

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UPLA
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

TESIS

**APLICACIÓN DE RESIDUOS CERÁMICOS EN LA
ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS DE LA
SUBRASANTE EN SAN JOSE DE QUERO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

Autor:

Ccatamayo Calderon, Bruno (ORCID: 0009-0008-5597-7130)

Asesores:

Dr. Ing. Julio Cesar Llallico Colca (ORCID: 0000-0002-9443-2888)

Mg. Henry G. Pautrat Egoavil (ORCID: 0000-0002-5402-0336)

Línea de Investigación Institucional:

Transporte y Urbanismo

Huancayo – Perú

2023

ASESORES

Dr. Ing. Julio Cesar Llallico Colca
Asesor Metodológico

Mg. Henry G. Pautrat Egoavil
Asesor Temático

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

Dr. Rubén D. Tapia Silguera

Presidente

Ing. Nataly Lucia Córdova Zorrilla

Jurado

Mg. Justo Rodas Romero

Jurado

Mg. Javier Reynoso Oscanoa

Jurado

Mg. Leonel Untiveros Peñaloza

Secretario Docente

DEDICATORIA

A Dios toda la honra y la gloria por este logro obtenido.

A mis padres: Pablo, Brígida y mis hermanos, que siempre se preocuparon e hicieron todo lo posible para apoyarme en mi formación profesional.

A mis hermanos, que siempre me acompañan y me apoyan en todo momento.

Bach. Ccatamayo Calderón, Bruno

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi Dios por brindarme salud y mantenerme de pie para lograr mis objetivos y metas trazadas.

El agradecimiento eterno a todos los profesionales y personas involucradas en la elaboración de esta investigación.

Bach. Ccatamayo Calderón, Bruno



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

EL DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA DEJA: a

CONSTANCIA N° 0133

Que, el (la) bachiller: **CCATAMAYO CALDERON BRUNO**, de la Escuela Profesional de **INGENIERIA CIVIL**, presentó la tesis denominada: **“APLICACIÓN DE RESIDUOS CERÁMICOS EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS FINOS DE LA SUBRASANTE EN SAN JOSE DE QUERO”**; la misma que cuenta con **0156 Páginas** y que ha sido ingresada por el **SOFTWARE – TURNITIN FEEDBACK STUDIO** obteniendo el **020 %** de similitud.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Huancayo 20 de abril del 2022



Dr. Santiago Zevallos Salinas
Director de la Unidad de Investigación

CONTENIDO

CONTENIDO DE TABLAS.....	X
CONTENIDO DE FIGURAS.....	12
CONTENIDO DE GRÁFICOS	15
RESUMEN.....	16
ABSTRACT	17
INTRODUCCIÓN.....	18
CAPÍTULO I.....	20
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	20
1.1. Planteamiento del problema	20
1.2. Formulación y sistematización del problema	23
1.2.1. Problema general	23
1.2.2. Problemas específicos	23
1.3. Justificación	23
1.3.1. Práctica o social	23
1.3.2. Científica o teórica	24
1.3.3. Metodológica	24
1.4. Delimitaciones	25
1.4.1. Espacial	25
1.4.2. Temporal	25
1.4.3. Económica.....	25
1.5. Limitaciones.....	26
1.5.1. Limitaciones por el Covid-19	26
1.5.2. Limitaciones económicas	26
1.6. Objetivos	26
1.6.1. Objetivo general.....	26
1.6.2. Objetivos específicos	26
CAPÍTULO II.....	27
MARCO TEÓRICO	27
2.1. Antecedentes.....	27
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	27
2.1.2. Antecedentes nacionales	29
2.2. Marco conceptual.....	31

2.3. Definición de términos	60
2.4. Hipótesis	61
2.4.1. Hipótesis general.....	61
2.4.2. Hipótesis específicas	61
2.5. Variables	61
2.5.1. Definición conceptual de la variable.....	61
2.5.2. Definición operacional de la variable	62
2.5.3. Operacionalización de la variable	62
CAPITULO III	64
METODOLOGÍA	64
3.1. Método de investigación	64
3.2. Tipo de investigación	64
3.3. Nivel de investigación	65
3.4. Diseño de investigación	65
3.5. Población y muestra	66
3.5.1. Población.....	66
3.5.2. Muestra	66
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	67
3.6.1. Técnicas	67
3.6.2. Instrumentos.....	89
3.6.3. Validez y confiabilidad del instrumento	90
3.7. Procesamiento de la información	90
3.8. Técnicas y análisis de datos	91
CAPÍTULO IV	92
RESULTADOS	92
4.1. Generalidades	92
4.1.1. Residuos cerámicos.....	92
4.1.2. Granulometría de la mezcla con residuos cerámicos	93
4.2. Respecto al objetivo específico 01	95
4.3. Respecto al objetivo específico 02	103
4.4. Contrastación de hipótesis	109
CAPÍTULO V	117
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	117

CONCLUSIONES.....	123
RECOMENDACIONES.....	124
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	125
ANEXOS	131
ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	132
ANEXO 02: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	134
ANEXO 03: ENSAYOS DEL LABORATORIO	136

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1	34
<i>Clasificación de las baldosas (absorción de agua).</i>	34
Tabla 2	34
<i>Clasificación de las baldosas (por su producción).</i>	34
Tabla 3	35
<i>Grupos de baldosas.</i>	35
Tabla 4	36
<i>Componentes del cerámico.</i>	36
Tabla 5	36
<i>Componentes del cerámico por material.</i>	36
Tabla 6	44
<i>Clasificación de suelos.</i>	44
Tabla 7	46
<i>Diferencias entre arcilla y limo</i>	46
Tabla 8	49
<i>Categorías de subrasante</i>	49
Tabla 9	59
<i>Requisitos para material de estabilización de subrasante</i>	59
Tabla 10	63
<i>Operacionalización de las variables</i>	63
Tabla 11	66
<i>Diseño de la investigación</i>	66
Tabla 12	73
<i>Cantidad de muestra para ensayo</i>	73
Tabla 13	80
<i>Rangos para el límite plástico</i>	80
Tabla 14	93
<i>Granulometría patrón y adiciones.</i>	93
Tabla 15	94
<i>Clasificación de suelos con residuos cerámicos.</i>	94
Tabla 16	96
<i>Contenido de humedad y densidad del suelo</i>	96

Tabla 17	97
<i>Contenido de humedad y densidad del suelo</i>	97
Tabla 18	99
<i>Máxima densidad seca</i>	99
Tabla 19	101
<i>Contenido de humedad y densidad del suelo</i>	101
Tabla 20	102
<i>CBR al 95% de la M.D.S</i>	102
Tabla 21	104
<i>Variaciones del límite líquido</i>	104
Tabla 22	105
<i>Variaciones del límite plástico</i>	105
Tabla 23	107
<i>Variaciones del índice plástico</i>	107

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1	21
<i>Carretera en el distrito de San José de Quero.....</i>	21
Figura 2	22
<i>Subrasante de material fino en San José de Quero.</i>	22
Figura 3	25
<i>Delimitación espacial</i>	25
Figura 4	38
<i>Componentes del cerámico</i>	38
Figura 5	42
<i>Falla por fatiga del cerámico.</i>	42
Figura 6	45
<i>Origen de la cohesión en suelos arcillosos.....</i>	45
Figura 7	51
<i>Prensa CBR.....</i>	51
Ecuación 1	56
<i>Diferencia algebraica de números estructurales.....</i>	56
Ecuación 2.....	57
Espesor.....	57
Ecuación 3.....	57
Módulo resiliente equivalente.....	57
Figura 8	69
<i>Procesamiento de residuos cerámicos en proporciones.....</i>	69
Figura 9	69
<i>Trituración de cerámica con comba de 4 lb.</i>	69
Figura 10	69
<i>Tamizado malla N° 4.</i>	69
Figura 11	71
<i>Muestras de la subrasante natural.</i>	71
Figura 12	71
<i>Muestras de campo en el laboratorio</i>	71
Figura 13	74
<i>Análisis granulométrico del material</i>	74

Figura 14	78
<i>Ensayo de límite líquido</i>	78
Figura 15	78
<i>Calibración Copa Casagrande</i>	78
Figura 16	80
<i>Materiales para el ensayo de LP</i>	80
Figura 17	81
<i>Ensayo para determinar el LP</i>	81
Figura 18	84
<i>Ensayo de Proctor Modificado</i>	84
Figura 19	88
<i>Verificación de la expansión del material</i>	88
Figura 20	88
<i>Realización del ensayo CBR</i>	88
Figura 21	109
<i>Prueba de normalidad del óptimo contenido de humedad</i>	109
Figura 22	110
<i>Prueba de homogeneidad de varianzas del óptimo contenido de humedad</i>	110
Figura 23	110
<i>Resultados de Anova del óptimo contenido de humedad</i>	110
Figura 24	110
<i>Prueba de normalidad de la máxima densidad seca</i>	110
Figura 25	111
<i>Prueba de homogeneidad de varianzas de máxima densidad seca</i>	111
Figura 26	111
<i>Prueba de Anova de máxima densidad seca</i>	111
Figura 27	112
<i>Prueba de normalidad del ensayo de CBR</i>	112
Figura 27	112
<i>Prueba de homogeneidad de varianzas de CBR</i>	112
Figura 29	113
<i>Prueba de normalidad de límite líquido</i>	113
Figura 30	113

<i>Prueba de homogeneidad de varianzas del ensayo de límite líquido</i>	113
Figura 31	114
<i>Prueba de normalidad de límite plástico</i>	114
Figura 32	114
<i>Prueba de homogeneidad de varianzas del ensayo de límite plástico</i>	114
Figura 33	115
<i>Prueba de normalidad del índice de plasticidad</i>	115
Figura 34	115
<i>Prueba de homogeneidad de varianzas del índice de plasticidad</i>	115

CONTENIDO DE GRÁFICOS

Gráfico 1	94
<i>Variaciones de la granulometría.</i>	94
Gráfico 2	96
<i>Curva del contenido de humedad y densidad secas.</i>	96
Gráfico 3	97
<i>Variaciones del óptimo contenido de humedad.</i>	97
Gráfico 4	98
<i>Variación porcentual del óptimo contenido de humedad.</i>	98
Gráfico 5	99
<i>Variaciones de máxima densidad seca</i>	99
Gráfico 6	100
<i>Variación porcentual de máxima densidad seca</i>	100
Gráfico 7	101
<i>Variación de la expansión del suelo</i>	101
Gráfico 8	103
<i>Variación de valores de CBR al 95% de la M.D.S</i>	103
Gráfico 9	104
<i>Variación del límite líquido</i>	104
Gráfico 10	105
<i>Variación porcentual del límite líquido</i>	105
Gráfico 11	106
<i>Variación porcentual del límite plástico.</i>	106
Gráfico 12	106
<i>Variación porcentual del límite plástico respecto al patrón</i>	106
Gráfico 13	108
<i>Variación del índice de plasticidad</i>	108
Gráfico 14	108
<i>Variación porcentual del índice de plasticidad</i>	108

RESUMEN

En la presente investigación el problema general fue: ¿Cuál es el efecto de la aplicación de los residuos cerámicos en la estabilización de suelos finos de la subrasante en San José de Quero?, el objetivo general fue: Determinar el efecto de la aplicación de los residuos cerámicos en la estabilización de suelos finos de la subrasante en San José de Quero y la hipótesis general fue: La adición de residuos cerámicos incide significativamente en la estabilización de suelos finos de la subrasante en San José de Quero.

El método general fue el científico, el tipo de investigación fue aplicada, el nivel fue explicativo y el diseño fue cuasi experimental. La población correspondió a 05 dosificaciones de adición de residuos cerámicos en 4%, 6%, 8% y 10% así como la muestra patrón (0%) y la muestra es dirigida o intencional, el número total de ensayos, es el mismo número de la población (censal).

Como conclusión principal se tiene que 1. En base a los resultados obtenidos se determina que, la adición de residuos cerámicos incide significativamente en la estabilización de suelos finos de la subrasante en San José de Quero, al haberse encontrado mejoras en los resultados de los ensayos de propiedades mecánicas y físicas de los suelos en estado natural.

Palabras claves: Estabilización, subrasante, Suelos finos.

ABSTRACT

In the present investigation, the general problem was: What is the effect of the application of ceramic residues in the stabilization of fine soils of the subgrade in San José de Quero? The general objective was: To determine the effect of the application of the ceramic residues in the stabilization of fine soils of the subgrade in San José de Quero and the general hypothesis was: The addition of ceramic residues significantly affects the stabilization of fine soils of the subgrade in San José de Quero.

The general method was scientific, the type of research was applied, the level was explanatory and the design was quasi-experimental. The population corresponded to 05 ceramic waste addition dosages at 4%, 6%, 8% and 10% as well as the standard sample (0%) and the sample is directed or intentional, the total number of trials is the same number of the population (census).

The main conclusion is that 1. Based on the results obtained, it is determined that the addition of ceramic residues has a significant impact on the stabilization of fine soils of the subgrade in San José de Quero, as improvements have been found in the results of the tests. mechanical and physical properties of soils in their natural state.

Keywords: Stabilization, subgrade, fine soils.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación que lleva por nombre: “APLICACIÓN DE RESIDUOS CERÁMICOS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS DE LA SUBRASANTE EN SAN JOSÉ DE QUERO”; surge del requerimiento de contar con una adecuada calidad para subrasantes con suelos finos en el distrito de San José de Quero, de la provincia de Concepción del departamento de Junín, en el cual se han presentado diversos problemas, en carreteras ya pavimentadas y no pavimentadas en el sector, esta problemática e generada por una inadecuada estabilización de suelos finos de la subrasante, generándose durante su funcionamiento defectos como fisuras, grietas y hundimientos, los cuales generan grandes gastos en su reconstrucción y también en su mantenimiento. En base a lo mencionado, se ha encontrado que los restos de cerámicos pueden ser utilizados para estabilizar subrasantes de suelos finos por lo que se realizaron ensayos de laboratorio conformados a fin de terminar si es factible su utilización y sea replicado en el ámbito de la investigación en proyectos semejantes.

Para una mejor comprensión, la presente investigación se ha dividido en los siguientes capítulos:

El Capítulo I: Problema de investigación, donde se considera el planteamiento del problema, la formulación y sistematización del problema, la justificación, las delimitaciones de la investigación, limitaciones y los objetivos tanto general como específico.

El Capítulo II: Marco teórico, contiene las antecedentes internaciones y nacionales de la investigación, el marco conceptual, la definición de términos, las hipótesis y variables.

El Capítulo III: Metodología, consigna el método de investigación, tipo de investigación, nivel de investigación, diseño de investigación, la población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de información, el procesamiento de la información y las técnicas y análisis de datos.

El Capítulo IV: Resultados, desarrollado en base a los problemas, objetivos y las hipótesis.

El Capítulo V: Discusión de resultados, en el cual se realiza la discusión de los resultados obtenidos en la investigación frente a los antecedentes utilizados.

Por último, se presenta las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

Bach. Ccatamayo Calderón, Bruno

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

En todos los países del mundo se realizan gastos de mantenimiento para las vías de transporte, ya que estas contribuyen enormemente al desarrollo de las naciones, respecto a estos costos de mantenimiento, (Alzate Buitrago, 2019) señala: “Analizando los elevados costos del país para hacer una infraestructura vial, es casi imposible tener vías de excelente calidad en la mayoría de ciudades, menos en la zona rural. La justificación del costo para realizar un tramo, es que el proyecto se compone de varias etapas, lo que es movimiento de tierras para dejar los anchos de calzada, el nivel de la rasante que es el que garantiza la pendiente para el funcionamiento óptimo de la carretera, transporte del material granular; debido a que la vía se compone de una estructura que es subrasante, sub base, base y capa de rodadura, dependiendo del diseño”.

Nuestra nación, no es ajena a esta situación, su diversidad geográfica conlleva a tenerse topografías difíciles para los trazos de las vías, así como, se observan suelos

arcillosos, orgánicos y arenosos, lo cual nos da una alta probabilidad de que puedan ocasionarse fallas en las estructuras viales, de no tomarse en cuenta las adecuadas técnicas y métodos para solucionarlas. Estas problemáticas se observan frecuentemente también en nuestro departamento de Junín, tal como señala (Cuadros Surichaqui, 2017) “Las vías sufren daños constantes a causa de las diferentes propiedades de subrasante y las torrenciales cantidades de lluvias que suelen caer, los cuales involucran un mayor en los costos de los mantenimientos viales”.

A nivel local, en el distrito de San José de Quero de provincia de Concepción del departamento de Junín; en su vía principal, actualmente se observa una inadecuada transitabilidad, debido a que la mayoría de los suelos son finos (arcillosos y limosos), lo cual perjudica en gran manera a los pobladores ya que dificultan el normal desarrollo económico, así como esta situación empeora en las temporadas de lluvias.

