (g/cm³)	2.308	2.303	2.195	2.188	1.977	1.971
N° Tiras	T-01	T-02	T-03	T-04	T-05	T-06
Masa suelo húmedo + tara (g)	590.5	760.2	645.2	695.4	825.0	786.2
Masa suelo seco + tara (g)	556.7	738.0	611.5	649.3	782.0	718.5
Masa de tara (g)	45.0	88.0	76.3	162.5	130.5	95.6
Masa de agua (g)	31.8	42.2	33.7	35.1	43.0	41.7
Masa de suelo seco (g)	513.7	650.0	535.2	548.8	681.5	622.9
Contenido de humedad (%)	6.2	6.5	6.3	6.5	6.4	6.7
Densidad seca (g/cm³)	2.174	2.162	2.095	2.053	1.858	1.847

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
18/12/2024	08:33	0	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00
20/12/2024	08:33	24	15.00	0.381	0.33	21.00	0.533	0.46	24.00	0.610	0.53
21/12/2024	06:33	48	23.00	0.584	0.50	26.00	0.680	0.57	33.00	0.762	0.66
22/12/2024	06:33	72	28.00	0.737	0.64	33.00	0.838	0.72	35.00	0.914	0.79
23/12/2024	06:33	96	38.00	0.965	0.82	42.00	1.007	0.82	45.00	1.143	0.99

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN (mm)	CARGA ESTANDAR (kg/cm²)	MOLDE N° 19			MOLDE N° 12			MOLDE N° 15			
		CARGA	CORRECCIÓN		CARGA	CORRECCIÓN		CARGA	CORRECCIÓN		
		Dial (div)	kg		kg	%		Dial (div)	kg		kg
0.000		0			0			0			
0.025		25			21			16			
1.275		205			174			131			
1.985		380			331			246			
2.540	70.5	575	537.7	28.5	489	457.1	33.6	367	342.8	25.2	
3.810		913			775			582			
5.080	105.7	1195	1108.0	58.0	1016	1018.0	45.0	782	764.9	37.3	
6.350		1427			1289			897			
7.620		1679			1427			1070			
10.600		2158			1824			1376			
12.750		2491			2117			1588			

Observaciones : LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS EN CONJUNTO CON EL SOLICITANTE.

<p>Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.</p> <p>Sin la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C no se debe reproducir el Informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.</p> <p>El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.</p> <p>Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.</p> <p>Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.</p> <p>Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencial.</p>	<p>AUTORIZADO POR</p> <p>Jefe de Laboratorio</p> <p>GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C. Cercanías Rimacochán, Rimacochán JEFE DE LABORATORIO INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 207876</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

JR. ANAXIMANDRO VEGA N° 865
CHOTA - CAJAMARCA - PERÚ
EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com



INFORME DE ENSAYO

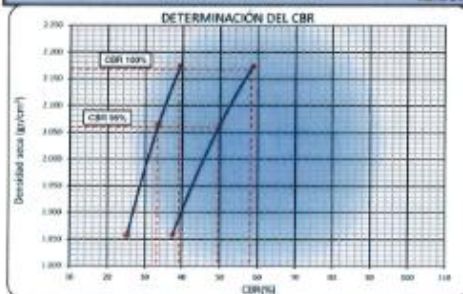
IE-2024-197-01

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC / LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE CONCRETO Y PAVIMENTOS

DATOS DE PROYECTO

PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS - TACABAMBA UTILIZANDO RESIDUOS DE CARBON DE PIEDRA, COMCHAM, 2024.		
UBICACION	TACABAMBA	REALIZADO POR	I.C.D
SOLICITANTE	Bach. ALEX YDEL SILVA GUEVARA & Bach. CRISTIAN DUCE	APROBADO POR	G.R.R
CONTACTO	Bach. ALEX YDEL SILVA GUEVARA / CEL. 999 544 585 & Bach. CRISTIAN DUCEP HUANAN / CEL. 988 193 851	FECHA DE MUESTREO	09/12/2024
CANTERA	LAS TUNAS	FECHA DE RECEPCION	16/12/2024
CODIGO DE MUESTR.	M-197-01	FECHA DE ENSAYO	16/12/2024
MATERIAL	MATERIAL DE SUBBASE	FECHA DE EMISION	05/01/2025
PROF. (m)	+	COORDENADAS	E: 782416.00; M: 928294.00
ESTRUCTURA	-		

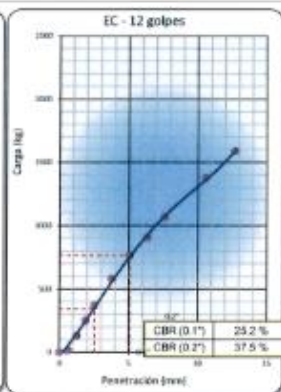
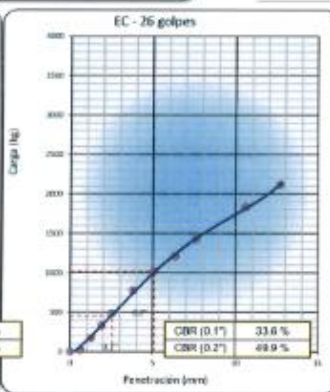
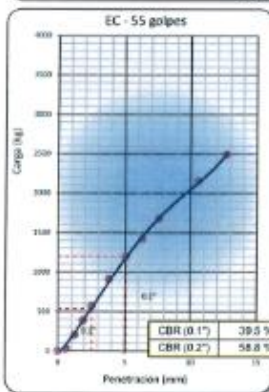
METODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO ASTM D1557 - 1



DATOS DEL PROCTOR MODIFICADO	
PROCTOR MODIFICADO ASTM	1507
MAXIMA DENSIDAD SECA	(g/cm³) 2.198
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	(%) 6.1
95% DE LA MAXIMA DENSIDAD SECA	(g/cm³) 2.090

PORCENTAJES DEL CBR				
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	33.3	0.2"	49.6
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	30.1	0.2"	58.2
PORCENTAJE DE EXPANSION				
0.9				

Observaciones:



Observaciones: LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS EN CONJUNTO CON EL SOLICITANTE.

<p>Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.</p> <p>Si la impresión del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C no se dio reproducir el informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.</p> <p>El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.</p> <p>Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.</p> <p>Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.</p> <p>Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencial.</p>	<p>AUTORIZADO POR</p> <p>Jefe de Laboratorio</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------

JR. ANAXIMANDRO VEGA N° 865
CHOTA - CAJAMARCA - PERÚ
EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com



INFORME DE ENSAYO

IE-2024-197-01

"GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC" LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

DATOS DE PROYECTO


PROYECTO	: "MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS - TACABAMBA UTILIZANDO RESIDUOS DE CARBON DE PIEDRA, CONCHAL 2024".	REALIZADO POR	: I.C.D
UBICACION	: TACABAMBA	APROBADO POR	: G.R.R
SOLICITANTE	: Bach. ALEX YOEL SILVA GUEVARA & Bach. CRISTIAN DUCEF HUAMAN	FECHA DE MUESTREO	: 08/12/2024
CONTACTO	: Bach. ALEX YOEL SILVA GUEVARA / CEL. 956 844 595 & Bach. CRISTIAN DUCEF HUAMAN / CEL. 986 155 951	FECHA DE RECEPCION	: 16/12/2024
CANTERA	: LAS TUNAS	FECHA DE ENSAYO	: 16/12/2024
CODIGO DE MUESTRA	: M-197-01	FECHA DE EMISION	: 08/01/2025
MATERIAL	: MATERIAL DE SUBBASE	COORDENADAS	: E: 762416.90; N: 9292964.08
PROF. (m)	: -		
ESTRUCTURA	: -		

EQUIVALENTE DE ARENA

ASTM D 2419


N° DE ENSAYOS	1	2	3
Tamaño máximo (peso malla N° 4)	4.76	4.76	4.76
Hora de entrada a saturación	11:45	11:47	11:49
Hora de salida de saturación (mas 10")	11:58	11:57	11:59
Hora de entrada a decantación	11:57	11:58	12:01
Hora de salida de decantación (mas 20")	12:17	12:19	12:21
Altura máxima de material fino	13.6	13.4	13.1
Altura máxima de la arena	2.1	2.3	2.2
Equivalente de Arena (%)	15.4	17.2	16.8
PROMEDIO	16.47		

Observaciones:

<p>Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.</p> <p>Sin la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C no se debe reproducir el informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.</p> <p>El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.</p> <p>Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.</p> <p>Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.</p> <p>Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencial.</p>	<p>AUTORIZADO POR</p> <p>Jefe de Laboratorio:</p>  <p>Geremias Jimarachi Almarazhu JEFE DE LABORATORIO INGENIERO CIVIL - REG. COE N° 207870</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



JR. ANAXIMANDRO VEGA N° 865
 CHOTA - CAJAMARCA - PERÚ
 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com

Página 7 de 8

	INFORME DE ENSAYO			
	IE-2024-197-01			
"GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC" - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS				
DATOS DE PROYECTO				
PROYECTO	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS - TACABAMBA UTILIZANDO RESIDUOS DE CARBÓN DE PIEDRA, CONCHAN, 2024".			
UBICACIÓN	TACABAMBA	REALIZADO POR :	L.C.D	
SOLICITANTE	Bach. ALEX YOEL SILVA GUEVARA & Bach. CRISTIAN DUCEF HUAMAN	APROBADO POR :	G.R.R	
CONTACTO	Bach. ALEX YOEL SILVA GUEVARA / CEL. 956 944 555 & Bach. CRISTIAN DUCEF HUAMAN / CEL. 986 155 861	FECHA DE MUESTREO :	06/12/2024	
CANTERA	LAS TUNAS	FECHA DE RECEPCIÓN :	10/12/2024	
CÓDIGO DE MUESTRA	M-197-01	FECHA DE ENSAYO :	10/12/2024	
MATERIAL	MATERIAL DE SUBBASE	FECHA DE EMISIÓN :	09/01/2025	
PROF. (m)	-	COORDENADAS :	E: 753419.90; N: 9252864.80	
ESTRUCTURA	-			

ABRASIÓN LOS ANGELES				
ASTM C 13				
TAMIZ PASA - RETIENE	GRADACIÓN			
	A*	B	C	D
1 1/2" - 1"	1250			
1" - 3/4"	1250			
3/4" - 1/2"	1250			
1/2" - 3/8"	1250			
3/8" - 1/4"				
1/4" - N° 4				
N° 4 - N° 8				
PESO TOTAL	5,800			
MATERIAL RETENIDO TAMIZ N° 12	3,500			
MATERIAL PASA TAMIZ N° 12	1,420			
N° DE ESFERAS	12			
PESO DE LAS ESFERAS (gr)	5000 ± 25			
PORCENTAJE DE DESGASTE	28.4			

Observaciones:

<p>Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.</p> <p>Sin la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C no se debe reproducir el informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.</p> <p>El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.</p> <p>Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.</p> <p>Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.</p> <p>Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencial.</p>	<p style="text-align: center;">AUTORIZADO POR</p> <p style="text-align: center; font-size: small;">Jefe de Laboratorio:</p> <div style="text-align: center;">   <p style="font-size: x-small;">LA TORRETORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC Geremias Anaximandro Vega JEFE DE LABORATORIO INGENIERO CIVIL - REG. CIP N° 125791</p> </div>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

JR. ANAXIMANDRO VEGA N° 865
 CHOTA - CAJAMARCA - PERÚ
 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com

FIN DE DOCUMENTO

Página 8 de 8




"GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC"
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

MATERIAL DE CARBÓN

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN


LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Geremias Ruzaracho Jimarachi
Geremias Ruzaracho Jimarachi
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL - REG. CIP. N° 267870

DIRECCIÓN: Jr. ANAXIMANDRO VEGA N° 865 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com

	INFORME DE ENSAYOS	
	IE-2024-197-02	
<small>"GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C." - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS</small>		
DATOS DE PROYECTO		
PROYECTO	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS - TACABAMBA UTILIZANDO RESIDUOS DE CARBON DE PIEDRA, COMCHAM, 2024".	
UBICACION	CONCHAM	REALIZADO POR : I.C.D
SOLICITANTE	Bach. ALEX YOSIL SILVA GUEVARA & Bach. CRISTIAN DUCEP HUAMAN	APROBADO POR : G.R.R
CONTACTO	Bach. ALEX YOSIL SILVA GUEVARA / CEL. 956 944 505 & Bach. CRISTIAN DUCEP HUAMAN / CEL. 984 155 851	FECHA DE MUESTREO : 09/12/2024
CANTERA	-	FECHA DE RECEPCION : 10/12/2024
CODIGO DE MUESTRA	IS-197-02	FECHA DE ENSAYO : 11/12/2024
MATERIAL	CARBON	FECHA DE EMISION : 09/11/2025
PROF. ING.	-	COORDENADAS : E: 782548.00; N: 9288873.00
ESTRUCTURA	-	
MÉTODOS DE PRUEBA ESTANDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DEL SUELO Y LA ROCA EN MASA		
ASTM D2216 - 13		
ENSAYO N°	T	—
N° DE TARA	T-40	
MASA TARA + SUELO HUMEDO (g)	925.00	
MASA TARA + SUELO SECO (g)	827.80	
MASA DE LA TARA (g)	83.08	
MASA DEL AGUA (g)	96.08	
MASA DEL SUELO SECO (g)	444.00	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	12.01	
HUMEDAD NATURAL (%)	12.4	

Observaciones: LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS EN CONJUNTO CON EL SOLICITANTE

<p>Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.</p> <p>Sin la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C. no se debe reproducir el informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se reproduzca en su totalidad.</p> <p>El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.</p> <p>Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.</p> <p>Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificación del sistema de calidad de la entidad que lo produce.</p> <p>Las actividades de laboratorio se realizan a cabo de manera imparcial y confidencial.</p>	AUTORIZADO POR
	<p>Jefe de Laboratorio:</p>  <p>  L' TORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION S.A.C Geremias Rimaroblesu Rinanochin JEFE DE LABORATORIO INGENIERO CIVIL, REG. CIP. N° 267870 </p>



INFORME DE ENSAYO

IE-2024-197-02

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

DAVOS DE PROYECTO

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS - TACASAMBA UTILIZANDO RESIDUOS DE CARBON DE PIEDRA, CONCHOS, 2024.

UBICACION : CONCHAS

SOLICITANTE : Bach. ALEX YDEL SILVA GUEVARA & Bach. CRISTIAN DUCEF HUMAN

CONTACTO : Bach. ALEX YDEL SILVA GUEVARA / CEL. 956 944 365 & Bach. CRISTIAN DUCEF HUMAN / CEL. 966 155 931

CANTERA : -

CONDICION DE MUESTRA : S-197-03

PROF. (s) : -

MATERIAL : CARBON

ESTRUCTURA : -

REALIZADO POR : I.E.D

APROBADO POR: O.J.R

FECHA DE MUESTREO: 09/12/2024

FECHA DE RECEPCION: 10/12/2024

FECHA DE ENSAYO: 10/12/2024

FECHA DE EMISION: 09/01/2025

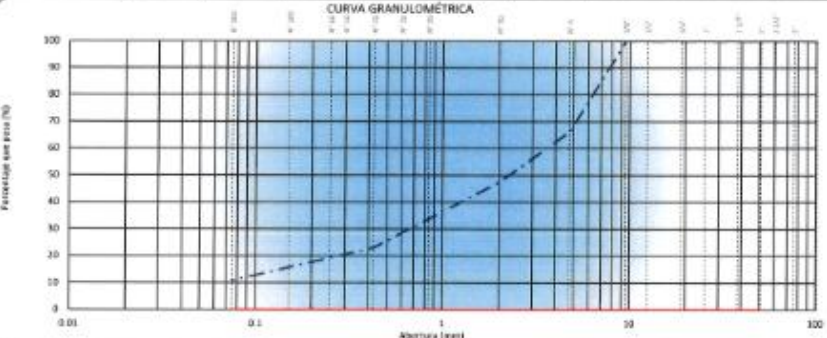
COORDENADAS E: 162948.48; N: 626673.18

MÉTODOS DE PRUEBA ESTANDAR PARA LA DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA (GRADACIÓN) DE LOS SUELOS MEDIANTE ANÁLISIS DE TAMBE

ASTM D6913 / D6913M - 17

TAMBE	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDO g	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
4"	101.600					Masa de la Muestra
3"	76.200					Volumen Total de la Muestra (m ³) : 325.0
2 1/2"	63.500					Volumen Fino < N° 4 (m ³) : 210
2"	50.800					Volumen Grueso > N° 4 (m ³) : 115
1 1/2"	38.100					Proporcion Maximal < N° 4 (m ³) : 325.0
1"	25.400					LIMITE DE CONSISTENCIA
3/4"	19.000					Limite Liquido (%)
1/2"	12.500					Limite Plastico (%)
3/8"	9.525				100.0	Indice Plasticidad (%)
N° 4	4.750	110.0	33.8	33.8	66.2	Clasificación de Suelo
N° 8	2.360	66.0	19.8	47.7	52.3	Clasificación SUCS : -
N° 10	2.000	34.0	8.9	50.9	47.4	Clasificación AASHTO : -
N° 15	1.180	48.0	9.8	52.3	37.7	
N° 20	0.840	35.0	7.1	59.5	38.5	
N° 30	0.600	23.0	4.7	74.1	25.9	
N° 40	0.425	14.0	2.8	77.9	22.0	
N° 50	0.300	12.0	2.6	79.8	20.4	Humedad Natural (%) : 12.61
N° 60	0.250	14.0	2.6	82.5	17.5	Materia Organica (%) : -
N° 100	0.150	16.0	3.7	86.7	13.8	Módulo de Saca (kg/cm ²)
N° 140	0.106	16.0	2.0	89.7	11.8	Coeficiente de Permeabilidad (%)
N° 200	0.075	3.0	1.0	92.2	10.8	CBR 3" a 80% MDS (%)
> N° 200	FONDO	53.6	10.8	100.0	10.8	CBR 3" a 100% MDS (%)

CURVA GRANULOMÉTRICA



Observaciones : LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS EN CONJUNTO CON EL SOLICITANTE.

Los resultados de laboratorio solamente ciertos resultados sometidos a ensayo.

De la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C. se debe reproducir el informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se reproduzca en su totalidad.

El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.


Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de preferencia o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera íntegra y confidencial.

AUTORIZADO POR

Jefe de Laboratorio:



Geremias Humberto Alvarado
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL, REG. OP. N° 20747

JR. ANAXIMANDRO VEGA N° 865
CHOTA - CAJAMARCA - PERÚ
EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com

Página 2 de 5

	INFORME DE ENSAYO	
	IE-2024-197-02	
"GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC" - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS		
DATOS DE PROYECTO		
PROYECTO :	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS - TACABAMBA UTILIZANDO RESIDUOS DE CARBON DE PIEDRA CONDHAM, 2024".	
UBICACION DE LA MUESTRA :	CONDHAM	
SOLICITANTE :	Bach. ALEX YOEL SELVA GUEVARA & Bach. CRISTIAN DUCEF HUAMAN	REALIZADO POR : L.C.D.
CONTACTO :	Bach. ALEX YOEL SELVA GUEVARA / CEL. 956 944 555 & Bach. CRISTIAN DUCEF HUAMAN / CEL. 956 166 951	APROBADO POR : G.R.R.
CANTERA :	-	FECHA DE MUESTREO: 9-12-2024
CODIGO DE MUESTRA :	M-197-02	FECHA DE RECEPCION: 10-12-2024
MATERIAL :	CARBON	FECHA DE ENSAYO: 11-12-2024
ESTRUCTURA :	-	FECHA DE EMISION: 9-1-2025
		COORDENADAS: E: 762448.66; N: 9288973.68

METODO ESTANDAR PARA DETERMINAR LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECIFICA) Y LA ABSORCIÓN DE ADREGADO GRUESO
ASTM C 127 - 15

IDENTIFICACION		t	t	
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (SSS)	100.00	100.00	
B	Peso Frasco + agua	688.30	688.21	
C	Peso Frasco + agua + muestra SSS	731.00	731.21	
D	Peso del Mat. Seco	96.00	96.10	
Pe Bulk (Base seca) o Peso especifico de masa = D/(B+A-C)		1.71	1.72	1.71
Pe Bulk (Base Saturada) o Peso especifico SSS = A/(B+A-C)		1.75	1.75	1.75
Pe Aparente (Base seca) o Peso especifico aparente = D/(B-D-C)		1.77	1.78	1.78
% Absorción = 100*(A-D)/D		2.04	2.03	2.03

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS POR EL SOLICITANTE, POSTERIORMENTE TRANSPORTADAS A LABORATORIO GSE

<p>Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.</p> <p>Si la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C no se debe reproducir el informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se reafirma en su totalidad.</p> <p>El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.</p> <p>Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.</p> <p>Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.</p> <p>Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencial.</p>	<p style="text-align: center;">AUTORIZADO POR</p> <p>Jefe de Laboratorio:</p>  <p style="text-align: center;">  L. T. LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC Geremias Rimurachin Rimurachin JEFE DE LABORATORIO INGENIERO CIVIL - REG. CP. N° 207070 </p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------


	INFORME DE ENSAYO	
	IE-2024-197-02	
"GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC" - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS		
DATOS DE PROYECTO		
PROYECTO :	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS - TACABAMBA UTILIZANDO RESIDUOS DE CARBÓN DE PIEDRA, CONCHAL, 2024".	
UBICACION DE LA MUESTRA :	CONCHAL	
SOLICITANTE :	Bach. ALEX YOEL SILVA GUEVARA & Bach. CRISTIAN DUCEF HUAMAN	REALIZADO POR : I.C.D
CONTACTO :	Bach. ALEX YOEL SILVA GUEVARA / CEL. 986 944 886 & Bach. CRISTIAN DUCEF HUAMAN / CEL. 986 155 951	APROBADO POR: G.R.R
CANTERA :	-	FECHA DE MUESTREO: 9-12-2024
CODIGO DE MUESTRA :	M-197-02	FECHA DE RECEPCION: 10-12-2024
MATERIAL :	CARBON	FECHA DE ENSAYO: 11-12-2024
		FECHA DE EMISION: 9-1-2025
COORDENADAS: E: 762648.85; N: 9388973.09		
METODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD APARENTE (PESO UNITARIO) E INDICE DE HUECOS EN LOS ARIDOS		
ASTM C 29/C 39M - 97		

PESO UNITARIO SUELTO AGREGADO FINO				
DESCRIPCION	UND.	ENSAYOS		
NUMERO DE ENSAYOS		01	02	03
PESO DEL MATERIAL + MOLDE	g.	5588	5560	5540
PESO DEL MOLDE	g.	2538	2538	2538
PESO DEL MATERIAL SUELTO	g.	3050	3022	3002
VOLUMEN DE MOLDE	cm ³	2844	2844	2844
PESO UNITARIO SUELTO	g/m ³	1072	1063	1056
PROMEDIO		1,064 g/m³		

PESO UNITARIO COMPACTADO AGREGADO FINO				
DESCRIPCION	UND.	ENSAYOS		
NUMERO DE ENSAYOS		01	02	03
PESO DEL MATERIAL + MOLDE	g.	6018	6008	6055
PESO DEL MOLDE	g.	2538	2538	2538
PESO DEL MATERIAL SUELTO	g.	3480	3470	3517
VOLUMEN DE MOLDE	cm ³	2844	2844	2844
PESO UNITARIO SUELTO	g/m ³	1224	1220	1237
PROMEDIO		1,227 g/m³		

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS POR EL SOLICITANTE, POSTERIORMENTE TRANSPORTADAS A LABORATORIO GSE

<p>Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.</p> <p>Sin la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C no se debe reproducir el informe de ensayo de manera general, excepto cuando se reproduzca en su totalidad.</p> <p>El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.</p> <p>Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.</p> <p>Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.</p> <p>Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencial.</p>	<p style="text-align: center;">AUTORIZADO POR</p> <p>Jefe de Laboratorio:</p> <div style="text-align: center;">  <p>LA TORRE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC</p> <p><i>Gerardo Amata</i></p> <p>Gerardo Amata Jimenez JEFE DE LABORATORIO INGENIERO CIVIL - REG. CIP N° 26789</p> </div>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------


