



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Evaluación de residuos ladrilleros triturados, para su uso en subbase
de pavimentos rígidos en la ciudad de Vilcas Huamán, 2021”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Martínez Vásquez, Bickel (ORCID: 0000-0002-2235-7591)

ASESOR:

Dr. Vargas Chacaltana, Luis Alberto (ORCID: 0000-0002-4136-7189)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2021

Dedicatoria

A mis padres, Ana María y Agliberto, pilares fundamentales en mi vida, por ser ejemplos de lucha, constancia y por su encomiable labor inculcando en mi persona ese sabio don de la dedicación, el esfuerzo, la responsabilidad y la superación personal.

A Thiago Nahuel, mi hijo, por ser mi motivación más grande y haberme brindado un poco del tiempo que le pertenecía, para concluir la presente investigación.

A Carina, mi compañera, por brindarme apoyo incondicional en momentos complicados y de cansancio, con quién comparto esta gran satisfacción.

A ellos esta investigación, por confiar y creer en mí.

Agradecimientos

A Dios fuente de todo conocimiento, por brindarme sabiduría y fortaleza para afrontar el difícil andar en el camino de la vida y guiarme en cada paso hacia el grandioso objetivo de ser partícipe del cambio social.

El más sincero agradecimiento a mis padres, por haberme brindado recomendaciones, apoyo incondicional y el invaluable esfuerzo que tuvieron que realizar para culminar mi formación profesional y alcanzar mi título profesional.

Además de alguien muy importante que estuvo al lado mío en este proyecto, que es mi Asesor, haciendo lo posible para poder concluir este proyecto.

A mis familiares, mis agradecimientos infinitos por haberme brindado su apoyo incondicional de distintas maneras y asimismo haber sido mi soporte durante todo el periodo de estudio de pregrado, orientándome a tomar las mejores decisiones.

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas.....	vi
Índice de figuras.....	ix
Resumen	xii
Abstract.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEORICO.....	5
III. METODOLOGIA.....	51
3.1. Tipo y diseño de investigación	51
3.2. Variables y operacionalización.....	52
3.3. Población, muestra y muestreo	52
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	53
3.5. Procedimientos	54
3.5.1. Materiales Utilizados.....	54
3.6. Método de análisis de datos.....	73
3.7. Aspectos éticos.....	74
IV. RESULTADOS.....	75
V. DISCUSION	112
VI. CONCLUSIONES.....	116
VII. RECOMENDACIONES	118
REFERENCIAS	119
ANEXOS.....	128
ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA	
ANEXO 02. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE	

ANEXO 03. VALIDACION DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION

ANEXO 04. DISEÑO DEL PAVIMENTO

ANEXO 05. ENSAYOS DE LABORATORIO

ANEXO 06: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN

ANEXO 07: RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LOS ANTECEDENTES

ANEXO 08: INFORMACION SOBRE LA SUBRASANTE

ANEXO 09: TABLAS TOMADAS DEL MANUAL DE CARRETERAS: SUELOS
GEOLOGÍA Y PAVIMENTOS – SECCIÓN SUELOS Y PAVIMENTOS.

ANEXO 10: PANEL FOTOGRÁFICO

ANEXO 11: PANTALLAZO TURNITIN

Índice de tablas

Tabla 1. Husos granulométricos para materiales de subbase granular.	34
Tabla 2. Exigencias de calidad para materiales de subbase de pavimentos rígidos.	35
Tabla 3. Criterios de clasificación de los suelos mediante el mecanismo AASHTO.	42
Tabla 4. Símbolos utilizados para fines de identificación en el sistema SUCS.	43
Tabla 5. Número de esferas y cantidad de la carga según gradación para agregados hasta 1 ½".	50
Tabla 6. Cuantía de las muestras para el ensayo de agregados hasta 1 ½".	50
Tabla 7. Resumen de las especificaciones de la prueba de próctor estándar ASTM D698.	48
Tabla 8. Resumen de las especificaciones de la prueba de próctor modificado ASTM D1557.	48
Tabla 9. Coordenadas de la ubicación geográfica de la cantera del suelo natural.	55
Tabla 10. Coordenadas de la ubicación del punto de recolección de residuos ladrilleros.	57
Tabla 11. Resumen de la cantidad de muestra de suelo natural y residuos ladrilleros triturados recolectados.	58
Tabla 12. Porcentaje de materiales utilizados en mezclas suelo-residuos.	59
Tabla 13. Ejemplo de cálculo de las cantidades de suelo y desechos por muestra para los ensayos.	59
Tabla 14. Ensayos realizados a las mezclas suelo-residuos y sus respectivas normativas.	60
Tabla 15. Equipos y herramientas utilizadas en el ensayo de análisis granulométrico.	60
Tabla 16. Equipos y herramientas utilizadas en la prueba de límite líquido.	62
Tabla 17. Equipos y herramientas utilizadas en el ensayo de límite plástico.	63
Tabla 18. Equipos y herramientas utilizadas en el ensayo de próctor modificado.	65
Tabla 19. Equipos y herramientas utilizadas en el ensayo de CBR.	66

Tabla 20. Equipos y herramientas utilizadas en el ensayo de valor equivalente de arena.....	68
Tabla 21. Equipos y herramientas utilizadas en el ensayo de partículas chatas y alargadas.....	70
Tabla 22. Cantidad de muestra para el ensayo de partículas planas y alargadas.	70
Tabla 23. Equipos y herramientas utilizadas en el ensayo de abrasión L.A.	72
Tabla 24. Coordenadas de la ubicación geográfica del proyecto.	75
Tabla 25. Resumen de los resultados de los ensayos de plasticidad.	80
Tabla 26. Resultados del ensayo de CBR.....	82
Tabla 27. Composición granulométrica y coeficientes de la muestra M1	84
Tabla 28. Composición granulométrica y coeficientes de la muestra M2.....	85
Tabla 29. Composición granulométrica y coeficientes de la muestra M3.....	86
Tabla 30. Composición granulométrica y coeficientes de la muestra M4.....	87
Tabla 31. Composición granulométrica y coeficientes de la muestra M5.....	88
Tabla 32. Valores de las densidades secas y contenidos de agua del ensayo a la muestra M1.....	90
Tabla 33. Valores de las densidades secas y contenidos de agua del ensayo a la muestra M2.....	91
Tabla 34. Valores de las densidades secas y contenidos de agua del ensayo a la muestra M3.....	92
Tabla 35. Valores de las densidades secas y contenidos de agua del ensayo a la muestra M4.....	93
Tabla 36. Valores de las densidades secas y contenidos de agua del ensayo a la muestra M5.....	94
Tabla 37. Resumen de los resultados del ensayo de compactación próctor.	95
Tabla 38. Resultados del ensayo de índice de aplanamiento y alargamiento.....	97
Tabla 39. Resultados del CBR corregido para la muestra M1.....	99
Tabla 40. Resultados del ensayo de C.B.R para la muestra M1.	100
Tabla 41. Resultados del CBR corregido para la muestra M2.....	101
Tabla 42. Resultados del ensayo de C.B.R para la muestra M2.	102
Tabla 43. Resultados del CBR corregido para la muestra M3.....	103
Tabla 44. Resultados del ensayo de C.B.R para la muestra M3.	104

Tabla 45. Resultados del CBR corregido para la muestra M4.	105
Tabla 46. Resultados del ensayo de C.B.R para la muestra M4.	106
Tabla 47. Resultados del CBR corregido para la muestra M5.	107
Tabla 48. Resultados del ensayo de C.B.R para la muestra M5.	108
Tabla 49. Resumen de los índices de CBR de las mezclas.....	109
Tabla 50. Resultados del ensayo de abrasión Los Ángeles.	110
Tabla 51. Resultados del ensayo de sales solubles totales.....	111

Índice de figuras

Figura 1. Denominación de aristas y caras de ladrillos.....	16
Figura 2. Cantera utilizada para la extracción de materias primas. ..	20
Figura 3. Mezclado de materias primas.	21
Figura 4. Proceso de moldeado. ...	22
Figura 5. Molde (gavera) utilizado en el labrado.	22
Figura 6. Proceso de secado y apilado de ladrillos crudos.	23
Figura 7. Proceso de acomodo de ladrillos crudos.	23
Figura 8. Horno artesanal lleno de ladrillos crudos.	24
Figura 9. Flujograma del proceso de manufactura de la industria ladrillera	25
Figura 10. Residuos ladrilleros arrojados a botaderos informales. ..	26
Figura 11. Ladrillos con exceso de cocción (recochos). ..	28
Figura 12. Configuración estructural típica de un pavimento flexible. ...	30
Figura 13. Configuración estructural típica de un pavimento rígido. ...	31
Figura 14. Vista isométrica de la configuración estructural de un pavimento rígido.	32
Figura 15. Husos granulométricos para las gradaciones A y B. ..	34
Figura 16. Husos granulométricos para las gradaciones C y D. ..	35
Figura 17. Ensayo de granulometría por tamizado	36
Figura 18. Ejemplo de curva de distribución granulométrica	37
Figura 19. Estados de consistencia de los suelos	39
Figura 20. Ejemplo de curva de fluidez. ...	40
Figura 21. Ensayo de límite plástico.....	40
Figura 22. Grupos del sistema AASHTO.	41
Figura 23. Fórmula para la determinación del índice de grupo.	41
Figura 24. Nomenclatura de los suelos en el sistema AASHTO.	42
Figura 25. Flujograma para la clasificación de los suelos en el sistema SUCS	44
Figura 26. Límites del tamaño de granos de los suelos en el sistema SUCS.	44
Figura 27. Carta de plasticidad	45
Figura 28. Esquema de la prueba de equivalencia de arena.	46
Figura 29. Tipos de pruebas de compactación próctor.....	47
Figura 30. Curva de compactación típica. ...	47
Figura 31. Representación esquemática del ensayo de CBR.....	49

Figura 32. Esquema de experimento y variables.....	52
Figura 33. Georreferenciación de la ubicación de la cantera del suelo natural.....	55
Figura 34. Flujograma del proceso de tratamiento a las muestras de suelo.....	56
Figura 35. Georreferenciación del punto de reciclado de residuos ladrilleros.....	57
Figura 36. Flujograma del proceso de obtención de residuos ladrilleros.....	58
Figura 37. Equipos para el ensayo del límite líquido.....	63
Figura 38. Equipos para realizar el ensayo del límite plástico.....	64
Figura 39. Equipos para realizar el ensayo de relación de equivalente de arena.....	69
Figura 40. Calibrador de longitudes.....	71
Figura 41. Calibrador de grosores.....	72
Figura 42. Máquina de Los Ángeles.....	73
Figura 43. Georreferenciación de la ubicación del proyecto.....	75
Figura 44. Localización del proyecto a nivel nacional y regional.....	76
Figura 45. Localización del proyecto a nivel provincial.....	76
Figura 46. Muestra colocada en la cazuela de Casagrande.....	77
Figura 47. Formación de cilindros de la masa de suelo.....	77
Figura 48. Diagrama de Fluidez para la muestra M1.....	78
Figura 49. Diagrama de Fluidez para la muestra M2.....	78
Figura 50. Diagrama de Fluidez para la muestra M3.....	79
Figura 51. Diagrama de Fluidez para la muestra M4.....	79
Figura 52. Diagrama de Fluidez para la muestra M5.....	80
Figura 53. Resultados del ensayo de límite líquido.....	80
Figura 54. Resultados del ensayo de límite plástico.....	81
Figura 55. Resultados del índice de plasticidad.....	81
Figura 56. Resultados del ensayo de equivalencia de arena.....	82
Figura 57. Cuarteo de la muestra M1.....	83
Figura 58. Proceso de tamizado.....	83
Figura 59. Curva granulométrica de la Muestra M1.....	84
Figura 60. Curva granulométrica de la muestra M2.....	85
Figura 61. Curva granulométrica de la muestra M3.....	86
Figura 62. Curva granulométrica de la muestra M4.....	87
Figura 63. Curva granulométrica de la muestra M5.....	88
Figura 64. Muestras preparadas para el ensayo de próctor de la mezcla M1.....	89

Figura 65. Muestras preparadas para el ensayo de próctor de la mezcla M2.	89
Figura 66. Curva de compactación de la muestra M1.	90
Figura 67. Curva de Compactación de la muestra M2.	91
Figura 68. Curva de compactación de la muestra M3.	92
Figura 69. Curva de compactación de la muestra M4.	93
Figura 70. Curva de compactación de la muestra M5.	94
Figura 71. Máximas densidades secas de cada muestra.	95
Figura 72. Contenidos de humedades óptimos de cada muestra.	96
Figura 73. Resultados del ensayo de índice de aplanamiento y alargamiento.	97
Figura 74. Ensayo de CBR para la muestra M1.	98
Figura 75. Probetas elaboradas para el ensayo de CBR.	98
Figura 76. Curva esfuerzo vs penetración para la muestra M1.	99
Figura 77. Gráfica densidad seca vs C.B.R para la muestra M1.	100
Figura 78. Curva esfuerzo vs penetración para la muestra M2.	101
Figura 79. Gráfica densidad seca vs C.B.R para la muestra M2.	102
Figura 80. Curva esfuerzo vs penetración para la muestra M3.	103
Figura 81. Gráfica densidad seca vs C.B.R para la muestra M3.	104
Figura 82. Curva esfuerzo vs penetración para la muestra M4.	105
Figura 83. Gráfica densidad seca vs C.B.R para la muestra M4.	106
Figura 84. Curva esfuerzo vs penetración para la muestra M5.	107
Figura 85. Gráfica densidad seca vs C.B.R para la muestra M5.	108
Figura 86. Resumen de los índices de CBR de las mezclas.	109
Figura 87. Resultados del ensayo de abrasión Los Ángeles.	110
Figura 88. Resultados del ensayo de sales solubles totales.	111

Resumen

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo evaluar la influencia de la incorporación de los residuos ladrilleros triturados en las propiedades de la subbase de pavimentos rígidos, los residuos ladrilleros fueron reciclados a partir de unidades rechazados por rotura y/o defectos en el proceso de producción de las ladrilleras artesanales. Para la realización del estudio, el suelo natural fue recolectado de la zona rural de la ciudad de Vilcas Huamán; mientras los residuos ladrilleros provienen de las ladrilleras artesanales del centro poblado de Compañía, para luego ser sometidos a un proceso de trituración manual utilizando combas hasta llevarlo al pasante de la malla de 2 pulgadas y posteriormente ser trasladados a un laboratorio de suelos para ser mezclados con el suelo natural manualmente. Las muestras por ensayar fueron el suelo natural (M1) como muestra patrón y el mismo suelo con cuatro diferentes dosificaciones porcentuales (5%, 10%, 15% y 20% de residuos ladrilleros triturados en relación con el peso del suelo seco). A las muestras dosificadas se le practicó ensayos estandarizados de mecánica de suelos, tales como: Análisis granulométrico por tamizado, Abrasión Los Ángeles, Próctor modificado, CBR, Límites de Atterberg, equivalente de arena, sales solubles y partículas chatas y alargadas. A partir del análisis de los resultados, se observó que es factible el uso de los residuos ladrilleros artesanales como material de subbase de pavimento rígido, ya que se obtuvo resultados que se enmarcan en los requerimientos y exigencias de la normativa vial Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG-2013) y la norma técnica CE.010 de pavimentos urbanos a excepción de la plasticidad.

Palabras Claves: Residuos ladrilleros, ladrillos, subbase, pavimento rígido, reciclado.

Abstract

The present research work aims to evaluate the influence of the incorporation of crushed brick waste on the properties of the rigid pavement sub-base, the brick waste was recycled from units rejected due to breakage and / or defects in the production process of the artisan brick kilns. To carry out the study, the subbase material was collected from the rural area of the city of Vilcas Huamán; while the brick waste comes from the artisanal brick kilns of the town of Compañía, to then be subjected to a manual crushing process using warps until it is taken to the 2-inch mesh through and later transferred to a soil laboratory to be mixed with the subbase floor manually. The samples to be tested were the sub-base soil (Sample 1) as a standard sample and the same soil with four different percentage dosages (5%, 10%, 15% and 20% of crushed brick waste in relation to the weight of the dry soil). Standardized soil mechanics tests were carried out on the dosed samples, such as: Sieve analysis by sieving, Los Angeles Abrasion, Modified próctor, CBR, Atterberg Limits, sand equivalent, soluble salts, and flat and elongated particles. From the analysis of the results, it was observed that it is feasible to use artisanal brick waste as a rigid pavement sub-base material, since results were obtained that are framed in the requirements and demands of the road regulations Manual of Roads: General Technical Specifications for Construction (EG-2013) and the technical standard CE.010 for urban pavements except for plasticity.

Keywords: Brick waste, bricks, sub-base, rigid pavement, recycled.

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, los últimos años se tiene un gran crecimiento demográfico y una expansión urbana acelerada en las ciudades; a consecuencia de esto se tiene un gran progreso de la industria y el rubro de la construcción, la cual a su vez genera una alta demanda del sector ladrillero para la edificación de viviendas y obras de inversión estatal. Ante esta constante evolución y mayor demanda, el sector ladrillero durante el proceso de elaboración y fabricación a diario genera miles de toneladas de residuos provenientes de unidades rechazados por rotura durante su manipulación y defectos en el proceso de quemado, estos residuos generalmente no tienen una disposición final adecuada.

Razón por la cual hace ya varias décadas atrás, países europeos (Alemania, Dinamarca, Holanda, Reino Unido, España, Italia y otros), así como Japón, China, Estados Unidos, etc., tomaron mayor atención al tema del reciclaje de los residuos cerámicos. La experiencia europea en materia de reciclaje de residuos del rubro de la actividad constructiva y su aplicación en capas de bases y subbases de carreteras es muy amplia; por lo que varios países europeos tienen implementadas normativas, guías de recomendaciones y especificaciones técnicas relacionadas al uso de materiales reciclados en capas de vías de transporte. Además de la implementación de plantas procesadoras de agregados reciclados por parte del sector privado con subvención del estado, fondos europeos e instituciones interesados en el tema.

El proceso de reutilización de residuos que derivan de la explotación y producción de la actividad ladrillera es una técnica usada en diversos países del planeta. En el continente europeo el proceso de fabricación se caracteriza por llevarse a cabo de manera más industrializada, del total de la producción de la actividad ladrillera alrededor del 3% al 7% son desechadas; los cuales ocasionan elevados costos en su disposición final y a la vez demuestran reducidas prácticas de reaprovechamiento de éstos. Países latinoamericanos como Brasil y México han llevado a cabo procesos de reutilización encaminados a la producción de agregados reciclados (Duran, Guevara, Hernández y Ramirez, 2017).

En la ciudad de Huamanga y otras ciudades cercanas, de igual forma a razón de que las actividades de la construcción civil demandan ladrillos, la actividad ladrillera

artesanal de la localidad de Compañía ostenta un crecimiento sostenido. A su vez, dicha actividad genera residuos. Los cuales son depositados de manera inadecuada en botaderos informales, cauces de ríos cercanos, alrededores de los hornos de quemado y lugares de trabajo; generando un impacto medioambiental. La cantidad de estos residuos en cada producción varía, de acuerdo a una entrevista realizada por el autor Casado (2005) en los departamentos de Arequipa y Cusco estos residuos ladrilleros se encuentran en el rango porcentual del 5% al 15%” y menciona que al ser un volumen cuantioso representa un riesgo de contaminación ambiental, esto no solo deriva del acrecentamiento del volumen de su generación, sino de su incorrecta disposición final, que todavía no es adecuado.

Los últimos años existe un creciente énfasis en desempeñar una gestión sostenible de los residuos sólidos y el reciclaje, además de que en el país se tiene una gran necesidad de reparar y construir nuevas infraestructuras de pavimentos; consecuentemente la extracción de estos materiales de base y subbase para las capas de los pavimentos se está llevando a cabo de forma imprudente generando considerables impactos ambientales como cambios en el relieve terrestre de las canteras, zonas de explotación y en el cauce de los ríos. Además de que habitamos en un mundo que tiene recursos naturales no renovables por lo que los materiales de base y subbase de origen natural están tornándose escasos en algunos lugares. La cual origina una necesidad urgente para abordar nuevas investigaciones para la reutilización de materiales de desecho asociadas a la construcción.

Teniendo en consideración todo lo anterior, tenemos una clara evidencia del impacto producido por este sector, por lo que se busca mitigar este problema de los residuos, implementando el uso de residuos ladrilleros triturados como material alternativo para aplicaciones en subbase de pavimentos rígidos.

Por todo ello en la actual investigación se ha planteado como **problema general** lo siguiente: ¿Cómo influye la incorporación de los residuos ladrilleros triturados en las propiedades de la subbase de pavimentos rígidos en la ciudad de Vilcas Huamán 2021?

Problemas específicos:

¿Cómo influye la incorporación de los residuos ladrilleros triturados en la plasticidad de la subbase de pavimentos rígidos en la ciudad de Vilcas Huamán 2021?, ¿Cómo influye la incorporación de los residuos ladrilleros triturados en la compactación de la subbase de pavimentos rígidos en la ciudad de Vilcas Huamán 2021?, ¿Cómo influye la incorporación de los residuos ladrilleros triturados en la resistencia de la subbase de pavimentos rígidos en la ciudad de Vilcas Huamán 2021? y ¿Cómo influye la incorporación de los residuos ladrilleros triturados en la composición química de la subbase de pavimentos rígidos en la ciudad de Vilcas Huamán 2021?

Justificación de la investigación:

Justificación teórica: La presente investigación evalúa la posibilidad de reutilizar los materiales reciclados de los residuos ladrilleros de la localidad de Compañía en aplicaciones de subbase de pavimentos rígidos, por lo que gracias a este importante aporte para las futuras investigaciones se ampliará la base de datos de estudios nacionales y el conocimiento técnico y científico sobre el empleo de materiales remanentes de la industria de la construcción en pavimentos rígidos; ya que quedaría demostrado que es posible el uso de residuos ladrilleros en capas estructurales de pavimentos rígidos.

Justificación metodológica: Para lograr cumplir los objetivos propuestos, se aplicó un proceso metodológico ordenado y sistematizado de acuerdo con las guías metodológicas de la investigación, se utilizaron técnicas de investigación cuantitativa como el muestreo, ensayos de laboratorio, entrevistas y encuestas, orientadas al buen procesamiento de los datos recogidos y obtener información necesaria, que contribuya en la comprobación de las hipótesis del presente estudio. Una vez que tengamos demostrada con certeza su validez y credibilidad de todo lo anterior servirá de guía a otros investigadores, ya que proporciona datos, informaciones relevantes y sugerencias a las problemáticas identificadas en sus conclusiones.

Justificación técnica: El problema de los residuos ladrilleros en la localidad de Compañía y en otros lugares es cada día aún mayor; se observa que no se tiene una buena estrategia de manejo, aprovechamiento y control ambiental de estos

residuos; por lo que se propone su uso en aplicaciones de subbases de pavimentos rígidos con la finalidad de darle un uso más provechoso a este tipo de residuos.

Justificación Ambiental: Este tipo de investigaciones coadyuva con el fin de llevar a cabo un desarrollo sostenible y/o sustentable de la industria de la construcción gracias a la reducción considerable en el desechamiento de grandes cantidades de residuos ladrilleros en los botaderos informales, asimismo se reduce la extracción de materiales de subbase naturales y su rápido agotamiento; de esta forma contribuiremos en la salvaguarda y protección del medio ambiente de un inminente desequilibrio ecológico.

En lo que concierne a la formulación de las **Hipótesis**, se propone el siguiente **Hipótesis general:** La incorporación de residuos ladrilleros triturados influyen significativamente en las propiedades de la subbase de pavimentos rígidos en la ciudad de Vilcas Huamán 2021. Por lo cual se establece las siguientes **Hipótesis específicas:** La incorporación de los residuos ladrilleros triturados influyen en la plasticidad de la subbase de pavimentos rígidos en la ciudad de Vilcas Huamán 2021. La incorporación de los residuos ladrilleros triturados influyen en la compactación de la subbase de pavimentos rígidos en la ciudad de Vilcas Huamán 2021. La incorporación de los residuos ladrilleros triturados influyen en la resistencia de la subbase de pavimentos rígidos en la ciudad de Vilcas Huamán 2021. La incorporación de los residuos ladrilleros triturados influyen en la composición química de la subbase de pavimentos rígidos en la ciudad de Vilcas Huamán 2021.

Dentro de los **Objetivos**, para mayor detalle se plantea como sigue; **Objetivo general:** Evaluar la influencia de la incorporación de los residuos ladrilleros triturados en las propiedades de la subbase de pavimentos rígidos en la ciudad de Vilcas Huamán 2021. En consecuencia, es necesario abordar los siguientes **Objetivos específicos:** Determinar la influencia de la incorporación de los residuos ladrilleros triturados en la plasticidad de la subbase de pavimentos rígidos en la ciudad de Vilcas Huamán 2021. Determinar la influencia de la incorporación de los residuos ladrilleros triturados en la compactación de la subbase de pavimentos rígidos en la ciudad de Vilcas Huamán 2021. Determinar la influencia de la incorporación de los residuos ladrilleros triturados en la resistencia de la subbase

de pavimentos rígidos en la ciudad de Vilcas Huamán 2021. Determinar la influencia de la incorporación de los residuos ladrilleros triturados en la composición química de la subbase de pavimentos rígidos en la ciudad de Vilcas Huamán 2021.

II. MARCO TEÓRICO

Para llevar adelante esta investigación se tuvo en cuenta una variedad de trabajos investigativos, que se llevaron a cabo años antes del presente, por lo que en el ámbito **internacional** tenemos los siguientes:

Sales (2018) em sua dissertação de mestrado apresentada como parte dos requisitos para a realização do grau de mestre em Engenharia de Materiais; O **objetivo** foi verificar a viabilidade técnica da utilização do chamote triturado (denominação dada aos resíduos cerâmicos) como agregado de base e sub-base de pavimentos asfálticos segundo as normas brasileiras do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT); A **metodologia** utilizada neste estudo é experimental: o chamote da cidade de União foi misturado com solo laterítico da cidade de Teresina em diferentes percentagens; Para a base e sub-base, 100/0%, 80/20%, 70/30% e 60/40% foram testados nas seguintes dosagens (solo / chamote), para cada dosagem foram obtidas 5 amostras, obtendo-se **resultados** para a sub-base nos testes o seguinte: Para a granulometria e classificação de solos pelo método AASHTO apresenta uma classificação A-1-a; nos testes de limites de Atterberg, as amostras relataram um estado não plástico e não líquido; no teste de laboratório de equivalência de areia, a amostra de 100/0% dá 30,5%, enquanto para as demais varia de 42,9% - 64,3%; O teste de compactação dá resultados ótimos de umidade variando de 10,4% - 15,7% e relata um peso específico aparente seco que varia de 1,864kgf / cm³ a 2,07kgf / cm³ para amostras mistas, enquanto para o solo dá 7,3% de umidade ótima e seca peso específico aparente de 2,334kgf / cm³ e finalmente no teste CBR os relatórios variam de 32% a 98% para amostras mistas e para a amostra de solo puro dá 89%. Portanto, ele **conclui** que as dosagens que receberam 20% e 30% de chamote cerâmico mostraram-se adequadas para uso em camadas de base, enquanto para camadas de sub-base as dosagens de 20%, 30% e 40% são potencialmente adequadas.

Dias (2016) em sua dissertação de mestrado formulada, para a realização do título de Mestre em Engenharia Civil, com o **objetivo** de avaliar o comportamento

mecânico do solo típico da cidade de Manaus (Brasil) estabilizado com resíduos cerâmicos (RC), para aplicá-lo no camada de base e sub-base do pavimento; A **metodologia** utilizada nesta pesquisa é experimental, a pesquisa foi feita em duas fases; O primeiro consistia em quatro misturas de solo natural (SN) e resíduo de cerâmica (RC) formando uma mistura solo-resíduo (MSR) que foram testadas nas seguintes dosagens (SN / RC): 20/80%, 40/60%, 60/40% e 80/20% e foram denominados MSR1, MSR2, MSR3 e MSR4, respectivamente; Na fase dois, foram analisadas quatro misturas de SN e RC da mesma forma nas mesmas proporções da primeira fase, à qual se acrescenta 30% de areia em relação à proporção do solo natural (SN), tudo isso formando uma mistura do tipo solo-resíduo arenoso (RAEM), é realizado o projeto do pavimento no programa Sispav. Os **resultados** dos testes granulométricos para a amostra natural de solo (SN) de acordo com a classificação AASHTO reportam um solo do tipo A-7-5, enquanto para a classificação SUCS reporta-se como uma argila com alta plasticidade (CH), no Atterberg os testes de limite têm um limite de líquido (LL) de 80,60%, limite de plástico (LP) de 42,36% e um índice de plasticidade (IP) de 38,24%, nos testes de compactação para uma energia modificada há uma umidade ótima de 28,60% e uma massa específica máxima de 1,47g / cm³, o teste CBR relata um índice de suporte da Califórnia de 21,60%. Para a amostra MSR-1 há um limite de líquido (LL) de 81,20%, limite de plástico (LP) de 42,18% e um índice de plasticidade (IP) de 39,02%, nos testes de compactação para uma energia modificada há uma umidade ótima de 25,96% e uma massa específica máxima de 1,53 g / cm³, o teste CBR relata um índice de suporte da Califórnia de 13,73%. Para a amostra MSR-2 há um limite de líquido (LL) de 79,66%, limite de plástico (LP) de 40,08% e um índice de plasticidade (IP) de 39,58%, nos testes de compactação para uma energia modificada há uma umidade ótima de 24,16% e uma massa específica máxima de 1,59 g / cm³, o teste CBR relata um índice de suporte da Califórnia de 14,26%. Para a amostra MSR-3 há um limite de líquido (LL) de 76,92%, limite de plástico (LP) de 38,97% e um índice de plasticidade (IP) de 37,95%, nos testes de compactação para uma energia modificada há uma umidade ótima de 22,79% e uma massa específica máxima de 1,60 g / cm³, o teste CBR relata um índice de suporte da Califórnia de 18,90%. Para a amostra MSR-4 há um limite de líquido (LL) de 74,14%, limite de plástico (LP) de 37,35% e um índice de plasticidade (IP)

de 36,79%, nos testes de compactação para uma energia modificada há uma umidade ótima de 18,96% e uma massa específica máxima de 1,63 g / cm³, o teste CBR relata um índice de suporte da Califórnia de 36,70%. Para a amostra MSAR-1 existe um limite de líquido (LL) de 38,30%, um limite plástico (LP) de 20,01% e um índice de plasticidade (IP) de 18,29%, nos testes de compactação para uma energia modificada há um ótimo umidade de 17,96% e uma massa específica máxima de 1,66 g / cm³, o teste CBR relata um índice de suporte da Califórnia de 24,10%. Para a amostra MSAR-2 há um limite de líquido (LL) de 36,70%, um limite plástico (LP) de 18,12% e um índice de plasticidade (IP) de 18,58%, nos testes de compactação para uma energia modificada há um ótimo umidade de 16,66% e uma massa específica máxima de 1,69 g / cm³, o teste CBR relata um índice de suporte da Califórnia de 39,97%. Para a amostra MSAR-3 há um limite de líquido (LL) de 34,90%, limite de plástico (LP) de 16,13% e um índice de plasticidade (IP) de 18,77%, nos testes de compactação para uma energia modificada há uma umidade ótima de 15,60% e uma massa específica máxima de 1,71 g / cm³, o teste CBR relata um índice de suporte da Califórnia de 82,27%. Para a amostra MSAR-4 há um limite de líquido (LL) de 32,85%, limite de plástico (LP) de 14,03% e um índice de plasticidade (IP) de 18,82%, nos testes de compactação para uma energia modificada há uma umidade ótima de 15,09% e uma massa específica máxima de 1,72 g / cm³, o teste CBR relata um índice de suporte da Califórnia de 99,55%. O ensaio de granulometria informa que a amostra CR está classificada na faixa C da norma brasileira DNIT 141/2010 - ES; relata uma absorção média de 15,1% e uma massa específica aparente de 1,81 g / cm³ e uma massa específica de 2,62g / cm³; no ensaio de determinação da perda de massa após ebulição, apresentou desgaste inferior a 1%; No ensaio laboratorial de abrasão de Los Angeles obteve-se um resultado de 35,4% e por fim foi realizado o ensaio de composição mineralógica mostrando a presença de caulinita e quartzo, devido à alta concentração de óxido de sílica (SiO₂); Alumina (Al₂O₃) também é encontrada em grandes quantidades, é um produto da presença de caulinita, além disso foram notadas a presença de illita e a ausência de montmorilonita. O autor **conclui** que apesar de ser um resíduo descartado por falhas de produção, seu reaproveitamento é altamente favorável, sendo que a presença de caulinita lhe confere boa resistência ao RC.

Dranka (2016) Em sua tese de pesquisa, que teve como **objetivo** verificar o comportamento de um solo com adições de ladrilhos cerâmicos de demolição e resíduos de construção; A pesquisa foi realizada aplicando-se uma **metodologia** com abordagem experimental, na qual foram avaliadas as propriedades de um solo natural e de outras quatro amostras do mesmo solo com adições percentuais de 2, 5, 10 e 15% em peso de ladrilho. Os **resultados** mostram que o solo é um silte plástico com areia (MH), também possui um limite de líquido (LL) de 54%, um limite plástico (LP) de 48% e um índice de plasticidade de 6%, no teste de proctor Normal, uma densidade seca máxima (MDS) de 1.345 gr./cm³ e uma umidade ótima de 30% foi relatada, no teste CBR o índice obtido foi de 2,22%. O solo com adição de 2% é classificado como silte plástico (MH), também possui LL de 50%, LP de 46% e IP de 4%, no teste de proteção normal um MDS de 1.342 g / cm³ e uma umidade ótima de 33%, e no teste CBR o índice obtido foi de 2,21%. O solo com adição de 5% é classificado como silte plástico (MH), além de apresentar um LL de 52%, LP de 51% e IP de 1%, no teste proctor normal um MDS de 1.318 g / cm³ e umidade ótima de 33%, sendo que no teste CBR o índice obtido foi de 1,58%. O solo com adição de 10% é classificado como um silte plástico com areia (MH), também possui um limite de líquido de 50%, um limite de plástico de 54% e um IP de NP, no teste de proctor normal um MDS de 1.307 g / cm³ e umidade ótima de 31 a 32%, sendo que no teste CBR o índice obtido foi de 2,46%. O solo com adição de 15% é classificado como silte com areia (ML), possui limite de líquido de 49%, limite de plástico de 50% e IP de NP, no ensaio de protrusão normal uma densidade seca máxima de 1.336 gr./cm³ e umidade ótima de 30%, sendo que no teste CBR o índice obtido foi de 3,11%. Considerando as telhas trituradas como solo, esta é classificada como areia bem granulada com silte e cascalho (SW - SM), possui limite plástico de 36% e IP de NP. A pesquisa de acordo com os resultados **conclui** que uma das vantagens da aplicação de revestimentos cerâmicos em obras rodoviárias é em relação ao índice de plasticidade, visto que a partir de 10% de adição de revestimentos cerâmicos o IP diminui e passa a se comportar como não plástico (NP) Da mesma forma, nas propriedades mecânicas há um aumento no índice CBR; já que a partir de 10% da mistura, o solo apresenta menor expansão e maior índice CBR; e também, por fim, na mistura de 15%, obtém-se um aumento no índice CBR de 40,06% em relação ao solo natural.

Como antecedentes **nacionales** tenemos a: **Acuña y Rumaja (2019)** en su tesis que tuvo como **objetivo** evaluar las características físico-mecánicas y químicas de los residuos reciclados de las ladrilleras de San Jerónimo – Cusco, el estudio se realizó aplicando una **metodología** con enfoque cuantitativo de nivel exploratorio y experimental, en el cual se realizaron ensayos de laboratorio. Para las cuatro muestras de residuos reciclados de ladrillos coccionados en promedio se tiene los siguientes **resultados**; en el ensayo de abrasión Los Ángeles se obtuvo 45.58%, CBR de 53.8%, equivalente de arena 85.37%, sales solubles de 0.14% y partículas chatas y alargadas de 18.13%. Mientras en las cuatro muestras de residuos reciclados de ladrillos sobrecoccionados en promedio se tiene los siguientes resultados; en el ensayo de abrasión Los Ángeles se obtuvo 28.45%, CBR de 66.94%, sales solubles de 0.02%, partículas chatas y alargadas de 16.37 y una equivalencia de arena del 100%; dichos resultados son comparados con material de subbase de origen natural proveniente de la cantera Sencca que tiene como resultados en el ensayo de abrasión Los Ángeles un 27.92%, CBR de 51.28%, índice de plasticidad 9%, límite de liquidez de 25%, equivalencia de arena 35.74%, sales solubles de 0.11%. Asimismo, cabe destacar que las muestras materia de ensayo cumplen con las solicitaciones granulométricas implantados en la EG-2013, las muestras de material coccionado y sobre coccionado no presentan valores de Límite líquido y límite plástico (NP), mientras el material de la cantera Sencca sí presenta. La investigación **concluye** que el material coccionado y sobrecoccionados sí pueden ser usados para subbase de pavimentos al cumplir con los parámetros de la EG-2013, además de que las curvas granulométricas de ambas muestras del ladrillo se asemejan debido a que fueron desmenuzados en la misma chancadora.

Reyes (2019) en su tesis de investigación formulada que persiguió como **propósito** establecer las repercusiones de la reutilización del residuo de cerámica roja (R.C.R), tales como: ladrillos, baldosas, tejas, mayólica, etc., en la sub base del pavimento flexible, la **metodología** seguida por el trabajo fue un tipo de investigación aplicada en un nivel correlacional-experimental; para lo cual se realizó ensayos de 24 muestras, dichas muestras se dosificaron en proporciones porcentuales de (R.C.R)/suelo 12.5/87.5, 25/75 y 50/50; posteriormente las

muestras se sometieron a estudios de laboratorio dando como **resultado** para la muestra 12.5/87.5 un CBR de 26%, una densidad seca máxima de 1.81 g/cm³, contenido de humedad óptimo de 12.8%, límite líquido de 21%; mientras para la muestra 25/75 un CBR de 34.7%, una densidad seca máxima de 1.826 g/cm³, límite líquido de 18% y un contenido de humedad óptimo de 11.8%; finalmente para la muestra 50/50 se obtuvo un CBR de 40.8%, un contenido de humedad óptimo de 10.4%, densidad seca máxima de 1.844 g/cm³ y un límite líquido de N.P. (No plástico); además al material R.C.R. se le practicó el ensayo de granulometría mediante el tamizado con mallas calificando como una arena bien graduada con limo (SW-SM) de acuerdo con la clasificación SUCS, y A-1-a (1) de acuerdo con la clasificación AASHTO, con un índice de plasticidad de N.P. (No plástico) y un límite líquido del 21%. La investigación da como **conclusión** que la mezcla en las diferentes dosificaciones de ambos materiales llega a mejorar las características geotécnicas del suelo (arena limosa); solo las dosificaciones 25/75 y 50/50 llegan a cumplir con las exigencias que debe tener una subbase de pavimento flexible de acuerdo con la normativa peruana CE 010 Pavimento urbanos y a la NTP 339.145; ya que la dosificación 12.5/87.5 tiene un CBR de 26% debiendo tener como mínimo un 30%.

Torres (2020) en su tesis de investigación que persiguió como **propósito** el reaprovechamiento de los residuos de demoliciones y construcciones para el mejoramiento de bases y subbases de pavimentos en la ciudad de Ayacucho. La **metodología** aplicada en la investigación fue del tipo aplicada, descriptivo y cuasiexperimental; en la investigación se analizaron muestras de agregados naturales procedente de la cantera de Chillico, agregados reciclados y una mezcla de ambos en una proporción de 50/50%; los ensayos de laboratorio dan como **resultado** lo siguiente: Para la muestra de agregado natural; el ensayo de granulometría mediante el tamizado con mallas calificando como una grava bien graduada con arcilla (GW-GC) de acuerdo con la clasificación SUCS, y A-1-a (1) de acuerdo con la clasificación AASHTO, con un índice de plasticidad de 5.67%, un límite líquido del 23% y un límite plástico de 17.33%, equivalente de arena del 40%, CBR de 102.5%, una densidad seca máxima de 2118 kg/m³, contenido de humedad óptimo de 5.6%, abrasión de 17.40%, partículas chatas y alargadas del 5.60% y

sales solubles de 0.26% y 0.17% para el agregado grueso y fino respectivamente. Para la muestra de agregado reciclado; el ensayo de granulometría mediante el tamizado con mallas calificando como una grava bien graduada con limo (GW-GM) de acuerdo con la clasificación SUCS, y A-1-a (1) de acuerdo con la clasificación AASHTO, no presentó plasticidad, equivalente de arena del 83%, CBR de 76.5%, una densidad seca máxima de 1915 kg/m³, contenido de humedad óptimo de 11.20%, abrasión de 27%, partículas chatas y alargadas del 6.03% y sales solubles de 0.11% y 0.14% para el agregado grueso y fino respectivamente. Finalmente la muestra de agregado natural y reciclado dosificado en un 50/50% reporta; en el ensayo de granulometría mediante el tamizado con mallas una calificación como una grava bien graduada con limo (GW-GM) de acuerdo con la clasificación SUCS, y A-1-a (1) de acuerdo con la clasificación AASHTO, con un índice de plasticidad de 3.85%, un límite líquido del 24.92% y un límite plástico de 21.10%, equivalente de arena del 68%, CBR de 90.50%, una densidad seca máxima de 2049 kg/m³, contenido de humedad óptimo de 7.00 %, abrasión de 22.74%, partículas chatas y alargadas del 5.87% y sales solubles de 0.25% y 0.17% para el agregado grueso y fino respectivamente. Por lo cual el autor **concluye** que las muestras de agregado reciclado y la mezcla 50/50% se encuentran dentro de las exigencias de la normativa EG-2013.

Asimismo, como antecedentes en el ámbito de trabajos de investigación en **otros idiomas**, tenemos:

Lima et al. (2020) no artigo que teve como **objetivo** analisar a possibilidade de utilização de resíduos de cerâmica vermelha no processo de estabilização física de um solo laterítico arenoso. Para as quais foram preparadas misturas de solo/resíduo de cerâmica nas proporções de 100/0, 50/50 e 40/60%, em peso. Realizou-se uma série de testes normatizados, obtendo-se **resultados** favoráveis: para a amostra de solo puro (100/0) obteve-se um limite plástico de 17%, um limite de líquido de 24% e um índice de plasticidade de 7%; Da mesma forma, na classificação usando o sistema AASHTO, é relatado como solo do tipo A-4 (solo siltoso não adequado para pavimentação); No teste próctor para uma energia normal ele relata uma massa seca aparente específica de 1.912 kg / m³ e uma umidade ótima de 12,64%, para uma energia intermediária ele relata uma massa

seca aparente específica de 1.975 kg / m³ e uma umidade ótima de 11,85 %, e para uma energia modificada reporta uma massa aparente seca específica de 2.048 kg / m³ e uma umidade ótima de 11,02%; No teste CBR, obteve-se um índice CBR de 16.7% para energia normal, 23.8% para intermediária e 32.5% para modificada. Para a amostra 50/50% no teste próctor para uma energia normal, ela relata uma massa específica aparente seca de 1.765 kg./m³ e uma umidade ótima de 16.85%, para uma energia intermediária ela relata uma massa específica aparente seca de 1.811 kg./m³ e umidade ótima de 15.21%, e para uma energia modificada reporta massa seca aparente específica de 1.853 kg/m³ e umidade ótima de 14.95%; No teste CBR, obteve-se um índice CBR de 20.6% para energia normal, 43.7% para energia intermediária e 63,1% para modificada. finalmente, para a amostra de 40/60% no teste próctor para energia normal, ele relata uma massa específica aparente seca de 1.743 kg/m³ e uma umidade ótima de 17.48%, para uma energia intermediária, ele relata uma massa específica aparente seca de 1.791 kg./m³ e uma umidade ótima de 17.13%, e para uma energia modificada relata uma massa seca aparente específica de 1.842 kg./m³ e uma umidade ótima de 16.02%; No teste CBR, obteve-se um índice CBR de 24.3% para energia normal, 71.8% para energia intermediária e 83.4% para modificada. De acordo com os resultados dos testes, os autores **concluem** que a utilização de resíduos cerâmicos no processo de estabilização de solos laterítico é uma técnica viável uma vez que os resíduos conferem um aumento no índice CBR, além disso, o uso dessas misturas nas camadas do pavimento (base e sub-base) são viáveis, pois atendem aos critérios estabelecidos pelo órgão regulador brasileiro (DNIT).

Matuella (2017) no seu trabalho que tem como **objetivo** analisar o efeito da mistura de resíduos de construção e demolição (RCD) no seu comportamento mecânico, a fim de aplicar este material como agregado a revestimentos de pavimentos; a **metodologia** deste estudo foi experimental; A pesquisa analisa amostras de agregados de concreto reciclado (RCD cinza), e outros com adição de porcentagens de material cerâmico (RCD vermelho) ao agregado de concreto reciclado (RCD cinza); as doses (cinza RCD / vermelho RCD) foram analisadas da seguinte forma: 100/0%, 90/10%, 80/20%, 70/30%, 60/40% e 50/50%; Se foram realizados ensaios de granulometria, compactação, abrasão Los Angeles, módulo

triaxial de compressão e resiliência (MR), foi realizada também a análise do comportamento das bases dos pisos compostos pelos ensaios com o software Everstress versão 5.0. De acordo com os **resultados**, fica evidente que o aumento percentual do RCD vermelho afeta consideravelmente o comportamento mecânico do RCD cinza; portanto, ele **conclui** que a composição do RCD influencia diretamente no seu comportamento mecânico, mas também terá uma influência representativa no comportamento dos solos.

Arulrajah, Maghool y Horpibulsuk (2016) in the research work that **aimed** to evaluate five types of construction and demolition waste (C&D) through laboratory tests for their application in road works. The types of C&D material that were studied include Crushed Brick (CB), Recycled Concrete Aggregate (RCA), Waste Rock (WR), Recycled Fine Glass (FRG) and Reclaimed Asphalt Pavement (RAP). The study was carried out by applying a **methodology** with an experimental approach, as a background we are interested in knowing the results of the crushed brick (CB) so we will only capture the **results** related to it: The classification of soils by the SUCS method gives as GW (well graded gravel), the Los Angeles abrasion test reports 36%, the CBR test gives values from 123% to 138%, water absorption of the coarse fraction is 6.2%, water absorption of the fine fraction is 6.9%. The research work **concludes** that CB, RCA and WR meet the demands of the Victoria (Australia) road regulations for application as a subbase material. However, RAP and FRG must be mixed with other aggregates to improve their CBR to be suitable for use in road subbase, they also mention that these last two materials are possible to use as fill material for embankments as they need much lower CBR requirements.

Además, para el presente estudio se tomará como referencia los siguientes **artículos científicos**:

De Souza, Ribeiro, Xavier y Dos Santos (2019) no artigo de pesquisa “Resíduos de cerâmica vermelha como material ambientalmente sustentável para uso em pavimentação”, publicado na Revista GESTA; que teve como **objetivo** avaliar as propriedades de resíduos de cerâmica vermelha (RCV) e misturas de RCV com solo da classe A-2-4 no sistema de classificação AASHTO e SP (areia mal graduada) no sistema SUCS, para aplicações como material rodoviário e projeto do pavimento; Portanto, a **metodologia** foi experimental em que amostras de solo,

RCV e solo misturado com RCV tiveram que ser analisadas nas dosagens de 70/30, 50/50 e 30/70% (solo / RCV). Em seguida, as amostras foram submetidas a estudos laboratoriais, **resultando** em todas as dosagens apresentando comportamento não plástico (NP) em relação aos limites de consistência de Atterberg; O RCV se classifica no sistema AASHTO como A-1-a, considerado brita, cascalho e areia, enquanto no sistema SUCS como GW (seixo bem classificado) com coeficiente de curvatura (Cc) de 1,41 e coeficiente de uniformidade (Cu) de 1,52, 41% foi reportado no ensaio de abrasão de Los Angeles, enquanto o ensaio de compactação foi realizado com energias normal, intermediária e modificada, obtendo-se valores de CBR de 5%, 28,65% e 34% respectivamente. A amostra de solo é classificada no sistema AASHTO como A-2-4, enquanto no sistema SUCS como SP (areia mal graduada), no ensaio de compactação para energia modificada foi obtido um CBR de 38%. As amostras 70/30, 50/50 e 30/70% no ensaio de compactação por energia modificada relatam um CBR de 40,22%, 218,98% e 200,59, respectivamente. Com base nos resultados obtidos e na regulamentação brasileira vigente, os autores **concluem** que é possível utilizar o RCV na estabilização de solos lateríticos, uma vez que confere um aumento no CBR do solo. Da mesma forma, fica evidente que a RCV e suas respectivas misturas podem ser utilizadas no subleito, base e sub-base de pavimentos rodoviários.

Silva y Carvalho (2017) em seu artigo que integra a Revista GESTA; **Objetivou-se** identificar a possibilidade de aplicação de resíduo de cerâmica vermelha (RCV) em camadas de base de pavimentos de baixo tráfego no município de Palmas-TO; Foi aplicada uma **metodologia** experimental, para que fossem realizados diferentes testes, as amostras de solo / CVR foram dosadas da seguinte forma: a) Amostra A1: 100/0%, b) Amostra A2: 60/40%, c) Amostra A3: 50 / 50% e d) Amostra A4: 25/75%. Os resultados dos testes de densidade real de grãos para a amostra de solo (A1) é 2,44 g / cm³, para a amostra A2 é 2.766 g / cm³, para a amostra A3 é 2.729 g / cm³ e para a amostra A4 é 2.740 g / cm³; Em relação aos testes de limite de Atterberg, a mistura A3 reporta um limite de liquidez de 20,32%, a amostra A1 um limite de liquidez de 12,89% e as demais amostras não reportam plasticidade e liquidez (NP); De acordo com o sistema USCS, as amostras A1, A2 e A4 são classificadas como SP (areia mal graduada com cascalho), enquanto a amostra A3

é classificada como SW (areia bem graduada com cascalho); De acordo com o sistema de classificação de solos AASHTO, as amostras A1, A2 e A4 são classificadas A-2-4 (cascalho e areia argilosa siltosa), enquanto a amostra A3 é classificada como A-2-6; o teste de compactação fornece dados para teor de umidade ideal e densidade seca máxima; Da mesma forma, o ensaio de CBR foi realizado para estabelecer a capacidade de carga em que a única amostra que atendeu aos requisitos das camadas de base do pavimento foi a amostra A3, por apresentar CBR maior que 60%; Por fim, a pesquisa **conclui** que a dosagem 50/50% (solo / RCV) é adequada para sua aplicação em pavimentos de baixo tráfego, enquanto as demais dosagens são viáveis para uso em outras camadas granulares.

Arisha, Gabr, El-Badawy Y Shwally (2016) in the research published in the Procedia Engineering magazine and exhibited at the third International Congress of Transport Geotechnics (ICTG 2016), the **objective** was to investigate the suitability of the use of the mixture of waste from construction and demolition (C&D) and construction materials. Recycled Clay Masonry (RCM) brick in pavement construction in Egypt. These residues were mixed in proportions of (C & D / RCM) 100/0, 90/10, 80/20, 70/30, 55/45, 40/60, 20/80 and 0/100%; The **results** of the tests for the mixture 0/100% according to the classification by the AASHTO method shows a soil of type A-1-a, plasticity index of NP (No plastic), Liquid limit of 26%, CBR of 76.60%, Los Angeles abrasion of 83.80%, an optimal moisture content of 10.80% and a maximum dry density of 1.75 Tn / m³. For the 100/0% sample, according to the classification by the AASHTO method, it shows a soil of type A-1-a, plasticity index of NP (Non-plastic), liquid limit of 25%, CBR of 152.90%, abrasion Los Angeles of 47.20%, an optimal moisture content of 12.70% and a maximum dry density of 1.86 Tn / m³. For the 90/10% sample, a CBR of 128.70% is obtained, an optimum moisture content of 14.40% and a maximum dry density of 1.84 Tn / m³; for the 80/20% sample, a CBR of 114.50% is obtained, an optimum moisture content of 13.50% and a maximum dry density of 1.82 Tn / m³; for the 70/30% sample, a CBR of 114.50% is obtained, an optimum moisture content of 14.30% and a maximum dry density of 1.82 Tn / m³; for the 55/45% sample, a CBR of 119.40% is obtained, an optimum moisture content of 11.50% and a maximum dry density of

1.84 Tn./m³; for the 40/60% sample, a CBR of 114.50%, an OCH of 12.40% and a MDS of 1.84 Tn / m³ are obtained; For the 20/80% sample, a CBR of 69.50% is obtained, an optimum moisture content of 10.10% and a maximum dry density of 1.78 Tn / m³. From which they **conclude** that the 0/100% mixture is recommended for use as a sub-base material when complying with the regulations of the Egyptian Code of Practice for urban and rural roads: road materials and their tests (ECP - 2008).

Enseguida se presenta las **bases teóricas** más relevantes relacionada a las variables del estudio que contribuyen al mejor entendimiento y/o explicación del presente tema materia de investigación:

Generalidades del ladrillo

Ladrillo

Araguas (2003) como se citó en Anzora, Perdomo y Romero (2018), define al ladrillo como un producto fabricado de arcilla, en la cual se incorporan o no otros materiales dependiendo de la calidad de la arcilla, este es endurecido por medio de fuego donde se descomponen los carbonatos presentes.

El ladrillo es un material de construcción que tiene la forma de un prisma rectangular ortogonal, formadas principalmente por tierras arcillosas, pizarras y otros; posterior a la cocción esto adquiere un color que varía desde el naranja pálido al naranja rojizo; tiene un uso variado, ya sea en asentamiento de muros de albañilería, tabiques y otros; de fácil manejo por su tamaño pequeño y por presentar una forma regular; la nomenclatura de las caras y aristas del ladrillo se ejemplifica en la Figura 1.

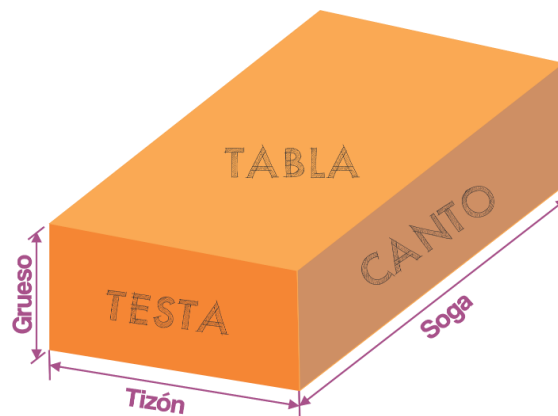


Figura 1. Denominación de aristas y caras de ladrillos. Adaptado de Villarino (2011).

Ladrillos artesanales

Los ladrillos artesanales son aquellos elaborados con técnicas mayoritariamente manuales, se requiere el uso de la arena fina como desmoldante, el amasado o moldeado es llevado a cabo a mano; estos ladrillos manufacturados artesanalmente se caracterizan por presentar variabilidades de una unidad a otra (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual [INDECOPI], 1978).

Vicaña (2019) define al ladrillo como una pieza cerámica, ortogonal, que se obtiene mediante moldeo, secado, cocción y enfriamiento, de una masa de arcilla, cuyas dimensiones suelen variar.

Materia prima del ladrillo artesanal

El componente esencial utilizado para la producción de ladrillos son los suelos arcillosos.

Arcilla

Santos (1989) define a la arcilla como un material de origen natural, terrosa, de grano fino, lo cual al ser empapada por lo común con agua obtiene cierta plasticidad, están formados principalmente por silicatos de aluminio hidratados, magnesio y hierro. Además, menciona que la arcilla está conformada por partículas cristalinas pequeñas, que consta de diversos minerales conocidos como minerales arcillosos, pero también puede contener otros materiales y minerales como sales solubles, partículas de cuarzo, pirita, mica, calcita, dolomita, materia orgánica y otras minerales residuales.

Asimismo, otro autor como Rodhes (1989) precisa que la arcilla es un elemento mineral terroso conformado mayoritariamente por hidrosilicato de alúmina, que adquiere una consistencia plástica al contacto con el agua, además de obtener una consistencia dura parecida a la roca cuando se cuece. Asimismo, señala que la arcilla es fruto del proceso de envejecimiento de la corteza terrestre, al ser continuo este proceso y al producirse en todas partes de la tierra, la arcilla se convierte en un material demasiado corriente y se tiene su presencia en una cantidad abundante.

Asimismo la INDECOPI (1978) define a la arcilla como un agregado mineral térreo que está formado por silicatos de aluminio hidratados, la cual obtiene un comportamiento plástico al estar pulverizado y saturado, al encontrarse en estado seco es indeformable y adquiere una consistencia vítrea cuando se somete a cocción en temperaturas del rango de 1000 °C.

De acuerdo a Alfaro (2007) citado en Vicaña (2019) el material arcilloso de la localidad de Compañía (Huamanga – Ayacucho) está ligado a depósitos lacustres del periodo pleistocénico, estratigráficamente pertenece a la formación Ayacucho.

La arcilla se compone de silicio (Si) y aluminio (Al), estos elementos al combinarse con el oxígeno, se genera los comúnmente conocidos como óxidos; pasando a llamarse sílice (SiO_2) y alúmina (Al_2O_3). Por lo que la combinación de una molécula de Al_2O_3 , dos moléculas de SiO_2 y 2 de H_2O (agua) forman el generalmente conocido como arcilla y químicamente conocido como silicato hidratado de alúmina ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (García Valdés, 2013).

Características de los ladrillos artesanales

Según la INDECOPI (1978) el ladrillo deberá ser libre de materias extrañas en las caras superficiales o en su composición interior, además de estar bien cocida con una coloración homogénea y sin vitrificaciones, asimismo no deberán presentar agrietamientos, desgarros, rajaduras, excesiva porosidad u otras deficiencias que afecten su resistencia y durabilidad; de igual modo no deberá contener sales solubles y así evitar eflorescencias.

Propiedades de los ladrillos artesanales

En la presente investigación se hará uso de residuos ladrilleros, a los cuales se les dará uso como material granular de subbase de pavimentos rígidos, razón por la cual las propiedades de estas piezas cerámicas tendrán influencia en las propiedades del material triturado. De acuerdo a los autores Barranzuela (2014) y Rosas (2018) las propiedades de los ladrillos se dividen en dos grupos:

Propiedades físicas

Una de las propiedades físicas es el color, la cual está relacionada a la presencia de los componentes de la materia prima y de la magnitud del tiempo de cocimiento; es así como el cuarzo contribuye a la disminución de la plasticidad, asimismo

colabora a adquirir la refractariedad al igual que la alúmina, la sílice contribuye al aumento de la plasticidad, mientras el óxido férrico le confiere el color característico. La textura es otra propiedad relacionada al aspecto superficial que posee el ladrillo posterior a su proceso de elaboración (Barranzuela, 2014).

Propiedades Mecánicas

Las propiedades mecánicas las dividen de acuerdo con su relación con la resistencia estructural y su durabilidad. Dentro de las propiedades relacionadas a la resistencia estructural, se tiene a la resistencia a la compresión, la cual le confiere al ladrillo la resistencia a fuerzas de aplastamiento, a la intemperie y otros. La variabilidad dimensional y el alabeo están relacionadas a las concavidades y convexidades presentes en las caras superficiales de los ladrillos, finalmente tenemos a la succión, propiedad que está relacionado a la celeridad de la absorción del agua, la cual depende principalmente del grado de porosidad que presente el ladrillo (Gallegos, 2005).

Según la relación con la durabilidad, la absorción es una propiedad que hace referencia a la capacidad de conservar elementos líquidos dentro de su estructura; el aislamiento térmico es otra de sus propiedades ya que tienen la capacidad de inhibir la transferencia de energía térmica; asimismo la propiedad de resistencia al fuego le confiere la aptitud de aguantar altas temperaturas sin que sus propiedades mecánicas se vean comprometidas y/o afectadas, finalmente otra de las propiedades es su capacidad de resistencia a las condiciones climáticas adversas sin comprometer sus propiedades ingenieriles (Gallegos, 2005).

Proceso productivo del ladrillo artesanal

La fabricación de ladrillos en la localidad de Compañía se caracteriza por llevarse a cabo de manera artesanal, ya que la mayoría de las actividades dentro de las etapas de fabricación se lleva de manera manual, a excepción de la etapa de mezclado, lo cual tiene el siguiente proceso:

Extracción de la materia prima, la cual consiste en el aprovisionamiento y transporte de las tierras arcillosas que constituyen el componente esencial para la elaboración de ladrillos, la extracción de las canteras se realiza con maquinarias pesadas (excavadoras, cargador frontal, retroexcavadoras, etc.) para posteriormente

proceder con el carguío a los camiones volquete y ser llevados hasta los lugares de acopio.



Figura 2. Cantera utilizada para la extracción de materias primas. Fotografía propia.

Posteriormente se prosigue con el mezclado y amasado, la cual consiste en lograr una excelente homogeneización de las materias primas, es decir de la variedad de arcillas y suelos a utilizarse, además posteriormente mezclarlas con el agua (Villarino , 2011, p. 46).

Para proceder con la etapa de mezclado, previamente las materias primas se preparan limpiando restos orgánicos (raíces, restos de arbustos, etc.), gravas y otros residuos. En la localidad de Compañía tiempo atrás el mezclado se realizaba de forma manual, en la actualidad se lleva acabo de forma mecánica utilizando una mezcladora, en la cual se vierten las materias primas y agua, para finalmente obtener una masa de barro de consistencia plástica.



Figura 3. Mezclado de materias primas. Fotografía propia.

La etapa de moldeo consiste en dar a la masa de barro la forma que deberá tener después de la cocción, es una de las etapas más esenciales del proceso de manufactura, ya que repercutirá de manera determinante en las propiedades y/o estructura física y mecánica de los ladrillos y su textura, además de influir en las etapas subsiguientes; razón por la cual deberá tenerse especial cuidado y control (Villarino, 2011, p. 46).

El proceso de moldeo inicia con las actividades de preparación del patio de secado (tendal), en el cual se tiende una capa de arena fina haciendo uso de palas y carretillas, esto se realiza con el fin de prevenir que los ladrillos forjados no se adhieran al piso al momento de voltear para su secado y/o remover para el arrumado, y no sufran daños en la cara en contacto con el suelo. Posteriormente se comienza con el labrado, para lo cual la gavera se empapa de arena fina de río con el fin de que actúe como desmoldante y así la masa se desprenda fácilmente del molde, posteriormente se introduce desde una cierta altura a presión ejercida por las manos del operario una cantidad necesaria de masa de barro en las gaveras (moldes fabricadas a base de madera), se continua con el enrasado y remoción de excesos del molde, para finalmente pulir la cara superior libre de los ladrillos y desmoldarlo en el patio de secado; el proceso se realiza de manera repetitiva hasta terminar la mezcla preparada.



Figura 4. Proceso de moldeado. Fotografía propia.



Figura 5. Molde (gavera) utilizado en el labrado. Fotografía propia.

La etapa de secado y arrumado consiste en que una vez desmoldadas las piezas a lo largo del patio de secado (tendal), los ladrillos son expuestos a los rayos solares y al aire libre, con el fin de eliminar la mayor cantidad posible de humedad existente; este proceso dura aproximadamente de 1 a 2 días. Posteriormente los ladrillos son apilados en forma vertical; dicho apilado se deja secar por 5 a 7 días (los tiempos dependen de las condiciones climatológicas). En caso de presencia de precipitaciones pluviales los ladrillos crudos se cubren con mantas de plástico a lo largo y ancho del tendal. De acuerdo a García Navarro (2013) el proceso de secado se realiza hasta que la masa cruda amoldada pierda alrededor del 13% de su humedad inicial y que se encuentre preparado para ser trasladado y cargado al horno de cocción.



Figura 6. Proceso de secado y apilado de ladrillos crudos. Fotografía propia.

La etapa de carga del horno consiste en trasladar los ladrillos crudos y presecados, desde las zonas en que se encuentran apiladas hasta el interior del horno, acomodándolas de manera que permita el encendido de la leña y los combustibles, para así tener un correcto flujo de fuego y una cocción uniforme, en el proceso de acomodo y colocación se deja pequeños espacios entre ladrillo y ladrillo con el fin de que el calor y el fuego se distribuya mejor, y facilite la salida del humo y los gases producto de la quema; además cada dos hileras de acomodo de los ladrillos se esparce carbón con el fin de obtener una cocción uniforme.



Figura 7. Proceso de acomodo de ladrillos crudos. Fotografía propia.

Posteriormente los ladrillos crudos son sometidos a cocción por acción del fuego y el calor a altas temperaturas, producto de la quema de troncos, carbón y otros combustibles en la cámara de combustión, etapas más esenciales del proceso de manufactura artesanal, ya que gracias a esta etapa se llevan a cabo los cambios químicos de las arcillas y las demás materias primas del ladrillo, produciendo que éstos se vitrifiquen proporcionando las propiedades estructurales y de resistencia (García Navarro, 2013). Además de que le proporciona su color característico que tendrá el producto terminado.

Luego del encendido y sellado de las cámaras del horno, el objetivo es hacer que el fuego ascienda de manera homogénea por medio de los estratos de carbón tendido en forma intercalada en la etapa de acomodo y carga del horno, para finalmente el fuego alcanzar la parte superior y llevar a cabo la cocción hasta el agotamiento del combustible.



Figura 8. Horno artesanal lleno de ladrillos crudos. Fotografía propia.

La etapa de la descarga del horno se empieza cuando el fuego llegó a consumir el total del combustible (carbón) y por consiguiente la cocción de las unidades de la parte alta del horno, se procede a abrir las cámaras de combustión; para así ventilar y llevar a cabo un enfriamiento lento de las unidades cocidas y evitar rajaduras y roturas. Para posteriormente descargar y comercializar los productos terminados.

La fabricación de ladrillos artesanales comprende una serie de etapas, los detalles de estos se pueden ver en la Figura 9, a través del flujograma del proceso de manufactura, entrada y salida de los insumos de la industria ladrillera artesanal.

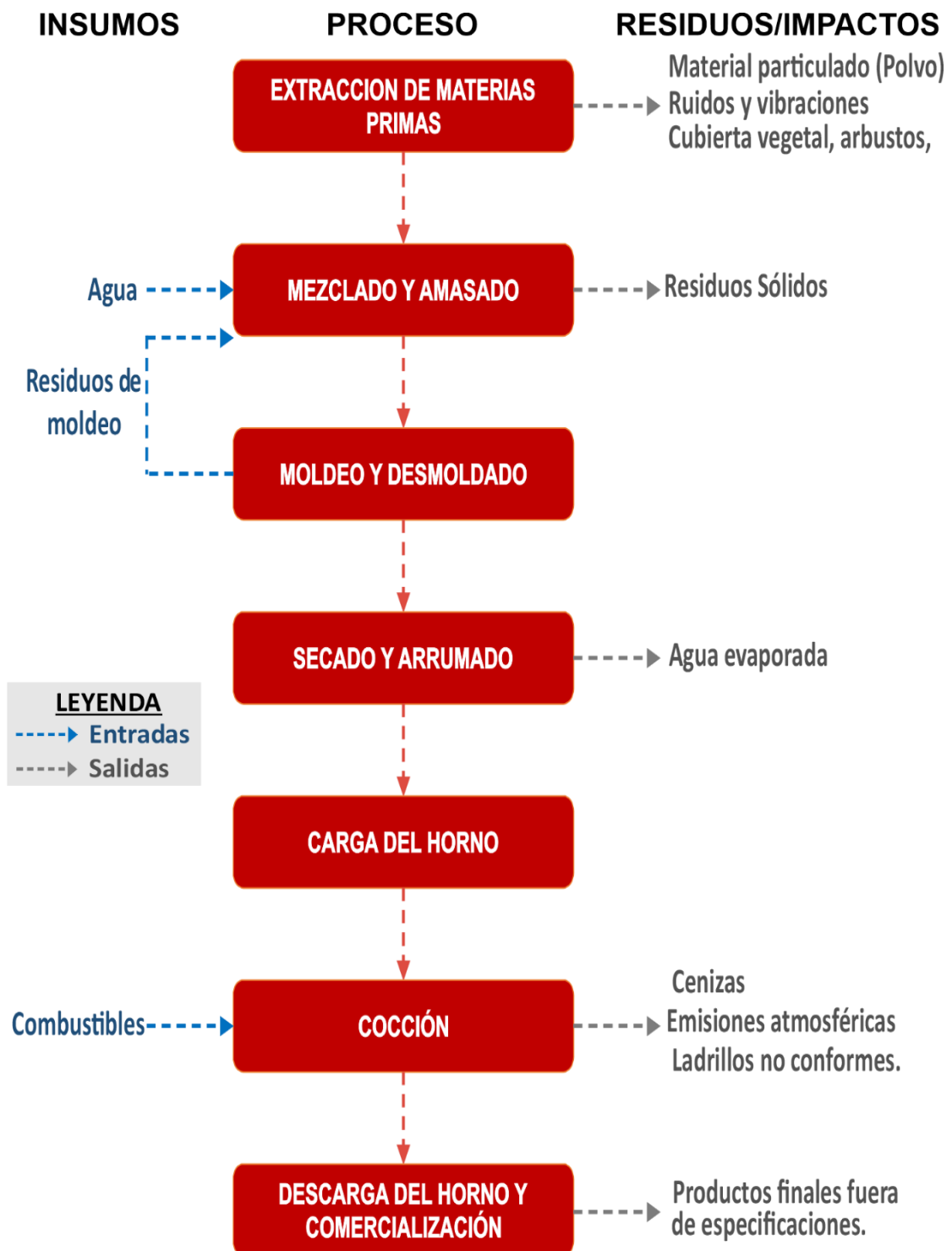


Figura 9. Flujograma del proceso de manufactura de la industria ladrillera artesanal. Adaptado de Dias (2016).

Generalidades del reciclaje de residuos ladrilleros

Reciclaje:

Amaya, Salmerón y Villatoro (2013) definen al reciclaje como una serie de procedimientos mediante el cual los residuos y/o desperdicios de cualquier material

son reunidos, almacenados y transformados en nuevos productos, para su posterior comercialización y/o reutilización como componente principal en la fabricación de nuevos productos.

Residuos ladrilleros

Casado (2005) precisa que son aquellos residuos sólidos inertes que están conformados por desechos de la actividad cerámica procedente de los ladrillos rechazados a consecuencia de fracturas o defectos en su proceso de cocción.



Figura 10. Residuos ladrilleros arrojados a botaderos informales. Fotografía propia.

Origen de los Residuos ladrilleros

Al respecto Duran et al. (2017) sostienen que en cada una de las diferentes fases del ciclo de producción de la actividad ladrillera se originan residuos sólidos inertes de diversas propiedades e índoles, que requieren un manejo diferenciado y una adecuada disposición final, como principales remanentes del proceso de extracción de las materias primas y dentro del procedimiento productivo de los ladrillos, y lo clasifica en: Residuos de la extracción de materias primas y residuos de la producción.

Residuos de la extracción y/o obtención de materias primas, estos residuos se generan a consecuencia de la limpieza del estrato superior de la superficie terrestre

de las canteras de las materias primas, dentro de estos residuos tenemos a los suelos orgánicos no aptos, cubierta vegetal, arbustos, rocas, bloques, etc.

Residuos de la producción, de acuerdo a Framar (2015) citado en Duran et al. (2017) estos tipos de residuos provienen de las etapas propias del proceso de manufactura, por ejemplo los productos fuera de especificaciones y requisitos de calidad como los ladrillos sobrecoccionados, crudos, los normalmente cocidos pero con presencia de fracturas y grietas, cenizas de carbón, restos de bloques y chamote.

Características de los residuos ladrilleros de producción

Los ladrillos se elaboran y procesan con el fin de obtener un producto de mejores propiedades físicas y mecánicas, normalmente una cantidad porcentual de la producción no llegan a cumplir las especificaciones y requisitos de calidad por lo que se rechazan, debido a la forma artesanal de producción un claro ejemplo de estos residuos son los ladrillos sobrecoccionados también son conocidas como recochos.

Las unidades con exceso de cocción (sobrecoccionados) son aquellas que presentan deformaciones, además de presentar una textura y color desigual ya que obtienen un color negruzco a nivel superficial debido al sometimiento a temperaturas superiores a los normales (mayores a 1000 °C), llegando a alcanzar un estado vidrioso, con todas las características de dureza y fragilidad inherentes que eso genera, lo cual conlleva a presentar alteraciones en sus propiedades físicas y mecánicas en relación con un ladrillo en condiciones normales. Del mismo modo presenta variaciones en sus dimensiones debido a deformaciones por hinchamiento y torceduras ocasionando un mayor alabeo en comparación con un ladrillo en buenas condiciones (Masías, 2018).

Otra de las características que mejora es su resistencia debido a las vitrificaciones y a la formación de cristales de mullita (silicato de aluminio) que contribuyen al enlazamiento de la estructura de la arcilla mediante sus largos cristales proporcionando cohesión y resistencia entre sí, lo anterior se puede comprobar al realizar la medición de la resistencia a la compresión de las unidades, ya que el exceso de cocción provoca reacciones complejas como el incremento de la

densidad (se reduce la cantidad porcentual de vacíos en comparación con un ladrillo en condiciones normales) (Masías, 2018).