Las dificultades que mencionamos, se originan principalmente por tránsito de vehículos pesados y también por el factor climático, empeorado por la falta de mantenimiento, ya sean rutinario o periódico, tal como se aprecia a continuación:

Figura 1

Carretera en el distrito de San José de Quero.



Figura 2

Subrasante de material fino en San José de Quero.



Las propiedades físicas y mecánicas inadecuadas de estos suelos que, dentro de la realidad del distrito no han sido tratadas adecuadamente, han creado baches, surcos, hundimientos, erosión y áreas bloqueadas; por lo tanto, si estas condiciones se mantienen, los caminos en el distrito de San José de Quero sufrirán su destrucción, incrementándose sus costos de reparación y mantenimiento, lo cual perjudicará su economía.

Por otro lado, tal como señala (Bravo Cipriano, 2021) “Se ha determinado que el reemplazo parcial por residuo de porcelanato y cerámico influye en las propiedades mecánicas del afirmado de la siguiente manera, siendo la dosificación 10% es la que influye de manera significativa CBR incrementándolo en tal 6.17% y 9%, también la dosificación 5% la que influye de manera significativa límite Atterberg incrementándolo en lo mínimo en + 25% y +25%, y finalmente la dosificación 10% la que influye de manera significativa Corte directo incrementándolo en +11.10% y +6.38% para los especímenes I y III. Entonces el porcentaje de adición para cerámico y porcelanato más adecuado es 10%”, por lo que el uso de residuos cerámicos demostró ser un factor muy importante en la mejora de las propiedades del suelo; son restos de enchapados que se

usa en las edificaciones y que contiene alto grado de sílicea en su composición, de la cual se encuentra en grandes cantidades en condominios y edificios como en los sectores de Urbanización Alto Merced, Urbanización Floresta y Barrio San Carlos de la provincia de Huancayo y muchos otros. Estos ayudarán a estabilizar las subrasantes con baja capacidad portante, evitando fallas en las carreteras e incurriendo en costos de mantenimiento sustanciales. Por estas razones, este estudio fue elaborado para determinar el efecto de la aplicación de los residuos cerámicos en las propiedades físicas (límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad) y propiedades mecánicas, CBR y Proctor modificado del distrito de San José de Quero - Concepción – Junín, y así poder estabilizar la subrasante de suelos finos en San José de Quero. Se adicionaron residuos cerámicos al 4%, 6%, 8% y 10% respecto al peso seco de la muestra.

1.2. Formulación y sistematización del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el efecto de la aplicación de los residuos cerámicos en la estabilización de suelos finos de la subrasante en San José de Quero?

1.2.2. Problemas específicos

1. ¿Cuál es la incidencia de la aplicación de los residuos cerámicos en las propiedades mecánicas de los suelos finos?
2. ¿Qué incidencia produce la aplicación de los residuos cerámicos en las propiedades físicas de los suelos finos?

1.3. Justificación

1.3.1. Práctica o social

Según (Méndez Álvarez, 2020), “se basa en la resolución de un problema social que llega a afectar a un grupo social o básicamente propones estrategias que contribuyen en su resolución”. (pág. 125)

El estudio buscó mejorar las cualidades que requiere la capa de la subrasante en la carretera principal del Distrito San José de Quero mediante la aplicación de residuos cerámicos, debido a las deficientes propiedades del suelo a fin de beneficiar a la población del lugar y generar desarrollo.

1.3.2. Científica o teórica

Según (Ñaupá Paitan, Mejía Mejía, & Nova Ramírez, 2013), es empleada “cuando la investigación presenta un problema en el desarrollo de una teoría científica. El estudio de esta implica una innovación científica siendo necesario realizar un balance o estado del problema que se investiga que servirá para la refutación del resultado de más investigaciones ampliando el modelo.”

En ese sentido, la investigación contribuyó con información local referida a la adición de residuos de cerámicos para la estabilización de subrasantes en el distrito de San José de Quero.

1.3.3. Metodológica

Según (Méndez Álvarez, 2020), “la justificación metodológica indica que el empleo de determinadas técnicas e instrumentos de investigación similares, tratándose de técnicas e instrumentos novedosos”.

En la presente investigación se propuso una metodología para la adición de residuos de cerámicos para la estabilización de subrasantes en el distrito de San José de Quero a fin de mejorar sus propiedades y que esta metodología sea replicada en proyectos similares.

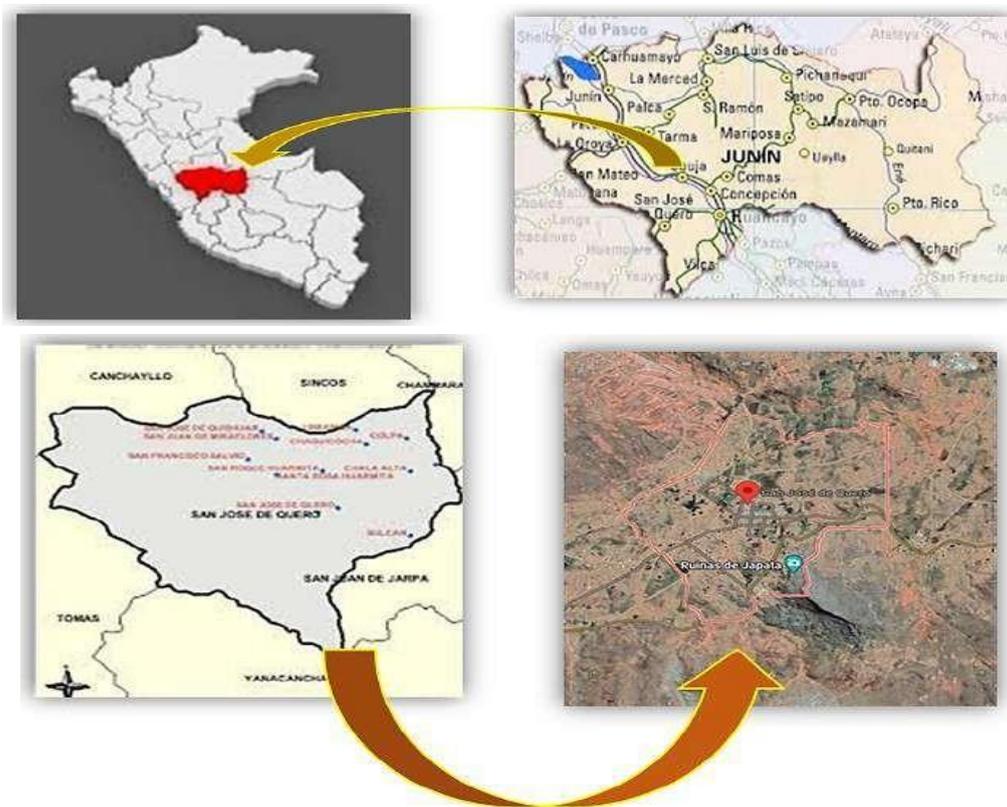
1.4. Delimitaciones

1.4.1. Espacial

La investigación se ha desarrollado especialmente en la carretera principal del distrito de San José Quero (ubicado en el tramo 1 y la progresiva 0+100) del distrito de San José de Quero de la provincia de Concepción del departamento de Junín.

Figura 3

Delimitación espacial.



1.4.2. Temporal

La presente investigación se desarrolló entre los meses de octubre del 2021 hasta el mes de enero del 2022.

1.4.3. Económica

Los costos en que incurrió la presente investigación fueron asumidos en su totalidad por el investigador.

1.5. Limitaciones

1.5.1. Limitaciones por el Covid-19

En la presente investigación se tuvo demoras y contratiempos, debido a la coyuntura de la pandemia por la Covid-19 y la restricción social y toques de queda, para la adquisición de materiales y la ejecución de los ensayos de laboratorio.

1.5.2. Limitaciones económicas

Ya que los costos fueron asumidos por el investigador, hubo limitaciones en cuanto al número de ensayos realizados, habiéndose trabajado con las cantidades mínimas permisibles.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Determinar el efecto de la aplicación de los residuos cerámicos en la estabilización de suelos finos de la subrasante en San José de Quero.

1.6.2. Objetivos específicos

1. Analizar la incidencia de la aplicación de los residuos cerámicos en las propiedades mecánicas de los suelos finos.
2. Evaluar la incidencia de la aplicación de los residuos cerámicos en las propiedades físicas de los suelos finos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

(Moreno Pérez, 2018) en su trabajo de investigación *titulado:* “Estabilización de Suelos Arcillosos con Residuos de la construcción y demolición” para obtener el grado de Doctor en ciencias de los materiales en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (México)”, teniendo como *objetivo general:* “Caracterizar química y mineralógicamente agregados reciclados a partir de concreto demolido para conocer si tienen las propiedades químicas necesarias para estabilizar suelos arcillosos”, aplicando la *metodología:* “Desde un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada y nivel experimental”, obteniendo como *resultado:*” Se analizaron por distintas técnicas (DRX, MEB-EDS, XRF) 4 muestras de agregados reciclados provenientes de residuos de la construcción y demolición de la Cd. de México,

1 muestra de suelo arcilloso de la Ciudad de Pachuca y 3 mezclas suelo – agua - agregado reciclado pulverizado”, finalmente **concluyo:** “Que la caracterización mineralógica por DRX reveló que los minerales existentes en los áridos reciclados analizados fueron feldspatos, cristobalita y piroxeno (minerales ricos en silicio)”,

(Oviedo Pineda & Cárdenas Ramírez, 2021) en el caso de su investigación **titulado:** “Evaluación del comportamiento mecánico de mejoramiento de subrasante con grietas de concreto reciclado mediante modelado a escala física y numérica”, teniendo como **objetivo general:** “Reducir el impacto ambiental que se ocasiona por la inadecuada disposición de este tipo de residuos y aprovechando su potencial constructivo”, aplicando la **metodología:** “Con método cuantitativo y tipo aplicada”, obteniendo como **resultado:** “Que realizando los valores de modelos físico se realizó con 3 escenarios una variación mínima al 20% en el módulo de reacción, para el último escenario que se detalló una diferencia del 60% donde el máximo valor se obtiene en el modelo físico, y finalmente **concluyo:** Que no es factible estudiar el comportamiento mecánico de una subrasante que se mejora con RCRe a partir de un modelo virtual”.

(Zambrano V. & Solorzano R., 2018) en su estudio, **titulado:** “Evaluación del Módulo Elástico de Suelos Finos Agregados con Residuos de Combustión de Carbón (RPCC)”, tuvo como **objetivo general:** “difundir los resultados obtenidos al evaluar los módulos elásticos de residuos finos de arcilla SF de la combustión de cenizas de carbón Los productos y mezclas de estos dos materiales, presentando la **metodología:** “Con un método científico”, obteniendo como **resultado:** “Se realizaron determinaciones mecánicas de 3

unidades de cada material y mezcla mediante ensayos de módulo de elasticidad, verificando su comportamiento mutuo, y determinando la variabilidad de los resultados según el documento técnico de referencia. En resumen, además de los casos anteriores, se determinó el cambio de propiedades exponenciales y la mejora de Mr. con la adición de 10% RPCC y los casos contrarios con la adición de 20% y 40%, Mr. de SF y su mezcla con la ecuación aceptada, y comparar los resultados con los obtenidos en el laboratorio”, y finalmente se **concluye**: “Que permitirán complementar el campo del conocimiento en el comportamiento resiliente de suelos finos con adiciones, así como el de los RPCC, para ser utilizados en el diseño de pavimentos y diferentes áreas de la geotecnia ambiental”.

2.1.2. Antecedentes nacionales

(Baldeón Sauñe, 2019) en su estudio titulado "Análisis del uso de arena de sílice en el refuerzo de firmes", presentó como **objetivo general**: “Evaluar los valores del uso de arena de sílice en la estabilización de la subrasante de la Carretera Chupuro – Vista alegre, Región Junín”, aplicando la **metodología**: “De método científico, con un tipo de investigación aplicada y nivel descriptivo-explicativo”, obteniendo como **resultado**: “Que se muestran que en la mezcla C-10%, C-20% se presentan un índice de plasticidad de 12.67% y 9.72% respectivamente, en las que se presenta una plasticidad media, en relación a las mezclas C-30%, C-40%, C-50%, C-60% en la que se convierte en materiales no plásticos, por ello se llega a detallar que la adición de arena de sílice tuvo un efecto directo en la disminución total de la plasticidad del material de subrasante”, y finalmente se **concluye**: “Que la arena de sílice tuvo valores positivos en la estabilización de la subrasante debido a que se mejoró sus

propiedades físico-mecánicas al elaborar una mezcla con diferentes dosificaciones”.

(Bravo Cipriano, 2021) en su trabajo de investigación **titulado:** “Influencia en las propiedades mecánicas del afirmado para base al reemplazo parcialmente por residuos de porcelanato y cerámico, Lima Norte 2021” teniendo como **objetivo general:** “Realizar el análisis comparativo de las propiedades mecánicas de un afirmado para base granular patrón y un afirmado para base al reemplazarlo parcialmente por residuos de porcelanato y cerámico”, aplicando la **metodología:** “Cuantitativa, con un diseño experimental y un nivel explicatorio”, obteniendo como **resultado:** “Que se ha determinado que el reemplazo parcial por residuo de porcelanato y cerámico influye en las propiedades mecánicas del afirmado de la siguiente manera, siendo la dosificación 10% es la que influye de manera significativa CBR incrementándolo en tal 6.17% y 9%, también la dosificación 5% es la que influye de manera significativa en los límites de Atterberg incrementándolos en lo mínimo en + 25% y +25%, y finalmente la dosificación 10% la que influye de manera significativa Corte directo incrementándolo en +11.10% y +6.38% para los especímenes I y III, finalmente se **concluye:** Que el porcentaje de adición para cerámico y porcelanato más adecuado es 10%”.

(Mamani Mamani, 2019) en el estudio **titulado:** “Mejoramiento de las propiedades mecánicas del suelo mediante la adición de residuos de construcción y demolición para la construcción de cimientos de pavimento en el municipio de Juliaca”, teniendo como **objetivo general:** Evaluar las propiedades mecánicas de los suelos de la cantera “Los monos” adicionando residuos de ladrillo y residuos de concreto para la construcción de la base de

pavimentos de la ciudad de Juliaca, empleando la *metodología*: “Cuantitativa, con un diseño experimental y un nivel explicatorio”, alcanzando como *resultado*: En el índice de plasticidad es de 6.75%, densidad seca máxima es de 2.022 gr/cm³ y CBR al 100% de 61.05%, resultados correctos en referencia a que sugiere el MTC, de tal manera en relación a los residuos de concreto la verificación se ha efectuado en la proporción adecuada y recomendable es la que corresponde al 10%, dando el Índice plasticidad de 5.72%, densidad seca máxima de 2.06% gr/cm³ y CBR al 100% de 64.07%, y finalmente *concluyo*: Que los beneficios obtenidos en el desarrollo del trabajo es la aplicación positiva de los RCD, en la que permite el reusó de los materiales con lo que se logra la protección de los residuos naturales.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Cerámicos

(Hydrocenter, 2018) señala que: “La cerámica en la construcción de edificios es considerada como un material que por el momento no tiene sustitutos. Su alta resistencia, fácil limpieza, bajo mantenimiento, y su valor decorativo, hacen que nunca pase de moda. En la construcción está presente en pisos, paredes, escaleras, techos, fachadas, piscinas, jardines, entre otros usos. Como todos los materiales, ha evolucionado con las nuevas tecnologías, logrando más duración y resistencia”.

También señala que: “Las cerámicas y porcelanatos poseen casi nula absorción de agua, y son resistentes a los agentes climáticos. Son resistentes a la abrasión, al paso del tiempo, y casi no requieren mantenimiento. Tanto la cerámica como el porcelanato, ofrecen a la construcción una gran variedad de ventajas. La importancia de la cerámica en la construcción de edificios es tal,

que puede sobrepasar la vida útil del mismo. De los materiales para pavimentos y revestimiento de paredes, la cerámica es la que mejor se adecúa, por durabilidad y funcionalidad”.

(ArchDaily, 2022) también señala al respecto que: “Las baldosas cerámicas se producen a partir de una mezcla de arcilla y otras materias primas inorgánicas (como caolín, cuarzo, feldespato, calcita, dolomita, entre otras), quemadas a altas temperaturas. Las baldosas de porcelana son más homogéneas y densas que las cerámicas convencionales, además de ser menos porosas. Se fabrican a través de una mezcla de arcillas seleccionadas y varios minerales, quemados a más de 1200 grados centígrados. La porcelana y la cerámica son dos de los revestimientos más utilizados en la actualidad”.

