UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Presentado por:

CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL

JOSUÉ LEVÍ MENOR CHÁVEZ

Asesor:

Dr. Ing. ELMER NATIVIDAD CHÁVEZ VÁSQUEZ

Chota – Perú

2025

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

INFORME Nº 15-2025-UNACH/UI/MAST

A : **Dr. Ing. Edwar Cieza Sánchez**
Presidente del jurado de tesis FCI-UNACH.

ASUNTO : Constancia de Originalidad de Turnitin de CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL y JOSUÉ LEVÍ MENOR CHÁVEZ.

FECHA : Colpa Matara, 05 de junio del 2025.

REFERENCIA: i) Carta N° 040 – 2024 – ECS– JT – UNACH (Envío de tesis en digital en su versión final)
ii) Carta N° 036 – 2025 – ECS– DO – UNACH / Conformidad por parte del presidente del jurado de tesis.
iii) INFORME N.º 11- 2025 -I- VBLR/UNACH / Conformidad por parte del secretario del jurado de tesis.
iv) CARTA Nº 013-2025-UNACH/KRST / 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: **"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRAN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"**, elaborado por los bachilleres en ingeniería civil **CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL y JOSUÉ LEVÍ MENOR CHÁVEZ**, 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,



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

CC.
Archivo
Adjunto:
1) Constancia de originalidad N° 15.
2) Reporte TURNITIN

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

Colpa Matara, 05 de junio del 2025.

C.O. N° 15-2025-UI-EPIC

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Jefe de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, hace constar que el Informe Final de Tesis titulado: **"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRAN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"**, elaborado por los bachilleres en ingeniería civil: **CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL y JOSUÉ LEVÍ MENOR CHÁVEZ**, para optar el Título Profesional de ingeniero civil, presenta un índice de similitud de 16% 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. Nº 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 Angel SILVA TARRILLO
INGENIERO CIVIL

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

Cristhian Jhonatan Diaz Coronel Josué Leví Menor …

EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRAN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓ…

Informe Final de Tesis

UNIDAD DE INVESTIGACION FIC 2025-1

Universidad Nacional Autonoma de Chota

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3269265315

Fecha de entrega

5 jun 2025, 7:12 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

5 jun 2025, 7:19 a.m. GMT-5

Nombre de archivo

INFORME_FINAL_DE_TESIS_Cristhian_Leví_14.05.25.docx

Tamaño de archivo

10.1 MB

135 Páginas

27.647 Palabras

149.476 Caracteres

16% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- Bibliography
- Cited Text
- Small Matches (less than 8 words)

Top Sources

14% Internet sources
2% Publications
5% Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

1 Integrity Flag for Review

Hidden Text
41 suspect characters on 1 page
Text is altered to blend into the white background of the document.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

Top Sources

14% Internet sources
2% Publications
5% Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	Internet	
repositorio.unach.edu.pe		4%
2	Internet	
hdl.handle.net		2%
3	Internet	
repositorio.ucv.edu.pe		<1%
4	Internet	
www.repositorio.unach.edu.pe		<1%
5	Student papers	
Universidad Nacional Autonoma de Chota		<1%
6	Student papers	
Universidad Cesar Vallejo		<1%
7	Student papers	
uncedu		<1%
8	Internet	
repositorio.unc.edu.pe		<1%
9	Internet	
repositorio.upn.edu.pe		<1%
10	Internet	
repositorio.urp.edu.pe		<1%
11	Internet	
www.coursehero.com		<1%

12 Internet
www.fict.espol.edu.ec <1%

13 Internet
repositorio.unfv.edu.pe <1%

14 Internet
repositorio.uss.edu.pe <1%

15 Internet
upc.aws.openrepository.com <1%

16 Student papers
Universidad Católica de Santa María <1%

17 Student papers
Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez <1%

18 Student papers
Universidad Privada del Norte <1%

19 Internet
repositorio.upla.edu.pe <1%

20 Internet
repositorio.upao.edu.pe <1%

21 Internet
repositorio.usmp.edu.pe <1%

22 Internet
www.slideshare.net <1%

23 Internet
digital.cic.gba.gob.ar <1%

24 Student papers
ipn <1%

25 Internet
www.scribd.com <1%

26 Internet
repositorio.uandina.edu.pe <1%

27 Internet
tesis.usat.edu.pe <1%

28 Internet
repositorio.uns.edu.pe <1%

29 Student papers
Universidad San Ignacio de Loyola <1%

30 Internet
jccm.es <1%

31 Internet
pdffox.com <1%

32 Internet
repositorio.unj.edu.pe <1%

33 Internet
dilemascontemporaneoseducacionpoliticayvalores.com <1%

34 Internet
es.scribd.com <1%

35 Publication
STANTEC PERU S.A.. "PMA del Depósito de Material Excedente N° 7 del Proyecto C... <1%

36 Student papers
Universidad Nacional de Piura <1%

37 Internet
repositorio.undac.edu.pe <1%

38 Internet
ri2.bib.udo.edu.ve <1%

39 Internet
www.bdigital.unal.edu.co <1%

40 Student papers
Universidad Católica Boliviana "San Pablo" <1%

41 Student papers
Universidad Tecnologica del Peru <1%

42 Student papers
West Liberty University <1%

43 Publication
Durant Broden, Jorge Gabriel. "Relleno elastométrico para pavimentos asfálticos ... <1%

44 Student papers
Universidad Católica San Pablo <1%

45 Student papers
Universidad San Francisco de Quito <1%

46 Internet
core.ac.uk <1%

47 Student papers
Pontificia Universidad Catolica del Ecuador - PUCE <1%

48 Internet
upcommons.upc.edu <1%

49 Internet
en.aviagen.com <1%

50 Internet
u-gob.com <1%

51 Internet
www.studocu.com <1%

52 Publication
JOSE MANUEL BARAIBAR DIEZ, MARTA GONZALEZ CAVIA, IÑIGO ESCOBAL MARCO... <1%

53 Publication
ROMERO RABI CESAR AUGUSTO. "PAMA de la Infraestructura de Tratamiento y Di... <1%

54	Internet	
dspace.espoch.edu.ec		<1%
55	Internet	
inteinsapavimentos.com.co		<1%
56	Internet	
patents.google.com		<1%
57	Internet	
repositorio.umsa.bo		<1%
58	Internet	
repositorio.unp.edu.pe		<1%
59	Internet	
repositorio.unprg.edu.pe		<1%
60	Internet	
repositorioacademico.upc.edu.pe		<1%
61	Internet	
www.csn.es		<1%
62	Internet	
www.fsjd.org		<1%
63	Internet	
www.iufro.org		<1%
64	Internet	
www.scielo.br		<1%
65	Publication	
"Análisis de la microestructura y propiedades físico-mecánicas de bases estabiliz...		<1%
66	Internet	
1library.co		<1%
67	Publication	
CONSULRORIA CARRANZA E.I.R.L.. "PMA del Proyecto de Construcción y Funciona...		<1%

68 Publication

IBAÑEZ NAVARRO ISRAEL ESSAU. "EIA-SD del Proyecto Relleno Sanitario, Planta d... <1%

69 Internet

es.slideshare.net <1%

70 Internet

rcc.cujae.edu.cu <1%

71 Internet

repositorio.continental.edu.pe <1%

72 Internet

repositorio.unap.edu.pe <1%

73 Internet

repositorio.unesum.edu.ec <1%

74 Internet

repositorio.upeu.edu.pe <1%

75 Internet

www.jove.com <1%

76 Internet

www.wattagnet.com <1%

77 Publication

"Characterization of Minerals, Metals, and Materials 2023", Springer Science and ... <1%

78 Publication

Chuqui Zuta, Wilder | Gonzalez Galvez, Estefania Yolanda | Ramos Ramos, Ronald... <1%

79 Publication

Huisa Mamani, Fidel. "Dren anóxico calizo para el tratamiento de aguas ácidas de... <1%

80 Publication

Norma Cristina Solarte Vanegas. "Efecto en el módulo dinámico de la mezcla asfá... <1%

81 Publication

Ramón Tejada Oliveros. "Optimización de las propiedades de tenacidad e impact... <1%

82	Student papers	
Universidad Andina del Cusco		<1%
83	Internet	
ibero-rest.com		<1%
84	Internet	
repositorio.unsaac.edu.pe		<1%
85	Internet	
repositorio.usanpedro.edu.pe		<1%
86	Internet	
repositorio.utea.edu.pe		<1%
87	Internet	
unach.edu.pe		<1%
88	Internet	
www.linguee.com		<1%
89	Internet	
www.researchgate.net		<1%
90	Internet	
www.revistaespacios.com		<1%
91	Internet	
www.secotab.gob.mx		<1%
92	Internet	
www.theibfr.com		<1%
93	Internet	
wwwn.mec.es		<1%

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 11:00 a.m. del día 27 de junio de 2025, reunidos en la sala de docentes de la EPIC, los miembros del jurado de tesis que suscriben, para escuchar y evaluar la sustentación de tesis presentado por los Bachilleres: **Cristhian Jhonatan Diaz Coronel y Josué Leví Menor Chávez**, denominada: **"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"**; escuchada la sustentación, y absueltas las preguntas a las observaciones formuladas, la declaramos:

APROBADO

CON EL CALIFICATIVO (*)

Doce (12)

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, 27 de junio de 2025.

Dr. Edwar Cieza Sánchez
PRESIDENTE

Mg. Lilian Rocío Villanueva Bazán
SECRETARIO

Mg. Karina del Rocío Silva Tarrilo
VOCAL

Dr. Elmer Natividad Chávez Vásquez
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).

EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA

POR:

CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL

JOSUÉ LEVÍ MENOR CHÁVEZ

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. Edwar Cieza Sánchez

PRESIDENTE

Mg. Ing. ~~Lilian Rocío~~ Villanueva Bazán

SECRETARIO

Mg. Ing. Karina del Rocío Silva Tarrillo

VOCAL

DEDICATORIA

A Dios, nuestro creador, por haberme dado la vida, brindarme paciencia y sabiduría, por cuidar siempre de mis seres queridos. Darme fuerzas y guiarme para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados en mi formación profesional.

A mis padres Juan Menor Sánchez y Rosaura Chávez Vega por el cariño y el apoyo incondicional que siempre me brindan, me inculcaron de valores leales y enorme cariño. A mis hermanos José Marcos, Sivia Cila y a mi hermanita Lauricet Elisabeht la pequeña del hogar, las anécdotas vividas y por cada día luchar juntos por un mañana mejor. Esta investigación es para ustedes, por hacerme él profesional que soy.

Josué Leví Menor Chávez

A Dios, por iluminar mi camino y darme esa fortaleza para seguir adelante y no rendirme hasta lograr mis metas.

A mis padres Jaime Diaz Osorio y Magna Coronel Latorre por el amor y apoyo incondicional que siempre me han brindado en este proceso de mi vida, quienes han sido parte fundamental para escribir esta tesis. Por instruirme con maravillosos consejos y enseñanzas en el hogar, los cuales me han forjado a largo de mi vida. A mis hermanos Luis Iván, Carmen Elizabeth y Jaime Miguel, que con su amor me han enseñado salir adelante, gracias por compartir esta etapa tan importante. Unidos por siempre.

A Fabiola por ser la amiga y compañera que me ha ayudado a crecer, gracias por estar siempre conmigo. Gracias por la paciencia que has tenido de enseñarme, por lo regaños que merecía y no entendía. Gracias por estar pendiente durante esta etapa.

Esta tesis es para ustedes, por hacerme el profesional que soy.

Cristhian Jhonatan Diaz Coronel

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de Chota - Facultad de Ingeniería - Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por acogernos y convertirse en nuestro segundo hogar, aportando valiosos conocimientos a lo largo de nuestra formación universitaria. Agradecemos profundamente por todas las atenciones brindadas durante este período, permitiéndonos concretar nuestro sueño de obtener el tan ansiado título profesional.

A nuestro asesor de tesis, Dr. Ing. Elmer Natividad Chávez Vásquez, por su constante apoyo profesional y orientación durante la elaboración de este trabajo de investigación.

A los docentes de nuestra carrera profesional, Dr. Ing. Edwar Cieza Sánchez, Mg. Ing. Lilian Rocío Villanueva Bazán, Mg. Ing. Karina del Rocío Silva Tarrillo y Mg. Ing. Carlos Tapia Cabrera, quienes, con sus amplios conocimientos y dedicación en la enseñanza, hicieron más enriquecedora nuestra experiencia académica.

A nuestras familias, por creer y confiar siempre en nuestra tenacidad y deseo de superación personal, acompañándonos con su apoyo incondicional a lo largo de nuestra vida universitaria y durante nuestros primeros pasos como tesistas.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

GLOSARIO DE TÉRMINOS xi

SIGLAS Y ABREVIATURAS..... xii

RESUMEN xiv

ABSTRACT xv

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN 16

1.1. Planteamiento del problema..... 16

1.2. Formulación del problema 18

1.3. Justificación 19

1.4. Delimitación de la investigación..... 20

1.5. Limitaciones..... 22

1.6. Objetivos 22

1.6.1. Objetivo general..... 22

1.6.2. Objetivos específicos 22

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO 23

2.1. Antecedentes 23

2.1.1. Antecedentes internacionales..... 23

2.1.2. Antecedentes nacionales 27

2.1.3. Antecedentes regionales 31

2.2. Bases teórico – científicas 32

2.2.1. Combinación granulométrica de suelo para producir material de afirmado por el método analítico 32

2.2.2. Comportamiento de los residuos de concreto en mezclas de afirmado 33

2.2.3. Teoría de la sostenibilidad en la construcción 34

2.3. Marco conceptual 35

2.3.1. Residuos de construcción y demolición (RCD)..... 35

2.3.2. Residuos de concreto 37

2.3.3. Material excedente de excavaciones (DME) 43

2.3.4. Suelo 44
2.3.5. Material de afirmado 51
2.4. Hipótesis 53
2.5. Operacionalización de variables 53
2.5.1. Variable independiente: Uso de material excedente DME y residuos de concreto 53
2.5.2. Variable dependiente: Producción de afirmado 53
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO 56
3.1. Tipo y nivel de investigación 56
3.2. Diseño de investigación 57
3.3. Métodos de investigación 59
3.4. Población, muestra y muestreo 60
3.4.1. Población 60
3.4.2. Muestreo 60
3.4.3. Muestra 62
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos 63
3.5.1. Técnicas 63
3.5.2. Instrumentos 63
3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos 64
3.6.1. Proceso de obtención de los datos 64
3.6.2. Procesamiento de datos 103
3.6.3. Análisis de datos 104
3.7. Aspectos éticos 105
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 108
4.1. Descripción de resultados 108
4.1.1. Propiedades físico mecánicas de los residuos de concreto 108
4.1.2. Propiedades físico mecánicas del material excedente de excavación depositado en el DME Rambrán 112
4.1.3. Propiedades físico mecánicas del material combinado con suelo del DME Rambrán y residuos de concreto para afirmado 117

4.2. Contrastación de hipótesis de forma descriptiva 122
4.2.1. Hipótesis de estudio para el análisis descriptivo 122
4.2.2. Análisis descriptivo: Comparación con la normativa técnica..... 122
4.3. Discusión de resultados..... 129
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 138
5.1. Conclusiones 138
5.2. Recomendaciones y/o sugerencias 139
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS.....140
CAPÍTULO VII. ANEXOS 147
Anexo A. Matriz de consistencia..... 147
Anexo B. Panel fotográfico 148
Anexo C. Formato del método analítico..... 173
Anexo D. Documentación 190
Anexo E. Formato de los ensayos de laboratorio 204
Anexo F. Planos del DME..... 279

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Categorización RCD 35
Tabla 2 Requisitos Técnicos del Material para Afirmado 52
Tabla 3 Matriz de Operacionalización de Variables 55
Tabla 4 Tipo de Investigación según los Principales Criterios 57
Tabla 5 Número de Puntos de Exploración de Acuerdo a la Norma E.050 61
Tabla 6 Número de Ensayos en las Mezclas de Suelo del DME y residuos de concreto (RC) para la Producción de Afirmado por Cada una de las Calicatas Realizadas en el DME Rambrán, Chota 62
Tabla 7 Características del DME Rambrán 67
Tabla 8 Ubicación de las Calicatas en el Depósito de Material Excedente 72
Tabla 9 Requisitos Granulométricos del Material para Afirmado 94
Tabla 10 Granulometría del Suelo del DME de Rambrán y los Residuos de Concreto 95
Tabla 11 Proporción de Materiales de Acuerdo al Método Analítico 96
Tabla 12 Granulometría Teórica de la Combinación de 25% del Suelo del DME de Rambrán y 75% de Residuos de Concreto 97
Tabla 13 Propiedades Físico – Mecánicas de los Residuos de Concreto 108
Tabla 14 Propiedades Físico – Mecánicas del Material Excedente de Excavación Depositado en el DME Rambrán 112
Tabla 15 Propiedades Físico – Mecánicas de la Combinación de 25% de Material del DME Rambrán y 75% de Residuos de Concreto 117
Tabla 16 Propiedades del Suelo del DME y la Combinación con Residuos de Concreto para su Uso como Afirmado 125
Tabla 17 Análisis del Cumplimiento de las Propiedades del Suelo del DME y la Combinación con Residuos de Concreto para su Uso como Afirmado 126

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esquema de una Planta de Tratamiento de RCDs 36
Figura 2 Principales Fuentes de Generación de Residuos de Concreto 37
Figura 3 Diagrama de Tipos de Residuos de Concreto que se Obtienen en la Construcción 38
Figura 4 Flujograma de la Recolección y Tratamiento de RCD 42
Figura 5 Fases del Suelo: Sólido, Líquido (Agua), Gaseoso (Vacíos) 44
Figura 6 Tipos de Suelos 45
Figura 7 Clasificación de Suelos AASHTO M 145 y/o ASTM D 3282 47
Figura 8 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) 48
Figura 9 Diseño de Investigación 58
Figura 10 Ubicación del DME Depósito de Material Excedente de Rambrán 60
Figura 11 Gráfico de Procedimiento de Obtención de Información 66
Figura 12 Vista en Planta del DME Rambrán, Chota 68
Figura 13 Vista de las Secciones del DME Rambrán 69
Figura 14 Vista Satelital del DEM Rambrán en el Distrito de Chota 70
Figura 15 Ubicación de las Calicatas en el Depósito de Material Excedente 71
Figura 16 Proceso de Excavación de la Calicata en el DME Rambrán 74
Figura 17 Muestras de Suelo en el DME Rambrán 74
Figura 18 Perfil Estratigráfico de la Calicata 1 del Depósito de Material Excedente (DME) de Rambrán 75
Figura 19 Perfil Estratigráfico de la Calicata 2 del DME de Rambrán 76
Figura 20 Perfil Estratigráfico de la Calicata 3 del DME de Rambrán 76
Figura 21 Pesado de Materiales para los Ensayos de Mecánica de Suelos 84
Figura 22 Realización de Ensayos de Laboratorio: Proctor Modificado 84
Figura 23 Vertedero de Residuos de Concreto a las Afueras de la Ciudad de Chota 85
Figura 24 Residuos de Concreto Utilizados en los Ensayos de Caracterización 91
Figura 25 Ensayo de Peso Específico Realizado a los Residuos de Concreto 91
Figura 26 Verificación Teórica de la Curva Granulométrica de la Combinación de 25% del Suelo del DME de Rambrán y 75% de Residuos de Concreto 97
Figura 27 Realización de ensayos en la Combinación de Materiales: 25% de Suelo + 75% de Residuos de Concreto 99
Figura 28 Realización de los Ensayos de Mecánica de Suelos a la Combinación de Suelo con Residuos de Concreto 103
Figura 29 Curva de Distribución Granulométrica de los Residuos de Concreto en Comparación con el Huso A-1 de la EG-2013 109

Figura 30 Curva de Distribución Granulométrica del Material Excedente de Excavación Depositado en el DME Rambrán según el Huso A-1 de la EG-2013 113
Figura 31 Línea de Fluidez del Material Excedente de Excavación Depositado en el DME Rambrán 114
Figura 32 Curva de Compactación del Material Excedente de Excavación Depositado en el DME Rambrán 115
Figura 33 Curva CBR del Material Excedente de Excavación Depositado en el DME Rambrán 116
Figura 34 Curva de Distribución Granulométrica de la Combinación de 25% de Material del DME Rambrán y 75% de Residuos de Concreto según el Huso A-1 118
Figura 35 Línea de Fluidez de la Combinación de 25% de Material del DME Rambrán y 75% de Residuos de Concreto 119
Figura 36 Curva de Compactación de la Combinación de 25% de Material del DME Rambrán y 75% de Residuos de Concreto 120
Figura 37 Curva CBR de la Combinación de 25% de Material del DME Rambrán y 75% de Residuos de Concreto 121
Figura 38 Análisis del Límite Líquido Comparado con los Valores Normativos Establecidos por el MTC 127
Figura 39 Análisis del Índice de Plasticidad Comparado con los Valores Normativos Establecidos por el MTC 127
Figura 40 Análisis del Porcentaje de Desgaste Comparado con los Valores Normativos Establecidos por el MTC 128
Figura 41 Análisis del CBR Comparado con los Valores Normativos Establecidos por el MTC 128

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Capacidad de soporte (CBR): Medida de la resistencia de un suelo para soportar cargas vehiculares.

Compactabilidad: Capacidad del material para ser compactado y alcanzar una densidad adecuada en la construcción vial.

Demolición selectiva: Proceso de separación de materiales reciclables durante la demolición para evitar contaminación.

Depósitos de RCD: Instalaciones destinadas a la recolección y gestión de residuos de construcción.

Material de afirmado: Mezcla de grava, arena y finos utilizada para mejorar la resistencia de calzadas.

Material excedente de excavaciones (DME): Material sobrante de excavaciones en proyectos de construcción, compuesto por suelo, rocas y piedras.

Reciclaje de RCD: Proceso en el cual los residuos de construcción son transformados en nuevos materiales para ser reutilizados.

Residuos de Construcción y Demolición (RCD): Materiales generados por la construcción, remodelación o demolición de edificaciones y obras civiles, incluyendo concreto, ladrillos, madera, metal, plástico y vidrio.

Residuos de Concreto: Desechos sólidos provenientes del uso y demolición de estructuras de concreto, incluyendo fragmentos endurecidos, mezclas no utilizadas y restos de prefabricados.

SIGLAS Y ABREVIATURAS

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
CBR	California Bearing Ratio (capacidad de soporte)
CC	Coeficiente de curvatura
CDWRCer	Residuos de cerámicos mixtos
CDWRCon	Residuos estructurales de concreto
CR o RC	Residuos de concreto
CU	Coeficiente de uniformidad
D10	Diámetro de tamiz en el que las partículas pasan el porcentaje de 10%
D30	Diámetro de tamiz en el que las partículas pasan el porcentaje de 30%
D60	Diámetro de tamiz en el que las partículas pasan el porcentaje de 60%
DME	depósito de material excedente
EA	Equivalente de arena
EG-2013	Específicas técnicas generales de la construcción
IP	Índice de plasticidad
LL	Límite líquido
LP	Límite plástico
MDS	máxima densidad seca
MTC	Ministerio de transportes y Comunicaciones
NFU	Neumáticos fuera de uso
NP	No plástico
NTP	Norma Técnica Peruana
OCH	optimo contenido de humedad
Pea	Peso específico aparente
Pem	Peso específico de masa
PeSSS	Peso específico saturado superficialmente seco
PUC	Peso unitario compactado
PUS	Peso unitario suelto
RAP	asfalto recuperado
RCA	árido de concreto reciclado
RCD	residuos de construcción y demolición
RCDW	Residuos de concreto reciclado

rGO	Nanomateriales de polvo de óxido de grafeno
RM	Módulo resiliente
SGGP-2014	Manual de suelos, geología, geotecnia y pavimentos, sección suelos y pavimentos
SUCS	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
UCS	Resistencia a la compresión ilimitada
WCT	baldosas cerámicas recicladas

RESUMEN

Frente a la ausencia de investigaciones previas en Chota sobre la viabilidad técnica del aprovechamiento de materiales residuales, como los residuos de concreto provenientes de demoliciones y el material excedente de excavaciones (DME), para su uso como afirmado, se tuvo como objetivo evaluar la viabilidad técnica del uso del material excedente (DME) de Rambrán y de los residuos de concreto en la producción de afirmado en Chota. La metodología adoptó enfoque cuantitativo, de tipo aplicado y nivel descriptivo, empleando como muestra especímenes combinados de 75% de residuos de concreto y 25% de suelos extraídos de tres calicatas del DME Rambrán. Los resultados mostraron que los residuos de concreto presentan granulometría gruesa, con 77.15–77.82% de grava y 19.77–21.20% de arena, peso unitario compacto entre 1331 y 1349.6 kg/m³ y porcentaje de abrasión entre 21.2% y 22.8%, dentro del límite normativo (<50%). En contraste, el material excedente del DME presentó exceso de finos (25.14–30.44%), baja capacidad de soporte (CBR 4.50-5.23%) y alta abrasión (60.21–62.66%). Sin embargo, la mezcla compuesta por 75% de residuos de concreto y 25% de material del DME cumplió con los requisitos granulométricos del huso A-1 y con la norma EG-2013, al presentar material no plástico (IP = 0), con densidad seca máxima de 1.84-1.86 g/cm³, contenido óptimo de humedad de 7.38–7.54%, CBR al 100% de MDS entre 53.59-69.81% (superiores al mínimo de 40%) y abrasión entre 34.22-36.80%. Se concluye que, el material del DME Rambrán no cumple por sí solo con los requisitos de la norma EG-2013, pero su combinación con residuos de concreto en la proporción 75/25 resulta técnica y normativamente viable para la producción de afirmado en Chota.

Palabras clave: afirmado, material excedente DME, residuos de concreto, capacidad de soporte (CBR).

ABSTRACT

Given the lack of previous research in Chota on the technical feasibility of using waste materials, such as concrete waste from demolition and excess excavation material (DME), for use as road base, the objective was to evaluate the technical feasibility of using excess material (DME) from Rambrán and concrete waste in the production of road base in Chota. The methodology adopted a quantitative, applied, and descriptive approach, using combined specimens of 75% concrete waste and 25% soil extracted from three test pits of the Rambrán DME as a sample. The results showed that the concrete waste has a coarse grain size, with 77.15–77.82% gravel and 19.77–21. 20% sand, a compact unit weight between 1331 and 1349.6 kg/m³, and an abrasion percentage between 21.2% and 22.8%, within the regulatory limit (<50%). In contrast, the surplus material from the DME had an excess of fines (25.14–30.44%), low bearing capacity (CBR 4.50–5.23%), and high abrasion (60.21–62.66%). However, the mixture composed of 75% concrete waste and 25% DME material met the granulometric requirements of spindle A-1 and the EG-2013 standard, presenting non-plastic material (IP = 0), with a maximum dry density of 1.84-1.86 g/cm³, optimal moisture content of 7.38–7.54%, CBR at 100% MDS between 53.59-69.81% (above the minimum of 40%), and abrasion between 34.22-36.80%. It is concluded that Rambrán DME material alone does not meet the requirements of the EG-2013 standard, but its combination with concrete waste in a 75/25 ratio is technically and normatively viable for the production of pavement in Chota.

Keywords: paving, DME surplus material, concrete waste, bearing capacity (CBR)

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

El uso de afirmado en la construcción de vías es una práctica común que proporciona estabilidad y resistencia al terreno (Lindh y Lemenkova, 2023); sin embargo, la producción convencional de este material, basada en la extracción masiva de agregados pétreos, ha generado preocupaciones ambientales y económicas, debido a la sobreexplotación de recursos no renovables (Mohanty et al., 2022). Paralelamente, la gestión de residuos de construcción y demolición (RCD) representa un desafío significativo a nivel internacional, impulsando la búsqueda de soluciones más sostenibles que contribuyan a la economía circular y la reducción del impacto ambiental (Khan et al., 2022).

En el ámbito latinoamericano, la problemática se agrava por la falta de regulaciones estrictas y la gestión inadecuada de los RCD, que a menudo terminan en vertederos no autorizados, contribuyendo a la contaminación ambiental (Rondinel-Oviedo, 2023). Los residuos de concreto se destacan por su durabilidad, pero su acumulación ha generado preocupaciones sobre su impacto negativo en el medio ambiente y la salud pública (Yilmaz, 2023). La reutilización de estos residuos en la producción de afirmado, representa la solución potencialmente viable para mitigar estos problemas, pero aún requiere mayor investigación y desarrollo (Alvares y Silva, 2023).

En Perú el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC], 2014) brinda recomendaciones para el uso del material de afirmado en carreteras, donde específica que, el suelo utilizado para este fin, independientemente de su procedencia, debe cumplir con criterios

de gradación, plasticidad y principalmente capacidad de soporte (CBR), para su aplicación como capa de rodadura. Estas mismas recomendaciones también se presentan en el Manual de Especificaciones Técnicas Generales de la Construcción EG-2013 (MTC, 2015).

En este contexto, el depósito de material excedente (DME) acumula tierra y rocas sobrantes de excavaciones (Solanki et al., 2023), lo que puede generar impactos ambientales significativos, como la eliminación de vegetación, la destrucción de hábitats y alteraciones en los ciclos naturales del agua, afectando negativamente la biodiversidad y el paisaje local y el atractivo turístico de la zona (Johansson y Pettersson, 2022). Para mitigar estos impactos, el suelo acumulado en DME puede estabilizarse y reutilizarse como material de afirmado (Safhi et al., 2022).

Estudios recientes han demostrado que, la combinación de suelos blandos con RCD pueden cumplir con los estándares técnicos requeridos para afirmado en carreteras (Moreira et al., 2023). Sin embargo, según Alvares y Silva (2023) la integración específica de material de excavación, denominado como desmonte, con residuos de concreto aún no ha sido explorada a profundidad, a pesar de su potencial para reducir la extracción de nuevos recursos y disminuir la disposición de residuos en vertederos, ofreciendo beneficios técnicos, ambientales y científicos.

En el distrito de Chota, perteneciente a Cajamarca, según Ticlla (2021) muchas de las canteras de afirmado no cumplen con los requisitos técnicos para su aplicación en vías. Estas canteras presentan límites de consistencia altamente plásticos y capacidad de soporte del suelo por debajo del valor CBR requerido. Como resultado, se opta por combinar diferentes canteras con el fin de obtener

material adecuado, lo cual no solo aumenta el impacto ambiental por la extracción de materiales, sino también los costos de producción.

Por otro lado, el depósito de material excedente DME de Rambrán en Chota está empezando a convertirse en un problema para el entorno ambiental local. Este depósito afecta el paisaje y el hábitat de los ecosistemas, reduciendo la belleza turística del lugar. También, es importante tener en cuenta que este depósito se encuentra cerca de instituciones educativas de nivel superior como La Católica y la UNC. Por lo tanto, se propone la reutilización de este material acumulado como parte del plan de cierre del DME, con el fin de mitigar su impacto en el entorno.

El material excedente DME de Rambrán y los residuos de concreto representan la oportunidad potencial para resolver estos problemas mediante su reaprovechamiento en la producción de afirmado. Sin embargo, la falta de estudios específicos sobre la viabilidad y el rendimiento de estos materiales en el contexto local de Chota constituye una limitación significativa. Por ello, esta investigación se centra en evaluar exhaustivamente el uso de DME de Rambrán y residuos de concreto, en porcentajes definidas por el método analítico, para la producción de afirmado, con el objetivo de determinar su efectividad en términos de resistencia (CBR). Al abordar este problema, se busca proporcionar información que pueda guiar decisiones estratégicas hacia prácticas más sostenibles en la infraestructura de Chota.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la viabilidad técnica del uso del material excedente (DME) de Rambrán y residuos de concreto en la producción de afirmado en Chota?

1.3. Justificación

a) Justificación científica

La investigación evalúa el uso del material excedente (DME) de Rambrán y los residuos de concreto para la producción de afirmado en Chota, abordando la gestión sostenible de residuos industriales y de construcción. Desde la perspectiva científica, busca promover la reutilización de materiales desechados, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental y al uso eficiente de recursos locales, mientras que teóricamente se enfoca en analizar la combinación de material de desmonte y residuos de concreto como alternativa sostenible al afirmado tradicional. El estudio llena el vacío de conocimiento al explorar una solución poco investigada en Chota, donde predominan los materiales residuales (RCD), aportando evidencia técnica y científica que respalda la viabilidad de estos materiales en la construcción sostenible.

b) Justificación técnica práctica

La justificación técnica y práctica de esta investigación radica en la abundancia local de material excedente (DME) de Rambrán y residuos de concreto en Chota, recursos accesibles con potencial para ser aprovechados en la producción de afirmado. El estudio evalúa la viabilidad técnica de estos materiales, asegurando su compatibilidad con métodos constructivos convencionales y su capacidad para mejorar la resistencia vial, al tiempo que explora alternativas sostenibles para reducir el uso de recursos naturales vírgenes. Al ser pionero en la combinación de material de desmonte y residuos de concreto para afirmado en Chota, aborda el vacío de investigación al ofrecer una solución sostenible y técnicamente viable. Los principales beneficiarios son la comunidad científica y educativa, quienes podrán utilizar los resultados como base para

futuras investigaciones y aplicaciones prácticas, contribuyendo al uso responsable de los recursos.

1.4. Delimitación de la investigación

Delimitación espacial: En el distrito de Chota, ubicado en Cajamarca, Perú. Se centró específicamente en el depósito de material excedente (DME) de Rambrán, en las coordenadas UTM WGS84 17S 759,294.14 m E, 9,276,091.33 m S, a 2,462.52 msnm, donde se encuentran suelos producto de la excavación de cimentaciones. Adicionalmente, se han recolectado los residuos de concreto de procesos de demolición en las afueras de la ciudad de Chota.

Delimitación temporal: El periodo de estudio está delimitado al año 2,024 y 2,025. Las actividades de recolección de muestras, ensayos de laboratorio y análisis de datos se desarrollaron a lo largo de los dos años de investigación, con la planificación que abarca desde la preparación y selección de los sitios de muestreo hasta la realización de ensayos específicos en el laboratorio externo CIEXLIAN acreditado por INDECOPI y en el laboratorio de mecánica de suelos y mecánica de materiales de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil (EPIC) de la Universidad Nacional Autónoma de Chota (UNACH), por parte de los tesistas.

Delimitación de profundidad temática: La investigación analizó el uso de material excedente (DME) proveniente de excavaciones de cimentaciones en Chota, específicamente suelos areno arcillosos y areno limosos, junto con residuos de concreto obtenidos de la demolición de estructuras locales y de probetas de concreto, para la producción de afirmado vial. Se evaluó una única proporción de mezcla, definida por el método analítico, consistente en 25% de material de desmonte y 75% de residuos de concreto, con el propósito de determinar su comportamiento técnico. En el laboratorio, los residuos de concreto fueron

sometidos a ensayos de humedad, granulometría, peso específico, absorción, peso unitario y abrasión, con el objetivo de caracterizar sus propiedades físicas y mecánicas. De manera complementaria, tanto el suelo del DME como el afirmado resultante de su combinación con residuos de concreto fueron evaluados mediante pruebas de granulometría, límites de Atterberg, ensayo Proctor modificado, índice CBR de laboratorio y abrasión, permitiendo el análisis técnico detallado de su capacidad de uso como afirmado vial.

Procedimiento metodológico:

Recolección de muestras: Se obtuvieron muestras de suelos del DME y residuos de concreto de vertederos a las afueras de Chota y de probetas de concreto luego del proceso de ruptura obtenidos del mismo laboratorio.

Preparación de muestras: Las muestras fueron preparadas y dosificadas de acuerdo con los porcentajes establecidos por el método analítico (25% de suelo del DME y 75% de residuos de concreto).

Ensayos de laboratorio: Se realizaron en el laboratorio CIEXLIAN de la ciudad de Chota, acreditado por INDECOPI y en el laboratorio de mecánica de suelos y mecánica de materiales de la EPIC – UNACH, siguiendo normativas técnicas estandarizadas (NTP).

Análisis de datos: Se analizó estadísticamente para determinar sí las propiedades del afirmado con la combinación de materiales determinado por el método analítico cumple con los requisitos técnicos de la EG-2013 (MTC, 2015) y el manual de suelos, geología, geotecnia y pavimentos (SGGP-2014) (MTC, 2014).

1.5. Limitaciones

Se evaluó solo una proporción de mezcla (25% material de desmonte y 75% residuos de concreto) definida por el método analítico.

La investigación se centró principalmente en propiedades físico-mecánicas, sin abordar el análisis económico ni el impacto ambiental integral del uso de estos materiales en comparación con métodos convencionales.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Evaluar la viabilidad técnica del uso del material excedente (DME) de Rambrán y residuos de concreto para la producción de afirmado en Chota.

1.6.2. Objetivos específicos

- Determinar las propiedades físico mecánicas: granulometría, peso unitario, peso específico, absorción y porcentaje de desgaste a la abrasión de los residuos de concreto.
- Determinar las propiedades físico mecánicas: granulometría, límites de consistencia, máxima densidad seca, óptimo contenido de humedad, capacidad de soporte y porcentaje de desgaste a la abrasión del material excedente de excavación depositado en el (DME) Rambrán en Chota.
- Determinar las propiedades físico mecánicas: granulometría, límites de consistencia, máxima densidad seca, óptimo contenido de humedad, capacidad de soporte y porcentaje de desgaste a la abrasión de la combinación granulométrica por el método analítico del suelo del (DME) Rambrán con residuos de concreto para afirmado en Chota.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Galindo et al. (2024) en su artículo científico traducido del inglés como "Optimización de mezclas de suelo, residuos de construcción y demolición y escoria de acero utilizando el método de vértices extremos simplex" tuvieron como objetivo utilizar dos tipos de suelos tropicales distintos en combinación con RCD y escoria de acero (FS) para producir afirmado que se use en capas de pavimento estructural. El estudio de enfoque cuantitativo planteó pruebas UCS y CBR, a través de las cuales determinó que, la mejor composición de masa seca para suelos arenosos fue 80% de suelo, 0% de residuos de concreto y 20% FS y para suelo arcilloso fue 18% de suelo, 62% de residuos de concreto y 20% FS. Concluyó que, con las composiciones óptimas se alcanza CBR de más de 80%. El aporte del estudio radica en que demuestra la viabilidad técnica de combinar suelos con residuos de construcción y escoria de acero para afirmado.

Roy et al. (2024) en su artículo científico traducido del inglés como "Evaluación de residuos de baldosas, pavimentos asfálticos recuperados y áridos de concreto reciclado para la producción de afirmado y/o subbase de pavimento" tuvieron como objetivo utilizar baldosas cerámicas (WCT), el asfalto recuperado (RAP) y el árido de concreto reciclado (RCA) en la producción de afirmado y/o subbase de pavimento, centrándose en sus propiedades mecánicas, medioambientales y físicas. Aplicaron el enfoque cuantitativo y elaboraron cuatro mezclas: A con 80% RAP, 20% RCA y 0% WCT, mezcla B con 70% RAP, 25% RCA y 5% WCT, mezcla C con 60% RAP, 30% RCA y 10% WCT, y la mezcla

D con 50% RAP, 35% RCA y 15% WCT, logrando alcanzar 10.53%, 17.19%, 25.54% y 17.64% de CBR, respectivamente. Concluyeron que, dado que se crean diferentes mezclas de estos materiales, se encuentra la máxima relación portante de California siendo 25.54% para la mezcla C al utilizar 10% WCT. El aporte radica en que, al promover el uso de residuos y reducir la huella de carbono asociada a los procesos de construcción convencionales, esta iniciativa contribuye a la construcción sostenible de infraestructuras de transporte.

Silva et al. (2023) en su investigación "Reacción puzolánica de agregados de residuos cerámicos rojos y cementosos reciclados con cal hidratada para la producción de afirmado utilizado en la capa base de pavimento" tuvieron como fin explorar los beneficios de utilizar áridos de residuos cerámicos rojos y cemento reciclado con cal hidratada para potenciar la reactividad puzolánica del afirmado y conseguir las mejores propiedades mecánicas comparadas con las de cemento portland o con las del propio árido granular de las capas base del pavimento. En el estudio de enfoque cuantitativo, nivel explicativo, cuantificaron el aporte limitado de la reacción autocementante de los áridos cementosos reciclados, resultando en resistencia a la compresión ilimitada (UCS) de 10.2 kg/cm^2, módulo resiliente (RM) de 10.2 kg/cm^2 e índice de soporte (CBR) de 24%. Concluyeron que, la reacción puzolánica de los áridos cementosos y cerámicos rojos con cal hidratada alcanzó UCS de 84 kg/cm^2, RM de 28 kg/cm^2 y CBR de 85.23%, valores más cercanos a los conseguidos por la base de pavimento estabilizada con cemento portland (54 kg/cm^2, 45 kg/cm^2, y 90% respectivamente). El aporte es los datos acerca del CBR de contrastación para la formulación del material granular utilizando residuos de concreto.

Álvares y Silva (2023) en su artículo de revisión bibliográfica titulado "Análisis de la viabilidad de la utilización de residuos de la construcción civil en bases, subbases y subpisos de pavimentos: una revisión sistemática de la literatura" pretendieron demostrar la viabilidad del empleo de áridos reciclados, derivados de los RCD, en aplicaciones de pavimentos a través de la revisión bibliográfica sistemática que abarca los últimos 10 años (2011-2021). El objetivo principal fue establecer que este material cumple con los requisitos físicos y mecánicos necesarios para su aplicación como base granular, mitigando así los impactos ambientales causados por la eliminación inadecuada. Seleccionaron 25 artículos de 11 países diferentes. El análisis de estos estudios permitió identificar las pruebas de caracterización físico-mecánica empleadas en varios países, las normas observadas, los tipos de áridos reciclados utilizados y la comparación de los resultados. Estos resultados fueron considerados satisfactorios por todos los autores, indicando la viabilidad del uso de residuos de concreto reciclado (RCDW) en capas de pavimento granular, respetando las normas vigentes específicas de cada país. El aporte es en el ámbito teórico debido a que ha revisado múltiples RCD, demostrando que, todos tienen potencial de uso para afirmados.

Pateriya et al. (2022) en su estudio "Residuos de mármol con cemento y nanomateriales para aplicaciones de base granular" tuvieron como objetivo usar residuos de mármol en suelos débiles como afirmado mediante estabilización basada en aditivos. En la investigación de enfoque cuantitativo, nivel explicativo, tipo aplicada realizaron pruebas de laboratorio. Los desechos de mármol en bruto se mezclaron con cemento puzolana Portland (PPC) a base de cenizas volantes que tiene diversos contenidos de PPC (0.5 a 10%). Luego, la matriz modificada con cemento (1% y 10%) se mezcló con nanomateriales de polvo de óxido de

grafeno (rGO) reducido al 0.1% en peso. Determinaron el aumento significativo de la resistencia en la matriz modificada (800% de aumento de CBR y 30 kg/cm^2 de aumento de UCS debido a la resistencia insignificante) en comparación con los desechos de mármol en bruto debido a la eficacia de la estabilización adoptada. Así mismo, determinaron que la nueva matriz de mármol derivada de esta investigación que utiliza desechos y aditivos no solo indica gran potencial para reemplazar el suelo débil que suele ser el problema de la ruta para muchos defectos de las carreteras, sino que también proporciona una solución eficiente para la crisis de gestión de desechos. Por lo que, concluyeron que técnicamente es viable la producción de base granular utilizando residuos de mármol. Aporta innovaciones significativas en la estabilización del suelo mediante la incorporación de residuos de mármol mezclados con cemento y nanomateriales. Este antecedente es relevante porque muestra cómo los aditivos pueden aumentar drásticamente las capacidades del suelo, evidenciado por el notable incremento en los valores de CBR y UCS.

Teijón-López-Zuazo et al. (2020) en su "Uso de áridos reciclados elaborados a partir de residuos de construcción y demolición para la producción de capas de base de carreteras sostenibles" tuvieron por fin investigar los áridos reciclados procedentes de la trituración de residuos estructurales de concreto (CDWRCon) y de cerámicos mixtos (CDWRCer). Utilizaron el enfoque cuantitativo y aplicaron ensayos de laboratorio. Los materiales cerámicos mixtos presentan densidad de 2.510 g/cm3, absorción de agua de 4.3% y no tienen sales solubles, mientras que los residuos de concreto tienen 1.1% de sales solubles, densidad de 2.623 g/cm3 y 4.0% de absorción. Del Proctor modificado se alcanzó MDS de 1.992 g/cm3 con el OCH de 10.6% se logra con CDWRCon, mientras

que la MDS de 1.861 g/cm3 y el OCH de 12.1% se alcanza con CDWRCer. De manera similar, el índice CBR para 100% de MDS es 164.0%, para el suelo con CDWRCer mientras que, para suelo con CDWRCon también tiene alta capacidad de carga, siendo el CBR 193%. Concluyeron que, los resultados obtenidos recomiendan el uso de CDWRCon y CDWRCer en infraestructuras viarias sostenibles, que son recorridos que atraviesan lugares de gran valor natural con altas limitaciones ambientales en la extracción de áridos y que tienen baja intensidad de tráfico pesado. El aporte fue mejorar las características del material convencional para producir afirmado al utilizar materiales reciclados.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Reynaga (2023) en su tesis "Influencia de sustitución porcentual por concreto reciclado en las propiedades físicas-mecánicas para la estabilización de afirmado, evitamiento Grau 2022" tuvo como objetivo analizar el afirmado con concreto reciclado al 6%, 12% y 18%. En el estudio de enfoque cuantitativo tuvieron como muestra 20 ensayos de laboratorio en las tres combinaciones de mezcla. Determinaron que, sin residuos de concreto (CR), el IP fue de 5.16%, el CBR alcanzó 24.47% y 19.30% al 100% y 95% MDS, la MDS fue de 2.120 g/cm³. Con 6% de CR, el CBR al 100% aumentó a 29.41, al 95% a 24.30 y la MDS a 2.160 g/cm³. Al incorporar 12% de CR, el CBR al 100% se incrementó a 32.91, al 95% a 26.80 y la MDS a 2.190 g/cm³. Finalmente, con 18% de CR, el CBR al 100% llegó a 33.93%, al 95% a 26.40% y la MDS a 2.210 g/cm³, concluyéndose que mayores porcentajes de CR, específicamente 18%, mejoran significativamente el CBR y la MDS, resultando en afirmado de buena calidad. Contribuye al demostrar que la incorporación de residuos de concreto mejora las

propiedades del afirmado, lo que proporciona base técnica para analizar la viabilidad del uso de DME y residuos de concreto en la producción de afirmado.

Santisteban (2023) en su tesis “Propuesta de uso de RCD y NFU en la sub-base de afirmado para pavimentos rígidos en la zona costera del Perú para reducir los efectos de contaminación ambiental” buscó reemplazar con éxito parte de la materia prima utilizada en la construcción de estas bases sin alterar sus propiedades. El estudio fue de enfoque cuantitativo y tipo aplicada. El agregado natural cumplió completamente con los requisitos estipulados por la norma CE.010, pero, el índice de CBR fue del 60%. De las tres combinaciones realizadas, la mezcla que tuvo mejores resultados fue la que consistía en 70% de RCD y 30% de agregado natural, que alcanzó CBR de 137%, esta combinación fue seleccionada para la mezcla final. La segunda opción más óptima fue 50% de RCD y 50% de suelo natural, con CBR de 100%. La combinación con CBR más bajo de 89% fue la que incluía 60% de RCD y 40% de suelo natural. En conclusión, la combinación ideal para su uso en capas de subbase para pavimentos rígidos, utilizando los tres materiales (RCD, NFU y suelo natural), es 69.50% de agregado reciclado (RCD), 29.50% de suelo natural y 1.0% de caucho fino, ya que se obtuvo el mayor porcentaje de CBR combinado con 61.31% y cumple con la norma. Este trabajo es significativo para la investigación al demostrar cómo los RCD pueden ser integrados en la subbase de afirmado; proporciona el modelo a seguir para las mezclas experimentales y refuerza la importancia de investigar proporciones de materiales reciclados para maximizar el rendimiento y sostenibilidad del afirmado.

Castro y Lopez (2022) en su tesis “Propuesta de materiales RCD, para el reforzamiento de la subbase granular en pavimento asfáltico en la calle Sicchez,

urbanización Santa Rosa, distrito de 26 de octubre, Piura" tuvo por fin analizar el uso de RCD en suelo arcilloso, para producir la subbase granular en Piura. El estudio tuvo enfoque cuantitativo y tipo aplicado. Determinaron que, el agregado reciclado (RCD) alcanzaba 77.48% de CBR, no presentaba IP y la abrasión era 26%; el agregado natural de la cantera Sullana tenía CBR de 103.8%, IP de 5.23%, abrasión de 16.9%; en cambio, la dosificación con 50%-50% de agregado reciclado-suelo el CBR era 91.8%, IP 3.46%, abrasión de 22.15%, MDS de 2.052 g/cm3, con clasificación AASHTO de A1-a(0). Concluyeron que, la subbase granular con 50% de residuos de concreto cumple con la EG-2013, pero no cumple con los requisitos de base granular porque el CBR es inferior al 100%. Sus resultados, que muestran CBR aceptable y otros parámetros mecánicos adecuados, subrayan la viabilidad de utilizar RCD en combinación con suelos locales para mejorar las propiedades del afirmado; esto es relevante, ya que ofrece la base comparativa y evidencia de que los materiales reciclados pueden cumplir con los estándares normativos y mejorar la estabilidad y resistencia del afirmado.

Hinojosa (2022) en su tesis "Influencia de materiales reciclados de escombros para la subbase del Pavimento Flexible en la Av. Central, SJM-Lima 2022" investigó cómo escombros impactan las propiedades de la subbase granular en Lima. En la investigación de enfoque cuantitativo, recolectó concreto reciclado y también suelo de la cantera "Petramas", para determinar el comportamiento del agregado natural al mezclarse con diferentes proporciones de concreto reciclado (25%, 50% y 75%) con el objetivo de compararlos con la norma EG-2013. Los resultados mostraron que el agregado natural "afirmado" puede aplicarse como subbase granular, con IP del 3%, CBR del 62.6%, MDS de 2.203 g/cm3, OCH del 6.9% y clasificación como grava pobremente gradada con limo. Sin embargo, al

agregar concreto reciclado muestra comportamiento favorable, tal como IP de 3%, NP, NP y 3%, MDS de 2.203, 2.162, 2.182 y 2.190 g/cm3, OCH de 6.9, 8.9, 7.8 y 7.5%, CBR al 95% MDS de 62.6, 56.9, 61.2 y 65.4%, CBR al 100% de 71.1, 62.6, 697 y 76.8% cuando se usa 0%, 75%, 50% y 25% de concreto reciclado. Concluyeron que, en particular, el porcentaje óptimo de adición que cumplió con la norma para subbase fue del 25%. La investigación aporta al estudio, ya que examina el impacto de los escombros en las propiedades de la subbase de pavimentos flexibles.

Aracayo y Machaca (2021) en su tesis "Influencia de residuos de pavimento rígido en las propiedades del suelo cohesivo de la cantera Yanaoco, Huancané-2021" tuvieron por fin analizar el uso de residuos de concreto combinados con suelo cohesivo en proporciones del 10%, 20% y 30% de su peso total, con el propósito de analizar su viabilidad como material de afirmado. Mediante estudio de enfoque cuantitativo, compararon la muestra base con mezclas modificadas, determinando que el suelo natural presentaba IP de 5.21% y CBR de 33.77%. Al añadir residuos de concreto, los valores de IP fueron de 7.84%, 3.92% y 3.05% para las proporciones de 10%, 20% y 30%, respectivamente, mientras que el CBR aumentó a 38.67%, 51.53% y 81.07%. Concluyeron que la dosificación óptima correspondía al 70% de suelo natural de la cantera Yanaoco y 30% de residuos de concreto, ya que esta combinación cumplía con las especificaciones técnicas del EG-2013. Aporta al evidenciar que la combinación de suelo cohesivo con residuos de concreto puede mejorar notablemente el CBR y cumplir con especificaciones técnicas para afirmado, destacando la dosificación, lo cual fundamenta la experimentación con mezclas de DME y residuos de concreto en el contexto de Chota.

2.1.3. Antecedentes regionales

Huamán e Ydrogo (2024) en su tesis "Evaluación de subbase granular tratada con residuos de concreto de demolición, cantera el suro, comunidad San Juan del Suro, Chota, 2023" tuvieron como objetivo estudiar la combinación de residuos de concreto con el material de afirmado de la cantera el Suro en dosificaciones de 0%-100%, 10%-90%, 30%-70% y 50%-50%, determinando que, el IP alcanzaba valores de 11.98%, 10.04%, 8.62% y 7.92%, la MDS de 2.03, 2.07, 2.13 y 2.22 g/cm3, el OCH de 7%, 6.2%, 5.5% y 4.8%, y el CBR de 46.8%, 50.7%, 60.47% y 78%, respectivamente. Concluyeron que con 50% de residuos se redujo el LL a 30.35%, el IP a 7.92%, el contenido de partículas alargadas y aplanadas a 0.87%, y se incrementó el EA a 19.17%. En cuanto al comportamiento mecánico, el CBR alcanzó 78%, aunque la mezcla no cumplió completamente con la plasticidad y equivalente de arena de la norma EG-2013. Este antecedente aporta evidencia sobre la mejora de las propiedades al incorporar residuos de concreto en la subbase granular, demostrando que la mezcla con 50% de residuos de concreto incrementa significativamente el CBR, aunque no cumple completamente con los criterios de la EG-2013, lo que refuerza la importancia de utilizar la metodología analítica para determinar la dosificación adecuada para lograr afirmados técnicamente adecuados.

Martinez y Taico (2023) en su tesis "Reciclado de concreto para la construcción de bases en la estructura de pavimentos" tuvieron como objetivo determinar la influencia de los residuos de concreto en el suelo para formar bases granulares según la EG-2013. En el estudio de enfoque cuantitativo experimental, analizaron las proporciones de 100% de afirmado, 100% de residuos de concreto y 50%-50% de los materiales, determinando que, el LL era 18%, 25% y 22%, LP

era NP para todos los casos, el EA era 17.33%, 59% y 33%, la abrasión era 59.80%, 32.30% y 45%, la MDS era 2.23, 2.01, 2.12 g/cm3, el OCH era 5.91%, 10.57% y 7.99%, el CBR al 95% MDS era 41%, 120.33% y 86.33%, respectivamente. Concluyeron que, la combinación de 50% de residuos de concreto y 50% de afirmado es la dosificación óptima para base granular, debido a que cumple con la EG-2013. Contribuye al demostrar que la mezcla de 50% residuos de concreto es óptima para bases granulares, lo que apoya la idea de explorar combinaciones balanceadas para mejorar la calidad del afirmado.

2.2. Bases teórico – científicas

2.2.1. Combinación granulométrica de suelo para producir material de afirmado por el método analítico

Se trata de la combinación de dos o más suelos con propiedades distintas con el propósito de obtener material resultante cuyas características geotécnicas mejoren al integrarse, especialmente en aspectos como plasticidad, granulometría y capacidad de soporte CBR (Urcia, 2014).

a) Método analítico

Existen diversas técnicas utilizadas para mezclar agregados con el fin de que cumplan con las normativas y especificaciones del MTC, las cuales se clasifican principalmente en dos categorías: métodos analíticos y métodos gráficos. El método analítico consiste en el procedimiento sistemático que permite ajustar la proporción de los componentes de acuerdo con criterios técnicos establecidos y sigue el procedimiento: (Ticlla, 2021)

$$\%\ ideal\ de\ combinación\colon P = aA + bB + cC + \cdots + nN \quad (1)$$

Suma de las proporciones de cada material para la combinación de agregados

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

Donde, P representa el porcentaje de material que pasa a través del tamiz específico, obtenido a partir de la mezcla de los agregados A, B, C, …, N; A, B, C …, N corresponden al porcentaje de material que pasa por tamiz determinado para cada uno de los agregados individuales utilizados en la mezcla. a, b, c, …, n indican las proporciones de cada material en la combinación, expresadas en valores decimales, cuya suma total equivale a 1.00.

2.2.2. Comportamiento de los residuos de concreto en mezclas de afirmado

El concreto es el material usado en la construcción debido a su durabilidad y resistencia; pero, cuando se vuelven desechos, es importante considerar su comportamiento en mezclas de afirmado, ya que esto puede beneficiar al medio ambiente (Chasquero y Hurtado, 2019).

En general, los residuos de concreto pueden mejorar las propiedades mecánicas del suelo, como su capacidad para soportar cargas. Debido a las características de los residuos de concreto, como su dureza y resistencia. Además, mejora la durabilidad de la mezcla con suelo para afirmado; esto se debe a que los residuos de concreto son resistentes al desgaste y a la erosión, lo que ayuda a prevenir la degradación de la mezcla con suelo (Chasquero y Hurtado, 2019).

El uso de residuos de concreto en mezclas de afirmado puede mejorar las propiedades mecánicas y durabilidad del pavimento, sin embargo, la mezcla con suelo puede variar dependiendo de varios factores, como las proporciones de los residuos, la cantidad de agua en la mezcla y el proceso de compactación. Por lo tanto, es necesario realizar pruebas y evaluaciones para determinar las dosificaciones adecuadas de los residuos de concreto, así como para garantizar adecuada compactación y estabilidad de la mezcla con suelo para afirmado (Huamán y Ydrogo, 2024).

2.2.3. Teoría de la sostenibilidad en la construcción

La teoría de la sostenibilidad se basa en la necesidad de minimizar el impacto ambiental de las actividades constructivas, promoviendo prácticas que reduzcan el consumo de recursos naturales y la generación de residuos, al tiempo que se garantiza la eficiencia económica y la seguridad de las estructuras. Este enfoque surge como respuesta al creciente deterioro ambiental y la sobreexplotación de recursos naturales, impulsando la adopción de principios sostenibles en todas las etapas del ciclo de vida del proyecto (Purvis et al., 2019).

La sostenibilidad se fundamenta en tres pilares principales: el ambiental, el económico y el social. El pilar ambiental implica la reducción del uso de materiales no renovables y la adopción de soluciones como el reciclaje de RCD, la eficiencia energética y la gestión adecuada del agua. Por otro lado, el pilar económico busca garantizar que los proyectos sean viables financieramente a largo plazo, minimizando los costos operativos mediante la optimización de recursos y la adopción de tecnologías eficientes. Finalmente, el pilar social abarca la inclusión de comunidades locales en la planificación y ejecución de proyectos (Purvis et al., 2019).

Uno de los principios clave en la teoría de la sostenibilidad es la economía circular, que promueve la reutilización de materiales y la reducción de desechos mediante la implementación de estrategias como la deconstrucción selectiva y la valorización de materiales reciclados. En este sentido, estudios recientes han demostrado que la incorporación de residuos de concreto en afirmados y bases viales puede mejorar las propiedades mecánicas del suelo, reduciendo la necesidad de extraer materiales vírgenes y disminuyendo la huella de carbono de los proyectos (Aracayo y Machaca, 2021).

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Residuos de construcción y demolición (RCD)

Los RCD son aquellos materiales o restos provenientes de actividades relacionadas con la construcción, remodelación o demolición de edificaciones y en general cualquier obra civil. Estos residuos incluyen elementos como ladrillos, azulejos, concreto, madera, metal, plástico, vidrio, entre otros (Chasquero y Hurtado, 2019).

2.3.1.1. Categorías de los RCD.

Los RCD pueden ser aprovechables y no aprovechables. Los residuos aprovechables son aquellos que pueden ser reutilizados, reciclados o valorizados de alguna manera, como el concreto triturado. Por otro lado, los residuos no aprovechables son aquellos que no tienen ninguna utilidad o valor económico y deben ser dispuestos en vertederos autorizados. De acuerdo con la norma técnica peruana NTP 400.050 (2017), los residuos de construcción y demolición (RCD) se pueden categorizar según su origen, como se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1

Categorización RCD

Opciones de manejo	**Clasificación - RCD**		
	Excedentes, remoción	**Excedente de obra**	**Escombros**
Reutilizables	Agregados, tierras	Hormigones, cerámicos, acero, alambre, etc.	Losetas, piedras
Reciclables	Bolonería	Concreto sobrante, cascote	Mezcla asfáltica de demolición, concreto, mezcla ladrillo con mortero
Última etapa	Materiales contaminados	Materiales contaminados, otros	Escombros contaminados

Nota. NTP 400.050 (2017).

a) Excedentes y remoción.

Materiales sobrantes que resultan de actividades de excavación, nivelación o remoción de suelos durante las etapas iniciales de la construcción. Suelen estar

compuestos por tierra, piedras y otros materiales naturales extraídos que no han sido alterados químicamente, por lo que pueden ser reutilizados en obras de relleno o nivelación de terrenos según la NTP 400.050 (2017).

b) Excedentes de obra.

Materiales sobrantes generados de los procesos de construcción, como recortes de madera, excedentes de concreto sin fraguar, cortes de metal o trozos de cerámica que no se utilizaron en la obra. Estos materiales suelen estar en buenas condiciones y, dependiendo de su naturaleza, pueden ser reutilizados o reciclados en otros proyectos de construcción según la NTP 400.050 (2017).

c) Escombros .

Los escombros son parte de los RCD y se refieren específicamente a los fragmentos que se generan durante la demolición de estructuras. Estos incluyen restos de concreto, ladrillos, entre otros. Sin embargo, tras el proceso de selección y tratamiento, algunos de estos escombros pueden ser reciclados como agregados para nuevas mezclas de concreto o bases granulares según la NTP 400.050 (2017).

Figura 1

Esquema de una Planta de Tratamiento de RCDs



Nota. (Otxaran, 2024).

2.3.2. Residuos de concreto

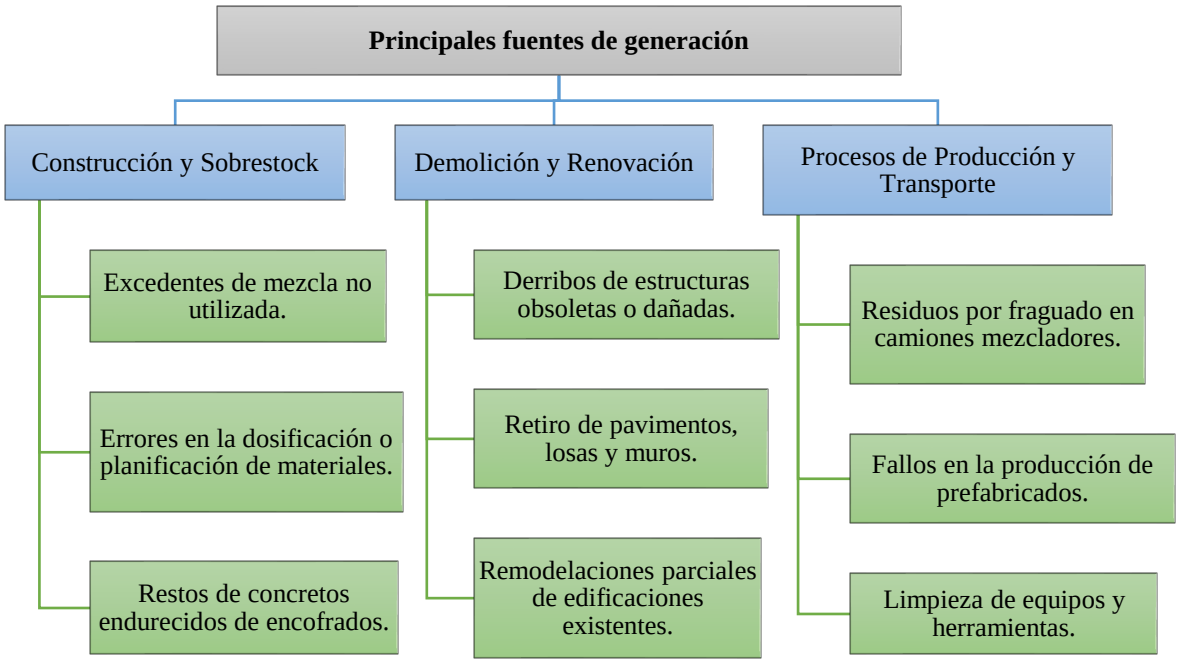
Desechos sólidos generados a partir de la producción, uso y demolición de estructuras de concreto en proyectos de construcción, remodelación o demolición. Estos residuos incluyen fragmentos de concreto endurecido, excedentes de mezcla no utilizada, restos de prefabricados y materiales de demolición de pavimentos, losas, columnas y muros (Chica y Beltrán, 2018).

2.3.2.1. Generación de residuos de concreto.

Se generan principalmente durante las distintas fases del proyecto de construcción, renovación o demolición de estructuras. Estos desechos provienen de la producción, uso y manipulación del concreto y pueden clasificarse en función de su origen y proceso de generación (Domingo, 2002).

Figura 2

Principales Fuentes de Generación de Residuos de Concreto



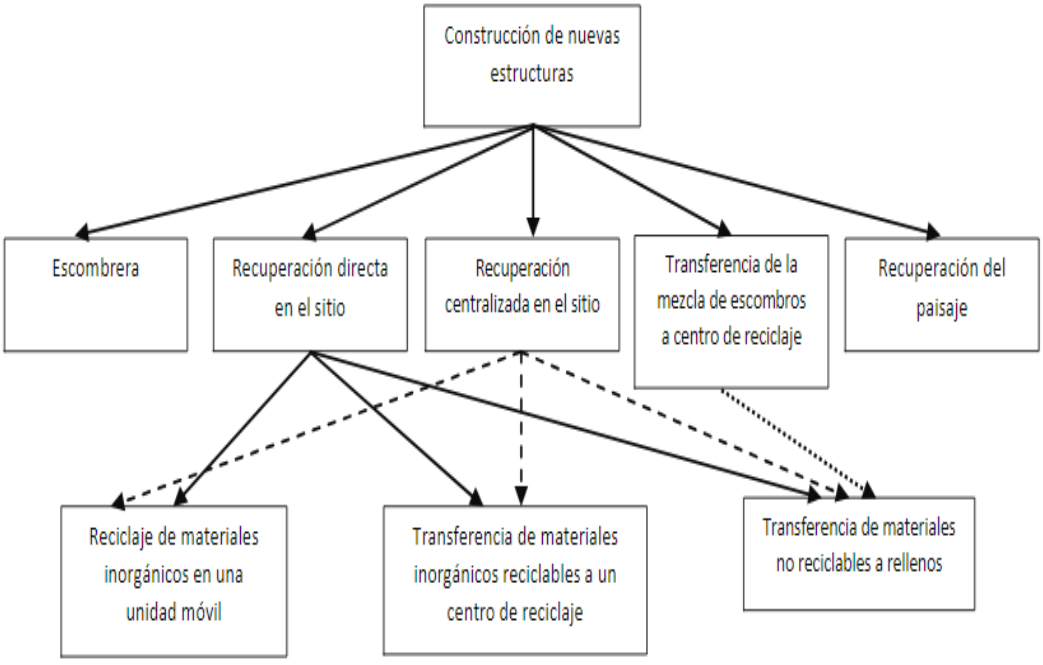
Nota. En base a la información de (Domingo, 2002).

2.3.2.2.Tipos de residuos de concreto.

Se catalogan según su origen y características, entre ellos, los residuos de concreto endurecido provienen de demoliciones y cortes de estructuras, mientras que los residuos de concreto fresco surgen de excedentes no utilizados o remanentes en equipos de mezclado. Los desechos de prefabricados incluyen piezas defectuosas o sobrantes de producción, mientras que, los fragmentos mixtos, son aquellos que combinan el concreto con otros materiales como ladrillos o mortero, y requieren manejo especializado. La clasificación adecuada de estos residuos permite maximizar su reciclaje y reutilización, reduciendo la disposición en vertederos y promoviendo la sostenibilidad y la economía circular (Mejía et al., 2013).

Figura 3

Diagrama de Tipos de Residuos de Concreto que se Obtienen en la Construcción



Nota. (Mejía et al., 2013).

2.3.2.3.Propiedades físicas y mecánicas de los residuos de concreto.

Granulometría. Distribución de las partículas del material según su tamaño. El tamaño de las partículas en los residuos de concreto está directamente vinculado al tipo de proceso de trituración al que han sido sometidos. Los residuos de concreto suelen tener granulometría fina, lo que los hace adecuados para su uso como material de relleno en la construcción (Copitan y Espinoza, 2022).

$$MF = \frac{\sum \% \, acumulados \, retenidos \, en \, tamices}{100} \quad (3)$$

Donde, MF módulo de finura.

Contenido de humedad. Cantidad de agua presente en el material. La humedad de estos residuos puede variar según su exposición al agua o la presencia de algún tipo de revestimiento. En general, se espera que los residuos de concreto tengan contenido de humedad bajo (Huamán y Ydrogo, 2024).

$$\% \, humedad = \frac{Peso \, agua \, de \, la \, muestra}{Peso \, seco \, de \, la \, muestra} \times 100 \quad (4)$$

Densidad. Relación entre la masa del material y el volumen que ocupa. Tras el proceso de trituración, los fragmentos finos de residuos de concreto resultantes tienen gran volumen de mortero, lo que resulta en densidad significativamente baja (Copitan y Espinoza, 2022).

$$Pem = \frac{\omega o}{V - Va} \times 100 \quad (5)$$

$$PeSSS = \frac{500}{V - Va} \times 100 \quad (6)$$

$$Pea = \frac{Wo}{(V - Va) - (500 - Wo)} \times 100 \quad (7)$$

$$Ab = \frac{500 - Wo}{Wo} \times 100 \quad (8)$$

Donde, Pem peso específico de masa, PeSSS saturado superficialmente seco, Pea aparente, Ab absorción, Wo peso en el aire secado en el horno; V Volumen del frasco, Va peso o volumen de agua añadida al frasco.

Absorción de agua. Capacidad del material para retener o captar agua en sus poros cuando se sumerge en medio líquido. El tamaño del árido reciclado tiene influencia significativa en su capacidad de absorción. Esto se debe a que las fracciones más finas presentan mayor absorción en comparación con las fracciones más gruesas (Copitan y Espinoza, 2022).

Resistencia al desgaste. Capacidad del material para soportar la abrasión, fricción o erosión superficial cuando está sometido a esfuerzos mecánicos repetidos. Los residuos de concreto suelen tener bajo porcentaje de desgaste, lo que los hace adecuados para su uso en pavimentos y revestimientos donde se requiere resistencia a la abrasión (Huamán y Ydrogo, 2024).

$$D(\%) = \frac{Peso\ inicial - Peso\ final}{Peso\ inicial} \times 100 \quad (9)$$

Peso unitario. El peso unitario suelto es la relación entra la masa suelta y el volumen del material, mientras que, el peso unitario compactado, es la relación de la masa compactada por vibración o golpes y el volumen que ocupa. El peso unitario de los residuos de concreto puede variar dependiendo de su tamaño y densidad. El peso unitario suelto de estos residuos es alrededor de 1.5 a 1.7 g/cm3. El peso unitario compactado, por otro lado, puede ser mayor (1.8 a 2.2 g/cm3) debido a la compresión del material (Huamán y Ydrogo, 2024).

$$PUS = \frac{Pms}{Vr} \quad (10)$$

$$PUC = \frac{Pmc}{Vr} \quad (11)$$

Donde, PUS peso unitario suelto, PUC peso unitario compactado, Pms peso material suelto, Pmc peso material compactado, Vr volumen ocupado. Material excedente de excavaciones DME o desmonte de excavación.