	INFORME DE ENSAYO	
	IE-2024-197-02	
<small>GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</small>		
DATOS DE PROYECTO		
PROYECTO	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS - TACABAMBA UTILIZANDO RESIDUOS DE CARBÓN DE PIEDRA, CONCHAN, 2024".	
UBICACIÓN	CONCHAN	REALIZADO POR : I.C.D
SOLICITANTE	Bach. ALEX YDEL SILVA GUEVARA & Bach. CRISTIAN DUCEF HUAMÁN	APROBADO POR : G.R.R
CONTACTO	Bach. ALEX YDEL SILVA GUEVARA / CEL. 950 944 555 & Bach. CRISTIAN DUCEF HUAMÁN / CEL. 985 155 991	FECHA DE MUESTREO : 09/12/2024
CANTERA	-	FECHA DE RECEPCIÓN : 10/12/2024
CODIGO DE MUESTRA	M-197-02	FECHA DE ENSAYO : 11/12/2024
MATERIAL	CARBON	FECHA DE EMISION : 09/12/2025
PROF. INI.	-	COORDENADAS : E: 762049.99; N: 9288973.00
ESTRUCTURA	-	

ABRASION LOS ANGELES

ASTM C 13

TAMIZ PASA - RETENE	GRADACIÓN			
	A	B	C	D
1 1/2" - 1"				
1" - 3/4"				
3/4" - 1/2"				
1/2" - 3/8"				
3/8" - 1/4"				
1/4" - N° 4			2500	
N° 4 - N° 8			2500	
PESO TOTAL			5000	
MATERIAL RETENIDO TAMIZ N° 12			2315	
MATERIAL PASA TAMIZ N° 12			2685	
N° DE ESFERAS			8	
PESO DE LAS ESFERAS (g)			330 ± 20	
PORCENTAJE DE DESGASTE			53.7	

Observaciones:

<p>Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.</p> <p>Si la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C. no se debe reproducir el informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.</p> <p>El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.</p> <p>Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.</p> <p>Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.</p> <p>Las actividades de laboratorio se llevan a cabo de manera imparcial y confidencial.</p>	AUTORIZADO POR
	<p>Jefe de Laboratorio:</p> <div style="text-align: center;">  <p>LA TORATORIA INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC</p> <p><i>(Firma)</i></p> <p>ARMANDO ROMANUCO ROMANUCO JEFE DE LABORATORIO INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 261579</p> </div>

JR. ANAXIMANDRO VEGA N° 865
CHOTA - CAJAMARCA - PERÚ
EMAIL: gselaboratprio2019@gmail.com

Página 5 de 5



"GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC"
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

MEZCLA DE MATERIALES DE CANTERA LAS TUNAS CON EL 5% DE RESIDUOS DE CARBÓN

LA TOPOTOPIC
INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC
Celis
Cecilia Amador
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL REG. CP. N° 267870

DIRECCIÓN: Jr. ANAXIMANDRO VEGA N° 865 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com



INFORME DE ENSAYOS

IE-2024-197-03

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C. - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

DATOS DE PROYECTO

PROYECTO	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS - TACABAMBA UTILIZANDO RESIDUOS DE CARBÓN DE PIEDRA, CONCHAN, 2024".	
UBICACIÓN	TACABAMBA	REALIZADO POR : I.C.D
SOLICITANTE	Bach. ALEX YOEL SILVA GUEVARA & Bach. CRISTIAN DUCEF HUAMAN	APROBADO POR : G.R.R
CONTACTO	Bach. ALEX YOEL SILVA GUEVARA / CEL. 958 944 355 & Bach. CRISTIAN DUCEF HUAMAN / CEL. 958 155 951	FECHA DE MUESTREO : 16/12/2024
CANTERA	LAS TUNAS	FECHA DE RECEPCIÓN : 16/12/2024
CODIGO DE MUESTRA	M-197-03	FECHA DE ENSAYO : 16/12/2024
MATERIAL	MEZCLAS DE MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS CON EL 5% DE RESIDUOS DE CARBON	CIA DE EMISION : 95812325
PROF. (H)	-	COORDENADAS : E: 762410.00; N: 8292984.00
ESTRUCTURA	-	COORDENADAS : E: 762049.00; N: 8289971.00

MÉTODOS DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DEL SUELO Y LA ROCA EN MASA

ASTM D2210 - 19

ENSAYO N°	1	---
N° DE TARA	7.37	
MASA TARA + SUELO HÚMEDO (g)	2781.08	
MASA TARA + SUELO SECO (g)	2671.08	
MASA DE LA TARA (g)	231.60	
MASA DEL AGUA (g)	110.00	
MASA DEL SUELO SECO (g)	2439.40	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	4.51	
HUMEDAD NATURAL (%)	6.8	

Observaciones:

LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS EN CONJUNTO CON EL SOLICITANTE

Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.
 Sin la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C. no se debe reproducir el informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.
 El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.
 Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
 Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencial.

AUTORIZADO POR

Jefe de Laboratorio:

GEREMIAS RIMACOCHA RIOSACAMA
 INGENIERO CIVIL, REG. CIP. N° 26120

JR. ANAXIMANDRO VEGA N° 865
 CHOTA - CAJAMARCA - PERÚ
 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com

Página 1 de 8



INFORME DE ENSAYO

IE-2024-197-03

"GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC" - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

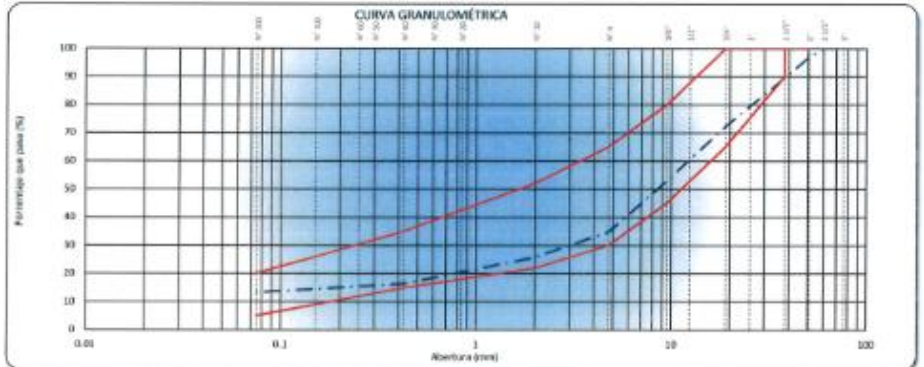
DATOS DE PROYECTO

PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS - TACABAMBA UTILIZANDO RESIDUOS DE CARBÓN DE PIEDRA, CORCHAL, 232F.		
UBICACIÓN	TACABAMBA		
SOLICITANTE	Bach. ALEX VOEL SELVA GUEVARA & Bach. CRISTIAN DUCEP HUAMÁN	REALIZADO POR:	L.C.D
CONTACTO	Bach. ALEX VOEL SELVA GUEVARA / CEL. 986 944 555 & Bach. CRISTIAN DUCEP HUAMÁN / CEL. 986 155 951	APROBADO POR:	G.R.R.
CANTERA	LAS TUNAS		
CODIGO DE MUESTRA	M-197-03	FECHA DE MUESTREO	09/12/2024
PROF. (m)	-	FECHA DE RECEPCIÓN	10/12/2024
MATERIAL	MEZCLAS DE MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS CON EL 5% DE RESIDUOS DE CARBÓN	FECHA DE ENSAYO	16/12/2024
ESTRUCTURA	-	FECHA DE EMISIÓN	06/01/2025
		COORDENADAS E:	783416.00; N: 9202964.00
		COORDENADAS E:	783045.00; N: 9206973.00

MÉTODOS DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA (GRADACIÓN) DE LOS SUELOS MEDIANTE ANÁLISIS DE TAMIZ

ASTM D6913 / D6913M - 17


TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDO g	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	SUB BASE	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
4"	101.600						Masa de la Muestra
3"	76.200						Masa Total de la Muestra (g) : 26570.0
3/16"	48.268				100.0		Materia Fina < N°4 (g) : 3041
2"	50.800	771	2.9	2.9	97.1	100 - 100	Materia Gruesa > N°4 (g) : 17558
1/16"	38.100	1064	7.5	10.4	89.6		Fración Materia < N°4 (g) : 489.0
1"	25.400	2577.0	9.7	20.1	79.9		Límites de Consistencia
3/4"	19.000	2677.0	10.1	30.2	69.8		Límite Líquido (%) : 27.23
1/2"	12.500	3340.0	12.6	42.8	57.2		Límite Plástico (%) : 19.32
3/8"	9.525	1787.0	6.7	49.5	50.5	45 - 80	Índice Plástico (%) : 7.92
N°4	4.750	4802.0	18.1	67.6	32.4	30 - 65	Clasificación de Suelo
N°6	2.500	80.4	0.3	67.9	32.1		Clasificación SUCS : GC
N°10	2.000	36.1	0.1	68.0	32.0	22 - 52	Clasificación AASHTO : A-2-4 (0)
N°15	1.180	62.9	0.2	68.2	31.8		
N°20	0.850	22.3	0.08	68.3	31.7		
N°30	0.600	20.7	0.08	68.4	31.6		
N°40	0.425	12.4	0.05	68.5	31.5	15 - 26	
N°50	0.300	10.2	0.04	68.6	31.4		Humedad Natural (%) : 4.51
N°60	0.250	8.0	0.03	68.7	31.3		Materia Orgánica (%) : ---
N°75	0.150	11.5	0.04	68.8	31.2		Máxima dens. Seca (g/cm³) : 2.178
N°100	0.150	7.2	0.03	68.9	31.1		Óptimo Cont. Humedad (%) : 5.90
N°200	0.075	4.6	0.02	69.0	31.0	5 - 29	CBR 0.1" a 95% MDS (%) : 27.52
= N°250	FONDO	92.0	0.3	69.3	30.7		CBR 0.1" a 100% MDS (%) : 44.11



Observaciones: LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS EN CONJUNTO CON EL SOLICITANTE.

<p>Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.</p> <p>Si la operación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C no se debe reproducir el informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se reproduzca en su totalidad.</p> <p>El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.</p> <p>Los resultados se aplican a la muestra como se recibe.</p> <p>Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como evidencia del sistema de calidad de la entidad que lo produce.</p> <p>Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencial.</p>	<p>AUTORIZADO POR</p> <p>Jefe de Laboratorio</p> <p>Geremias Almonacid Huamán JEFE DE LABORATORIO INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 287510</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

JR. ANAXIMANDRO VEGA N° 865
CHOTA - CAJAMARCA - PERÚ
EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com



INFORME DE ENSAYO

IE-2024-197-03

T-05E LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

DATOS DE PROYECTO

PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS - TACABAMBA UTILIZANDO RESIDUOS DE CARBON DE PIEDRA, CONCHAN, 2024.		
UBICACION	TACABAMBA	REALIZADO POR	I.C.D
SOLICITANTE	Bach. ALEX YDEL SILVA GUEVARA & Bach. CRISTIAN DUCEF HUAMAN	APROBADO POR	G.R.R
CONTACTO	Bach. ALEX YDEL SILVA GUEVARA / CEL. 956 944 955 & Bach. CRISTIAN DUCEF HUAMAN / CEL. 988 155 801	FECHA DE MUESTREO	09/12/2024
CANTERA	LAS TUNAS	FECHA DE RECEPCION	10/12/2024
CODIGO DE MUESTRA	N-197-03	FECHA DE ENSAYO	10/12/2024
MATERIAL	MEZCLAS DE MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS CON EL 6% DE RESIDUOS DE CARBON	FECHA DE EMISION	09/01/2025
PROF. (n)	-	COORDENADAS	E: 762419.00; N: 8292964.00
ESTRUCTURA	-	COORDENADAS	E: 762649.00; N: 8288973.00

MÉTODOS DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS

ASTM D4318 - 17a)


LÍMITE LÍQUIDO

N° DE TARA		T-10	T-11	T-13
MASA TARA + SUELO HÚMEDO (g)		40.94	41.78	41.78
MASA TARA + SUELO SECO (g)		35.70	36.16	35.72
MASA DEL AGUA (g)		5.18	5.68	5.05
MASA DE LA TARA (g)		15.35	15.25	15.12
MASA DEL SUELO SECO (g)		20.43	20.95	20.60
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		25.25	27.23	29.42
NÚMERO DE GOLPES		35	25	17

LÍMITE PLÁSTICO

N° DE TARA		T-14	T-15
MASA TARA + SUELO HÚMEDO (g)		16.88	16.81
MASA TARA + SUELO SECO (g)		15.20	15.45
MASA DE LA TARA (g)		0.85	0.38
MASA DEL AGUA (g)		1.65	1.36
MASA DEL SUELO SECO (g)		0.55	7.07
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		19.38	19.25

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LÍQUIDO (%)		27.23
LÍMITE PLÁSTICO (%)		19.3
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)		7.9

OBSERVACIONES	
LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS EN CONJUNTO CON EL SOLICITANTE.	

Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.

Sin la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C. no se debe reproducir el informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.


Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencial.

AUTORIZADO POR

Jefe de Laboratorio:



LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC

Cezemias Anímaco Córdova

JEFE DE LABORATORIO

INGENIERO CIVIL - REG. CP. N° 25970

JR. ANAXIMANDRO VEGA N° 865
 CHOTA - CAJAMARCA - PERÚ
 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com

Página 3 de 8

"GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC" - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

DATOS DE PROYECTO

PROYECTO	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL MATERIAL DE CANTERA LAS TUMAS - TACABAMBA UTILIZANDO RESIDUOS DE CARBÓN DE PIEDRA, CONCHAS, 2024".		
UBICACIÓN	TACABAMBA	REALIZADO POR	I.C.D
SOLICITANTE	Bach. ALEX YODI SILVA GUEVARA / Bach. CRISTIAN DUCEF	APROBADO POR	G.R.R
CONTACTO	Bach. ALEX YODI SILVA GUEVARA / CEL. 956 344 555 & Bach. CRISTIAN DUCEF HUAMÁN / CEL. 996 165 991	FECHA DE MUESTREO	09/12/2024
CANTERA	LAS TUMAS	FECHA DE RECEPCIÓN	10/12/2024
CÓDIGO DE MUESTRA	M-197-03	FECHA DE ENSAYO	10/12/2024
MATERIAL	MEZCLAS DE MATERIAL DE CANTERA LAS TUMAS CON EL 5% DE RESIDUOS DE CARBÓN	FECHA DE EMISION	09/01/2025
PROF. (Inl.)	-	COORDENADAS	E: 762410.00; N: 9292964.90
ESTRUCTURA	-	COORDENADAS	E: 762340.00; N: 9289873.90

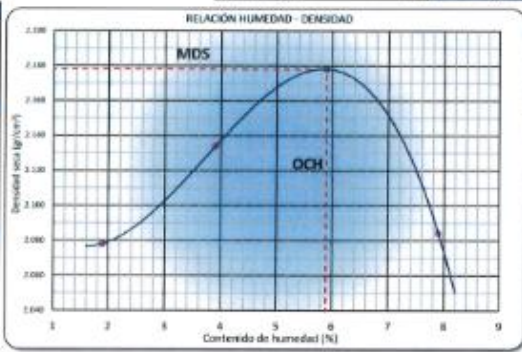
MÉTODOS DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LAS CARACTERÍSTICAS DE COMPACTACIÓN DE LABORATORIO DEL SUELO UTILIZANDO ESFUERZO MODIFICADO (50,000 FT-LBF / FT) (2,700 KN-M/MP)

ASTM D1557 - 12a1

Ensayo N°	1	2	3	4
Número de Capas	5	5	5	5
Golpes de Pison por Capa	90	90	90	90
Masa suelo húmedo + molde (g)	10750	10984	11150	11030
Masa molde + base (g)	6341	6341	6341	6341
Masa suelo húmedo compactado (g)	4415	4623	4829	4680
Volumen del molde (cm³)	2005	2005	2005	2005
Peso volumétrico húmedo (g/cm³)	2.217	2.217	2.307	2.340
Tara N°	T-01	T-03	T-05	T-03
Peso del suelo húmedo + tara (g)	710.5	836.9	744.2	825.6
Peso del suelo seco + tara (g)	698.9	809.0	708.7	798.0
Peso de Tara (g)	80.5	90.2	107.8	47.2
Peso de agua (g)	11.6	27.8	35.5	57.0
Peso del suelo seco (g)	612.4	713.0	600.9	721.4
Contenido de agua (%)	1.8	3.9	5.9	7.9
Peso volumétrico seco (g/cm³)	2.978	2.134	2.178	2.604
Densidad máxima (g/cm³)				2.178
Humedad óptima (%)				5.9

DATOS DESARROLLO DE ENSAYO

Altura de Codo de Pison	45.7 cm
Masa del Pison	4.5 kg
Volumen Molde	2005
N° capas	5
N° golpes/Capas	90
GRADACIÓN DE LA MUESTRA	
TAMZ	RET. PARCIAL (%) PASA (%)
2"	0 100
2 1/2"	2.5 97.1
3/4"	7.8 72.4
3/8"	6.7 53.0
N° 4	18.3 34.8
< N°4	34.8
DATOS METODO C	
Gravedad Especifica (g/cm³)	
Máxima densidad Seca (g/cm³)	2.178
Óptimo Contenido de Humedad (%)	5.9




Observaciones: LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS EN CONJUNTO CON EL SOLICITANTE.

Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.
 Si la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C no se debe reproducir el informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.
 El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.
 Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
 Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera íntegra y confidencial.

AUTORIZADO POR

Jefe de Laboratorio:


GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC
GERENCIA PRIVILEGIADA AUTORIZADA
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL - REG. CIP N° 257470

		INFORME DE ENSAYO								
		E-2024-197-03								
GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS										
DATOS DE PROYECTO										
PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS - TACABAMBA UTILIZANDO RESIDUOS DE CARBÓN DE PIEDRA, CONCHAM, 2024.									
UBICACIÓN	TACABAMBA	REALIZADO POR	I.C.B.							
SOLICITANTE	Bach. ALEX YOEL SILVA GUEVARA & Bach. CRI	APROBADO POR	G.R.R							
CONTACTO	Bach. ALEX YOEL SILVA GUEVARA / CEL. 956 944 595 & Bach. CRISTIAN DUCEP HUAMAN / CEL. 994 155 951	FECHA DE MUESTREO	16/12/2024							
CANTERA	LAS TUNAS	FECHA DE RECEPCIÓN	16/12/2024							
CODIGO DE MUESTRA	M-197-03	FECHA DE ENSAYO	16/12/2024							
MATERIAL	MEZCLAS DE MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS CON EL 5% DE RESIDUOS DE CARBÓN	FECHA DE EMISIÓN	08/12/2024							
PROF. (s)	-	COORDENADAS	E: 762416.06; N: 932264.26							
ESTRUCTURA	-	COORDENADAS	E: 762416.06; N: 932264.26							
METODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO										
ASTM D1557 - 1										
C.B.R.										
Molde N°	18		12		18					
N° Capas	5		5		5					
N° golpes por capa	55		35		55					
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO					
Masa de molde + Suelo húmedo	12756	12753	12573	12563	12258					
Masa de molde + tara	7636	7630	7628	7590	8049					
Masa de suelo húmedo	4921	4918	4924	4921	4199					
Volumen del molde	2130	2130	2105	2105	2125					
Densidad húmeda	2.318	2.308	2.301	2.365	1.978					
N° Tara	1.01	1.32	1.03	1.04	1.06					
Masa suelo húmedo + tara	623.5	790.1	660.3	725.3	940.1					
Masa suelo seco + tara	590.8	748.5	638.7	667.8	801.9					
Masa de tara	45.0	88.0	76.3	102.5	100.5					
Masa de agua	32.7	41.6	33.0	37.5	41.0					
Masa de suelo seco	545.6	660.5	559.4	585.3	701.1					
Contenido de humedad	6.0	6.3	6.1	6.4	6.5					
Densidad seca	2.194	2.172	2.675	2.620	1.867					
EXPANSIÓN										
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN mm %	DIAL	EXPANSIÓN mm %	DIAL	EXPANSIÓN mm %		
15/12/2024	08:33	0	0.00	0.000 0.00	0.00	0.000 0.00	0.00	0.000 0.00		
20/12/2024	08:33	24	12.00	0.334 0.28	18.00	0.443 0.42	23.00	0.584 0.53		
21/12/2024	08:33	48	18.00	0.493 0.42	33.00	0.584 0.50	29.00	0.727 0.94		
22/12/2024	08:33	72	25.00	0.635 0.55	31.00	0.787 0.68	34.00	0.894 0.74		
23/12/2024	08:33	96	28.00	0.737 0.94	33.00	0.838 0.72	37.00	0.940 0.81		
PENETRACIÓN										
PENETRACIÓN (mm)	CARGA ESTANDAR (kg/cm²)	MOLDE N° 10			MOLDE N° 12			MOLDE N° 18		
		CARGA Dial (mm)	kg	%	CARGA Dial (mm)	kg	%	CARGA Dial (mm)	kg	%
0.000		0			0			0		
0.635		62			70			52		
1.270		262			223			167		
1.905		446			379			284		
2.540	70.5	932	006.0	44.5	537	515.1	37.6	463	386.3 28.4	
3.175		970			826			618		
6.350	105.7	1252	1252.0	61.4	1064	1064.0	52.2	734	706.7 39.1	
7.920		1478			1257			843		
10.665		1738			1476			1107		
12.788		2215			1883			1412		
		2548			2184			1624		

Observaciones : LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS EN CONJUNTO CON EL SOLICITANTE.

<p>Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo</p> <p>Si la impresión del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C no se debe reproducir el informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se autoriza en su totalidad.</p> <p>El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.</p> <p>Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.</p> <p>Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificación del sistema de calidad de la entidad que lo produce.</p> <p>Las actividades de laboratorio se llevan a cabo de manera imparcial y confidencial.</p>	<p style="text-align: center;">AUTORIZADO POR</p> <p style="text-align: center;">Jefe de Laboratorio</p> <div style="text-align: center;">  <p>GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC</p> <p><i>Geremias Anaximandro Vega</i> JEFE DE LABORATORIO INGENIERO CIVIL - REG. CIP N° 201870</p> </div>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

JR. ANAXIMANDRO VEGA N° 865
CHOTA - CAJAMARCA - PERÚ
EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com



INFORME DE ENSAYO

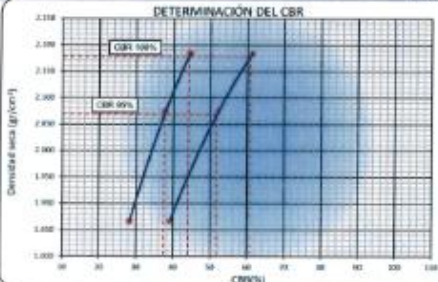
IE-2024-197-03

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C. - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

DATOS DE PROYECTO

PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL MATERIAL DE CANTERA LAS TUMAS - TACABAMBA UTILIZANDO RESIDUOS DE CARBON DE PIEDRA, CONCHAS, 3824'.		
UBICACION	TACABAMBA	REALIZADO POR	L.C.D.
SOLICITANTE	Bach. ALEX YORL SILVA GUEVARA & Bach. CRISTIAN DUCIF	APROBADO POR	G.R.R
CONTACTO	Bach. ALEX YORL SILVA GUEVARA / CEL. 906 944 555 & Bach. CRISTIAN DUCIF HUAMÁN / CEL. 999 155 951	FECHA DE MUESTREO	09/12/2024
CANTERA	LAS TUMAS	FECHA DE RECEPCION	10/12/2024
CODIGO DE MUESTRA	N-197-03	FECHA DE ENSAYO	10/12/2024
MATERIAL	MEZCLAS DE MATERIAL DE CANTERA LAS TUMAS CON EL 5% DE RESIDUOS DE CARBON	FECHA DE EMISION	09/01/2025
PROF. (m)	-	COORDENADAS	E: 762419.89; N: 9292964.00
ESTRUCTURA	-	COORDENADAS	E: 762469.89; N: 9298073.00

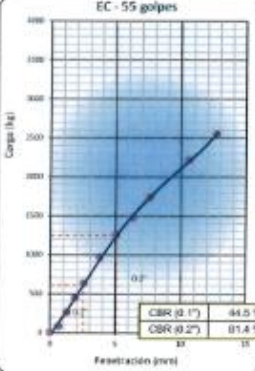
METODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO
 ASTM D1557 - 1

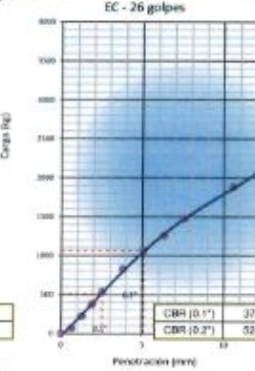


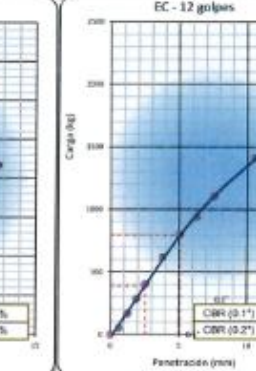
DATOS DEL PROCTOR MODIFICADO	
PROCTOR MODIFICADO ASTM	1357
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	2.176
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	5.0
85% DE LA MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	2.069

PORCENTAJE DEL CBR	
C.B.R. AL 96% DE M.D.S. (%)	0.1" 37.5 0.2" 51.7
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1" 44.1 0.2" 60.0
PORCENTAJE DE EXPANSION	0.7

Observaciones:







Observaciones: LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS EN COMUNTO CON EL SOLICITANTE.

Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.

Sin la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C. no se debe reproducir el informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se apruebe en su totalidad.

El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.


Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencial.

AUTORIZADO POR

Jefe de Laboratorio:



L. TORATORIO
INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C.
MIRAFLORES DE LA VILLA, LIMA
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL - REG. CP. N° 807574

JR. ANAXIMANDRO VEGA N° 855
CHOTA - CAJAMARCA - PERÚ
EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com

Página 6 de 8



INFORME DE ENSAYO

IE-2024-197-03

"GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC" - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

DATOS DE PROYECTO


PROYECTO	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS - TACABAMBA UTILIZANDO RESIDUOS DE CARBÓN DE PIEDRA, CONCHAN, 2024".		
UBICACIÓN	TACABAMBA	REALIZADO POR	I.C.D
SOLICITANTE	Bach. ALEX YOEL SILVA GUEVARA & Bach. CRISTIAN DUCEF HUAMAN	APROBADO POR	G.R.R
CONTACTO	Bach. ALEX YOEL SILVA GUEVARA / CEL. 986 844 585 & Bach. CRISTIAN DUCEF HUAMAN / CEL. 986 155 951	FECHA DE MUESTREO	09/12/2024
CANTERA	LAS TUNAS	FECHA DE RECEPCIÓN	10/12/2024
CODIGO DE MUESTRA	M-197-03	FECHA DE ENSAYO	16/12/2024
MATERIAL	MEZCLAS DE MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS CON EL 5% DE RESIDUOS DE CARBON	FECHA DE EMISION	08/01/2025
PROF. (m)	-	COORDENADAS	E: 762410.00; N: 9292964.00
ESTRUCTURA	-	COORDENADAS	E: 762040.00; N: 9288673.00

EQUIVALENTE DE ARENA

ASTM D 2419

Nº DE ENSAYOS	1	2	3
Tamaño máximo (pasa malla N° 4)	4.70	4.76	4.78
Hora de entrada a saturación	12:52	12:54	12:56
Hora de salida de saturación (mas 10')	13:02	13:04	13:06
Hora de entrada a decantación	13:04	13:06	13:08
Hora de salida de decantación (mas 20')	13:24	13:26	13:28
Alura máxima de material fino	12.1	13.4	12.5
Alura máxima de la arena	2.2	2.2	2.2
Equivalente de Arena (%)	18.2	16.4	17.6
PROMEDIO	17.40		

Observaciones:

<p>Los resultados se refieren solamente con las muestras sometidas a ensayo.</p> <p>Si la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C no se debe reproducir el informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.</p> <p>El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.</p> <p>Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.</p> <p>Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.</p> <p>Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencial.</p>	<p>AUTORIZADO POR</p> <p>Jefe de Laboratorio</p>  <p>LA "GSE" LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC Gerencias Administrativas y Operativas JEFE DE LABORATORIO INCENPOC S.A. REG. CIP. N° 287570</p>

JR. ANAXIMANDRO VEGA N° 865
 CHOTA - CAJAMARCA - PERÚ
 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com



INFORME DE ENSAYO

IE-2024-197-03

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C. - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

DATOS DE PROYECTO

PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS - TACABAMBA UTILIZANDO RESIDUOS DE CARBÓN DE PIEDRA, CONCHAS, 2024".
UBICACIÓN : TACABAMBA
SOLICITANTE : Bach. ALEX YOEL SILVA GUEVARA & Bach. CRISTIAN DUCEF HUAMÁN
CONTACTO : Bach. ALEX YOEL SILVA GUEVARA / CEL. 936 944 555 & Bach. CRISTIAN DUCEF HUAMÁN / CEL. 986 155 951
CANTERA : LAS TUNAS
COORD. DE MUESTRA : M-197-03
MATERIAL : MEZCLAS DE MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS CON EL 5% DE RESIDUOS DE CARBÓN
PROF. (m) : -
ESTRUCTURA : -


REALIZADO POR : I.C.D
APROBADO POR : G.R.R
FECHA DE MUESTREO : 09/12/2024
FECHA DE RECEPCIÓN : 10/12/2024
FECHA DE ENSAYO : 10/12/2024
FECHA DE EMISIÓN : 09/01/2025
COORDENADAS : E: 762410.00; N: 5292664.00
COORDENADAS : E: 762049.00; N: 5293573.00

ABRASION LOS ANGELES

ASTM C 13

TAMIZ PASA - RETIENE	GRADACIÓN			
	"A"	B	C	D
1 1/2" - 1"				
1" - 3/4"				
3/4" - 1/2"				
1/2" - 3/8"				
3/8" - 1/4"				
1/4" - N° 4			2500	
N° 4 - N° 8			2500	
PESO TOTAL			5000	
MATERIAL RETENIDO TAMIZ N° 12			2735	
MATERIAL PASA TAMIZ N° 12			2265	
N° DE ESFERAS			8	
PESO DE LAS ESFERAS (gr)			3330 ± 20	
PORCENTAJE DE DESGASTE			45.3	

Observaciones:

<p>Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.</p> <p>Si la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C no se debe reproducir el informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.</p> <p>El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.</p> <p>Los resultados se aplican a la muestra como se recibe.</p> <p>Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.</p> <p>Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencial.</p>	<p>AUTORIZADO POR</p> <p>Jefe de Laboratorio:</p>  <p>VERÓNICA ANAXIMANDRO VEGA JEFE DE LABORATORIO INGENIERO CIVIL - REG. EXP. N° 26180</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

FIN DE DOCUMENTO

JR. ANAXIMANDRO VEGA N° 865
 CHOTA - CAJAMARCA - PERÚ
 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com

Página 8 de 8



"GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC"
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**MEZCLA DE MATERIALES DE
CANTERA LAS TUNAS CON
EL 10% DE RESIDUOS DE
CARBÓN**

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Geremias Anaximandro Vega
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 287870

DIRECCIÓN: Jr. ANAXIMANDRO VEGA N° 865 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com



INFORME DE ENSAYOS

IE-2024-197-04

"GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC" - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS - TACABAMBA UTILIZANDO RESIDUOS DE CARBON DE PIEDRA, CONCHAN, 2024".		
UBICACION	TACABAMBA	REALIZADO POR	L.C.D
SOLICITANTE	Bach. ALEX YOEL SILVA GUEVARA & Bach. CRISTIAN DUCEF HUAMAN	APROBADO POR	G.R.R
CONTACTO	Bach. ALEX YOEL SILVA GUEVARA / CEL. 994 944 555 & Bach. CRISTIAN DUCEF HUAMAN / CEL. 986 135 951	FECHA DE MUESTREO	09/12/2024
CANTERA	LAS TUNAS	FECHA DE RECEPCION	10/12/2024
CODIGO DE MUESTRA	IS-197-04	FECHA DE ENSAYO	21/12/2024
MATERIAL	MEZCLAS DE MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS CON EL 10% DE RESIDUOS DE CARBON	CHA DE EMISION	09/12/2025
PROF. (m)	-	COORDENADAS	E: 762410.30; N: 9282964.88
ESTRUCTURA	-	COORDENADAS	E: 762449.30; N: 9288873.68

MÉTODOS DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DEL SUELO Y LA ROCA EN MASA

ASTM D2216 - 19

ENSAYO N°	t	—
N° DE TARA	7.56	
MASA TARA + SUELO HUMEDO	(g) 2546.00	
MASA TARA + SUELO SECO	(g) 2452.90	
MASA DE LA TARA	(g) 245.00	—
MASA DEL AGUA	(g) 94.03	
MASA DEL SUELO SECO	(g) 2297.90	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%) 4.25	
HUMEDAD NATURAL	(%) 4.2	—

Observaciones:

LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS EN CONJUNTO CON EL SOLICITANTE.

<p>Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.</p> <p>Sin la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C no se debe reproducir el informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se reproduzca en su totalidad.</p> <p>El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.</p> <p>Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.</p> <p>Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.</p> <p>Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencial.</p>	<p style="text-align: center;">AUTORIZADO POR</p> <p>Jefe de Laboratorio:</p> <div style="text-align: center;"> <p style="margin: 0;">L. TORAYORDA INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC Gerardo Huamán Espinoza JEFE DE LABORATORIO INGENIERO G.M.L. REG. O.P. N° 257870</p> </div>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

JR. ANAXIMANDRO VEGA N° 855
CHOTA - CAJAMARCA - PERÚ
EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com



INFORME DE ENSAYO

IE-2024-197-04

"GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC" - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

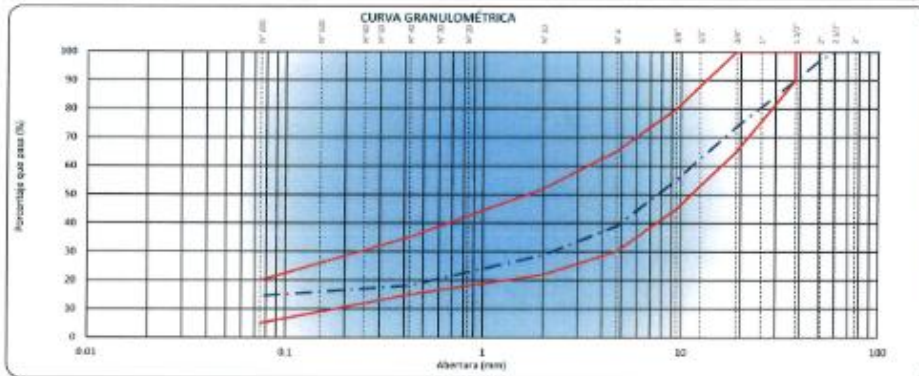
DATOS DE PROYECTO

PROYECTO	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS - TAGABAMBA UTILIZANDO RESIDUOS DE CARBON DE PIEDRA, CORDOBA, 2024"		
UBICACION	TAGABAMBA		
SOLICITANTE	Bach. ALEX YOEL SILVA GUEVARA & Bach. CRISTIAN DUCEP HUAMAN		REALIZADO POR: L.C.D
CONTACTO	Bach. ALEX YOEL SILVA GUEVARA / CEL. 998 944 555 & Bach. CRISTIAN DUCEP HUAMAN / CEL. 988 188 981	APROBADO POR: G.R.R	
CANTERA	LAS TUNAS		FECHA DE MUESTREO: 20/12/2024
CODIGO DE MUESTRA	M-197-04		FECHA DE RECEPCION: 10/12/2024
PROF. (m)	-		FECHA DE ENSAYO: 21/12/2024
MATERIAL	MEZCLAS DE MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS CON EL 10% DE RESIDUOS DE CARBON		FECHA DE EMISION: 20/12/2025
ESTRUCTURA	-		COORDINADAS E: 782610.92 N: 9262964.00
			COORDENADAS E: 782649.92 N: 9268073.00

MÉTODOS DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTICULA (GRADACIÓN) DE LOS SUELOS MEDIANTE ANÁLISIS DE TAMEZ

ASTM D6913 / D6913M - 17


TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDO g	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	SUB BASE A-1	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
4"	101.500						Rese de la Muestra
2"	76.200						Masa Total de la Muestra (g): 29443.6
2 1/2"	60.350						Material Fino < N°4 (g): 11543
2"	50.800	320	2.8	2.8	97.2	100-100	Material Grosso > N°4 (g): 18121
1 1/2"	38.100	2126	7.2	9.9	90.1		Fración Menor < N°4 (g): 595.6
1"	25.400	2598.0	8.7	18.7	81.3		Limites de Consistencia
3/4"	19.000	2238.0	7.6	26.2	73.8		Límite Líquido (L): 23.04
1/2"	12.500	3598.0	12.1	38.3	61.7		Límite Plástico (P): 17.54
3/8"	9.525	1905.0	6.4	44.8	55.2	45-80	Índice Plástico (I): 5.50
N°4	4.750	4544.0	15.3	61.1	38.9	30-65	Clasificación de Suelo
N°6	2.500	54.3	7.3	68.4	31.6		Clasificación SUCS: GM-GC
N°10	2.000	36.8	2.8	71.2	28.8	22-52	Clasificación AASHTO: A-4-a (1)
N°15	1.180	67.3	5.2	76.4	23.6		
N°20	0.840	36.3	2.8	79.2	20.8		
N°30	0.600	23.4	2.8	81.0	19.0		
N°40	0.425	12.1	0.9	81.9	18.1	15-26	
N°50	0.300	10.0	0.8	82.7	17.3		Humedad Natural (%): 4.28
N°60	0.250	10.0	0.8	83.6	16.4		Materia Orgánica (%): ---
N°100	0.150	12.9	1.0	84.6	15.4		Máxima dens. Seca (g/cm³): 2.210
N°140	0.106	7.8	0.6	85.2	14.8		Óptimo Cont. Humedad (%): 5.48
N°200	0.075	4.8	0.6	85.8	14.4	5-29	CBR 0.1" al 6% MDS (%): 90.99
< N°200	FONDO	187.5	14.4	100.0			CBR 0.1" al 18% MDS (%): 90.46



Observaciones: LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS EN CONJUNTO CON EL SOLICITANTE.

<p>Los resultados se relacionan solamente con los moedros sometidos a ensayo.</p> <p>Sin la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C no se debe reproducir el informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.</p> <p>El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.</p> <p>Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.</p> <p>Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo presta.</p> <p>Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencial.</p>	<p>AUTORIZADO POR</p> <p>Jefe de Laboratorio</p> <p>GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC</p> <p>Geremias Huamancha Rivas JEFE DE LABORATORIO INGENIERO CIVIL - REG. CIP. N° 25721</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

JR. ANAXIMANDRO VEGA N° 865
CHOTA - CAJAMARCA - PERÚ
EMAIL: gselaboratprio2019@gmail.com



INFORME DE ENSAYO

IE-2024-197-04

“GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC” - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

DATOS DE PROYECTO

PROYECTO	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS - TACABAMBA UTILIZANDO RESIDUOS DE CARBON DE PIEDRA, CONCHAS, 2024".	
UBICACION	TACABAMBA	REALIZADO POR : I.C.D
SOLICITANTE	Bach. ALEX YOEL SILVA GUEVARA & Bach. CRISTIAN DUCEF HUAMAN	APROBADO POR : G.R.R
CONTACTO	Bach. ALEX YOEL SILVA GUEVARA / CEL. 956 944 955 & Bach. CRISTIAN DUCEF HUAMAN / CEL. 986 195 951	FECHA DE MUESTREO : 09/12/2024
CANTERA	LAS TUNAS	FECHA DE RECEPCION : 10/12/2024
CODIGO DE MUESTRA	M-197-04	FECHA DE ENSAYO : 21/12/2024
MATERIAL	MEZCLAS DE MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS CON EL 10% DE RESIDUOS DE CARBON	FECHA DE EMISION : 09/01/2025
PROF. (PI)	-	COORDENADAS : E: 782410.88; N: 9292964.00
ESTRUCTURA	-	COORDENADAS : E: 782649.88; N: 9289973.00

MÉTODOS DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS

ASTM D4318 - 17a1

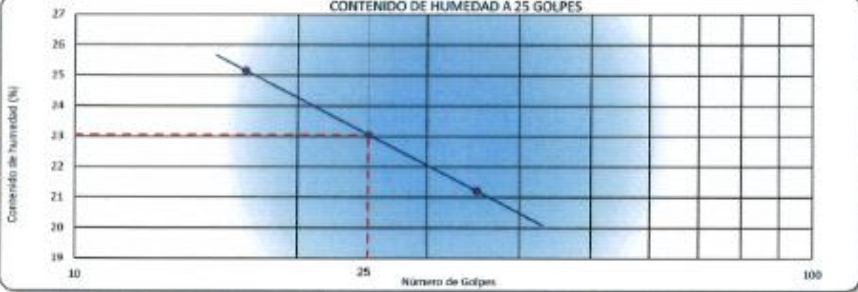
LÍMITE LÍQUIDO

N° DE TARA	T-20	T-21	T-22
MASA TARA + SUELO HÚMEDO (g)	32.94	42.78	43.62
MASA TARA + SUELO SECO (g)	33.44	36.10	36.25
MASA DEL AGUA (g)	4.50	4.68	5.37
MASA DE LA TARA (g)	14.24	17.77	16.89
MASA DEL SUELO SECO (g)	21.20	26.33	21.36
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	21.21	23.04	25.15
NÚMERO DE GOLPES	36	25	17

LÍMITE PLÁSTICO

N° DE TARA	T-25	T-26
MASA TARA + SUELO HÚMEDO (g)	16.35	16.98
MASA TARA + SUELO SECO (g)	14.85	15.10
MASA DE LA TARA (g)	6.26	6.70
MASA DEL AGUA (g)	1.50	1.48
MASA DEL SUELO SECO (g)	5.50	6.40
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	17.45	17.65

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LÍMITE LÍQUIDO (%)	23.04
LÍMITE PLÁSTICO (%)	17.3
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	5.5

OBSERVACIONES	
LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS EN CONJUNTO CON EL SOLICITANTE	

Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.

Sin la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C no se debe reproducir el informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.


Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencial.

AUTORIZADO POR

Jefe de Laboratorio:



Geremias Anaximandro Vega
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 201670

JR. ANAXIMANDRO VEGA N° 865
CHOTA - CAJAMARCA - PERÚ
EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com

Página 3 de 8



INFORME DE ENSAYO

IE-2024-197-04

"GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC" - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAQUETOS

DATOS DE PROYECTO

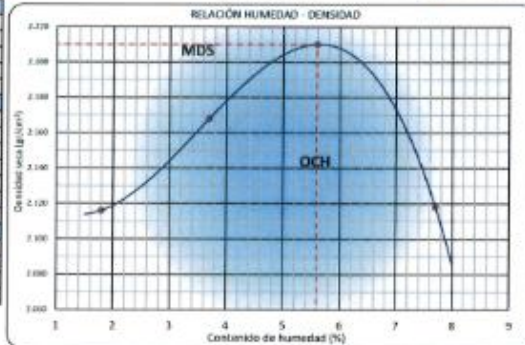
PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS - TACABAMBA UTILIZANDO RESIDUOS DE CARBÓN DE PIEDRA, CONCHAM, 2024.		
UBICACIÓN	TACABAMBA	REALIZADO POR	I.C.D
SOLICITANTE	Bach. ALEX YOEL SILVA GUEYARA & Bach. CRISTIAN DUCIF	APROBADO POR	G.R.R
CONTACTO	Bach. ALEX YOEL SILVA GUEYARA / CEL. 956 844 555 & Bach. CRISTIAN DUCIF HUAMÁN / CEL. 988 155 951	FECHA DE MUESTREO	08/12/2024
CANTERA	LAS TUNAS	FECHA DE RECEPCIÓN	18/12/2024
CODIGO DE MUESTRA	M-197-04	FECHA DE ENSAYO	21/12/2024
MATERIAL	MEZCLAS DE MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS CON EL 10% DE RESIDUOS DE CARBÓN	FECHA DE EMISIÓN	03/01/2025
PROF. (ni)	-	COORDENADAS	E: 762416.36; N: 9282944.00
ESTRUCTURA	-	COORDENADAS	E: 762446.36; N: 9288973.00

MÉTODOS DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LAS CARACTERÍSTICAS DE COMPACTACIÓN DE LABORATORIO DEL SUELO UTILIZANDO ESFUERZO MODIFICADO (56,000 FT-LBF / FT² (2,700 KN-MM²))

ASTM D1557 - 12e1

Ensayo N°	1	2	3	4
Número de Capas	5	5	5	5
Golpes de Pistón por Capa	25	25	25	25
Masa suelo húmedo + molde (g)	10332	11039	11267	11197
Masa molde + base (g)	8341	8341	8341	8341
Masa suelo húmedo compactado (g)	4491	4688	4866	4756
Volumen del molde (cm ³)	2085	2085	2085	2085
Peso volumétrico húmedo (g/cm ³)	2.154	2.248	2.334	2.281
Tara N°	T-10	T-11	T-12	T-13
Peso del suelo húmedo + tara (g)	756.1	825.1	786.2	880.5
Peso del suelo seco + tara (g)	743.6	787.3	752.0	804.9
Peso de Tara (g)	80.2	46.8	88.2	84.0
Peso de agua (g)	12.5	27.8	37.2	55.5
Peso del suelo seco (g)	693.4	750.5	653.8	726.3
Contenido de agua (%)	1.8	3.7	5.6	7.7
Peso volumétrico seco (g/cm ³)	3.116	3.168	3.210	3.118
			Densidad máxima (g/cm ³)	3.210
			Humedad óptima (%)	5.6

DATOS DESARROLLO DE ENSAYO		
Altura de Codo de Pistón	45.7 cm	
Masa del Pistón	4.5 kg	
Volumen Molde	2085	
N° capas	5	
N° golpes/Capas	25	
GRADACION DE LA MUESTRA		
TAMIZ	RET. PARCIAL (%)	PASA (%)
3"	0	100
2"	2.8	97.2
1 1/2"	7.5	92.5
3/8"	6.4	93.6
N° 4	16.3	83.7
< N° 4	38.9	61.1
DATOS		
MÉTODO C		
Gravedad Específica (g/cm ³)		
Máxima Densidad Seca (g/cm ³)	3.210	
Óptimo Contenido de Humedad (%)	5.6	



Observaciones: LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS EN CONJUNTO CON EL SOLICITANTE.

<p>Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.</p> <p>Sin la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C no se debe reproducir el informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.</p> <p>El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.</p> <p>Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.</p> <p>Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producción o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.</p> <p>Las actividades de laboratorio se llevan a cabo de manera imparcial y confidencial.</p>	<p style="text-align: center;">AUTORIZADO POR</p> <p>Jefe de Laboratorio:</p> <div style="text-align: center;"> Gerentes Anaximandro VEGA y JEFE DE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC REG. CIP N° 28250 </div>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

JR. ANAXIMANDRO VEGA N° 865
 CHOTA - CAJAMARCA - PERÚ
 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com



INFORME DE ENSAYO

IE-2024-197-04

"GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC" - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

DATOS DE PROYECTO

PROYECTO	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS - TACABAMBA UTILIZANDO RESIDUOS DE CARBON DE PIEDRA, CONCHAL, 3324".		
TACABAMBA	REALIZADO POR	: L.C.D	
SOLICITANTE	: Bach. ALEX YOEL SILVA GUEVARA & Bach. CRI	APROBADO POR	: G.R.R
CONTACTO	: Bach. ALEX YOEL SILVA GUEVARA CEL. 994 844 985 & Bach. CRISTIAN DUCEP HUAMAN CEL. 995 185 681	FECHA DE MUESTREO	: 09/12/2024
CANTERA	: LAS TUNAS	FECHA DE RECEPCION	: 18/12/2024
CODIGO DE MUESTRA	: N-197-04	FECHA DE ENSAYO	: 25/12/2024
MATERIAL	: MEZCLAS DE MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS CON EL 10% DE RESIDUOS DE CARBON	FECHA DE EMISION	: 09/12/2025
PROF. (m)	: -	COORDENADAS	: E: 762419.66; N: 920284.06
ESTRUCTURA	: -	COORDENADAS	: E: 762848.66; N: 920287.06

METODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO ASTM D1533 - 1

Molde N°	C.B.R.					
	19		13		15	
N° Copias	3		3		3	
N° golpes por capa	55		36		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Massa de molde + Suelo húmedo	12824	12811	12827	12813	12807	12794
Massa de molde + base	7936	7935	7930	7930	8048	8049
Massa del suelo húmedo	4888	4876	4897	4874	4759	4745
Volumen del molde (cm³)	2100	2100	2108	2108	2123	2123
Densidad húmeda (g/cm³)	2.342	2.326	2.327	2.271	2.236	2.234
N° Tares	T-15	T-11	T-12	T-13	T-14	T-16
Massa suelo húmedo + tare	452.3	410.2	469.3	439.4	466.1	466.2
Massa suelo seco + tare	417.1	384.3	401.4	388.4	412.2	414.1
Massa de tare	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Massa de agua	35.2	45.9	37.8	42.0	47.9	46.1
Massa de suelo seco	417.1	384.3	401.4	388.4	412.2	414.1
Contenido de humedad (%)	8.4	12.0	9.4	10.8	11.6	11.1
Densidad seca (g/cm³)	2.216	2.204	2.105	2.093	2.084	2.083


FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
18/12/2024	08:22	0	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
20/12/2024	08:20	24	12.00	0.205	0.20	15.00	0.409	0.35	19.00	0.483	0.42
21/12/2024	08:33	48	18.00	0.406	0.38	19.00	0.483	0.42	28.00	0.660	0.57
22/12/2024	08:33	72	21.00	0.522	0.46	27.00	0.689	0.58	31.00	0.787	0.68
23/12/2024	08:33	96	27.00	0.686	0.59	25.00	0.737	0.64	33.00	0.634	0.72

PENETRACION (mm)	CARGA ESTANDAR (kg/cm²)	MOLDE N° 19						MOLDE N° 13						MOLDE N° 15					
		CARGA		CORRECCION		DIAL (mm)	%	CARGA		CORRECCION		DIAL (mm)	%	CARGA		CORRECCION		DIAL (mm)	%
		kg	mm	kg	mm			kg	mm	kg	mm			kg	mm	kg	mm		
0.000		0						0						0					
0.635		352						214						181					
1.270		432						387						275					
1.884		910						524						393					
2.540	79.5	815	816.7	69.0				993	694.2	51.0				529	529.7	98.2			
3.810		1140						999						727					
5.080	105.7	1475	1450.8	71.0				1254	1232.5	66.4				940	926.4	45.3			
6.350		1884						1438						1077					
7.620		1906						1620						1215					
10.669		2385						2027						1520					
12.790		2738						2310						1733					

Observaciones : LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS EN CONJUNTO CON EL SOLICITANTE.