2.2.1.1. Cerámicos para pisos

(Nivelación cerámica, 2021) indica que: “Son placas delgadas hechas a base de arcillas y otras materias inorgánicas. Todos los elementos se muelen y se amasan. Posteriormente, se moldean, se compactan, se secan y se cuecen a una temperatura que permita adquirir las propiedades que se requieren. Son utilizadas, generalmente, para revestimiento de superficies tales como paredes y pisos. Aunque, en la actualidad, no se limitan a esos espacios. La mayoría de las placas de arcilla son de poco espesor, teniendo un grosor de 2 a 10 mm. Sin embargo, existen placas más gruesas, de al menos 20 mm, que son usadas en la instalación de piscinas, jardines, cerramientos o algún otro espacio exterior”.

(ArchDaily, 2022) indica que: “Es esencial que los pisos cerámicos utilizados en áreas húmedas presenten un bajo índice de absorción de agua, además de una baja expansión debido a la humedad. Es importante tener en cuenta que la resistencia mecánica está directamente relacionada con esta

propiedad: cuanto menor sea la absorción de agua, mayor es la resistencia de la pieza”.

Asimismo, indica que: “Poseen un coeficiente de fricción, el cual es el índice que determina el nivel de seguridad de una superficie (plana o en pendiente), especialmente en presencia de agua, aceite u otras sustancias. Para la aplicación en áreas húmedas, es ideal que el piso tenga un coeficiente de fricción mayor a 0.4. En áreas húmedas externas e inclinadas, es esencial que la superficie presente un alto nivel de fricción. La resistencia a la abrasión es lo que determina qué tipo de tráfico puede "soportar" un piso. Por lo tanto, es importante considerar este índice al especificar pisos para áreas públicas de alto tránsito”.

2.2.1.2. Clasificación

(Nivelación cerámica, 2021) indica que: “Las baldosas cerámicas se clasifican por:

- Tipo de fabricación: extrusión (A), prensado en seco (B), otros procesos artesanales aprobados (C).
- Acabados: Esmaltados (GL) y No esmaltados (UGL).
- Ubicación: Puede ser usada para interiores o exteriores, para revestimiento o para pavimento”

2.2.1.3. Capacidad de absorción de agua

(SUNAT, 2010) establece que: “Las baldosas cerámicas se clasifican de la siguiente manera”:

Tabla 1*Clasificación de las baldosas (absorción de agua).*

CLASIFICACIÓN DE LAS BALDOSAS CERÁMICAS SEGÚN
NORMA UNE-EN 14411 / ISO 13006

Método de conformación	CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE AGUA			
	Grupo I	Grupo IIa	Grupo IIb	Grupo III
	$E \leq 3\%$	$3\% < 6\%$	$6\% < 10\%$	$E > 10\%$

Nota. Tomado de SUNAT – “Descripciones mínimas de productos cerámicos”-2010

“Las baldosas de cerámica se dividen en diferentes grupos de acuerdo a su método de fabricación y a la absorción de agua. Los grupos no presuponen el uso de los productos”.

Tabla 2*Clasificación de las baldosas (por su producción).*

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
Baldosas Extruidas	AI
	AIb
	AIIb
	AIII
Baldosas Prensadas	BIa
	BIb
	BIIa
	BIIb
Baldosas Fabricadas por Otros Procesos	BIII
	CI
	CIIa
	CIIb
	CIII

Nota. Tomado de SUNAT – “Descripciones mínimas de productos cerámicos”-2010

Tabla 3*Grupos de baldosas.*

Conformación	Grupo I $E \leq 3 \%$	Grupo IIa $3 \% \leq E < 6 \%$	Grupo IIB $6 \% \leq E < 10 \%$	Grupo III $E > 10\%$
A		Grupo AII _{a-1} ¹⁾	Grupo AII _{b-1} ¹⁾	
Extruida	Grupo AI			Grupo AIII
		Grupo AII _{a-2} ²⁾	Grupo AII _{b-2} ¹⁾	
B	Grupo BI _a $E \leq 0,5 \%$			
Prensado en seco	Grupo BI _b	Grupo BII _a	Grupo BII _b	Grupo BIII ²⁾
	$0,5 \% < E \leq 3 \%$			
C				
Baldosas fabricadas por otros procesos	Grupo CI ³⁾	Grupo CII _a ³⁾	Grupo CII _b ³⁾	Grupo CIII ³⁾

1) Los grupos AII_a y AII_b se dividen en dos partes (parte 1 y parte 2) con diferentes especificaciones de productos.

2) Los grupos BIII contemplan solamente las baldosas esmaltadas. Hay una pequeña cantidad de baldosas no esmaltadas, prensadas en seco, producidas con absorción de agua mayor de 10 %, que no están contempladas dentro de este grupo.

3) Estas baldosas no están contempladas en este Proyecto de Norma Técnica Peruana.

Nota. Tomado de SUNAT – “Descripciones mínimas de productos cerámicos”- 2010

2.2.1.4. Composición de las baldosas cerámicas

(Castel, 2020) señala que: “El método de fabricación de las baldosas cerámicas determina su dureza y acabado, y viene reflejado en el embalaje. Las piezas de cerámica se fabrican a partir de arcillas naturales y componentes minerales mezclados con aditivos de diferente naturaleza. Una vez moldeadas, decoradas y, en ocasiones, esmaltadas, se someten a un proceso de cocción en una o varias etapas, lo que les proporcionará la dureza y estabilidad necesarias”.

(HWI, 2018) señala que: Los componentes de las baldosas cerámicas principalmente son los siguientes:

Tabla 4

Componentes del cerámico.

Nombre químico	Porcentaje %
Fibra cerámica refractaria de aluminosilicato	20 - 40 %
Sílice amorfa (sálica)	2.5 - 10 %
Otros componentes por debajo de los límites a informar	60 - 80 %

Nota. Tomado de HWI –“Hoja de datos de seguridad (HDS)”-2018

Asimismo, (EUCO CERÁMICA, 2021) manifiesta que: Los componentes de las baldosas cerámicas principalmente son los siguientes:

Tabla 5

Componentes del cerámico por material.

Material	Porcentaje %
Mezcla de sílice y material cementante	85 - 95 %
Otros componentes no peligrosos	5 - 15 %

Nota. Tomado de “EUCO CERÁMICA” - 2021

Como se puede apreciar anteriormente, es la arcilla el material principal para la fabricación de baldosas cerámicas, así como diferentes componentes mezclados.

2.2.1.5. Propiedades

(Hellerstein, 2017) indica que: “Las propiedades físicas de la cerámica dependen de la composición del soporte o pasta y de las condiciones de cocción. La pasta para cualquier uso particular se selecciona principalmente por sus propiedades físicas, aunque para la vajilla se prefieren casi siempre las pastas blancas”.

“Los productos industriales las cuales presentan propiedades muy diversas de acuerdo con su destino y materias primas. Por los ingredientes básicos de una pasta cerámica se recogen en la Tabla 84.1, que también indica las proporciones de distintas pastas tipo. La cristobalita, arena calcinada la cual

se usa como una carga en algunas pastas cerámicas, en particular en las usadas para revestimientos murales. La arcilla continúa siendo el principal ingrediente en la mayor parte de los productos cerámicos, incluso en aquellos que se preparan por prensado en polvo. La Tabla 84.1 no recoge cerámicas industriales, pues su composición varía desde toda arcilla plástica o refractaria, sin incorporación de fundentes o cargas; hasta casi toda alúmina con una mínima cantidad de arcilla y sin fundentes”.

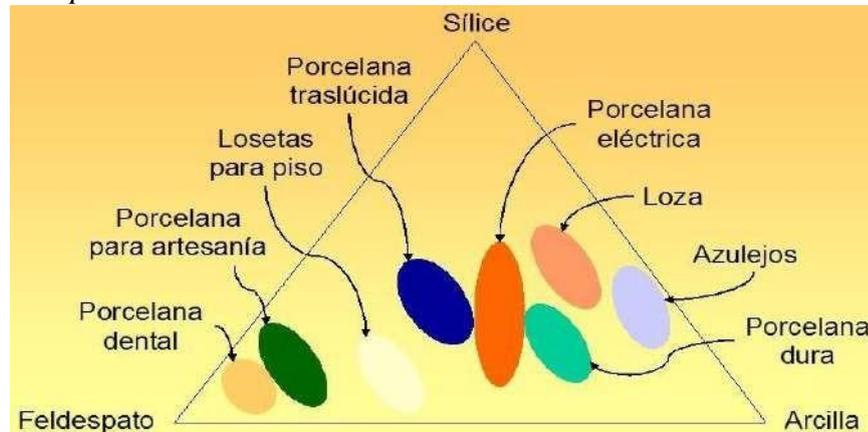
“Las materias primas, hay directamente usados por la industria cerámica para la producción de materiales de valor añadido: sílice; arcilla; alúmina; entre otros. la exposición se centrará en las propiedades de la sílice. Él sílice se puede decir que además de su uso en refractarios y cerámica blanca, también es el punto de partida en la fabricación de silicio, El sector de la cerámica industrial está muy diversificado por el uso de carburo de silicio y tetracloruro de silicio”.

2.2.1.6. Propiedades físicas y químicas

(Soliz Chávez & Yunga Quituisaca, 2021) señala que: “Nos menciona Estructuras del silicato y se basan en el tetraedro de sílice, y gran número de materiales cerámicos contienen estructuras de silicatos: mica, feldspatos y arcillas. Asimismo, la cerámica presenta una alta concentración (55% - 90%) de sílice en su composición, pero también están presentes otros elementos como: hierro, calcio, aluminio, titanio, etc. Cabe mencionar que, al estar expuesta a estos elementos, además de la cerámica, se pueden encontrar algunos elementos purulentos como esponjas, sílice y restos de flagelados, así como el resto de la planta”.

Figura 4

Componentes del cerámico.



Nota. "Revista latinoamericana de metalúrgica y materiales"-Silva, Yimmy y Delvasto, Silvio-2016

(Zchimmer & Schwarz, 2020) indican que: "Las propiedades físicas de los materiales cerámicos varían mucho en función de sus enlaces, pero en general se distinguen por su dureza y fragilidad, además de tener altos puntos de fusión. Son rígidos tras la cocción, aunque antes de ella son extremadamente dúctiles y pueden tomar infinitas formas y tamaños. Algunas de las propiedades químicas que mejor definen a los materiales cerámicos son su biocompatibilidad y estabilidad química. Además, debido a la ausencia de electrones conductores, la cerámica es un buen aislante térmico y eléctrico. Por otro lado, los materiales cerámicos son resistentes a las altas temperaturas, a los agentes atmosféricos y a muchos agentes químicos, debido a la estabilidad de sus enlaces. Como puedes ver, las propiedades físicas y químicas de la cerámica la convierten en un material altamente valorado y usado en una gran variedad de aplicaciones y ámbitos industriales. No obstante, debes tener en cuenta que en el proceso de producción cerámica intervienen un gran número de variables. Por este motivo, para obtener un buen producto es necesario conocer a fondo la composición química de la cerámica, así como de las diferentes materias primas y aditivo".

(Steelceram, 2022) indica al respecto que: “Dureza: La característica más distintiva de la cerámica avanzada es su extrema dureza, donde por ejemplo la Alúmina tiene una dureza casi 3 veces mayor que la del acero inoxidable. Rigidez: La alta rigidez de la cerámica se mide comprobando la elasticidad después de aplicar una carga de fuerza. Su inflexibilidad hace que sea una pieza que evita deformaciones. Resistencia al impacto: Actualmente la cerámica técnica tiene una baja resistencia a la rotura, pero la Zirconia estabilizada, ofrece mejoras significativas en la resistencia a llegar al punto de rotura. Gravedad específica (Densidad): Generalmente las cerámicas tienen una densidad más baja que los metales de alta resistencia, dentro del mismo volumen muchas cerámicas pueden reducir el peso a la mitad del que ofrece el metal”.

2.2.1.7. Propiedades térmicas

(Steelceram, 2022) señala que: “Resistencia al calor Las cerámicas de todo tipo son conocidas por su capacidad de soportar altas temperaturas. Por ejemplo, la Alúmina se funde a temperaturas cercanas a los 1800°C, muy por encima del punto de fusión de los materiales metálicos. Expansión térmica Cuando los materiales se calientan, su tamaño y volumen aumentan, en un fenómeno conocido como expansión térmica. La relación del coeficiente de expansión térmica indica cuánto se expande un material en 1 °C de aumento de temperatura, la cerámica tiene un bajo coeficiente de expansión térmica, menos de la mitad que la mayoría de aceros. Conductividad térmica La propiedad que define el calor transmitido a través de un material se llama conductividad térmica. La cerámica avanzada ofrece una amplia gama de conductividad térmica; Algunos materiales tienen altos niveles de conductividad y transfieren bien el calor, mientras que otros, tienen bajos niveles de conductividad y

transfieren menos calor. La conductividad térmica del carburo de silicio es particularmente buena, mientras que la Zirconia tiene un coeficiente de conductividad térmica bajo, aproximadamente 1/10 que el coeficiente del acero inoxidable”.

2.2.1.8. Propiedades mecánicas

(Steelceram, 2022) manifiesta que: “Las propiedades mecánicas de los materiales son las que definen su comportamiento al exponerse a la acción de fuerzas exteriores. Existen diversos tipos de fuerzas externas capaces de generar respuestas mecánicas en los materiales, por ejemplo, las fuerzas de tracción, compresión y torsión. Es importante tener en cuenta las fuerzas que se aplicaran en cada proceso industrial, ya que estas determinaran la elección de los materiales más adecuados para cada uno. Gracias al desarrollo de nuevos materiales cerámicos, se han mejorado enormemente las propiedades mecánicas de la cerámica convencional y en casos específicos pueden superar a las de los aceros utilizados hasta ahora”.

Asimismo, señala que: “Las propiedades mecánicas de la cerámica técnica avanzada son:

Una dureza muy elevada, superando con creces la del acero, lo que permite trabajar con metales endurecidos evitando el desgaste prematuro de la cerámica.

La resistencia de la cerámica técnica establece una relación entre las fuerzas aplicadas, los esfuerzos y desplazamientos producidos por las mismas. Los impactos, la flexión, compresión, deslizamiento... son algunas de las fuerzas a las que se someten estos elementos cerámicos en la industria moderna.

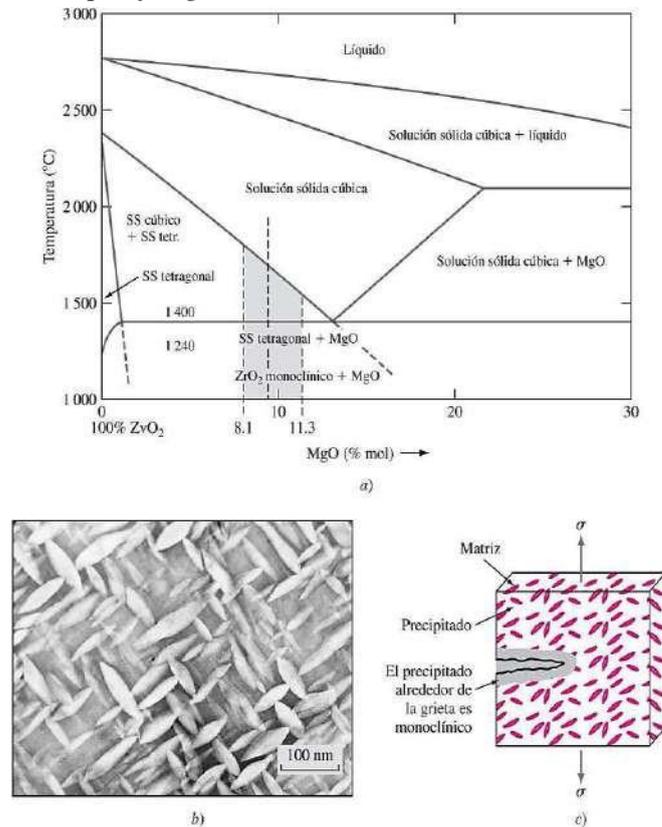
Densidad: Con una densidad de unos 6gr/cm³, la cerámica es más ligera que el acero, reduciendo el peso en los distintos elementos que se fabriquen en cerámica técnica. El nitruro de silicio por ejemplo es el más ligero con una densidad de 3,2 gr/cm³.

La tenacidad de los nuevos materiales cerámicos le permite absorber impactos evitando que se rompa en procesos donde existe contacto entre piezas. La energía necesaria para alcanzar el punto de rotura cada vez es más elevada y permite utilizar estos materiales en situaciones cada vez más exigentes”.