2.3.2.4.Recolección y tratamiento de residuos de concreto.

La recolección de residuos de concreto puede variar dependiendo de las políticas locales de gestión de residuos. Sin embargo, existen algunas opciones comunes para su recolección y disposición adecuada: (Burgos y Padilla, 2021)

Puntos de recogida selectiva: Muchas ciudades cuentan con puntos de recogida selectiva que aceptan materiales de construcción como residuos de concreto. Estos puntos de recogida suelen estar habilitados para recibir diferentes residuos y asegurarse de que sean reciclados o desechados (Burgos y Padilla, 2021).

Demolición selectiva: El procedimiento se lleva a cabo mediante la separación selectiva de los diversos materiales generados, en coordinación con el proceso de demolición, para evitar la mezcla y la contaminación de los materiales reciclables. Esto significa que, durante la demolición de la obra, se realiza simultáneamente la separación de materiales (Burgos y Padilla, 2021).

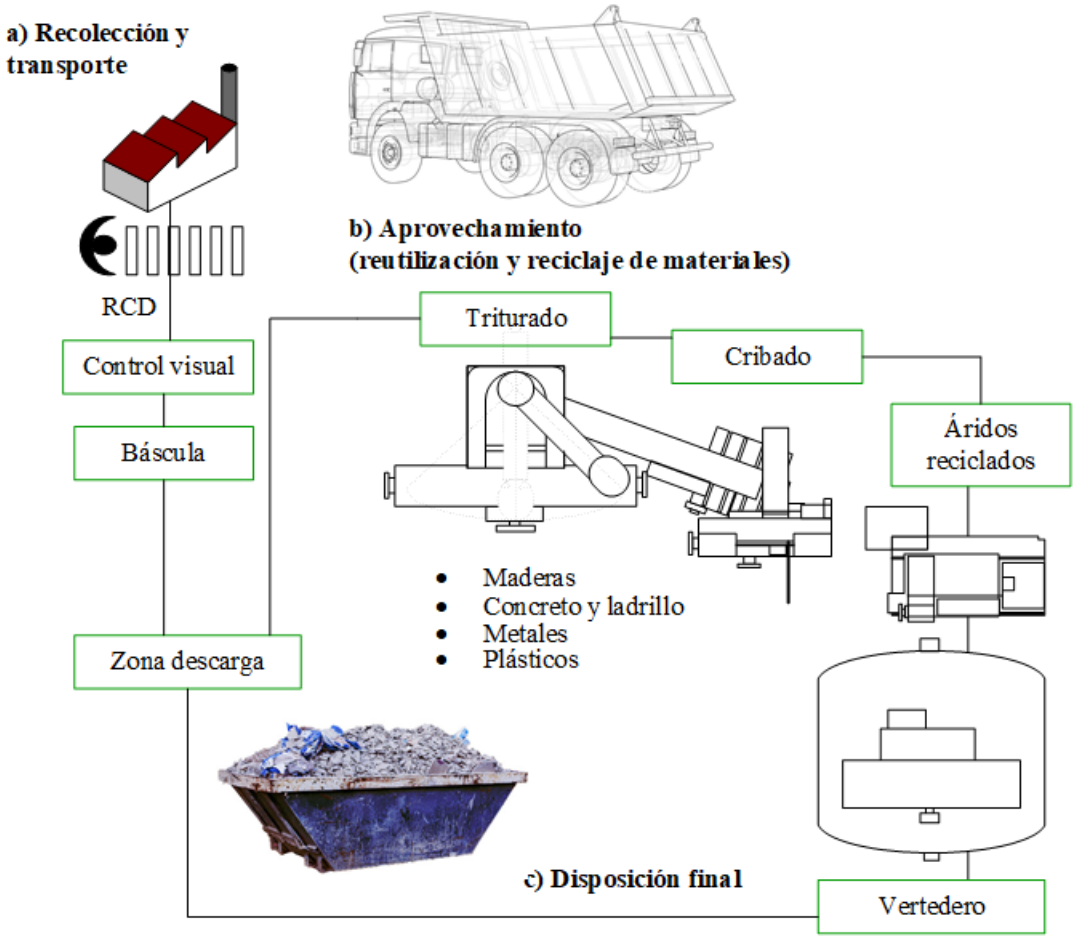
Depósitos de RCD: Algunas ciudades disponen de depósitos de RCD donde se pueden depositar los residuos de concreto. Estos depósitos gestionan los materiales de construcción y los reciclan o los tratan adecuadamente de acuerdo con las regulaciones ambientales (Burgos y Padilla, 2021).

Reutilización: La reutilización implica emplear nuevamente el residuo en su estado original, sin someterlo a reprocesamiento, ofreciendo nuevas opciones de uso. Esto puede realizarse directamente en el lugar donde se generan los residuos o aplicarse en otros tipos de obras (Burgos y Padilla, 2021).

Reciclaje: Esta etapa se define como el proceso en el cual los RCD son recolectados y convertidos en nuevos materiales que pueden ser reintegrados al ciclo productivo (Burgos y Padilla, 2021).

Figura 4

Flujograma de la Recolección y Tratamiento de RCD



Nota. Adaptado por (Vásquez, 2022).

2.3.2.5. Aplicaciones de los residuos de concreto en la construcción

Estos materiales se caracterizan por su considerable volumen. Los residuos de concreto pueden reutilizarse principalmente en cuatro ámbitos: en la elaboración de concreto empleando agregados reciclados como reemplazo total o parcial de los agregados naturales, ya sean gruesos o finos; en la construcción vial, como material para bases o suelos; y en la fabricación de nuevos productos de alta calidad (Domingo, 2002). Sin embargo, actualmente, se está dando valor a su aplicación para generar materiales granulares que puedan ser aplicados como afirmados, subbases o bases en vías y edificaciones.

2.3.3. Material excedente de excavaciones (DME)

Los Depósitos de Material Excedente (DME) son áreas designadas específicamente para la deposición de los materiales resultantes del movimiento de tierras en el proyecto de construcción. Estos materiales, también conocidos como desmonte, son aquellos que se excavaron y removieron del terreno (Cherné y González, 2010).

El desmonte de excavaciones de tierra se refiere al material resultante de la excavación de terreno durante el proyecto de construcción. Este material generalmente consiste en suelo, rocas, piedras y otros elementos que se remueven para llevar a cabo la obra (Cherné y González, 2010).

Una vez que se realiza la excavación, es común que el desmonte deba ser retirado del lugar para dejar espacio libre y continuar con las siguientes etapas del proyecto. La forma en que se gestionará este desmonte depende de varios factores, como la cantidad de material, las regulaciones locales y las características del sitio. Existen diferentes opciones para el manejo del desmonte de excavaciones de tierra, algunas de las cuales pueden ser: (Cherné y González, 2010)

Reutilización en el mismo proyecto: Si el desmonte cumple con ciertos requisitos de calidad y se puede utilizar nuevamente, puede ser reaprovechado en otras áreas del proyecto como relleno o nivelación de terreno.

Venta o donación: El desmonte puede ser vendido o donado a terceros que lo necesiten para sus propios proyectos de construcción o relleno de terrenos.

Depósito en vertederos autorizados: Si el volumen de desmonte es grande y no se puede reutilizar, es común que se disponga de él en vertederos o escombreras autorizadas. Estos lugares deben cumplir con las regulaciones ambientales y de gestión de residuos correspondientes.

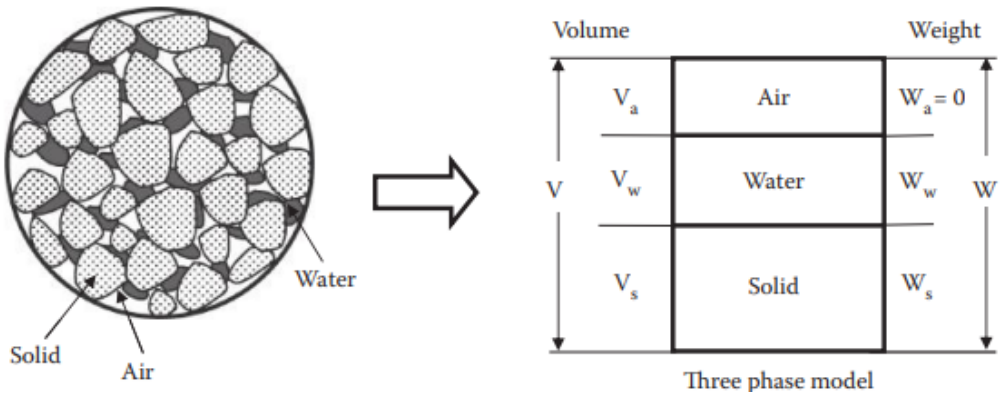
2.3.4. Suelo

El suelo constituye la capa superficial de la tierra y está formado por minerales, materia orgánica, agua, aire y organismos vivos. Es el recurso natural básico para la construcción de edificaciones e infraestructura vial. La composición del suelo varía según factores como la geología, el clima, la vegetación y el tiempo. Los componentes básicos del suelo son: (Das, 2015)

- Minerales: partículas inorgánicas provenientes de la descomposición de rocas y minerales, como arena, limo y arcilla.
- Agua: esencial para las plantas y los organismos del suelo. Puede estar en forma líquida, adsorbida a las partículas del suelo, o como humedad en los espacios porosos.
- Aire: presente en los espacios porosos del suelo y es necesario para la respiración de las raíces y los microorganismos.

Figura 5

Fases del Suelo: Sólido, Líquido (Agua), Gaseoso (Vacíos)



Solid (sólido), air (aire), water (agua) ***Modelo de tres fases***

Nota. (Ishibashi y Hazarika, 2015).

En el contexto de las carreteras, el suelo es sustancial en la conformación de la base y subbase de la vía.

2.3.4.1.Tipo de suelo.

Dependiendo de su composición y capacidades de carga, se pueden utilizar diferentes tipos de suelo: (Das, 2015)

- **Suelo arcilloso cohesivo:** compuesto principalmente por arcilla, tiene buena capacidad portante y cohesión, pero puede presentar problemas de expansión y contracción con los cambios de humedad. Se utiliza como base en carreteras.
- **Suelo limoso:** compuesto principalmente inorgánico por limo, suelo fino y compacto con moderada capacidad de soporte. Se utiliza en la construcción de terraplenes.
- **Suelo granular:** formado principalmente por arena y grava, tiene buena capacidad de drenaje y se utiliza en la subbase de carreteras para facilitar la filtración del agua y evitar el deterioro de la base.

Figura 6

Tipos de Suelos



Nota. (Zapata, 2018).

2.3.4.2.Sistemas de clasificación de suelos.

Los sistemas de clasificación de suelos permiten catalogarlos de acuerdo a sus propiedades de gradación y plasticidad en grupos alfa numéricos en el caso de AASHTO y grupos alfabéticos en el caso de SUCS, donde ambos grupos se pueden correlacionar, es decir, se puede indicar ambas clasificaciones para el mismo tipo de suelo (Cuipal, 2018).

AASHTO. En este sistema los suelos se dividen en granulares y francos arcillosos finos, dividiéndolo en siete grupos básicos, numerados del A-1 al A-7. Así mismo, la medida numérica de la calidad del suelo es el índice de grupo (IG), cuanto menor sea el IG, mejor será la calidad de los fragmentos del suelo, por ello, esta clasificación se utiliza recurrentemente para clasificar los suelos que, se utilizarán en proyectos viales (Cuipal, 2018). En la Figura 7 se presenta la clasificación AASHTO.

SUCS. Este sistema de clasificación divide al suelo en partículas finas y gruesas, de acuerdo al suelo que pasa por la malla N° 200, también define su nivel de plasticidad de los suelos finos en baja y altamente plásticos, así como la gradación de los suelos gruesos en bien y mal gradados, así mismo, es importante rescatar que este tipo de clasificación se utiliza recurrentemente para clasificar los suelos que, se utilizarán en proyectos de cimentación (Cuipal, 2018). En la Figura 8 se presenta la clasificación SUCS.

Figura 7

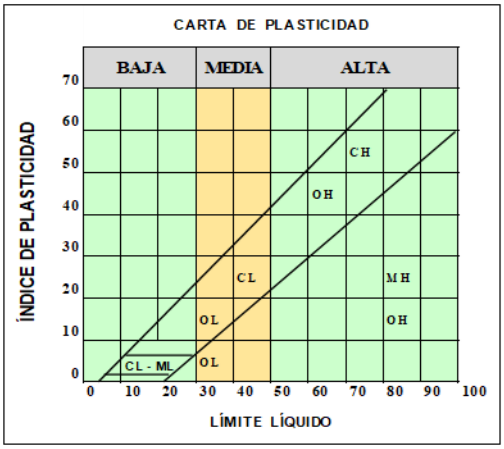
Clasificación de Suelos AASHTO M 145 y/o ASTM D 3282

Clasificación general	**Suelos granulares 35% máximo que pasa por tamiz de 0.075 mm (N° 200)**							**Suelos finos más de 35% pasa por el tamiz de 0.075 mm (N° 200)**				
Clasificación de Grupo	**A-1**		**A-3**	**A-2**				**A-4**	**A-5**	**A-6**	**A-7**	
	A-1-a	**A-1-b**		**A-2-4**	**A-2-5**	**A-2-6**	**A-2-7**				**A-7-5**	**A-7-6**
% que pasa por el tamiz de:												
2 mm (N° 10)	máx. 50											
0.425 mm (N° 40)	máx. 30	máx. 50	mín. 51									
F: 0.075 mm (N° 200)	máx. 15	máx. 25	máx.10	Máx. 35	máx. 35	máx. 35	máx. 35	min. 36	mín. 36	mín. 36	mín. 36	min. 36
Características de la fracción que pasa del tamiz (N° 40)												
LL (límite líquido)				máx. 40	min. 41	máx. 40	mín. 41	máx. 40	Min. 41	máx. 40	mín. 41	min. 41
IP (índice de plasticidad)	máx. 6	máx. 6	NP	máx. 10	máx. 10	mín. 11	mín. 11	máx. 10	máx. 10		mín. 11 (a)	min. 11
Tipo de material	Piedras, gravas y arenas		Arenas Finas	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Estimación general del suelo como sub rasante	Excelente a bueno					Regular a insuficiente						

(a) Índice de Plasticidad del subgrupo A-7-5: es igual o menor que LL-30.
(b) Índice de Plasticidad del subgrupo A-7-6: es mayor que LL-30.
Cuando se requiera relacionar los grupos con el Índice de Grupo (IG), estos deben mostrarse entre paréntesis después del símbolo del grupo, ejemplo: A-4(5), A-7-5 (17), etc.
IG = (F-35) [0.2+0.005 ((1-40)] +0.01 (F-15) (IP-10).
Nota. (MTC, 2014).

Figura 8

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)

DIVISIÓN MAYOR			GRUPO SÍMBOLOS		DESCRIPCIÓN	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN DEL LABORATORIO					
SUELOS DE GRANO GRUESO Mas de la Mitad del material es mayor que el tamiz N° 200	MAS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GRUESA ES MAYOR QUE EL TAMIZ N° 4	GRAVA LIMPIA (Poco o ningún fino)	GW		Grava bien graduada o mezcla de arena y grava. Poco o ningún fino	Determinar el porcentaje de arena y grava de la curva granulométrica según el porcentaje de finos (fracción menor que el tamiz N° 200), los suelos de grano grueso y de grano fino se clasifican así:	Menos del 5% GW, GP, SW, SP	Mas del 12% GM, GC, SM, SC	5% al 12% Caso límite usar los dos símbolos poco o **ningún** fin	mayor que 4 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ entre 1 y 3 $C_C = \frac{(D_{30})^2}{(D_{10} * D_{60})}$	
			GP		Grava mal graduada o mezcla de arena y grava. Poco o ningún fino					No reúne los requisitos de granulometría para GW	
		GRAVA CON FINOS (Apreciable cantidad de finos)	GM	d u	Grava con limos, grava mal graduada muy limosa. Mezcla grava, arena y arcilla					Límites de Atterberg bajo la línea "A" o IP menor de 4	Por encima de la línea "A" con IP entre 4 y 7, estaremos en un caso "limite" y usarse los dos símbolos
			GC		Mezcla bien graduada de gran, arena y arcilla. Excelente aglutinante					Límites de Atterberg sobre la línea "A" o IP mayor de 7	
	MAS DI LA MITAD DE LA FRACCIÓN GRUESA ES MENOR QUE EL TAMIZ N° 4	ARENA LIMPIA (Poco o **ningún** fino)	SW		Arena bien graduada y arena gravillosa, poco o ningún fino					mayor que 6 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ entre 1 y 3 $C_C = \frac{(D_{30})^2}{(D_{10} * D_{60})}$ No reúne los requisitos de granulometría para SW	
			SP		Arena mal graduada, arena gravillosa, pocos o ningún fino						
		ARENA CON FINOS (Apreciable cantidad de finos)	SM	d u	Arena con limos, arena muy limosa, mezcla arena y arcilla					Límites de Atterberg bajo la línea "A" o IP menor de 4	Las líneas trazadas en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos limite y deben usarse los dos símbolos
			SC		Mezcla bien graduada arena y arcilla. Excelente aglutinante					Límites de Atterberg sobre la línea "A" o IP mayor de 7	
SUELOS DE GRANO FINO Mas de la mitad del material es menor que el tamiz N° 200	LIMO Y ARCILLA (Límite líquido es menor de 50)		ML		Limo orgánico y arena muy fina, polvo de roca, arena fina con ligera plasticidad						
			CL		Arcilla inorgánica de baja o media plasticidad. Arcilla arenosa, arcilla gravillosa, arcilla limosa, arcilla floja						
			OL		Limos orgánicos, limos-arcilla orgánica de baja plasticidad						
	LIMO Y ARCILLA (límite líquido es mayor de 50)		MH		Limos inorgánicos, arena fina micáceos o diatomeaso suelo limoso, suelo elástico						
			CH		Arcilla inorgánica de alta plasticidad						
			OH		Arcilla orgánica de media a alta plasticidad						
	SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS		Pt		Turbas y otros suelos altamente orgánicos						

Nota. (Braja, 2012).

2.3.4.3.Propiedades físico mecánicas del suelo.

Características que describen su comportamiento y capacidad de soporte. Algunas de estas propiedades son: (Das, 2015)

Granulometría. La distribución granulométrica del suelo se refiere a su división en diversas fracciones según el tamaño de sus partículas. Cada fracción se caracteriza por tener partículas cuyo tamaño varía entre el valor máximo y valor mínimo, de manera que el máximo de la fracción coincide con el mínimo de la siguiente fracción en la secuencia (Balboa, 2019).

Límites de consistencia. Son los límites en los cuales la masa de suelo pasa del estado de consistencia a otro. Incluyen límite líquido y plástico (Balboa, 2019).

Límite líquido: El contenido de humedad que corresponde al límite entre los estados líquido y plástico del suelo se conoce como límite de plasticidad (Balboa, 2019).

$$LL = Wn\left(\frac{N}{25}\right)^{0.121} \quad (12)$$

$$LL = k \times Wn \quad (13)$$

Donde, N Número de golpes requeridos para cerrar la ranura para el contenido de humedad, Wn Contenido de humedad del suelo, K Factor de corrección.

Límite plástico: Contenido de humedad específico en el cual el suelo pasa del estado plástico al semisólido, manteniendo su forma sin experimentar variación volumétrica apreciable, desmoronamiento ni agrietamiento (Balboa, 2019).

$$LP = \frac{Peso\ de\ agua}{Peso\ de\ suelo\ secado\ al\ horno} \times 100 \quad (14)$$

Índice de plasticidad: Diferencia entre LL y LP. Indica la plasticidad del suelo y se utiliza para clasificarlo en términos de tipo y comportamiento.

$$IP = LL - LP \quad (15)$$

Grado de compactación. Es la densidad relativa del suelo después de ser compactado. Se expresa en porcentaje y se utiliza para evaluar la densidad y estabilidad del suelo compactado.

Densidad máxima seca compactada (DMS): es la densidad seca máxima que se puede alcanzar en el suelo después de ser compactado a la humedad óptima.

$$Ds = \frac{Dh}{(100+W\%)} \times 100 \quad (16)$$

Dónde, Dh: Densidad húmeda; W%, contenido de humedad.

Óptimo contenido de humedad (OCH): es el contenido de humedad que resulta en la MDS compactada del suelo durante la compactación.

Capacidad de soporte (CBR). La relación de soporte (California Bearing Ratio), conocida comúnmente como CBR, es la medida empleada para evaluar la resistencia al esfuerzo cortante de terrenos compactados bajo condiciones de humedad y densidad controladas (Infante y Gonzales, 2021). Indica la capacidad relativa del suelo para soportar cargas en símil con el suelo de referencia, que generalmente es la mezcla de grava y arena compactada. Por ejemplo, CBR del 100% indica que tiene la misma capacidad de soporte que el suelo de referencia, mientras que valor del 50% indica que tiene la mitad de capacidad de soporte.

$$CBR = \frac{Carga\ unitaria\ del\ ensayo}{Carga\ unitaria\ patrón} \times 100 \quad (17)$$

Resistencia al desgaste por abrasión. Medida de la fractura del agregado mineral por la combinación de impactos de abrasión (MTC, 2016).

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

En este caso, el peso inicial corresponde al peso del suelo que ha sido previamente lavado y secado en horno antes de realizar la prueba, mientras que el peso final se refiere al peso del material que permanece retenido en el tamiz N° 12.

2.3.5. Material de afirmado

El material afirmado se define como el revestimiento de calzada diseñado para proporcionar mayor resistencia a las vías. El afirmado en la capa de rodadura de la carretera es la capa más cercana a la superficie y generalmente es la mezcla de grava, arena y/o piedra triturada (Lorren, 2018).

Consiste en la combinación de tres tipos de materiales con diferentes tamaños de partículas: piedra, arena y finos o arcilla, donde, la proporción inadecuada de estos componentes puede resultar en el afirmado de baja calidad y desempeño deficiente (Balboa, 2019).

La piedra chancada está destinada a soportar la carga vehicular, mientras que la arena se utiliza para llenar los espacios vacíos entre la grava, proporcionando estabilidad a la capa. Por otro lado, los finos compuestos principalmente por arcillas y/o limos, cumplen la función de conferir cohesión tanto a la grava como a la arena (Lorren, 2018).

El material de afirmado debe tener ciertas características para garantizar la buena capacidad de soporte. Algunas de las características son: (MTC, 2014)

Granulometría: El material debe tener la distribución de tamaños adecuada para asegurar la buena compactación y resistencia. Generalmente se requiere la mezcla de diferentes tamaños de partículas, desde gruesas hasta finas (MTC, 2014).

Índice de plasticidad: Debe tener baja plasticidad para evitar deformaciones y cambios volumétricos debido a la humedad (MTC, 2014).

Compactabilidad: El material debe ser compactable para lograr la buena densidad y resistencia (MTC, 2014).

Cohesión: En algunos casos, dependiendo de las condiciones del suelo y del tráfico, se puede requerir de cierta cohesión en el material de afirmado para mejorar su resistencia (MTC, 2014).

Resistencia o capacidad de soporte (CBR): Debe presentar la capacidad para soportar las cargas del tráfico y transmitirlas de manera eficiente al suelo subyacente (MTC, 2014).

Tabla 2

Requisitos Técnicos del Material para Afirmado

Tamiz		**Porcentaje que pasa**					
(mm)		**A-1**	**A-2**	**C**	**D**	**E**	**F**
2” (50)		100					
1 ½” (37.5)		100					
1” (25)		90 - 100	100	100	100	100	100
¾” (19)		65 - 100	80 - 100				
3/8” (9.5)		45 - 80	65 - 100	50 - 85	60 - 100		
N° 4 (4.75)		30 - 65	50 - 85	35 - 65	50 - 85	55 - 100	70 - 100
N° 10 (2.0)		22 - 52	33 - 67	25 - 50	40 - 70	40 - 100	55 - 100
N° 40 (0.425)		15 - 35	20 - 45	15 - 30	25 - 45	20 - 50	30 - 70
N° 200 (0.075)		5 – 20	5 – 20	5 – 15	5 – 20	6 – 20	8 – 25
IP		4 – 9	4 – 9	5 – 20	5 – 20	5 – 20	5 – 20
LL	Máx.	35%	35%	35%	35%	35%	35%
Desgaste	Máx.	50%	50%	50%	50%	50%	50%
CBR al 100% MDS	Mín.	40%	40%	40%	40%	40%	40%

Nota. (MTC, 2014)

Es importante realizar estudios de suelos para determinar las características del material de afirmado adecuado para cada proyecto de carretera. Además, es importante realizar la compactación adecuada de esta capa para asegurar la buena capacidad de soporte (MTC, 2014).

2.4. Hipótesis

De acuerdo con Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), los estudios descriptivos no requieren necesariamente de hipótesis, aunque pueden incluir proposiciones que aborden problemas descriptivos. En este contexto, la investigación plantea una hipótesis que será analizada solamente de forma descriptiva:

La combinación del 75% de residuos de concreto con el 25% de material excedente (DME) de Rambrán presenta propiedades que cumplen con los requisitos técnicos establecidos en la EG-2013, siendo viable para su uso en la producción de afirmado en Chota (CBR mayor a 40%).

2.5. Operacionalización de variables

2.5.1. Variable independiente: Uso de material excedente DME y residuos de concreto

Se refiere a la práctica de aprovechar y dar un nuevo propósito a materiales que han sido producidos en exceso o que son subproductos de procesos industriales. Estos materiales, en lugar de ser desechados, se utilizan de manera productiva en otras aplicaciones que pueden generar beneficios técnicos, ambientales o sociales (Cherné y González, 2010).

2.5.2. Variable dependiente: Producción de afirmado

La producción de afirmado se refiere al proceso de producción de los materiales necesarios para la construcción y mantenimiento de la capa de afirmado. Esto implica la extracción, procesamiento y preparación de los materiales como piedra, grava, arena u otros agregados pétreos, que serán utilizados para brindar la base sólida y resistente a la carretera. En el caso del estudio, el afirmado se producirá por la mezcla de suelo de desmonte de excavación y residuos de concreto en conjunto, en diferentes proporciones hasta

encontrar las proporciones adecuadas, para obtener la composición homogénea y resistente que cumpla con el manual SGGP-2014 del MTC (2014).

Tabla 3

Matriz de Operacionalización de Variables

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Definición operacional	Indicadores	Und.
VI Uso de material excedente DME y residuos de concreto	La práctica de aprovechar y dar un nuevo propósito a materiales que han sido producidos en exceso o que son subproductos de procesos industriales. Estos materiales, en lugar de ser desechados, se utilizan de manera productiva en otras aplicaciones que pueden generar beneficios técnicos, ambientales o sociales.	Residuos de concreto	Son los restos o fragmentos que resultan de la demolición de edificaciones de concreto.	Granulometría	%
				Peso específico	g/cm3
				Absorción	%
				Humedad	%
				Peso unitario	Kg/m3
		Suelo estándar obtenido de desmonte de excavación	Se refiere al material resultante de la excavación o remoción de terrenos, el cual puede ser utilizado posteriormente en rellenos o conformación de superficies.	Granulometría	%
				LL	%
				LP	%
				IP	%
				Resistencia a la abrasión	%
				MDS	g/cm3
				OCH	%
				CBR	%
VD Producción de afirmado	En el caso del estudio, el afirmado se producirá por la mezcla de suelo de desmonte de excavación y residuos de concreto en conjunto, en diferentes proporciones hasta encontrar las proporciones adecuadas, para obtener la composición homogénea y resistente que cumpla con los requisitos técnicos del MTC (2014).	Mezclado de suelo y residuos de concreto	Se realiza la mezcla de los materiales procesados, en las proporciones adecuadas, para obtener la composición homogénea y resistente	Porcentaje de suelo estándar	%
				Porcentaje de residuos de concreto	%
		Propiedades físicas del material de afirmado	Son aquellas características físicas del material que caracterizan su clasificación del mismo.	Granulometría	%
				Coeficientes de gradación	%
				Límite líquido	%
				Límite plástico	%
		Propiedades mecánicas del material de afirmado	Se refieren a las características mecánicas del material utilizado para relleno o afirmado de superficies, como caminos, carreteras o bases de construcción.	Resistencia a la abrasión	%
				Máxima densidad seca	g/cm3
				Óptimo contenido de humedad	%
				Capacidad de soporte	%

Nota. Se detallan las dimensiones e indicadores de cada variable de estudio.

CAPÍTULO III.

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y nivel de investigación

La investigación es de enfoque cuantitativo, porque busca recopilar y analizar datos numéricos relacionados con la combinación de materiales granulares (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018). En este caso, se han medido principalmente las propiedades físico mecánicas del afirmado resultante por medio de la combinación del material de desmonte y los residuos de concreto.

Además, se clasifica como tipo aplicada, ya que el objetivo no es solo obtener conocimientos teóricos, sino buscar soluciones prácticas y aplicables en la infraestructura vial (Esteban, 2018), como en este caso se buscó verificar la viabilidad técnica de la combinación de suelo de desmonte aplicado en el contexto específico, el DME Rambram, distrito de Chota, y residuos de concreto, como material de afirmado para carreteras.

Por último, la investigación es de nivel descriptivo. Tiene como objetivo describir ciertos fenómenos o comportamientos, mediante el análisis de los datos cuantitativos recopilados (Morales, 2012). Tal como, en este caso donde se ha descrito los resultados sobre cómo la combinación de material de desmonte y residuos de concreto pueden servir para la producción de afirmado en la proporción definida por el método analítico de combinación granulométrica.

Tabla 4

Tipo de Investigación según los Principales Criterios

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

Nota. (Grajales, 2000).

3.2. Diseño de investigación

Se caracteriza por ser de diseño cuasi experimental con grupo control de corte transversal porque busca establecer la relación causal entre la combinación de materiales y la calidad del afirmado, utiliza el grupo control como punto de comparación y recolecta los datos en un único momento en el tiempo, pero no sigue un proceso estadístico para la determinación de la muestra.

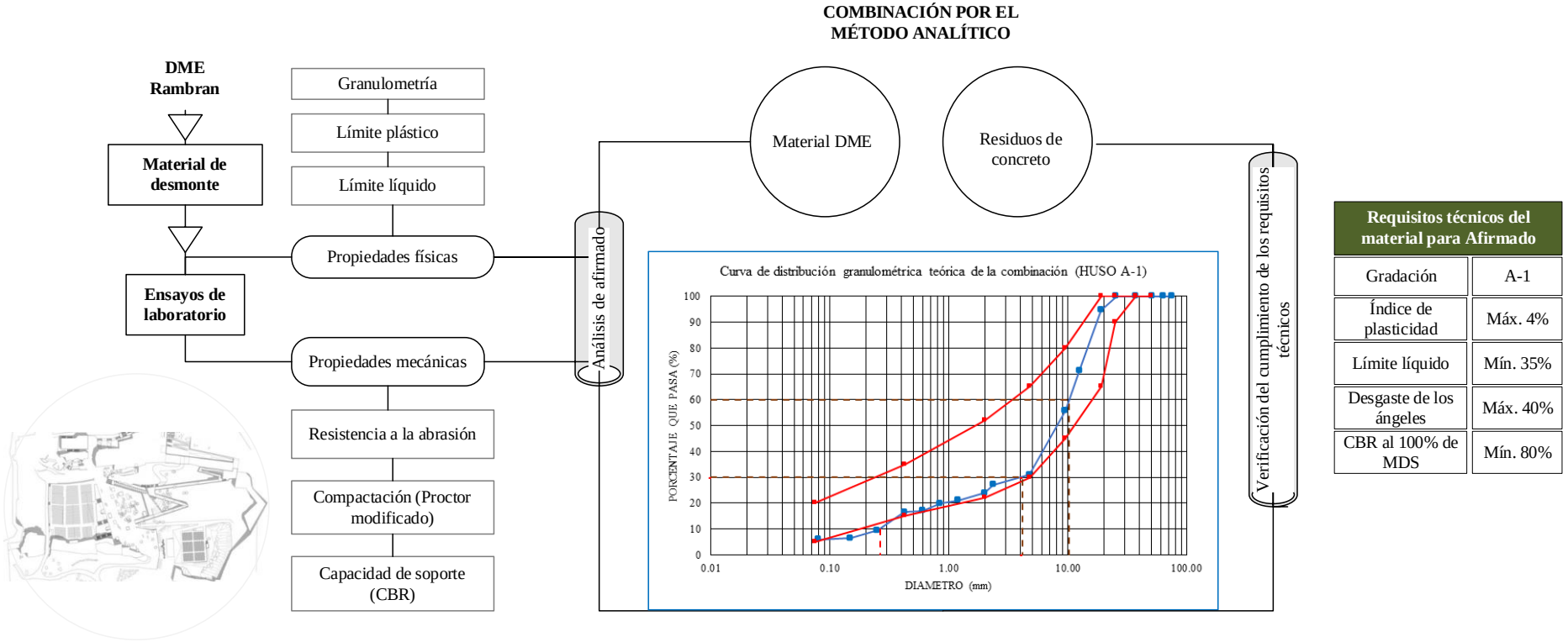
$$M \begin{cases} GE \leftrightarrow Material\ excedente\ y\ residuos\ de\ concreto \\ GC \leftrightarrow Material\ excedente\ DME \end{cases} \quad (19)$$

Donde, GE grupo cuasi experimental, GC grupo control, M muestra.

En este estudio se evaluó cómo la combinación de material excedente de desmonte y residuos de concreto puede servir como material de afirmado. Se utilizó el grupo control que no recibe la combinación con residuos de concreto, sirviendo de punto de comparación para evaluar los efectos de la variable independiente (combinación de materiales) sobre la variable dependiente (afirmado). Además, este es el diseño de corte transversal, ya que los datos se recolectaron en un único punto en el tiempo, permitiendo la comparación específica de los efectos de la combinación de materiales en ese momento.

Figura 9

Diseño de Investigación



Nota. La figura muestra el procedimiento metodológico seguido para caracterizar, combinar y verificar el DME de Rambrán con residuos de concreto, mediante ensayos físicos y mecánicos. Asimismo, se compara la mezcla obtenida con los requisitos normativos de material para afirmado

3.3. Métodos de investigación

Se aplicó el método deductivo-inductivo para evaluar el uso de material excedente de desmonte y residuos de concreto en la producción de afirmado en Chota. Este enfoque metodológico combina la formulación de hipótesis basadas en principios teóricos (deducción) con datos empíricos (inducción) para llegar a conclusiones generales.

El método deductivo se empleó inicialmente para construir la base teórica y formular hipótesis. Se parte de la premisa teórica de que la combinación de material excedente de desmonte y residuos de concreto puede ser utilizada para producir afirmado de alta calidad. A partir de esta premisa, se derivaron hipótesis específicas sobre el afirmado resultante de la combinación de estos materiales.

Por otro lado, el método inductivo se utilizó para recolectar y analizar datos empíricos, permitiendo llegar a conclusiones generales. En esta fase, se llevaron a cabo pruebas cuasi experimentales para obtener datos sobre la capacidad de soporte y otras propiedades del afirmado producido de la combinación de los materiales residuales. A través del análisis de estos datos, se han extraído conclusiones generales sobre la viabilidad de las combinación de materiales para la producción de afirmado.

El proceso deductivo-inductivo implica la interacción entre ambas fases. Inicialmente, se formularon hipótesis deductivas, como la suposición de que la combinación de material excedente de desmonte y residuos de concreto mejora la resistencia del afirmado. Posteriormente, se verificó estas hipótesis. Este análisis ha permitido validar las hipótesis iniciales o ajustar las premisas teóricas en función de los resultados obtenidos, llegando así a conclusiones generales respaldadas por evidencia empírica.

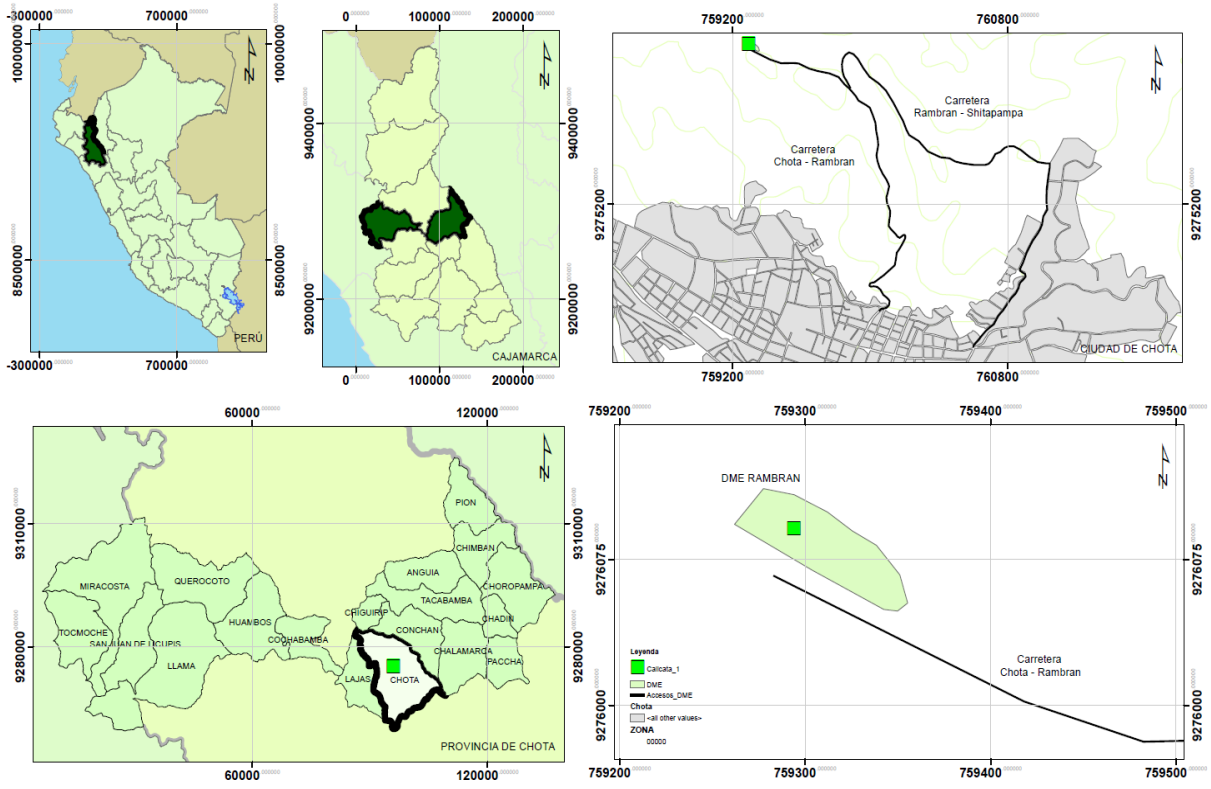
3.4. Población, muestra y muestreo

3.4.1. Población

En este caso se refiere al material excedente de excavación del DME (depósito de material excedente) Rambrán y a los residuos de concreto en Chota, con los cuales se ha producido el afirmado.

Figura 10

Ubicación del DME Depósito de Material Excedente de Rambrán



Nota. La figura presenta la ubicación geográfica del DME Rambrán en la provincia de Chota, Cajamarca, mostrando su localización desde el ámbito nacional hasta el nivel local. Asimismo, se detalla el acceso vial al DME a través de la carretera Chota–Rambrán.

3.4.2. Muestreo

No probabilístico por conveniencia, tomando en cuenta como criterio investigaciones anteriores para definir los porcentajes de combinación por el método analítico descrito por Ticlla (2021) y Urcia (2014).

Respecto al muestreo del suelo del depósito de material excedente, este se ha realizado tomando en cuenta el manual de mecánica de suelos E.050 (MVCS, 2018) que específica que cada 900 m2 de área techada del primer piso se debe realizar 1 calicata para la categoría III de edificaciones y el manual SGGP-2014 para canteras, donde el MTC (2014) argumenta que en la cantera se deben realizar 5 calicatas por hectárea de superficie, por lo que, considerando que, el depósito tiene 0.25 ha (2500 m2), se ha realizado tres calicatas de 3 m de profundidad de las que se ha extraído el material excedente que se ha usado en la combinación con los residuos de concreto.

Tabla 5

Número de Puntos de Exploración de Acuerdo a la Norma E.050

Tipo de edificación u obra	Número de puntos de exploración	Elección realizada
I	1 por 225 m2	Para edificaciones tipo III: 2500 m2/ 900 m2 = 2.78 = 3 calicatas
II	1 por 450 m2	
III	1 por 900 m2	
Habilitaciones urbanas	3 por ha	

Nota. (MVCS, 2018).

Respecto al número de ensayos, el manual EG-2013 (MTC, 2015) detalla los ensayos que se debe aplicar en el material de afirmado, especificando el único ensayo por cada muestra de material. Pero, por cada ensayo se elaboraron muestras de acuerdo a las normas técnicas peruanas (NTP), por ejemplo, para granulometría, límite líquido, abrasión y CBR se elaboraron tres muestras, mientras que para límite plástico se elaboró tan solo dos muestras, y para compactación se elaboraron cinco muestras (para mayor detalle revisar el ítem 3.6.1. proceso de obtención de datos – ensayos de laboratorio en el suelo natural y en las combinaciones).

3.4.3. Muestra

La muestra estuvo conformada por tres calicatas excavadas en el DME Rambrán, de donde se obtuvieron suelos en estado natural y se ensayaron en granulometría, LL, LP, MDS, OCH, abrasión, expansión y CBR. Posteriormente, estos mismos suelos se combinaron con residuos de concreto en la proporción determinada por el método analítico (75 % residuos de concreto y 25 % suelo), realizándose nuevamente los ensayos en las tres calicatas. De este modo, se analizaron tres muestras de suelo natural y tres muestras de la combinación suelo–residuos de concreto.

Tabla 6

Número de Ensayos en las Mezclas de Suelo del DME y residuos de concreto (RC) para la Producción de Afirmado por Cada una de las Calicatas Realizadas en el DME Rambrán, Chota

Ensayos	Proporciones de materiales para afirmado		Total
	Suelo natural del DME	Combinación definida por el método analítico	
Granulometría	3	3	6
LL	3	3	6
LP	2	2	4
Compactación (MDS y OCH)	5	5	10
Abrasión de los Ángeles	3	3	6
Expansión	3	3	6
CBR de laboratorio	3	3	6

Nota. La tabla resume los ensayos realizados y la cantidad de probetas analizadas tanto para el suelo natural del DME como para la combinación con residuos de concreto, considerando un total de 44 determinaciones por cada calicata (se han realizado 3 calicatas).

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Técnicas

3.5.1.1. Revisión de normas técnicas y manuales de carreteras.

Se revisaron los documentos existentes sobre las normas técnicas y los manuales de carreteras en Perú para determinar los requisitos y estándares que se deben cumplir en la producción de material de afirmado.

3.5.1.2. Ensayos de laboratorio.

Se llevó a cabo ensayos de laboratorio en muestras del material producido, utilizando técnicas y equipos adecuados. Estos ensayos incluyen pruebas de gradación, límites de consistencia, compactación y capacidad de soporte del suelo natural y la combinación con residuos de concreto.

- **Ensayos en residuos de concreto:** Contenido de humedad, granulometría, peso específico y absorción, peso unitario, abrasión los Ángeles.
- **Ensayos en material excedente:** Contenido de humedad, granulometría, límite líquido, límite plástico, abrasión de los Ángeles, Proctor modificado, CBR de laboratorio.
- **Ensayos en la combinación de material excedente y residuos de concreto:** Contenido de humedad, granulometría, límite líquido, límite plástico, abrasión de los Ángeles, Proctor modificado, CBR de laboratorio.

3.5.2. Instrumentos

3.5.2.1. Normas técnicas peruanas y manuales de carreteras.

Se utilizaron documentos impresos y/o digitales para revisar las normas técnicas peruanas (NTP) y manuales de carreteras. Esto implicó la búsqueda y extracción de información relevante sobre los requisitos y estándares de producción de material de afirmado.

3.5.2.2. Formatos de laboratorio.

Se utilizaron formatos de laboratorio específicos para registrar los resultados de gradación, límites de consistencia, compactación y capacidad de soporte. Estos formatos permitieron tener la recopilación estructurada de los resultados derivados en las pruebas de laboratorio.

- Formatos para ensayos en residuos de concreto
- Formatos para ensayos en material excedente
- Formatos para ensayos en la combinación de material excedente y residuos de concreto

3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

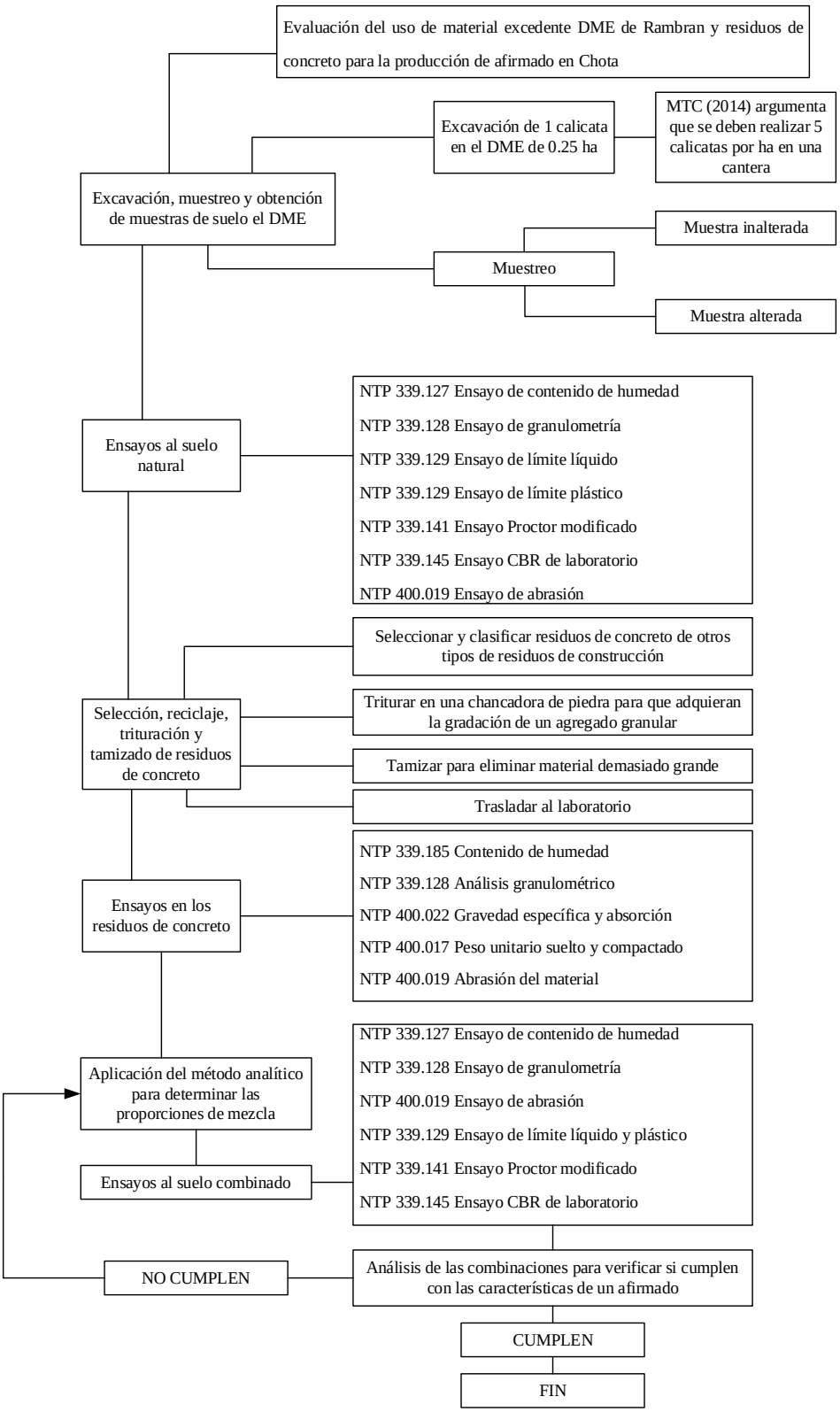
3.6.1. Proceso de obtención de los datos

El procedimiento seguido inició con la excavación y muestreo del suelo del DME de Rambrán, ubicado a 1 km de la ciudad de Chota, Cajamarca, siguiendo los lineamientos del Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, sección suelos y pavimentos, denominado manual SGGP-2014 (MTC, 2014). Se realizó tres calicatas de 3 m de profundidad y dimensiones de 1.20 m x 1.20 m, descartando los primeros 0.40 m de material orgánico, y recolectando muestras alteradas e inalteradas para análisis físicos y mecánicos. Posteriormente, los residuos de concreto fueron recolectados de probetas desechadas y vertederos no autorizados (come el vertedero en la carretera PE 3N-149 Pingobamba Bedoya, referencia puente rojo), luego fueron triturados y tamizados hasta alcanzar el tamaño máximo nominal (TMN) de 3/8”. La proporción de combinación entre suelo y residuos de concreto se determinó mediante el análisis granulométrico comparado con el huso A-1 de la norma EG-2013, por el método analítico de combinación granulométrica, obteniéndose la

mezcla de 25% de suelo del DME Rambrán y 75% de residuos de concreto. Los materiales fueron secados en horno a 110°C y mezclados manualmente. Finalmente, se realizaron ensayos de mecánica de suelos en el laboratorio CIEXLIAN de Chota y en el laboratorio de mecánica de suelos y materiales de la EPIC – UNACH de Chota para evaluar las propiedades físico-mecánicas de la mezcla, incluyendo contenido de humedad, granulometría, límites de consistencia, ensayo Proctor modificado, CBR de laboratorio y resistencia a la abrasión, siguiendo las normas técnicas peruanas (NTP 339.127, 339.128, 339.129, 339.141, 339.145 y 400.019).

Figura 11

Gráfico de Procedimiento de Obtención de Información



Nota. La figura muestra el procedimiento metodológico, desde el muestreo del DME y residuos de concreto hasta los ensayos de laboratorio y verificación del cumplimiento para afirmado.

3.6.1.1. Definición de las características y potencia del DME.

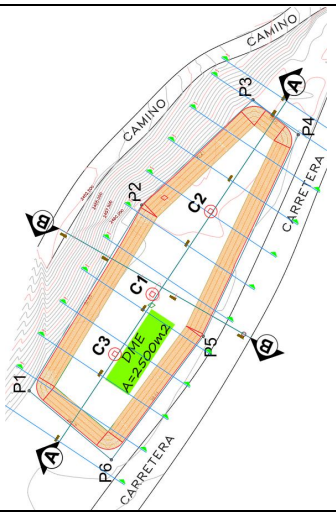
El DME Rambrán, ubicado en el centro poblado Rambrán a 1 km de la ciudad de Chota y administrado por la Municipalidad Provincial de Chota (MPCH), cuenta con la superficie total de 2,500 m² (equivalente a 0.25 hectáreas) y perímetro de 233.547 m. Su altitud promedio es de 2,462.52 msnm, con la cota mayor de 2,462.68 msnm y la cota menor de 2,462.11 msnm, lo que indica leve desnivel en la zona.

El depósito presenta altura de corte variable, que oscila entre 0.25 y 3.00 m, en cuanto a la disponibilidad del recurso, el volumen total de extracción estimado es de 18,057.12 m³ de acuerdo al levantamiento topográfico realizado en la zona, lo que representa cantidad significativa de material apto para diversas aplicaciones. Por tanto, el DME Rambrán es el depósito de tamaño moderado, con reserva importante de material excedente.

Tabla 7

Características del DME Rambrán

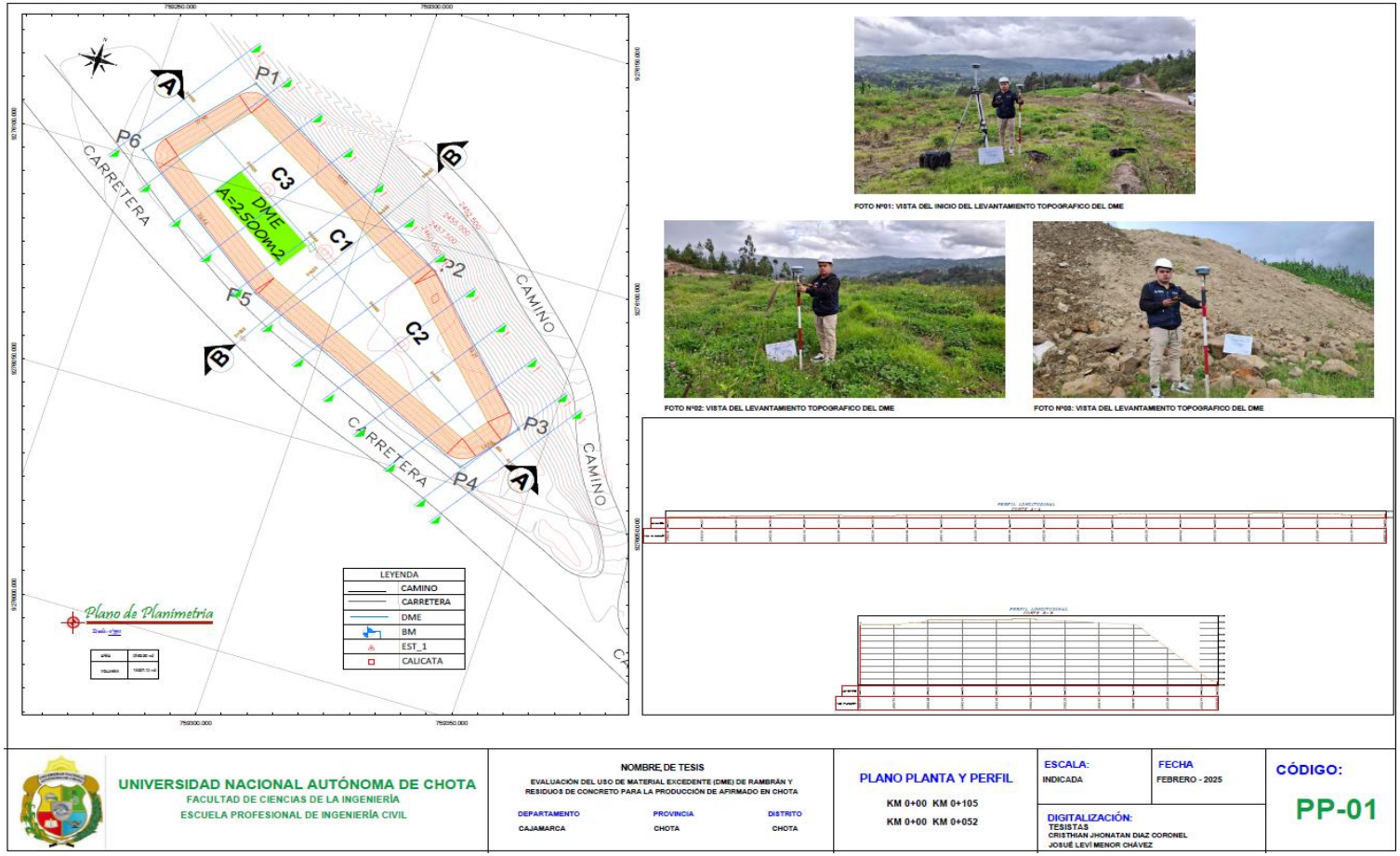
DME Rambrán		
Propietario		Municipalidad Provincial de Chota (MPCH)
Ubicación	*Norte (m S)*	9276093.41
	Este (m E)	759297.38
	Elevación (msnm)	2,462.52
Área (m^2)		2,500.00
Área (ha)		0.25
Perímetro (m)		233.547
Cota mayor (msnm)		2,462.68
Cota menor (msnm)		2,462.11
Altura de corte (m)		0.25-3.00
Volumen de extracción (m^3)		18,057.12



Nota. La tabla describe las características del DME Rambrán, con un área de 0.25 ha, altura de corte entre 0.25 y 3.00 m y un volumen estimado de extracción de 18,057.12 m³, ubicado a 2,462 msnm en Chota.

Figura 12

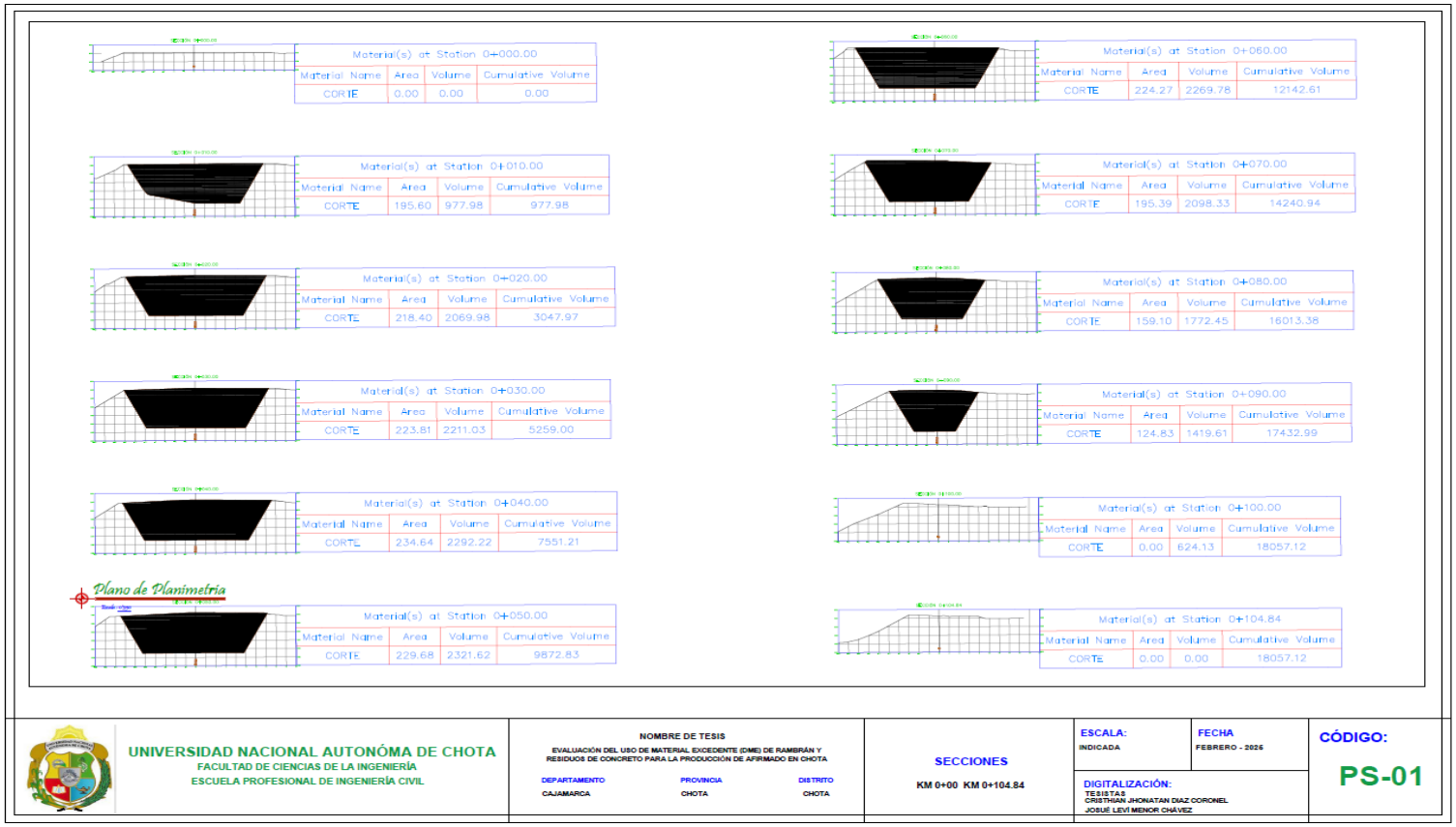
Vista en Planta del DME Rambrán, Chota



Nota. La figura muestra el plano de planta y perfil del DME Rambrán, junto con el registro fotográfico del levantamiento topográfico realizado en la zona de estudio (ver anexo).

Figura 13

Vista de las Secciones del DME Rambrán



Nota. La figura presenta las secciones transversales del DME Rambrán, donde se calculan áreas y volúmenes de corte que permiten estimar un volumen total de 18,057.12 m³ (ver anexo).

3.6.1.2. Excavación, muestreo y obtención de muestras de suelo del depósito de material excedente.

La excavación, muestreo y obtención de muestras de suelo del depósito de material excedente (DME) de Rambrán se llevó a cabo siguiendo criterios técnicos y normativos para garantizar representatividad y precisión en los resultados. El DME se encuentra ubicado en la comunidad de Rambrán, con la extensión aproximada de 0.25 ha. De acuerdo con el Manual SGGP-2014 (MTC, 2014), que establece la realización de cinco calicatas en canteras con superficies de 1 ha para su caracterización físico-mecánica, se determinó que para la extensión del DME se debía realizar tres calicatas.

Figura 14

Vista Satelital del DEM Rambrán en el Distrito de Chota



Nota. (Google earth, 2024).

La calicata 01 se ubicó estratégicamente en la parte central del depósito, en las coordenadas UTM WGS84 17S 759,294.14 m E, 9,276,091.33 m S, a la altitud de 2,462.52 msnm. La calicata 02 se ubicó en 759,315.33 m E,

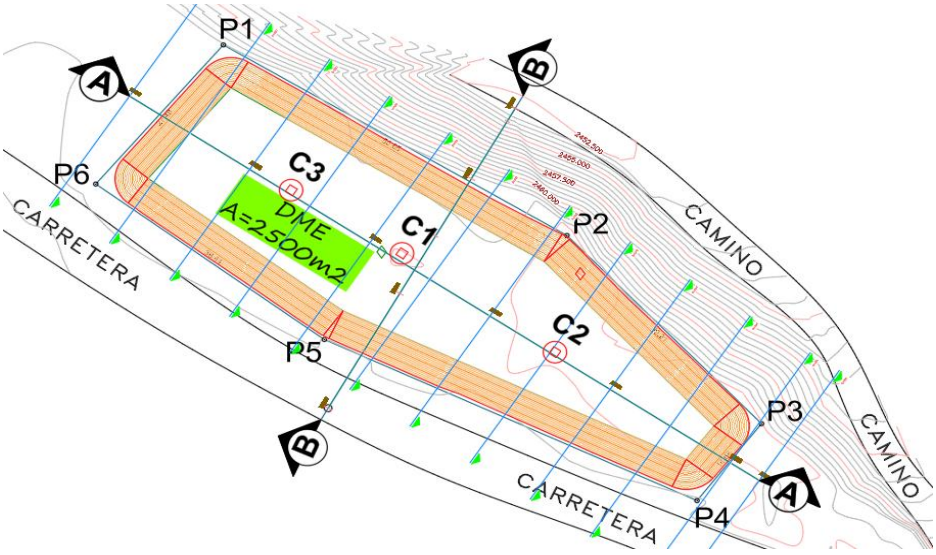
9,276,076.38 m S, a 2,461.96 msnm; y la calicata 03 se localizó en 759,278.76 m E, 9,276,100.89 m S, a 2,462.38 msnm.

Utilizando maquinaria pesada se facilitó la excavación de las tres calicatas. Se alcanzó la profundidad de 3.00 m con dimensiones de 1.20 m x 1.20 m. Los primeros 0.40 m del perfil fueron descartados, ya que correspondían a material orgánico de color negro amarillento, poco representativo para los objetivos del estudio.

El muestreo se realizó diferenciando dos tipos de muestra: alterada e inalterada. La muestra alterada se recolectó de las paredes laterales de la calicata en el siguiente estrato, destinado a los ensayos de clasificación física. Por otro lado, la muestra inalterada se obtuvo del fondo de la calicata, con el propósito de ser utilizada en los ensayos de propiedades mecánicas. Todas las muestras fueron cuidadosamente extraídas, etiquetadas y transportadas al laboratorio CIEXLIAN para su análisis y caracterización completa.

Figura 15

Ubicación de las Calicatas en el Depósito de Material Excedente



Nota. La figura muestra el plano topográfico del DME Rambrán, con un área de 2,500 m² y la ubicación de las tres calicatas excavadas para la obtención de muestras de suelo.

Tabla 8

Ubicación de las Calicatas en el Depósito de Material Excedente

Calicata	Este	Norte	Altitud
C1	759,294.14 m E	9,276,091.33 m S	2,462.52 msnm
C2	759,315.33 m E	9,276,076.38 m S	2,461.96 msnm
C3	759,278.76 m E	9,276,100.89 m S	2,462.38 msnm

Nota. La tabla presenta la ubicación georreferenciada de las tres calicatas excavadas en el DME Rambrán, cuyas coordenadas y altitudes (entre 2,461.96 y 2,462.52 msnm) permitieron la obtención de muestras representativas de suelo para los ensayos de laboratorio.

a) Equipos y materiales necesarios:

- Excavadora o pala mecánica para realizar la excavación.
- Picos y palas de mano para trabajos de excavación manual.
- Barretas para romper suelos compactos.
- Carretillas o camiones para transportar el material excavado.
- Cinta métrica y nivel para la medición y nivelación del terreno.
- Barreras de seguridad, como conos o vallas, para delimitar el área de excavación.
- Guantes de protección para manipular el material excavado.
- Casco de seguridad para proteger la cabeza.

b) Procedimiento:

- El área de excavación fue delimitada mediante la colocación de barreras de seguridad para prevenir accidentes y delimitar la zona de trabajo.
- Se ubicó la calicata en la parte central del depósito de material excedente, considerando las coordenadas UTM WGS84 17S 759,294.14 m E, 9,276,091.33 m S, a 2,462.52 msnm, garantizando el muestreo representativo.

- Se utilizó la excavadora o pala mecánica para abrir la calicata, removiendo el suelo con cuidado hasta alcanzar la profundidad de 3.00 m y dimensiones de 1.20 m x 1.20 m.
- Los primeros 0.40 m de suelo fueron removidos y descartados por contener material orgánico negro amarillento no representativo.
- En caso de encontrar terrenos compactos durante la excavación, se emplearon barretas y picos para romperlos y retirarlos de manera controlada.
- Se utilizaron palas y picos de mano para ajustar los bordes de la calicata, logrando la sección vertical y limpia que facilitara la toma de muestras.
- El terreno fue medido y nivelado utilizando cinta métrica y nivel, asegurando la precisión del muestreo y la profundidad adecuada.
- Las muestras de suelo fueron recolectadas diferenciando dos tipos: muestras alteradas extraídas de las paredes laterales de la calicata para ensayos de clasificación física y muestras inalteradas tomadas del fondo para ensayos mecánicos.
- Las muestras fueron identificadas y etiquetadas en recipientes herméticos o bolsas de plástico, indicando la profundidad y ubicación de cada muestra en la calicata.
- Las muestras extraídas fueron trasladadas al laboratorio CIEXLIAN para su análisis y caracterización completa.
- La calicata fue rellenada con el material excavado, nivelada y compactada adecuadamente, dejando el área de trabajo en condiciones seguras.

Figura 16

Proceso de Excavación de la Calicata en el DME Rambrán



Nota. La figura muestra la excavación de calicatas en el DME Rambrán, realizada para la obtención de muestras de suelo destinadas a los ensayos de caracterización en laboratorio.

Figura 17

Muestras de Suelo en el DME Rambrán

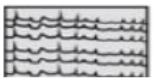


Nota. La figura muestra la recolección y embalaje de muestras de suelo del DME Rambrán, destinadas a los ensayos de laboratorio para la investigación.

El perfil estratigráfico presentado en la imagen muestra dos estratos de suelo con características y clasificaciones distintas según los sistemas SUCS y AASHTO. El primer estrato, que se extiende desde la superficie hasta los 0.40 m de profundidad, está compuesto por el material orgánico de color negro amarillento, con el bajo contenido de humedad y grado de compactación; según la clasificación SUCS este material corresponde a SM (Arena limosa). A partir de los 0.40 m y hasta los 3.00 m de profundidad, se encuentra el segundo estrato, compuesto por el suelo granular que, de acuerdo con la clasificación AASHTO, pertenece al grupo A-2-4. Esto sugiere que se trata de la mezcla de arena y limo, con características intermedias entre materiales arenosos y finos.

Figura 18

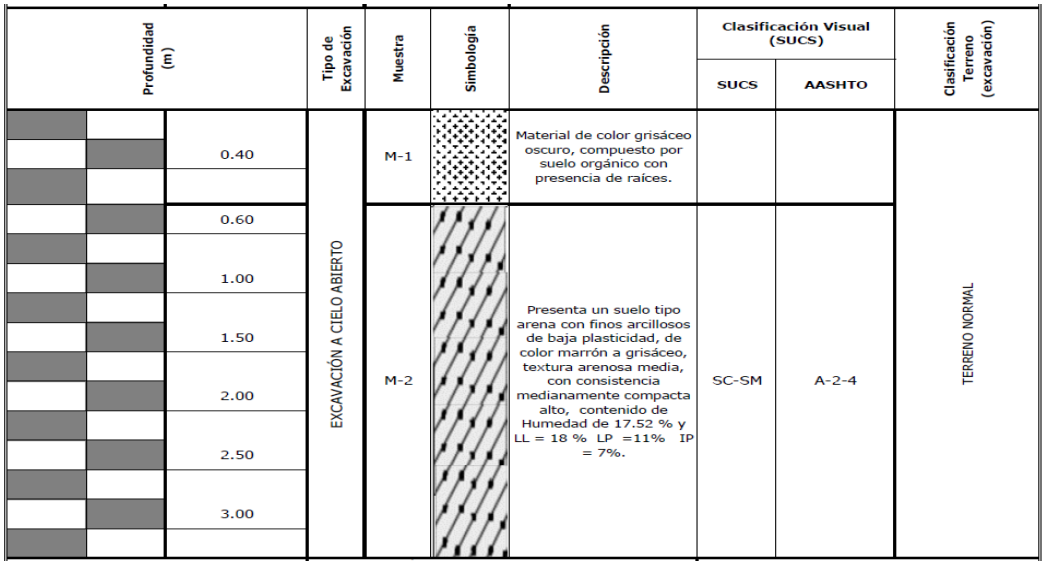
Perfil Estratigráfico de la Calicata 1 del Depósito de Material Excedente (DME) de Rambrán

Profundidad (m)		Muestra	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN		Contenido de humedad	Límites de consistencia	
				Símbolo	Símbolo gráfico		L.L (%)	L.P (%)
0.40	0.10 0.20 0.30 0.40	S/M	Material orgánico de color negro amarillo, con bajo contenido de humedad y bajo grado de compacidad.					
	0.50 0.90 1.00 1.20 1.50	DME	**Estracto clasificado en el sistema"SUCS"** Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	SM				
3.00	1.80 2.00 2.20 2.50 2.80 3.00		**(AASHTO)**	A-2-4		6.35%	18.61 IP	12.68 5.93

Nota. La figura muestra la descripción estratigráfica de una calicata en el DME Rambrán, donde se identificó en superficie un material orgánico de baja humedad y compactación, clasificado como SM según SUCS y como A-2-4 según AASHTO.