<p>Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.</p> <p>Sin la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C no se debe reproducir el Informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.</p> <p>El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.</p> <p>Los resultados se aplican a la muestra o a las muestras.</p> <p>Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.</p> <p>Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera íntegra y confidencial.</p>	<p>AUTORIZADO POR</p> <p>Jefe de Laboratorio:</p> <p>GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC</p> <p>Geremias Rivas</p> <p>Jefe de Laboratorio</p> <p>INGENIERO CIVIL, REG. CP. N° 26799</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

JR. ANAXIMANDRO VEGA N° 865
CHOTA - CAJAMARCA - PERÚ
EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com



INFORME DE ENSAYO

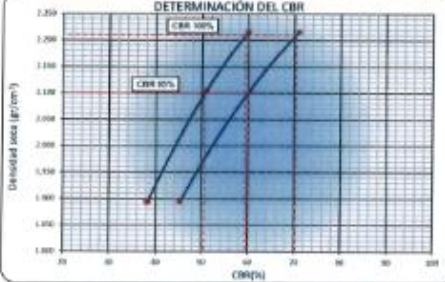
IE-2024-197-04

TSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C. - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

DATOS DE PROYECTO

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS - TACABAMBA UTILIZANDO RESIDUOS DE CARBÓN DE PIEDRA, CONCHAS, 3324".	REALIZADO POR : I.C.D
UBICACIÓN : TACABAMBA	APROBADO POR : G.R.R
SOLICITANTE : Bach. ALEX YOEL SILVA GUEVARA & Bach. CRISTIAN DUCEI	FECHA DE MUESTREO : 09/12/2024
CONTACTO : Bach. ALEX YOEL SILVA GUEVARA / CEL. 986 944 558 & Bach. CRISTIAN DUCEI HUAMÁN / CEL. 986 155 951	FECHA DE RECEPCIÓN : 10/12/2024
CANTERA : LAS TUNAS	FECHA DE ENSAYO : 24/12/2024
CODIGO DE MUESTR. : IE-197-04	FECHA DE EMISIÓN : 28/12/2024
MATERIAL : MEZCLAS DE MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS CON EL 10% DE RESIDUOS DE CARBÓN	COORDENADAS : E: 762418.00; N: 9282664.00
PROF. (m) : -	COORDENADAS : E: 762449.00; N: 9282673.00
ESTRUCTURA : -	

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO
ASTM D1557 - 1



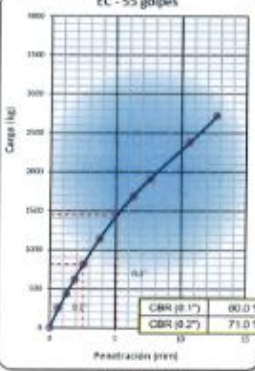
DETERMINACIÓN DEL CBR

Densidad seca (g/cm³) vs CBR (%)

PROCTOR MODIFICADO ASTM	1557
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	2.270
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	5.0
95% DE LA MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	2.100

C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	50.0	0.2"	59.0
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	58.5	0.2"	70.4
PORCENTAJE DE EXPANSIÓN	0.6			

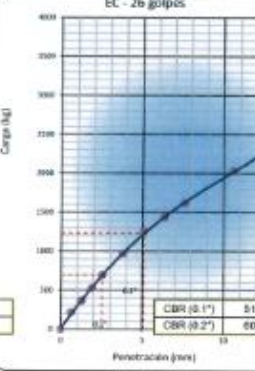
Observaciones:



EC - 55 golpes

Carga (kg) vs Penetración (mm)

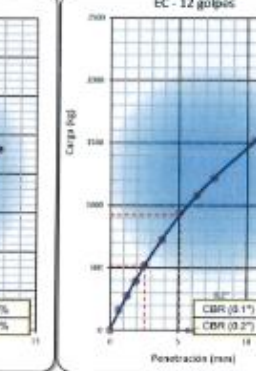
CBR (0.1")	60.0 %
CBR (0.2")	71.0 %



EC - 26 golpes

Carga (kg) vs Penetración (mm)

CBR (0.1")	51.0 %
CBR (0.2")	60.4 %



EC - 12 golpes

Carga (kg) vs Penetración (mm)

CBR (0.1")	38.2 %
CBR (0.2")	45.3 %

Observaciones : LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS EN CONJUNTO CON EL SOLICITANTE.

Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.

Sin la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C. no se debe reproducir el informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.


Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencial.

AUTORIZADO POR

Jefe de Laboratorio:



GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C.


CERROS RUMICOMA RUMICOMA

JEFE DE LABORATORIO


INGENIERO CIVIL - REG. CIP N° 25370

IR. ANAXIMANDRO VEGA N° 865
 CHOTA - CAJAMARCA - PERÚ
 EMAIL: gselaboratprio2019@gmail.com

Página 6 de 8

	INFORME DE ENSAYO		
	IE-2024-197-04		
GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS			
DATOS DE PROYECTO			
PROYECTO	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS - TACABAMBA UTILIZANDO RESIDUOS DE CARBÓN DE PIEDRA, COMCHAN, 2024".		
UBICACIÓN	TACABAMBA	REALIZADO POR	LC.D
SOLICITANTE	Bach. ALEX YOEL SILVA GUEVARA & Bach. CRISTIAN DUCEF HUAMAN	APROBADO POR	G.R.R
CONTACTO	Bach. ALEX YOEL SILVA GUEVARA / CEL. 955 944 935 & Bach. CRISTIAN DUCEF HUAMAN / CEL. 985 155 951	FECHA DE MUESTREO	09/12/2024
CANTERA	LAS TUNAS	FECHA DE RECEPCIÓN	10/12/2024
CODIGO DE MUESTRA	M-197-04	FECHA DE ENSAYO	21/12/2024
MATERIAL	MEZCLAS DE MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS CON EL 10% DE RESIDUOS DE CARBON	FECHA DE EMISION	09/01/2025
PROF. (m)	-	COORDENADAS	E: 762410.00, N: 9292964.00
ESTRUCTURA	-	COORDENADAS	E: 762540.00, N: 9280973.00
EQUIVALENTE DE ARENA			
ASTM D 2419			
Nº DE ENSAYOS	1	2	3
Tamaño máximo (pasa malla Nº 4)	4.75	4.75	4.75
Hora de entrada a saturación	11:45	11:47	11:48
Hora de salida de saturación (mas 10")	11:55	11:57	11:58
Hora de entrada a decantación	11:57	11:59	12:01
Hora de salida de decantación (mas 20")	12:17	12:19	12:21
Altura máxima de material fino	12.1	13.1	13.1
Altura máxima de la arena	2.0	2.0	2.0
Equivalente de Arena (%)	16.7	15.4	15.4
PROMEDIO	15.89		

Observaciones:

<p>Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.</p> <p>Si la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C no se debe reproducir el informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.</p> <p>El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.</p> <p>Los resultados se refieren a la muestra como se recibió.</p> <p>Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.</p> <p>Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencial.</p>	AUTORIZADO POR
	<p>Jefe de Laboratorio:</p> <div style="text-align: center;">  <p>L. TORALDO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC <i>Geremias Rimacuenca Rimacuenca</i> JEFE DE LABORATORIO INGENIERO CIVIL - REG. CIP. N° 26737</p> </div>



INFORME DE ENSAYO

IE-2024-197-04

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C. - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

DATOS DE PROYECTO

PROYECTO	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS - TACABAMBA UTILIZANDO RESIDUOS DE CARBÓN DE PIEDRA, CONCHAS, 2024".		
UBICACIÓN	TACABAMBA	REALIZADO POR :	I.C.O
SOLICITANTE	Bach. ALEX YOEL SILVA GUEVARA & Bach. CRISTIAN DUCEF HUAMÁN	APROBADO POR :	G.R.R
CONTACTO	Bach. ALEX YOEL SILVA GUEVARA / CEL. 936 944 585 & Bach. CRISTIAN DUCEF HUAMÁN / CEL. 986 155 931	FECHA DE MUESTREO :	09/12/2024
CANTERA	LAS TUNAS	FECHA DE RECEPCIÓN :	10/12/2024
CODIGO DE MUESTRA	M-197-04	FECHA DE ENSAYO :	21/12/2024
MATERIAL	MEZCLAS DE MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS CON EL 10% DE RESIDUOS DE CARBON	FECHA DE EMISION :	09/01/2025
PROP. (m)	-	COORDENADAS :	E: 762416.00; N: 9232564.00
ESTRUCTURA	-	COORDENADAS :	E: 762049.00; N: 9238673.00

ABRASION LOS ANGELES

ASTM C 13

TAMIZ PASA - RETIENE	GRADACIÓN			
	A	B	C	D
1 1/2" - 1"				
1" - 3/4"				
3/4" - 1/2"				
1/2" - 3/8"				
3/8" - 1/4"				
1/4" - N° 4			2500	
N° 4 - N° 8			2500	
PESO TOTAL			5000	
MATERIAL RETENIDO TAMIZ N° 12			2565	
MATERIAL PASA TAMIZ N° 12			2435	
N° DE ESFERAS			8	
PESO DE LAS ESFERAS (gr)			3330 ± 20	
PORCENTAJE DE DESGASTE			48.7	

Observaciones:

<p>Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.</p> <p>Si la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C no se debe reproducir el informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.</p> <p>El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.</p> <p>Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.</p> <p>Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.</p> <p>Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencial.</p>	<p>AUTORIZADO POR</p> <p>Jefe de Laboratorio:</p>  <p>Gerardo Rumbos Rumbos JEFE DE LABORATORIO INGENIERO CIVIL - REG. COP N° 28787</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

JR. ANAXIMANDRO VEGA N° 865
CHOTA - CAJAMARCA - PERÚ
EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com

FIN DE DOCUMENTO

Página 8 de 8




"GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC"
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

MEZCLA DE MATERIALES DE CANTERA LAS TUNAS CON EL 20% DE RESIDUOS DE CARBÓN



DIRECCIÓN: Jr. ANAXIMANDRO VEGA N° 865 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com

	INFORME DE ENSAYOS	
	IE-2024-197-05	
<small>GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS</small>		
DATOS DEL PROYECTO		
PROYECTO	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS - TACABAMBA UTILIZANDO RESIDUOS DE CARBON DE PIEDRA, COMCHAM, 2024".	
UBICACION	TACABAMBA	REALIZADO POR : I.C.D
SOLICITANTE	Bach. ALEX YOEL SILVA GUEVARA & Bach. CRISTIAN DUCEF HUAMÁN	APROBADO POR : G.R.R
CONTACTO	Bach. ALEX YOEL SILVA GUEVARA / CEL. 094 944 935 & Bach. CRISTIAN DUCEF HUAMÁN / CEL. 846 135 951	FECHA DE MUESTREO : 09/12/2024
CANTERA	LAS TUNAS	FECHA DE RECEPCION : 16/12/2024
COEIGO DE MUESTRA	IS-197-05	FECHA DE ENSAYO : 27/12/2024
MATERIAL	MEZCLAS DE MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS CON EL 20% DE RESIDUOS DE CARBON	CHA DE EMISION : 09/01/2025
PROF. (m)	-	COORDENADAS : E: 762410.00; N: 9282994.00
ESTRUCTURA	-	COORDENADAS : E: 762405.00; N: 9282973.00

MÉTODOS DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DEL SUELO Y LA ROCA EN MASA		
ASTM D2216 - 19		
ENSAYO N°	1	---
N° DE TARA	7.41	
MASA TARA + SUELO HUMEDO	(g) 2936.00	
MASA TARA + SUELO SECO	(g) 2891.00	
MASA DE LA TARA	(g) 296.50	
MASA DEL AGUA	(g) 105.00	
MASA DEL SUELO SECO	(g) 2514.50	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%) 4.16	
HUMEDAD NATURAL	(%) 4.2	

Observaciones: LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS EN CONJUNTO CON EL SOLICITANTE.

<p>Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.</p> <p>Sin la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C no se debe reproducir el informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.</p> <p>El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.</p> <p>Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.</p> <p>Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.</p> <p>Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencial.</p>	AUTORIZADO POR
	<p>Jefe de Laboratorio:</p>  <p>Gerardo Benavente Huamán JEFE DE LABORATORIO INGENIERO CIVIL - REG. CP. N° 261920</p>



INFORME DE ENSAYO

IE-2024-197-05

"GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC" - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

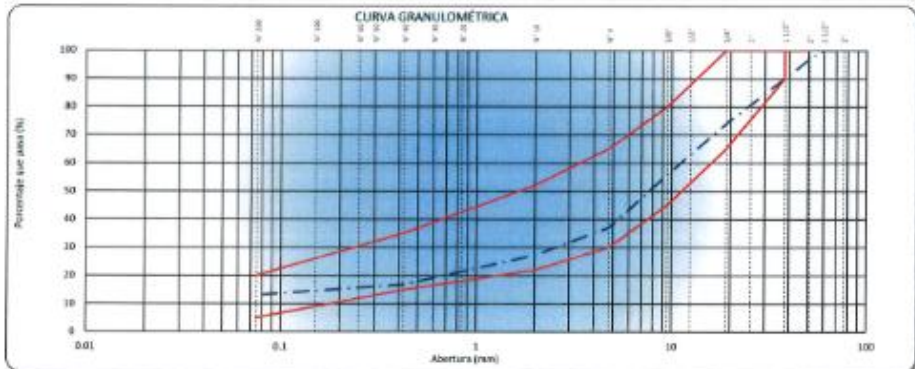
DATOS DE PROYECTO

PROYECTO	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS - TACABAMBA UTILIZANDO RESIDUOS DE CARBÓN DE PIEDRA, COGHIAL 2024".		
UBICACIÓN	TACABAMBA		
SOLICITANTE	Bach. ALEX YOEL SILVA GUEVARA & Bach. CRISTIAN DUCEP HUAMÁN	REALIZADO POR : I.C.D	
CONTACTO	Bach. ALEX YOEL SILVA GUEVARA / CEL. 998 944 551 & Bach. CRISTIAN DUCEP HUAMÁN / CEL. 988 155 951	APROBADO POR: G.R.R	
CANTERA	LAS TUNAS		FECHA DE MUESTREO: 09/12/2024
CODIGO DE MUESTRA	M-197-05		FECHA DE RECEPCIÓN: 10/12/2024
PROF. (s)	-		FECHA DE ENSAYO: 23/12/2024
MATERIAL	MEZCLAS DE MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS CON EL 20% DE RESIDUOS DE CARBÓN		
ESTRUCTURA	-		
			COORDENADAS E: 782853.89; N: 9282964.00
			COORDENADAS S: 782849.89; N: 9282972.00

MÉTODOS DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTICULA (GRADACIÓN) DE LOS SUELOS MEDIANTE ANÁLISIS DE TAMIZ


ASTM D6913 / D6913M - 17

TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDO g.	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	SUB BASE A-1	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
4"	101.600						Masa de la muestra
2"	50.800						Masa Total de la Muestra (g) : 26814.8
2 1/2"	63.500						Muestra Pasó < N°4 (g) : 10283
2"	50.800	881	3.0	3.0	97.0	100-100	Muestra Gruesa > N°4 (g) : 16531
1 1/2"	38.100	1950	6.6	9.6	93.4		Fracción Más allá < N°4 (g) : 268.8
1"	25.400	2401.0	8.7	18.5	91.5		Límites de Consistencia
3/8"	16.000	2147.0	7.5	26.0	74.0		Límite Líquido (LL) (%) : 21.20
1/2"	12.500	3301.0	11.5	37.5	62.5		Límite Plástico (PL) (%) : 18.57
3/8"	9.525	1961.0	6.9	44.0	56.0	45-60	Índice Plástico (PI) (%) : 4.59
N°4	4.750	5427.0	19.0	63.0	37.0	30-65	Clasificación de Suelo
N°8	2.380	104.1	7.8	70.0	30.0		Clasificación SUCS : OM-UC
N°10	2.000	40.3	2.7	72.7	27.3	22-52	Clasificación AASHTO : A-1-a (1)
N°15	1.190	74.2	3.8	77.7	22.3		
N°20	0.850	41.1	2.9	80.5	19.5		
N°30	0.600	25.8	1.7	82.2	17.8		
N°40	0.425	15.8	1.8	83.2	16.8	15-30	
N°50	0.300	13.8	0.9	84.1	15.9		Humedad Natural (%) : 4.16
N°60	0.250	12.1	0.8	84.9	15.1		Materia Orgánica (%) : —
N°100	0.150	13.5	1.0	85.0	14.9		Muestra dens. Seca (g/cm³) : 2.181
N°140	0.106	6.4	0.6	86.0	14.0		Óptimo Cont. Humedad (%) : 5.66
N°200	0.075	5.8	0.6	87.0	13.0	5-20	CBR 5 T' al 80% MDS (%) : 41.45
+ N°200	FONDO	183.8	13.8	100.0			CBR 5 T' al 100% MDS (%) : 40.73



Observaciones: **LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS EN CONJUNTO CON EL SOLICITANTE.**

<p>Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.</p> <p>Sin la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C no se debe reproducir el informe de ensayo de manera parcial, escrita cuando se reproduce en la totalidad.</p> <p>El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.</p> <p>Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.</p> <p>Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de su entidad que lo produce.</p> <p>Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencial.</p>	<p>AUTORIZADO POR</p> <p>Jefe de Laboratorio:</p> <p style="text-align: center;"> LA CORPORACION INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC Geremias Alvarado Riquelme <small>JEFE DE LABORATORIO</small> <small>INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 267070</small> </p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



INFORME DE ENSAYO

IE-2024-197-05

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

DATOS DE PROYECTO

PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL MATERIAL DE CANTERA LAS TUMAS - TACABAMBA UTILIZANDO RESIDUOS DE CARBON DE PIEDRA, CONCHAM, 2024.		
UBICACION	TACABAMBA	REALIZADO POR	I.C.D
SOLICITANTE	Bach. ALEX YOEL SILVA GUEVARA & Bach. CRISTIAN DUCEF HUAMAN	APROBADO POR	G.R.R
CONTACTO	Bach. ALEX YOEL SILVA GUEVARA / CEL. 956 844 555 & Bach. CRISTIAN DUCEF HUAMAN / CEL. 988 155 991	FECHA DE MUESTREO	09/12/2024
CANTERA	LAS TUMAS	FECHA DE RECEPCION	10/12/2024
CODIGO DE MUESTRA	M-197-05	FECHA DE ENSAYO	27/12/2024
MATERIAL	MEZCLAS DE MATERIAL DE CANTERA LAS TUMAS CON EL 20% DE RESIDUOS DE CARBON	FECHA DE EMISION	09/01/2025
PROF. (H)	+	COORDENADAS	E: 782416.00; N: 9282964.00
ESTRUCTURA	+	COORDENADAS	E: 782049.00; N: 9288973.00

METODOS DE PRUEBA ESTANDAR PARA LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS

ASTM D4318 - 17a1

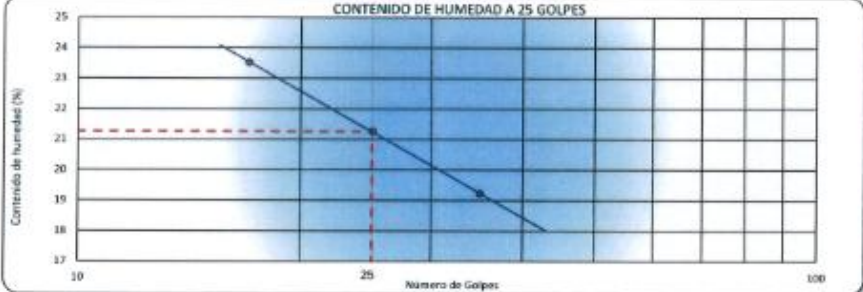
LIMITE LIQUIDO

N° DE TARA		T-30	T-31	T-32
MASA TARA + SUELO HUMEDO	(g)	41.47	40.70	43.18
MASA TARA + SUELO SECO	(g)	37.52	39.18	38.96
MASA DEL AGUA	(g)	3.95	4.52	4.72
MASA DE LA TARA	(g)	18.99	14.82	18.40
MASA DEL SUELO SECO	(g)	20.53	21.26	20.06
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		19.22	21.88	23.52
NÚMERO DE GOLPES		35	25	17

LIMITE PLASTICO

N° DE TARA		T-33	T-34
MASA TARA + SUELO HUMEDO	(g)	16.20	15.53
MASA TARA + SUELO SECO	(g)	14.85	15.10
MASA DE LA TARA	(g)	9.71	9.58
MASA DEL AGUA	(g)	1.35	1.43
MASA DEL SUELO SECO	(g)	8.14	8.52
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		16.61	16.75

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO (%)	21.26
LIMITE PLASTICO (%)	16.7
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	4.8

OBSERVACIONES	
LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS EN CONJUNTO CON EL SOLICITANTE.	

Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.

Sin la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C. no se debe reproducir el informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.


Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencial.

AUTORIZADO POR

Jefe de Laboratorio.



LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Geremias Rimerocastaño Rimerocastaño
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL, REG. CIP N° 20789

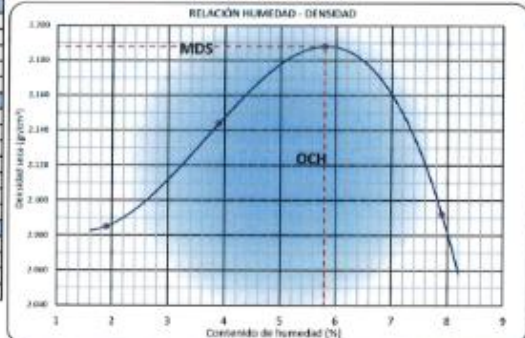
"GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC" - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

DATOS DE PROYECTO			
PROYECTO	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS - TACABAMBA UTILIZANDO RESIDUOS DE CARBÓN DE PIEDRA, CONCHAN, 2024".		
UBICACIÓN	TACABAMBA	REALIZADO POR	I.C.D
SOLICITANTE	Bach. ALEX YOEL SILVA GUEVARA & Bach. CRISTIAN DUCEP	APROBADO POR	G.R.R
CONTACTO	Bach. ALEX YOEL SILVA GUEVARA / CEL. 950 946 555 & Bach. CRISTIAN DUCEP HUARÁN / CEL. 956 155 931	FECHA DE MUESTREO	09/12/2024
CANTERA	LAS TUNAS	FECHA DE RECEPCIÓN	18/12/2024
CODIGO DE MUESTRA	M-187-05	FECHA DE ENSAYO	27/12/2024
MATERIAL	MEZCLAS DE MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS CON EL 23% DE RESIDUOS DE CARBON	FECHA DE EMISION	09/01/2025
PROF. (m)	-	COORDENADAS	E: 762416.06; N: 9292964.90
BESTRUCTURA	-	COORDENADAS	E: 762348.06; N: 9288973.90

MÉTODOS DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LAS CARACTERÍSTICAS DE COMPACTACIÓN DE LABORATORIO DEL SUELO UTILIZANDO ESFUERZO MODIFICADO (56,000 FT-LBF / FT² (2,700 KN-MW²))

ASTM D1557 - 12e1					
Ensayo N°	1	2	3	4	
Número de Capas	5	5	3	5	
Golpes de Presión por Capa	56	56	56	56	
Masa suelo húmedo + molde (g)	10771	10985	11180	11048	
Masa molde + base (g)	8341	8341	8341	8341	
Masa suelo húmedo compactado (g)	4430	4644	4827	4707	
Volumen del molde (cm ³)	2065	2065	2065	2065	
Peso volumétrico húmedo (g/cm ³)	2.125	2.226	2.315	2.257	
Tara N°	T-10	T-11	T-12	T-13	
Peso del suelo húmedo + tara (g)	770.1	815.6	789.1	860.3	
Peso del suelo seco + tara (g)	726.7	786.8	742.1	794.1	
Peso de Tara (g)	50.2	49.8	46.7	44.0	
Peso de agua (g)	13.4	28.9	35.0	56.1	
Peso del suelo seco (g)	706.5	740.0	695.4	740.1	
Contenido de agua (%)	1.9	3.9	5.6	7.9	
Peso volumétrico seco (g/cm ³)	2.065	2.144	2.188	2.092	
			Densidad máxima (g/cm ³)	2.188	
			Humedad óptima (%)	5.6	

DATOS DESARROLLO DE ENSAYO	
Altura de Cada de Pison	45.7 cm
Masa del Pison	4.5 kg
Volumen Molde	2065
N° capas	5
N° golpes/Capas	56
GRADACION DE LA MUESTRA	
TAMIZ	RET. PARCIAL (%) PASA (%)
1"	0 100
2"	3.0 97.0
3/4"	7.5 92.5
3/8"	6.5 93.5
N° 4	19.0 81.0
< N°4	37.0 63.0
DATOS	
MÉTODO C	
Densidad Específica (g/cm ³)	
Máxima densidad Seca (g/cm ³)	2.188
Óptimo Contenido de Humedad (%)	5.6



Observaciones: LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS EN CONJUNTO CON EL SOLICITANTE.

Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.
 Sin la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C no se debe reproducir el informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.
 El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.
 Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
 Las actividades de laboratorio se realizan a cargo de manera íntegral y confidencial.

AUTORIZADO POR

Jefe de Laboratorio:

Geremias Anaximandro Vega
 JEFE DE LABORATORIO
 INGENIERO CIVIL, REG. CIP N° 257210

JR. ANAXIMANDRO VEGA N° 865
 CHOTA - CAJAMARCA - PERÚ
 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com



INFORME DE ENSAYO

IE-2024-197-05

"GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C." - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

DATOS DE PROYECTO

PROYECTO	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS - TACABAMBA UTILIZANDO RESIDUOS DE CARBÓN DE PIEDRA, CONCHAS, 2023".		
UBICACIÓN	TACABAMBA	REALIZADO POR	I.C.D
SOLICITANTE	Bech. ALEX YOSIL SILVA GUEVARA & Bech. CRE	APROBADO POR	G.R.R
CONTACTO	Bech. ALEX YOSIL SILVA GUEVARA / CEL. 956 944 585 & Bech. CRISTIAN DUCRF HUANÁN / CEL. 980 155 901	FECHA DE MUESTREO	09/12/2024
CANTERA	LAS TUNAS	FECHA DE RECEPCIÓN	10/12/2024
CÓDIGO DE MUESTRA	M-197-05	FECHA DE ENSAYO	21/12/2024
MATERIAL	MEZCLAS DE MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS CON EL 30% DE RESIDUOS DE CARBÓN	FECHA DE EMISIÓN	09/01/2025
PROF. (n)	-	COORDENADAS	E: 762410.00, N: 925294.88
ESTRUCTURA	-	COORDENADAS	E: 762046.00, N: 926873.68

METODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

ASTM D1583 - 1

C.B.R.

Molde N°	10		15		19	
	S		S		S	
N° golpes por capa	50		50		50	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Masa de molde + Suelo húmedo	(g) 12764	12771	12499	12575	12272	12200
Masa de molde + seco	(g) 7825	7825	7930	7809	8049	8049
Masa del suelo húmedo	(g) 4949	4946	4561	4826	4223	4211
Volumen del molde	(cm ³) 2100	2100	2105	2105	2123	2123
Densidad húmeda	(g/cm ³) 2.323	2.317	2.209	2.293	1.980	1.983
N° Tare	7.20	7.21	7.22	7.23	7.24	7.25
Masa suelo húmedo + tare	(g) 830.2	743.2	810.6	840.2	810.4	770.1
Masa suelo seco + tare	(g) 814.0	791.7	784.7	790.4	783.8	723.8
Masa de tare	(g) 0.9	0.8	0.0	0.0	0.0	0.8
Masa de agua	(g) 36.2	43.5	43.9	49.8	48.6	48.3
Masa de suelo seco	(g) 814.0	791.7	784.7	790.4	783.8	723.8
Contenido de humedad	(%) 5.9	6.2	6.0	6.3	6.1	6.4
Densidad seca	(g/cm ³) 2.194	2.182	2.004	2.072	1.876	1.884

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
18/12/2024	08:33	0	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00
20/12/2024	08:34	24	9.00	0.229	0.20	11.00	0.279	0.24	13.00	0.330	0.28
21/12/2024	08:33	48	13.00	0.330	0.26	13.00	0.330	0.29	16.00	0.406	0.35
20/12/2024	08:33	72	15.00	0.381	0.33	15.00	0.406	0.35	17.00	0.432	0.37
20/12/2024	08:33	96	17.00	0.432	0.37	19.00	0.483	0.42	21.00	0.522	0.46

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN (mm)	CARGA ESTÁNDAR (kg/cm ²)	MOLDE N° 19			MOLDE N° 12			MOLDE N° 18		
		Dial (0.01)	kg	%	Dial (0.01)	kg	%	Dial (0.01)	kg	%
0.993		0			0			0		
0.621		135			115			86		
1.279		315			288			231		
1.905		489			424			319		
2.540	70.5	885	699.4	48.2	582	569.9	41.8	437	426.8	31.3
3.810		1823			870			552		
5.080	195.7	1395	1302.2	63.8	1109	1106.8	54.2	832	830.1	40.7
6.350		1932			1302			977		
7.620		1789			1521			1148		
10.993		2269			1920			1448		
12.793		2691			2211			1658		

Observaciones: LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS EN CONJUNTO CON EL SOLICITANTE

Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.
 Sin la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C. no se debe reproducir el informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.
 El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.
 Los resultados se aplican a lo inserto como se recibió.
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificación del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
 Las actividades de laboratorio se realizan e cobran de manera imparcial y confidencial.

AUTORIZADO POR

Jefe de Laboratorio

L. GONZALEZ
 GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C.
 Geremias Rimarcón Rimarcón
 JEFE DE LABORATORIO
 INGENIERO CIVIL REG. CP. N° 161810

JR. ANAXIMANDRO VEGA N° 865
 CHOTA - CAJAMARCA - PERÚ
 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com



INFORME DE ENSAYO

IE-2824-197-05

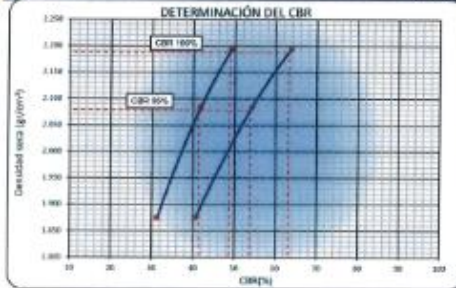
"GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C." - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

DATOS DE PROYECTO

PROYECTO	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS - TACABAMBA UTILIZANDO RESIDUOS DE CARBON DE PIEDRA, CONCHAN, 2020".		
UBICACION	TACABAMBA	REALIZADO POR	I.C.D
SOLICITANTE	Bach. ALEX YDEL SILVA GUEVARA & Bach. CRISTIAN DUCEP	APROBADO POR	G.R.R
CONTACTO	Bach. ALEX YDEL SILVA GUEVARA / CEL. 986 944 955 & Bach. CRISTIAN DUCEP HUAMÁN / CEL. 986 153 951	FECHA DE MUESTREO	09/12/2024
CANTERA	LAS TUNAS	FECHA DE RECEPCION	10/10/2024
CODIGO DE MUESTRA	M-197-05	FECHA DE ENSAYO	27/12/2024
MATERIAL	MEZCLAS DE MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS CON EL 20% DE RESIDUOS DE CARBON	FECHA DE EMISION	09/01/2025
PROF. (M)	-	COORDENADAS	E: 762410.00; N: 9282864.00
ESTRUCTURA	-	COORDENADAS	E: 762946.00; N: 9288713.00

METODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA CALPORNIA BEARING RATIO (CBR) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

ASTM D1583 - 1



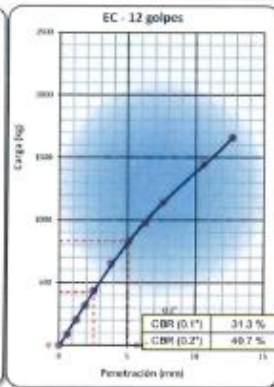
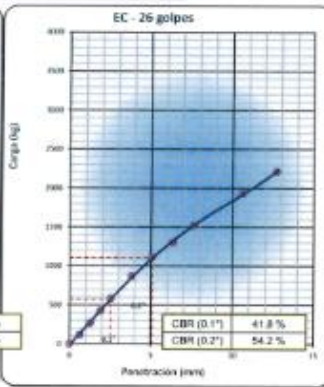
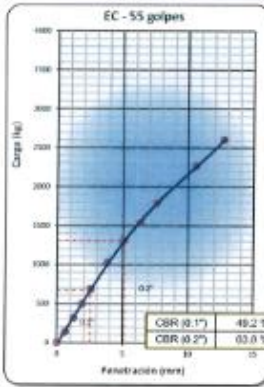
DATOS DEL PROCTOR MODIFICADO

PROCTOR MODIFICADO ASTM	1567
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	2.198
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	5.8
95% DE LA MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	2.079

PORCENTAJE DEL CBR

C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	41.5	0.2"	53.8
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	46.7	0.2"	63.2
PORCENTAJE DE EXPANSION	0.4			

Observaciones:



Observaciones : LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS EN COMUNITO CON EL SOLICITANTE

Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.
 Sin la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C. no se debe reproducir el informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se autorice en su totalidad.
 El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.
 Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
 Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencial.

AUTORIZADO POR

Jefe de Laboratorio:

GSE
 LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C.
 Gerente Anaximandro Vega
 JEFE DE LABORATORIO
 INGENIERO CIVIL - REG. COP N° 26780

JR. ANAXIMANDRO VEGA N° 865
 CHOTA - CAJAMARCA - PERÚ
 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com



INFORME DE ENSAYO

IE-2024-197-05

"GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC" - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

DATOS DE PROYECTO


PROYECTO	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS - TACABAMBA UTILIZANDO RESIDUOS DE CARBON DE PIEDRA, COMCHAN, 2024".	
UBICACION	TACABAMBA	REALIZADO POR : L.C.D
SOLICITANTE	Bach. ALEX YDEL SILVA GUEVARA & Bach. CRISTIAN DUCEF HUAMAN	APROBADO POR : G.R.R
CONTACTO	Bach. ALEX YDEL SILVA GUEVARA / CEL. 958 944 585 & Bach. CRISTIAN DUCEF HUAMAN / CEL. 988 155 951	FECHA DE MUESTREO : 09/12/2024
CANTERA	LAS TUNAS	FECHA DE RECEPCION : 10/12/2024
CODIGO DE MUESTRA	M-197-05	FECHA DE ENSAYO : 27/12/2024
MATERIAL	MEZCLAS DE MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS CON EL 20% DE RESIDUOS DE CARBON	FECHA DE EMISION : 09/01/2025
PROF. (m)	1 -	COORDENADAS : E: 782418.00; N: 9292904.00
ESTRUCTURA	1 -	COORDENADAS : E: 782349.00; N: 9288973.00

EQUIVALENTE DE ARENA

ASTM D 2419

Nº DE ENSAYOS	1	2	3
Tamaño máximo (pasa malla N° 4)	4.76	4.76	4.76
Hora de entrada a saturación	10:30	10:32	10:34
Hora de salida de saturación (mas 10")	10:40	10:42	10:44
Hora de entrada a decantación	10:42	10:44	10:46
Hora de salida de decantación (mas 20")	11:02	11:04	11:06
Alura máxima de material fino	12.1	13.1	13.1
Alura máxima de la arena	2.6	2.0	2.1
Equivalente de Arena (%)	16.7	15.3	16.1
PROMEDIO	16.04		

Observaciones:

<p>Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.</p> <p>Sin la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C no se debe reproducir el informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.</p> <p>El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.</p> <p>Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.</p> <p>Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.</p> <p>Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencial.</p>	<p>AUTORIZADO POR</p> <p>Jefe de Laboratorio:</p>  <p>LA TGRATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC Geremias Anaximandro Pinarochin JEFE DE LABORATORIO INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 267870</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

JR. ANAXIMANDRO VEGA N° 865
 CHOTA - CAJAMARCA - PERÚ
 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com

Página 7 de 8



INFORME DE ENSAYO

IE-2024-197-05

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C. - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

DATOS DE PROYECTO

PROYECTO : *MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS - TACABAMBA UTILIZANDO RESIDUOS DE CARBÓN DE PIEDRA, CONGHAN, 2024*.
UBICACIÓN : TACABAMBA
SOLICITANTE : Bach. ALEX YOEL SILVA GUEVARA & Bach. CRISTIAN DUCEF HUAMÁN
CONTACTO : Bach. ALEX YOEL SILVA GUEVARA / CEL. 958 944 555 & Bach. CRISTIAN DUCEF HUAMÁN / CEL. 980 155 551
CANTERA : LAS TUNAS
CODIGO DE MUESTRA : M-197-05
MATERIAL : MEZCLAS DE MATERIAL DE CANTERA LAS TUNAS CON EL 20% DE RESIDUOS DE CARBON
PROF. (n) : -
ESTRUCTURA : -

REALIZADO POR : L.C.D
APROBADO POR : G.R.R
FECHA DE MUESTREO : 09/12/2024
FECHA DE RECEPCIÓN : 10/12/2024
FECHA DE ENSAYO : 27/12/2024
FECHA DE EMISION : 09/01/2025
COORDENADAS : E: 762410.00; N: 9252944.00
COORDENADAS : E: 762049.00; N: 9258573.00

ABRASION LOS ANGELES

ASTM C 13

TAMIZ PASA - RETIENE	GRADACIÓN			
	"A"	B	C	D
1 1/2" - 1"				
1" - 3/4"				
3/4" - 1/2"				
1/2" - 3/8"				
3/8" - 1/4"				
1/4" - N° 4			2500	
N° 4 - N° 8			2500	
PESO TOTAL			5000	
MATERIAL RETENIDO TAMIZ N° 12			2345	
MATERIAL PASA TAMIZ N° 12			2655	
N° DE ESFERAS			6	
PESO DE LAS ESFERAS (gr)			3300 ± 20	
PORCENTAJE DE DESGASTE			53.1	

Observaciones:

<p>Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.</p> <p>Sin la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C no se debe reproducir el informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.</p> <p>El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.</p> <p>Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.</p> <p>Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.</p> <p>Las actividades de laboratorio se realizan a cuba de manera imparcial y confidencial.</p>	<p>AUTORIZADO POR</p> <p>Jefe de Laboratorio:</p> <p>GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C. C/ General Bolognesi 1000 - TACABAMBA - PERU REG. CP. N° 267870</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

JR. ANAXIMANDRO VEGA N° 865
 CHOTA - CAJAMARCA - PERÚ
 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com

FIN DE DOCUMENTO

Página 8 de 8

Anexo E. Certificados de calibración



"GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC"
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN

LABORATORIO
INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC
Geremias Rivas Benito Romarich
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL REG. EXP. N° 203879

DIRECCIÓN: Jr. ANAXIMANDRO VEGA N° 865 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com

Certificado de Calibración - Laboratorio de Masa y Balanzas

M-00514-001 R0

Calibration Certificate - Mass and Weighing Instruments Laboratory

Page / Pág 1 de 4

Equipo Instrument	INSTRUMENTO DE PESAJE NO AUTOMÁTICO	<p>Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p>The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</p> <p>This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</p> <p>The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.</p>
Fabricante Manufacturer	OHAUS	
Modelo Model	NO PRESENTA	
Número de Serie Serial Number	NO PRESENTA	
Identificación Interna Internal Identification	GSE-B-002	
Carga Máxima Maximum Load	30000 g	
Solicitante Customer	GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C.	
Dirección Address	JR. ANAXIMANDRO VEGA NRO. 865	
Ciudad City	CHOTA - CAJAMARCA	
Fecha de Calibración Date of calibration	2024 - 07 - 31	
Fecha de Emisión Date of issue	2024 - 08 - 13	
Número de páginas del certificado, incluyendo anexos Number of pages of the certificate and documents attached	04	

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología PINZUAR S.A.S no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se separen de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.
Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan el Certificado
Signatures Authorizing the Certificate


Ing. Sergio Ivan Martinez
Director Laboratorio de Metrología


Br. Felix Amadeo Jaramillo
Metrologo Laboratorio de Metrología

(000000001) 001

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.

Fuerza - Longitud - Masa - Temperatura

Calle Ricardo Palma No. 398 Urb. San Joaquín - Beltrán - Calleo HR | 262 DGT - www.pinzuar.com.pe

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
Gerencia Administrativa - Cajamarca
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL REG. OP. N° 207870

DATOS TÉCNICOS

Método Empleado	Comparación Directa
Número de Serie	NO PRESENTA
Identificación Interna	GSE-B-002
Resolución	1 g
Intervalo Calibrado	100 g a 30000 g
Documento de Referencia	Guía para la calibración de los instrumentos para pesar de funcionamiento no automático SIM MWG7/cg-01/V.00 Año 2009

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Antes de proceder con la toma de datos se realizó una inspección breve donde se determinó que la instalación (ubicación en el cuarto, nivelación, fuente de corriente y/o batería, entre otros) es adecuada para ejecutar la calibración, también se realizó una verificación de funcionamiento realizando una precarga con el fin de comprobar el buen funcionamiento del instrumento. Posterior a esto se llevaron a cabo las pruebas para los errores de las indicaciones, repetibilidad y excentricidad siguiendo los lineamientos de la Guía SIM - 2009, Numerales 4.5,6,7; Apéndices A,B,C,D,E y F.

En la tabla 1 se encuentran los resultados obtenidos en la prueba para los errores de las indicaciones que permite evaluar la exactitud del instrumento, se encuentran los errores calculados de la diferencia entre la indicación del instrumento y la carga aplicada.

Tabla 1.
Resultados de la prueba para los errores de las indicaciones

Carga g	Indicación Ascendente g	Indicación Descendente g	Error Ascendente g	Error Descendente g	Incertidumbre Expandida ± g	k ¹ 95,45%
100,0	100	100	0,0	0,0	1,4	2,12
200,0	200	200	0,0	0,0	1,4	2,12
500,0	500	500	0,0	0,0	1,4	2,12
1 000,0	1 000	1000	0,0	0,0	1,4	2,12
5 000,0	5 000	5000	0,0	0,0	1,4	2,11
10 000,0	10 000	10000	0,0	0,0	1,5	2,08
12 000,0	12 000	12001	0,0	1,0	1,6	2,07
15 000,0	15 000	15001	0,0	1,0	1,6	2,06
20 000,0	20 002	20002	2,0	2,0	1,8	2,04
25 000,0	25 001	25001	1,0	1,0	2,0	2,03
30 000,0	30 000	30000	0,0	0,0	2,2	2,02

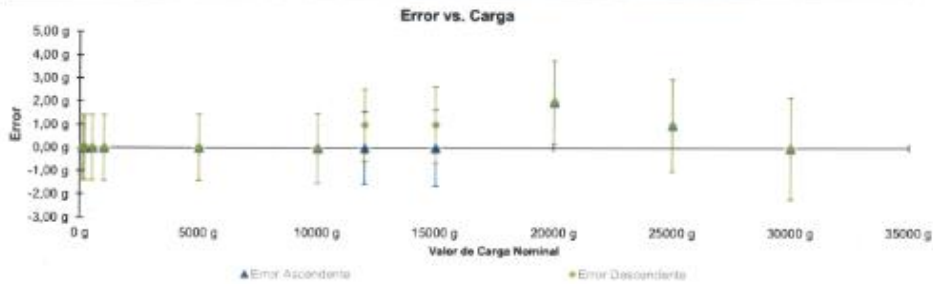


Figura 1. Gráfica para el ensayo de error de indicación.

¹ Factor de cobertura
LMP-24-P-01 03.1

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN (Continuación)

A continuación, en la Tabla 2 se encuentran los resultados para el ensayo de excentricidad de carga que permite evaluar el comportamiento del equipo al aplicar cargas en un lugar diferente al centro del receptor de carga como se muestra en la Figura 2.

Tabla 2.
Resultados prueba de excentricidad y la máxima diferencia.

Valor Nominal de la Carga		10000 g
Posición	Indicación del Instrumento	Diferencia Respecto al Centro
—	g	g
1	10 000	—
2	9 999	- 1
3	9 999	- 1
4	10 000	0
5	10 001	1
Diferencia máxima respecto al centro		1

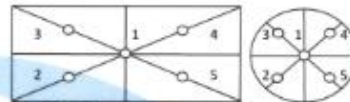


Figura 2. Posiciones de carga para la prueba de excentricidad.

Por último, en la Tabla 3 se muestran los resultados del ensayo de repetibilidad que permite identificar la variación de la indicación del instrumento de pesaje no automático al colocar una misma carga bajo condiciones idénticas de manejo y bajo condiciones de ensayo constantes.

Tabla 3.
Resultados prueba de repetibilidad y la desviación estándar calculada para cada carga.

Cantidad de Repeticiones	Valor Nominal de las Cargas	
	15000 g	30000 g
Indicación del Instrumento		
1	15000	30000
2	15000	29999
3	15000	29999
4	15000	30000
5	15000	30000
6	15000	29999
7	15000	29999
8	15000	29999
9	15000	30000
10	15000	30000
Desviación Estándar	0.00 g	0.53 g

CONDICIONES AMBIENTALES

El lugar de la calibración fue AREA DE SUELOS LABORATORIO, GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C., CHOTA - CAJAMARCA. Durante la calibración se registraron las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura Máxima:	20,4 °C	Temperatura Mínima:	19,0 °C
Humedad Máxima:	57 % HR	Humedad Mínima:	54 % HR
Presión Barométrica Máxima:	769,1 hPa	Presión Barométrica Mínima:	769,1 hPa

UMPC-24-F-01 RB.1

LABORATORIO
INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
[Firma]
GERENTE ADMINISTRATIVO Y MANEJO
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL, REG. CO. N° 207820

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.

Fuerza - Longitud - Masa - Temperatura

Calle Ricardo Palma N.º 969 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao - Perú - 051 562 063 - www.pinzuar.com.pe

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición está dada en la tabla de resultados de la página No. 2, para cada punto de calibración. La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Fue estimada según el documento: JCGM 100:2008, GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition, September 2008.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Tomando como base los resultados obtenidos en la calibración del instrumento de pesaje no automático, se obtienen las ecuaciones con las que el usuario podrá corregir cada lectura R , y también obtener su incertidumbre expandida U_R .

La ecuación para la corrección de la lectura, donde R es tomada directamente del indicador del instrumento en las unidades que se reportan los resultados en la página número dos de este certificado. La ecuación aquí presentada aplica a ejercicios de pesada en los que se ajusta el cero del instrumento antes de ejecutar la pesada y asumiendo como condiciones normales de uso lo declarado por el usuario durante la calibración y de información recolectada durante la misma.

$$R_{\text{corregida}} = R - E_{\text{aprox}} \quad E_{\text{aprox}} = 2,68 E-05 \cdot R$$

La pesada ejecutada en el instrumento de pesaje tendrá la siguiente incertidumbre estándar,

$$u^2(W) = 4,44 E-07 + 3,26 E-08 R^2$$

Incetidumbre expandida de un resultado de pesada

$$U_R = k \cdot u(W)$$

Se puede tomar el valor $k = 2$, que corresponde a una probabilidad aproximada del 95 % y aplica cuando se puede asumir una distribución normal (Gaussiana) para el error de la indicación. Se encuentra más información sobre el valor de k en el documento Guía SIM MWG7/jgc-01/IV.00.2009 Guía para la Calibración de los Instrumentos para Pesar de Funcionamiento No Automático.