Respecto a los factores que afectan la resistencia de los materiales cerámicos, Google sites (2022) indica que: “La falla mecánica de los materiales cerámicos se presenta principalmente por defectos estructurales. Las principales fuentes de fractura en policristales cerámicos son las grietas superficiales producidas durante el acabado superficial, los huecos (porosidad), las inclusiones y los granos grandes que se forman durante el procesamiento. Los materiales cerámicos, debido a su combinación de enlace iónico y covalente, tienen una baja tenacidad inherente. En años pasados se han llevado a cabo múltiples investigaciones para mejorar la tenacidad de los materiales cerámicos. Mediante el uso de ciertos procesos, como cerámicas prensadas en caliente con aditivos y reacciones de enlace, se han producido cerámicas de ingeniería con mejor tenacidad. Recientemente se ha descubierto que las transformaciones de fase de la circonia combinada con otros óxidos refractarios (como CaO, MgO o Y₂O₃) pueden producir materiales cerámicos con una tenacidad a la fractura excepcionalmente alta. La falla por fatiga en metales se presenta bajo esfuerzos cíclicos repetidos por la nucleación y la formación de grietas en un área endurecida por deformación plástica de una muestra.

Figura 5

Falla por fatiga del cerámico.



Nota. Google sites –“Propiedades mecánicas de las cerámicas”-2022.

2.2.1.9. Producción en el Perú

(Sol, 2022) señala que: “Con 33 millones de habitantes, Perú es un importante mercado de cerámica estimado en 55 millones de m² (consumo per cápita: 1,7 m²/hab.). El segmento porcelanato ocupa un 30% de participación, siendo totalmente de origen importado (China, Brasil, España, Italia, India, etc.) hasta que en 2019 Celima Trebol lanzó la fabricación en Perú. Perú importa una cifra que excede los 240 millones de dólares en cerámica, principalmente porcelanato. China fue el gran protagonista hasta la pandemia del COVID; los incrementos en energía y fletes dejan nuevas oportunidades en ese segmento. Las exportaciones alcanzan unos 120 millones de dólares”.

Asimismo, respecto a Celima Trebol indica que: “Con una producción estimada en 40 millones de m² es el líder en Perú, en ventas internas y exportación. Posee una excelente distribución física y ponderada en toda la extensión del territorio. La empresa adquirió uno de los principales distribuidores de Perú, Cassinelli, que cuenta con 13 tiendas con productos propios y de terceros importados. También forman parte del grupo, las tiendas de Hipermercado Cerámico que venden exclusivamente sus marcas”.

2.2.2. Suelos finos

Geoxnet (2019) indica que: “El sistema unificado considera los suelos finos divididos entre grupos: limos inorgánicos (M), arcillas inorgánicas (C) y limos y arcillas orgánicas (O). Cada uno de estos suelos se subdivide a su vez según su límite líquido, en dos grupos cuya frontera es $Ll = 50\%$. Si el límite líquido del suelo es menor de 50 se añade al símbolo general la letra L (low compressibility). Si es mayor de 50 se añade la letra H (high compressibility). Obteniéndose de este modo los siguientes tipos de suelos:

- ML: Limos Inorgánicos de baja compresibilidad.
- OL: Limos y arcillas orgánicas.
- CL: Arcillas inorgánicas de baja compresibilidad.
- CH. Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad.
- MH: Limos inorgánicos de alta compresibilidad.
- OH: arcillas y limos orgánicas de alta compresibilidad”.

Tabla 6

Clasificación de suelos.

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 - 0.425 mm
	Arena fina	0.425 mm - 0.075 mm
Material fino	Limo	0.075 mm - 0.005 mm
	Arcilla	menor a 0.005 mm

Nota. Velásquez (2018).

2.2.3. Suelos cohesivos

“Los suelos se pueden diferenciar por sus características y una de ellas es la cohesión, está dividiendo en suelos cohesivos y no cohesivos. Los suelos cohesivos tienen una adherencia intermolecular como es el caso de las arcillas” (Hernández, 2016)

“En base a los diferentes tipos de suelo, los suelos en mención tienen una peculiar singularidad que corresponde al tamaño de sus componentes por ser menor a 0.08 mm, por ello se da que en las partículas existe un enlace considerable” (Bañon & Beviá García, 2000)

“Una de las características de estos suelos se refiere a la disminución del transcurrir del agua sobre el mismo, debido a los pocos espacios que se tiene en su estructura. Como también se da la comprensión de estos suelos a consecuencia de un aumento en su humedad; esta propiedad es considerada en la compactación de suelos” (Bañon & Beviá García, 2000, pág. 4)

2.2.4. Estructura de un suelo cohesivo

Según (Hernández, 2016) “la estructura de un suelo cohesivo se da por las partículas de este, que producen una fuerza iónica entre ellas, debido al tamaño de sus partículas estas fuerzas gravitatorias actúan en cada partícula,

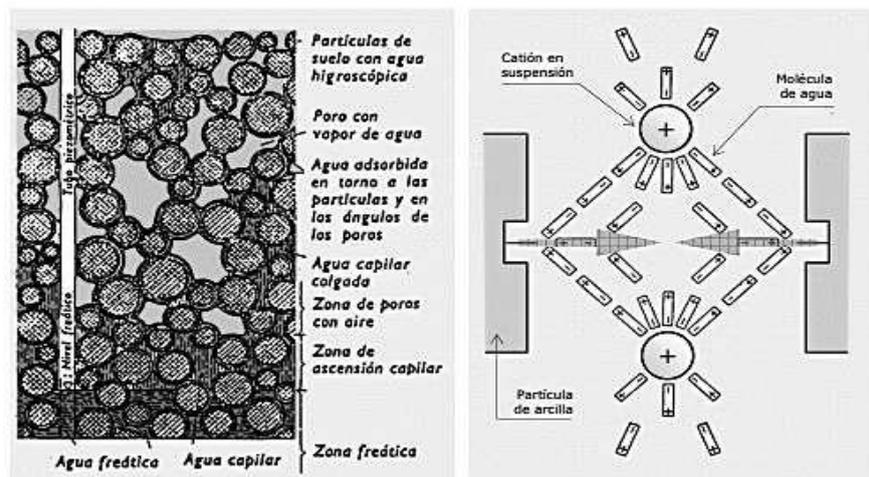
esas partículas se dan en forma cilíndricas, laminas todo ello de acuerdo a sus dimensiones”.

2.2.4.1. Propiedades

De acuerdo a (Hernández, 2016), “los suelos cohesivos tienen las siguientes propiedades: resistencia, esto debido a la cohesión existente en sus partículas; porosidad debido a un mayor contenido de poros; cohesión esta se ve de manera muy notoria en estos suelos; comprensibilidad de manera muy alta; reacción a la compresión se da en tiempos muy extensos; permeabilidades debidamente impermeables. Entre todas las propiedades se considera a la cohesión como principal en referencia a la parte mecánica, esta a su vez se denomina como la unión de las partículas bajo condiciones de agua y el suelo, para lo cual dicho suelo no deberá estar saturado” (Bañon & Beviá García, 2000, pág. 3)

Figura 6

Origen de la cohesión en suelos arcillosos.



Nota. Bañon y Beviá (2000, p. 4).

2.2.4.2. Composición

“Los suelos cohesivos están compuestos por arcillas y limos respectivamente, dado que contienen partículas finas. El tener una

considerable cantidad de partículas finas en las gravas o arenas pueden producir una cohesión” (Hernández, 2016).

2.2.4.3. Subdivisión de suelos cohesivos

- LIMOS: “Son característicos por tener de 0.02 y 0.002 mm en el tamaño de sus partículas” (Bañon & Beviá García, 2000, pág. 3)
- ARCILLAS: “Se considera que tienen partículas demasiado pequeñas que son a razón de la alteración de las rocas” (Bañon & Beviá García, 2000, pág. 4)

2.2.4.4. Diferencia entre arcilla y limo

Tabla 7

Diferencias entre arcilla y limo

Limos (entre 0,002 y 0,06 mm.)	Arcillas (<0,002 mm.)
No suelen tener propiedades coloidales	Suelen tener propiedades coloidales
A partir de 0,002 mm. Y a medida que aumenta el tamaño de las partículas, se va haciendo cada vez mayor la proporción de minerales no arcillosos	Consiste en su mayor parte en minerales arcillosos
Partículas redondeada	Partículas forma laminar
Tacto áspero	Tacto suave
Mayor permeabilidad	Menor permeabilidad
Predominan las características de masa	Predominan las características de superficie
Se secan con relativa rapidez y no se pegan en los dedos	Se secan lentamente y se pegan a los dedos
Los terrones secos tienen una cohesión apreciable, pero se pueden reducir a polvo con los dedos	Los terrones secos se pueden partir, pero no reducir a polvo con los dedos
Pueden ser colapsables	No pueden ser colapsables
No son expansivas	Pueden ser expansivas

Nota. Jiménez y Justo (1975, p. 1).

2.2.5. Subrasante

“Es la superficie de fondo en la excavación del suelo natural donde se asienta la estructura del pavimento, esta contempla características adecuadas y parámetros que definan su capacidad de soporte debido a los esfuerzos sometidos por la estructura del pavimento y las cargas móviles a la cual se ve afectada”. (MTC, Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos- Sección suelos y pavimentos, 2014, págs. 20-21)

2.2.5.1. Requerimiento de la subrasante

“Para suelos que se encuentren a una profundidad inferior a la subrasante de 60 centímetros se considerará dicho material como adecuado y por ende calificarlo como un suelo estable debido a que su capacidad portante (CBR) será mayor al 6 %. Si dicho material a la profundidad mencionada tiene un CBR menor al 6 % se procederá a la estabilización de la misma debido a que es considerado como una subrasante pobre” (MTC, Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos- Sección suelos y pavimentos, 2014, pág. 21)

2.2.5.2. Propiedades de la subrasante

Las propiedades de la subrasante según (Vidal Gonzales, 2021) son:

- Propiedades físicas: “Estas propiedades básicamente están en el entorno del material desde su tipo hasta las características que presenta y se determinan de acuerdo a su clasificación AASHTO – SUCS, granulometría, relación de humedad, etc.”
- Propiedades Ingenieriles: “Estas propiedades con la finalidad de ver las características y poder determinar un valor para su utilización en las vías, para ello se cuenta con lo siguiente: módulo de resiliencia y poissón, capacidad de soporte”.

2.2.5.3. Características de la subrasante

“Para conocer las propiedades mecánicas y físicas a nivel de subrasante se realizan las calicatas, estas se ubicarán en la superficie donde ira pavimento y tendrán como profundidad mínima 1.50 metros” (MTC, Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos- Sección suelos y pavimentos, 2014, pág. 26)

De acuerdo al Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos - (MTC, Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos- Sección suelos y pavimentos, 2014, pág. 35), se debe tener en cuenta lo mencionado a continuación:

- “Si se obtiene del suelo en estudio con respecto al CBR de 6 a más resultados, se tendrá en consideración que para determinar el CBR con el cual se diseñará la subrasante se procederá a realizar el promedio de dichos resultados”.
- “Si se obtiene del suelo en estudio con respecto al CBR de menos de 6 resultados, se tendrá que aplicar para determinar el CBR con el que se diseñara los siguientes criterios: se tomará el valor del promedio de dichos resultados si estos se asemejan, si dichos resultados son diferentes se tomará el valor de más bajo resultado o caso contrario se determinara tramos que cuenten con la semejanza de sus resultados con respecto al CBR, cabe resaltar que dichos tramos no deberán ser menores a un metro”.
- “Teniendo el ensayo de CBR, se procederá a la clasificación de la calidad de la subrasante de acuerdo a lo siguiente”:

Tabla 8*Categorías de subrasante.*

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

Nota. Manual de Carreteras – “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” - MTC (2014, p. 35).

2.2.5.4. ENSAYOS CBR (California Bearing Ratio):

- “El CBR es un ensayo de prueba semi-empírica para evaluar la calidad de un material de suelo con base en su resistencia al corte. El índice de CBR se define como la relación entre la presión necesaria para que el pistón penetre al suelo una determinada profundidad y la necesidad para conseguir esa misma penetración en una muestra patrón de grava machacada, expresada en tanto por ciento”. (Bañon & Beviá García, 2000, págs. 15-16)
- “La capacidad de soporte de una subrasante se define como la carga que este es capaz de soportar sin que se produzcan asientos excesivos. El indicador para cuantificar es el índice CBR.” (Bañon & Beviá García, 2000, pág. 8)
- “Una vez que se hayan clasificado los suelos por el sistema AASHTO para carreteras, se elaborará un perfil estratigráfico para cada sector homogéneo a partir del cual se determinará los suelos que controlarán el diseño y se establecerá el programa de ensayos y/o correlaciones

para establecer el CBR que es el valor soporte o resistencia del suelo, referido al 95% de la MDS (Máxima densidad seca) y a una penetración de carga de 2.54 mm”. (MTC, Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos- Sección suelos y pavimentos, 2014, pág. 35)

- “Es un índice semi empírico de las propiedades de resistencia y deformación que posee un suelo; este valor se interrelaciona con los pavimentos, tanto así que es necesario para establecer su espesor. También es dable mencionar que para otros investigadores es un método muy conservador, pues el hecho de saturar la muestra, modifica significativamente la resistencia, aunque es una manera de asegurar el peor de los casos en el que se pueda encontrar una vía” (Velásquez Pereyra, 2018)

- Para (López Sumarriva, 2018) “el valor del CBR es la carga unitaria correspondiente a 0.1” o 0.2” de penetración, expresado en porcentajes, este ensayo define el número de la relación de soporte, que no es constante, ya que depende de las condiciones a las que se realizó el ensayo. El número de CBR es calculado mediante la relación de la carga unitaria que es necesaria para realizar una profundidad de penetración del pistón dentro de la muestra compactada, teniendo en cuenta el contenido de humedad y densidad obtenidas de la carga unitaria patrón requerido para obtener una misma profundidad de penetración en una muestra estándar del mismo material”.

- Según el (MTC, Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos- Sección suelos y pavimentos, 2014) “el valor de CBR es muy importante en los pavimentos, ya que define las características físicas del suelo de la subrasante sobre la cual se colocará su estructura”.

Figura 7

Prensa CBR.



Nota. UTEST-“Máquina automática para ensayo de CBR”-2020

2.2.6. Estabilización de suelos

“Es la adición de aditivos al suelo natural con el fin de mejorar sus propiedades físicas y mecánicas esto generalmente aplicado a los suelos a nivel de subrasante considerado de acuerdo a su capacidad portante como subrasante pobre. Y cuando se requiere tener una mejor calidad a nivel de subbase o base granular, esta es referida como subbase o base granular tratada” (MTC, Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos- Sección suelos y pavimentos, 2014, pág. 92)

2.2.6.1. Criterios para establecer la estabilización de suelos

Según el Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos - (MTC, Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos- Sección suelos y pavimentos, 2014, pág. 93), menciona lo siguiente:

- “Debido a la baja capacidad de soporte de la subrasante, CBR menores que 6 %”.
- “Cuando se tenga presencia de arcilla en la parte superior de la subrasante”.
- “Cuando se encuentre ojos de agua en la subrasante”.
- “Debido a los lugares donde se tenga un clima de heladas”.

2.2.6.2. Propiedades que se mejoran con la estabilización

Según (Cubas Benavides & Carlos, 2016, pág. 54) , mencionan lo siguiente:

- “Estabilidad en el volumen de los suelos debido a la expansión del mismo a consecuencia de una variación en su humedad”.
- “Tener una resistencia en cuanto a la cohesión del suelo de manera mecánica”.
- “Tener una permeabilidad adecuada para que se pueda transcurrir el agua o el aire respectivamente”.
- “Tener una mayor capacidad mecánica a consecuencia de la disminución de los espacios entre partículas”.

2.2.6.3. Tipos de estabilización de suelos

2.2.6.3.1. Estabilización mecánica

“Se da mediante la reducción de vacíos en los suelos evitando modificar su composición natural” (MTC, Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos- Sección suelos y pavimentos, 2014, pág. 98)

De acuerdo a (Braja M, 2014, pág. 266) menciona los siguientes métodos:

- Vibroflotación: “Se da mediante la utilización de una unidad vibratoria que permitirá que se produzca una vibración de manera horizontal” (Braja M, 2014, pág. 270)
- Compactación dinámica: “Se produce mediante la caída de un peso reiteradas veces sobre el suelo, esto ayudara a la densificación” (Braja M, 2014, pág. 274)
- Blasting: “Se produce mediante la aplicación de detonaciones a una determinada profundidad de los suelos” (Braja M, 2014, pág. 274)
- Pre-compresión: “Utilizado con la finalidad de disminuir el asentamiento que se genera después de una construcción” (Braja M, 2014, pág. 275)
- Drenes de arena: “Este método utilizado para apresurar en la consolidación de capas el asentamiento” (Braja M, 2014, pág. 279)

2.2.6.3.2. Estabilización física

“Se refiere al agregado de material de distribución granulométrica pareja al suelo natural” (Cuchillo, 2015, párr. 9).