Figura 19

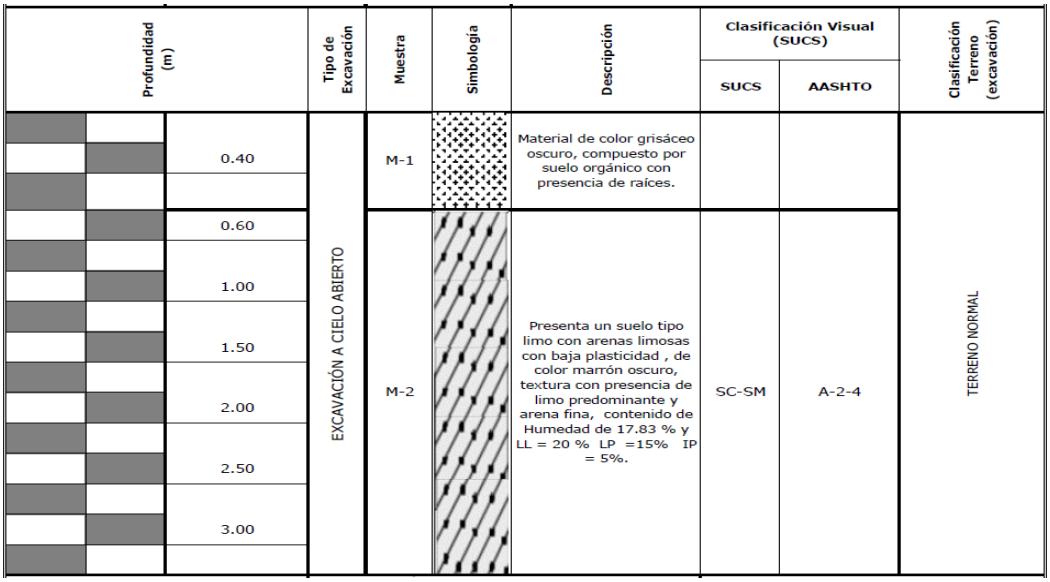
Perfil Estratigráfico de la Calicata 2 del DME de Rambrán



Nota. La figura muestra la descripción estratigráfica de la calicata C2 en el DME Rambrán, donde se identificó un primer estrato orgánico con raíces (M-1) y un segundo estrato de arena con finos arcillosos de baja plasticidad, clasificado como SC-SM según SUCS y A-2-4 según AASHTO.

Figura 20

Perfil Estratigráfico de la Calicata 3 del DME de Rambrán



Nota. La figura muestra la descripción estratigráfica de la calicata C3 en el DME Rambrán, donde se identificó un primer estrato orgánico con raíces (M-1) y un segundo estrato de arena limosas de baja plasticidad, clasificado como SC-SM según SUCS y A-2-4 según AASHTO.

3.6.1.3.Ensayos al suelo natural.

El procedimiento seguido para la realización de los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos en el laboratorio CIEXLIAN de Chota y en el laboratorio de la EPIC – UNACH fue llevado a cabo con base en normativas técnicas específicas. Inicialmente, se realizó el ensayo de contenido de humedad de acuerdo a la NTP 339.127 (2019), que consistió en determinar la cantidad de agua presente en la muestra de suelo mediante secado en estufa a 105-110°C durante 24 horas. Posteriormente, se efectuó el análisis granulométrico con la NTP 339.128 (2019) utilizando el juego de tamices de diferentes tamaños y tamizador mecánico para clasificar las partículas del suelo según su tamaño. Además, se llevaron a cabo los ensayos de límites de consistencia: límite líquido y límite plástico de acuerdo a la NTP 339.129 (2019), utilizando el aparato de Casagrande y pruebas de rollo de 3 mm para evaluar la plasticidad del suelo. Para determinar la densidad seca máxima y la humedad óptima, se realizó el ensayo Proctor modificado según la NTP 339.141 (2019), donde se compactó el suelo en capas dentro del molde cilíndrico aplicando energía de compactación estandarizada. Finalmente, se efectuó el ensayo CBR de laboratorio conforme a la NTP 339.145 (2019) para medir la capacidad de soporte del suelo, seguido del ensayo de resistencia a la abrasión de acuerdo a la NTP 400.019 (2020) con el propósito de evaluar la resistencia del material frente al desgaste. Estos ensayos permitieron caracterizar las propiedades físico-mecánicas del suelo natural.

a) NTP 339.127 (2019) ***ensayo de contenido de humedad***

Equipos, materiales e instrumentos:

- Balanza de precisión.
- Estufa de secado.

– Horno de microondas (opcional).
– Muestra de suelo.

Procedimiento:

– Se pesó la bandeja vacía y se registró su peso.
– Se tomó la muestra del suelo, se colocó en la bandeja y se pesó nuevamente, anotando el peso total.
– La bandeja con la muestra de suelo fue introducida en la estufa de secado a temperatura aproximada de 105 a 110 °C por el periodo de 24 horas.
– Una vez concluido el tiempo de secado, se retiró la bandeja de la estufa y se permitió que se enfriara a temperatura ambiente.
– Se pesó la bandeja con la muestra de suelo seco y se registró el peso obtenido.
– Finalmente, se calculó la diferencia entre el peso inicial y el peso final de la muestra de suelo seco para determinar el contenido de humedad.

b) NTP 339.128 (2019) ***ensayo de granulometría***

Equipos, materiales e instrumentos:

– Tamices de diferentes tamaños (4.75 mm, 2.36 mm, 1.18 mm, 600 µm, 300 µm, 150 µm y el tamiz de fondo)
– Agitador mecánico o tamizador
– Balanza de precisión
– Horno de secado
– Probetas o recipientes para tomar las muestras del suelo
– Cepillos o brochas para limpiar los tamices

Procedimiento:

– Se tomó la muestra del suelo que fue secada en horno a temperatura de 110 °C durante 24 horas, hasta alcanzar la masa constante.

- Se pesó 1.117 gramos del suelo seco.
- El suelo seco fue tamizado utilizando tamices de diferentes aberturas, comenzando con el tamiz más grueso (4.75 mm) y finalizando con el tamiz más fino (150 µm). Se utilizó el agitador mecánico para facilitar y acelerar el proceso de tamizado.
- Tras completar cada fase de tamizado, se pesó la masa retenida en cada tamiz y se registraron los valores obtenidos.
- Se calculó el porcentaje acumulado retenido en cada tamiz dividiendo la masa retenida entre la masa total inicial y multiplicando el resultado por 100.
- Se determinó el porcentaje que pasa por cada tamiz restando el porcentaje acumulado retenido del 100%.
- Los datos obtenidos fueron representados en el gráfico de granulometría.

c) NTP 339.129 (2019) ***ensayo de límite líquido***

Equipos, materiales e instrumentos:

- Balanza.
- Tamiz N° 40.
- Horno.
- Placa de vidrio y recipiente de porcelana.
- Capa de Casagrande.
- Cucharilla de latón.

Procedimiento:

- El suelo fue tamizado utilizando la malla N° 40 para obtener la muestra para el ensayo.
- Los 100 gramos de suelo se secaron en el horno a 110 °C hasta alcanzar masa constante.

- Se prepararon tres muestras de suelo con diferentes contenidos de agua, empleando la cuchara de latón para ajustar la consistencia deseada.
- Cada muestra fue colocada en la copa Casagrande y se alisó cuidadosamente la superficie del suelo.
- Se insertó la varilla de corte en el centro del suelo contenido en la Copa de Casagrande, abriendo la ranura, y se golpeó la base del recipiente, contando el número de golpes necesarios para que las paredes del surco se unieran.
- Las muestras del suelo que se unió fueron secadas en el horno y se pesaron antes y después de este proceso, para determinar el contenido de humedad.
- Los pasos anteriores fueron repetidos con las otras muestras de suelo que presentaban diferentes contenidos de agua.
- Finalmente, con los datos obtenidos, se elaboró la curva de consistencia y se calculó el valor del límite líquido, siendo igual a la humedad con la que se da 25 golpes para cerrar la abertura del suelo en la copa Casagrande.

d) NTP 339.129 (2019) ***ensayo de límite plástico***

Equipos, materiales e instrumentos:

- Balanza.
- Horno.
- Tamiz N° 40.
- Moldes de metal.
- Placas de vidrio.
- Espátulas y cucharillas.

Procedimiento:

- Se prepararon las muestras de suelo con la mezcla utilizada en el ensayo de límite líquido.

- Se formaron rollitos de 3 mm con el suelo hasta que presenten agrietamiento.
- Se pesaron y secaron las muestras de suelo en el horno, para determinar su contenido de humedad final, siendo el promedio de dos muestras el límite plástico.

e) NTP 339.141 (2019) ***ensayo Proctor modificado***

Equipos, materiales e instrumentos:

- Molde cilíndrico.
- Pisón mecánico circular.
- Bandeja.
- Balanza.
- Estufa o horno de secado.
- Tamices.
- Espátulas y cucharillas.
- Frascos de agua.
- Cucharilla de volumen constante.

Procedimiento:

- Se utilizó el ensayo de Proctor modificado método B, el cual emplea el material que pasa por el tamiz de 9.5 mm (3/8”), compactados con 5 capas de 25 golpes.
- Sin secado previó se midió 6 kg de suelo utilizando la cucharilla de volumen constante y se preparó cuatro especímenes con contenidos de agua lo más cercanos al óptimo, con variaciones de 2% entre sí.
- Luego, se compactó el suelo dentro del molde utilizando el martillo, aplicando 25 golpes por capa y en cinco capas hasta alcanzar la compactación adecuada.

- Se determinó y registró la masa del espécimen y el molde antes y después de ser llevado al horno para determinar el contenido de humedad y peso unitario seco máximo.
- Se repitió los pasos anteriores con diferentes contenidos de humedad hasta obtener la curva de compactación.
- Se calculó la densidad seca máxima y la humedad óptima utilizando los valores obtenidos en la gráfica de la curva de compactación.

f) NTP 339.145 (2019) ***ensayo CBR de laboratorio***

Equipos y materiales:

- Molde CBR.
- Anillo perforado.
- Balanzas.
- Cilindro perforado.
- Pistón de penetración.
- Dispositivo de carga.
- Extensómetro.
- Cucharas y espátulas.

Procedimiento:

- Se prepararon las muestras de suelo de acuerdo a la NTP 339.141.
- Se compactaron las muestras de suelo dando 55, 26 y 12 golpes por cada y con contenido de humedad correspondiente a la óptima.
- Como la muestra se iba a sumergir en agua, se tomó la muestra de 100 a 500 g antes y después de la compactación, para determinar la humedad del suelo.
- Terminada la compactación, se enraso el espécimen y si había faltante en el espécimen se rellenó con material fino, comprimiéndolo, y retirando el collar.

- Se llevó las muestras al agua por cuatro (4) días, y se controló periódicamente su deformación, registrando así la expansión de la muestra de suelo.
- Se sacó la muestra del agua y se colocó en papel filtro para dejarlo por unos minutos.
- Se colocó el anillo perforado y el cilindro perforado o membrana de carga en la parte superior del suelo compactado.
- Se aplicó la carga vertical mediante el pistón de penetración, a 1.27 mm/min de velocidad, mientras se anotan las lecturas para carga.
- Se determinó la relación de carga vertical y penetración a los 56, 25 y 12 golpes, para luego obtener la curva de CBR.
- Se calculó el valor del CBR dividido por el CBR de referencia (como el valor correspondiente a la penetración de 2.5 mm) para obtener el resultado final del ensayo al 95% y 100% MDS.

g) NTP 400.019 (2020) ***ensayo de resistencia a la abrasión***

Equipos, materiales e instrumentos

- Máquina de Los Ángeles
- Tamices
- Balanza
- Horno

Procedimiento

- De acuerdo a la gradación del suelo tamizado, se eligió el método de ensayo que determina la cantidad de muestra, siendo en este caso el método A con 12 esferas y 5 kg de suelo.
- Se lavó y seco la muestra en el horno a 110 °C, registrando su peso.

– Se colocó la muestra de ensayo en la máquina de los Ángeles rotándola a 30 rpm por 500 revoluciones.
– Se lavó la muestra y secó después del ensayo, para luego pesarla a fin de determinar el porcentaje de desgaste por abrasión del suelo.

Figura 21

Pesado de Materiales para los Ensayos de Mecánica de Suelos



Nota. La figura muestra el proceso de ensayo de granulometría realizado a los residuos de concreto en laboratorio, como parte de la investigación sobre el uso del DME Rambrán y residuos de concreto en la producción de afirmado.

Figura 22

Realización de Ensayos de Laboratorio: Proctor Modificado



Nota. La figura muestra el ensayo de peso unitario compactado realizado a los residuos de concreto, como parte de la caracterización de materiales en la investigación.

3.6.1.4.Selección, reciclaje, trituración y tamizado de los residuos de concreto.

Se recogieron residuos de concreto de las probetas que han pasado por ensayos de compresión en el laboratorio CIEXLIAN de Chota y de vertederos no autorizados ubicados en las afueras de la ciudad de Chota, en Pingobamba Bedoya PE 3N-199, referencia cerca al puente rojo, carretera al Túnel Conchano, en las coordenadas UTM WGS84 17S 755,911.03 m E, 9,276,205.86 m S, a 2,252 msnm. Luego se trasladaron los mismos, a la chancadora de piedra Pingobamba Bajo El Toril en las coordenadas UTM WGS84 17S 757,224 m E, 9,275,315 m S, a 2,253 msnm, donde se realizó el proceso de trituración y molienda de los residuos de concreto, reduciéndolos a tamaños entre el tamiz N° 4 al tamiz N° 40, TMN 3/8", a fin de que se comporte como material granular (arena) en la combinación con el suelo del vertedero de Rambrán del distrito de Chota.

Figura 23

Vertedero de Residuos de Concreto a las Afueras de la Ciudad de Chota



Nota. La figura muestra el acopio de residuos de concreto en la ciudad de Chota, empleados como insumo en la investigación para su caracterización y posterior combinación con el DME Rambrán.

a) Equipos, materiales e instrumentos:

- Trituradora de mandíbulas.
- Molino de martillos.
- Tamices.
- Contenedores de almacenamiento.
- Equipos de protección personal: como guantes, gafas de seguridad y máscaras.

b) Procedimiento:

- Se inspeccionaron los residuos de concreto y se separaron manualmente los materiales no deseados, como metales, ladrillos u otro tipo de residuos, para asegurar la pureza del material.
- Los residuos de concreto fueron trasladados a la chancadora de piedra donde se realizó el proceso de trituración.
- Los residuos fueron introducidos en la trituradora de mandíbulas con el fin de reducir su tamaño. En algunos casos, fue necesario realizar varias pasadas para asegurar que los fragmentos alcanzaran el tamaño adecuado.
- Los trozos previamente triturados fueron transferidos al molino de martillos, donde se redujo aún más su tamaño hasta obtener las dimensiones deseadas para su posterior procesamiento.
- Los residuos molidos fueron tamizados, lo que permitió la separación de las partículas en diferentes fracciones de tamaño. Utilizando el material que pasa el tamiz 3/8".
- Las fracciones resultantes del proceso de tamizado fueron recolectadas y almacenadas en contenedores. Luego, fueron destinados trasladados al laboratorio CIEXLIAN de Chota para su análisis y posterior reutilización en la conformación de material de afirmado.

3.6.1.5.Ensayos en los residuos de concreto.

Los ensayos a los residuos de concreto triturados y previamente tamizados para comprobar que su TMN fuera 3/8", se realizaron en el laboratorio de mecánica de materiales CIEXLIAN acreditado por INDECOPI, ubicado en la ciudad de Chota y en el laboratorio de mecánica de materiales de la EPIC – UNACH de Chota. Estos ensayos sirvieron para caracterizar a los residuos de concreto como agregado fino, y se realizaron conforme a las normas técnicas peruanas (NTP). Los ensayos que se realizaron fueron: NTP 339.185 (2021) contenido de humedad, NTP 339.128 (2019) análisis granulométrico, NTP 400.017 (2020) peso unitario suelto y compactado, NTP 400.022 (2021) peso específico y absorción del agregado fino y NTP 400.019 (2020) resistencia al desgaste por abrasión.

a) NTP 339.185 (2021) ***contenido de humedad***

Equipos, materiales e instrumentos:

- Balanza
- Estufa o horno
- Recipientes para muestras

Procedimiento:

- Se midió la masa inicial de la muestra húmeda de suelo, utilizando al menos 1.5 kg para muestras granulares.
- La muestra fue colocada en el recipiente y posteriormente introducida en la estufa precalentada a 110°C ± 5°C durante el período de 24 horas.
- Luego de transcurrido este tiempo, la muestra fue retirada de la estufa y se dejó enfriar a temperatura ambiente en la atmósfera controlada para evitar la absorción de humedad del aire.

– Una vez enfriada, la muestra seca fue pesada con la balanza de precisión.

b) NTP 339.128 (2019) ***ensayo de granulometría***

Equipos, materiales e instrumentos:

– Tamices de diferentes tamaños (4.75 mm, 2.36 mm, 1.18 mm, 600 µm, 300 µm, 150 µm y el tamiz de fondo)
– Balanza de precisión
– Horno de secado
– Probetas o recipientes para muestras.
– Cepillos o brochas

Procedimiento:

– Se tomó la muestra de residuos que fue secado en horno a 110 °C por 1 día.
– Se pesó 3,116 gramos de residuos de concreto.
– Los residuos de concreto fueron tamizados utilizando tamices de diferentes aberturas, comenzando con el tamiz de 1” hasta 150 µm, empleando el agitador mecánico.
– Tras completar cada fase de tamizado, se pesó la masa retenida en cada tamiz y se registraron los valores obtenidos.
– Se calculó el porcentaje acumulado retenido en cada tamiz dividiendo la masa retenida entre la masa total inicial y multiplicando el resultado por 100.
– Se determinó el porcentaje que pasa por cada tamiz restando el porcentaje acumulado retenido del 100%.
– Los datos obtenidos fueron representados en el gráfico de granulometría.

c) NTP 400.022 (2021) ***gravedad específica y absorción***

Equipos, materiales e instrumentos:

– Balanza de precisión.

- Estufa de secado.
- Recipiente de 1000 g.
- Varilla metálica.
- Matraz de 500 cm^3.

Procedimiento:

- Se colocaron 1000 gramos de agregado fino en el recipiente y se secaron en la estufa a 110°C ± 5°C durante 3 horas.
- Una vez secada, se añadió agua a la muestra y se dejó reposar 1 día.
- El agregado fue colocado en el molde cónico y compactado con 25 golpes de la varilla metálica desde la altura de 5 cm.
- Se llenó el molde con 500 g de árido fino compactado, asegurando su distribución uniforme.
- El tubo de ensayo fue llenado con agua hasta los 500 cm^3 y se agitó suavemente para evitar burbujas de aire.
- La muestra se retiró del matraz, se secó nuevamente en estufa y se pesó para registrar su masa final.

d) NTP 400.017 (2020) ***peso unitario suelto y compactado***

Equipos, materiales e instrumentos:

- Recipiente cilíndrico.
- Varilla de acero lisa.
- Balanza de precisión.

Procedimiento:

- Se seleccionó el recipiente adecuado y la varilla de acero lisa para el ensayo.
- Se llenó el recipiente en tres etapas para PUC:

  1ero se llenó un tercio del recipiente y se apisonó con 25 golpes de la varilla,

2do se añadió otro tercio y se repitió el proceso de apisonado con 25 golpes, 3ro se completó el llenado del recipiente y se compactó nuevamente con 25 golpes.

- Mientras que, para PUS se colocó el material de la misma forma, pero sin apisonado.
- La superficie fue nivelada con la varilla.
- Finalmente, se midió y registró la masa total del recipiente con el material compactado y se determinó el volumen del recipiente.

e) NTP 400.019 (2020) ***abrasión del agregado grueso***

Equipos, materiales e instrumentos:

- Máquina de Los Ángeles.
- Cilindros de acero.
- Tamices (1.7 mm y 12.5 mm).
- Balanza de precisión.

Procedimiento:

- Se tomó la muestra representativa del agregado y se pesó con precisión.
- La muestra fue colocada en la máquina de Los Ángeles.
- La máquina fue ajustada a la velocidad de 30 a 33 RPM y operada durante el número de revoluciones especificado.
- Una vez completado el ensayo, se retiraron los cilindros de acero y se tamizó la muestra con tamices de 1.7 mm y 12.5 mm.
- Finalmente, se pesó el material retenido en los tamices y se calculó la pérdida de peso comparando la masa inicial con la final.

Figura 24

Residuos de Concreto Utilizados en los Ensayos de Caracterización



Nota. La figura muestra el proceso de reducción de tamaño de los residuos de concreto mediante fragmentación manual, previo a su caracterización y uso en la mezcla con el DME Rambrán.

Figura 25

Ensayo de Peso Específico Realizado a los Residuos de Concreto



Nota. La figura muestra la realización del ensayo de peso específico a los residuos de concreto en laboratorio, como parte de su caracterización física para la investigación.

3.6.1.6.Determinación de la proporción de la combinación.

El procedimiento seguido para determinar la proporción de suelo del DME Rambrán y residuos de concreto para la producción de material de afirmado con gradación A-1 se llevó a cabo en base al método analítico y la gradación dada por la normativa técnica. Inicialmente, se realizaron ensayos de granulometría individual para ambos materiales, determinando las curvas granulométricas de cada componente. Posteriormente, los resultados granulométricos fueron comparados con el huso granulométrico A-1 especificado en el Manual EG-2013 del MTC (2015), evidenciando que ninguno de los materiales cumplía por sí solo con los requisitos establecidos, por lo que fueron combinados. Para determinar la proporción óptima de la mezcla, se aplicó el método analítico mediante la hoja de cálculo en Microsoft Excel, considerando la distribución granulométrica de cada material y utilizando como referencia el tamiz N°10. Se calcularon los porcentajes de participación de cada material en la mezcla, resultando en la proporción del 25% de suelo del DME Rambrán (material A) y 75% de residuos de concreto (material B). Finalmente, se verificó teóricamente el cumplimiento de la gradación A-1 multiplicando los pesos retenidos parciales por los porcentajes de cada material en la combinación. No se realizaron ajustes adicionales, ya que los cálculos iniciales cumplieron con las especificaciones técnicas, aunque posteriormente se validó esta proporción con ensayos de laboratorio.

a) Equipos, materiales e instrumentos:

- Juego de tamices estándar (ASTM)
- Balanza
- Bandejas recolectoras
- Horno eléctrico

- Recipientes de muestra
- Hoja de cálculo para análisis granulométrico

b) Procedimiento para la combinación de material granular:

b.1. Ensayo de granulometría inicial:

Las muestras de suelo y residuos de concreto fueron sometidas al análisis granulométrico utilizando el juego de tamices, y después del tamizado, se pesaron las fracciones retenidas en cada tamiz. Este proceso permitió obtener la curva granulométrica inicial del suelo del DME y de los residuos de concreto, y ha sido detallado con mayor precisión en los ítems anteriores.

b.2. Análisis de la granulometría:

Los resultados obtenidos del análisis granulométrico inicial fueron comparados con el huso granulométrico A-1 para material de afirmado establecido en el Manual EG-2013 (MTC, 2015), esto para verificar si los materiales cumplían la gradación para afirmado, como no cumplen se ha propuesto la combinación de los mismos.

Tabla 9

Requisitos Granulométricos del Material para Afirmado

N°	Abertura (mm)	Gradación A-1		Gradación A-2		Gradación C		Gradación D		Gradación E		Gradación F		FHWA-FP03		FHWA-SDLTAP	
2"	50.000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1 ½"	37.500	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1"	25.000	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
3/4"	19.000	65	100	80	100									97	100	100	100
3/8"	9.500	45	80	65	100	50	85	60	100								
N° 4	4.750	30	65	50	85	35	65	50	85	55	100	70	100	41	71	50	78
N° 10	2.000	22	52	33	67	25	50	40	70	40	100	55	100	26.5	78	31.5	56.5
N° 40	0.425	15	35	20	45	15	30	25	45	20	50	30	70	12	85	13	35
N° 200	0.075	5	20	5	20	5	15	5	20	6	20	8	25	9	16	4	15

Nota. Manual EG-2013 (MTC, 2015). Se ha optado trabajar con la gradación A-1 para material de afirmado.

b.3. Determinación de las proporciones:

Se procedió a realizar la combinación analítica de los dos materiales mediante la hoja de cálculo de Microsoft Excel de combinación granulométrica por el método analítico para la gradación A-1 de afirmado dada en el manual EG-2013 (ver anexo).

Proceso de cálculo:

Una vez que se cuenta con el huso granulométrico de cada cantera por sí sola se procede a plantear la mezcla, por ejemplo, en este caso se tiene el material A, correspondiente al suelo del DME Rambrán y los residuos de concreto denominados, como material B con porcentajes que pasan de acuerdo a la Tabla 10, y se deseaba cumplir con el Huso A-1 de material de afirmado se toma como punto de partida el tamiz N° 10, y se aplican las ecuaciones del método analítico.

Tabla 10

Granulometría del Suelo del DME de Rambrán y los Residuos de Concreto

Tamiz		Especificaciones		Suelo Rambrán	Residuos de concreto
N°	Abertura (mm)	% que pasa (Huso A-1)		% que pasa	% que pasa
1"	25.40	90	100	100.00	100.00
3/4"	19.05	65	100	100.00	93.93
1/2"	12.70	----	----	100.00	67.94
3/8"	9.52	45	80	99.82	50.61
N° 4	4.75	30	65	99.19	22.85
N° 8	2.36	----	----	98.66	18.61
N°10	2.00	22	52	98.30	14.96
N° 16	1.19	----	----	97.22	12.00
N°20	0.85	----	----	95.88	10.85
N°30	0.60	----	----	85.32	8.86
N°40	0.43	15	35	84.42	8.38
N°60	0.25	----	----	50.94	4.53
N°140	0.11	----	----	33.48	3.18
N°200	0.08	5	20	30.44	3.08

Nota. La tabla compara la granulometría del DME Rambrán y los residuos de concreto, mostrando que el primero presenta mayor proporción de finos (30.44 % en Nº 200) y el segundo una textura más gruesa, complementándose para cumplir con el huso A-1.

$$P = A \times (1 - b) + B \times b \rightarrow P = A - A \times b + B \times b \rightarrow b = \frac{P-A}{B-A} \qquad (20)$$

Considerando tamiz N°10:

$$P = 37\% \begin{cases} \%\ pasante\ que\ se\ desea\ obtener\ para\ el\ tamiz\ N°\ 10 \\ P = \frac{22+52}{2} = 37\% \end{cases} \quad (21)$$

$$A = 98.3\%\ (\%\ que\ pasa\ el\ tamiz\ N°\ 10\ del\ material\ \text{A}) \quad (22)$$

$$B = 14.96\%\ (\%\ que\ pasa\ el\ tamiz\ N°\ 10\ del\ material\ B) \quad (23)$$

$$b = \frac{P-A}{B-A} \quad (24)$$

$$b = \frac{37-98.3}{14.96-98.3} = 0.74\ (\%\ que\ B\ participará\ en\ la\ combinación) \quad (25)$$

$$a = 1 - 0.74 = 0.26\ (Aporte\ del\ material\ A\ en\ la\ combinación) \quad (26)$$

Entonces, a y b para el estudio serán respectivamente 25% y 75%.

Tabla 11

Proporción de Materiales de Acuerdo al Método Analítico

Material	Denominación	Porcentaje a usar en la combinación
Residuos de concreto	B	75%
Suelo del DME de Rambrán	A	25%

Nota. La tabla muestra la proporción definida por el método analítico para la mezcla, compuesta por 75 % de residuos de concreto y 25 % de suelo del DME Rambrán.

b.4. Verificación del cumplimiento del huso granulométrico:

Luego de calcular “a” y “b”, se multiplica el peso retenido parcial por el porcentaje dado por cada combinación para verificar si cumple teóricamente la distribución granulométrica A-1, no obstante, luego se verificará este mismo proceso en laboratorio, asegurando que se cumple con todos los parámetros para el material de afirmado (Para mayor detalle revisar el anexo). Este proceso permite ajustar las proporciones finales de cada cantera para cada combinación, sin embargo, en el caso del estudio no se realizó ningún ajuste y se trabajó con la proporción obtenida por el método analítico.

Tabla 12

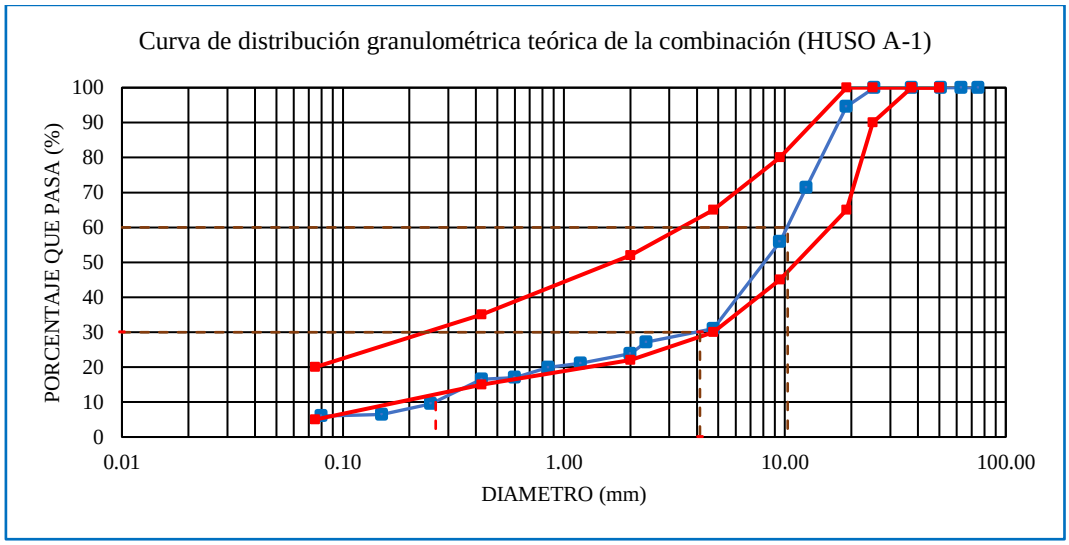
Granulometría Teórica de la Combinación de 25% del Suelo del DME de Rambrán y 75% de Residuos de Concreto

N°	Tamiz Abertura (mm)	Peso retenido parcial	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa
1”	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	141.75	5.42	5.42	94.58
½”	12.50	607.50	23.22	28.64	71.36
3/8”	9.50	405.50	15.50	44.14	55.86
N° 4	4.75	650.50	24.86	69.00	31.00
N° 8	2.36	100.50	3.84	72.84	27.16
N 10	2.00	86.50	3.31	76.15	23.85
N° 16	1.19	72.00	2.75	78.90	21.10
N 20	0.85	30.75	1.18	80.08	19.92
N 30	0.60	76.00	2.90	82.98	17.02
N 40	0.43	13.75	0.53	83.51	16.49
N 60	0.25	183.5	7.01	90.52	9.48
N 140	0.15	80.25	3.07	93.59	6.41
N 200	0.08	10.75	0.41	94.00	6.00
Cazoleta	--	94.00	3.59	97.59	2.41
Total		2553.30			

Nota. La tabla muestra los resultados del análisis granulométrico de la mezcla (75 % residuos de concreto y 25 % suelo DME Rambrán), donde se observa una adecuada distribución de tamaños de partículas y cumpliendo con el huso A-1 para afirmado.

Figura 26

Verificación Teórica de la Curva Granulométrica de la Combinación de 25% del Suelo del DME de Rambrán y 75% de Residuos de Concreto



Nota. La figura muestra la curva de distribución granulométrica de la combinación (75 % residuos de concreto y 25 % suelo DME Rambrán), donde se aprecia que la mezcla se ajusta al huso A-1, cumpliendo con los límites de gradación requeridos para material de afirmado.

3.6.1.7.Mezclas de desmonte (suelo natural) con residuos de concreto.

Luego de haber calculado los porcentajes de participación de cada material en la mezcla (proporción del 25% de suelo del DME Rambrán (material A) y 75% de residuos de concreto (material B)) se procedió a realizar la combinación para formar el afirmado. El procedimiento seguido para combinar el suelo del DME Rambrán y los residuos de concreto consistió en secar ambos materiales en el horno a 110 °C hasta alcanzar el estado completamente seco. Posteriormente, se pesaron los materiales en proporciones del 25% de suelo del DME Rambrán y 75% de residuos de concreto, lo que para la muestra de 1000 g correspondió a 750 g de residuos de concreto y 250 g de suelo. Los materiales se colocaron en bandejas y se procedió a mezclarlos manualmente con la pala de mano, asegurando la distribución homogénea. Finalmente, las muestras preparadas fueron trasladadas al laboratorio CIEXLIAN y en el laboratorio de mecánica de suelos y materiales de la EPIC – UNACH de Chota.

a) Equipos, materiales e instrumentos:

- Horno.
- Balanzas.
- Tamices.
- Bandejas o recipientes de mezcla.
- Material de desmonte.
- Residuos de concreto triturados.

b) Procedimiento:

- Se secó el material de desmonte del DME Rambrán y los residuos de concreto en el horno a 110 °C hasta que estén completamente secos.

- Una vez secos los materiales se combinaron en proporciones de 25% de suelo del DME Rambrán (material A) y 75% de residuos de concreto (material B).
- Se pesaron los materiales en los porcentajes esperados, siendo para 1000 gr de afirmado, 750 gr de residuos de concreto y 25 gr de suelo del DME Rambrán.
- Se colocaron las cantidades adecuadas de material de desmonte y residuos triturados en las bandejas o recipientes de mezcla, según las proporciones seleccionadas.
- Utilizando la pala de mano, se mezcló manualmente los materiales, asegurando la distribución uniforme de los materiales.
- Luego se procedió a realizar los ensayos de laboratorio en las mezclas preparadas en el laboratorio CIEXLIAN de Chota, para evaluar sus propiedades físicas y mecánicas de la combinación.

Figura 27

Realización de ensayos en la Combinación de Materiales: 25% de Suelo + 75% de Residuos de Concreto



Nota. La figura muestra la preparación de la mezcla de materiales en laboratorio, con la proporción de 75 % residuos de concreto y 25 % suelo del DME Rambrán, definida por el método analítico.

3.6.1.8. Ensayos al suelo combinado: mezclas de desmonte (suelo natural) con residuos de concreto.

Los ensayos al suelo combinado se han realizado en el laboratorio de mecánica de suelos CIEXLIAN y el laboratorio de mecánica de suelos y materiales de la EPIC – UNACH de Chota, y corresponden al ensayo de contenido de humedad de acuerdo a la NTP 339.127 (2019), que consistió en determinar la cantidad de agua presente en la muestra de suelo mediante secado en estufa a 105-110°C durante 24 horas. Posteriormente, se efectuó el análisis granulométrico con la NTP 339.128 (2019) utilizando el juego de tamices de diferentes tamaños y el tamizador mecánico para clasificar las partículas del suelo según su tamaño. Además, se llevaron a cabo los ensayos de límites de consistencia: límite líquido y límite plástico de acuerdo a la NTP 339.129 (2019), utilizando el aparato de Casagrande y pruebas de rollo de 3 mm para evaluar la plasticidad del suelo. Para determinar la densidad seca máxima y la humedad óptima, se realizó el ensayo Proctor modificado según la NTP 339.141 (2019), donde se compactó el suelo en capas dentro del molde cilíndrico aplicando energía de compactación estandarizada. Finalmente, se efectuó el ensayo CBR de laboratorio conforme a la NTP 339.145 (2019) para medir la capacidad de soporte del suelo, seguido del ensayo de resistencia a la abrasión de acuerdo a la NTP 400.019 (2020) con el propósito de evaluar la resistencia del material frente al desgaste.

Para realizar los ensayos de laboratorio en las mezclas de desmonte con residuos de concreto, se ha seguido el procedimiento:

a) Ensayo de contenido de humedad (NTP 339.127):

- Se tomó la muestra representativa de la mezcla de suelo y residuos.
- Se pesó la muestra y se colocó en la bandeja de secado.

- La muestra fue secada en horno hasta alcanzar el peso constante.
- Se registró el peso final y se calculó el contenido de humedad.

b) Ensayo de granulometría (NTP 339.128):

- Se tomó la muestra representativa de la mezcla y se pesó.
- Para determinar la distribución de tamaños de partículas, la muestra fue tamizada en seco utilizando la serie de tamices de diferentes aberturas.
- Se pesó la fracción retenida en cada tamiz y se calculó el porcentaje acumulado.
- Dado que se trata de la granulometría mixta y la muestra contenía presencia de finos, se aplicó el método de granulometría por lavado conforme a la norma NTP 339.181.
- Para el análisis por lavado, la muestra se sometió al proceso de lavado con agua sobre el tamiz No. 200 (0.075 mm), eliminando partículas adheridas y finas.
- Posteriormente, el material grueso restante fue secado y tamizado nuevamente en seco para completar el análisis granulométrico.

c) Ensayo de límite líquido y plástico (NTP 339.129):

- Se tomó la muestra y se pesó.
- La muestra fue colocada en el recipiente de Casagrande y se añadió agua hasta obtener la consistencia plástica.
- Una porción de la muestra fue moldeada en forma de cilindro y rodada sobre la base de vidrio, sin embargo, a partir de ello se determinó que, la muestra no presentaba límite plástico y, por ende, tampoco tenía índice de plasticidad.

d) Ensayo Proctor modificado (NTP 339.141):

- Se tomó la muestra y se pesó.

- La muestra fue mezclada con la cantidad determinada de agua.
- La mezcla fue compactada en capas dentro del molde cilíndrico con pisón.
- Se registraron el peso y la altura de cada capa compactada.
- Se calculó el contenido de humedad óptimo y la densidad seca máxima.

e) Ensayo CBR de laboratorio (NTP 339.145):

- Se tomó la muestra y se pesó.
- La muestra fue compactada en el molde cilíndrico utilizando el ensayo Proctor modificado.
- Se colocó la placa perforada sobre la muestra compactada y se aplicó la carga vertical.
- Se registraron la deformación y la carga aplicada y se calculó el valor CBR.

f) Ensayo de abrasión en máquina de Los Ángeles (NTP 400.019):

- Se tomó la muestra representativa del afirmado y se pesó.
- La muestra fue colocada en la máquina de Los Ángeles a la velocidad de 30 RPM durante el número preestablecido de revoluciones.
- Una vez completado el número de revoluciones, la muestra fue retirada de la máquina.
- Se tamizó la muestra, se pesó la fracción retenida y se comparó con la masa original para calcular el porcentaje de desgaste por abrasión.

Figura 28

Realización de los Ensayos de Mecánica de Suelos a la Combinación de Suelo con Residuos de Concreto



Nota. Las figuras muestran la etapa cuasi experimental en laboratorio: en la primera, el ensayo de granulometría aplicado a la mezcla de materiales (75 % residuos de concreto y 25 % suelo del DME Rambrán), y en la segunda, la ejecución del ensayo CBR para evaluar la capacidad de soporte del material combinado.

3.6.2. Procesamiento de datos

Se siguieron los siguientes pasos:

Recopilación de datos: Se reunieron todos los datos relacionados con la combinación de material de desmonte y residuos de concreto para la producción de afirmado en el DME Rambram, Chota.

Análisis de los materiales: Se evaluaron las propiedades físicas y mecánicas de los materiales de desmonte y residuos de concreto por separado. Esto incluyó pruebas de laboratorio para determinar principalmente la capacidad de carga.

Estudio de la combinación: Se realizaron pruebas de laboratorio para determinar cómo se comportan los materiales de desmonte y residuos de concreto cuando se combinan en los porcentajes ideales, determinados por el método analítico. Los resultados de estas pruebas ayudaron a evaluar la viabilidad de utilizar esta combinación para la producción de afirmado.

Evaluación de los resultados: Analizar los resultados obtenidos para determinar la viabilidad técnica de utilizar la combinación de material de desmonte y residuos de concreto para la producción de afirmado en el DME Rambram, distrito de Chota. Esto ha involucrado la comparación de los resultados con estándares establecidos por el MTC.

Una vez procesada toda la información se han aplicado técnicas de asociación, resumen y agrupación para presentar los resultados en tablas y gráficos resumen procesados en el programa Microsoft Excel 2022, de acuerdo al planteamiento de cada objetivo específico, a fin de luego interpretarlos y contrastarlos con el manual SGGP-2014 (MTC, 2014) para garantizar la viabilidad técnica de la combinación de material de desmonte con residuos de concreto para material de afirmado.

3.6.3. Análisis de datos

El análisis de la información se realizó únicamente comparando los resultados alcanzados con la combinación con el manual SGGP-2014 (MTC, 2014) y el manual EG-2013 (MTC, 2015), con ello, se verificó si cumple las

características del afirmado. No se realizó inferencias estadísticas puesto que, para ello, de acuerdo a Monroy y Rivera (2012) se requiere de al menos tres datos que puedan ser promediados, y en este caso, si bien se realizaron las tres calicatas dos de ellas se clasificación como suelo SM-SC y el otro como simplemente SM, por lo que no tienen la misma clasificación SUCS, siendo así, a pesar de que su clasificación es similar, se ha optado por realizar solamente el análisis descriptivo.

3.6.3.1. Análisis de la combinación para verificar si sus características cumplen para material de afirmado.

El procedimiento para el análisis de la combinación para verificar si las características cumplen para material de afirmado, de acuerdo al manual de carreteras suelo, geología, geotecnia y pavimentos del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC, 2014) fue el siguiente:

Se utilizaron los resultados de las pruebas de laboratorio para calcular las características del material de afirmado. Esto incluyó el cálculo de la capacidad de carga, la densidad óptima de compactación, entre otros parámetros.

Se compararon las características calculadas con las especificaciones del manual de carreteras del MTC (2014). Tomando como criterio que: Si las características cumplen con las especificaciones, el material se considera apto para su uso como afirmado; en caso contrario, deben tomarse medidas correctivas, como la selección de otra proporción de mezcla.

3.7. Aspectos éticos

En el caso de la investigación algunos aspectos éticos que se aplicaron fueron: (Noreña et al., 2012)

Respeto a la comunidad local: Se aseguró que el estudio considerara las necesidades y la participación activa de la comunidad local. Se tomaron en cuenta sus opiniones y se evitó imponer decisiones sin su consentimiento.

Responsabilidad social: Esto incluyó considerar si se tomaron acciones para contribuir y mejorar la calidad de vida de la comunidad local con el estudio.

Supervisión y evaluación continua: Se establecieron para monitorear el impacto ambiental y social de la producción de afirmado con residuos de concreto.

Divulgación de resultados: Se comunicó de manera clara los resultados de la investigación a la comunidad científica y local, lo que permitirá que otros investigadores repliquen los hallazgos, además de brindar información necesaria para que la comunidad comprendiera el estudio.

Así mismo, como criterios de rigor científico se tuvo: (Noreña et al., 2012)

Transparencia y rigor científico: Se garantizó la honestidad y transparencia durante la investigación, presentando los datos y resultados de manera clara y objetiva. Se evitó cualquier manipulación o tergiversación de la información para obtener conclusiones favorables o favorecer intereses particulares.

Índice de similitud menor al 25%: Se aseguró que el trabajo presentara índice de similitud inferior al 25% al ser verificado con herramientas de detección de plagio, garantizando así que el contenido fuera mayormente original.

Revisión bibliográfica: Se utilizaron fuentes bibliográficas actualizadas y relevantes al tema de investigación.

Metodología clara y justificada: Se describió detalladamente la metodología utilizada, especificando las técnicas de recolección de datos.

Reproducibilidad: La investigación fue diseñada de manera que otros investigadores pudieran replicar el estudio siguiendo la misma metodología.

Interpretación coherente: Los resultados fueron interpretados de manera lógica con los objetivos planteados, asegurando consistencia en las conclusiones.

CAPÍTULO IV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción de resultados

4.1.1. Propiedades físico mecánicas de los residuos de concreto

En la Tabla 13 se detalla los resultados de las propiedades físico-mecánicas de los residuos de concreto utilizados para la producción de afirmado, destacando su baja humedad, alta proporción de grava y baja abrasión, sin embargo, solo cumple parcialmente con la curva granulométrica A-1, por lo que, requiere combinación con otro material (suelo) para su uso como afirmado.

Tabla 13

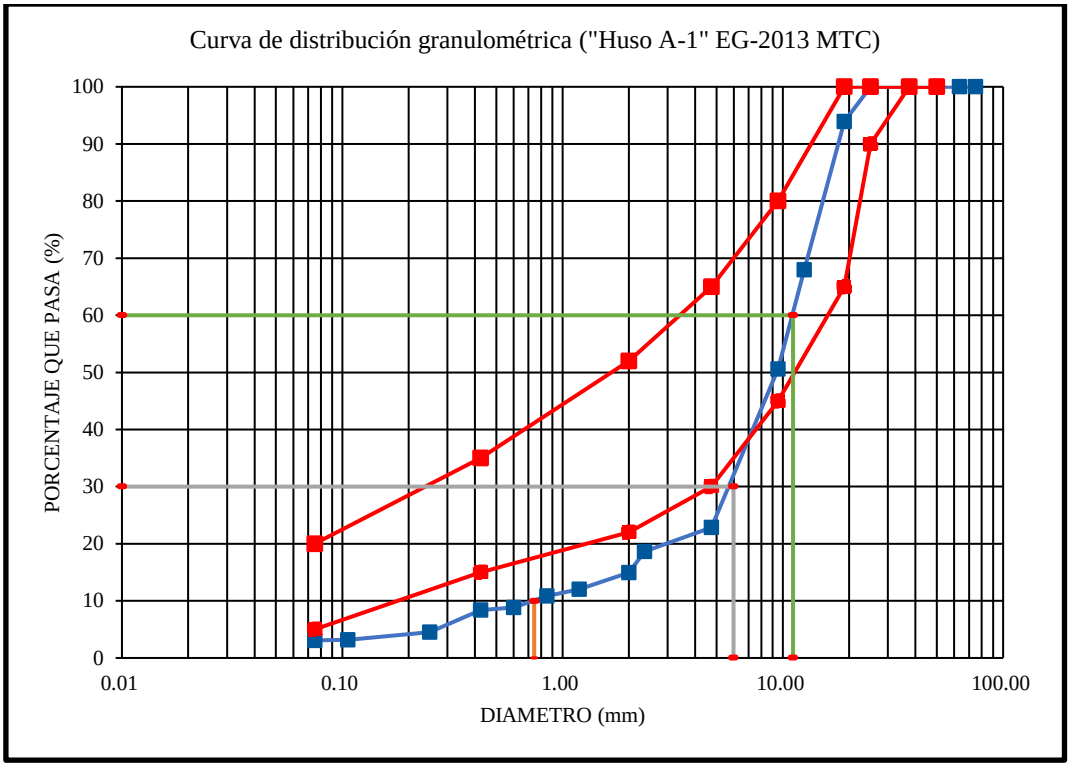
Propiedades Físico – Mecánicas de los Residuos de Concreto

Propiedades físico - mecánicas	M1	M2	M3
Humedad (%)	0.87	0.67	1.19
Clasificación SUCS	GP	GP	GP
Clasificación AASHTO	A-1-a	A-1-a	A-1-a
Grava 3” (tamiz N° 4) (%)	77.15	75.85	75.82
Arena N° 4 – N° 200 (%)	19.77	20.69	21.2
Arena gruesa (N° 4 – N° 10) %	7.89	7.94	8.07
Arena media (N° 10 – N° 40) %	6.58	6.95	7.15
Arena fina (N° 40 – N° 200) %	5.3	5.8	5.99
Finos < N° 200 (%)	3.08	3.46	2.98
D10 (mm)	0.75	0.543	0.657
D30 (mm)	6.376	6.111	6.12
D60 (mm)	11.234	11.123	11.193
Coeficiente de uniformidad (Cu)	14.99	20.48	17.04
Coeficiente de curvatura (Cc)	4.83	6.18	5.09
Peso unitario suelto (kg/m3)	1235	1242	1246.4
Peso unitario compactado (kg/m3)	1331	1342.4	1349.6
Peso específico de masa (g/cm3)	1.980	2.186	2.105
Peso específico SSS (g/cm3)	2.152	2.341	2.253
Peso específico aparente (g/cm3)	2.394	2.586	2472
Absorción	8.7	7.1	7.1
Porcentaje de abrasión (%)	22.8	21.8	21.2

Nota. Obtenido del ensayo de mecánica de suelos.

Figura 29

Curva de Distribución Granulométrica de los Residuos de Concreto en Comparación con el Huso A-1 de la EG-2013



Nota. La figura presenta la curva de distribución granulométrica de la mezcla suelo DME Rambrán–residuos de concreto, comparada con el huso A-1 del EG-2013 MTC. Se observa que la combinación se ajusta dentro de los límites de gradación, cumpliendo con las especificaciones para material de afirmado.

En relación con la granulometría, de los residuos de concreto los resultados indicaron que el 77.15% del material corresponde a grava que pasa por el tamiz N° 4 (4.75 mm), lo que confirma su naturaleza predominantemente gruesa. La fracción correspondiente a arena (tamices N° 4 a N° 200) fue del 19.77%, con distribución de 7.89% de arena gruesa, 6.58% de arena media y 5.3% de arena fina. Los finos menores al tamiz N° 200 representaron solo el 3.08% del material total, lo que indica cantidad reducida de partículas muy pequeñas.

Sin embargo, al comparar estos valores con la gradación A-1 especificada en el Manual EG-2013 (MTC, 2015), se observó cumplimiento parcial de la curva granulométrica, ya que los residuos de concreto presentaron porcentajes que pasan inferiores a los requeridos en los tamices N° 10, N° 40 y N° 200, esto sugiere que el material requiere ajustes granulométricos o combinación con otros suelos para alcanzar la curva ideal de afirmado tipo A-1 (Figura 29).

El análisis granulométrico fue complementado con los coeficientes de uniformidad (CU) y curvatura (CC). El CU fue de 14.99-20.48, lo que indica tamaños de partículas característica del material regularmente graduado; CU superior a 6 es considerado como favorable para la estabilidad de materiales granulares. Por su parte, el CC fue de 4.83-6.18, valores por encima del rango óptimo de 1 a 3, lo que indica ligera deficiencia en el balance entre partículas finas y gruesas, aunque el material sigue siendo utilizable para afirmado.

En cuanto a la clasificación del material, según SUCS es GP lo que, indica material pobremente gradado con predominancia de grava y distribución uniforme de tamaños de partículas, lo que favorece la capacidad de soporte del material. De manera complementaria, la clasificación A-1-a bajo el sistema AASHTO señala que el material es suelo granular con baja plasticidad y alto contenido de grava, lo que es adecuado para afirmados.

El contenido de humedad del material fue de 0.67%, 0.87% y 1.19% para las muestras 1, 2 y 3, respectivamente, lo que indica nivel de humedad extremadamente bajo, reflejando que los residuos se encontraban en condiciones prácticamente secas al momento del análisis, lo cual es ideal para reducir la posibilidad de interferencias por agua libre durante los ensayos de compactación y caracterización física del material.

En cuanto a las propiedades de densidad, el peso unitario suelto del material fue de 1235-1246.4 kg/m³, mientras que el peso unitario compactado fue de 1331-1349.6 kg/m³, esto evidencia incremento en la densidad del material tras la compactación, lo que indica buena capacidad de interbloqueo entre las partículas y reducción de los vacíos al aplicar energía de compactación.

Respecto a los pesos específicos, se determinaron tres tipos: el peso específico de masa de 1.980-2.186 g/cm³, el peso específico SSS (Saturado Superficie Seca) de 2.152-2.341 g/cm³ y el peso específico aparente de 2.394-2.586 g/cm³, estos valores reflejan que, al estar seco, el material presenta densidad moderada, mientras que, al saturarse, la absorción de agua incrementa ligeramente la densidad del material. El peso específico aparente, que considera tanto los poros internos como los vacíos entre las partículas, muestra la mayor densidad, lo que indica que el material es denso y puede soportar cargas elevadas bajo compactación adecuada.

La absorción del material fue del 7.1-8.7%, lo cual es relativamente alto en comparación con materiales convencionales para afirmado, este nivel de absorción es característico de residuos de concreto reciclado, ya que las microfisuras y poros del material facilitan la retención de agua, además de que estos materiales generalmente están secos, lo que hace que tengan mayor absorción de agua, no obstante, esto puede aumentar la demanda de agua durante los procesos de compactación por lo que requiere su combinación con suelo.

Finalmente, el ensayo de abrasión de los residuos de concreto arrojó porcentaje de desgaste del 21.2-22.8%, este valor indica buena resistencia al desgaste, ya que el material con abrasión inferior al 50% se considera generalmente adecuado para su uso en afirmado de acuerdo a la EG-2013.

4.1.2. Propiedades físico mecánicas del material excedente de excavación depositado en el DME Rambrán

De acuerdo a la Tabla 14 el suelo natural del DME Rambrán presenta textura arenosa con finos variables, baja plasticidad y densidades medias; sin embargo, sus valores de CBR (≤ 6%) y abrasión (>60.21%) evidencian que no cumple con los requisitos normativos para afirmado de la EG-2013 (MTC, 2015).

Tabla 14

Propiedades Físico – Mecánicas del Material Excedente de Excavación Depositado en el DME Rambrán

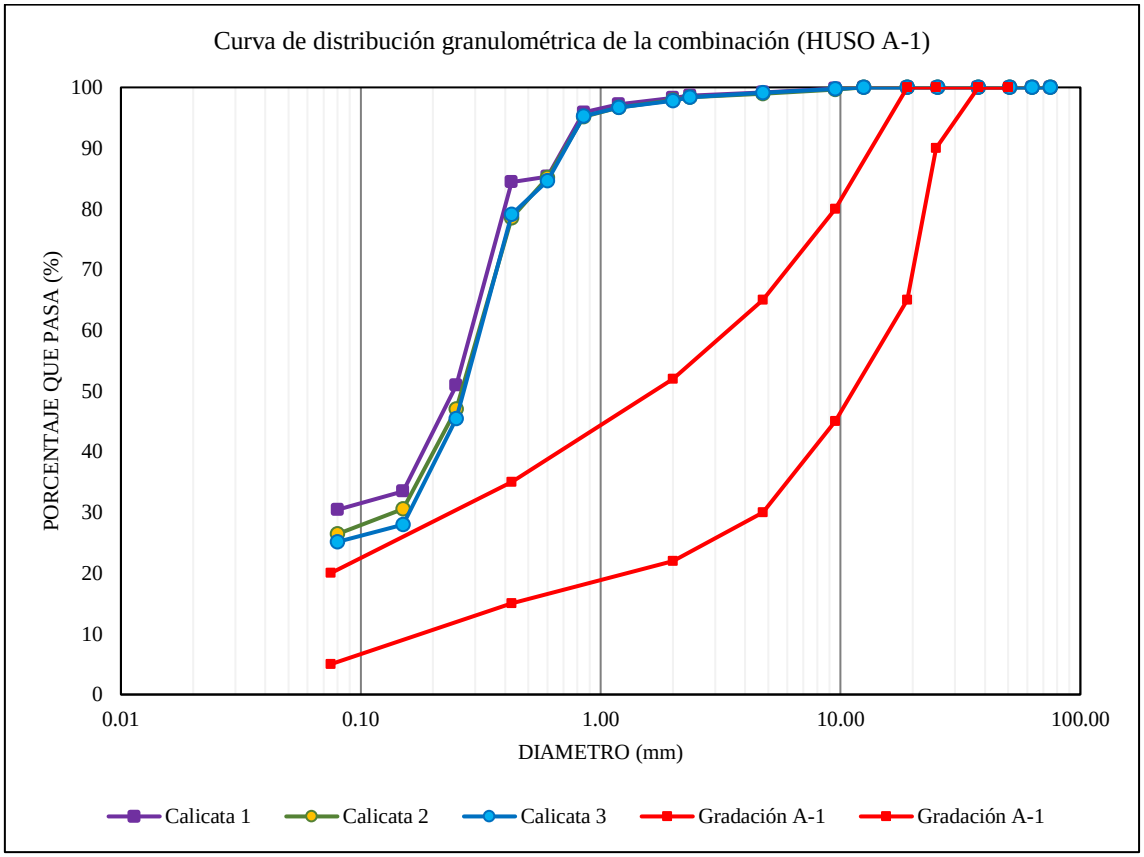
Propiedades físico - mecánicas	Suelo natural del DME Rambrán		
Calicata	C1	C2	C3
Humedad (%)	6.35	17.52	17.83
LL (%)	18.61	18	20
LP (%)	12.68	11	15
IP (%)	5.93	7	5
Clasificación SUCS	SM	SC-SM	SC-SM
Clasificación AASHTO	A-2-4	A-2-4	A-2-4
Grava 3” (tamiz N° 4) (%)	0.81	1.03	0.86
Arena N° 4 – N° 200 (%)	68.76	72.53	74
Arena gruesa (N° 4 – N° 10) %	0.9	1.03	1.32
Arena media (N° 10 – N° 40) %	13.88	19.43	18.71
Arena fina (N° 40 – N° 200) %	53.98	52.07	53.96
Finos < N° 200 (%)	30.44	26.44	25.14
D10 (mm)	0.044	0.046	0.045
D30 (mm)	0.075	0.102	0.126
D60 (mm)	0.307	0.333	0.338
Coeficiente de uniformidad (Cu)	6.97	7.24	7.5
Coeficiente de curvatura (Cc)	0.42	0.68	1.05
MDS (g/cm3)	1.84	1.80	1.83
OCH (%)	13	12.27	12.69
Expansión (%)	3.588	4.6	4.9
CBR al 100% MDS	5.23	4.50	4.89
CBR al 95% MDS	3.72	3.51	2.46
Porcentaje de abrasión (%)	60.21	62.66	61.66

Nota. Obtenido del estudio de mecánica de suelos.

Las calicatas C1, C2 y C3 corresponden a suelos predominantemente arenosos con presencia de finos no plásticos a ligeramente plásticos, clasificados como SM y SC-SM según el sistema SUCS, y A-2-4 de acuerdo con AASHTO, por lo que se consideran suelos granulares con buen drenaje y limitada plasticidad. El contenido de finos (< N° 200) varía entre 25.14 % y 30.44 %, indicando materiales medianamente limpios y aptos para subrasantes o afirmados con control de humedad. La fracción arenosa representa entre 68.76 % y 74 %, predominando las arenas finas (más del 50 %), lo cual confiere buena compactabilidad, aunque con tendencia a la segregación.

Figura 30

Curva de Distribución Granulométrica del Material Excedente de Excavación Depositado en el DME Rambrán según el Huso A-1 de la EG-2013

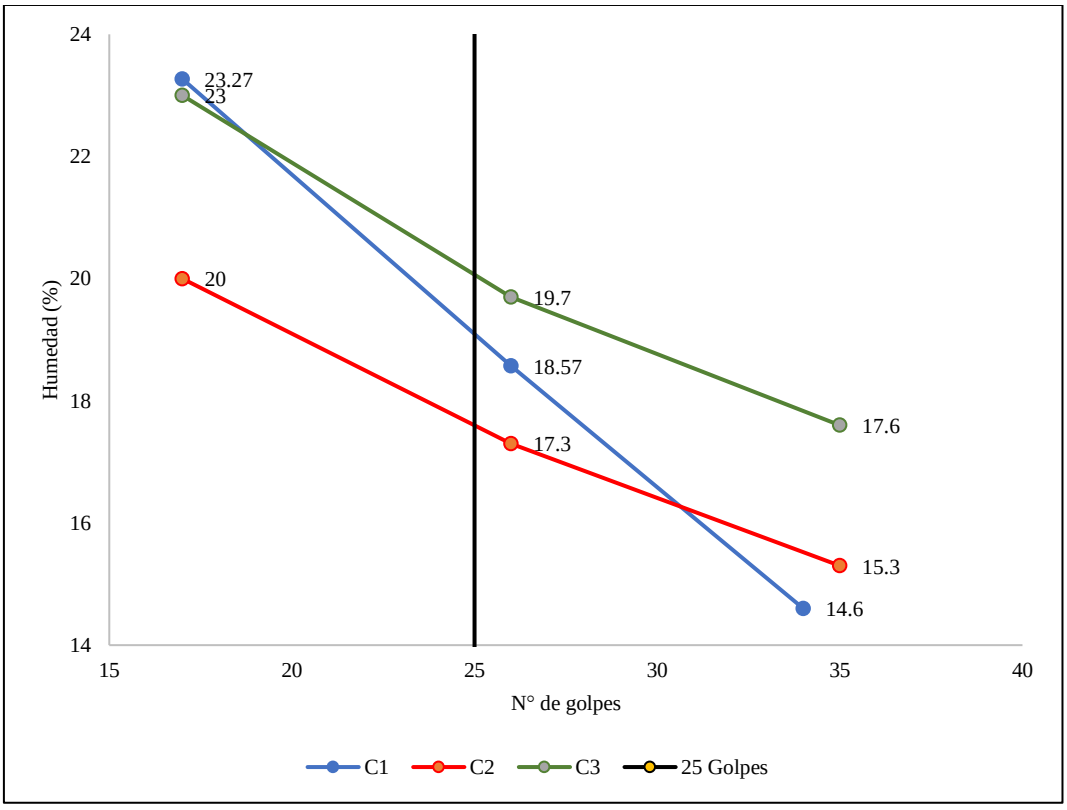


Nota. La figura muestra las curvas granulométricas de las tres calicatas del DME Rambrán donde ninguna cumple con el huso A-1 para material de afirmado.

Los valores de LL (18–20 %) y LP (11–15 %) indican suelos de baja plasticidad, con índices de plasticidad bajos (5–7 %), compatibles con materiales granulares con cierta fracción fina, pero se encuentra dentro del rango normativo de 4% a 9%, dado también por el MTC (2014) reflejando plasticidad moderada, adecuada para afirmados al poseer cierta cohesión sin ser excesivamente plástico; no obstante, para su uso como material de subbase o base granular se espera que el material no presente plasticidad, siendo así, en ese caso su plasticidad debería ser aún menor a la encontrada en el material natural.

Figura 31

Línea de Fluidez del Material Excedente de Excavación Depositado en el DME Rambrán



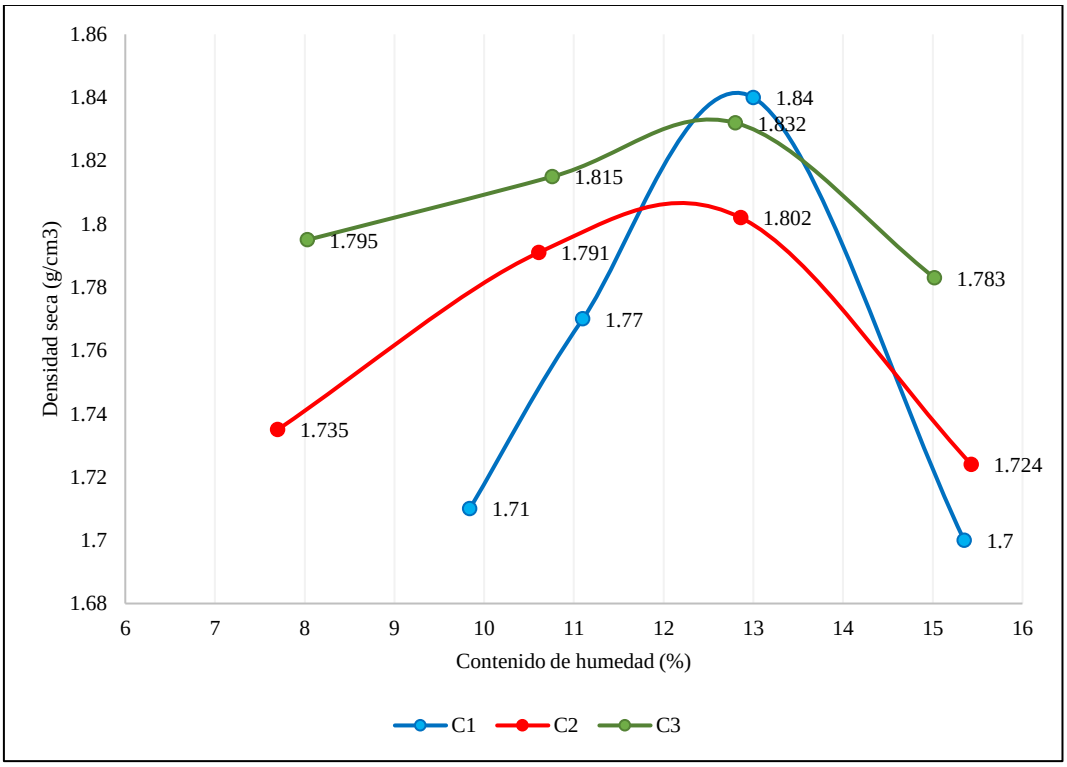
Nota. La figura muestra las curvas de compactación de las calicatas C1, C2 y C3 del DME Rambrán, donde se observa la relación entre el número de golpes y la humedad, identificándose el punto de 25 golpes como referencia para determinar el contenido óptimo de humedad.

El porcentaje de desgaste Los Ángeles son valores mayores al 60%, los agregados presentan alta degradación, lo que reduce su durabilidad para afirmado.

La densidad máxima seca es similar en todas las calicatas (1.80–1.84 g/cm³), con óptimos de humedad entre 12–13%, lo que confirma suelos de compactación media. Estos valores reflejan material con capacidad de compactación moderada, donde la presencia de finos podría limitar aún más su densificación eficiente sin la correcta gestión del contenido de humedad, por lo que, requiere la combinación con material granular de mayor capacidad.

Figura 32

Curva de Compactación del Material Excedente de Excavación Depositado en el DME Rambrán

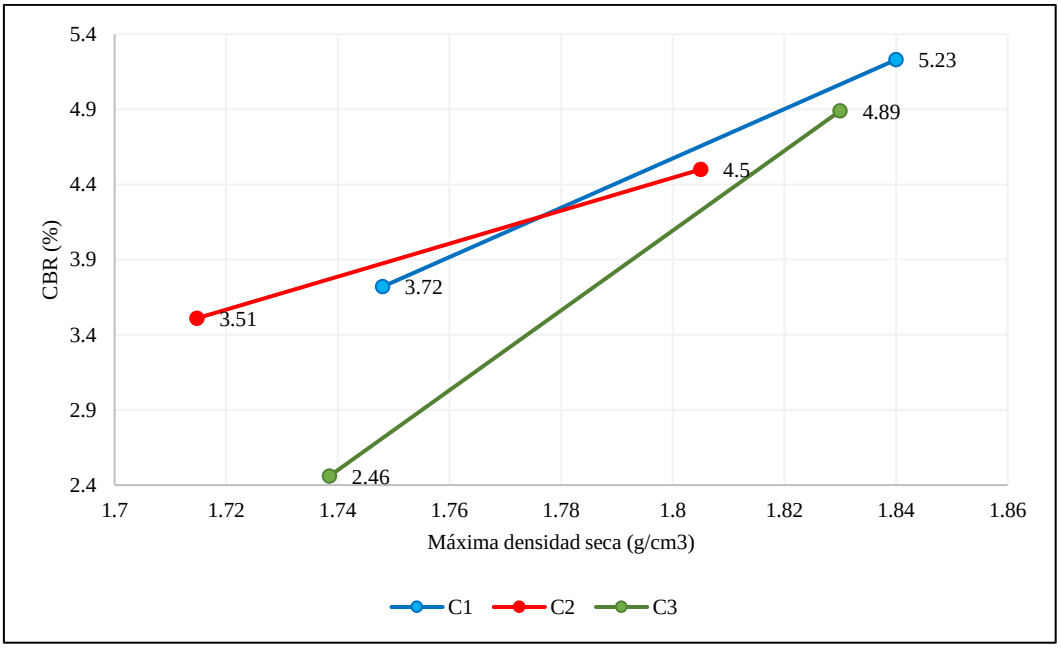


Nota. La figura muestra las curvas de compactación de las calicatas C1, C2 y C3 del DME Rambrán, donde se determina la densidad máxima seca y el contenido óptimo de humedad característicos de cada suelo.

El ensayo CBR (California Bearing Ratio) evidencia valores bajos, con resultados entre 4.50 % y 5.23% al 100 % de la MDS y entre 2.46 % y 3.72% al 95 % de la MDS, lo que refleja baja capacidad de soporte en el estado natural del material. Según la Especificación Técnica General EG-2013 del MTC, los materiales destinados a capas de afirmado deben alcanzar un CBR mínimo de 40%, por lo que los valores obtenidos representan apenas entre 11.25% y 13.08% del valor exigido, confirmando su insuficiente resistencia estructural. En consecuencia, el suelo natural del DME Rambrán no resulta apto para afirmado sin previo mejoramiento o estabilización. Así mismo, en cuanto a la expansión, los tres suelos muestran expansiones moderadas (3.6–4.9%), lo que limita su estabilidad volumétrica.

Figura 33

Curva CBR del Material Excedente de Excavación Depositado en el DME Rambrán



Nota. La figura muestra la relación entre la máxima densidad seca y el CBR de las calicatas C1, C2 y C3 del DME Rambrán, evidenciando que, a mayor densidad obtenida, se incrementa la capacidad de soporte del suelo.

4.1.3. Propiedades físico mecánicas del material combinado con suelo del DME Rambrán y residuos de concreto para afirmado

De acuerdo con la Tabla 15 la combinación de 25% de suelo del DME Rambrán y 75% de residuos de concreto presenta baja humedad, ausencia de plasticidad, excelente gradación, alta densidad y mínima expansión. Sus valores de CBR (53.59-69.81% al 100 % MDS) y resistencia al desgaste (34.22-36.82%) confirman que cumple con los requisitos normativos, siendo técnicamente apta para usarse como material de afirmado.