TRAZABILIDAD

El/Los certificado(s) reportado(s) en este certificado de calibración se obtuvieron utilizando patrones trazables al SI a través de institutos nacionales de metrología y/o laboratorios acreditados y son parte de un programa de aseguramiento metrológico que garantiza la exactitud e incertidumbres requeridas.

El/Los certificado(s) de calibración de ellos patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan posteriormente se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



Equipo	Fabricante	Certificado(s) de calibración	Fecha(s) de calibración
Pesas clase F1	Pinzuar	M-31695-001 Pinzuar / 1AM-0722-2022 Metroil	2024-04-26 2022-08-05
Pesas clase F1	No presenta	M-31695-002 Pinzuar / 1AM-0789-2022 Metroil	2024-04-25 2022-08-19

OBSERVACIONES

- Se usa la coma como separador decimal
- Las fórmulas calculadas para la obtención de la lectura corregida y su correspondiente incertidumbre estándar se obtuvieron a partir de las condiciones evidenciadas en la calibración (instalación, variación de condiciones ambientales, corriente eléctrica). Si las condiciones de uso del instrumento difieren a las al que hace referencia este certificado es responsabilidad del usuario establecer si es o no adecuada su aplicación.
- Se puede obtener más información sobre el método y cálculos realizados para la emisión de este certificado de calibración consultando el documento de referencia mencionado en la página dos.
- Las cargas de prueba utilizadas en los ensayos de excentricidad, repetibilidad y errores de las indicaciones fueron acordados y aprobados por el cliente
- la calibración puede dejar de ser válida si el instrumento es trasladado a un lugar distinto del que fue calibrado
- Se adjunta la estampilla de calibración No. **M-00514-001**

Certificado de Calibración - Laboratorio de Masa y Balanzas
Calibration Certificate - Mass and Weighing Instruments Laboratory

M-00495-005 R0

Page / Pág 1 de 4

Equipo Instrument	INSTRUMENTO DE PESAJE NO AUTOMÁTICO
Fabricante Manufacturer	OHAUS
Modelo Model	TAJ602
Número de Serie Serial Number	B604030390
Identificación Interna Internal Identification	GSE-B-006
Carga Máxima Maximum load	600 g
Solicitante Customer	GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C.
Dirección Address	JR. ANAXIMANDRO VEGA NRO. 865
Ciudad City	CHOTA - CAJAMARCA
Fecha de Calibración Date of calibration	2024 - 07 - 31
Fecha de Emisión Date of issue	2024 - 08 - 07

Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.

This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.

Número de páginas del certificado, incluyendo anexos
Number of pages of the certificate and documents attached

04

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología PINZUAR S.A.S no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.
Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, issued when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan el Certificado
Signatures Authorizing the Certificate


Ing. Sergio Ilyán Martínez
Director Laboratorio de Metrología


Br. Félix Amadeo Jaramillo
Metrologo Laboratorio de Metrología

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.
Fuerza - Longitud - Masa - Temperatura

Calle Ricardo Palma No. 1493 Urb. San Joaquín - Bellavista - Cellos +51 9 562 0253 - www.pinzuar.com.pe

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
Gerencia Administrativa y Comercial
EFE DE LABORATORIO INGENIERO CIVIL REG. DP. N° 26750

M-00495-005 R0

Page / Pág. 2 de 4

DATOS TÉCNICOS

Método Empleado	Comparación Directa
Número de Serie	B604030390
Identificación Interna	GSE-B-006
Resolución	0,01 g
Intervalo Calibrado	5 g a 600 g
Documento de Referencia	Guía para la calibración de los instrumentos para pesar de funcionamiento no automático SIM MWG7/cg-01V.00 Año 2009

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Antes de proceder con la toma de datos se realizó una inspección breve donde se determinó que la instalación (ubicación en el cuarto, nivelación, fuente de corriente y/o batería, entre otros) es adecuada para ejecutar la calibración, también se realizó una verificación de funcionamiento realizando una precarga con el fin de comprobar el buen funcionamiento del instrumento. Posterior a esto se llevaron a cabo las pruebas para los errores de las indicaciones, repetibilidad y excentricidad siguiendo los lineamientos de la Guía SIM - 2009, Numerales 4.5.6,7; Apéndices A,B,C,D,E y F.

En la tabla 1 se encuentran los resultados obtenidos en la prueba para los errores de las indicaciones que permite evaluar la exactitud del instrumento, se encuentran los errores calculados de la diferencia entre la indicación del instrumento y la carga aplicada.

Tabla 1.
Resultados de la prueba para los errores de las indicaciones

Carga g	Indicación Ascendente g	Indicación Descendente g	Error Ascendente g	Error Descendente g	Incertidumbre Expandida ± g	k ¹ - 95% -----
5,000	5,00	5,02	0,000	0,020	0,013	2,10
10,000	10,01	10,01	0,010	0,010	0,013	2,10
20,000	20,00	20,02	0,000	0,020	0,013	2,10
30,000	30,01	30,02	0,010	0,020	0,013	2,10
50,000	50,00	50,02	0,000	0,020	0,013	2,10
100,000	100,01	100,00	0,010	0,000	0,014	2,09
200,000	200,01	199,99	0,010	-0,010	0,014	2,07
300,000	300,02	300,02	0,020	0,020	0,016	2,05
400,000	400,02	400,03	0,020	0,030	0,017	2,03
500,000	500,02	500,03	0,020	0,030	0,019	2,02
600,000	600,03	600,03	0,030	0,030	0,022	2,02

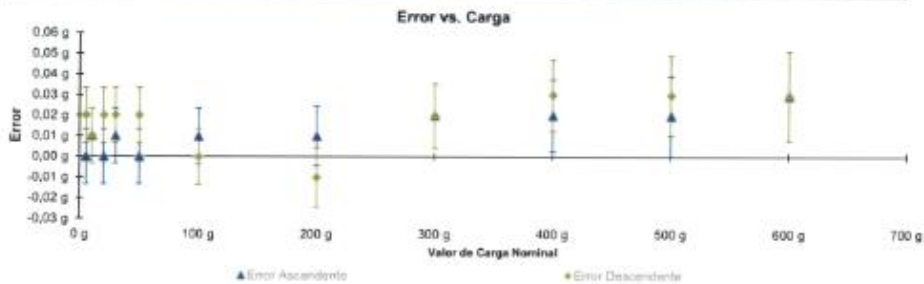


Figura 1. Gráfica para el ensayo de error de indicación.

¹ Factor de cobertura
LAMP-24-F-01 Rev.1

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN (Continuación)

A continuación, en la Tabla 2 se encuentran los resultados para el ensayo de excentricidad de carga que permite evaluar el comportamiento del equipo al aplicar cargas en un lugar diferente al centro del receptor de carga como se muestra en la Figura 2.

Tabla 2.
Resultados prueba de excentricidad y la máxima diferencia.

Valor Nominal de la Carga 200 g		
Posición	Indicación del Instrumento	Diferencia Respecto al Centro
—	g	g
1	200,00	—
2	200,00	0,00
3	199,99	-0,01
4	199,99	-0,01
5	200,00	0,00
Diferencia máxima respecto al centro		0,01



Figura 2. Posiciones de carga para la prueba de excentricidad.

Por último, en la Tabla 3 se muestran los resultados del ensayo de repetibilidad que permite identificar la variación de la indicación del instrumento de pesaje no automático al colocar una misma carga bajo condiciones idénticas de manejo y bajo condiciones de ensayo constantes.

Tabla 3.
Resultados prueba de repetibilidad y la desviación estándar calculada para cada carga.

Cantidad de Repeticiones	Valor Nominal de las Cargas	
	300 g	600 g
Indicación del Instrumento		
1	300,00	599,99
2	299,99	600,00
3	299,99	600,00
4	299,99	600,00
5	300,00	600,00
6	300,00	600,00
7	300,00	600,00
8	300,00	600,00
9	300,00	600,00
10	300,00	600,00
Desviación Estándar	0,004 g	0,003 g

CONDICIONES AMBIENTALES

El lugar de la calibración fue AREA DE PLASTICIDADES, GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C., CHOTA - CAJAMARCA. Durante la calibración se registraron las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura Máxima: 20,8 °C
Humedad Máxima: 57 % HR
Presión Barométrica Máxima: 769,0 hPa

Temperatura Mínima: 20,2 °C
Humedad Mínima: 54 % HR
Presión Barométrica Mínima: 769,0 hPa

LAMP-24-F-01 R3.1

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición está dada en la tabla de resultados de la página No. 2, para cada punto de calibración. La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Fue estimada según el documento: JCGM 100:2008, GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement, First Edition, September 2008.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Tomando como base los resultados obtenidos en la calibración del instrumento de pesaje no automático, se obtienen las ecuaciones con las que el usuario podrá corregir cada lectura R , y también obtener su incertidumbre expandida U_R .

La ecuación para la corrección de la lectura, donde R es tomada directamente del indicador del instrumento en las unidades que se reportan los resultados en la página número dos de este certificado. La ecuación aquí presentada aplica a ejercicios de pesada en los que se ajusta el cero del instrumento antes de ejecutar la pesada y asumiendo como condiciones normales de uso lo declarado por el usuario durante la calibración y de información recolectada durante la misma.

$$R_{\text{correctada}} = R - E_{\text{aprox}} \quad E_{\text{aprox}} = 5,10 \cdot E-05 \cdot R$$

La pesada ejecutada en el instrumento de pesaje tendrá la siguiente incertidumbre estándar.

$$u^2(W) = 4,00 \cdot E-05 + 7,62 \cdot E-07 \cdot R^2$$

Incertidumbre expandida de un resultado de pesada

$$U_R = k \cdot u(W)$$

Se puede tomar el valor $k = 2$, que corresponde a una probabilidad aproximada del 95 % y aplica cuando se puede asumir una distribución normal (Gaussiana) para el error de la indicación. Se encuentra más información sobre el valor de k en el documento Guía SIM MWG7/gc-01/V.00-2009 Guía para la Calibración de los Instrumentos para Pesar de Funcionamiento No Automático.

TRAZABILIDAD

El/Los certificado(s) reportado(s) en este certificado de calibración se obtuvieron utilizando patrones trazables al SI a través de institutos nacionales de metrología y/o laboratorios acreditados y son parte de un programa de aseguramiento metroológico que garantiza la exactitud e incertidumbres requeridas.

El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan posteriormente se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



Equipo	Fabricante	Certificado(s) de calibración	Fecha(s) de calibración
Pesas clase F1	Pinzuar	M-31695-001 Pinzuar / 1AM-0722-2022 Metroil	2024-04-26 2022-08-05

1. Se usa la coma como separador decimal
2. Las fórmulas calculadas para la obtención de la lectura corregida y su correspondiente incertidumbre estándar se obtuvieron a partir de las condiciones evidenciadas en la calibración (instalación, variación de condiciones ambientales, corriente eléctrica). Si las condiciones de uso del instrumento difieren a las a las que hace referencia este certificado es responsabilidad del usuario establecer si es o no adecuada su aplicación.
3. Se puede obtener más información sobre el método y cálculos realizados para la emisión de este certificado de calibración consultando el documento de referencia mencionado en la página dos.
4. Las cargas de prueba utilizadas en los ensayos de excentricidad, repetibilidad y errores de las indicaciones fueron acordados y aprobados por el cliente
5. la calibración puede dejar de ser válida si el instrumento es trasladado a un lugar distinto del que fue calibrado
6. Se adjunta la estampilla de calibración No. **M-00495-005**



PUNTO DE PRECIÓN S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-3056-2024

Página 1 de 3

Expediente : 331-2024
Fecha de emisión : 2024-07-16

1. Solicitante : GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C.
Dirección : JR. ANAXIMANDRO VEGA NRO. 865 - CHOTA - CAJAMARCA

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo indicados ha sido calibrado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

2. Instrumento de Medición : COPA CASAGRANDE

Marca de Copa : FORNEY
Modelo de Copa : LA-3718
Serie de Copa : NO INDICA

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Contímetro : ANALÓGICO
Marca de Contímetro : REDINGTON
Modelo de Contímetro : 1-4835
Serie de Contímetro : NO INDICA

Punto de Precisión S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración
JR. ANAXIMANDRO VEGA NRO. 865 - CHOTA - CAJAMARCA
14 - JULIO - 2024

4. Método de Calibración
Por Comparación con Instrumentos Certificados por el INACAL - DM
Tomando como referencia la Norma ASTM D 431B.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	MITUTOYO	DM23-C-0239-2023	INACAL - DM
MICRÓMETRO	INSIZE	DM23-C-0278-2023	INACAL - DM
BALANZA	KERN	LM-002-2024	INACAL - DM

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	19,7	19,8
Humedad %	59	59

7. Observaciones
Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152831





PUNTO DE PRECIÓN S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-3058-2024

Página 2 de 3

Tabla de Medidas

COPA CASAGRANDE									
DIMENSIONES	A	B	C	E	J	K	L	M	U
DESCRIPCIÓN	RADIO DE LA COPA	ESPESOR DE LA COPA	PROFUNDIDAD DE LA COPA	DISTANCIA	ALTURA	ESPESOR	LARGO	ANCHO	Copa desde la guía del espesor a base
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
MEDIDA TOMADA	54,08	2,051	25,75	54,52	59,39	50,72	149,37	124,32	47,56
	54,08	2,052	25,75	54,52	59,39	50,77	149,37	124,38	47,52
	54,08	2,103	25,75	54,52	59,39	50,71	149,38	124,40	47,51
	54,08	2,084	25,75	54,52	59,39	50,71	149,42	124,30	47,03
	54,08	2,056	25,75	54,52	59,39	50,71	149,44	124,23	47,07
	54,08	2,064	25,79	54,52	59,39	50,70	149,47	124,32	47,10
PROMEDIO	54,08	2,07	25,75	54,52	59,39	50,72	149,41	124,33	47,30
MEDIDAS STANDARD	54,00	2,00	27,00	59,00	60,00	50,00	150,00	125,00	47,00
TOLERANCIA ±	0,5	0,1	0,5	2,0	1,0	2,0	2,0	2,0	1,0
ERROR	0,58	0,07	-0,25	-1,48	-0,51	0,72	-0,59	-0,67	0,30

	Rango según norma	Medida encontrada		Rango según norma	Masa encontrada
Resiliencia	77 % a 90 %	85 %	Masa de Copas	185 g a 215 g	200,10 g

Inspección del desgaste

Desgaste de Base: El punto de la base donde la copa hace contacto no debiera presentar desgaste mayor de 10 mm de diámetro.

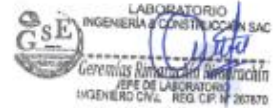
DESCRIPCIÓN	DESGASTE DE BASE
	mm
MEDIDA TOMADA	7,74
	7,74
	7,74
	7,74
	7,74
	7,74
PROMEDIO	7,74
MEDIDAS STANDARD	<10

Desgaste de Copa: Reemplace la copa cuando la herramienta de ranurado haya originado en la copa una depresión de 0,1 mm de profundidad o cuando el reborde de la copa haya sido reducido a la mitad de su espesor original.

DESCRIPCIÓN	DESGASTE DE COPA	
	LATERALES DE LA COPA	EL CENTRO DE LA COPA
	mm	mm
MEDIDA TOMADA	1	2,082
	2	2,053
	3	2,104
	4	2,085
	5	2,057
	6	2,065
PROMEDIO	2,074	2,072
MEDIDAS STANDARD	2,000	2,000
ERROR	0,074	0,071
ERROR DE DEPRESIÓN	0,003 mm	



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631





PUNTO DE PRECIÓN S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

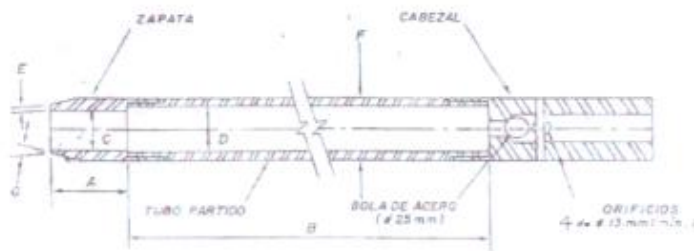
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LO-302-2024

Página : 2 de 2

Resultados :

PESO DEL MARTILLO	ESTANDAR	ERROR
kg	kg	kg
63,54	63,5	0,04

CAÑA PARTIDA



DIMENSIONES	A	B	C	D	E	F	G
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
	49,69	499,0	34,81	38,45	2,41	49,48	19

FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



Av. Los Angeles 853 - LIMA 42 Telef. 292-5106 698-9620
www.puntodeprecision.com E-mail: ventas@puntodeprecision.com.pe / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECIÓN S.A.C.



PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP-654-2024

Página 1 de 2

Expediente : 331-2024
Fecha de emisión : 2024-07-16

1. Solicitante : GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C.
Dirección : JR. ANAXIMANDRO VEGA NRO. 865 - CHOTA - CAJAMARCA

2. Descripción del Equipo : PRENSA CBR

Marca de Prensa : ORION
Modelo de Prensa : NO INDICA
Serie de Prensa : NO INDICA

Marca de Celda : KELI
Modelo de Celda : A-FED
Serie de Celda : AQJ9167
Capacidad de Celda : 5 t

Marca de Indicador : HIGH WEIGHT
Modelo de Indicador : 315-X8
Serie de Indicador : 2019700

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo, indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración
JR. ANAXIMANDRO VEGA NRO. 865 - CHOTA - CAJAMARCA
13 - JULIO - 2024

4. Método de Calibración
La Calibración se realizó de acuerdo a la norma ASTM E4

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	ZEMIC	MT-8009-2023	SISTEMA INTERNACIONAL
INDICADOR	AEP TRANSOUCCERS		

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	19,8	19,7
Humedad %	57	58

7. Resultados de la Medición
Los errores de la prensa se encuentran en la página siguiente.

8. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631





PUNTO DE PRECIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP-854-2024

Página 2 de 2

TABLA N° 1

SISTEMA DIGITAL "A" kgf	SERIES DE VERIFICACIÓN (kgf)				PROMEDIO "B" kgf	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
500	500,25	500,10	-0,05	0,02	500,18	-0,03	0,03
1000	1000,55	1000,25	-0,05	-0,03	1000,40	-0,04	0,03
1500	1500,85	1500,10	-0,04	-0,01	1500,38	-0,02	0,04
2000	2000,75	1999,70	-0,04	0,01	2000,23	-0,01	0,05
2500	2500,95	2500,00	-0,04	0,00	2500,48	-0,02	0,04
3000	3001,45	3000,30	-0,05	-0,01	3000,88	-0,03	0,04
3500	3503,80	3501,70	-0,10	-0,05	3502,85	-0,08	0,05
4000	4005,85	4001,20	-0,15	-0,03	4003,53	-0,09	0,12

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

1.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:

$$Ep = ((A-B) / B) * 100 \quad Rp = Error(2) - Error(1)$$

2.- La norma exige que Ep y Rp no excedan el 1,0 %

3.- Coeficiente Correlación: $R^2 = 1$

Ecuación de ajuste : $y = 0,9991x + 0,8652$

Donde: x : Lectura de la pantalla
y : Fuerza promedio (kgf)

GRÁFICO N° 1

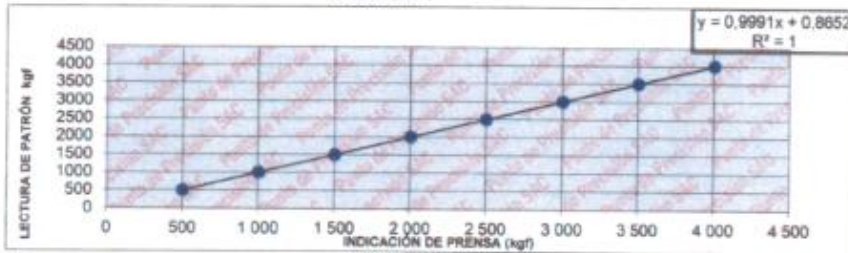
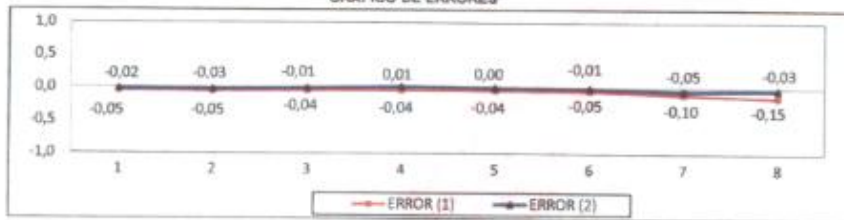


GRÁFICO DE ERRORES



FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



Av. Los Angeles 853 - LIMA 42 Telf. 292-5106 898-9620
www.puntodeprecision.com E-mail: ventas@puntodeprecision.com.pe / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL, DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECIÓN S.A.C.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-059-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 1 de 10

1. **Expediente:** 0043
2. **Solicitante:** GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C.
3. **Dirección:** JR. CAJAMARCA NRO. 792 (ESQUINA CON JR PONCIANO VIGIL) CAJAMARCA - CHOTA - CHOTA
4. **Equipo:** HORNO DE SECADO
Marca: PERUTEST
Modelo: PT-H76
N° de serie: 0197
Procedencia: NO INDICA
Identificación: GSE-HR-001
Ubicación: NO INDICA

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición 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 la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración en firma y sello carece de validez.

Descripción	Dispositivo de control	Instrumento de medición
Intervalo de indicación	0 °C a 250 °C	0 °C a 250 °C
Resolución	0,1 °C	0,1 °C
Tipo	DIGITAL	DIGITAL

5. **Fecha de calibración** 2024-08-09

Fecha de Emisión

2024-08-23



Escanea el QR para ver el certificado de calibración



Firmado digitalmente por:
ASTETE SORIANO LUCIO FIR
42817545 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 23/08/2024 14:25:41-0590



Jefe del Laboratorio

GSE
LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
[Firma]
Geremias Rómulo Ríos Ríos
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL - REG. CIP. N° 281981-1-FO1

Revisión 00

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-059-2024

Página 2 de 10

6. Método de calibración

La calibración se efectuó por comparación directa con termómetros calibrados que tiene trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (EIT 90), se utilizó el Procedimiento para la Calibración de Medios Isotérmicos con aire como Medio Termostático PC-018 2da edición.