Los ladrillos sobrecoccionados aumentan su resistencia mecánica y dureza, debido a que el proceso de vitrificación provoca que se vuelvan más fuertes y a la vez un incremento de la densidad, por ende, este material podría ser usado como material de subbase de pavimentos. Otro aspecto para tomar en cuenta debido a su relevancia es la porosidad y la capacidad de absorción; la porosidad al ser variable le apoya a reducir su peso propio, mientras la capacidad de absorción también al ser variable y tener una fuerte dependencia de la forma de los poros, podrían formar poros capilares que favorezcan a sus propiedades de absorción por capilaridad (Masías, 2018).

También tenemos a los ladrillos crudos conocidos también como bayos, ya que éstos no llegaron a cocerse en una temperatura adecuada. Otros tipos de residuos de esta etapa son las unidades cocidas a temperaturas normales, pero con presencia de defectos como fisuras, grietas y deformaciones producto de la manipulación y/o transporte de éstos. Para efectos del presente estudio de investigación, los residuos ladrilleros tendrán la particularidad de ser ladrillos recochos, es decir unidades con exceso de cocción, y otras que fueron normalmente cocidas, pero con presencia de defectos.



Figura 11. Ladrillos con exceso de cocción (recochos). Fotografía propia.

Generalidades de pavimentos

Pavimentos

Etimológicamente el término pavimento, proviene del verbo latino pavire, que significa nivelar y apisonar la tierra; a eso se le aumentó el sufijo mentum, dando como resultado pavimentum (Sanz, 2016).

Un pavimento es una capa o grupo de capas de materiales, apoyados íntegramente sobre la espacio de fundación conocida como subrasante, estas capas se diseñan para transferir, distribuir y soportar de manera eficiente las cargas del tráfico vehicular y peatonal en diferentes condiciones climáticas, además estas deberán estar configuradas de modo que los materiales de mayores propiedades ingenieriles se coloquen en la parte superior, el pavimento para su correcto funcionamiento y adecuada provisión de las condiciones mínimas de serviciabilidad y transitabilidad deberá ser sometida a un conjunto de rehabilitaciones de manera rutinaria y/o periódica.

Los pavimentos de los caminos de transporte terrestre interurbanas y urbanas son estructuras viales multicapa, es decir están conformadas por un conjunto de capas sobrepuestas ligeramente llanas compuestas por materiales seleccionados. Estas estructuras son concebidas para soportar las cargas impuestas por el tráfico vehicular y por las condiciones ambientales (función estructural). Asimismo, deben diseñarse con el objetivo de proveer condiciones óptimas de transitabilidad al tránsito vehicular que haga su paso sobre el pavimento en un determinado lapso (objeto funcional). Las cargas dinámicas del tráfico vehicular que circulen encima de éstas generan en las conexiones de los estratos esfuerzos constantes y distorsiones verticales, planas y de corte. El pavimento se carga sobre una subrasante natural o bien por encima de una plataforma, que puede ser la subrasante mejorada, estabilizada, o un terraplén, que se denomina capa de conformación (Rondón y Reyes, 2015).

El pavimento se encuentra conformado por un grupo de estratos sobrepuestas ligeramente planas, que se proyectan y edifican con materiales aptos y posteriormente densificados. Dichas estructuras multicapas se cimentan por encima de la subrasante de una ruta conformada por medio de excavaciones a gran escala de tierras durante la etapa exploratoria, los cuales deberán soportar de

manera apropiada los esfuerzos transferidos por las cargas del tráfico vehicular durante su vida útil para el cual fue diseñado la estructura vial (Montejo, 2002).

Clasificación de pavimentos

El autor Vivar (1995) clasifica a los pavimentos de acuerdo a la forma en que se transmiten las solicitaciones del tránsito al terreno: Rígidos y flexibles.

Pavimento Flexible

Estructura formada por una carpeta de rodadura de concreto asfáltico (mezcla de asfalto y agregados pétreos) apoyada sobre otras capas de materiales superpuestas (base y subbase), las cuales distribuyen las cargas vehiculares que llegan desde la superficie de rodadura a la subrasante; debido al comportamiento flexible de la capa superficial las cargas del flujo vehicular son distribuidas de manera menos eficiente, razón por la cual se necesita un mayor número de capas para así contrarrestar la ineficacia.

Los autores Minaya y Ordóñez (2006) y Montejo (2002) sostienen que los pavimentos de esta tipología se encuentran conformados por una carpeta del tipo asfáltico, el cual habitualmente se apoya encima de un par de capas no rígidas, conocidas como subbase y base. Sin embargo, podrá eliminarse alguno de estas capas de acuerdo con las exigencias particulares de cada proyecto.



Figura 12. Configuración estructural típica de un pavimento flexible. Elaboración propia.

Pavimentos Rígido

Estructura conformada por una losa de concreto hidráulico, ésta al estar ubicada en la parte superior de la configuración estructural actúa de carpeta de rodadura, la losa se podrá apoyar directamente en el suelo o a través de una capa adicional (subbase) conformada con materiales de préstamo, esto dependerá de las características físico-mecánicas del suelo de cimentación, así como del flujo vehicular. La losa de concreto al presentar un comportamiento rígido (no presenta deflexiones) transmite de una manera más eficiente las cargas del flujo vehicular, además de menores esfuerzos sobre las capas subsecuentes y el suelo de fundación.

El autor Rondón y Reyes (2015) sostiene que estos pavimentos son estructuras compuestas genéricamente por una losa de concreto hidráulico de dieciocho a treinta centímetros de grosor, la cual se encuentra sobre un estrato de material granular sin tratar o estabilizada con cementantes hidráulicos. Dentro de los pavimentos rígidos los dos tipos de losas más utilizadas en proyectos viales son las losas de concreto simple (sin acero de refuerzo) con y sin pasadores de transferencia en las juntas, otro tipo es la losa reforzada con mallas de acero electrosoldadas.



Figura 13. Configuración estructural típica de un pavimento rígido. Elaboración propia.

Estructuración de los pavimentos rígidos

Bajo una losa de concreto, la cual está conformada por una combinación típica de agregados, cemento portland, agua y en ocasiones aditivos, que actúa de superficie de rodadura propiamente dicha, se dispone casi siempre una capa típica conocida

como subbase formada por suelos granulares de menor exigencia en sus propiedades físico-mecánicas debido a que recibe esfuerzos de menor intensidad, este paquete estructural se conoce como la superestructura del pavimento.

Bajo la subbase se presenta una capa que no constituye parte del conjunto estructural del pavimento en sí, sin embargo, pertenece a la sección típica de una infraestructura vial además de que ésta trabaja en conjunto con el paquete estructural, denominada subrasante, a menudo ésta capa está conformada por el terreno natural, siempre en cuando tenga una muy buena calidad, de lo contrario se conforma por materiales de préstamo o estabilizados; la subrasante actúa de terreno de fundación y/o soporte de las capas suprayacentes. Posteriormente se tiene la presencia del cuerpo del terraplén, esta capa será utilizada únicamente en tramos que necesiten rellenos, finalmente, por debajo de la subrasante y/o cuerpo del terraplén se tiene la presencia del material propio o terreno natural. En la Figura 14 se ejemplifica la configuración estructural de los pavimentos rígidos.

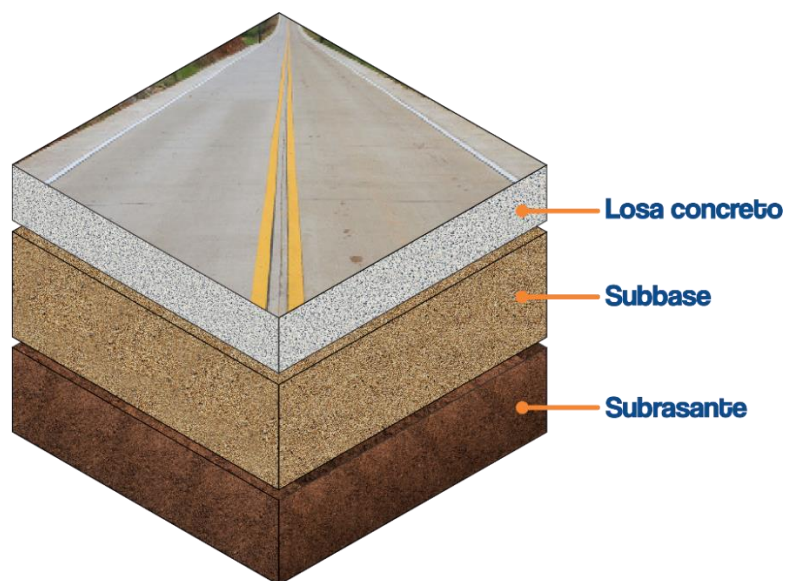


Figura 14. Vista isométrica de la configuración estructural de un pavimento rígido. Elaboración propia.

Funciones de los estratos estructurales de los pavimentos rígidos

Losa; los autores Rondón y Reyes (2015) mencionan que en pavimentos del tipo rígidos la función primordial de la losa de concreto es estructural, transfiere los esfuerzos a la subrasante en magnitudes mucho menores en comparación a los pavimentos flexibles, además de distribuirlo en una superficie más amplia. Además,

mencionan que otras funciones de la losa son: brindar una superficie de ruedo cómoda, segura y limpia e impermeabilizar las capas inferiores.

Sub base; el autor Montejo (2002) menciona que la función primordial de la subbase es evitar el bombeo, acción que se da por la filtración de agua mediante las juntas de la losa produciendo una licuación con los granos finos del suelo para posteriormente fluir hacia los exteriores de la estructura del pavimento por la presión generada por las cargas vehiculares. Además de valer como estrato de apoyo, de transición, facilitar el proceso constructivo de la pavimentación, colaborar en el control de las variaciones volumétricas de la subrasante y reducir al mínimo los efectos que puedan generarse en el pavimento a consecuencia de este cambio; finalmente deberá contribuir en la mejoría de la capacidad de sostenimiento del suelo de la subrasante.

Requerimientos de los materiales para su uso en subbase

Para la subbase es necesario que el material a usarse esté compuesto por una mezcla de tres tamaños de suelos: grava (que le dan resistencia), arena (rellenar los huecos que dejan las gravas) y finos (mejorar la estabilidad de la capa). Es así como dicho material de préstamo deberá cumplir con las siguientes exigencias mínimas establecidas en las normativas viales peruanas (EG-2013 y CE.010 Pavimentos Urbanos) para su utilización en subbases de pavimentos y obras viales. Una de las primeras exigencias es que la distribución granulométrica de las dimensiones de los granos de los materiales de subbase se encuentre enmarcados dentro de una de las gradaciones granulométricas que se muestran en la Tabla 1, en la cual se distinguen cuatro tipos de material de subbase y su aplicación estará en función a las características propias de la zona y exigencias del análisis de tráfico o la carga actuante.

Tabla 1. Husos granulométricos para materiales de subbase granular.

Tamiz serie ASTM	Abertura (mm)	% Pasante en Peso			
		Gradación			
		A*	B	C	D
2 in	50	100	100	-	-
1 in	25	-	75 al 95	100	100
3/8 in	9.5	30 al 65	40 al 75	50 al 85	60 al 100
n.º 4	4.75	25 al 55	30 al 60	35 al 65	50 al 85
n.º 10	2	15 al 40	20 al 45	25 al 50	40 al 70
n.º 40	425-µm.	8 al 20	15 al 30	15 al 30	25 al 45
n.º 200	75-µm.	2 al 8	5 al 15	5 al 15	8 al 15

Nota. Adaptado de Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), 2015, p. 171.

*Para la gradación A se establece su uso en zonas cuya altitud se encuentre desde los 3000 m s.n.m a más.

Con los valores de las franjas granulométricas de las diferentes gradaciones, se realizaron gráficas, las cuales se muestran en las Figuras 15 y 16.

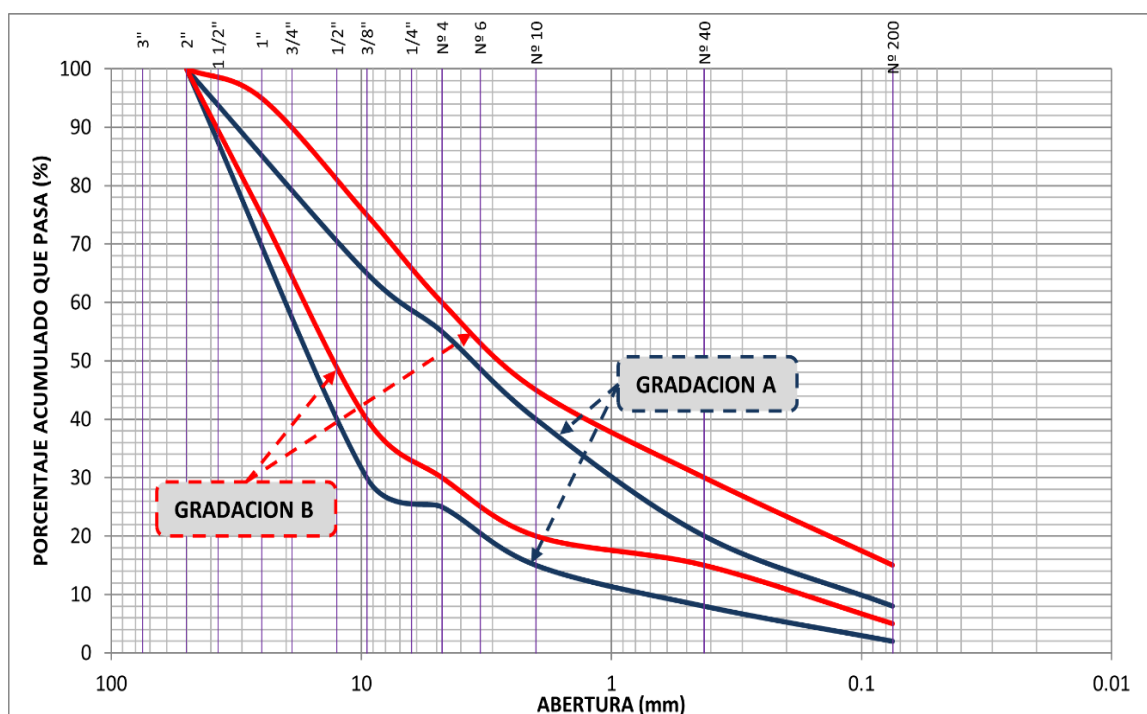


Figura 15. Husos granulométricos para las gradaciones A y B. Elaboración propia.

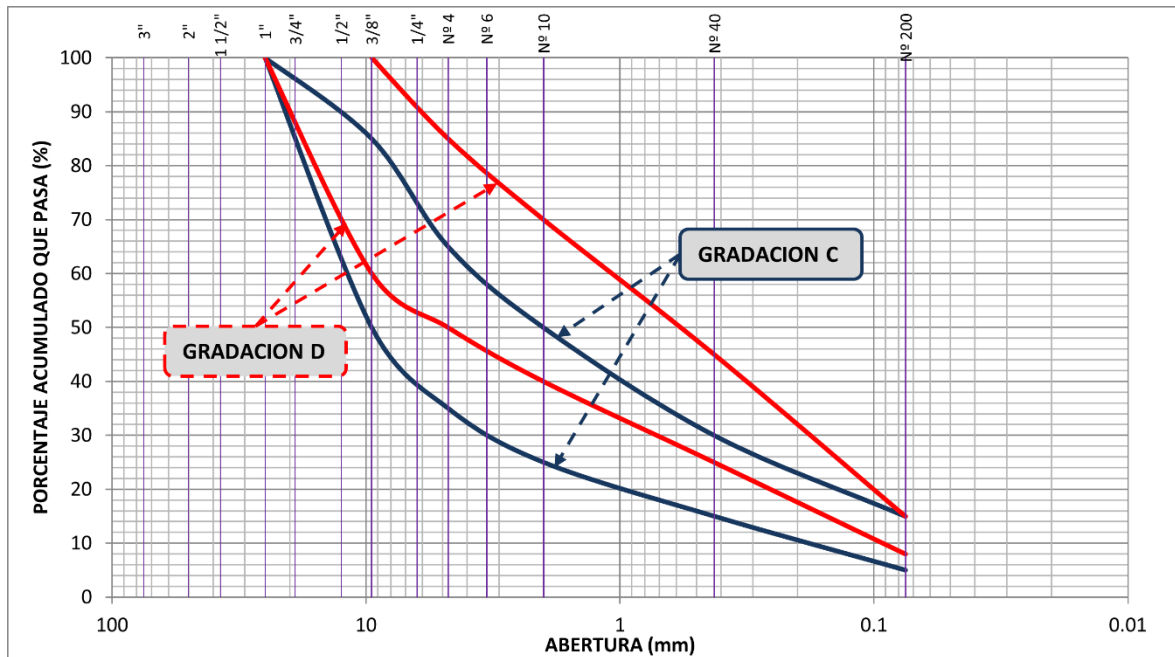


Figura 16. Husos granulométricos para las gradaciones C y D. Elaboración propia.

Otras exigencias adicionales y los ensayos para practicarse a las muestras para esta tipología de materiales se ejemplifican en la Tabla 2:

Tabla 2. Exigencias de calidad para materiales de subbase de pavimentos rígidos.

Pruebas	Requerimientos	
	< 3000 m	>= 3000
	s.n.m	m s.n.m
Abrasión Los Ángeles	50% máx.	
CBR de laboratorio	40% mín.	
Límite líquido	25% máx.	
Índice de plasticidad	6% máx.	4% máx.
Equivalencia de arena	25% mín.	35% mín.
Sales solubles	1% máx.	
Partículas Chatas y Alargadas	20% máx.	

Fuente. Adaptado de MTC, 2015, p. 171.

Ensayos de laboratorio

Análisis Granulométrico por Tamizado

Feijoo et al. (2019) como se citó en Feijoo Calle y Feijoo Guevara (2020) definen a la granulometría o análisis granulométrico, como una técnica mediante el cual se

separan las partículas que componen el suelo en función a sus tamaños (dimensiones), de tal forma que la sumatoria de las cantidades en peso de cada tamaño aporten al peso total de la muestra. Para la segregación por tamaños se hacen uso de mallas con aberturas que difieren y se reducen unas de otras en forma progresiva.

Para determinar la distribución granulométrica de un determinado suelo, generalmente se acuden a dos métodos: a) Para partículas de tamaños superiores a 0.075 mm (retenidos en la malla n.º 200) se lleva a cabo mediante un análisis granulométrico con tamices conocido como tamizado, mientras (b) para granos de tamaños por debajo de 0.075 mm (pasantes de la malla n.º 200) se determina por elutriación (técnica de sedimentación) haciendo uso de un hidrómetro (Almadhoun 2017).

El principio básico de la técnica del tamizado (ASTM y AASHTO) radica en que mediante el cual una muestra de suelo de peso conocido se pasa a través de un conjunto de tamices de tamaños de malla conocidos. Los tamices están dispuestos en diámetros de malla decrecientes hacia abajo, además estas se hacen vibrar mecánicamente [o manualmente] durante un período fijo (Hejri, Vosoughiha y Khadivi, 2020)



Figura 17. Ensayo de granulometría por tamizado. Adaptado de Laboratorio de Materiales, Suelos y Concreto (LAMSYC, [s.f.]

Una vez terminada el proceso de agitación, las cantidades retenidas en cada malla se someten a un pesaje y se calcula la cantidad porcentual retenida con la Ecuación 1; asimismo, se determina la cantidad porcentual acumulada pasante de cada uno de los tamices con la Ecuación 2. Una vez determinadas dichos porcentajes, se hace uso de un papel semilogarítmico; en este se trazan las dimensiones de la rendija de los tamices en escala logarítmica y la cantidad porcentual pasante en escala aritmética, en el eje horizontal y en el vertical respectivamente, tal como se ejemplifica en la Figura 18.

Sea W_n el peso de la fracción de suelo retenida en la n ésima malla desde la parte superior del apilamiento de tamices, asimismo sea W_t el pesaje íntegro de la muestra.

Entonces la cantidad porcentual retenido en la n ésima malla (tamiz) es:

$$\% \text{ Ret. "n"} = \frac{W_n}{W_t} * 100 \quad (1)$$

El porcentaje acumulado pasante (porcentaje que pasa) en el tamiz n ésimo es:

$$\% \text{ Acumulado Pasante "n"} = 100 - \sum_{n=1}^n (\% \text{ Ret. "n"}) \quad (2)$$

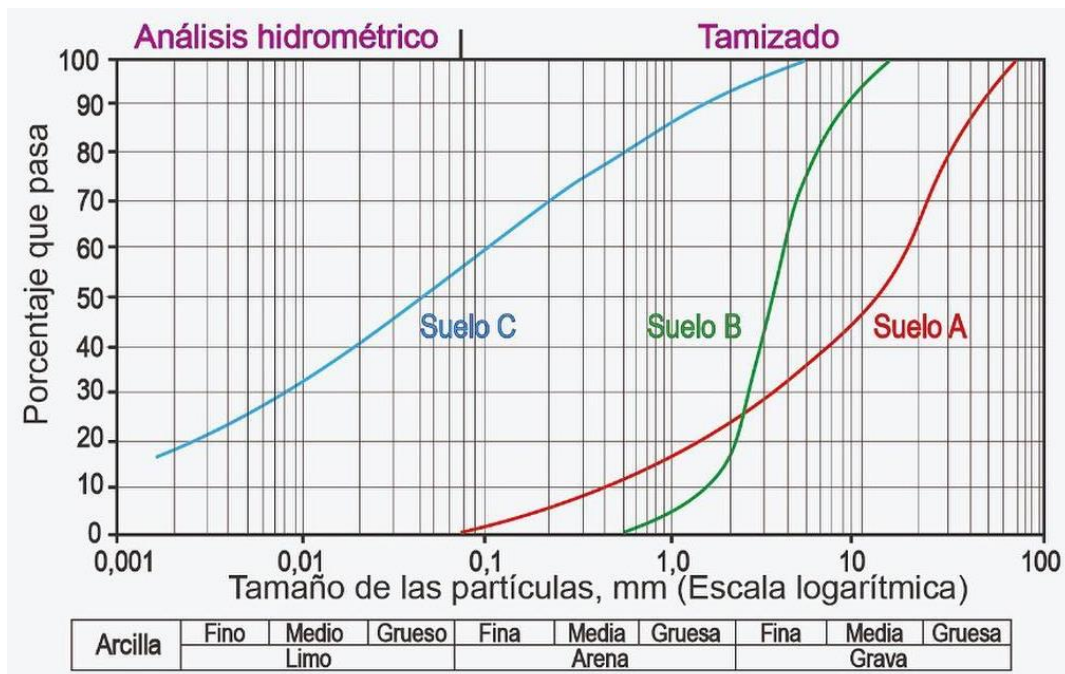


Figura 18. Ejemplo de curva de distribución granulométrica. Adaptado de Masgeotecnia (2021).

Una determinada masa de suelo se conoce como bien graduado, cuando se tiene la presencia continua de todos los tamaños de sus partículas desde la más grande al más diminuto. Por otra parte, se conoce como mal graduado cuando se tiene el predominio o la ausencia de ciertos tamaños (Chacón, Irigaray, Lamas y El Hamdouni, 2004). Para determinar si un material está bien o mal graduado se recurren a dos parámetros: a) Coeficiente de curvatura o graduación (C_c) y b) coeficiente de uniformidad (C_u), los cuales se calculan con las Ecuaciones 3 y 4.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (3)$$

$$C_c = \frac{D_{60}^2}{D_{60} * D_{10}} \quad (4)$$

Donde, D_{10} , D_{30} y D_{60} son las mallas por donde pasan el 10, 30 y 60% de la muestra respectivamente.

Límites de Atterberg

Con un contenido de agua muy ínfimo, el suelo presenta un comportamiento de un sólido. Cuando el contenido de agua es muy elevado, el suelo y el agua pueden comportarse como una sustancia fluida. Por tanto, de forma arbitraria, dependiendo del contenido de agua, el comportamiento del suelo se puede dividir en cuatro estados elementales: a) líquido, b) plástico, c) semisólido y d) sólido (Almadhoun 2017).

En la Figura 19, consideremos inicialmente un suelo de grano fino, al aumentar continuamente el contenido de agua, éste incrementa su volumen y a consecuencia del incremento presenta un comportamiento similar a una suspensión líquida (estado líquido). El punto donde la cantidad porcentual de contenido de humedad da lugar al paso del estado sólido al semisólido, se identifica como el límite de contracción. Asimismo, el punto donde la cantidad porcentual de contenido de agua da lugar al paso del estado semisólido a un comportamiento moldeable, el cual se conoce como estado plástico, se identifica como el límite plástico; y de manera similar el punto donde se lleva a cabo esta transición del estado plástico al líquido, se le identifica como el límite líquido. A estos parámetros también se les da el nombre de Límites de Atterberg (Almadhoun 2017).

El índice de plasticidad (IP) se obtiene de la diferencia de los valores porcentuales del LP y LL, se calcula mediante la Ecuación 5.

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

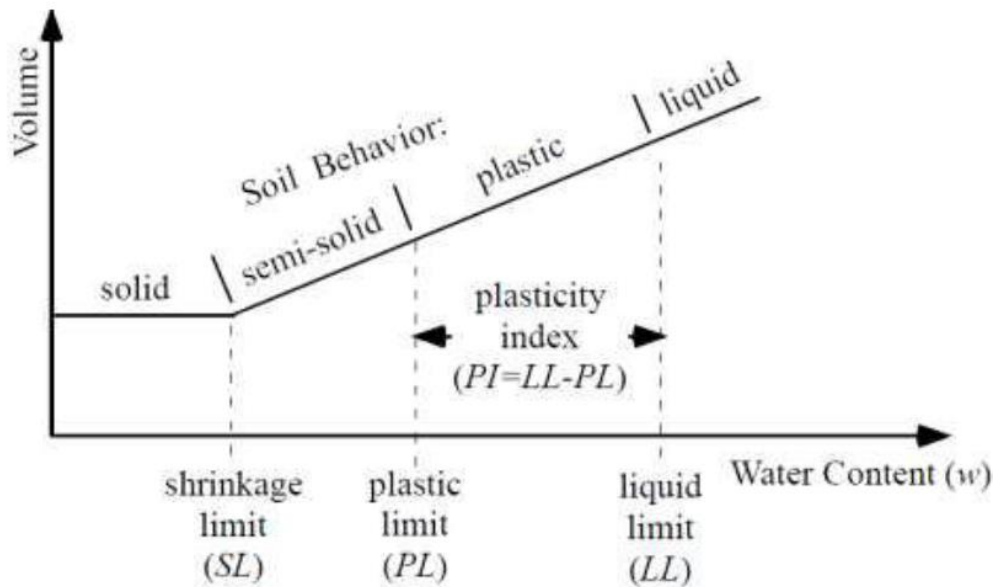


Figura 19. Estados de consistencia de los suelos. Adaptado de Almadhoun, 2017, p. 48.

Para la determinación del límite líquido de una masa de suelo se tienen dos tipos de pruebas principalmente: a) Método de la cazuela de Casagrande y b) Método de penetrómetro de cono. Mientras el límite plástico se lleva a cabo formando rollos de aproximadamente 3.18mm (1/8 in) de diámetro de la masa de suelo, y se evalúa el contenido de agua en la que empiece a desmoronarse (Almadhoun, 2017).

La prueba mediante la cazuela de Casagrande se define como la humedad con la que se cierra una hendidura de aproximadamente 13 mm, esto a consecuencia de dejarlo caer 25 veces dicha cuchara desde una altitud de 1 cm. Esta prueba se realiza de 3 a 5 veces para un número variado de contenidos de humedad, asimismo para diferentes cantidades de golpes. Posteriormente se construye la curva de fluidez, en el cual se dibuja puntos que representan la humedad y el número de golpes, tal como se ejemplifica en la figura 20.

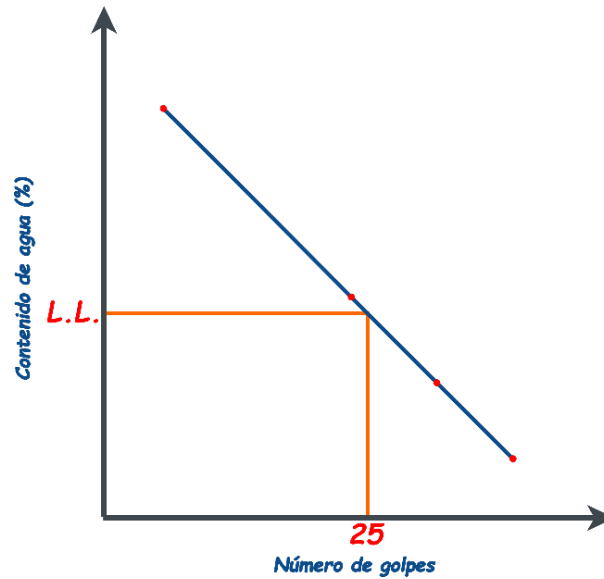


Figura 20. Ejemplo de curva de fluidez. Elaboración propia.

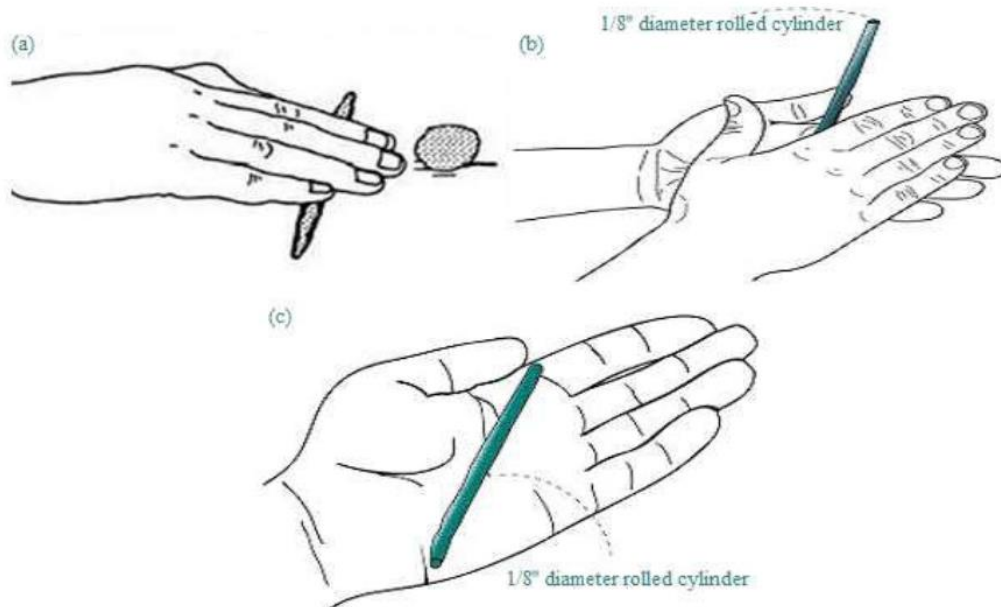


Figura 21. Ensayo de límite plástico. Adaptado de Almadhoun, 2017, p. 54.

Sistemas de Clasificación de suelos

Los mecanismos para la tipificación de suelos surgen con el fin de agrupar la infinita variedad de suelos que presenten características geotécnicas análogas y que además se desempeñen en forma similar y/o afín ante situaciones determinadas. Para lo cual se recurren a algunos ensayos y de esta forma conocer las propiedades de una masa de suelo y asignarlo a un grupo establecido. Como se sabe, las propiedades geotécnicas esenciales a los que se suelen recurrir para clasificar son:

los tamaños de sus granos, consistencia, resistencia, deformación, compacidad (Guerra, 2018).

De los diversos sistemas de clasificación de suelos existentes, principalmente en la actualidad se tiene dos que se emplean frecuentemente: a) Sistema AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) y b) sistema USCS (Unified Soil Classification System), al cual también se le conoce como SUCS por sus siglas en español. La clasificación AASHTO se utiliza sobre todo en capas de pavimentos y vías, mientras el sistema USCS se emplea en la gran mayoría de obras civiles y tiene una importante aceptación a nivel mundial (Guerra, 2018).

Dentro del sistema de la AASHTO se consideran siete grupos desde la A-1 hasta el A-7 (ver figura 22), además algunos de los grupos se subdividen como la A-1 y A-7 que tienen dos subgrupos y la A-2 se desglosa en cuatro subgrupos. Este sistema se basa en la granulometría, esencialmente en los tamaños de granos que pasan por los tamices n.º 200, n.º 10 y n.º 40 de la serie ASTM; juntamente con el llamado índice de grupo (IG). El IG se calcula por la fórmula mostrada en la figura 23 (Guerra, 2018).

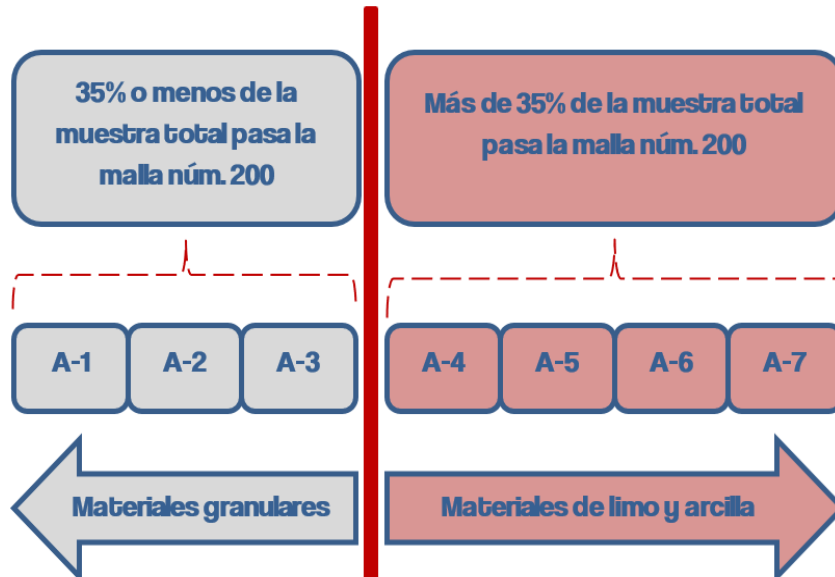


Figura 22. Grupos del sistema AASHTO. Elaboración propia.

$$IG = (P_{200} - 35) [0.2 + 0.005 (LL - 40)] + 0.01 (P_{200} - 15) (IP - 10)$$

% que pasa la malla N° 200 límite líquido Índice de plasticidad

Figura 23. Fórmula para la determinación del índice de grupo. Elaboración propia.

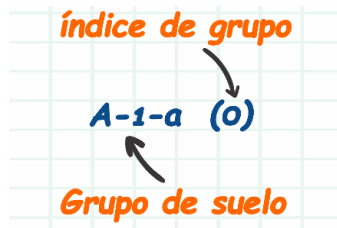


Figura 24. Nomenclatura de los suelos en el sistema AASHTO. Elaboración propia.

Tabla 3. Criterios de clasificación de los suelos mediante el mecanismo AASHTO.

DIVISIÓN GENERAL	Materiales Granulares (pasa menos del 35% por el tamiz ASTM #200)						Materiales Limo-arcillosos (más del 35% por el tamiz ASTM #200)					
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
GRUPO	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Subgrupo												
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (% que pasa por cada tamiz)												
Serie ASTM	# 10	≤ 50										
	# 40	≤ 30	≤ 50	≥ 51								
	# 200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36
ESTADO DE CONSISTENCIA (de la fracción de suelo que pasa por el tamiz ASTM #40)												
Límite líquido			NP	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	>41 (IP<LL-30)	>41 (IP>LL-30)
Índice de plasticidad	≤ 6			≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≥ 11
ÍNDICE DE GRUPO	0	0	0	≤ 4		≤ 8	≤ 12	≤ 20		≤ 20		
TIPOLOGÍA	Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
CALIDAD	EXCELENTE A BUENA						ACEPTABLE A MALA					

Nota: Tomado de Bañón y Beviá, 2000,p. 25.

El sistema USCS fue propuesto en un comienzo por Arthur Casagrande en el año de 1942, posteriormente empleada por el Cuerpo de Ingenieros del ejército de los EE. UU. (US Army Corps of Engineers) y posteriormente revisada y aprobada por la Bureau of Reclamation dando origen al sistema SUCS, finalmente fue adoptado y normalizado por la ASTM; actualmente el sistema se emplea en una variedad de trabajos del ámbito de la geotecnia (Bañón y Beviá, 2000). Dicho sistema hace uso de simbologías con el fin de identificarlos a los suelos, las cuales se describen en la tabla 4.

Tabla 4. Símbolos utilizados para fines de identificación en el sistema SUCS.

Grupos	
Prefijo	Especificación
G	Grava
S	Arena
M	Limo
C	Arcilla
O	Orgánicos
Pt	Turba

Subgrupos	
Sufijo	Especificación
W	Bien graduado
P	Pobrementemente graduado
H	Límite líquido alto (>50)
L	Límite líquido bajo (<50)

Fuente. Adaptado de Bañón y Beviá, 2000,p. 25.

El sistema SUCS agrupa a los suelos en dos fracciones principales: las de granos gruesos y de granos finos, los cuales se distinguen mediante el tamiz n.º 200; las de granos gruesos son aquellos de dimensiones superiores que la abertura de dicho tamiz y las finas, más pequeñas. Si tenemos que más del 50% en el peso de las partículas del suelo son granos gruesos se le considerará como un suelo grueso, caso contrario se le considera como un suelo fino (Juárez y Rico, 2010).

Los suelos gruesos están compuestos por partículas menores de 3 pulgadas (7.62cm) y mayores que la malla n.º 200 (0.074mm), a su vez estos suelos se dividen en gravas y arenas mediante el tamiz n.º 4 (4.76mm). En caso más de la mitad (50%) de los granos gruesos retenidos en el tamiz n.º 200 no pasen la malla n.º 4 se le considera como grava; caso contrario se le considerará como arena (Juárez y Rico, 2010). Las gravas y arenas se subdividen de acuerdo con su gradación y la presencia de finos plásticos (arcillas) y no plásticos (limo).

Los suelos de grano fino están compuestos de partículas pasantes del tamiz n.º 200; se subdividen en limos y arcillas orgánicas (O), arcillas inorgánicas (C) y limos inorgánicos (M), además estos suelos se subdividen cada uno en dos grupos en base a su límite líquido, en caso se tenga un límite líquido menor al 50%, se considerará un suelo con baja o media (plasticidad) el cual se simboliza mediante

la letra L, realizando una combinación se tendría a los suelos del tipo OL, CL y ML. Los suelos finos que presenten un límite líquido superior al 50% se consideran de alta plasticidad, y se simboliza mediante el símbolo H, de esta forma se tienen los suelos del tipo OH,CH y MH (Juárez y Rico, 2010).

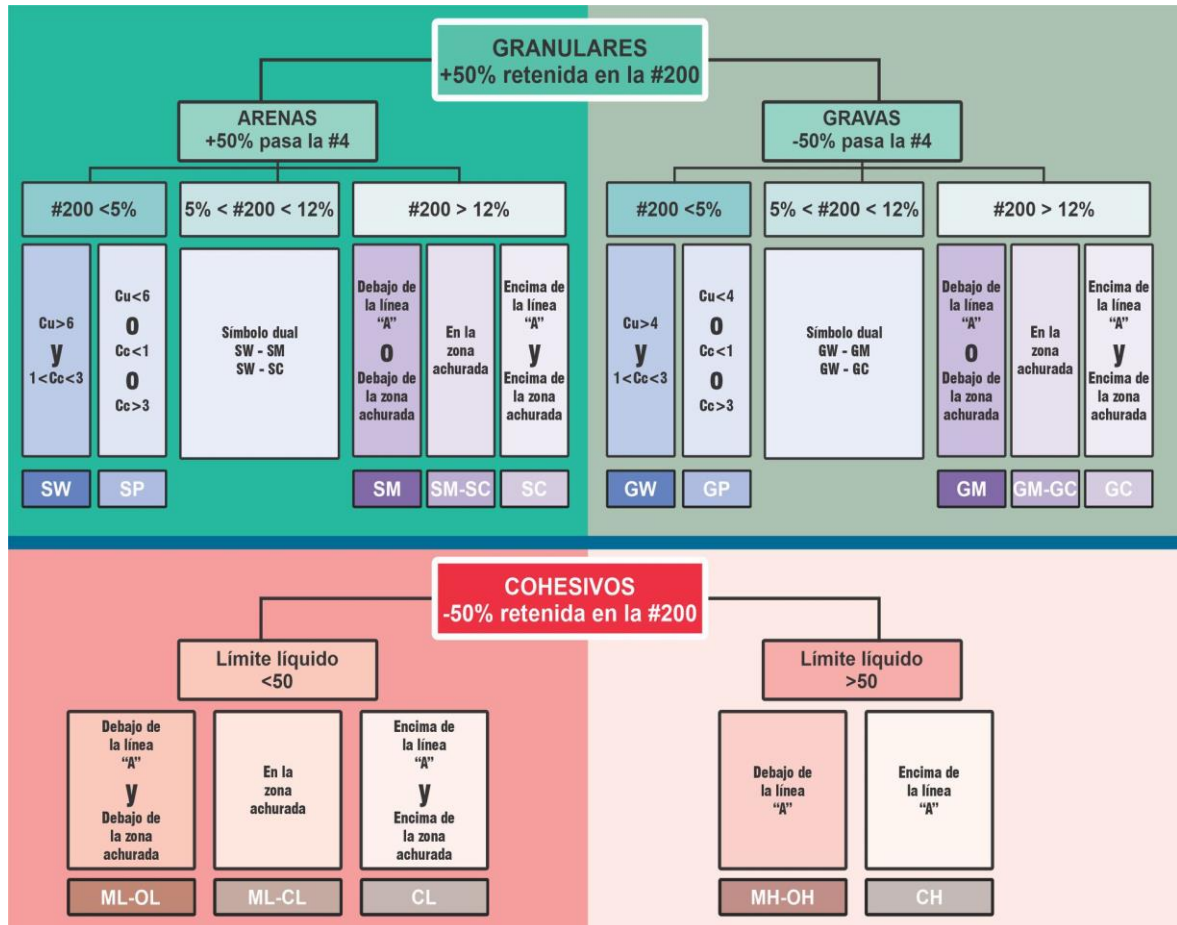


Figura 25. Flujograma para la clasificación de los suelos en el sistema SUCS. Adaptado de Holtz, 1981, como se citó en Arbulú Jurado, [s. f.].

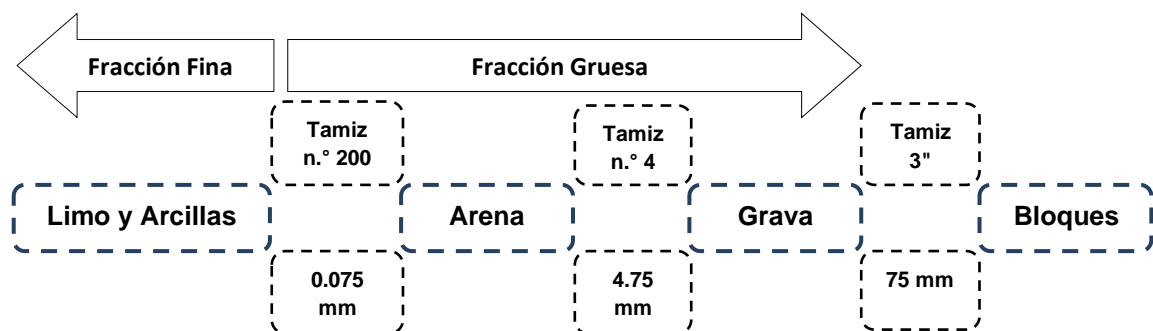


Figura 26. Límites del tamaño de granos de los suelos en el sistema SUCS. Elaboración propia

Para la ubicación de los suelos finos se apoya en la carta de plasticidad mostrada en la figura 27.

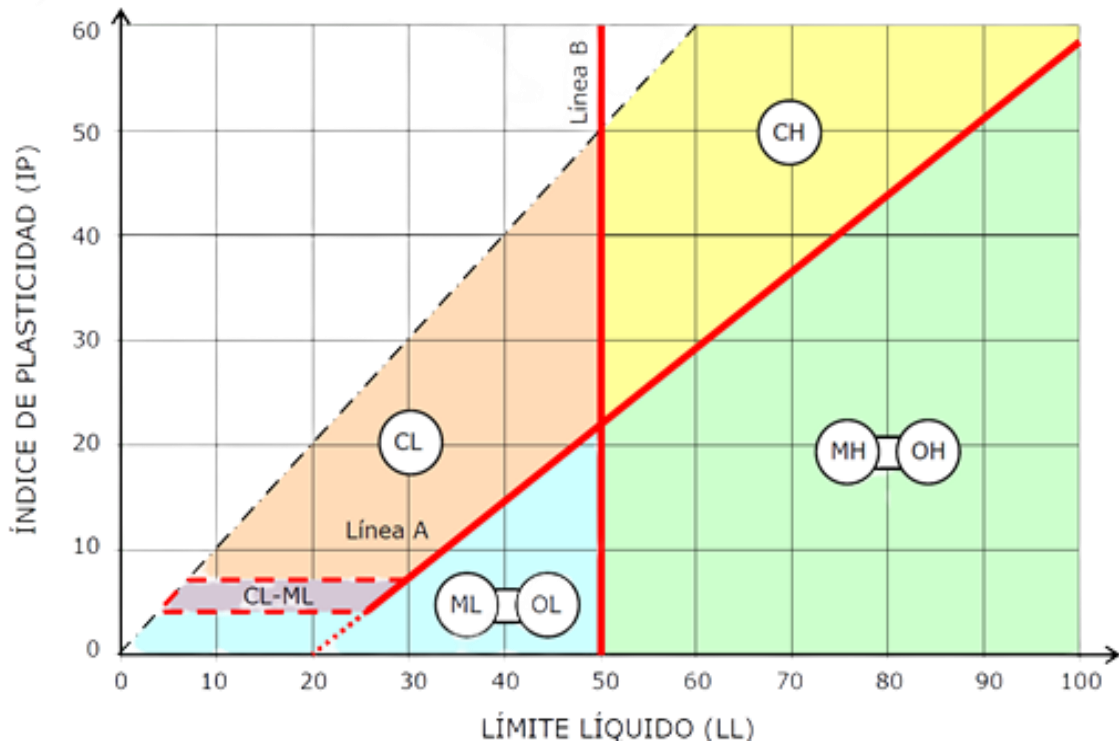


Figura 27. Carta de plasticidad. Tomado de Bañón Blázquez y Beviá García, 2000, p. 22.

Prueba de Equivalente de Arena

Es una prueba básica que se utiliza para determinar la limpieza de los agregados y tiene por objetivo evaluar en forma rápida la porción relativa de arcilla en la arena, un bajo valor del equivalente de arena cataloga al agregado fino como sucio e indica que posiblemente los materiales finos (arcilla, limo o contenido de polvo) sean dañinos (nocivos) en los agregados arenosos (Nikolaides, Manthos y Sarafidou 2007).

La prueba consiste en verter una masa de suelo fino según las especificaciones de las normativas AASHTO T 176, MTC E 114 y ASTM D 2419 en una probeta de plástico. A la masa de suelo se le agrega una solución de cloruro de calcio hasta una cierta altura y se deja reposar por cierto tiempo para luego agitar, finalmente la probeta y la mezcla se deja reposar sin perturbaciones y sin vibraciones durante un tiempo, para luego medir la altitud de la arena y la arcilla. El valor del equivalente de arena se determina por la ecuación 6.

$$EA = \left(\frac{\text{Lectura de Arena}}{\text{Lectura de Arcilla}} \right) * 100 \quad (6)$$

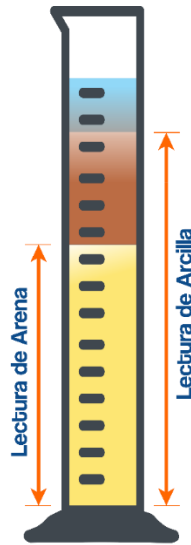


Figura 28. Esquema de la prueba de equivalencia de arena. Elaboración propia.

Ensayo de compactación próctor

La compactación mecánica es una técnica de mejora del suelo empleada con frecuencia en la práctica de la construcción para incrementar las propiedades ingenieriles y geotécnicas del suelo. La compactación del suelo da como resultado un aumento de la densidad y la resistencia al corte, y una reducción del asentamiento y la permeabilidad. Sin embargo, para obtener la mejora deseada en las propiedades ingenieriles del suelo, es necesario compactar el suelo a su contenido de humedad óptimo que se determina en el laboratorio realizando la prueba de Proctor (Shaivan y Sridharan, 2020).

Los ensayos próctor se utilizan para determinar la relación entre la humedad óptima que deberá contener el suelo para conseguir su densidad seca máxima (peso unitario seco máximo) mediante compactación, para un esfuerzo de compactación dado; esta correlación se grafica en una curva de compactación, la cual se ejemplifica con todos sus elementos en la Figura 30. El esfuerzo de compactación es la cantidad de energía mecánica que se aplica a la masa del suelo. Se realizan de forma rutinaria dos tipos de pruebas de compactación de Proctor: (a) la prueba de Proctor estándar y (b) la prueba de Proctor modificada (Almadhoun 2017).

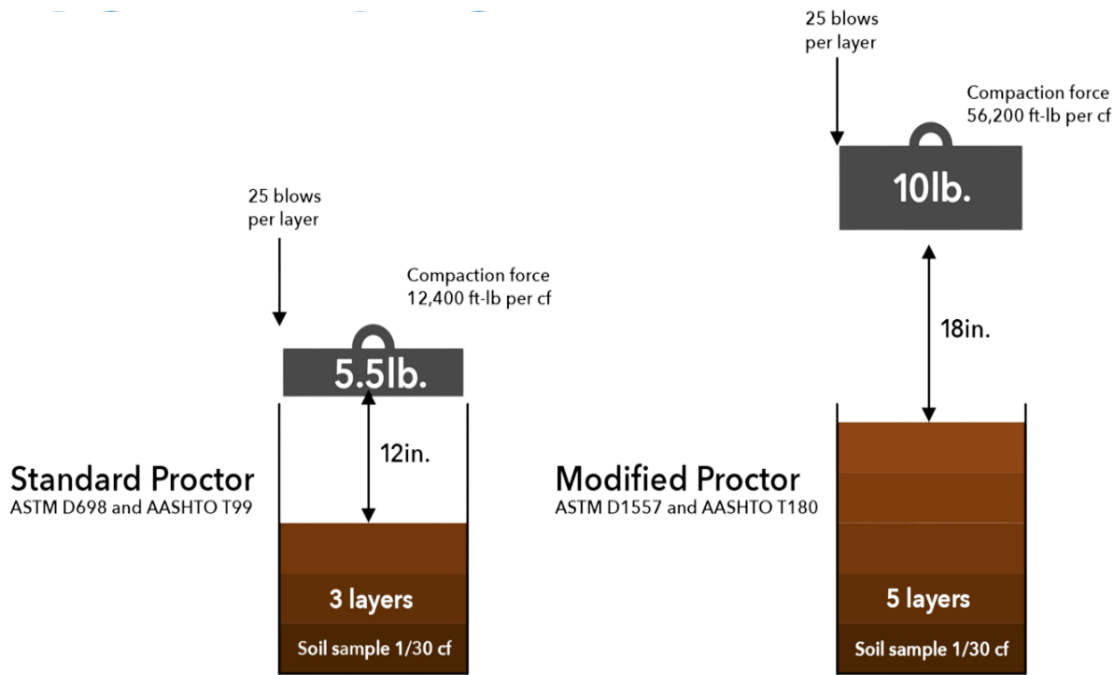


Figura 29. Tipos de pruebas de compactación próctor. Tomado de Compaction tests, por Educational Technology Office, Faculty of Applied Science and Engineering, University of Toronto, [s. f.].

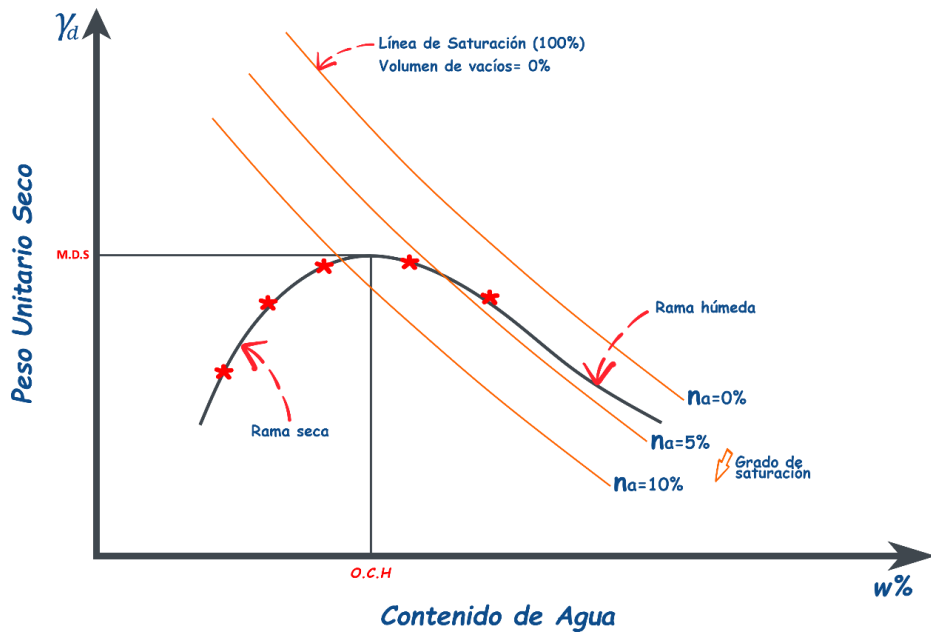


Figura 30. Curva de compactación típica. Elaboración propia.

El ensayo consiste básicamente en dejar caer un pisón de un determinado peso en caída libre desde una altura, sobre varias capas de suelo acomodadas en un molde cilíndrico, dicho pisón se deja caer un número específico de veces por capa de suelo. Todas estas especificaciones dependen del tipo de energía de compactación a aplicar, así como del método a elegir, las cuales se sintetizan en las tablas 5 y 6.

Tabla 5. Resumen de las especificaciones de la prueba de próctor estándar ASTM D698.

Especificaciones	Método		
	A	B	C
Molde:			
Vol. (cm ³):	944	944	2123
Altura (in):	4.58	4.58	4.58
Diámetro (in):	4	4	6
Peso del pisón (lb):	5.5	5.5	5.5
Alt. de caída del pisón (in):	12	12	12
Núm. de capas del suelo:	3	3	3
Núm. de golpes por capa:	25	25	56
Material a usar, fracción de suelo pasante del tamiz:	n.º 4	3/8 in	3/4 in
Puede usarse si la masa del material:	≤ 25% es retenido en el tamiz n.º 4.	≤ 25% es retenido en el tamiz 3/8 in.	≤ 30% es retenido en el tamiz 3/4 in.

Fuente. Adaptado de ASTM, 2012a.

Tabla 6. Resumen de las especificaciones de la prueba de próctor modificado ASTM D1557.

Especificaciones	Método		
	A	B	C
Molde:			
Volumen (cm ³):	944	944	2123
Altura(in):	4.58	4.58	4.58
Diámetro(in):	4	4	6
Peso del pisón (lb):	10	10	10
Alt. de caída del pisón (in):	18	18	18
Núm. de capas del suelo:	5	5	5
Núm. de golpes por capa:	25	25	56
Material a usar, fracción de suelo pasante del tamiz:	n.º 4	3/8 in	3/4 in
Puede usarse si la masa del material:	≤ 25% es retenido en el tamiz n.º 4.	≤ 25% es retenido en el tamiz 3/8 in.	≤ 30% es retenido en el tamiz 3/4 in.

Fuente. Adaptado de ASTM, 2012b.

Relación de Soporte de California (CBR)

De acuerdo con Bowles (1981) el ensayo de CBR se lleva a cabo en circunstancias de densidad y humedad controladas, y que permite calcular la resistencia al corte de una determinada masa de suelo. Además, menciona que el índice de CBR (número CBR) es la relación que se obtiene del ensayo al comparar la resistencia a la penetración de un pistón de forma circular de 19.35 cm² de área para que penetre una cierta profundidad en la muestra compactada con la de un material estándar triturado (piedra chancada) al realizar un procedimiento similar. La figura 31 muestra una representación esquemática del aparato utilizado en este ensayo.

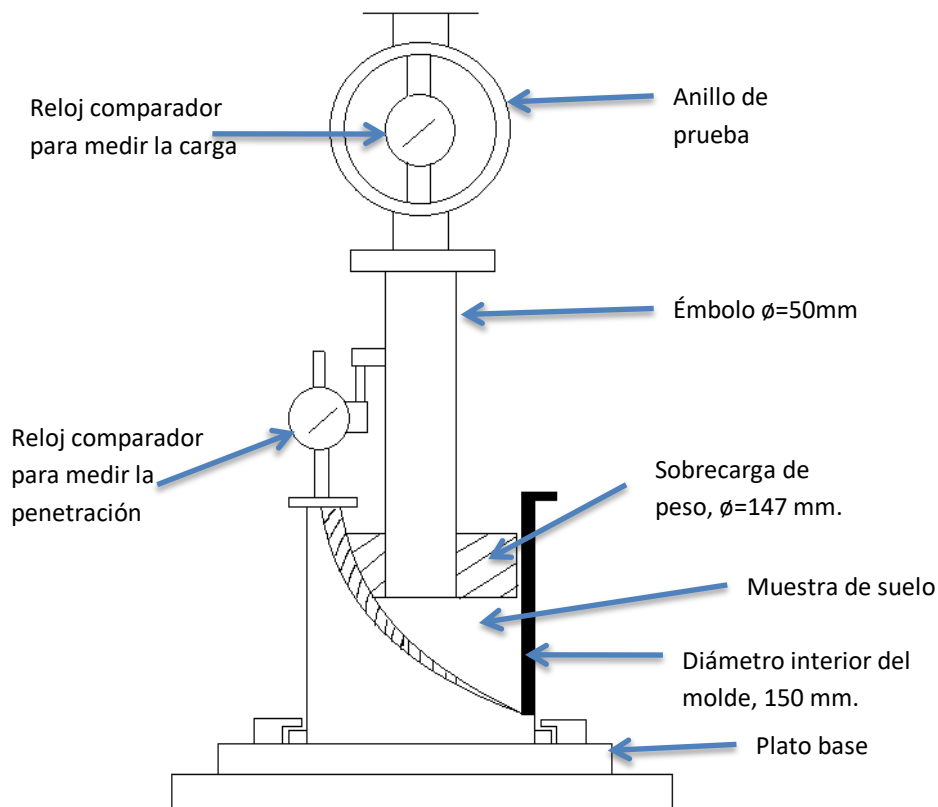


Figura 31. Representación esquemática del ensayo de CBR. Adaptado de Patra, 2015.

Abrasión Los Ángeles

De acuerdo a Teymen (2019) una de las propiedades más esenciales para identificar la aptitud de un agregado es su resistencia a la abrasión; la prueba más conocida y ampliamente usada para medir la resistencia a la abrasión es la prueba haciendo uso del aparato Los Ángeles (LA).

El ensayo de abrasión llevado a cabo mediante el aparato de Los Ángeles tiene por objetivo encontrar la cantidad porcentual de desgaste debido a la participación de

fuerzas de impacto y fricción entre el agregado y las bolas de acero utilizadas como carga abrasiva. El resultado muestra la cantidad porcentual de merma de la masa debido a las fuerzas de desgaste, el cual se obtiene haciendo uso de la ecuación 7.

$$\% \text{ Desgaste} = \frac{P_{inicial} - P_{final}}{P_{inicial}} * 100 \quad (7)$$

De acuerdo al MTC (2016) las cargas abrasivas dependen de la gradación de la muestra tal como se presenta en la Tabla 7, asimismo la cuantía de la muestra para el ensayo se determina en base a la Tabla 8.

Tabla 7. Número de esferas y cantidad de la carga según gradación para agregados hasta 1 ½”.

Gradación	n.º de cargas
A	12
B	11
C	8
D	6

Fuente. Adaptado de MTC, 2016, p. 316.

Tabla 8. Cuantía de las muestras para el ensayo de agregados hasta 1 ½”.

Medida de la apertura del tamiz		Cuantía de la muestra (g)			
Pasante del tamiz	Retenido en tamiz	Gradación			
		A	B	C	D
1 1/2 in	1 in	1250 ± 25	-----	-----	-----
1 in	3/4 in	1250 ± 25	-----	-----	-----
3/4 in	1/2 in	1250 ± 10	2500 ± 10	-----	-----
1/2 in	3/8 in	1250 ± 10	2500 ± 10	-----	-----
3/8 in	1/4 in	-----	-----	2500 ± 10	-----
1/4 in	Nº 4	-----	-----	2500 ± 10	-----
Nº 4	Nº 8	-----	-----	-----	5000 ± 10
Total		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

Fuente. Adaptado de MTC, 2016, p. 316.

Sales Solubles totales

El ensayo de sales solubles totales se realiza con el objetivo de determinar en los agregados la cantidad porcentual de contenido de sustancias salinas (cloruros y sulfatos), que sean solubles en agua.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación de acuerdo con los propósitos que persiguió, y al aplicar conocimientos necesarios previos de la ciencia es decir se utilizó investigaciones anteriores, y haber tenido como enfoque solucionar situaciones problemáticas y/o necesidades sociales, además de crear nuevos conocimientos que buscan contribuir a la mejora de la sostenibilidad medioambiental; se enmarca en una investigación del tipo **aplicada**.

Según la naturaleza de los datos obtenidos y analizados, el nivel de medición y de la forma que se llevó a cabo el análisis de la información; este estudio se encuadra con un enfoque **cuantitativo**, ya que esto involucró recolectar una serie de valores numéricos, para posteriormente analizar haciendo uso de herramientas matemáticas, estadísticas, informáticas, etc.; todo esto se realizó con el fin de cuantificar el problema de la investigación basado en muestras, para luego ser aplicadas en poblaciones mucho más grandes.

Al respecto Borja (2012) sostiene que generalmente en las investigaciones **cuantitativas** se fija una o diversas hipótesis (suposiciones de la realidad), se proyecta un plan para llevar a cabo pruebas, se evalúan los conceptos incorporados en las hipótesis (variables) y se cambian los resultados de las pruebas en valores numéricos para estudiarse posteriormente con técnicas matemáticas y ampliar los resultados a un espacio más grande o para afianzar las suposiciones de una teoría.

Una vez que ya se tienen planteadas los problemas, el alcance y formuladas las hipótesis, se debe contemplar la forma más sencilla y eficaz de resolver las interrogantes del estudio, asimismo dar cumplimiento con los propósitos establecidos; para lo cual se deberá adquirir informaciones que se necesitan mediante un programa (plan) que se establece y dar respuesta a los planteamientos (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

Al enmarcarse en un enfoque cuantitativo, se encuentra más relacionado dentro de un **diseño** del tipo **experimental**, ya que el propósito fue corroborar, confirmar, negar o validar las hipótesis; para ello se apoyó de procedimientos (ensayos técnicos de laboratorio), con los cuales se manipuló la variable independiente, para

posteriormente medir el grado de afectación de la variable dependiente; estableciéndose así una relación de causa - efecto.



Figura 32. Esquema de experimento y variables. Adaptado de Hernández et al., 2014, p. 129.

Además dentro de la investigación con un diseño del tipo experimental se tuvo como categoría de estudio el diseño **cuasiexperimental** ya que en el estudio las muestras ya se conformaron antes de los ensayos, son grupos intactos, es decir la razón de su surgimiento y la forma de su agrupación es independiente de los ensayos (Hernández et al., 2014).

Finalmente el estudio tiene un alcance **explicativo**, debido a que explica la conducta de una variable en relación con otras, es decir con este nivel de estudio se busca comprender las causas y/o razones de un evento, fenómeno o sucesos materia de investigación (Hernández et al., 2014).

3.2. Variables y operacionalización

Variable independiente: Residuos ladrilleros triturados.

Variable dependiente: Subbase de pavimento rígido.

3.3. Población, muestra y muestreo

Población:

De acuerdo al autor **Niño (2019)** la población materia de estudio, está conformada por un conjunto de unidades u objetos, en otras palabras, está constituido por la reunión total de cada uno de los elementos que pueden pertenecer al ámbito de estudio, es necesario definir el espacio (lugar) y el periodo de tiempo específico. Por lo tanto, nuestra población estuvo conformado por la totalidad de subbases de pavimentos de las siete cuadras de la Av. Qatun Ayllu, Vilcas Huamán, distrito de Vilcas Huamán - Ayacucho al año 2021.

Muestra:

Al respecto Niño (2019) sostiene que la muestra es un subconjunto y/o fracción representativa de un universo o población que se elige con la finalidad de investigar o evaluar las particularidades que caracterizan a la población en total.

A razón de lo anterior nuestra muestra estuvo conformada por la subbase de la Avenida Qatun Ayllu a lo largo de la séptima y octava cuadra en la localidad de Vilcas Huamán del distrito y provincia de Vilcas Huamán, Ayacucho.

Muestreo:

Niño (2019) afirma que por muestreo se entiende como la técnica mediante el cual se cuantifica la muestra de una población.

La técnica aplicada fue el tipo de muestreo **no probabilístico**, ya que las unidades de estudio (elementos) no dependieron de la probabilidad, sino de acuerdo con los propósitos, toma de decisiones y otros criterios preestablecidos por parte del investigador (Hernández et al., 2014, p. 176).

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

A las técnicas se le define “[...] como los procedimientos específicos que, en desarrollo del método científico, se han de aplicar en la investigación para recoger la información o los datos requeridos” (Niño, 2019, p. 61). Mientras como instrumentos se comprenderá a todos los materiales que requiera usar y elaborar el investigador en la aplicación de cada técnica (Niño, 2019). Para llevar a cabo este trabajo se recurrió a una de las técnicas más usadas en las investigaciones como es la observación de manera directa y en forma estructurada; ya que “[...] se basa en un plan previo riguroso que cubre un marco conceptual y unos criterios de observación [...]” (Niño, 2019, p. 63).

De acuerdo a Niño (2019) se tienen dos tipos de datos, los primarios y secundarios. Las muestras del suelo natural y los residuos ladrilleros triturados fueron trasladados al laboratorio, en donde se recurrió a diversos instrumentos como son las fichas y formatos de recolección de datos, mediante los cuales se recolectaron como datos secundarios los resultados obtenidos de las mediciones (ensayos), para posteriormente ser plasmados en gráficos, cuadros y cálculos que evidenciaron la ocurrencia de la manipulación e interacción de las variables.

La confiabilidad de los instrumentos de medición radica en que su aplicación repetitiva al mismo objeto de medición reporte resultados idénticos (Hernández et al., 2014). Por lo que la confiabilidad de las mediciones (ensayos) en la presente investigación se corroboró con los certificados de calibración de los diversos quipos y/o herramientas de laboratorio que garantizaron la obtención de resultados más exactos y confiables, los cuales se adjuntan en el anexo 06.

Asimismo, a su vez dichas pruebas fueron validadas por tres ingenieros especialistas en geotecnia, suelos y pavimentos; dichos formatos de validación se adjuntan a la presente en el anexo 03.

3.5. Procedimientos

En este ítem se hará la presentación y caracterización de las materias primas, de los materiales utilizados y sus respectivos orígenes, así como los procedimientos de los ensayos realizados a las mezclas conformadas en esta investigación. El procedimiento experimental de esta investigación se distribuyó en tres periodos; en la primera se realizaron la recolección y obtención de los dos materiales (suelo natural y residuos ladrilleros triturados) componentes básicos para nuestras mezclas. En la segunda etapa se llevaron a cabo las dosificaciones de las mezclas del suelo con los residuos ladrilleros triturados en las cantidades porcentuales que se determinaron y finalmente en la tercera etapa se llevaron a cabo los ensayos necesarios de acuerdo con las normativas viales.

3.5.1. Materiales Utilizados

Los materiales que constituyen las mezclas utilizadas en esta investigación fueron: suelo natural y residuos ladrilleros triturados. Los procedimientos de recolección y muestreo de materiales para llevar a cabo las pruebas de laboratorio se procedieron conforme a las normativas vigentes.

El suelo natural utilizado en los ensayos de esta investigación proviene de una cantera de los alrededores de la zona periférica del distrito y provincia de Vilcas Huamán, departamento de Ayacucho, ubicada en las coordenadas UTM WGS84, que se plasman en la tabla 9 y se georreferencia en la figura 33.

Tabla 9. *Coordenadas de la ubicación geográfica de la cantera del suelo natural.*

Descripción	Este (m)	Norte (m)	Altitud
Cantera del suelo	619320	8484227	3821 m s.n.m

Elaboración propia.



Figura 33. Georreferenciación de la ubicación de la cantera del suelo natural. Mapa creado en software Google Earth, 2021. Elaboración propia.

De acuerdo a MTC (2016) la cantidad y el tamaño de las muestras características del material a ser ensayado dependerá de los ensayos a realizarse, asimismo podrá variar a juicio del investigador, pero en casos de ensayo de propiedades de agregados sugiere una cantidad en el rango de 50 a 200 kilogramos por cada una de las muestras alteradas (MTC E 101). A razón de lo anterior y por sugerencia del personal técnico de laboratorio se necesitaban 80 kilogramos por cada mezcla, haciendo un total de 400 kilogramos en las 5 mezclas a realizarse, cantidad suficiente como para efectuar con normalidad la totalidad de los ensayos, en este caso las muestras de campo de suelo recolectadas fueron de 360 kilogramos tal como se detalla en la tabla 11, las cuales se empacaron en costales de rafia con capacidad de 50 kilogramos debidamente señalizados e identificados y a continuación trasladadas a las instalaciones del laboratorio de la empresa Ingeomax S.A.C, ubicada en la ciudad de Huamanga (Ayacucho).

En las instalaciones del laboratorio las muestras recolectadas se sometieron a un proceso de zarandeo por la malla de 2 pulgadas, debido a que contenían partículas con dimensiones superiores a dicha medida; para luego ser tendidas encima de mantas de plástico para escoger partículas orgánicas y secadas al aire libre y seguidamente en una estufa a gas durante un periodo determinado; a razón de que las mezclas se realizaron en porcentajes de peso seco, para posteriormente mezclarse con los residuos ladrilleros triturados en las cantidades porcentuales determinadas y llevarse a cabo los ensayos físicos y mecánicos. Todos los tratamientos y cuidados proporcionados a la muestra de suelo natural recolectado se resumen en el flujograma que se plasma en la figura 34.

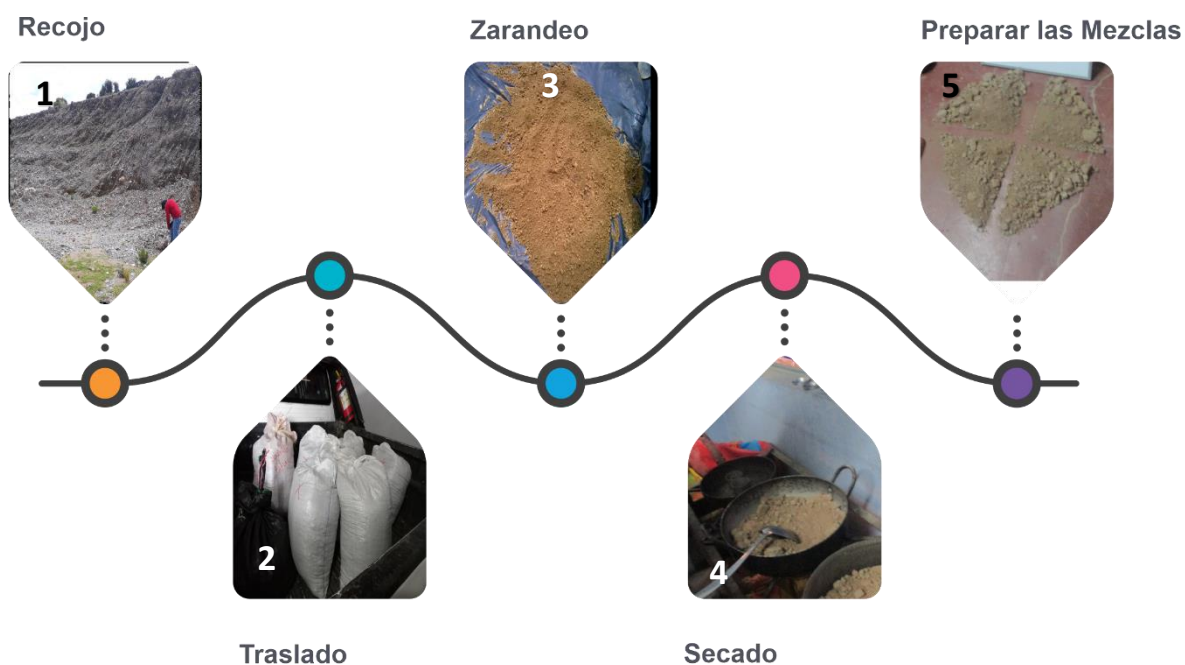


Figura 34. Flujograma del proceso de tratamiento a las muestras de suelo recolectadas. Elaboración propia.