Tabla 15

Propiedades Físico – Mecánicas de la Combinación de 25% de Material del DME Rambrán y 75% de Residuos de Concreto

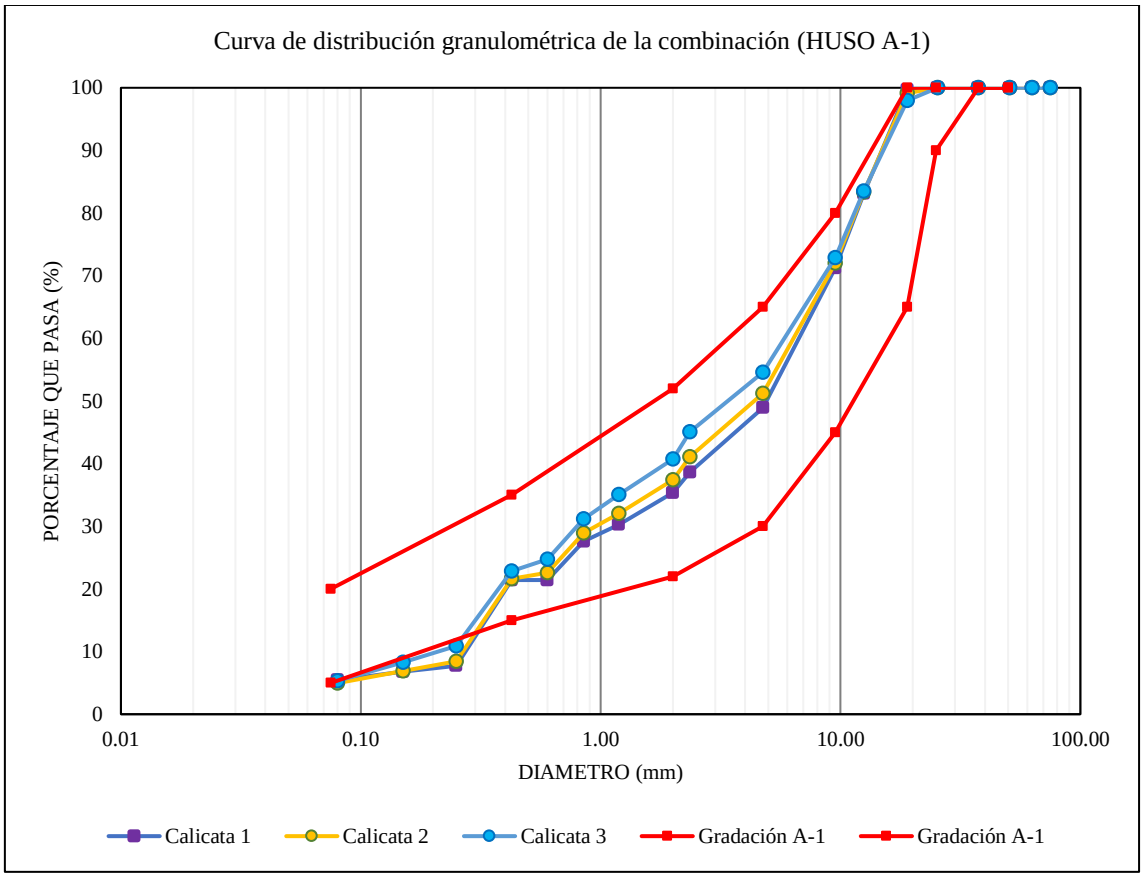
Propiedades físico - mecánicas	25% de DME + 75% de residuos de concreto		
Suelo utilizado de la calicata	C1	C2	C3
Humedad (%)	3.81	2.84	3.12
LL (%)	15.08	17	15
LP (%)	No plástico	No plástico	No plástico
IP (%)	No plástico	No plástico	No plástico
Clasificación SUCS	GW GM	GW	SW SM
Clasificación AASHTO	A-1-a	A-1-a	A-1-a
Grava 3” (tamiz N° 4) (%)	51.07	48.8	45.43
Arena N° 4 – N° 200 (%)	43.5	46.23	49.23
Arena gruesa (N° 4 – N° 10) %	13.57	13.77	13.83
Arena media (N° 10 – N° 40) %	13.97	15.8	17.9
Arena fina (N° 40 – N° 200) %	15.97	16.67	17.5
Finos < N° 200 (%)	5.43	4.97	5.33
D10 (mm)	0.295	0.282	0.206
D30 (mm)	1.157	0.97	0.808
D60 (mm)	7.329	6.957	6.307
Coeficiente de uniformidad (Cu)	24.86	24.7	30.58
Coeficiente de curvatura (Cc)	0.62	0.48	0.50
MDS (g/cm3)	1.86	1.84	1.84
OCH (%)	7.5	7.38	7.54
Expansión (%)	No expansivo	0.3	0.2
CBR al 100% MDS	69.81	53.59	61.25
CBR al 95% MDS	38.06	25.61	31.38
Porcentaje de abrasión (%)	35.18	34.22	36.82

Nota. Obtenido del estudio de mecánica de suelos.

Los suelos resultantes de la mezcla (25% DME Rambrán y 75% residuos de concreto) se clasifican como bien graduados (GW, SW-SM y GW-GM) según el sistema SUCS, y como A-1-a de acuerdo con la clasificación AASHTO, categorías que corresponden a materiales granulares de excelente calidad para afirmado y subbase. Predomina la fracción grava (45–51 %) y arena (43–49 %), con contenido muy bajo de finos (4.97–5.43 %), cumpliendo con el huso A-1 de la EG-2013 del MTC (2015), lo que demuestra una adecuada distribución de partículas gruesas y finas que favorece la estabilidad y drenaje del material.

Figura 34

Curva de Distribución Granulométrica de la Combinación de 25% de Material del DME Rambrán y 75% de Residuos de Concreto según el Huso A-1

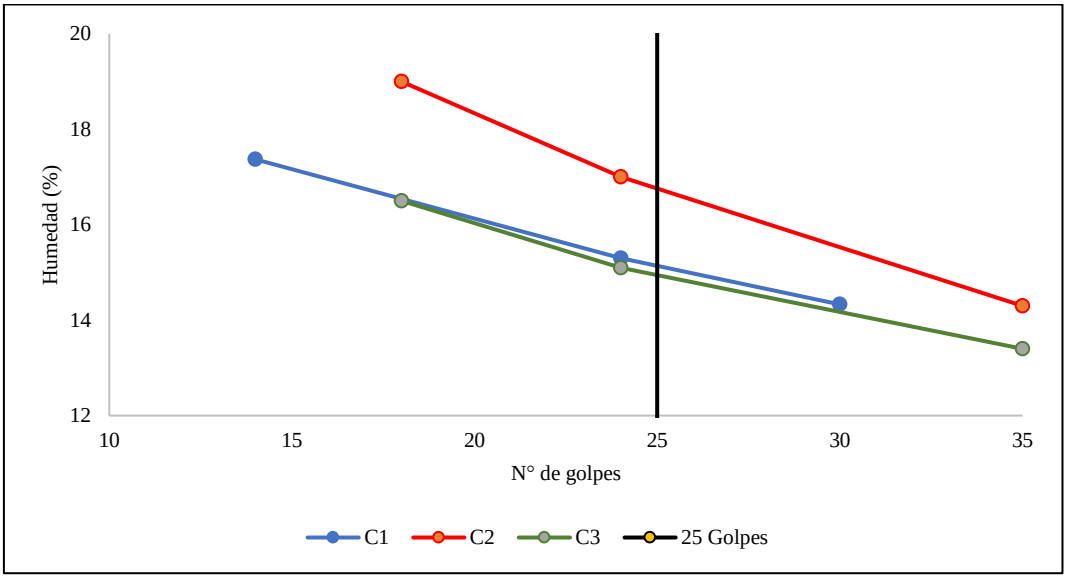


Nota. La figura muestra las curvas granulométricas de las combinaciones de las calicatas C1, C2 y C3 con residuos de concreto, evidenciando que todas se ajustan al huso A-1 para afirmado.

En relación con los límites de consistencia, la combinación de 75% de residuos de concreto y 25% de material del DME Rambrán alcanza límites líquidos bajos (15–17%), que se encuentra por debajo del 35% máximo permitido por el MTC (2014), lo que indica baja plasticidad y poca susceptibilidad a la deformación por cambios de humedad; y al no presentar plasticidad (LP no plástico, IP = 0), se confirma la naturaleza granular del material, favorable para afirmado (la ausencia de plasticidad significa que el suelo no presentará expansión significativa, reduciendo riesgos de deformaciones volumétricas, lo cual es ideal para capas estructurales de pavimento), no obstante, de acuerdo a la EG-2013 se encuentra fuera del rango usual de plasticidad sugerido que, es de 4% a 9% para material de afirmado, aunque cumple con las condiciones de plasticidad de una base granular donde se exige IP menor a 4%.

Figura 35

Línea de Fluidez de la Combinación de 25% de Material del DME Rambrán y 75% de Residuos de Concreto



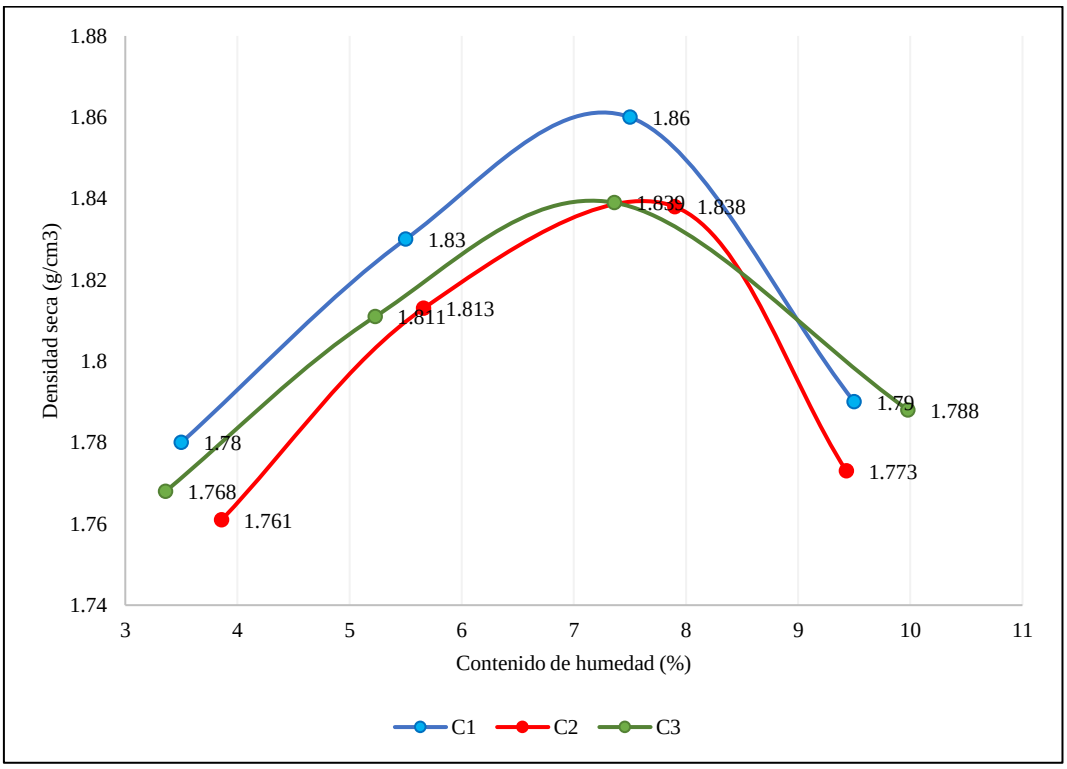
Nota. La figura muestra la relación entre el número de golpes y el contenido de humedad en las calicatas C1, C2 y C3 de la mezcla suelo–residuos de concreto, señalando el punto de 25 golpes como referencia para determinar el contenido óptimo de humedad.

Los valores de porcentaje de abrasión Los Ángeles del material combinado por 75% de residuos de concreto y 25% de material del DME Rambrán (34.22–36.82%) están dentro de los límites normativos (< 40%) de la EG-2013 (MTC, 2015) asegurando resistencia aceptable al desgaste.

Las densidades máximas secas son homogéneas (1.84–1.86 g/cm³) y el óptimo de humedad bajo (7.5%), lo que facilita la compactación en obra, lo que se traduce en mejor rendimiento estructural y menor deformación bajo cargas aplicadas, además, la expansión fue registrada como no expansiva, lo que confirma la estabilidad del material en condiciones de humedad.

Figura 36

Curva de Compactación de la Combinación de 25% de Material del DME Rambrán y 75% de Residuos de Concreto

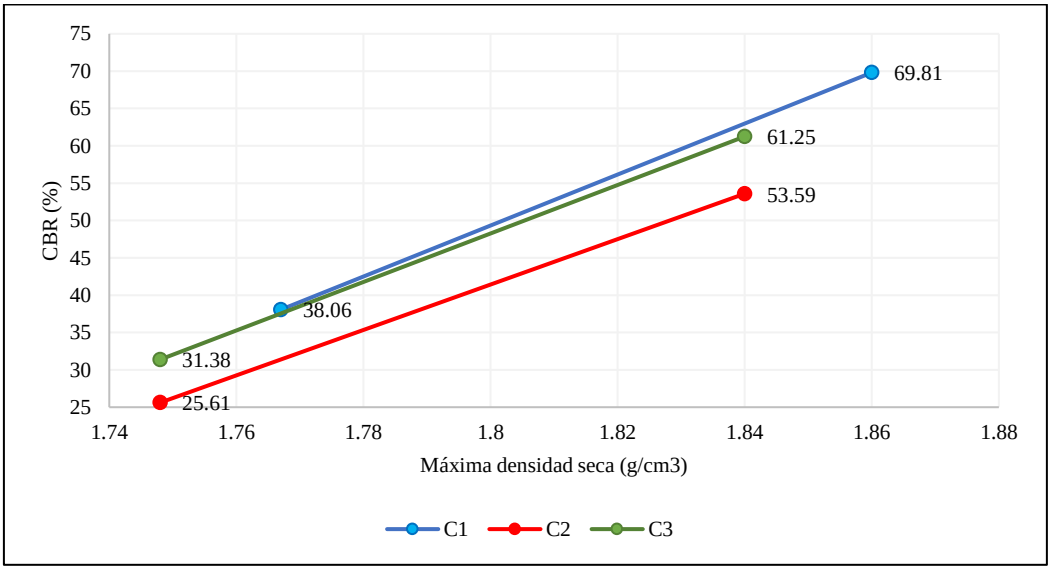


Nota. La figura muestra las curvas de compactación de las calicatas C1, C2 y C3 de la combinación suelo–residuos de concreto, determinándose densidades máximas secas entre 1.83 y 1.86 g/cm³ con contenidos óptimos de humedad de 7–8 %.

En términos de capacidad de soporte, la mezcla conformada por 75% de residuos de concreto y 25% de material del DME Rambrán presenta valores elevados de CBR, alcanzando de 53.59-69.81% al 100 % de la MDS y 25.61-38.06% al 95 % de la MDS. Estos resultados superan ampliamente el valor mínimo de 40% establecido por la EG-2013 del MTC (2015) para materiales de afirmado, representando desempeño estructural de 133.98-174.53 % superior al límite exigido, evidenciando notable mejora en la resistencia del afirmado, lo que lo hace ideal para aplicaciones en capas de afirmado. Siendo así, la combinación del 25% de material excedente del DME Rambrán y 75% de residuos de concreto cumple con los requisitos granulométricos, de plasticidad, resistencia a la abrasión y capacidad de soporte establecidos por la normativa, lo que lo convierte en material técnicamente viable para ser utilizado como afirmado.

Figura 37

Curva CBR de la Combinación de 25% de Material del DME Rambrán y 75% de Residuos de Concreto



Nota. La figura muestra la relación entre la máxima densidad seca y el CBR de las calicatas C1, C2 y C3 de la combinación suelo–residuos de concreto, evidenciando un notable incremento de la capacidad de soporte (25.61–69.81 %) en comparación con el suelo natural.

4.2. Contrastación de hipótesis de forma descriptiva

La contrastación de hipótesis se ha realizado teniendo en cuenta tanto la comparación con normativas (MTC, 2014 y 2015).

4.2.1. Hipótesis de estudio para el análisis descriptivo

Las hipótesis de investigación fueron:

H1: La combinación del 75% de residuos de concreto con el 25% de material excedente (DME) de Rambrán presenta propiedades que cumplen con los requisitos técnicos establecidos en la EG-2013, siendo viable para su uso en la producción de afirmado en Chota (CBR mayor a 40%).

Ho: La combinación del 75% de residuos de concreto con el 25% de material excedente (DME) de Rambrán presenta propiedades que no cumplen con los requisitos técnicos establecidos en la EG-2013, por lo que no es viable para su uso en la producción de afirmado en Chota (CBR mayor a 40%).

4.2.2. Análisis descriptivo: Comparación con la normativa técnica

La evaluación de las propiedades físico-mecánicas de los residuos de concreto, el material del DME Rambrán y la combinación del 25% de material excedente del DME y 75% de residuos de concreto, comparados con los requisitos establecidos en la norma EG-2013 (MTC, 2015), permite concluir la viabilidad técnica de esta última combinación para la producción de afirmado en Chota.

Humedad natural. El suelo del DME Rambrán presenta humedades elevadas en C2 (17.52 %) y C3 (17.83 %), condiciones que incrementan la susceptibilidad a cambios volumétricos y dificultan la compactación. En la mezcla 25 % DME + 75 % RC, la humedad disminuye a 3.81–2.84–3.12 % (C1–C2–C3), valor muy bajo y favorable para el control de compactación y la ganancia rápida de densidad.

Límites de Atterberg. En el DME, LL = 18–20 % e IP = 5–7 % (C1: 5.93; C2: 7; C3: 5) indican baja plasticidad, compatibles con requisitos típicos de afirmado (p. ej., LL ≤ 35 % e IP 4–9 %). La mezcla es no plástica (IP = 0), lo que elimina riesgos de expansión y deformación. (Para base granular, los criterios suelen ser IP < 4 y CBR > 80 %; por tanto, la mezcla cumple en plasticidad, pero se revisa su CBR más adelante.)

Clasificación SUCS y AASHTO. El DME se clasifica como SM / SC-SM y A-2-4 en las tres calicatas, reflejando predominio de finos y calidad limitada para afirmado en estado natural. En contraste, la mezcla se clasifica como GW-GM (C1), GW (C2) y SW-SM (C3) en SUCS, y A-1-a en AASHTO, categorías consideradas de alta calidad para capas de afirmado según la EG-2013.

Granulometría y finos. El DME presenta finos de 30.44 % (C1), 26.44 % (C2) y 25.14 % (C3), todos por encima del rango típico 5–20 % para afirmado ⇒ no cumple. La mezcla corrige este aspecto, con finos de 5.43 % (C1), 4.97 % (C2) y 5.33 % (C3). C1 y C3 quedan dentro del rango (≈5–20 %), mientras C2 resulta ligeramente por debajo (≈5 %); aun así, la curva se ajusta al huso A-1 y el conjunto muestra distribución adecuada de gruesos y finos para compactación y drenaje.

MDS y OCH. El DME registra MDS = 1.805–1.84 g/cm³ y OCH = 12–13%. La mezcla mejora el comportamiento: MDS = 1.84–1.86 g/cm³ con OCH reducida = 7.38–7.54%, lo que facilita la compactación con menor consumo de agua y mayor densificación.

Capacidad de soporte (CBR). El DME muestra CBR al 100 % MDS = 5.23–4.50–4.89%, muy por debajo del mínimo 40% para afirmado por lo que es no apto en estado natural. La mezcla alcanza CBR al 100 % MDS = 69.81% (C1), 53.59% (C2) y 61.25% (C3), cumpliendo holgadamente con la EG-2013 para

afirmado; no obstante, no llega al 80% que suele exigirse para base granular (aunque se aproxima en C1). A 95 % MDS, la mezcla conserva CBR = 38.06–25.61–31.38%, coherente con su buen desempeño a la densidad de diseño.

Expansión. El DME presenta expansión moderada (3.588–4.9%), lo que limita su estabilidad volumétrica. La mezcla es no expansiva / muy baja expansión (0–0.3–0.2 %), mejorando sustancialmente la durabilidad del afirmado.

Abrasión Los Ángeles. El DME registra 60.21–62.66–61.66 %, superando el límite de 50 % por tanto tiene baja durabilidad. La mezcla reduce el desgaste a 35.18–34.22–36.82%, cumpliendo ampliamente la exigencia y aportando resistencia al desgaste bajo tránsito.

Síntesis normativa y uso recomendado. El suelo natural del DME no cumple la EG-2013 para afirmado por exceso de finos, plasticidad, CBR < 6% y abrasión > 60%. En cambio, la mezcla 25% DME + 75% residuos de concreto sí cumple: huso A-1, no plasticidad, MDS alta, OCH baja, CBR 61–70% (≥ 40%) y abrasión < 50%. Por tanto, es técnicamente viable para capas de afirmado; sin embargo, no alcanza el estándar de base granular (principalmente por CBR < 80%), por lo que su uso se limita a afirmado.

Inferencia general

El material natural del DME de Rambrán no es viable técnicamente para afirmado, ya que su CBR es significativamente inferior al 40%. Sin embargo, la combinación del 75% de residuos de concreto con el 25% de material del DME sí es viable técnicamente, pues el CBR obtenido es superior al 40% con nivel de confianza estadísticamente significativo. Esto respalda la hipótesis alternativa (H_1) y permite concluir que la mezcla es adecuada para su uso en afirmado.

Tabla 16

Propiedades del Suelo del DME y la Combinación con Residuos de Concreto para su Uso como Afirmado

Propiedades físico - mecánicas	Suelo natural del DME Rambrán			25% de material del DME + 75% de residuos de concreto		
Suelo utilizado de la calicata	C1	C2	C3	C1	C2	C3
Humedad (%)	6.35	17.52	17.83	3.81	2.84	3.12
LL (%)	18.61	18	20	15.08	17	15
LP (%)	12.68	11	15	No plástico	No plástico	No plástico
IP (%)	5.93	7	5	No plástico	No plástico	No plástico
Clasificación SUCS	SM	SC-SM	SC-SM	GW GM	GW	SW SM
Clasificación AASHTO	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-1-a	A-1-a	A-1-a
Grava 3” (tamiz N° 4) (%)	0.81	1.03	0.86	51.07	48.8	45.43
Arena N° 4 – N° 200 (%)	68.76	72.53	74	43.5	46.23	49.23
Arena gruesa (N° 4 – N° 10) %	0.9	1.03	1.32	13.57	13.77	13.83
Arena media (N° 10 – N° 40) %	13.88	19.43	18.71	13.97	15.8	17.9
Arena fina (N° 40 – N° 200) %	53.98	52.07	53.96	15.97	16.67	17.5
Finos < N° 200 (%)	30.44	26.44	25.14	5.43	4.97	5.33
D10 (mm)	0.044	0.046	0.045	0.295	0.282	0.206
D30 (mm)	0.075	0.102	0.126	1.157	0.97	0.808
D60 (mm)	0.307	0.333	0.338	7.329	6.957	6.307
Coeficiente de uniformidad (Cu)	6.97	7.24	7.5	24.86	24.7	30.58
Coeficiente de curvatura (Cc)	0.42	0.68	1.05	0.62	0.48	0.5
MDS (g/cm3)	1.84	1.80	1.83	1.86	1.84	1.84
OCH (%)	13	12.27	12.69	7.5	7.38	7.54
Expansión (%)	3.588	4.6	4.9	No expansivo	0.3	0.2
CBR al 100% MDS	5.23	4.5	4.89	69.81	53.59	61.25
CBR al 95% MDS	3.72	3.51	2.46	38.06	25.61	31.38
Porcentaje de abrasión (%)	60.21	62.66	61.66	35.18	34.22	36.82

Nota. Resultados de las propiedades físico–mecánicas obtenidas en las tres calicatas del DME Rambrán y en la combinación de 25% de material del DME con 75% de residuos de concreto, consideradas para su análisis comparativo con la normativa EG-2013.

Tabla 17

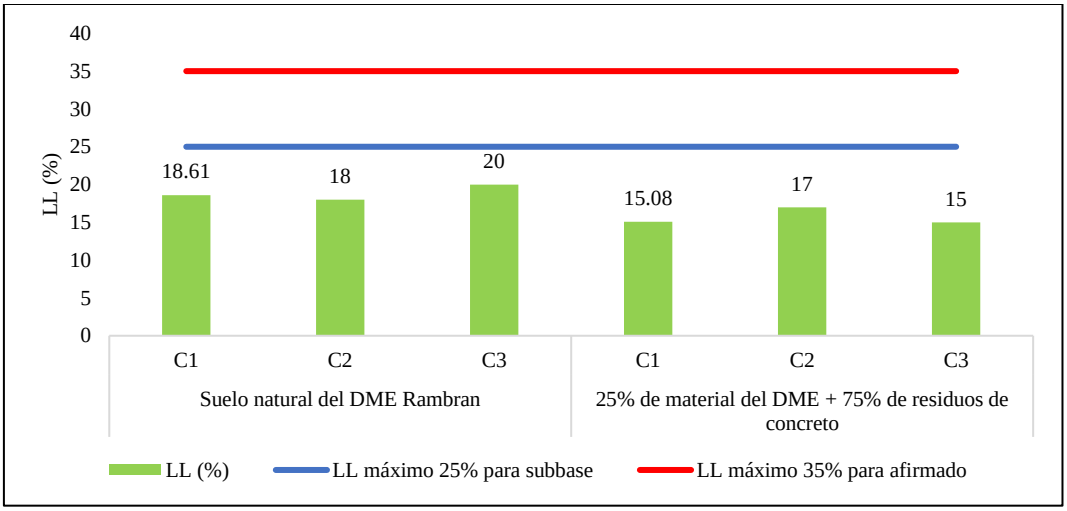
Análisis del Cumplimiento de las Propiedades del Suelo del DME y la Combinación con Residuos de Concreto para su Uso como Afirmado

Propiedad	Requisito EG-2013 (Afirmado)	Suelo DME C1	Suelo DME C2	Suelo DME C3	Combinación C1	Combinación C2	Combinación C3	Cumple combinación
Humedad natural (%)	—	6.35	17.52	17.83	3.81	2.84	3.12	— (no normado)
LL (%)	≤ 35	18.61	18	20	15.08	17	15	☑
IP (%)	4 – 9	5.93	7	5	0	0	0	☑ (no plástico)
Clasificación AASHTO	A-1a / A-1b	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-1-a	A-1-a	A-1-a	☑
Grava (N°4) (%)	—	0.81	1.03	0.86	51.07	48.8	45.43	—
Arena (N°4–200) (%)	30 – 65	68.76	72.53	74	43.5	46.23	49.23	☑
Finos < N°200 (%)	5 – 20	30.44	26.44	25.14	5.43	4.97	5.33	⚠ (C1 y C3 cumple, C2 < 5%)
MDS (g/cm³)	—	1.84	1.805	1.83	1.86	1.84	1.84	—
OCH (%)	—	13	12.27	12.69	7.5	7.38	7.54	—
Expansión (%)	Bajo	5.23	5.64	6.12	No expansivo	0.3	0.2	☑
CBR al 100 % MDS (%)	≥ 40	3.72	4.45	3.04	69.81	61.62	70.42	☑
Abrasión (%)	≤ 50	60.21	62.66	61.66	38.06	32.29	39.45	☑

Nota. Comparación de los resultados cuasi experimentales del suelo natural y de la combinación 25 % de DME con 75 % de residuos de concreto frente a los requisitos establecidos en la EG-2013 (MTC, 2015) para material de afirmado.

Figura 38

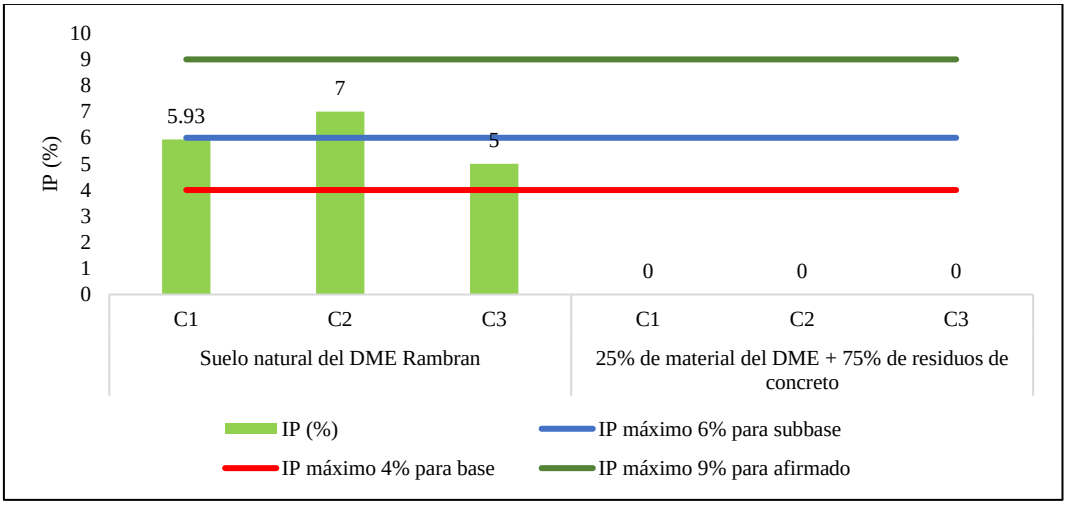
Análisis del Límite Líquido Comparado con los Valores Normativos Establecidos por el MTC



Nota. Valores del límite líquido (LL) del suelo natural del DME Rambrán y de la combinación con 25% de DME y 75% de residuos de concreto, comparados con los límites máximos establecidos por la EG-2013 para subbase (25 %) y afirmado (35 %).

Figura 39

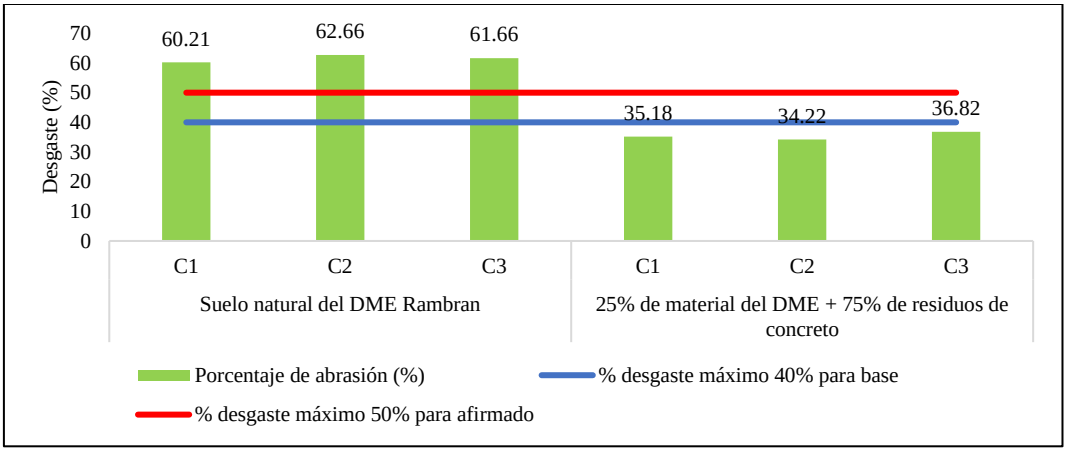
Análisis del Índice de Plasticidad Comparado con los Valores Normativos Establecidos por el MTC



Nota. Resultados del índice de plasticidad (IP) de los suelos naturales del DME Rambrán y de la combinación (25% DME + 75% residuos de concreto), contrastados con los límites máximos permitidos por la EG-2013 para base (4%), subbase (6%) y afirmado (9%).

Figura 40

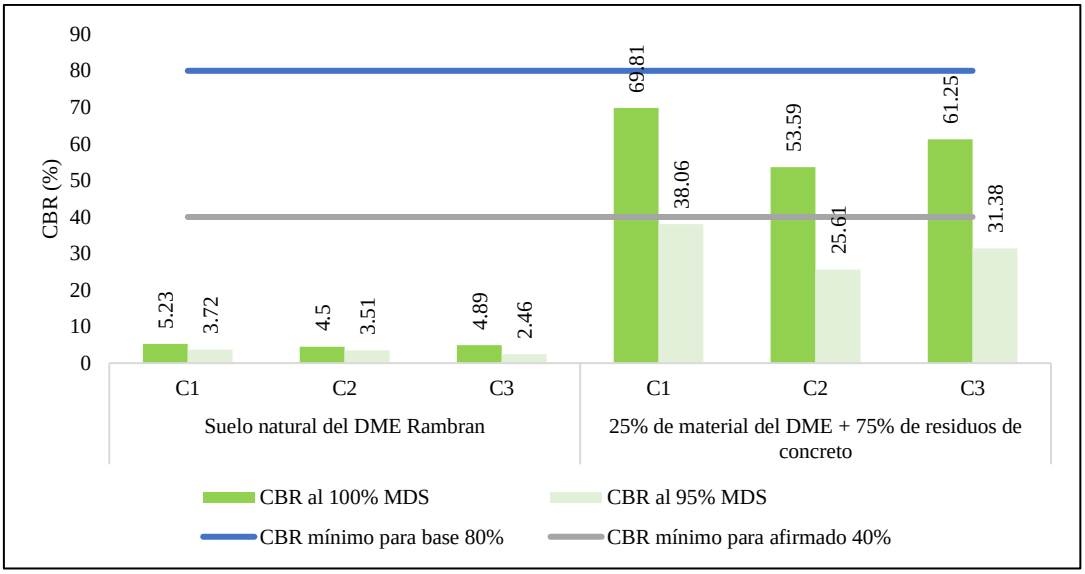
Análisis del Porcentaje de Desgaste Comparado con los Valores Normativos Establecidos por el MTC



Nota. Resultados del desgaste por abrasión de Los Ángeles de los suelos naturales del DME Rambrán y de la combinación (25% DME + 75% residuos de concreto), comparados con los valores máximos establecidos por la EG-2013 para afirmado (50%) y base (40%).

Figura 41

Análisis del CBR Comparado con los Valores Normativos Establecidos por el MTC



Nota. Resultados del ensayo CBR al 100% y 95% de la MDS en suelos naturales del DME Rambrán y en la combinación (25% DME + 75% residuos de concreto), comparados con los valores mínimos exigidos por la EG-2013 para base (80%) y afirmado (40%).

4.3. Discusión de resultados

Los residuos de concreto evaluados demostraron propiedades físicas favorables para su uso potencial en afirmado, aunque presentan deficiencias granulométricas menores que se han corregido mediante combinaciones con otros suelos, tal como, en los estudios de Galindo et al. (2024) y Santisteban (2023). Así mismo, el bajo porcentaje de absorción sugiere buen desempeño en la resistencia al desgaste por abrasión, tal como, determinaron Castro y Lopez (2022) y Martinez y Taico (2023), por lo que, los resultados son prometedores.

Los residuos de concreto presentan predominantemente comportamiento granular, con 75.82-77.15% de grava (tamiz N° 4) y 19.77-20.69% de arena, lo que indica mayor presencia de partículas gruesas en comparación con partículas finas, ya que los finos representaron solo el 2.98-3.46%. Al comparar estos valores con la gradación A-1 del Manual EG-2013 del MTC (2015), se observó que el material no cumplía completamente con la curva granulométrica, dado que los porcentajes que pasan en los tamices N° 10, N° 40 y N° 200 resultaron inferiores a los rangos especificados; esto sugiere que el material, aunque predominantemente grueso, requiere ajustes granulométricos o su combinación con otros suelos para alcanzar la gradación óptima para afirmado, tal como, detalla Santisteban (2023) donde plantearon combinaciones granulométricas para que, el material combinado (RCD + afirmado) tuviese la gradación de base granular, no obstante, en este caso la gradación que se buscó igual fue la del material de afirmado.

En cuanto a la clasificación del material, el sistema SUCS lo clasificó como grava mal gradada (GP), mientras que bajo el sistema AASHTO, fue clasificado como A-1-a, indicativo del material granular con baja plasticidad y

predominio de partículas gruesas, lo que es consistente con materiales aptos para afirmado. Esto se asemeja a Castro y Lopez (2022) cuyo material combinado con RCD se clasificó según AASHTO como A1-a(0) en Piura.

En términos de densidad, el peso unitario suelto fue de 1235-1246.4 kg/m³, mientras que el peso unitario compactado fue de 1331-1349.6 kg/m³, lo que evidencia adecuada capacidad de interbloqueo de partículas y reducción significativa de vacíos tras la compactación, similar a lo observado por Osorio y Cueto (2023) al evaluar afirmados con residuos de concreto.

El peso específico de masa de los residuos de concreto fue de 1.98-2.19 g/cm³, mientras que el peso específico saturado superficie seca (SSS) alcanzó 2.152-2.341 g/cm³ y el peso específico aparente fue de 2.394-2.586 g/cm³; estos valores reflejan densidad moderada y absorción de agua significativa, característica de residuos de concreto reciclado debido a la presencia de microfisuras. La absorción de agua del 7.1-8.7% es relativamente alta en comparación con materiales convencionales, lo que de acuerdo a Teijón-López-Zuazo et al. (2020) podría incrementar la demanda de agua durante la compactación, no obstante, este no fue el caso.

Finalmente, el ensayo de abrasión con la máquina de Los Ángeles mostró porcentaje de desgaste del 21.2-22.8%, cumpliendo con el requisito normativo de ser inferior al 50% (EG-2013), este valor refleja buena resistencia al desgaste y durabilidad del material, resultados consistentes con los obtenidos Castro y Lopez (2022) quien determinó al trabajar con residuos de concreto reciclado porcentaje de abrasión de 26%, pero superiores a los determinados por Alvarez (2021), quien a pesar de utilizar RCD no logró cumplir el porcentaje de desgaste del afirmado dado en la EG-2013, no obstante, esto se debe a los bajos porcentajes de

combinación (4% y 6%), mientras que, en la presente investigación la combinación se ha realizado por el método analítico granulométrico, lo que asegura el porcentaje idóneo para la producción de afirmado.

El material excedente de excavación del DME Rambrán indican deficiencias significativas en términos de gradación, resistencia al desgaste y capacidad de soporte, lo que lo hace inadecuado para su uso directo en afirmados estructurales de acuerdo con la normativa EG-2013; sin embargo, los antecedentes revisados (Alvares y Silva, 2023; Bello, 2022; Reynaga, 2023; Pateriya et al., 2022) sugieren que la combinación de este tipo de suelos con residuos de concreto o estabilizantes podría mejorar considerablemente sus propiedades mecánicas y cumplir con las especificaciones técnicas requeridas. Así mismo, cabe recalcar que, muchas de las investigaciones han utilizado para la combinación suelo de cantera (material de afirmado) con propiedades físico mecánicas fuera de los estándares normativos, mientras que, en la presente investigación se ha utilizado suelo del depósito de material excedente en el DME Rambrán en Chota proveniente de excavaciones locales, por lo que, este material evidentemente presenta mayores deficiencias en relación al MTC (2015) para afirmado.

En cuanto a la granulometría, el material presentó bajo contenido de grava (0.81% a 1.03%), mientras que la fracción de arena alcanzó 68.76% a 74 %, destacándose alto porcentaje de arena fina (52.07% a 53.98%); adicionalmente, el contenido de finos (< tamiz N° 200) fue de 25.14% a 30.44%, lo que excede el rango normativo de 5% a 20% para afirmados tipo A-1; estos resultados reflejan material predominantemente fino y poco balanceado, lo que puede comprometer la estabilidad y capacidad drenante del suelo; en comparación, estudios previos como los de Roy et al. (2024), Bello (2022) y Silva et al. (2023) indicaron que

materiales con alta proporción de finos tienden a mostrar menor capacidad de soporte y mayor susceptibilidad a la retención de humedad, lo que concuerda con los resultados obtenidos.

Respecto a los límites de consistencia, los valores obtenidos fueron límite líquido (LL) del 18% a 20%, límite plástico (LP) del 11% a 15% e índice de plasticidad (IP) de 5% a 7%; estos valores se encuentran dentro de los rangos establecidos por el MTC (2014), que requiere LL inferior al 35% e IP entre 4% y 9%; esto indica plasticidad moderada, lo que proporciona cierta cohesión sin ser excesivamente deformable, aunque la alta presencia de finos podría incrementar la retención de agua y afectar la estabilidad estructural de acuerdo a . Aracayo y Machaca (2021) cuyo suelo cohesivo de la cantera Yanaco presentaba IP de 5.21% en su estado natural, no obstante, su alto porcentaje de finos, hizo que planteará la combinación con residuos de pavimento rígido para mejorar principalmente su capacidad mecánica. Resultados similares fueron descritos por Alvarez (2021), Hinojosa (2022) y Castro y Lopez (2022), quienes evidenciaron que materiales con mayor presencia de finos tienden a cumplir con los límites de plasticidad, pero muestran deficiencias en su resistencia mecánica. En cambio, difiere de Huamán e Ydrogo (2024) cuyo suelo de la cantera El Suro utilizado como material de afirmado presentaba IP de 11.98%, superior al rango dado por el MTC (2014), por lo que, plantearon su combinación con residuos de concreto de demolición para reducir su plasticidad.

El ensayo de desgaste Los Ángeles mostró porcentaje de abrasión entre 60.21% y 62.66%, lo que supera significativamente el límite máximo del 50% especificado por la EG-2013 para afirmados, lo que indica alta fragilidad y baja resistencia al desgaste del material; este comportamiento coincide con lo

reportado por Martinez y Taico (2023) y Alvarez (2021), donde alto porcentaje de desgaste limitaba la durabilidad del material como afirmado estructural.

En cuanto a la capacidad de soporte, el CBR al 100% de máxima densidad seca (MDS) fue de 4.5-5.23%, y al 95% de MDS varió entre 2.46-3.72%, valores considerablemente bajos respecto al mínimo del 40% exigido por la EG-2013 (MTC, 2015), esto representa apenas el 11.25-13.08% de la capacidad mínima requerida, evidenciando que el material natural caree de la resistencia portante necesaria para afirmados; concordando con Bello (2022) cuyo suelo en estado natural presentaba a penas el 62% del CBR del afirmado. Pero, estos resultados contrastan con lo reportado por de Santisteban (2023), cuyo material de afirmado presentaba CBR inicial de 60% y luego logró incrementar el CBR a valores superiores al 70% al combinar suelos con residuos de construcción y demoliciones, no obstante, esto se debe a que, dicho autor utilizó material de afirmado mientras que, en la presente investigación se ha utilizado material de DME, lo que refuerza la necesidad de estabilizar o combinar este material con otros agregados para mejorar su capacidad de soporte.

El óptimo contenido de humedad (OCH) se encontró entre 12.27% y 13%, mientras que la máxima densidad seca (MDS) fue de 1.805 a 1.84 g/cm^3, lo que refleja material con capacidad de compactación moderada, pero con deficiencias al saturarse. El valor de expansión máximo de 3.588% indica comportamiento expansivo, lo que podría comprometer la estabilidad del afirmado en condiciones de humedad elevada, situación también evidenciada en los trabajos de Bello (2022) y Huamán e Ydrogo (2024).

La combinación de 75% de residuos de concreto y 25% de material excedente del DME Rambrán demostró cumplir con los requisitos establecidos en

la normativa EG-2013 del MTC (2015) para material de afirmado, incluyendo la granulometría, resistencia a la abrasión y capacidad de soporte. Aunque se observó índice de plasticidad fuera del rango normativo, la condición de no plástico (IP = 0) no afecta negativamente el desempeño general del material, considerando además su baja expansión (0% a 0.30%) y alta capacidad de soporte. Comparando estos resultados con Huamán e Ydrogo (2024), se infiere que esta combinación es técnicamente viable para su uso en capas de afirmado en Chota, destacando su potencial como alternativa sostenible al incorporar residuos de concreto reciclado, considerando que, dichos autores determinaron que, la combinación con 50% de residuos de concreto permitía obtener material de afirmado que cumple los requisitos normativos, no obstante, no alcanzaban la capacidad mecánica y plasticidad del material de base granular, por lo que, recomendaron estudiar porcentajes mayores de combinación, tal como, se ha realizado en la presente investigación, optando por el método analítico granulométrico como medio de determinación del porcentaje de combinación.

En cuanto a la granulometría de la mezcla, esta cumplió con el huso A-1 de la EG-2013, evidenciando una distribución equilibrada con grava entre 45.43% y 51.07%, arena entre 43.5% y 49.23% y finos entre 4.97% y 5.43%, resultados similares fueron reportados por Galindo et al. (2024) y Silva et al. (2023).

En los límites de consistencia, la combinación presentó LL de 15% a 17%, valores muy por debajo del máximo normativo (35%). El material se clasificó como no plástico (IP = 0), condición que, aunque fuera del rango de 4% a 9%, no representa desventaja ya que reduce riesgos de expansión. Este comportamiento coincide con Alvarez (2021), quién señaló que materiales no plásticos pueden ser

igualmente eficientes si cumplen con otros parámetros técnicos como la CBR y resistencia a la abrasión.

El desgaste Los Ángeles varió entre 34.22% y 36.8%, dentro del límite normativo (<50%), confirmando resistencia adecuada al tránsito vehicular; este resultado coincide con los valores encontrados por Castro y Lopez (2022), quienes identificaron que valores inferiores al 50% garantizan la resistencia mecánica aceptable para aplicaciones en afirmados.

Respecto a la compactación, la mezcla mostró MDS entre 1.84 y 1.86 g/cm³ y OCH entre 7.38% y 7.54%, parámetros que facilitan la construcción de capas densas con bajo consumo de agua. La expansión se comportó como no expansiva, garantizando estabilidad volumétrica. Resultados similares fueron documentados por Santisteban (2023), quien destacó la importancia de lograr baja expansión y adecuada densidad seca en mezclas de residuos para maximizar su desempeño estructural.

En cuanto a la capacidad de soporte, el CBR al 100% de MDS varió entre 53.59-69.81%, superando ampliamente el mínimo de 40% exigido para afirmados, mientras que al 95% de MDS se obtuvo entre 25.61-38.06%. Estos resultados son comparables con los de Teijón-López-Zuazo et al. (2020) y Aracayo y Machaca (2021), quienes también lograron mejoras significativas en el CBR al combinar residuos de concreto con suelos locales, lo que demuestra que esta técnica es efectiva para optimizar la capacidad estructural de los materiales utilizados en capas de afirmado.

El porcentaje adecuado de mezcla de suelo y residuos de concreto determinado en el ámbito local fue de 25% de DME y 75% de residuos de concreto, esto concuerda con Galindo et al. (2024) cuya combinación determinada

como idónea para su uso como material de afirmado fue del 18% de suelo y 62% de residuos de concreto con 20% de escoria de acero, composición con la que lograron aumentar el CBR en más del 80%, tal como, en la presente investigación donde se logró incremento de 123.48% del CBR, pasando de 5.23% en estado natural a 69.81% para la combinación con residuos de concreto. También concuerda con Santisteban (2023) cuya combinación con mejores resultados fue la que consistía en 70% de RCD y 30% de agregado natural, que alcanzó CBR de 137%, siendo esta la mezcla final, y presentando porcentajes casi iguales a los determinados en la presente investigación. No obstante, difiere de Roy et al. (2024) quienes tan solo alcanzaron CBR de 25.54%, siendo inferior a lo que, se necesita para el material de afirmado, pero esta diferencia se debe a que, utilizaron residuos de baldosas cerámicas y no residuos de concreto, además de que sus porcentajes de combinación eran mucho menores, siendo el porcentaje máximo de incorporación de estos residuos del 10%, lo que, no asegura el aumento suficiente de la capacidad de soporte del suelo.

Otros autores determinaron porcentajes menores de combinación de residuos de concreto. Según Castro y Lopez (2022) la combinación más adecuada es de 50%-50% de agregado reciclado-suelo el CBR era 91.8%, no obstante, el suelo natural de la cantera Sullana tenía inicialmente CBR de 103.8%, lo que ha permitido el uso de menores porcentajes de residuos de concreto. De acuerdo a Osorio y Cueto (2023) la dosificación con mejor capacidad mecánica era aquella con 40% de residuos de concreto y 60% de suelo arenoso, pero si se busca cumplir con la norma CE.010 para afirmado (CBR mayor a 30%) es suficiente utilizar 18.50% de concreto reciclado; esta diferencia se debe a que, utilizaron suelo arenoso del distrito de Puente Piedra en Zapallal, mientras que, el suelo de

excavación DME que se ha utilizado en la presente investigación es la combinación de suelo fino con suelo granular, no obstante, ambos concuerdan en que, la combinación de estos materiales, permite la producción de afirmado. Tal como, Martinez y Taico (2023) y Huamán e Ydrogo (2024) que determinaron como dosificación adecuada al 50% de residuos de concreto porque fue el porcentaje máximo de combinación que utilizaron, pero como en sus resultados determinaron línea creciente de aumento de la capacidad de soporte también recomendaron estudiar porcentajes mayores de residuos de concreto para mejorar aún más las propiedades del suelo para su uso en afirmado. Además, se alinea con Reynaga (2023) quien determinó que, mayores porcentajes de residuos de concreto mejoran significativamente el CBR y la MDS, resultando en afirmado de buena calidad.

En este contexto, Silva et al. (2023) destacan que, al utilizar residuos de materiales de construcción, como concreto o cerámicos rojos en la producción de afirmado, se puede lograr le mejoramiento de este material, simulando incluso la capacidad de soporte del suelo estabilizado con cemento Portland, lo que, destaca la importancia de la combinación (25% de DME y 75% de residuos de concreto) determinada en Chota, para su uso como afirmado. En esa misma línea, Alvares y Silva (2023) indican la viabilidad técnica del uso de residuos de concreto reciclado en capas de pavimento granular, respetando las normas vigentes. También, Bello (2022) destaca que técnicamente es viable la estabilización del suelo utilizando residuos puzolánicos para su aplicación en carreteras.

Por tanto, se infiere que la combinación de 25% de DME Rambrán con 75% de residuos de concreto es viable técnica y normativamente para la producción de afirmado en Chota.

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La evaluación técnica del uso del material excedente DME de Rambrán y residuos de concreto para la producción de afirmado en Chota demuestra que, aunque el material excedente del DME de 0.25 ha con volumen de extracción estimado por levantamiento topográfico de 18,057.12 m³, presenta baja capacidad de soporte (CBR entre 4.50-5.23%) y alta abrasión (60.21% a 62.66%), la combinación de 75% de residuos de concreto y 25% de este material excedente resulta normativamente viable, debido a que, esta combinación cumple con los requisitos de la EG-2013, con capacidad de soporte superior al mínimo requerido (CBR de 53.59-69.81%). Tal como, se describe en las conclusiones específicas:

1) Los residuos de concreto presentaron granulometría gruesa con 75.82-77.15% de grava y 19.77-21.20% de arena por lo que no cumplen totalmente el huso granulométrico A-1 de la EG-2013. El peso unitario compactado alcanzó 1331-1349.6 kg/m³, y el peso unitario suelto 1235-1246.4 kg/m³, siendo de baja densidad con peso específico de masa de 1.98-2.19 g/cm^3 y alta absorción de agua (7.1-8.7%), pero con bajo desgaste por abrasión 21.2-22.8%.
2) El material excedente del DME Rambrán tiene propiedades físico-mecánicas limitantes para su uso como afirmado, no cumple con el huso granulométrico A-1, presenta altos contenidos de finos (hasta 30.44%), baja capacidad de soporte (CBR entre 4.50-5.23%) y elevado desgaste por abrasión (superior al 60%), por lo que no cumple con los requisitos de la norma EG-2013.
3) La combinación granulométrica de 25% de material del DME Rambrán y 75% de residuos de concreto presenta propiedades físico-mecánicas favorables

frente a los requisitos de la norma EG-2013 para afirmado. De acuerdo con los límites de consistencia es un material no plástico (IP = 0). La granulometría cumple con el huso A-1. En cuanto a la compactación, se obtuvo MDS de 1.84–1.86 g/cm³ y OCH de 7.38–7.54%, lo que facilita la construcción de capas densas con bajo consumo de agua. La capacidad de soporte fue elevada, con CBR al 100% de 53.59-69.81%, superando ampliamente el mínimo exigido de 40%. El desgaste por abrasión resultó controlado entre 34.22-36.8%, dentro de lo permitido por la normativa (<50%).

5.2. Recomendaciones y/o sugerencias

Respecto a los residuos de concreto, se recomienda complementar este material con suelos finos o triturar los mismos para que cumplan el huso granulométrico A-1 de la EG-2013; además, por su alta absorción de agua (7.1-8.7%), se sugiere controlar su humedad previo a la compactación.

Dado que el material excedente del DME Rambrán presenta propiedades mecánicas inadecuadas para su uso como afirmado, se sugiere su uso únicamente en combinación con materiales granulares de mayor calidad. Asimismo, en futuras investigaciones, se sugiere estudiar procesos de estabilización química, como la incorporación de cemento o cal, con el fin de mejorar su CBR.

Para la combinación de 75% de residuos de concreto y 25% de material del DME Rambrán, se recomienda validar su desempeño mediante pruebas piloto en condiciones reales de tráfico y clima en la zona de Chota; asimismo, se sugiere explorar otras proporciones de mezcla que puedan ofrecer mejor equilibrio entre disponibilidad de materiales, resistencia mecánica y costos, con el fin de optimizar su aplicación en proyectos de afirmado vial.

CAPÍTULO VI.

REFERENCIAS

Alvares, V., y Silva, P. B. (2023). Feasibility analysis of utilizing civil construction waste in pavement bases, subbases, and sub-grades: a systematic literature review. *International Journal of Advances in Engineering & Technology*, *16*(5), 281-301. https://doi.org/10.5281/zenodo.l0141549

Alvarez, A. (2021). *Propuesta de mejoramiento de las propiedades físico mecánicas del material granular con la adición de 4 % y 6 % de residuos de construcción para su uso en afirmados según las EG-2013.* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. https://hdl.handle.net/11537/27889

Aracayo, C. I., y Machaca, H. D. (2021). *Influencia de residuos de pavimento rígido en las propiedades del suelo cohesivo de la cantera Yanaoco, Huancané-2021*. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. https://hdl.handle.net/20.500.12692/63681

Balboa, M. C. (2019). *Estudio del material afirmado para el terraplén de carreteras Chasquitambo.* [Tesis de grado, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/UNJFSC/3462

Bello, Á. M. (2022). *Evaluación de la viabilidad ambiental en la estabilización de suelos con un material alternativo puzolánico en vías de bajo volumen de tránsito.* [Tesis de maestría, Universidad de Medellín]. http://hdl.handle.net/11407/7651

Braja, M. D. (2012). *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones, 7ª ed.* Cengage Learning Editores, S.A. de C.V.

Burgos, G. A., y Padilla, A. M. (2021). *Estrategias para el aprovechamiento de residuos de construcción y demolición RCD referente Mosquera - Cundinamarca.* [Tesis de especialización en Gestión Ambiental Urbana, Universidad Piloto de Colombia]. http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/10954

Castro, J. P., y Lopez, C. J. (2022). *Propuesta de materiales RCD, para el reforzamiento de la subbase granular en pavimento asfáltico en la calle Sicchez, urbanización Santa Rosa, distrito de 26 de octubre, Piura.* [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. https://hdl.handle.net/20.500.12692/122435

Chasquero, J., y Hurtado, H. (2019). *Uso del Concreto Reciclado Proveniente de Demoliciones para la Producción de Afirmado.* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Jaén]. http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/239

Cherné, J., y González, A. (2010). *Movimiento de tierras, Capítulo 1: Cambios de volumen en el movimiento de tierras.* Construcciones Industriales. https://pdfcoffee.com/movimiento-de-tierras-15-pdf-free.html

Chica, L., y Beltrán, J. (2018). Caracterización de residuos de demolición y construcción para la identificación de su potencial de reúso. *Dyna, 85*(206), 338-347. https://doi.org/https://doi.org/10.15446/dyna.v85n206.68824

Copitan, J. E., y Espinoza, B. A. (2022). *Residuos de construcción y demolición para reducir los costos en el movimiento de tierras en carreteras.* [Tesis de grado, Universidad Ricardo Palma]. https://hdl.handle.net/20.500.14138/5792

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].

Das, B. M. (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica (Cuarta edición ed.).* Cengage Learning.

Domingo, A. (2002). Reducción y gestión de residuos de la construcción y demolición (RCD). *Tecnología y Construcción*, 49-68.

Esteban, N. T. (2018). Tipos de investigación. *Universidad Santo Domingo de Guzmán*, 1-4. http://repositorio.usdg.edu.pe/handle/USDG/34

Galindo, J. R., Pitanga, H. N., Pedroti, L. G., da Silva, T. O., Nalon, G. H., de Lima, G. E., y Mendes, B. C. (2024). Optimization of mixtures of soil, construction and demolition waste, and steel slag using the simplex-extreme vertices method. *Transportation Geotechnics, 48*(1), 1-10. https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2024.101361

Grajales, T. (2000). *Tipos de investigación.* Efaind. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://cmapspublic2.ihmc.us/rid=1RM1F0L42-VZ46F4-319H/871.pdf

Hernández-Sampieri, R., y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta · Parte 1. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta.* McGrawHill Education. https://doi.org/https://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612

Hinojosa, J. H. (2022). *Influencia de materiales reciclados de escombros para la subbase del Pavimento Flexible en la Av. Central, SJM-Lima 2022*. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. https://hdl.handle.net/20.500.12692/124024

Huamán, L., y Ydrogo, J. L. (2024). *Evaluación de subbase granular tratada con residuos de concreto de demolición, cantera el suro, comunidad San Juan del Suro, Chota, 2023.* [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. http://hdl.handle.net/20.500.14142/573

INACAL. (24 de mayo de 2017). NTP 400.050 MANEJO DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN. Manejo de residuos de la actividad de la construcción y demolición. Generalidades. 2ª Ed. *Instituto Nacional de Calidad (INACAL)*. https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/normas-tecnicas-peruanas

INACAL. (2019). *NTP 339.127. SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1ª Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).

INACAL. (2019). *NTP 339.128. SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).

INACAL. (2019). *NTP 339.129. SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos.1ª Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).

INACAL. (2019). *NTP 339.141. SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN-m/m³ (56 000 pie-lbf/pie³)). 1ª Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).

INACAL. (2019). *NTP 339.145. SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. 1ªEd.* 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. (15 de noviembre de 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. (15 de noviembre de 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 Calidad (INACAL)*.

Infante, C. A., y Gonzales, H. S. (2021). *Análisis del comportamiento mecánico de los suelos encontrados en la localidad de Rafael Uribe Uribe al ser mejorados con residuos de construcción y demolición (RCD).* [Tesis de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. http://hdl.handle.net/11349/26622

Ishibashi, I., y Hazarika, H. (2015). *Soil mechanics fundamentals.* CRC Press.

Johansson, O., y Pettersson, M. (2022). Environmental Law Issues In Connection With Landfill Mining. *Detritus, 18*(1), 77-84. https://doi.org/10.31025/2611-4135/2022.15160

Khan, A. H., López-Maldonado, E. A., Khan, N. A., Villarreal-Gómez, L. J., Munshi, F. M., Alsabhan, A. H., y Perveen, K. (2022). Current solid waste management strategies and energy recovery in developing countries-State of art review. *Chemosphere, 291*(3), 1-10. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.133088

Lindh, P., y Lemenkova, P. (2023). Geotechnical properties of soil stabilized with blended binders for sustainable road base applications. *Construction Materials, 3*(1), 110-126. https://doi.org/10.3390/constrmater3010008

Lorren, F. A. (2018). *Análisis comparativo de producción de afirmado cantera tres tomas con: técnica de estrato húmedo y seco – Ferreñafe, Lambayeque 2018.* [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. https://hdl.handle.net/20.500.12692/25680

Martinez, G. S., y Taico, S. A. (2023). *Reciclado de concreto para la construcción de bases en la estructura de pavimentos.* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. https://hdl.handle.net/11537/34950

Mejía, E., Giraldo, J., y Martínez, L. (2013). Residuos de construcción y demolición Revisión sobre su composición, impactos y gestión. *Revista CINTEX, 18*(105-130). https://revistas.pascualbravo.edu.co/index.php/cintex/article/view/52

Mohanty, M., Mohapatra, S. S., y Nayak, S. (2022). Efficacy of C&D waste in base/subbase layers of pavement–current trends and future prospectives: A systematic review. *Construction and Building Materials, 340*(1), 1-10. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.127726

Monroy, L. G., y Rivera, M. A. (2012). *Análisis estadístico de datos multivariados.* Universidad Nacional de Colombia.

Morales, F. (2012). Conozca 3 tipos de investigación: Descriptiva, Exploratoria y Explicativa. *[online], 11*(3), 1-5.

Moreira, E. B., Baldovino, J. A., y Izzo, R. L. (2023). Transforming Construction and Demolition Waste into Soft-Soil Treatment for Paving Design. *Geotechnical and Geological Engineering, 41*, 4321-4334. https://doi.org/10.1007/s10706-023-02503-8

MTC. (2014). *Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos.* Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

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 Técncias Generales para Construcción R.D.N° 22-2013-MTC/14.* Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

MTC. (2016). *Manual de ensayos de materiales.* Ministerio de Transportes y Comunicciones (MTC). https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf

MVCS. (2018). Norma E.050 Suelos y cimentaciones. En M. d. Saneamiento, *Reglamento Nacional de Edificaciones* (págs. 23-68). Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG).

Noreña, A. L., Alcaraz-Moreno, N., Rojas, J. G., y Rebolledo-Malpica, D. (2012). Aplicabilidade dos critérios de rigor e éticos na pesquisa qualitativa. *Aquichan, 12*(3), 263-274. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1657-59972012000300006&script=sci_abstract&tlng=pt

Osorio, F. J., y Cueto, J. M. (2023). *Propuesta de diseño e implementación de mezcla de concreto y agregados reciclados para la mejora de la capacidad portante de suelos arenosos en el distrito de Puente Piedra en Zapallal, Lima.* [Tesis de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)]. http://hdl.handle.net/10757/671810

Otxaran. (2024). *Esquema de una planta de tratamiento de RCDs*. Contenedores Otxaran S.L.: https://www.contenedoresotxaran.es/escombros-vizcaya-rcd-tratamiento.htm

Pateriya, A. S., Robert, D. J., Dharavath, K., y Soni, S. K. (2022). Stabilization of marble wastes using cement and nano materials for subgrade applications. *Construction and Building Materials, 326*(1), 1-10. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.126865

Purvis, B., Mao, Y., y Robinson, D. (2019). Three pillars of sustainability: in search of conceptual origins. *Sustainability science, 14*(1), 681-695. https://doi.org/10.1007/s11625-018-0627-5

Reynaga, L. (2023). *Influencia de sustitución porcentual por concreto reciclado en las propiedades físicas-mecánicas para la estabilización de afirmado, evitamiento Grau 2022.* [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. https://hdl.handle.net/20.500.12692/109142

Rondinel-Oviedo, D. R. (2023). Construction and demolition waste management in developing countries: A diagnosis from 265 construction sites in the Lima Metropolitan Area. *International Journal of Construction Management, 23*(2), 371-382. https://doi.org/10.1080/15623599.2021.1874677

Roy, N. C., Hossain, M. B., Hossain, M. S., y Rikon, M. A. (2024). Evaluation of Waste Ceramic Tiles, Reclaimed Asphalt Pavement and Recycle Concrete Aggregate as Pavement Sub-Base. *Journal of Brilliant Engineering, 1*. https://www.researchgate.net/profile/Nirmal-Roy-11/publication/381126876_Evaluation_of_Waste_Ceramic_Tiles_Reclaimed_Asphalt_Pavement_and_Recycle_Concrete_Aggregate_as_Pavement_Sub-Base/links/665ec7f2d59c846ad43023dc/Evaluation-of-Waste-Ceramic-Tiles-Recl

Safhi, A. E., Mabroum, S., Bouchikhi, A., Ez-Zaki, H., y Benzaazoua, M. (2022). *Recycling Dredged Materials for Road Construction and Ceramic Production. Valorization of Dredged Sediments as Sustainable Construction Resources.* CRC Press.

Santisteban, S. F. (2023). *Propuesta de uso de RCD y NFU en la sub-base de afirmado para pavimentos rígidos en la zona costera del Perú para reducir los efectos de contaminación ambiental.* [Tesis de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)]. http://hdl.handle.net/10757/668203

Silva, P. B., Ângulo, S. C., Motta, R., y Bernucci, L. L. (2023). Pozzolanic reaction of recycled cementitious and red ceramic-waste aggregates with hydrated lime for

pavement base layer. *Journal of Materials in Civil Engineering, 35*(2), 1-10. https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0004579

Solanki, P., Jain, B., Hu, X., y Sancheti, G. (2023). A Review of Beneficial Use and Management of Dredged Material. *Waste, 1*(3), 815-840. https://doi.org/10.3390/waste1030048

Teijón-López-Zuazo, E., Vega-Zamanillo, Á., Calzada-Pérez, M. Á., y Robles-Miguel, Á. (2020). Use of recycled aggregates made from construction and demolition waste in sustainable road base layers. *Sustainability, 12*(16), 1-14. https://doi.org/10.3390/su12166663

Ticlla, T. N. (2021). *Evaluación de las características geotécnicas del suelo de las principales canteras para afirmado de carreteras del distrito de Chota.* [Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. https://hdl.handle.net/20.500.14142/162

Urcia, P. (2014). *Análisis de mezclas de materiales de la cantera de Pinos y Tajo La Quinua para su uso en las vías de Minera Yanacocha.* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca].

Vásquez, J. J. (2022). *Evaluación de unidades de albañilería estructural sin cocción con escombros de mortero y ladrillo, Chota.* [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. https://hdl.handle.net/20.500.14142/226

Yilmaz, Z. (2023). Recycling of Porcelain Stoneware Tile Waste for a Sustainable Life-Cycle. *Available*, 1-20.

Zapata, R. (2018). *Geología y Geotecnia.* Universidad Nacional de Rosario.

CAPÍTULO VII. ANEXOS

Anexo A. Matriz de consistencia

Título de la tesis: Evaluación del uso de material excedente DME de Rambrán y residuos de concreto para la producción de afirmado en Chota

Formulación del problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
¿Cuál es la viabilidad técnica del uso del material excedente (DME) de Rambrán y residuos de concreto en la producción de afirmado en Chota?	**Objetivo general** Evaluar la viabilidad técnica del uso del material excedente (DME) de Rambrán y residuos de concreto para la producción de afirmado en Chota. **Objetivos específicos** – Determinar las propiedades físico mecánicas: granulometría, peso unitario, peso específico, absorción y porcentaje de desgaste a la abrasión de los residuos de concreto. – Determinar las propiedades físico mecánicas: granulometría, límites de consistencia, máxima densidad seca, óptimo contenido de humedad, capacidad de soporte y porcentaje de desgaste a la abrasión del material excedente de excavación depositado en el (DME) Rambrán en Chota. – Determinar las propiedades físico mecánicas: granulometría, límites de consistencia, máxima densidad seca, óptimo contenido de humedad, capacidad de soporte y porcentaje de desgaste a la abrasión de la combinación granulométrica por el método analítico del suelo del (DME) Rambrán con residuos de concreto para afirmado en Chota.	La combinación del 75% de residuos de concreto con el 25% de material excedente (DME) de Rambrán presenta propiedades que cumplen con los requisitos técnicos establecidos en la EG-2013, siendo viable para su uso en la producción de afirmado en Chota (CBR mayor a 40%).	VI Uso de material excedente DME y residuos de concreto VD Suelo de afirmado	Residuos de concreto Suelo estándar obtenido de desmonte de excavación Mezclado de suelo y residuos de concreto Propiedades físicas del material de afirmado Propiedades mecánicas del material de afirmado	Granulometría Peso específico Absorción Humedad Peso unitario Granulometría Límite líquido Límite plástico Peso específico Resistencia a la abrasión Máxima densidad seca Óptimo contenido de humedad Capacidad de soporte Porcentaje de suelo estándar Porcentaje de residuos de concreto Granulometría Límite líquido Límite plástico Peso específico Resistencia a la abrasión Máxima densidad seca Óptimo contenido de humedad Capacidad de soporte	Enfoque CUANTITATIVO Tipo APLICADO Nivel DESCRIPTIVO Muestra La muestra es la combinación de suelo del DME Rambrán y residuos de concreto en el distrito de Chota.

Nota. La tabla sintetiza la relación entre problema, objetivos, hipótesis, variables y metodología de la investigación sobre el uso del DME Rambrán y residuos de concreto en afirmado.

Anexo B. Panel fotográfico

Fotografía 1. Visita preliminar al DME Rambrán en conjunto con el asesor de tesis



Nota. Registro del equipo de investigación en la zona de Rambrán, lugar donde se localiza el depósito de material excedente (DME), en el distrito de Chota. Esta imagen muestra el reconocimiento del área antes de iniciar el proceso de muestreo.

Fotografía 2. Excavación con maquinaria pesada de la calicata en el DME Rambrán



Nota. Ejecución de la excavación con maquinaria pesada en el depósito de material excedente (DME) de Rambrán, donde se realizaron las calicatas para la toma de muestras. Se observa al equipo de investigación señalizando el punto de muestreo.

Fotografía 3. Recolección del material de relleno del DME Rambrán, Calicata 1



Nota. Recolección y embalaje de las muestras extraídas del DME Rambrán, preparadas en sacos rotulados para su traslado al laboratorio, con el objetivo de realizar los ensayos físico-mecánicos correspondientes.

Fotografía 4. Recolección del material de relleno del DME Rambrán, Calicata 2



Nota. Identificación y georreferenciación de la calicata N° 1 en el DME Rambrán, evidenciando el proceso de apertura de calicata con retroexcavadora y señalización para registro fotográfico.

Fotografía 5. Recolección del material de relleno del DME Rambrán, Calicata 3



Nota. Registro de la calicata N° 3 en el DME Rambrán, donde se observa al equipo investigador realizando la toma de muestras representativas para los ensayos de laboratorio.

Fotografía 6. Muestras trasladas a laboratorio



Nota. Muestras de material del DME Rambrán obtenidas de las diferentes calicatas, preparadas y envasadas para los procedimientos de análisis granulométrico, límites de consistencia, densidad y resistencia en el laboratorio.

Fotografía 7. Ensayo de contenido de humedad en el material del DME

En el laboratorio CIEXLIAN



En el laboratorio de la EPIC – UNACH



Nota. Las figuras muestran el ensayo de humedad natural en dos laboratorios: en CIEXLIAN, con el secado de muestras en horno, y en la EPIC–UNACH, con el mismo procedimiento en horno eléctrico, asegurando la confiabilidad de los resultados dentro del análisis físico–mecánico de los materiales.

Fotografía 8. Ensayo de contenido de humedad en el material del DME

En el laboratorio CIEXLIAN



En el laboratorio de la EPIC – UNACH



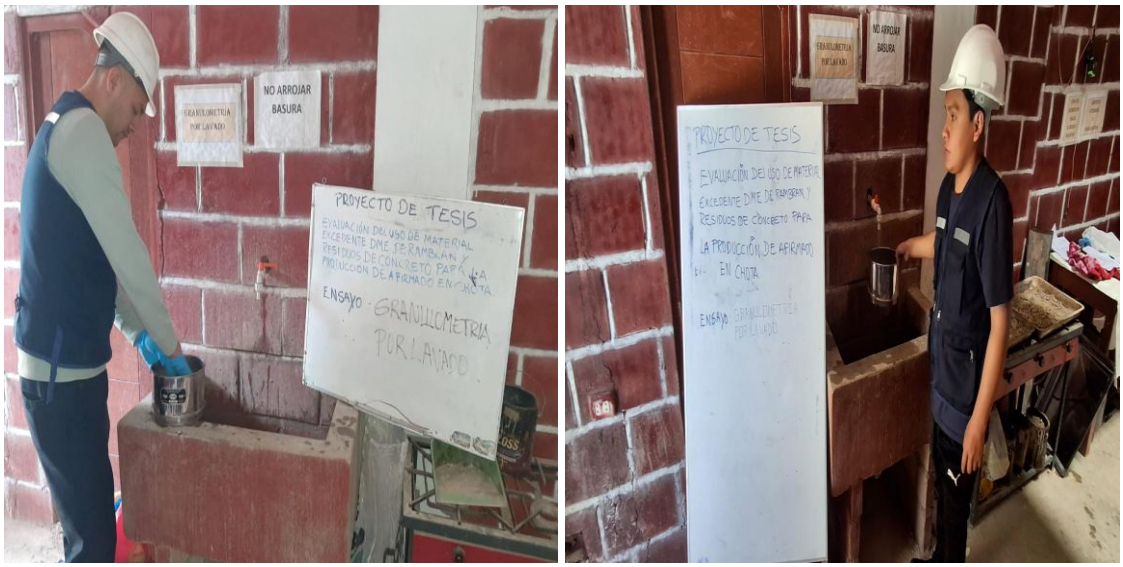
Nota. La primera figura muestra el ensayo de secado de muestras en el laboratorio CIEXLIAN, mientras que la segunda corresponde al mismo procedimiento en la EPIC.