De acuerdo a Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos - (MTC, 2014, pág. 98) menciona los siguientes métodos:

- “Por combinación de suelos: Este método se emplea mediante la adición de un material externo a la del suelo en estudio a una profundidad de 15 centímetros.
- Por sustitución de suelos: Este método se planteará de acuerdo a dos condicionantes: ante el retiro del material de subrasante en 15 centímetros y el otro que dicho material del suelo sea sustituido en su totalidad”.

2.2.6.3.3. Estabilización química

“Es la adición de químicos para el mejoramiento del suelo en estado natural, esto para hacer que el suelo sea trabajable” (Braja M, 2014, pág. 266)

De acuerdo al Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos - (MTC, 2014, págs. 101-109) menciona los siguientes métodos:

- Cal
- Cemento
- Escoria
- Cloruro de sodio
- Cloruro de calcio

- Cloruro de magnesio
 - Productos asfálticos
- Geosintéticos”

2.2.6.3.4. Estabilización por sustitución de los suelos

“Cuando se prevea la construcción de la subbase mejorada solo con material adicionado, pueden presentarse dos situaciones, sea que la capa se construya directamente sobre el suelo natural existente o que este deba ser excavado previamente y reemplazado por el material de adición”.

En el primer caso, el suelo existente se deberá escarificar, conformar y compactar a la densidad especificada para cuerpos de terraplén en una profundidad de 15 centímetros [...].

En el segundo caso, el mejoramiento con material totalmente adicionado implica la remoción total del suelo natural existente, de acuerdo al espesor de reemplazo”. [...]. (MTC, Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos- Sección suelos y pavimentos, 2014, pág. 99)

El (MTC, Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos- Sección suelos y pavimentos, 2014) nos muestra un procedimiento para determinar el espesor de reemplazo en función al valor de soporte. “El espesor de material a reemplazar se aplicará solo en casos de subrasantes pobres con suelos de plasticidad media, no expansivos y con valores soporte entre $CBR \geq 3\%$ y $CBR < 6\%$ ”. (pág. 99)

a. Procedimiento para determinar el espesor de reemplazo en función al valor de soporte o resistencia del suelo

“Este procedimiento de cálculo para determinar en sectores localizados, el espesor de material a reemplazar se aplicará solo en casos de sub rasantes pobres, con suelos de plasticidad media, no expansivos y con valores soporte entre $CBR \geq 3\%$ y $CBR < 6\%$, calculándose según lo siguiente:

- Se calculará el número estructural SN del pavimento para 20 años, el material a emplear tendrá un $CBR \geq 10\%$ e IP menor a 10, o en todo caso será similar. Cuando en los sectores adyacentes al sector de sustitución de suelos presenta un $CBR > 10\%$, para el cálculo del SN se utilizará el mayor valor de CBR de diseño, que representa el material de reemplazo, este número estructural SN calculado se denominará SNm (mejorado), luego se calculará el SN del pavimento para el CBR del material de sub rasante existente (menor a 6%), que se denominará SNe (existente).
- Se realizará la diferencia algebraica de números estructurales:

Ecuación 1

Diferencia algebraica de números estructurales.

$$\Delta SN = SNe - SNm$$

- Habiéndose escogido el material de reemplazo ($CBR \geq 10\%$) a colocar según SNm calculado, se obtendrán los valores correspondientes de coeficiente estructural (a_i) y coeficiente de drenaje (m_i), luego de obtener dichos valores se procederá a obtener el espesor E, aplicando la siguiente ecuación:

Ecuación 2

Espesor.

$$E = \frac{\Delta SN}{a_i \times m_i}$$

Donde:

E: Espesor de reemplazo en cm.

a_i : Coeficiente estructural del material a colocar / cm

m_i : Coeficiente de drenaje del material a colocar” (MTC, Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos- Sección suelos y pavimentos, 2014, pág. 99)

b. Procedimiento para determinar el espesor de reemplazo en función método de módulo resiliente compuesto.

“El método utilizado por el MTC es una extensión de la metodología del AASHTO 93, sin embargo, existen otras alternativas para el cálculo del espesor a partir de la diferencia de deflexiones medidas de viga Benkelman entre el tramo que requiere reemplazo y los tramos adyacentes. Es posible también aplicar el concepto de módulo resiliente compuesto que emplea el ASHTO 2002 para caracterizar los tramos estratificados. En la ecuación que se muestra a continuación la incógnita es el espesor del mejoramiento (D1):

Ecuación 3

Módulo resiliente equivalente

$$M_{r \text{ equivalente}} = \frac{M_{r1}D_1^3 + M_{r2}D_2^3 + M_{r3}D_3^3}{D_1^3 + D_2^3 + D_3^3}$$

Donde:

Mr equivalente: Módulo resiliente compuesto.

Mr1: Módulo resiliente del mejoramiento.

Mr2: Módulo resiliente de la 2da capa de suelo natural.

Mr3: Módulo resiliente de la 3ra capa.

D1: Espesor del mejoramiento.

D2: Espesor de la 2da. Capa.

D3: Espesor de la 3ra. Capa.

“Se debe tomar en cuenta que la sumatoria de las tres capas debe ser igual a la profundidad de influencia de la carga que suele tomar como 1.50m”. (Menéndez, 2016, p.121)

2.2.6.3.5. Requisitos del material para estabilización de subrasante

De acuerdo al (Manual de Carreteras, 2013) señala como especificaciones técnicas para el material de estabilización de suelos lo siguiente: “Los materiales existentes y/o de adición deberán presentar una calidad tal, que la capa mejorada cumpla por lo menos, los requisitos exigidos para la corona de terraplén”.

Los requisitos son los siguientes: “Los materiales que se empleen en la construcción de terraplenes deberán provenir de las excavaciones de la explanación, de préstamos laterales o de fuentes aprobadas (canteras); deberán estar libres de sustancias deletéreas, de materia orgánica, raíces y otros elementos perjudiciales, de acuerdo a las exigencias del proyecto y autorizado por el Supervisor. Si por algún motivo sólo existen en la zona, materiales expansivos, se deberá proceder a estabilizarlos antes de colocarlos en la obra. Las

estabilizaciones serán definidas previamente en el Expediente Técnico. Los materiales que se empleen en la construcción de terraplenes deberán cumplir los requisitos indicados a continuación:”

Tabla 9

Requisitos para material de estabilización de subrasante

Condición	Corona
Tamaño máximo (cm)	7.5
Índice de plasticidad (%)	< 10
CBR (%)	> 10

Nota. MTC (2013)

Tal como señala el (MTC, 2008) “Se recomienda que cuando se presenten subrasantes clasificadas como muy pobre o pobre (CBR < 6%), se proceda a eliminar el material inadecuado y a colocar un material granular de reemplazo con CBR mayor a 10% e IP < 10; con lo cual se permite el uso de una amplia gama de materiales naturales locales de bajo costo, que cumplan la condición”.

2.3. Definición de términos

a) Compactación

En este proceso se le aplica energía mecánica al suelo con el objeto de eliminar los espacios vacíos, aumentando así la densidad y en forma consecuente la capacidad de soporte y la estabilidad de las demás propiedades del suelo. (Patín Patín, 2018)

b) Estabilización De Suelos

“Es la adición de aditivos al suelo natural con el fin de mejorar sus propiedades físicas y mecánicas esto generalmente aplicado a los suelos a nivel de subrasante considerado de acuerdo a su capacidad portante como subrasante pobre”. (MTC, 2018)

c) Estabilización Por Sustitución De Los Suelos

“Cuando se prevea la construcción de la subbase mejorada solo con material adicionado, pueden presentarse dos situaciones, sea que la capa se construya directamente sobre el suelo natural existente o que este deba ser excavado previamente y reemplazado por el material de adición”. (MTC, 2014, pág. 98)

d) Residuos Cerámicos

(CONAMA, 2000) indica que: “En la industria cerámica, los residuos sólidos se generan principalmente por rechazo a productos cerámicos, los moldes de yeso que no se pueden reutilizar”.

e) California Bearing Ratio

“Es un procedimiento utilizado largamente para establecer el valor relativo de carga o fortaleza de los componentes de la subrasante. Es una medida del aguante del suelo a la penetración, cotejada con aquella de la piedra pulverizada”. (Martinez Machado, 2020)

f) LÍMITE LÍQUIDO

“Contenido de humedad entre los límites entre estados de consistencia semilíquido y plástico, es necesario para el cálculo del índice de plasticidad”. (García Toro, 2019 pág. 35)

g) LÍMITE PLÁSTICO: FAO (2015)

“Este término define el contenido de humedad del suelo entre los límites del estado de consistencia plástico y semisólido, usado para identificar el IP”. (Flor Salazar, y otros, 2020 pág. 45)

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La adición de residuos cerámicos incide significativamente en la estabilización de suelos finos de la subrasante en San José de Quero.

2.4.2. Hipótesis específicas

1. La adición de residuos cerámicos incide significativamente en las propiedades mecánicas de los suelos finos.
2. Al adicionar residuos cerámicos se incide significativamente en las propiedades físicas de los suelos finos.

2.5. Variables

2.5.1. Definición conceptual de la variable

Variable independiente (X): RESIDUOS CERÁMICOS

(RUBIBLOG, 2023) indica: "Proviene de las baldosas cerámicas las cuales son piezas planas, generalmente de poco espesor, que están fabricadas con arcillas, sílice, fundentes, colorantes y otras materias primas.

Variable dependiente (Y): ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS

(Rivera, Aguirre, Mejía de Gutiérrez, & Orobio, 2020) señalan: "En muchos de los proyectos de ingeniería de obras civiles, el suelo nativo no cumple con los requisitos de diseño y por lo tanto es necesario realizar procesos de modificación, estabilización o sustitución para proporcionar a la obra un material de construcción mejorado. Con la estabilización de suelos se puede incrementar la capacidad de soporte del suelo nativo, mejorar la resistencia al corte, aumentar la resistencia al ablandamiento por acción del agua, proporcionar estabilidad volumétrica ya que se minimiza la permeabilidad del agua, disminuir la plasticidad y aumentar el peso unitario de los suelos tratado".

2.5.2. Definición operacional de la variable

Variable independiente (X): RESIDUOS CERÁMICOS

Los residuos provenientes de cerámicos fueron adicionados en porcentajes del 4%, 6%, 8% y 10% respecto al peso seco en el material natural de las subrasantes a fin de determinar la incidencia de su aplicación.

Variable dependiente (Y): ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS

Se han realizado ensayos de laboratorio a fin de determinar el efecto de la aplicación de los residuos cerámicos en las propiedades mecánicas (Proctor modificado y CBR) y en las propiedades físicas (límite líquido, límite plástico e IP) de los suelos finos de la subrasante.

2.5.3. Operacionalización de la variable

Tabla 10*Operacionalización de las variables*

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES						
Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Und	Escala
RESIDUOS CERÁMICOS	(RUBIBLOG, 2023) indica: "Proviene de las baldosas cerámicas las cuales son piezas planas, generalmente de poco espesor, que están fabricadas con arcillas, sílice, fundentes, colorantes y otras materias primas, que se muelen, prensan o compactan utilizando diferentes procedimientos, para después someterse a un proceso (o varios) de cocción y enfriamiento".	Los residuos provenientes de cerámicos fueron adicionados en porcentajes del 4%, 6%, 8% y 10% respecto al peso seco en el material natural de las subrasantes a fin de determinar la incidencia de su aplicación.	Porcentaje de adición de residuos cerámicos	4.00%	%	Razón
				6.00%	%	Razón
				8.00%	%	Razón
				10.00%	%	Razón
ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS	(Rivera, Aguirre, Mejía de Gutiérrez, & Orobio, 2020) señalan: "Con la estabilización de suelos se puede incrementar la capacidad de soporte del suelo nativo, mejorar la resistencia al corte, aumentar la resistencia al ablandamiento por acción del agua, proporcionar estabilidad volumétrica ya que se minimiza la permeabilidad del agua, disminuir la plasticidad y aumentar el peso unitario de los suelos tratado".	Se han realizado ensayos de laboratorio a fin de determinar el efecto de la aplicación de los residuos cerámicos en las propiedades mecánicas (próctor modificado y CBR) y en las propiedades físicas (límite líquido, límite plástico e IP) de los suelos finos de la subrasante.	Propiedades mecánicas	Proctor modificado	%	Razón
				CBR	%	Razón
			Propiedades físicas	Límite Líquido	%	Razón
				Límite Plástico	%	Razón
				Índice de Plasticidad	%	Razón

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

Para esta investigación se utilizó el método científico, pues según (Carrasco Díaz, 2006) “es un sistema de procedimientos, técnicas, instrumentos, acciones estratégicas y tácticas para resolver el problema de investigación. Y se caracteriza por ser analítico y sintético, porque estudia la realidad separando e integrando alternativamente los elementos empíricos y teóricos”. (pág. 35)

El método científico estuvo presente en toda la investigación, ya que permitió determinar el efecto de la aplicación de los residuos cerámicos en la estabilización de suelos finos de la subrasante en San José de Quero, considerándose diferentes adiciones a fin de ser comparado con la muestra patrón.

3.2. Tipo de investigación

El tipo de investigación fue la aplicada ya que, “se preocupa por la aplicación del conocimiento científico, producto de la investigación básica. Es un primer esfuerzo para transformar el conocimiento en tecnología. El propósito fundamental es dar solución a problemas prácticos” tal como indican (Castro Maldonado, Gómez Macho, & Camargo Casallas, 2022)

Ante lo mencionado, esta investigación fue aplicada debido a que los conocimientos obtenidos contribuyeron a la solución de subrasantes de suelos finos y su estabilización para generar proyectos viales duraderos y con la calidad correspondiente.

3.3. Nivel de investigación

Según (Contreras Fajardo, 2016), el nivel de investigación explicativo, “presenta una relación causal que no solo busca describir el problema sino explica las causas de este fenómeno determinando un origen y causa de un determinado conjunto de fenómenos teniendo como objetivo principal el reconocimiento de algunos hechos por una delimitación de las relaciones casuales existentes” (pág. 35).

Por lo expuesto en esta investigación se tuvo un nivel explicativo, debido a que se buscó determinar los efectos de la aplicación de los residuos cerámicos en la estabilización de suelos finos de la subrasante en San José de Quero.

3.4. Diseño de investigación

Esta investigación fue cuasi experimental, que de acuerdo a (Hernández Sampieri, 2014) se da debido a que “existe una manipulación de variables para conocer las reacciones entre ellas y poder medir los resultados todo ello con una muestra ya determinada; en referencia a ello, la investigación tuvo un diseño cuasi-experimental, ya que este diseño nos permitió trabajar con grupos de muestreo que están predeterminados y las variables de manera conveniente para lograr mejores resultados en la investigación”, por lo que, se realizaron ensayos de laboratorio, en los cuales se adicionaron diversos porcentajes de residuos cerámicos en el material de subrasante del distrito de San José de Quero, a fin de estabilizarlo, comparando sus efectos con la muestra patrón, la cual no tuvo ninguna adición. (pág. 151)

El esquema del diseño de la investigación, lo podemos ver a continuación:

Tabla 11

Diseño de la investigación

Muestra	Condición experimental	Medición de evaluación
G1	X	O1
G2	(-)	O2

Nota. Elaboración propia.

G1= Muestra de suelo en estado natural.

X= Adición de residuos cerámicos.

O1= Evaluación si la adición estabiliza el suelo.

G2= Muestra de suelo en estado natural.

O2= Evaluación de las propiedades del suelo en estado natural.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población fue conformada por 05 dosificaciones de adición de residuos cerámicos al 4%, 6%, 8% y 10% respecto al peso seco en el material natural de la subrasante, a fin de compararlo con la muestra patrón sin la adición (0%).