El reciclado y obtención de los residuos ladrilleros tuvo lugar en el centro poblado de Compañía, perteneciente al distrito de Pacaycasa, ubicada en la provincia de Huamanga, Ayacucho. En este sentido se identificó los botaderos informales de residuos que usan las ladrilleras artesanales de la localidad antes mencionada. Del cual se recolectaron y trasladaron dichos residuos en la cantidad suficiente como para triturar y efectuar con normalidad la totalidad de los ensayos requeridos en la investigación. El botadero de residuos ladrilleros elegido se encuentra ubicada en las coordenadas UTM mencionadas en la tabla 10, asimismo se muestra el punto de recolección mediante una georreferenciación en la figura 35.

Tabla 10. *Coordenadas de la ubicación del punto de recolección de residuos ladrilleros.*

Descripción	Este (m)	Norte (m)	Altitud (m s.n.m)
Botadero de Residuos Ladrilleros	581863	8555574	2455

Elaboración propia.

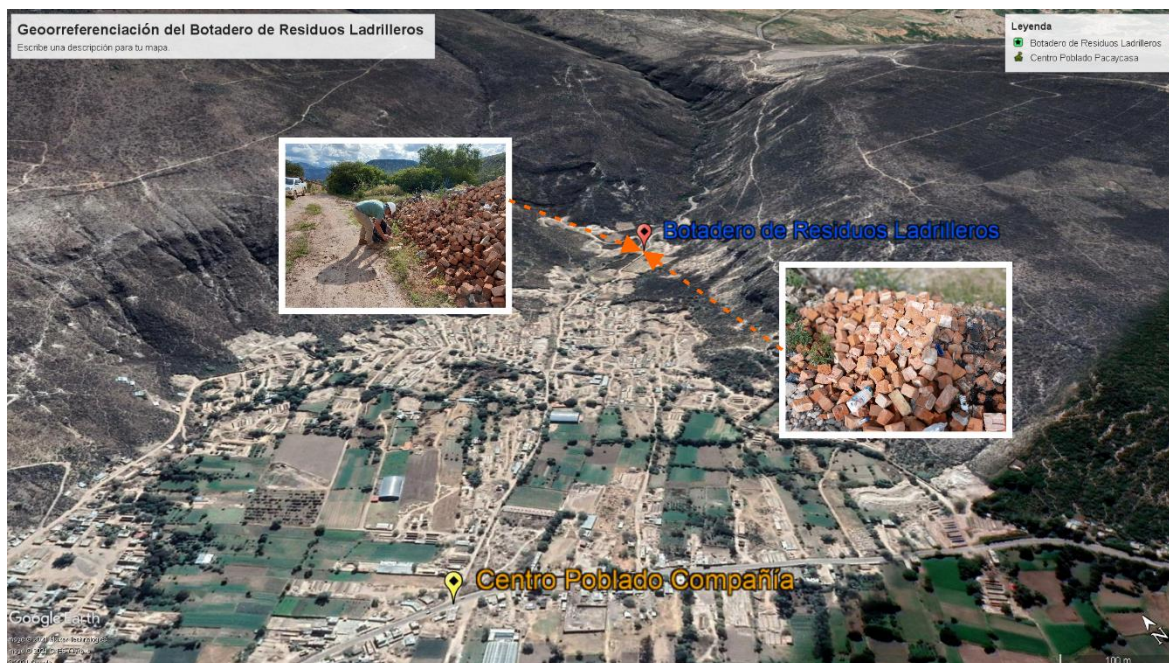


Figura 35. Georreferenciación del punto de reciclado de residuos ladrilleros. Mapa creado en software Google Earth, 2021. Elaboración propia.

Los residuos ladrilleros recolectados en campo fueron de aproximadamente 30 unidades provenientes de fallas en el proceso productivo de la industria ladrillera artesanal de la localidad, los cuales fueron reciclados en costales de rafia y trasladadas hacia la ciudad de Huamanga para ser almacenados, posteriormente los residuos ladrilleros fueron sometidos a un proceso de lavado con agua potable, debido a que al estar expuestas al intemperie en sus superficies presentaban acumulaciones de partículas orgánicas y otros. A continuación del lavado los residuos ladrilleros con exceso de cocción fueron sumergidos en recipientes de plástico por un periodo de 24 horas, esto con el fin de facilitar su trituración.

Seguidamente los residuos ladrilleros fueron sometidos a trituración manual, haciendo uso de martillos y combas de 2, 4 y 30 libras, para posteriormente ser sometidos a un secado al aire libre y a la acción de los rayos solares encima de una manta plástica con el objetivo de eliminar el contenido de agua producto de la inmersión, finalmente el triturado se recogió en costales blancas de rafia, con su

respectiva identificación y ser trasladadas a las instalaciones del Laboratorio de la empresa Ingeomax S.A.C, ubicada en la ciudad de Huamanga (Ayacucho).

En el laboratorio los residuos ladrilleros triturados se sometieron a un proceso de zarandeo por el tamiz de 2 pulgadas, para eliminar las partículas con dimensiones superiores a dicha malla; para luego ser colocadas en bandejas y seguidamente en un horno eléctrico durante un periodo de 24 horas; esto con el fin de que las mezclas se realizaron en porcentajes de peso seco, para posteriormente mezclarse con el suelo natural y llevar a cabo los ensayos.

Tabla 11. Resumen de la cantidad de muestra de suelo natural y residuos ladrilleros triturados recolectados.

Muestra	Cantidad de Suelo (Kg.)	Cantidad de Residuos Ladrilleros (Kg.)	Peso Total Seco (Kg.)
M1	80	0	80
M2	76	4	80
M3	72	8	80
M4	68	12	80
M5	64	16	80
Total	360	40	400

Elaboración propia.



Figura 36. Flujograma del proceso de obtención de residuos ladrilleros triturados. Elaboración propia.

En la segunda etapa con los materiales ya listos se iniciaron con las dosificaciones, para la elaboración de las mezclas del suelo natural con los residuos ladrilleros

triturados en cinco cantidades porcentuales, las denominaciones y las proporciones de las mezclas se sintetiza en la tabla 12.

Tabla 12. *Porcentaje de materiales utilizados en mezclas suelo-residuos.*

MEZCLAS	COMPOSICIÓN
Muestra 1 (M1)	100% Suelo natural
Muestra 2 (M2)	95% Suelo Natural + 5% Residuos ladrilleros
Muestra 3 (M3)	90% Suelo Natural + 10% residuos ladrilleros
Muestra 4 (M4)	85% Suelo Natural + 15% residuos ladrilleros
Muestra 5 (M5)	80% Suelo Natural + 20% residuos ladrilleros

Nota. Las dosificaciones se llevaron a cabo en peso seco de los materiales. Elaboración propia.

Para ejemplificar cómo se realizaron los cálculos de la cantidad de suelo natural y residuos triturados para cada muestra, el siguiente es un ejemplo: supongamos que se requieren 1000 g de las mezclas para un ensayo cualquiera, las cantidades requeridas para cada mezcla se plasman en la tabla 13.

Tabla 13. *Ejemplo de cálculo de las cantidades de suelo y desechos por muestra para los ensayos.*

Mezclas	Suelo (g)	Residuos ladrilleros Triturados (g)	Total (g)
M1	1000	0	1000
M2	950	50	1000
M3	900	100	1000
M4	850	150	1000
M5	800	200	1000

Nota. Las cantidades mostradas en este ejemplo son relacionadas al peso seco del material. Elaboración propia.

Posteriormente en la tercera etapa, las mezclas dosificadas en la segunda fase se sometieron a los ensayos mostrados en la tabla 14.

Tabla 14. Ensayos realizados a las mezclas suelo-residuos y sus respectivas normativas.

Pruebas	Normas Empleadas		
	MTC	ASTM	AASHTO
Análisis granulométrico	--	D422, D1241	T 88
Clasificación de suelos	--	D 2487-17e1	M 145
L. líquido	E 110-2016	D 4318-17e1	T 89
L. plástico	E 111-2016	D 4318-17e1	T 90
IP	E 111-2016	D 4318-17e1	T 90
Próctor Modificado	E 115-2016	D 1557-12e1	T 180
CBR de laboratorio	E 132-2016	D 1883-16	T 193
Valor equivalente de arena	E 114-2016	D 2419-14	T 176
Índice de aplanamiento y alargamiento	E 221-2016	D 4791-19	---
Abrasión Los Ángeles	E 207-2016	C 131-20	T 96
Sales solubles	E 219-2016	---	---

Elaboración propia.

A continuación, se detallará los procesos de obtención de las muestras y los procedimientos seguidos para cada uno de los ensayos mencionados en la tabla 14.

Análisis Granulométrico por Tamizado

Los equipos y herramientas utilizados en el ensayo de análisis granulométrico fueron:

Tabla 15. Equipos y herramientas utilizadas en el ensayo de análisis granulométrico.

Ítem	Equipos/Herramientas	Características	Cantidad
1	Balanza	Precisión de 0.01 g	1
2	Estufa	A gas	1
3	bandejas	Acero inoxidable	3
4	Brochas y cepillos	Mango de madera de 2" y 4"	2
5	Badilejo de albañil	Mango de madera de 9"	1
6	Tamiz para lavado	Acero inoxidable, h=4", ø=8"	1
7	Tamices serie ASTM	Acero	21
8	Tapa y fondo de tamiz	Acero	2

Como primer ensayo realizado fue la granulometría de las partículas del suelo, para lo cual el primer paso realizado fue la obtención de las muestras de ensayo respectivas, en base a la normativa MTC E 103 se aplicó el método B concerniente a la disminución de muestras obtenidas en campo a magnitudes de muestra de ensayo mediante cuarteo, las muestras de suelo natural y de los residuos ladrilleros triturados se vaciaron de los recipientes y apilaron en forma cónica en un piso de concreto limpio, posteriormente se aplanó con movimientos ligeros haciendo uso de un badilejo metálico y adquiriendo la forma de una circunferencia de espesor uniforme, finalmente el material se dividió en cuatro partes en forma equitativa, de los cuales las dos cuartas partes que se contraponen diagonalmente se descartaron y las otras dos cuartas partes restantes se volvieron a batir; este procedimiento se volvió a realizar en repetidas ocasiones hasta obtener una muestra de ensayo que tenga alrededor de 2.5 kilogramos de peso de acuerdo a la normativa MTC E 101.

Seguidamente las muestras representativas de los materiales se sometieron a un secado rápido mediante una estufa a gas para eliminar la humedad, para comprobar esto se usó un vidrio transparente, posteriormente se mezclaron el suelo natural y los residuos ladrilleros triturados en los porcentajes antes mencionados y así obtener el peso seco inicial, a continuación se procedió con la separación de los finos en cada una de las mezclas mediante lavado haciendo uso del tamiz n.º 200, el remanente del lavado se vuelve a someter al secado para posteriormente obtener el peso seco lavado y calcular la merma producto del lavado.

A continuación, las muestras de cada una de las mezclas se pasaron a través de un conjunto de tamices ordenados, los tamices se sometieron a un proceso de agitación manual por un período con movimientos horizontales o rotacionales. Una vez terminada el proceso de agitación, las cantidades retenidas en cada malla se pesaron y se calcularon las cantidades porcentuales retenidas con la ecuación 1; asimismo, se determinó las cantidades porcentuales acumuladas pasantes de cada uno de los tamices con la ecuación 2. Para finalmente plasmar estos datos en un gráfico semilogarítmico.

Límite Líquido

Los equipos, herramientas y materiales que se detallan en la tabla 16 se utilizaron en la realización de esta prueba.

Tabla 16. *Equipos y herramientas utilizadas en la prueba de límite líquido.*

Ítem	Equipos/Herramientas	Características	Cantidad
1	Cazuela de Casagrande	Eléctrica y digital	1
2	Recipiente	Acero inoxidable	1
3	Espátulas	Acero inoxidable	2
4	Acanaladores	Metálicos	1
5	Balanza Electrónica	Sensibilidad de 0.01 g	1
6	Taras codificadas	Acero inoxidable	3
7	Estufa / horno	A gas / Eléctrico	1

Elaboración propia.

Se dispuso de muestras representativas con materiales pasantes del tamiz n.º40 de cada una de las mezclas en una cantidad aproximada de 150 a 200 gramos, la cual se colocó en un recipiente y se procedió a amasar añadiendo agua destilada hasta conseguir una masa homogénea. Luego una porción de la masa se procedió a colocar con presión en la taza de bronce (copa) de la cazuela con ayuda de la espátula y se enrasó hasta tener 1 centímetro de espesor en el punto más bajo y obtener una superficie casi horizontal; posteriormente haciendo uso del acanalador se dividió la masa en la copa generando una hendidura por la mitad, enseguida se procedió a levantar y golpear la copa hasta que se junten los taludes de la hendidura en la base en una longitud de 1/2 pulgada y se apuntó el número de golpes, después se procedió a tomar parte de la masa ubicada en la copa y colocar en un recipiente de peso conocido y someterlo a pesaje, luego el recipiente y la masa se sometió al secado en una estufa y una vez seco se volvió a pesar y anotar los datos para determinar la humedad con la que se cerró la ranura.

El procedimiento antes descrito se realizó para tres contenidos de humedad (agua) distintos que se encuentren en los intervalos de 25 al 35, 20 al 30 y 15 al 25; con el fin de conseguir tres puntos en la gráfica de la curva de fluidez y así interpolar y ubicar la humedad correspondiente a los 25 golpes.

Una vez determinadas las humedades de acuerdo con la normativa MTC E 108, se hace uso de un papel semilogarítmico; en este se trazan la cantidad de golpes en escala logarítmica y las humedades en escala aritmética, en el eje horizontal y en el vertical respectivamente.



Figura 37. Equipos para el ensayo del límite líquido. Adaptado de LAMSYC (s. f.).

Límite Plástico

Los equipos, herramientas y materiales que se detallan en la tabla 17 son las que se emplearon en el desarrollo del ensayo de límite plástico.

Tabla 17. Equipos y herramientas utilizadas en el ensayo de límite plástico.

Ítem	Equipos/Herramientas	Características	Cantidad
1	Recipiente	Acero inoxidable	1
2	Espátula flexible	de 1"	1
3	Balanza	sensibilidad de 0.01 g	1
4	Recipientes con tapa	Para humedad	2
5	Placa Vidrio esmerilado	300 mm x 300 mm	1
6	Estufa / horno	A gas / Eléctrico	1

Elaboración propia.

Para este ensayo se empleó el remanente de las muestras representativas preparadas con materiales pasantes del tamiz n.º40 de cada una de las mezclas para el ensayo de límite líquido, en una cantidad aproximada de 20 gramos por cada mezcla.

Estos se colocaron en recipientes para humedecerlo y amasarlo con agua destilada hasta tener una masa con la que se formó con una ligereza una esfera, se tomó unos 5 gramos del amasado y se divide en tres fracciones, con la yema de los dedos y en la superficie de un vidrio transparente se procedió a rolar y formar cilindros (rollitos) que se desmoronaron antes de alcanzar diámetros alrededor de 3.18 mm (1/8 in), después se procedió a colocar los trozos de los cilindros en un recipiente de peso conocido y someterlo a pesaje, luego el recipiente y los trozos se secaron en una estufa y una vez seco se volvió a pesar y anotar los datos para determinar la humedad de acuerdo con la normativa MTC E 108.

El procedimiento descrito con anterioridad se repitió para otra porción del amasado y así tener dos contenidos de humedad por cada mezcla (M1, M2, M3, M4 y M5), el límite plástico de cada una de las mezclas se calculó como el promedio de ambas mediciones de humedad.



Figura 38. Equipos para realizar el ensayo del límite plástico. Adaptado de Pinzuar (s. f.).

Próctor Modificado

Los equipos, herramientas y materiales que se detallan en la tabla 18 son las que se emplearon en el desarrollo del ensayo de límite plástico.

Tabla 18. Equipos y herramientas utilizadas en el ensayo de próctor modificado.

Ítem	Equipos/Herramientas	Características	Cantidad
1	Molde	Metálico	1
2	Base del Molde	Metálico	1
3	Collarín	Metálico	1
4	Pisón	10 libras	1
5	Balanza electrónica	sensibilidad de 0.01 g	1
6	Tamiz n.º 4, 3/8" y 3/4"	Bronce	3
7	Bandeja	Bronce	4
8	Martillo	de goma	1
9	Probeta graduada	acrílico	1
10	Taras codificadas	metálicos	4
11	Pipeta graduada	vidrio	1
12	Badilejo y cucharones	metálicos	2
13	Enrasador	metálico	1
14	Estufa / horno	A gas / Eléctrico	1

Elaboración propia.

En base a las normativas ASTM D1557 y MTC E 115, se pasó a cuantificar la cantidad porcentual de material retenido en los tamices n.º 4, 3/8 in y 3/4 in mediante un tamizado y se tuvo resultados que nos dirigieron a usar el Método C.

Se obtuvo una muestra de unos 36 kilogramos aproximadamente y se prepararon cuatro muestras representativas de 6 kilogramos cada uno, luego se procedió a secar cada una de las muestras mediante una estufa, para luego colocarlos en bandejas metálicas. Enseguida se calcula el peso del molde escogido y la base, y se le coloca el collarín, se toma una de las muestras y se añade agua en una cantidad porcentual determinada para luego amasarla.

A continuación, una quinta parte de la masa se colocó en el molde cilíndrico de 6" de diámetro, enseguida se dejó caer un pisón de 10 libras de peso en caída libre desde una altura de 18" que generó una energía de compactación de 2700 kN-m/m³, dicho pisón se dejó caer 56 veces distribuidos en toda el área por capa, para las cuatro quintas partes sobrantes se repite el procedimiento anterior. Luego de terminar compactar la quinta capa se procedió a retirar el collarín y a enrasar el suelo, para obtener el peso del suelo compactado más el molde y con estos datos

calcular la densidad seca, posteriormente del molde se toma una masa del suelo compactado y se coloca en un recipiente para determinar la humedad a la que fue compactada de acuerdo con la normativa MTC E 108.

Los procedimientos anteriores se repitieron con las otras tres porciones de 6 kg restantes, mezclándolas con diferentes cantidades de agua, obteniéndose así cuatro humedades de compactación y densidades secas por cada mezcla. Este ensayo se repitió para cada mezcla (M1, M2, M3, M4 y M5).

Ensayo de CBR

Los equipos, herramientas y materiales que se detallan en la Tabla 19 son las que se emplearon en el desarrollo del ensayo de la prueba de CBR.

Tabla 19. Equipos y herramientas utilizadas en el ensayo de CBR.

Ítem	Equipos/Herramientas	Características	Cantidad
1	Molde	∅=6 in	3
2	Base del Molde	Metálico	3
3	Collarín	Metálico	3
4	Pisón	10 libras	1
5	Discos	Esp., ranurado y anular	3
6	Placa perforada y vástago	Acero	3
7	Papel filtro circular	∅=6 in	6
8	Prensa CBR		1
9	Trípode de expansión	Acero inoxidable	3
10	Dial comparador	Precisión de 0.01 mm	3
11	Balanza electrónica	sensibilidad de 0.01 g	1
12	Tamiz n.º 4 y 3/4 in	Acero inoxidable	2
13	Bandeja	Acero inoxidable	3
14	Probeta	de plástico graduado	1
15	cucharón	metálico, capacidad 1 kg.	2
16	Enrasador	metálico	1
17	Taras codificadas	metálicos	3
18	Estufa / horno	A gas / Eléctrico	1

Elaboración propia.

La preparación de la muestra se procedió tamizándolo por el tamiz de $\frac{3}{4}$ " y se utiliza el pasante de esta malla; en caso se tenga retención en el tamiz de $\frac{3}{4}$ " éste se reemplaza en la misma cantidad por el material pasante de la malla $\frac{3}{4}$ " y retenido en la malla n.º 4. De la muestra ya preparada se toma unos 5 kg por cada uno de los tres moldes de CBR y se preparó un amasado agregándole agua para alcanzar el óptimo contenido de humedad determinada en los ensayos Próctor.

Se procedió a pesar el molde en conjunto con la base, luego se le colocó el collarín en la parte superior, y en el interior del molde se coloca el disco espaciador y sobre éste un papel filtro circular. Tras esto se colocó los especímenes preparados en cinco capas en los moldes y se procedió a compactar con 56 golpes por capa para el primer molde, el segundo se compactó con 25 golpes por capa y en el tercero se compactó con 10 golpes por capa. Terminada la compactación se quitó los collarines y se enrasó las muestras de suelo compactadas por medio del enrasador. Posteriormente se desmontaron los moldes de las bases y sobre estas se colocaron otros papeles filtros y se volvieron a montar los moldes junto a los especímenes compactados en forma invertida sobre las bases sin los discos espaciadores y se registraron sus pesos de cada uno de ellos respectivamente.

Enseguida se colocaron sobre las superficies de los especímenes las placas perforadas en conjunto con los vástagos y sobre estas las sobrecargas respectivamente; encima se colocaron los trípodes y el dial de deformaciones y luego se ajustaron en conjunto a los vástagos de las placas y se registraron las lecturas. Posteriormente las probetas se sometieron a saturación en un depósito durante 96 horas (4 días), luego de terminado el periodo de inmersión se volvieron a leer las lecturas de la medición del hinchamiento de cada una de las probetas. Se retiraron las probetas y se dejaron escurrir por espacio de 15 minutos y a continuación se retiraron las sobrecargas, las placas y los papeles, luego se registraron los pesos de los moldes y los especímenes compactados.

A continuación, se procedió al ensayo de penetración, para lo cual se volvieron a colocar las mismas sobrecargas colocadas en el periodo de inmersión a cada una de las probetas, para posteriormente llevarlas a la prensa, a cada probeta se aplicó una carga de tal forma que el pistón penetre a una velocidad uniforme y se

registraron los valores de carga para las medidas de penetración indicadas en la normativa. Finalmente se tomaron unas pequeñas muestras de suelo de los interiores de los especímenes compactados y se colocaron en un recipiente para determinar las humedades respectivas.

Equivalente de Arena

Los equipos, herramientas y materiales que se detallan en la tabla 20 son las que se emplearon en el desarrollo del ensayo de la prueba de equivalente de arena.

Tabla 20. *Equipos y herramientas utilizadas en el ensayo de valor equivalente de arena.*

Ítem	Equipos/Herramientas	Características	Cantidad
1	Probeta Graduada	Transparente con tapón de hule	3
2	Tubo Irrigador	Acero inoxidable	1
3	Varilla	Lastrada	1
4	Solución stock	500 ml.	1
5	Agua destilada	1 Lt.	1
6	Embudo	plástico y boca ancha	1
7	Manguera tramo	flexible, L=1.50 m	1
8	Recipiente de medición	metálico, 85 ml.	1
9	Recipientes	metálicos	3
10	Botella cilíndrica	1 gal.	1
11	Tamiz n.º 4	ASTM E 11	1
12	Bandejas	metálicas	2
13	Balanza electrónica	Sensibilidad de 0.01 g	1
14	Recipientes codificados	metálicos	3
15	Cucharón	Acero inoxidable y 1/2 Kg.	1
16	Horno	Eléctrico, 110±5°C	1

Elaboración propia.

Las muestras se obtuvieron mediante tamizado del material pasante del tamiz n.º 4 en una cantidad aproximada de 1.5 kilogramos por mezcla, se humedeció la muestra para evitar segregación y pérdida de fino durante el cuarteo, del resultado del cuarteo se obtiene cuatro muestras de la medida del recipiente medidor, luego se determinó y registró el peso de las cuatro tomas de muestra en un cilindro de plástico seco, estas se devolvieron a la muestra matriz y se procede al cuarteo, se

obtuvo el peso predeterminado y se procedió a secar los especímenes de ensayo en una estufa y luego enfriados.

A continuación, se vierte 100 ml (hasta 4") de solución de cloruro cálcico en la probeta graduada desde una altura de 91 cm aproximadamente, enseguida se vierte la muestra con apoyo de un embudo en la probeta, luego se procede a golpear ligeramente la base de la probeta para liberar las burbujas de aire y dejarlo reposar por 10 minutos para humedecerlo. Una vez culminado el tiempo de reposo se entapona la boca de la probeta y así se afloja el material manualmente con movimientos donde se invierta parcialmente la probeta.

Posteriormente la probeta se somete a una agitación manual durante 90 ciclos en un tiempo de 30 segundos ocupando un desplazamiento de 23 centímetros aproximadamente, para lo cual la probeta se sujeta en una postura horizontal y se procede a agitarlo con movimientos en línea horizontal de un lado a otro, un ciclo se comprende como un movimiento completo de ida y vuelta.

Después de la operación de agitado se coloca la probeta sobre la mesa de trabajo y se procede a irrigar insertando el tubo irrigador en ella; con la solución se procede a enjuagar las paredes para luego introducir el tubo hasta el fondo de la probeta y generar pequeños movimientos punzantes y de giro, esta acción se realiza hasta que la probeta se llene a la altura de 15 pulgadas, posteriormente se deja reposar por 20 minutos, después de culminado el tiempo de sedimentación se procede a tomar las lecturas del nivel superior de la arcilla, finalmente se introduce lentamente el pisón hasta hacerlo llegar a descansar sobre la arena y se anota la lectura del nivel indicado y se procede a restar 10 pulgadas y se obtiene la lectura final de la arena.



Figura 39. Equipos para realizar el ensayo de relación de equivalente de arena. Adaptado de Pinzuar (s. f.).

Índice de Aplanamiento y Alargamiento

Los equipos, herramientas y materiales que se detallan en la tabla 21 son las que se emplearon en el desarrollo del ensayo de partículas aplanadas y alargadas.

Tabla 21. Equipos y herramientas utilizadas en el ensayo de partículas chatas y alargadas.

Ítem	Equipos/Herramientas	Características	Cantidad
1	Aparato calibrador	Placa base plana con dos postes fijos y un brazo giratorio	1
2	Vernier	300 mm	1
3	Balanza electrónica	Sensibilidad de 0.01 g	1
4	Estufa	A gas	1

Elaboración propia.

Para la realización del ensayo es necesario tener la muestra, para lo cual el material a ensayar se reduce mediante cuarteo hasta tener una cantidad suficiente mínima que se determina en base al tamaño máximo nominal del material y con ayuda de la tabla 22.

Tabla 22. Cantidad de muestra para el ensayo de partículas planas y alargadas.

TMN (in)	Cantidad mínima del material (2 1/2" y 1/4") kg.
2"	35
1 1/2"	15
1.00	5
3/4	2
1/2	1
3/8	0.5

Fuente. Adaptado de MTC, 2016, p. 387.

Una vez determinada la cantidad mínima de la muestra se somete a secado mediante una estufa y luego se procede a tamizar la muestra haciéndolo pasar por los tamices de 2 1/2", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8" y 1/4"; producto del tamizado las partículas se separan por tamaños y se anotan los pesajes de cada fracción, las partículas con tamaños menores a 1/4" y mayores 2 1/2" se descartan.

Para desarrollar el ensayo de aplanamiento se toma las partículas por cada fracción de tamaño y se clasifica con el calibrador de aplanamiento (grosos) las partículas que pasan y las que no pasan por las ranuras correspondientes; teniendo en cuenta que se considerarán chatas (aplanadas) las que pasen por su lado más angosto, una vez terminada con todas las partículas de alguna fracción de tamaño se procede a pesar la masa de las partículas que pasaron y se anota, los procedimientos anteriores se repiten hasta terminar con todas las fracciones de tamaños y tener los pesos de las partículas que pasaron de cada una de ellas. Los pesos de las partículas que pasaron por cada fracción se dividen con el peso total pasante en cada fracción del ensayo de tamizado y así sucesivamente se calcula los porcentajes de aplanamiento por cada fracción y se realiza una sumatoria de todas ellas para obtener el índice de aplanamiento global del espécimen.

Para desarrollar el ensayo de alargamiento se toma las partículas por cada fracción de tamaño tamizado y se clasifica con el calibrador de alargamiento (longitudes) las partículas que pasan y las que no pasan por las separaciones entre barras correspondientes a la fracción que ensaya; teniendo en cuenta que se considerarán alargadas a las que no pasen por su lado más largo, una vez terminada con todas las partículas de una determinada fracción de tamaño se procede a pesar la masa de las partículas que no pasaron y se anota, los procedimientos anteriores se repiten hasta terminar con todas las fracciones de tamaños y tener los pesos de las partículas que no pasaron por cada fracción. Los pesos de las partículas que no pasaron por cada fracción se dividen con el peso total pasante en cada fracción del ensayo de tamizado y así sucesivamente se calcula los porcentajes de alargamiento por cada fracción y se realiza una sumatoria de todas ellas para obtener el índice de alargamiento global del espécimen.

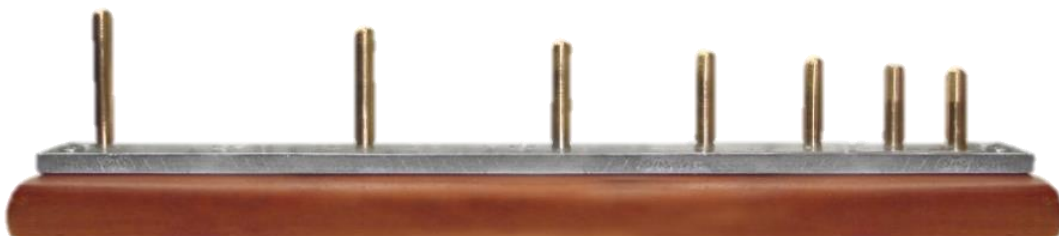


Figura 40. Calibrador de longitudes. Tomado de Pinzuar (s. f.).



Figura 41. Calibrador de grosores. Tomado de Pinzuar (s. f.).

Abrasión Los Ángeles (L.A.)

Los equipos, herramientas y materiales que se detallan en la tabla 23 son las que se emplearon en el desarrollo del ensayo de abrasión L.A.

Tabla 23. Equipos y herramientas utilizadas en el ensayo de abrasión L.A.

Ítem	Equipos/Herramientas	Características	Cantidad
1	Máquina de Los Ángeles	Acero	1
2	Balanza electrónica	Sensibilidad de 0.01 g	1
3	Esferas	acero	var.
4	Tamices 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", 1/4" y n.º 4	Acero inoxidable	7
5	Tamiz de fondo	Acero inoxidable	1
6	recipientes circulares	metálicos	4
7	Bandeja	metálica	1
8	Cucharones	Acero inoxidable	1
9	Horno	temperatura a 110 ± 5°C.	1

Elaboración propia.

La cantidad de muestra de campo a recolectar para este ensayo se determina de acuerdo con el tamaño máximo nominal y la normativa MTC E 201 y para reducir a espécimen de ensayo se aplica el cuarteo de acuerdo con la normativa ASTM C 702 tal como lo establece la normativa MTC E 207, luego la muestra de ensayo se lava y se somete a secado mediante una estufa o horno y posteriormente ser sometido a tamizaje de acuerdo con la gradación a adoptar.

A continuación de acuerdo con el tamaño máximo nominal (TMN) que tenga la muestra se determina la gradación a la que pertenece; si el TMN de la muestra es 1 ½", ¾", 3/8" y 4.75 mm (n.º 4) se tomarán las gradaciones A, B, C y D respectivamente, con ayuda de las tablas 7 y 8 se determina el número de esferas a colocar, las fracciones de las distribuciones granulométricas a tomar y la cuantía de la muestra (Peso inicial), luego se colocó la muestra a ensayarse conjuntamente con las cargas en el tambor de la máquina, dando en total 500 revoluciones a una velocidad de 30 a 33 rpm.

Una vez terminada las revoluciones se descarga la muestra a una bandeja metálica, para posteriormente cribar por el tamiz n.º 12 y el material retenido se somete a lavado, luego se somete a secado en una estufa y al término de la eliminación del contenido de agua se procede a enfriar y pesar el material retenido (Peso final). Finalmente, con apoyo de la ecuación 7 se calcula el porcentaje de desgaste.



Figura 42. Máquina de Los Ángeles. Adaptado de Pavement Tools Consortium, s. f.

3.6. Método de análisis de datos

En el presente estudio de investigación se realizaron diferentes ensayos de laboratorio, la cuales se detallan en la tabla 14. Asimismo, para la consecución de los resultados de las pruebas se recurre a fórmulas matemáticas detalladas en normativas y manuales del MTC del Perú, AASHTO y la ASTM, para la

interpretación de los datos obtenidos se hará uso de la normativa vial EG-2013 y CE.010 Pavimentos urbanos.

3.7. Aspectos éticos

La acción de llevar a cabo una investigación y el uso de fuentes de información originado por la ciencia demanda comportamientos y procedimientos éticos de parte del investigador, evitando corromper la ciencia, los datos mostrados y el daño a uno mismo. Por ende, primordialmente la presente investigación se efectuó teniendo cuenta el respeto a las personas, cumpliendo y acatando a cabalidad las normas, licencias y los tratados que avalan las autorías de las investigaciones realizadas previamente en materia de residuos ladrilleros y pavimentos. Además, el presente estudio se realizó utilizando y aplicando una metodología apropiada que resuelva y/o solucione las problemáticas planteadas anteriormente, finalmente los resultados de la investigación se muestran con total transparencia y honestidad.

IV. RESULTADOS

En adelante se exponen los resultados de las averiguaciones en base a las informaciones recopiladas mediante las técnicas e instrumentos a las que se recurrió, y estas se plasman por medio de cuadros y gráficos, los cuales son presentados en el mismo orden en el que fueron planteados los objetivos específicos en la presente investigación

La aplicación de los residuos ladrilleros triturados en la subbase de pavimentos rígidos que forma parte de esta disertación se propone su aplicación en un proyecto de construcción de pistas y veredas, específicamente a lo largo de la séptima y octava cuadra de la avenida Qatun Ayllu que conta de 219.54 metros de longitud en la localidad de Vilcas Huamán, distrito y provincia de Vilcas Huamán, departamento de Ayacucho. La ubicación geográfica del proyecto se bosqueja en las figuras 44 y 45, asimismo la ubicación de acuerdo con el sistema de coordenadas UTM se plasman en la tabla 24 y figura 43.



Figura 43. Georreferenciación de la ubicación del proyecto. Mapa creado en software Google Earth, 2021. Elaboración propia.

Tabla 24. Coordenadas de la ubicación geográfica del proyecto.

Descripción	Este (m)	Norte (m)	Altitud (m.s.n.m.)
Inicio del tramo	613314.88	8489979.432	3522
Fin del tramo	613306.98	8489761.854	3515

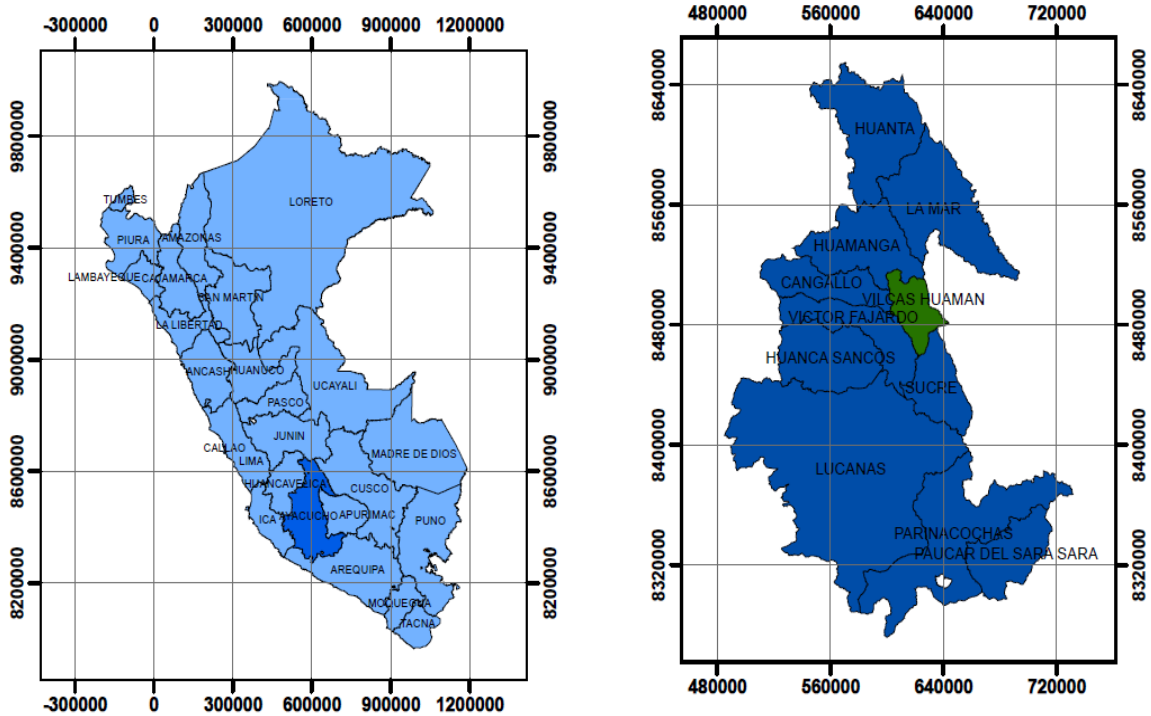


Figura 44. Localización del proyecto a nivel nacional y regional. Elaboración propia.

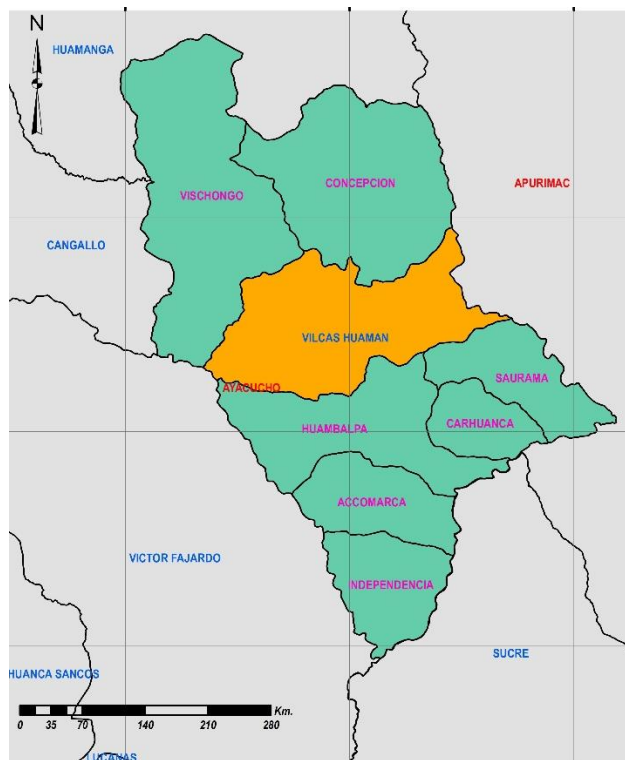


Figura 45. Localización del proyecto a nivel provincial. Elaboración propia.

Los datos de las calicatas realizadas en la subrasante y los análisis y ensayos de laboratorio de estos fueron proporcionados y facilitados por la Municipalidad de Vilcas Huamán que es la unidad formuladora y ejecutora del proyecto, al que previamente se le solicitó la información, dichos datos se adjuntan en el Anexo 08.

Límites de Atterberg

El ensayo de límite líquido consistió en determinar la humedad con la que se cierra una masa de suelo colocada en la cuchara de Casagrande, producto de la caída de la cazuela a los 25 golpes desde una altura de 1cm. Mientras el límite plástico se calculó a través de la formación de pequeños rollitos de diámetro de 1/8" de la masa de suelo sobre una placa de vidrio y calcular la humedad con la que se empieza a desmoronar.



Figura 46. Muestra colocada en la cazuela de Casagrande. Fotografía propia.



Figura 47. Formación de cilindros de la masa de suelo. Fotografía propia.

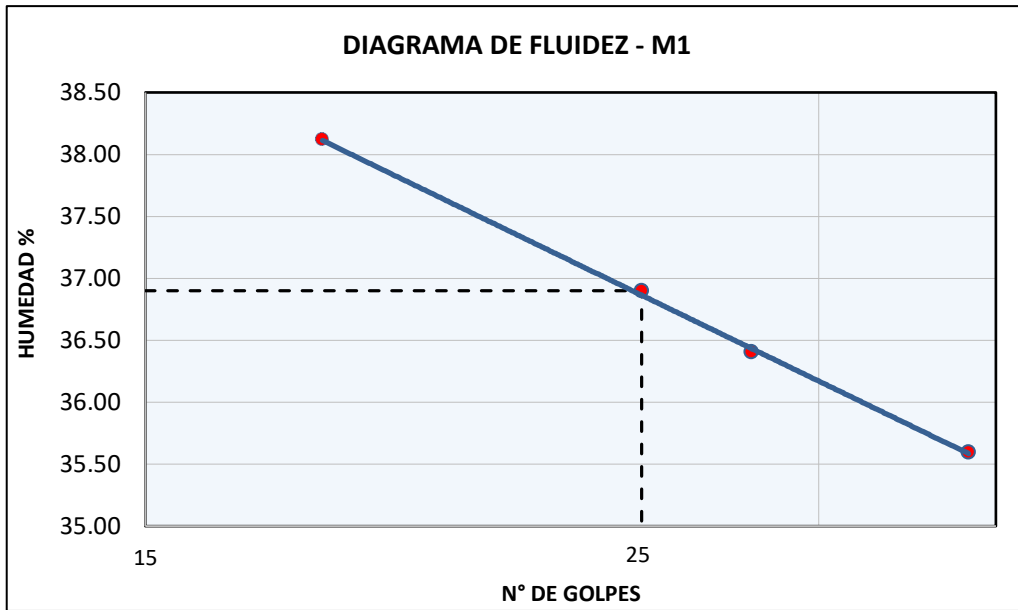


Figura 48. Diagrama de Fluidez para la muestra M1. Elaboración propia.

Para la muestra M1, se obtuvo un límite líquido de 36.9%, mientras para el límite plástico un 27.6%; de la diferencia de ambos valores se obtuvo un índice de plasticidad 9.3%.

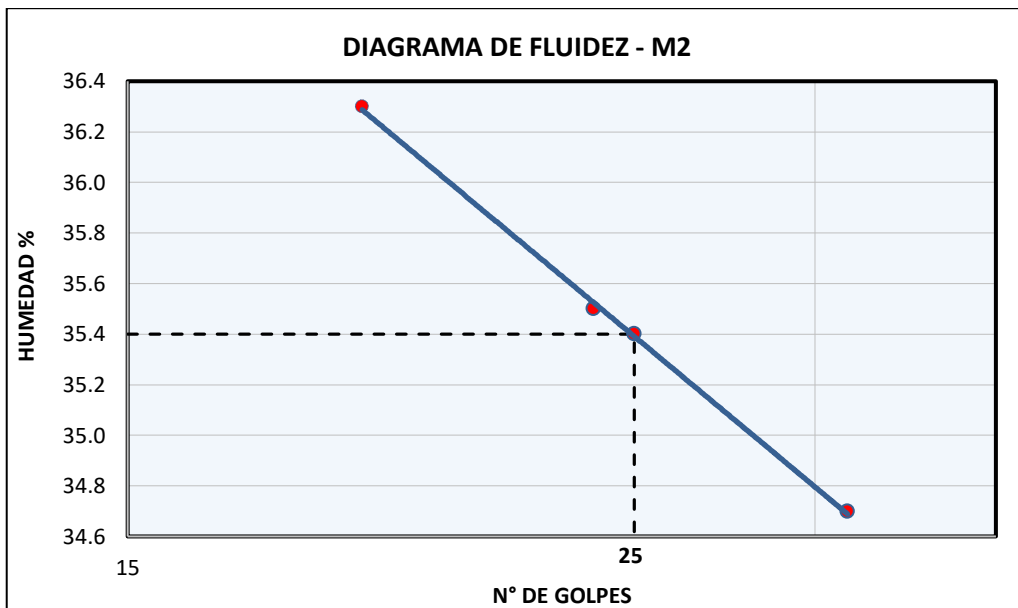


Figura 49. Diagrama de Fluidez para la muestra M2. Elaboración propia.

Para la muestra M2, se obtuvo un límite líquido de 35.4%, mientras para el límite plástico un 26.6%; de la diferencia de ambos valores se obtuvo un índice de plasticidad 8.8%.

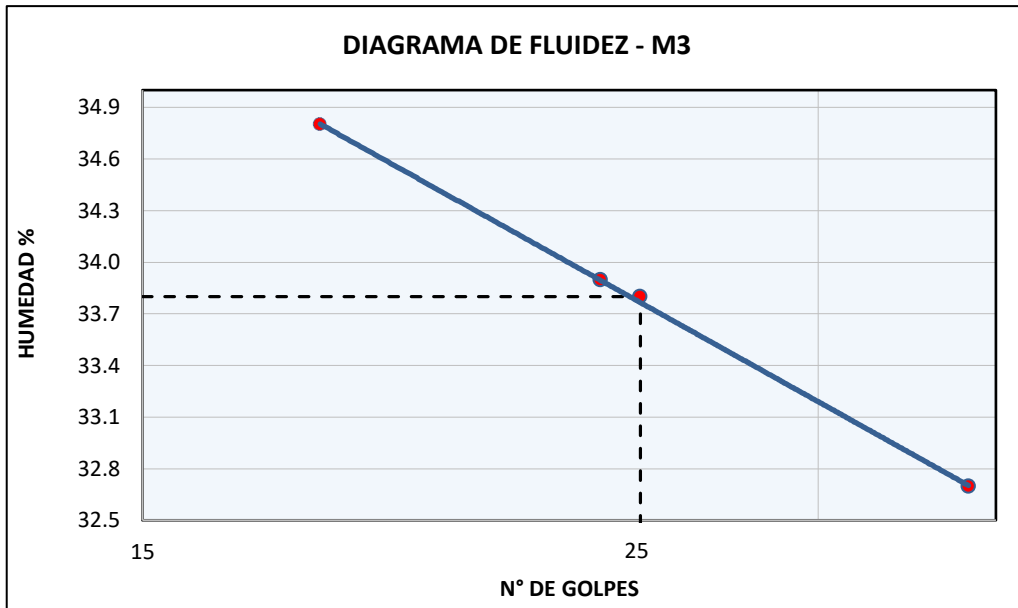


Figura 50. Diagrama de Fluidez para la muestra M3. Elaboración propia.

Para la muestra M3, se obtuvo un límite líquido de 33.8%, mientras para el límite plástico un 25.4%; de la diferencia de ambos valores se obtuvo un índice de plasticidad 8.4%.

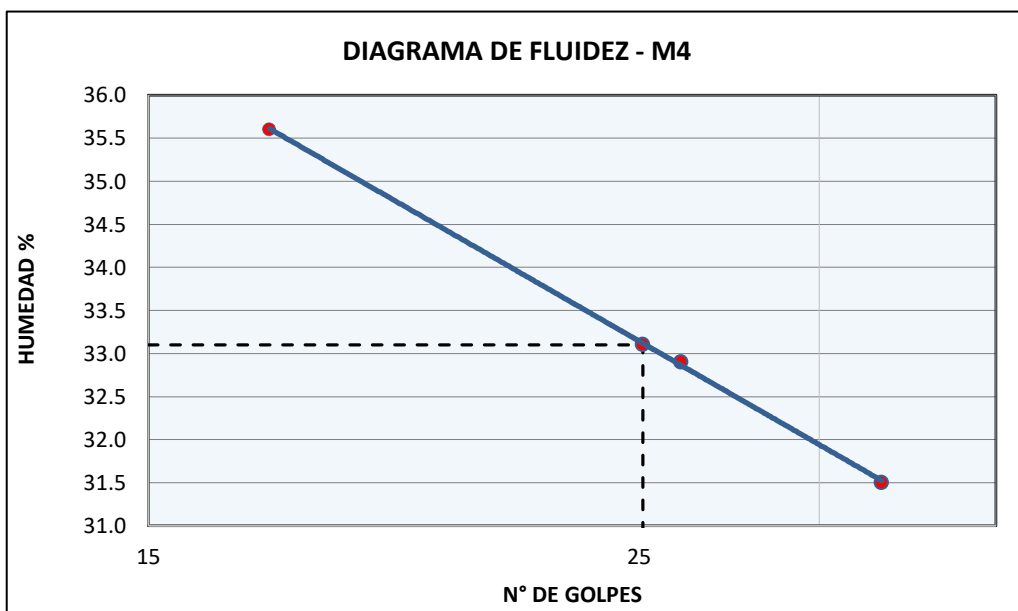


Figura 51. Diagrama de Fluidez para la muestra M4. Elaboración propia.

Para la muestra M4, se obtuvo un límite líquido de 33.1%, mientras para el límite plástico un 24.8%; de la diferencia de ambos valores se obtuvo un índice de plasticidad 8.3%.

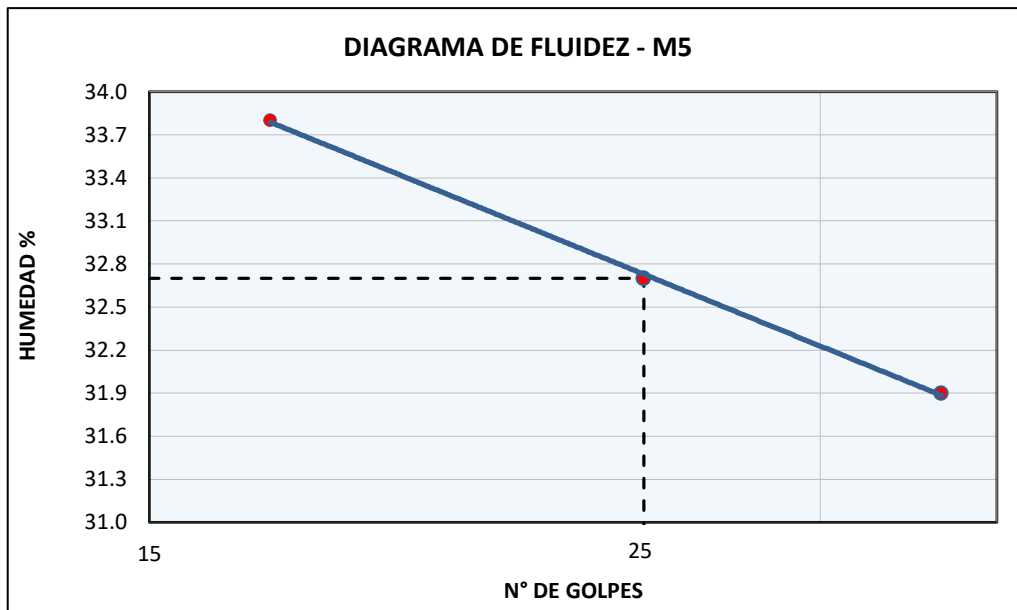


Figura 52. Diagrama de Fluidez para la muestra M5. Elaboración propia.

Para la muestra M5, se obtuvo un límite líquido de 32.7%, mientras para el límite plástico un 24.5%; de la diferencia de ambos valores se obtuvo un índice de plasticidad de 8.2%.

Tabla 25. Resumen de los resultados de los ensayos de plasticidad.

Mezclas	LL (%)	LP (%)	IP (%)
M1	36.9	27.6	9.3
M2	35.4	26.6	8.8
M3	33.8	25.4	8.4
M4	33.1	24.8	8.3
M5	32.7	24.5	8.2

Elaboración propia.

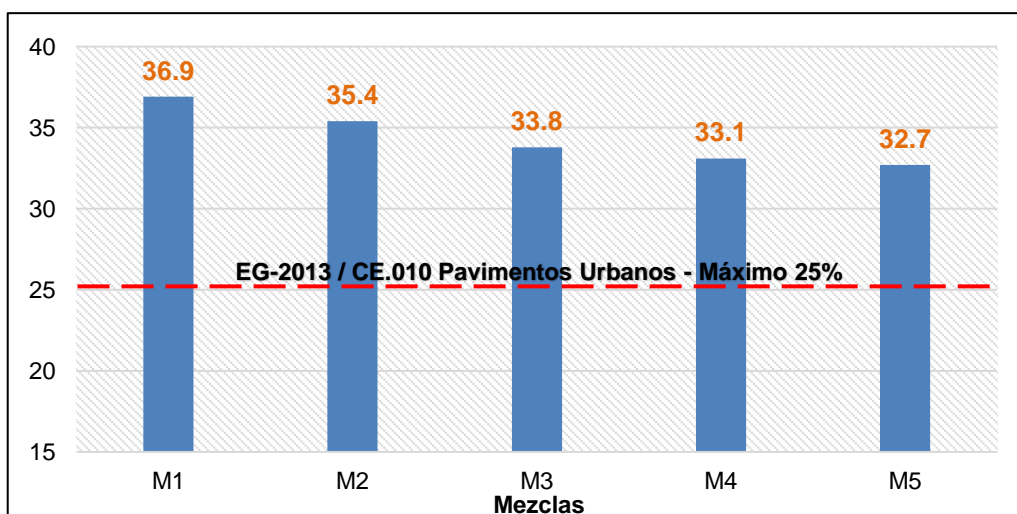


Figura 53. Resultados del ensayo de límite líquido. Elaboración propia.

A partir de la figura 53 se contempla que la adición de residuos ladrilleros triturados genera una disminución en el valor porcentual del límite líquido de las muestras.

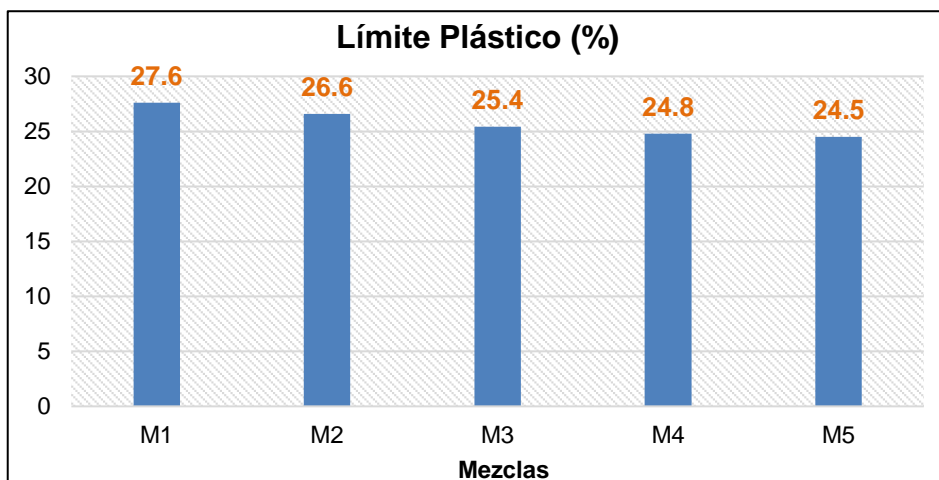


Figura 54. Resultados del ensayo de límite plástico. Elaboración propia.

A partir de la figura 54 se contempla que la adición de residuos ladrilleros triturados genera una disminución en el valor porcentual del límite plástico de las muestras.

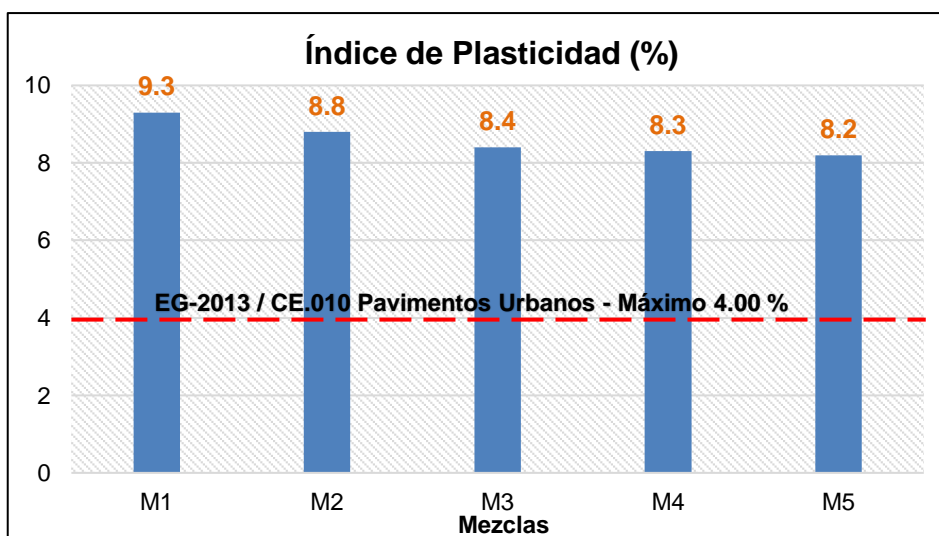


Figura 55. Resultados del índice de plasticidad. Elaboración propia.

Según la Clasificación de suelos de acuerdo con su IP que da el MTC en el Manual de carreteras, la cual se adjunta en el Anexo 09, las mezclas se clasifican como suelos arcillosos de plasticidad media. Asimismo, la totalidad de las mezclas de la investigación no satisfacen los requisitos máximos exigidos por las normativas viales EG-2013 y CE.010 Pavimentos Urbanos, tanto en los valores del límite líquido e índice de plasticidad como se puede apreciar en las figuras 53 y 55.

Equivalente de Arena (E.A.)

En la tabla 26 se presentan los resultados conseguidos en el ensayo de equivalente de arena realizado a las mezclas de la investigación.

Tabla 26. Resultados del ensayo de CBR.

Mezclas	Equivalente de Arena
M1 (100% Suelo natural)	42%
M2 (95% Suelo Natural + 5% Residuos ladrilleros)	41%
M3 (90% Suelo Natural + 10% residuos ladrilleros)	43%
M4 (85% Suelo Natural + 15% residuos ladrilleros)	42%
M5 (80% Suelo Natural + 20% residuos ladrilleros)	43%

Elaboración propia.

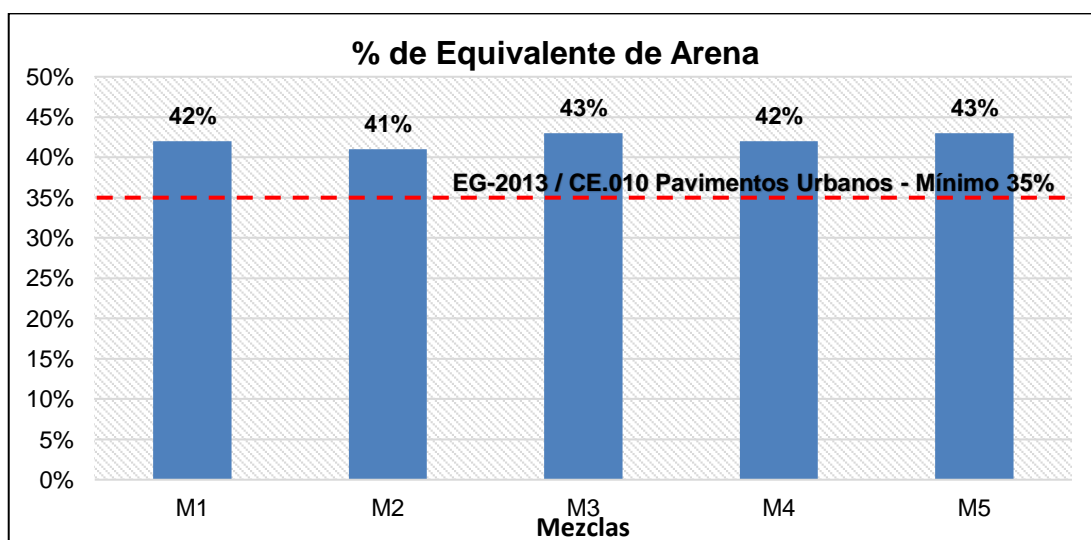


Figura 56. Resultados del ensayo de equivalencia de arena. Elaboración propia.

La evaluación de los resultados a partir de la figura 56, demuestra que la adición de residuos ladrilleros triturados causa un incremento mínimo en el porcentaje de equivalencia de arena, disminuyendo ligeramente la cantidad de finos e impurezas en las muestras, consecuentemente mejora la calidad del material. Asimismo, según la clasificación de suelos de acuerdo con su E.A. que da el MTC en el Manual de carreteras, la cual se adjunta en el Anexo 09, las mezclas se clasifican como suelos arenosos. La totalidad de las mezclas de la investigación satisfacen los requisitos mínimos exigidos en el ensayo de equivalencia de arena por las normativas viales EG-2013 y CE.010 Pavimentos Urbanos.

Análisis granulométrico

El análisis granulométrico consiste en que una vez determinada el tamaño de la muestra representativa necesaria para el ensayo, se procede a tamizar la muestra haciéndolo pasar por los tamices, producto del tamizado las partículas se separan por tamaños y se anotan los pesajes de cada fracción. En las figuras 59, 60, 61, 62 y 62 se presentan de color azul las curvas de la distribución granulométrica de las muestras M1, M2, M3, M4 y M5. Asimismo, las curvas rojas punteadas representan el límite superior e inferior de los husos granulométricos de la gradación a la que se ajusten cada una de las muestras de acuerdo con la tabla 1.



Figura 57. Cuarteo de la muestra M1. Fotografía propia.



Figura 58. Proceso de tamizado. Fotografía propia.

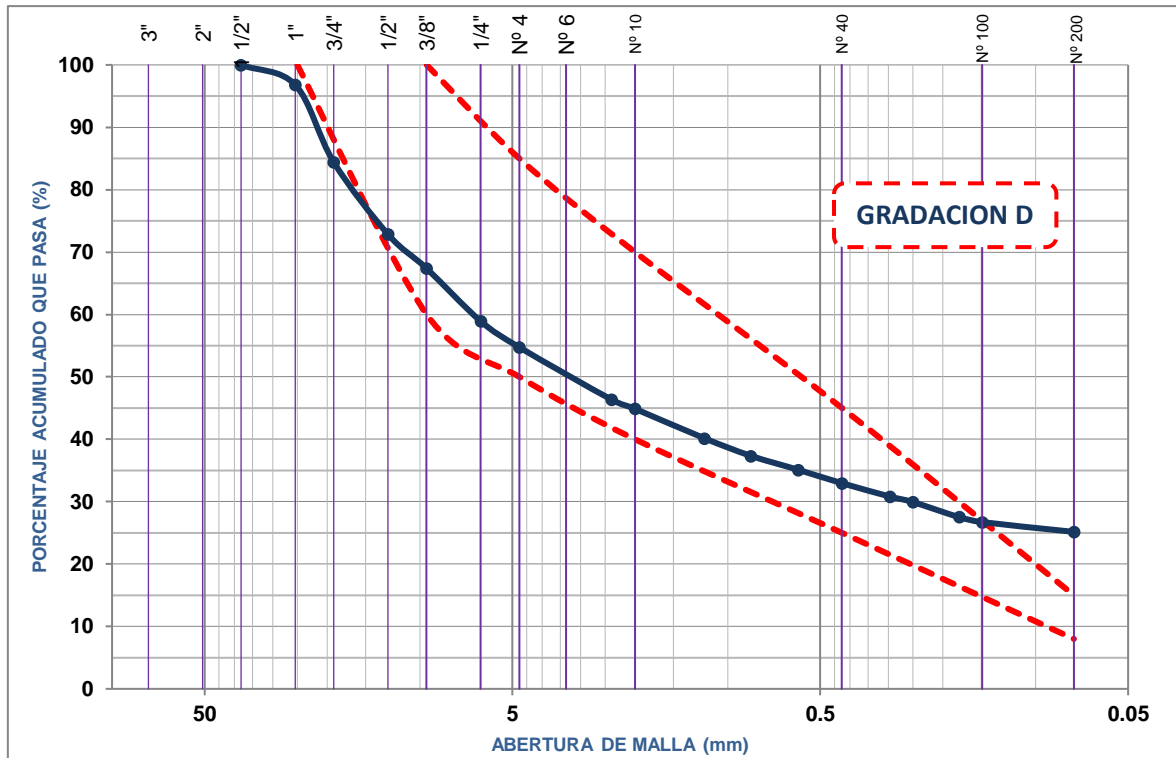


Figura 59. Curva granulométrica de la Muestra M1. Elaboración propia.

Tabla 27. Composición granulométrica y coeficientes de la muestra M1

% Grava	% Arena	% Finos	Coeficientes
45.26	29.58	25.16	$C_u = 226.42$ $C_c = 0.32$

De acuerdo con la Tabla 27, la fracción dominante de la muestra M1 son las gravas al representar el 45.26%, seguida de las arenas al encontrarse en un 29.58% y los finos se encuentran en un 25.16%. Si se suma la fracción constituyente compuesta por partículas gruesas (gravas + arenas) representan alrededor del 74.84%, característica típica de un suelo granular. El coeficiente de uniformidad de la muestra M1 es $C_u=226.42$. Asimismo, se tiene un coeficiente de curvatura de $C_c=0.32$; lo que indica que se trata de un suelo mal graduado al presentar un C_c menor a 1.

De acuerdo con la clasificación por el sistema de la AASHTO, la muestra M1 de la investigación se ubica dentro del grupo A-2 y dentro del subgrupo A-2-4 catalogada como un suelo granular y como índice de grupo el cero (0); por lo que de acuerdo con la tabla 3 la muestra se cataloga como un suelo de excelente a muy bueno en pavimentaciones. Por el sistema de clasificación SUCS, la mezcla M1 se clasifica como una grava limosa con arena – GM.

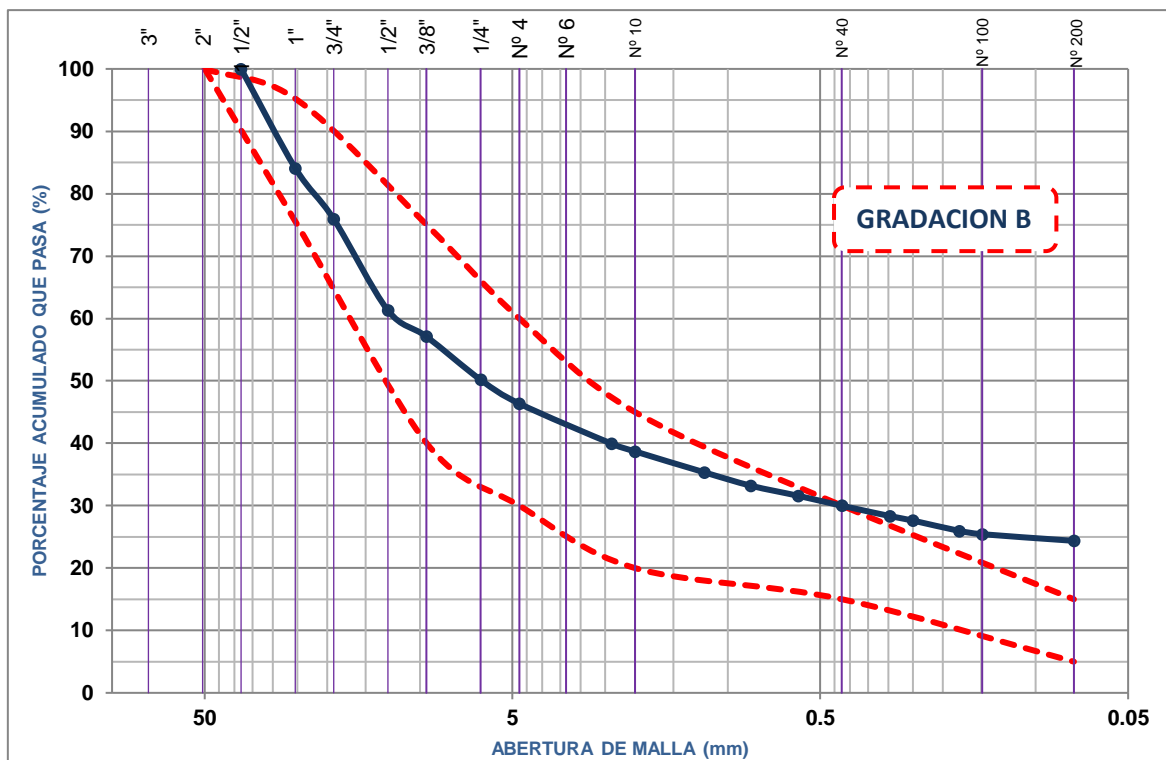


Figura 60. Curva granulométrica de la muestra M2. Elaboración propia.

Tabla 28. Composición granulométrica y coeficientes de la muestra M2.

% Grava	% Arena	% Finos	Coeficientes
53.64	21.99	24.36	$C_u = 380.62$ $C_c = 0.50$

De acuerdo con la Tabla 28, la fracción dominante de la Muestra M2 son las gravas al representar el 53.64%, seguida de los finos al encontrarse en un 24.36% y las arenas se encuentran en un 21.99%. Si se suma la fracción constituyente compuesta por partículas gruesas (gravas + arenas) representan alrededor del 75.63%, característica típica de un suelo granular. El coeficiente de uniformidad de la muestra M2 es $C_u=380.62$. Asimismo, se tiene un coeficiente de curvatura de $C_c=0.50$; lo que indica que se trata de un suelo mal graduado al presentar un C_c menor a 1.

De acuerdo con la clasificación de los suelos por el sistema de la AASHTO, la muestra M2 de la investigación se ubica dentro del grupo A-2 y dentro del subgrupo A-2-4 catalogada como un suelo granular y como índice de grupo el cero (0); por lo que de acuerdo con la tabla 3 la muestra se cataloga como un suelo de excelente a muy bueno en pavimentaciones. Por el sistema de clasificación SUCS, la mezcla M2 se clasifica como una grava limosa con arena – GM.

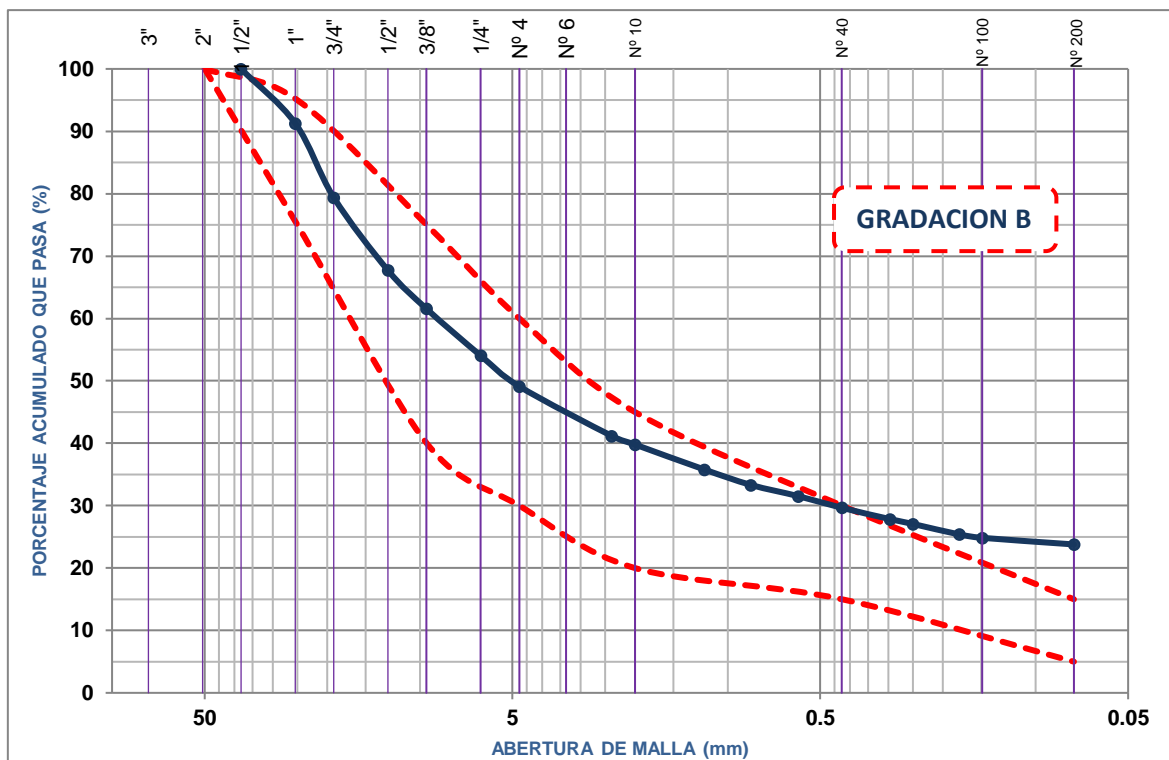


Figura 61. Curva granulométrica de la muestra M3. Elaboración propia.

Tabla 29. Composición granulométrica y coeficientes de la muestra M3.

% Grava	% Arena	% Finos	Coeficientes
50.89	25.32	23.79	$C_u = 281.02$ $C_c = 0.74$

De acuerdo con la tabla 29, la fracción dominante de la Muestra M3 son las gravas al representar el 50.89%, seguida de las arenas al encontrarse en un 25.32% y los finos (limos y arcillas) se encuentran en un 23.79%. Si se suma la fracción constituyente compuesta por partículas de grano grueso, representan alrededor del 76.21%, característica típica de un suelo granular. El coeficiente de uniformidad de la muestra M3 es $C_u=281.02$. Asimismo, se tiene un coeficiente de curvatura de $C_c=0.74$; lo que indica que se sigue tratando de un suelo mal graduado al presentar un C_c menor a 1.

De acuerdo con la clasificación de los suelos por el sistema de la AASHTO, la muestra M3 de la investigación se ubica dentro del grupo A-2 y dentro del subgrupo A-2-4 catalogada como un suelo granular y como índice de grupo el cero (0); por lo que de acuerdo con la tabla 3 la muestra se cataloga como un suelo de excelente a muy bueno en pavimentaciones. Por el sistema de clasificación SUCS, la mezcla M3 se clasifica como una grava limosa con arena – GM.