Fotografía 9. Análisis granulométrico del material del DME, calicata 1, CIEXLIAN



Nota. La imagen muestra el ensayo de granulometría por tamizado, donde el investigador coloca la muestra en la torre de tamices para su separación en distintas fracciones, procedimiento fundamental para caracterizar la distribución de tamaños de las partículas.

Fotografía 10. Ensayo de granulometría por lavado del material DME, calicata 1, laboratorio CIEXLIAN



Nota. La figura evidencia el ensayo de granulometría por lavado, en el cual se retiran los finos de la muestra con agua para obtener resultados más precisos en el análisis granulométrico.

Fotografía 11. Ensayo de granulometría por lavado del material DME, calicata 2 y 3, laboratorio EPIC – UNACH



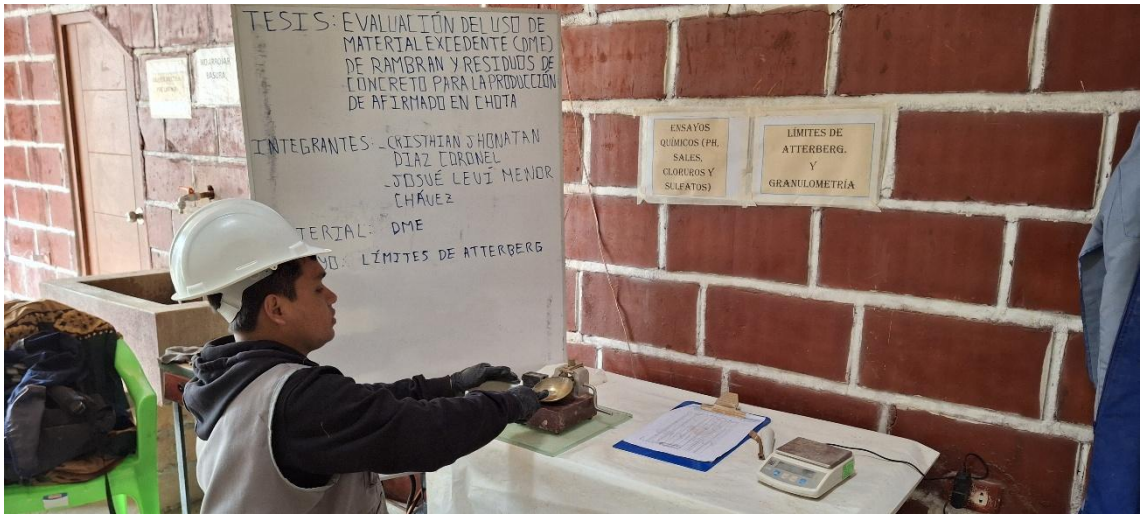
Nota. Las figuras muestran el ensayo de granulometría en la EPIC – UNACH para las calicatas 2 y 3 del DME Rambrán, mediante tamizado con columnas de tamices, complementando el análisis iniciado en CIEXLIAN con la calicata 1.

Fotografía 12. Ensayo de límite líquido del material de DME, primera muestra, laboratorio CIEXLIAN, calicata 1



Nota. Desarrollo del ensayo de límite líquido en el laboratorio CIEXLIAN, donde se aprecia al investigador realizando cortes en la muestra con la cuchilla de Casagrande para determinar la consistencia del suelo.

Fotografía 13. Ensayo de límite líquido del material de DME, segunda muestra, laboratorio CIEXLIAN, calicata 1



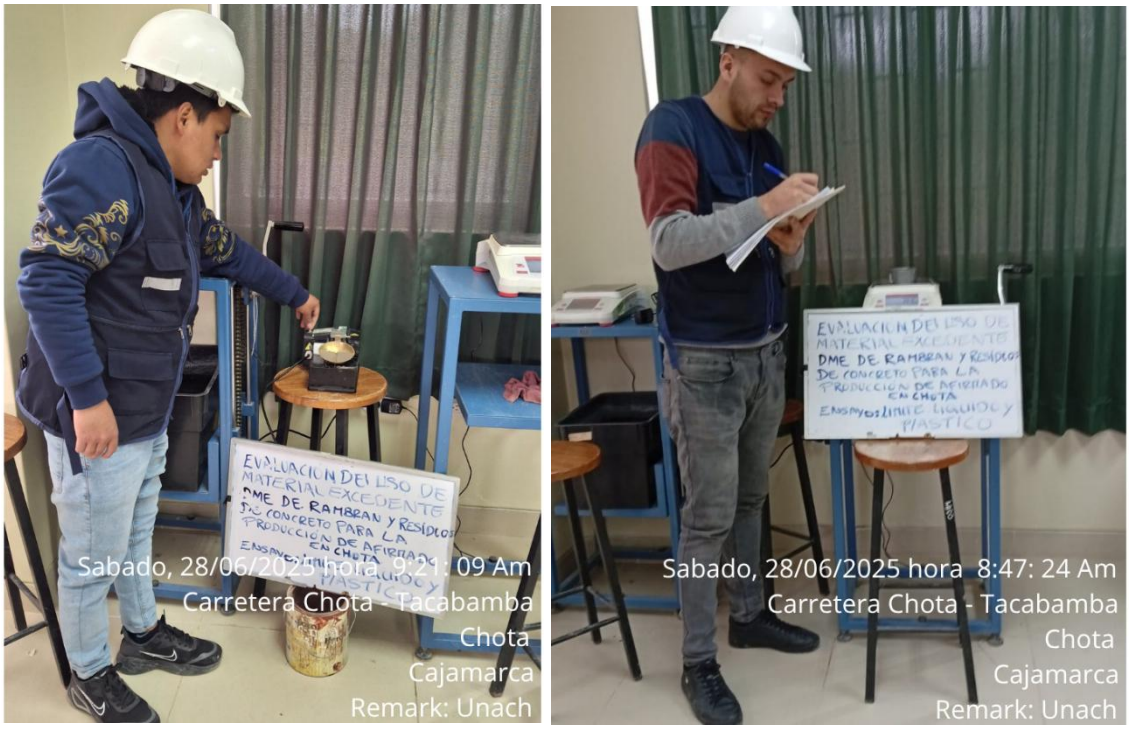
Nota. Ensayo de límite líquido realizado en CIEXLIAN, en el que el investigador utiliza el equipo de Casagrande para registrar el número de golpes y obtener la humedad crítica del material del DME Rambrán.

Fotografía 14. Ensayo de límite líquido del material de DME, segunda muestra, laboratorio EPIC – UNACH, calicata 2



Nota. Se observa la ejecución del ensayo de límite plástico en laboratorio, correspondiente al material obtenido de la segunda calicata en el DME Rambrán, con la finalidad de determinar la plasticidad del suelo para su uso en afirmado.

Fotografía 15. Ensayo de límite líquido del material de DME, segunda muestra, laboratorio EPIC – UNACH, calicata 3



Nota. Se muestra el ensayo de límite plástico realizado al material de la tercera calicata del DME Rambrán, empleando el equipo especializado en la EPIC – UNACH, como parte de la caracterización del suelo.

Fotografía 16. Ensayo de límite plástico del material del DME, laboratorio CIEXLIAN



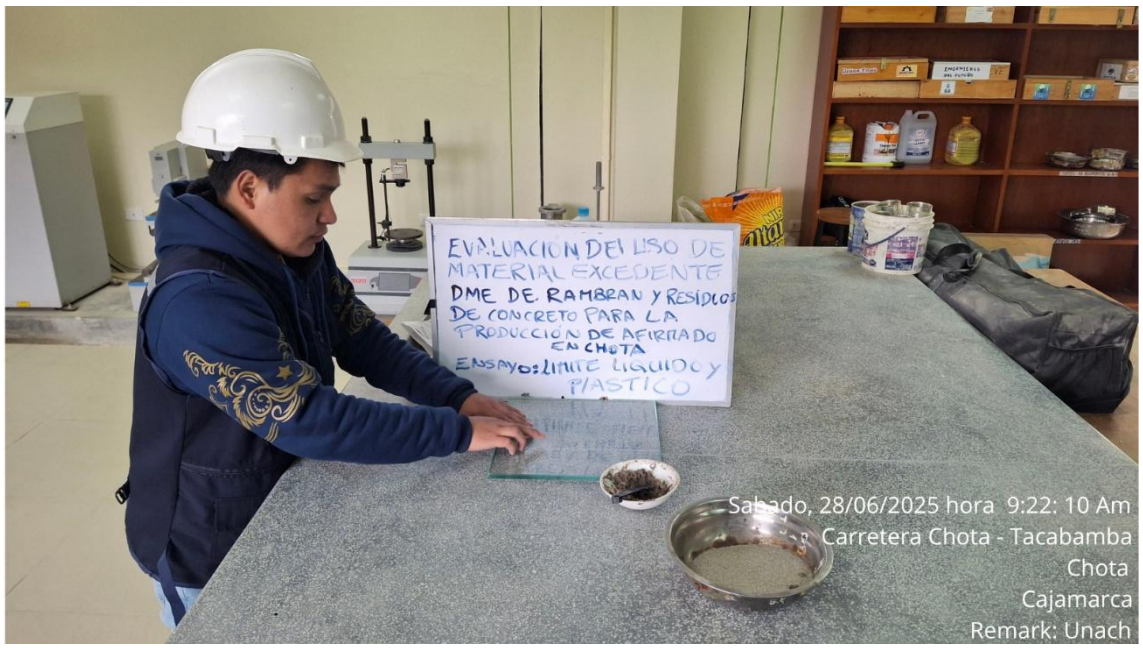
Nota. Se muestra el proceso del ensayo de límite plástico realizado en el laboratorio CIEXLIAN al suelo natural del DME Rambrán.

Fotografía 17. Ensayo de límite plástico del material de relleno del DME, laboratorio EPIC – UNACH, calicata 2



Nota. Se observa el ensayo de límite plástico, donde el investigador realiza el moldeado de los hilos de suelo sobre vidrio para determinar la humedad en el que el material pasa de estado plástico a semisólido.

Fotografía 18. Ensayo de límite plástico del material de relleno del DME, laboratorio EPIC – UNACH, calicata 3



Nota. Continúa el procedimiento del ensayo de límites de Atterberg (líquido y plástico), con otro integrante del equipo aplicando el mismo método, garantizando la validez de los resultados para la calicata.

Fotografía 19. Pesado y compactación de muestras para el ensayo de Proctor modificado en el material de relleno de la calicata 1 en el laboratorio CIEXLIAN



Nota. Se observa el proceso de compactación del material en capas mediante golpes de pisón, ensayo que busca determinar la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad del suelo natural.

Fotografía 20. Ensayo de Proctor modificado en el material del DME de la calicata 1 en el laboratorio CIEXLIAN



Nota. Aquí se evidencia la compactación aplicada sobre la mezcla de residuos de concreto, con el fin de establecer sus propiedades de densificación y compararlas con el DME.

Fotografía 21. Ensayo de Proctor modificado en el material del DME, calicata 2, EPIC



Nota. Se evidencia el proceso de compactación Proctor Modificado como parte del ensayo CBR, donde el suelo es introducido en un molde cilíndrico mediante golpes de un pisón estándar para definir MDS y OCH.

Fotografía 22. Ensayo de Proctor modificado en el material del DME, calicata 3, laboratorio EPIC – UNACH



Nota. Se aprecia el inicio del ensayo Proctor Modificado, con la preparación del material y control de humedad en el suelo, actividad para garantizar la confiabilidad en la determinación de las propiedades.

Fotografía 23. Ensayo de expansión del material de relleno para CBR de la calicata 1 en el laboratorio CIEXLIAN



Nota. La figura muestra el procedimiento de ensayo CBR con moldes sumergidos en agua, etapa que simula condiciones de saturación y evalúa la capacidad de soporte del suelo bajo estas condiciones.

Fotografía 24. Ensayo de CBR en el suelo de relleno de la calicata 1 en el laboratorio CIEXLIAN



Nota. En esta imagen se observa la prueba CBR en máquina de carga, donde se aplica penetración controlada sobre la muestra compactada para cuantificar directamente su capacidad de soporte.

Fotografía 25. Proceso de recolección de residuos de concreto en un vertedero a las afueras de la ciudad de Chota



Nota. Recolección de material de residuos de concreto en una zona de demolición de Chota, parte del muestreo inicial de la investigación.

Fotografía 26. Vertedero 1 a las afueras de la ciudad de Chota para la obtención de residuos de concreto



Nota. Inspección y registro fotográfico de un depósito de residuos de concreto en Chota, donde se obtuvo parte de las muestras utilizadas en los ensayos.

Fotografía 27. Vertedero 2 a las afueras de la ciudad de Chota para la obtención de residuos de concreto



Nota. Acopio de residuos de concreto y embalaje en sacos para su traslado a laboratorio, correspondiente al proceso de preparación de las muestras de estudio.

Fotografía 28. Trituración manual de residuos de concreto como medio de complementación de la trituración mecánica, en el laboratorio CIEXLIAN



Nota. Proceso de trituración manual de residuos de concreto realizado en el laboratorio CIEXLIAN, como parte del acondicionamiento del material previo a los ensayos de caracterización.

Fotografía 29. Trituración manual de residuos de concreto como medio de complementación de la trituración mecánica, en el laboratorio EPIC – UNACH



Nota. Trituración manual complementaria en el laboratorio EPIC – UNACH, donde se reduce el tamaño de los fragmentos de concreto para facilitar su análisis físico-mecánico.

Fotografía 30. Cuarteo de residuos de concreto



Nota. Cuarteo de los residuos de concreto en el laboratorio CIEXLIAN, procedimiento que garantiza la representatividad y homogeneidad de las muestras destinadas a los ensayos de laboratorio.

Fotografía 31. Granulometría de residuos de concreto en el laboratorio CIEXLIAN



Nota. Proceso de ensayo de granulometría en residuos de concreto, utilizando tamices de diferentes aperturas para clasificar las partículas según su tamaño.

Fotografía 32. Granulometría de residuos de concreto en el laboratorio EPIC – UNACH





Nota. Continuación del ensayo de granulometría en residuos de concreto, mostrando la disposición y agitación del material en la columna de tamices.

Fotografía 33. Ensayo de contenido de humedad a los residuos de concreto en el laboratorio CIEXLIAN



Nota. Ensayo de contenido de humedad en residuos de concreto, con el secado de muestras en horno para determinar la pérdida de agua.

Fotografía 34. Peso específico de residuos de concreto en el laboratorio CIEXLIAN



Nota. Ensayo de peso específico de residuos de concreto en el laboratorio de suelos, empleando el método de picnómetro.

Fotografía 35. Peso específico de residuos de concreto en el laboratorio EPIC – UNACH



Nota. Ensayo de peso específico y absorción en residuos de concreto, mediante el llenado del picnómetro con el material previamente preparado.

Fotografía 36. Peso unitario compactado de residuos de concreto en el laboratorio CIEXLIAN



Nota. Ensayo de peso unitario compactado en residuos de concreto, utilizando un molde cilíndrico y barra de compactación.

Fotografía 37. Peso unitario suelto de residuos de concreto el laboratorio de mecánica de materiales de la EPIC – UNACH



Nota. Ensayo de peso unitario suelto en residuos de concreto, con llenado directo del molde sin compactación previa.

Fotografía 38. Peso unitario compactado de residuos de concreto el laboratorio de mecánica de materiales de la EPIC – UNACH



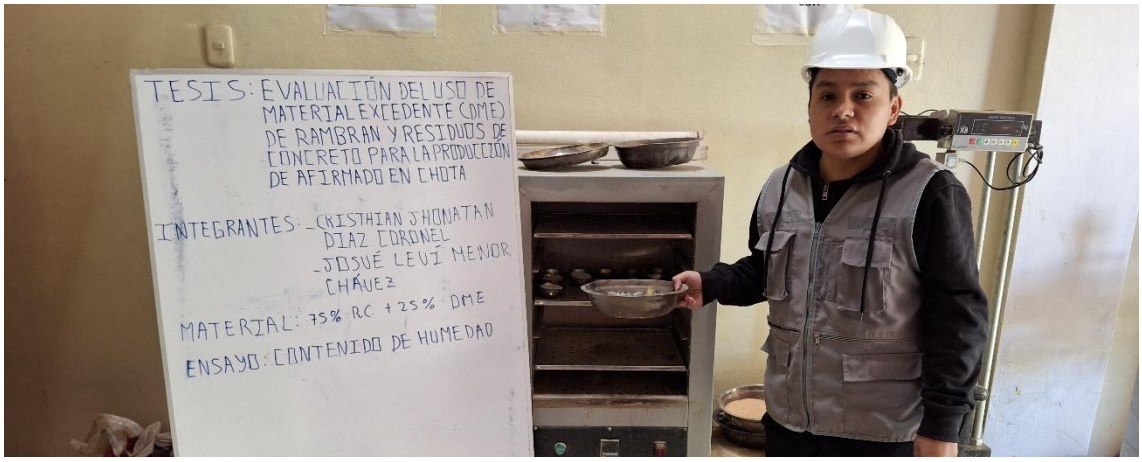
Nota. Ensayo de peso unitario compactado en residuos de concreto, registrando el proceso de llenado y compactación en moldes cilíndricos.

Fotografía 39. Combinación de materiales: residuos de concreto 75% y material excedente 25%



Nota. Preparación de la mezcla con 75 % de residuos de concreto y 25 % de material excedente de Rambrán para los ensayos de caracterización en laboratorio.

Fotografía 40. Ensayo de contenido de humedad de la combinación de material DME con residuos de concreto



Nota. Ensayo de contenido de humedad en la combinación 75 % residuos de concreto y 25 % material excedente, mediante secado en horno.

Fotografía 41. Granulometría de la combinación de material DME con residuos de concreto



Nota. Ensayo de granulometría en la combinación 75 % residuos de concreto y 25 % material excedente, utilizando la serie de tamices.

Fotografía 42. Ensayo de límite líquido de la combinación de material DME con residuos de concreto



Nota. Ensayo de límites de Atterberg aplicado a la combinación 75 % residuos de concreto y 25 % material excedente.

Fotografía 43. Proctor modificado de la combinación de material DME con residuos de concreto utilizando suelo de la calicata 1, laboratorio CIEXLIAN



Nota. Ensayo Proctor modificado para la combinación 75 % residuos de concreto y 25 % material excedente, con el fin de determinar la relación humedad–densidad.

Fotografía 44. Proctor modificado de la combinación de material DME con residuos de concreto, calicata 2, laboratorio EPIC – UNACH



Nota. Ensayo Proctor modificado en la combinación suelo con residuos de concreto, realizado en el laboratorio de la EPIC – UNACH.

Fotografía 45. Proctor modificado de la combinación de material DME con residuos de concreto, calicata 3, laboratorio EPIC – UNACH





Nota. Ensayo en la combinación suelo con residuos de concreto, mediante compactación en molde cilíndrico.

Fotografía 46. CBR de la combinación de material DME con residuos de concreto utilizando suelo de la calicata 1 en el laboratorio CIEXLIAN



Nota. Ensayo CBR en la combinación suelo con residuos de concreto, realizado en la EPIC – UNACH para medir resistencia a la penetración.

Fotografía 47. Expansión para CBR de la combinación de material DME con residuos de concreto, calicata 2, laboratorio EPIC – UNACH



Nota. Ensayo expansión e hinchamiento en muestras de CBR sometidas a agua aplicado a la combinación suelo con residuos de concreto, con participación de los investigadores y el técnico de laboratorio.

Fotografía 48. Colocación de las muestras para el ensayo CBR de la combinación de material DME con residuos de concreto, calicata 2, laboratorio EPIC – UNACH



Nota. Ensayo CBR aplicado a la combinación suelo con residuos de concreto, con participación de los investigadores y el técnico de laboratorio.

Fotografía 49. Ensayo de abrasión Los Ángeles en el material combinado con material del DME y residuos de concreto



Nota. Se aprecia el procedimiento del ensayo de abrasión Los Ángeles, donde los investigadores adicionan la carga abrasiva y material de prueba en la máquina para iniciar el ensayo de desgaste.

Fotografía 50. Ensayo de abrasión Los Ángeles en el material combinado con material del DME y residuos de concreto, laboratorio EPIC – UNACH



Nota. Se presenta la etapa final del ensayo de abrasión, donde se extraen los agregados procesados en la máquina Los Ángeles para su posterior análisis granulométrico y cuantificación de pérdidas por desgaste.

Anexo C. Formato del método analítico

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"
TESISTAS:	CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHAVÉZ

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MÉTODO ANALÍTICO

GRADACIÓN A-1 PARA AFIRMADO

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"
TESISTAS:	CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHAVÉZ

MÉTODO ANALÍTICO

CALICATA C1

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

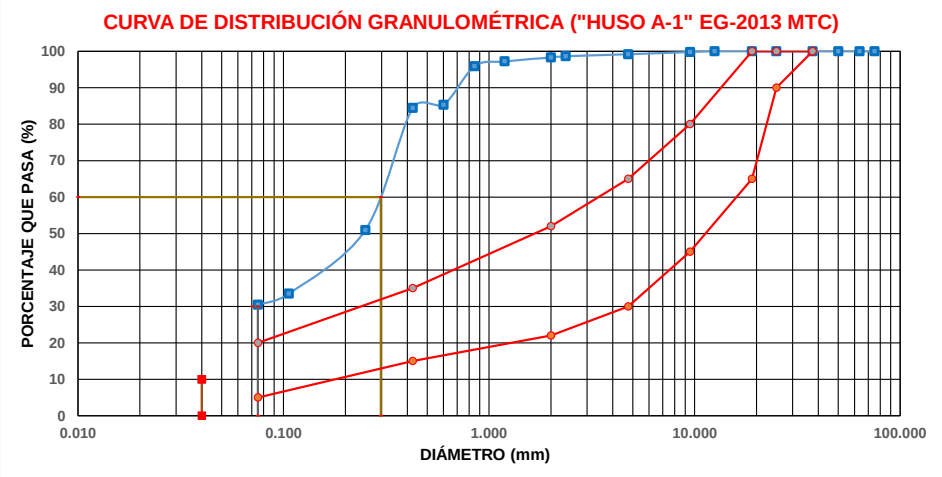
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (AASHTO T-88)
DME RAMBRÁN C1
GRADACIÓN A-1 PARA AFIRMADO

USOS SEGÚN EL MANUAL DE CARRETERAS - ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN EG-2013 DEL MTC

N°	Abertura(mm)	Gradación A-1		Gradación A-2		Gradación C		Gradación D		Gradación E	
2"	50.000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1 ½"	37.500	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1"	25.000	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100
3/4"	19.000	65	100	80	100						
3/8"	9.500	45	80	65	100	50	85	60	100		
N° 4	4.750	30	65	50	85	35	65	50	85	55	100
N° 10	2.000	22	52	33	67	25	50	40	70	40	100
N° 40	0.425	15	35	20	45	15	30	25	45	20	50
N° 200	0.075	5	20	5	20	5	15	5	20	6	20

CONDICIONES DE LA MUESTRA	
TEMPERATURA DE SECADO	110 ± 5 °C
PESO DE LA MUESTRA SECA (g)	1117.00

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
Tamiz		Peso retenido parcial	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa
N°	Abertura (mm)				
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	2.00	0.18	0.18	99.82
N° 4	4.750	7.00	0.63	0.81	99.19
N° 8	2.360	6.00	0.54	1.34	98.66
N° 10	2.000	4.00	0.36	1.70	98.30
N° 16	1.190	12.00	1.07	2.78	97.22
N° 20	0.850	15.00	1.34	4.12	95.88
N° 30	0.600	118.00	10.56	14.68	85.32
N° 40	0.425	10.00	0.90	15.58	84.42
N° 60	0.250	374.00	33.48	49.06	50.94
N° 140	0.106	195.00	17.46	66.52	33.48
N° 200	0.075	34.00	3.04	69.56	30.44
Cazoleta	Fondo	340.00	30.44	100.00	0.00
TOTAL	WG=	1117.00			



COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Y COEFICIENTE DE CURVATURA		
D10= 0.044	**D30= 0.075**	**D60= 0.307**
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD (Cu)	**COEFICIENTE DE CURVATURA (Cc)**	
6.97	0.42	

$$Cu = D_{60}/D_{10}$$

$$Cc = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$$

OBSERVACIONES:

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (AASHTO T-88)
RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICIÓN
GRADACIÓN A-1 PARA AFIRMADO

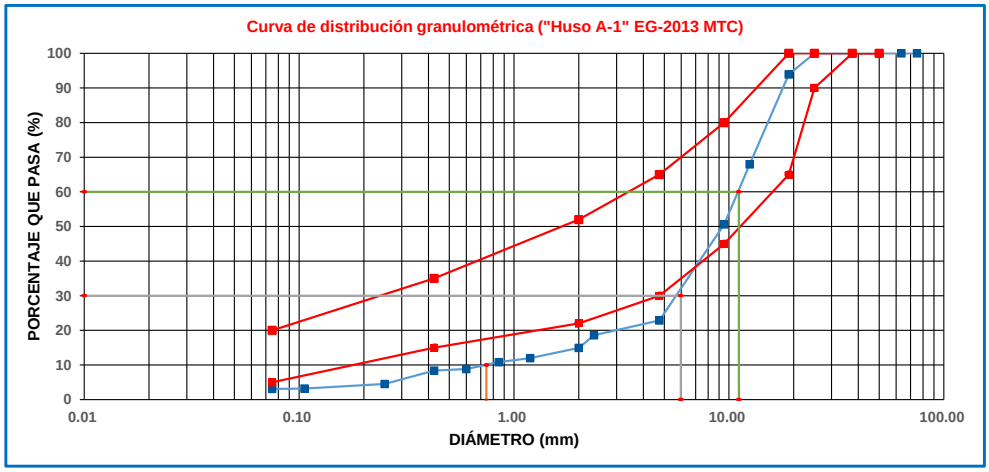
USOS SEGÚN EL MANUAL DE CARRETERAS - ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN EG-2013 DEL MTC

N°	Abertura(mm)	Gradación A-1		Gradación A-2		Gradación C		Gradación D		Gradación E	
2"	50.000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1 ½"	37.500	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1"	25.000	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100
3/4"	19.000	65	100	80	100						
3/8"	9.500	45	80	65	100	50	85	60	100		
N° 4	4.750	30	65	50	85	35	65	50	85	55	100
N° 10	2.000	22	52	33	67	25	50	40	70	40	100
N° 40	0.425	15	35	20	45	15	30	25	45	20	50
N° 200	0.075	5	20	5	20	5	15	5	20	6	20

CONDICIONES DE LA MUESTRA	
TEMPERATURA DE SECADO	110 ± 5 °C
PESO DE LA MUESTRA SECA (g)	3116.00

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Tamiz		Peso retenido parcial	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa
N°	Abertura (mm)				
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	189.00	6.07	6.07	93.93
1/2"	12.500	810.00	25.99	32.06	67.94
3/8"	9.500	540.00	17.33	49.39	50.61
N° 4	4.750	865.00	27.76	77.15	22.85
N° 8	2.360	132.00	4.24	81.39	18.61
N° 10	2.000	114.00	3.66	85.04	14.96
N° 16	1.190	92.00	2.95	88.00	12.00
N° 20	0.850	36.00	1.16	89.15	10.85
N° 30	0.600	62.00	1.99	91.14	8.86
N° 40	0.425	15.00	0.48	91.62	8.38
N° 60	0.250	120.00	3.85	95.47	4.53
N° 140	0.106	42.00	1.35	96.82	3.18
N° 200	0.075	3.00	0.10	96.92	3.08
Cazoleta	Fondo	96.00	3.08	100.00	0.00
TOTAL	WG=	3116.00			



COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Y COEFICIENTE DE CURVATURA		
D10= 0.750	**D30= 6.376**	**D60= 11.234**
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD (Cu)	**COEFICIENTE DE CURVATURA (Cc)**	
14.99	4.83	

$$Cu = D_{60}/D_{10}$$

$$Cc = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$$

OBSERVACIONES:

MÉTODO ANALÍTICO PARA MEZCLA DE CANTERAS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE MEZCLA DE MATERIALES DME + RESIDUOS DE CONCRETO

GRADACIÓN A-1 PARA AFIRMADO

USOS SEGÚN EL MANUAL DE CARRETERAS -
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA

N°	Abertura(mm)	Gradación A-1		Gradación A-2		Gradación C		Gradación D		Gradación E	
2"	50.000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1 ½"	37.500	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1"	25.000	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100
3/4"	19.000	65	100	80	100						
3/8"	9.500	45	80	65	100	50	85	60	100		
N° 4	4.750	30	65	50	85	35	65	50	85	55	100
N° 10	2.000	22	52	33	67	25	50	40	70	40	100
N° 40	0.425	15	35	20	45	15	30	25	45	20	50
N° 200	0.075	5	20	5	20	5	15	5	20	6	20

Tamiz		Especificaciones		Suelo Rambrán	Residuos de concreto
N°	Abertura (mm)	% que pasa (Huso A-1)		% que pasa	% que pasa
3"	75.000	----	----	100.00	100.00
2 1/2"	63.000	----	----	100.00	100.00
2"	50.800	100	100	100.00	100.00
1 1/2"	38.100	100	100	100.00	100.00
1"	25.400	90	100	100.00	100.00
3/4"	19.050	65	100	100.00	93.93
1/2"	12.700	----	----	100.00	67.94
3/8"	9.520	45	80	99.82	50.61
N° 4	4.750	30	65	99.19	22.85
N° 8	2.360	----	----	98.66	18.61
N°10	2.000	22	52	98.30	14.96
N° 16	1.190	----	----	97.22	12.00
N°20	0.850	----	----	95.88	10.85
N°30	0.600	----	----	85.32	8.86
N°40	0.430	15	35	84.42	8.38
N°60	0.250	----	----	50.94	4.53
N°140	0.106	----	----	33.48	3.18
N°200	0.080	5	20	30.44	3.08

$$P = aA + bB + cC + \ ...$$

(F1) Para "n" canteras

$$P = aA + bB$$

(F2) Para 2 canteras

Evidentemente a + b =100% de donde:

$$a = 1 - b \qquad \text{(F3)}$$

Sustituyendo en la ecuación (F2) se tiene:

$$P = (1 - b)A + bB = A - Aa + bB$$

$$P - A = b(B - A)$$

De donde se obtiene:

$$b = \frac{P-A}{B-A} \qquad \text{(F4)}$$

$$a = \frac{P-B}{A-B} \qquad \text{(F5)}$$

CONSIDERANDO EL TAMIZ N° 10

P =	37	%	(% pasante que se desea obtener para el tamiz N°10. Media de las especificaciones (P))
Suelo Rambrán	98.30	%	(% Que pasa el tamiz N° 10 del material "A")
Residuos de concreto	14.96	%	(% Que pasa el tamiz N° 10 del material "B")

% A USAR DE CADA MATERIAL

Residuos de concreto	0.74	b	75% Residuos de concreto
Suelo Rambrán	0.26	a	25% Suelo Rambrán
	1.00		

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE MEZCLA DE MATERIALES SUELO DME + RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICIÓN (AASHTO T-88)

GRADACIÓN A-1 PARA AFIRMADO

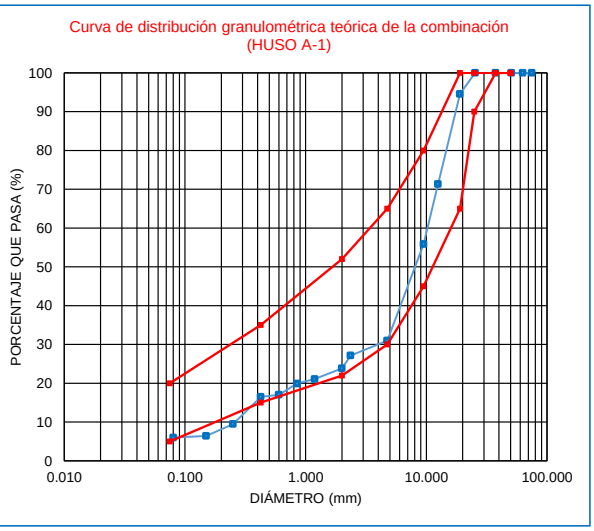
USOS SEGÚN EL MANUAL DE CARRETERAS - ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN EG-2013 DEL MTC

N°	Abertura(mm)	Gradación A-1		Gradación A-2		Gradación C		Gradación D		Gradación E	
2"	50.000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1 ½"	37.500	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1"	25.000	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100
3/4"	19.000	65	100	80	100						
3/8"	9.500	45	80	65	100	50	85	60	100		
N° 4	4.750	30	65	50	85	35	65	50	85	55	100
N° 10	2.000	22	52	33	67	25	50	40	70	40	100
N° 40	0.425	15	35	20	45	15	30	25	45	20	50
N° 200	0.075	5	20	5	20	5	15	5	20	6	20

PESO SECO DE LA MUESTRA: SUELO DME (g)	279.25
PESO SECO DE LA MUESTRA: RC (g)	2337.00
PESO DE LA MUESTRA SECA MEZCLADA(g)	2616.25

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Tamiz N°	Tamiz Abertura (mm)	Peso retenido parcial	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	141.75	5.42	5.42	94.58
1/2"	12.500	607.50	23.22	28.64	71.36
3/8"	9.500	405.50	15.50	44.14	55.86
N° 4	4.750	650.50	24.86	69.00	31.00
N° 8	2.360	100.50	3.84	72.84	27.16
N 10	2.000	86.50	3.31	76.15	23.85
N° 16	1.190	72.00	2.75	78.90	21.10
N 20	0.850	30.75	1.18	80.08	19.92
N 30	0.600	76.00	2.90	82.98	17.02
N 40	0.425	13.75	0.53	83.51	16.49
N 60	0.250	183.50	7.01	90.52	9.48
N 140	0.150	80.25	3.07	93.59	6.41
N 200	0.080	10.75	0.41	94.00	6.00
Cazoleta	--	157.00	6.00	100.00	0.00
Total		2616.25			



COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Y COEFICIENTE DE CURVATURA		
D10= 0.267	D30= 4.158	D60= 10.375
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD (Cu)	COEFICIENTE DE CURVATURA (Cc)	
38.87	6.24	

$$Cu = D_{60}/D_{10}$$

$$Cc = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$$

OBSERVACIONES:

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"
TESISTAS:	CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHAVÉZ

MÉTODO ANALÍTICO

CALICATA C2

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

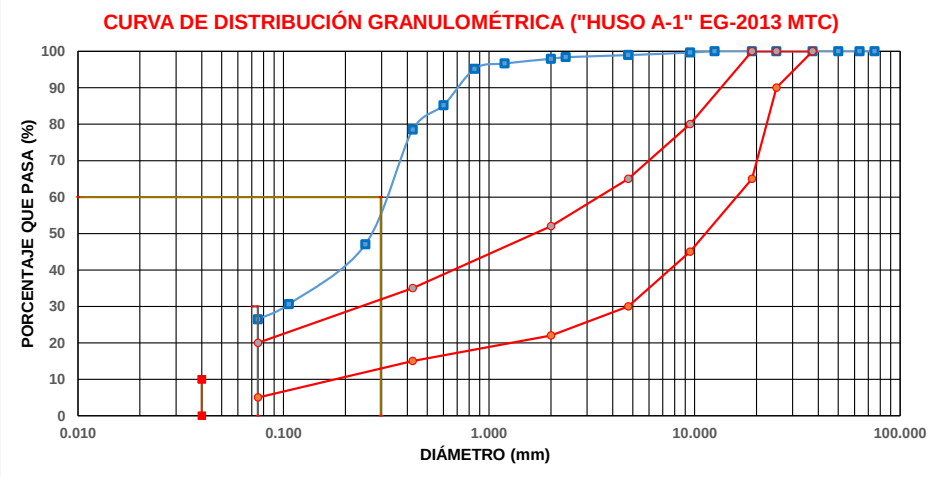
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (AASHTO T-88)
DME RAMBRÁN C2
GRADACIÓN A-1 PARA AFIRMADO

USOS SEGÚN EL MANUAL DE CARRETERAS - ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN EG-2013 DEL MTC

N°	Abertura(mm)	Gradación A-1		Gradación A-2		Gradación C		Gradación D		Gradación E	
2"	50.000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1 ½"	37.500	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1"	25.000	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100
3/4"	19.000	65	100	80	100						
3/8"	9.500	45	80	65	100	50	85	60	100		
N° 4	4.750	30	65	50	85	35	65	50	85	55	100
N° 10	2.000	22	52	33	67	25	50	40	70	40	100
N° 40	0.425	15	35	20	45	15	30	25	45	20	50
N° 200	0.075	5	20	5	20	5	15	5	20	6	20

CONDICIONES DE LA MUESTRA	
TEMPERATURA DE SECADO	110 ± 5 °C
PESO DE LA MUESTRA SECA (g)	1740.00

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
Tamiz		Peso retenido parcial	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa
N°	Abertura (mm)				
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	6.00	0.34	0.34	99.66
N° 4	4.750	12.00	0.69	1.03	98.97
N° 8	2.360	10.00	0.57	1.61	98.39
N° 10	2.000	8.00	0.46	2.07	97.93
N° 16	1.190	22.00	1.26	3.33	96.67
N° 20	0.850	26.00	1.49	4.83	95.17
N° 30	0.600	174.00	10.00	14.83	85.17
N° 40	0.425	116.00	6.67	21.49	78.51
N° 60	0.250	548.00	31.49	52.99	47.01
N° 140	0.106	286.00	16.44	69.43	30.57
N° 200	0.075	72.00	4.14	73.56	26.44
Cazoleta	Fondo	460.00	26.44	100.00	0.00
TOTAL	WG=	1740.00			



COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Y COEFICIENTE DE CURVATURA		
D10= 0.046	**D30= 0.102**	**D60= 0.333**
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD (Cu)	**COEFICIENTE DE CURVATURA (Cc)**	
7.24	0.68	

$$Cu = D_{60}/D_{10}$$

$$Cc = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$$

OBSERVACIONES:

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (AASHTO T-88)
RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICIÓN
GRADACIÓN A-1 PARA AFIRMADO

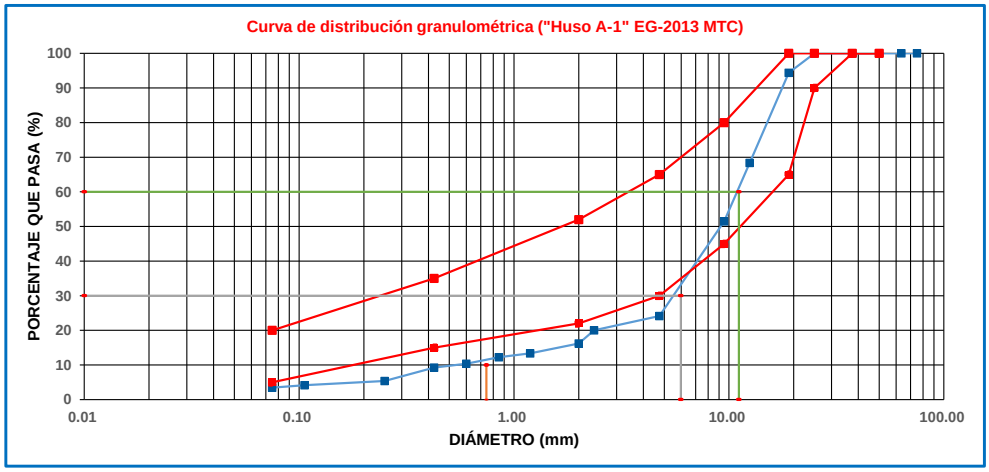
USOS SEGÚN EL MANUAL DE CARRETERAS - ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN EG-2013 DEL MTC

N°	Abertura(mm)	Gradación A-1		Gradación A-2		Gradación C		Gradación D		Gradación E	
2"	50.000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1 ½"	37.500	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1"	25.000	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100
3/4"	19.000	65	100	80	100						
3/8"	9.500	45	80	65	100	50	85	60	100		
N° 4	4.750	30	65	50	85	35	65	50	85	55	100
N° 10	2.000	22	52	33	67	25	50	40	70	40	100
N° 40	0.425	15	35	20	45	15	30	25	45	20	50
N° 200	0.075	5	20	5	20	5	15	5	20	6	20

CONDICIONES DE LA MUESTRA	
TEMPERATURA DE SECADO	110 ± 5 °C
PESO DE LA MUESTRA SECA (g)	3035.00

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Tamiz		Peso retenido parcial	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa
N°	Abertura (mm)				
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	171.00	5.63	5.63	94.37
1/2"	12.500	790.00	26.03	31.66	68.34
3/8"	9.500	512.00	16.87	48.53	51.47
N° 4	4.750	829.00	27.31	75.85	24.15
N° 8	2.360	126.00	4.15	80.00	20.00
N° 10	2.000	115.00	3.79	83.79	16.21
N° 16	1.190	86.00	2.83	86.62	13.38
N° 20	0.850	35.00	1.15	87.78	12.22
N° 30	0.600	56.00	1.85	89.62	10.38
N° 40	0.425	34.00	1.12	90.74	9.26
N° 60	0.250	117.00	3.86	94.60	5.40
N° 140	0.106	37.00	1.22	95.82	4.18
N° 200	0.075	22.00	0.72	96.54	3.46
Cazoleta	Fondo	105.00	3.46	100.00	0.00
TOTAL	WG=	3035.00			



COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Y COEFICIENTE DE CURVATURA		
D10= 0.543	**D30= 6.111**	**D60= 11.123**
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD (Cu)	**COEFICIENTE DE CURVATURA (Cc)**	
20.48	6.18	

$$Cu = D_{60}/D_{10}$$

$$Cc = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$$

OBSERVACIONES:

MÉTODO ANALÍTICO PARA MEZCLA DE CANTERAS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE MEZCLA DE MATERIALES DME + RESIDUOS DE CONCRETO

GRADACIÓN A-1 PARA AFIRMADO

USOS SEGÚN EL MANUAL DE CARRETERAS -
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA

N°	Abertura(mm)	Gradación A-1		Gradación A-2		Gradación C		Gradación D		Gradación E	
2"	50.000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1 ½"	37.500	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1"	25.000	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100
3/4"	19.000	65	100	80	100						
3/8"	9.500	45	80	65	100	50	85	60	100		
N° 4	4.750	30	65	50	85	35	65	50	85	55	100
N° 10	2.000	22	52	33	67	25	50	40	70	40	100
N° 40	0.425	15	35	20	45	15	30	25	45	20	50
N° 200	0.075	5	20	5	20	5	15	5	20	6	20

Tamiz		Especificaciones		Suelo Rambrán	Residuos de concreto
N°	Abertura (mm)	% que pasa (Huso A-1)		% que pasa	% que pasa
3"	75.000	----	----	100.00	100.00
2 1/2"	63.000	----	----	100.00	100.00
2"	50.800	100	100	100.00	100.00
1 1/2"	38.100	100	100	100.00	100.00
1"	25.400	90	100	100.00	100.00
3/4"	19.050	65	100	100.00	94.37
1/2"	12.700	----	----	100.00	68.34
3/8"	9.520	45	80	99.66	51.47
N° 4	4.750	30	65	98.97	24.15
N° 8	2.360	----	----	98.39	20.00
N°10	2.000	22	52	97.93	16.21
N° 16	1.190	----	----	96.67	13.38
N°20	0.850	----	----	95.17	12.22
N°30	0.600	----	----	85.17	10.38
N°40	0.430	15	35	78.51	9.26
N°60	0.250	----	----	47.01	5.40
N°140	0.106	----	----	30.57	4.18
N°200	0.080	5	20	26.44	3.46

$$P = aA + bB + cC + \ ...$$

(F1) Para "n" canteras

$$P = aA + bB$$

(F2) Para 2 canteras

Evidentemente a + b =100% de donde:

$$a = 1 - b$$ (F3)

Sustituyendo en la ecuación (F2) se tiene:

$$P = (1 - b)A + bB = A - Aa + bB$$

$$P - A = b(B - A)$$

De donde se obtiene:

$$b = \frac{P-A}{B-A}$$ (F4)

$$a = \frac{P-B}{A-B}$$ (F5)

CONSIDERANDO EL TAMIZ N° 10

P =	37	%	(% pasante que se desea obtener para el tamiz N°10. Media de las especificaciones (P))
Suelo Rambrán	97.93	%	(% Que pasa el tamiz N° 10 del material "A")
Residuos de concreto	16.21	%	(% Que pasa el tamiz N° 10 del material "B")

% A USAR DE CADA MATERIAL

Residuos de concreto	0.75	b	75%	Residuos de concreto
Suelo Rambrán	0.25	a	25%	Suelo Rambrán
	1.00			

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE MEZCLA DE MATERIALES SUELO DME + RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICIÓN (AASHTO T-88)

GRADACIÓN A-1 PARA AFIRMADO

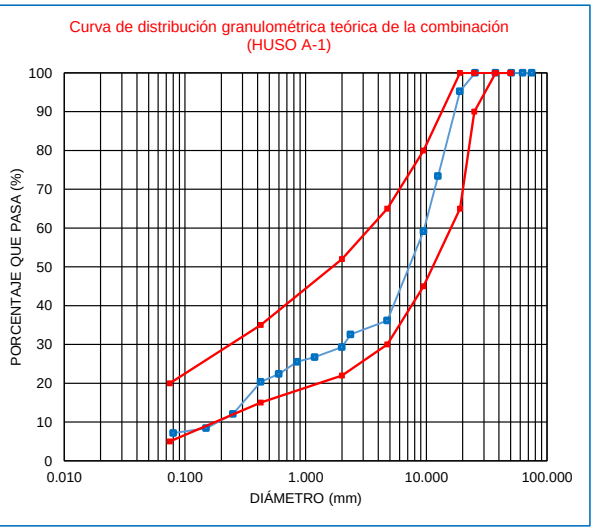
USOS SEGÚN EL MANUAL DE CARRETERAS - ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN EG-2013 DEL MTC

N°	Abertura(mm)	Gradación A-1		Gradación A-2		Gradación C		Gradación D		Gradación E	
2"	50.000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1 ½"	37.500	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1"	25.000	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100
3/4"	19.000	65	100	80	100						
3/8"	9.500	45	80	65	100	50	85	60	100		
N° 4	4.750	30	65	50	85	35	65	50	85	55	100
N° 10	2.000	22	52	33	67	25	50	40	70	40	100
N° 40	0.425	15	35	20	45	15	30	25	45	20	50
N° 200	0.075	5	20	5	20	5	15	5	20	6	20

PESO SECO DE LA MUESTRA: SUELO DME (g)	435.00
PESO SECO DE LA MUESTRA: RC (g)	2276.25
PESO DE LA MUESTRA SECA MEZCLADA(g)	2711.25

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Tamiz N°	Tamiz Abertura (mm)	Peso retenido parcial	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	128.25	4.73	4.73	95.27
1/2"	12.500	592.50	21.85	26.58	73.42
3/8"	9.500	385.50	14.22	40.80	59.20
N° 4	4.750	624.75	23.04	63.85	36.15
N° 8	2.360	97.00	3.58	67.42	32.58
N 10	2.000	88.25	3.25	70.68	29.32
N° 16	1.190	70.00	2.58	73.26	26.74
N 20	0.850	32.75	1.21	74.47	25.53
N 30	0.600	85.50	3.15	77.62	22.38
N 40	0.425	54.50	2.01	79.63	20.37
N 60	0.250	224.75	8.29	87.92	12.08
N 140	0.150	99.25	3.66	91.58	8.42
N 200	0.080	34.50	1.27	92.85	7.15
Cazoleta	--	193.75	7.15	100.00	0.00
Total		2711.25			



COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Y COEFICIENTE DE CURVATURA		
D10= 0.198	D30= 2.078	D60= 9.688
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD (Cu)	COEFICIENTE DE CURVATURA (Cc)	
49.01	2.26	

$$Cu = D_{60}/D_{10}$$

$$Cc = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$$

OBSERVACIONES:

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"
TESISTAS:	CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHAVÉZ

MÉTODO ANALÍTICO

CALICATA C3

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

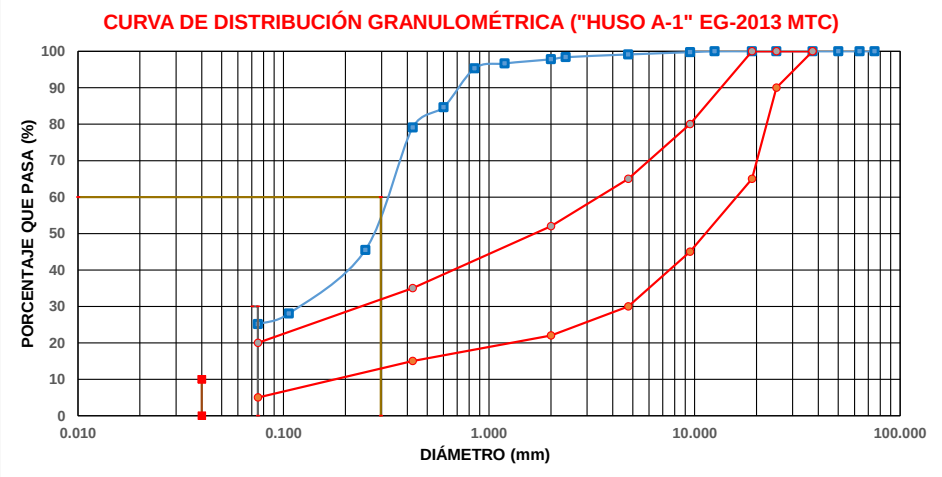
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (AASHTO T-88)
DME RAMBRÁN C3
GRADACIÓN A-1 PARA AFIRMADO

USOS SEGÚN EL MANUAL DE CARRETERAS - ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN EG-2013 DEL MTC

N°	Abertura(mm)	Gradación A-1		Gradación A-2		Gradación C		Gradación D		Gradación E	
2"	50.000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1 ½"	37.500	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1"	25.000	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100
3/4"	19.000	65	100	80	100						
3/8"	9.500	45	80	65	100	50	85	60	100		
N° 4	4.750	30	65	50	85	35	65	50	85	55	100
N° 10	2.000	22	52	33	67	25	50	40	70	40	100
N° 40	0.425	15	35	20	45	15	30	25	45	20	50
N° 200	0.075	5	20	5	20	5	15	5	20	6	20

CONDICIONES DE LA MUESTRA	
TEMPERATURA DE SECADO	110 ± 5 °C
PESO DE LA MUESTRA SECA (g)	1742.00

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
Tamiz		Peso retenido parcial	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa
N°	Abertura (mm)				
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	4.00	0.23	0.23	99.77
N° 4	4.750	11.00	0.63	0.86	99.14
N° 8	2.360	13.00	0.75	1.61	98.39
N° 10	2.000	10.00	0.57	2.18	97.82
N° 16	1.190	20.00	1.15	3.33	96.67
N° 20	0.850	24.00	1.38	4.71	95.29
N° 30	0.600	186.00	10.68	15.38	84.62
N° 40	0.425	96.00	5.51	20.90	79.10
N° 60	0.250	586.00	33.64	54.54	45.46
N° 140	0.106	304.00	17.45	71.99	28.01
N° 200	0.075	50.00	2.87	74.86	25.14
Cazoleta	Fondo	438.00	25.14	100.00	0.00
TOTAL	WG=	1742.00			



COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Y COEFICIENTE DE CURVATURA		
D10= 0.045	**D30= 0.126**	**D60= 0.338**
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD (Cu)	**COEFICIENTE DE CURVATURA (Cc)**	
7.50	1.05	

$$Cu = D_{60}/D_{10}$$

$$Cc = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$$

OBSERVACIONES:

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (AASHTO T-88)
RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICIÓN
GRADACIÓN A-1 PARA AFIRMADO

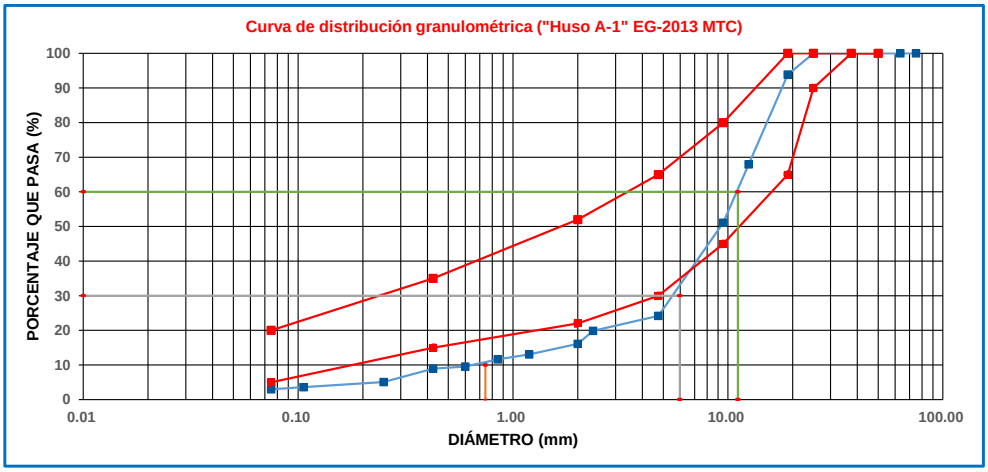
USOS SEGÚN EL MANUAL DE CARRETERAS - ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN EG-2013 DEL MTC

N°	Abertura(mm)	Gradación A-1		Gradación A-2		Gradación C		Gradación D		Gradación E	
2"	50.000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1 ½"	37.500	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1"	25.000	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100
3/4"	19.000	65	100	80	100						
3/8"	9.500	45	80	65	100	50	85	60	100		
N° 4	4.750	30	65	50	85	35	65	50	85	55	100
N° 10	2.000	22	52	33	67	25	50	40	70	40	100
N° 40	0.425	15	35	20	45	15	30	25	45	20	50
N° 200	0.075	5	20	5	20	5	15	5	20	6	20

CONDICIONES DE LA MUESTRA	
TEMPERATURA DE SECADO	110 ± 5 °C
PESO DE LA MUESTRA SECA (g)	3023.00

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Tamiz		Peso retenido parcial	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa
N°	Abertura (mm)				
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	185.00	6.12	6.12	93.88
1/2"	12.500	784.00	25.93	32.05	67.95
3/8"	9.500	510.00	16.87	48.92	51.08
N° 4	4.750	813.00	26.89	75.82	24.18
N° 8	2.360	130.00	4.30	80.12	19.88
N° 10	2.000	114.00	3.77	83.89	16.11
N° 16	1.190	93.00	3.08	86.97	13.03
N° 20	0.850	42.00	1.39	88.36	11.64
N° 30	0.600	63.00	2.08	90.44	9.56
N° 40	0.425	18.00	0.60	91.04	8.96
N° 60	0.250	118.00	3.90	94.94	5.06
N° 140	0.106	44.00	1.46	96.39	3.61
N° 200	0.075	19.00	0.63	97.02	2.98
Cazoleta	Fondo	90.00	2.98	100.00	0.00
TOTAL	WG=	3023.00			



COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Y COEFICIENTE DE CURVATURA		
D10= 0.657	D30= 6.120	D60= 11.193
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD (Cu)	COEFICIENTE DE CURVATURA (Cc)	
17.04	5.09	

$$Cu = D_{60}/D_{10}$$

$$Cc = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$$

OBSERVACIONES:

MÉTODO ANALÍTICO PARA MEZCLA DE CANTERAS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE MEZCLA DE MATERIALES DME + RESIDUOS DE CONCRETO

GRADACIÓN A-1 PARA AFIRMADO

USOS SEGÚN EL MANUAL DE CARRETERAS -
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA

N°	Abertura(mm)	Gradación A-1		Gradación A-2		Gradación C		Gradación D		Gradación E	
2"	50.000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1 ½"	37.500	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1"	25.000	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100
3/4"	19.000	65	100	80	100						
3/8"	9.500	45	80	65	100	50	85	60	100		
N° 4	4.750	30	65	50	85	35	65	50	85	55	100
N° 10	2.000	22	52	33	67	25	50	40	70	40	100
N° 40	0.425	15	35	20	45	15	30	25	45	20	50
N° 200	0.075	5	20	5	20	5	15	5	20	6	20

Tamiz		Especificaciones		Suelo Rambrán	Residuos de concreto
N°	Abertura (mm)	% que pasa (Huso A-1)		% que pasa	% que pasa
3"	75.000	----	----	100.00	100.00
2 1/2"	63.000	----	----	100.00	100.00
2"	50.800	100	100	100.00	100.00
1 1/2"	38.100	100	100	100.00	100.00
1"	25.400	90	100	100.00	100.00
3/4"	19.050	65	100	100.00	93.88
1/2"	12.700	----	----	100.00	67.95
3/8"	9.520	45	80	99.77	51.08
N° 4	4.750	30	65	99.14	24.18
N° 8	2.360	----	----	98.39	19.88
N°10	2.000	22	52	97.82	16.11
N° 16	1.190	----	----	96.67	13.03
N°20	0.850	----	----	95.29	11.64
N°30	0.600	----	----	84.62	9.56
N°40	0.430	15	35	79.10	8.96
N°60	0.250	----	----	45.46	5.06
N°140	0.106	----	----	28.01	3.61
N°200	0.080	5	20	25.14	2.98

$P = aA + bB + cC + \ ...$

(F1) Para "n" canteras

$P = aA + bB$

(F2) Para 2 canteras

Evidentemente a + b =100% de donde:

$a = 1 - b$ (F3)

Sustituyendo en la ecuación (F2) se tiene:

$P = (1 - b)A + bB$ = A - Aa + bB

$P - A = b(B - A)$

De donde se obtiene:

$b = \frac{P-A}{B-A}$ (F4)

$a = \frac{P-B}{A-B}$ (F5)

CONSIDERANDO EL TAMIZ N° 10

P =	37	%	(% pasante que se desea obtener para el tamiz N°10. Media de las especificaciones (P))
Suelo Rambrán	97.82	%	(% Que pasa el tamiz N° 10 del material "A")
Residuos de concreto	16.11	%	(% Que pasa el tamiz N° 10 del material "B")

% A USAR DE CADA MATERIAL

Residuos de concreto	0.74	b	75%	Residuos de concreto
Suelo Rambrán	0.26	a	25%	Suelo Rambrán
	1.00			

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE MEZCLA DE MATERIALES SUELO DME + RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICIÓN (AASHTO T-88)

GRADACIÓN A-1 PARA AFIRMADO

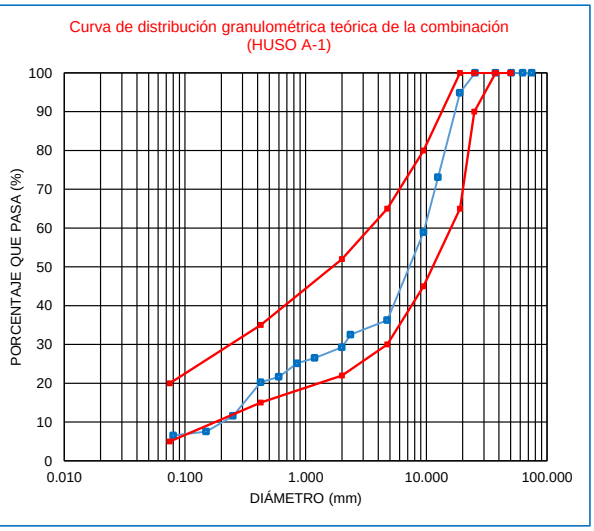
USOS SEGÚN EL MANUAL DE CARRETERAS - ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN EG-2013 DEL MTC

N°	Abertura(mm)	Gradación A-1		Gradación A-2		Gradación C		Gradación D		Gradación E	
2"	50.000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1 ½"	37.500	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1"	25.000	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100
3/4"	19.000	65	100	80	100						
3/8"	9.500	45	80	65	100	50	85	60	100		
N° 4	4.750	30	65	50	85	35	65	50	85	55	100
N° 10	2.000	22	52	33	67	25	50	40	70	40	100
N° 40	0.425	15	35	20	45	15	30	25	45	20	50
N° 200	0.075	5	20	5	20	5	15	5	20	6	20

PESO SECO DE LA MUESTRA: SUELO DME (g)	435.50
PESO SECO DE LA MUESTRA: RC (g)	2267.25
PESO DE LA MUESTRA SECA MEZCLADA(g)	2702.75

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Tamiz N°	Tamiz Abertura (mm)	Peso retenido parcial	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	138.75	5.13	5.13	94.87
1/2"	12.500	588.00	21.76	26.89	73.11
3/8"	9.500	383.50	14.19	41.08	58.92
N° 4	4.750	612.50	22.66	63.74	36.26
N° 8	2.360	100.75	3.73	67.47	32.53
N 10	2.000	88.00	3.26	70.72	29.28
N° 16	1.190	74.75	2.77	73.49	26.51
N 20	0.850	37.50	1.39	74.88	25.12
N 30	0.600	93.75	3.47	78.35	21.65
N 40	0.425	37.50	1.39	79.73	20.27
N 60	0.250	235.00	8.69	88.43	11.57
N 140	0.150	109.00	4.03	92.46	7.54
N 200	0.080	26.75	0.99	93.45	6.55
Cazoleta	--	177.00	6.55	100.00	0.00
Total		2702.75			



COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Y COEFICIENTE DE CURVATURA		
D10= 0.216	**D30= 2.083**	**D60= 9.752**
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD (Cu)	**COEFICIENTE DE CURVATURA (Cc)**	
45.16	2.06	

$$Cu = D_{60}/D_{10}$$

$$Cc = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$$

OBSERVACIONES:

Anexo D. Documentación

D.1. Documento de aceptación de realización de los ensayos de mecánica de suelos y materiales en laboratorio externo

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ley de Creación N° 29531

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

COORDINACIÓN DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

"Año del bicentenario, de la consolidación de nuestra independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

Chota, 4 de octubre del 2024

CARTA N°079- 2024-UNACH-CFCI-ENCHV

Jovenes:
Cristhian Jhonatan Diaz Coronel y Josué Leví Menor Chávez.
tesistas

ASUNTO : Autorización concedida.

Referencia : FUT N°397-2024.

Me dirijo a usted para expresarle mi saludo cordial y manifestarle que cuenta con mi autorización para llevar a cabo sus ensayos de mecánica de suelos en el laboratorio CIEXLIAN S.R.L, ubicado en la ciudad de Chota, quedando bajo su responsabilidad presentar los documentos que expresan los resultados encontrados, en papel membretado con el logo de la empresa, debidamente firmados por el responsable técnico del laboratorio y visado por el dueño y/o representante legal de la empresa.

Sin otro particular, expreso las muestras de mi especial consideración y estima personal

Atentamente,

DR.ING. ELMER NATIVIDAD CHÁVEZ VÁSQUEZ
COORDINADOR DE LA FCI
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA

C/c.
ARCHIVO
CFCI/ENCHV
AMCG
Chota-2024

D.2. Certificados INDECOPI E INACAL

Firmado digitalmente por: CHUEZ SALAZAR Sergio Jean Piere FAU 20133840533 hard
Fecha: 30/05/2023 12:36:45-0500

Registro de la Propiedad Industrial

Dirección de Signos Distintivos

CERTIFICADO N° 00147604

La Dirección de Signos Distintivos del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual – INDECOPI, certifica que por mandato de la Resolución Nº 012890-2023/DSD - INDECOPI de fecha 26 de mayo de 2023, ha quedado inscrito en el Registro de Marcas de Servicio, el siguiente signo:

Signo	:	La denominación CIEXLIAN CONSTRUYENDO SUEÑOS y logotipo (se reivindica colores), conforme al modelo
Clase	:	42 de la clasificación Internacional.
Solicitud	:	0000770-2023
Titular	:	CIEXLIAN S.R.L.
País	:	Perú
Vigencia	:	26 de mayo de 2033
Distingue	:	Servicios científicos y tecnológicos, así como servicios de investigación y diseño en estos ámbitos; servicios de análisis e investigación industriales; diseño y desarrollo de equipos informáticos y de software

CIEXLIAN
Construyendo sueños

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
RSD. CIP. 348640

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

https://enlinea.indecopi.gob.pe/verificador *Id Documento:qjgww2y00y*

Firmado digitalmente por:
CHUEZ SALAZAR Sergio Jean Piere FAU
20133840533 hard
Fecha: 30/05/2023 12:36:45-0500

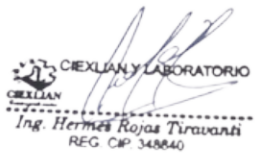
Registro de la Propiedad Industrial

Dirección de Signos Distintivos

CERTIFICADO N° 00147604

La Dirección de Signos Distintivos del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual – INDECOPI, certifica que por mandato de la Resolución Nº 012890-2023/DSD - INDECOPI de fecha 26 de mayo de 2023, ha quedado inscrito en el Registro de Marcas de Servicio, el siguiente signo:

Signo	:	La denominación CIEXLIAN CONSTRUYENDO SUEÑOS y logotipo (se reivindica colores), conforme al modelo
Clase	:	42 de la clasificación Internacional.
Solicitud	:	0000770-2023
Titular	:	CIEXLIAN S.R.L.
País	:	Perú
Vigencia	:	26 de mayo de 2033
Distingue	:	Servicios científicos y tecnológicos, así como servicios de investigación y diseño en estos ámbitos; servicios de análisis e investigación industriales; diseño y desarrollo de equipos informáticos y de software



CIEXLIAN
Construyendo sueños

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

https://enlinea.indecopi.gob.pe/verificador *Id Documento:**qjgww2y00y***

Arsou Group
Laboratorio de Metrología

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LFP-111-2024

Fecha de emisión	2024/09/27
Solicitante	**CIEXLIAN S.R.L.**
Dirección	JR. SAN MARTIN NRO. 860 CENTRO CHOTA CAJAMARCA - CHOTA - CHOTA - CAJAMARCA , Chota , Chota
Instrumento de medición	**PRENSA CBR CON CELDA DE CARGA**
Identificación	NO INDICA
Marca Prensa	ARSOU
Modelo	NO INDICA
Serie	500040
Celda de Carga	TIPO S
Modelo	NO INDICA
Indicador	DIGITAL
Modelo	NO INDICA
Procedencia	PERÚ
Ubicación	Laboratorio de suelos
Lugar de calibración	Instalaciones del cliente
Fecha de calibración	2024/09/27

Método/Procedimiento de calibración

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

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

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

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

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

Arsou Group S.A.C. Laboratorio de Metrología

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

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

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

Patrones e Instrumentos auxiliares

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

Condiciones ambientales durante la calibración

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

Resultados

TABLA N° 01

CALIBRACION DE CELDA DE CARGA

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

NOTAS SOBRE CALIBRACION

1. - La Calibración se hizo según el Método C de la norma ISO 7500-1
2.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:
   Ep = ((A-B) / B)* 100 Rp = Error(2) - Error(1)
3. - La norma exige que Ep y Rp no excedan el +/- 1.0 %

Arsou Group S.A.C. Laboratorio de Metrología

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

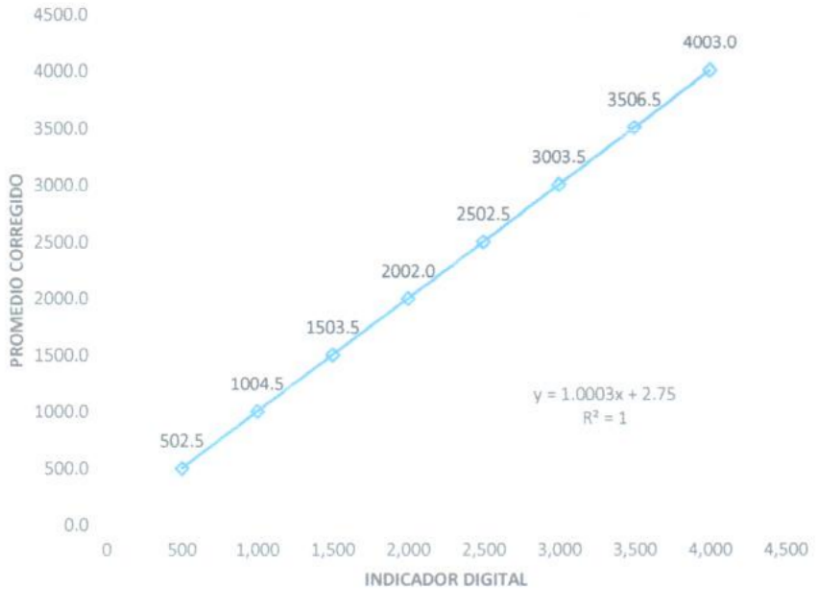
ARSOU GROUP S.A.C.
Asoc. de viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martin de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsoupgroup.com
www.arsoupgroup.com

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

Arsou Group
Laboratorio de Metrología

Gráfica (Coeficiente de correlación y Ecuación de Ajuste

GRAFICO N° 01



Ecuación de ajuste:
Donde: **y = 1,0003x + 2,75**
Coeficiente Correlació **R² = 1**

X : Lectura de la pantalla (kg)
Y : fuerza promedio (kg)

Arsou Group S.A.C Laboratorio de Metrología

Observaciones

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

Fin de documento

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

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

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

Arsou Group
Laboratorio de Metrología

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LMA-203-2024

Fecha de emisión	2024/09/05
Solicitante	**CIEXLIAN S.R.L.**
Dirección	JR. SAN MARTIN NRO. 860 CENTRO CHOTA CAJAMARCA - CHOTA - CHOTA - CAJAMARCA , Chota , Chota
Instrumento de medición	**BALANZA**
Identificación	NO INDICA
Intervalo de indicación	30000 g
División de escala Resolución	1 g
División de verificación (e)	1 g
Tipo de indicación	Digital
Marca / Fabricante	PATRICKS
Modelo	NO INDICA
N° de serie	70047
Procedencia	CHINA
Ubicación	Laboratorio de suelos
Lugar de calibración	Laboratorio de ARSOU GROUP S.A.C.
Fecha de calibración	2024/09/05

Método/Procedimiento de calibración
"Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII" (PC-001) del SNM-INDECOPI, 3era edición Enero 2009 y la Norma Metrológica Peruana "Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento No Automático (NMP 003:2009)

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

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

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

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

Arsou Group S.A.C Laboratorio de Metrología

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

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

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

Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
PESATEC PERÚ S.A.C.	Juego de Pesas de 1mg a 1kg	1045-MPES-C-2023
PESATEC PERÚ S.A.C.	Juego de Pesas de 1g a 1kg	1044-MPES-C-2023
PESATEC PERÚ S.A.C.	Pesa Patrón de 5kg	1046-MPES-C-2023
PESATEC PERÚ S.A.C.	Pesa Patrón de 10 kg	1047-MPES-C-2023
PESATEC PERÚ S.A.C.	Pesa Patrón de 20kg	1048-MPES-C-2023

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental	Inicial: 16 ºC	Final: 16 ºC
Humedad Relativa	Inicial: 80 %hr	Final: 80 %hr

Resultados

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 15000 g			Carga L1= 30000 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	15000	0.005	-0.002	30000	-0.001	0.002
2	15000	0.008	-0.003	30000	-0.003	0.005
3	15000	0.006	-0.003	30000	0.004	0.006
4	15000	0.007	0.009	30000	0.006	0.009
5	15000	0.008	0.006	30000	0.008	-0.002
6	15000	0.005	0.011	30000	0.005	-0.003
7	15000	0.004	0.012	30000	0.002	-0.005
8	15000	0.012	-0.009	30000	0.006	0.006
9	15000	0.009	-0.007	30000	-0.004	0.007
10	15000	0.008	0.004	30000	-0.002	0.007

Carga (g)	Diferencia Máxima Encontrada (g)	Error Máximo Permitido (g)
15000	0	1
30000	0	5

Arsou Group S.A.C. Laboratorio de Metrología

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

ARSOU GROUP S.A.C.
Joshep Andrés Arevalo Flores
METROLOGIA

Arsou Group
Laboratorio de Metrología

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E_0				Determinación de E_0				
	Carga Mín[1] (g)	I (g)	ΔL (g)	E0 (g)	Carga L (g)	I (kg)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
1	500	500	0.002	0.003	10000	10001	0.004	0.001	-0.002
2		500	0.006	0.002		10000	0.002	0.005	-0.003
3		500	0.004	-0.002		10000	0.006	0.003	0.004
4		500	0.005	-0.003		10001	0.005	0.004	-0.001
5		500	0.003	0.007		10000	0.003	0.002	-0.001

ENSAYO DE PESAJE

Carga L (g)	Crecientes				Decrecientes				EMP[2] (±g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E_c (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E_c (g)	
1	1	0.004	0.001	0.002					
5	5	0.006	0.001	0.003	5	0.006	-0.002	0.004	0.1
10	10	0.008	-0.002	0.008	10	0.004	0.003	0.009	0.1
50	50	0.011	0.002	-0.005	50	0.002	0.004	0.006	0.1
100	100	0.009	0.004	-0.002	100	0.007	0.005	-0.001	0.1
500	500	0.005	0.006	0.007	500	0.006	-0.003	0.007	0.2
1000	1000	0.002	-0.005	0.006	1000	0.009	0.004	-0.002	0.2
5000	5000	0.003	0.008	0.005	5000	0.004	0.006	0.006	0.5
10000	10000	0.004	0.003	0.003	10000	0.003	0.005	0.008	0.5
20000	20001	0.009	0.002	0.008	20001	0.006	0.004	0.014	0.5
30000	30000	0.013	0.006	0.011	30000	0.008	0.002	0.018	0.5

Leyenda

I: Indicación de la balanza
ΔL: Carga Incrementada
E: Error encontrado
E_0: Error en cero
E_c: Error corregido
EMP: Error máximo permitido

INCERTIDUMBRE EXPANDIDA Y LECTURA CORREGIDA

Incertidumbre expandida de medición: $U_R = 2^* \sqrt{0.40167\ g^2 + 0.0000000003543\ R^2}$

Lectura Corregida: $R_{corregida} = R + 0.000060109\ R$

R: Indicacion de lectura de balanza : (g)

Observaciones

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. Los EMP para esta balanza, corresponden para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II según la Norma Metrológica Peruana NMP 003:2009
3. La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95 % con un factor de cobertura k=2 .
4. (*) Codigo indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
5. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"

Fin de documento

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

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

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

LABORATORIO DE MASA
LM-2227-2024

Solicitante	***CIEXLIAN S.R.L.***
Dirección	***JR. SAN MARTIN NRO. 860 CENTRO CHOTA CAJAMARCA - CHOTA - CHOTA***
Equipo	*BALANZA PORTÁTIL DE 600GR X 0.01GR*
Marca	*PYS EQUIPOS*
Modelo	*DJ602C*
Serie	*N/I*
Procedencia	*China*
Capacidad Máxima	*620 g g*
División De Escala	*0.01 g g*
Divis.De Verificación	*0.01 g g*
Clase	*II*
Tipo	*Electrónico*
Capacidad Mínima	*0.2 g*
Variación de ∆ T Local	*1 °C*
Identificación	*No indica*
Fecha de calibración	*2024-06-19*
Lugar	*LABORATORIO DE MASA DE PYS EQUIPOS E.I.R.L* *Calle 8, Mz. D1 Lt. 24 Urb. Virgen Del Rosario - San Martín de Porres - Lima*
Método utilizado	*Método de comparación según el PC-018 2da edición, junio 2009: "Procedimiento para la calibración o caracterización de medios isotermicos con aire como medio termóstatico" publicada por el snm/INDECOPI.*

Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.