3.5.2. Muestra

Según (Carrasco Díaz, 2016), describe a la muestra “Es un fragmento representativo de la población, cuyas características esenciales son las de ser objetiva y reflejo fiel de ella, de tal manera que los resultados obtenidos en la muestra puedan generalizarse a todos los elementos que conforman dicha población”. (pág. 237)

En ese sentido se ha considerado a toda la población la cual es de 05 dosificaciones de adición de residuos cerámicos (0%, 4%, 6%, 8% y 10%), teniéndose un muestreo censal.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas

Las técnicas de recolección de datos son “las distintas formas o maneras de obtener la información, la técnica que se utilizará en la presente investigación será la observación”, ya que, según Chávez, se define como “una técnica de recolección de datos que permite acumular y sistematizar información sobre un hecho o fenómeno social que tiene relación con el problema que motiva la investigación. La observación tiene la ventaja de facilitar la obtención de datos lo más próximos a como éstos ocurren en la realidad; pero, tiene la desventaja de que los datos obtenidos se refieren sólo a un aspecto del fenómeno observado. Esta técnica es fundamentalmente para recolectar datos referentes al comportamiento de un fenómeno en un tiempo presente y nos permite recoger información sobre los antecedentes del comportamiento observado”.

a) Observación directa

Esta técnica fue utilizada para poder definir, comparar y medir las características propias que se obtuvieron con las distintas dosificaciones realizadas con los residuos cerámicos y observar sus efectos en la estabilización de suelos finos de la subrasante en el distrito de San José de Quero.

b) Análisis de documentos

“Los documentos que se utilizaron, fueron desde el principio de la investigación para poder dar un sustento a la misma, en cuanto al manejo de los conceptos existentes”, entre ellos se tiene los siguientes:

- Revisión de bibliografía:

Esta revisión se utilizó para poder profundizar en cuanto al conocimiento adquirido como investigador, en este caso en referencia al problema de investigación y de esta manera poder tener el sustento ante dicho tema investigado.

c) Pruebas estandarizadas:

Estas pruebas sirvieron para poder medir las propiedades de las distintas dosificaciones realizadas con los residuos de los ladrillos artesanales en el concreto, mediante la realización de los ensayos de laboratorio correspondientes que se encuentran estandarizados en las normas, siguiendo así un conjunto de procedimientos que nos llevará hasta la obtención de los resultados, dichos ensayos cumplieron lo establecido en las Normas Técnicas Peruanas, como se detalla a continuación:

➤ Obtención de los residuos cerámicos:

Se recogió una cantidad de unos 40 kg de residuos cerámicos de los diferentes sectores como fueron, Urbanización alto Merced, Urbanización Floresta y Barrio San Carlos de la provincia de Huancayo, la misma que fue molida y triturada manualmente con una comba de 4 libras y luego poder tamizar, considerando los tamices a partir del N° 4, para luego poder ser llevado al laboratorio de suelos y así poder realizar cada uno de los ensayos necesarios para la investigación.

Figura 8

Procesamiento de residuos cerámicos en proporciones.



Figura 9

Trituración de cerámica con comba de 4 lb.



Figura 10

Tamizado malla N° 4.



a) Análisis Granulométrico:

Las pruebas estandarizadas están estipuladas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, al tratarse de obras viales:

- Ministerio Transportes Comunicaciones (MTC E 106): Se dan indicaciones para la pesada del suelo secado al aire y seleccionado para el ensayo, así como para conocer la organización de las muestras en seco para realizar el análisis granulométrico y poder determinar la constante del suelo de ensayo.

Equipos:

Para el desarrollo de la investigación se necesitó la utilización de los siguientes equipos:

- Equipo de tamiz N° 4, N° 10 y N° 40 según la norma NTP 350.001.
- Equipo 01 la balanza electrónica calibrada.
- Equipo de 01 del mortero juntamente con un mango de Gomas con la cual se realiza desmenuzar los trozos grandes de suelos.
- Equipo 01 cuarteador mecánico.

Pasos de realización del ensayo:

- Primer lugar se debe pesar un trozo del suelo ya previamente secado al aire libre y no corregido por la humedad ya higroscópica.
- Se deberá pasar la muestra por el tamiz N°10 de un 2.00mm de abertura.
- Las muestras que suelen pasar serán desmenuzadas mediante una comba de goma, la cual será hasta que pase el tamiz N° 4 de 4.75 mm de abertura.
- El fragmento ya retenido se debe alabar para así eliminar el material

fino y posteriormente poder secar y luego acumular el peso del material ya seco de lo granular.

- Para realizar el análisis granulométrico por el tamiz N° 10 de 12 mm de espesor las muestras que pasaron serán mezclados manualmente o mecánico la cual se cuartea el material. Y para poder determinar la constante de suelo y en la cual se tomará lo remanente en el tamiz N° 10, la cual será separado con el tamiz N° 40.y el material retenido se deberá descartar y el pasante se analizará y se hallará el constante del suelo.

Figura 11

Muestras de la subrasante natural.



Figura 12

Muestras de campo en el laboratorio



- Norma técnica peruana (NTP 339.128). Es un método del ensayo. para el análisis granulométrico de suelos y tamizados.

Objeto:

Es determinar cuantitativamente el tamizaje y la repartición de distintos tamaños de partículas de los suelos.

Herramientas:

Es necesario en la utilización del ensayo lo siguiente:

- La 01 balanza electrónica.
- La 01 cocina con temperaturas uniformes.
- Contamos con las mallas que usaremos las cuales son: 3'' (75 mm); 2'' (50.8 mm); 1 ½'' (38.1 mm); 1'' (25.4 mm); ¾ '' (19 mm); 3/8'' (9.5 mm); N°4 (4.76 mm); N°10 (2 mm); N°20 (0.84 mm); N°40 (0.425 mm); N°60 (0.26 mm); N°140 (0.106 mm) y N°200 (0.075 mm) .
- Cepillos o brochas empuñados en la limpieza de tamices.
- Envases para secar las muestras.

Muestras:

Se realiza el ensayo con los materiales que pueden ser unas muestras enteras o también con parte de ellas las cuales puedan ser lavadas. Se puede determinar secando el material en el horno y aplicando fuerza; si el material es propenso a astillarse, ya no es necesario lavar. Luego se divide la muestra en dos partes separadas, la primera se hará con el material retenido en el tamiz No. 4 completo, el otro se hace con piezas pasantes.

De acuerdo a la siguiente tabla provista por el Departamento de Transportes y Comunicaciones, se considerará la cantidad necesaria de

material recomendada en esta prueba, dependiendo del tamaño nominal máximo.

Tabla 12

Cantidad de muestra para ensayo

Tamaño máximo nominal	Cantidad mínima retenida en el tamiz (N°10) 2.00 mm
9.5 mm (3/8")	500 g
19 mm (3/4")	1000 g
25.4 mm (1")	2000 g
38 mm (1 1/2")	3000 g
50.8 mm (2")	4000 g
76.2 mm (3")	5000 g

Nota. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2016).

Y por último se deberá verificar el peso de las muestras y también la pulverización de terrón de la muestra.

Procedimientos:

- Se procede a dividir las muestras ya retenidas en tamiz N°4 y a las veces usando también otros tamices:
- La norma nos dice que para que funcione correctamente el cribado manual, es necesario mover la criba de un lado a otro en forma circular. Y que no quede más del 1% de la porción a la vez por pasar durante un minuto. Si el material en la pantalla es Si se encuentra estancamiento en la malla, se debe limpiar con un cepillo o cepillo y agregar su peso al material estancado. Si se utiliza una pantalla vibratoria mecánica, se debe operar durante al menos 10 minutos. Luego anote el peso de cada uno. La suma de los tamices no deberá exceder el 1% del peso inicial de la muestra.
- El material que pase por el tamiz No. 4 se hará por tamizado o decantación. Una vez que el material pase por la curva de tamaño

de partícula requerida, malla 200, se deberá aplicar por el método hidrómetro.

Figura 13

Análisis granulométrico del material.



b) Humedad del suelo (NTP 339.127.)

Objetivo:

La cual nos permite para determinar la cantidad de agua en los suelos.

Equipos y herramientas:

Aquellos equipos que se necesitaron fueron:

- Una balanza.
- un horno de secado rápido.
- Un recipiente metálico.
- Y utensilios de recipientes.
- Guantes y tenazas y entre otros.

Muestra:

Una vez obtenida la muestra requerida deberán ser guardadas según lo establecido en la norma ASTM D 4220-89, el cual dependerá mucho de grupo del suelo. Como se sabes las muestras deberían de ser

tapadas de forma herméticas y así evitando las pérdidas de las humedades. Es uno de los estudios que se deberá ser realizado en primer lugar.

Procedimientos:

- Para empezar, se deberá tener la cantidad adecuada y según la tabla que se usaran:
- Si la muestra es inferior a 200 gramos, se deben retirar las partículas de grava, y si se trata de una roca grande, la muestra mínima debe ser de 500 gramos. A continuación, se debe pesar el recipiente para eliminar las impurezas. Para el pesaje de muestras húmedas, se recomienda Se recomienda que se hayan numerado diferentes recipientes y que tengan la mayor superficie posible, luego se coloca en un horno a unos 110 °C, lo que ayudará a secar la muestra hasta que el peso del suelo sea constante, por lo general esto debe ser entre 12 y 16 horas. Sin embargo, esto tiende a cambiar en función de la experiencia de cada laboratorio, por último, sáquelo del horno y espere a que la muestra se enfríe antes de pesarla.

c) Límite líquido (NTP 339.129.)

Objetivo:

Es para poder determinar la cantidad de agua y expresada en porcentaje, el suelo debe estar entre el límite líquido y el límite plástico. En términos generales, esta característica se define como cuando la copa se golpea 25 veces a una altura de 1 cm y cae dos veces por segundo, la cantidad de agua en el suelo cierra la ranura de 13 mm en su parte inferior.

Alcance:

Este valor se utiliza para poder clasificar los suelos según métodos establecidos por los sistemas AASHTO o SUCS. Los índices de límite líquido, plasticidad y plasticidad, muy utilizados en ingeniería, pueden ayudarnos indirectamente a determinar propiedades como permeabilidad, compacidad, cortante fuerza, etc.

Los materiales, Equipos e insumos que se usaran:

- 01 espátula
- 01 vasija de porcelana de 115 mm de diámetro.
- Acanalador
- 01 espátula de hoja flexible.
- 01 estufa con temperatura controlada a 110 °C.
- 01 rasuradores.
- Recipientes con resistencia al calor.
- Agua destilada o desmineralizada.
- 01 balanza con sensibilidad de 0.01 g
- 01 copa de Casagrande

Muestra:

Se llevó a cabo con material que pasa por un tamiz No. 40, muestras de 150 g a 200 g. La muestra viscosa debe luego mezclarse completamente en un recipiente y mezclarse con una espátula de metal, de la cual se obtuvo la porción para la prueba.

Procedimiento:

- Primero, se coloca una porción de tierra en la taza Casa Grande, luego colóquela en el fondo de la taza. La tierra debe

extenderse por toda la taza a una profundidad de 10 mm en el punto más profundo, con la superficie nivelada, aire. Deben evitarse burbujas y número de pases en la muestra” y cantidad de las pasadas con la espátula deberá ser la mínima y con el acanalador se divide la muestra de suelo realizando una línea en la sección de la copa. Se debe hacerse con cuidado y tratando que sea perpendicular a la copa. Luego se debería verificar que no haya ningún obstáculo en la base de la copa, antes de iniciar el ensayo. Se levanta y se suelta una manivela de 1.9 a 2.1 cada golpe por segundo, hasta lograr que la mitad del suelo para entrar en contacto.

- Se debe verificar que el cierre de la ranura no se deba a la espuma, si este es el caso, se debe volver a ensayar la prueba, agregando una pequeña cantidad de tierra para compensar la pérdida de tierra y aumentar el contenido de humedad. pruebas consecutivas y mayor humedad, Los surcos en el piso siempre se cerraron en menos de 25 golpes, los registros no pudieron establecer límites y el suelo se definió como no plástico. Si la prueba no muestra los problemas ya mencionados, se debe registrar el número de aciertos (N), se toman algunas muestras recientemente analizadas y luego se pesan. Los residuos de las muestras de suelo analizadas se devuelven al recipiente de mezcla para las siguientes pruebas. Prepare muestras de suelo, de 25 a 35 veces cada vez después de cerrar el tanque, de 20 a 30 veces cada vez para el resto y

finalmente de 15 a 25 veces.

Figura 14

Ensayo de límite líquido.



Figura 15

Calibración Copa Casagrande.



d) Límite plástico e Índice de plasticidad: (NTP 339.129)

Objetivo:

La finalidad de este ensayo es determinar el límite líquido y el índice de plasticidad del suelo, si se conoce el límite líquido del suelo, conocido técnicamente como límite plástico, llamado capacidad del suelo, y formar una barra de 3,2 mm de diámetro, que se obtiene arrollado a mano sobre una superficie lisa, no se desmenuza; al igual que otras consistencias del suelo, su valor es ampliamente utilizado para ensayar clasificaciones de suelos.

Equipos:

Consideraremos los siguientes equipos:

- Una espátula
- Un recipiente para almacenar suelos de las muestras.
- Una balanza electrónica.
- Un horno con graduación y una capacidad de 100 a 115°C.
- Un tamiz N°40.
- Un agua destilada
- Una superficie de rodadura.

Muestra:

La muestra requerida para realizar el límite plástico fue de aproximadamente 20 g del material que ha pasado el número de muestra mezclado con agua destilada para formar una masa húmeda, de la cual se aíslan de 1,5 a 2 g para realizar el ensayo de límite plástico

Procedimiento:

- Primero, la muestra de suelo debe tener forma ovalada o circular y luego rodar con la fuerza necesaria con los dedos sobre una superficie lisa para formar un cilindro o gusano.
- Si la barra o el gusano no se rompen cuando el diámetro alcanza los 3,2 mm, repita el proceso hasta que el material se pulverice o se rompa dentro del rango de diámetro anterior a medida que la muestra rota o rota se coloca en un recipiente o se tara hasta que se colocan aproximadamente 6 gramos en el horno para su posterior secado y luego obtenido numéricamente para obtener al menos dos contenidos, sin

embargo, si la diferencia entre dos pruebas consecutivas es mayor al valor mencionado en la tabla, la prueba debe repetirse .

Tabla 13

Rangos para el límite plástico

Índice de precisión de ensayo	Desviación estándar	Rango aceptable de dos resultados
Límite plástico	Para un operador simple 0.9	2.6
Límite plástico	Para multilaboratorio 3.7	10.6

Nota. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2016).

- Y por último aplicaremos la siguiente fórmula para obtener el índice de plasticidad:

Dónde:

L.L: límite líquido L.P: límite plástico

IP: índice de plasticidad.

$$IP=L. L. -L. P$$

- Importante es recordar: cuando el líquido o no se puede estimar el límite plástico, el índice de plasticidad se reportará con la abreviatura NP (no plástico); esto también aplica para el límite plástico y que sea mayor al límite líquido.

Figura 16

Materiales para el ensayo de LP.



Figura 17

Ensayo para determinar el LP.



e) Proctor modificado (NTP 339.141)

Objetivo:

La prueba del Proctor modificado se varió del procedimiento de compactación utilizado en el laboratorio para obtener la relación entre el peso base seco compactado en un dado de 101,6 o 152,4 mm de diámetro versus un pistón de fuerza de 10 lb, que se midió a partir de caídas de 457 mm desde una altura de 56,000 pie-lbf/pie³ de energía de compactación y solo es adecuado para suelos que retienen el 30% o menos de su peso en una pantalla de 3/4, también puede realizar un método alternativo basado en 3 grados de material

➤ **El Método A:**

Terminado con troquel de 4 (101.6 mm), las muestras utilizadas fueron las que pasaron por un tamiz N°. 4 se hizo en 5 capas con 25 golpes por capa. Por lo tanto, el uso de este método es cuando el 20% o menos del peso del suelo se retiene en el tamiz N°. 4.

➤ **El método B:**

Es un cuatro moldes y el material que pasa por el tamiz de 3/8 se

coloca en 5 capas 25 veces por capa. Por lo tanto, utilice el 20 % del peso total del suelo de ensayo y lo que se retiene en el tamiz N° 4 y el 20 % pero menos se retiene en el tamiz 3/8 la muestras.

➤ **El método C:**

La cual se puede realizar con los moldes de 6" pul (152.4 mm) se realiza con el material que suele pasan el tamiz N°3/4" y luego empezamos compactar en 5 capas del suelo de muestra y 56 golpes por cada capa. Este método se llega a utilizar si es más del 20 % es retenido en el tamiz de N°3/8 "pul y menos de 30 % en el peso suele ser retenido en tamiz N°3/4".

Equipos:

Se necesitará para el ensayo del Proctor modificado:

- 01 herramientas de mezclas.
- 01 regla metálica
- 01 balanza electrónica
- 01 ensamblaje de moldes.
- 01 pistón o martillo de cara plana y sección circular con una masa de 4.54 kg.
- 3 tamices de ¾", 3/8" y N° 4.
- 01 molde de 4 pulgadas de diámetro o uno de 6 pulgadas de diámetro.
- 01 horno de secado.

El tamaño de la muestra en los Métodos A y B es de aproximadamente 16 kg de suelo seco, y el método C es de 29 kg de suelo seco; por lo tanto, las muestras obtenidas en el campo deben tener al menos entre 23kg y al 45 kg respectivamente.