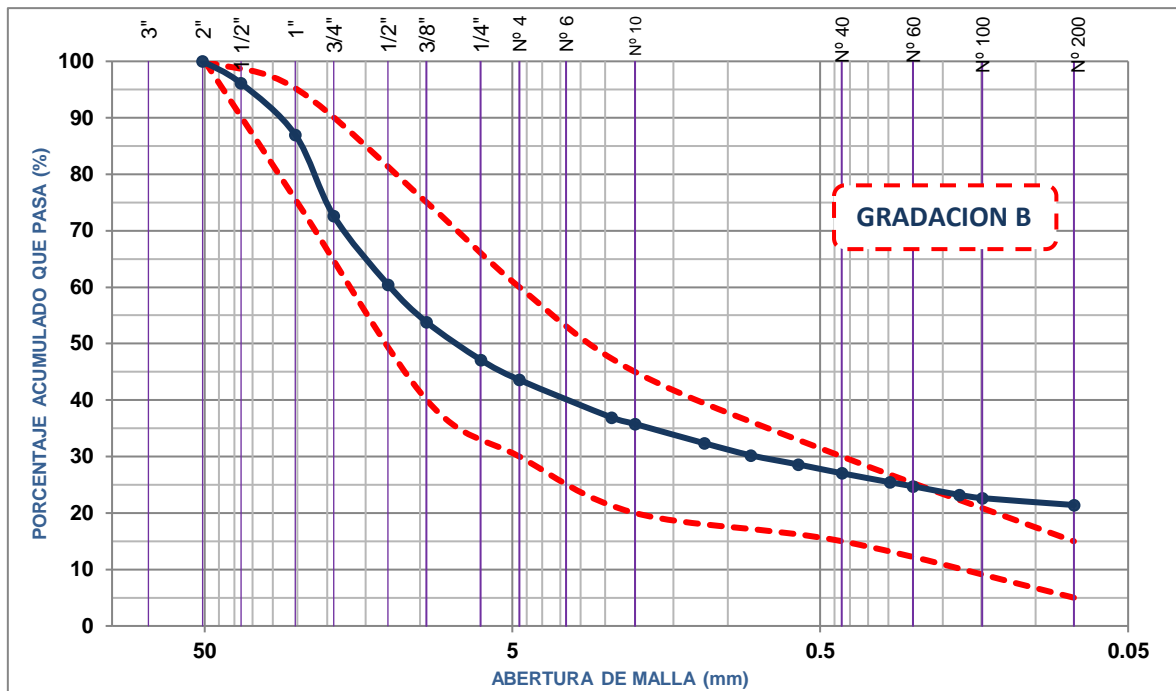


Figura 62. Curva granulométrica de la muestra M4. Elaboración propia.

Tabla 30. Composición granulométrica y coeficientes de la muestra M4.

% Grava	% Arena	% Finos	Coeficientes	
56.42	22.17	21.42	$C_u=356.29$	$C_c=1.49$

De acuerdo con la tabla 30, la fracción dominante de la Muestra M4 son las gravas al representar el 56.42%, seguida de las arenas al encontrarse en un 22.17% y los finos (limos y arcillas) se encuentran en un 21.42%. Si se suma la fracción constituyente compuesta por partículas de grano grueso, representan alrededor del 78.59%, característica típica de un suelo granular. El coeficiente de uniformidad de la muestra M4 es $C_u=356.29$. Asimismo, se tiene un coeficiente de curvatura de $C_c=1.49$; lo que indica que se trata de un suelo bien graduado con un porcentaje de vacíos menor y por tanto presentan una mayor densidad, y serán menos compresibles, más impermeables y fáciles de trabajar en obra.

De acuerdo con la clasificación de los suelos por el sistema de la AASHTO, la muestra M4 de la investigación se ubica dentro del grupo A-2 y dentro del subgrupo A-2-4 catalogada como un suelo granular y como índice de grupo el cero (0); por lo que de acuerdo con la tabla 3 la muestra se cataloga como un suelo de excelente a muy bueno en pavimentaciones. Por el sistema de clasificación SUCS, la mezcla M4 se clasifica como una grava limosa con arena – GM.

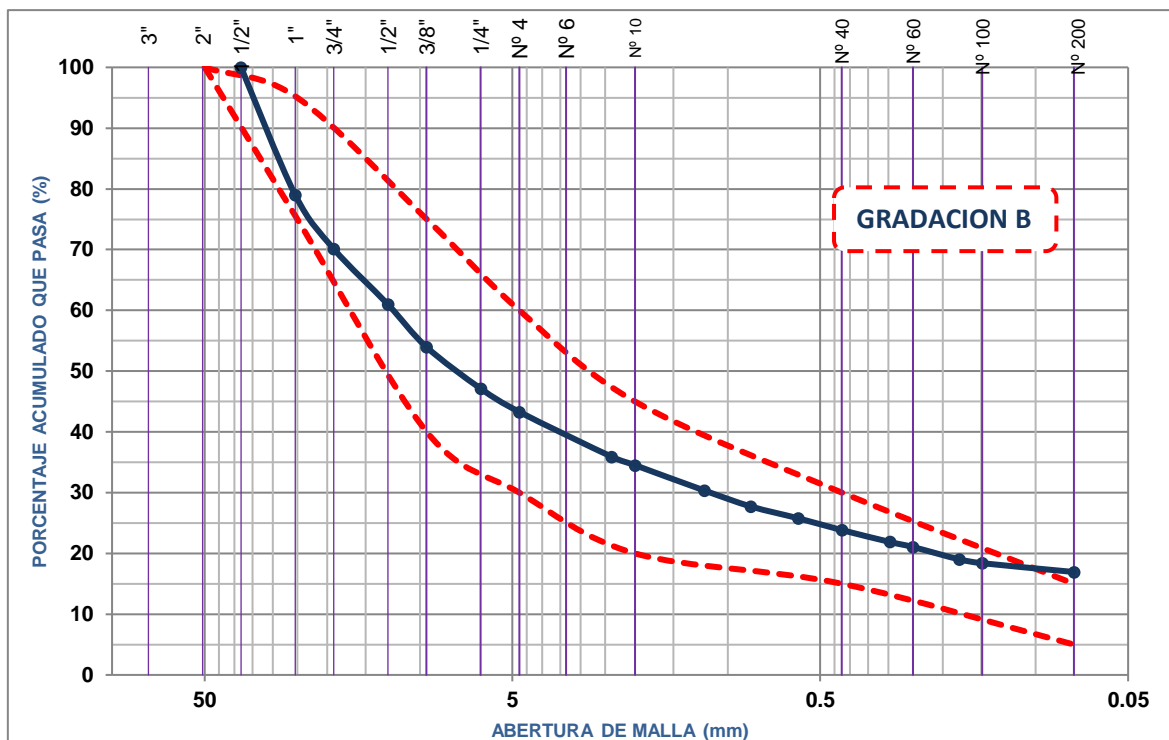


Figura 63. Curva granulométrica de la muestra M5. Elaboración propia.

Tabla 31. Composición granulométrica y coeficientes de la muestra M5.

% Grava	% Arena	% Finos	Coeficientes	
56.71	26.36	16.94	$C_u=276.77$	$C_c=2.41$

De acuerdo con la tabla 31, la fracción dominante de la muestra M5 son las gravas al representar el 56.71%, seguida de las arenas al encontrarse en un 26.36% y los finos (limos y arcillas) se encuentran en un 16.94%. Si se suma la fracción compuesta por partículas de granos gruesos, representan alrededor del 83.07%, característica típica de un suelo granular. El coeficiente de uniformidad de la muestra M5 es $C_u=276.77$. Asimismo, se tiene un coeficiente de curvatura de $C_c=2.41$; lo que indica que se trata de un suelo bien graduado con un porcentaje de vacíos menor y por tanto presentan una mayor densidad, y serán menos compresibles, más impermeables y fáciles de trabajar en obra.

De acuerdo con la clasificación de los suelos por el sistema de la AASHTO, la muestra M5 de la investigación se ubica dentro del grupo A-2 y dentro del subgrupo A-2-4 catalogada como un suelo granular y como índice de grupo el cero (0); por lo que de acuerdo con la tabla 3 la muestra se cataloga como un suelo de excelente a muy bueno en pavimentaciones. Por el sistema de clasificación SUCS, la mezcla M5 se clasifica como una grava limosa con arena – GM.

Ensayo de compactación - Próctor modificado

Seguidamente, se presentarán los resultados de las pruebas de compactación, para suelo natural y para las otras cuatro mezclas, las gráficas se generaron con un mínimo de 4 puntos, dos de ellos contenidos en la rama seca y las otras dos en la rama húmeda. Las mezclas fueron sometidas a una energía de compactación modificada, debido a las especificaciones exigidas por la normativa que regula la aplicación de los materiales de sub-base de pavimentos.



Figura 64. Muestras preparadas para el ensayo de próctor de la mezcla M1. Fotografía propia.



Figura 65. Muestras preparadas para el ensayo de próctor de la mezcla M2. Fotografía propia.

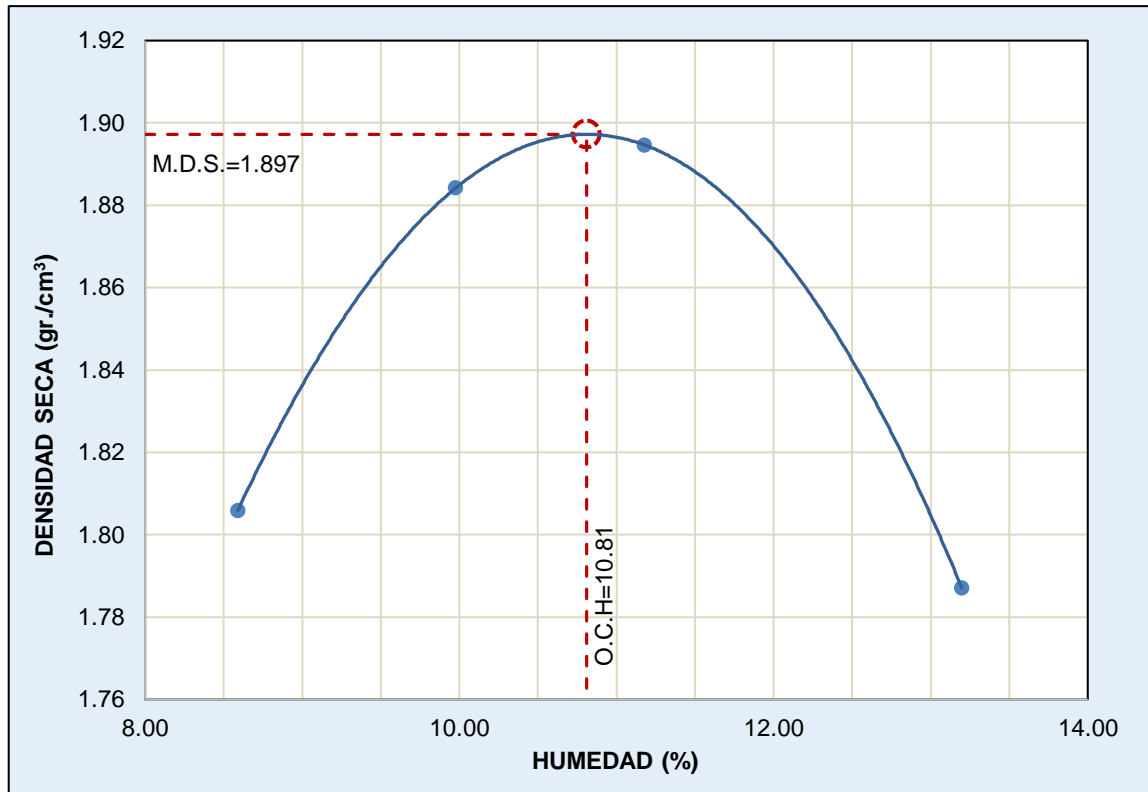


Figura 66. Curva de compactación de la muestra M1. Elaboración propia.

Tabla 32. Valores de las densidades secas y contenidos de agua del ensayo a la muestra M1.

Contenido de agua (%)	Peso volumétrico seco (gr/cm ³)
8.60	1.806
10.00	1.884
11.20	1.894
13.20	1.787

Elaboración propia.

De los cuatro ensayos de compactación practicadas a la mezcla M1, cada uno con diferentes contenidos de agua (humedad), esto con el fin de obtener las densidades secas relacionadas a cada una de ellas, dichos valores se muestran en la tabla 32, para posteriormente proceder a graficar los pares de puntos y obtener una curva como la mostrada en la figura 66; y a partir de la cual se determinó una densidad seca máxima de 1.897 gr/cm³ y éste se relaciona con un óptimo contenido de humedad (OCH) del 10.81%, referida a dicha muestra materia de estudio.

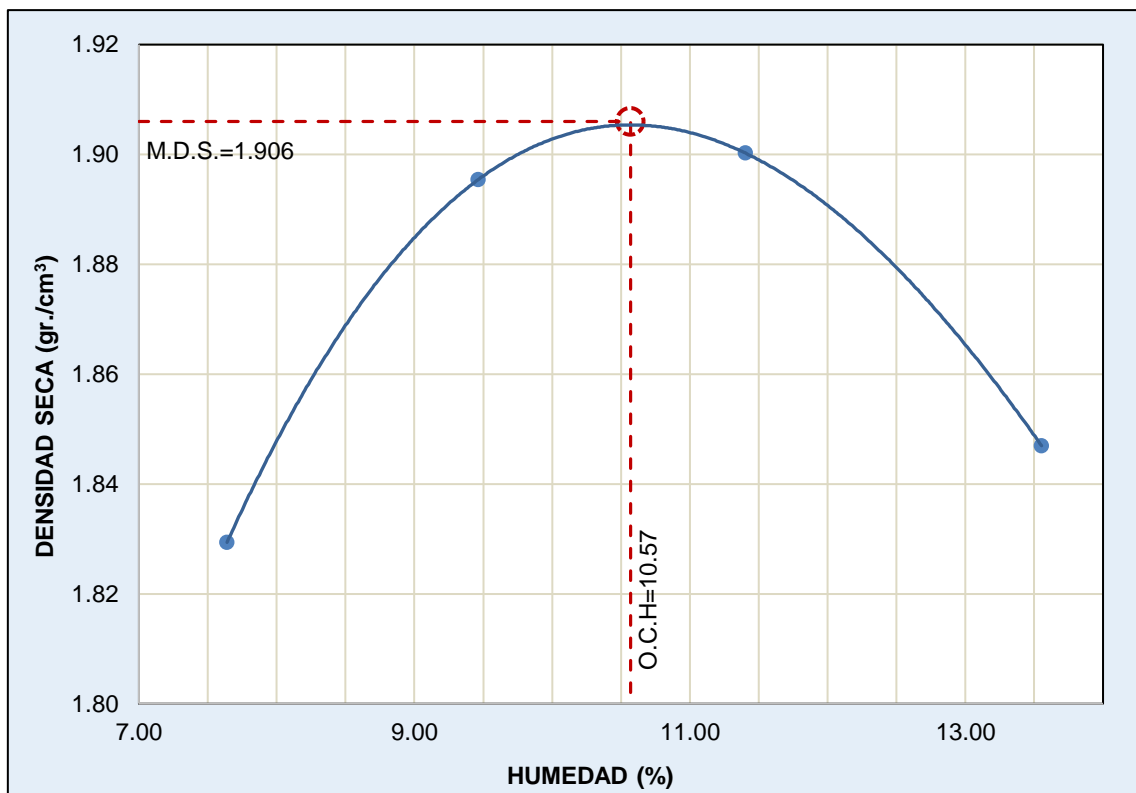


Figura 67. Curva de Compactación de la muestra M2. Elaboración propia.

Tabla 33. Valores de las densidades secas y contenidos de agua del ensayo a la muestra M2.

Contenido de agua (%)	Peso volumétrico seco (gr/cm ³)
7.60	1.830
9.50	1.895
11.40	1.900
13.60	1.847

Elaboración propia.

De los cuatro ensayos de compactación practicadas a la mezcla M2, cada uno con diferentes contenidos de agua (humedad), esto con el fin de obtener las densidades secas relacionadas a cada una de ellas, dichos valores se muestran en la tabla 33, para posteriormente proceder a graficar los pares de puntos y obtener una curva como la mostrada en la figura 67; y a partir de la cual se determinó una densidad seca máxima de 1.906 gr/cm³ y éste se relaciona con un óptimo contenido de humedad (OCH) del 10.57%, referida a la muestra materia de estudio.

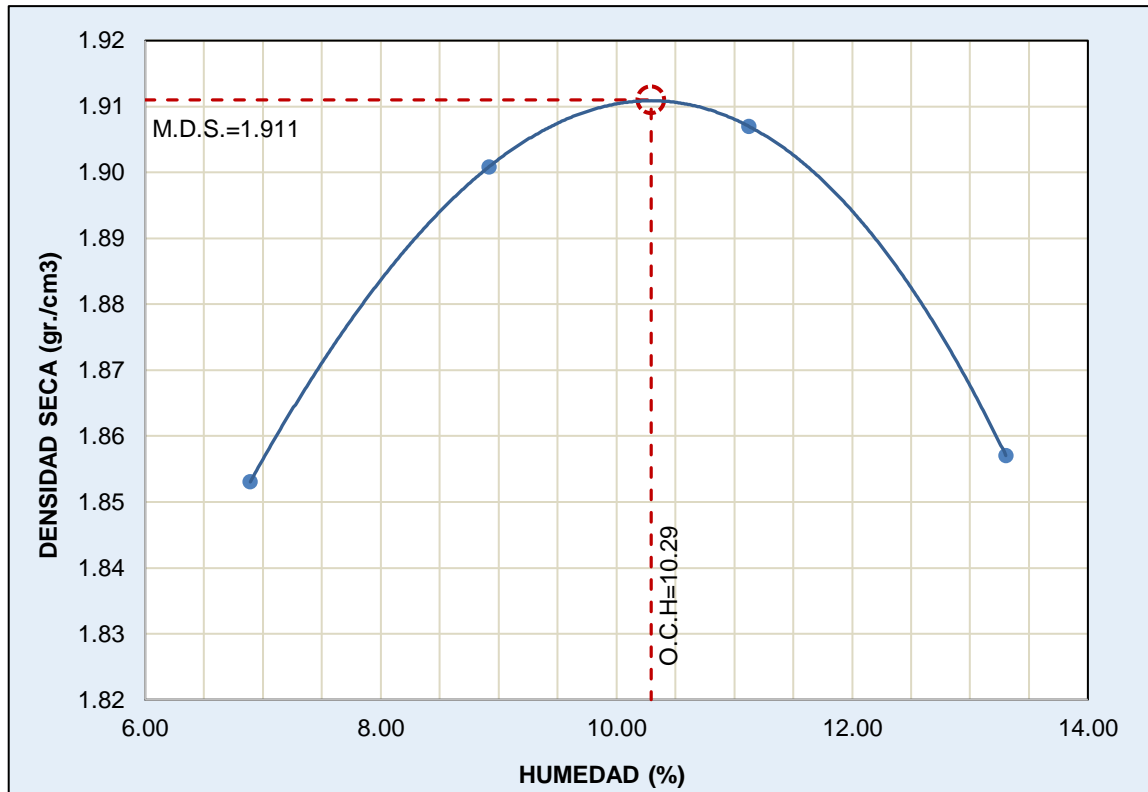


Figura 68. Curva de compactación de la muestra M3. Elaboración propia.

Tabla 34. Valores de las densidades secas y contenidos de agua del ensayo a la muestra M3.

Contenido de agua (%)	Peso volumétrico seco (gr/cm ³)
6.90	1.853
8.90	1.902
11.10	1.908
13.30	1.858

Elaboración propia.

De los cuatro ensayos de compactación practicadas a la mezcla M3, cada uno con diferentes contenidos de agua (humedad), esto con el fin de obtener las densidades secas relacionadas a cada una de ellas, dichos valores se muestran en la tabla 34, para posteriormente proceder a graficar los pares de puntos y obtener una curva como la mostrada en la figura 68; y a partir de la cual se determinó una densidad seca máxima de 1.911 gr/cm³ y éste se relaciona con un óptimo contenido de humedad del 10.29%, referida a la muestra materia de estudio.

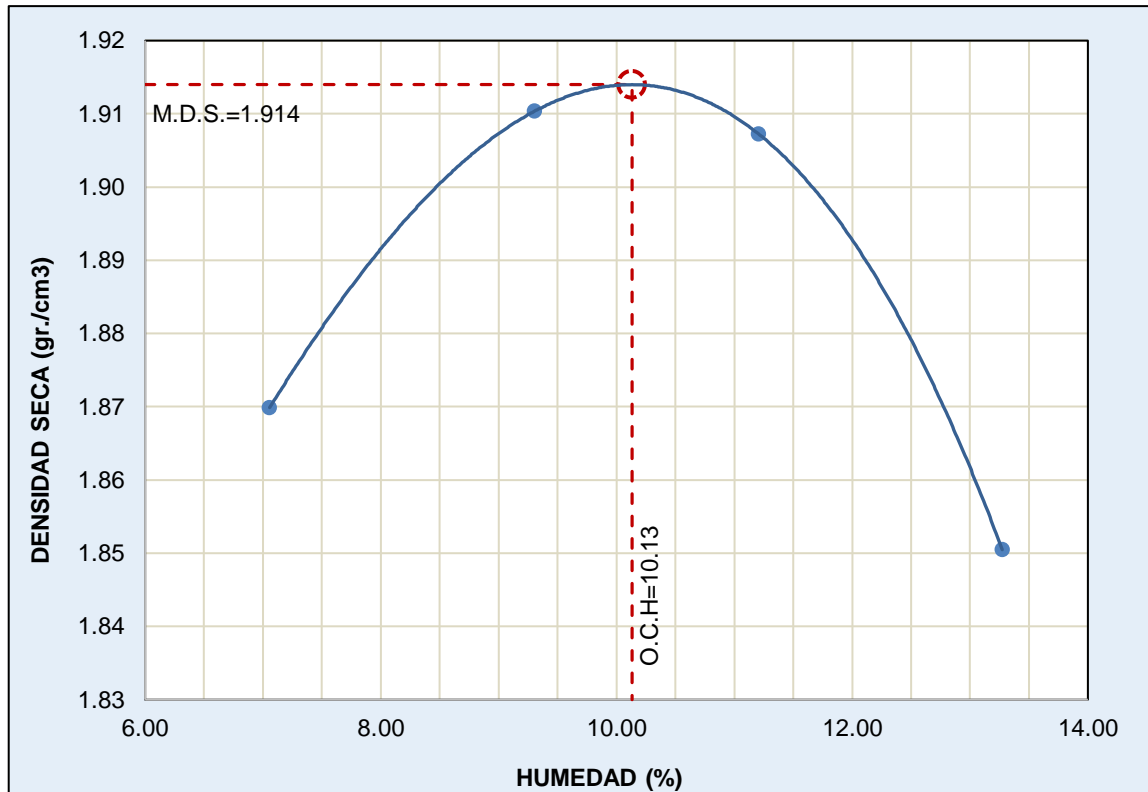


Figura 69. Curva de compactación de la muestra M4. Elaboración propia.

Tabla 35. Valores de las densidades secas y contenidos de agua del ensayo a la muestra M4.

Contenido de agua (%)	Peso volumétrico seco (gr/cm ³)
7.10	1.869
9.30	1.910
11.20	1.907
13.30	1.850

Elaboración propia.

De los cuatro ensayos de compactación practicadas a la mezcla M4, cada uno con diferentes contenidos de agua (humedad), esto con el fin de obtener las densidades secas relacionadas a cada una de ellas, dichos valores se muestran en la tabla 35, para posteriormente proceder a graficar los pares de puntos y obtener una curva como la mostrada en la figura 69; y a partir de la cual se determinó una densidad seca máxima de 1.914 gr/cm³ y éste se relaciona con un óptimo contenido de humedad del 10.13%, referida a la muestra materia de estudio.

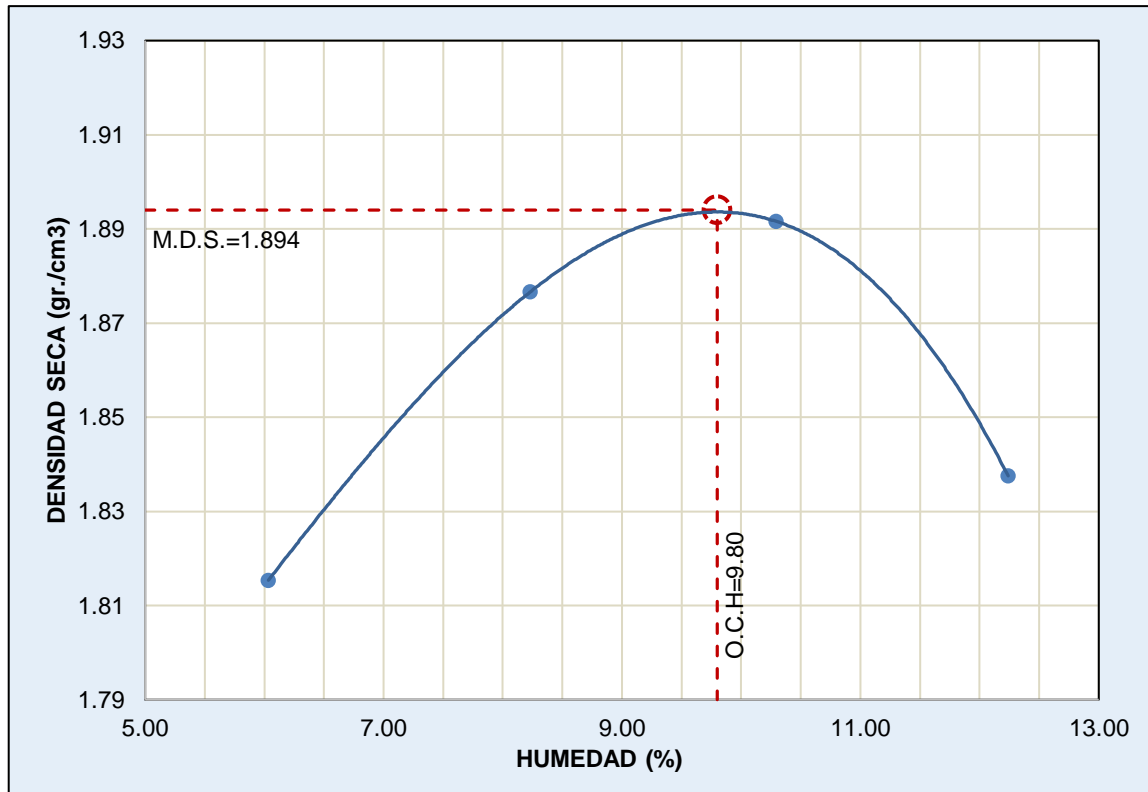


Figura 70. Curva de compactación de la muestra M5. Elaboración propia.

Tabla 36. Valores de las densidades secas y contenidos de agua del ensayo a la muestra M5.

Contenido de agua (%)	Peso volumétrico seco (gr/cm ³)
6.00	1.816
8.20	1.877
10.30	1.891
12.20	1.838

Elaboración propia.

De los cuatro ensayos de compactación practicadas a la mezcla M5, cada uno con diferentes contenidos de agua (humedad), esto con el fin de obtener las densidades secas relacionadas a cada una de ellas, dichos valores se muestran en la tabla 36, para posteriormente proceder a graficar los pares de puntos y obtener una curva como la mostrada en la figura 70; y a partir de la cual se determinó una densidad seca máxima de 1.894 gr/cm³ y éste se relaciona con un óptimo contenido de humedad del 9.80 %, referida a la muestra materia de estudio.

Para un mejor entendimiento del comportamiento de las mezclas en relación con la compactación se sintetizan en la tabla 37 y en las figuras 71 y 72.

Tabla 37. Resumen de los resultados del ensayo de compactación próctor.

Mezclas	MDS (gr/cm³)	OCH (%)
M1 (100% Suelo natural)	1.897	10.81
M2 (95% Suelo Natural + 5% Residuos ladrilleros)	1.906	10.57
M3 (90% Suelo Natural + 10% residuos ladrilleros)	1.911	10.29
M4 (85% Suelo Natural + 15% residuos ladrilleros)	1.914	10.13
M5 (80% Suelo Natural + 20% residuos ladrilleros)	1.894	9.80

Elaboración propia.

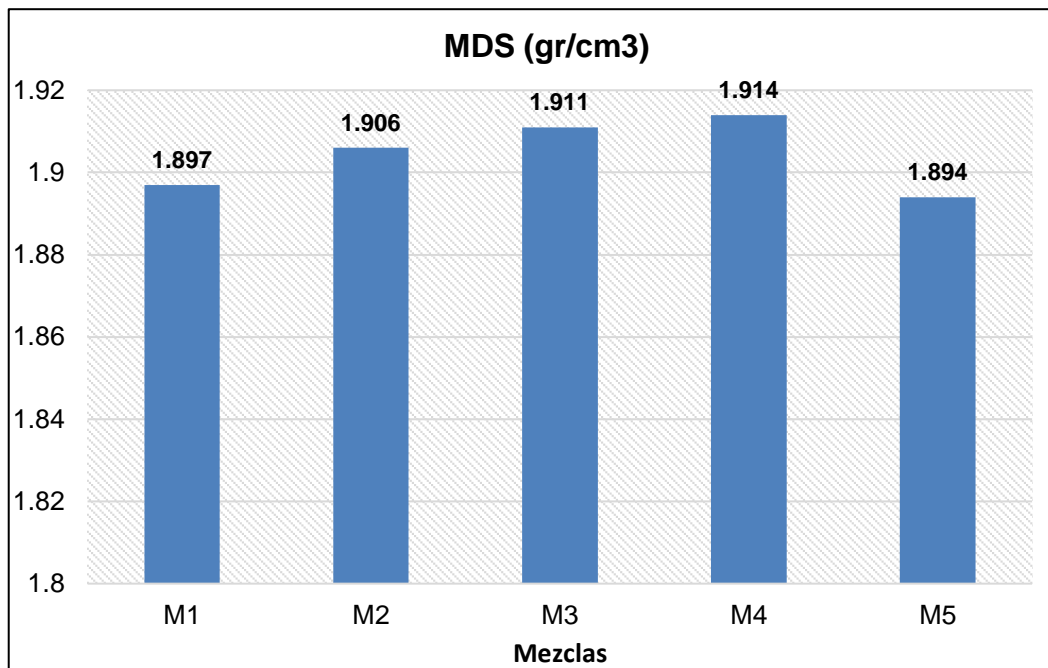


Figura 71. Máximas densidades secas de cada muestra. Elaboración propia.

Al analizar las muestras individualmente en la Figura 71, es posible notar que el aumento en el porcentaje de residuos cerámicos causa un incremento en los valores de la máxima densidad seca; por lo tanto, mientras se adiciona en mayores porcentajes mayor será la mejora de compactación de las mezclas, lo que indica que la proporción de adición de residuos ladrilleros es directamente proporcional a los valores de la máxima densidad seca. Esto ocurre porque la absorción y/o retención de agua por parte de los residuos ladrilleros es baja a pesar de su porosidad.

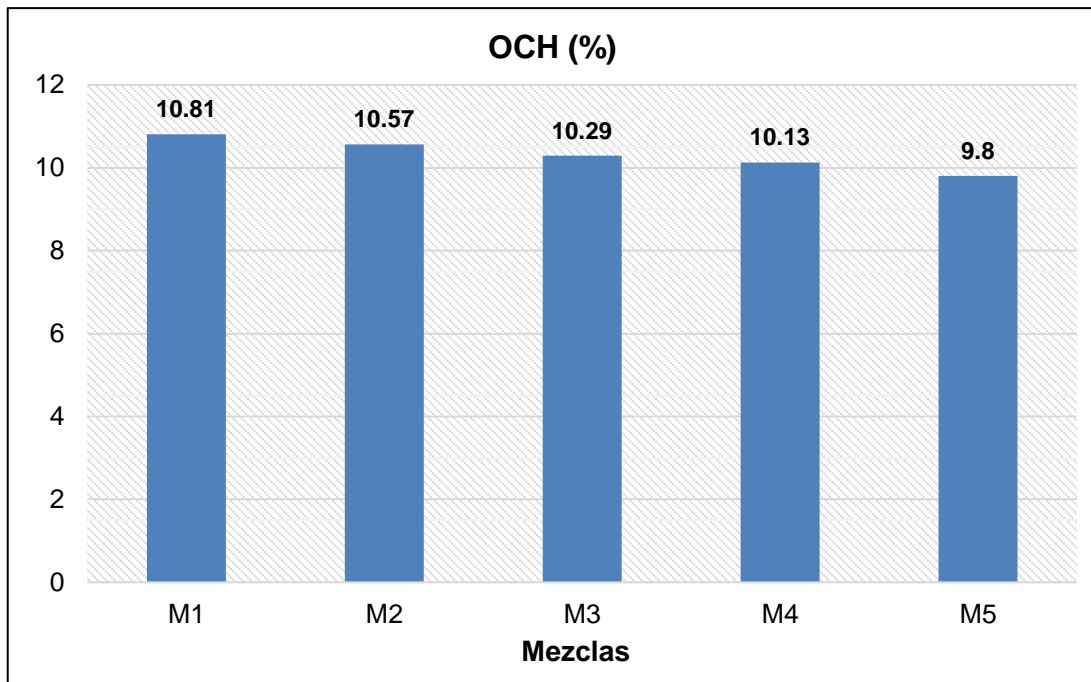


Figura 72. Contenidos de humedades óptimos de cada muestra. Elaboración propia.

En concordancia con la Figura 72, con la adición de residuos ladrilleros a las mezclas se observa una reducción del contenido de humedad óptimo en cada una de ellas; esto se debe al incremento en la cantidad de la fracción gruesa (gravas) en las mezclas. Por lo que esta disminución se dio en porcentajes del 1.85%, 4.63%, 6.48% y 9.26% para las muestras M2, M3, M4 y M5 respectivamente; con relación a la muestra sin adición de residuos ladrilleros triturados (M1).

Índice de Aplanamiento y Alargamiento

En la tabla 38 se presentan los resultados de la prueba de índice de aplanamiento y alargamiento realizado a las mezclas de la investigación.

Tabla 38. Resultados del ensayo de índice de aplanamiento y alargamiento.

Mezclas	Partículas planas y Alargadas (%)
M1 (100% Suelo natural)	10.7
M2 (95% Suelo Natural + 5% Residuos ladrilleros)	10.1
M3 (90% Suelo Natural + 10% residuos ladrilleros)	10.4
M4 (85% Suelo Natural + 15% residuos ladrilleros)	10.5
M5 (80% Suelo Natural + 20% residuos ladrilleros)	10.5

Elaboración propia.

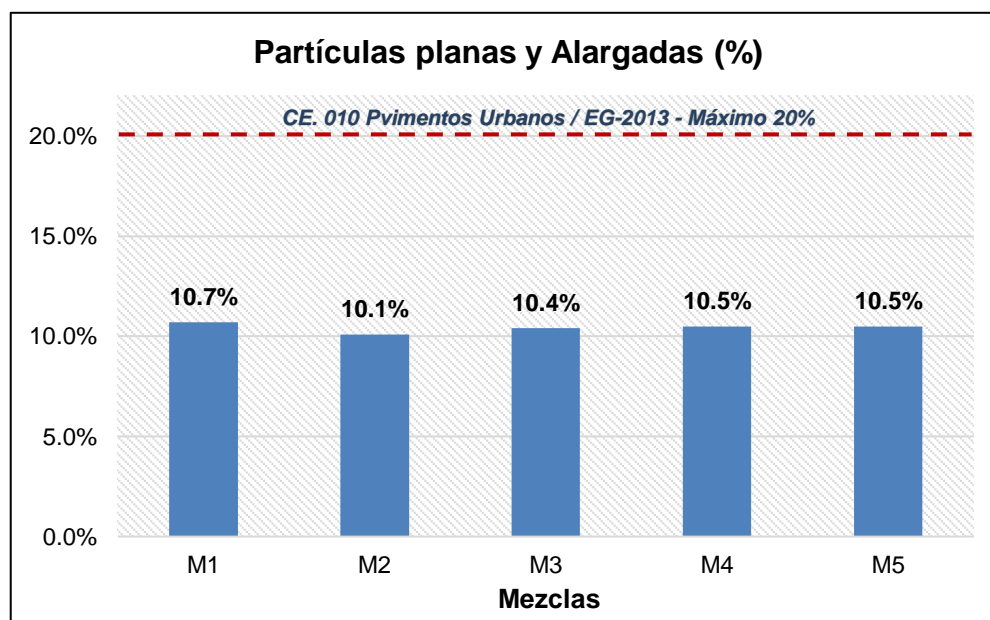


Figura 73. Resultados del ensayo de índice de aplanamiento y alargamiento.

A partir de la tabla 38 y la figura 73, se contempla que la adición de residuos ladrilleros triturados genera una disminución en el porcentaje de partículas chatas y alargadas presente en las mezclas. Asimismo, se observa que la totalidad de las mezclas de la investigación satisfacen los requisitos exigidos por las normativas viales EG-2013 y CE. 010 pavimentos urbanos, estando por debajo del máximo permisible que es 20%. Por lo que no se tendrá problemas de trabajabilidad, asimismo se gozará de facilidad en la compactación ya que no se quebrarán las partículas fácilmente al compactar, ni se tendrán direcciones preferentes de resistencia.

Índice de Soporte de California (CBR)

Los ensayos de CBR llevados a cabo para las mezclas de la investigación se realizaron a la humedad óptima hallada en la prueba de próctor modificado. Se llevaron a cabo pruebas para la muestra de suelo natural (M1) y para las cuatro mezclas restantes (M2, M3, M4 y M5). Las expansiones de las tres probetas formadas por cada tipo de mezcla se midieron todos los días durante cuatro días, estas mediciones se pueden ver en el Anexo 05 referente a los resultados de los ensayos .



Figura 74. Ensayo de CBR para la muestra M1. Fotografía propia.



Figura 75. Probetas elaboradas para el ensayo de CBR. Fotografía propia.

Una vez calculadas los esfuerzos para la muestra M1, se procedieron a graficar dichos valores con respecto a las penetraciones medidas, construyendo así las curvas esfuerzo versus penetración, dichas curvas se corrigieron mediante un ajuste por el método de los mínimos cuadrados buscando la mejor función que se ajuste al par de datos; para de esta forma compensar la irregularidad superficial de los especímenes ensayados, las curvas corregidas se muestran en la figura 76 para cada una de las energías de compactación.

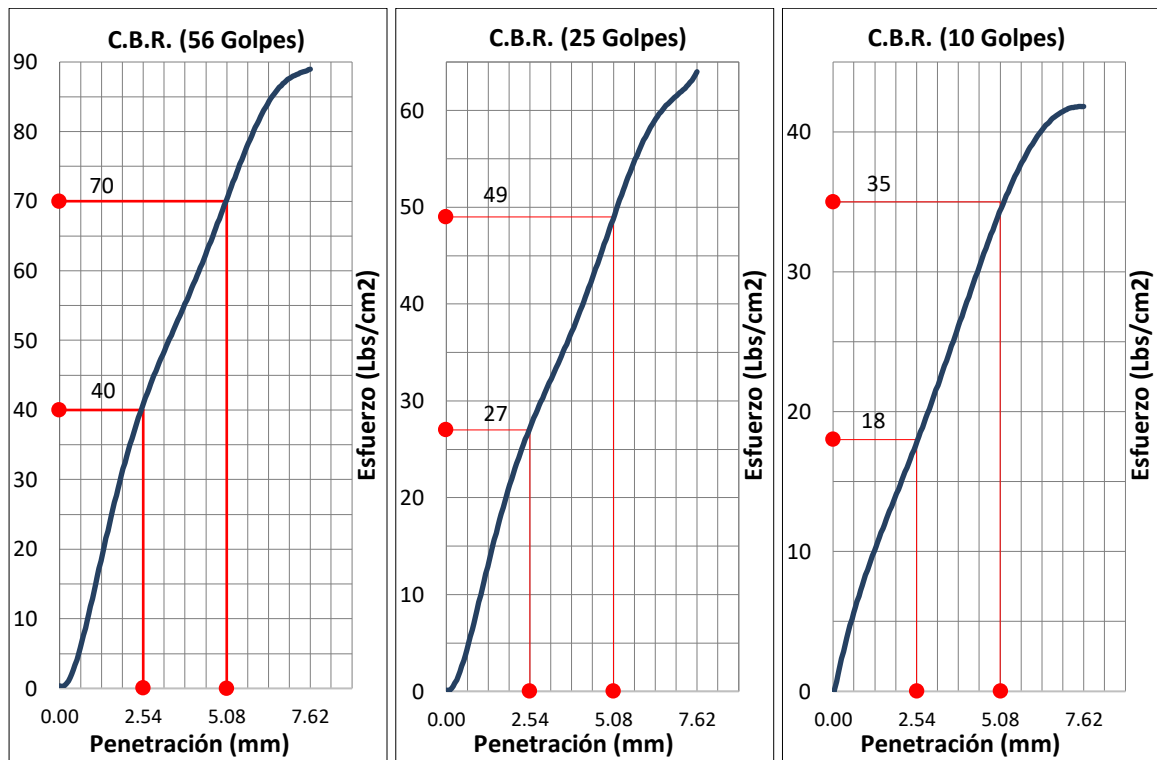


Figura 76. Curva esfuerzo vs penetración para la muestra M1. Elaboración propia.

Por otro lado, con los nuevos valores de los esfuerzos para una penetración de 0.1" y 0.2" obtenidas de las curvas corregidas, se procedieron a calcular el CBR corregido, los resultados se muestran en la tabla 39, posteriormente dichos valores se graficaron en relación con la densidad seca tal como se muestra en la figura 77.

Tabla 39. Resultados del CBR corregido para la muestra M1.

N.º de Golpes	Densidad Seca (gr/cm ³)	CBR corregido	
		0.1"	0.2"
56	1.897	25.92	30.24
25	1.824	17.50	21.17
10	1.739	11.66	15.12

Elaboración propia.

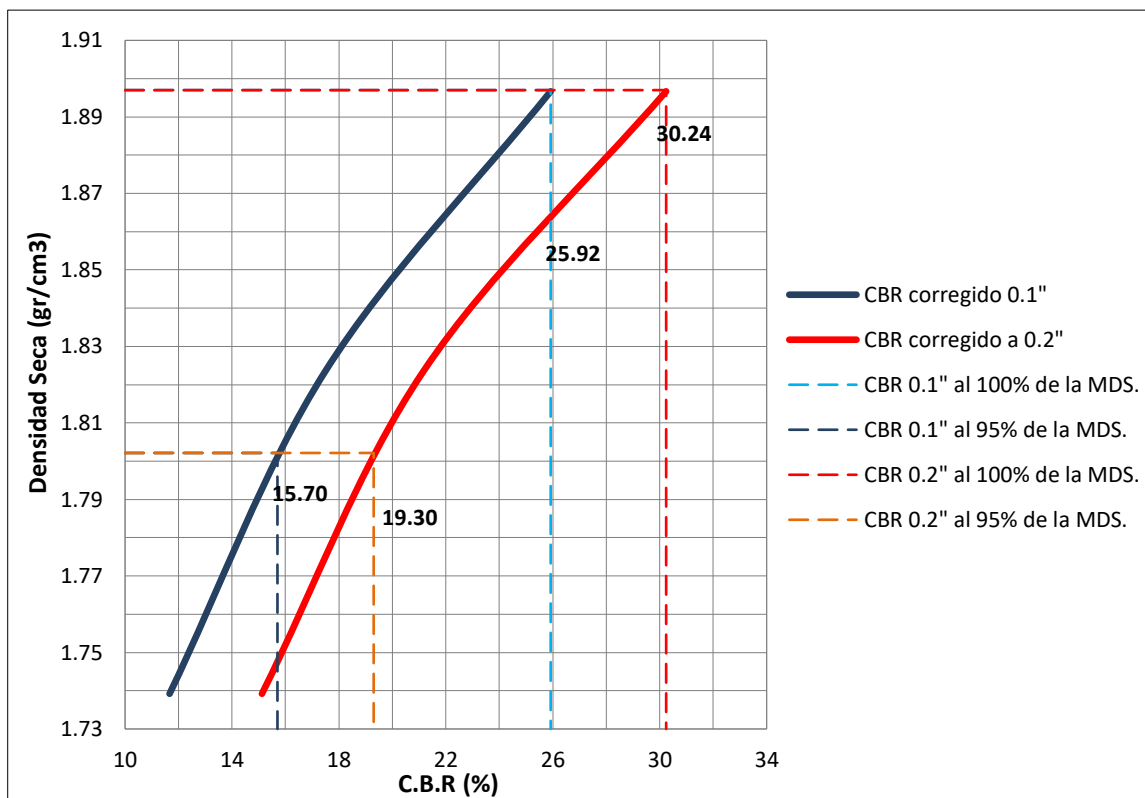


Figura 77. Gráfica densidad seca vs C.B.R para la muestra M1. Elaboración propia.

De la figura 77 se obtiene los resultados del ensayo de CBR para la muestra M1 al 100% y 95% de la MDS para una penetración de 2.54 mm (0.1") y 5.08 mm (0.2"), los cuales se plasman en la tabla 40.

Tabla 40. Resultados del ensayo de C.B.R para la muestra M1.

CBR a 2.54 mm (0.1") de penetración	
100% de la M.D.S	25.92%
95% de la M.D.S	15.70%
Expansión	0%
CBR a 5.08 mm (0.2") de penetración	
100% de la M.D.S	30.24%
95% de la M.D.S	19.30%
Expansión (%)	0%

Elaboración propia.

De acuerdo con la normativa ASTM D 1585, para la muestra M1 los resultados del ensayo se toma como índice de CBR, los valores resultantes a una penetración de 0.1"; siempre en cuando resulte menor en comparación con los valores a una penetración de 0.2". Por lo que el índice de CBR para la muestra M1 al 100% de la MDS es 25.92% y al 95% de la MDS es 15.70%, todos éstas para una penetración de 0.1" (2.54mm).

Una vez calculadas los esfuerzos para la muestra M2, se procedieron a graficar dichos valores con respecto a las penetraciones medidas, construyendo así las curvas esfuerzo versus penetración, dichas curvas se corrigieron mediante un ajuste por el método de los mínimos cuadrados buscando la mejor función que se ajuste al par de datos; para de esta forma compensar la irregularidad superficial de los especímenes ensayados, las curvas corregidas se muestran en la figura 78 para cada una de las energías de compactación.

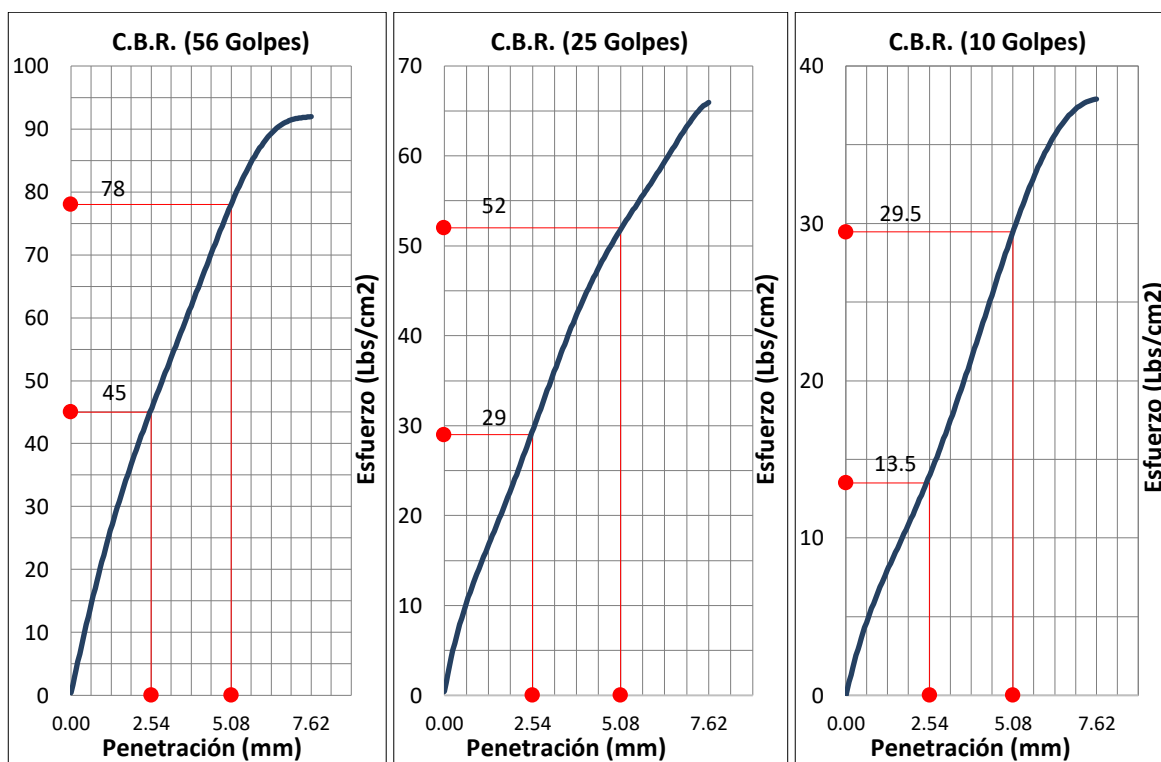


Figura 78. Curva esfuerzo vs penetración para la muestra M2. Elaboración propia.

Por otro lado, con los nuevos valores de los esfuerzos para una penetración de 0.1" y 0.2" obtenidas de las curvas corregidas, se procedieron a calcular el CBR corregido, los resultados se muestran en la tabla 41, posteriormente dichos valores se graficaron en relación con la densidad seca tal como se muestra en la figura 79.

Tabla 41. Resultados del CBR corregido para la muestra M2.

N.º de Golpes	Densidad Seca (gr/cm ³)	CBR corregido	
		0.1"	0.2"
56	1.906	29.16	33.70
25	1.834	18.79	22.46
10	1.758	8.75	12.74

Elaboración propia.

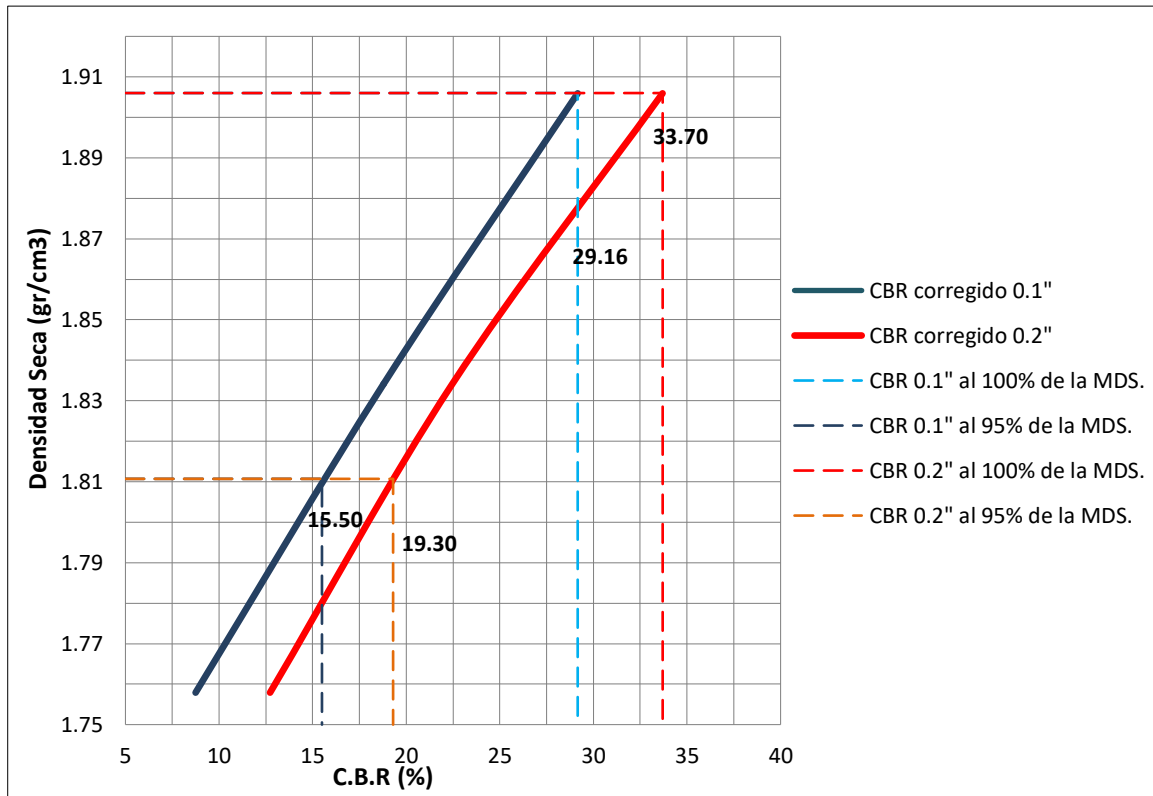


Figura 79. Gráfica densidad seca vs C.B.R para la muestra M2. Elaboración propia.

De la figura 79 se obtiene los resultados del ensayo de CBR para la muestra M2 al 100% y 95% de la MDS para una penetración de 2.54 mm (0.1") y 5.08 mm (0.2"), los cuales se plasman en la tabla 42.

Tabla 42. Resultados del ensayo de C.B.R para la muestra M2.

CBR a 2.54 mm (0.1") de penetración	
100% de la M.D.S	29.16%
95% de la M.D.S	15.50%
Expansión	0%
CBR a 5.08 mm (0.2") de penetración	
100% de la M.D.S	33.70%
95% de la M.D.S	19.30%
Expansión (%)	0%

Elaboración propia.

De acuerdo con la normativa ASTM D 1585, para la muestra M2 los resultados del ensayo se toma como índice de CBR, los valores resultantes a una penetración de 0.1"; siempre en cuando resulte menor en comparación con los valores a una penetración de 0.2". Por lo que el índice de CBR para la muestra M2 al 100% de la MDS es 25.16% y al 95% de la MDS es 15.50%, todas éstas para una penetración de 0.1" (2.54mm).

Una vez calculadas los esfuerzos para la muestra M3, se procedieron a graficar dichos valores con respecto a las penetraciones medidas, construyendo así las curvas esfuerzo versus penetración, dichas curvas se corrigieron mediante un ajuste por el método de los mínimos cuadrados buscando la mejor función que se ajuste al par de datos; para de esta forma compensar la irregularidad superficial de los especímenes ensayados, las curvas corregidas se muestran en la figura 80 para cada una de las energías de compactación.

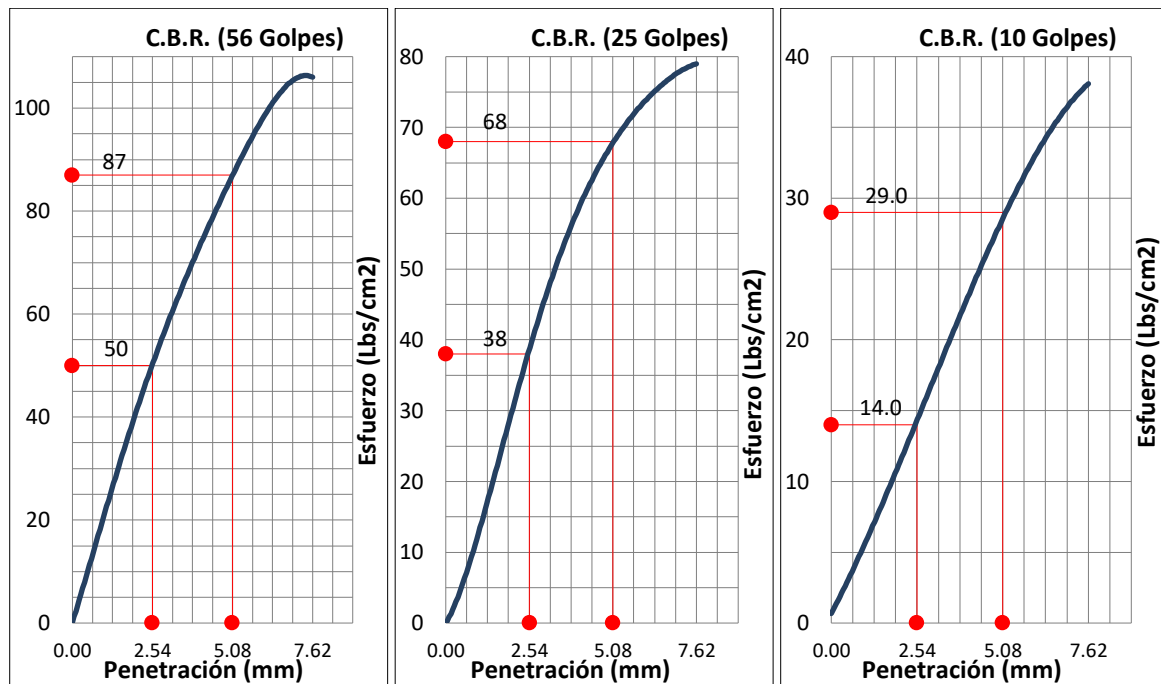


Figura 80. Curva esfuerzo vs penetración para la muestra M3. Elaboración propia.

Por otro lado, con los nuevos valores de los esfuerzos para una penetración de 0.1” y 0.2” obtenidas de las curvas corregidas, se procedieron a calcular el CBR corregido, los resultados se muestran en la tabla 43, posteriormente dichos valores se graficaron en relación con la densidad seca tal como se muestra en la figura 80.

Tabla 43. Resultados del CBR corregido para la muestra M3.

N.º de Golpes	Densidad Seca (gr/cm ³)	CBR corregido	
		0.1"	0.2"
56	1.911	32.40	37.58
25	1.857	24.62	29.38
10	1.741	9.07	12.53

Elaboración propia.

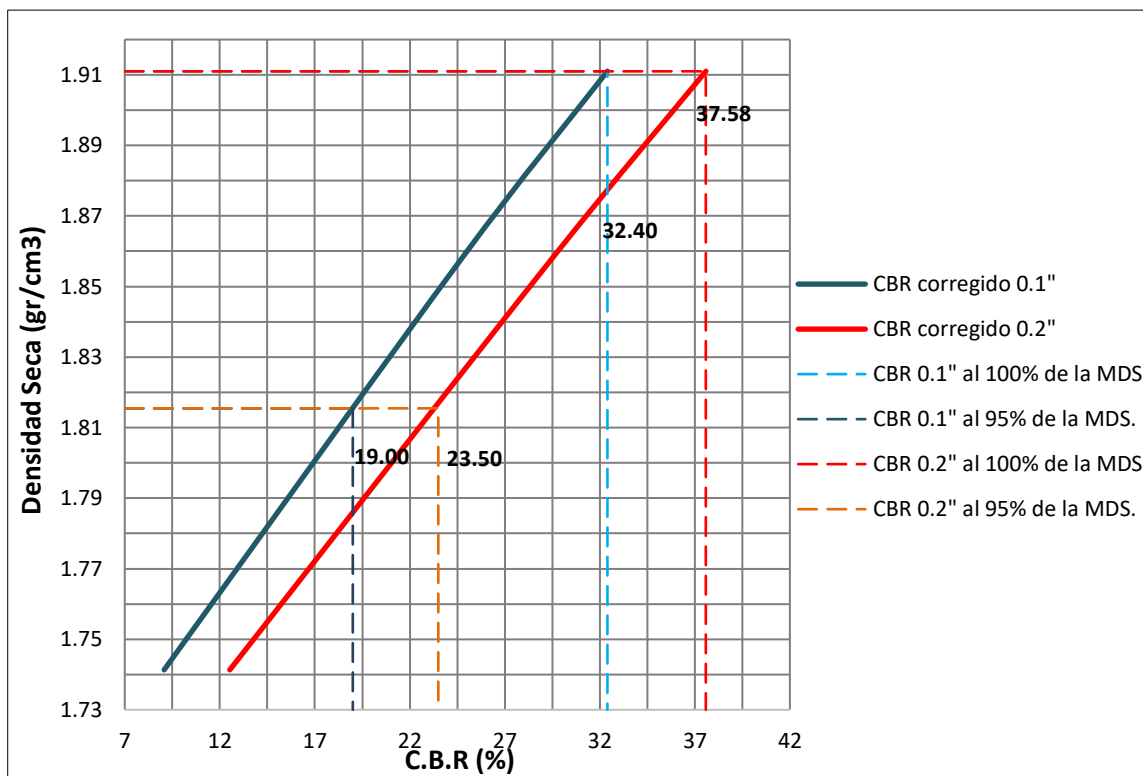


Figura 81. Gráfica densidad seca vs C.B.R. para la muestra M3. Elaboración propia.

De la figura 81 se obtiene los resultados del ensayo de CBR para la muestra M3 al 100% y 95% de la MDS para una penetración de 2.54 mm (0.1") y 5.08 mm (0.2"), los cuales se plasman en la tabla 44.

Tabla 44. Resultados del ensayo de C.B.R para la muestra M3.

CBR a 2.54 mm (0.1") de penetración	
100% de la M.D.S	32.40%
95% de la M.D.S	19.00%
Expansión	0%
CBR a 5.08 mm (0.2") de penetración	
100% de la M.D.S	37.58%
95% de la M.D.S	23.50%
Expansión (%)	0%

Elaboración propia.

De acuerdo con la normativa ASTM D 1585, para la muestra M3 los resultados del ensayo se toma como índice de CBR, los valores resultantes a una penetración de 0.1"; siempre en cuando resulte menor en comparación con los valores a una penetración de 0.2". Por lo que el índice de CBR para la muestra M3 al 100% de la MDS es 32.40% y al 95% de la MDS es 19.00%, todas éstas para una penetración de 0.1" (2.54mm).

Una vez calculadas los esfuerzos para la muestra M4, se procedieron a graficar dichos valores con respecto a las penetraciones medidas, construyendo así las curvas esfuerzo versus penetración, dichas curvas se corrigieron mediante un ajuste por el método de los mínimos cuadrados buscando la mejor función que se ajuste al par de datos; para de esta forma compensar la irregularidad superficial de los especímenes ensayados, las curvas corregidas se muestran en la figura 82 para cada una de las energías de compactación.

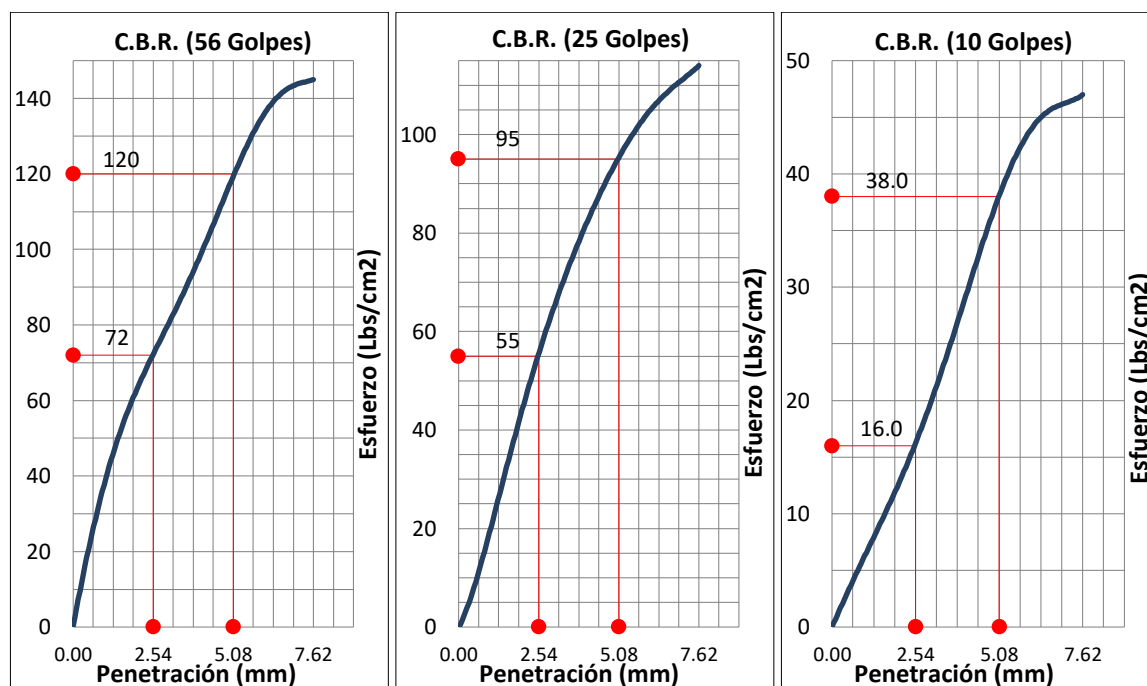


Figura 82. Curva esfuerzo vs penetración para la muestra M4. Elaboración propia.

Por otro lado, con los nuevos valores de los esfuerzos para una penetración de 0.1” y 0.2” obtenidas de las curvas corregidas, se procedieron a calcular el CBR corregido, los resultados se muestran en la tabla 45, posteriormente dichos valores se graficaron en relación con la densidad seca tal como se muestra en la figura 83.

Tabla 45. Resultados del CBR corregido para la muestra M4.

N.º de Golpes	Densidad Seca (gr/cm ³)	CBR corregido	
		0.1"	0.2"
56	1.914	46.66	51.84
25	1.879	35.64	41.04
10	1.773	10.37	16.42

Elaboración propia.

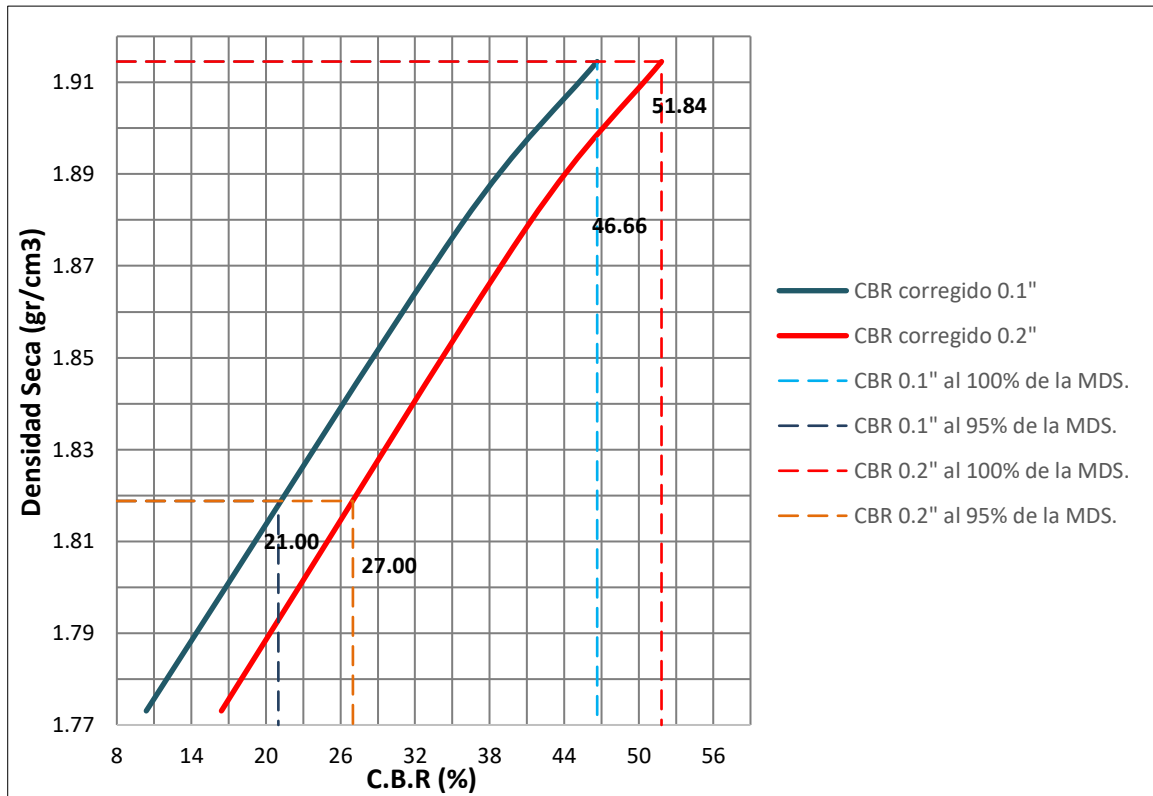


Figura 83. Gráfica densidad seca vs C.B.R para la muestra M4. Elaboración propia.

De la figura 83 se obtiene los resultados del ensayo de CBR para la muestra M4 al 100% y 95% de la MDS para una penetración de 2.54 mm (0.1") y 5.08 mm (0.2"), los cuales se plasman en la tabla 46.

Tabla 46. Resultados del ensayo de C.B.R para la muestra M4.

CBR a 2.54 mm (0.1") de penetración	
100% de la M.D.S	46.66%
95% de la M.D.S	21.00%
Expansión	0%
CBR a 5.08 mm (0.2") de penetración	
100% de la M.D.S	51.84%
95% de la M.D.S	27.00%
Expansión (%)	0%

Elaboración propia.

De acuerdo con la normativa ASTM D 1585, para la muestra M4 los resultados del ensayo se toma como índice de CBR, los valores resultantes a una penetración de 0.1"; siempre en cuando resulte menor en comparación con los valores a una penetración de 0.2". Por lo que el índice de CBR para la muestra M4 al 100% de la MDS es 46.66% y al 95% de la MDS es 21.00%, todas éstas para una penetración de 0.1" (2.54mm).

Una vez calculadas los esfuerzos para la muestra M5, se procedieron a graficar dichos valores con respecto a las penetraciones medidas, construyendo así las curvas esfuerzo versus penetración, dichas curvas se corrigieron mediante un ajuste por el método de los mínimos cuadrados buscando la mejor función que se ajuste al par de datos; para de esta forma compensar la irregularidad superficial de los especímenes ensayados, las curvas corregidas se muestran en la figura 84 para cada una de las energías de compactación.

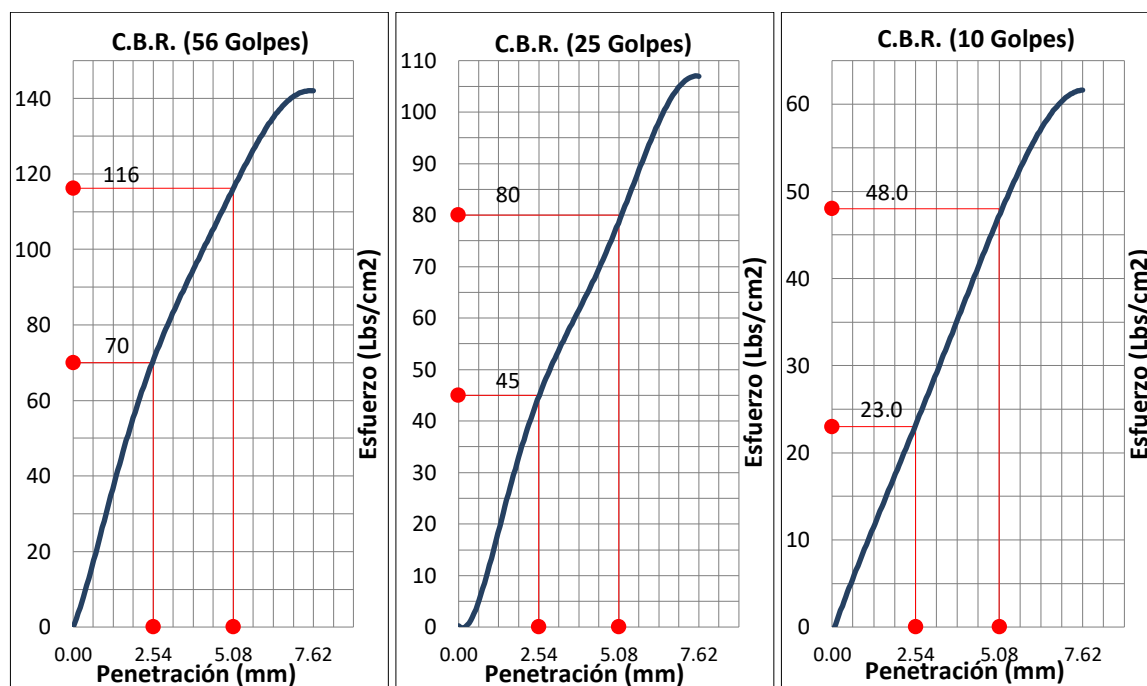


Figura 84. Curva esfuerzo vs penetración para la muestra M5. Elaboración propia.

Por otro lado, con los nuevos valores de los esfuerzos para una penetración de 0.1” y 0.2” obtenidas de las curvas corregidas, se procedieron a calcular el CBR corregido, los resultados se muestran en la tabla 47, posteriormente dichos valores se graficaron en relación con la densidad seca tal como se muestra en la figura 85.

Tabla 47. Resultados del CBR corregido para la muestra M5.

N.º de Golpes	Densidad Seca (gr/cm ³)	CBR corregido	
		0.1"	0.2"
56	1.894	45.36	50.11
25	1.809	29.16	34.56
10	1.716	14.90	20.74

Elaboración propia.