P Y S EQUIPOS E.I.R.L. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

LABORATORIO DE METROLOGÍA PyS EQUIPOS VºBº

Revisado y firmado digitalmente por:
Eler Pozo S.
Dpto. Metrología

Calibrado y firmado digitalmente por:
Javier Negron C.
Dpto. Metrología

"PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUPOS E.I.R.L."

PyS EQUIPOS

Trazabilidad

Trazabilidad	Patrón utilizado	Cert. De Calibración
Patrones de referencia corporación 2m & n	Pesa 1gr - 2kg M2	336-CM-M-2022
Patrones de referencia METROIL	Termohigrómetro digital con incertidumbres 0.3°C / 2.8%	1AT-080-2022

Resultados de medición

Inspección visual

Ajuste de cero	Tiene	**Escala**	No tiene
Oscilación libre	Tiene	**Cursor**	No tiene
Plataforma	Tiene	**Nivelación**	Tiene
Sistema de traba	No Tiene		

Ensayo de repetibilidad

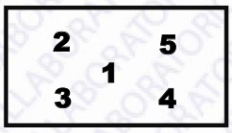
	Inicial	Final
Temperatura (°C)	24.4	24.4
Humedad Relativa (%)	65	65

Medición Nº	Carga L1	300 g		Medición Nº	Carga L2	600 g	
	I (g)	ΔL (g)	E (g)		I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	300.00	0.007	-0.0020	1	600.00	0.007	-0.002
2	300.00	0.007	-0.0020	2	600.01	0.009	0.006
3	300.00	0.007	-0.0020	3	600.01	0.008	0.007
4	300.00	0.007	-0.0020	4	600.01	0.008	0.007
5	300.00	0.007	-0.0020	5	600.01	0.008	0.007
6	300.00	0.007	-0.0020	6	600.01	0.009	0.006
7	300.00	0.007	-0.0020	7	600.01	0.008	0.007
8	300.00	0.007	-0.0020	8	600.01	0.008	0.007
9	300.00	0.007	-0.0020	9	600.01	0.008	0.007
10	300.00	0.007	-0.0020	10	600.01	0.008	0.007
Diferencia Máxima		0.00		**Diferencia Máxima**		0.0	
E.M.P.		0.03		**E.M.P.**		0.03	

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

"PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUPOS E.I.R.L."

Ensayo De Excentricidad



	Inicial	Final
Temperatura (°C)	24.4	24.5
Humedad Relativa (%)	65	65

N°	Detrminación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec					E. M. P. ± (g)
	Carga Mínima*	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
1	(g)	0.10	0.007	-0.002		200.00	0.008	-0.003	-0.001	0.02
2		0.10	0.008	-0.003		200.01	0.009	0.006	0.009	0.02
3	0.10	0.10	0.007	-0.002	200	200.00	0.007	-0.002	0.000	0.02
4		0.10	0.007	-0.002		199.99	0.005	-0.010	-0.008	0.02
5		0.10	0.007	-0.002		200.00	0.007	-0.002	0.000	0.02

Ensayo De Pesaje

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	24.5	24.5
Humedad Relativa (%)	65	65

N°	Carga L (g)	Crecientes				Decreciente				E. M. P. ± (g)
		I (g)	ΔL(g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL(g)	E (g)	Ec (g)	
1	0.10	0.10	0.008	-0.003						0.010
2	0.20	0.20	0.007	-0.002	0.00	0.20	0.008	-0.003	0.000	0.010
3	1.00	1.00	0.008	-0.003	0.00	1.00	0.007	-0.002	0.001	0.010
4	10.00	10.00	0.007	-0.002	0.00	10.00	0.007	-0.002	0.001	0.010
5	20.00	20.00	0.007	-0.002	0.00	20.00	0.007	-0.002	0.001	0.010
6	50.00	50.01	0.009	0.006	0.01	50.01	0.007	0.008	0.011	0.010
7	100.00	100.01	0.008	0.007	0.01	100.00	0.007	-0.002	0.001	0.020
8	150.00	150.00	0.007	-0.002	0.00	150.00	0.007	-0.002	0.001	0.020
9	200.00	200.00	0.007	-0.002	0.00	200.00	0.007	-0.002	0.001	0.020
10	400.00	400.01	0.008	0.007	0.01	400.01	0.008	0.007	0.010	0.030
11	600.00	600.01	0.008	0.007	0.01	600.01	0.008	0.007	0.010	0.030

Donde:

I : Indiccación de la balanza
ΔL : Carga adicional
Eo : Error en cero
R : Lectura de la balanza posteriora la calibracion (g)
E : Error del instrumento
Ec : Error corregido

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE DE LA BALANZA

$$\text{Lectura corregida} = R + 0.00003103 \times R$$

$$\text{Incertidumbre expandida} = 2 \times \sqrt{0.000026\ g^2 + 0.00000000067 \times R^2}$$

Incertidumbre

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de

FIN DEL DOCUMENTO

"PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUPOS E.I.R.L."

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

CERTIFICADO DE VERIFICACION

CERTIFICATE VERIFICATION

N° OPU - 004 - 2024

Expediente : **TLPB-000070324-0000325**

Fecha de Emisión : 22/07/2024

1. Solicitante : **CIEXLIAN S.R.L.**

RUC : **20604291641**

2. Instrumento a verificar : OLLA DE PESO UNITARIO DE 1/2 FT3

Marca : RUMISTONE

Modelo : R-OPU12

Número de serie : R-001

3. Método de verificación

El recipiente calibrado de peso unitario ha sido examinado y ensayado en nuestros talleres considerando en todo momento las especificaciones establecidad en las normas.

4. Lugar y fecha de verificación

Lugar : Jr. Andahuaylas 477, San Martín de Porres - Lima

Fecha : 20/07/2024

5. Trazabilidad

Nombre del patrón	Serie del Patrón	Certificado N°	Trazabilidad
Vernier Insize de 200 mm x 0,05 mm	0604170710	TC - 10978 - 2023	TC - INACAL
Wincha Stanley de 8m x 1mm	TLP-03-PL	TC - 10976 - 2023	TC - INACAL

6. Resultados de medición

NORMA DE ENSAYO MTC E 203 - NTP 400.017					
NORMA	**CAPACIDAD**		**FONDO**	**ESPESOR DE PARED**	**RESTO DE PARED**
	0.4ft3 a 1.5ft3		**0.2"**	**0.1"**	**0.1"**
MEDIDA DE EQUIPO	1/2 ft3	0.5 ft3	0.93"	0.58"	> 0.1"

Este certificado de verificación documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de medida según el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados declarados en este certificado son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones. Correspondiente al solicitante establecer una próxima calibración, la cual esta en función del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición o las reglamentaciones vigentes.

TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ S.R.L no se responsabiliza de los prejuicios que pueda ocasionar el uso del instrumento ni de una incorrecta interpretación, de los resultados de la calibración aqui declarados.

TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ S.R.L.
CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tirapegui
REG. CIP 348840
Gerzo Renato Rodriguez Bazalar
Auxiliar de Metrología

TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ S.R.L.
Ing. Diana S. Montenegro Carhuas
Jefe de Metrología

TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGÍA

Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ S.R.L. Este documento carece de validez sin sello y firmas correspondientes | Partial or total reproduction of this document is prohibited without of TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ S.R.L. This document is not valid without the respective stamp and signatura. Dirección: Jr. Andahuaylas 477, San Martín de Porres – Lima | Ventas: +51 938385323 | Metrología: +51 950721511 |RUC: 20603356781 | www.terraservicelaboratorioperu.com | Correo: terraservice.peru@gmail.com

Anexo E. Formato de los ensayos de laboratorio

CALICATA C1

CIEXLIAN
Construyendo sueños

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

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vasquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

DEPÓSITO DE MATERIAL EXCEDENTE
DME

CIEXLIAN
Construyendo suelos

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 346840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"

UBICACIÓN: RAMBRÁN - CHOTA

TESISTAS: CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHÁVEZ | **FECHA DE INFORME:** 15/11/2024

COORDENADAS: ESTE: 759,294.14 m E | NORTE: 9,276,091.33 m S | ALTITUD: 2,462.52 msnm

DATOS DE LA MUESTRA

Material: DME | **Muestra/Calicata:** C - 1

Fecha de Muestreo: 05/09/2024 | **Fecha de Recepción:** 05/09/2024 | **Prof.(m):** 3.00 m

NIVEL FREÁTICO : NO SE ENCONTRÓ

Profundidad (m)	Muestra	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN		Contenido de humedad	Límites de consistencia	
			Símbolo	Símbolo gráfico		L.L (%)	L.P (%)
0.10 – 0.20 – 0.30 – 0.40 (0.40)	S/M	Material orgánico de color negro amarillo, con bajo contenido de humedad y bajo grado de compacidad.					
0.50 – 0.90 – 1.00 – 1.20 – 1.50	DME	**Estracto clasificado en el sistema"SUCS"** Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	SM				
1.80 – 2.00 – 2.20 – 2.50 – 2.80 – 3.00 (3.00)	DME	**(AASHTO)**	A-2-4		6.35%	18.61	12.68
						IP	5.93

FOTOS



Técnico de Laboratorio:

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

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vasquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN	CONTENIDO DE HUMEDAD NORMA: (NTP 339.127)	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"

UBICACIÓN: RAMBRÁN - CHOTA

TESISTAS: CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHÁVEZ | **FECHA DE INFORME:** 15/11/2024

COORDENADAS: ESTE: 759,294.14 m E | NORTE: 9,276,091.33 m S | ALTITUD: 2,462.52 msnm

DATOS DE LA MUESTRA

Material: DME | **Muestra/Calicata** C - 1

Fecha de Muestreo: 05/09/2024 | **Fecha de Recepción:** 05/09/2024 | **Prof.(m):** 3.00 m

Descripción	Und.	Ensayos				Promedio
Tara	Nº	T1	T2	T3	T4	
Peso Material Húmedo + Tara (A)	gr.	263.0	125.7	116.1	121.6	
Peso Material Seco + Tara (B)	gr.	250.0	120.4	110.3	115.4	
Peso de Agua (A-B)	gr.	13.0	5.3	5.8	6.2	**6.35%**
Peso de Tara ©	gr.	45.2	36.4	18.4	17.6	
Peso Neto de Material Seco (B -C)	gr.	204.8	84.0	91.9	97.8	
Porcentaje de Humedad (A-B)/(B-C)*100	%	6.35%	6.31%	6.31%	6.34%	

OBSERVACIONES :

Porcentaje de Humedad: 6.35%

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

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

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

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
NORMA: (NTP 339.128)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"

UBICACIÓN: RAMBRÁN - CHOTA

TESISTAS: CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHÁVEZ | **FECHA DE INFORME:** 15/11/2024

COORDENADAS: ESTE: 759,294.14 m E | NORTE: 9,276,091.33 m S | ALTITUD: 2,462.52 msnm

DATOS DE LA MUESTRA

Material: DME | **Muestra/Calicata:** C - 1

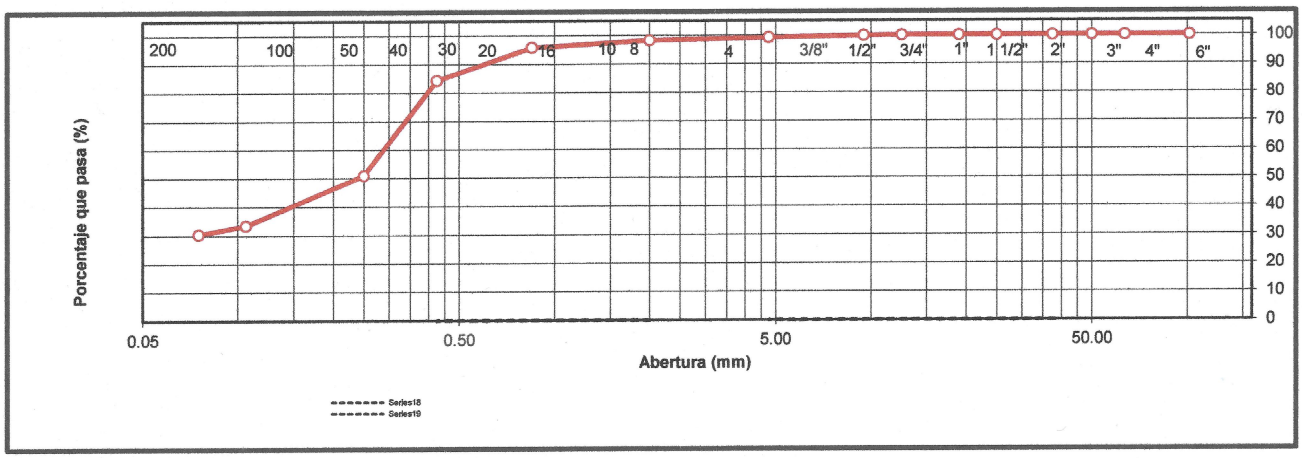
Fecha de Muestreo: 05/09/2024 | **Fecha de Recepción:** 05/09/2024 | **Prof.(m):** 3.00 m

Tamaño Máximo: 1/2" | **Peso Inicial Seco:** 1117 gr.

TAMIZ A.S.T.M	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN
4"	101.600	0.00	0.00	0.00	100.00	
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.500	2.00	0.18	0.18	99.82	
Nº 4	4.750	7.00	0.63	0.81	99.19	GRANULOMETRÍA POR LAVADO
Nº 8	2.360	6.00	0.54	1.34	98.66	
Nº 10	2.000	4.00	0.36	1.70	98.30	
Nº 16	1.190	12.00	1.07	2.78	97.22	
Nº 20	0.850	15.00	1.34	4.12	95.88	
Nº 30	0.600	118.00	10.56	14.68	85.32	
Nº 40	0.425	10.00	0.90	15.58	84.42	
Nº 60	0.250	374.00	33.48	49.06	50.94	
Nº 140	0.106	195.00	17.46	66.52	33.48	
Nº 200	0.075	34.00	3.04	69.56	30.44	
< Nº 200	FONDO	340.00	30.44	100.00	0.00	

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA		
OBSERVACIONES :		
Bolonería 4" - 3" :	0.00	%
Grava 3" - Nº 4 :	0.81	%
Arena Nº4 - Nº 200 :	68.76	%
Finos < Nº 200 :	30.44	%
A. gruesa Nº 4 - Nº 10 :	0.90	%
A. media Nº 10 - Nº 40	13.88	%
A. fina Nº 40 - Nº 200	53.98	%
CARACTERISTICAS:		
LL (ASTM D4318-17):	18.61	%
LP (ASTM D4318-17):	12.68	%
IP (ASTM D4318-17):	5.93	%
Clasificación (SUCS) :	SM	
Descripción (AASHTO)	A-2-4	
D10=0.044 D30=0.075 D60=0.307		
Coeficiente de uniformidad (Cu)	6.97	
Coeficiente de curvatura (Cc)	0.42	

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: Tamaño Máximo de particulas: 1/2"

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

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP 348849

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vasquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN

LÍMITES DE ATTERBERG
NORMA: (NTP 339.129)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"
UBICACIÓN:	RAMBRÁN - CHOTA
TESISTAS:	CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHÁVEZ
FECHA DE INFORME:	15/11/2024
COORDENADAS:	ESTE: 759,294.14 m E — NORTE: 9,276,091.33 m S — ALTITUD: 2,462.52 msnm

DATOS DE LA MUESTRA

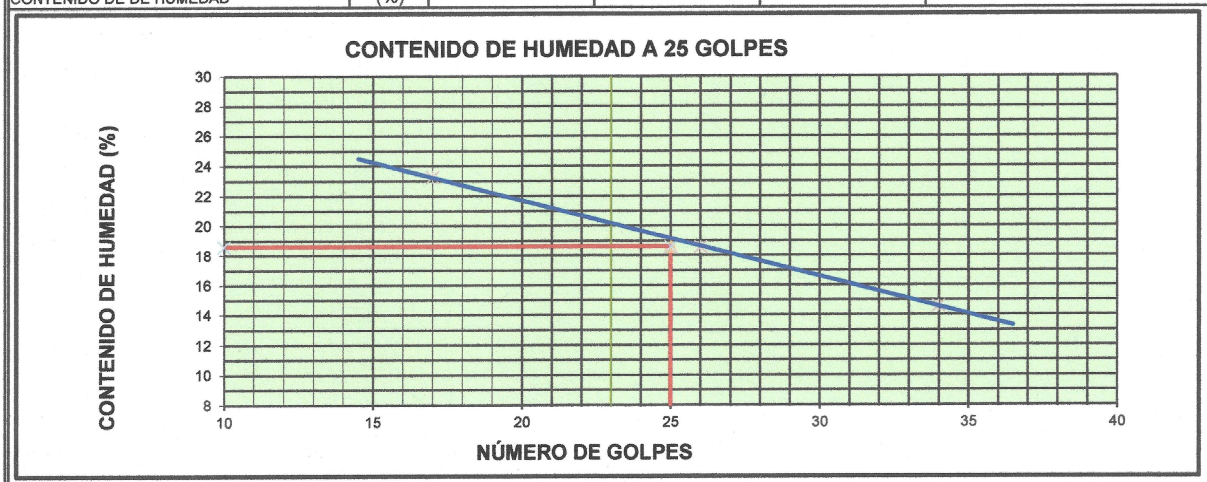
Material:	DME			**Muestra/Calicata:**	C - 1
Fecha de Muestreo:	05/09/2024	**Fecha de Recepción:**	05/09/2024	**Prof.(m):**	3.00 m

LÍMITE LÍQUIDO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T1	T2	T3	
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	30.37	34.10	29.69	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	27.61	31.26	27.51	
PESO DE AGUA	(g)	2.76	2.84	2.18	
PESO DE LA TARA	(g)	15.75	15.97	12.58	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	11.86	15.29	14.93	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	23.27	18.57	14.60	
NÚMERO DE GOLPES		17	26	34	

LÍMITE PLÁSTICO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T4	T5		
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	17.67	14.94		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	17.56	14.85		
PESO DE AGUA	(g)	0.11	0.09		
PESO DE LA TARA	(g)	16.69	14.15		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	0.87	0.70		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	12.50	12.86		



CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LÍQUIDO	%	18.61
LÍMITE PLÁSTICO	%	12.68
ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD	%	5.93

OBSERVACIONES:

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

Técnico de Laboratorio: **Firma:**

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

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN

CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS

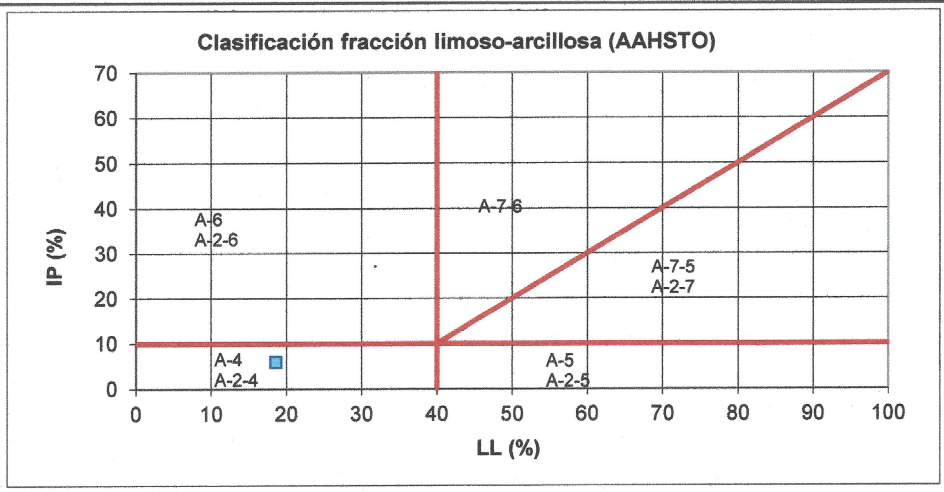
CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

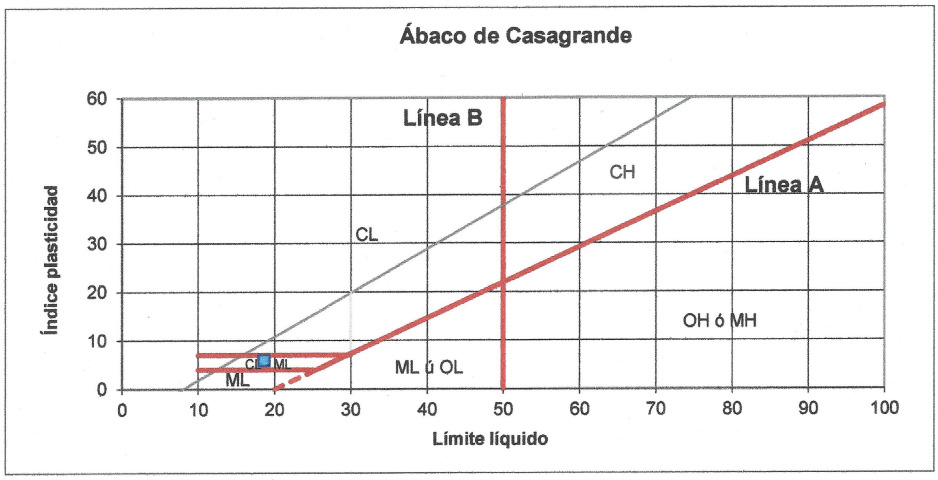
TESIS:	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"
UBICACIÓN:	RAMBRÁN - CHOTA
TESISTAS:	CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHÁVEZ
COORDENADAS:	ESTE: 759,294.14 m E NORTE: 9,276,091.33 m S ALTITUD: 2,462.52 msnm

DATOS DE LA MUESTRA

Material:	DME	**Muestra/Calicata:**	C - 1
Fecha de Muestreo:	05/09/2024	**Prof.(m):**	3.00 m



Clasificación AASHTO A-2-4 Grava y arena arcillosa o limosa



Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.) Arena limosa SM

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

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio:

CIEXLIAN

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
NORMA: (NTP 339.141)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"		
UBICACIÓN:	RAMBRÁN - CHOTA		
TESISTAS:	CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHÁVEZ	**FECHA DE INFORME:**	15/11/2024
COORDENADAS:	ESTE: 759,294.14 m E NORTE: 9,276,091.33 m S	ALTITUD: 2,462.52 msnm	

DATOS DE LA MUESTRA

Material:	DME	**Muestra/Calicata:**	C - 1
Fecha de Muestreo:	05/09/2024	**Prof.(m):**	3.00 m
MÉTODO DE COMPACTACIÓN:	B	**Peso de Martillo (gr):**	4536.4

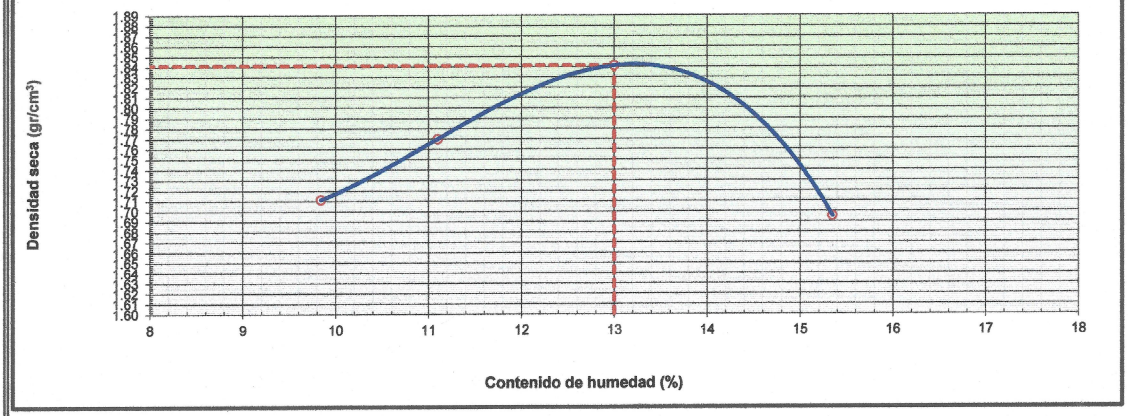
Tipo de pisón: Manual — **Peso del Molde (gr):** 3963 — **Vol. Mold. (cm3):** 921.33

		1	2	3	4	OBSERVACIÓN
Peso suelo + molde		5695	5775	5880	5765	
Peso neto del suelo húmedo		1732	1812	1917	1802	
Peso volumétrico húmedo		1.880	1.967	2.081	1.956	
Tara		T1	T2	T3	T4	
Peso del suelo húmedo+tara		73.04	73.74	48.84	75.95	
Peso del suelo seco + tara		67.85	70.11	44.85	67.85	
Peso de Tara		15.11	37.45	15.69	15.11	
Peso de agua		5.19	3.63	3.79	8.10	
Peso del suelo seco		52.74	32.66	29.16	52.74	
Contenido de Humedad	%	9.84	11.10	13.00	15.35	
Peso volumétrico seco		1.71	1.77	1.84	1.70	

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.84

Óptimo Contenido de Humedad (%): 13.00

CURVA DE COMPACTACIÓN



OBSERVACIONES : _____

Técnico de Laboratorio: _____ **Hermes Rojas Tiravanti** **Firma:** _____

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348640

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN

ENSAYO CALIFORNIA BEARNING RATIO
NORMA: (NTP 339.145)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"		
UBICACIÓN:	RAMBRÁN - CHOTA		
TESISTAS:	CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHÁVEZ	**FECHA DE INFORME:**	15/11/2024
COORDENADAS:	ESTE: 759,294.14 m E	NORTE: 9,276,091.33 m S	ALTITUD: 2,462.52 msnm

DATOS DE LA MUESTRA

Material:	DME			**Muestra/Calicata:**	C - 1
Fecha de Muestreo:	05/09/2024	**Fecha de Recepción:**	05/09/2024	**Prof.(m):**	3.00 m

C.B.R.

MOLDE N°	4		5		6	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
CONDICIÓN DE MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (gr)	12008.76	12009.85	11818.70	11819.75	11496.95	11497.99
PESO DEL MOLDE (gr)	7595.00	7595.00	7532.00	7532.00	7562.00	7562.00
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	4413.76	4414.85	4286.70	4287.75	3934.95	3935.99
VOLUMEN DEL SUELO (cm^3)	2122.00	2123.00	2165.00	2166.00	2127.00	2128.00
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm^3)	2.08	2.08	1.98	1.98	1.85	1.85
CAPSULA N°	1	1	3	3	5	5
PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO (gr)	59.48	61.56	34.77	50.60	58.19	66.67
PESO CAPSULA + SUELO SECO (gr)	54.61	56.35	32.23	46.63	55.95	63.55
PESO DE AGUA CONTENIDA (gr)	4.87	5.21	2.54	3.97	2.24	3.12
PESO DE CAPSULA (gr)	17.21	17.35	12.84	16.35	38.83	39.83
PESO DE SUELO SECO (gr)	37.40	39.00	19.39	30.28	17.12	23.72
HUMEDAD (%)	13.01%	13.36%	13.10%	13.11%	13.11%	13.15%
DENSIDAD SECA (gr/cm^3)	1.84	1.83	1.75	1.75	1.64	1.63

EXPANSIÓN

DÍAS	HORAS	DÍAL	EXPANSION		DÍAL	EXPANSION		DÍAL	EXPANSION	
			mm	%		mm	%		mm	%
c	0	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.000
1	1	130.00	3.30	1.87	150.000	3.81	2.15	170.000	4.32	2.440
2	2	140.25	3.56	2.01	180.000	4.57	2.58	200.000	5.08	2.870
3	3	150.00	3.81	2.15	200.000	5.08	2.87	230.000	5.84	3.301
4	4	160.00	4.06	2.30	220.000	5.59	3.16	250.000	6.35	3.588

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN PULG.	CARGA ESTÁNDAR	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA	CORECCIÓN			CARGA	CORECCIÓN			CARGA	CORECCIÓN		
	($Lbs/pulg^2$)	Lectura	Lbs	$lbs/pulg^2$	%	Lectura	Lbs	$lbs/pulg^2$	%	Lectura	Lbs	$lbs/pulg^2$	%
0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
0.02		15.00	33	11.00		8.00	18	6.00		4.70	10	3.33	
0.04		24.40	54	18.00		17.52	39	13.00		10.14	22	7.33	
0.06		45.25	100	33.33		29.90	66	22.00		13.12	29	9.67	
0.08		56.88	125	41.67		38.50	85	28.33		18.00	40	13.33	
0.10	1000	71.25	157	52.33	5.23	45.50	100	33.33	3.33	25.35	56	18.67	1.87
0.20		110.25	243	81.00		87.25	192	64.00		55.54	122	40.67	
0.30		142.20	313	104.33		120.21	265	88.33		78.14	172	57.33	
0.40		160.00	353	117.67		135.24	298	99.33		97.13	214	71.33	
0.50		178.30	393	131.00		145.21	320	106.67		113.25	250	83.33	

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiranahi
REG. CIP. 248540

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN	ENSAYO CALIFORNIA BEARNING RATIO NORMA: (NTP 339.145)	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

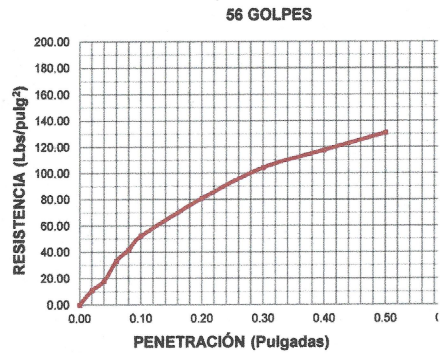
TESIS:	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"		
UBICACIÓN:	RAMBRÁN - CHOTA		
TESISTAS:	CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHÁVEZ	**FECHA DE INFORME:**	15/11/2024
COORDENADAS:	ESTE: 759,294.14 m E	NORTE: 9,276,091.33 m S	ALTITUD: 2,462.52 msnm

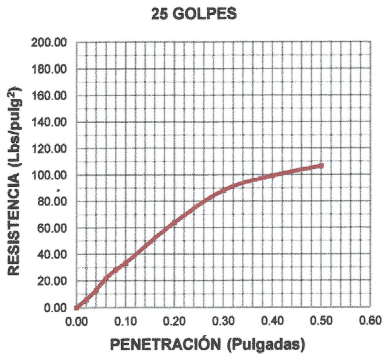
DATOS DE LA MUESTRA

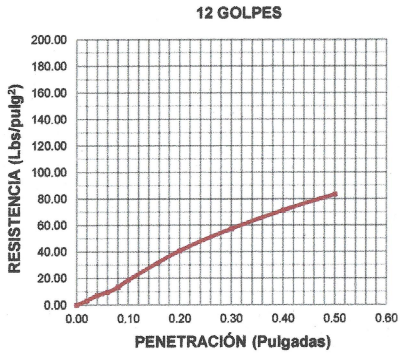
Material:	DME	**Muestra/Calicata:**	C - 1

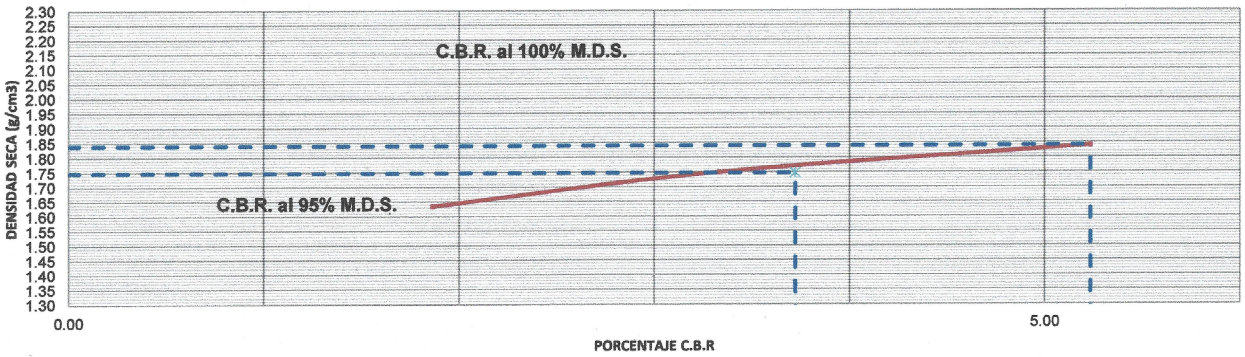
DATOS DEL PROCTOR	
DENSIDAD MAXIMA (gr/cm3)	1.84
HUMEDAD ÓPTIMA (%)	13.00

DATOS DEL C.B.R.	
CBR al 100% de M.D.S. (%)	5.23
CBR al 95% de M.D.S. (%)	3.72









Técnico de Laboratorio:

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

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN	ABRASIÓN DE LOS ANGELES (NTP 400.019)	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"		
UBICACIÓN:	RAMBRÁN - CHOTA		
TESISTAS:	CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHÁVEZ	**FECHA DE INFORME:**	15/11/2024
COORDENADAS:	ESTE: 759,294.14 m E	NORTE: 9,276,091.33 m S	ALTITUD: 2,462.52 msnm

DATOS DE LA MUESTRA

Material:	DME			**Muestra/Calicata:**	C - 1
Fecha de Muestreo:	05/09/2024	**Fecha de Recepción:**	05/09/2024	**Prof.(m):**	3.00 m

Descripción		Und.	Ensayos (MÉTODO C)			Promedio
PASA Y RETIENE TAMIZ			PESO DE MUESTRA ANTES DE ENSAYO	PESO DE MUESTRA DESPUÉS DE ENSAYO	PÉRDIDA DE MUESTRA DESPUÉS DE ENSAYO	% DE ABRASIÓN
3/8"	N°4		5000	1990	3011	60.21
% DE DESGASTE POR ABRASIÓN						**60.21**

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

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

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

RESIDUOS DE CONCRETO RC

CIEXLIAN
Construyendo sueños

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

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN	CONTENIDO DE HUMEDAD NORMA: (NTP 339.185)	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"

UBICACIÓN: PINGOBAMBA BEDOYA - CHOTA

TESISTAS: CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHÁVEZ | **FECHA DE INFORME:** 15/11/2024

COORDENADAS: ESTE: 755,911.03 m E | NORTE: 9,276,205.86 | ALTITUD: 2,252.00 msnm

DATOS DE LA MUESTRA

Material: RC | **Muestra/Calicata** C - 1

Fecha de Muestreo: 05/09/2024 | **Fecha de Recepción:** 05/09/2024 | **Prof.(m):** 0.00 m

Descripción	Und.	Ensayos				Promedio
Tara	Nº	T1	T2	T3	T4	
Peso Material Húmedo + Tara (A)	gr.	357.0	341.0	299.0	359.0	
Peso Material Seco + Tara (B)	gr.	356.0	340.0	298.0	358.0	
Peso de Agua (A-B)	gr.	1.0	1.0	1.0	1.0	**0.87%**
Peso de Tara ©	gr.	117.0	116.0	100.0	102.0	
Peso Neto de Material Seco (B -C)	gr.	117.3	117.3	117.3	117.3	
Porcentaje de Humedad (A-B)/(B-C)*100	%	0.87%	0.86%	0.87%	0.86%	

OBSERVACIONES :

Porcentaje de Humedad: 0.87%

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

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

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

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
NORMA: (NTP 339.128)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"

UBICACIÓN: PINGOBAMBA BEDOYA - CHOTA

TESISTAS: CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHÁVEZ

FECHA DE INFORME: 15/11/2024

COORDENADAS: ESTE: 755,911.03 m E NORTE: 9,276,205.86 ALTITUD: 2,252.00 msnm

DATOS DE LA MUESTRA

Material: RC **Muestra/Calicata:** C - 1

Fecha de Muestreo: 05/09/2024 **Fecha de Recepción:** 05/09/2024 **Prof.(m):** 0.00 m

Tamaño Máximo: 1" **Peso Inicial Seco:** 3116 gr.

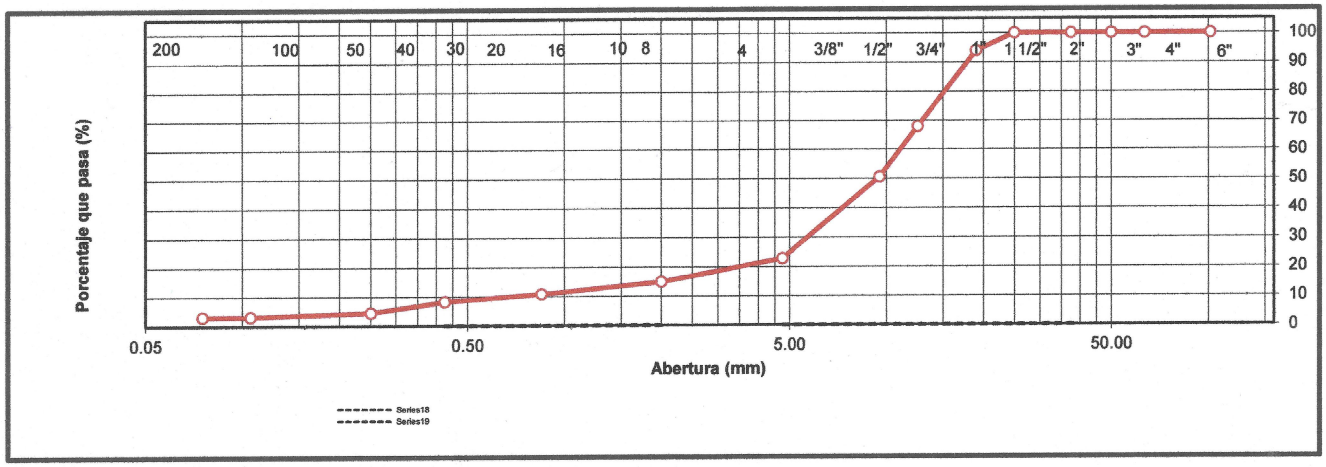
TAMIZ A.S.T.M	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN
4"	101.600	0.00	0.00	0.00	100.00	
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.000	189.00	6.07	6.07	93.93	
1/2"	12.500	810.00	25.99	32.06	67.94	
3/8"	9.500	540.00	17.33	49.39	50.61	
Nº 4	4.750	865.00	27.76	77.15	22.85	GRANULOMETRÍA SIN LAVAR
Nº 8	2.360	132.00	4.24	81.39	18.61	
Nº 10	2.000	114.00	3.66	85.04	14.96	
Nº 16	1.190	92.00	2.95	88.00	12.00	
Nº 20	0.850	36.00	1.16	89.15	10.85	
Nº 30	0.600	62.00	1.99	91.14	8.86	
Nº 40	0.425	15.00	0.48	91.62	8.38	
Nº 60	0.250	120.00	3.85	95.47	4.53	
Nº 140	0.106	42.00	1.35	96.82	3.18	
Nº 200	0.075	3.00	0.10	96.92	3.08	
< Nº 200	FONDO	96.00	3.08	100.00	0.00	

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

OBSERVACIONES :		
Bolonería 4" - 3" :	0.00	%
Grava 3" - Nº 4 :	77.15	%
Arena Nº4 - Nº 200 :	19.77	%
Finos < Nº 200 :	3.08	%
A. gruesa Nº 4 - Nº 10 :	7.89	%
A. media Nº 10 - Nº 40	6.58	%
A. fina Nº 40 - Nº 200	5.30	%

CARACTERISTICAS:		
LL (ASTM D4318-17):	NP	%
LP (ASTM D4318-17):	NP	%
IP (ASTM D4318-17):	NP	%
Clasificación (SUCS) :	GP	
Descripción (AASHTO)	A-1-a	
D10=0.750 D30=6.376 D60=11.234		
Coeficiente de uniformidad (Cu)	14.99	
Coeficiente de curvatura (Cc)	4.83	

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: Tamaño Máximo de particulas: 1"

Técnico de Laboratorio: **Firma:**

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tirawanti
REG. CIP. 348940

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN	PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO NORMA: (NTP 400.017)	*CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO*

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"		
UBICACIÓN:	PINGOBAMBA BEDOYA - CHOTA		
TESISTAS:	CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHÁVEZ		FECHA DE INFORME: 15/11/2024
COORDENADAS:	ESTE: 755,911.03 m E	NORTE: 9,276,205.86	ALTITUD: 2,252.00 msnm

DATOS DE LA MUESTRA

Material:	RC	Muestra/Calicata:	C - 1
Fecha de Muestreo:	05/09/2024	Prof.(m):	0.00 m
Tam.Max.Nominal.	3/4"		

PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO

DESCRIPCIÓN	UNID	ENSAYOS		
NÚMERO DE ENSAYOS		N°1	N°2	N°3
PESO DEL MATERIAL + MOLDE	gr	28491.00	28840	28636
PESO DEL MOLDE	gr	13014	13014	13014
PESO DEL MATERIAL SUELTO	gr	15477	15826	15622
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	12667	12667	12666.900
PESO UNITARIO SUELTO	kg/m3	1	1	1.233
PROMEDIO		**1.235 kg/m3**		

PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO

DESCRIPCIÓN	UNID	ENSAYOS		
NÚMERO DE ENSAYOS		N°1	N°2	N°3
PESO DEL MATERIAL + MOLDE	gr	29985.00	29781	29859
PESO DEL MOLDE	gr	13014.00	13014	13014
PESO DEL MATERIAL SUELTO	gr	16971.00	16767	16845
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	12666.90	12666.9	12666.9
PESO UNITARIO SUELTO	kg/m3	**1.340**	**1.324**	**1.330**
PROMEDIO		**1.331 kg/m3**		

Técnico de Laboratorio:

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

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vasquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN	GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN NORMA: (NTP 400.022)	*CIEXLIAN S.R.I. - LABORATORIO*

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"		
UBICACIÓN:	PINGOBAMBA BEDOYA - CHOTA		
TESISTAS:	CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHÁVEZ	**FECHA DE INFORME:**	15/11/2024
COORDENADAS:	ESTE: 755,911.03 m E — NORTE: 9,276,205.86	ALTITUD: 2,252.00 msnm	

DATOS DE LA MUESTRA

Material:	RC	**Muestra/Calicata:**	C - 1
Fecha de Muestreo:	05/09/2024	**Prof.(m):**	0.00 m
Tam.Max.Nominal.	3/4"		

DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

Muestra		M1	M2	M3	PROMEDIO	
Peso Mat Sat Sup Seca (sss)	A	100	100	100	100	
Peso Frasco +Agua	B	659.0	651.0	657.0	655.7	
Peso Frasco + Agua +Muestra (sss)	C	715.0	706.0	706.0	709.0	
Peso Material Seco	D	92	92	92	92.0	
Peso Específico de Masa	D/(B+A-C)	2.091	2.044	1.804	1.980	
Peso Específico de SSS	A/(B+A-C)	2.273	2.222	1.961	2.152	
Peso Específico Aparente	D/(B+D-C)	2.556	2.486	2.140	2.394	
Absorción	100*(A-D/D)	8.7	8.7	8.7	8.70	

DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

Peso de la Mauestra (sss)	A					
Peso de la Mauestra (sss) Sumergida	B					
Peso Muestra Secada en el horno	C					
Peso Especifico de Masa	C/(A-B)					
Peso Especifico de SSS	A/(A-B)					
Peso Especifico Aparente	C/(C-B)					
Absorción	**100*(A-D/D)**					

Técnico de Laboratorio:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348640

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN	ABRASIÓN DE LOS ANGELES (NTP 400.019)	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"		
UBICACIÓN:	PINGOBAMBA BEDOYA - CHOTA		
TESISTAS:	CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHÁVEZ	**FECHA DE INFORME:**	15/11/2024
COORDENADAS:	ESTE: 755,911.03 m E NORTE: 9,276,205.86	ALTITUD: 2,252.00 msnm	

DATOS DE LA MUESTRA

Material:	RC			**Muestra/Calicata:**	C - 1
Fecha de Muestreo:	05/09/2024	**Fecha de Recepción:**	05/09/2024	**Prof.(m):**	0.00 m

Descripción		Und.	Ensayos (MÉTODO C)			Promedio
PASA Y RETIENE TAMIZ			PESO DE MUESTRA ANTES DE ENSAYO	PESO DE MUESTRA DESPUÉS DE ENSAYO	PERDIDA DE MUESTRA DESPUÉS DE ENSAYO	% DE ABRASIÓN
1"	1/2"		5000	3860	1140	22.80
% DE DESGASTE POR ABRASIÓN						**22.80**

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

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

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

COMBINACIÓN DE MATERIALES 25% DME + 75% RC

CIEXLIAN
Construyendo sueños

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348540

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN	CONTENIDO DE HUMEDAD NORMA: (NTP 339.127)	CIEXLIAN S.R.L. - LABORATORIO

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"

UBICACIÓN: CHOTA

TESISTAS: CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHÁVEZ | **FECHA DE INFORME:** 15/11/2024

DATOS DE LA MUESTRA

Material: COMBINACIÓN DE MATERIALES 25% DME + 75% RC | **Muestra/Calicata:** C - 1

Fecha de Muestreo: 05/09/2024 | **Fecha de Recepción:** 05/09/2024 | **Prof.(m):** 0.00 m

Descripción	Und.	Ensayos				Promedio
Tara	Nº	T1	T2	T3	T4	
Peso Material Húmedo + Tara (A)	gr.	290.4	289.9	250.0	261.4	
Peso Material Seco + Tara (B)	gr.	283.5	283.5	245.0	256.0	
Peso de Agua (A-B)	gr.	6.9	6.4	5.0	5.4	3.81%
Peso de Tara ©	gr.	102.4	115.0	113.0	114.0	
Peso Neto de Material Seco (B -C)	gr.	181.2	168.5	132.0	142.0	
Porcentaje de Humedad (A-B)/(B-C)*100	%	3.81%	3.81%	3.80%	3.81%	

OBSERVACIONES :

Porcentaje de Humedad: 3.81%

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

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

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

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vasquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN
Construyendo sueños

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
NORMA: (NTP 339.128)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"

UBICACIÓN: CHOTA

TESISTAS: CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHÁVEZ

FECHA DE INFORME: 15/11/2024

DATOS DE LA MUESTRA

Material: COMBINACIÓN DE MATERIALES 25% DME + 75% RC

Muestra/Calicata: C - 1

Fecha de Muestreo: 05/09/2024

Fecha de Recepción: 05/09/2024

Prof.(m): 0.00 m

Tamaño Máximo: 1"

Peso Inicial Seco: 3000 gr.

TAMIZ A.S.T.M	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	HUSO A-1 EG-2013 MTC GRADACIÓN AFIRMADO	
4"	101.600	0	0.00	0.00	100.00	A 1	
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00		
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00		
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	90	100
3/4"	19.000	9.00	0.30	0.30	99.70		
1/2"	12.500	498.00	16.60	16.90	83.10		
3/8"	9.500	356.00	11.87	28.77	71.23	45	80
Nº 4	4.750	669.00	22.30	51.07	48.93	30	65
Nº 8	2.360	309.00	10.30	61.37	38.63		
Nº 10	2.000	98.00	3.27	64.63	35.37	22	52
Nº 16	1.190	153.00	5.10	69.73	30.27		
Nº 20	0.850	80.00	2.67	72.40	27.60		
Nº 30	0.600	183.00	6.10	78.50	21.50		
Nº 40	0.425	12.00	0.40	78.90	21.10	15	35
Nº 60	0.250	401.00	13.37	92.27	7.73		
Nº 140	0.106	28.00	0.93	93.20	6.80		
Nº 200	0.075	41.00	1.37	94.57	5.43	5	20
< Nº 200	FONDO	163.00	5.43	100.00	0.00		

DESCRIPCION DE LA MUESTRA

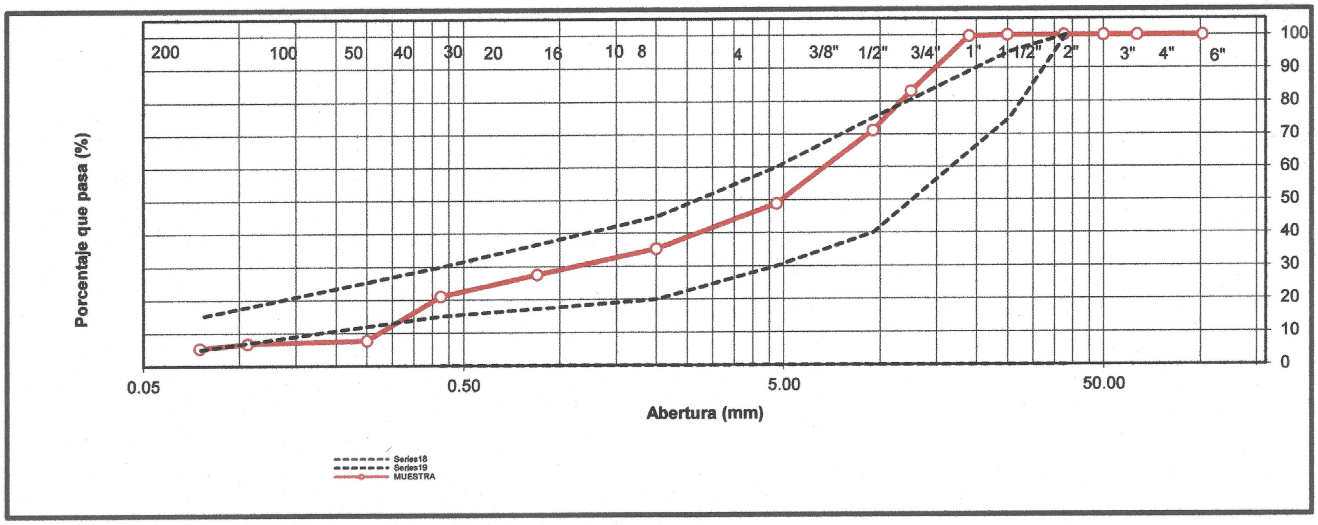
OBSERVACIONES :

Boloneria 4" - 3" :	0.00	%
Grava 3" - Nº 4 :	51.07	%
Arena Nº4 - Nº 200 :	43.50	%
Finos < Nº 200 :	5.43	%
A. gruesa Nº 4 - Nº 10 :	13.57	%
A. media Nº 10 - Nº 40	14.27	%
A. fina Nº 40 - Nº 200	15.67	%

CARACTERISTICAS:

LL (ASTM D4318-17):	15.08	%
LP (ASTM D4318-17):	NP	%
IP (ASTM D4318-17):	NP	%
Clasificación (SUCS) :	GW GM	
Descripción (AASHTO)	A-1-a	
D10=0.295 D30=1.157 D60=7.329		
Coeficiente de uniformidad (Cu)	24.86	
Coeficiente de curvatura (Cc)	0.62	

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: Tamaño Máximo de particulas: 1"

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

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

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN

LÍMITES DE ATTERBERG
NORMA: (NTP 339.129)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"
UBICACIÓN:	RAMBRÁN - CHOTA
TESISTAS:	CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHÁVEZ
FECHA DE INFORME:	15/11/2024

DATOS DE LA MUESTRA

Material:	COMBINACIÓN DE MATERIALES 25% DME + 75% RC			**Muestra/Calicata:**	C - 1
Fecha de Muestreo:	05/09/2024	**Fecha de Recepción:**	05/09/2024	**Prof.(m):**	0.00 m

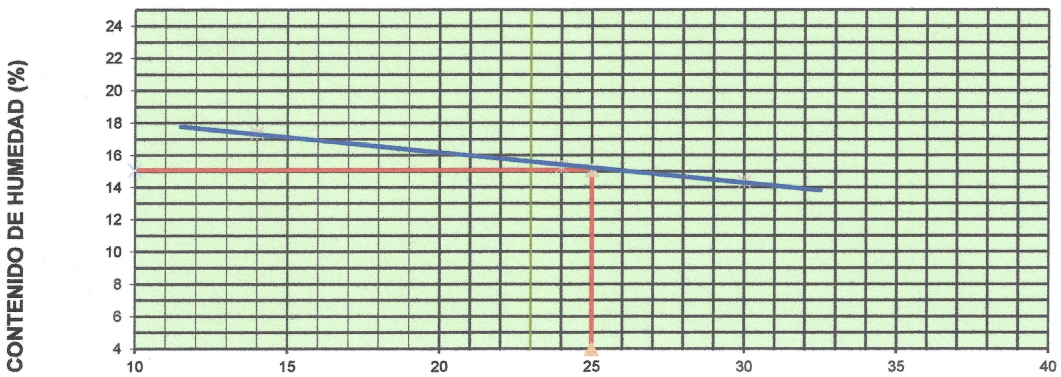
LÍMITE LÍQUIDO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T-18	T-17	T-25	PRESENTA LIMITES
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	29.67	33.60	29.65	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	27.61	31.26	27.51	
PESO DE AGUA	(g)	2.06	2.34	2.14	
PESO DE LA TARA	(g)	15.75	15.97	12.58	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	11.86	15.29	14.93	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	17.37	15.30	14.33	
NÚMERO DE GOLPES		14	24	30	

LÍMITE PLÁSTICO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T4	T5		NO PRESENTA
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)				
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)				
PESO DE AGUA	(g)				
PESO DE LA TARA	(g)				
PESO DEL SUELO SECO	(g)				
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	NP	NP		

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LÍQUIDO	%	15.08
LÍMITE PLÁSTICO	%	NP
INDICE DE PLASTICIDAD	%	NP

OBSERVACIONES:

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

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

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

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vasquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN

CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS

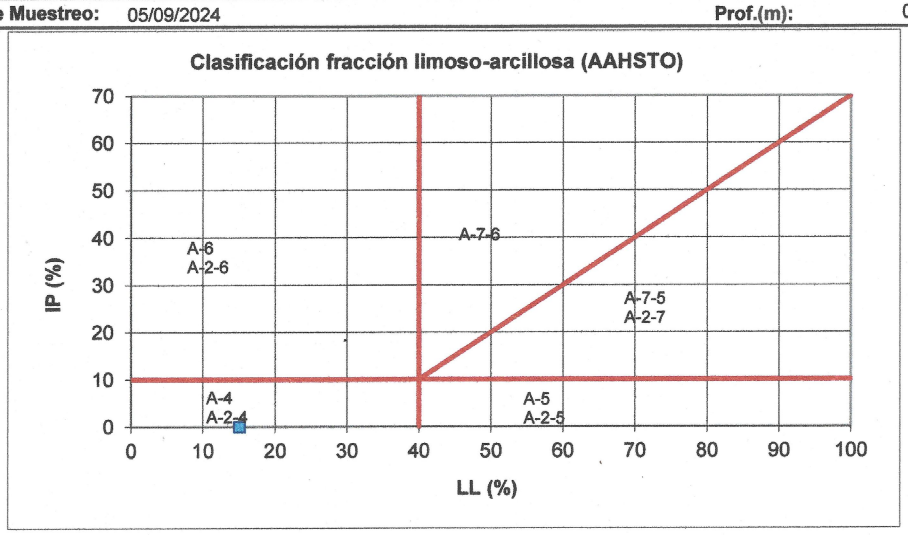
CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

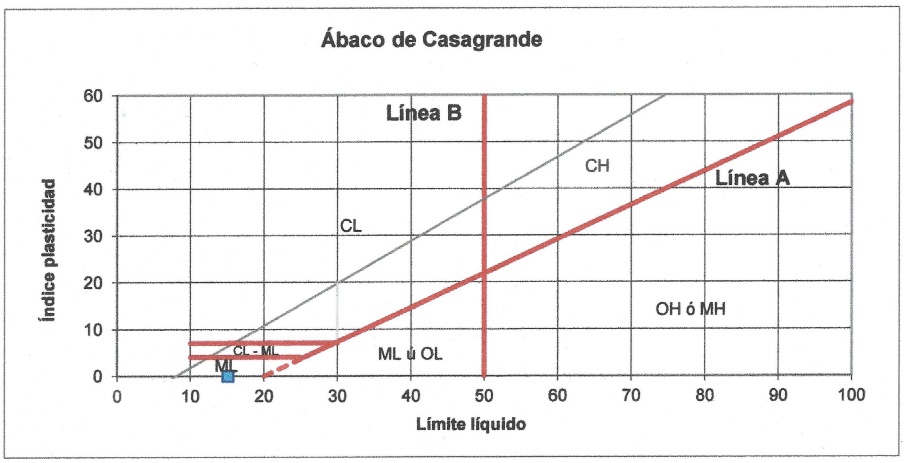
TESIS:	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"
UBICACIÓN:	CHOTA
TESISTAS:	CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHÁVEZ

DATOS DE LA MUESTRA

Material:	COMBINACIÓN DE MATERIALES 25% DME + 75% RC	**Muestra/Calicata:**	C - 1
Fecha de Muestreo:	05/09/2024	**Prof.(m):**	0.00 m



Clasificación AASHTO A-1-a Fragmentos de roca, grava y arena



Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.) Grava bien graduada con limo con arena GW GM

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

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio:

CIEXLIAN

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
NORMA: (NTP 339.141)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"

UBICACIÓN: CHOTA

TESISTAS: CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHÁVEZ | **FECHA DE INFORI** 15/11/2024

DATOS DE LA MUESTRA

Material: COMBINACIÓN DE MATERIALES 25% DME + 75% RC | **Muestra/Calicata:** C - 1

Fecha de Muestreo: 05/09/2024 | **Prof.(m):** 0.00 m

MÉTODO DE COMPACTACIÓN: C | **Peso de Martillo (gr):** 4536.4

Tipo de pisón: Manual | **Diam. Mold. (cm):** 15.14 | **Vol. Mold. (cm3):** 2122.32

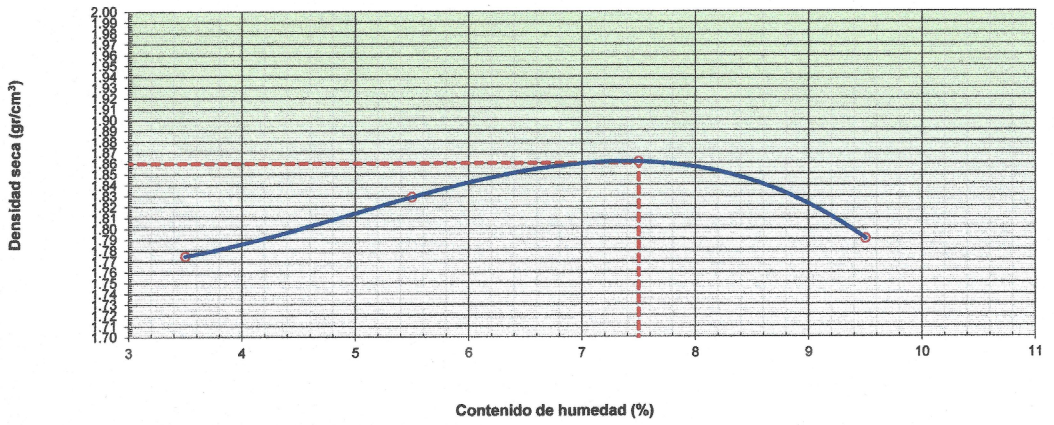
Peso del Molde (gr): 6690

.....		1	2	3	4	OBSERVACIÓN
Peso suelo + molde		10589	10785	10936	10851	
Peso neto del suelo húmedo		3899	4095	4246	4161	
Peso volumétrico húmedo		1.837	1.929	2.001	1.961	
Tara		T1	T2	T3	T4	
Peso del suelo húmedo+tara		86.30	95.37	50.29	49.11	
Peso del suelo seco + tara		84.70	92.36	47.87	46.15	
Peso de Tara		38.93	37.55	15.59	15.04	
Peso de agua		1.60	3.01	2.42	2.96	
Peso del suelo seco		45.77	54.81	32.28	31.11	
Contenido de Humedad	%	3.50	5.50	7.50	9.50	
Peso volumétrico seco		1.78	1.83	1.86	1.79	

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.86

Óptimo Contenido de Humedad (%): 7.50

CURVA DE COMPACTACIÓN



OBSERVACIONES : _____

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

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

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vasquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN

ENSAYO CALIFORNIA BEARNING RATIO
NORMA: (NTP 339.145)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"
UBICACIÓN:	CHOTA
TESISTAS:	CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHÁVEZ
FECHA DE INFORME:	15/11/2024

DATOS DE LA MUESTRA

Material:	COMBINACIÓN DE MATERIALES 25% DME + 75% RC			**Muestra/Calicata:**	C - 1
Fecha de Muestreo:	05/09/2024	**Fecha de Recepción:**	05/09/2024	**Prof.(m):**	0.00 m

C.B.R.