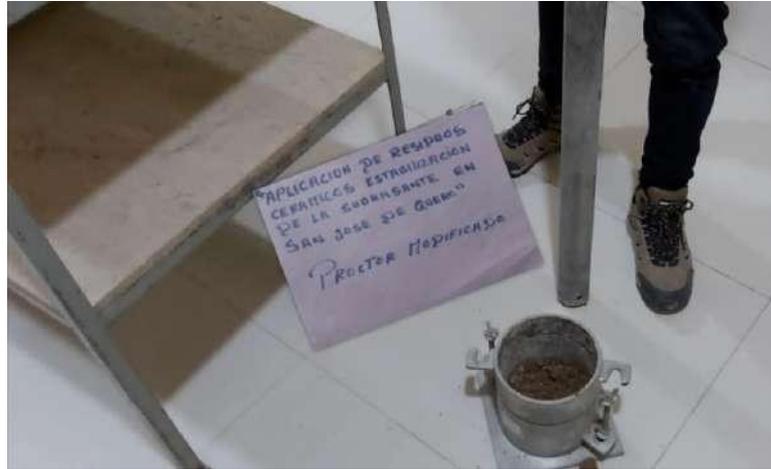
Procedimiento:

- Seleccione el método de realización de la prueba (A, B o C) además la balanza, el troquel y el pistón de compactación deben calibrarse una vez al año o después de 1000 usos luego se deben preparar cuatro o cinco especímenes para garantizar que estén como lo más cercano al valor óptimo posible, en el primer caso se debe preparar la muestra con el contenido de humedad más cercano al valor óptimo, mientras que las demás muestras se deben variar en un 2%, cabe mencionar que en suelos con alto contenido de humedad óptimo este cambio puede ser mayor pero no mayor al 4%.
- Una vez curado el papel, se debe comprimir; para esto se debe ensamblar el molde con el collarín a la placa base, y luego se debe compactar cada probeta. 5 capas y verifique que cada capa tenga el mismo ancho.
- En el comienzo compacto, se debe rociar una cierta cantidad de suelo, golpear para aclimatar y luego comenzará compactando el suelo con un pistón metálico.
- Luego se quitó el collar y el suelo restante se embolsaba para la siguiente prueba. Finalmente se aceptará el ensayo si la capa final de suelo compactado no está a menos de 6 mm por encima de la altura del molde. Es muy importante recordar que, si el molde es de 4 pulgadas de diámetro, con 25 compactaciones por capa y si el molde es de 6 pulgadas de diámetro, con 56 compactaciones por capa, la a parte superior e inferior son uniformes, y se utiliza una regla de metal, finalmente se pesa cada muestra. Puede usar este peso con su molde o puede usar el molde con la base y finalmente registrar el peso final, obtener una muestra de suelo y

puede determinar el contenido de humedad final.

Figura 18

Ensayo de Proctor Modificado.



f) California Bearing Ratio (CBR)- (NTP 339.154)

Objetivo:

Poder establecer cada uno de los procedimientos y lograr la obtención del índice de resistencia del suelo y por consiguiente obtener el valor del soporte y el CBR. El uso del ensayo es aplicable en la determinación de la resistencia potencial de la subrasante, sub base y la base del pavimento y otros.

Equipos:

Los equipos y materiales necesarios fueron:

- La prensa, de compresión la cual es utilizada para la penetración de un pistón en la muestra, la penetración debe realizarse de manera uniforme a una velocidad de 1.27 mm por minuto.
- 01 molde metálico cilíndrico de 152.4 mm (6 pulgadas) de diámetro interior y una altura de 177.8 mm o (7 pulgadas) con un collarín metálico de ajuste con 50.8 mm de altura y una base metálica de 9.53 mm de espesor.

- 01 disco espaciador de metal de 150.8 mm de diámetro exterior y 61.37 mm de espesor el cual servirá de falso fondo.
- 01 pistón para la compactación similar al del utilizado para el ensayo de Proctor.
- 01 aparato medidor de expansión.
- Pesas metálicas una anular de 4.54 kg y 149.23 mm y los otros rasuradores de 2.27 kg con 150.81 mm de diámetro.
- 02 diales con un recorrido mínimo de 25 mm y divisiones de lectura en 0.025 mm.
- 01 tanque para la inmersión de la muestra en el agua.
- 01 estufa con un termostato que regula la temperatura a 110 °C.
- 01 balanzas con capacidad de hasta 20 kg.
- 03 tamices N°4, 3/4" y 2".

Muestra:

Cada una de las mezclas se preparó según ya establecidos por la norma NTP 339.141 o la NTP 339.142 y si llegara a pasar todo el material el tamiz 3/4" deberá ser usada toda la gradación y sin embargo el porcentaje retenido en el tamiz 3/4" es mayor al 25 % del peso total ya se podrá sustituir el material por la misma cantidad del material ya retenido en mallas N°4 del ensayo.

Procedimiento:

- Se podrá determinar valores de respaldo obtenidos en laboratorio y que se espera encontrar en campo, por lo que se requiere que la muestra tenga una humedad crítica la cual se obtiene por saturación. Por eso mencionan que la Escuela de Ingeniería recomienda que la

muestra se sumerja en agua durante cuatro Días después de la prueba, luego la prueba.

- Una vez tamizadas las muestras de suelo, se determinará el contenido de humedad óptimo y su densidad máxima mediante ensayos de compactación, teniendo en cuenta que para determinar el contenido de humedad óptimo se deben tener en cuenta los diferentes niveles de humedad de las muestras. las muestras deben probarse a diferentes energías o fuerza de compactación Finalmente, grafique el contenido de humedad y la densidad para determinar los valores máximos y óptimos.
- Los especímenes del ensayo del CBR que serán sometidos deberán pasar por el molde con cada uno de sus accesorios y puesto su papel filtro y su disco que son colocados. Una vez listo el molde compactar el suelo, pero teniendo en cuenta el número de capas y la fuerza de compactación para obtener los valores de humedad y densidad necesarios. Para cada muestra, normalmente se utilizan tres o nueve troqueles, según el tipo de suelo, con diferentes golpes de compactación. En suelos granulares se realizaron 55, 26 y 12 golpes por capa a diferentes niveles de humedad, mientras que en suelos cohesivos fue más interesante determinar su comportamiento en un amplio rango de humedad. El propósito de realizar diferentes golpes de compactación es crear una serie de curvas que muestren la relación entre la gravedad específica, la humedad y la capacidad de soporte. Para especímenes sumergidos, se deben mezclar de 100 a 500 g de material con el material compactado antes de la compactación para

determinar el contenido de humedad, si el espécimen no está sumergido, se debe obtener del centro una vez de finalizar los ensayos.

- Una vez completada la compactación, se retira el collar del molde, y si hay grietas en la superficie, se debe hacer con exceso de tierra.
- También se debe quitar la placa espaciadora y voltear el molde boca abajo. Entonces las muestras deben estar sumergidas, pero deben tener una carga eléctrica en su superficie, en ningún caso la carga debe ser inferior a 4,54 kg.
- Una vez sumergida, primero se toma la lectura y luego se mide su hinchamiento, por lo que se registra 96 La lectura de la hora, la fecha y la hora son muy importantes, al finalizar el tiempo de remojo, lea nuevamente los cuadrantes de las muestras, dependiendo de su porcentaje de altura, finalmente retire los moldes del agua, deje escurrir las muestras por 15 minutos, luego retirar la sobrecarga y los paneles perforados, inmediatamente pesados y sometidos a prueba de penetración.
- En la prueba de penetración, aplicar una sobrecarga igual a la que produce el pavimento, pero no menor al peso de 4,54 kg, el pistón se coloca en el orificio circular del disco y se fija el dial que controla la velocidad de penetración.
- Luego se aplica la carga de penetración mediante un mecanismo que asegura una velocidad de penetración de 1.27 mm por minuto, luego se registra.

Figura 19

Verificación de la expansión del material.



- Y al final se realiza el desmontaje y se toma la parte superior de la muestra, cercana de donde se realizó la penetración para finalmente determinar su humedad.

Figura 20

Realización del ensayo CBR.



3.6.2. Instrumentos

Tal como señala (Chowdhury, y otros, 2019) “Cada instrumento por lo general está destinado a una sola función, aunque suelen tener variados usos. El investigador recurre a alguno de ellos porque logra ciertas ventajas frente a la observación sin instrumentos, es decir, lo hace por razones prácticas y no porque se lo dicte una teoría en particular. Estas razones son: Facilitan el registro constante y homogéneo de los fenómenos sujetos a observación, simplifica, por tanto, el control de la observación científica. Con ello favorecen el logro de la sistematicidad, uno de los valores fundamentales de la ciencia. Permite mejorar la precisión de las observaciones. Algunos instrumentos detectan fenómenos para los cuales ninguno de los sentidos humanos está adaptado para encontrar. Ofrece la posibilidad de llevar a cabo la replicabilidad o verificabilidad de la observación científica, uno de los principales valores del paradigma científico contemporáneo. El instrumento y las técnicas empleadas en su uso son dados a conocer a otros colegas, mediante el reporte de investigación, lo que facilita la identificación del patrón que se empleó para registrar los hechos observados y constatar la calidad de las observaciones efectuadas”.

Por lo tanto, en la presente investigación, de acuerdo a las hipótesis planteadas la recolección de la información fue realizada a través de los formatos estándares de ensayos de laboratorio de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas (NTP), como fueron las siguientes:

- Proctor modificado (NTP 339.141)
- CBR (NTP 339.154)
- Límite Líquido (NTP 339.129)
- Límite Plástico (NTP 339.129)

3.6.3. Validez y confiabilidad del instrumento

Para la validez de los instrumentos de la investigación, se utilizaron formatos que fueron ratificados por el mismo laboratorio Kafler S.A.C., considerándose el certificado de calibración de los equipos vigentes a la fecha de realización de los ensayos, los cuales se pueden apreciar en el capítulo de Anexos de la presente investigación, así como se han utilizado los formatos de ensayos correspondientes en base a las Normas Técnicas Peruanas (NTP) respectivas, dando esto la validez del caso.

En cuanto a la confiabilidad, los ensayos fueron realizados por un especialista en la materia, siendo el profesional responsable el Ing. Civ. Marino Peña Dueñas con Reg. CIP N° 78958, el cual coloca su sello y firma en cada formato utilizado (ver Anexos) dando con esto la confiabilidad de los resultados obtenidos por los instrumentos, que el caso amerita, asimismo, se tiene también al Técnico en mecánica de suelos, Yimmy Tacuna Gómez, como personal del laboratorio.

3.7. Procesamiento de la información

El procesamiento de la información fue realizado en base a las especificaciones de cada ensayo de laboratorio realizado, los cuales han sido establecidos en las Normas Técnicas Peruanas correspondientes, todo ello fue presentado mediante tablas y gráficos respectivos, para un mayor entendimiento e interpretación de los resultados en los programas Microsoft Excel y SPSS, habiéndose seguido el siguiente proceso:

- Determinación de las muestras
- Ubicación de las unidades de observación
- Ensayos de laboratorio
- Elaboración de la matriz de datos

- Procesamiento estadístico de datos

3.8. Técnicas y análisis de datos

En la presente investigación las técnicas y el análisis de los datos tuvieron un enfoque cuantitativo, para ello se utilizó el análisis estadístico y de esta manera se pudo establecer los criterios de causa y efecto correspondientes a las variables en estudio, de acuerdo a los indicadores planteados en la operacionalización de las variables.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Generalidades

4.1.1. Residuos cerámicos

Tal como señala (Sol, 2022) “Con una producción estimada en 40 millones de m², Celima Trebol es el líder en Perú, en ventas internas y exportación”, por lo que se asume que en su mayoría los residuos de cerámicos utilizados fueron de esta marca, asimismo, la arcilla es el principal componente para la fabricación de las baldosas cerámicas, sin embargo, contiene otros componentes como la sílice y otros en cantidades menores. En ese sentido la sílice, tal como señala (Baldeón Sauñe, 2019):“La arena de sílice ha tenido resultados positivos en la estabilización de la subrasante, ya que ha mejorado sus propiedades físico – mecánicas al realizar la combinación en distintas proporciones y puede ser una alternativa de solución a las subrasantes que tengan baja capacidad de soporte, baja densidad seca, porcentajes altos de contenido de humedad e índices plásticos elevados”.

Asimismo, tal como señala el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (Ver tabla 9), los requisitos para el material de estabilización de subrasante son:

- Tamaño máximo: 7.5 (cm)
- Índice de plasticidad < 10 %
- CBR > 10%

Lo cual permite el uso de una amplia gama de materiales naturales locales de bajo costo, que cumplan las condiciones.

En ese sentido, a pesar de contar los residuos cerámicos con arcilla y sílice dentro de su composición, se ha determinado y verificado en laboratorio el cumplimiento de las condiciones establecidas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones para material de estabilización de subrasante, así como, los porcentajes adicionados (4%, 6%, 8% y 10%) se han dado respecto al peso seco del material de subrasante, siendo mínimos en función del peso total.

4.1.2. Granulometría de la mezcla con residuos cerámicos

Para la determinación del tamaño de partículas se ha considerado la Norma Técnica Peruana (NTP 339.128); en este sentido, según el suelo de estudio Los porcentajes (4%, 6%, 8% y 10%) de las diferentes adiciones de los procedimientos de determinación del tamaño de partícula incluyendo la reposición parcial de los residuos cerámicos, de los cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 14

Granulometría patrón y adiciones.

Tipo de suelo	Grava (%)	Arenas (%)	Finos (%)
Muestra patrón	4.78	9.57	85.66
MP+04%D	3.14	14.77	82.09
MP+06%D	4.91	16.88	78.21
MP+08%D	4.59	18.26	77.16
MP+10%D	3.95	18.37	77.68

Nota. Elaboración propia.

Se puede observar en la tabla anterior que el porcentaje de grava, arena y finos varió a medida que aumentó la adición de residuos cerámicos, teniéndose en la grava porcentajes entre 3.14% y 4.91 % siendo el patrón 4.78%; para la arena de 14.77 % a 18.26, frente al patrón 9.57% y para los finos de 82.09 % a 77.16% frente al patrón de 85.66 %.

Gráfico 1

Variaciones de la granulometría.



Tal como se puede apreciar anteriormente, la variación en grava y arena tiende a disminuir, mientras que la cantidad de finos aumenta, también podemos resaltar que las diferencias entre los valores algunos fueron mínimas, por lo que no hubo cambio en el tamaño de las partículas, también se verificó la clasificación para los métodos AASTHO y SUCS, teniéndose los siguientes valores:

Tabla 15

Clasificación de suelos con residuos cerámicos.

Clasificación de suelos	SUCS	AASHTO	Denominación
Muestra patrón	CL	A-6(14)	Arcilla fina
MP+04%D	CL	A-6(12)	Arcilla fina
MP+06%D	CL	A-6(9)	Arcilla fina con arena
MP+08%D	CL	A-6(7)	Arcilla fina con arena
MP+10%D	CL	A-6(7)	Arcilla fina con arena

Nota. Elaboración propia.

La tabla anterior nos muestra que no hay cambio en la clasificación según el método SUCS, ya que el suelo continúa siendo clasificado como arcillo limoso (CL), el cual se caracteriza por una plasticidad moderada a baja y presencia de grava. Para la clasificación AASHTO, se puede notar que el Grupo A-6 no cambió con el aumento de las concentraciones de residuos cerámicos, pero sí varió en índice de 14 a 07 cuando estas concentraciones eran 8% y 10%, esta disminución en el índice indica una disminución en el suelo de su plasticidad, esto puede explicarse por mejoras en otras propiedades, especialmente propiedades mecánicas, y el aspecto importante sobre el índice de grupo es que no sigue un comportamiento lineal o exponencial, y no es factible ajustarlo con ningún tipo de ecuación.

4.2. Respecto al objetivo específico 01

Analizar la incidencia de la aplicación de los residuos cerámicos en las propiedades mecánicas de los suelos finos.