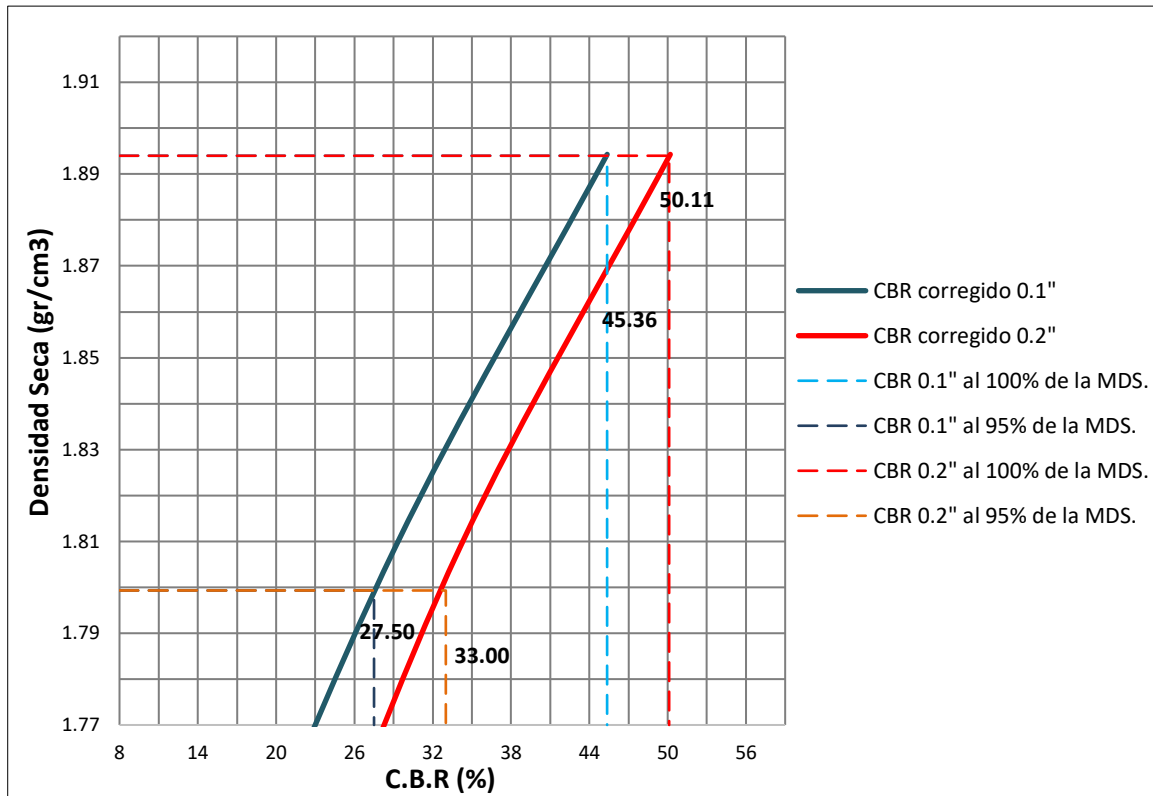


Figura 85. Gráfica densidad seca vs C.B.R para la muestra M5. Elaboración propia.

De la figura 85 se obtiene los resultados del ensayo de CBR para la muestra M5 al 100% y 95% de la MDS para una penetración de 2.54 mm (0.1") y 5.08 mm (0.2"), los cuales se plasman en la tabla 48.

Tabla 48. Resultados del ensayo de C.B.R para la muestra M5.

CBR a 2.54 mm (0.1") de penetración	
100% de la M.D.S	45.36%
95% de la M.D.S	27.50%
Expansión	0%
CBR a 5.08 mm (0.2") de penetración	
100% de la M.D.S	50.11%
95% de la M.D.S	33.00%
Expansión (%)	0%

Elaboración propia.

De acuerdo con la normativa ASTM D 1585, para la muestra M5 los resultados del ensayo se toma como índice de CBR, los valores resultantes a una penetración de 0.1"; siempre en cuando resulte menor en comparación con los valores a una penetración de 0.2". Por lo que el índice de CBR para la muestra M5 al 100% de la MDS es 45.36% y al 95% de la MDS es 27.5%, todas éstas para una penetración de 0.1" (2.54mm).

A continuación, la Tabla 49 sintetiza los resultados conseguidos durante el ensayo de CBR practicadas a las mezclas materia de investigación.

Tabla 49. Resumen de los índices de CBR de las mezclas.

Mezclas	CBR al 100% MDS	CBR al 95% MDS	Expansión
M1	25.92%	15.70%	0.0%
M2	29.16%	15.50%	0.0%
M3	32.40%	19.00%	0.0%
M4	46.66%	21.00%	0.0%
M5	45.36%	27.50%	0.0%

Elaboración propia.

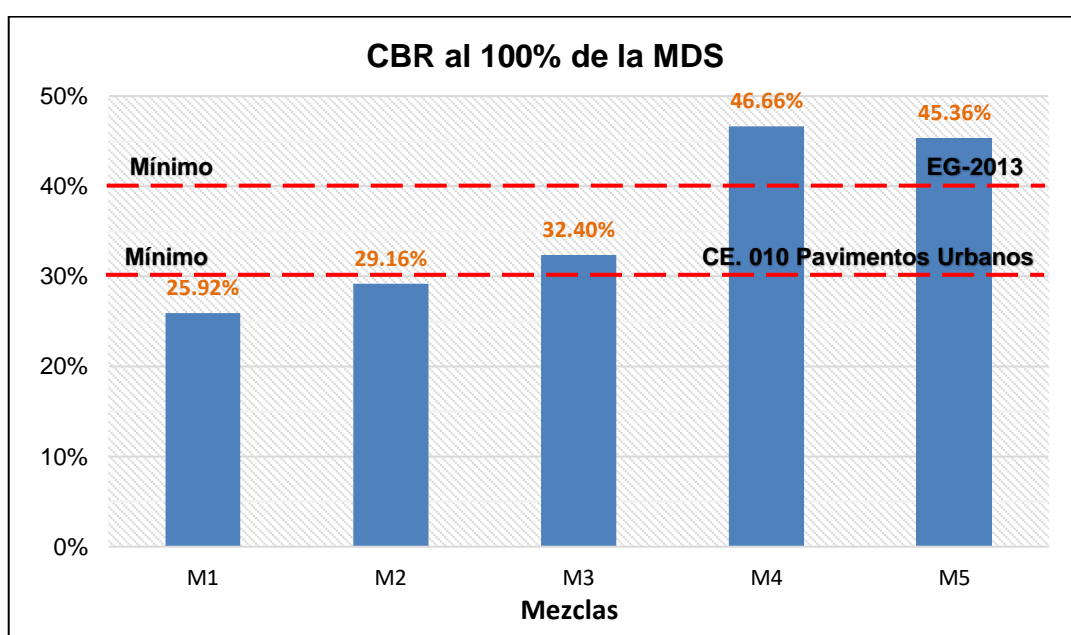


Figura 86. Resumen de los índices de CBR de las mezclas. Elaboración propia.

Debido al incremento de la cantidad porcentual de la incorporación de residuos ladrilleros triturados a las mezclas, también aumentan los valores de CBR. Para la muestra M2 el índice de CBR se incrementó en 12.50%, la muestra M3 en 25.00%, la muestra M4 en un 80.01% y finalmente la muestra M5 en un 75.00%, todos estos incrementos porcentuales se dan en relación con la muestra M1. Asimismo, para las normativas viales EG-2013 y CE 0.10 pavimentos urbanos la mezcla M1 y M2 no cumple los requisitos de calidad, mientras la mezcla M3 solamente satisface las exigencias de la normativa CE 0.10 pavimentos urbanos al estar por encima del 30%, finalmente las mezclas M4 y M5 satisfacen las exigencias de calidad de ambas normativas viales; al tener un índice de CBR por encima del 40%.

Abrasión Los Ángeles

En la tabla 50 se presentan los resultados de la prueba de abrasión L.A. para agregados menores de 1 ½" realizado a las mezclas de la investigación.

Tabla 50. Resultados del ensayo de abrasión Los Ángeles.

Mezclas	% Abrasión
M1 (100% Suelo natural)	25
M2 (95% Suelo Natural + 5% Residuos ladrilleros)	29
M3 (90% Suelo Natural + 10% residuos ladrilleros)	32
M4 (85% Suelo Natural + 15% residuos ladrilleros)	33
M5 (80% Suelo Natural + 20% residuos ladrilleros)	35

Elaboración propia.

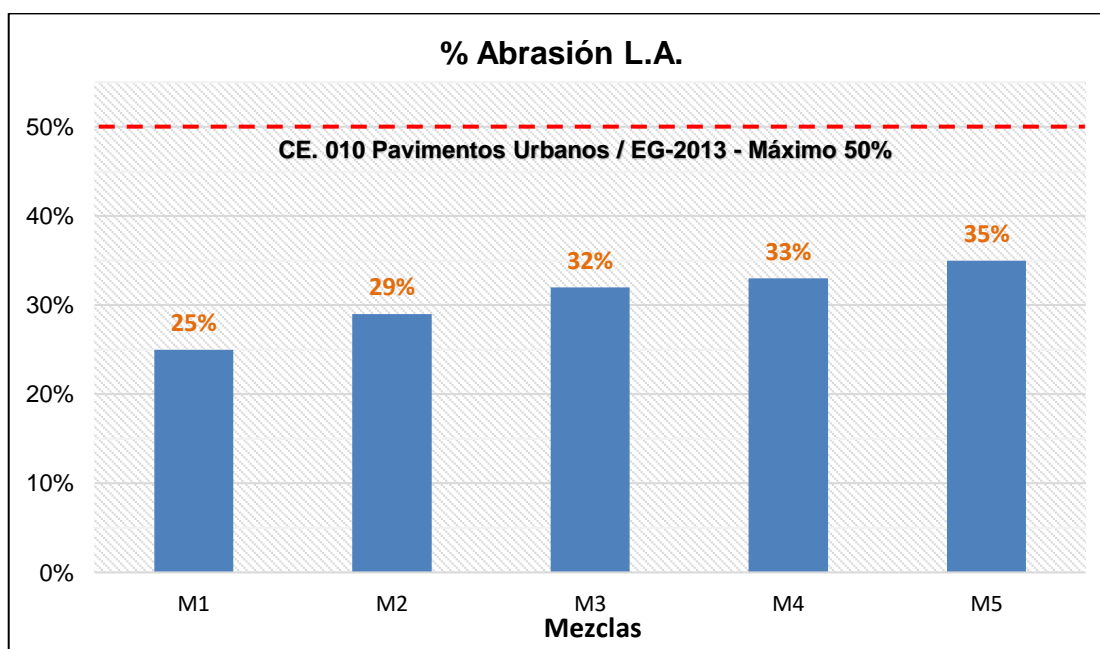


Figura 87. Resultados del ensayo de abrasión Los Ángeles. Elaboración propia.

A partir de la evaluación de los resultados en la figura 87, se contempla que la adición de residuos ladrilleros triturados causa un incremento en el porcentaje de desgaste, lo que significa que a medida que se incorpore los residuos ladrilleros la capacidad de resistencia a la abrasión de las mezclas se reduce. Además, se observa que la totalidad de las mezclas de la investigación cumplen con las exigencias de las normativas viales EG-2013 y CE 010 Pavimentos Urbanos, estando por debajo del límite permisible que es 50%.

Sales Solubles Totales

Los resultados del ensayo de sales solubles totales realizado a las mezclas de la investigación, se presentan en la tabla 51.

Tabla 51. Resultados del ensayo de sales solubles totales.

Mezclas	Sales Solubles Totales
M1 (100% Suelo natural)	1352.8 ppm 0.14%
M2 (95% Suelo Natural + 5% Residuos ladrilleros)	1910.8 ppm 0.19%
M3 (90% Suelo Natural + 10% residuos ladrilleros)	1543.8 ppm 0.15%
M4 (85% Suelo Natural + 15% residuos ladrilleros)	1488.3 ppm 0.15%
M5 (80% Suelo Natural + 20% residuos ladrilleros)	950.3 ppm 0.10%

Elaboración propia.

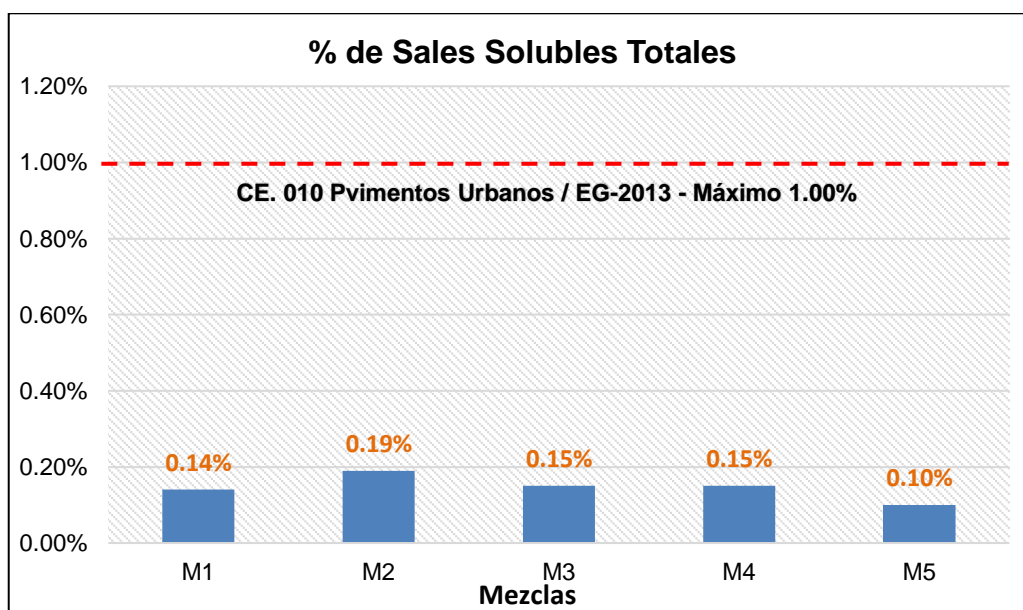


Figura 88. Resultados del ensayo de sales solubles totales. Elaboración propia.

A partir de la evaluación de los resultados en la tabla 51 y la figura 88, se contempla que la adición de residuos ladrilleros triturados genera una disminución en el porcentaje de sales solubles totales. La totalidad de las mezclas de la investigación satisfacen los requisitos exigidos por las normativas viales EG-2013 y CE 010 pavimentos urbanos, estando muy por debajo del máximo permisible que es 1%.

V. DISCUSIÓN

Luego de haber descrito los resultados de la investigación experimental referente a la incorporación de residuos ladrilleros triturados en la subbase de pavimentos rígidos, sobre la base de un exhaustivo proceso investigativo de los resultados de los ensayos de laboratorio y la interpretación de los antecedentes tomados, el presente capítulo comprende la discusión de los hallazgos y observaciones, la cual mantendrá el mismo orden en el que fueron planteado las hipótesis líneas arriba.

Objetivo general: Evaluar la influencia de la incorporación de los residuos ladrilleros triturados en las propiedades de la subbase de pavimentos rígidos en la ciudad de Vilcas Huamán, 2021.

Reyes (2019) en su trabajo de investigación en el que evaluó la implicancia de la adición de residuos de cerámica roja (R.C.R) recolectados de desechos de construcciones y demoliciones en un suelo arenoso para su aplicación en subbase de un pavimento flexible, obtuvo una mejora significativa en las propiedades físico-mecánicas a consecuencia de las adiciones porcentuales de R.C.R, los cuales se incorporaron en 12.5, 25 y 50% respecto al peso.

En tanto que en la presente investigación experimental en contraste con el autor se incorporó en proporciones de 5,10,15 y 20% residuos de la producción de ladrillos que fueron triturados y aplicados en subbase de pavimentos rígidos; los cuales en base a los resultados reflejaron mejoras en las propiedades geotécnicas del suelo granular utilizado, con lo que se determina que los residuos ladrilleros triturados contribuyen a la mejoría de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos granulares.

En este aspecto, contrastando los resultados experimentales independientemente de las cantidades porcentuales de incorporación y el origen de dichos residuos, se demuestra que la investigación experimental de **Reyes (2019)** y la presente tienen coincidencias y concordancias en vista que en ambos estudios se nota la mejora de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos con la adición.

Objetivo específico 01: Determinar la influencia de la incorporación de los residuos ladrilleros triturados en la plasticidad de la subbase de pavimentos rígidos en la ciudad de Vilcas Huamán, 2021.

Dranka (2016) en su tesis de investigación en el que llevó acabo la verificación del comportamiento de un suelo con adiciones de tejas cerámicas molidas provenientes de los residuos de demolición y construcción en porcentajes de 2, 5, 10 y 15% en relación con el peso; en donde obtuvo como resultado la disminución del límite líquido y por consiguiente generando una disminución del índice de plasticidad del suelo materia de investigación. Similar situación sucede en la investigación de **Reyes (2019)** en donde se adicionó porcentualmente residuos de cerámica roja triturados en un suelo arenoso; ya que también a mayor incremento del porcentaje de incorporación de residuos ladrilleros, se tiene la tendencia a la disminución de los resultados del límite líquido y plástico y por consiguiente generando una reducción del índice de plasticidad hasta llevarlo a tener un suelo no plástico.

Asimismo, en la presente tesis en lo concerniente a los ensayos de consistencia de los suelos practicado a las muestras (M1, M2, M3 y M4) materia de investigación, se obtuvo resultados del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad que tienden a la disminución mientras mayor sea el porcentaje de incorporación de los residuos ladrilleros

Al respecto, comparando los resultados de los autores **Reyes (2019)** y **Dranka (2016)** que adiciona teja triturada un material con similares características a los residuos ladrilleros, y la presente investigación, se demuestra que se tienen coincidencias; toda vez que los residuos ladrilleros y las tejas trituradas contribuyen a la disminución de la plasticidad de los suelos.

Objetivo específico 02: Determinar la influencia de la incorporación de los residuos ladrilleros triturados en la compactación de la subbase de pavimentos rígidos en la ciudad de Vilcas Huamán 2021.

Reyes (2019) en su trabajo de investigación, a través de los ensayos de clasificación de suelos mediante el sistema AASHTO y SUCS la muestra patrón se clasifica como un suelo del tipo A-4 (3) y SW respectivamente, que califica como un suelo de regular a malo en aplicaciones para pavimentos, asimismo, los resultados demuestran que a mayor porcentaje de incorporación de residuos cerámicos el suelo pasa a otros grupos con mejores calificaciones como son el A-

2-4 (0) y SM. Por otro lado, en el ensayo de Proctor modificado, a mayor incorporación de residuos cerámicos triturados, la máxima densidad seca (MDS) aumenta y el contenido de humedad óptimo (OCH) disminuye en las muestras ensayadas. Para el autor **Sales (2018)** sucede lo contrario; a mayor incorporación de residuos cerámicos triturados, la máxima densidad seca (MDS) disminuye y el contenido de humedad óptimo (OCH) aumenta en las muestras ensayadas

Por otro lado, en la presente investigación, bajo el sistema de clasificación de suelos AASHTO y SUCS todas las muestras materia de investigación se clasifican como suelos del tipo A-2-4(0) y GM, respectivamente en cada sistema, con una calificación de excelente a buena en aplicaciones de pavimentos. Mientras en el ensayo de Próctor modificado, mientras sea mayor el porcentaje de adición de residuos ladrilleros triturados en la muestra patrón, se obtiene un incremento de la máxima densidad seca (MDS) y una disminución del contenido de humedad óptimo (OCH).

En este aspecto, contrastando los resultados experimentales independientemente de las cantidades porcentuales de incorporación de dichos residuos, queda demostrado la coincidencia existente entre la investigación experimental de **Reyes (2019)** y el presente estudio, en vista que en ambos contribuyen a la mejora en el proceso de compactación; mientras con el autor **Sales (2018)** se obtienen resultados diferentes a los de la presente investigación; con lo cual no se tiene coincidencias.

Objetivo específico 03: Determinar la influencia de la incorporación de los residuos ladrilleros triturados en la resistencia de la subbase de pavimentos rígidos en la ciudad de Vilcas Huamán, 2021.

De Souza et al. (2019) en su tesis de investigación que llevó a cabo con el fin de evaluar las propiedades de los residuos de cerámica roja (RCV) en mezclas con un suelo en porcentajes de 30, 50, 70% en relación con el peso; considerando el ensayo de abrasión de Los Ángeles practicado a los residuos, se encontraron valores alrededor del 41% en todas las muestras evaluadas. Asimismo, en el ensayo de CBR practicado a las muestras de las mezclas con energías modificadas, se hallaron resultados que tienden a la mejora y los resultados de la expansión de todas las muestras estudiadas confieren resultados iguales al 0%.

Asimismo, en la presente tesis en lo concerniente a los ensayos de CBR para energía modificadas practicado a las muestras (M1, M2, M3 y M4) materia de investigación, se obtuvieron resultados favorables que tienen tendencia a la mejora, asimismo, en lo que se refiere la expansión los resultados reportan valores iguales al 0%; mientras en lo referente a los ensayos de abrasión se obtuvieron resultados que van del 25% al 35%.

Analizando los resultados de los ensayos de CBR, la expansión y la abrasión de la presente investigación y el de los autores **De Souza et al. (2019)**, se demuestra que se presentan coincidencias en el ensayo de CBR y discrepa de los resultados del ensayo de abrasión; toda vez que se presentan mejoras de las propiedades mecánicas de los suelos mezclados.

Objetivo específico 04: Determinar la influencia de la incorporación de los residuos ladrilleros triturados en las propiedades químicas de la subbase de pavimentos rígidos en la ciudad de Vilcas Huamán 2021.

Torres (2020) en su trabajo de investigación en el que evaluó la posibilidad de mejorar las bases y subbases de pavimentos en la ciudad de Ayacucho, mediante el reaprovechamiento de residuos provenientes de la actividad constructiva y de las demoliciones; obtuvo una reducción de la cantidad de sales solubles consecuencia de la adición porcentual de residuos, el cual se incorporó en un 50%.

En tanto que en la presente investigación experimental en contraste con el autor se incorporó en proporciones de 5,10,15 y 20% residuos de la producción de ladrillos que fueron triturados y aplicados en subbase de pavimentos rígidos; los cuales en base a los resultados reflejan disminuciones en la cantidad de sales soluble, por lo que se determina que los residuos ladrilleros triturados contribuyen a la mejoría de las propiedades químicas de los suelos granulares.

En este aspecto, contrastando los resultados experimentales independientemente de las cantidades porcentuales de incorporación y el tipo de residuos, se demuestra que la investigación experimental de **Torres (2020)** y la presente tienen coincidencias y concordancias en vista que ambas investigaciones demuestran la mejora de las propiedades químicas de los suelos con la adición.

VI. CONCLUSIONES

En torno a los análisis realizados en función de los resultados obtenidos, se pueden deducir las siguientes conclusiones:

1. En síntesis, es inequívocamente factible que las mezclas conformadas por suelos naturales y los residuos triturados remanentes del proceso de producción de ladrillos artesanales, pueden ser utilizados en las capas de subbases granulares de pavimentos rígidos y en el mejoramiento de propiedades geotécnicas de los suelos, dependiendo del tipo de suelo a usar en la mezcla, así como la energía de compactación a aplicar. Asimismo, el reaprovechamiento de residuos ladrilleros resulta ser ventajosa desde la perspectiva medioambiental, ya que un alto porcentaje de este tipo de residuos no tiene una disposición adecuada, reduciendo su acumulación en zonas clandestinas de vertederos.
2. Una de las ventajas respecto a la incorporación porcentual de residuos ladrilleros triturados a un suelo natural; radica en la conducción a una disminución del índice de plasticidad, límites líquido y plástico, es decir, el suelo en su composición original presentó un IP de 9.3, sin embargo, con el incremento de las cantidades en las dosificaciones del residuo ladrillero empieza a disminuir hasta llegar a tener con el 20% del residuo ladrillero triturado un IP de 8.2; la cual representa una reducción del orden del 11.83% respecto al suelo natural; esta disminución en el IP contribuye a la trabajabilidad del suelo, ya que se reduce la elevada sensibilidad de las partículas finas del suelo en presencia de agua. En los aspectos físicos, otra de las ventajas de la aplicación de residuos ladrilleros triturados al suelo, para fines viales, fue con relación a la equivalencia de arena, ya que ligeramente aumenta el valor; lo que representa una disminución de la presencia de suelos arcillosos dañinos, lo que es un indicativo de la contribución a la limpieza del material.
3. En relación con la granulometría, hubo un cambio en la distribución granulométrica a medida que se aumentaron las incorporaciones porcentuales de residuos ladrilleros, así como un aumento considerable del coeficiente de curvatura, considerando tales condiciones, las mezclas de suelo con adiciones del 15% y 20% de residuos ladrilleros triturados resultaron ser las mejores. Además, las mezclas estudiadas, en la prueba de compactación, presentaron menor humedad óptima y mayor peso específico seco máximo a medida que aumentaba el contenido de residuo ladrillero incorporado a las mezclas.

4. En cuanto a las propiedades mecánicas, analizando los resultados obtenidos por esta investigación, la cual demuestra un comportamiento directamente proporcional entre la cantidades porcentuales de residuos ladrilleros adicionados y los resultados del índice de CBR; ya que a mayor cantidad de residuos ladrilleros incorporados se obtiene un incremento en el índice de Soporte de California (CBR), llegando a incrementarse dichos índices en un 180.31% y 175.29% en las muestras M4 y M5 respectivamente, en relación con el suelo natural. Esto confiere un aumento significativo de la capacidad portante del suelo, permitiendo su uso en pavimentos.
5. En lo concerniente al contenido de sustancias salinas en las mezclas materia de investigación, evaluando los resultados de los ensayos de sales solubles totales se hallan resultados muy por debajo del umbral máximo permitido (1%) y que tienden a la reducción, teniendo un 0.14%, 0.19%, 0.15%, 0.15% y 0.10% para la muestra M1, M2, M3, M4 y M5 respectivamente, lo cual indica que las mezclas no presentarán considerables problemas respecto al ataque de sulfatos y cloruros que afecten las composiciones del pavimento.

VII. RECOMENDACIONES

Para un profundo entendimiento y la continuación de este tipo de investigaciones y contribuir al conocimiento de la aplicabilidad de los residuos de la industria ladrillera, se recomienda:

Llevar adelante investigaciones que evalúen la viabilidad económica del reaprovechamiento de este tipo de residuos de la industria constructiva en capas estructurales de pavimentos.

Realizar estudios de investigación con el fin de determinar la influencia del triturado manual y mecánico de este tipo de residuos en aplicaciones de subbases de pavimentos.

Otra investigación radica en la realización de estudios para la estabilización de suelos de subrasantes inadecuadas y/o pobres con la incorporación de residuos ladrilleros triturados.

Llevar adelante estudios de factibilidad técnica y económica y la promoción para la instalación de plantas trituradoras y recicladoras de residuos de la industria constructiva, con el fin de industrializar dicho material.

Realizar investigaciones, haciendo uso de los residuos ladrilleros sobrecocidos (recochos) en aplicaciones de pavimentos porosos y permeables.

Crear plantas de tratamientos para materiales reciclados de escombros de la construcción y demolición, con el fin de industrializar dicho material.

REFERENCIAS

ACUÑA OBREGÓN, J.T. y RUMAJA SANTOS, M. *Evaluación de los residuos reciclados de las ladrilleras de san jerónimo, para la aplicación en subbase de pavimentos, en la ciudad del cusco – 2018* [en línea]. Cusco. Tesis de pregrado. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, 2019 [Fecha de consulta: 13 de marzo del 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/UNSAAC/4169>

ALMADHOUN, Y.M.S. *Soil Mechanics Laboratory Manual*. Gaza: Islamic University of Gaza.

AMAYA PORTILLO, J.M., SALMERÓN SOSA, J.N. y VILLATORO CHÁVEZ, R.C. *Estudio técnico exploratorio para la utilización de residuos reciclados de concreto, mampostería de bloque de concreto y ladrillo de barro en mezclas de suelo-cemento* [en línea]. San Miguel. Tesis de pregrado. Universidad de El Salvador, 2013 [Fecha de consulta: 13 de marzo del 2021]. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/6240/>

ANZORA RODRIGUEZ, J.R., PERDOMO PERAZA, P. A. y ROMERO MAGAÑA, C.R. *Estudio físico-químico del proceso de construcción del ladrillo de obra artesanal, para su utilización en la elaboración de una propuesta escultórica y su intervención pictórica en la conformación de proyectos artísticos, 2017* [en línea]. San Salvador. Tesis de pregrado. Universidad de El Salvador, 2018 [Fecha de consulta: 29 de abril del 2021]. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/16926/1/14103370.pdf>

ARBULÚ JURADO, C. *Facebook* [En línea]. S.l.: s.n., s.f. [Fecha de consulta: 15 de abril del 2021]. Disponible en: <https://www.facebook.com/photo.php?fbid=124383489257587&set=pb.100050578090127.-2207520000..&type=3>

ARISHA, A., GABR, A., EL-BADAWY, S. y SHWALLY, S. Using Blends of Construction & Demolition Waste Materials and Recycled Clay Masonry Brick in Pavement. *Procedia Engineering* [en línea] Ámsterdam: Elsevier, 2016, **143**, pp. 1317-1324 [Fecha de consulta: 13 de abril del 2021]. ISSN 18777058. DOI

10.1016/j.proeng.2016.06.148.

Disponible

en:

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877705816305914>

ARULRAJAH, A., MAGHOOL, F. y HORPIBULSUK, S. Recycled construction and demolition materials in pavement and footpath bases. [en línea]. Bangkok, Tailandia: Sexto Simposio Internacional de Caminos Rurales, 2016, pp. 14.

Disponible

en:

https://www.researchgate.net/publication/311104556_RECYCLED_CONSTRUCTION_AND_DEMOLITION_MATERIALS_IN_PAVEMENT_AND_FOOTPATH_BASES

ASTM International. ASTM D698-12e2 Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12 400 ft-lbf/ft³ (600 kN-m/m³)). En: *ASTM international* [En línea]. West Conshohocken, PA, 2012. [Fecha de consulta: 15 de abril del 2021]. Disponible en: <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D698-12e2>

ASTM International. ASTM D698-12e2 Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12 400 ft-lbf/ft³ (600 kN-m/m³)). En: *ASTM international* [En línea]. West Conshohocken, PA, 2012a. [Fecha de consulta: 15 de abril del 2021]. Disponible en: <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D698-12e2>

ASTM International. ASTM D1557-12e1, Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft³ (2,700 kN-m/m³)). En: *ASTM international* [En línea]. West Conshohocken, PA, 2012b. [Fecha de consulta: 15 de abril del 2021]. Disponible en: <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D1557-12e1>

BAÑÓN BLÁZQUEZ, Luis; BEVIÁ GARCÍA, José Francisco. Manual de carreteras. Alicante: Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A., 2000. Vol. 2. ISBN 84-607-0123-9

BARRANZUELA LESCANO, J. *Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la región Piura* [en línea] Piura. Tesis de pregrado. Universidad de Piura. 2014 [Fecha de consulta: 29 de marzo del 2021]. Disponible en:

https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1755/ICI_199.pdf?sequence=1&isAllowed=y

BORJA SUÁREZ, M. *Metodología de la Investigación Científica para ingenieros*. Chiclayo: s.n.

BOWLES, J.E. *Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil*. 1ª Ed. México D.F.: McGraw-Hill de México, 1981.

CASADO PIÑEIRO, M. Procesos de Producción más Limpia en ladrilleras de Arequipa y Cusco: Diagnóstico Situacional. [en línea]. Lima: PRAL, 2005. Disponible en: <https://es.slideshare.net/juaquinrv/bvci0006158>

CHACÓN MONTERO, J., IRIGARAY FERNÁNDEZ, C., LAMAS FERNÁNDEZ, F. y EL HAMDOUNI JENOUI, R. *Mecánica de Suelos y Rocas: Prácticas y Ensayos*. 1ª Ed. Granada: Servicio Reprografía, Facultad de Ciencias. ISBN 84-931445-4-1.

DE SOUZA, W.M., RIBEIRO, A.J.A., XAVIER, I.W.D.P. y DOS SANTOS, M.V., Resíduos de cerâmica vermelha como um material ambientalmente sustentável para uso na pavimentação. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais* [en línea]. Bahía: Universidad Federal de Bahía, 2019, 7(2), pp. 202-213 [Fecha de consulta: 14 de abril del 2021]. ISSN 2317-563X. DOI 10.9771/gesta.v7i2.32540. Disponible en: <https://portalseer.ufba.br/index.php/gesta/article/view/32540>.

DIAS, D.K. dos R. *Reutilização do resíduo cerâmico oriundo do polo oleiro de Iranduba e Manacapuru para emprego como elemento constituinte de base e sub-base de pavimento* [en línea]. Manaus. Tesis de maestría. Universidad Federal de Amazonas, 2016 [Fecha de consulta: 14 de abril del 2021]. Disponible en: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/5278>

DRANKA, R.B. *Melhoramento de solo com uso de telha cerâmica moída oriunda de resíduos de construção e demolição (RCD)* [en línea]. Curitiba. Tesis de pregrado. Universidad Tecnológica Federal de Paraná, 2016 [Fecha de consulta: 14 de abril del 2021]. Disponible en: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/8069/1/CT_COECI_2016_2_22.pdf

DURAN ORTIZ, L.C., GUEVARA VARGAS, D.F., HERNÁNDEZ BAREÑO, F.L. y RAMIREZ SANTAMARÍA, F.D. *Estrategia y aprovechamiento de materiales sobrantes del proceso de explotación de la mina y de producción de la ladrillera Framar Ltda. durante la implementación del PMRRA* [en línea]. Bogotá. Tesis de especialización en gerencia de obras. Universidad Católica de Colombia, 2017 [Fecha de consulta: 14 de abril del 2021]. Disponible en: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14660/1/DOCUMENTO.pdf>

EDUCATIONAL TECHNOLOGY OFFICE, FACULTY OF APPLIED SCIENCE AND ENGINEERING, U. of T. [en línea]. Toronto: Educational Technology Office, s.f. [Fecha de consulta: 5 de abril del 2021]. Disponible en: <https://edtech.engineering.utoronto.ca/object/compaction-tests>

FEIJOO CALLE, E.P. y FEIJOO GUEVARA, B.A. Characterization of the unconfined compressive strength test in rocks by fine granulometry. *Minerva* [En línea]. Quito: AutanaBooks, 2020, **1(3)**, pp. 5-14 [Fecha de consulta: 05 de abril del 2021]. ISSN 0026-4695. Disponible en: <https://doi.org/10.47460/minerva.v1i3.12>

GALLEGOS, H. *Albañilería Estructural*. Lima: Fondo Editorial PUCP, 2005.

GARCÍA NAVARRO, C.A. *Evaluación de la calidad de ladrillos artesanales king kong según prácticas de fabricación en el sector fila alta de la ciudad de Jaén* [en línea]. Jaén Cajamarca. Tesis de pregrado. Universidad Nacional de Cajamarca, 2013 [Fecha de consulta: 14 de marzo del 2021]. Disponible en: http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/621/T_666.737_G216_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y

GARCÍA VALDÉS, O.A. *Comparación del material de desecho procedente de arcilla cocida y material selecto para la utilización de subbases en carreteras* [En línea]. Guatemala. Tesis de pregrado. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2013 [Fecha de consulta: 25 de marzo del 2021]. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3593_C.pdf

GUERRA TORRALBO, J.C. *Mecánica de Suelos: Conceptos básicos y aplicaciones* [en línea]. 1ª. Ed. Madrid: Dextra Editorial S.L., 2018 [Fecha de consulta: 10 de abril del 2021]. ISBN 9788416898633. Disponible en: <http://www.ebooks7->

24.com/?il=7824%0A.

HEJRI, S., VOSOUGHIHA, S. y KHADIVI, K. Robust Sieve Analysis Using Sieve-By-Sieve Method. *Journal of Scientific Perspectives* [En línea]. 2020, **4(2)**, pp. 83-98 [Fecha de consulta: 01 de abril del 2021]. ISSN 2587-3008. Disponible en: <https://doi.org/10.26900/jsp.4.007>

HERNÁNDEZ SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ COLLADO, C. y BAPTISTA LUCIO, M. del P. *Metodología de la Investigación*. 6ª Ed. México D.F.: McGraw Hill Education, 2014. ISBN 978-1-4562-2396-0.

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOP). Norma Técnica Peruana 331.017. Lima. 1978.

JUARÉZ BADILLO, E. y RICO RODRÍGUEZ, A. *Mecánica de suelos: Fundamentos de la mecánica de suelos*. 3ª Ed. México, D.F.: Limusa, 2010. Vol. 1. ISBN 968-18-0069-9.

Laboratorio de Materiales, Suelos y Concreto. *Facebook* [En línea]. Guatemala: Laboratorio de Materiales, Suelos y Concreto, s.f. [Fecha de consulta: 15 de abril del 2021]. Disponible en: https://www.facebook.com/lamsyc.gt/photos/?ref=page_internal

LIMA, J.S.P. de, VICENTE, G.O., FAGUNDES, L.P., CABRAL, C.L.B., CRUZ, F.A. da y TASHIMA, M.M. Estabilização física de solo laterítico arenoso utilizando resíduos cerâmicos. *Matéria* [En línea]. Rio de Janeiro: Scielo, 25(4) [Fecha de consulta: 14 de abril del 2021]. DOI 10.1590/s1517-707620200004.1176. Disponible en: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-70762020000400334&tIlg=pt

Masgeotecnia. *Facebook* [En línea]. Concepción: Masgeotecnia, 2021 [Fecha de consulta: 15 de abril del 2021]. Disponible en: <https://www.facebook.com/108691463165344/photos/pb.100052406723325.-2207520000../725430714824746/?type=3>

MASÍAS MOGOLLÓN, K. *Resistencia a la flexión y tracción en el concreto usando ladrillo triturado como agregado grueso* [en línea]. Piura. Tesis de pregrado.

Universidad de Piura, 2018 [Fecha de consulta: 12 de marzo del 2021]. Disponible en: <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3484>

MATUELLA, M.F. *Efeitos da composição dos resíduos de construção e demolição no seu comportamento mecânico para utilização na pavimentação* [en línea]. Porto Alegre. Tesis de maestría. Universidad Federal de Rio Grande do Sul, 2017 [Fecha de consulta: 15 de abril del 2021]. Disponible en: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/163901>

MINAYA GONZÁLEZ, S. y ORDÓNEZ HUAMÁN, A. *Diseño Moderno de Pavimentos Asfálticos*. 2ª Ed. Lima: Fondo Editorial ICG, 2006.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (MTC). *Manual de Ensayo de Materiales*. [en línea]. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016. Disponible en: [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/Manuales/Manual Ensayo De Materiales.Pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/Manuales/Manual%20Ensayo%20De%20Materiales.Pdf)

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (MTC). *Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales Para Construcción - EG-2013*. [en línea]. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2015. Disponible en: [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC NORMAS/ARCH_PDF/MAN_10 EG 2013.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_10%20EG%202013.pdf)

MONTEJO FONSECA, A. *Ingeniería de Pavimentos Para Carreteras*. 2ª Ed. Bogotá, D.C.:Universidad Católica de Colombia, 2002. ISBN 9789589603629.

NIKOLAIDES, A., MANTHOS, E., SARAFIDOU, M. Sand equivalent and methylene blue value of aggregates for highway engineering. *Foundations of Civil and Environmental Engineering* [En línea]. Poznań: Editorial de la Universidad Tecnológica de Poznan, 2007, **10(06)**, pp. 111-121 [Fecha de consulta: 10 de abril del 2021]. ISSN 1642-9303. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/267564908_Sand_equivalent_and_methylene_blue_value_of_aggregates_for_highway_engineering

NIÑO ROJAS, V.M. *Metodología de la investigación. Diseño, ejecución e informe* [en línea]. 2ª Ed. Bogotá: Ediciones de la U., 2019 [Fecha de consulta: 10 de abril

del 2021]. ISBN 9789587920765. Disponible en: <http://www.ebooks7-24.com/?il=9546&pg=4%0A>

PATRA, A. California Bearing ratio. *Department of Civil Engineering, Sir J. C. Bose School of Engineering, Supreme Knowledge Foundation Group of Institutions* [En línea]. 2015 [Fecha de consulta: 20 de abril del 2021]. DOI: 10.13140 / RG.2.1.4619.2249. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/303985198_California_Bearing_Ratio/status

PAVEMENT TOOLS CONSORTIUM. Aggregate tests. En: pavementinteractive.org [En línea] S.l.: s.n, s.f. [Fecha de consulta: 15 de abril del 2021]. Disponible en: <https://pavementinteractive.org/reference-desk/testing/aggregate-tests/los-angeles-abrasion/>

PINZUAR [En línea]. [Pinzuar.com.co](http://pinzuar.com.co), s.f. [Fecha de consulta: 20 de abril del 2021]. Disponible en: <https://www.pinzuar.com.co/pinzuar/es/>

REYES MEJIA, D.X. *Efectos de la reutilización de residuos de cerámica roja en la subbase del pavimento flexible, Lima – 2019* [en línea]. Lima. Tesis de pregrado. Universidad Cesar Vallejo, 2019 [Fecha de consulta: 15 de abril del 2021]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/46699>

RODHES, Daniel. *Arcilla y vidriado para el ceramista*. Barcelona:Ceac, 1989. ISBN 978-84-329-8557-7.

RONDÓN QUINTANA, H.A. y REYES LIZCANO, F.A. *Pavimentos: Materiales, construcción y diseño*. 1ª Ed. Lima: Empresa Editora Macro EIRL, 2015. ISBN 978-612-304-263-9.

ROSAS MORETO, H. A. *Uso de ladrillo de arcilla con exceso de cocción como agregado grueso en concretos hidráulicos* [en línea]. Piura. Tesis de pregrado. Universidad de Piura, 2018 [Fecha de consulta: 30 de marzo del 2021]. Disponible en: <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3512>

SALES, N. da S. *Análise da mistura de chamote cerâmico com solo laterítico para a utilização nas camadas de base e sub-base de pavimentos rodoviários* [en línea]

Teresina. Tesis de maestría. Instituto Federal de Educación, Ciencia y Tecnología de Piauí, 2018 [Fecha de consulta: 15 de abril del 2021]. Disponible en: <http://bia.ifpi.edu.br:8080/jspui/handle/prefix/405>

SANZ, J. M. Pavimentum: El origen de la pavimentación. En: *Ingeniaviarum* [En línea]. 2016. [fecha de consulta 25 de abril del 2021]. Disponible en: <https://ingeniaviarum.wordpress.com/2016/01/21/pavimentum-el-origen-de-la-pavimentacion/>

SANTOS, P.D.S. *Ciência e Tecnologia de Argilas*. 2ª Ed. São Paulo: Editora Edgarg Blücher Ltda, 1989.

SHAIWAN, H.S. y SRIDHARAN, A. Comparison of Reduced Modified Proctor vs Modified Proctor. *Geotechnical and Geological Engineering* [en línea]. 2020, **38 (6)**, pp. 6891-6897 [Fecha de consulta: 5 de abril del 2021]. ISSN 15731529. DOI 10.1007/s10706-020-01405-3. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10706-020-01405-3>

SILVA, J.P.S. y CARVALHO, S.B. Uso de resíduos de cerâmica vermelha para o melhoramento de camadas de pavimentos de baixo tráfego em Palmas-TO. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais* [en línea]. Bahía: Universidad Federal de Bahía, **5(1)**, pp. 41-52 [Fecha de consulta: 15 de abril del 2021]. ISSN 2317-563X. DOI 10.9771/gesta.v5i1.17417. Disponible en: <https://portalseer.ufba.br/index.php/gesta/article/view/17417>

TEYMEN, A. Estimation of Los Angeles abrasion resistance of igneous rocks from mechanical aggregate properties. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* [En línea] , 2019, **78(2)**, pp. 837-846 [Fecha de consulta: 20 de abril del 2021]. ISSN 14359529. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10064-017-1134-0>

TORRES SALINAS, C.M. *Aprovechamiento de residuos de construcción y demolición para el mejoramiento de base y subbase del pavimento en la ciudad de Ayacucho* [en línea] Lima, Tesis de pregrado. Universidad César Vallejo, 2020 [Fecha de consulta: 15 de abril del 2021]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/55872>

VICAÑA PACHECO, J. *Efectos patológicos en las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal en la región Ayacucho* [en línea]. Huamanga. Tesis de pregrado. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, 2019 [Fecha de consulta: 15 de abril del 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3566>

VILLARINO OTERO, A. *Ciencia y tecnología de los materiales*. 1ª Ed. Ávila: Escuela Politécnica Superior de Ávila, 2011.

VIVAR ROMERO, G. *Diseño y Construcción de Pavimentos*. 2ª Ed. Perú: Colegio de Ingenieros del Perú, 1995.

ANEXOS

ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO:		Evaluación de residuos ladrilleros triturados, para su uso en subbase de pavimentos rígidos en la ciudad de Vilcas Huamán, 2021.						
AUTOR:		Br. Bickel Martínez Vásquez						
PROBLEMA		OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES		DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
GENERAL	¿Cómo influye la incorporación de los residuos ladrilleros triturados en las propiedades de la subbase de pavimentos rígidos en la ciudad de Vilcas Huamán, 2021?	Evaluar la influencia de la incorporación de los residuos ladrilleros triturados en las propiedades de la subbase de pavimentos rígidos en la ciudad de Vilcas Huamán, 2021.	La incorporación de residuos ladrilleros triturados influyen significativamente en las propiedades de la subbase de pavimentos rígidos en la ciudad de Vilcas Huamán, 2021.	INDEPENDIENTE	Residuos ladrilleros triturados	Dosificación	M1: 100% Suelo natural	Balanza digital de medición de peso y horno.
							M2: 95% Suelo + 5 % residuos ladrilleros	
							M3: 90% Suelo + 10 % residuos ladrilleros	
							M4: 85% Suelo + 15 % residuos ladrilleros	
							M5: 80 % Suelo+ 20% residuos Ladrilleros	
ESPECÍFICOS	¿Cómo influye la incorporación de los residuos ladrilleros triturados en la plasticidad de la subbase de pavimentos rígidos en la ciudad de Vilcas Huamán, 2021?	Determinar la influencia de la incorporación de los residuos ladrilleros triturados en la plasticidad de la subbase de pavimentos rígidos en la ciudad de Vilcas Huamán, 2021.	La incorporación de los residuos ladrilleros triturados influyen en la plasticidad de la subbase de pavimentos rígidos en la ciudad de Vilcas Huamán, 2021.	DEPENDIENTE	Subbase de pavimento rígido	Plasticidad	Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad (IP)	Ensayo de límites de Atterberg (MTC E 110, MTC E 111, ASTM D 4318 y AASHTO T 89, AASHTO T 90).
							% de equivalente de Arena	Ensayo de equivalente de arena (MTC E 114, ASTM D 2419 y AASHTO T 176).
	¿Cómo influye la incorporación de los residuos ladrilleros triturados en la compactación de la subbase de pavimentos rígidos en la ciudad de Vilcas Huamán, 2021?	Determinar la influencia de la incorporación de los residuos ladrilleros triturados en la compactación de la subbase de pavimentos rígidos en la ciudad de Vilcas Huamán, 2021.	La incorporación de los residuos ladrilleros triturados influyen en la compactación de la subbase de pavimentos rígidos en la ciudad de Vilcas Huamán, 2021.			Compactación	Tamaño de las partículas	Ensayo de granulometría por tamizado (ASTM D 1241, AASHTO T 88).
							Máxima densidad seca (MDS) y OCH	Ensayo de Próctor modificado (ASTM D 1557, MTC E 115).
	¿Cómo influye la incorporación de los residuos ladrilleros triturados en la resistencia de la subbase de pavimentos rígidos en la ciudad de Vilcas Huamán, 2021?	Determinar la influencia de la incorporación de los residuos ladrilleros triturados en la resistencia de la subbase de pavimentos rígidos en la ciudad de Vilcas Huamán, 2021.	La incorporación de los residuos ladrilleros triturados influyen en la resistencia de la subbase de pavimentos rígidos en la ciudad de Vilcas Huamán, 2021.			Resistencia	% Partículas planas y alargadas	Ensayo de Índice de aplanamiento y alargamiento (MTC E 221 y ASTM D 4791).
							% de CBR	Ensayo de CBR (MTC E 132, ASTM D 1883 y AASHTO T 193)
	¿Cómo influye la incorporación de los residuos ladrilleros triturados en la composición química de la subbase de pavimentos rígidos en la ciudad de Vilcas Huamán, 2021?	Determinar la influencia de la incorporación de los residuos ladrilleros triturados en la composición química de la subbase de pavimentos rígidos en la ciudad de Vilcas Huamán, 2021.	La incorporación de los residuos ladrilleros triturados influyen en la composición química de la subbase de pavimentos rígidos en la ciudad de Vilcas Huamán, 2021.			Química	% de desgaste	Ensayo de abrasión Los Ángeles (MTC E 207, ASTM C 131 y AASHTO T 96)
							% de Sales solubles	Ensayo de sales solubles totales (MTC E 219)

ANEXO 02. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION	METODOLOGIA
VARIABLE INDEPENDIENTE (X): Residuos ladrilleros triturados	Casado (2005) precisa que son aquellos residuos sólidos inertes que están conformados por desechos de la actividad cerámica procedente de los ladrillos rechazados a consecuencia de fracturas o defectos en su proceso de cocción. Los cuáles luego son triturados.	La variable independiente que son los residuos ladrilleros reciclados triturados tiene una dimensión, cinco indicadores y un instrumento con la que serán medidos.	Dosificación	M1: 100% Suelo natural	Razón	Tipo de investigación: Aplicada Nivel de Investigación: Explicativo Enfoque: Cuantitativo Diseño de la Investigación: Experimental - Cuasiexperimental
				M2: 95% Suelo + 5 % residuos ladrilleros		
				M3: 90% Suelo + 10 % residuos ladrilleros		
				M4: 85% Suelo + 15 % residuos ladrilleros		
				M5: 80 % Suelo+ 20% residuos Ladrilleros		
VARIABLE DEPENDIANTE (Y): Subbase de pavimento rígido	Capa que forma parte de los pavimentos rígidos, ubicada debajo de la losa de concreto. Montejo (2002) Tiene como función primordial evitar el bombeo, además de valer como estrato de apoyo, de transición, facilitar el proceso constructivo de la pavimentación, colaborar en el control de las variaciones volumétricas de la subrasante y reducir al mínimo los efectos que puedan generarse en el pavimento a consecuencia de este cambio.	La variable dependiente tiene 4 dimensiones, 8 indicadores; los cuales tienen un instrumento con la que serán medidos.	Plasticidad	Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad (IP)	Razón	Población: Subbase de pavimento rígido de las 7 Cdras. de la Av. Qatun Ayllu, Vilcas Huamán, distrito de Vilcas Huamán, Ayacucho, 2021. Muestra: Subbase de la 7ª y 8ª cuadra de la Av. Qatun Ayllu, Vilcas Huamán, Vilcas Huamán, Ayacucho, 2021. Muestreo: No probabilístico. Técnica: Observación directa. Instrumento de Investigación: Fichas de recopilación.
				% de equivalente de Arena		
			Compactación	Tamaño de las partículas		
				Máxima densidad seca (MDS) y óptimo contenido de humedad (OCH).		
				% Partículas planas y alargadas		
			Resistencia	% de CBR		
				% de desgaste		
Química	% de Sales solubles					

ANEXO 03. VALIDACION DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION

INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

II. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Efraín de La Paz Jerí

Institución donde labora : Experto Independiente

Instrumentos de evaluación : Contenido de humedad, Análisis granulométrico por tamizado, límites de Atterberg, Proctor Modificado, CBR, Abrasión Los Ángeles, Equivalente de Arena, Sales solubles totales y Partículas chatas y Alargadas.

Autor del instrumento (s) : Br. Martínez Vásquez, Bickel

Tesis : Evaluación de residuos ladrilleros triturados, para su uso en subbase de pavimentos rígidos en la ciudad de Vilcas Huamán 2021.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: Subbase de pavimento rígido , en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Subbase de pavimento rígido .					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Subbase de pavimento rígido .					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
PUNTAJE TOTAL		50				

Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 50

Lima, 07 de mayo del 2021.


Efraín de La Paz Jerí
INGENIERO CIVIL
Reg. Colegio Ing. Perú N° 122134

INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

II. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: JHONATAN MENDOZA TORRES

Institución donde labora : Experto Independiente

Instrumentos de evaluación : Contenido de humedad, Análisis granulométrico por tamizado, límites de Atterberg, Proctor Modificado, CBR, Abrasión Los Ángeles, Equivalente de Arena, Sales solubles totales y Partículas chatas y Alargadas.

Autor del instrumento (s) : Br. Martínez Vásquez, Bickel

Tesis : Evaluación de residuos ladrilleros triturados, para su uso en subbase de pavimentos rígidos en la ciudad de Vilcas Huamán 2021.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: Subbase de pavimento rígido , en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Subbase de pavimento rígido .					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Subbase de pavimento rígido .					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.				X	
PUNTAJE TOTAL						49

Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

49

Lima, 06 de Mayo de 2021.


 JHONATAN MENDOZA TORRES
 Ingeniero Civil
 Reg. Colegio de Ingenieros N° 185411

INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

II. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Marco Paúl Calderón Zevallos
Institución donde labora : Municipalidad Distrital Chuschi
Instrumentos de evaluación : Contenido de humedad, Análisis granulométrico por tamizado, límites de Atterberg, Proctor Modificado, CBR, Abrasión Los Ángeles, Equivalente de Arena, Sales solubles totales y Partículas chatas y Alargadas.
Autor del instrumento (s) : Br. Martínez Vásquez, Bickel
Tesis : Evaluación de residuos ladrilleros triturados, para su uso en subbase de pavimentos rígidos en la ciudad de Vilcas Huamán 2021.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

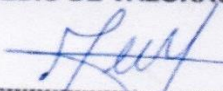
CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: Subbase de pavimento rígido , en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Subbase de pavimento rígido .					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Subbase de pavimento rígido .				X	
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
PUNTAJE TOTAL						49

Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

49


 Ing. MARCO RAUL CALDERON ZEVALLOS
 Ingeniero Civil
 Reg. Colegio de Ingenieros N° 212823

Lima, 04 de Mayo de 2021

ANEXO 04. DISEÑO DEL PAVIMENTO.

Asimismo, haciendo uso de las mezclas que cumplan las normativas viales en materia de CBR, los cuales son la muestra M4 y M5, se diseñaron las capas de un pavimento rígido con apoyo del programa EqAASHTO93 versión 2.0, realizado por el Ing. Luis Ricardo Vásquez Varela y la ecuación de la figura 88. Para lo cual se hará uso de los datos proporcionados por la municipalidad y las cuales se encuentran en el anexo 08 y se sintetizan en las tablas 52 y 53.

$$\log_{10}(E18) = \left\{ \begin{array}{l} \text{Desviación Estándar Normal} \\ \text{Error Estándar Combinado} \\ \text{Espesor} \\ \text{Serviciabilidad Final} \\ \text{Módulo de Ruptura} \\ \text{Coeficiente de Drenaje} \\ \text{Tráfico} \end{array} \right. \left[\begin{array}{l} Z_r \times S_o + 7.35 \times \log_{10}(D+1) - 0.06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta \text{PSI}}{4.5-1.5} \right]}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D+1)^{8.46}}} \\ + (4.22 - 0.32 \times \text{pt}) \times \log_{10} \left[\frac{S'_c \times C_d \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J} \times \frac{18.42}{(E_c/k)^{0.25}} \right] \end{array} \right]$$

Módulo de Ruptura
Coeficiente de Drenaje
Coeficiente de Transferencia de Carga
Módulo de Elasticidad
Módulo de Reacción

Figura 89. Ecuación para diseño de pavimentos AASHTO - 1993.

Tabla 52. Datos de diseño para la muestra M4.

CALCULO DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS MÉTODO AASHTO-93 - MUESTRA M4.	
DATOS DE DISEÑO:	
CBR de la subrasante	9.07%
CBR de la subbase	46.7%
Modulo elástico de la subbase (Esb.)	17500 psi
Módulo de reacción compuesto de la subrasante (K)	548 pci
Factor de perdida de apoyo de la subbase (Ls)	1
Módulo de Reacción efectivo de la Subrasante (corregido)	173 pci
ESAL's (W18)	5280000
índice de serviciabilidad inicial (Po.)	4.5
índice de serviciabilidad final (Pf.)	2.5
Módulo de resiliencia (Mr.)	10478 psi
Coeficiente de drenaje (Cd)	1
Nivel de confiabilidad ('R)	90%
Desviación estándar normal	-1.282
Error estándar combinado (so)	0.35
Esfuerzo a la compresión simple (f'c)	210 kg. /cm ²
Módulo de elasticidad del concreto (Ec)	3114830 psi
Módulo de rotura del concreto (Sc)	492 psi
Coeficiente de transmisión de carga (J)	3.8

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)
 90 % $Z_r = -1.282$ So 0.35

Serviciabilidad inicial y final
 PSI inicial 4.5 PSI final 2.5

Módulo de reacción de la subrasante
 k 173 pci

Información adicional para pavimentos rígidos

Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi) 3114830 Coeficiente de transmisión de carga - (J) 3.8
 Módulo de rotura del concreto - Sc (psi) 492 Coeficiente de drenaje - (Cd) 1

Tipo de Análisis
 Calcular D **W18 =** 5.28E+05 Calcular W18

Espesor de losa (plg) **D =** 7.9

Figura 90. Resultados del diseño de pavimentos para la muestra M4.

Tabla 53. Resultados del diseño de pavimentos para la muestra M4.

CAPAS DEL PAVIMENTO	ESPESOR DE DISEÑO (pulg)	ESPEORES RECOMENDADOS	
		Pulg.	Cm.
Losa de Concreto	7.9	8.0	20
Sub Base	8.0	8.0	20

Tabla 54. Datos de diseño para la muestra M5.

CALCULO DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS MÉTODO AASHTO-93 - MUESTRA M5.

DATOS DE DISEÑO:

CBR de la subrasante	9.07%
CBR de la subbase	45.4%
Módulo elástico de la subbase (Esb.)	17300 psi
Módulo de reacción compuesto de la subrasante (K)	547 pci
Factor de pérdida de apoyo de la subbase (Ls)	1
Módulo de Reacción efectivo de la Subrasante (corregido)	170 pci
ESAL's (W18)	5280000
índice de serviciabilidad inicial (Po.)	4.5
índice de serviciabilidad final (Pf.)	2.5
Módulo de resiliencia (Mr.)	10478 psi
Coeficiente de drenaje (Cd)	1
Nivel de confiabilidad ('R)	90%
Desviación estándar normal	-1.282
Error estándar combinado (so)	0.35
Esfuerzo a la compresión simple (f'c)	210 kg. /cm ²
Módulo de elasticidad del concreto (Ec)	3114830 psi
Módulo de rotura del concreto (Sc)	492 psi
Coeficiente de transmisión de carga (J)	3.8

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)
 90 % $Z_r = -1.282$ So

Serviciabilidad inicial y final
 PSI inicial PSI final

Módulo de reacción de la subrasante
 k pci

Información adicional para pavimentos rígidos

Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi) Coeficiente de transmisión de carga - (J)

Módulo de rotura del concreto - S_c (psi) Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis
 Calcular D **W18 =**
 Calcular W18

Espesor de losa (plg)
D =

Figura 91. Resultados del diseño de pavimentos para la muestra M5.

Tabla 55. Resultados del diseño de pavimentos para la muestra M5.

CAPAS DEL PAVIMENTO	ESPESOR DE DISEÑO (pulg)	ESPESORES RECOMENDADOS	
		Pulg.	Cm.
Losa de Concreto	7.8	8.0	20
Sub Base	8.0	8.0	20

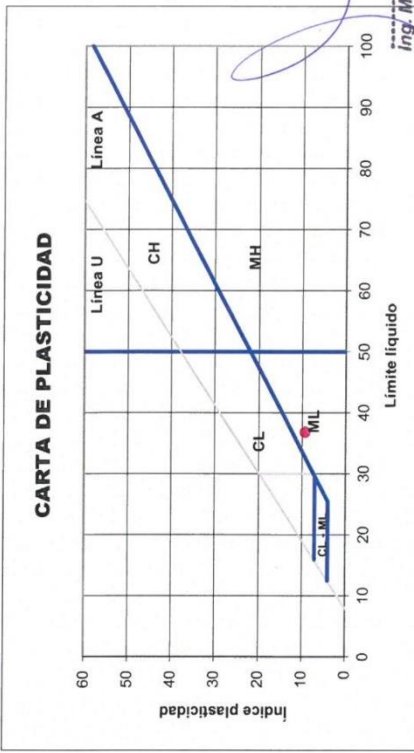
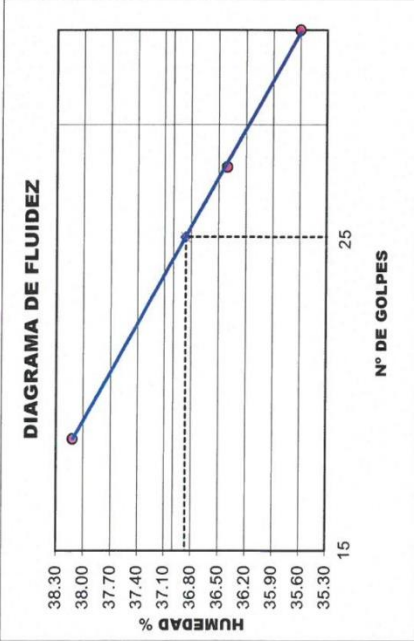


ANEXO 05. ENSAYOS DE LABORATORIO

Proyecto : "EVALUACIÓN DE RESIDUOS LADRILLEROS RECICLADOS, PARA SU USO EN SUB BASE DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE VILCAS HUAMÁN - 2021"

Solicitante : BACH. MARTINEZ VÁSQUEZ BICKEL
 Region : AYACUCHO
 Cantera : MUESTRA 1 (100% SUELO NATURAL)
 Provincia : VILCAS HUAMÁN
 Material : SUB BASE GRANULAR
 Distrito : VILCAS HUAMÁN
 Fecha : ABRIL DE 2021
 Lugar : VILCAS HUAMÁN

LÍMITES DE CONSISTENCIA	LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D-4319, MTC E 111-2016)		LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D-4319, MTC E 111-2016)		LÍMITES DE CONSISTENCIA	
	Tara Número	Unidades	42	95	91	
Peso Recipiente + Suelo Húmedo	16	39	42	95	91	LL (%) = 36.9
Peso Recipiente + Suelo Seco	46.52	47.97	48.26	64.70	63.85	LP (%) = 27.6
Peso del Recipiente	40.68	41.89	42.19	63.40	62.55	LL - LP = IP (%) = 9.3
Peso del Suelo Seco	25.36	25.19	25.14	58.68	57.84	
Peso del Agua	15.32	16.70	17.05	4.72	4.71	
Contenido de Humedad	5.84	6.08	6.07	1.30	1.30	
Número de Golpes	38.12	36.41	35.60	27.54	27.60	
	18	28	35			



Ing. Maxwili Arroyo Morpe Arias
 ESPECIALISTA EN GEOTECNICA-CONCRETO Y PAVIMENTOS



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS

Proyecto : "EVALUACIÓN DE RESIDUOS LADRILLEROS RECICLADOS, PARA SU USO EN SUB BASE DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE VILCAS HUAMÁN - 2021"

Solicitante : BACH. MARTINEZ VÁSQUEZ BICKEL
Calicata : MUESTRA 1 (100% SUELO NATURAL)
Material : SUB BASE GRANULAR
Fecha : ABRIL DE 2021

Region : AYACUCHO
Provincia : VILCAS HUAMÁN
Distrito : VILCAS HUAMÁN
Lugar : VILCAS HUAMÁN

**ENSAYO ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS
(ASTM DE 422, D 4318, D 2487, D 2216, D 4254, D 854, DE 1557)**

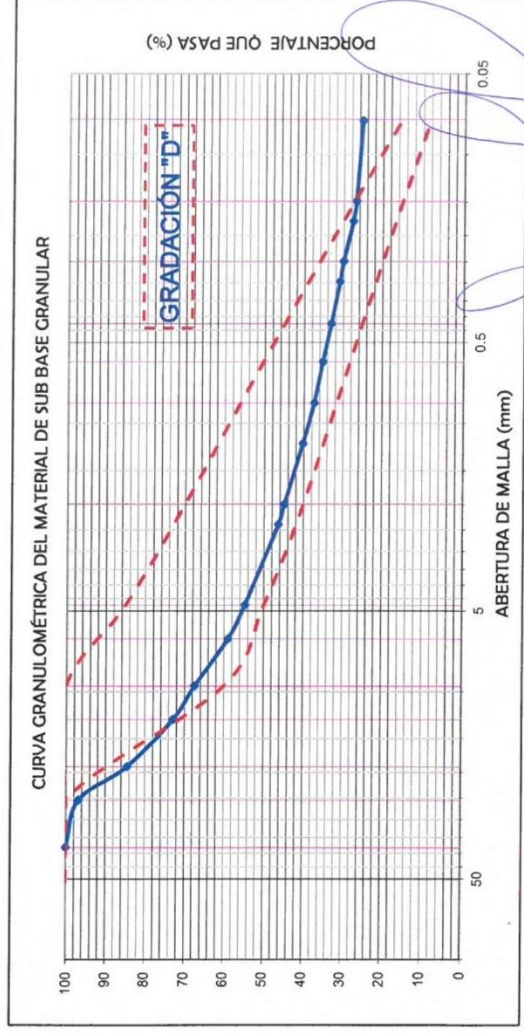
TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA
3"	76.200				100.00
2 1/2"	63.500				96.80
2"	50.800				84.41
1 1/2"	38.100				72.86
1"	25.400	49.60	3.20	3.20	67.41
3/4"	19.050	192.28	12.39	15.59	58.94
1/2"	12.700	179.16	11.55	27.14	54.74
3/8"	9.525	84.48	5.45	32.59	44.88
1/4"	6.350	131.51	8.48	41.06	40.16
Nº 4	4.750	65.17	4.20	45.26	37.34
Nº 8	2.380	130.21	8.39	53.66	35.11
Nº 10	2.000	22.69	1.46	55.12	32.97
Nº 16	1.190	73.17	4.72	59.84	30.82
Nº 20	0.840	43.84	2.83	62.66	29.93
Nº 30	0.590	34.60	2.23	64.89	27.52
Nº 40	0.426	33.17	2.14	67.03	26.73
Nº 50	0.297	33.36	2.15	69.18	25.16
Nº 60	0.250	13.81	0.89	70.07	0.00
Nº 80	0.177	37.34	2.41	72.48	
Nº 100	0.149	12.27	0.79	73.27	
Nº 200	0.075	24.29	1.57	74.84	
FONDO LAVADO		390.38	25.16	100.00	
TOTAL		1551.33			

DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	
Peso seco inicial (gr)	1551.33
peso seco lavado (gr)	1160.95
Pérdida por lavado (gr)	390.38

ENSAYO ESTANDAR	
% Grava	45.26
% Arena	29.57
% Finos	25.16

COEFICIENTES DE UNIFORMIDAD Y CURVATURA					
D10 (mm)	0.030	D30 (mm)	0.254	D60 (mm)	6.748
D15 (mm)	0.045	D50 (mm)	3.413	D85 (mm)	19.353
Cu = 226.42		Cc = 0.32			

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO



CLASIFICACION DE SUELOS	
AASHTO	SUCS
A-2-4 (0)	GM GRAVA LIMOSA CON ARENA

INGEOMAX
Ing. Maxwell Anthony Morote Arias
CIP Nº 132454
ESPECIALISTA EN RESISTENCIA DE CONCRETO Y PAVIMENTOS



Proyecto : "EVALUACIÓN DE RESIDUOS LADRILLEROS RECICLADOS, PARA SU USO EN SUB BASE DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE VILCAS HUAMÁN - 2021"

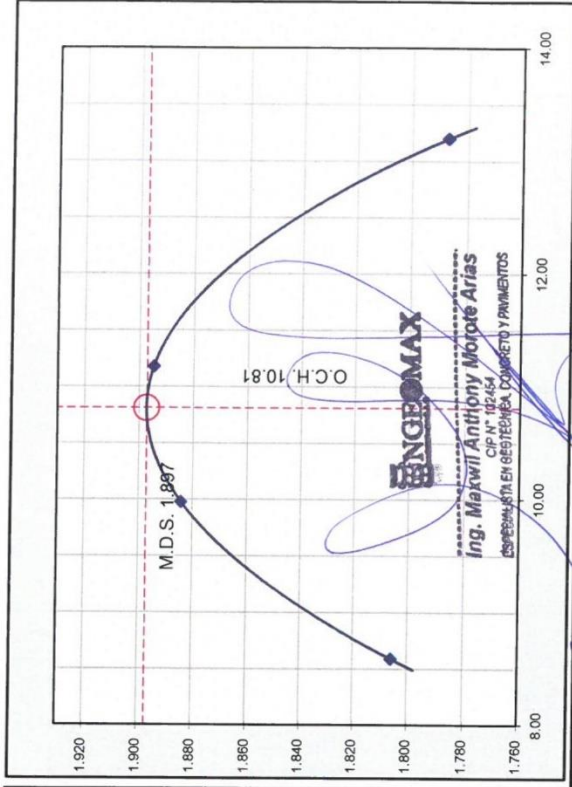
Solicitante : BACH. MARTINEZ VÁSQUEZ BICKEL
 Calicata : MUESTRA 1 (100% SUELO NATURAL)
 Estrato : SUB BASE GRANULAR
 Fecha : ABRIL DE 2021

Region : AYACUCHO
 Provincia : VILCAS HUAMÁN
 Distrito : VILCAS HUAMÁN
 Lugar : VILCAS HUAMÁN

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D 1557)

DEFINICIÓN : En mecánica de suelos, el ensayo de compactación Proctor es uno de los más importantes procedimientos de estudio y control de calidad de la compactación de un terreno, con el que determinamos el Óptimo Contenido de Humedad (OCH) bajo el cual se alcanza la máxima densidad seca (MDS) de un suelo.

COMPACTACIÓN DEL SUELO			
Equipo de compactación	Manual	Molde N°	N° de Golpes
Método	"C"	Ø del Molde	6"
Peso suelo + molde	gr	9928	10165
Peso molde	gr	5748	5748
Peso suelo húmedo compactado	gr	4180	4417
Volumen del molde	cm ³	2131.57	2131.57
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	1.961	2.072
HUMEDAD DEL SUELO COMPACTADO			
Recipiente	N°	107	114
Peso del suelo húmedo + tara	gr	283.24	304.44
Peso del suelo seco + tara	gr	263.67	279.86
Peso del recipiente	gr	35.84	33.50
Peso de agua	gr	19.6	24.6
Peso del suelo seco	gr	227.8	246.4
Contenido de agua	%	8.60	10.00
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.806	1.884



Máxima Densidad Seca (gr/cc)	1.897
Óptimo Contenido de Humedad (%)	10.8



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Proyecto : "EVALUACIÓN DE RESIDUOS LADRILLEROS RECICLADOS, PARA SU USO EN SUB BASE DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE VILCAS HUAMÁN - 2021"

Solicitante : BACH. MARTINEZ VÁSQUEZ BICKEL

Calicata : MUESTRA 1 (100% SUELO NATURAL)

Material : SUB BASE GRANULAR

Fecha : ABRIL DE 2021

Region : AYACUCHO

Provincia : VILCAS HUAMÁN

Distrito : VILCAS HUAMÁN

Lugar : VILCAS HUAMÁN

C.B.R. (California Bearing Ratio) ASTM D-1585, MTC E 132

DEFINICIÓN : El CBR de un suelo es la carga unitaria correspondiente a 0.1" ó 0.2" de penetración, expresada en por ciento con respecto a un valor estándar. El ensayo permite obtener un número de la relación de soporte, que no es constante para un suelo dado sino que se aplica solo al estado en el cual se encontraba el suelo durante el ensayo.