MOLDE N°	4		5		6	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
CONDICION DE MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (gr)	11778.12	11756.77	11858.10	11858.10	11578.90	11578.90
PESO DEL MOLDE (gr)	7532.00	7532.00	7658.00	7658.00	7552.00	7552.00
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	4246.12	4224.77	4200.10	4200.10	4026.90	4026.90
VOLUMEN DEL SUELO (cm^3)	2122.00	2123.00	2165.00	2166.00	2165.00	2166.00
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm^3)	2.00	1.99	1.94	1.94	1.86	1.86
CAPSULA N°	1	1	3	3	5	5
PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO (gr)	83.30	47.54	83.79	71.73	89.81	66.79
PESO CAPSULA + SUELO SECO (gr)	79.00	45.36	79.00	69.25	85.03	63.25
PESO DE AGUA CONTENIDA (gr)	4.30	2.18	4.79	2.48	4.78	3.54
PESO DE CAPSULA (gr)	21.68	16.35	15.27	36.35	21.77	16.58
PESO DE SUELO SECO (gr)	57.32	29.01	63.73	32.90	63.26	46.67
HUMEDAD (%)	7.50%	7.52%	7.51%	7.53%	7.55%	7.58%
DENSIDAD SECA (gr/cm^3)	1.86	1.85	1.80	1.80	1.73	1.73

EXPANSIÓN

DÍAS	HORAS	DÍAL	EXPANSION mm	%	DÍAL	EXPANSION mm	%	DÍAL	EXPANSION mm	%
0	NO PRESENTA									
1										
2										
3										
4										

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN PULG.	CARGA ESTÁNDAR	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA	CORECCIÓN			CARGA	CORECCIÓN			CARGA	CORECCIÓN		
	($Lbs/pulg^2$)	Lectura	Lbs	$lbs/pulg^2$	%	Lectura	Lbs	$lbs/pulg^2$	%	Lectura	Lbs	$lbs/pulg^2$	%
0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
0.02		93.00	205	68.34		68.00	150	49.97		45.00	99	33.07	
0.04		250.00	551	183.72		220.10	485	161.75		120.00	265	88.18	
0.06		478.00	1054	351.27		350.00	772	257.21		190.00	419	139.63	
0.08		720.00	1587	529.11		450.00	992	330.69		280.35	618	206.02	
0.10	1000	950.00	2094	698.13	69.8	525.00	1157	385.81	38.58	337.30	744	247.87	24.79
0.20		1200.00	2646	881.85		750.00	1653	551.16		520.00	1146	382.13	
0.30		1400.00	3086	1028.82		967.54	2133	711.02		725.14	1599	532.89	
0.40		1500.00	3307	1102.31		1200.00	2646	881.85		835.14	1841	613.72	
0.50		1600.00	3527	1175.80		1354.00	2985	995.02		950.47	2095	698.48	

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

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vasquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN	ENSAYO CALIFORNIA BEARNING RATIO NORMA: (NTP 339.145)	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

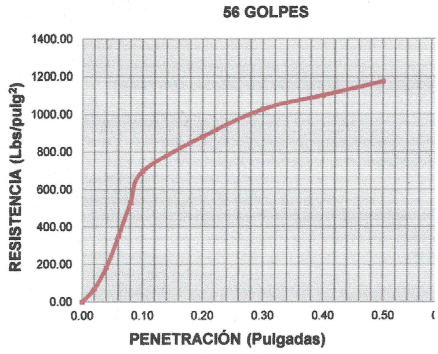
TESIS:	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"		
UBICACIÓN:	CHOTA		
TESISTAS:	CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHÁVEZ	**FECHA DE INFORME:**	15/11/2024

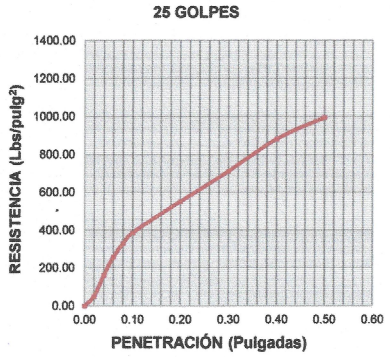
DATOS DE LA MUESTRA

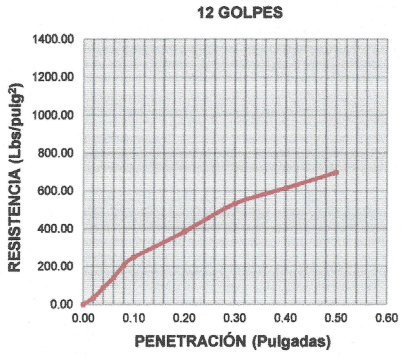
Material:	COMBINACIÓN DE MATERIALES 25% DME + 75% RC	**Muestra/Calicata:**	C - 1

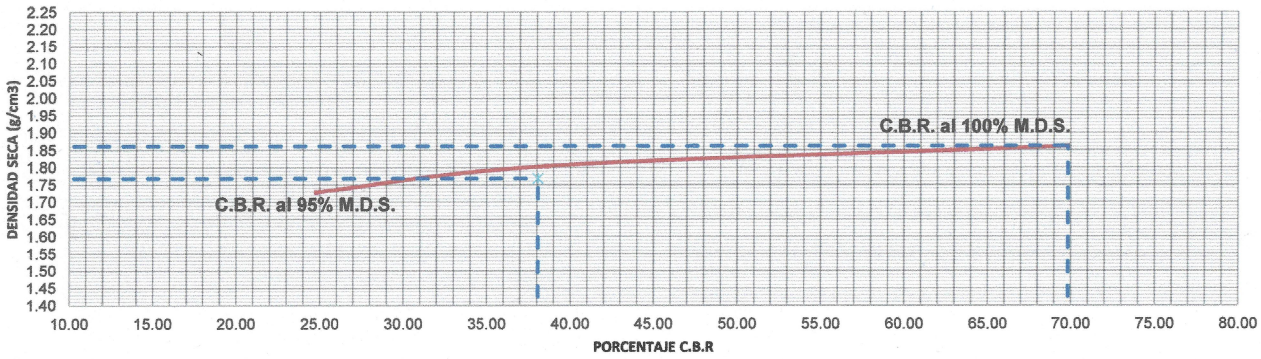
DATOS DEL PROCTOR	
DENSIDAD MAXIMA (gr/cm3)	1.86
HUMEDAD ÓPTIMA (%)	7.50

DATOS DEL C.B.R.	
CBR al 100% de M.D.S. (%)	69.81
CBR al 95% de M.D.S. (%)	38.06









Técnico de Laboratorio:

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

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vasquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN	ABRASIÓN DE LOS ANGELES (NTP 400.019)	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"
UBICACIÓN:	CHOTA
TESISTAS:	CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHÁVEZ
FECHA DE INFORME:	15/11/2024

DATOS DE LA MUESTRA

Material:	COMBINACIÓN DE MATERIALES 25% DME + 75% RC			**Muestra/Calicata:**	C - 1
Fecha de Muestreo:	05/09/2024	**Fecha de Recepción:**	05/09/2024	**Prof.(m):**	0.00 m

Descripción		Und.	Ensayos (MÉTODO B)			Promedio
PASA Y RETIENE TAMIZ			PESO DE MUESTRA ANTES DE ENSAYO	PESO DE MUESTRA DESPUÉS DE ENSAYO	PERDIDA DE MUESTRA DESPUÉS DE ENSAYO	% DE ABRASIÓN
1 "	3/4"		5000	3009	1759	35.18
% DE DESGASTE POR ABRASIÓN						35.18

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

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

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"
TESISTAS:	CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHAVÉZ

CALICATA C2

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia
TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Elmer Chávez Vásquez
Reg. CIP: 91731

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"
TESISTAS:	CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHAVÉZ

DEPÓSITO DE MATERIAL EXCEDENTE DME

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia
TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Elmer Chávez Vásquez
Reg. CIP: 91731

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
	PERFIL ESTRATIGRÁFICO
	REGISTRO DE EXCAVACIÓN DE CALICATA
TESISTAS	DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN - MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ
TESIS	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"

MATERIAL	DME	MUESTREADO POR	TESISTAS
UBICACIÓN	RAMBRÁN - CHOTA	CALICATA	C - 2
COORDENADAS	ESTE:759,315.33 m E NORTE:9,276,076.38 m S ALTITUD:2,461.96 msnm	PROFUNDIDAD	3.00 m

CALICATA	**PROF (m)**	**PROF (m) N.F.**	**UBICACIÓN**
C - 2	3.00 m	NO SE ENCONTRÓ	RAMBRÁN - CHOTA

Profundidad (m)	**Tipo de Excavación**	**Muestra**	**Simbología**	**Descripción**	**Clasificación Visual (SUCS)**		**Clasificación Terreno (excavación)**
					SUCS	**AASHTO**	
0.40	EXCAVACIÓN A CIELO ABIERTO	M-1		Material de color grisáceo oscuro, compuesto por suelo orgánico con presencia de raíces.			TERRENO NORMAL
0.60		M-2		Presenta un suelo tipo arena con finos arcillosos de baja plasticidad, de color marrón a grisáceo, textura arenosa media, con consistencia medianamente compacta alto, contenido de Humedad de 17.52 % y LL = 18 % LP =11% IP = 7%.	SC-SM	A-2-4	
1.00							
1.50							
2.00							
2.50							
3.00							

TESISTAS	**TÉCNICO DE LABORATORIO**	**ASESOR**
DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	Ing. Elmer Chávez Vásquez Reg. CIP: 91731

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA		
	CONTENIDO DE HUMEDAD NORMA: (NTP 339.127)	Revisión:	
		Fecha:	
		Página:	
TESISTAS	DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN - MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ		
TESIS	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"	**MUESTREADO POR** :	TESISTAS
		FECHA DE MUESTREO :	27/06/2025
MATERIAL	DME	**FECHA DE ENSAYO** :	28/06/2025
UBICACIÓN	RAMBRÁN - CHOTA	**CALICATA** :	C - 2
COORDENADAS	ESTE:759,315.33 m E NORTE:9,276,076.38 m S ALTITUD:2,461.96 msnm	**PROFUNIDIDAD** :	3.00 m

CALICATA	**C - 2**			
Muestra	T1	T2	T3	Promedio
Masa de tara (g)	98.6	91.0	101.9	97.2
Masa de tara + masa de muestra humeda (g)	672.0	621.6	610.0	634.5
Masa de tara + masa de muestra seca (g)	586.1	539.6	537.4	554.4
Masa de muestra seca (g)	487.5	448.6	435.5	457.2
Masa del agua (g)	85.9	82.0	72.6	80.2
Contenido de humedad (%)	17.62%	18.28%	16.67%	17.52%

CONTENIDO DE HUMEDAD : 17.52%

TESISTAS	TÉCNICO DE LABORATORIO	ASESOR
DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	Ing. Elmer Chávez Vásquez Reg. CIP: 91731

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
NORMA: (NTP 339.128)

Revisión:	
Fecha:	
Página:	

TESISTAS :	CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHAVÉZ		
TESIS :	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA".	MUESTREADO POR :	TESISTAS
		FECHA DE MUESTREO :	27/06/2025
MATERIAL :	DME	FECHA DE ENSAYO :	29/06/2025
UBICACIÓN :	RAMBRÁN - CHOTA	CALICATA :	C - 2
COORDENADAS :	ESTE:759,315.33 m E NORTE:9,276,076.38 m S ALTITUD:2,461.96 msnm	PROFUNIDIDAD :	3.00 m

Peso Total Inicial	1740.0 g.	Peso de Bolonería:	g.
Peso de la fracción fina	1712.0 g.	Peso de Grava:	18.0 g.
Peso de la fracción fina lavada	1252.0 g.	Peso de Arena+finos:	1722.0 g.

Norma (NTP 339.128)

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MALLA (pulg.)	MALLA (mm)	PESO RETENIDO (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
12"	300.000				
10"	250.000				
8"	200.000				
6"	150.000				
4 "	100.000				100.00
3 "	75.000				100.00
2 1/2"	63.500				100.00
2 "	50.000				100.00
1 1/2 "	37.500				100.00
1"	25.000				100.00
3/4"	19.000				100.00
1/2"	12.500				100.00
3/8"	9.500	6.00	0.34	0.34	99.66
Nº 4	4.750	12.00	0.69	1.03	98.97
Nº 8	2.360	10.00	0.57	1.61	98.39
Nº 10	2.000	8.00	0.46	2.07	97.93
Nº 16	1.190	22.00	1.26	3.33	96.67
Nº 20	0.840	26.00	1.49	4.83	95.17
Nº 30	0.600	174.00	10.00	14.83	85.17
Nº 40	0.425	116.00	6.67	21.49	78.51
Nº 60	0.250	548.00	31.49	52.99	47.01
Nº 140	0.106	286.00	16.44	69.43	30.57
Nº 200	0.075	72.00	4.14	73.56	26.44
Fondo		460.00	26.44	100.00	0.00

Norma (NTP 339.129)

CLASIFICACIÓN (S.U.C.S.)	SC-SM
Arena arcilloso-limosa	

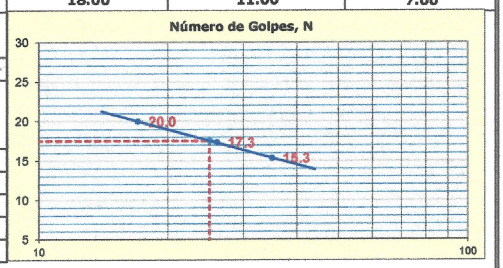
Norma (NTP 339.130)

CLASIFICACIÓN (AASHTO)	A-2-4
Grava y arena arcillosa o limosa	

% BOLONERÍA		%GRAVA	1.03

D_{10}(mm)	D_{30}(mm)	D_{60}(mm)	Cu	Cc
0.046	0.102	0.333	7.24	0.68

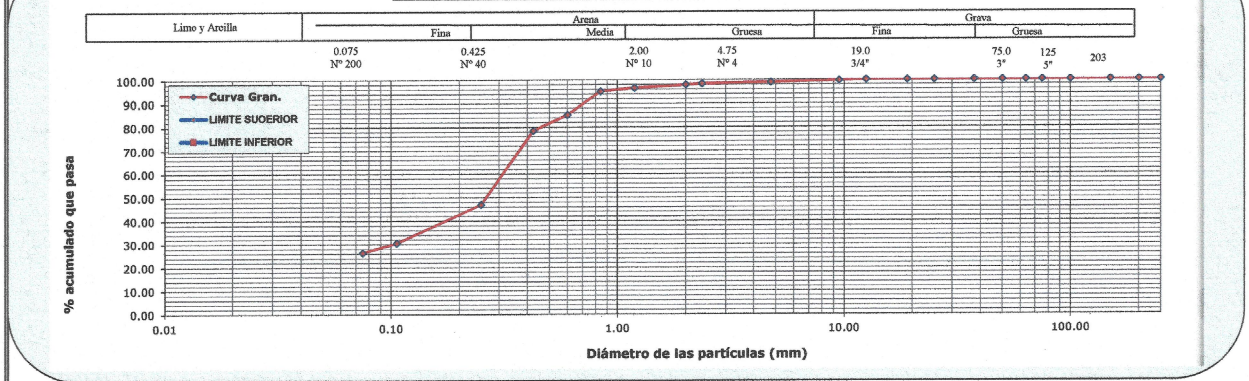
Límite Líquido (LL)	Límite Plástico (LP)	Índice Plasticidad (IP)
18.00	11.00	7.00



% GRAVA + BOLONERÍA	1.03	Gruesa		
		Fina	1.03	
% ARENA	72.53	Gruesa	1.03	
		Media	19.43	
		Fina	52.07	
% FINOS	26.44			

OBSERVACIONES:
TAMAÑO MÁXIMO (mm) = 1/2"

CURVA GRANULOMÉTRICA



TESISTAS	TÉCNICO DE LABORATORIO	ASESOR
DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	Ing. Elmer Chávez Vásquez Reg. CIP: 91731

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

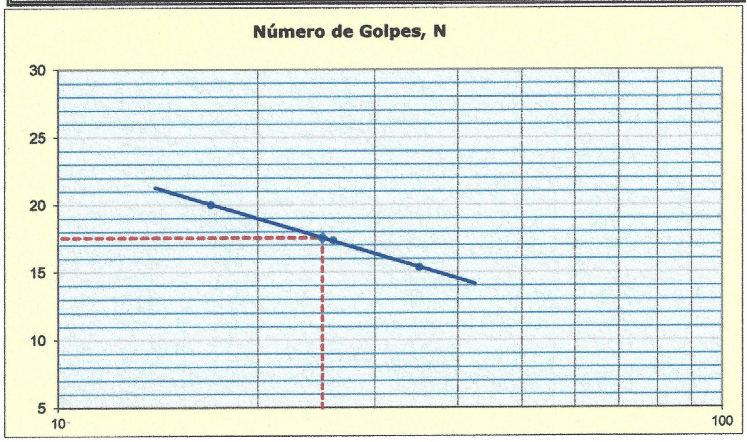
LÍMITES DE ATTERBERG
NORMA: (NTP 339.129)

revisión:
fecha:
página:

TESISTAS :	CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHAVÉZ		
TESIS :	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA".	**MUESTREADO POR** :	TESISTAS
		FECHA DE MUESTREO:	27/06/2025
MATERIAL :	DME	**FECHA DE ENSAYO** :	28/06/2025
UBICACIÓN :	RAMBRÁN - CHOTA	**CALICATA** :	C - 2
COORDENADAS :	ESTE:759,315.33 m E NORTE:9,276,076.38 m S ALTITUD:2,461.96 msnm	**PROFUNDIDAD** :	3.00 m

LÍMITE LÍQUIDO				
Tarro (Recipiente)	N°	T3	T2	T1
Peso de Tarro + Suelo Húmedo	g	48.80	53.70	50.00
Peso de Tarro + Suelo Seco	g	45.50	49.34	42.90
Peso de Agua	g	3.30	4.36	7.10
Peso del Tarro	g	24.00	24.20	7.40
Peso del Suelo Seco	g	21.50	25.14	35.50
Contenido de Humedad	%	15.3	17.3	20.0
Número de Golpes		35	26	17

LÍMITE PLÁSTICO				
Tarro (Recipiente)	N°	1	2	
Peso de Tarro + Suelo Húmedo	g	44.20	37.80	
Peso de Tarro + Suelo Seco	g	42.20	35.90	
Peso de Agua	g	2.00	1.90	
Peso del Tarro	g	24.00	19.18	
Peso del Suelo Seco	g	18.20	16.72	
Contenido de Humedad	%	10.99	11.36	



EETT		ACEPTACIÓN
Límite Líquido:	<35%	PASA
Índice de Plasticidad:	4%-9%	PASA

Descripción del Material:
Arena arcilloso-limosa

TEMPERATURA DE SECADO	
Preparación de Muestra:	NATURAL
Temperatura de Secado:	110°c
Agua Utilizada:	AGUA POTABLE
Muestra pasante No 40:	SI

N	K
20	0.973
21	0.979
22	0.985
23	0.990
24	0.995
25	1.000
26	1.005
27	1.009
28	1.014
29	1.018
30	1.022

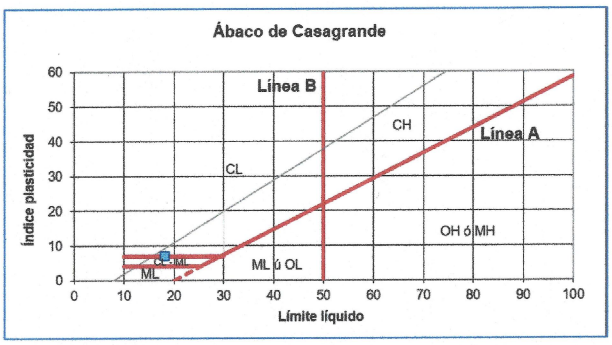
Ecuación de cálculo:

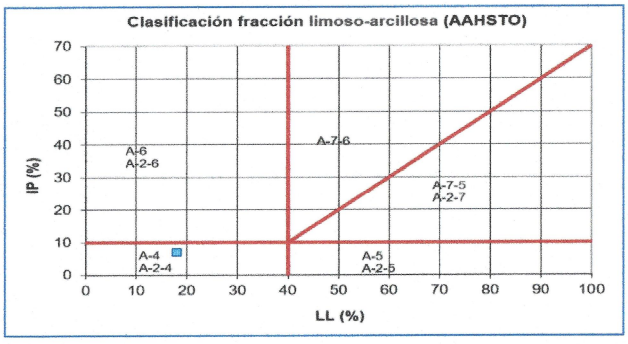
$LL^n = W^n (N/25)^{0.121} = k * W^n$

Donde:

LL^n = Un punto de límite líquido, %
N = Número de golpes
W^n = Contenido de humedad, %
k = Factor para límite líquido

RESULTADOS OBTENIDOS		
LÍMITES		ÍNDICE PLÁSTICO
LÍQUIDO	PLÁSTICO	
18.00	11.00	7.00





TESITAS	TÉCNICO DE LABORATORIO	ASESOR
DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	Ing. Elmer Chávez Vásquez Reg. CIP: 91731

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

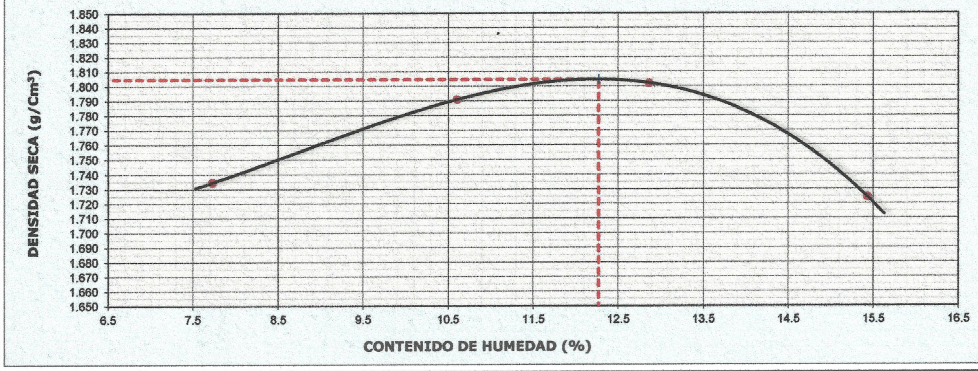
ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
NORMA: (NTP 339.141)

Revisión:
Fecha:
Página:

TESISTAS :	CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHAVÉZ	**MUESTREADO POR :**	TESISTAS
TESIS :	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"	**FECHA MUESTREO :**	27/06/2025
		FECHA DE ENSAYO :	29/06/2025
MATERIAL :	DME	**Calicata:**	C - 2
UBICACIÓN :	RAMBRÁN - CHOTA	**Profundidad:**	3.00 m
CORDENADAS :	ESTE:759,315.33 m E NORTE:9,276,076.38 m S ALTITUD:2,461.96 msnm	**N° de Capas:**	5
Preparación de la Muestra:	5000 g	**Volumen del Molde:** 944.00 cm³	**N° de Golpes:** 25
		Peso de Molde: 4256 g	**Método Usado :** B

Determinación (Puntos)	N°	1	2	3	4	
Peso de Suelo + Molde	g	6020	6126	6176	6135	
Peso de Molde	g	4256	4256	4256	4256	
Peso de Suelo Húmedo Compactado	g	1764	1870	1920	1879	
Volumen del Molde	cm^3	944	944	944	944	
Densidad Húmeda	g/cm^3	1.869	1.981	2.034	1.990	
Tara (Recipiente)	N°	T1	T2	T3	T4	
Peso del Suelo Húmedo + Tara	g	530.00	524.30	454.30	573.60	
Peso del Suelo Seco + Tara	g	501.30	486.30	417.50	514.20	
Peso de Tara (Recipiente)	g	129.90	128.00	131.40	129.20	
Peso de Agua	g	28.70	38.00	36.80	59.40	
Peso del Suelo Seco	g	371.40	358.30	286.10	385.00	
Contenido de Agua	%	7.73	10.61	12.86	15.43	
Peso Volumétrico Seco	g/cm^3	1.735	1.791	1.802	1.724	

CURVA DE COMPACTACIÓN



DATOS OBTENIDOS

DENSIDAD MÁXIMA (g/cm^3)
1.80
HUMEDAD ÓPTIMA %
12.27

OBSERVACIONES:

TESISTAS	TÉCNICO DE LABORATORIO	ASESOR
DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	Ing. Elmer Chávez Vásquez Reg. CIP: 91731

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

NORMA: (NTP 339.145)

Revisión:
Fecha:
Página:

TESISTAS :	CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHAVÉZ		
TESIS :	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"	**MUESTREADO POR :**	TESISTAS
		FECHA MUESTREO :	27/06/2025
MATERIAL :	DME	**FECHA DE ENSAYO :**	30/06/2025
UBICACIÓN :	RAMBRÁN - CHOTA	**CALICATA :**	C - 2
CORDENADAS :	ESTE:759,315.33 m E NORTE:9,276,076.38 m S ALTITUD:2,461.96 msnm	**PROFUNDIDAD :**	3.00 m

DATOS DE ENSAYO

DENSIDAD VOLUMETRICA

	1		2		3	
N° DE MOLDE						
Nº CAPA	5		5		5	
GOLPES POR CAPA Nº	56		25		12	
COND. DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
PESO MOLDE + SUELO HÚMEDO	12575.03	12580.63	12357.80	12366.20	12137.82	12150.82
PESO DE MOLDE	8276.00	8276.00	8284.00	8284.00	8271.00	8271.00
PESO DEL SUELO HÚMEDO	4299	4305	4074	4082	3867	3880
VOLUMEN DEL MOLDE	2116	2116	2116	2116	2116	2116
DENSIDAD HÚMEDA	2.032	2.034	1.925	1.929	1.827	1.834
% DE HUMEDAD	12.31	12.16	12.38	12.17	12.43	12.13
DENSIDAD SECA	1.809	1.813	1.713	1.720	1.625	1.636

CONTENIDO DE HUMEDAD

N° DE TARRO	-	-	-	-	-	-
TARRO + SUELO HÚMEDO (GR.)	634.04	639.64	695.77	704.17	720.64	733.64
TARRO + SUELO SECO	578.36	583.96	633.24	641.64	654.35	667.35
PESO DEL AGUA	55.68	55.68	62.53	62.53	66.29	66.29
PESO DEL TARRO	126.00	126.00	128.00	128.00	121.00	121.00
PESO DEL SUELO SECO	452.36	457.96	505.24	513.64	533.35	546.35
% DE HUMEDAD	12.31	12.16	12.38	12.17	12.43	12.13

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	EXPANSIÓN			EXPANSIÓN			EXPANSIÓN		
			DIAL	mm	%	DIAL	mm	%	DIAL	mm	%
30/06/25	09:50	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01/07/25	09:50	24	110.0	2.79	2.4	130.0	3.3	2.9	160.0	4.1	3.5
02/07/25	09:50	48	120.0	3.05	2.6	140.0	3.6	3.1	180.0	4.6	4.0
03/07/25	09:50	72	130.0	3.30	2.9	150.0	3.8	3.3	190.0	4.8	4.2
04/07/25	09:50	96	140.0	3.56	3.1	170.0	4.3	3.7	210.0	5.3	4.6

PENETRACIÓN	CARGA STAND.	MOLDE Nº 1				MOLDE Nº 2				MOLDE Nº 3			
		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
pulg	kg/cm2	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0.0	0			0.0	0			0.0	0		
0.025		6.6	0.3			3.5	0.2			2.4	0.1		
0.050		14.1	0.7			7.0	0.4			4.9	0.3		
0.075		22.9	1.1			15.4	0.8			10.6	0.5		
0.100	70.3	42.5	2.1	3.2	4.5	26.3	1.3	2.5	3.5	13.8	0.7	2.0	2.9
0.125		53.5	2.6			33.9	1.7			18.9	0.9		
0.150		67.0	3.3			40.0	2.0			26.6	1.3		
0.200	105.5	103.6	5.1	5.9	5.6	76.8	3.8	4.7	4.4	58.3	2.9	3.8	3.6
0.300		133.7	6.6			105.8	5.2			82.0	4.0		
0.400		150.4	7.4			119.0	5.8			102.0	5.0		
0.500		167.6	8.2			127.8	6.3			118.9	5.8		

TESISTAS	TÉCNICO DE LABORATORIO	ASESOR
DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	Ing. Elmer Chávez Vásquez Reg. CIP: 91731

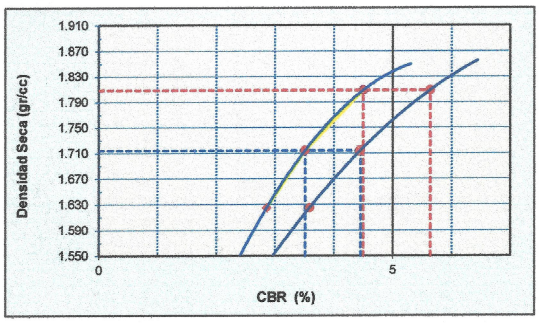
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
NORMA: (NTP 339.145)

Revisión:
Fecha:
Pagina:

TESISTAS :	CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHAVÉZ		
TESIS :	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"	**MUESTREADO POR** :	TESISTAS
		FECHA MUESTREO :	27/06/2025
MATERIAL :	DME	**FECHA DE ENSAYO** :	30/06/2025
UBICACIÓN :	RAMBRÁN - CHOTA	**CALICATA** :	C - 2
CORDENADAS :	ESTE:759,315.33 m E NORTE:9,276,076.38 m S ALTITUD:2,461.96 msnm	**PROFUNDIDAD** :	3.00 m

GRÁFICO DE PENETRACIÓN DE CBR

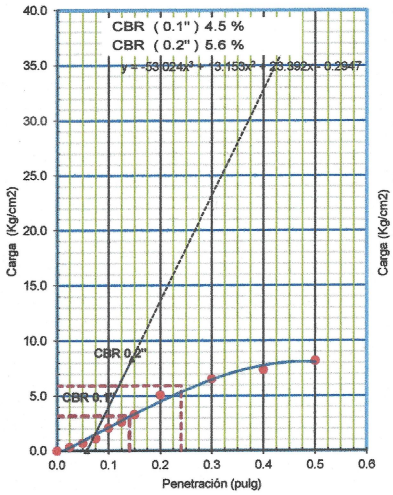


C.B.R. AL 100% DE M.D.S.	0.1"	4.50	0.2"	5.64
C.B.R. AL 95% DE M.D.S.	0.1"	3.51	0.2"	4.45

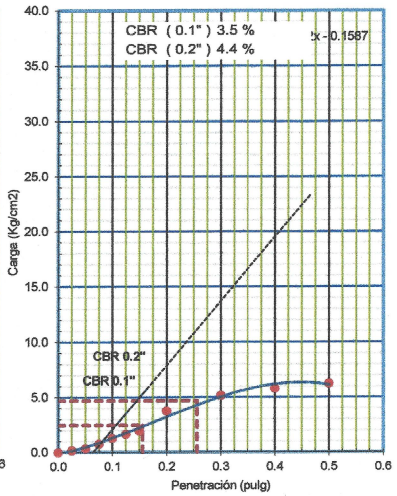
Datos del Proctor		
Densidad Seca	1.80	gr/cc
Optimo Humedad	12.27	%

OBSERVACIONES:

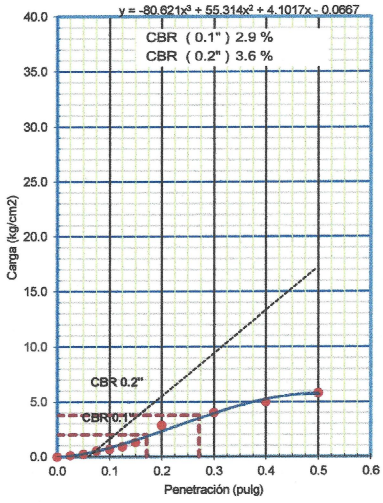
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



TESISTAS	TÉCNICO DE LABORATORIO	ASESOR
DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	Ing. Elmer Chávez Vásquez Reg. CIP: 91731

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS—UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

ABRASIÓN DE LOS ÁNGELES
NORMA: (NTP 400.019)

Revisión:
Fecha:
Página:

TESISTAS :	CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHAVÉZ		
TESIS :	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"	**MUESTREADO POR** :	TESISTAS
		FECHA MUESTREO :	27/06/2025
MATERIAL :	DME	**FECHA DE ENSAYO** :	29/06/2025
UBICACIÓN :	RAMBRÁN - CHOTA	**CALICATA** :	C - 2
COORDENADAS :	ESTE:759,315.33 m E NORTE:9,276,076.38 m S ALTITUD:2,461.96 msnm	**PROFUNDIDAD** :	3.00 m

Método		Pesos y Granulometrías Requeridos				Pesos y Granulometrías Empleados			
Pasa Tamiz	Retiene Tamiz								
pulg.	pulg.	A	B	C	D	A	B	C	D
1 1/2"	1"	1250±25							
1"	3/4"	1250±25							
3/4"	1/2"	1250±10	2500±10						
1/2"	3/8"	1250±10	2500±10						
3/8"	1/4"			2500±10				2500	
1/4"	N° 04			.2500±10				2500	
N°4	N° 08				5000±10				
Número de Esferas		12	11	8	6			8	
Peso de Esferas		390 - 445	391 - 445	392 - 445	393 - 445				
Peso Total					grs			5000	
Retenido en la Malla N°12					grs			1867	
Peso que Pasa en la Malla N°12					grs			3133	
Uniformidad					U			1.68	
Desgaste					%			62.66	

TESISTAS	TÉCNICO DE LABORATORIO	ASESOR
DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	Ing. Elmer Chávez Vásquez Reg. CIP: 91731

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"
TESISTAS:	CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHAVÉZ

RESIDUOS DE CONCRETO RC

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ing. Leydi Huamán Mejía
TÉCNICO DE LABORATORIO DE MATERIALES

Ing. Elmer Chávez Vásquez
Reg. CIP: 91731

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA		
	CONTENIDO DE HUMEDAD NORMA: (NTP 339.127)	Revisión:	
		Fecha:	
		Página:	
TESISTAS	DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN - MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ		
TESIS	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"	**MUESTREADO POR** :	TESISTAS
		FECHA DE MUESTREO :	27/06/2025
MATERIAL	RC	**FECHA DE ENSAYO** :	28/06/2025
UBICACIÓN	PINGOBAMBA BEDOYA - CHOTA	**CALICATA** :	C - 2
COORDENADAS	ESTE: 755,911.03 m E NORTE: 9,276,205.86 ALTITUD: 2,252.00 msnm	**PROFUNIDIDAD** :	0.00 m

MATERIAL	**RC**			
Muestra	T1	T2	T3	Promedio
Masa de tara (g)	123.0	124.0	35.8	94.3
Masa de tara + masa de muestra húmeda (g)	312.0	313.0	311.0	312.0
Masa de tara + masa de muestra seca (g)	310.8	311.4	309.6	310.6
Masa de muestra seca (g)	187.8	187.4	273.8	216.3
Masa del agua (g)	1.2	1.6	1.4	1.4
Contenido de humedad (%)	0.64%	0.85%	0.51%	0.67%

CONTENIDO DE HUMEDAD : 0.67%

TESISTAS	TÉCNICO DE LABORATORIO	ASESOR
DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Ing. Leydi Huamán Mejía TÉCNICO DE LABORATORIO DE MATERIALES	Ing. Elmer Chávez Vásquez Reg. CIP: 91731

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
NORMA: (NTP 339.128)

Revisión:
Fecha:
Página:

TESISTAS :	CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHAVÉZ		
TESIS :	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA".	MUESTREADO POR :	TESISTAS
		FECHA DE MUESTREO :	27/06/2025
MATERIAL :	RC	FECHA DE ENSAYO :	29/06/2025
UBICACIÓN :	PINGOBAMBA BEDOYA - CHOTA	CALICATA :	C - 2
COORDENADAS :	ESTE: 755,911.03 m E NORTE: 9,276,205.86 ALTITUD: 2,252.00 msnm	PROFUNIDIDAD :	0.00 m

Peso Total Inicial	3035.0 g.	Peso de Bolonería:	g.
Peso de la fracción fina	607.0 g.	Peso de Grava:	2302.0 g.
Peso de la fracción fina lavada	502.0 g.	Peso de Arena+finos:	733.0 g.

Norma (NTP 339.128)

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MALLA (pulg.)	MALLA (mm)	PESO RETENIDO (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	
12"	300.000					
10"	250.000					
8"	200.000					
6"	150.000					
4 "	100.000				100.00	
3 "	75.000				100.00	
2 1/2"	63.500				100.00	
2 "	50.000				100.00	
1 1/2 "	37.500				100.00	
1"	25.000				100.00	
3/4"	19.000	171.00	5.63	5.63	94.37	
1/2"	12.500	790.00	26.03	31.66	68.34	
3/8"	9.500	512.00	16.87	48.53	51.47	
Nº 4	4.750	829.00	27.31	75.85	24.15	
Nº 8	2.360	126.00	4.15	80.00	20.00	
Nº 10	2.000	115.00	3.79	83.79	16.21	
Nº 16	1.190	86.00	2.83	86.62	13.38	
Nº 20	0.840	35.00	1.15	87.78	12.22	
Nº 30	0.600	56.00	1.85	89.62	10.38	
Nº 40	0.425	34.00	1.12	90.74	9.26	
Nº 60	0.250	117.00	3.86	94.60	5.40	
Nº 140	0.106	37.00	1.22	95.82	4.18	
Nº 200	0.075	22.00	0.72	96.54	3.46	
Fondo		105.00	3.46	100.00	0.00	

Norma (NTP 339.129)

CLASIFICACIÓN (S.U.C.S.)	GP
Grava mal graduada con arena	

Norma (NTP 339.130)

CLASIFICACIÓN (AASHTO)	A-1-a
Fragmentos de roca, grava y arena	

% BOLONERÍA		%GRAVA	75.85

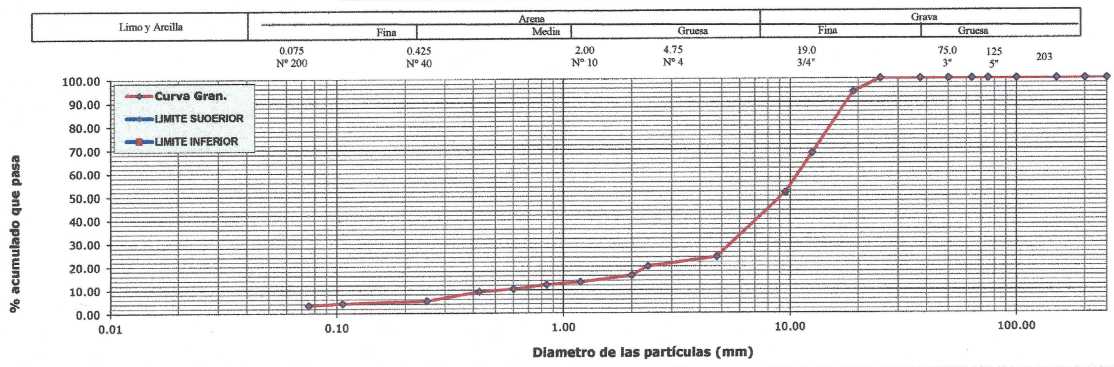
D_{10}(mm)	D_{30}(mm)	D_{60}(mm)	Cu	Cc
0.543	6.111	11.123	20.48	6.18

Límite Líquido (LL)	Límite Plástico (LP)	Índice Plasticidad (IP)
NP	NP	NP

% GRAVA + BOLONERÍA	75.85	Gruesa	5.63
		Fina	70.21
% ARENA	20.69	Gruesa	7.94
		Media	6.95
		Fina	5.80
% FINOS	3.46		

OBSERVACIONES:
TAMAÑO MÁXIMO (mm) = 1"

CURVA GRANULOMÉTRICA



TESISTAS	TÉCNICO DE LABORATORIO	ASESOR
DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Ing. Leydi Huamán Mejía TÉCNICO DE LABORATORIO DE MATERIALES	Ing. Elmer Chávez Vásquez Reg. CIP: 91731

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA		
	PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO NORMA: (NTP 400.017)	Revisión:	
		Fecha:	
		Página:	
TESISTAS	DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN - MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ		
TESIS	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"	**MUESTREADO POR**	TESISTAS
		FECHA DE MUESTR	27/06/2025
MATERIAL	RC	**FECHA DE ENSAYO**	28/06/2025
UBICACIÓN	PINGOBAMBA BEDOYA - CHOTA	**CALICATA**	C - 2
COORDENADAS	ESTE: 755,911.03 m E NORTE: 9,276,205.86 ALTITUD: 2,252.00 msnm	**PROFUNIDIDAD**	0.00 m

ENSAYO	PESO UNITARIO SUELTO			
Muestra	M1	M2	M3	Promedio
Peso del recipiente (gr)	4660.0	4660.0	4660.0	123.5
Peso del recipiente + peso de muestra (g)	16173.0	16434.0	16435.0	16347.3
Peso de muestra (g)	11513.0	11774.0	11775.0	11687.3
factor (f)	0.1	0.1	0.1	0.1
Peso Unitario seco suelto Kg/m3	1223.5	1251.2	1251.3	1242.0

PESO UNITARIO SUELTO Kg/m3 1242.0

ENSAYO	PESO UNITARIO COMPACTADO			
Muestra	M1	M2	M3	Promedio
Peso del recipiente (gr)	4660.0	4660.0	4660.0	123.5
Peso del recipiente + peso de muestra (g)	17161.0	17396.0	17319.0	17292.0
Peso de muestra (g)	12501.0	12736.0	12659.0	12632.0
factor (f)	0.1	0.1	0.1	0.1
Peso Unitario seco suelto Kg/m3	1328.5	1353.5	1345.3	1342.4

PESO UNITARIO SUELTO Kg/m3 1342.4

TESISTAS	TÉCNICO DE LABORATORIO	ASESOR
DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Ing. Leydi Huamán Mejía TÉCNICO DE LABORATORIO DE MATERIALES	Ing. Elmer Chávez Vásquez Reg. CIP: 91731

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA		
	GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN NORMA: (NTP 400.022)	Revisión:	
		Fecha:	
		Página:	
TESISTAS	DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN - MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ		
TESIS	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"	**MUESTREADO POR** :	TESISTAS
		FECHA DE MUESTREO :	27/06/2025
MATERIAL	RC	**FECHA DE ENSAYO** :	28/06/2025
UBICACIÓN	PINGOBAMBA BEDOYA - CHOTA	**CALICATA** :	C - 2
COORDENADAS	ESTE: 755,911.03 m E NORTE: 9,276,205.86 ALTITUD: 2,252.00 msnm	**PROFUNIDIDAD** :	0.00 m

ENSAYO	**PESO ESPECIFÍCO Y ABSORCIÓN AGREGADO FINO**			
Muestra	M1	M2	M3	PROMEDIO
Peso Mat Sat Sup Seco (SSS) gr A	500.0	500.0	500.0	500.0
Peso de fiola + Agua gr B	1273.6	1273.6	1273.6	1273.6
Peso de fiola + Agua + SSS gr C	1564.0	1564.0	1552.0	1560.0
Peso Mat Seco gr D	467.0	467.0	467.0	467.0
Peso Específico de Masa (gr/cm3) D/(B+A-C)	2.228	2.228	2.107	2.186
Peso Específico de SSS gr A/(B+A-C)	2.385	2.385	2.256	2.341
Peso Específico Aparente gr D/(B+D-C)	2.644	2.644	2.476	2.586
absorción % 100*(A-D/D)	**7.1**	**7.1**	**7.1**	**7.1**

TESISTAS	TÉCNICO DE LABORATORIO	ASESOR
DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Ing. Leydi Huamán Mejía TÉCNICO DE LABORATORIO DE MATERIALES	Ing. Elmer Chávez Vásquez Reg. CIP: 91731

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

ABRASIÓN DE LOS ÁNGELES
NORMA: (NTP 400.019)

Revisión:
Fecha:
Página:

TESISTAS :	CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHAVÉZ		
TESIS :	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"	**MUESTREADO POR** :	TESISTAS
		FECHA MUESTREO :	27/06/2025
MATERIAL :	RC	**FECHA DE ENSAYO** :	29/06/2025
UBICACIÓN :	PINGOBAMBA BEDOYA - CHOTA	**CALICATA** :	C - 2
COORDENADAS :	ESTE: 755,911.03 m E NORTE: 9,276,205.86 ALTITUD: 2,252.00 msnm	**PROFUNDIDAD** :	0.00 m

Método		Pesos y Granulometrías Requeridos				Pesos y Granulometrías Empleados			
Pasa Tamiz	Retiene Tamiz								
pulg.	pulg.	A	B	C	D	A	B	C	D
1 1/2"	1"	1250±25							
1"	3/4"	1250±25							
3/4"	1/2"	1250±10	2500±10						
1/2"	3/8"	1250±10	2500±10				2500		
3/8"	1/4"			2500±10			2500		
1/4"	N° 04			2500±10					
Nº4	N° 08				5000±10				
Número de Esferas		12	11	8	6		11		
Peso de Esferas		390 - 445	391 - 445	392 - 445	393 - 445				
Peso Total					grs		5000		
Retenido en la Malla N°12					grs		3912		
Peso que Pasa en la Malla N°12					grs		1088		
Uniformidad					U		0.28		
Desgaste					%		21.8		

TESISTAS	TÉCNICO DE LABORATORIO	ASESOR
DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Ing. Leydi Huamán Mejía TÉCNICO DE LABORATORIO DE MATERIALES	Ing. Elmer Chávez Vásquez Reg. CIP: 91731

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"
TESISTAS:	CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHAVÉZ

COMBINACIÓN DE MATERIALES 25% DME + 75% RC

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia
TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Elmer Chávez Vásquez
Reg. CIP: 91731

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA		
	CONTENIDO DE HUMEDAD NORMA: (NTP 339.127)	Revisión:	
		Fecha:	
		Página:	
TESISTAS	DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN - MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ		
TESIS	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"	**MUESTREADO POR** :	TESISTAS
		FECHA DE MUESTREO :	27/06/2025
MATERIAL	COMBINACIÓN DE MATERIALES 25% DME + 75% RC	**FECHA DE ENSAYO** :	28/06/2025
UBICACIÓN	COLPAMATARA - CHOTA	**CALICATA** :	C - 2
COORDENADAS	ESTE:761,812.84 m E NORTE:9,276,348.56 m S ALTITUD:2,573.00 msnm	**PROFUNIDIDAD** :	0.00 m

MATERIAL	**25% DME + 75% RC**			
Muestra	T1	T2	T3	Promedio
Masa de tara (g)	34.0	33.5	34.5	34.0
Masa de tara + masa de muestra húmeda (g)	500.7	500.9	500.7	500.8
Masa de tara + masa de muestra seca (g)	486.3	487.1	490.2	487.9
Masa de muestra seca (g)	452.3	453.6	455.7	453.9
Masa del agua (g)	14.4	13.8	10.5	12.9
Contenido de humedad (%)	3.18%	3.04%	2.30%	2.84%

CONTENIDO DE HUMEDAD : 2.84%

TESISTAS	TÉCNICO DE LABORATORIO	ASESOR
DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Ing. Walter Manuel Vá...ez Tapia TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	Ing. Elmer Chávez Vásquez Reg. CIP: 91731

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
NORMA: (NTP 339.128)

Revisión:
Fecha:
Página:

TESISTAS :	DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN - MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ		
TESIS :	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"	MUESTREADO POR :	TESISTAS
		FECHA DE MUESTREO :	27/06/2025
MATERIAL :	COMBINACIÓN DE MATERIALES 25% DME + 75% RC	FECHA DE ENSAYO :	29/06/2025
UBICACIÓN :	COLPAMATARA - CHOTA	CALICATA :	C - 2
COORDENADAS :	ESTE:761,812.84 m E NORTE:9,276,348.56 m S ALTITUD:2,573.00 msnm	PROFUNIDIDAD :	0.00 m

Peso Total Inicial	3000.0	g.	Peso de Bolonería:		g.		
Peso de la fracción fina	1233.0	g.	Peso de Grava:	1464.0	g.	PESO SECO DE LA MUESTRA : DME	750
Peso de la fracción fina lavada	1084.0	g.	Peso de Arena+finos:	1536.0	g.	PESO SECO DE LA MUESTRA: RCD	1292.2

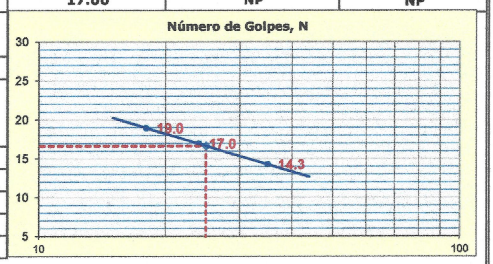
Norma (NTP 339.128)

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MALLA (pulg.)	MALLA (mm)	PESO RETENIDO (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	HUSO A-1 EG-2013 MTC Gradacion AFIRMADO	
12"	300.000					A 1	
10"	250.000						
8"	200.000						
6"	150.000						
4 "	100.000				100.00		
3 "	75.000				100.00		
2 1/2"	63.500				100.00		
2 "	50.000				100.00	100	100
1 1/2 "	37.500				100.00		
1"	25.000				100.00	90	100
3/4"	19.000	26.00	0.87	0.87	99.13		
1/2"	12.500	474.00	15.80	16.67	83.33		
3/8"	9.500	339.00	11.30	27.97	72.03	45	80
Nº 4	4.750	625.00	20.83	48.80	51.20	30	65
Nº 8	2.360	303.00	10.10	58.90	41.10		
Nº 10	2.000	110.00	3.67	62.57	37.43	22	52
Nº 16	1.190	161.00	5.37	67.93	32.07		
Nº 20	0.840	94.00	3.13	71.07	28.93		
Nº 30	0.600	191.00	6.37	77.43	22.57		
Nº 40	0.425	28.00	0.93	78.37	21.63	15	35
Nº 60	0.250	396.00	13.20	91.57	8.43		
Nº 140	0.106	46.00	1.53	93.10	6.90		
Nº 200	0.075	58.00	1.93	95.03	4.97	5	20
Fondo		149.00	4.97	100.00	0.00		

Norma (NTP 339.129)

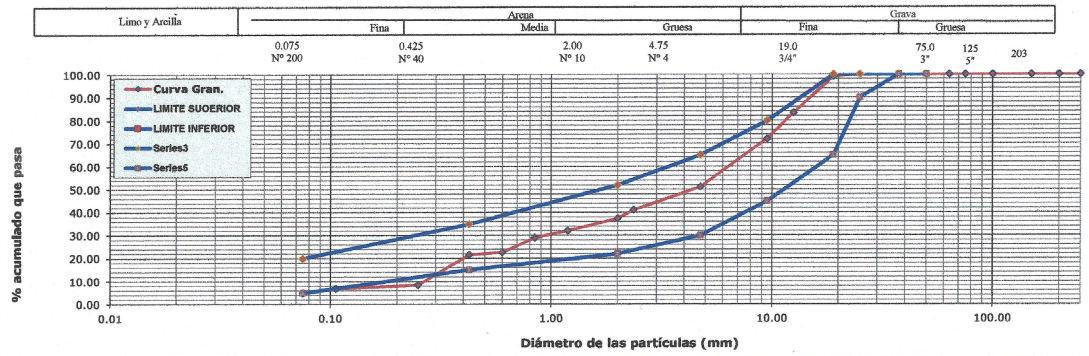
CLASIFICACIÓN (S.U.C.S.)				GW
Grava bien graduada con arena				
Norma (NTP 339.130)				
CLASIFICACIÓN (AASHTO)				A-1-a
Fragmentos de roca, grava y arena				
% BOLONERÍA		%GRAVA		48.80
D_{10}(mm)	D_{30}(mm)	D_{60}(mm)	Cu	Cc
0.282	0.970	6.957	24.70	0.48
Límite Líquido (LL)		Límite Plástico (LP)		Índice Plasticidad (IP)
17.00		NP		NP



% GRAVA + BOLONERÍA	48.80	Gruesa	0.87
		Fina	47.93
% ARENA	46.23	Gruesa	13.77
		Media	15.80
		Fina	16.67
% FINOS	4.97		

OBSERVACIONES:
TAMANO MAXIMO (mm) = 1"

CURVA GRANULOMÉTRICA



TESISTAS	TÉCNICO DE LABORATORIO	ASESOR
DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	Ing. Elmer Chávez Vásquez Reg. CIP: 91731

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS—UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

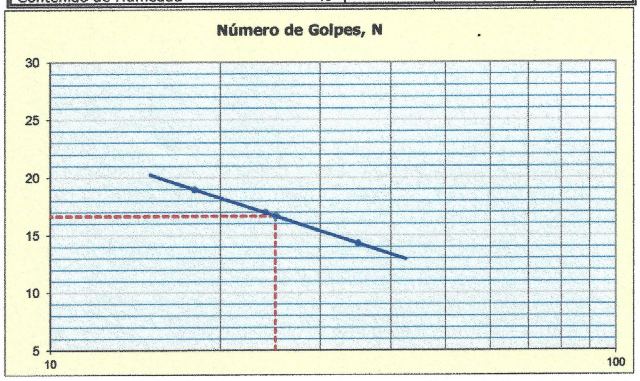
LÍMITES DE ATTERBERG
NORMA: (NTP 339.129)

revisión:
fecha:
página:

TESISTAS :	DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN - MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ		
TESIS :	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"	**MUESTREADO POR** :	TESISTAS
		FECHA DE MUESTREO:	27/06/2025
MATERIAL :	COMBINACIÓN DE MATERIALES 25% DME + 75% RC	**FECHA DE ENSAYO** :	28/06/2025
UBICACIÓN :	COLPAMATARA - CHOTA	**CALICATA** :	C - 2
COORDENADAS :	ESTE:761,812.84 m E NORTE:9,276,348.56 m S ALTITUD:2,573.00 msnm	**PROFUNDIDAD** :	0.00 m

LÍMITE LÍQUIDO				
Tarro (Recipiente)	N°	T3	T2	T1
Peso de Tarro + Suelo Húmedo	g	114.80	113.90	112.10
Peso de Tarro + Suelo Seco	g	112.60	112.10	110.70
Peso de Agua	g	2.20	1.80	1.40
Peso del Tarro	g	101.00	101.50	100.90
Peso del Suelo Seco	g	11.60	10.60	9.80
Contenido de Humedad	%	19.0	17.0	14.3
Número de Golpes		18	24	35

LÍMITE PLÁSTICO				
Tarro (Recipiente)	N°	1	2	3
Peso de Tarro + Suelo Húmedo	g			
Peso de Tarro + Suelo Seco	g			
Peso de Agua	g			
Peso del Tarro	g			
Peso del Suelo Seco	g			
Contenido de Humedad	%			



EETT		ACEPTACIÓN
Límite Líquido:	<35%	PASA
Índice de Plasticidad:	4% - 9%	NP

Descripción del Material:
Grava bien graduada con arena

TEMPERATURA DE SECADO	
Preparación de Muestra:	NATURAL
Temperatura de Secado:	110°c
Agua Utilizada:	AGUA POTABLE
Muestra pasante No 40:	SI

N	K
20	0.973
21	0.979
22	0.985
23	0.990
24	0.995
25	1.000
26	1.005
27	1.009
28	1.014
29	1.018
30	1.022

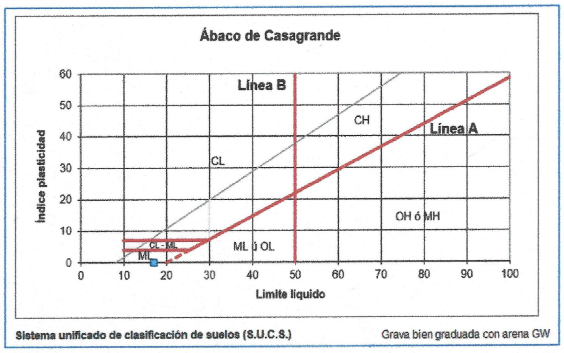
Ecuación de cálculo:

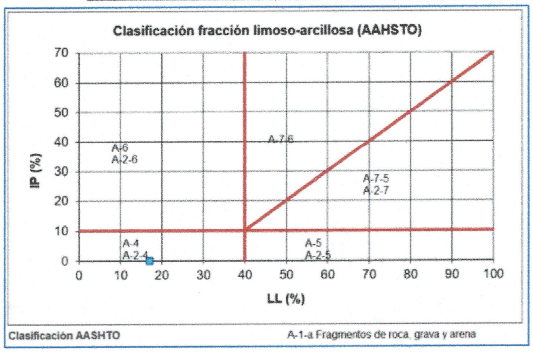
$LL^n = W^n (N/25)^{0.121} = k * W^n$

Donde:

LL^n = Un punto de límite líquido, %
N = Número de golpes
W^n = Contenido de humedad, %
k = Factor para límite líquido

RESULTADOS OBTENIDOS		
LÍMITES		ÍNDICE PLÁSTICO
LÍQUIDO	PLÁSTICO	
17.00	NP	NP





TESITAS	TÉCNICO DE LABORATORIO	ASESOR
DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Ing. Walter Manuel Vá[illegible]ez Tapia TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	Ing. Elmer Chávez Vásquez Reg. CIP: 91731

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS—UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

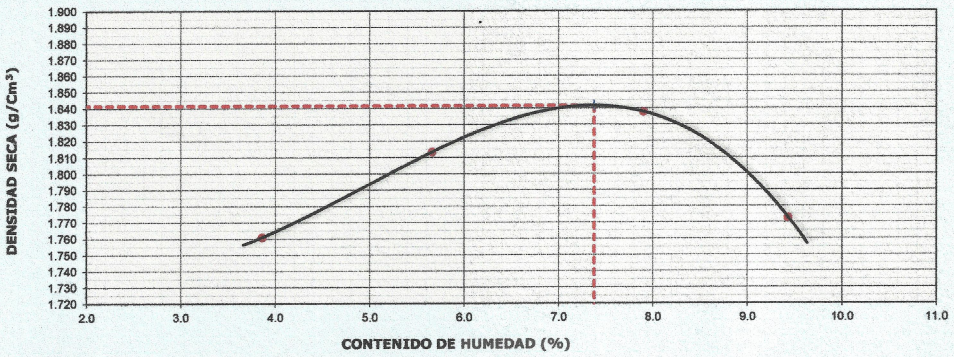
ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
NORMA: (NTP 339.141)

Revisión:
Fecha:
Página:

TESISTAS :	CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHAVÉZ	**MUESTREADO POR :**	TESISTAS
TESIS :	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"	**FECHA MUESTREO :**	27/06/2025
		FECHA DE ENSAYO :	29/06/2025
MATERIAL :	COMBINACIÓN DE MATERIALES 25% DME + 75% RC	**Calicata:**	C - 2
UBICACIÓN :	COLPAMATARA - CHOTA	**Profundidad:**	0.00 m
CORDENADAS :	ESTE:761,812.84 m E NORTE:9,276,348.56 m S ALTITUD:2,573.00 msnm	**N° de Capas:**	5
Preparación de la Muestra:	5000 g	**Volumen del Molde:** 2122.32 cm³	**N° de Golpes:** 56
		Peso de Molde: 6693 g	**Método Usado :** C

Determinación (Puntos)	N°	1	2	3	4	
Peso de Suelo + Molde	g	10575	10759	10902	10810	
Peso de Molde	g	6693	6693	6693	6693	
Peso de Suelo Húmedo Compactado	g	3882	4066	4209	4117	
Volumen del Molde	cm^3	2122	2122	2122	2122	
Densidad Húmeda	g/cm^3	1.829	1.916	1.983	1.940	
Tara (Recipiente)	N°	T1	T2	T3	T4	
Peso del Suelo Húmedo + Tara	g	343.68	325.52	339.43	361.01	
Peso del Suelo Seco + Tara	g	337.50	317.10	327.80	346.70	
Peso de Tara (Recipiente)	g	177.30	168.30	180.60	195.00	
Peso de Agua	g	6.18	8.42	11.63	14.31	
Peso del Suelo Seco	g	160.20	148.80	147.20	151.70	
Contenido de Agua	%	3.86	5.66	7.90	9.43	
Peso Volumétrico Seco	g/cm^3	1.761	1.813	1.838	1.773	

CURVA DE COMPACTACIÓN



DATOS OBTENIDOS

DENSIDAD MÁXIMA (g/cm^3)
1.84
HUMEDAD ÓPTIMA %
7.38

OBSERVACIONES:

TESISTAS	TECNICO DE LABORATORIO	ASESOR
DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	Ing. Elmer Chávez Vásquez Reg. CIP: 91731

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

(NTP 339.145)

NORMA:

Revisión:
Fecha:
Página:

TESISTAS :	CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHAVÉZ		
TESIS :	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"	**MUESTREADO POR :**	TESISTAS
		FECHA MUESTREO :	27/06/2025
MATERIAL :	COMBINACIÓN DE MATERIALES 25% DME + 75% RC	**FECHA DE ENSAYO :**	30/06/2025
UBICACIÓN :	COLPAMATARA - CHOTA	**CALICATA :**	C - 2
CORDENADAS :	ESTE:761,812.84 m E NORTE:9,276,348.56 m S ALTITUD:2,573.00 msnm	**PROFUNDIDAD :**	0.00 m

DATOS DE ENSAYO

DENSIDAD VOLUMETRICA

N° DE MOLDE	4		5		6	
Nº CAPA	5		5		5	
GOLPES POR CAPA Nº	56		25		12	
COND. DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
PESO MOLDE + SUELO HÚMEDO	12712.79	12727.79	12858.29	12869.29	12346.00	12355.00
PESO DE MOLDE	8476.00	8476.00	8782.00	8782.00	8436.00	8436.00
PESO DEL SUELO HÚMEDO	4237	4252	4076	4087	3910	3919
VOLUMEN DEL MOLDE	2127	2127	2114	2114	2116	2116
DENSIDAD HÚMEDA	1.992	1.999	1.928	1.933	1.848	1.852
% DE HUMEDAD	7.46	7.25	7.51	7.27	7.54	7.42
DENSIDAD SECA	1.854	1.864	1.793	1.802	1.718	1.724

CONTENIDO DE HUMEDAD

N° DE TARRO	-	-	-	-	-	-
TARRO + SUELO HÚMEDO (GR.)	662.53	676.53	693.07	710.07	717.11	725.61
TARRO + SUELO SECO	625.30	639.30	653.60	670.60	675.32	683.82
PESO DEL AGUA	37.23	37.23	39.47	39.47	41.79	41.79
PESO DEL TARRO	126.00	126.00	128.00	128.00	121.00	121.00
PESO DEL SUELO SECO	499.30	513.30	525.60	542.60	554.32	562.82
% DE HUMEDAD	7.46	7.25	7.51	7.27	7.54	7.42

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	EXPANSIÓN DIAL	EXPANSIÓN mm	EXPANSIÓN %	EXPANSIÓN DIAL	EXPANSIÓN mm	EXPANSIÓN %	EXPANSIÓN DIAL	EXPANSIÓN mm	EXPANSIÓN %
30/06/25	09:34	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0
01/07/25	09:34	24	3	0.08	0.1	4	0.1	0.1	6	0.2	0.1
02/07/25	09:34	48	6	0.15	0.1	7	0.2	0.2	9	0.2	0.2
03/07/25	09:34	72	8	0.20	0.2	11	0.3	0.2	11	0.3	0.2
04/07/25	09:34	96	11	0.28	0.2	13	0.3	0.3	12	0.3	0.3

PENETRACIÓN	CARGA STAND.	MOLDE Nº 4				MOLDE Nº 5				MOLDE Nº 6			
		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
pulg	kg/cm2	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0.00	0			0.00	0			0.00	0		
0.025		23.7	1.2			20.1	1.0			12.4	0.6		
0.050		84.6	4.2			72.1	3.5			38.3	1.9		
0.075		227.5	11.1			233.3	11.4			102.0	5.0		
0.100	70.3	435.0	21.3	37.7	53.6	371.0	18.2	24.1	34.2	161.5	7.9	14.3	20.3
0.125		655.2	32.1			477.0	23.4			238.3	11.7		
0.150		864.5	42.3			556.5	27.3			286.7	14.0		
0.200	105.5	1092.0	53.5	65.0	61.6	795.0	38.9	45.0	42.7	442.0	21.7	27.0	25.6
0.300		1274.0	62.4			1025.6	50.2			616.4	30.2		
0.400		1365.0	66.8			1272.0	62.3			709.9	34.8		
0.500		1456.0	71.3			1435.2	70.3			807.9	39.6		

TESISTAS	TÉCNICO DE LABORATORIO	ASESOR
DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	Ing. Elmer Chávez Vásquez Reg. CIP: 91731

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

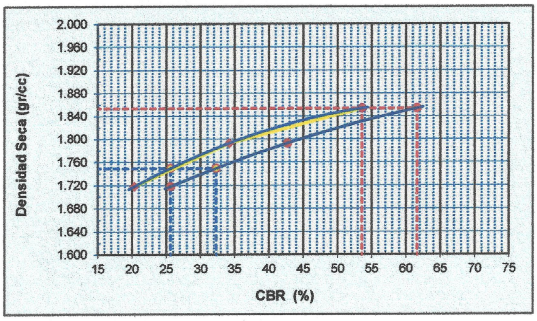
ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

NORMA: (NTP 339.145)

Revisión:
Fecha:
Pagina:

TESISTAS :	CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHAVÉZ		
TESIS :	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"	**MUESTREADO POR :**	TESISTAS
		FECHA MUESTREO :	27/06/2025
MATERIAL :	COMBINACIÓN DE MATERIALES 25% DME + 75% RC	**FECHA DE ENSAYO :**	30/06/2025
UBICACIÓN :	COLPAMATARA - CHOTA	**CALICATA :**	C - 2
CORDENADAS :	ESTE:761,812.84 m E NORTE:9,276,348.56 m S ALTITUD:2,573.00 msnm	**PROFUNDIDAD :**	0.00 m

GRÁFICO DE PENETRACIÓN DE CBR

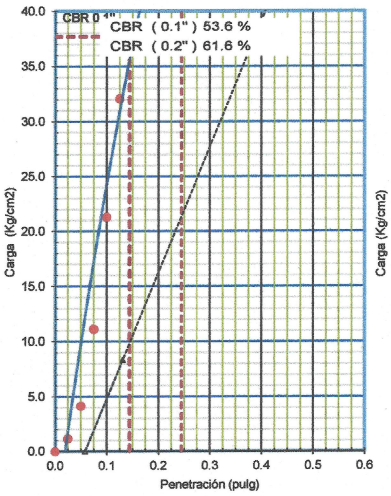


C.B.R. AL 100% DE M.D.S.	0.1"	53.59	0.2"	61.62
C.B.R. AL 95% DE M.D.S.	0.1"	25.61	0.2"	32.29

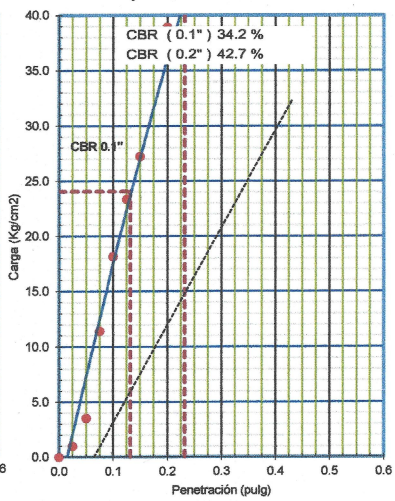
Datos del Proctor		
Densidad Seca	1.84	gr/cc
Optimo Humedad	7.38	%

OBSERVACIONES:

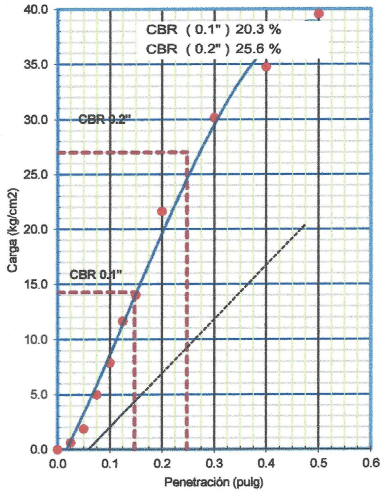
EC = 56 GOLPES
y = -78.015x³ - 344.22x² + 343.64x - 6.53



EC = 25 GOLPES
y = -139.23x³ - 70.724x² + 216.22x - 3.2159



EC = 12 GOLPES
y = -307.63x³ + 131.43x² + 92.121x - 1.5851



TESISTAS	TÉCNICO DE LABORATORIO	ASESOR
DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	Ing. Elmer Chávez Vásquez Reg. CIP: 91731

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

ABRASIÓN DE LOS ÁNGELES
NORMA: (NTP 400.019)

Revisión:
Fecha:
Página:

TESISTAS :	CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHAVÉZ		
TESIS :	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"	**MUESTREADO POR :**	TESISTAS
		FECHA MUESTREO :	27/06/2025
MATERIAL :	COMBINACIÓN DE MATERIALES 25% DME + 75% RC	**FECHA DE ENSAYO :**	29/06/2025
UBICACIÓN :	COLPAMATARA - CHOTA	**CALICATA :**	C - 2
COORDENADAS :	ESTE:761,812.84 m E NORTE:9,276,348.56 m S ALTITUD:2,573.00 msnm	**PROFUNDIDAD :**	0.00 m

Método		Pesos y Granulometrías Requeridos				Pesos y Granulometrías Empleados			
Pasa Tamiz	Retiene Tamiz								
pulg.	pulg.	A	B	C	D	A	B	C	D
1 1/2"	1"	1250±25							
1"	3/4"	1250±25							
3/4"	1/2"	1250±10	2500±10				2500		
1/2"	3/8"	1250±10	2500±10				2500		
3/8"	1/4"			2500±10					
1/4"	N° 04			2500±10					
N°4	N° 08				5000±10				
Número de Esferas		12	11	8	6		11		
Peso de Esferas		390 - 445	391 - 445	392 - 445	393 - 445				
Peso Total					grs		5000		
Retenido en la Malla N°12					grs		3289		
Peso que Pasa en la Malla N°12					grs		1711		
Uniformidad					U		0.52		
Desgaste					%		34.22		

TESISTAS	TÉCNICO DE LABORATORIO	ASESOR
DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	Ing. Elmer Chávez Vásquez Reg. CIP: 91731

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"
TESISTAS:	CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHAVÉZ

CALICATA C3

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia
TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Elmer Chávez Vásquez
Reg. CIP: 91731

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"
TESISTAS:	CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHAVÉZ

DEPÓSITO DE MATERIAL EXCEDENTE DME

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia
TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Elmer Chávez Vásquez
Reg. CIP: 91731

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

REGISTRO DE EXCAVACIÓN DE CALICATA

TESISTAS	DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN - MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ		
TESIS	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"		
MATERIAL	DME	MUESTREADO POR	TESISTAS
UBICACIÓN	RAMBRÁN - CHOTA	CALICATA	C - 3
COORDENADAS	ESTE:759,278.76 m E NORTE:9,276,100.89 m S ALTITUD:2,462.38 msnm	PROFUNDIDAD	3.00 m

CALICATA	PROF (m)	PROF (m) N.F.	UBICACIÓN
C3 - DME	3.00 m	NO SE ENCONTRÓ	RAMBRÁN - CHOTA

Profundidad (m)	Tipo de Excavación	Muestra	Simbología	Descripción	Clasificación Visual (SUCS)		Clasificación Terreno (excavación)
					SUCS	AASHTO	
0.40	EXCAVACIÓN A CIELO ABIERTO	M-1		Material de color grisáceo oscuro, compuesto por suelo orgánico con presencia de raíces.			TERRENO NORMAL
0.60 / 1.00 / 1.50 / 2.00 / 2.50 / 3.00		M-2		Presenta un suelo tipo limo con arenas limosas con baja plasticidad , de color marrón oscuro, textura con presencia de limo predominante y arena fina, contenido de Humedad de 17.83 % y LL = 20 % LP =15% IP = 5%.	SC-SM	A-2-4	

TESISTAS	TÉCNICO DE LABORATORIO	ASESOR
DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	Ing. Elmer Chávez Vásquez Reg. CIP: 91731

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA		
	CONTENIDO DE HUMEDAD NORMA: (NTP 339.127)	Revisión:	
		Fecha:	
		Página:	
TESISTAS	DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN - MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ		
TESIS	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"	**MUESTREADO POR** :	TESISTAS
		FECHA DE MUESTREO :	27/06/2025
MATERIAL	DME	**FECHA DE ENSAYO** :	28/06/2025
UBICACIÓN	RAMBRÁN - CHOTA	**CALICATA** :	C - 3
COORDENADAS	ESTE:759,278.76 m E NORTE:9,276,100.89 m S ALTITUD:2,462.38 msnm	**PROFUNIDIDAD** :	3.00 m

CALICATA	**C - 2**			
Muestra	T1	T2	T3	Promedio
Masa de tara (g)	36.0	37.6	35.8	36.5
Masa de tara + masa de muestra húmeda (g)	550.6	552.8	538.3	547.2
Masa de tara + masa de muestra seca (g)	475.3	471.6	462.9	469.9
Masa de muestra seca (g)	439.3	434.0	427.1	433.5
Masa del agua (g)	75.3	81.2	75.4	77.3
Contenido de humedad (%)	17.14%	18.71%	17.65%	17.83%

CONTENIDO DE HUMEDAD : 17.83%

TESISTAS	TÉCNICO DE LABORATORIO	ASESOR
DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	Ing. Elmer Chávez Vásquez Reg. CIP: 91731

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
NORMA: (NTP 339.128)

Revisión:
Fecha:
Página:

TESISTAS :	DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN - MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ		
TESIS :	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"	MUESTREADO POR :	TESISTAS
MATERIAL :	DME	FECHA DE MUESTREO :	27/06/2025
UBICACIÓN :	RAMBRÁN - CHOTA	FECHA DE ENSAYO :	29/06/2025
COORDENADAS :	ESTE:759,278.76 m E NORTE:9,276,100.89 m S ALTITUD:2,462.38 msnm	CALICATA :	C - 3
		PROFUNIDIDAD :	3.00 m

Peso Total Inicial	1742.0 g.	Peso de Bolonería:	g.
Peso de la fracción fina	1714.0 g.	Peso de Grava:	15.0 g.
Peso de la fracción fina lavada	1276.0 g.	Peso de Arena+finos:	1727.0 g.