7. Lugar de calibración

Instalaciones de GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C. ubicado en Jr. Cajamarca Nro. 792
Cajamarca - Chota - Chota

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21,0 °C	21,2 °C
Humedad relativa	53,2 %	41,7 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
MSG	Termómetro digital con 10 sensores tipo K (CH01 al CH12) con incertidumbre en el orden de 0,11 °C a 0,14 °C	LTT24-0182

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.
- Antes de la calibración no se realizó algún tipo de ajuste.
- La tensión eléctrica del equipo es 221 VAC
- La carga para la medición fue de 60 % y consistió de 2 bolos con muestra

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-059-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 3 de 10

11. Resultados de la medición

Temperatura ambiental promedio 21,1 °C
Tiempo de calentamiento y estabilización del equipo 2 horas
El controlador se seteó en 60 °C

TEMPERATURA DE TRABAJO DE 60 °C ± 5 °C

Tiempo min	Tem. del equipo °C	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T. prom °C	T _{máx} - T _{mín} °C
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	59,7	60,0	61,5	60,9	59,2	57,7	58,9	60,2	63,1	58,9	58,9	60,0	5,4
02	60,0	60,2	61,8	61,1	59,5	58,0	59,0	60,7	63,4	59,0	59,2	60,2	5,4
04	60,3	60,4	62,1	61,3	59,7	58,3	59,2	60,8	63,8	59,2	59,4	60,4	5,5
06	60,2	60,3	61,8	61,1	59,5	58,1	59,2	60,4	63,7	59,2	59,3	60,3	5,6
08	59,8	60,0	61,5	60,8	59,2	57,9	59,1	59,9	63,2	59,0	59,1	60,0	5,3
10	59,7	60,0	61,5	60,7	59,2	57,9	59,0	60,0	63,0	59,0	59,1	60,0	5,1
12	59,9	60,1	61,8	61,0	59,4	58,0	59,0	60,5	63,2	58,9	59,2	60,1	5,2
14	60,4	60,3	62,0	61,2	59,6	58,2	59,2	60,9	63,6	59,1	59,4	60,4	5,4
16	60,3	60,4	61,9	61,1	59,6	58,2	59,2	60,4	63,7	59,1	59,3	60,3	5,5
18	59,9	60,0	61,4	60,8	59,3	57,9	59,1	59,9	63,1	59,0	59,1	60,0	5,2
20	59,6	59,8	61,3	60,6	59,1	57,6	58,9	59,7	62,8	58,7	58,9	59,8	5,2
22	59,8	59,9	61,6	60,8	59,4	57,9	58,9	60,3	63,0	58,8	59,1	60,0	5,1
24	60,3	60,3	62,0	61,2	59,7	58,3	59,1	60,9	63,4	58,9	59,5	60,3	5,1
26	60,4	60,5	62,1	61,4	59,8	58,4	59,3	60,6	63,8	59,1	59,5	60,5	5,4
28	60,0	60,2	61,7	61,1	59,6	58,1	59,3	60,2	63,5	59,1	59,4	60,2	5,4
30	59,7	60,0	61,4	60,9	59,2	57,9	59,1	59,8	63,1	59,0	59,1	60,0	5,2
32	59,7	59,9	61,5	60,9	59,2	57,9	59,0	60,0	63,0	58,9	59,1	60,0	5,1
34	60,0	60,2	61,9	61,0	59,5	58,2	59,1	60,5	63,2	59,0	59,4	60,2	5,0
36	60,3	60,5	62,1	61,2	59,8	58,4	59,3	60,8	63,7	59,2	59,7	60,5	5,3
38	60,0	60,3	61,8	61,1	59,6	58,3	59,3	60,3	63,6	59,2	59,5	60,3	5,3
40	59,8	60,1	61,6	60,9	59,4	58,0	59,2	60,0	63,3	59,0	59,3	60,1	5,3
42	59,8	60,1	61,6	61,0	59,5	58,1	59,2	60,3	63,4	59,0	59,3	60,2	5,3
44	60,1	60,4	62,0	61,3	59,7	58,3	59,2	60,7	63,6	59,1	59,5	60,4	5,3
46	60,4	60,5	62,2	61,4	59,9	58,6	59,4	60,8	63,9	59,3	59,7	60,6	5,3
48	60,1	60,4	61,9	61,1	59,7	58,3	59,3	60,4	63,8	59,3	59,6	60,4	5,5
50	59,8	60,1	61,6	60,9	59,4	58,1	59,3	60,0	63,3	59,2	59,5	60,2	5,2
52	59,7	60,0	61,5	60,9	59,3	57,9	59,1	60,0	63,0	59,0	59,3	60,0	5,1
54	60,0	60,3	61,8	61,2	59,8	58,2	59,2	60,6	63,5	59,0	59,4	60,3	5,3
56	60,4	60,4	62,1	61,3	59,7	58,4	59,3	60,8	63,8	59,2	59,7	60,5	5,4
58	60,0	60,3	61,8	61,1	59,6	58,2	59,3	60,3	63,6	59,2	59,5	60,3	5,4
60	59,6	60,1	61,5	60,8	59,4	58,0	59,2	60,0	63,4	59,1	59,3	60,1	5,4
T. PROM		60,2	61,8	61,0	59,5	58,1	59,2	60,4	63,4	59,1	59,4	60,2	
Temp. máxima		60,5	62,2	61,4	59,9	58,8	59,4	60,9	63,9	59,3	59,7		
Temp. mínima		59,8	61,3	60,6	59,1	57,8	58,9	59,7	62,8	58,7	58,9		
DTT		0,7	0,9	0,8	0,8	1,0	0,5	1,2	1,1	0,6	0,8		

Revisión 00



LABORATORIO
INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC
CERTEJOS ANTONIO RIVERA
EFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL REG. CP N° 267826 RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-059-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 4 de 10

PARÁMETROS	Valor °C	Incertidumbre °C
Máxima Temperatura medida	63,9	0,3
Mínima Temperatura medida	57,6	0,4
Desviación de Temperatura en el Tiempo	1,2	0,1
Desviación de Temperatura en el Espacio	5,3	0,4
Estabilidad medida	0,60	0,05
Uniformidad medida	5,6	0,4

- T. PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
T. prom : Promedio de las temperaturas en la diez posiciones de medición para un instante dado.
T_{MAX} : Temperatura máxima.
T_{MIN} : Temperatura mínima.
DTT : Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del Medio Isotermo : 0,05 °C

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La Estabilidad es considerada igual a $\pm 1/2$ DTT.

**Durante la calibración y bajo las condiciones en que ésta ha sido hecha, el medio isotermo
CUMPLE con los límites especificados de temperatura**

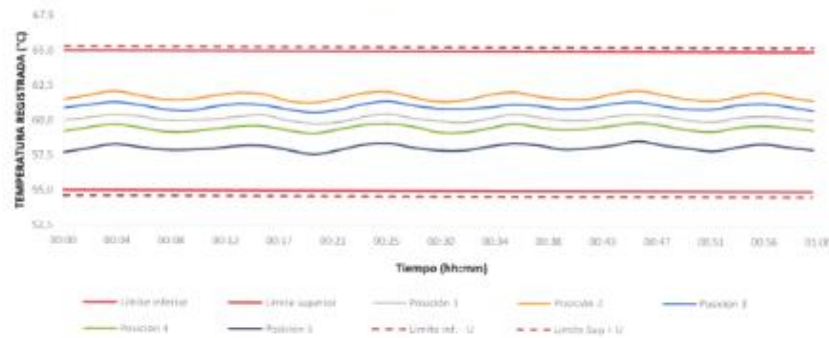
Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-059-2024

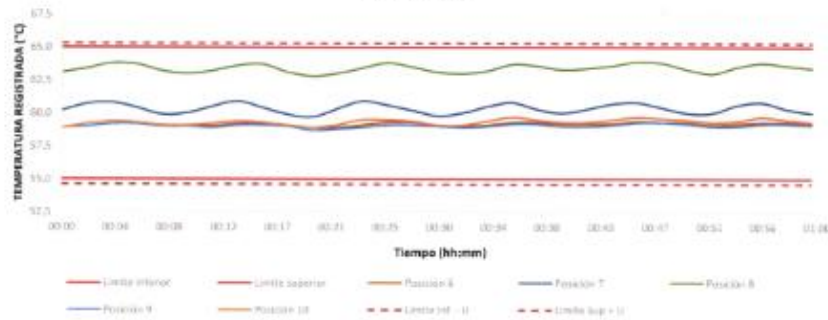
Página 5 de 10

TEMPERATURA DE TRABAJO DE 60 °C ± 5 °C

NIVEL SUPERIOR



NIVEL INFERIOR



Revisión 00

LABORATORIO
INGENIERÍA Y CONSULTORÍA SAC
Calle
Gerencia Regional Administrativa
DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS
INGENIERO CIVIL - REG. CP. N° 257670 RTD3-001

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-059-2024

Página 6 de 10

Temperatura ambiental promedio 21,1 °C
Tiempo de calentamiento y estabilización del equipo 2 horas
El controlador se seteo en 110 °C

Tiempo min	Tem. del equipo °C	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T. prom °C	T _{máx} - T _{mín} °C
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	108,9	108,7	111,0	111,5	107,1	107,9	109,2	109,3	112,4	108,8	110,3	109,6	5,2
02	109,3	109,4	112,2	113,0	108,0	108,3	109,7	111,7	113,3	109,3	111,0	110,6	5,3
04	110,7	110,2	113,0	114,3	109,0	109,1	110,7	113,1	114,6	110,1	112,0	111,6	5,8
06	111,1	110,4	112,8	113,5	109,0	109,5	111,0	112,2	114,3	110,4	112,3	111,6	5,3
08	110,2	109,8	112,1	112,1	108,3	109,2	110,4	110,6	114,3	110,0	111,9	110,9	6,0
10	108,9	109,2	111,4	111,4	107,6	108,5	109,7	109,7	113,0	109,5	111,2	110,1	5,3
12	109,0	109,3	111,7	112,7	108,0	108,4	109,8	110,7	113,2	109,3	111,0	110,4	5,2
14	110,2	110,1	112,8	114,1	109,0	109,1	110,5	112,6	114,5	110,0	111,9	111,5	5,5
16	111,0	110,6	113,1	114,3	109,4	109,6	111,2	112,8	114,7	110,6	112,5	111,9	5,3
18	110,6	110,3	112,4	113,2	108,9	109,6	110,8	111,2	114,6	110,5	112,5	111,4	5,7
20	109,3	109,7	111,8	112,0	108,1	109,0	110,1	110,0	113,5	109,9	111,8	110,6	5,4
22	108,7	109,5	111,8	112,5	108,0	108,7	109,9	110,7	113,2	109,5	111,2	110,5	5,2
24	109,9	110,1	112,7	113,9	108,9	109,1	110,5	112,6	114,3	110,0	111,8	111,4	5,4
26	111,1	110,7	113,1	114,2	109,5	109,7	111,2	112,8	114,7	110,6	112,6	111,9	5,2
28	110,9	110,6	112,7	113,3	109,1	109,8	111,1	111,9	114,2	110,7	112,6	111,6	5,1
30	109,5	109,9	111,9	112,1	108,2	109,2	110,2	110,1	113,7	110,1	112,0	110,8	5,5
32	108,7	109,5	111,7	112,1	108,0	108,7	109,8	110,5	113,2	109,5	111,3	110,4	5,2
34	109,6	110,0	112,7	113,7	108,9	109,0	110,3	112,4	114,1	109,9	111,7	111,3	5,2
36	111,0	110,7	113,3	114,4	109,6	109,6	111,1	113,1	114,6	110,7	112,6	112,0	5,0
38	110,9	110,7	112,9	113,6	109,2	109,8	111,1	112,2	114,8	110,8	112,8	111,8	5,6
40	110,9	110,1	112,2	112,4	108,5	109,3	110,5	110,5	114,0	110,4	112,2	111,0	5,5
42	108,6	109,5	111,5	111,8	107,9	108,8	109,9	110,1	112,9	109,8	111,4	110,4	4,9
44	109,4	109,9	112,3	113,3	108,7	108,9	110,2	111,8	113,7	109,9	111,6	111,0	5,0
46	110,6	110,6	113,3	114,5	109,5	109,5	111,0	112,9	114,5	110,6	112,5	111,9	5,0
48	111,0	110,7	113,1	113,9	109,4	109,8	111,2	112,4	114,8	110,9	112,8	111,9	5,4
50	110,1	110,3	112,3	112,4	108,7	109,5	110,7	110,8	114,3	110,6	112,5	111,2	5,6
52	108,0	109,6	111,6	111,4	108,0	108,9	109,9	109,8	113,1	109,9	111,5	110,4	5,0
54	108,7	109,7	112,0	112,6	108,3	108,7	109,9	111,1	113,3	109,8	111,3	110,7	5,0
56	110,2	110,4	113,0	114,2	109,3	109,3	110,8	112,9	114,7	110,4	112,2	111,7	5,4
58	111,0	110,8	113,3	114,0	109,7	109,8	111,2	113,0	114,8	110,9	112,8	112,0	5,1
60	110,7	110,6	112,8	113,0	109,1	109,8	110,9	111,5	114,0	110,8	112,7	111,5	4,9
T. PROM		110,1	112,4	113,1	108,7	109,2	110,5	111,5	114,0	110,2	112,0	111,1	
Temp. máxima		110,8	113,3	114,5	109,7	109,8	111,2	113,1	114,8	110,9	112,8		
Temp. mínima		108,7	111,0	111,4	107,1	107,9	109,2	109,3	112,4	108,8	110,3		
DTT		2,1	2,4	3,1	2,6	1,9	2,0	3,8	2,5	2,1	2,5		

Revisión 00

LABORATORIO
INGENIERÍA Y CONSULTORÍA S.A.C.
GSE
Gersonel Rodríguez Alvarado
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL REG. CP. N° 26700

WT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-059-2024

Página 7 de 10

PARÁMETROS	Valor °C	Incertidumbre °C
Máxima Temperatura medida	114,8	0,3
Mínima Temperatura medida	107,1	0,4
Desviación de Temperatura en el Tiempo	3,8	0,1
Desviación de Temperatura en el Espacio	5,3	0,4
Estabilidad medida	1,90	0,05
Uniformidad medida	6,0	0,4

- T. PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
T. prom : Promedio de las temperaturas en la diez posiciones de medición para un instante dado.
T_{MAX} : Temperatura máxima.
T_{MIN} : Temperatura mínima.
DTT : Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del Medio Isotermo : 0,06 °C

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La Estabilidad es considerada igual a $\pm 1/2$ DTT.

**Durante la calibración y bajo las condiciones en que ésta ha sido hecha, el medio isotermo
CUMPLE con los límites especificados de temperatura**

LABORATORIO
INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC
[Firma]
GOBIERNO AUTÓNOMO REGIONAL DE LIMA
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL. REG. CIP. N° 257870

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

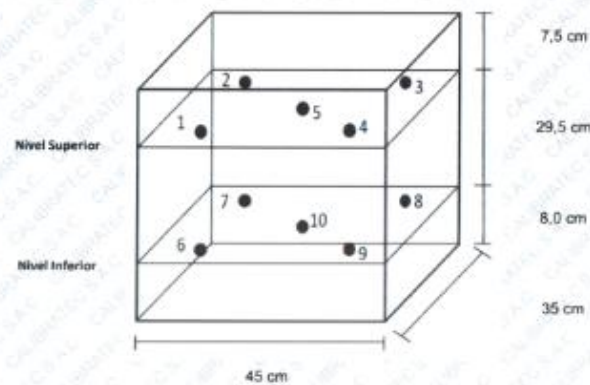
📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-059-2024**

Página 8 de 10

DISTRIBUCIÓN DE LOS SENSORES DEL EQUIPO



Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.
Los sensores del 1 al 5 están ubicados a 1,5 cm por encima de la carga más alta
Los sensores del 6 al 10 están ubicados a 1,5 cm por debajo de la parrilla inferior
Los sensores del 1 al 4 y 6 al 9 están ubicados 8 cm de las paredes laterales y a 8 cm del frente y fondo del equipo.

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

Revisión 00

LABORATORIO
INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC
Gerencia de Construcción y Mantenimiento
SEPT. DE LABORATORIO
WASHINGTÓN D.C. - WSC - CP. N° 257870

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

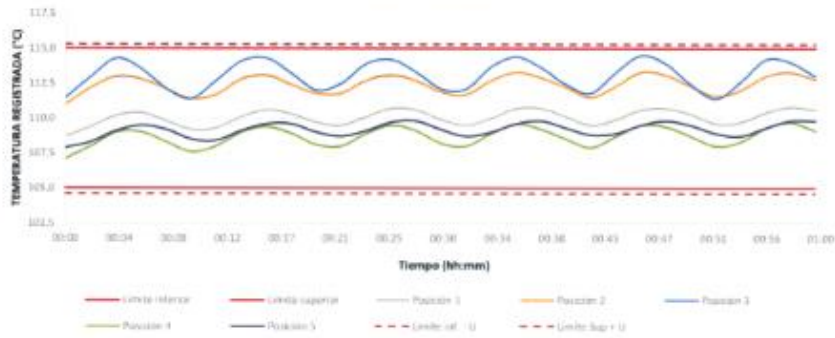
Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-059-2024

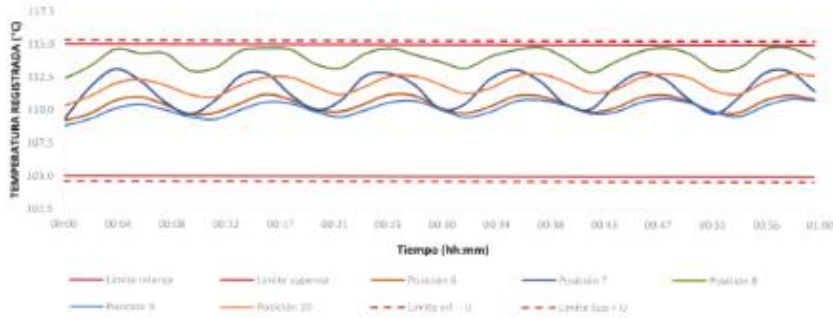
Página 9 de 10

TEMPERATURA DE TRABAJO DE 110 °C ± 5 °C

NIVEL SUPERIOR



NIVEL INFERIOR



Revisión 00

LABORATORIO
INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC
Gerencia de Control de Calidad
INGENIERÍA CIVIL REG. CIP N° 257870

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-059-2024

Página 10 de 10

FOTOGRAFÍA INTERNA DEL EQUIPO



FIN DEL DOCUMENTO

Revisión 00

LABORATORIO
INGENIERÍA Y CONSULTORÍA S.A.C.
[Signature]
Gerente Comercial
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL - REG. C.O. N° 267870 RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud

L-00496-009 R0

Calibration Certificate - Dimensional Metrology Laboratory

Page / Pág 1 de 3

Equipo <i>Instrument</i>	TAMIZ 8 in.	<p>Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p>The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</p> <p>This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</p> <p>The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.</p>
Fabricante <i>Manufacturer</i>	GRAN TEST	
Modelo <i>Model</i>	No presenta	
Número de Serie <i>Serial Number</i>	103342	
Identificación Interna <i>Internal Identification</i>	No presenta	
Malla <i>Mesh</i>	No. 4	
Solicitante <i>Customer</i>	GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C.	
Dirección <i>Address</i>	JR. ANAXIMANDRO VEGA NRO. 865	
Ciudad <i>City</i>	CHOTA - CAJAMARCA	
Fecha de Calibración <i>Date of calibration</i>	2024 - 07 - 22	
Fecha de Emisión <i>Date of issue</i>	2024 - 08 - 01	
Número de páginas del certificado, incluyendo anexos <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>	03	

Si la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir e informa, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se secan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.
Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan Certificado

Signatures Authorizing the Certificate


Félix Aníbal Jaramillo
Metrologo Laboratorio de Metrología


Ing. Sergio Iván Martínez
Director Laboratorio de Metrología

IMP-01/01 R112



LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.

Fuerza - Longitud - Masa - Temperatura

Calle Ricardo Palma No. 388 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao (+51) 562 1263 - www.pinzuar.com.co

DATOS TÉCNICOS

Designación	No. 4
Material malla	Acero
Material Marco	Acero
Método Empleado	Comparación Directa
Documento de Referencia	ASTM E11-22 Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves, Numeral 6.1 y 6.2 A1 Annex, Procedure for Inspecting Sieve Cloth And Test Sieves.

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Luego de realizar una inspección visual al tamiz se concluyó que no presenta suciedad, pliegues ni arrugas en la malla. El marco tampoco evidenciaba defectos importantes. En general, el tamiz se encuentra en buen estado. Se procede al proceso de medición respectiva del marco y la malla.

Tabla 1.
Resultados de la calibración de la malla.

	Abertura Nominal	4,75 mm	No. Aberturas Medidas	30
	Valor Nominal ¹	Valor Medido	Incertidumbre Expandida	k _{p=95,45%}
Abertura Promedio Y	4,75 mm ± 0,135 mm	4,787 mm	29 µm	2,00
Abertura Máxima X	5,123 mm	4,905 mm		
Desviación Estándar Máxima	0,118 mm	0,049 mm		

Tabla 2.
Resultado de la medición del diámetro del alambre

	Valor Nominal ¹	Valor Medido	Incertidumbre Expandida	k _{p=95,45%}
Diámetro del Alambre	1,600 mm	1,427 mm	19 µm	2,01
Diámetro Máximo	1,900 mm			
Diámetro Mínimo	1,300 mm			

Tabla 3.
Resultados de la medición del marco. Medición informativa, VER OBSERVACIONES.

	Valor Nominal ²	Valor Promedio Medido	Incertidumbre Expandida	k _{p=95,45%}
Diámetro Interior	203,2 mm + 0,76 mm	203,92 mm	0,52 mm	3,32
Altura Nominal	50,8 mm	50,86 mm	0,15 mm	2,88
Diámetro de Tamizado	190,2 mm	191,07 mm	0,89 mm	3,32

¹ Valores nominales según ASTM E11 Tabla 1

² Valores nominales según ASTM E11 Tabla 2. Ver Observaciones

CONDICIONES AMBIENTALES

La medición se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Metrología Pinzuar, las condiciones ambientales durante la ejecución fueron las siguientes:

Temperatura Máxima: 20,3 °C
Temperatura Mínima: 19,7 °C

Humedad Máxima: 57 %
Humedad Mínima: 56 %

LMPG-12-F-01 (R1.0)

LABORATORIO
INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC
Gerente Pinzuar en Autorización
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL - REG. CIP. N° 28700

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.

Fuerza - Longitud - Masa - Temperatura

Calle Ricardo Palma No 968 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao - T: (51) 562 1257 - www.pinzuar.com.pe

L-00496-009 R0

Página / Page 3 de 3

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Basados con el documento: JCGM 100:2008, GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

TRAZABILIDAD

Los resultados reportados en este certificado se obtuvieron utilizando patrones trazables al SI a través de institutos nacionales de metrología y/o laboratorios acreditados y son parte de un programa de aseguramiento metroológico que garantiza la exactitud e incertidumbres requeridas. El/Los certificado(s) de calibración de ellos patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan a continuación se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



Equipo	Fabricante	Certificado de Calibración	Fecha de Calibración
Pie de rey	No Presenta	L-31538-001 de Pinzuar	2024-04-10
Pie de rey medición profundidad	Tresna	L-31002-031 de Pinzuar	2024-01-23
Pie de rey	Insize	L-31002-027 de Pinzuar	2024-02-05

OBSERVACIONES

1. Se usa la coma como separador decimal.
2. Los resultados de la calibración del marco del tamiz, relacionados en la hoja 2 de este certificado, no están cubiertos por el alcance acreditado. Su medición se realiza de manera informativa.
3. Se adjunta etiqueta de calibración No. **L-00496-009**

Fin de Certificado

LM-PC-12-F-01 R14.2



LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.

Fuerza - Longitud - Masa - Temperatura

Calle Ricardo Palma N° 399 Urb. San Toriburo - Bellavista - Calle I-107 962 (N°E) - www.pinzuar.com.pe

Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud

L-00496-009 RO

Calibration Certificate - Dimensional Metrology Laboratory

Page / Pág 1 de 3

Equipo <i>Instrument</i>	TAMIZ 8 in.	<p>Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que pueden derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p><i>The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</i></p> <p><i>This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</i></p> <p><i>The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.</i></p>
Fabricante <i>Manufacturer</i>	GRAN TEST	
Modelo <i>Model</i>	No presenta	
Número de Serie <i>Serial Number</i>	103342	
Identificación Interna <i>Internal Identification</i>	No presenta	
Malla <i>Mesh</i>	No. 4	
Solicitante <i>Customer</i>	GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C.	
Dirección <i>Address</i>	JR. ANAXIMANDRO VEGA NRO. 865	
Ciudad <i>City</i>	CHOTA - CAJAMARCA	
Fecha de Calibración <i>Date of calibration</i>	2024 - 07 - 22	
Fecha de Emisión <i>Date of issue</i>	2024 - 08 - 01	
Número de páginas del certificado, incluyendo anexos <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>	03	

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.
Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan Certificado

Signatures Authorizing the Certificate


Félix Amadeo Jaramillo
Metrologo Laboratorio de Metrología


Ing. Sergio Iván Martínez
Director Laboratorio de Metrología

LMPC/122-FI/0303

 **LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC**
GSE
Gerencia Nacional de Metrología
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL - REG. CP N° 202870

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.

Fuerza - Longitud - Masa - Temperatura

Calle Ricardo Palma No 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Caño (+51) 1 962 1263 - www.pinzuar.com.co

L-00496-009 R0

Page / Pág. 2 de 3

DATOS TÉCNICOS

Designación	No. 4
Material malla	Acero
Material Marco	Acero
Método Empleado	Comparación Directa
Documento de Referencia	ASTM E11-22 Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves, Numeral 6.1 y 6.2 A1 Annex. Procedure for Inspecting Sieve Cloth And Test Sieves.

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Luego de realizar una inspección visual al tamiz se concluyó que no presenta suciedad, pliegues ni arrugas en la malla. El marco tampoco evidenciaba defectos importantes. En general, el tamiz se encuentra en buen estado. Se procede al proceso de medición respectiva del marco y la malla.

Tabla 1.
Resultados de la calibración de la malla.