COMPACTACIÓN DEL SUELO					
Molde	N°	29	19	18	
Capas	N°	5			
Golpes / Capa	N°	56	25	10	
Peso suelo + molde	gr	12968	12549	12377	
Peso molde	gr	8506	8270	8278	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4462	4279	4099	
Volumen del molde	cm ³	2126.7	2120.7	2122.0	
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	2.098	2.018	1.932	
HUMEDAD OPTIMA DEL SUELO COMPACTADO					
Recipiente	N°	25	26	27	
Peso del suelo húmedo + tara	gr	82.14	82.67	59.12	
Peso del suelo seco + tara	gr	76.96	77.60	56.11	
Peso del recipiente	gr	28.18	29.98	28.91	
Peso de agua	gr	5.2	5.1	3.0	
Peso del suelo seco	gr	48.8	47.6	27.2	
Contenido de agua	%	10.6	10.7	11.1	
Contenido de agua promedio		10.8			
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.897	1.824	1.739	

EXPANSIÓN MOLDE 29		
Fecha	Hora	%
abr-21	10:00	116.00 0.00%
abr-21	10:00	116.00 0.00%
abr-21	10:00	116.00 0.00%
abr-21	10:00	116.00 0.00%
abr-21	10:00	116.00 0.00%
EXPANSIÓN MOLDE 19		
abr-21	10:00	117.15 0.00%
abr-21	10:00	117.15 0.00%
abr-21	10:00	117.15 0.00%
abr-21	10:00	117.15 0.00%
abr-21	10:00	117.15 0.00%
EXPANSIÓN MOLDE 18		
abr-21	10:00	117.15 0.00%
abr-21	10:00	117.15 0.00%
abr-21	10:00	117.15 0.00%
abr-21	10:00	117.15 0.00%

PENETRACIÓN												
CAPACIDAD: 5.0 Tn (Lector Digital)												
Molde			29			19			18			
Penetración (mm)	Carga Estándar (Lbs/cm ²)	Carga (Lbs)	Presión (Lbs/cm ²)	CBR corregido (%)	Carga (Lbs)	Presión (Lbs/cm ²)	CBR corregido (%)	Carga (Lbs)	Presión (Lbs/cm ²)	CBR corregido (%)	Carga (Lbs)	Presión (Lbs/cm ²)
0.000	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.635	0.025	152	8	8	108	5	5	91	5	5	91	5
1.270	0.050	313	16	16	246	12	12	193	10	10	193	10
1.905	0.075	649	32	32	435	22	22	295	15	15	295	15
2.540	0.100	836	42	42	552	27	27	387	19	19	387	19
3.810	0.150	1083	54	54	748	37	37	489	23	23	489	23
5.080	0.200	1423	71	71	977	49	49	743	37	37	743	37
6.350	0.250	1685	84	84	1191	59	59	792	39	39	792	39
7.620	0.300	1791	89	89	1288	64	64	852	42	42	852	42



Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
 CIP N° 13246
 INGENIERO EN GEOTECNICA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
 ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

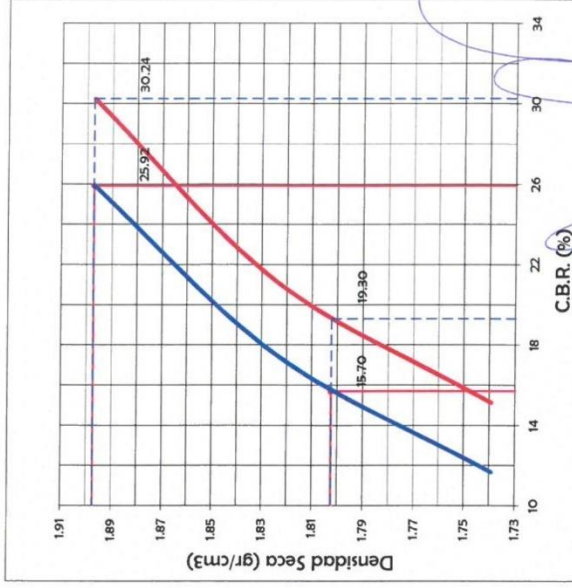
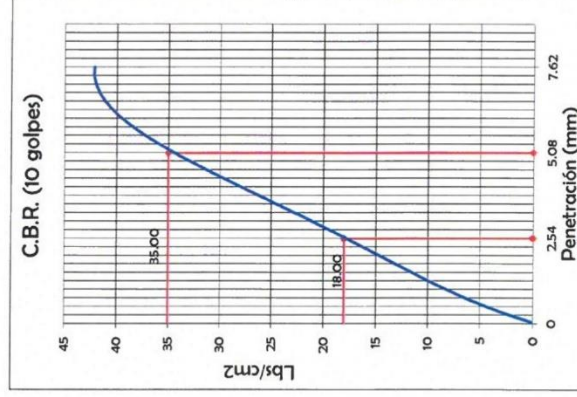
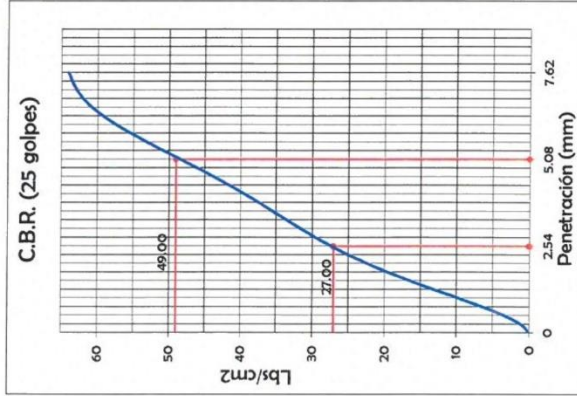
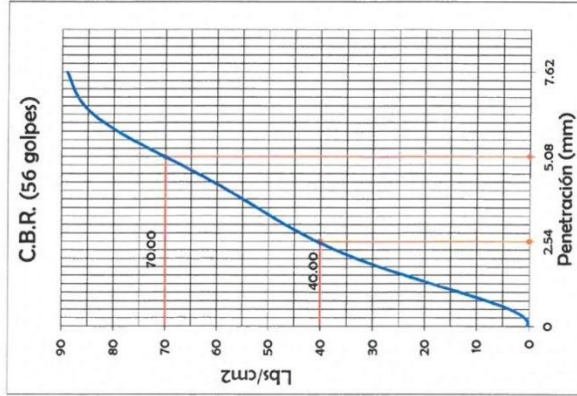
Proyecto : "EVALUACIÓN DE RESIDUOS LADRILLEROS RECICLADOS, PARA SU USO EN SUB BASE DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE VILCAS HUAMÁN - 2021"

Solicitante : BACH. MARTINEZ VÁSQUEZ BICKEL
 Calicata : MUESTRA 1 (100% SUELO NATURAL)
 Material : SUB BASE GRANULAR
 Fecha : ABRIL DE 2021

Region : AYACUCHO
 Provincia : VILCAS HUAMÁN
 Distrito : VILCAS HUAMÁN
 Lugar : VILCAS HUAMÁN

C.B.R. (California Bearing Ratio) ASTM D-1585, MTC E 132

DEFINICIÓN : El CBR de un suelo es la carga unitaria correspondiente a 0.1" o 0.2" de penetración, expresada en por ciento con respecto a un valor estándar. El ensayo permite obtener un número de la relación de soporte, que no es constante para un suelo dado sino que se aplica solo al estado en el cual se encontraba el suelo durante el ensayo.



DATOS DE LA COMPACTACIÓN DEL SUELO	
METODO DE COMPACTACION	ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.897
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	10.8

C.B.R. A 2.5 mm (0.1") DE PENETRACIÓN	
CBR AL 100% DE LA MAXIMA DENSIDAD SECA	25.9%
CBR AL 95% DE LA MAXIMA DENSIDAD SECA	15.7%
EXPANSIÓN (%)	0.00%

C.B.R. A 5 mm (0.2") DE PENETRACIÓN	
CBR AL 100% DE LA MAXIMA DENSIDAD SECA	30.2%
CBR AL 95% DE LA MAXIMA DENSIDAD SECA	19.3%
EXPANSIÓN (%)	0.00%



Ing. Maxwil Anthony Miquero Arias
 CIP N° 32664
 ESPECIALISTA EN GEOTECNICA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



INGEOMAX
S.A.C


INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS

EQUIVALENTE DE ARENA (ASTM D2419, MTC E 114)

Proyecto : "EVALUACIÓN DE RESIDUOS LADRILLEROS RECICLADOS, PARA SU USO EN SUB BASE DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE VILCAS HUAMÁN - 2021"

Solicitante	: BACH. MARTINEZ VÁSQUEZ BICKEL	Region	: AYACUCHO
Material	: MUESTRA 1 (100% SUELO NATURAL)	Provincia	: VILCAS HUAMÁN
Cantera	: SUB BASE GRANULAR (agregado fino)	Distrito	: VILCAS HUAMÁN
Fecha	: ABRIL DE 2021	Lugar	: VILCAS HUAMÁN

Descripcion	Ensayo N° 1	Ensayo N° 1	Ensayo N° 2	Ensayo N° 3
Nivel superior de la muestra total	mm	195.0	194.0	200.0
Nivel del disco en el dispositivo de lecturas	mm	338.0	335.0	341.0
Altura del disco en el dispositivo de lecturas	mm	256.20	256.20	256.20
Nivel superior de la arena	mm	81.80	78.80	84.80
Temperatura del ensayo	°C	21.2	21.2	21.2
Equivalente de arena	%	42	41	42
EQUIVALENTE DE ARENA	%	42		


INGEOMAX
Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
CIP N° 132454
ESPECIALISTA EN GEOTECNICA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

**INGEOMAX****INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO**
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Proyecto : "EVALUACIÓN DE RESIDUOS LADRILLEROS RECICLADOS, PARA SU USO EN SUB BASE DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE VILCAS HUAMÁN - 2021"

Solicitante	: BACH. MARTINEZ VÁSQUEZ BICKEL	Region	: AYACUCHO
Cantera	: MUESTRA 1 (100% SUELO NATURAL)	Provincia	: VILCAS HUAMÁN
Muestra	: SUB BASE GRANULAR	Distrito	: VILCAS HUAMÁN
Fecha	: ABRIL DE 2021	Lugar	: VILCAS HUAMÁN

INDICE DE APLANAMIENTO Y ALARGAMIENTO DE LOS AGREGADOS

ASTM D 4791, MTC E - 221

DATOS DE LA MUESTRA

Tamaño del Agregado		Gradación original (%)	Peso Total de Particulas	% Retenido Parcial	CHATAS 1:3			ALARGADAS 1:3		
Pasa Tamiz	Ret. en Tamiz				Peso de Particulas Chatas	Indice de Aplanamiento de la fraccion		Peso de Particulas Alargadas	Indice de Alargamiento de la fraccion	
2 1/2"	2"		0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00
2"	1 1/2"	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00
1 1/2"	1"	3.20	500.2	20.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00
1"	3/4"	12.39	500.1	20.0	68.6	13.7	1.70	65.4	13.1	1.62
3/4"	1/2"	11.55	500.6	20.0	105.9	21.2	2.44	59.6	11.9	1.37
1/2 "	3/8 "	5.45	500.0	20.0	73.6	14.7	0.80	48.7	9.7	0.53
3/8"	1/4"	8.48	500.4	20.0	78.7	15.7	1.33	54.6	10.9	0.92
					Total Chatas		6.3%	Total Alargadas		4.5%

TOTAL CHATAS	6.3%
TOTAL ALARGADAS	4.5%
TOTAL CHATAS Y ALARGADA:	10.7%



INGEOMAX
Ing. Maxwil Anthony Morete Arias
CIP N° 102434
ESPECIALISTA EN RESISTENCIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ABRASION LOS ANGELES (L.A) AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS MENORES A 1 1/2" (MTC E 207-2016)

Proyecto : "EVALUACIÓN DE RESIDUOS LADRILLEROS RECICLADOS, PARA SU USO EN SUB BASE DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE VILCAS HUAMÁN - 2021"

Solicitante : BACH, MARTINEZ VÁSQUEZ BICKEL
 Cantera : MUESTRA 1 (100% SUELO NATURAL)
 Material : SUB BASE GRANULAR
 Fecha : ABRIL DE 2021

Region : AYACUCHO
 Provincia : VILCAS HUAMÁN
 Distrito : VILCAS HUAMÁN
 Lugar : VILCAS HUAMÁN

Granulometría de la muestra del agregado para ensayo					
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	A (12 esf) Peso (gr)	B (11 esf) Peso (gr)	C (8 esf) Peso (gr)	D (6 esf) Peso (gr)
1 1/2"	37.5mm	1250.00			
1"	25mm	1250.00			
3/4"	19mm	1250.00			
1/2"	12.5mm	1250.00			
3/8"	9.5mm	1250.00			
1/4"	6.3mm				
Nº 4	4.75mm				
TOTAL (gramos)		5,000.00			

Muestra despues del ensayo	
Peso de la muestra despues del ensayo	3,770.0
% de Desgaste	25

DIRECCION: JR. CIRIO ALEGRIA N° 416 - JESUS NAZARENO - Arevalo. CEL: 99952446. RPM: 09952440. EMAIL: agencia@ingecomax.com, comercial@ingecomax.com

INGEOMAX
 Ing. Maxwil Apurony Morate Arias
 Nº 132454
 ESPECIALISTA EN GEOTECNICA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



INGEOMAX
S.A.C.

INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS

ANALISIS QUIMICO DE SUELOS
(ASTM D-1989, ASTM D-516, ASTM D-512).

Proyecto : "EVALUACIÓN DE RESIDUOS LADRILLEROS RECICLADOS, PARA SU USO EN SUB BASE DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE VILCAS HUAMÁN - 2021"

Solicitante	: BACH. MARTINEZ VÁSQUEZ BICKEL	Region	: AYACUCHO
Calicata	: MUESTRA 1 (100% SUELO NATURAL)	Provincia	: VILCAS HUAMÁN
Estrato	: SUB BASE GRANULAR	Distrito	: VILCAS HUAMÁN
Fecha	: ABRIL DE 2021	Lugar	: VILCAS HUAMÁN

MUESTRA		ELEMENTOS			
		SALES SOLUBLES TOTALES	CLORUROS	SULFATOS	PH
: MUESTRA 1 (100% SUELO NATURAL)	: SUB BASE GRANULAR	1352.8 ppm	1304.9 ppm	750.8 ppm	8.09
: MUESTRA 1 (100% SUELO NATURAL)	: SUB BASE GRANULAR	0.14%	0.13%	0.08%	8.09

POR LOS RESULTADOS SE MENCIONA QUE NO EXISTE PROBLEMAS DE ATAQUES DE SULFATOS NI CLORUROS POR PARTE DEL MATERIAL.

DIRECCION: JR. CIRO ALEGRIA N° 416 - JESUS NAZARENO - Ayacucho, CEL: 999526400, RPM: #999526400, EMAIL: ingenieria@ingemaxsac.com, comercial@ingemaxsac.com

INGEOMAX

Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
CIP# 132454
ESPECIALISTA EN GEOTECNICA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

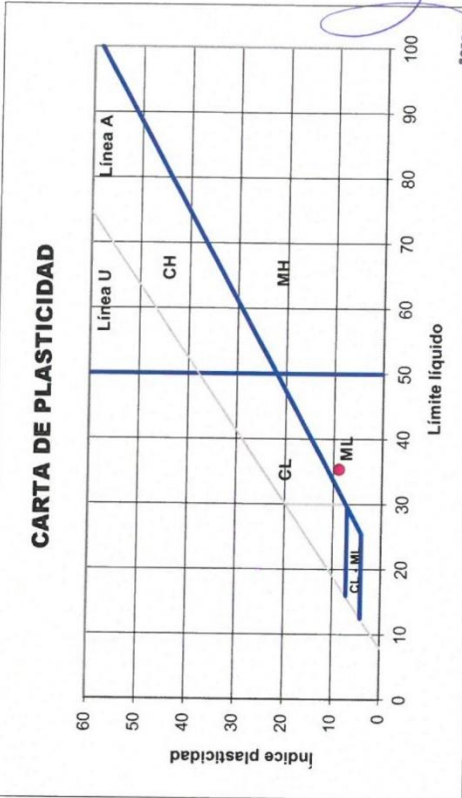
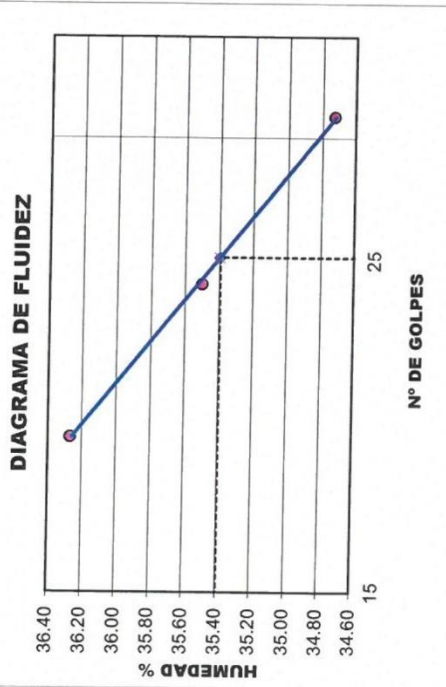


INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

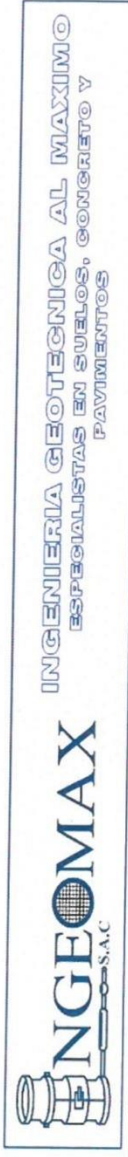
Proyecto : "EVALUACIÓN DE RESIDUOS LADRILLEROS RECICLADOS, PARA SU USO EN SUB BASE DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE VILCAS HUAMÁN - 2021"

Solicitante : BACH. MARTINEZ VÁSQUEZ BICKEL
 Region : AYACUCHO
 Cantera : MUESTRA 2 (95% SUELO NATURAL - 5% RESIDUOS LADRILLEROS)
 Provincia : VILCAS HUAMÁN
 Material : SUB BASE GRANULAR
 Distrito : VILCAS HUAMÁN
 Fecha : ABRIL DE 2021
 Lugar : VILCAS HUAMÁN

LÍMITES DE CONSISTENCIA		LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D-4319, MTC E 111-2016)		LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D-4319, MTC E 111-2016)		LÍMITES DE CONSISTENCIA	
Tara Número	Unidades	124	81	79	10	30	
Peso Recipiente + Suelo Húmedo	gr	73.96	72.05	77.11	33.74	34.27	LL (%) = 35.4
Peso Recipiente + Suelo Seco	gr	69.43	67.52	72.38	32.47	33.02	LP (%) = 26.6
Peso del Recipiente	gr	56.94	54.76	58.76	27.73	28.26	LL - LP = IP (%) = 8.8
Peso del Suelo Seco	gr	12.49	12.76	13.62	4.74	4.76	
Peso del Agua	gr	4.53	4.53	4.73	1.27	1.26	
Contenido de Humedad	%	36.3	35.5	34.7	26.8	26.4	
Número de Golpes		19	24	31			



INGEOMAX
Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
 CIP Nº 12264
 ESPECIALISTA EN GEOTECNICA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



Proyecto : "EVALUACIÓN DE RESIDUOS LADRILLEROS RECICLADOS, PARA SU USO EN SUB BASE DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE VILCAS HUAMÁN - 2021"
 Solicitante : BACH. MARTINEZ VÁSQUEZ BICKEL
 Calicata : MUESTRA 2 (95% SUELO NATURAL - 5% RESIDUOS LADRILLEROS)
 Material : SUB BASE GRANULAR
 Fecha : ABRIL DE 2021

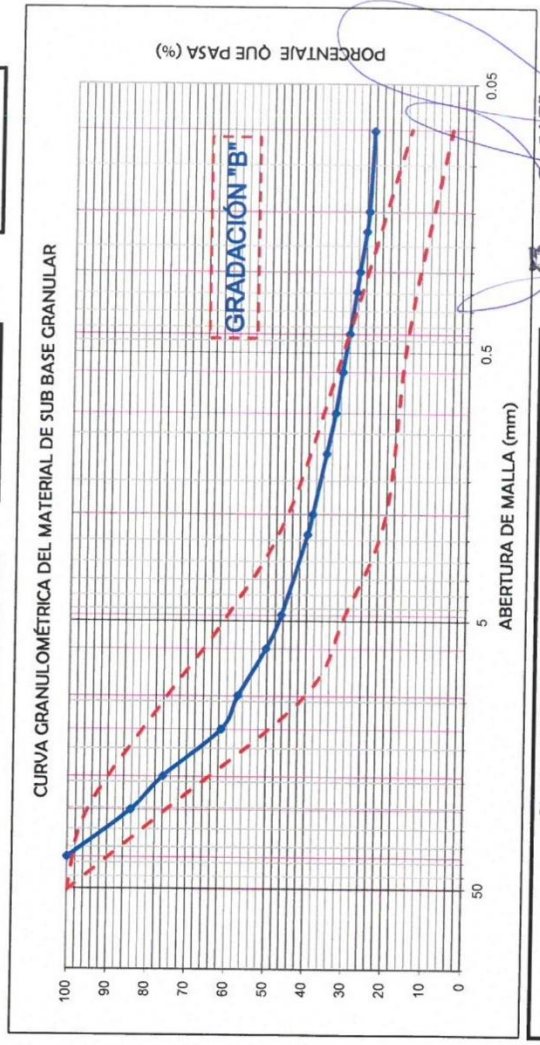
Region : AYACUCHO
 Provincia : VILCAS HUAMÁN
 Distrito : VILCAS HUAMÁN
 Lugar : VILCAS HUAMÁN

**ENSAYO ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS
 (ASTM DE 422, D 4318, D 2487, D 2216, D 4254, D 854, DE 1557)**

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA
3"	76.200				100.00
2 1/2"	63.500	296.22	15.89	15.89	84.11
2"	50.800	152.23	8.17	24.06	75.94
1 1/2"	38.100	272.89	14.64	38.70	61.30
1"	25.400	77.93	4.18	42.89	57.11
3/4"	19.050	129.29	6.94	49.82	50.18
1/2"	12.700	71.19	3.82	53.64	46.36
3/8"	9.525	119.84	6.43	60.07	39.93
1/4"	6.350	22.93	1.23	61.30	38.70
Nº 4	4.750	62.58	3.36	64.66	35.34
Nº 8	2.380	39.93	2.14	66.80	33.20
Nº 10	2.000	30.09	1.61	68.42	31.58
Nº 16	1.190	29.52	1.58	70.00	30.00
Nº 20	0.840	31.03	1.66	71.67	28.33
Nº 30	0.590	13.46	0.72	72.39	27.61
Nº 40	0.426	30.73	1.65	74.04	25.96
Nº 50	0.297	9.90	0.53	74.57	25.43
Nº 60	0.250	19.86	1.07	75.64	24.36
Nº 80	0.177	454.08	24.36	100.00	0.00
Nº 100	0.149				
Nº 200	0.075				
FONDO LAVADO		1863.7			
TOTAL					

DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		ENSAYO ESTANDAR	
Peso seco inicial (gr)	1863.70	% Grava	53.64
Peso seco lavado (gr)	1409.62	% Arena	21.99
Pérdida por lavado (gr)	454.08	% Finos	24.36

COEFICIENTES DE UNIFORMIDAD Y CURVATURA			
D10 (mm)	0.031	D30 (mm)	0.426
D15 (mm)	0.046	D50 (mm)	6.276
		D60 (mm)	11.716
		D85 (mm)	26.114
Cu = 380.62		Cc = 0.50	



CLASIFICACION DE SUELOS	
AASHTO	SUCS
A-2-4 (0)	GM GRAVA LIMOSA CON ARENA

INGEOMAX
 Ing. Maxwil Anthony Morete Arias
 CIP N° 132454
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Proyecto : "EVALUACIÓN DE RESIDUOS LADRILLEROS RECICLADOS, PARA SU USO EN SUB BASE DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE VILCAS HUAMÁN - 2021"

Solicitante : BACH. MARTINEZ VÁSQUEZ BICKEL

Calicata : MUESTRA 2 (95% SUELO NATURAL - 5% RESIDUOS LADRILLEROS)

Estrato : SUB BASE GRANULAR

Fecha : ABRIL DE 2021

Region : AYACUCHO

Provincia : VILCAS HUAMÁN

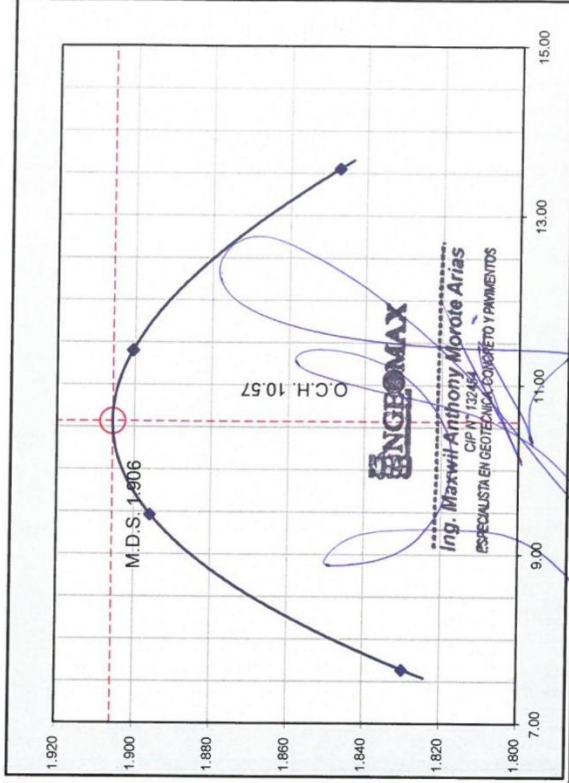
Distrito : VILCAS HUAMÁN

Lugar : VILCAS HUAMÁN

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D 1557)

DEFINICIÓN : En mecánica de suelos, el ensayo de compactación Proctor es uno de los más importantes procedimientos de estudio y control de calidad de la compactación de un terreno, con el que determinamos el Óptimo Contenido de Humedad (OCH) bajo el cual se alcanza la máxima densidad seca (MDS) de un suelo.

COMPACTACIÓN DEL SUELO			
Equipo de compactación	Manual	Molde N°	N° de Golpes
Método	"C"	Ø del Molde	N° de Capas
Peso suelo + molde	gr	10119	10345
Peso molde	gr	5909	5909
Peso suelo húmedo compactado	gr	4210	4436
Volumen del molde	cm ³	2138	2138
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	1.969	2.075
HUMEDAD DEL SUELO COMPACTADO			
Recipiente	N°	116	108
Peso del suelo húmedo + tara	gr	297.64	245.60
Peso del suelo seco + tara	gr	278.95	227.36
Peso del recipiente	gr	34.31	34.65
Peso de agua	gr	18.7	18.2
Peso del suelo seco	gr	244.6	192.7
Contenido de agua	%	7.60	9.50
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.830	1.895



Máxima Densidad Seca (gr/cc)	1.906
Óptimo Contenido de Humedad (%)	10.6



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
 ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Proyecto : "EVALUACIÓN DE RESIDUOS LADRILLEROS RECICLADOS, PARA SU USO EN SUB BASE DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE VILCAS HUAMÁN - 2021"

Solicitante : BACH. MARTINEZ VÁSQUEZ BICKEL

Calicata : MUESTRA 2 (95% SUELO NATURAL - 5% RESIDUOS LADRILLEROS)

Material : SUB BASE GRANULAR

Fecha : ABRIL DE 2021

Region : AYACUCHO
 Provincia : VILCAS HUAMÁN
 Distrito : VILCAS HUAMÁN
 Lugar : VILCAS HUAMÁN

C.B.R. (California Bearing Ratio) ASTM D-1585, MTC E 132

DEFINICIÓN : El CBR de un suelo es la carga unitaria correspondiente a 0.1" ó 0.2" de penetración, expresada en por ciento con respecto a un valor estándar. El ensayo permite obtener un número de la relación de soporte, que no es constante para un suelo dado sino que se aplica solo al estado en el cual se encontraba el suelo durante el ensayo.

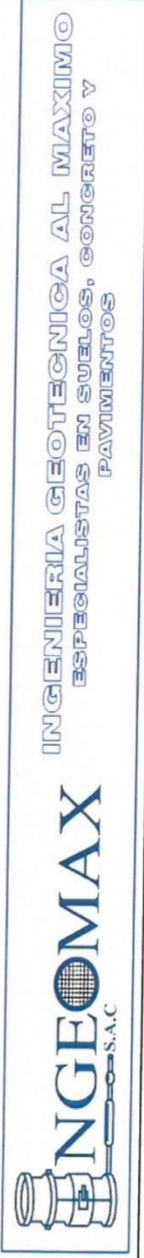
COMPACTACIÓN DEL SUELO			
Molde	N°	9	27
Capas	N°	5	
Golpes / Capa	N°	56	25
Peso suelo + molde	gr	11731	12832
Peso molde	gr	7275	8507
Peso suelo húmedo compactad	gr	4456	4325
Volumen del molde	cm ³	2118.30	2126.68
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	2.104	2.034
HUMEDAD ÓPTIMA DEL SUELO COMPACTADO			
Recipiente	N°	25	26
Peso del suelo húmedo + tara	gr	82.14	82.67
Peso del suelo seco + tara	gr	77.07	77.50
Peso del recipiente	gr	28.18	29.98
Peso de agua	gr	5.1	5.2
Peso del suelo seco	gr	48.9	47.5
Contenido de agua	%	10.4	10.9
Contenido de agua promedio		10.6	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.906	1.834
			1.758

EXPANSIÓN MOLDE			9
Fecha	Hora	mm	%
abr-21	10:00	116.00	0.00%
abr-21	10:00	116.00	0.00%
abr-21	10:00	116.00	0.00%
abr-21	10:00	116.00	0.00%
abr-21	10:00	116.00	0.00%
EXPANSIÓN MOLDE			27
abr-21	10:00	117.15	0.00%
abr-21	10:00	117.15	0.00%
abr-21	10:00	117.15	0.00%
abr-21	10:00	117.15	0.00%
abr-21	10:00	117.15	0.00%
EXPANSIÓN MOLDE			11
abr-21	10:00	117.15	0.00%
abr-21	10:00	117.15	0.00%
abr-21	10:00	117.15	0.00%
abr-21	10:00	117.15	0.00%
abr-21	10:00	117.15	0.00%

PENETRACIÓN											
CAPACIDAD: 5.0 Tn (Lector Digital)											
Molde			9			27			11		
Penetración (mm)	Carga Estándar (Lbs/cm ²)	Carga (Lbs)	Penetración (Lbs/cm ²)	Carga (Lbs)	Penetración (Lbs/cm ²)	Carga (Lbs)	Penetración (Lbs/cm ²)	Carga (Lbs)	Penetración (Lbs/cm ²)	Carga (Lbs)	Penetración (Lbs/cm ²)
0.000	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.635	0.025	317	16	237	12	96	5				
1.270	0.050	478	24	306	15	148	7				
1.905	0.075	717	36	425	21	219	11				
2.540	0.100	957	48	672	33	303	15				
3.810	0.150	1217	60	802	40	379	19				
5.080	0.200	1588	79	1064	53	622	31				
6.350	0.250	1792	89	1196	59	707	35				
7.620	0.300	1858	92	1325	66	772	38				



Ing. Maxwell Anthony Morote Arias
 CIP N° 132144
 INGENIERO EN ELECTRICIDAD, PAVIMENTO Y PAVIMENTOS

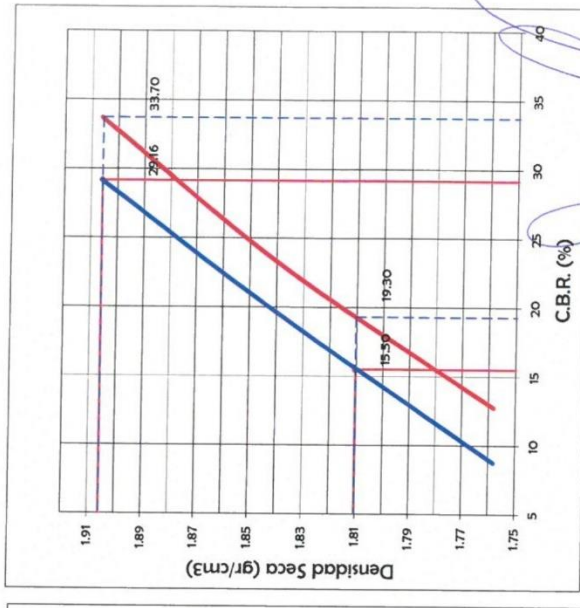
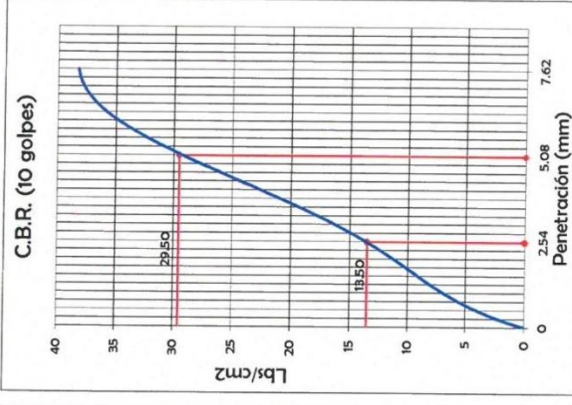
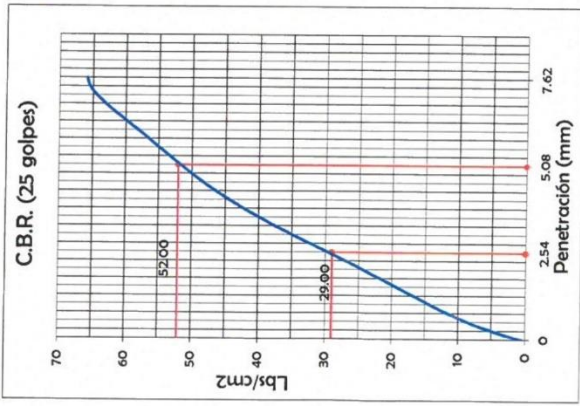
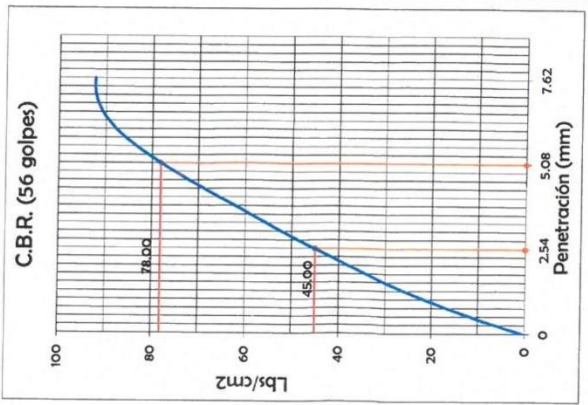


Proyecto : "EVALUACIÓN DE RESIDUOS LADRILLEROS RECICLADOS, PARA SU USO EN SUB BASE DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE VILCAS HUAMÁN - 2021"
 Solicitante : BACH. MARTINEZ VÁSQUEZ BICKEL
 Calicata : MUESTRA 2 (95% SUELO NATURAL - 5% RESIDUOS LADRILLEROS)
 Material : SUB BASE GRANULAR
 Fecha : ABRIL DE 2021

Region : AYACUCHO
 Provincia : VILCAS HUAMÁN
 Distrito : VILCAS HUAMÁN
 Lugar : VILCAS HUAMÁN

C.B.R. (California Bearing Ratio) ASTM D-1585, MTC E 132

DEFINICIÓN : El CBR de un suelo es la carga unitaria correspondiente a 0.1" ó 0.2" de penetración, expresada en por ciento con respecto a un valor estándar. El ensayo permite obtener un número de la relación de soporte, que no es constante para un suelo dado sino que se aplica solo al estado en el cual se encontraba el suelo durante el ensayo.



DII

METODO DE COMPACTACION	ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.906
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	10.57

CBR AL 100% DE LA MAXIMA DENSIDAD SECA	29.2%
CBR AL 95% DE LA MAXIMA DENSIDAD SECA	15.5%
EXPANSIÓN (%)	0.00%

CBR AL 100% DE LA MAXIMA DENSIDAD SECA	33.7%
CBR AL 95% DE LA MAXIMA DENSIDAD SECA	19.3%
EXPANSIÓN (%)	0.00%

INGEOMAX
 Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
 CIP N° 1234
 ESPECIALISTA EN GEOTECNICA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

**INGEOMAX**

S.A.C

INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**EQUIVALENTE DE ARENA (ASTM D2419, MTC E 114)**

Proyecto : "EVALUACIÓN DE RESIDUOS LADRILLEROS RECICLADOS, PARA SU USO EN SUB BASE DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE VILCAS HUAMÁN - 2021"

Solicitante	: BACH. MARTINEZ VÁSQUEZ BICKEL	Region	: AYACUCHO
Material	: MUESTRA 2 (95% SUELO NATURAL - 5% RESIDUOS LADRILLEROS)	Provincia	: VILCAS HUAMÁN
Cantera	: SUB BASE GRANULAR	Distrito	: VILCAS HUAMÁN
Fecha	: ABRIL DE 2021	Lugar	: VILCAS HUAMÁN

Descripcion	Ensayo N° 1	Ensayo N° 1	Ensayo N° 2	Ensayo N° 3
Nivel superior de la muestra total	mm	192.0	193.0	202.0
Nivel del disco en el dispositivo de lecturas	mm	335.0	334.0	340.0
Altura del disco en el dispositivo de lecturas	mm	256.20	256.20	256.20
Nivel superior de la arena	mm	78.80	77.80	83.80
Temperatura del ensayo	°C	21.3	21.3	21.3
Equivalente de arena	%	41	40	41
EQUIVALENTE DE ARENA	%	41		


INGEOMAX**Ing. Maxwil Anthony Morote Arias**
CIP N° 132454
ESPECIALISTA EN GEOTECNICA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

**INGEOMAX**
S.A.C**INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO**
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Proyecto : "EVALUACIÓN DE RESIDUOS LADRILLEROS RECICLADOS, PARA SU USO EN SUB BASE DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE VILCAS HUAMÁN - 2021"

Solicitante : BACH. MARTINEZ VÁSQUEZ BICKEL Region : AYACUCHO
Cantera : MUESTRA 2 (95% SUELO NATURAL - 5% RESIDUOS LADRILLEROS) Provincia : VILCAS HUAMÁN
Muestra : SUB BASE GRANULAR Distrito : VILCAS HUAMÁN
Fecha : ABRIL DE 2021 Lugar : VILCAS HUAMÁN**INDICE DE APLANAMIENTO Y ALARGAMIENTO DE LOS AGREGADOS**

ASTM D 4791, MTC E - 221

DATOS DE LA MUESTRA

Tamaño del Agregado		Gradación original (%)	Peso Total de Partículas	% Retenido Parcial	CHATAS 1:3			ALARGADAS 1:3		
Pasa Tamiz	Ret. en Tamiz				Peso de Partículas Chatas	Indice de Aplanamiento de la fraccion		Peso de Partículas Alargadas	Indice de Alargamiento de la fraccion	
2 1/2"	2"		0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00
2"	1 1/2"	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00
1 1/2"	1"	15.89	500.0	20.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00
1"	3/4"	8.17	500.3	20.0	70.2	14.0	1.15	65.8	13.2	1.07
3/4"	1/2"	14.64	500.1	20.0	106.5	21.3	3.12	60.5	12.1	1.77
1/2 "	3/8 "	4.18	500.5	20.0	85.5	17.1	0.71	49.6	9.9	0.41
3/8"	1/4"	6.94	500.9	20.0	79.7	15.9	1.10	54.6	10.9	0.76
					Total Chatas		6.1%	Total Alargadas		4.0%

TOTAL CHATAS	6.1%
TOTAL ALARGADAS	4.0%
TOTAL CHATAS Y ALARGADA:	10.1%

INGEOMAXIng. Maxwil Anthony Morote Arias
CIP N° 428454
ESPECIALISTA EN GEOTECNICA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ABRASION LOS ANGELES (L-A) AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS MENORES A 1 1/2" (MTC E 207-2016)

Proyecto : "EVALUACIÓN DE RESIDUOS LADRILLEROS RECICLADOS, PARA SU USO EN SUB BASE DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE VILCAS HUAMÁN - 2021"

Solicitante : BACH, MARTINEZ VÁSQUEZ BICKEL

Cantera : MUESTRA 2 (95% SUELO NATURAL - 5% RESIDUOS LADRILLEROS)

Material : SUB BASE GRANULAR

Fecha : ABRIL DE 2021

Region : AYACUCHO

Provincia : VILCAS HUAMÁN

Distrito : VILCAS HUAMÁN

Lugar : VILCAS HUAMÁN

Granulometría de la muestra del agregado para ensayo					
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	A (12 esf) Peso (gr)	B (11 esf) Peso (gr)	C (8 esf) Peso (gr)	D (6 esf) Peso (gr)
1 1/2"	1"	1250.00			
1"	3/4"	1250.00			
3/4"	1/2"	1250.00			
1/2"	3/8"	1250.00			
3/8"	1/4"				
1/4"	Nº 4				
Nº 4	Nº 8				
TOTAL (gramos)		5,000.00			

Muestra despues del ensayo	
Peso de la muestra despues del ensayo	3,540.0
% de Desgaste	29

DIRECCION: JR. CIRIO ALEGRIA N° 416 - JESUS NAZARENO - AYACUCHO, CEL. 99925400, RPM. 099925400, EMAIL: ingenieros@ingemax.com, comercial@ingemax.com

INGEOMAX

Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
 CIP N° 28654
 ESPECIALISTA EN GEOTECNICA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



ENGEOMAX
S.A.C

INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ANALISIS QUIMICO DE SUELOS
(ASTM D-1989, ASTM D-516, ASTM D-512).

Proyecto : "EVALUACIÓN DE RESIDUOS LADRILLEROS RECICLADOS, PARA SU USO EN SUB BASE DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE VILCAS HUAMÁN - 2021"

Solicitante	: BACH. MARTINEZ VÁSQUEZ BICKEL	Region	: AYACUCHO
Calicata	: MUESTRA 2 (95% SUELO NATURAL - 5% RESIDUOS LADRILLEROS)	Provincia	: VILCAS HUAMÁN
Estrato	: SUB BASE GRANULAR	Distrito	: VILCAS HUAMÁN
Fecha	: ABRIL DE 2021	Lugar	: VILCAS HUAMÁN

MUESTRA		ELEMENTOS			
		SALES SOLUBLES TOTALES	CLORUROS	SULFATOS	PH
: MUESTRA 2 (95% SUELO NATURAL - 5% RESIDUOS LADRILLEROS)	: SUB BASE GRANULAR	1910.8 ppm	1328.9 ppm	744.8 ppm	8.01
: MUESTRA 2 (95% SUELO NATURAL - 5% RESIDUOS LADRILLEROS)	: SUB BASE GRANULAR	0.19 %	0.13 %	0.07 %	8.01

POR LOS RESULTADOS SE MENCIONA QUE NO EXISTE PROBLEMAS DE ATAQUES DE SULFATOS NI CLORUROS POR PARTE DEL MATERIAL.

DIRECCION: JR. CIRO ALEGRIA N° 416 - JESUS NAZARENO - Ayacucho, CEL: 999526400, RPM: #999526400, EMAIL: ingenieria@engeomaxsac.com, comercial@engeomaxsac.com

ENGEOMAX

Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
CIP N° 132494
ESPECIALISTA EN GEOTECNICA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

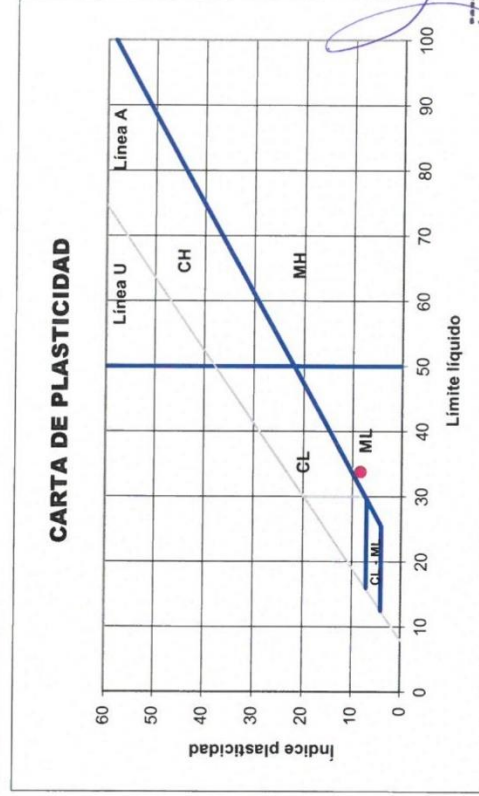
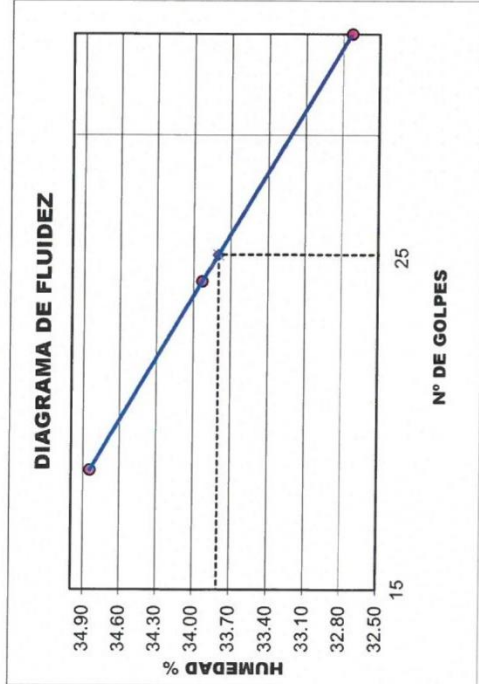


INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Proyecto : "EVALUACIÓN DE RESIDUOS LADRILLEROS RECICLADOS, PARA SU USO EN SUB BASE DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE VILCAS HUAMÁN - 2021"

Solicitante : BACH. MARTINEZ VÁSQUEZ BICKEL
 Region : AYACUCHO
 Cantera : MUJESTRA 3 (90% SUELO NATURAL - 10% RESIDUOS LADRILLEROS)
 Provincia : VILCAS HUAMÁN
 Material : SUB BASE GRANULAR
 Distrito : VILCAS HUAMÁN
 Fecha : ABRIL DE 2021
 Lugar : VILCAS HUAMÁN

LÍMITES DE CONSISTENCIA		LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D-4319, MTC E 111-2016)		LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D-4319, MTC E 111-2016)		LÍMITES DE CONSISTENCIA	
Tara Número	Unidades	15	31	29	65	58	
Peso Recipiente + Suelo Húmedo	gr	48.04	53.02	49.06	61.29	58.24	LL (%) = 33.8
Peso Recipiente + Suelo Seco	gr	42.28	46.56	44.02	60.06	57.03	LP (%) = 25.4
Peso del Recipiente	gr	25.75	27.52	28.62	55.27	52.23	LL - LP = IP (%) = 8.4
Peso del Suelo Seco	gr	16.53	19.04	15.40	4.79	4.80	
Peso del Agua	gr	5.76	6.46	5.04	1.23	1.21	
Contenido de Humedad	%	34.8	33.9	32.7	25.7	25.2	
Número de Golpes		18	24	35			



Ing. Maxwell Apoloby Morote Arias
 CIP N° 13264
 ESPECIALISTA EN GEOTECNICA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



Proyecto : "EVALUACIÓN DE RESIDUOS LADRILLEROS RECICLADOS, PARA SU USO EN SUB BASE DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE VILCAS HUAMÁN - 2021"
 Solicitante : BACH. MARTINEZ VÁSQUEZ BICKEL
 Calicata : MUESTRA 3 (90% SUELO NATURAL - 10% RESIDUOS LADRILLEROS)
 Material : SUB BASE GRANULAR
 Fecha : ABRIL DE 2021

Region : AYACUCHO
 Provincia : VILCAS HUAMÁN
 Distrito : VILCAS HUAMÁN
 Lugar : VILCAS HUAMÁN

**ENSAYO ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS
(ASTM DE 422, D 4318, D 2487, D 2216, D 4254, D 854)**

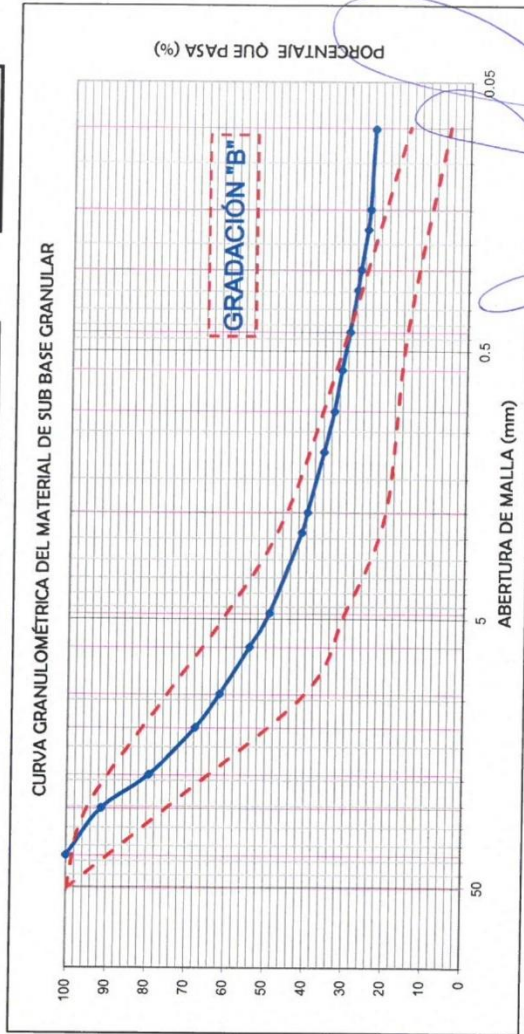
TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA
3"	76.200				100.00
2 1/2"	63.500	147.36	8.72	8.72	91.28
2"	50.800	200.93	11.89	20.60	79.40
1 1/2"	38.100	197.42	11.68	32.28	67.72
1"	25.400	103.93	6.15	38.43	61.57
3/4"	19.050	127.00	7.51	45.94	54.06
1/2"	12.700	83.65	4.95	50.89	49.11
3/8"	9.525	134.18	7.94	58.82	41.18
1/4"	6.350	23.34	1.38	60.20	39.80
Nº 4	4.750	67.65	4.00	64.21	35.79
Nº 8	2.380	41.83	2.47	66.68	33.32
Nº 10	2.000	30.30	1.79	68.47	31.53
Nº 16	1.190	31.51	1.86	70.34	29.66
Nº 20	0.840	30.68	1.81	72.15	27.85
Nº 30	0.590	13.24	0.78	72.93	27.07
Nº 40	0.426	28.27	1.67	74.61	25.39
Nº 50	0.297	9.23	0.55	75.15	24.85
Nº 60	0.250	17.91	1.06	76.21	23.79
Nº 80	0.177	400.28	23.68	99.89	0.00
Nº 100	0.149				
Nº 200	0.075				
FONDO LAVADO		1688.71			
TOTAL					

DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	
Peso seco inicial (gr)	1690.61
peso seco lavado (gr)	1290.33
Pérdida por lavado (gr)	400.28

ENSAYO ESTANDAR	
% Grava	50.89
% Arena	25.32
% Finos	23.79

COEFICIENTES DE UNIFORMIDAD Y CURVATURA					
D10 (mm)	0.032	D30 (mm)	0.456	D60 (mm)	8.860
D15 (mm)	0.047	D50 (mm)	5.037	D85 (mm)	22.043
Cu = 281.02		Cc = 0.74			

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO



CLASIFICACION DE SUELOS	
AASHTO	SUCS
A-2-4 (0)	GM GRAVA LIMOSA CON ARENA

INGEOMAX
 Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
 ESPECIALISTA EN GEOTECNICA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Proyecto : "EVALUACIÓN DE RESIDUOS LADRILLEROS RECICLADOS, PARA SU USO EN SUB BASE DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE VILCAS HUAMÁN - 2021"

Solicitante : BACH. MARTINEZ VÁSQUEZ BICKEL

Calicata : MUESTRA 3 (90% SUELO NATURAL - 10% RESIDUOS LADRILLEROS)

Estrato : SUB BASE GRANULAR

Fecha : ABRIL DE 2021

Region : AYACUCHO

Provincia : VILCAS HUAMÁN

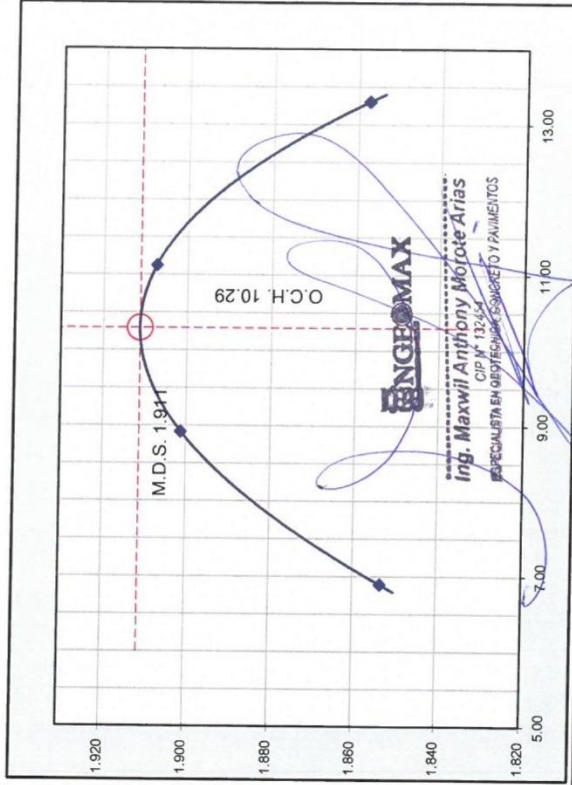
Distrito : VILCAS HUAMÁN

Lugar : VILCAS HUAMÁN

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D 1557)

DEFINICIÓN : En mecánica de suelos, el ensayo de compactación Proctor es uno de los más importantes procedimientos de estudio y control de calidad de la compactación de un terreno, con el que determinamos el Óptimo Contenido de Humedad (OCH) bajo el cual se alcanza la máxima densidad seca (MDS) de un suelo.

COMPACTACIÓN DEL SUELO			
Equipo de compactación	Manual	Molde N°	1
Método	"C"	Ø del Molde	6"
Peso suelo + molde	gr	9971	10162
Peso molde	gr	5748	5748
Peso suelo húmedo compactado	gr	4223	4414
Volumen del molde	cm ³	2132	2132
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	1.981	2.071
HUMEDAD DEL SUELO COMPACTADO			
Recipiente	Nº	112	108
Peso del suelo húmedo + tara	gr	293.60	280.87
Peso del suelo seco + tara	gr	276.89	260.71
Peso del recipiente	gr	34.47	34.65
Peso de agua	gr	16.7	20.2
Peso del suelo seco	gr	242.4	226.1
Contenido de agua	%	6.90	8.90
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.853	1.902
			1.908
			13.30
			1.858



Máxima Densidad Seca (gr/cc)	1.911
Óptimo Contenido de Humedad (%)	10.3



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Proyecto : "EVALUACIÓN DE RESIDUOS LADRILLEROS RECICLADOS, PARA SU USO EN SUB BASE DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE VILCAS HUAMÁN - 2021"

Solicitante : BACH, MARTINEZ VÁSQUEZ BICKEL

Calicata : MUESTRA 3 (90% SUELO NATURAL - 10% RESIDUOS LADRILLEROS)

Material : SUB BASE GRANULAR

Fecha : ABRIL DE 2021

Region : AYACUCHO
 Provincia : VILCAS HUAMÁN
 Distrito : VILCAS HUAMÁN
 Lugar : VILCAS HUAMÁN

C.B.R. (California Bearing Ratio) ASTM D-1585, MTC E 132

DEFINICIÓN : El CBR de un suelo es la carga unitaria correspondiente a 0.1" ó 0.2" de penetración, expresada en por ciento con respecto a un valor estándar. El ensayo permite obtener un número de la relación de soporte, que no es constante para un suelo dado sino que se aplica solo al estado en el cual se encontraba el suelo durante el ensayo.

COMPACTACIÓN DEL SUELO				
Molde	N°	16	7	30
Capas	N°	5		
Golpes / Capa	N°	56	25	10
Peso suelo + molde	gr	12758	11311	12520
Peso molde	gr	8282	6967	8440
Peso suelo húmedo compactad	gr	4476	4344	4080
Volumen del molde	cm ³	2126.2	2122.9	2121.5
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	2.105	2.046	1.923
HUMEDAD OPTIMA DEL SUELO COMPACTADO				
Recipiente	N°	20	21	22
Peso del suelo húmedo + tara	gr	85.15	86.24	62.12
Peso del suelo seco + tara	gr	79.63	80.61	58.82
Peso del recipiente	gr	25.29	25.31	27.22
Peso de agua	gr	5.5	5.6	3.3
Peso del suelo seco	gr	54.3	55.3	31.6
Contenido de agua	%	10.2	10.2	10.4
Contenido de agua promedio		10.3		
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.911	1.857	1.741

EXPANSIÓN MOLDE			16
Fecha	Hora	mm	%
abr-21	10:00	116.00	0.00%
abr-21	10:00	116.00	0.00%
abr-21	10:00	116.00	0.00%
abr-21	10:00	116.00	0.00%
abr-21	10:00	116.00	0.00%
EXPANSIÓN MOLDE			7
abr-21	10:00	117.15	0.00%
abr-21	10:00	117.15	0.00%
abr-21	10:00	117.15	0.00%
abr-21	10:00	117.15	0.00%
abr-21	10:00	117.15	0.00%
EXPANSIÓN MOLDE			30
abr-21	10:00	117.15	0.00%
abr-21	10:00	117.15	0.00%
abr-21	10:00	117.15	0.00%
abr-21	10:00	117.15	0.00%
abr-21	10:00	117.15	0.00%

PENETRACIÓN										
CAPACIDAD: 5.0 Tn (Lector Digital)										
Molde			16			7			30	
Penetración (mm)	Carga Estándar (Lbs/cm ²)	Carga (Lbs)	Presión (Lbs/cm ²)	CBR corregido (%)	Carga (Lbs)	Presión (Lbs/cm ²)	CBR corregido (%)	Carga (Lbs)	Presión (Lbs/cm ²)	CBR corregido (%)
0.000	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.635	0.025	272	14	14	137	7	7	95	5	5
1.270	0.050	494	25	25	341	17	17	116	6	6
1.905	0.075	799	40	40	582	29	29	250	12	12
2.540	0.100	1008	50	32.40	760	38	24.62	286	14	9.07
3.810	0.150	1418	70	70	1135	56	56	402	20	20
5.080	0.200	231.49	87	37.58	1361	68	29.38	598	30	12.53
6.350	0.250	2039	101	101	1520	75	75	681	34	34
7.620	0.300	2143	106	106	1588	79	79	758	38	38



Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
 CIP 14724
 ESPECIALISTA EN GEOTECNICA - CONCRETO Y PAVIMENTOS

DIRECCION: JR. CIRO ALEGRIA N° 416 - JESUS NAZARENO - Ayacucho, CEL: 99626400, EMAIL: inggeomax.geotecnica@gmail.com, inggeomax@hotmail.com



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
 ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

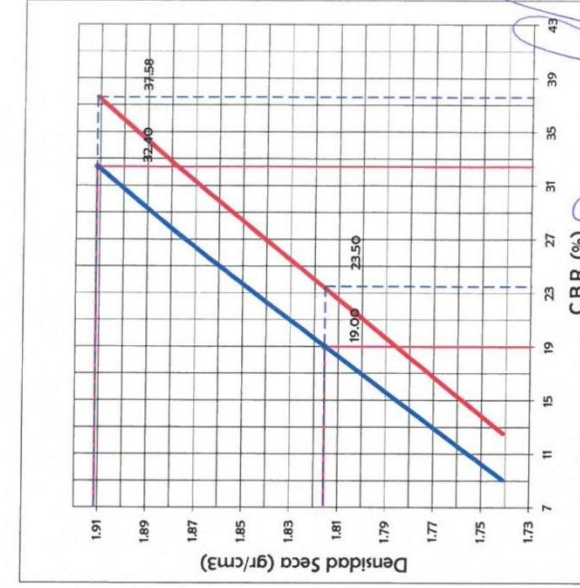
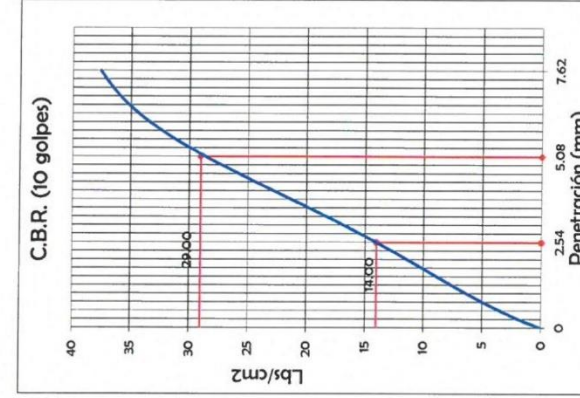
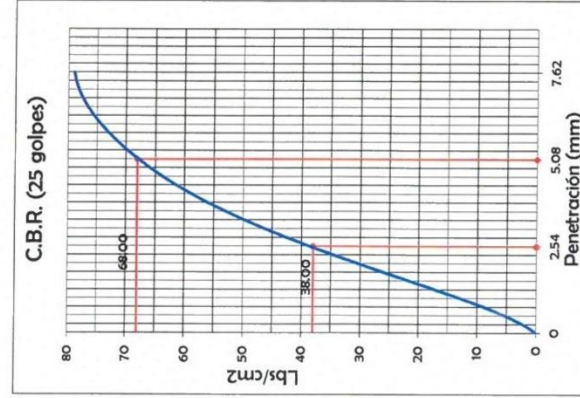
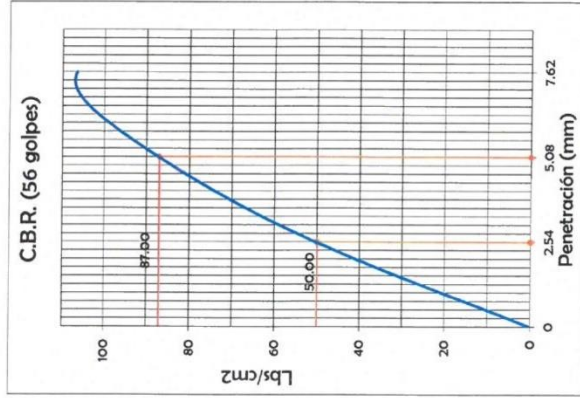
Proyecto : "EVALUACIÓN DE RESIDUOS LADRILLEROS RECICLADOS, PARA SU USO EN SUB BASE DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE VILCAS HUAMÁN - 2021"

Solicitante : BACH. MARTINEZ VÁSQUEZ BICKEL
 Calicata : MUESTRA 3 (90% SUELO NATURAL - 10% RESIDUOS LADRILLEROS)
 Material : SUB BASE GRANULAR
 Fecha : ABRIL DE 2021

Region : AYACUCHO
 Provincia : VILCAS HUAMÁN
 Distrito : VILCAS HUAMÁN
 Lugar : VILCAS HUAMÁN

C.B.R. (California Bearing Ratio) ASTM D-1585, MTC E 132

DEFINICIÓN : El CBR de un suelo es la carga unitaria correspondiente a 0.1" ó 0.2" de penetración, expresada en por ciento con respecto a un valor estándar. El ensayo permite obtener un número de la relación de soporte, que no es constante para un suelo dado sino que se aplica solo al estado en el cual se encontraba el suelo durante el ensayo.



DATOS DE LA COMPACTACIÓN DEL SUELO	
METODO DE COMPACTACION	ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	1.911
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	10.29

C.B.R. A 2.5 mm (0.1") DE PENETRACIÓN	
CBR AL 100% DE LA MAXIMA DENSIDAD SECA	32.4%
CBR AL 95% DE LA MAXIMA DENSIDAD SECA	19.0%
EXPANSIÓN (%)	0.00%

C.B.R. A 5 mm (0.2") DE PENETRACIÓN	
CBR AL 100% DE LA MAXIMA DENSIDAD SECA	37.6%
CBR AL 95% DE LA MAXIMA DENSIDAD SECA	23.5%
EXPANSIÓN (%)	0.00%

INGEOMAX
 Ing. Maxwil Anthony Torate Arias
 C.B.R. 11, 19, 23.50, 27, 31, 35, 39, 43
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONTACTOS Y PAVIMENTOS

**INGEOMAX**
S.A.C**INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO**
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**EQUIVALENTE DE ARENA (ASTM D2419, MTC E 114)**

Proyecto : "EVALUACIÓN DE RESIDUOS LADRILLEROS RECICLADOS, PARA SU USO EN SUB BASE DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE VILCAS HUAMÁN - 2021"

Solicitante	: BACH. MARTINEZ VÁSQUEZ BICKEL	Region	: AYACUCHO
Material	: MUESTRA 3 (90% SUELO NATURAL - 10% RESIDUOS LADRILLEROS)	Provincia	: VILCAS HUAMÁN
Cantera	: SUB BASE GRANULAR	Distrito	: VILCAS HUAMÁN
Fecha	: ABRIL DE 2021	Lugar	: VILCAS HUAMÁN

Descripcion	Ensayo N° 1	Ensayo N° 1	Ensayo N° 2	Ensayo N° 3
Nivel superior de la muestra total	mm	196.0	192.0	203.0
Nivel del disco en el dispositivo de lecturas	mm	339.0	339.0	342.0
Altura del disco en el dispositivo de lecturas	mm	256.20	256.20	256.20
Nivel superior de la arena	mm	82.80	82.80	85.80
Temperatura del ensayo	°C	21.2	21.2	21.2
Equivalente de arena	%	42	43	42
EQUIVALENTE DE ARENA	%	43		

Ing. Maxwil Anthony Mofote Arias
CIP N° 132454
ESPECIALISTA EN GEOTECNICA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

**INGEOMAX**
S.A.C.**INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO**
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Proyecto : "EVALUACIÓN DE RESIDUOS LADRILLEROS RECICLADOS, PARA SU USO EN SUB BASE DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE VILCAS HUAMÁN - 2021"

Solicitante	: BACH. MARTINEZ VÁSQUEZ BICKEL	Region	: AYACUCHO
Cantera	: MUESTRA 3 (90% SUELO NATURAL - 10% RESIDUOS LADRILLEROS)	Provincia	: VILCAS HUAMÁN
Muestra	: SUB BASE GRANULAR	Distrito	: VILCAS HUAMÁN
Fecha	: ABRIL DE 2021	Lugar	: VILCAS HUAMÁN

INDICE DE APLANAMIENTO Y ALARGAMIENTO DE LOS AGREGADOS

ASTM D 4791, MTC E - 221

DATOS DE LA MUESTRA

Tamaño del Agregado		Gradación original (%)	Peso Total de Partículas	% Retenido Parcial	CHATAS 1:3			ALARGADAS 1:3			
Pasa Tamiz	Ret. en Tamiz				Peso de Partículas Chatas	Indice de Aplanamiento de la fracción		Peso de Partículas Alargadas	Indice de Alargamiento de la fracción		
2 1/2"	2"		0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	
2"	1 1/2"	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	
1 1/2"	1"	8.72	500.5	20.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	
1"	3/4"	11.89	500.9	20.0	68.9	13.8	1.63	62.4	12.5	1.48	
3/4"	1/2"	11.68	500.4	20.0	100.4	20.1	2.34	58.6	11.7	1.37	
1/2 "	3/8 "	6.15	501.1	20.0	78.8	15.7	0.97	48.4	9.7	0.59	
3/8"	1/4"	7.51	500.6	20.0	79.4	15.9	1.19	55.4	11.1	0.83	
					Total Chatas		6.1%	Total Alargadas		4.3%	

TOTAL CHATAS	6.1%
TOTAL ALARGADAS	4.3%
TOTAL CHATAS Y ALARGADA:	10.4%

INGEOMAXIng. Maxwil Anthony Morde Arias
CIP N° 132454
ESPECIALISTA EN GEOTECNICA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS

ABRASION LOS ANGELES (L-A) AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS MENORES A 1 1/2" (MTC E 207-2016)

Proyecto : "EVALUACIÓN DE RESIDUOS LADRILLEROS RECICLADOS, PARA SU USO EN SUB BASE DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE VILCAS HUAMÁN - 2021"

Solicitante : BACH. MARTINEZ VÁSQUEZ BICKEL

Cantera : MUESTRA 3 (90% SUELO NATURAL - 10% RESIDUOS LADRILLEROS)

Material : SUB BASE GRANULAR

Fecha : ABRIL DE 2021

Region : AYACUCHO
Provincia : VILCAS HUAMÁN
Distrito : VILCAS HUAMÁN
Lugar : VILCAS HUAMÁN

Granulometría de la muestra del agregado para ensayo					
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	A (12 esf) Peso (gr)	B (11 esf) Peso (gr)	C (8 esf) Peso (gr)	D (6 esf) Peso (gr)
1 1/2"	37.5mm	1250.00			
1"	25mm	1250.00			
3/4"	19mm	1250.00			
1/2"	12.5mm	1250.54			
3/8"	9.5mm				
1/4"	6.3mm				
Nº 4	4.75mm				
TOTAL (gramos)		5,000.54			

Muestra despues del ensayo	
Peso de la muestra despues del ensayo	3,390.0
% de Desgaste	32

DIRECCION: JR. CIRIO ALEGRIA N° 416 - JESUS NAZARENO - Ayacucho, CEL.: 999526400, RPM.: 999526400, EMAIL.: ingenieria@ngedomax.com, comercial@ngedomax.com



Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
CIP N° 132454
ESPECIALISTA EN GEOTECNICA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



INGEOMAX
S.A.C.

INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ANALISIS QUIMICO DE SUELOS
(ASTM D-1989, ASTM D-516, ASTM D-512).

Proyecto : "EVALUACIÓN DE RESIDUOS LADRILLEROS RECICLADOS, PARA SU USO EN SUB BASE DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE VILCAS HUAMÁN - 2021"

Solicitante	: BACH. MARTINEZ VÁSQUEZ BICKEL	Region	: AYACUCHO
Calicata	: MUESTRA 3 (90% SUELO NATURAL - 10% RESIDUOS LADRILLE)	Provincia	: VILCAS HUAMÁN
Estrato	: SUB BASE GRANULAR	Distrito	: VILCAS HUAMÁN
Fecha	: ABRIL DE 2021	Lugar	: VILCAS HUAMÁN

MUESTRA		ELEMENTOS			
		SALES SOLUBLES TOTALES	CLORUROS	SULFATOS	PH
: MUESTRA 3 (90% SUELO NATURAL - 10% RESIDUOS LADRILLEROS)	: SUB BASE GRANULAR	1543.8 ppm	1210.9 ppm	768.8 ppm	8.05
: MUESTRA 3 (90% SUELO NATURAL - 10% RESIDUOS LADRILLEROS)	: SUB BASE GRANULAR	0.15%	0.12%	0.08%	8.05

POR LOS RESULTADOS SE MENCIONA QUE NO EXISTE PROBLEMAS DE ATAQUES DE SULFATOS NI CLORUROS POR PARTE DEL MATERIAL.