Norma (NTP 339.128)

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MALLA (pulg.)	MALLA (mm)	PESO RETENIDO (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
12"	300.000				
10"	250.000				
8"	200.000				
6"	150.000				
4 "	100.000				100.00
3 "	75.000				100.00
2 1/2"	63.500				100.00
2 "	50.000				100.00
1 1/2 "	37.500				100.00
1"	25.000				100.00
3/4"	19.000				100.00
1/2"	12.500				100.00
3/8"	9.500	4.00	0.23	0.23	99.77
Nº 4	4.750	11.00	0.63	0.86	99.14
Nº 8	2.360	13.00	0.75	1.61	98.39
Nº 10	2.000	10.00	0.57	2.18	97.82
Nº 16	1.190	20.00	1.15	3.33	96.67
Nº 20	0.840	24.00	1.38	4.71	95.29
Nº 30	0.600	186.00	10.68	15.38	84.62
Nº 40	0.425	96.00	5.51	20.90	79.10
Nº 60	0.250	586.00	33.64	54.54	45.46
Nº 140	0.106	304.00	17.45	71.99	28.01
Nº 200	0.075	50.00	2.87	74.86	25.14
Fondo		438.00	25.14	100.00	

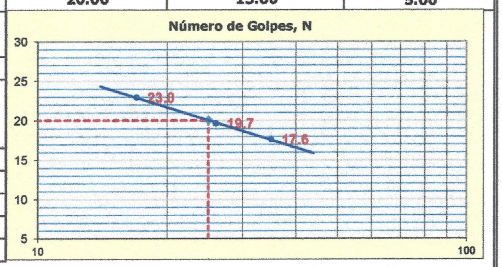
Norma (NTP 339.134)

CLASIFICACIÓN (S.U.C.S.)	SC-SM
	Arena arcilloso-limosa
Norma (NTP 339.134)	
CLASIFICACIÓN (AASHTO)	A-2-4
	Grava y arena arcillosa o limosa

% BOLONERÍA		%GRAVA	0.86

D_{10}(mm)	D_{30}(mm)	D_{60}(mm)	Cu	Cc
0.045	0.126	0.338	7.50	1.05

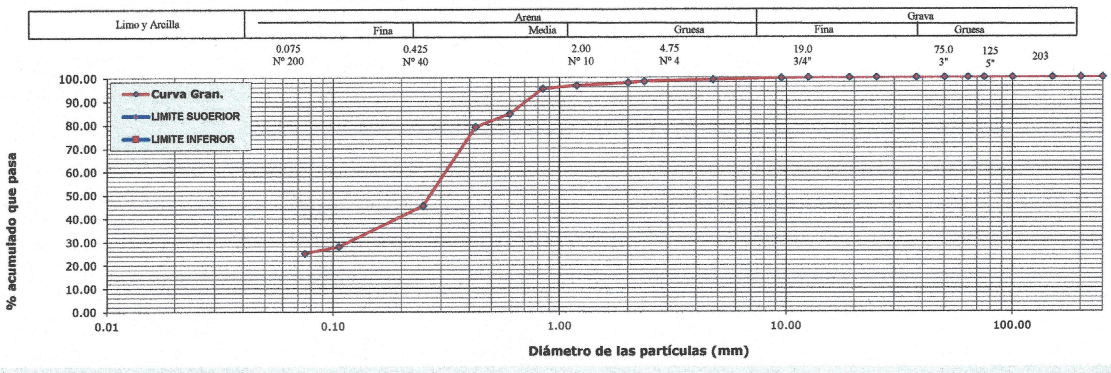
Límite Líquido (LL)	Límite Plástico (LP)	Índice Plasticidad (IP)
20.00	15.00	5.00



% GRAVA + BOLONERÍA	0.86	Gruesa	
		Fina	0.86
% ARENA	74.00	Gruesa	1.32
		Media	18.71
		Fina	53.96
% FINOS	25.14		

OBSERVACIONES:
TAMAÑO MÁXIMO (mm) = 1/2"

CURVA GRANULOMÉTRICA



TESISTAS	TÉCNICO DE LABORATORIO	ASESOR
DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	Ing. Elmer Chávez Vásquez Reg. CIP: 91731

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

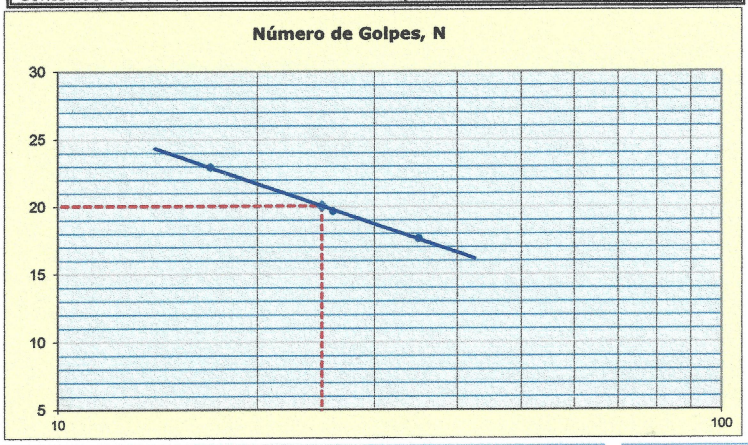
LÍMITES DE ATTERBERG
NORMA: (NTP 339.129)

revisión:
fecha:
página:

TESISTAS :	DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN - MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ		
TESIS :	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"	**MUESTREADO POR** :	TESISTAS
		FECHA DE MUESTREO:	27/06/2025
MATERIAL :	DME	**FECHA DE ENSAYO** :	28/06/2025
UBICACIÓN :	RAMBRÁN - CHOTA	**CALICATA** :	C - 3
COORDENADAS :	ESTE:759,278.76 m E NORTE:9,276,100.89 m S ALTITUD:2,462.38 msnm	**PROFUNDIDAD** :	3.00 m

LÍMITE LÍQUIDO				
Tarro (Recipiente)	N°	T3	T2	T1
Peso de Tarro + Suelo Húmedo	g	53.00	51.50	50.00
Peso de Tarro + Suelo Seco	g	47.40	46.90	46.10
Peso de Agua	g	5.60	4.60	3.90
Peso del Tarro	g	23.00	23.50	24.00
Peso del Suelo Seco	g	24.40	23.40	22.10
Contenido de Humedad	%	23.0	19.7	17.6
Número de Golpes		17	26	35

LÍMITE PLÁSTICO				
Tarro (Recipiente)	N°	1	2	
Peso de Tarro + Suelo Húmedo	g	44.20	38.10	
Peso de Tarro + Suelo Seco	g	41.50	35.70	
Peso de Agua	g	2.70	2.40	
Peso del Tarro	g	24.00	19.18	
Peso del Suelo Seco	g	17.50	16.52	
Contenido de Humedad	%	15.43	14.53	



EETT		ACEPTACIÓN
Límite Líquido:	<35%	PASA
Índice de Plasticidad:	4%-9%	PASA

Descripción del Material:

Arena arcilloso-limosa

TEMPERATURA DE SECADO	
Preparación de Muestra:	NATURAL
Temperatura de Secado:	110°c
Agua Utilizada:	AGUA POTABLE
Muestra pasante No 40:	SI

N	K
20	0.973
21	0.979
22	0.985
23	0.990
24	0.995
25	1.000
26	1.005
27	1.009
28	1.014
29	1.018
30	1.022

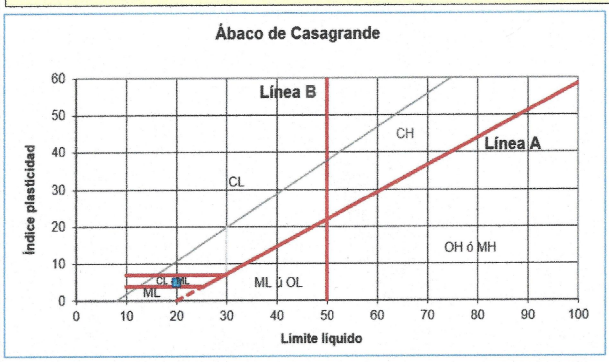
Ecuación de cálculo:

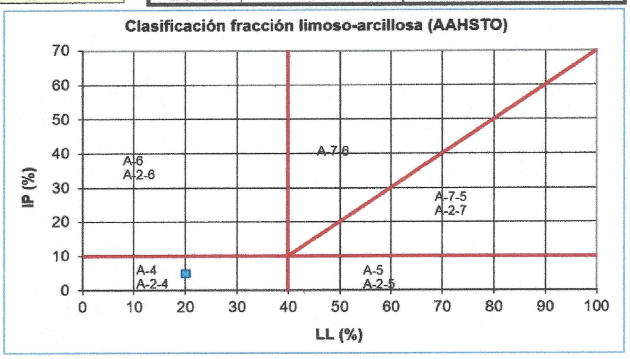
$LL^n = W^n (N/25)^{0.121} = k * W^n$

Donde:

LL^n = Un punto de límite líquido, %
N = Número de golpes
W^n = Contenido de humedad, %
k = Factor para límite líquido

RESULTADOS OBTENIDOS		
LÍMITES		ÍNDICE PLÁSTICO
LÍQUIDO	PLÁSTICO	
20.00	15.00	5.00





TESITAS	TÉCNICO DE LABORATORIO	ASESOR
DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	Ing. Elmer Chavez Vásquez Reg. CIP: 91731

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

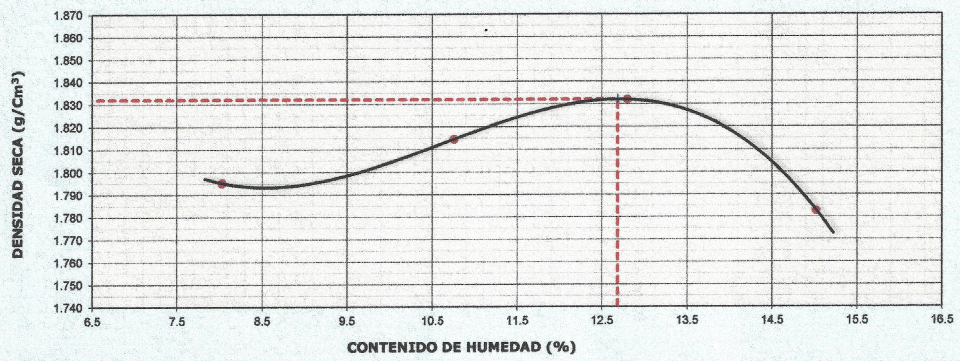
ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
NORMA: (NTP 339.141)

Revisión:
Fecha:
Página:

TESISTAS :	CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHAVÉZ	**MUESTREADO POR :**	TESISTAS
TESIS :	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"	**FECHA MUESTREO :**	27/06/2025
		FECHA DE ENSAYO :	29/06/2025
MATERIAL :	DME	**Calicata:**	C - 3
UBICACIÓN :	RAMBRÁN - CHOTA	**Profundidad:**	3.00 m
CORDENADAS :	ESTE:759,278.76 m E NORTE:9,276,100.89 m S ALTITUD:2,462.38 msnm	**N° de Capas:**	5
Preparación de la Muestra:	5000 g	**Volumen del Molde:** 944.00 cm³	**N° de Golpes:** 25
		Peso de Molde: 4256 g	**Método Usado :** B

Determinación (Puntos)	N°	1	2	3	4	
Peso de Suelo + Molde	g	6087	6153	6207	6192	
Peso de Molde	g	4256	4256	4256	4256	
Peso de Suelo Húmedo Compactado	g	1831	1897	1951	1936	
Volumen del Molde	cm^3	944	944	944	944	
Densidad Húmeda	g/cm^3	1.939	2.010	2.066	2.051	
Tara (Recipiente)	N°	T1	T2	T3	T4	
Peso del Suelo Húmedo + Tara	g	375.75	415.13	463.67	412.38	
Peso del Suelo Seco + Tara	g	357.50	387.30	431.20	377.80	
Peso de Tara (Recipiente)	g	130.20	128.70	177.50	147.60	
Peso de Agua	g	18.25	27.83	32.47	34.58	
Peso del Suelo Seco	g	227.30	258.60	253.70	230.20	
Contenido de Agua	%	8.03	10.76	12.80	15.02	
Peso Volumétrico Seco	g/cm^3	1.795	1.815	1.832	1.783	

CURVA DE COMPACTACIÓN



DATOS OBTENIDOS

DENSIDAD MÁXIMA (g/cm^3)
1.83
HUMEDAD ÓPTIMA %
12.69

OBSERVACIONES:

TESISTAS	TÉCNICO DE LABORATORIO	ASESOR
DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	Ing. Elmer Chávez Vásquez Reg. CIP: 91731

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
(NTP 339.145)

NORMA:

Revisión:
Fecha:
Página:

TESISTAS :	CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHAVÉZ		
TESIS :	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"	**MUESTREADO POR :**	TESISTAS
MATERIAL :	DME	**FECHA MUESTREO :**	27/06/2025
UBICACIÓN :	RAMBRÁN - CHOTA	**FECHA DE ENSAYO :**	30/06/2025
CORDENADAS :	ESTE:759,278.76 m E NORTE:9,276,100.89 m S ALTITUD:2,462.38 msnm	**CALICATA :**	C - 3
		PROFUNDIDAD :	3.00 m

DATOS DE ENSAYO

DENSIDAD VOLUMETRICA

	1		2		3	
N° DE MOLDE						
N° CAPA	5		5		5	
GOLPES POR CAPA N°	56		25		12	
COND. DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
PESO MOLDE + SUELO HÚMEDO	12750.84	12756.44	12623.46	12631.86	12533.27	12546.27
PESO DE MOLDE	8275.00	8275.00	8267.00	8267.00	8270.00	8270.00
PESO DEL SUELO HÚMEDO	4476	4481	4356	4365	4263	4276
VOLUMEN DEL MOLDE	2116	2116	2116	2116	2116	2116
DENSIDAD HÚMEDA	2.115	2.118	2.059	2.063	2.015	2.021
% DE HUMEDAD	12.73	12.59	12.79	12.58	12.80	12.52
DENSIDAD SECA	1.876	1.881	1.826	1.832	1.786	1.796

CONTENIDO DE HUMEDAD

N° DE TARRO	-	-	-	-	-	-
TARRO + SUELO HÚMEDO (GR.)	688.15	693.75	685.84	694.24	764.74	777.74
TARRO + SUELO SECO	625.35	630.95	623.25	631.65	692.35	705.35
PESO DEL AGUA	62.80	62.80	62.59	62.59	72.39	72.39
PESO DEL TARRO	132.00	132.00	134.00	134.00	127.00	127.00
PESO DEL SUELO SECO	493.35	498.95	489.25	497.65	565.35	578.35
% DE HUMEDAD	12.73	12.59	12.79	12.58	12.80	12.52

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	EXPANSIÓN DIAL	EXPANSIÓN mm	EXPANSIÓN %	EXPANSIÓN DIAL	EXPANSIÓN mm	EXPANSIÓN %	EXPANSIÓN DIAL	EXPANSIÓN mm	EXPANSIÓN %
30/06/25	09:50	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01/07/25	09:50	24	130.0	3.30	2.9	160.0	4.1	3.5	190.0	4.8	4.2
02/07/25	09:50	48	140.0	3.56	3.1	170.0	4.3	3.7	200.0	5.1	4.4
03/07/25	09:50	72	150.0	3.81	3.3	180.0	4.6	4.0	210.0	5.3	4.6
04/07/25	09:50	96	160.0	4.06	3.5	190.0	4.8	4.2	220.0	5.6	4.9

PENETRACIÓN	CARGA STAND.	MOLDE N° 1 CARGA		CORRECCIÓN		MOLDE N° 2 CARGA		CORRECCIÓN		MOLDE N° 3 CARGA		CORRECCIÓN	
pulg	kg/cm2	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0.0	0			0.0	0			0.0	0		
0.025		7.1	0.4			3.6	0.2			2.5	0.1		
0.050		15.3	0.8			7.2	0.4			5.2	0.3		
0.075		24.9	1.2			15.8	0.8			11.2	0.6		
0.100	70.3	46.2	2.3	3.4	4.9	26.9	1.3	2.5	3.6	14.4	0.7	2.1	3.0
0.125		58.0	2.8			34.7	1.7			19.8	1.0		
0.150		72.7	3.6			41.0	2.0			27.9	1.4		
0.200	105.5	112.5	5.5	6.5	6.1	78.5	3.9	4.8	4.5	61.1	3.0	4.0	3.8
0.300		145.0	7.1			108.2	5.3			86.0	4.2		
0.400		163.2	8.0			121.7	6.0			106.8	5.2		
0.500		181.9	8.9			130.7	6.4			124.6	6.1		

TESISTAS	TECNICO DE LABORATORIO	ASESOR
DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	Ing. Elmer Chávez Vásquez Reg. CIP: 91731

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

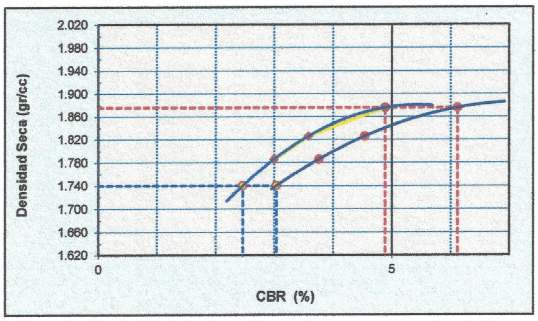
ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

NORMA: (NTP 339.145)

Revisión:
Fecha:
Pagina:

TESISTAS :	CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHAVÉZ		
TESIS :	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"	**MUESTREADO POR :**	TESISTAS
		FECHA MUESTREO :	27/06/2025
MATERIAL :	DME	**FECHA DE ENSAYO :**	30/06/2025
UBICACIÓN :	RAMBRÁN - CHOTA	**CALICATA :**	C - 3
CORDENADAS :	ESTE:759,278.76 m E NORTE:9,276,100.89 m S ALTITUD:2,462.38 msnm	**PROFUNDIDAD :**	3.00 m

GRÁFICO DE PENETRACIÓN DE CBR

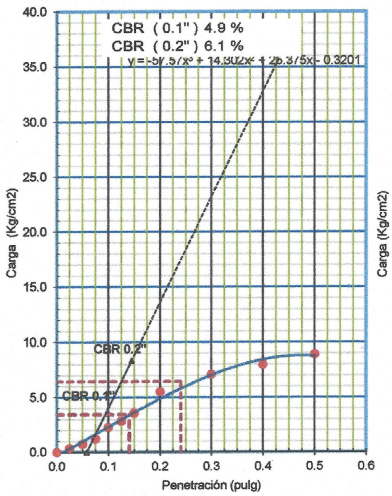


C.B.R. AL 100% DE M.D.S.	0.1"	4.89	0.2"	6.12
C.B.R. AL 95% DE M.D.S.	0.1"	2.46	0.2"	3.04

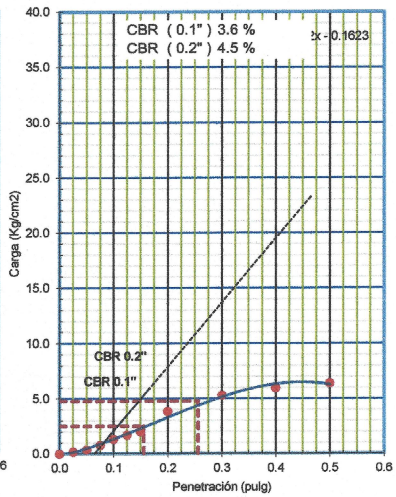
Datos del Proctor		
Densidad Seca	1.83	gr/cc
Optimo Humedad	12.69	%

OBSERVACIONES:

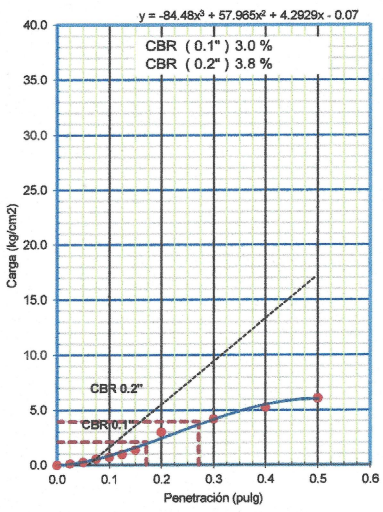
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



TESISTAS	TECNICO DE LABORATORIO	ASESOR
DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	Ing. Elmer Chávez Vásquez Reg. CIP: 91731

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS—UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

ABRASIÓN DE LOS ÁNGELES
NORMA: (NTP 400.019)

Revisión:
Fecha:
Página:

TESISTAS :	CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHAVÉZ		
TESIS :	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"	**MUESTREADO POR** :	TESISTAS
		FECHA MUESTREO :	27/06/2025
MATERIAL :	DME	**FECHA DE ENSAYO** :	29/06/2025
UBICACIÓN :	RAMBRÁN - CHOTA	**CALICATA** :	C - 3
COORDENADAS :	ESTE:759,278.76 m E NORTE:9,276,100.89 m S ALTITUD:2,462.38 msnm	**PROFUNDIDAD** :	3.00 m

Método		Pesos y Granulometrías Requeridos				Pesos y Granulometrías Empleados			
Pasa Tamiz	Retiene Tamiz								
pulg.	pulg.	A	B	C	D	A	B	C	D
1 1/2"	1"	1250±25							
1"	3/4"	1250±25							
3/4"	1/2"	1250±10	2500±10						
1/2"	3/8"	1250±10	2500±10						
3/8"	1/4"			2500±10				2500	
1/4"	N° 04			.2500±10				2500	
N°4	N° 08				5000±10				
Número de Esferas		12	11	8	6			8	
Peso de Esferas		390 - 445	391 - 445	392 - 445	393 - 445				
Peso Total					grs			5000	
Retenido en la Malla N°12					grs			1917	
Peso que Pasa en la Malla N°12					grs			3083	
Uniformidad					U			1.61	
Desgaste					%			61.66	

TESISTAS	TÉCNICO DE LABORATORIO	ASESOR
DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	Ing. Elmer Chávez Vásquez Reg. CIP: 91731

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"
TESISTAS:	CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHAVÉZ

RESIDUOS DE CONCRETO RC

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ing. Leydi Huamán Mejía
TÉCNICO DE LABORATORIO DE MATERIALES

Ing. Elmer Chávez Vásquez
Reg. CIP: 91731

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA		
	CONTENIDO DE HUMEDAD NORMA: (NTP 339.127)	Revisión:	
		Fecha:	
		Página:	
TESISTAS	DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN - MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ		
TESIS	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"	**MUESTREADO POR** :	TESISTAS
		FECHA DE MUESTREO :	27/06/2025
MATERIAL	RC	**FECHA DE ENSAYO** :	28/06/2025
UBICACIÓN	PINGOBAMBA BEDOYA - CHOTA	**CALICATA** :	C - 3
COORDENADAS	ESTE: 755,911.03 m E NORTE: 9,276,205.86 ALTITUD: 2,252.00 msnm	**PROFUNIDIDAD** :	0.00 m

MATERIAL	**RC**			
Muestra	T1	T2	T3	Promedio
Masa de tara (g)	121.0	124.0	37.0	94.0
Masa de tara + masa de muestra húmeda (g)	313.0	312.0	314.0	313.0
Masa de tara + masa de muestra seca (g)	309.0	310.0	313.0	310.7
Masa de muestra seca (g)	188.0	186.0	276.0	216.7
Masa del agua (g)	4.0	2.0	1.0	2.3
Contenido de humedad (%)	2.13%	1.08%	0.36%	1.19%

CONTENIDO DE HUMEDAD : 1.19%

TESISTAS	**TÉCNICO DE LABORATORIO**	**ASESOR**
DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Ing. Leydi Huamán Mejía TÉCNICO DE LABORATORIO DE MATERIALES	Ing. Elmer Chávez Vásquez Reg. CIP: 91731

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
NORMA: (NTP 339.128)

Revisión:
Fecha:
Página:

TESISTAS :	CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHAVÉZ		
TESIS :	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA".	MUESTREADO POR :	TESISTAS
		FECHA DE MUESTREO :	27/06/2025
MATERIAL :	RC	FECHA DE ENSAYO :	29/06/2025
UBICACIÓN :	PINGOBAMBA BEDOYA - CHOTA	CALICATA :	C - 3
COORDENADAS :	ESTE: 755,911.03 m E NORTE: 9,276,205.86 ALTITUD: 2,252.00 msnm	PROFUNIDIDAD :	0.00 m

Peso Total Inicial	3023.0 g.	Peso de Bolonería:	g.
Peso de la fracción fina	601.0 g.	Peso de Grava:	2292.0 g.
Peso de la fracción fina lavada	511.0 g.	Peso de Arena+finos:	731.0 g.

Norma (NTP 339.128)

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MALLA (pulg.)	MALLA (mm)	PESO RETENIDO (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	
12"	300.000					
10"	250.000					
8"	200.000					
6"	150.000					
4 "	100.000				100.00	
3 "	75.000				100.00	
2 1/2"	63.500				100.00	
2 "	50.000				100.00	
1 1/2 "	37.500				100.00	
1"	25.000				100.00	
3/4"	19.000	185.00	6.12	6.12	93.88	
1/2"	12.500	784.00	25.93	32.05	67.95	
3/8"	9.500	510.00	16.87	48.92	51.08	
Nº 4	4.750	813.00	26.89	75.82	24.18	
Nº 8	2.360	130.00	4.30	80.12	19.88	
Nº 10	2.000	114.00	3.77	83.89	16.11	
Nº 16	1.190	93.00	3.08	86.97	13.03	
Nº 20	0.840	42.00	1.39	88.36	11.64	
Nº 30	0.600	63.00	2.08	90.44	9.56	
Nº 40	0.425	18.00	0.60	91.04	8.96	
Nº 60	0.250	118.00	3.90	94.94	5.06	
Nº 140	0.106	44.00	1.46	96.39	3.61	
Nº 200	0.075	19.00	0.63	97.02	2.98	
Fondo		90.00	2.98	100.00		

Norma (NTP 339.129)

CLASIFICACIÓN (S.U.C.S.)	GP
Grava mal graduada con arena	

Norma (NTP 339.130)

CLASIFICACIÓN (AASHTO)	A-1-a
Fragmentos de roca, grava y arena	

% BOLONERÍA		%GRAVA	75.82

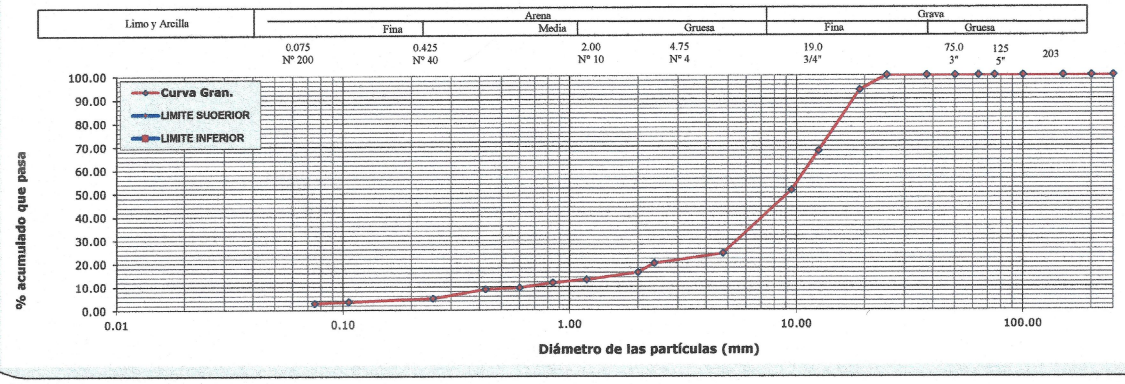
D_{10}(mm)	D_{30}(mm)	D_{60}(mm)	Cu	Cc
0.657	6.120	11.193	17.04	5.09

Límite Líquido (LL)	Límite Plástico (LP)	Índice Plasticidad (IP)
NP	NP	NP

% GRAVA + BOLONERÍA	75.82	Gruesa	6.12
		Fina	69.70
% ARENA	21.20	Gruesa	8.07
		Media	7.15
		Fina	5.99
% FINOS	2.98		

OBSERVACIONES:
TAMAÑO MÁXIMO (mm) = 1"

CURVA GRANULOMÉTRICA



TESISTAS	TÉCNICO DE LABORATORIO	ASESOR
DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Ing. Leydi Huamán Mejía TÉCNICO DE LABORATORIO DE MATERIALES	Ing. Elmer Chávez Vásquez Reg. CIP: 91731

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA		
	PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO NORMA: (NTP 400.017)	Revisión:	
		Fecha:	
		Página:	
TESISTAS	DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN - MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ		
TESIS	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"	**MUESTREADO POR**	TESISTAS
		FECHA DE MUESTR	27/06/2025
MATERIAL	RC	**FECHA DE ENSAYO**	28/06/2025
UBICACIÓN	PINGOBAMBA BEDOYA - CHOTA	**CALICATA**	C - 3
COORDENADAS	ESTE: 755,911.03 m E NORTE: 9,276,205.86 ALTITUD: 2,252.00 msnm	**PROFUNIDIDAD**	0.00 m

ENSAYO	PESO UNITARIO SUELTO			
Muestra	M1	M2	M3	Promedio
Peso del recipiente (gr)	4660.0	4660.0	4660.0	123.5
Peso del recipiente + peso de muestra (g)	16323.4	16505.6	16336.1	16388.4
Peso de muestra (g)	11663.4	11845.6	11676.1	11728.4
factor (f)	0.1	0.1	0.1	0.1
Peso Unitario seco suelto Kg/m3	1239.5	1258.8	1240.8	1246.4

ESO UNITARIO SUELTO Kg/m3 1246.4

ENSAYO	PESO UNITARIO COMPACTADO			
Muestra	M1	M2	M3	Promedio
Peso del recipiente (gr)	4660.0	4660.0	4660.0	123.5
Peso del recipiente + peso de muestra (g)	17236.2	17504.8	17337.5	17359.5
Peso de muestra (g)	12576.2	12844.8	12677.5	12699.5
factor (f)	0.1	0.1	0.1	0.1
Peso Unitario seco suelto Kg/m3	1336.5	1365.0	1347.2	1349.6

ESO UNITARIO SUELTO Kg/m3 1349.6

TESISTAS	TÉCNICO DE LABORATORIO	ASESOR
DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Ing. Leydi Huamán Mejía TÉCNICO DE LABORATORIO DE MATERIALES	Ing. Elmer Chávez Vásquez Reg. CIP: 91731

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA		
	GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN NORMA: (NTP 400.022)	Revisión:	
		Fecha:	
		Página:	
TESISTAS	DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN - MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ		
TESIS	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"	**MUESTREADO POR** :	TESISTAS
		FECHA DE MUESTREO :	27/06/2025
MATERIAL	RC	**FECHA DE ENSAYO** :	28/06/2025
UBICACIÓN	PINGOBAMBA BEDOYA - CHOTA	**CALICATA** :	C - 3
COORDENADAS	ESTE: 755,911.03 m E NORTE: 9,276,205.86 ALTITUD: 2,252.00 msnm	**PROFUNIDIDAD** :	0.00 m

ENSAYO	**PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN AGREGADO FINO**			
Muestra	M1	M2	M3	PROMEDIO
Peso Mat Sat Sup Seco (SSS) gr A	500.0	500.0	500.0	500.0
Peso de fiola + Agua gr B	1314.0	1316.2	1313.4	1314.5
Peso de fiola + Agua + SSS gr C	1589.0	1596.5	1592.4	1592.6
Peso Mat Seco gr D	467.0	467.0	467.0	467.0
Peso Específico de Masa (gr/cm3) D/(B+A-C)	2.076	2.126	2.113	2.105
Peso Específico de SSS gr A/(B+A-C)	2.222	2.276	2.262	2.253
Peso Específico Aparente gr D/(B+D-C)	2.432	2.501	2.484	2.472
absorción % 100*(A-D/D)	**7.1**	**7.1**	**7.1**	**7.1**

TESISTAS	TÉCNICO DE LABORATORIO	ASESOR
DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Ing. Leydi Huamán Mejía TÉCNICO DE LABORATORIO DE MATERIALES	Ing. Elmer Chávez Vásquez Reg. CIP: 91731

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

ABRASIÓN DE LOS ÁNGELES
NORMA: (NTP 400.019)

Revisión:
Fecha:
Página:

TESISTAS :	CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHAVÉZ		
TESIS :	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"	**MUESTREADO POR** :	TESISTAS
		FECHA MUESTREO :	27/06/2025
MATERIAL :	RC	**FECHA DE ENSAYO** :	29/06/2025
UBICACIÓN :	PINGOBAMBA BEDOYA - CHOTA	**CALICATA** :	C - 3
COORDENADAS :	ESTE: 755,911.03 m E NORTE: 9,276,205.86 ALTITUD: 2,252.00 msnm	**PROFUNDIDAD** :	0.00 m

Método		Pesos y Granulometrías Requeridos				Pesos y Granulometrías Empleados			
Pasa Tamiz	Retiene Tamiz								
pulg.	pulg.	A	B	C	D	A	B	C	D
1 1/2"	1"	1250±25							
1"	3/4"	1250±25							
3/4"	1/2"	1250±10	2500±10						
1/2"	3/8"	1250±10	2500±10				2500		
3/8"	1/4"			2500±10			2500		
1/4"	N° 04			2500±10					
N°4	N° 08				5000±10				
Número de Esferas		12	11	8	6		11		
Peso de Esferas		390 - 445	391 - 445	392 - 445	393 - 445				
Peso Total					grs		5000		
Retenido en la Malla N°12					grs		3941		
Peso que Pasa en la Malla N°12					grs		1059		
Uniformidad					U		0.27		
Desgaste					%		21.2		

TESISTAS	TÉCNICO DE LABORATORIO	ASESOR
DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Ing. Leydi Huamán Mejía TÉCNICO DE LABORATORIO DE MATERIALES	Ing. Elmer Chávez Vásquez Reg. CIP: 91731

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"
TESISTAS:	CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHAVÉZ

COMBINACIÓN DE MATERIALES 25% DME + 75% RC

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia

TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Elmer Chávez Vásquez

Reg. CIP: 91731

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA		
	CONTENIDO DE HUMEDAD NORMA: (NTP 339.127)	Revisión:	
		Fecha:	
		Página:	
TESISTAS	DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN - MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ		
TESIS	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"	**MUESTREADO POR** :	TESISTAS
		FECHA DE MUESTREO :	27/06/2025
MATERIAL	COMBINACIÓN DE MATERIALES 25% DME + 75% RC	**FECHA DE ENSAYO** :	28/06/2025
UBICACIÓN	COLPAMATARA - CHOTA	**CALICATA** :	C - 2
COORDENADAS	ESTE:761,812.84 m E NORTE:9,276,348.56 m S ALTITUD:2,573.00 msnm	**PROFUNIDIDAD** :	0.00 m

MATERIAL	**25% DME + 75% RC**			
Muestra	T1	T2	T3	Promedio
Masa de tara (g)	101.0	102.5	101.6	101.7
Masa de tara + masa de muestra húmeda (g)	500.9	500.4	500.7	500.7
Masa de tara + masa de muestra seca (g)	487.3	490.6	487.9	488.6
Masa de muestra seca (g)	386.3	388.1	386.3	386.9
Masa del agua (g)	13.6	9.8	12.8	12.1
Contenido de humedad (%)	3.52%	2.53%	3.31%	3.12%

CONTENIDO DE HUMEDAD : 3.12%

TESISTAS	TÉCNICO DE LABORATORIO	ASESOR
DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	Ing. Elmer Chávez Vásquez Reg. CIP: 91731

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
NORMA: (NTP 339.128)

Revisión:
Fecha:
Página:

TESISTAS :	DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN - MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ		
TESIS :	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"	MUESTREADO POR :	TESISTAS
		FECHA DE MUESTREO :	27/06/2025
MATERIAL :	COMBINACIÓN DE MATERIALES 25% DME + 75% RC	FECHA DE ENSAYO :	29/06/2025
UBICACIÓN :	COLPAMATARA - CHOTA	CALICATA :	C - 2
COORDENADAS :	ESTE:761,812.84 m E NORTE:9,276,348.56 m S ALTITUD:2,573.00 msnm	PROFUNIDIDAD :	0.00 m

Peso Total Inicial	3000.0 g.	Peso de Bolonería:	g.		
Peso de la fracción fina	1352.0 g.	Peso de Grava:	1363.0 g.	PESO SECO DE LA MUESTRA : DME	750
Peso de la fracción fina lavada	1192.0 g.	Peso de Arena+finos:	1637.0 g.	PESO SECO DE LA MUESTRA: RCD	1292.2

Norma (NTP 339.128) — Norma (NTP 339.129)

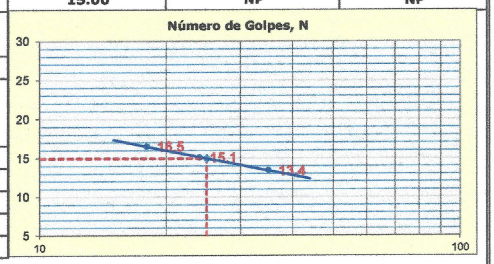
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MALLA (pulg.)	MALLA (mm)	PESO RETENIDO (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	HUSO A-1 EG-2013 MTC Gradacion AFIRMADO	
12"	300.000					A 1	
10"	250.000						
8"	200.000						
6"	150.000						
4 "	100.000				100.00		
3 "	75.000				100.00		
2 1/2"	63.500				100.00		
2 "	50.000				100.00	100	100
1 1/2 "	37.500				100.00		
1"	25.000				100.00	90	100
3/4"	19.000	61.00	2.03	2.03	97.97		
1/2"	12.500	433.00	14.43	16.47	83.53		
3/8"	9.500	319.00	10.63	27.10	72.90	45	80
Nº 4	4.750	550.00	18.33	45.43	54.57	30	65
Nº 8	2.360	285.00	9.50	54.93	45.07		
Nº 10	2.000	130.00	4.33	59.27	40.73	22	52
Nº 16	1.190	170.00	5.67	64.93	35.07		
Nº 20	0.840	116.00	3.87	68.80	31.20		
Nº 30	0.600	194.00	6.47	75.27	24.73		
Nº 40	0.425	57.00	1.90	77.17	22.83	15	35
Nº 60	0.250	359.00	11.97	89.13	10.87		
Nº 140	0.106	78.00	2.60	91.73	8.27		
Nº 200	0.075	88.00	2.93	94.67	5.33	5	20
Fondo		160.00	5.33	100.00			

CLASIFICACIÓN (S.U.C.S.)			SW SM
Arena bien graduada con limo con grava			
Norma (NTP 339.130)			
CLASIFICACIÓN (AASHTO)			A-1-a
Fragmentos de roca, grava y arena			
% BOLONERÍA		%GRAVA	45.43

D_{10}(mm)	D_{30}(mm)	D_{60}(mm)	Cu	Cc
0.206	0.808	6.307	30.58	0.50

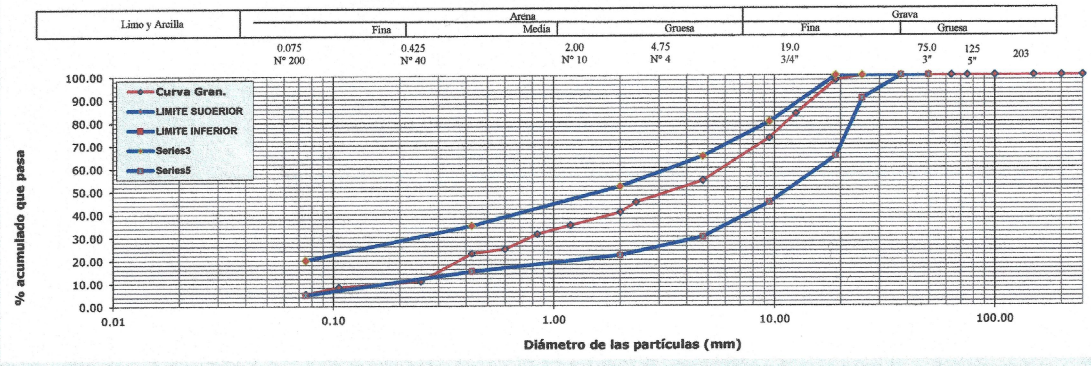
Límite Líquido (LL)	Límite Plástico (LP)	Índice Plasticidad (IP)
15.00	NP	NP



% GRAVA + BOLONERÍA	45.43	Gruesa	2.03
		Fina	43.40
% ARENA	49.23	Gruesa	13.83
		Media	17.90
		Fina	17.50
% FINOS	5.33		

OBSERVACIONES:
TAMANO MAXIMO (mm) = 1"

CURVA GRANULOMÉTRICA



TESISTAS	TÉCNICO DE LABORATORIO	ASESOR
DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	Ing. Elmer Chávez Vásquez Reg. CIP: 91731

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS—UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

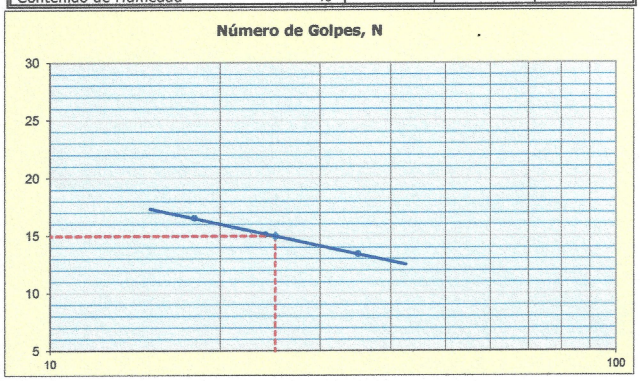
LÍMITES DE ATTERBERG
NORMA: (NTP 339.129)

revisión:
fecha:
página:

TESISTAS :	DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN - MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ		
TESIS :	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"	**MUESTREADO POR :**	TESISTAS
		FECHA DE MUESTREO:	27/06/2025
MATERIAL :	COMBINACIÓN DE MATERIALES 25% DME + 75% RC	**FECHA DE ENSAYO :**	28/06/2025
UBICACIÓN :	COLPAMATARA - CHOTA	**CALICATA :**	C - 2
COORDENADAS :	ESTE:761,812.84 m E NORTE:9,276,348.56 m S ALTITUD:2,573.00 msnm	**PROFUNDIDAD :**	0.00 m

LÍMITE LÍQUIDO				
Tarro (Recipiente)	N°	T3	T2	T1
Peso de Tarro + Suelo Húmedo	g	29.70	31.90	32.70
Peso de Tarro + Suelo Seco	g	27.80	29.80	30.70
Peso de Agua	g	1.90	2.10	2.00
Peso del Tarro	g	16.30	15.90	15.80
Peso del Suelo Seco	g	11.50	13.90	14.90
Contenido de Humedad	%	16.5	15.1	13.4
Número de Golpes		18	24	35

LÍMITE PLÁSTICO				
Tarro (Recipiente)	N°	1	2	
Peso de Tarro + Suelo Húmedo	g			
Peso de Tarro + Suelo Seco	g			
Peso de Agua	g			
Peso del Tarro	g			
Peso del Suelo Seco	g			
Contenido de Humedad	%			



EETT		ACEPTACIÓN
Límite Líquido:	<35%	PASA
Índice de Plasticidad:	4% - 9%	NP

Descripción del Material:
Arena bien graduada con limo con grava

TEMPERATURA DE SECADO	
Preparación de Muestra:	NATURAL
Temperatura de Secado:	110°c
Agua Utilizada:	AGUA POTABLE
Muestra pasante No 40:	SI

N	K
20	0.973
21	0.979
22	0.985
23	0.990
24	0.995
25	1.000
26	1.005
27	1.009
28	1.014
29	1.018
30	1.022

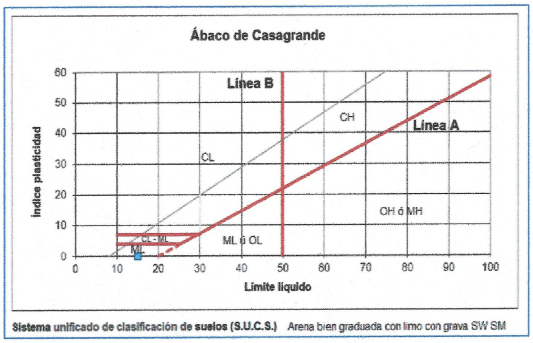
Ecuación de cálculo:

$LL^n = W^n (N/25)^{0.121} = k * W^n$

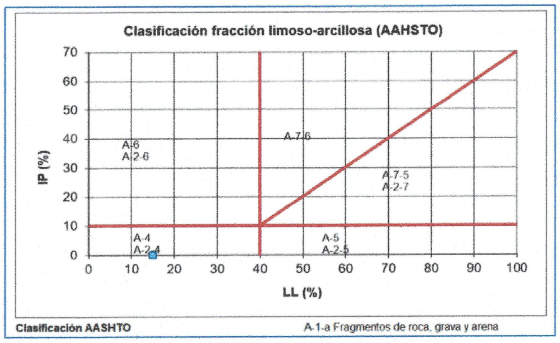
Donde:

LL^n = Un punto de límite líquido, %
N = Número de golpes
W^n = Contenido de humedad, %
k = Factor para límite líquido

RESULTADOS OBTENIDOS		
LÍMITES		ÍNDICE PLÁSTICO
LÍQUIDO	PLÁSTICO	
15.00	NP	NP



Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.) Arena bien graduada con limo con grava SW SM



Clasificación AASHTO A-1-a Fragmentos de roca, grava y arena

TESITAS	TÉCNICO DE LABORATORIO	ASESOR
DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	Ing. Elmer Chávez Vásquez Reg. CIP: 91731

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS—UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

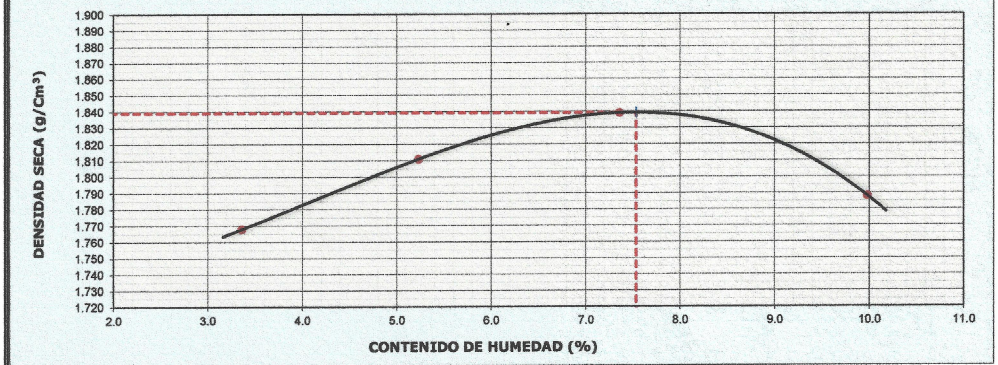
ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
NORMA: (NTP 339.141)

Revisión:
Fecha:
Página:

TESISTAS :	CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHAVÉZ	**MUESTREADO POR** :	TESISTAS
TESIS :	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"	**FECHA MUESTREO** :	27/06/2025
		FECHA DE ENSAYO :	29/06/2025
MATERIAL :	COMBINACIÓN DE MATERIALES 25% DME + 75% RC	**Calicata:**	C - 3
UBICACIÓN :	COLPAMATARA - CHOTA	**Profundidad:**	0.00 m
CORDENADAS :	ESTE:761,812.84 m E NORTE:9,276,348.56 m S ALTITUD:2,573.00 msnm	**N° de Capas:**	5
Preparación de la Muestra:	5000 g	**Volumen del Molde:** 2122.32 cm³	**N° de Golpes:** 56
		Peso de Molde: 6693 g	**Método Usado :** C

Determinación (Puntos)	N°	1	2	3	4	
Peso de Suelo + Molde	g	10571	10738	10883	10866	
Peso de Molde	g	6693	6693	6693	6693	
Peso de Suelo Húmedo Compactado	g	3878	4045	4190	4173	
Volumen del Molde	cm^3	2122	2122	2122	2122	
Densidad Húmeda	g/cm^3	1.827	1.906	1.974	1.966	
Tara (Recipiente)	N°	T1	T2	T3	T4	
Peso del Suelo Húmedo + Tara	g	332.17	358.52	376.33	379.66	
Peso del Suelo Seco + Tara	g	325.60	347.10	362.70	358.60	
Peso de Tara (Recipiente)	g	130.20	128.70	177.50	147.60	
Peso de Agua	g	6.57	11.42	13.63	21.06	
Peso del Suelo Seco	g	195.40	218.40	185.20	211.00	
Contenido de Agua	%	3.36	5.23	7.36	9.98	
Peso Volumétrico Seco	g/cm^3	1.768	1.811	1.839	1.788	

CURVA DE COMPACTACIÓN



DATOS OBTENIDOS

DENSIDAD MÁXIMA (g/cm^3)
1.84
HUMEDAD ÓPTIMA %
7.54

OBSERVACIONES:

TESISTAS	TÉCNICO DE LABORATORIO	ASESOR
DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	Ing. Elmer Chávez Vásquez Reg. CIP: 91731

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
(NTP 339.145)

NORMA:

Revisión:
Fecha:
Página:

TESISTAS :	CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHAVÉZ		
TESIS :	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"	**MUESTREADO POR :**	TESISTAS
		FECHA MUESTREO :	27/06/2025
MATERIAL :	COMBINACIÓN DE MATERIALES 25% DME + 75% RC	**FECHA DE ENSAYO :**	30/06/2025
UBICACIÓN :	COLPAMATARA - CHOTA	**CALICATA :**	C - 3
CORDENADAS :	ESTE:761,812.84 m E NORTE:9,276,348.56 m S ALTITUD:2,573.00 msnm	**PROFUNDIDAD :**	0.00 m

DATOS DE ENSAYO

DENSIDAD VOLUMETRICA

N° DE MOLDE	4		5		6	
Nº CAPA	5		5		5	
GOLPES POR CAPA Nº	56		25		12	
COND. DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
PESO MOLDE + SUELO HÚMEDO	12685.46	12694.46	12832.71	12844.71	12017.63	12031.63
PESO DE MOLDE	8457.00	8457.00	8775.00	8775.00	8124.00	8124.00
PESO DEL SUELO HÚMEDO	4228	4237	4058	4070	3894	3908
VOLUMEN DEL MOLDE	2127	2127	2114	2114	2116	2116
DENSIDAD HÚMEDA	1.988	1.992	1.919	1.925	1.840	1.847
% DE HUMEDAD	7.51	7.30	7.55	7.72	7.59	7.42
DENSIDAD SECA	1.849	1.856	1.784	1.787	1.710	1.719

CONTENIDO DE HUMEDAD

N° DE TARRO	-	-	-	-	-	-
TARRO + SUELO HÚMEDO (GR.)	667.64	679.64	680.43	687.93	700.46	709.76
TARRO + SUELO SECO	622.50	634.50	633.75	641.25	652.60	661.90
PESO DEL AGUA	45.14	45.14	46.68	46.68	47.86	47.86
PESO DEL TARRO	21.68	16.35	15.27	36.35	21.77	16.58
PESO DEL SUELO SECO	600.82	618.15	618.48	604.90	630.83	645.32
% DE HUMEDAD	7.51	7.30	7.55	7.72	7.59	7.42

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	EXPANSIÓN			EXPANSIÓN			EXPANSIÓN		
			DIAL	mm	%	DIAL	mm	%	DIAL	mm	%
30/06/25	09:34	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01/07/25	09:34	24	2.0	0.05	0.0	3.0	0.1	0.1	5.0	0.1	0.1
02/07/25	09:34	48	5.0	0.13	0.1	6.0	0.2	0.1	8.0	0.2	0.2
03/07/25	09:34	72	7.0	0.18	0.2	10.0	0.3	0.2	10.0	0.3	0.2
04/07/25	09:34	96	10.0	0.25	0.2	12.0	0.3	0.3	11.0	0.3	0.2

PENETRACIÓN	CARGA STAND.	MOLDE Nº 4				MOLDE Nº 5				MOLDE Nº 6			
		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
pulg	kg/cm2	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0.0	0			0.0	0			0.0	0		
0.025		27.0	1.3			22.8	1.1			15.3	0.8		
0.050		96.7	4.7			81.6	4.0			47.3	2.3		
0.075		260.0	12.7			264.1	12.9			126.0	6.2		
0.100	70.3	497.1	24.3	43.1	61.3	420.0	20.6	27.2	38.7	199.5	9.8	17.7	25.1
0.125		748.8	36.7			540.0	26.4			294.4	14.4		
0.150		988.0	48.4			630.0	30.9			354.2	17.4		
0.200	105.5	1248.0	61.1	74.3	70.4	900.0	44.1	51.0	48.3	546.0	26.7	33.4	31.6
0.300		1456.0	71.3			1161.0	56.9			761.4	37.3		
0.400		1560.0	76.4			1440.0	70.5			876.9	42.9		
0.500		1664.0	81.5			1624.8	79.6			998.0	48.9		

TESISTAS	TECNICO DE LABORATORIO	ASESOR
DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	Ing. Elmer Chávez Vásquez Reg. CIP: 91731

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

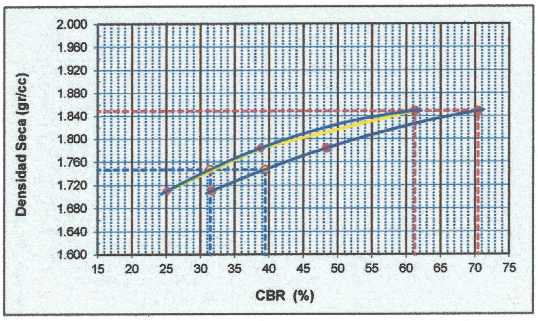
ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

NORMA: (NTP 339.145)

Revisión:
Fecha:
Pagina:

TESISTAS :	CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHAVÉZ		
TESIS :	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"	**MUESTREADO POR :**	TESISTAS
		FECHA MUESTREO :	27/06/2025
MATERIAL :	COMBINACIÓN DE MATERIALES 25% DME + 75% RC	**FECHA DE ENSAYO :**	30/06/2025
UBICACIÓN :	COLPAMATARA - CHOTA	**CALICATA :**	C - 3
CORDENADAS :	ESTE:761,812.84 m E NORTE:9,276,348.56 m S ALTITUD:2,573.00 msnm	**PROFUNDIDAD :**	0.00 m

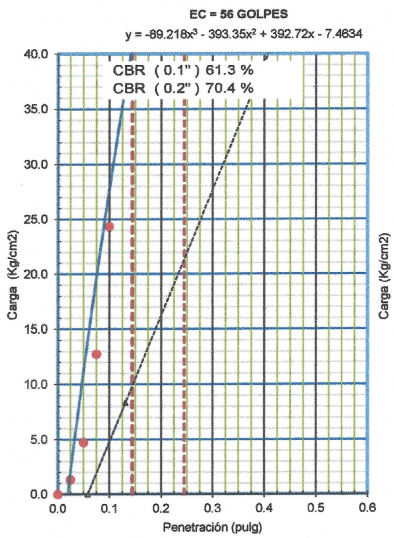
GRÁFICO DE PENETRACIÓN DE CBR

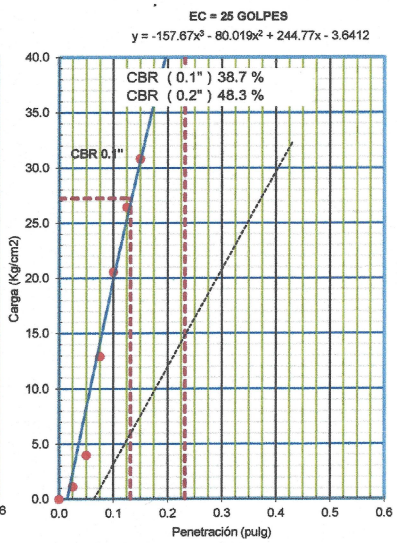


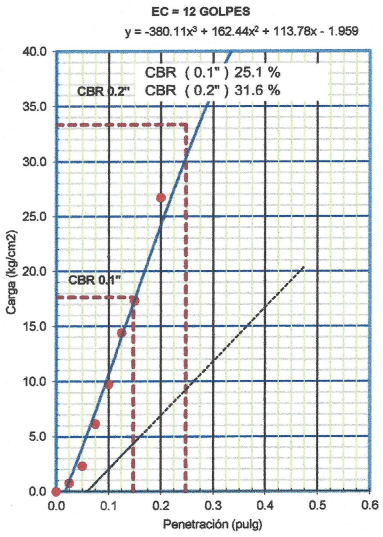
C.B.R. AL 100% DE M.D.S.	0.1"	61.25	0.2"	70.42
C.B.R. AL 95% DE M.D.S.	0.1"	31.38	0.2"	39.45

Datos del Proctor		
Densidad Seca	1.84	gr/cc
Optimo Humedad	7.54	%

OBSERVACIONES:







TESISTAS	TECNICO DE LABORATORIO	ASESOR
DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	Ing. Elmer Chavez Vásquez Reg. CIP: 91731

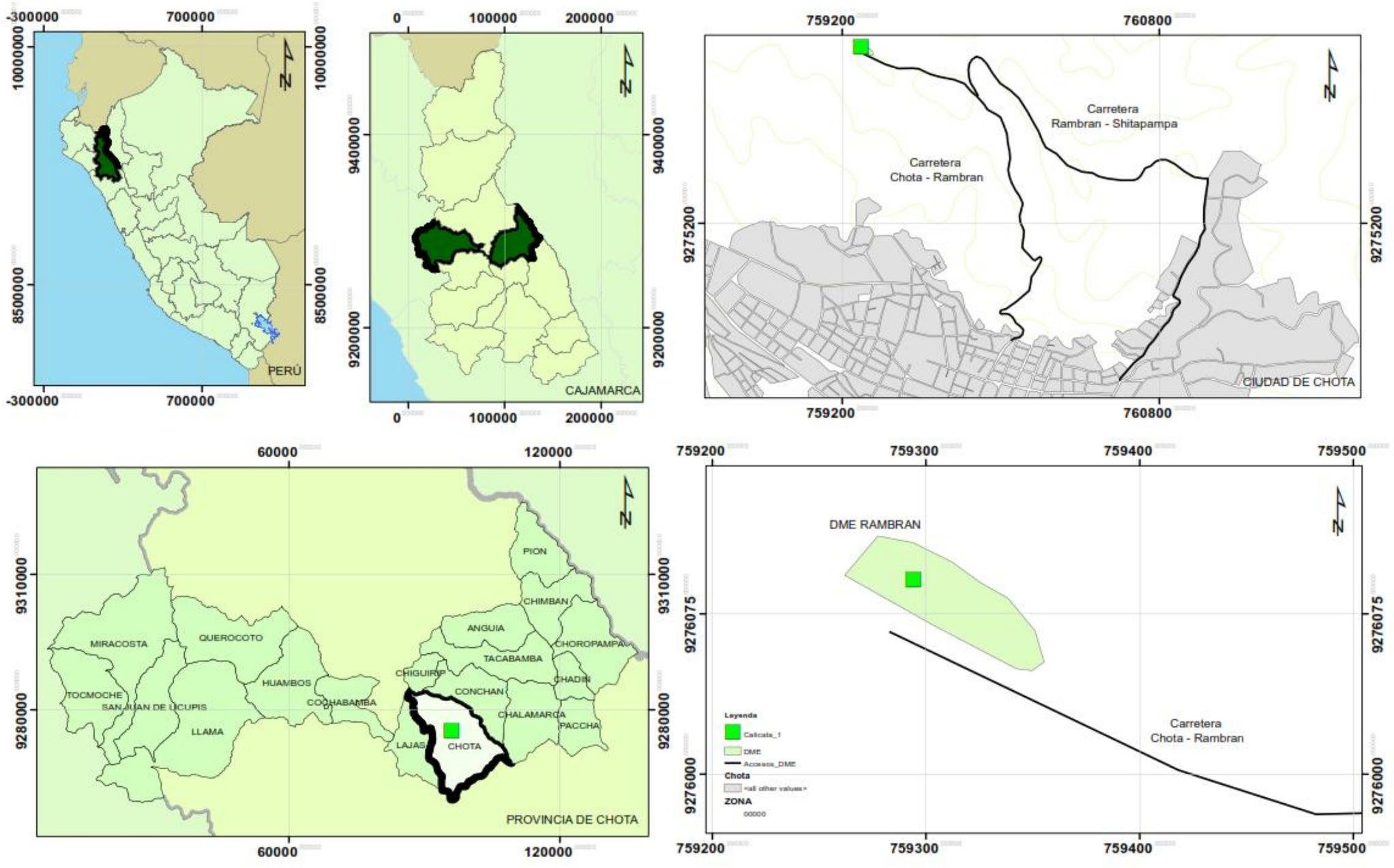
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA		
ABRASIÓN DE LOS ÁNGELES NORMA: (NTP 400.019)	Revisión:	
	Fecha:	
	Página:	

TESISTAS :	CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL - JOSUÉ LEVÍ MENOR CHAVÉZ		
TESIS :	"EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA"	**MUESTREADO POR :**	TESISTAS
		FECHA MUESTREO :	27/06/2025
MATERIAL :	COMBINACIÓN DE MATERIALES 25% DME + 75% RC	**FECHA DE ENSAYO :**	29/06/2025
UBICACIÓN :	COLPAMATARA - CHOTA	**CALICATA :**	C - 2
COORDENADAS :	ESTE:761,812.84 m E NORTE:9,276,348.56 m S ALTITUD:2,573.00 msnm	**PROFUNDIDAD :**	0.00 m

Método		Pesos y Granulometrías Requeridos				Pesos y Granulometrías Empleados			
Pasa Tamiz	Retiene Tamiz								
pulg.	pulg.	A	B	C	D	A	B	C	D
1 1/2"	1"	1250±25							
1"	3/4"	1250±25							
3/4"	1/2"	1250±10	2500±10				2500		
1/2"	3/8"	1250±10	2500±10				2500		
3/8"	1/4"			2500±10					
1/4"	N° 04			2500±10					
N°4	N° 08				5000±10				
Número de Esferas		12	11	8	6		11		
Peso de Esferas		390 - 445	391 - 445	392 - 445	393 - 445				
Peso Total					grs		5000		
Retenido en la Malla N°12					grs		3159		
Peso que Pasa en la Malla N°12					grs		1841		
Uniformidad					U		0.58		
Desgaste					%		36.82		

TESISTAS	TÉCNICO DE LABORATORIO	ASESOR
DIAZ CORONEL CRISTHIAN JHONATAN MENOR CHÁVEZ JOSUÉ LEVÍ	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Ing. Walter Manuel Vásquez Tapia TÉCNICO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	Ing. Elmer Chávez Vásquez Reg. CIP: 91731

Anexo F. Planos del DME



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE DME DE RAMBRAN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA

Presentado por: CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL Asesor: Dr. Ing. ELMER N. CHÁVEZ VÁSQUEZ
JOSUÉ LEVÍ MENOR CHÁVEZ

Plano: **UBICACIÓN DEL DME RAMBRAN DEPÓSITO DE MATERIAL EXCEDENTE**

Fecha: Diciembre, 2024
Escala: 1:1,617
0 0.01 0.02 0.04 0.06 0.08 km

Mapa: **U-1**

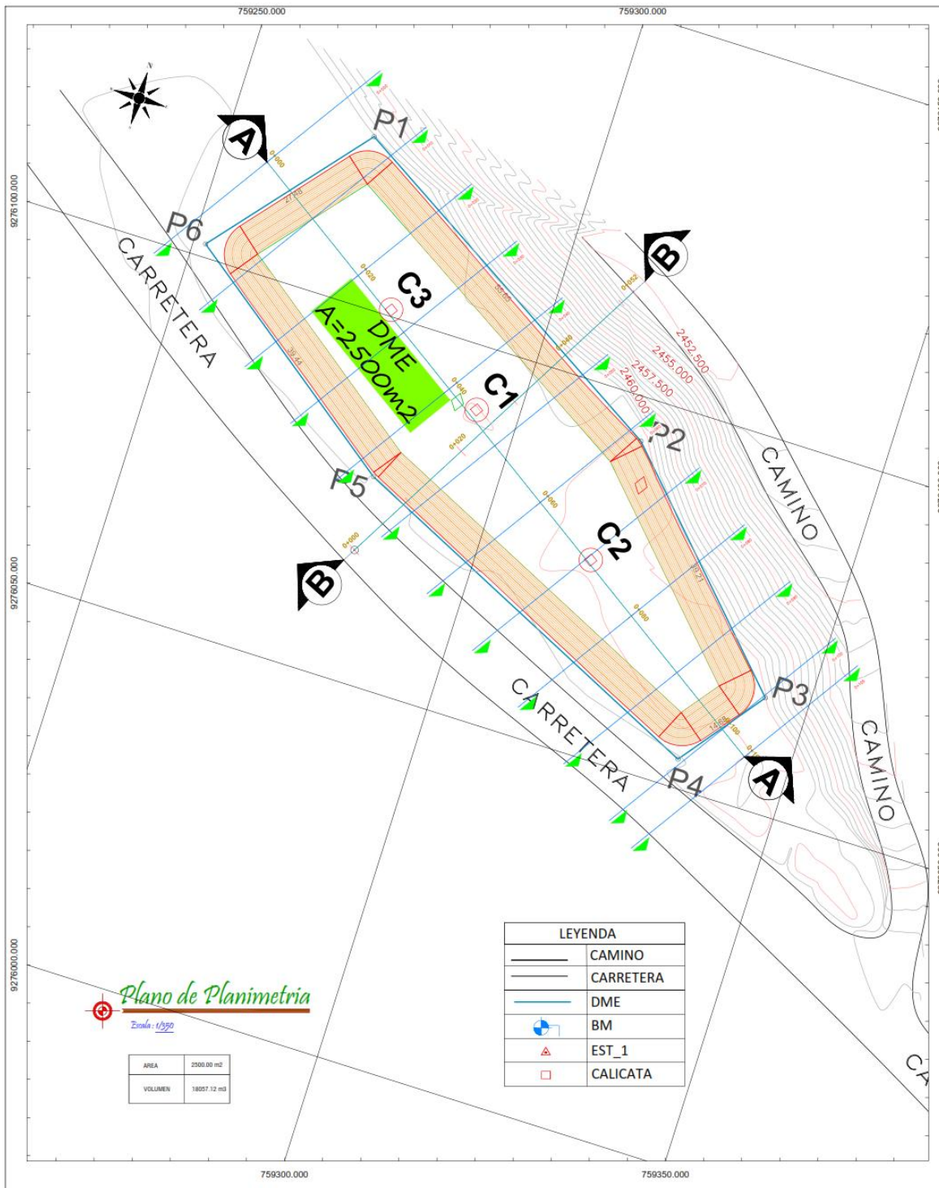




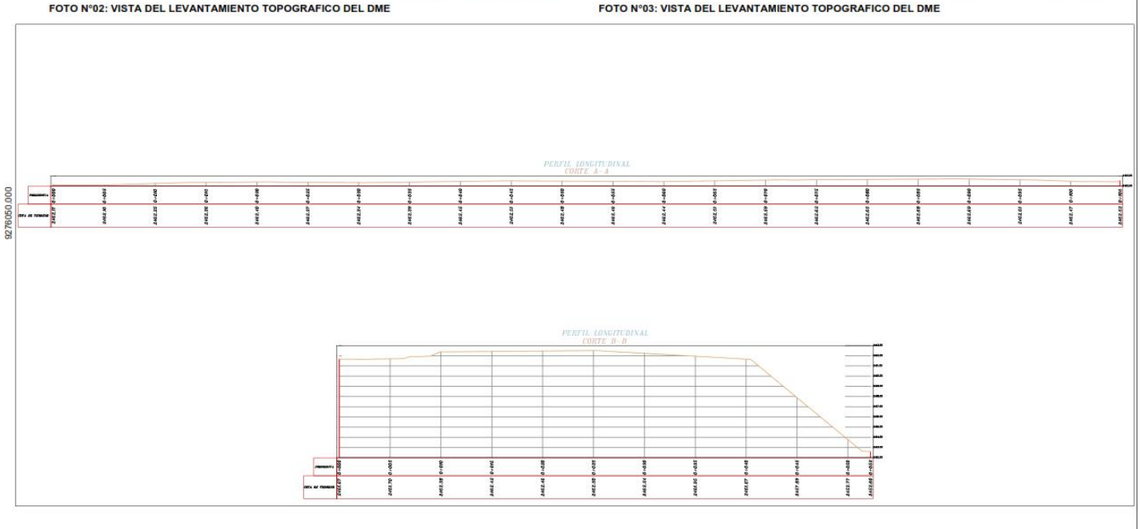
FOTO N°01: VISTA DEL INICIO DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DEL DME



FOTO N°02: VISTA DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DEL DME



FOTO N°03: VISTA DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DEL DME



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

NOMBRE DE TESIS

EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA

DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO
CAJAMARCA	CHOTA	CHOTA

PLANO PLANTA Y PERFIL

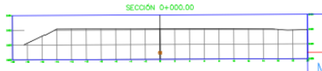
KM 0+00 KM 0+105
KM 0+00 KM 0+052

ESCALA: INDICADA

FECHA FEBRERO - 2025

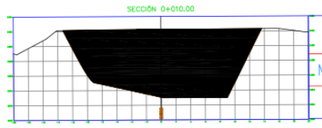
DIGITALIZACIÓN:
TESISTAS
CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL
JOSUÉ LEVÍ MENOR CHÁVEZ

CÓDIGO: PP-01



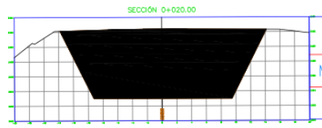
Material(s) at Station 0+000.00

Material Name	Area	Volume	Cumulative Volume
CORTE	0.00	0.00	0.00



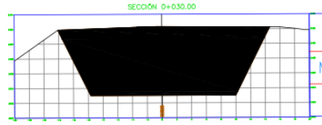
Material(s) at Station 0+010.00

Material Name	Area	Volume	Cumulative Volume
CORTE	195.60	977.98	977.98



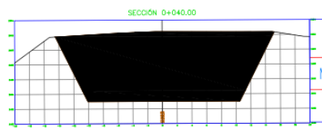
Material(s) at Station 0+020.00

Material Name	Area	Volume	Cumulative Volume
CORTE	218.40	2069.98	3047.97



Material(s) at Station 0+030.00

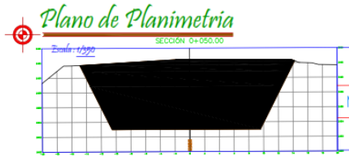
Material Name	Area	Volume	Cumulative Volume
CORTE	223.81	2211.03	5259.00



Material(s) at Station 0+040.00

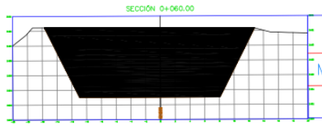
Material Name	Area	Volume	Cumulative Volume
CORTE	234.64	2292.22	7551.21

Plano de Planimetria



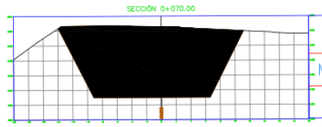
Material(s) at Station 0+050.00

Material Name	Area	Volume	Cumulative Volume
CORTE	229.68	2321.62	9872.83



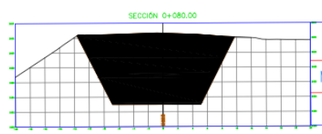
Material(s) at Station 0+060.00

Material Name	Area	Volume	Cumulative Volume
CORTE	224.27	2269.78	12142.61



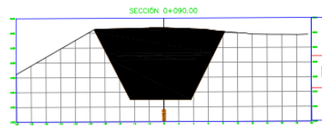
Material(s) at Station 0+070.00

Material Name	Area	Volume	Cumulative Volume
CORTE	195.39	2098.33	14240.94



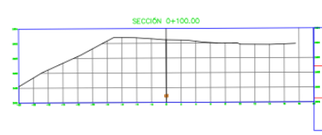
Material(s) at Station 0+080.00

Material Name	Area	Volume	Cumulative Volume
CORTE	159.10	1772.45	16013.38



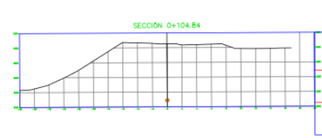
Material(s) at Station 0+090.00

Material Name	Area	Volume	Cumulative Volume
CORTE	124.83	1419.61	17432.99



Material(s) at Station 0+100.00

Material Name	Area	Volume	Cumulative Volume
CORTE	0.00	624.13	18057.12



Material(s) at Station 0+104.84

Material Name	Area	Volume	Cumulative Volume
CORTE	0.00	0.00	18057.12

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONÓMA DE CHOTA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

NOMBRE DE TESIS
EVALUACIÓN DEL USO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME) DE RAMBRÁN Y RESIDUOS DE CONCRETO PARA LA PRODUCCIÓN DE AFIRMADO EN CHOTA

DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO
CAJAMARCA	CHOTA	CHOTA

SECCIONES
KM 0+00 KM 0+104.84

ESCALA: INDICADA

FECHA FEBRERO - 2025

DIGITALIZACIÓN:
TESISTAS
CRISTHIAN JHONATAN DIAZ CORONEL
JOSUÉ LEVÍ MENOR CHÁVEZ

CÓDIGO: PS-01