	Abertura Nominal ¹	4,75 mm	No. Aberturas Medidas	30
	Valor Nominal ¹	Valor Medido	Incertidumbre Expandida	k _{p=95,45} %
Abertura Promedio Y	4,75 mm ± 0,135 mm	4,787 mm	29 µm	2,00
Abertura Máxima X	5,123 mm	4,905 mm		
Desviación Estándar Máxima	0,118 mm	0,049 mm		

Tabla 2.
Resultado de la medición del diámetro del alambre

	Valor Nominal ¹	Valor Medido	Incertidumbre Expandida	k _{p=95,45} %
Diámetro del Alambre	1,600 mm	1,427 mm	19 µm	2,01
Diámetro Máximo	1,900 mm			
Diámetro Mínimo	1,300 mm			

Tabla 3.
Resultados de la medición del marco. Medición Informativa. VER OBSERVACIONES.

	Valor Nominal ²	Valor Promedio Medido	Incertidumbre Expandida	k _{p=95,45} %
Diámetro Interior	203,2 mm + 0,76 mm	203,92 mm	0,52 mm	3,32
Altura Nominal	50,8 mm	50,86 mm	0,15 mm	2,88
Diámetro de Tamizado	190,2 mm	191,07 mm	0,89 mm	3,32

¹ Valores nominales según ASTM E11 Tabla 1.

² Valores nominales según ASTM E11 Tabla 2. Ver Observaciones

CONDICIONES AMBIENTALES

La medición se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Metrología Pinzuar, las condiciones ambientales durante la ejecución fueron las siguientes:

Temperatura Máxima:	20,3 °C	Humedad Máxima:	57 %
Temperatura Mínima:	19,7 °C	Humedad Mínima:	56 %

LM-PC-12-F-01 R14.2

LABORATORIO
INGENIERÍA Y CONSULTORÍA SAC
[Firma]
Gerente de Operación y Administración
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL - REG. CP. N° 287870

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.

Fuerza - Longitud - Masa - Temperatura

Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín, Bellavista - Callao (+51) 562 1263 - www.pinzuar.com.pe

L-00496-009 R0

Page / Pág. 3 de 3

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Basados con el documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

TRAZABILIDAD

Los resultados reportados en este certificado se obtuvieron utilizando patrones trazables al SI a través de institutos nacionales de metrología y/o laboratorios acreditados y son parte de un programa de aseguramiento metroológico que garantiza la exactitud e incertidumbres requeridas. El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan a continuación se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



Equipo	Fabricante	Certificado de Calibración	Fecha de Calibración
Pie de rey	No Presenta	L-31538-001 de Pinzuar	2024-04-10
Pie de rey medición profundidad	Tresna	L-31002-031 de Pinzuar	2024-01-23
Pie de rey	Insize	L-31002-027 de Pinzuar	2024-02-05

OBSERVACIONES

- Se usa la coma como separador decimal.
- Los resultados de la calibración del marco del tamiz, relacionados en la hoja 2 de este certificado, no están cubiertos por el alcance acreditado. Su medición se realiza de manera informativa.
- Se adjunta etiqueta de calibración No. **L-00496-009**

Fin de Certificado

LM-PC-12-F-01 R14.2

LABORATORIO
INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC
C. Ute
Generales Asociados en Administración
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL - REG. CP. N° 287620

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.

Fuerza - Longitud - Masa - Temperatura

Calle Ricardo Palma No. 948 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao (+51) 31 952 1263 - www.pinzuar.com.co

Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud

L-00496-010 R0

Calibration Certificate - Dimensional Metrology Laboratory

Page / Pág 1 de 2

Equipo <i>Instrument</i>	TAMZ 8 in.
Fabricante <i>Manufacturer</i>	PINZUAR
Modelo <i>Model</i>	GRANOTEST
Número de Serie <i>Serial Number</i>	104098
Identificación Interna <i>Internal Identification</i>	No presenta
Malla <i>Mesh</i>	No. 10
Solicitante <i>Customer</i>	GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C.
Dirección <i>Address</i>	JR. ANAXIMANDRO VEGA NRO. 865
Ciudad <i>City</i>	CHOTA - CAJAMARCA
Fecha de Calibración <i>Date of calibration</i>	2024 - 08 - 14
Fecha de Emisión <i>Date of issue</i>	2024 - 08 - 19
Número de páginas del certificado, incluyendo anexos <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>	03

Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.

This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the international System of Units (SI).

The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan Certificado

Signature Authorizing the Certificate


Ing. Sergio Iván Martínez
Director Laboratorio de Metrología


Félix Anédo Jaramillo
Metrologo Laboratorio de Metrología

DAFC-027-01-014.2



LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.

Fuerza - Longitud - Masa - Temperatura

Calle Ricardo Palma No. 865 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao (+51 1) 562 1267 - www.pinzuar.com.pe

L-00496-010 R0

Page / Pág. 2 de 3

DATOS TÉCNICOS

Designación	No. 10
Material malla	Acero
Material Marco	Acero
Método Empleado	Comparación Directa
Documento de Referencia	ASTM E11-22 Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves, Numeral 6.1 y 6.2 A1 Annex, Procedure for Inspecting Sieve Cloth And Test Sieves.

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Luego de realizar una inspección visual al tamiz se concluyó que no presenta suciedad, pliegues ni arrugas en la malla. El marco tampoco evidenciaba defectos importantes. En general, el tamiz se encuentra en buen estado. Se procede al proceso de medición respectiva del marco y la malla.

Tabla 1.
Resultados de la calibración de la malla.

	Apertura Nominal	2 mm	No. Aperturas Medidas	50
	Valor Nominal ¹	Valor Medido	Incertidumbre Expandida	k _{p=95,45%}
Apertura Promedio Y	2 mm ± 0,050 mm	1946 µm	14 µm	2,00
Apertura Máxima X	2,204 mm	2080 µm		
Desviación Estándar Máxima	0,064 mm	53 µm		

Tabla 2.
Resultado de la medición del diámetro del alambre

	Valor Nominal ¹	Valor Medido	Incertidumbre Expandida	k _{p=95,45%}
Diámetro del Alambre	0,900 mm			
Diámetro Máximo	1,040 mm	829 µm	12 µm	2,04
Diámetro Mínimo	0,770 mm			

Tabla 3.
Resultados de la medición del marco. Medición informativa, VER OBSERVACIONES.

	Valor Nominal ²	Valor Promedio Medido	Incertidumbre Expandida	k _{p=95,45%}
Diámetro Interior	203,2 mm + 0,76 mm	203,49 mm	0,36 mm	3,32
Altura Nominal	50,8 mm	50,55 mm	0,25 mm	3,32
Diámetro de Tamizado	190,2 mm	190,81 mm	0,51 mm	3,32

¹ Valores nominales según ASTM E11 Tabla 1.

² Valores nominales según ASTM E11 Tabla 2. Ver Observaciones.

CONDICIONES AMBIENTALES

La medición se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Metrología Pinzuar, las condiciones ambientales durante la ejecución fueron las siguientes:

Temperatura Máxima:	19,5 °C	Humedad Máxima:	55 %
Temperatura Mínima:	19,3 °C	Humedad Mínima:	53 %

LM-PC-12-F-01 R04.2

LABORATORIO
INGENIERÍA Y CONSULTORÍA SAC
Cerecillas Alvarado Alvarado
Cerecillas Alvarado Alvarado
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL - REG. CP. N° 387870

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.

Fuerza - Longitud - Masa - Temperatura

Calle Ricardo Palma No. 908 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao (+51) 962 1263 - www.pinzuar.com.pe

L-00496-010 R0

Page / Pág. 3 de 3

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Basados con el documento: JCGM 100:2008, GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

TRAZABILIDAD

Los resultados reportados en este certificado se obtuvieron utilizando patrones trazables al SI a través de institutos nacionales de metrología y/o laboratorios acreditados y son parte de un programa de aseguramiento metroológico que garantiza la exactitud e incertidumbres requeridas. El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan a continuación se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



Equipo	Fabricante	Certificado de Calibración	Fecha de Calibración
Regilla Micrométrica	No Presenta	LLA-139-2024 de INACAL-DM	2024-03-04
Pie de rey	No Presenta	L-31002-027 de Pinzuar	2024-02-05
Pie de rey medición profundidad	Tresna	L-31002-031 de Pinzuar	2024-01-23

OBSERVACIONES

1. Se usa la coma como separador decimal.
2. Los resultados de la calibración del marco del tamiz, relacionados en la hoja 2 de este certificado, no están cubiertos por el alcance acreditado. Su medición se realiza de manera informativa
3. Se adjunta etiqueta de calibración No. **L-00496-010**

Fir de Certificado

LM-PC-12-F-01 R14.2



LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.

Fuerza - Longitud - Masa - Temperatura

Calle Ricardo Palma No 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao (+51 1) 562 1363 - www.pinzuar.com.pe

Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud

L-00496-011 R0

Calibration Certificate - Dimensional Metrology Laboratory

Page / Pág 1 de 3

Equipo Instrument	TAMIZ 8 in.	<p>Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p>The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</p> <p>This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</p> <p>The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.</p>
Fabricante Manufacturer	FORNEY	
Modelo Model	No presenta	
Número de Serie Serial Number	222910993	
Identificación Interna Internal Identification	No presenta	
Malla Mesh	No. 40	
Solicitante Customer	GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C.	
Dirección Address	JR. ANAXIMANDRO VEGA NRO. 865	
Ciudad City	CHOTA - CAJAMARCA	
Fecha de Calibración Date of calibration	2024 - 07 - 19	
Fecha de Emisión Date of issue	2024 - 08 - 01	
Número de páginas del certificado, incluyendo anexos Number of pages of the certificate and documents attached	03	

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan Certificado

Signatures Authorizing the Certificate


Felix Amadeo Jaramillo
Metrologo Laboratorio de Metrologia


Ing. Sergio Iván Martínez
Director Laboratorio de Metrologia

0010-127-311112



LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.

Fuerza - Longitud - Masa - Temperatura

Calle Ricardo Palma No 998 Urb. San Joaquín - Beltránsito - Callao (+51 1) 562 1263 - www.pinzuar.com.co

L-00496-011 R0

Página / Pág. 7 de 7

DATOS TÉCNICOS

Designación	No. 40
Material malla	Acero
Material Marco	Bronce
Método Empleado	Comparación Directa
Documento de Referencia	ASTM E11-22 Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves, Numeral 6.1 y 6.2 A1 Annex, Procedure for Inspecting Sieve Cloth And Test Sieves.

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Luego de realizar una inspección visual al tamiz se concluyó que no presenta suciedad, pliegues ni arrugas en la malla. El marco tampoco evidenciaba defectos importantes. En general, el tamiz se encuentra en buen estado. Se procede al proceso de medición respectiva del marco y la malla.

Tabla 1.
Resultados de la calibración de la malla.

	Abertura Nominal	425 μ m	No. Aberturas Medidas	120
	Valor Nominal ¹	Valor Medido	Incertidumbre Expandida	k = 95,45 %
Abertura Promedio Y	425 μ m \pm 13,992 μ m	419,0 μ m	3,0 μ m	2,00
Abertura Máxima X	497,508 μ m	431,3 μ m		
Desviación Estándar Máxima	22,43 μ m	6,0 μ m		

Tabla 2.
Resultado de la medición del diámetro del alambre

	Valor Nominal ¹	Valor Medido	Incertidumbre Expandida	k = 95,45 %
Diámetro del Alambre	0,280 mm			
Diámetro Máximo	0,320 mm	297,8 μ m	5,7 μ m	2,01
Diámetro Mínimo	0,240 mm			

Tabla 3.
Resultados de la medición del marco. Medición informativa, VER OBSERVACIONES.

	Valor Nominal ²	Valor Promedio Medido	Incertidumbre Expandida	k = 95,45 %
Diámetro Interior	203,2 mm + 0,76 mm	203,52 mm	0,76 mm	3,32
Altura Nominal	50,8 mm	51,34 mm	0,87 mm	3,32
Diámetro de Tamizado	190,2 mm	198,85 mm	0,80 mm	3,32

¹ Valores nominales según ASTM E11 Tabla 1.

² Valores nominales según ASTM E11 Tabla 2. Ver Observaciones

CONDICIONES AMBIENTALES

La medición se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Metrología Pinzuar, las condiciones ambientales durante la ejecución fueron las siguientes:

Temperatura Máxima:	19,6 °C	Humedad Máxima:	54 %
Temperatura Mínima:	19,6 °C	Humedad Mínima:	51 %

LM-PC-02-F-01 RH-2

LABORATORIO
INGENIERÍA Y CONTROLACIÓN SAC
[Firma]
Geremias Nolasco Pamanacuilla
RFE DE LUIS ROSA RIVERA
INGENIERO CIVIL - REG. CP. N° 28790

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.

Fuerza - Longitud - Masa - Temperatura

Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao (+51) 562 1263 - www.pinzuar.com.pe

L-00496-011 R0

Página / Pág. 3 de 3

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Basados con el documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

TRAZABILIDAD

Los resultados reportados en este certificado se obtuvieron utilizando patrones trazables al SI a través de institutos nacionales de metrología y/o laboratorios acreditados y son parte de un programa de aseguramiento metroológico que garantiza la exactitud e incertidumbres requeridas. El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan a continuación se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



Equipo	Fabricante	Certificado de Calibración	Fecha de Calibración
Reglilla Micrométrica	No Presenta	LLA-139-2024 de INACAL-DM	2024-03-04
Pie de rey	No Presenta	L-31002-027 de Pinzuar	2024-02-05
Pie de rey medición profundidad	Tresna	L-31002-031 de Pinzuar	2024-01-23

OBSERVACIONES

1. Se usa la coma como separador decimal.
2. Los resultados de la calibración del marco del tamiz, relacionados en la hoja 2 de este certificado, no están cubiertos por el alcance acreditado. Su medición se realiza de manera informativa.
3. Se adjunta etiqueta de calibración No. **L-00496-011**

Fin de Certificado

LM-PC-12-F-01 R14.2

LABORATORIO
INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC
C. S. E.
Cecilia María Domínguez Rodríguez
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL REG. COPIA 267570

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.

Fuerza - Longitud - Masa - Temperatura

Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao +51 1 562 1253 - www.pinzuar.com.pe

Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud

L-00496-012 R0

Calibration Certificate - Dimensional Metrology Laboratory

Page / Pág. 7 de 3

Equipo <i>Instrument</i>	TAMIZ 8 in.	<p>Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p><i>The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</i></p> <p>This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</p> <p>The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.</p>
Fabricante <i>Manufacturer</i>	SHERMAN	
Modelo <i>Model</i>	No presenta	
Número de Serie <i>Serial Number</i>	No presenta	
Identificación Interna <i>Internal Identification</i>	T00019	
Malla <i>Mesh</i>	No. 100	
Solicitante <i>Customer</i>	GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C.	
Dirección <i>Address</i>	JR. ANAXIMANDRO VEGA NRO. 865	
Ciudad <i>City</i>	CHOTA - CAJAMARCA	
Fecha de Calibración <i>Date of calibration</i>	2024 - 07 - 19	
Fecha de Emisión <i>Date of issue</i>	2024 - 08 - 01	
Número de páginas del certificado, incluyendo anexos <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>	03	

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.
Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan Certificado
Signatures Authorizing the Certificate


Felix Amadeo Jaramillo
Metrologo Laboratorio de Metrología


Ing. Sergio Iván Martínez
Director Laboratorio de Metrología



LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.

Fuerza - Longitud - Masa - Temperatura

Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Belavista - Callao (+51) 562 1253 - www.pinzuar.com.pe

L-00496-012 RO
Page / Pág. 2 de 3

DATOS TÉCNICOS

Designación	No. 100
Material malla	Acero
Material Marco	Acero
Método Empleado	Comparación Directa
Documento de Referencia	ASTM E11-22 Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves, Numeral 6.1 y 6.2 A1 Annex. Procedure for Inspecting Sieve Cloth And Test Sieves.

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Luego de realizar una inspección visual al tamiz se concluyó que no presenta suciedad, pliegues ni arrugas en la malla. El marco tampoco evidenciaba defectos importantes. En general, el tamiz se encuentra en buen estado. Se procede al proceso de medición respectiva del marco y la malla.

Tabla 1.
Resultados de la calibración de la malla.

	Abertura Nominal	150 µm	No. Aberturas Medidas	200
	Valor Nominal ¹	Valor Medido	Incertidumbre Expandida	k µ=0.95 %
Abertura Promedio Y	150 µm ± 5,963 µm	147,9 µm	2,0 µm	2,00
Abertura Máxima X	188,316 µm	157,8 µm		
Desviación Estándar Máxima	11,86 µm	5,3 µm		

Tabla 2.
Resultado de la medición del diámetro del alambre

	Valor Nominal ¹	Valor Medido	Incertidumbre Expandida	k µ=0.95 %
Diámetro del Alambre	0,100 mm			
Diámetro Máximo	0,115 mm	106,2 µm	1,9 µm	2,01
Diámetro Mínimo	0,085 mm			

Tabla 3.
Resultados de la medición del marco. Medición informativa. VER OBSERVACIONES.

	Valor Nominal ²	Valor Promedio Medido	Incertidumbre Expandida	k µ=0.95 %
Diámetro Interior	203,2 mm + 0,78 mm	203,75 mm	0,92 mm	3,32
Altura Nominal	50,8 mm	50,25 mm	0,56 mm	3,32
Diámetro de Tamizado	190,2 mm	204,7 mm	1,6 mm	3,32

¹ Valores nominales según ASTM E11 Tabla 1.
² Valores nominales según ASTM E11 Tabla 2. Ver Observaciones.

CONDICIONES AMBIENTALES

La medición se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Metrología Pinzuar, las condiciones ambientales durante la ejecución fueron las siguientes:

Temperatura Máxima:	19,7 °C	Humedad Máxima:	59 %
Temperatura Mínima:	19,6 °C	Humedad Mínima:	59 %

LMPC-12-F-01 R14.3

LABORATORIO
INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC
GSE
Cremencia Rodríguez Pinzuar
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL REG. CP. N° 261878

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.

Fuerza - Longitud - Masa - Temperatura

Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao (+51) 1 562 1263 - www.pinzuar.com.co

L-00496-012 R0

Página / Pág. 3 de 3

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Basados con el documento: JCGM 100:2008, GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement, First Edition, September 2008.

TRAZABILIDAD

Los resultados reportados en este certificado se obtuvieron utilizando patrones trazables al SI a través de institutos nacionales de metrología y/o laboratorios acreditados y son parte de un programa de aseguramiento metroológico que garantiza la exactitud e incertidumbres requeridas. En los certificado(s) de calibración de ellos patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan a continuación se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



Equipo	Fabricante	Certificado de Calibración	Fecha de Calibración
Regilla Micrométrica	Olympus	LLA-140-2024 de INACAL-DM	2024-03-04
Pie de rey	No Presenta	L-31002-027 de Pinzuar	2024-02-05
Pie de rey medición profundidad	Tresna	L-31002-031 de Pinzuar	2024-01-23

OBSERVACIONES

- Se usa la coma como separador decimal.
- Los resultados de la calibración del marco del tamiz, relacionados en la hoja 2 de este certificado, no están cubiertos por el alcance acreditado. Su medición se realiza de manera informativa.
- Se adjunta etiqueta de calibración No. **L-00496-012**

Fin de Certificado

LM-PC-12-F-01 R14.2

LABORATORIO INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC
GSE
Gervasio Alvarado Rodríguez
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CAL. REG. CP N° 201670

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.

Fuerza - Longitud - Masa - Temperatura

Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Belavista - Callao (+51) 562 7363 - www.pinzuar.com.pe

Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud

L-00496-013 RO

Calibration Certificate - Dimensional Metrology Laboratory

Page / Pág 1 de 2

Equipo <small>Instrument</small>	TAMIZ 8 in.
Fabricante <small>Manufacturer</small>	FORNEY
Modelo <small>Model</small>	No presenta
Número de Serie <small>Serial Number</small>	22813305
Identificación Interna <small>Internal Identification</small>	No presenta
Malla <small>Mesh</small>	No. 200
Solicitante <small>Customer</small>	GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C.
Dirección <small>Address</small>	JR. ANAXIMANDRO VEGA NRO. 865
Ciudad <small>City</small>	CHOTA - CAJAMARCA
Fecha de Calibración <small>Date of calibration</small>	2024 - 07 - 19
Fecha de Emisión <small>Date of issue</small>	2024 - 08 - 01
Número de páginas del certificado, incluyendo anexos <small>Number of pages of the certificate and documents attached</small>	03

Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.

This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the international System of Units (SI).

The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.
Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan Certificado

Signatures Authorizing the Certificate


Felix Arfádeo Jaramillo
Metrología Laboratorio de Metrología


Ing. Sergio Iván Martínez
Director Laboratorio de Metrología

LMPC127431 8/24



LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.

Fuerza - Longitud - Masa - Temperatura

Calle Ricardo Palma No 398 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao (+51 1) 562 1363 - www.pinzuar.com.pe

DATOS TÉCNICOS

Designación	No. 200
Material malla	Acero
Material Marco	Bronce
Método Empleo	Comparación Directa
Documento de Referencia	ASTM E11-22 Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves. Numeral 6.1 y 6.2 A1 Annex. Procedure for Inspecting Sieve Cloth And Test Sieves.

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Luego de realizar una inspección visual al tamiz se concluyó que no presenta suciedad, pliegues ni arrugas en la malla. El marco tampoco evidenciaba defectos importantes. En general, el tamiz se encuentra en buen estado. Se procede al proceso de medición respectiva del marco y la malla.

Tabla 1.
Resultados de la calibración de la malla.

	Abertura Nominal	75 µm	No. Aberturas Medidas	250
	Valor Nominal ¹	Valor Medido	Incertidumbre Expandida	k _{p=95,45} %
Abertura Promedio Y	75 µm ± 3,733 µm	74,8 µm	1,9 µm	2,00
Abertura Máxima X	100,886 µm	80,7 µm		
Desviación Estándar Máxima	8,04 µm	1,7 µm		

Tabla 2.
Resultado de la medición del diámetro del alambre

	Valor Nominal ¹	Valor Medido	Incertidumbre Expandida	k _{p=95,45} %
Diámetro del Alambre	0,050 mm	47,8 µm	1,9 µm	2,01
Diámetro Máximo	0,058 mm			
Diámetro Mínimo	0,043 mm			

Tabla 3.
Resultados de la medición del marco. Medición informativa. VER OBSERVACIONES.

	Valor Nominal ¹	Valor Promedio Medido	Incertidumbre Expandida	k _{p=95,45} %
Diámetro Interior	203,2 mm ± 0,76 mm	203,64 mm	0,55 mm	3,32
Altura Nominal	50,8 mm	51,27 mm	0,40 mm	3,32
Diámetro de Tamizado	190,2 mm	199,74 mm	0,96 mm	3,32

¹ Valores nominales según ASTM E11 Tabla 1.
² Valores nominales según ASTM E11 Tabla 2. Ver Observaciones

CONDICIONES AMBIENTALES

La medición se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Metrología Pinzuar, las condiciones ambientales durante la ejecución fueron las siguientes:

Temperatura Máxima:	19,7 °C	Humedad Máxima:	53 %
Temperatura Mínima:	19,7 °C	Humedad Mínima:	51 %

DMPC-12-P-01-014.2



LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.

Fuerza · Longitud · Masa · Temperatura
Calle Ricardo Palma No. 993 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao (+51) 562 1263 - www.pinzuar.com.pe

L-00496-013 R0

Page / Pág. 3 de 3

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Basados con el documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

TRAZABILIDAD

Los resultados reportados en este certificado se obtuvieron utilizando patrones trazables al SI a través de institutos nacionales de metrología y/o laboratorios acreditados y son parte de un programa de aseguramiento metrológico que garantiza la exactitud e incertidumbres requeridas. El/Los certificado(s) de calibración de estos patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan a continuación se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



Equipo	Fabricante	Certificado de Calibración	Fecha de Calibración
Regilla Micrométrica	Olympus	LLA-140-2024 de INACAL-DM	2024-03-04
Pie de rey	No Presenta	L-31002-027 de Pinzuar	2024-02-05
Pie de rey medición profundidad	Tresna	L-31002-031 de Pinzuar	2024-01-23

OBSERVACIONES

1. Se usa la coma como separador decimal.
2. Los resultados de la calibración del marco del tamiz, relacionados en la hoja 2 de este certificado, no están cubiertos por el alcance acreditado. Su medición se realiza de manera informativa
3. Se adjunta etiqueta de calibración No. **L-00496-013**

Fin de Certificado

LM-PC-12-F-01 R14.2



LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.

Fuerza - Longitud - Masa - Temperatura

Calle Ricardo Palma No 998 Urb. San Joaquín - Belavista - Callao (+51) 562 1263 - www.pinzuar.com.pe