DIRECCION: JR. CIRO ALEGRIA N° 416 - JESUS NAZARENO - Ayacucho, CEL: 999526400, RPM: #999526400, EMAIL: ingenieria@ingemaxsac.com, comercial@ingemaxsac.com

INGEOMAX

Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
CIP N° 122454
ESPECIALISTA EN GEOTECNICA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

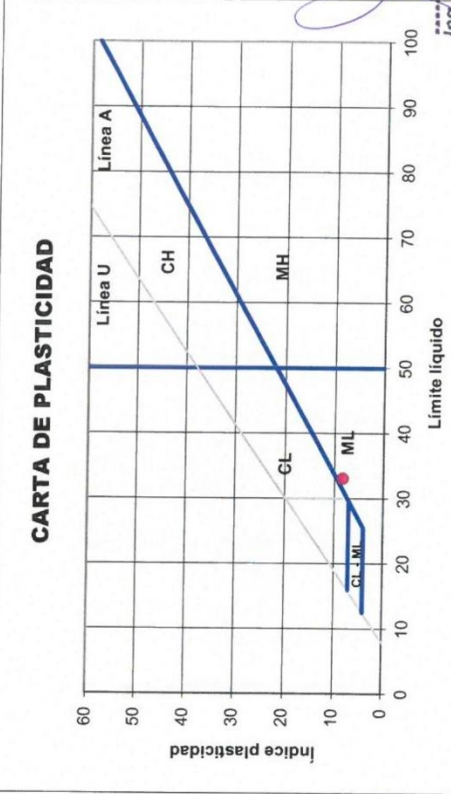
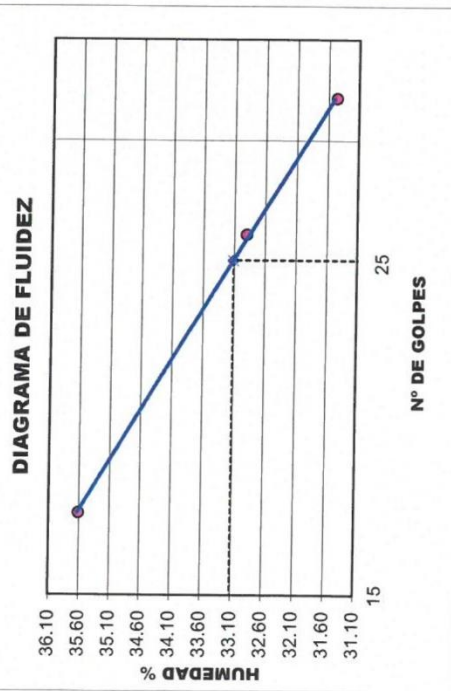


INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Proyecto : "EVALUACIÓN DE RESIDUOS LADRILLEROS RECICLADOS, PARA SU USO EN SUB BASE DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE VILCAS HUAMÁN - 2021"

Solicitante : BACH. MARTINEZ VÁSQUEZ BICKEL
 Region : AYACUCHO
 Cantera : MUESTRA 4 (85% SUELO NATURAL - 15% RESIDUOS LADRILLEROS)
 Provincia : VILCAS HUAMÁN
 Material : SUB BASE GRANULAR
 Distrito : VILCAS HUAMÁN
 Fecha : ABRIL DE 2021
 Lugar : VILCAS HUAMÁN

LÍMITES DE CONSISTENCIA		LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D-4319, MTC E 111-2016)		LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D-4319, MTC E 111-2016)		LÍMITES DE CONSISTENCIA	
Tara Número	Unidades	77	123	69	32	36	
Peso Recipiente + Suelo Húmedo	gr	75.90	78.06	73.70	33.19	33.90	LL (%) = 33.1
Peso Recipiente + Suelo Seco	gr	70.80	73.24	69.15	31.99	32.69	LP (%) = 24.8
Peso del Recipiente	gr	56.48	58.59	54.69	27.18	27.80	LL - LP = IP (%) = 8.3
Peso del Suelo Seco	gr	14.32	14.65	14.46	4.81	4.89	
Peso del Agua	gr	5.10	4.82	4.55	1.20	1.21	
Contenido de Humedad	%	35.6	32.9	31.5	24.9	24.7	
Número de Golpes		17	26	32			



INGEOMAX
 Ing. Maxwell Morote Arias
 ESPECIALISTA EN GEOTECNICA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Proyecto : "EVALUACIÓN DE RESIDUOS LADRILLEROS REICLADOS, PARA SU USO EN SUB BASE DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE VILCAS HUAMÁN - 2021"

Solicitante : BACH. MARTINEZ VÁSQUEZ BICKEL

Calicata : MUESTRA 4 (85% SUELO NATURAL - 15% RESIDUOS LADRILLEROS)

Material : SUB BASE GRANULAR

Fecha : ABRIL DE 2021

Region : AYACUCHO

Provincia : VILCAS HUAMÁN

Distrito : VILCAS HUAMÁN

Lugar : VILCAS HUAMÁN

ENSAYO ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS
(ASTM DE 422,D 4318, D 2487, D 2216, D 4254,D 854, DE 1557)

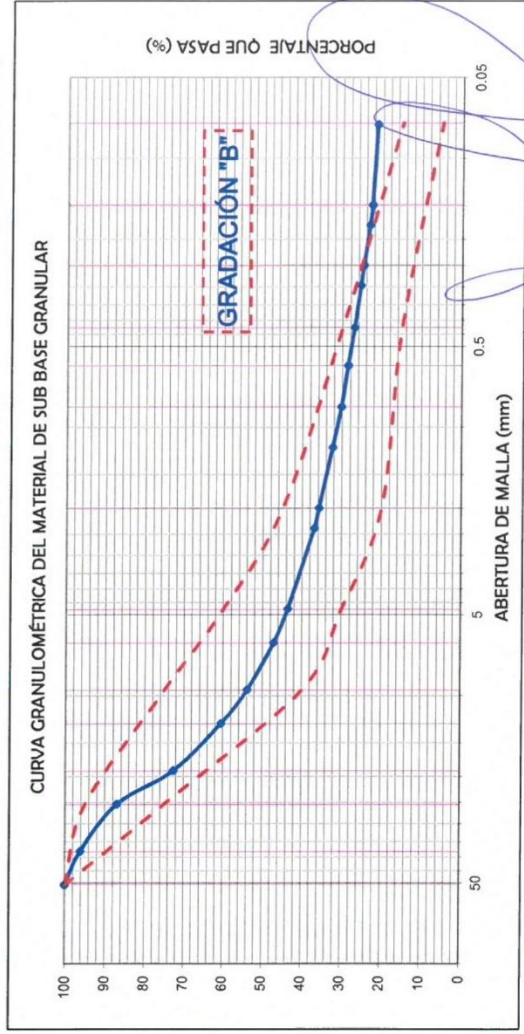
TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				100.00
1 1/2"	38.100	76.35	3.89	3.89	96.11
1"	25.400	178.82	9.11	13.01	86.99
3/4"	19.050	282.08	14.38	27.38	72.62
1/2"	12.700	238.40	12.15	39.53	60.47
3/8"	9.525	130.02	6.63	46.16	53.84
1/4"	6.350	131.24	6.69	52.85	47.15
Nº 4	4.750	69.96	3.57	56.42	43.58
Nº 8	2.380	131.01	6.68	63.09	36.91
Nº 10	2.000	22.26	1.13	64.23	35.77
Nº 16	1.190	67.15	3.42	67.65	32.35
Nº 20	0.840	42.04	2.14	69.79	30.21
Nº 30	0.590	31.52	1.61	71.40	28.60
Nº 40	0.426	30.69	1.56	72.96	27.04
Nº 50	0.297	31.02	1.58	74.55	25.45
Nº 60	0.250	14.18	0.72	75.27	24.73
Nº 80	0.177	29.57	1.51	76.78	23.22
Nº 100	0.149	11.55	0.59	77.36	22.64
Nº 200	0.075	23.91	1.22	78.58	21.42
FONDO LAVADO		418.42	21.33	99.91	0.00
TOTAL		1960.19			

DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	
Peso seco inicial (gr)	1961.96
peso seco lavado (gr)	1543.54
Pérdida por lavado (gr)	418.42

ENSAYO ESTANDAR	
% Grava	56.42
% Arena	22.17
% Finos	21.42

COEFICIENTES DE UNIFORMIDAD Y CURVATURA					
D10 (mm)	0.035	D30 (mm)	0.808	D60 (mm)	12.477
D15 (mm)	0.053	D50 (mm)	7.703	D85 (mm)	24.519
Cu = 356.29		Cc = 1.49			

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO



CLASIFICACION DE SUELOS	
AASHTO	SUCS
A-2-4 (0)	GM GRAVA LIMOSA CON ARENA

INGEOMAX
Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
 C.A.Y. 1244
 ESPECIALISTAS EN GEOTECNICA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Proyecto : "EVALUACIÓN DE RESIDUOS LADRILLEROS RECICLADOS, PARA SU USO EN SUB BASE DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE VILCAS HUAMÁN - 2021"

Solicitante : BACH. MARTINEZ VÁSQUEZ BICKEL

Calicata : MUESTRA 4 (85% SUELO NATURAL - 15% RESIDUOS LADRILLEROS)

Material : SUB BASE GRANULAR

Fecha : ABRIL DE 2021

Region : AYACUCHO

Provincia : VILCAS HUAMÁN

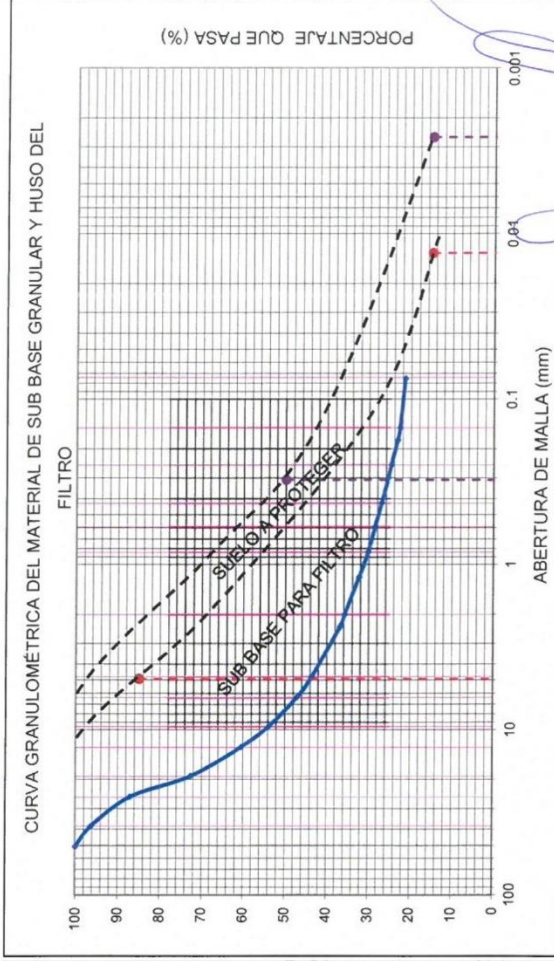
Distrito : VILCAS HUAMÁN

Lugar : VILCAS HUAMÁN

DETERMINACION DE HUSO GRANULOMETRICO PARA FILTRO

DEFINICIÓN : Dos factores principales influyen al seleccionar el material de un filtro, la granulometría para el material del filtro debe ser tal que: a) El suelo a proteger no sea lavado por el filtro b) que no se genere una carga de presión hidrostática excesiva en el suelo con un coeficiente inferior de permeabilidad.

RESUMEN ENSAYOS ESTÁNDAR		SUELO A PROTEGER	
DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		SUELO A PROTEGER	
SUELO A PROTEGER		Según Terzaghi y Peck 1967	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		$D_{85(F)} / 5 \leq D_{85(S)}$ (mm) = 4.904	
% Grava		$D_{15(F)} / 4 \Rightarrow D_{15(S)}$ (mm) = 0.013	
% Arena		Según el Departamento de Marina de los Estados Unidos 1971	
% de Finos		$D_{50(F)} / 25 \leq D_{25(S)}$ = 0.308	
COEFICIENTES DE UNIFORMIDAD Y CURVATURA		$D_{15(F)} / 20 \leq D_{15(S)}$ = 0.003	
$D_{10} = D_{60(mm)}$ = 0.035		CLASIFICACION DE SUELOS	
$D_{30(mm)}$ = 0.808		Clasificación SUCS	
$D_{60(mm)}$ = 12.477		GRAVA LIMOSA CON ARENA	
Cu = 356.29		Clasificación AASHTO	
Cc = 1.49		A-2-4 (0)	
$D_{15(mm)}$ = 0.053			
$D_{50(mm)}$ = 7.703			
$D_{85(mm)}$ = 24.519			





INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Proyecto : "EVALUACIÓN DE RESIDUOS LADRILLEROS RECICLADOS, PARA SU USO EN SUB BASE DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE VILCAS HUAMÁN - 2021"

Solicitante : BACH. MARTINEZ VÁSQUEZ BICKEL

Calicata : MUESTRA 4 (85% SUELO NATURAL - 15% RESIDUOS LADRILLEROS)

Estrato : SUB BASE GRANULAR

Fecha : ABRIL DE 2021

Region : AYACUCHO

Provincia : VILCAS HUAMÁN

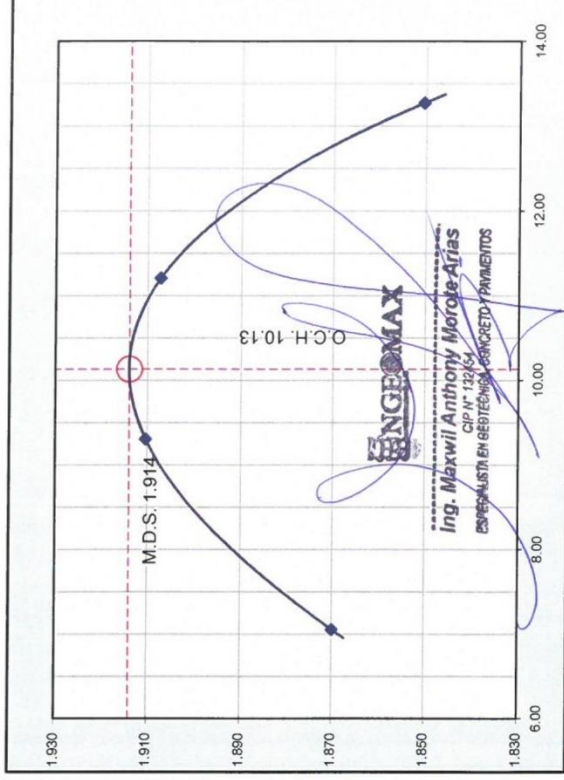
Distrito : VILCAS HUAMÁN

Lugar : VILCAS HUAMÁN

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D 1557)

DEFINICIÓN : En mecánica de suelos, el ensayo de compactación Proctor es uno de los más importantes procedimientos de estudio y control de calidad de la compactación de un terreno, con el que determinamos el Óptimo Contenido de Humedad (OCH) bajo el cual se alcanza la máxima densidad seca (MDS) de un suelo.

COMPACTACIÓN DEL SUELO			
Equipo de compactación	Manual	Molde N°	1
Método	"C"	Ø del Molde	6"
Peso suelo + molde	gr	10015	10199
Peso molde	gr	5748	5748
Peso suelo húmedo compactado	gr	4267	4451
Volumen del molde	cm ³	2131.57	2131.57
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	2.002	2.088
HUMEDAD DEL SUELO COMPACTADO			
Recipiente	N°	115	104
Peso del suelo húmedo + tara	gr	282.82	302.93
Peso del suelo seco + tara	gr	266.51	279.99
Peso del recipiente	gr	35.37	33.47
Peso de agua	gr	16.3	22.9
Peso del suelo seco	gr	231.1	246.5
Contenido de agua	%	7.10	9.30
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.869	1.910
			1.907
			13.30
			1.850



Máxima Densidad Seca (gr/cc)	1.914
Óptimo Contenido de Humedad (%)	10.1



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS

Proyecto : "EVALUACIÓN DE RESIDUOS LADRILLEROS RECICLADOS, PARA SU USO EN SUB BASE DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE VILCAS HUAMÁN - 2021"

Solicitante : BACH. MARTINEZ VÁSQUEZ BICKEL

Calicata : MUESTRA 4 (85% SUELO NATURAL - 15% RESIDUOS LADRILLEROS)

Material : SUB BASE GRANULAR

Fecha : ABRIL DE 2021

Región : AYACUCHO

Provincia : VILCAS HUAMÁN

Distrito : VILCAS HUAMÁN

Lugar : VILCAS HUAMÁN

C.B.R. (California Bearing Ratio) ASTM D-1585, MTC E 132

DEFINICIÓN : El CBR de un suelo es la carga unitaria correspondiente a 0.1" o 0.2" de penetración, expresada en por ciento con respecto a un valor estándar. El ensayo permite obtener un número de la relación de soporte, que no es constante para un suelo dado sino que se aplica solo al estado en el cual se encontraba el suelo durante el ensayo.

COMPACTACIÓN DEL SUELO			
Molde	N°	26	15
Capas	N°	5	
Golpes / Capa	N°	56	25
Peso suelo + molde	gr	13063	12030
Peso molde	gr	8584	7652
Peso suelo húmedo compactad	gr	4479	4378
Volumen del molde	cm ³	2126.39	2117.12
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	2.106	2.068
HUMEDAD OPTIMA DEL SUELO COMPACTADO			
Recipiente	N°	29	30
Peso del suelo húmedo + tara	gr	84.21	81.62
Peso del suelo seco + tara	gr	79.15	76.74
Peso del recipiente	gr	28.66	28.30
Peso de agua	gr	5.1	4.9
Peso del suelo seco	gr	50.5	48.4
Contenido de agua	%	10.0	10.1
Contenido de agua promedio		10.1	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.914	1.879
			1.773

EXPANSIÓN MOLDE			26
Fecha	Hora	mm	%
abr-21	10:00	116.00	0.00%
abr-21	10:00	116.00	0.00%
abr-21	10:00	116.00	0.00%
abr-21	10:00	116.00	0.00%
abr-21	10:00	116.00	0.00%
EXPANSIÓN MOLDE			15
abr-21	10:00	117.15	0.00%
abr-21	10:00	117.15	0.00%
abr-21	10:00	117.15	0.00%
abr-21	10:00	117.15	0.00%
abr-21	10:00	117.15	0.00%
EXPANSIÓN MOLDE			13
abr-21	10:00	117.15	0.00%
abr-21	10:00	117.15	0.00%
abr-21	10:00	117.15	0.00%
abr-21	10:00	117.15	0.00%
abr-21	10:00	117.15	0.00%

PENETRACIÓN												
CAPACIDAD: 5.0 Tn (Lector Digital)												
Molde			26			15			13			
Penetración (mm)	Carga Estándar (puig)	Carga (Lbs)	Presión (Lbs/cm ²)	CBR corregido (%)	Carga (Lbs)	Presión (Lbs/cm ²)	CBR corregido (%)	Carga (Lbs)	Presión (Lbs/cm ²)	CBR corregido (%)	Carga (Lbs)	Presión (Lbs/cm ²)
0.000	0.000	0	0		0	0		0	0		0	0
0.635	0.025	552	27		226	11		88	4		88	4
1.270	0.050	901	45		527	26		156	8		156	8
1.905	0.075	1204	60		864	43		247	12		247	12
2.540	0.100	1490	74	46.66	1078	54	35.64	314	16	10.37	314	16
3.810	0.150	1868	93		1593	79		550	27		550	27
5.080	0.200	2314	120	51.84	1909	95	41.04	763	38	16.42	763	38
6.350	0.250	2789	139		2154	107		902	45		902	45
7.620	0.300	2929	145		2297	114		948	47		948	47



Ing. Maxwell Morote Arias
 CIP N° 137434
 INGENIERO EN GEOTECNICA - CONCRETO Y PAVIMENTOS



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Proyecto : "EVALUACIÓN DE RESIDUOS LADRILLEROS RECICLADOS, PARA SU USO EN SUB BASE DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE VILCAS HUAMÁN - 2021"

Solicitante : BACH. MARTINEZ VÁSQUEZ BICKEL

Calicata : MUESTRA 4 (85% SUELO NATURAL - 15% RESIDUOS LADRILLEROS)

Material : SUB BASE GRANULAR

Fecha : ABRIL DE 2021

Region : AYACUCHO

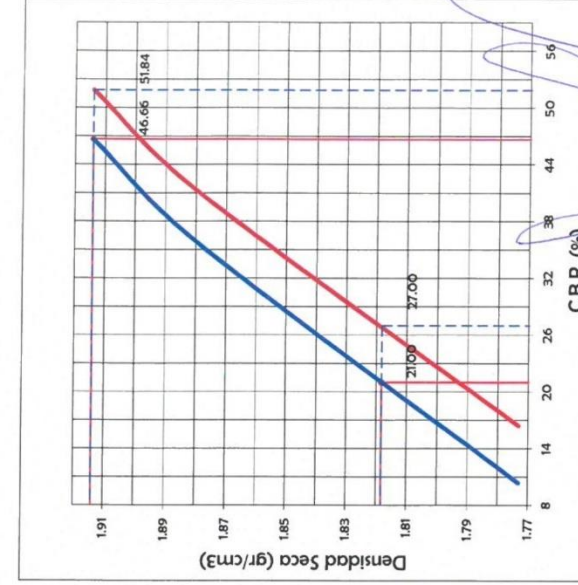
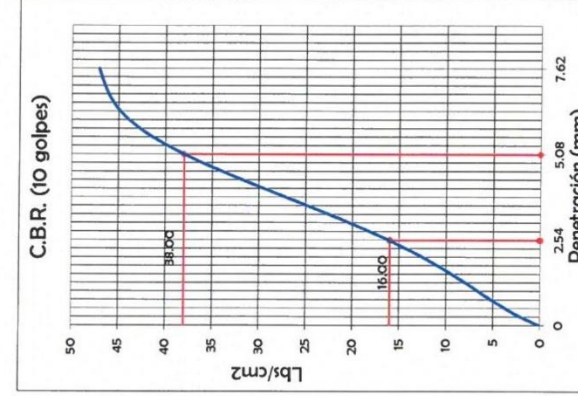
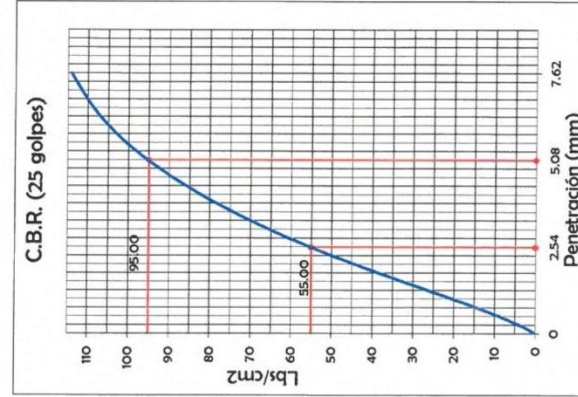
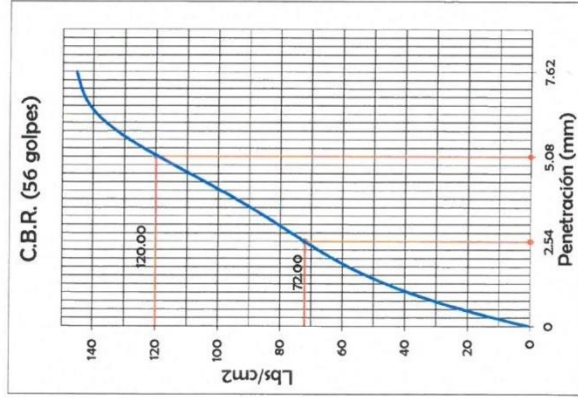
Provincia : VILCAS HUAMÁN

Distrito : VILCAS HUAMÁN

Lugar : VILCAS HUAMÁN

C.B.R. (California Bearing Ratio) ASTM D-1585, MTC E 132

DEFINICIÓN : El CBR de un suelo es la carga unitaria correspondiente a 0.1" ó 0.2" de penetración, expresada en por ciento con respecto a un valor estándar. El ensayo permite obtener un número de la relación de soporte, que no es constante para un suelo dado sino que se aplica solo al estado en el cual se encontraba el suelo durante el ensayo.



DATOS DE LA COMPACTACIÓN DEL SUELO	
METODO DE COMPACTACION	ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	1.914
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	10.13

CBR A 2.5 mm (0.1") DE PENETRACIÓN	
CBR AL 100% DE LA MAXIMA DENSIDAD SECA	46.7%
CBR AL 95% DE LA MAXIMA DENSIDAD SECA	21.0%
EXPANSIÓN (%)	0.00%

CBR A 5 mm (0.2") DE PENETRACIÓN	
CBR AL 100% DE LA MAXIMA DENSIDAD SECA	51.8%
CBR AL 95% DE LA MAXIMA DENSIDAD SECA	27.0%
EXPANSIÓN (%)	0.00%

INGEOMAX S.A.C.
Maxwil Anthony Morote Arias
 CIP N° 30401
 ESPECIALISTA EN GEOTECNICA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



INGEOMAX
S.A.C.

INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS

EQUIVALENTE DE ARENA (ASTM D2419, MTC E 114)

Proyecto : "EVALUACIÓN DE RESIDUOS LADRILLEROS RECICLADOS, PARA SU USO EN SUB BASE DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE VILCAS HUAMÁN - 2021"

Solicitante	: BACH. MARTINEZ VÁSQUEZ BICKEL	Region	: AYACUCHO
Material	: MUESTRA 4 (85% SUELO NATURAL - 15% RESIDUOS LADRILLERO)	Provincia	: VILCAS HUAMÁN
Cantera	: SUB BASE GRANULAR	Distrito	: VILCAS HUAMÁN
Fecha	: ABRIL DE 2021	Lugar	: VILCAS HUAMÁN

Descripcion	Ensayo N° 1	Ensayo N° 1	Ensayo N° 2	Ensayo N° 3
Nivel superior de la muestra total	mm	194.0	195.0	201.0
Nivel del disco en el dispositivo de lecturas	mm	339.0	339.0	340.0
Altura del disco en el dispositivo de lecturas	mm	256.20	256.20	256.20
Nivel superior de la arena	mm	82.80	82.80	83.80
Temperatura del ensayo	°C	21.1	21.1	21.1
Equivalente de arena	%	43	42	42
EQUIVALENTE DE ARENA	%		42	

INGEOMAX

Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
CIP N° 132484
ESPECIALISTA EN GEOTECNICA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Proyecto : "EVALUACIÓN DE RESIDUOS LADRILLEROS RECICLADOS, PARA SU USO EN SUB BASE DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE VILCAS HUAMÁN - 2021"

Solicitante : BACH. MARTINEZ VÁSQUEZ BICKEL Region : AYACUCHO
 Cantera : MUESTRA 4 (85% SUELO NATURAL - 15% RESIDUOS LADRILLEROS) Provincia : VILCAS HUAMÁN
 Muestra : SUB BASE GRANULAR Distrito : VILCAS HUAMÁN
 Fecha : ABRIL DE 2021 Lugar : VILCAS HUAMÁN

INDICE DE APLANAMIENTO Y ALARGAMIENTO DE LOS AGREGADOS

ASTM D 4791, MTC E - 221

DATOS DE LA MUESTRA

Tamaño del Agregado		Gradación original (%)	Peso Total de Partículas	% Retenido Parcial	CHATAS 1:3			ALARGADAS 1:3		
Pasa Tamiz	Ret. en Tamiz				Peso de Partículas Chatas	Indice de Aplanamiento de la fracción		Peso de Partículas Alargadas	Indice de Alargamiento de la fracción	
2 1/2"	2"		0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00
2"	1 1/2"	3.89	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00
1 1/2"	1"	9.11	500.8	20.0	30.2	6.0	0.55	25.2	5.0	0.46
1"	3/4"	14.38	501.2	20.0	65.4	13.1	1.88	50.7	10.1	1.45
3/4"	1/2"	12.15	501.1	20.0	85.6	17.1	2.08	50.9	10.2	1.23
1/2 "	3/8 "	6.63	500.4	20.0	62.1	12.4	0.82	42.7	8.5	0.57
3/8"	1/4"	6.69	500.8	20.0	62.4	12.5	0.83	45.2	9.0	0.60
					Total Chatas		6.2%	Total Alargadas		4.3%

TOTAL CHATAS	6.2%
TOTAL ALARGADAS	4.3%
TOTAL CHATAS Y ALARGADA:	10.5%

INGEOMAX
 Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
 CIP N° 132454
 ESPECIALISTA EN GEOTECNICA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMIENTOS

ABRASION LOS ANGELES (L-A) AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS MENORES A 1 1/2" (MTC E 207-2016)

Proyecto

: EVALUACIÓN DE RESIDUOS LADRILLEROS RECICLADOS, PARA SU USO EN SUB BASE DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE VILCAS HUAMÁN - 2021"

Solicitante

: BACH, MARTINEZ VÁSQUEZ BICKEL

Cantera

: MUESTRA 4 (85% SUELO NATURAL - 15% RESIDUOS LADRILLEROS)

Material

: SUB BASE GRANULAR

Fecha

: ABRIL DE 2021

Region

: AYACUCHO

Provincia

: VILCAS HUAMÁN

Distrito

: VILCAS HUAMÁN

Lugar

: VILCAS HUAMÁN

Granulometría de la muestra del agregado para ensayo

Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	A (12 esf) Peso (gr)	B (11 esf) Peso (gr)	C (8 esf) Peso (gr)	D (6 esf) Peso (gr)
1 1/2"	1"	1250.00			
1"	3/4"	1250.00			
3/4"	1/2"	1250.00			
1/2"	3/8"	1250.00			
3/8"	1/4"				
1/4"	Nº 4				
Nº 4	Nº 8				
TOTAL (gramos)		5,000.00			

Muestra despues del ensayo

Peso de la muestra despues del ensayo	3,350.0
% de Desgaste	33

DIRECCION: JR. CIRO ALEGRIA N° 16 - JESUS NAZARENO - AYACUCHO. CEL: 999526400. RPM: 999526400. EMAIL: ingenieria@ngemax.com, comercial@ngemax.com

INGEOMAX

Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
CIP Nº 126651
ESPECIALISTA EN GEOTECNICA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS

ANALISIS QUIMICO DE SUELOS
(ASTM D-1989, ASTM D-516, ASTM D-512).

Proyecto : "EVALUACIÓN DE RESIDUOS LADRILLEROS RECICLADOS, PARA SU USO EN SUB BASE DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE VILCAS HUAMÁN - 2021"

Solicitante	: BACH. MARTINEZ VÁSQUEZ BICKEL	Region	: AYACUCHO
Calicata	: MUESTRA 4 (85% SUELO NATURAL - 15% RESIDUOS LADRILLEROS)	Provincia	: VILCAS HUAMÁN
Estrato	: SUB BASE GRANULAR	Distrito	: VILCAS HUAMÁN
Fecha	: ABRIL DE 2021	Lugar	: VILCAS HUAMÁN

MUESTRA		ELEMENTOS			
		SALES SOLUBLES TOTALES	CLORUROS	SULFATOS	PH
: MUESTRA 4 (85% SUELO NATURAL - 15% RESIDUOS LADRILLEROS)	: SUB BASE GRANULAR	1488.3 ppm	1158.1 ppm	740.8 ppm	8.21
: MUESTRA 4 (85% SUELO NATURAL - 15% RESIDUOS LADRILLEROS)	: SUB BASE GRANULAR	0.15%	0.12%	0.07%	8.21

POR LOS RESULTADOS SE MENCIONA QUE NO EXISTE PROBLEMAS DE ATAQUES DE SULFATOS NI CLORUROS POR PARTE DEL MATERIAL.

DIRECCION: JR. CIRO ALEGRIA N° 416 - JESUS NAZARENO - Ayacucho, CEL: 999526400, RPM: #999526400, EMAIL: ingenieria@ingemaxsa.com, comercial@ingemaxsa.com



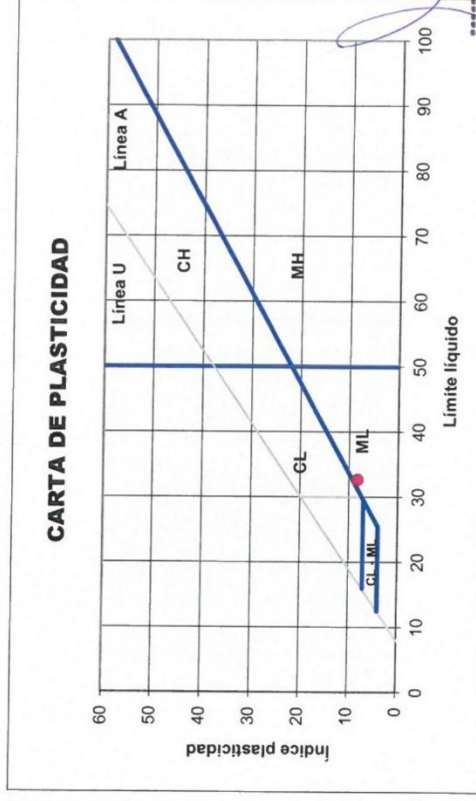
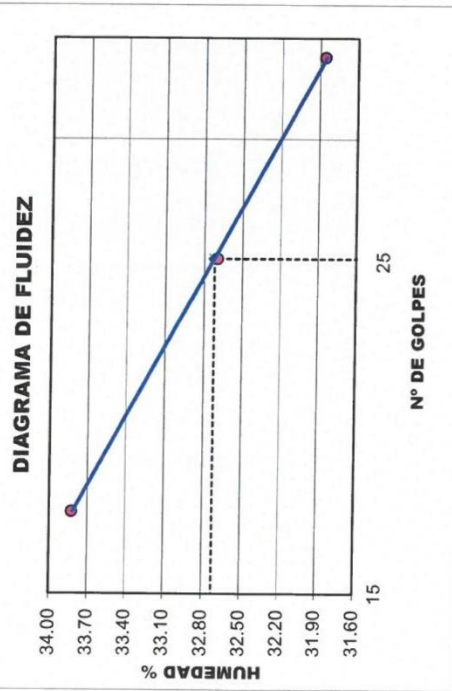
Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
CIP N° 132454
ESPECIALISTA EN GEOTECNICA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Proyecto : "EVALUACIÓN DE RESIDUOS LADRILLEROS RECICLADOS, PARA SU USO EN SUB BASE DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE VILCAS HUAMÁN - 2021"

Solicitante : BACH. MARTINEZ VÁSQUEZ BICKEL
 Cantera : MUESTRA 5 (80% SUELO NATURAL - 20% RESIDUOS LADRILLEROS)
 Material : SUB BASE GRANULAR
 Fecha : ABRIL DE 2021

Region : AYACUCHO
 Provincia : VILCAS HUAMÁN
 Distrito : VILCAS HUAMÁN
 Lugar : VILCAS HUAMÁN

LÍMITES DE CONSISTENCIA		LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D-4319, MTC E 111-2016)		LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D-4319, MTC E 111-2016)		LÍMITES DE CONSISTENCIA	
Tara Número	Unidades	83	59	98	5	19	
Peso Recipiente + Suelo Húmedo	gr	77.02	74.68	77.99	32.52	24.13	LL (%) = 32.7
Peso Recipiente + Suelo Seco	gr	71.97	69.55	73.23	31.35	22.93	LP (%) = 24.5
Peso del Recipiente	gr	57.04	53.86	58.29	26.50	18.11	LL - LP = IP (%) = 8.2
Peso del Suelo Seco	gr	14.93	15.69	14.94	4.85	4.82	
Peso del Agua	gr	5.05	5.13	4.76	1.17	1.20	
Contenido de Humedad	%	33.8	32.7	31.9	24.1	24.9	
Número de Golpes		17	25	34			



INGEOMAX
 Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
 CIP 1272754
 ESPECIALISTA EN GEOTECNICA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Proyecto : "EVALUACIÓN DE RESIDUOS LADRILLEROS RECICLADOS, PARA SU USO EN SUB BASE DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE VILCAS HUAMÁN - 2021"
 Solicitante : BACH. MARTINEZ VÁSQUEZ BICKEL
 Calicata : MUESTRA 5 (80% SUELO NATURAL - 20% RESIDUOS LADRILLEROS)
 Material : SUB BASE GRANULAR
 Fecha : ABRIL DE 2021

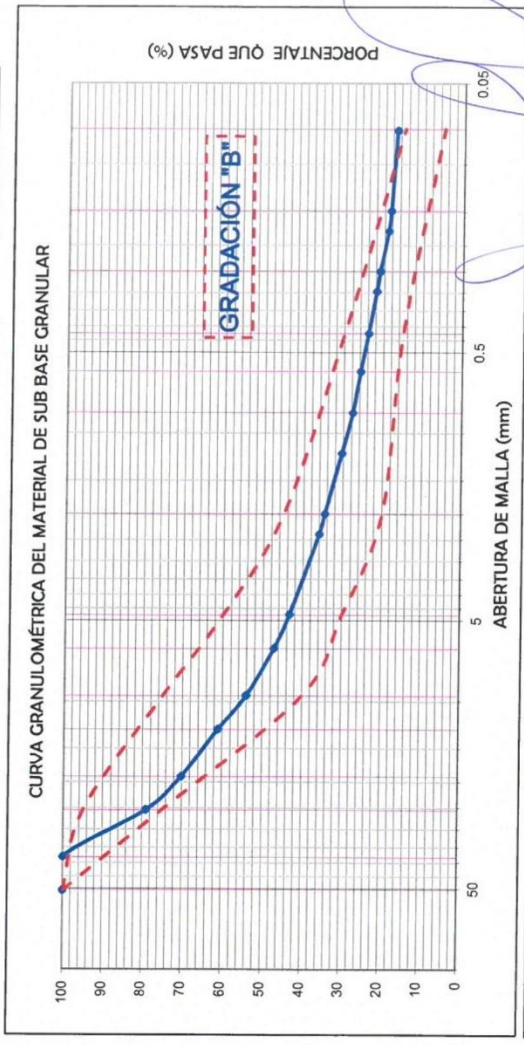
Region : AYACUCHO
 Provincia : VILCAS HUAMÁN
 Distrito : VILCAS HUAMÁN
 Lugar : VILCAS HUAMÁN

ENSAYO ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS
(ASTM DE 422,D 4318, D 2487, D 2216, D 4254,D 854, DE 1557)

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				100.00
1"	25.400	383.75	21.01	21.01	78.99
3/4"	19.050	161.87	8.86	29.87	70.13
1/2"	12.700	167.25	9.15	39.02	60.98
3/8"	9.525	127.67	6.99	46.01	53.99
1/4"	6.350	125.16	6.85	52.86	47.14
Nº 4	4.750	70.27	3.85	56.71	43.29
Nº 8	2.380	134.85	7.38	64.09	35.91
Nº 10	2.000	25.49	1.40	65.48	34.52
Nº 16	1.190	76.04	4.16	69.65	30.35
Nº 20	0.840	48.14	2.64	72.28	27.72
Nº 30	0.590	35.42	1.94	74.22	25.78
Nº 40	0.426	35.52	1.94	76.16	23.84
Nº 50	0.297	35.66	1.95	78.12	21.88
Nº 60	0.250	15.16	0.83	78.95	21.05
Nº 80	0.177	37.23	2.04	80.98	19.02
Nº 100	0.149	11.47	0.63	81.61	18.39
Nº 200	0.075	26.51	1.45	83.06	16.94
FONDO LAVADO		307.58	16.84	99.90	0.00
TOTAL		1825.04			

DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		ENSAYO ESTANDAR	
Peso seco inicial (gr)	1826.90	% Grava	56.71
Peso seco lavado (gr)	1519.32	% Arena	26.36
Pérdida por lavado (gr)	307.58	% Finos	16.94

COEFICIENTES DE UNIFORMIDAD Y CURVATURA			
D10 (mm)	0.044	D30 (mm)	1.143
D15 (mm)	0.066	D50 (mm)	7.675
		D60 (mm)	12.255
		D85 (mm)	29.031
		Cu =	2.41



CLASIFICACION DE SUELOS	
AASHTO	SUCS
A-2-4 (0)	GM GRAVA LIMOSA CON ARENA


Ing. Máxwil Anthony Morote Arias
 CIP N° 13244
 ESPECIALISTA EN GEOTECNICA Y PAVIMENTOS

Proyecto : "EVALUACIÓN DE RESIDUOS LADRILLEROS RECICLADOS, PARA SU USO EN SUB BASE DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE VILCAS HUAMÁN - 2021"

Solicitante : BACH. MARTINEZ VÁSQUEZ BICKEL

Calicata : MUESTRA 5 (80% SUELO NATURAL - 20% RESIDUOS LADRILLEROS)

Material : SUB BASE GRANULAR

Fecha : ABRIL DE 2021

Region : AYACUCHO

Provincia : VILCAS HUAMÁN

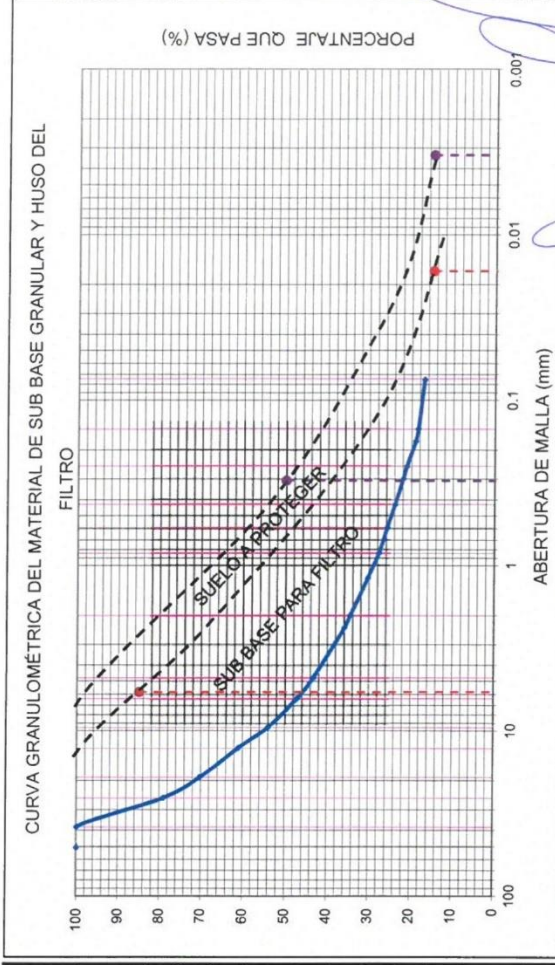
Distrito : VILCAS HUAMÁN

Lugar : VILCAS HUAMÁN

DETERMINACION DE HUSO GRANULOMETRICO PARA FILTRO

DEFINICIÓN : Dos factores principales influyen al seleccionar el material de un filtro: la granulometría para el material del filtro debe ser tal que: a) El suelo a proteger no sea lavado por el filtro b) que no se genere una carga de presión hidrostática excesiva en el suelo con un coeficiente inferior de permeabilidad.

RESUMEN ENSAYOS ESTÁNDAR		SUELO A PROTEGER	
DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		SUELO A PROTEGER	
SUELO A PROTEGER		Según Terzaghi y Peck 1967	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		$D_{85(F)} / 5 = < D_{85(S)}$ (mm) = 5.806	
% Grava		$D_{15(F)} / 4 = > D_{15(S)}$ (mm) = 0.017	
% Arena		Según el Departamento de Marina de los Estados Unidos 1971	
% de Finos		$D_{50(F)} / 25 = < D_{50(S)}$ = 0.307	
COEFICIENTES DE UNIFORMIDAD Y CURVATURA		$D_{15(F)} / 20 = < D_{15(S)}$ = 0.003	
$D_{10} = D_{60(mm)}$ = 0.044		CLASIFICACION DE SUELOS	
$D_{30(mm)}$ = 1.143		Clasificación SUCS	
$D_{60(mm)}$ = 12.255		GRAVA LIMOSA CON ARENA	
Cu = 276.77		Clasificación AASHTO	
Cc = 2.41		A-2-4 (0)	
$D_{15(mm)}$ = 0.066			
$D_{50(mm)}$ = 7.875			
$D_{85(mm)}$ = 29.031			





INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Proyecto : "EVALUACIÓN DE RESIDUOS LADRILLEROS RECICLADOS, PARA SU USO EN SUB BASE DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE VILCAS HUAMÁN - 2021"

Solicitante : BACH. MARTINEZ VÁSQUEZ BICKEL

Calicata : MUESTRA 5 (80% SUELO NATURAL - 20% RESIDUOS LADRILLEROS)

Estrato : SUB BASE GRANULAR

Fecha : ABRIL DE 2021

Region : AYACUCHO

Provincia : VILCAS HUAMÁN

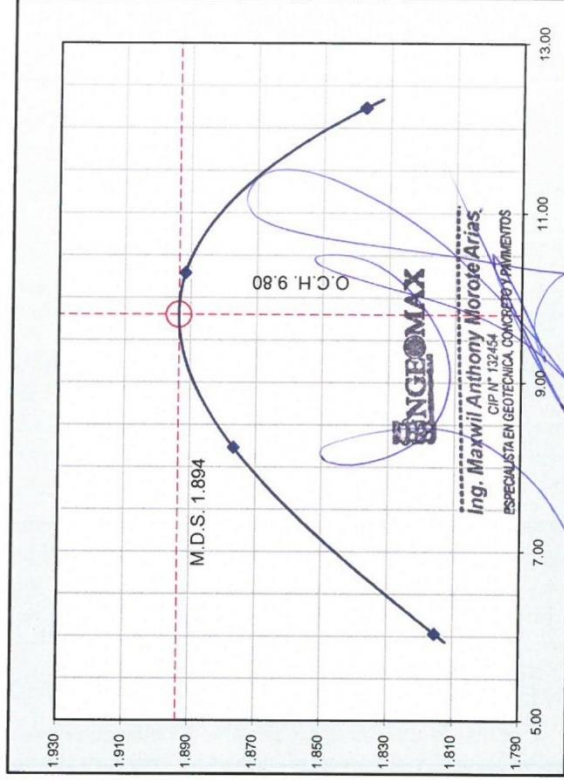
Distrito : VILCAS HUAMÁN

Lugar : VILCAS HUAMÁN

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D 1557)

DEFINICIÓN : En mecánica de suelos, el ensayo de compactación Proctor es uno de los más importantes procedimientos de estudio y control de calidad de la compactación de un terreno, con el que determinamos el Óptimo Contenido de Humedad (OCH) bajo el cual se alcanza la máxima densidad seca (MDS) de un suelo.

COMPACTACIÓN DEL SUELO			
Equipo de compactación	Manual	Molde N°	N° de Golpes
Método	"C"	Ø del Molde	N° de Capas
Peso suelo + molde	gr	10024	10251
Peso molde	gr	5909	5909
Peso suelo húmedo compactado	gr	4115	4342
Volumen del molde	cm ³	2137.75	2137.75
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	1.925	2.031
HUMEDAD DEL SUELO COMPACTADO			
Recipiente	N°	113	110
Peso del suelo húmedo + tara	gr	273.06	288.43
Peso del suelo seco + tara	gr	259.53	269.16
Peso del recipiente	gr	35.31	35.05
Peso de agua	gr	13.5	19.3
Peso del suelo seco	gr	224.2	234.1
Contenido de agua	%	6.00	8.20
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.816	1.877
			1.891
			1.838



Máxima Densidad Seca (gr/cc)	1.894
Óptimo Contenido de Humedad (%)	9.8



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Proyecto : "EVALUACIÓN DE RESIDUOS LADRILLEROS RECICLADOS, PARA SU USO EN SUB BASE DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE VILCAS HUAMÁN - 2021"

Solicitante : BACH. MARTINEZ VÁSQUEZ BICKEL

Calicata : MUESTRA 5 (80% SUELO NATURAL - 20% RESIDUOS LADRILLEROS)

Material : SUB BASE GRANULAR

Fecha : ABRIL DE 2021

Region : AYACUCHO
 Provincia : VILCAS HUAMÁN
 Distrito : VILCAS HUAMÁN
 Lugar : VILCAS HUAMÁN

C.B.R. (California Bearing Ratio) ASTM D-1585, MTC E 132

DEFINICIÓN : El CBR de un suelo es la carga unitaria correspondiente a 0.1" ó 0.2" de penetración, expresada en por ciento con respecto a un valor estándar. El ensayo permite obtener un número de la relación de soporte, que no es constante para un suelo dado sino que se aplica solo al estado en el cual se encontraba el suelo durante el ensayo.

COMPACTACIÓN DEL SUELO			
Molde	N°	17	23
Capas	N°	5	
Golpes / Capa	N°	56	25
Peso suelo + molde	gr	12935	11609
Peso molde	gr	8491	7634
Peso suelo húmedo compactad	gr	4444	3975
Volumen del molde	cm ³	2136.53	2110.30
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	2.080	1.884
HUMEDAD OPTIMA DEL SUELO COMPACTADO			
Recipiente	N°	35	36
Peso del suelo húmedo + tara	gr	59.12	58.62
Peso del suelo seco + tara	gr	56.42	55.88
Peso del recipiente	gr	28.88	27.89
Peso de agua	gr	2.7	2.7
Peso del suelo seco	gr	27.5	28.0
Contenido de agua	%	9.8	9.8
Contenido de agua promedio		9.8	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.894	1.809
			1.716

EXPANSIÓN MOLDE			17
Fecha	Hora	mm	%
abr-21	10:00	116.00	0.00%
abr-21	10:00	116.00	0.00%
abr-21	10:00	116.00	0.00%
abr-21	10:00	116.00	0.00%
abr-21	10:00	116.00	0.00%
EXPANSIÓN MOLDE			23
abr-21	10:00	117.15	0.00%
abr-21	10:00	117.15	0.00%
abr-21	10:00	117.15	0.00%
abr-21	10:00	117.15	0.00%
abr-21	10:00	117.15	0.00%
EXPANSIÓN MOLDE			12
abr-21	10:00	117.15	0.00%
abr-21	10:00	117.15	0.00%
abr-21	10:00	117.15	0.00%
abr-21	10:00	117.15	0.00%

PENETRACIÓN											
CAPACIDAD: 5.0 Tn (Lector Digital)											
Molde			17			23			12		
Penetración (mm)	Carga Estándar (Lbs/cm ²)	Carga (Lbs)	Presión (Lbs/cm ²)	CBR corregido (%)	Carga (Lbs)	Presión (Lbs/cm ²)	CBR corregido (%)	Carga (Lbs)	Presión (Lbs/cm ²)	CBR corregido (%)	Carga (Lbs)
0.000	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.635	0.025	337	17	17	113	6	6	76	4	4	4
1.270	0.050	749	37	37	337	17	17	211	10	10	10
1.905	0.075	1128	56	56	693	34	34	427	21	21	21
2.540	0.100	154.32	70	45.36	896	45	29.16	487	24	14.90	24
3.810	0.150	1916	95	95	1232	61	61	609	30	30	30
5.080	0.200	231.49	116	50.11	1587	79	34.56	1051	52	20.74	52
6.350	0.250	2712	135	135	1963	98	98	1174	55	55	55
7.620	0.300	2867	142	142	2151	107	107	1254	62	62	62



INGEOMAX
 Ing. Maxwil Anthony Morúa Arias
 CIP N° 132464
 ESPECIALISTA EN GEOTECNICA Y PAVIMENTOS



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

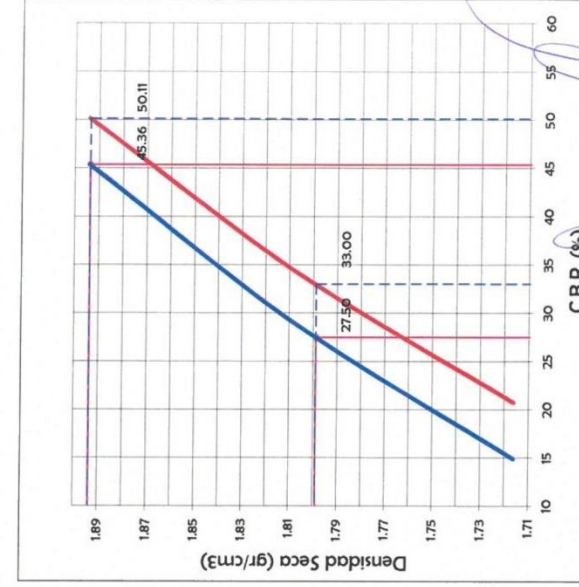
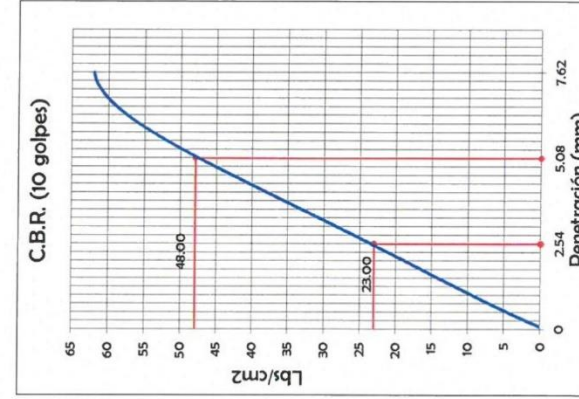
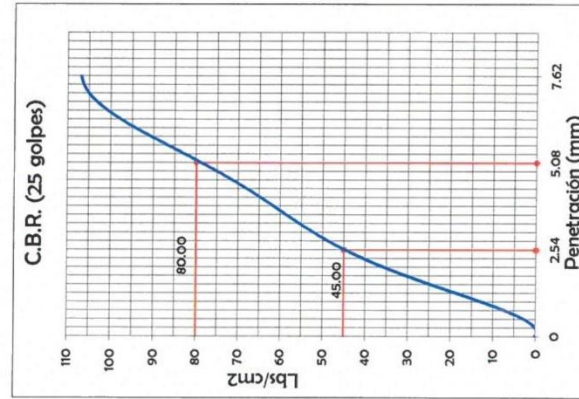
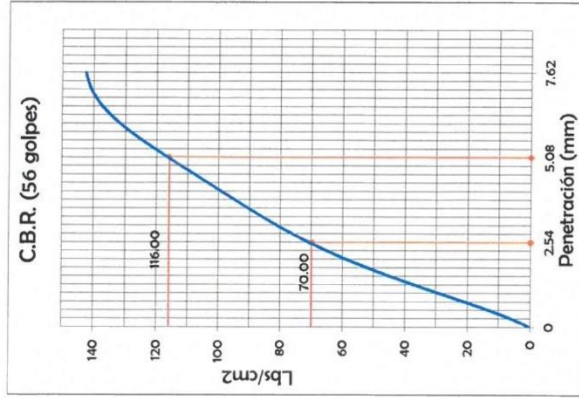
Proyecto : "EVALUACIÓN DE RESIDUOS LADRILLEROS RECICLADOS, PARA SU USO EN SUB BASE DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE VILCAS HUAMÁN - 2021"

Solicitante : BACH. MARTINEZ VÁSQUEZ BICKEL
 Calicata : MUESTRA 5 (80% SUELO NATURAL - 20% RESIDUOS LADRILLEROS)
 Material : SUB BASE GRANULAR
 Fecha : ABRIL DE 2021

Region : AYACUCHO
 Provincia : VILCAS HUAMÁN
 Distrito : VILCAS HUAMÁN
 Lugar : VILCAS HUAMÁN

C.B.R. (California Bearing Ratio) ASTM D-1585, MTC E 132

DEFINICIÓN : El CBR de un suelo es la carga unitaria correspondiente a 0.1" ó 0.2" de penetración, expresada en por ciento con respecto a un valor estándar. El ensayo permite obtener un número de la relación de soporte, que no es constante para un suelo dado sino que se aplica solo al estado en el cual se encontraba el suelo durante el ensayo.



DATOS DE LA COMPACTACIÓN DEL SUELO	
METODO DE COMPACTACION	ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	1.894
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	9.80

C.B.R. A 2.5 mm (0.1") DE PENETRACIÓN	
C.B.R. AL 100% DE LA MAXIMA DENSIDAD SECA	45.4%
C.B.R. AL 95% DE LA MAXIMA DENSIDAD SECA	27.5%
EXPANSIÓN (%)	0.00%

C.B.R. A 5 mm (0.2") DE PENETRACIÓN	
C.B.R. AL 100% DE LA MAXIMA DENSIDAD SECA	50.1%
C.B.R. AL 95% DE LA MAXIMA DENSIDAD SECA	33.0%
EXPANSIÓN (%)	0.00%

Maxwil Anthony Torate Arias
 CIP N° 13263
 INGENIERO EN GEOTECNICA COLABORADO Y PAVIMENTOS



INGEOMAX
S.A.C

INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS

EQUIVALENTE DE ARENA (ASTM D2419, MTC E 114)

Proyecto : "EVALUACIÓN DE RESIDUOS LADRILLEROS RECICLADOS, PARA SU USO EN SUB BASE DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE VILCAS HUAMÁN - 2021"

Solicitante	: BACH. MARTINEZ VÁSQUEZ BICKEL	Region	: AYACUCHO
Material	: MUESTRA 5 (80% SUELO NATURAL - 20% RESIDUOS LADRILLERO)	Provincia	: VILCAS HUAMÁN
Cantera	: SUB BASE GRANULAR	Distrito	: VILCAS HUAMÁN
Fecha	: ABRIL DE 2021	Lugar	: VILCAS HUAMÁN

Descripcion	Ensayo N° 1	Ensayo N° 1	Ensayo N° 2	Ensayo N° 3
Nivel superior de la muestra total	mm	196.0	196.0	203.0
Nivel del disco en el dispositivo de lecturas	mm	340.0	340.0	344.0
Altura del disco en el dispositivo de lecturas	mm	256.20	256.20	256.20
Nivel superior de la arena	mm	83.80	83.80	87.80
Temperatura del ensayo	°C	21.5	21.5	21.5
Equivalente de arena	%	43	43	43
EQUIVALENTE DE ARENA	%	43		

INGEOMAX

Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
CIP N° 131454
ESPECIALISTA EN GEOTECNICA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS

Proyecto : "EVALUACIÓN DE RESIDUOS LADRILLEROS RECICLADOS, PARA SU USO EN SUB BASE DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE VILCAS HUAMÁN - 2021"

Solicitante	: BACH. MARTINEZ VÁSQUEZ BICKEL	Region	: AYACUCHO
Cantera	: MUESTRA 5 (80% SUELO NATURAL - 20% RESIDUOS LADRILLEROS)	Provincia	: VILCAS HUAMÁN
Muestra	: SUB BASE GRANULAR	Distrito	: VILCAS HUAMÁN
Fecha	: ABRIL DE 2021	Lugar	: VILCAS HUAMÁN

INDICE DE APLANAMIENTO Y ALARGAMIENTO DE LOS AGREGADOS

ASTM D 4791, MTC E - 221

DATOS DE LA MUESTRA

Tamaño del Agregado		Gradación original (%)	Peso Total de Partículas	% Retenido Parcial	CHATAS 1:3			ALARGADAS 1:3		
Pasa Tamiz	Ret. en Tamiz				Peso de Partículas Chatas	Indice de Aplanamiento de la fraccion		Peso de Partículas Alargadas	Indice de Alargamiento de la fraccion	
2 1/2"	2"		0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00
2"	1 1/2"	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00
1 1/2"	1"	21.01	500.8	20.0	50.2	10.0	2.11	25.5	5.1	1.07
1"	3/4"	8.86	500.4	20.0	52.6	10.5	0.93	45.8	9.2	0.81
3/4"	1/2"	9.15	501.9	20.0	85.7	17.1	1.56	44.4	8.8	0.81
1/2 "	3/8 "	6.99	501.4	20.0	73.5	14.7	1.02	42.7	8.5	0.60
3/8"	1/4"	6.85	500.7	20.0	75.5	15.1	1.03	42.9	8.6	0.59
					Total Chatas		6.7%	Total Alargadas		3.9%

TOTAL CHATAS	6.7%
TOTAL ALARGADAS	3.9%
TOTAL CHATAS Y ALARGADA:	10.5%



Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
CIP N° 132454
ESPECIALISTA EN GEOTECNICA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ABRASION LOS ANGELES (L.A) AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS MENORES A 1 1/2" (MTC E 207-2016)

Proyecto : "EVALUACIÓN DE RESIDUOS LADRILLEROS RECICLADOS, PARA SU USO EN SUB BASE DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE VILCAS HUAMÁN - 2021"

Solicitante : BACH. MARTINEZ VÁSQUEZ BICKEL

Cantera : MUESTRA 5 (80% SUELO NATURAL - 20% RESIDUOS LADRILLEROS)

Material : SUB BASE GRANULAR

Fecha : ABRIL DE 2021

Region : AYACUCHO

Provincia : VILCAS HUAMÁN

Distrito : VILCAS HUAMÁN

Lugar : VILCAS HUAMÁN

Granulometría de la muestra del agregado para ensayo

Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	A (12 esf) Peso (gr)	B (11 esf) Peso (gr)	C (8 esf) Peso (gr)	D (6 esf) Peso (gr)
1 1/2"	1"	1250.00			
1"	3/4"	1250.00			
3/4"	1/2"	1250.00			
1/2"	3/8"	1250.00			
3/8"	1/4"				
1/4"	Nº 4				
Nº 4	Nº 8				
TOTAL (gramos)		5,000.00			

Muestra despues del ensayo

Peso de la muestra despues del ensayo	3,240.0
% de Desgaste	35

DIRECCION: JR. CIBO ALEGRIA N° 416 - JESUS NAZARENO - Ayacucho. CEL: 999524400, RPN: 099924410, EMAIL: ingenieros@ngemax.com, comercial@ngemax.com



Ing. Maxwil Anthony Morole Arias
 CIP Nº: 122454
 ESPECIALISTA EN GEOTECNICA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



INGEOMAX
S.A.C.

INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS

ANALISIS QUIMICO DE SUELOS
(ASTM D-1989, ASTM D-516, ASTM D-512).

Proyecto : "EVALUACIÓN DE RESIDUOS LADRILLEROS RECICLADOS, PARA SU USO EN SUB BASE DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE VILCAS HUAMÁN - 2021"

Solicitante	: BACH. MARTINEZ VÁSQUEZ BICKEL	Region	: AYACUCHO
Calicata	: MUESTRA 5 (80% SUELO NATURAL - 20% RESIDUOS LADRILLE	Provincia	: VILCAS HUAMÁN
Estrato	: SUB BASE GRANULAR	Distrito	: VILCAS HUAMÁN
Fecha	: ABRIL DE 2021	Lugar	: VILCAS HUAMÁN

MUESTRA		ELEMENTOS			
		SALES SOLUBLES TOTALES	CLORUROS	SULFATOS	PH
: MUESTRA 5 (80% SUELO NATURAL - 20% RESIDUOS LADRILLEROS)	: SUB BASE GRANULAR	950.3 ppm	985.1 ppm	778.1 ppm	8.07
: MUESTRA 5 (80% SUELO NATURAL - 20% RESIDUOS LADRILLEROS)	: SUB BASE GRANULAR	0.10%	0.10%	0.08%	8.07

POR LOS RESULTADOS SE MENCIONA QUE NO EXISTE PROBLEMAS DE ATAQUES DE SULFATOS NI CLORUROS POR PARTE DEL MATERIAL.

DIRECCION: JR. CIRO ALEGRIA N° 416 - JESUS NAZARENO - Ayacucho, CEL: 999526400, RPM: #999526400, EMAIL: ingenieria@ingemaxsac.com, comercial@ingemaxsac.com



Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
CIP N° 127754
ESPECIALISTA EN GEOTECNICA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ANEXO 06: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN



LABORATORIO DE METROLOGÍA
CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA

LABORATORIO S.A.C.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N°168-2020 GLT

Página 1 de 4

Fecha de Emisión : 2020-08-18

1. SOLICITANTE : INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO S.A.C

DIRECCIÓN : JR. CIRO ALEGRIA NRO. 416 SEC. LAS NAZARENAS AYACUCHO - HUAMANGA - JESUS NAZAREN

2. EQUIPO DE MEDICIÓN: HORNO ELÉCTRICO

MARCA : PINZUAR LTDA.

MODELO : PG - 190

NÚMERO DE SERIE : 228

PROCEDENCIA : COLOMBIA

IDENTIFICACIÓN : EQ - HN - 01

UBICACIÓN : Laboratorio

Descripción del Termometro del Equipo

Tipo : Digital

Alcance de Indicación : 5 °C a 200 °C

División de Escala : 0.1 °C

3. FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN

Calibrado el 2020-08-06

La calibración se realizó en el LAB. DE SUELOS Y CONCRETO - INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO S.A.C

4. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación directa con termómetros patrones calibrados que tienen trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990, se usó el procedimiento PC-018 "Calibración de Medios con Aire como Medio Termostático", edición 2, Junio 2009; del SNM-INDECOPI - Perú.

5. CONDICIONES DE CALIBRACIÓN

	Inicial	Final
Temperatura °C	23.9	23.9
Humedad Relativa %HR	24	26

6. TRAZABILIDAD

Los resultados de calibración tienen trazabilidad a los patrones nacionales, reportados de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
TOTAL WEIGHT	Termómetro de indicación digital de 10 termocuplas	CC - 2505 - 2019

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

G & L LABORATORIO S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.



Téc. Milvia Huamán Rogojoma
Responsable del Laboratorio de Metrología

7. RESULTADOS DE MEDICIÓN

TEMPERATURA DE TRABAJO : 110°C ± 10 °C

Tiempo (min)	Termómetro del equipo (°C)	Indicación termómetros patrones (°C)										T. Prom. (°C)	Tmax-Tmin. (°C)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110.0	113.7	110.4	107.5	107.3	108.1	110.3	110.4	108.4	108.6	110.0	109.5	6.4
02	110.0	114.4	110.7	107.8	107.2	108.3	110.6	110.7	108.5	108.7	110.3	109.7	7.2
04	109.8	114.6	110.8	107.9	107.4	108.6	110.3	110.3	108.3	108.3	110.0	109.7	7.2
06	110.0	114.2	110.5	107.9	107.3	108.0	110.0	110.3	108.2	108.1	109.5	109.4	6.9
08	109.9	114.2	110.3	107.5	106.9	108.3	110.3	110.2	108.5	108.7	109.7	109.5	7.3
10	110.0	114.4	110.7	107.9	107.1	108.3	110.4	110.6	108.5	108.4	110.0	109.6	7.3
12	109.9	114.5	110.8	107.7	107.3	108.3	110.5	110.5	108.5	108.4	110.1	109.7	7.2
14	109.9	114.5	110.8	107.7	107.3	108.4	110.3	110.5	108.4	108.4	110.0	109.6	7.2
16	110.0	114.1	110.6	107.9	107.5	108.5	110.4	110.5	108.5	108.3	109.9	109.6	6.6
18	110.0	114.2	110.6	107.7	107.1	108.2	110.2	110.4	108.4	108.2	109.8	109.5	7.1
20	109.8	114.2	110.5	107.6	107.0	108.1	110.1	110.3	108.2	108.2	109.7	109.4	7.2
22	110.0	114.0	110.4	107.4	106.8	108.0	110.0	110.0	108.1	107.9	109.3	109.2	7.2
24	109.8	113.4	110.0	107.1	106.6	107.7	109.7	109.8	107.7	107.7	110.0	109.0	6.8
26	110.0	113.7	110.4	107.5	107.3	108.1	110.3	110.4	108.4	108.6	110.0	109.5	6.4
28	110.0	114.4	110.7	107.8	107.2	108.3	110.6	110.7	108.5	108.7	110.3	109.7	7.2
30	110.0	114.6	110.8	107.9	107.4	108.6	110.3	110.3	108.3	108.3	110.0	109.7	7.2
32	109.9	114.2	110.5	107.9	107.3	108.0	110.0	110.3	108.2	108.1	109.5	109.4	6.9
34	110.0	114.2	110.3	107.5	106.9	108.3	110.3	110.2	108.5	108.7	109.7	109.5	7.3
36	109.9	114.4	110.7	107.9	107.1	108.3	110.4	110.6	108.5	108.4	110.0	109.6	7.3
38	109.9	114.5	110.8	107.7	107.3	108.3	110.5	110.5	108.5	108.4	110.1	109.7	7.2
40	109.9	114.5	110.8	107.7	107.3	108.4	110.3	110.5	108.4	108.4	110.0	109.6	7.2
42	110.0	114.1	110.6	107.9	107.5	108.5	110.4	110.5	108.5	108.3	109.9	109.6	6.6
44	110.0	114.2	110.6	107.7	107.1	108.2	110.2	110.4	108.4	108.2	109.8	109.5	7.1
46	109.8	114.2	110.5	107.6	107.0	108.1	110.1	110.3	108.2	108.2	109.7	109.4	7.2
48	109.8	114.0	110.4	107.4	106.8	108.0	110.0	110.0	108.1	107.9	109.3	109.2	7.2
50	110.0	114.4	110.7	107.9	107.1	108.3	110.4	110.6	108.5	108.4	110.0	109.6	7.3
52	110.0	114.5	110.8	107.7	107.3	108.3	110.5	110.5	108.5	108.4	110.1	109.7	7.2
54	110.0	114.5	110.8	107.7	107.3	108.4	110.3	110.5	108.4	108.4	110.0	109.6	7.2
56	110.0	114.1	110.6	107.9	107.5	108.5	110.4	110.5	108.5	108.3	109.9	109.6	6.6
58	109.9	114.2	110.6	107.7	107.1	108.2	110.2	110.4	108.4	108.2	109.8	109.5	7.1
60	109.9	114.2	110.5	107.6	107.0	108.1	110.1	110.3	108.2	108.2	109.7	109.4	7.2
T. PROM.	109.9	114.2	110.6	107.7	107.2	108.2	110.3	110.4	108.4	108.3	109.9	109.5	
T. MAX	110.0	114.6	110.8	107.9	107.5	108.6	110.6	110.7	108.5	108.7	110.3		
T. MIN	109.8	113.4	110.0	107.1	106.6	107.7	109.7	109.8	107.7	107.7	109.3		
DTT	0.2	1.2	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	1.0	1.0		

PARÁMETRO	VALOR (°C)	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (°C)
Máxima Temperatura Medida	114.6	0.3
Mínima Temperatura Medida	106.6	0.3
Desviación de Temperatura en el Tiempo	1.2	0.1
Desviación de Temperatura en el Espacio	7.1	0.3
Estabilidad Medida (±)	0.6	0.04
Uniformidad Medida	7.3	0.3

T: PROM: Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
T. Prom: Promedio de las temperaturas en las diez posiciones de medición en un instante dado.
T. MAX: Temperatura máxima.
T. MIN: Temperatura mínima.
DTT: Desviación de temperatura en el tiempo.



G&L LABORATORIO S.A.C

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60 Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos – Lima
Teléfono: (01) 622 – 5814
Celular: 992 – 302 – 883 / 962 – 227 – 858

Correo: servicios@qyllaboratorio.com / laboratorio.qyllaboratorio@gmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO S.A.C



LABORATORIO DE METROLOGÍA
CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N°168-2020 GLT

Página 3 de 4

8. OBSERVACIONES

Los resultados obtenidos corresponden al promedio de 31 lecturas por punto de medición considerando, luego del tiempo de estabilización.

Las lecturas se iniciaron luego de un precalentamiento y estabilización de 2 min.

El esquema de distribución y posición de los termocuplas calibrados en los puntos de medición se muestra en la página 4.

(*) Código asignado por G&L LABORATORIO S.A.C

Para la temperatura de 110°C

La calibración se realizó sin carga.

El promedio de temperatura durante la medición fue 110 °C.

Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".

La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.

NOTA:

Los resultados contenidos en el presente documento son válidos únicamente para las condiciones del equipo durante la calibración. G&L LABORATORIO SAC. no se responsabiliza de ningún perjuicio que pueda derivarse del uso inadecuado del objeto calibrado.

Una copia de este documento será mantenido en archivo electrónico en el laboratorio por un periodo de por lo menos 4 años.



G&L LABORATORIO S.A.C

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60 Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos – Lima

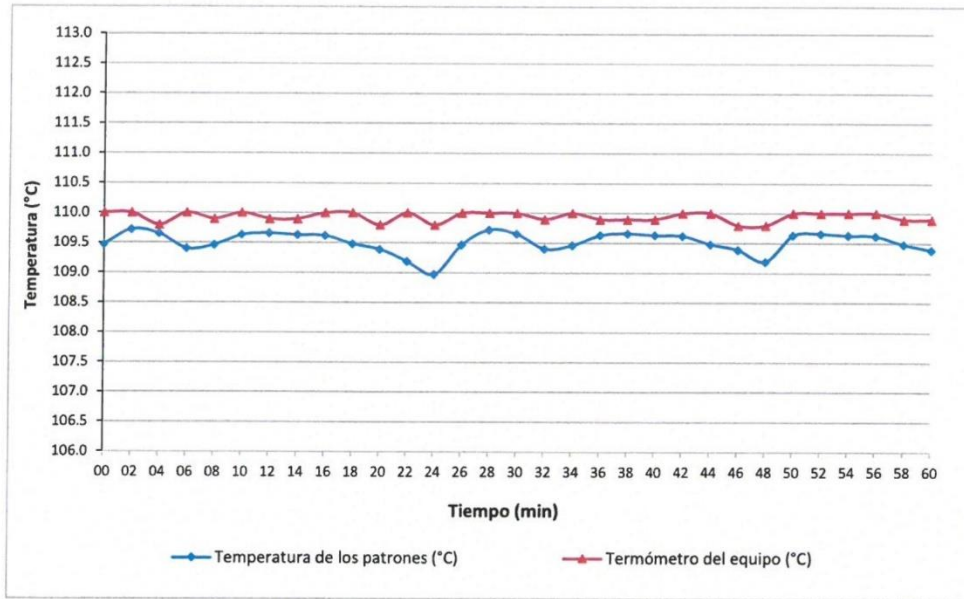
Teléfono: (01) 622 – 5814

Celular: 992 – 302 – 883 / 962 – 227 – 858

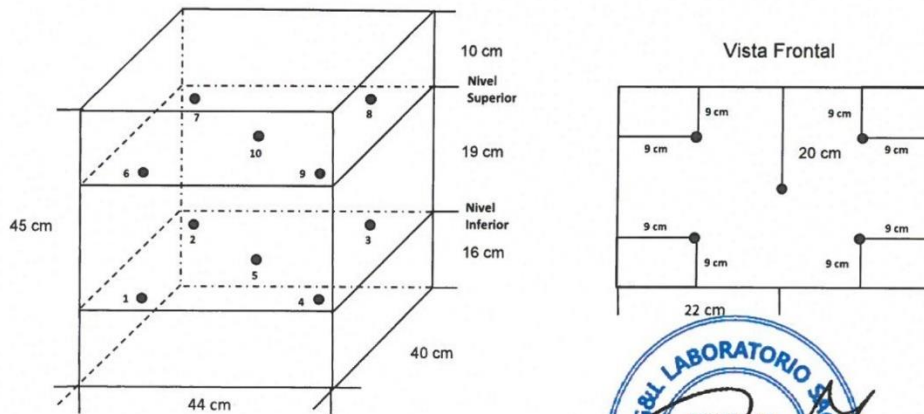
Correo: servicios@gyllaboratorio.com / laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACION DE G&L LABORATORIO S.A.C

DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURA EN EL EQUIPO
TEMPERATURA DE TRABAJO 110°C



UBICACIÓN DE LOS SENSORES



Los sensores se colocaron a 6 cm de altura sobre sus respectivos niveles.



G&L LABORATORIO S.A.C

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60 Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos - Lima

Teléfono: (01) 622 - 5814

Celular: 992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo: servicios@gvlaboratorio.com / laboratorio.gvlaboratorio@gmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACION DE G&L LABORATORIO S.A.C



LABORATORIO DE METROLOGÍA
CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA

LABORATORIO S.A.C.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN – LABORATORIO DE FUERZA

Calibration Certificate – Laboratory of Force

OBJETO DE PRUEBA:

Instrument

Rangos

Measurement range

FABRICANTE

Manufacturer

Modelo

Model

Serie

Identification number

Ubicación de la máquina

Location of the machine

Norma de referencia

Norm of used reference

Intervalo calibrado

Calibrated interval

Solicitante

Customer

Dirección

Address

Ciudad

City

PATRON(ES) UTILIZADO(S)

Measurement standard

Tipo / Modelo

Type / Model

Rangos

Measurement range

Fabricante

Manufacturer

No. serie

Identification number

Certificado de calibración

Calibration certification

Incertidumbre de medida

Uncertainty of measurement

Método de calibración

Method of calibration

Unidades de medida

Units of measurement

FECHA DE CALIBRACIÓN

Date of calibration

FECHA DE EXPEDICIÓN

Date of issue

NÚMERO DE PÁGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS

Number of pages of this certificate and documents attached

FIRMAS AUTORIZADAS

Authorized Signature(s)

Téc. Germán A. Huamani Poquioma
Responsable Laboratorio de Metrología

MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN

50 kN

PINZUAR LTDA.

PA – 9

051

LAB. DE SUELOS Y CONCRETO - INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO S.A.C

NTC – ISO 7500 – 1 (2007 – 07 – 25)

Del 10% al 100% del Rango

INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO S.A.C

JR. CIRO ALEGRIA NRO. 416 SEC. LAS NAZARENAS AYACUCHO - HUAMANGA - JESUS NAZAF

AYACUCHO

T71P / DEF – A

5 tn

OHAUS / KELI

B504530209 / AGB8505

N° 301 – 2019 GLF

0.062 %

Comparación Directa

Sistema Internacional de Unidades (SI)

2020 – 08 – 06

2020 – 08 – 18

Pág. 1 de 3

3

LABORATORIO DE FUERZA
LABORATORIO S.A.C.
SUPERVISOR
LABORATORIO



G&L LABORATORIO S.A.C

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60 Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos – Lima

Teléfono: (01) 622 – 5814

Celular: 992 – 302 – 883 / 962 – 227 – 858

Correo: servicios@qvlaboratorio.com / laboratorio.qvlaboratorio@gmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO S.A.C



LABORATORIO DE METROLOGÍA
CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO **169-2020 GLF**

Pág. 2 de 3

Método de Calibración: FUERZA INDICADA CONSTANTE
Tipo de Instrumento: MÁQUINA MANUAL PARA CBR CON INDICADOR DIGITAL

DATOS DE LA CALIBRACIÓN

Dirección de la Carga: COMPRESIÓN **Resolución:** 0.0004 kN

Indicación de la Máquina		Series de medición: Indicación del Patrón				
		1 (ASC)	2 (ASC)	2 (DESC)	3 (ASC)	4 (ASC)
%	kN	kN	kN	No Aplica	kN	No Aplica
10	5.000	4.92	4.96		4.98	
20	10.000	9.85	9.93		9.86	
30	15.000	14.78	14.88		14.72	
40	20.000	19.76	19.85		19.87	
50	25.000	24.70	24.82	No Aplica	24.83	No Aplica
60	30.000	29.66	29.80		29.84	
70	35.000	34.62	34.77		34.61	
80	40.000	39.59	39.75		39.93	
90	45.000	44.50	44.72		44.68	
100	50.000	49.36	49.62		49.57	
Indicación después de Carga:		0.00	0.00		0.00	No Aplica

RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN

Indicación de la Máquina		Errores Relativos Calculados				Resolución Relativa a (%)	Incertidumbre Relativa U± (%) k=2
		Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Accesorios Acces. (%)		
10	5.000	0.94	1.21			0.008	0.719
20	10.000	1.21	0.81			0.004	0.519
30	15.000	1.40	1.08			0.003	0.638
40	20.000	0.87	0.55			0.002	0.355
50	25.000	0.87	0.52	No Aplica	No Aplica	0.002	0.351
60	30.000	0.78	0.60			0.001	0.379
70	35.000	0.96	0.46			0.001	0.314
80	40.000	0.61	0.86			0.001	0.504
90	45.000	0.82	0.49			0.001	0.319
100	50.000	0.98	0.53			0.001	0.336
Error Relativo de Cero fo (%)		0.00	0.00	0.00	0.00	No Aplica	

Técnico de Calibración: Gilmer Huamán Poquioma

CONDICIONES AMBIENTALES

La calibración se realizó bajo las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura Mínima: 26.7 °C
Temperatura Máxima: 26.8 °C

Humedad Mínima: 23.0 %Hr
Humedad Máxima: 24.0 %Hr



G&L LABORATORIO S.A.C

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60 Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos – Lima
Teléfono: (01) 622 – 5814
Celular: 992 – 302 – 883 / 962 – 227 – 858

Correo: servicios@qyllaboratorio.com / laboratorio.qyllaboratorio@gmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO S.A.C



LABORATORIO DE METROLOGÍA
CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO **169-2020 GLF**

Pág. 3 de 3

CLASIFICACIÓN DE MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN

Errores relativos absolutos máximos hallados					
Exactitud q(%)	Repetibilidad b(%)	Reversibilidad v(%)	Accesorios aces(%)	Cero fe(%)	Resolución a(%) en el 20%
1,40	1,08	No Aplica	No Aplica	0,00	0,004

De acuerdo con los datos anteriores y según las prescripciones de la norma técnica Peruana NTC-ISO 7500-1, la máquina de ensayos se clasifica: **CLASE 2 Desde el 20%**

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Procedimiento de calibración se realizó por el método de comparación directa utilizado patrones trazables de SI calibrados en las instituciones del LEDI-PUCP tomando como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción / compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza" – Julio 2006.

PATRONES DE REFERENCIA

El laboratorio de Metrología de G & L LABORATORIO S.A.C. asegura el mantenimiento y la trazabilidad de nuestra Celda de Carga HBM, #Serie: 87747 con LLF = 0,39, Patrón utilizado Celda de carga de 150 t. con incertidumbre del orden de 0,06 % con INFORME TÉCNICO LEA – PUCP, INF – LE – 191 – 18.

OBSERVACIONES .

1. Se realizó una inspección general de la máquina encontrándose en buen estado de funcionamiento
2. Los certificados de calibración sin las firmas no tienen validez .
3. El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición. "El tiempo entre las verificaciones depende del tipo de máquina de ensayo, de la norma de mantenimiento y de la frecuencia de uso. A menos que se especifique lo contrario, se recomienda que se realicen verificaciones a intervalos no mayores a 12 meses." (NTC-ISO 7 500-1)
4. "En cualquier caso, la máquina debe verificarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes." (NTC-ISO 7 500-1)
5. Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
6. Los resultados contenidos parcialmente en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos.
7. La calibración se realizó bajo condiciones establecidas en la NTC-ISO 7 500 - 1 de 2007, numeral 6,4,2. La cual especifica un intervalo de temperatura comprendido entre 10 °C y 35 °C; con una variación máxima de 2 °C durante cada serie de mediciones.
8. Se adjunta con el certificado la estampilla de calibración No. 169-2020 GLF

FIRMAS AUTORIZADAS

Téc. **Gilberto A. Huamán Foquioma**
Responsable Laboratorio de Metrología



G&L LABORATORIO S.A.C

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60 Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos – Lima
Teléfono: (01) 622 – 5814
Celular: 992 – 302 – 883 / 962 – 227 – 858

Correo: servicios@gvllaboratorio.com / laboratorio.gvllaboratorio@gmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO S.A.C



LABORATORIO DE METROLOGÍA
CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN 172 - 2020 GLML

Fecha : 2020-08-18

Solicitante: INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO S.A.C
Dirección: JR. CIRO ALEGRIA NRO. 416 SEC. LAS NAZARENAS AYACUCHO - HUAMANGA - JESUS NAZARENO
Instrumento / Tipo: MÁQUINA DE LOS ÁNGELES
Marca: PINZUAR LTDA.
Modelo / Serie: PC - 117 / 1288
Fecha de Calibración: 2020-08-06
Norma Utilizada Como Referencia: ASTM C 131 - 1
Instrumentos Utilizados: Pie de Rey Digital Certificado: N° CLM - 108 - 2019
 Balanza Ohaus Certificado: N° 0173 - 2020 GLM
 Cronómetro Certificado: N° 1025-4813435
Método de Calibración: Comparación Directa

Esferas Maquina de los Angeles				
Valor Nominal	Peso (g)	Diametro 1	Diametro 2	Promedio L
V	390 g - 445 g ± 1 g	(mm)	(mm)	(mm)
1	416.46	46.94	46.91	46.93
2	416.84	46.40	46.88	46.64
3	416.24	46.63	46.75	46.69
4	418.96	47.04	46.15	46.60
5	416.88	46.57	46.45	46.51
6	416.55	46.53	46.25	46.39
7	416.62	46.73	46.56	46.65
8	416.63	46.54	46.82	46.68
9	416.65	46.71	46.80	46.76
10	416.74	46.97	46.82	46.90
11	416.82	45.99	46.73	46.36
12	416.94	46.05	46.14	46.10
Masa Total	5002.33	5000 ± 25 g		

Numero de vueltas	
N° de vueltas programado en el indicador del equipo	N° de vueltas contadas
5	5
10	10
50	50
100	100
150	150
300	300
400	400
500	500
550	550

Numero de vueltas		
Tiempo	(min)	N° de vueltas contadas
1		31
6		188
12		376

Gilmer Antonio Huáman Poquioma
Responsable del Laboratorio de Metrología

(*) Este informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas, se refiere al momento y condiciones en que se realizaron. G & L LABORATORIO S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado del instrumento.

G&L LABORATORIO S.A.C

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60 Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos - Lima

Teléfono: (01) 622 - 5814

Celular: 992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo: servicios@gyllaboratorio.com / laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACION DE G&L LABORATORIO S.A.C



LABORATORIO DE METROLOGÍA
CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA

LABORATORIO S.A.C.

INFORME DE VERIFICACIÓN 236 - 2020 GLL - 2020

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 1 de 3

1. Expediente	236 - 2020	Este informe de verificación documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO S.A.C	
3. Dirección	JR. CIRO ALEGRIA NRO. 416 SEC. LAS NAZARENAS AYACUCHO - HUAMANGA - JESUS NAZARENO	Los resultados son validos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una nueva verificación, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
4. Instrumento de medición	EQUIPO - EQUIVALENTE DE ARENA	
Fabricante	PINZUAR LTDA.	
Modelo	PS - 7	
Procedencia	COLOMBIA	G & L LABORATORIO S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la verificación aquí declarados.
Número de Serie	853	
Código de Identificación	EQ - EA - 01 (*)	
5. Fecha de Verificación	2020-08-06	Este informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
6. Lugar de verificación	LAB. DE SUELOS Y CONCRETO – INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO S.A.C	El informe de verificación sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2020-08-18



G&L LABORATORIO S.A.C

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60 Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos – Lima

Teléfono: (01) 622 – 5814

Celular: 992 – 302 – 883 / 962 – 227 – 858

Correo: servicios@gvllaboratorio.com / laboratorio.gvllaboratorio@gmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO S.A.C



INFORME DE VERIFICACIÓN 236 - 2020 GLL - 2020

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 2 de 3

7. Método de Verificación

La verificación se realizó tomando las medidas del instrumento a verificar, teniendo como referencia la norma internacional ASTM D1556-07 "Standard Test Method for Density and Unit Weight of Soil in Place by Sand-Cone Method."

8. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
BLOQUES PATRÓN (Grado 0) LLA-142-2020 / DM - INACAL	PIE DE REY de 300 mm con exactitud de 23 µm	G&L LABORATORIO S.A.C. 248 - 2019 GLL
Regla de acero Clase I INACAL DM / LLA-339-2019	Regla de acero de 1000 mm con incertidumbre de 0,1 mm	INACAL DM LLA-0399-2019
Magnificador óptico con retícula de medición. INACAL DM / LLA-043-2017		

9. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	24.6 °C	24.8 °C
Humedad Relativa	25 %HR	25 %HR

10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de VERIFICADO.
- (*) Código indicado en una etiqueta adherido en el instrumento.



G&L LABORATORIO S.A.C

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60 Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos - Lima

Teléfono: (01) 622 - 5814

Celular: 992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo: servicios@gvllaboratorio.com / laboratorio.gvllaboratorio@gmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO S.A.C

INFORME DE VERIFICACIÓN
236 - 2020 GLL - 2020

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 3 de 3

11. Resultados

El equipo cumple con las especificaciones técnicas siguientes:

N° De Probeta	Diámetro del Cilindro (mm)	Altura (mm)	Masa de la Varilla Lastrada (g)	Dimensiones de la base del cilindro		
				Lado (mm)	Lado (mm)	Espesor (mm)
PROBETA 01	32.27	381.00	1001.0	102.30	102,07	11.97
PROBETA 02	32.08	381.00		102.05	101.56	11.84
PROBETA 03	32.09	381.00		102,12	102,11	11.70

Nota 1.- El rango admisible del diámetro es de $31,75 \pm 0,381$ mm.

Nota 2.- El valor admisible de la altura es de 381 mm (15 pulgadas)



Fin del documento



G&L LABORATORIO S.A.C

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60 Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos - Lima

Teléfono: (01) 622 - 5814

Celular: 992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo: servicios@qvlaboratorio.com / laboratorio.qvlaboratorio@gmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACION DE G&L LABORATORIO S.A.C



LABORATORIO DE METROLOGÍA
CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA

LABORATORIO S.A.C.

CERTIFICADO DE INSPECCIÓN N° 242 - 2020 GLW

Página 1 de 1

FECHA DE EMISIÓN : 2020-08-18

1. SOLICITANTE : INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO S.A.C

DIRECCIÓN : JR. CIRO ALEGRIA NRO. 416 SEC. LAS NAZARENAS AYACUCHO - HUAMANGA - JESUS NAZARENO

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : CAZUELA CASAGRANDE ELÉCTRICA DIGITAL

MARCA : PINZUAR LTDA. PROCEDENCIA : COLOMBIANA
MODELO : PS - 11A IDENTIFICACIÓN : EQ-CC-02
NÚMERO DE SERIE : 132 TIPO : DIGITAL
ALCANCE DE : 0 a 999 VUELTAS UBICACIÓN : LABORATORIO
DIV. DE ESCALA : 1 VUELTAS
FECHA DE INSPECCIÓN : 2020-08-06

3. PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN

Procedimiento de calibración Comparación directa con patrones calibrados.

4. LUGAR DE INSPECCIÓN

La inspección se realizó en el LAB. DE SUELOS Y CONCRETO DE INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO S.A.C.
JR. CIRO ALEGRIA NRO. 416 SEC. LAS NAZARENAS AYACUCHO - HUAMANGA - JESUS NAZARENO

5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura °C	23.9	23.9
Humedad Relativa %HR	25	25

6. TRAZABILIDAD

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

7. OBSERVACIONES

(*) Serie indicado en una etiqueta adherida al equipo.
El equipo cumple con la norma INV E125-07 / ASTM D 4318 / NTC 4630

8. RESULTADOS

CARACTERÍSTICAS	VALOR	UNIDAD
Peso de la copa y el soporte	207,90	g
Espesor de la copa	1,99	mm
Profundidad de la copa	26,51	mm
Altura de la base	51,23	mm
Ancho de la base	124,97	mm
Longitud de la base	151,71	mm


Téc. ~~Guillermo~~ **Antonio Blañan Poquioma**
Responsable del Laboratorio de Metrología.
G & L LABORATORIO S.A.C

TRAZABILIDAD: G&L LABORATORIO S.A.C. Asegura y mantiene la trazabilidad de los patrones empleados en esta inspección

(*) Este certificado de inspección expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas y se refiere al momento y condiciones en las que se realizaron.



G&L LABORATORIO S.A.C

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60 Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos - Lima

Teléfono: (01) 622 - 5814

Celular: 992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo: servicios@gvllaboratorio.com / laboratorio.gvllaboratorio@gmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO S.A.C

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CC-1232-2020

Requerimiento
2482-2020

Fecha de Emisión
2020-08-08

1. SOLICITANTE : INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO S.A.C.

Dirección : JR. CIRO ALEGRIA NRO. 416 SEC. LAS NAZARENAS AYACUCHO - HUAMANGA - JESUS NAZARENO.

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA

Tipo : ELECTRÓNICA
Clasificación : NO AUTOMÁTICA
Marca : OHAUS
Modelo : PAJ4102
Número de serie : B635963618
Identificación : EQ-BL-02
Procedencia : CHINA
Capacidad máxima : 4 100 g
Div. de escala (d) : 0,01 g
Div. de verificación (e) : 0,1 g
Clase de exactitud : II
Ubicación : LABORATORIO

Los resultados del presente certificado sólo son válidos para el instrumento calibrado, no pudiendo extenderse a ningún otro instrumento que no haya sido calibrado, así mismo, estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Total Weight & Systems S.A.C. no se responsabiliza por los perjuicios que pueda provocar cualquier interpretación errónea de los resultados del presente certificado.

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de Total Weight & Systems S.A.C.

Los certificados carecen de validez sin la firma y sellos de Total Weight & Systems S.A.C.

3. FECHA Y LUGAR DE LA CALIBRACIÓN

Calibrado el 2020-08-06 en INSTALACIONES DEL CLIENTE

4. MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010: "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase I y clase II" del INDECOPI.

5. TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración tienen trazabilidad a patrones nacionales e internacionales.

Patrones Utilizados	Certificado
Juego de pesas F1	CCP-0036-004-20

6. CONDICIONES DE CALIBRACIÓN

Temperatura Ambiental : De 22,7 °C a 22,9 °C
Humedad Relativa : De 26,0% H.R. a 27,0% H.R.



Ricardo Sotomayor Jaime
Ricardo Sotomayor Jaime
Gerente del LC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CC-1232-2020

7. RESULTADOS

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)	22,7	22,7
Humedad (%)	26,0	26,0

Carga L1 = 2 000,00 g		
I (g)	ΔL (g)	E (g)
2 000,00	0,005	0,001
2 000,00	0,007	-0,001
2 000,00	0,004	0,002
2 000,00	0,005	0,001
2 000,00	0,006	0,000
2 000,00	0,004	0,002
2 000,00	0,005	0,001
2 000,00	0,006	0,000
2 000,00	0,007	-0,001
2 000,00	0,004	0,002
Emáx - Emin = 0,003 g		
emp = 0,2 g		

Carga L2 = 4 100,00 g		
I (g)	ΔL (g)	E (g)
4 099,97	0,007	-0,029
4 099,97	0,006	-0,028
4 099,97	0,002	-0,024
4 099,97	0,007	-0,029
4 099,97	0,005	-0,027
4 099,97	0,003	-0,025
4 099,97	0,003	-0,025
4 099,97	0,006	-0,028
4 099,97	0,007	-0,029
4 099,97	0,008	-0,030
Emáx - Emin = 0,006 g		
emp = 0,3 g		

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	22,7	22,8
Humedad (%)	26,0	26,0

Posición de las Cargas

2	5
	1
3	4

Posición de la carga	Determinación de Eo				Determinación del error corregido Ec				
	Carga mínima (g)	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
1	0,10	0,10	0,005	0,000	1 400,00	1 400,00	0,007	-0,003	-0,003
2		0,10	0,007	-0,002		1 400,00	0,004	0,000	0,002
3		0,10	0,003	0,002		1 400,00	0,005	-0,001	-0,003
4		0,10	0,008	-0,003		1 400,00	0,004	0,000	0,003
5		0,10	0,005	0,000		1 400,00	0,007	-0,003	-0,003
Error Máximo Permisible		0,1 g			Error Máximo Permisible		0,2 g		

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CC-1232-2020

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	22,4	22,5
Humedad (%)	27,0	28,0

Carga L (g)	CARGA CRECIENTE				CARGA DECRECIENTE				± emp (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
0,10	0,10	0,006	-0,001	0,000	0,10	0,006	-0,001	0,000	0,1
0,50	0,50	0,006	-0,001	0,000	0,50	0,005	0,000	0,001	0,1
1,00	1,00	0,006	-0,001	0,000	1,00	0,007	-0,002	-0,001	0,1
10,00	10,00	0,007	-0,002	-0,001	10,00	0,006	-0,001	0,000	0,1
100,00	100,00	0,006	-0,001	0,000	100,00	0,005	0,000	0,001	0,1
1 000,00	1 000,00	0,007	-0,003	-0,002	1 000,00	0,004	0,000	0,001	0,2
1 500,00	1 500,00	0,004	-0,001	0,000	1 500,00	0,005	-0,002	-0,001	0,2
1 800,00	1 800,00	0,006	-0,003	-0,002	1 800,00	0,006	-0,003	-0,002	0,2
2 000,00	2 000,00	0,007	-0,001	0,000	2 000,00	0,004	0,002	0,003	0,2
3 000,00	3 000,00	0,002	0,003	0,004	3 000,00	0,003	0,002	0,003	0,3
3 500,00	3 500,00	0,007	-0,002	-0,001	3 500,00	0,005	0,000	0,001	0,3
4 100,00	4 099,97	0,008	-0,030	-0,029	4 099,97	0,008	-0,030	-0,029	0,3

L : Carga aplicada sobre la balanza (Pesa patrón).
I : Indicación de la balanza.

E : Error del valor de indicación.
Eo : Error en cero.

Ec : Error corregido.
ΔL : Incremento de pesas patrones.

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DE LA BALANZA

LECTURA CORREGIDA : $R_{\text{corregida}} = R + 1,29 \times 10^{-6} \times R$

INCERTIDUMBRE : $U_R = 2 \times \sqrt{2,17 \times 10^{-5} \text{ g}^2 + 1,35 \times 10^{-10} \times R^2}$

R : Es la lectura de la balanza obtenida después de la calibración expresada en g

La incertidumbre reportada en el presente certificado, U_R , es la incertidumbre expandida de la medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. Generalmente, el valor de la magnitud de medición está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una nueva calibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

8. OBSERVACIONES

Ajustar el nivel de la balanza y la indicación de cero antes de cada medición.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".

De acuerdo a la NMP-003-2009, el límite inferior de medida para esta balanza no debe ser menor de 0,5 g

Antes del ajuste, la indicación de la balanza fue de 4 099,65 g para una carga de 4 100,00 g

El ajuste de la balanza se realizó con las pesas de Total Weight & Systems S.A.C.

Fin del Documento

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CC-1233-2020

Requerimiento
2482-2020

Fecha de Emisión
2020-08-08

1. SOLICITANTE : INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO S.A.C.
Dirección : JR. CIRO ALEGRIA NRO. 416 SEC. LAS NAZARENAS AYACUCHO - HUAMANGA - JESUS NAZARENO.

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA

Tipo : ELECTRÓNICA
Clasificación : NO AUTOMÁTICA
Marca : OHAUS
Modelo : SCOUT PRO SP602
Número de serie : B321364212
Identificación : EQ-BL-01
Procedencia : CHINA
Capacidad máxima : 600 g
Div. de escala (d) : 0,01 g
Div. de verificación (e) : 0,1 g
Clase de exactitud : II
Ubicación : LABORATORIO

3. FECHA Y LUGAR DE LA CALIBRACIÓN

Calibrado el 2020-08-06 en INSTALACIONES DEL CLIENTE

4. MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010: "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase I y clase II" del INDECOPI.

5. TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración tienen trazabilidad a patrones nacionales e internacionales.

Patrones Utilizados	Certificado
Juego de pesas F1	CCP-0036-004-20

6. CONDICIONES DE CALIBRACIÓN

Temperatura Ambiental : De 22,9 °C a 23,2 °C
Humedad Relativa : De 27,0% H.R. a 28,0% H.R.

Los resultados del presente certificado sólo son válidos para el instrumento calibrado, no pudiendo extenderse a ningún otro instrumento que no haya sido calibrado, así mismo, estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Total Weight & Systems S.A.C. no se responsabiliza por los perjuicios que pueda provocar cualquier interpretación errónea de los resultados del presente certificado.

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de Total Weight & Systems S.A.C.

Los certificados carecen de validez sin la firma y sellos de Total Weight & Systems S.A.C.



Ricardo Sotomayor Jaime
Ricardo Sotomayor Jaime
Gerente del LC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CC-1233-2020

7. RESULTADOS

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)	22,9	22,9
Humedad (%)	27,0	27,0

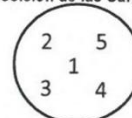
Carga L1 = 300,00 g		
I (g)	ΔL (g)	E (g)
300,00	0,005	0,000
300,00	0,005	0,000
300,00	0,007	-0,002
300,00	0,003	0,002
300,00	0,007	-0,002
300,00	0,007	-0,002
300,00	0,007	-0,002
300,00	0,007	-0,002
300,00	0,004	0,001
300,00	0,005	0,000
300,00	0,004	0,001
Emáx - Emin = 0,004 g		
emp = 0,1 g		

Carga L2 = 600,00 g		
I (g)	ΔL (g)	E (g)
599,97	0,003	-0,028
599,97	0,005	-0,030
599,97	0,005	-0,030
599,97	0,005	-0,030
599,97	0,005	-0,030
599,97	0,003	-0,028
599,97	0,003	-0,028
599,97	0,003	-0,028
599,97	0,005	-0,030
599,97	0,004	-0,029
599,97	0,004	-0,029
Emáx - Emin = 0,002 g		
emp = 0,2 g		

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	22,9	23,0
Humedad (%)	27,0	28,0

Posición de las Cargas



Posición de la carga	Determinación de Eo				Determinación del error corregido Ec				
	Carga mínima (g)	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
1	0,10	0,10	0,004	0,001	200,00	200,00	0,002	0,003	0,002
2		0,10	0,006	-0,001		200,00	0,005	0,000	0,001
3		0,10	0,008	-0,003		200,00	0,006	-0,001	0,002
4		0,10	0,003	0,002		200,00	0,008	-0,003	-0,005
5		0,10	0,004	0,001		200,00	0,004	0,001	0,000
Error Máximo Permissible				0,1 g	Error Máximo Permissible				0,1 g

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CC-1233-2020

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	22,6	22,8
Humedad (%)	29,0	29,0

Carga L (g)	CARGA CRECIENTE				CARGA DECRECIENTE				± emp (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
0,10	0,10	0,005	0,000	Ec (g)					
0,50	0,50	0,004	0,001	0,001	0,50	0,007	-0,002	-0,002	0,1
1,00	1,00	0,006	-0,001	-0,001	1,00	0,004	0,001	0,001	0,1
10,00	10,00	0,005	0,000	0,000	10,00	0,006	-0,001	-0,001	0,1
100,00	100,00	0,004	0,001	0,001	100,00	0,005	0,000	0,000	0,1
150,00	150,00	0,004	0,001	0,001	150,00	0,004	0,001	0,001	0,1
200,00	200,00	0,008	-0,003	-0,003	200,00	0,007	-0,002	-0,002	0,1
250,00	250,00	0,006	-0,001	-0,001	250,00	0,006	-0,001	-0,001	0,1
300,00	300,00	0,005	0,000	0,000	300,00	0,004	0,001	0,001	0,1
350,00	350,00	0,006	-0,001	-0,001	350,00	0,007	-0,002	-0,002	0,1
400,00	400,00	0,005	0,000	0,000	400,00	0,006	-0,001	-0,001	0,1
500,00	500,00	0,008	-0,003	-0,003	500,00	0,005	0,000	0,000	0,1
600,00	599,97	0,002	-0,027	-0,027	599,97	0,002	-0,027	-0,027	0,2

L : Carga aplicada sobre la balanza (Pesa patrón).
I : Indicación de la balanza.

E : Error del valor de indicación.
Eo : Error en cero.

Ec : Error corregido.
ΔL : Incremento de pesas patrones.

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DE LA BALANZA

LECTURA CORREGIDA : $R_{\text{corregida}} = R + 1,01 \times 10^{-5} \times R$

INCERTIDUMBRE : $U_R = 2 \times \sqrt{1,97 \times 10^{-5} \text{ g}^2 + 2,51 \times 10^{-10} \times R^2}$

R : Es la lectura de la balanza obtenida después de la calibración expresada en g

La incertidumbre reportada en el presente certificado, U_R , es la incertidumbre expandida de la medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. Generalmente, el valor de la magnitud de medición está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento de la ejecución de una nueva calibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

8. OBSERVACIONES

Ajustar el nivel de la balanza y la indicación de cero antes de cada medición.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".

De acuerdo a la NMP-003-2009, el límite inferior de medida para esta balanza no debe ser menor de 0,5 g

Antes del ajuste, la indicación de la balanza fue de 599,90 g para una carga de 600,00 g

El ajuste de la balanza se realizó con las pesas de Total Weight & Systems S.A.C.

Fin del Documento

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CC-1234-2020

Requerimiento

2482-2020

Fecha de Emisión

2020-08-08

1. SOLICITANTE : INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO S.A.C.

Dirección : JR. CIRO ALEGRIA NRO. 416 SEC. LAS NAZARENAS AYACUCHO - HUAMANGA - JESUS NAZARENO.

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA

Tipo : ELECTRÓNICA
Clasificación : NO AUTOMÁTICA
Marca : OHAUS
Modelo : R31P30
Número de serie : 8335460267
Identificación : NO INDICA
Procedencia : NO INDICA
Capacidad máxima : 30 000 g
Div. de escala (d) : 1 g
Div. de verificación (e) : 10 g
Clase de exactitud : III
Ubicación : LABORATORIO

3. FECHA Y LUGAR DE LA CALIBRACIÓN

Calibrado el 2020-08-06 en INSTALACIONES DEL CLIENTE

4. MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 1ra Edición, 2019: "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y clase IIII" del INACAL-DM.

5. TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración tienen trazabilidad a patrones nacionales e internacionales.

Patrones Utilizados	Certificado
Pesas M2 de 20 kg	CM-0990-2020
Pesas M2 de 10 kg	CM-0989-2020
Pesas M2 de 5 kg	CM-0988-2020
Juego de pesas M2	CM-0485-2020
Juego de pesas M2	CM-0507-2020

6. CONDICIONES DE CALIBRACIÓN

Temperatura Ambiental : De 22,1 °C a 22,5 °C
Humedad Relativa : De 25,9% H.R. a 28,2% H.R.

Los resultados del presente certificado sólo son válidos para el instrumento calibrado, no pudiendo extenderse a ningún otro instrumento que no haya sido calibrado, así mismo, estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Total Weight & Systems S.A.C. no se responsabiliza por los perjuicios que pueda provocar cualquier interpretación errónea de los resultados del presente certificado.

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de Total Weight & Systems S.A.C.

Los certificados carecen de validez sin la firma y sellos de Total Weight & Systems S.A.C.



Ricardo Sotomayor Jaime
Ricardo Sotomayor Jaime
Gerente del LC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CC-1234-2020

7. RESULTADOS

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)	22,1	22,1
Humedad (%)	25,9	25,9

Carga L1 = 15 001 g		
I (g)	ΔL (g)	E (g)
14 999	0,3	-1,5
14 999	0,8	-2,0
14 999	0,6	-1,8
14 999	0,4	-1,6
14 999	0,6	-1,8
14 999	0,6	-1,8
14 999	0,3	-1,5
14 999	0,8	-2,0
14 999	0,8	-2,0
14 999	0,4	-1,6
Emáx - Emin = 0,5 g		
emp = 20 g		

Carga L2 = 30 001 g		
I (g)	ΔL (g)	E (g)
30 000	0,7	-1,5
30 000	0,1	-0,9
30 000	0,6	-1,4
30 000	0,4	-1,2
30 000	0,1	-0,9
30 000	0,8	-1,6
30 000	0,6	-1,4
30 000	0,6	-1,4
30 000	0,4	-1,2
30 000	0,4	-1,2
Emáx - Emin = 0,7 g		
emp = 30 g		

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	22,1	22,3
Humedad (%)	25,9	27,1

Posición de las Cargas

2	5
1	
3	4

Posición de la carga	Determinación de Eo				Determinación del error corregido Ec				
	Carga mínima (g)	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
1	10	0	0,8	-10,3	10 000	10 000	0,4	-0,3	10,0
2		0	0,4	-9,9		9 999	0,8	-1,7	8,2
3		0	0,4	-9,9		9 999	0,6	-1,5	8,4
4		0	0,6	-10,1		10 000	0,8	-0,7	9,4
5		0	0,7	-10,2		10 000	0,8	-0,7	9,5
Error Máximo Permisible				10 g	Error Máximo Permisible				20 g

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CC-1234-2020

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	22,3	22,5
Humedad (%)	31,0	32,0

Carga L (g)	CARGA CRECIENTE				CARGA DECRECIENTE				± emp (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
10	10	0,8	-0,3						
100	100	0,6	-0,1	0,2	100	0,5	0,0	0,3	10
1 000	1 000	0,1	0,4	0,7	1 000	0,8	-0,3	0,0	10
2 500	2 500	0,4	0,0	0,3	2 500	0,4	0,0	0,3	10
4 000	4 000	0,4	-0,1	0,3	4 000	0,4	-0,1	0,3	10
5 000	5 000	0,5	-0,3	0,0	5 000	0,6	-0,4	-0,1	10
10 000	10 000	0,6	-0,5	-0,2	10 000	0,5	-0,4	-0,1	20
12 000	12 000	0,6	-0,6	-0,3	12 000	0,8	-0,8	-0,5	20
14 001	14 000	0,7	-0,7	-0,4	14 000	0,8	-0,8	-0,5	20
20 001	20 000	0,4	-0,8	-0,5	20 000	0,1	-0,5	-0,2	20
22 001	22 000	0,8	-1,3	-1,0	22 000	0,1	-0,6	-0,3	30
24 001	24 000	0,8	-1,3	-1,0	24 000	0,6	-1,1	-0,8	30
30 001	30 000	0,5	-1,3	-1,0	30 000	0,5	-1,3	-1,0	30

L : Carga aplicada sobre la balanza (Pesa patrón).

E : Error del valor de indicación.

Ec : Error corregido.

I : Indicación de la balanza.

Eo : Error en cero.

ΔL : Incremento de pesas patrones.

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DE LA BALANZA

LECTURA CORREGIDA : $R_{\text{corregida}} = R + 3,25 \times 10^{-5} \times R$

INCERTIDUMBRE : $U_R = 2 \times \sqrt{2,63 \times 10^{-1} g^2 + 3,71 \times 10^{-9} \times R^2}$

R : Es la lectura de la balanza obtenida después de la calibración expresada en g

La incertidumbre reportada en el presente certificado, U_R , es la incertidumbre expandida de la medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. Generalmente, el valor de la magnitud de medición está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una nueva calibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

8. OBSERVACIONES

Ajustar el nivel de la balanza y la indicación de cero antes de cada medición.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".

De acuerdo a la NMP-003-2009, el límite inferior de medida para esta balanza no debe ser menor de 20 g

Antes del ajuste, la indicación de la balanza fue de 29 994 g para una carga de 30 000 g

El ajuste de la balanza se realizó con las pesas de Total Weight & Systems S.A.C.

Fin del Documento

ANEXO 07: RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LOS ANTECEDENTES

Autor	Título de la investigación	Capa	Dosificación (%)	Muestras	Clasificación de suelos	Límite líquido	Límite plástico	Índice de plasticidad	Equivalente de arena	Máxima densidad seca	Humedad óptima	Índice de soporte California (CBR)	Abrasión Los Angeles	Partículas Chatas y Alargadas	Sales Solubles Totales	
Sales (2018)	Análise da mistura de chamote cerâmico com solo laterítico para a utilização nas camadas de base e sub-base de pavimentos rodoviários	Subbase de pavimento flexible	Suelo laterítico (100/0)	Suelo puro	A-1-a (0)	NP	NP	NP	30.5 %	2.334 kg./cm3	7.3 %	89.0 %	----	----	----	
			Suelo laterítico / Chamote (80/20)	CP-1	A-1-a (0) / excelente a bueno	NP	NP	NP	42.1 %	2.070 kg./cm3	10.9 %	73.0 %	----	----	----	
				CP-2					44.4 %	2.069 kg./cm3	10.7 %	98.0 %	----	----	----	
				CP-3					42.3 %	2.023 kg./cm3	11.4 %	81.0 %	----	----	----	
				CP-4					37.6 %	2.067 kg./cm3	10.9 %	72.0 %	----	----	----	
				CP-5					43.1 %	2.059 kg./cm3	10.4 %	86.0 %	----	----	----	
			Suelo laterítico / Chamote (70/30)	CP-1	A-1-b (0) / excelente a bueno	NP	NP	NP	42.6 %	1.995 kg./cm3	11.4 %	50.0 %	----	----	----	
				CP-2					40.0 %	1.975 kg./cm3	12.6 %	60.0 %	----	----	----	
				CP-3					52.4 %	2.002 kg./cm3	12.1 %	60.0 %	----	----	----	
				CP-4					53.8 %	1.945 kg./cm3	11.9 %	43.0 %	----	----	----	
				CP-5					43.5 %	1.992 kg./cm3	11.1 %	52.0 %	----	----	----	
			Suelo laterítico / Chamote (60/40)	CP-1	A-1-b (0) / excelente a bueno	NP	NP	NP	58.7 %	1.901 kg./cm3	14.3 %	36.0 %	----	----	----	
				CP-2					61.6 %	1.864 kg./cm3	15.7 %	35.0 %	----	----	----	
				CP-3					64.3 %	1.884 kg./cm3	14.1 %	32.0 %	----	----	----	
				CP-4					47.0 %	1.901 kg./cm3	14.6 %	39.0 %	----	----	----	
CP-5	57.6 %	1.888 kg./cm3		14.7 %					36.0 %	----	----	----				
Dias (2016)	Reutilização do resíduo cerâmico oriundo do polo oleiro de Iranduba e Manacapuru para emprego como elemento constituinte de base e sub-base de pavimento	subbase	Suelo Natural (SN)	SN	A-7-5 y CH	80.60 %	42.36 %	38.24 %	----	1.470 g/cm3	28.60 %	21.60 %	----	----	----	
			Residuo cerâmico (RC)	RC	----	----	----	----	----	----	----	----	35.40 %	----	----	
			80%SN + 20%RC	MSR4	----	74.14 %	37.35 %	36.79 %	----	1.630 g/cm3	18.96 %	36.70 %	----	----	----	
			60%SN + 40%RC	MSR3	----	76.92 %	38.97 %	37.95 %	----	1.600 g/cm3	22.79 %	18.90 %	----	----	----	
			40%SN + 60%RC	MSR2	----	79.66 %	40.08 %	39.58 %	----	1.590 g/cm3	24.16 %	14.26 %	----	----	----	
			20%SN + 80%RC	MSR1	----	81.20 %	42.18 %	39.02 %	----	1.530 g/cm3	25.96 %	13.73 %	----	----	----	
			Suelo arenoso (SA)	SA	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
			80%SA + 20%RC	MSAR4	----	32.85 %	14.03 %	18.82 %	----	1.720 g/cm3	15.09 %	99.55 %	-----	----	----	
			60%SA + 40%RC	MSAR3	----	34.90 %	16.13 %	18.77 %	----	1.710 g/cm3	15.60 %	82.27 %	-----	----	----	
			40%SA + 60%RC	MSAR2	----	36.70 %	18.12 %	18.58 %	----	1.690 g/cm3	16.66 %	39.97 %	-----	----	----	
20%SA + 80%RC	MSAR1	----	38.30 %	20.01 %	18.29 %	----	1.660 g/cm3	17.96 %	24.10 %	-----	----	----				
Dranka (2016)	Mejoramiento de suelo mediante tejas cerámicas molidas provenientes de residuos de construcción y demolición (RCD)	.	Suelo puro		MH	54.00 %	48.00 %	6.00 %	-----	1.345 g/cm3	30.00 %	2.20 %	-----	-----	-----	
			Suelo + 2% de teja cerámica		MH	50.00 %	46.00 %	4.00 %	-----	1.342 g/cm3	33.00 %	2.21 %	-----	-----	-----	
			Suelo + 5% de teja cerámica		MH	52.00 %	51.00 %	1.00 %	-----	1.318 g/cm3	33.00 %	1.58 %	-----	-----	-----	
			Suelo + 10% de teja cerámica		MH	50.00 %	54.00 %	NP	-----	1.307 g/cm3	33.00 %	2.46 %	-----	-----	-----	
			Suelo + 15% de teja cerámica		ML	49.00 %	50.00 %	NP	-----	1.336 g/cm3	31-32%	3.11 %	-----	-----	-----	
			Teja pura		SW – SM	-----	36.00 %	NP	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
Acuña y Rumaja (2019)	Evaluación de los residuos reciclados de las ladrilleras de san jerónimo, para la aplicación	Subbase	100% de ladrillo coccionado	M1-C	AASHTO: A-1-a y A-1-b SUCS: GP(grava mal	NP	NP	NP	85.24 %	1.512 g/cm3	10.40 %	53.50 %	46.07 %	17.16 %	0.13 %	
				M2-C		NP	NP	NP	84.85 %	1.519 g/cm3	9.59 %	56.60 %	45.57 %	17.60 %	0.13 %	

Autor	Título de la investigación	Capa	Dosificación (%)	Muestras	Clasificación de suelos	Límite líquido	Límite plástico	Índice de plasticidad	Equivalente de arena	Máxima densidad seca	Humedad óptima	Índice de soporte California (CBR)	Abrasión Los Angeles	Partículas Chatas y Alargadas	Sales Solubles Totales	
	en subbase de pavimentos, en la ciudad del cusco – 2018		100% de ladrillos sobrecocccionados	M3-C	gradada con pocos finos)	NP	NP	NP	86.22 %	1.420 g/cm3	11.71 %	54.00 %	44.65 %	20.85 %	0.14 %	
				M4-C		NP	NP	NP	85.16 %	1.486 g/cm3	10.03 %	51.10 %	46.02 %	16.91 %	0.14 %	
				M1-SC		NP	NP	NP	100 %	1.680 g/cm3	5.71 %	67.84 %	29.16 %	14.81 %	0.02 %	
				M2-SC		NP	NP	NP	100 %	1.709 g/cm3	5.75 %	70.50 %	28.31 %	14.94 %	0.02 %	
				M3-SC		NP	NP	NP	100 %	1.576 g/cm3	5.29 %	65.40 %	28.87 %	20.77 %	0.02 %	
				M4-SC		NP	NP	NP	100 %	1.576 g/cm3	5.42 %	64.00 %	27.46 %	14.97 %	0.02 %	
Reyes (2019)	Efectos de la reutilización de residuos de cerámica roja en la subbase del pavimento flexible, Lima – 2019	Subbase	Suelo (S)		A-4 (3) / SM	25.00 %	-----	-----	-----	1.791 g/cm3	13.40 %	15.20 %	35 %	-----	-----	
			Residuo cerámico Roja (RCR)		A-1-a (1) / SW-SM	21.00 %	NP	NP	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
			(R.C.R/S) 12.5/87.5		A-4 (1) / SM	21.00 %	NP	NP	-----	1.810 g/cm3	12.80 %	26.00 %	-----	-----	-----	-----
			(R.C.R/Suelo) 25/75		A-2-4 (0) / SM	18.00 %	NP	NP	-----	1.826 g/cm3	11.80 %	34.70 %	-----	-----	-----	-----
			(R.C.R/Suelo) 50/50		A-2-4 (0) / SM	NP	NP	NP	-----	1.844 g/cm3	10.40 %	40.80 %	-----	-----	-----	-----
Torres (2020)	Aprovechamiento de residuos de construcción y demolición para el mejoramiento de base y subbase del pavimento en la ciudad de Ayacucho, 2020.	Base y subbase	Agregado natural (Cantera Chillico)		A-1-a (1) / GW-GC	23%	17.33%	5.67%	40%	2118 kg/m3	5.60%	102.50%	17.40%	5.60%	0.26 / 0.17%	
			Agregado reciclado		A-1-a (1) / GW-GM	NP	NP	NP	83%	1915 kg/m3	11.20%	76.50%	27.00%	6.03%	0.11/ 0.14%	
			Ag. Natural/Ag. Reciclado	50/50%	A-1-a (1) / GW-GM	24.92%	21.10%	3.85%	68%	2049 kg/m3	7.00%	90.50%	22.74%	5.87%	0.25 / 0.17%	
Lima et al. (2020)	Estabilización física de suelo laterítico arenoso utilizando residuos cerámicos	·	Suelo		A-4	24.00 %	17.00 %	7.00 %	-----	2048 kg/m3	11.02 %	32.50 %	-----	-----	-----	
			Suelo/residuo cerámico (50/50%)		-----	-----	-----	-----	-----	1853 kg/m3	14.95 %	63.10 %	-----	-----	-----	
			Suelo/residuo cerámico (40/60%)		-----	-----	-----	-----	-----	1842 kg/m3	16.02 %	83.40 %	-----	-----	-----	
Matuella (2017)	Efectos de la composición de los residuos de construcción y demolición en su comportamiento mecánico para su uso en pavimentación.	base	RCD concreto /RCD cerámica (100/0)		-----	-----	-----	-----	-----	1.843 g/cm3	12.50 %	31.00 %	-----	-----	-----	
			RCD concreto /RCD cerámica (90/10)		-----	-----	-----	-----	-----	1.785 g/cm3	14.40 %	-----	-----	-----	-----	
			RCD concreto /RCD cerámica (80/20)		-----	-----	-----	-----	-----	1.729 g/cm3	16.60 %	-----	-----	-----	-----	
			RCD concreto /RCD cerámica (70/30)		-----	-----	-----	-----	-----	1.684 g/cm3	18.50 %	-----	-----	-----	-----	
			RCD concreto /RCD cerámica (60/40)		-----	-----	-----	-----	-----	1.605 g/cm3	21.50 %	-----	-----	-----	-----	
			RCD concreto /RCD cerámica (50/50)		-----	-----	-----	-----	-----	1.523 g/cm3	23.60 %	43.00 %	-----	-----	-----	-----
			RCD concreto /RCD cerámica (0/100)		-----	-----	-----	-----	-----	1.523 g/cm3	23.60 %	45.00 %	-----	-----	-----	-----
Arulrajah, Horpibulsuk y Maghool (2016)	Materiales reciclados de construcción y demolición en pavimentos y bases de senderos.	Subbase	100% Ladrillo triturado		GW	-----	-----	-----	-----	19.73 KN/m3	11.25 %	123 - 138%	36.00 %	-----	-----	
		·	Suelo puro		A-2-4 y SP	-----	-----	-----	-----	-----	-----	38.00 %	-----	-----	-----	

Autor	Título de la investigación	Capa	Dosificación (%)	Muestras	Clasificación de suelos	Límite líquido	Límite plástico	Índice de plasticidad	Equivalente de arena	Máxima densidad seca	Humedad óptima	Índice de soporte California (CBR)	Abrasión Los Angeles	Partículas Chatas y Alargadas	Sales Solubles Totales		
De Souza et al. (2019)	Residuos de cerámica roja como un material ambientalmente sostenible para su uso en pavimentación		RCV puro		A-1-a y GW	----	----	----	----	----	----	34.00 %	41.00 %	----	----		
			Suelo/RCV	70/30	----	----	----	----	----	----	----	40.22 %	----	----	----		
				50/50	----	----	----	----	----	----	----	218.98 %	----	----	----		
				30/70	----	----	----	----	----	----	----	200.59 %	----	----	----		
Silva y Carvalho (2017)	Uso de residuos de cerámica roja para la mejora de capas de pavimento de bajo tráfico en Palmas-TO	subbase y base	Suelo puro		A1	SP, A-2-4	12.89 %	NP	NP	----	----	----	----	----	----		
			Suelo /RCV (60/40)		A2	SP, A-2-4	NP	NP	NP	----	----	----	----	----	----		
			Suelo /RCV (50/50)		A3	SW, A-2-6	NP	NP	NP	----	----	----	----	----	----		
			Suelo /RCV (25/75)		A4	SP, A-2-4	20.32 %	NP	NP	----	----	----	----	----	----		
Arisha et al. (2016)	Uso de mezclas de materiales de desecho de construcción y demolición y ladrillos de mampostería de arcilla reciclada en Pavimento	base y subbase	RCD		A-1-a		25.00 %	----	NP	---	1.86 Tn/m3	12.70 %	152.90 %	47.20 %	---	---	
			Residuos de construcción y demolición (RCD)/RCM	90/10	---	---	---	---	---	---	---	1.84 Tn/m3	14.40 %	128.70 %	---	---	---
				80/20	---	---	---	---	---	---	---	1.82 Tn/m3	13.50 %	114.50 %	---	---	---
				70/30	---	---	---	---	---	---	---	1.82 Tn/m3	14.30 %	114.50 %	---	---	---
				55/45	---	---	---	---	---	---	---	1.84 Tn/m3	11.50 %	119.40 %	---	---	---
				40/60	---	---	---	---	---	---	---	1.84 Tn/m3	12.40 %	114.50 %	---	---	---
				20/80	---	---	---	---	---	---	---	1.78 Tn/m3	10.10 %	69.50 %	---	---	---
			ladrillo de arcilla reciclada (RCM)		A-1-a		26.00 %	---	NP	---	---	1.75 Tn/m3	10.80 %	76.60 %	83.80 %	---	---

ANEXO 08: INFORMACION SOBRE LA SUBRASANTE



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO S.A.C.



FORMATO CLASIFICACION VEHICULAR ESTUDIO DE TRAFICO - CALCULO DE INDICE MEDIO DIARIO ANUAL (IMDA)

PROYECTO	: "CREACIÓN DE PISTAS Y VEREDAS EN LA AV. QATUN AYLLU (7MA Y 8VA CUADRA) EN LA LOCALIDAD DE VILCAS HUAMAN, DISTRITO DE VILCAS HUAMAN - PROVINCIA DE VILCAS HUAMAN - REGIÓN AYACUCHO"	REGION	: AYACUCHO
ESTACIÓN	: FUENTE DE SOLICITANTE	PROVINCIA	: VILCAS HUAMAN
SOLICITANTE	: SATEGI PERU CONSULTORES & CONTRATISTAS S.A.C.	DISTRITO	: VILCAS HUAMAN
FECHA	: MARZO DE 2019		

DÍAS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			BUS		CAMION			SEMI TRAYLER		TRAYLER	TOTAL
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi	2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1	2S3	2T2	
DIAGRA. VEH.														
LUNES	43	107	10	0	10	1	0	12	11	1	0	0	0	195
MARTES	40	136	33	0	14	4	0	10	10	2	2	0	0	251
MIERCOLES	40	124	25	0	13	2	0	8	8	3	2	0	0	225
JUEVES	35	80	21	0	12	2	0	11	10	0	0	0	0	171
VIERNES	33	53	25	0	7	0	0	7	3	0	0	0	0	128
SABADO	47	47	22	0	7	4	0	5	3	0	0	0	0	135
DOMINGO	39	27	23	0	12	2	0	9	5	0	0	0	0	117
TOTAL POR SEMANA	277	574	159	0	75	15	0	62	50	6	4	0	0	1222
IMDS	40	82	23	0	11	2	0	9	7	1	1	0	0	175
FC	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	-.-
IMDA DE DISEÑO	41	84	23	0	11	2	0	9	7	1	1	0	0	179

Nota: Los datos de trafico fueron proporcionados por el solicitante para el diseño.


INGEOMAX
Ing. Maxwil Anthony Merote Arias
 CIP N° 132464
 ESPECIALISTA EN GERENCIA CONCRETO Y PAVIMENTOS

ANALISIS DE TRAFICO DE DISEÑO PARA PAVIMENTO RIGIDO

DATOS INICIALES

D (pulg.)	8
PS_{final}	2.50
Y (años)	25

TIPO DE VEHICULO	B2		B3-1		C2		C3		C4		T2S1			T2S3			T2T2			
	PRIMER EJE	EJE SIMPLE	PRIMER EJE	TANDEM	PRIMER EJE	EJE SIMPLE	PRIMER EJE	TANDEM	PRIMER EJE	TRIDEM	PRIMER EJE	SIMPLE	SIMPLE	PRIMER EJE	SIMPLE	TRIDEM	PRIMER EJE	SIMPLE	SIMPLE	SIMPLE
PESO TN	7	11	7	16	7	11	7	18	7	23	7	11	11	7	11	25	7	11	11	11
Lx (KIPS)	15.366	24.146	15.366	35.122	15.366	24.146	15.366	39.512	15.366	50.488	15.366	24.146	24.146	15.366	24.146	54.878	15.366	24.146	24.146	24.146
IMDA	2	2	0	0	9	9	7	7	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
TASA DE CRECIMIENTO	0.021	0.021	0.021	0.021	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035
L2	1	1	1	2	1	1	1	2	1	3	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1
Gt	-0.176	-0.176	-0.176	-0.176	-0.176	-0.176	-0.176	-0.176	-0.176	-0.176	-0.176	-0.176	-0.176	-0.176	-0.176	-0.176	-0.176	-0.176	-0.176	-0.176
Bx	1.063	1.583	1.063	1.385	1.063	1.583	1.063	1.689	1.063	1.618	1.063	1.583	1.583	1.063	1.583	1.931	1.063	1.583	1.583	1.583
B18	1.136	1.136	1.136	1.015	1.136	1.136	1.136	1.015	1.136	1.005	1.136	1.136	1.136	1.136	1.136	1.005	1.136	1.136	1.136	1.136
Fi	0.514	3.300	0.514	1.612	0.514	3.300	0.514	3.248	0.514	1.756	0.514	3.300	3.300	0.514	3.300	3.854	0.514	3.300	3.300	3.300
D	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
L	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
G(Y)	32.443	32.443	32.443	32.443	38.950	38.950	38.950	38.950	38.950	38.950	38.950	38.950	38.950	38.950	38.950	38.950	38.950	38.950	38.950	38.950
ESAL	6.72E+03	4.31E+04	0.00E+00	0.00E+00	3.27E+04	2.10E+05	2.64E+04	1.67E+05	3.17E+03	1.08E+04	2.11E+03	1.35E+04	1.35E+04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

SUMA_ESAL	5.28E+05
------------------	-----------------



INGEOMAX
Ing. Maxwell Anthony Morote Arias
CIP N° 132454
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS

Proyecto : "CREACIÓN DE PISTAS Y VEREDAS EN LA AV. QATUN AYLLU (7MA Y 8VA CUADRA) EN LA LOCALIDAD DE VILCAS HUAMAN, DISTRITO DE VILCAS HUAMAN - PROVINCIA DE VILCAS HUAMAN - REGIÓN AYACUCHO"

Solicitante : SATEGI PERU CONSULTORES & CONTRATISTAS S.A.C.

Calicata : C - 02

Estrato : E - 02

Fecha : MARZO DE 2019

Region : AYACUCHO

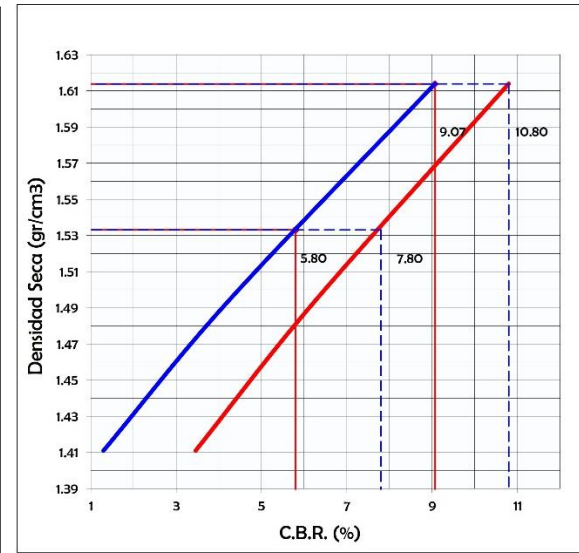
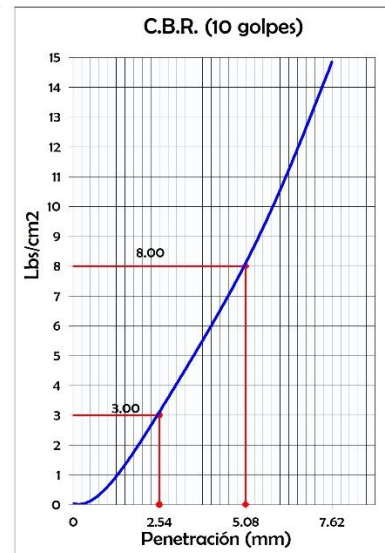
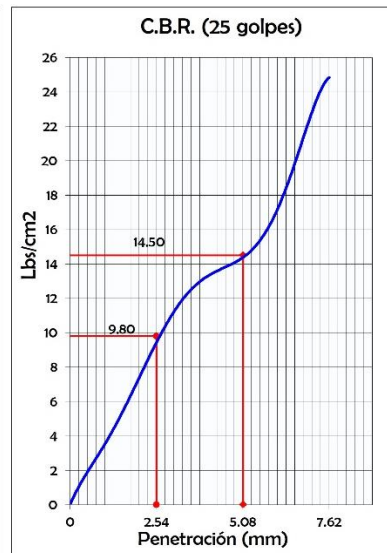
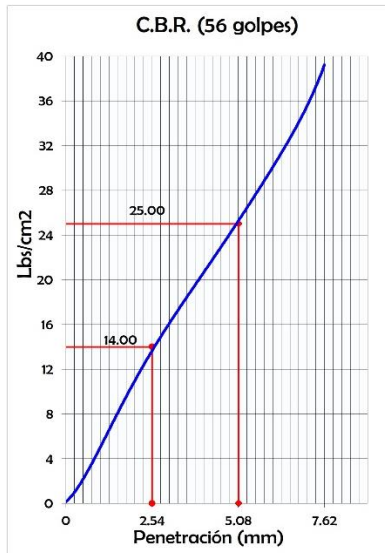
Provincia : VILCAS HUAMAN

Distrito : VILCAS HUAMAN

Lugar : AV. QATUN AYLLU CDRA. 07

C.B.R. (California Bearing Ratio) ASTM D-1585, MTC E 132

DEFINICIÓN : El CBR de un suelo es la carga unitaria correspondiente a 0.1" ó 0.2" de penetración, expresada en por ciento con respecto a un valor estándar. El ensayo permite obtener un número de la relación de soporte, que no es constante para un suelo dado sino que se aplica solo al estado en el cual se encontraba el suelo durante el ensayo.



DATOS DE LA COMPACTACIÓN DEL SUELO	
METODO DE COMPACTACION	ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.614
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	18.40

CBR A 2.5 mm (0.1") DE PENETRACIÓN	
CBR AL 100% DE LA MAXIMA DENSIDAD SECA	9.07%
CBR AL 95% DE LA MAXIMA DENSIDAD SECA	5.80%
EXPANSIÓN (%)	0.03%

CBR A 5 mm (0.2") DE PENETRACIÓN	
CBR AL 100% DE LA MAXIMA DENSIDAD SECA	10.80%
CBR AL 95% DE LA MAXIMA DENSIDAD SECA	7.80%
EXPANSIÓN (%)	0.03%

ANEXO 09: TABLAS TOMADAS DEL MANUAL DE CARRETERAS: SUELOS GEOLOGÍA Y PAVIMENTOS – SECCIÓN SUELOS Y PAVIMENTOS.



PERÚ Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Viceministerio de Transportes

Dirección General de Caminos y Ferrocarriles

Cuadro 4.5
Clasificación de suelos según Tamaño de partículas

Tipo de Material		Tamaño de las partículas
Grava		75 mm – 4.75 mm
Arena		Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm
		Arena media: 2.00 mm – 0.425mm
		Arena fina: 0.425 mm – 0.075 mm
Material Fino	Limo	0.075 mm – 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

- b. La Plasticidad:** es la propiedad de estabilidad que representa los suelos hasta cierto límite de humedad sin disgregarse, por tanto la plasticidad de un suelo depende, no de los elementos gruesos que contiene, sino únicamente de sus elementos finos. El análisis granulométrico no permite apreciar esta característica, por lo que es necesario determinar los Límites de Atterberg.

Los Límites de Atterberg establecen cuán sensible es el comportamiento de un suelo en relación con su contenido de humedad (agua), definiéndose los límites correspondientes a los tres estados de consistencia según su humedad y de acuerdo a ello puede presentarse un suelo: líquido, plástico o sólido. Estos límites de Atterberg que miden la cohesión del suelo son: el límite líquido (LL, según ensayo MTC E 110), el límite plástico (LP, según ensayo MTC E 111) y el límite de contracción (LC, según ensayo MTC E 112).

Límite Líquido (LL), cuando el suelo pasa del estado semilíquido a un estado plástico y puede moldearse.

Límite Plástico (LP), cuando el suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido y se rompe.

Límite de Contracción (retracción), cuando el suelo pasa de un estado semisólido a un estado sólido y deja de contraerse al perder humedad.

Además del LL y del LP, una característica a obtener es el Índice de plasticidad IP (ensayo MTC E 111) que se define como la diferencia entre LL y LP:

$$IP = LL - LP$$

El índice de plasticidad indica la magnitud del intervalo de humedades en el cual el suelo posee consistencia plástica y permite clasificar bastante bien un suelo. Un IP grande corresponde a un suelo muy arcilloso; por el contrario, un IP pequeño es característico de un suelo poco arcilloso. En tal sentido, el suelo en relación a su índice de plasticidad puede clasificarse según lo siguiente:





Cuadro 4.6
Clasificación de suelos según Índice de Plasticidad

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Característica
IP > 20	Alta	suelos muy arcillosos
IP ≤ 20 IP > 7	Media	suelos arcillosos
IP < 7	Baja	suelos poco arcillosos plasticidad
IP = 0	No Plástico (NP)	suelos exentos de arcilla

Se debe tener en cuenta que, en un suelo el contenido de arcilla, de acuerdo a su magnitud puede ser un elemento riesgoso en un suelo de sub rasante y en una estructura de pavimento, debido sobre todo a su gran sensibilidad al agua.

- c. Equivalente de Arena:** Es la proporción relativa del contenido de polvo fino nocivo o material arcilloso en los suelos o agregados finos (ensayo MTC E 114). Es el ensayo que da resultados parecidos a los obtenidos mediante la determinación de los límites de Atterberg, aunque menos preciso. Tiene la ventaja de ser muy rápido y fácil de efectuar.

El valor de Equivalente de Arena (EA) es un indicativo de la plasticidad del suelo:

Cuadro 4.7
Clasificación de suelos según Equivalente de Arena

Equivalente de Arena	Característica
si EA > 40	el suelo no es plástico, es arena
Si 40 > EA > 20	el suelo es poco plástico y no heladizo
si EA < 20	el suelo es plástico y arcilloso

- d. Índice de Grupo:** es un índice normado por AASHTO de uso corriente para clasificar suelos, está basado en gran parte en los límites de Atterberg. El índice de grupo de un suelo se define mediante la fórmula:

$$IG = 0.2 (a) + 0.005 (ac) + 0.01(bd)$$

Donde:

- a** = F-35 (F = Fracción del porcentaje que pasa el tamiz N° 200 -74 micras). Expresado por un número entero positivo comprendido entre 1 y 40.
- b** = F-15 (F = Fracción del porcentaje que pasa el tamiz N° 200 -74 micras). Expresado por un número entero positivo comprendido entre 1 y 40.
- c** = LL - 40 (LL = límite líquido). Expresado por un número entero comprendido entre 0 y 20.
- d** = IP-10 (IP = índice plástico). Expresado por un número entero comprendido entre 0 y 20 o más.

El Índice de Grupo es un valor entero positivo, comprendido entre 0 y 20 o más. Cuando el IG calculado es negativo, se reporta como cero. Un índice cero significa un suelo muy bueno y un índice > 20, un suelo no utilizable para caminos.





Cuadro 4.8
Clasificación de suelos según Índice de Grupo

Índice de Grupo	Suelo de Sub rasante
IG > 9	Inadecuado
IG está entre 4 a 9	Insuficiente
IG está entre 2 a 4	Regular
IG está entre 1 – 2	Bueno
IG está entre 0 – 1	Muy Bueno

- e. Humedad Natural:** Otra característica importante de los suelos es su humedad natural; puesto que la resistencia de los suelos de sub rasante, en especial de los finos, se encuentra directamente asociada con las condiciones de humedad y densidad que estos suelos presenten.

La determinación de la humedad natural (ensayo MTC E 108) permitirá comparar con la humedad óptima que se obtendrá en los ensayos Proctor para obtener el CBR del suelo (ensayo MTC E 132). Si la humedad natural resulta igual o inferior a la humedad óptima, el Proyectista propondrá la compactación normal del suelo y el aporte de la cantidad conveniente de agua. Si la humedad natural es superior a la humedad óptima y según la saturación del suelo, se propondrá, aumentar la energía de compactación, airear el suelo, o reemplazar el material saturado.

- f. Clasificación de los suelos:** Determinadas las características de los suelos, según los acápites anteriores, se podrá estimar con suficiente aproximación el comportamiento de los suelos, especialmente con el conocimiento de la granulometría, plasticidad e índice de grupo; y, luego clasificar los suelos.

La clasificación de los suelos se efectuará bajo el sistema mostrado en el [cuadro 4.9](#). Esta clasificación permite predecir el comportamiento aproximado de los suelos, que contribuirá a delimitar los sectores homogéneos desde el punto de vista geotécnico.

A continuación se presenta una correlación de los dos sistemas de clasificación más difundidos, AASHTO y ASTM (SUCS):

Cuadro 4.9
Correlación de Tipos de suelos AASHTO – SUCS

Clasificación de Suelos AASHTO AASHTO M-145	Clasificación de Suelos SUCS ASTM –D-2487
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A-2	GM, GC, SM, SC
A-3	SP
A-4	CL, ML
A-5	ML, MH, CH
A-6	CL, CH
A-7	OH, MH, CH

Fuente: US Army Corps of Engineers

Para completar la información se presenta el [cuadro 4.10](#), que muestra la Clasificación de los Suelos basada en AASHTO M 145 y/o ASTM D 3282.





- g. Ensayos CBR:** (ensayo MTC E 132), una vez que se haya clasificado los suelos por el sistema AASHTO y SUCS, para caminos contemplados en este manual, se elaborará un perfil estratigráfico para cada sector homogéneo o tramo en estudio, a partir del cual se determinará el programa de ensayos para establecer el CBR que es el valor soporte o resistencia del suelo, que estará referido al 95% de la MDS (Máxima Densidad Seca) y a una penetración de carga de 2.54 mm.

Para la obtención del valor CBR de diseño de la sub rasante, se debe considerar lo siguiente:

1. En los sectores con 6 o más valores de CBR realizados por tipo de suelo representativo o por sección de características homogéneas de suelos, se determinará el valor de CBR de diseño de la sub rasante considerando el promedio del total de los valores analizados por sector de características homogéneas.
2. En los sectores con menos de 6 valores de CBR realizados por tipo de suelo representativo o por sección de características homogéneas de suelos, se determinará el valor de CBR de diseño de la sub rasante en función a los siguientes criterios:
 - Si los valores son parecidos o similares, tomar el valor promedio.
 - Si los valores no son parecidos o no son similares, tomar el valor crítico (el más bajo) o en todo caso subdividir la sección a fin de agrupar subsectores con valores de CBR parecidos o similares y definir el valor promedio. La longitud de los subsectores no será menor a 100 m.

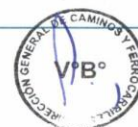
Son valores de CBR parecidos o similares los que se encuentran dentro de un determinado rango de categoría de sub rasante, según **Cuadro 4.11**.

3. Una vez definido el valor del CBR de diseño, para cada sector de características homogéneas, se clasificará a que categoría de sub rasante pertenece el sector o subtramo, según lo siguiente:

Cuadro 4.11
Categorías de Sub rasante

Categorías de Sub rasante	CBR
S ₀ : Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Sub rasante insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S ₂ : Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S ₃ : Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S ₄ : Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S ₅ : Sub rasante Excelente	CBR ≥ 30%

Fuente: Elaboración propia



ANEXO 10: PANEL FOTOGRÁFICO



Fotografía 01. Identificación de botaderos de residuos ladrilleros.



Fotografía 02. Botaderos informales de residuos ladrilleros.



Fotografía 03. Selección y recojo de residuos ladrilleros.



Fotografía 04. Triturado manual de residuos ladrilleros.



Fotografía 05. Residuos ladrilleros triturados.



Fotografía 06. Secado de residuos ladrilleros triturados.



Fotografía 07. Recojo de muestra de suelo de cantera.



Fotografía 08. Vistas de la cantera de suelo granular.



Fotografía 09. Muestra representativa por cuarteo para la mezcla M1y M2.



Fotografía 10. Muestra representativa por cuarteo para la mezcla M3 y M4.



Fotografía 11. Análisis granulométrico por tamizado para la muestra M1.



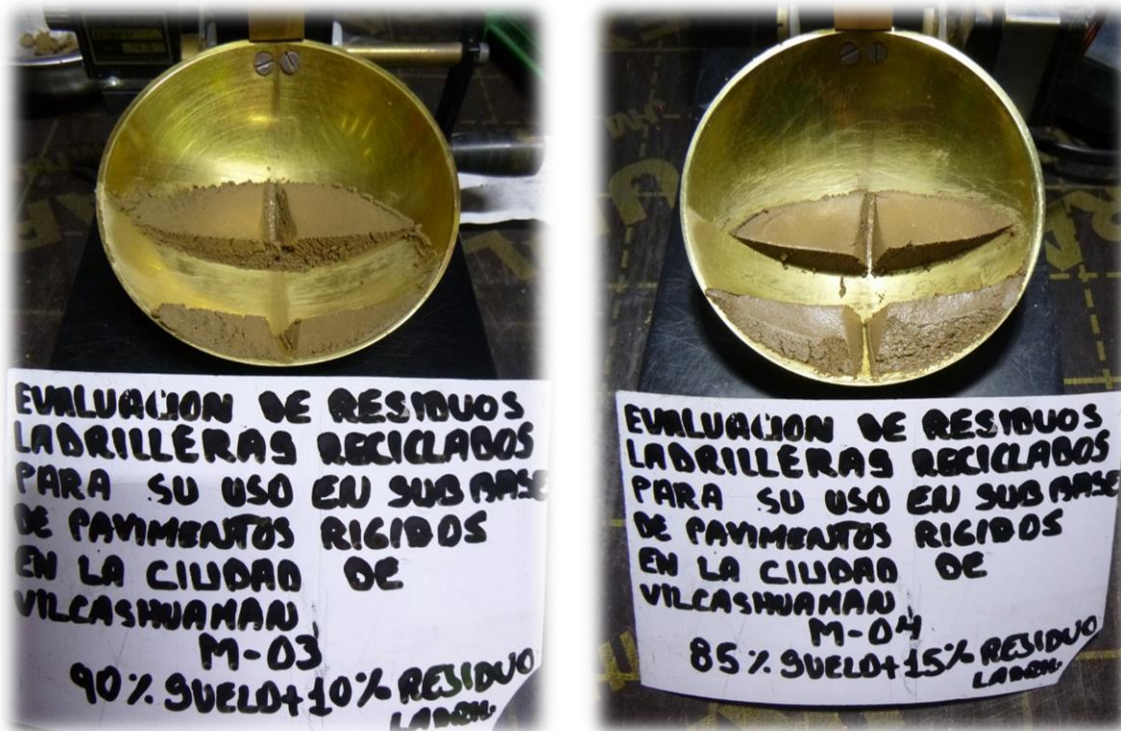
Fotografía 12. Análisis granulométrico por tamizado para la muestra M2 y M3.



Fotografía 13. Análisis granulométrico por tamizado para la muestra M4 y M5.



Fotografía 14. Ensayo de límite plástico líquido para la muestra M1 y M2 mediante la cuchara de Casagrande.



Fotografía 15. Ensayo de límite líquido para la muestra M3 y M4 mediante la cuchara de Casagrande.



Fotografía 16. Ensayo de límite líquido para la muestra M5 mediante la cuchara de Casagrande.



Fotografía 17. Ensayo de próctor modificado para la muestra M1.



Fotografía 18. Ensayo de próctor modificado para la muestra M2.



Fotografía 19. Ensayo de próctor modificado para la muestra M3.



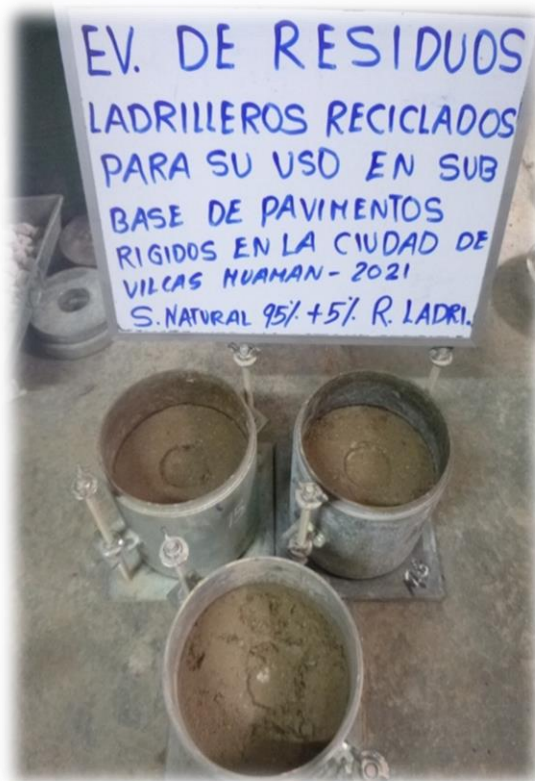
Fotografía 20. Ensayo de próctor modificado para la muestra M4.



Fotografía 21. Ensayo de próctor modificado para la muestra M5.



Fotografía 22. Ensayo de CBR para la muestra M1.



Fotografía 23. Ensayo de CBR para la muestra M2.



Fotografía 24. Ensayo de CBR para la muestra M3.



Fotografía 25. Ensayo de CBR para la muestra M4.



Fotografía 26. Ensayo de CBR para la muestra M5.