Proctor:

El ensayo del Proctor modificado es uno de los principales ensayos que nos da una relación del contenido de humedad, la densidad, así como nos da la compactación de energía del suelo; así como el contenido de humedad y la densidad del campo en varios puntos para determinar el contenido de humedad óptima y la densidad seca máxima. Los resultados obtenidos en la investigación se ven a continuación:

Tabla 16

Contenido de humedad y densidad del suelo

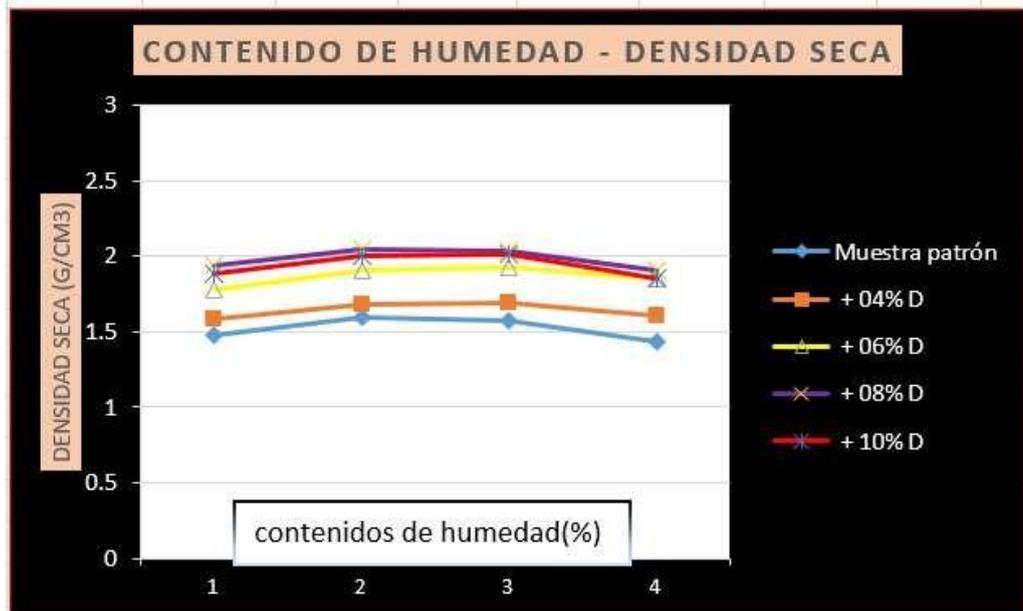
Contenido de humedad y densidad del suelo									
Muestra patrón		Muestra patrón + 04%D		Muestra patrón + 06%D		Muestra patrón + 08%D		Muestra patrón + 10%D	
Contenido de humedad	Densidad seca	Contenido de humedad	Densidad seca	Contenido de humedad	Densidad seca	Contenido de humedad	Densidad seca	Contenido de humedad	Densidad seca
12.72	1.58	12.72	1.58	9.72	1.78	9.17	1.94	9.02	1.89
13.35	1.68	13.35	1.68	10.08	1.91	9.62	2.05	9.45	2
13.96	1.69	13.96	1.69	10.6	1.93	10.28	2.04	9.91	2.01
14.37	1.61	14.37	1.61	11.06	1.85	10.72	1.91	10.58	1.85

Nota. Elaboración propia.

En la tabla anterior se muestran las diferentes cantidades de contenido de humedades y la densidad seca obtenidas de los ensayos para determinar valores óptimos de humedad y máxima densidad seca y la transformación de curva de densidad seca y contenido de humedad la cual se muestra en el gráfico siguiente:

Gráfico 2

Curva del contenido de humedad y densidad secas



Se observan los desarrollos de la curva del contenido de humedad y densidad seca, la cual se puede interpretar de manera muy clara que a medida que agregamos la adición de residuos cerámicos en las diferentes proporciones del 4%, 6%, 8%, 10 %, se

observa que la máxima densidad seca se incrementa y los óptimos contenidos de humedades disminuyen.

En cuanto al óptimo contenido de humedad, como se mencionó, es uno de los parámetros importantes, el cual se llega a obtener del ensayo del Proctor modificado, expresa la cantidad de humedad que es necesaria para obtener la máxima densidad seca para una determinada energía de compactación. De acuerdo a la adición de los residuos cerámicos, se han obtenido los siguientes resultados:

Tabla 17

Contenido de humedad y densidad del suelo

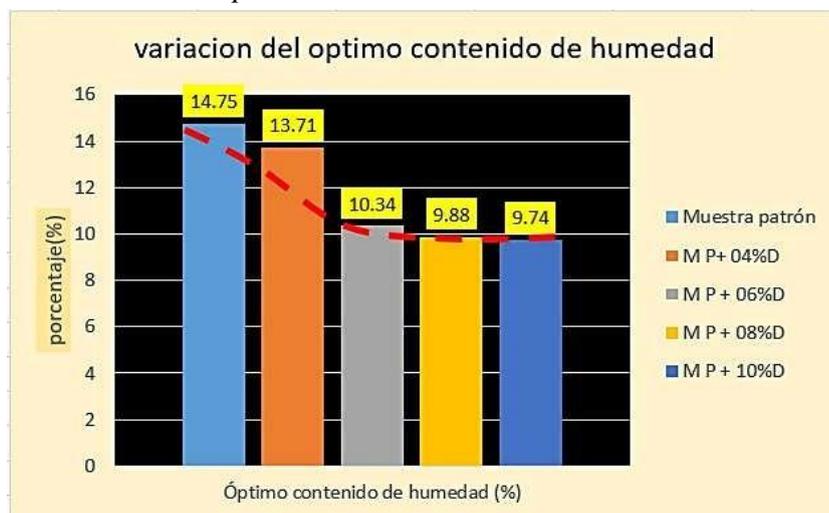
Suelo	Óptimo contenido de humedad (%)	Variación (%)
Muestra patrón	14.75	0
MP+04%D	13.71	-7.05
MP+06%D	10.34	-29.89
MP+08%D	9.88	-33.02
MP+10%D	9.74	-33.97

Nota. Elaboración propia.

La tabla anterior muestra cómo cambia el contenido óptimo de agua del suelo patrón a medida que se incrementa la adición de los residuos cerámicos. Se puede ver que el valor cae de 14,75 % a 9,74 %, es decir e -33,97 % en relación con el patrón.

Gráfico 3

Variaciones del óptimo contenido de humedad.



Se observa en la gráfica las variaciones del óptimo contenido de la humedad, a medida que se incrementa el porcentaje de residuos cerámicos, por lo tanto se puede observar que los resultados se han ajustado a la ecuación logarítmica observada por la línea roja discontinua en el gráfico, y también se observa en el gráfico que se han mostrado diferentes cambios porcentuales.

Gráfico 4

Variación porcentual del óptimo contenido de humedad.



El gráfico anterior muestra el contenido de humedad óptimo en función del cambio porcentual con tendencia negativa de acuerdo a la cantidad de contenido de agua, lo que nos indica de que cuanto mayor sea la cantidad de residuos de cerámica en el suelo, menor cantidad de agua se requiere para alcanzar la densidad máxima de la muestra de suelo.

En ese sentido, la densidad seca máxima puede determinarse mediante un ensayo modificado propuesto por Proctor, el cual puede entenderse como la masa máxima por unidad de volumen compactado y cierta cantidad de agua, y conforme se desarrolla la investigación la cual se determinó que con adiciones del residuo cerámico se modifica el suelo y así se obtiene los siguientes resultados:

Tabla 18

Máxima densidad seca

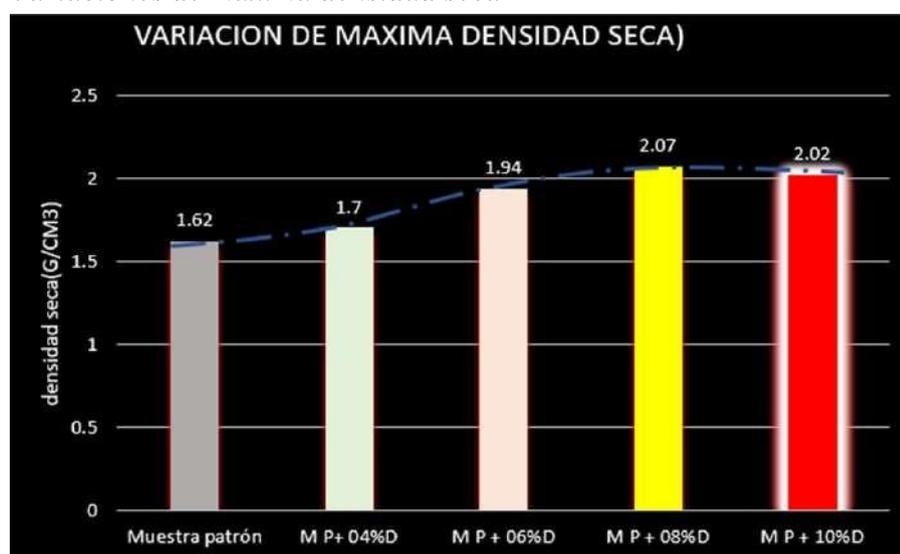
Suelo	Máxima densidad seca (g/cm ³)	Variación (%)
Muestra patrón	1.62	0
MP+04%D	1.7	4.94
MP+06%D	1.94	19.75
MP+08%D	2.07	27.78
MP+10%D	2.02	24.69

Nota. Elaboración propia.

En la tabla anterior se muestran valores de la máxima densidad seca, la cual se modifica a medida que se llega a incrementar la cantidad de los residuos cerámicos teniéndose un incremento porcentual de 24.69 % respecto a las densidades de suelo patrón y al residuo cerámico, ya que en el suelo fue 10 %. Además, fue importante observar que con los primeros porcentajes de la muestra se logra un mayor incremento de 1.62 a 2.02 g/cm³ en las máximas densidades secas.

Gráfico 5

Variaciones de máxima densidad seca



Se observa en el gráfico anterior el cambio en la densidad seca para todas las muestras analizadas, por lo que se determina una tendencia positiva a medida que aumenta la concentración de residuos cerámicos y se puede ajustar una ecuación exponencial. Por lo tanto, es necesario enfatizar que esta ecuación solo se aplica a la

concentración de residuos cerámicos considerados en la presente investigación, tales como son: 4%, 6%, 8% y 10%.

Gráfico 6

Variación porcentual de máxima densidad seca



Se observa el cambio porcentual en la densidad seca máxima en relación con el suelo estándar, y también se puede ver que, como se muestra en el gráfico anterior, hay una tendencia positiva y la diferencia entre la muestra estándar y el primer porcentaje de cerámica residuos es 4,94%, la pendiente de la siguiente curva es mucho menor.

California Bearing Ratio (CBR):

Para la realización del ensayo CBR debe de sumergirse el material en agua a fin de determinar el porcentaje que se hincha después de estar saturado durante mucho tiempo. Por lo tanto, esta característica se considera mecánica ya que requiere la capacidad de medir y compactar suelos de diferentes energías, las cuales son controladas por el número de golpes, como se muestra en la siguiente tabla

Tabla 19

Contenido de humedad y densidad del suelo

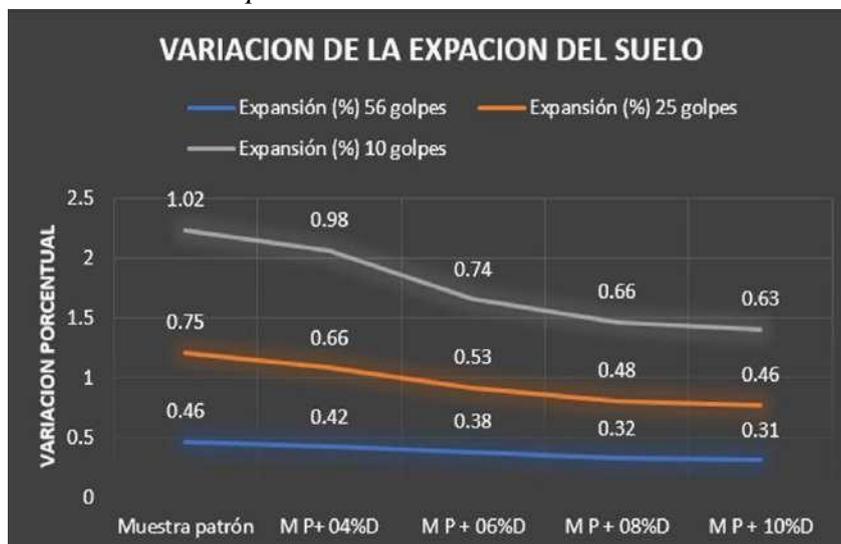
Muestras	Expansión (%)		
	56 golpes	25 golpes	10 golpes
Muestra patrón	0.46	0.75	1.02
MP+04%D	0.42	0.66	0.98
MP+06%D	0.38	0.53	0.74
MP+08%D	0.32	0.48	0.66
MP+10%D	0.31	0.46	0.63

Nota. Elaboración propia.

La tabla nos muestra, que la cantidad de energía o fuerza de compactación y la cantidad de cerámica en el suelo aumentaron con la adición de residuos. Como se observa en el porcentaje de hinchamiento del suelo, cambia de positivo a negativo a medida que aumenta la cantidad del residuo cerámico, también se menciona que hay tendencias negativas.

Gráfico 7

Variación de la expansión del suelo



Se han podido apreciar los cambios en la expansión del suelo y aumento en el contenido de adición de residuos cerámicos a diferentes energías o fuerzas de compactación. Se puede decir que la expansión tiende a disminuir cuando el porcentaje de residuo cerámico aumenta a una adición del 10%, y lo mismo sucede si se cambia la energía o fuerza de compactación. Por lo cual el resultado demuestra que al adicionar

residuos cerámicos se incide de gran manera en las propiedades, ya que mientras más energía o fuerza de compactación y la adición del residuo cerámico será menor la expansión.

En ese sentido, el índice de CBR o soporte de suelo, nos indica la resistencia al esfuerzo cortante ante la presencia de cargas. Es por lo cual la importancia de su estimación. Se puede decir que el indicador más importante de la plataforma es el valor la densidad seca máxima de CBR al 95% de la densidad seca máxima del suelo, porque es un parámetro determinado en las especificaciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, la especificación peruana nos ayuda a clasificar si es apto el suelo o no como subrasante y los resultados obtenidos después de estabilizar el suelo, los resultados con la adición de los residuos cerámicos, los podemos apreciar a continuación:

Tabla 20

CBR al 95% de la M.D.S.

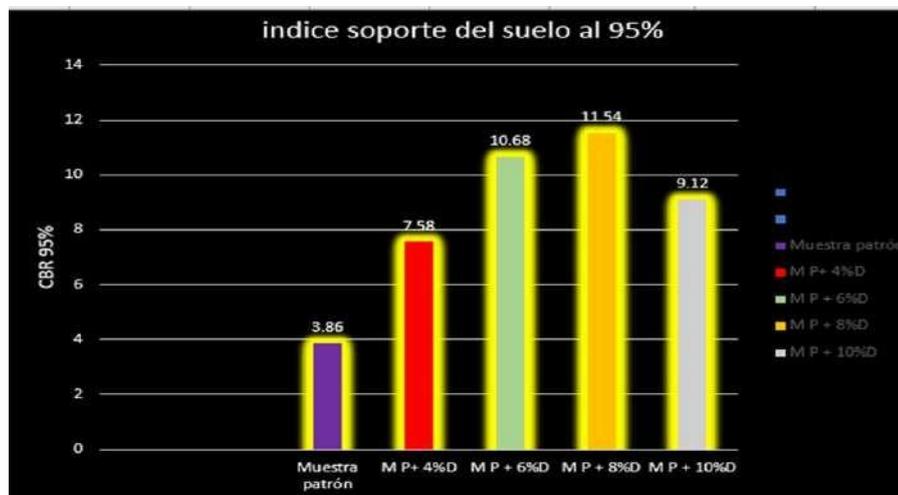
Muestras	CBR 0.1 95%	Variación (%)
Muestra patrón	3.86	0
MP+04%D	7.58	96.37
MP+06%D	10.68	176.68
MP+08%D	11.54	198.96
MP+10%D	9.12	136.27

Nota. Elaboración propia.

En la tabla anterior, se muestran los valores de CBR al 95% de la máxima densidad seca, estos varían a medida que se incrementan las cantidades del residuo cerámico por tanto se señala que, al adicionar los residuos cerámicos en el suelo se incrementa el valor del CBR, llegando hasta un 198.96%.

Gráfico 8

Variación de valores de CBR al 95% de la M.D.S.



Se observa en la gráfica la variación del CBR de acuerdo a las adiciones de residuos cerámicos al 4%, 6%, 8% y 10%. Estos muestran claramente una tendencia creciente, además, a partir de una concentración del 4%, se supera el valor mínimo especificado por el MTC (6%). Otro aspecto importante es la ecuación, que muchas veces no se puede ajustar debido al comportamiento de CBR.

4.3. Respecto al objetivo específico 02

Evaluar la incidencia de la aplicación de los residuos cerámicos en las propiedades físicas de los suelos finos

Límite líquido:

El límite líquido se determinó basados en la Norma técnica peruana (NTP 339.129), la cual nos permitió poder aplicar en el suelo patrón y las proporciones de residuos cerámicos de entre 4%, 6%, 0% y 10%. Y cada resultado obtenido se presentan en la tabla siguiente:

Tabla 21

Variaciones del límite líquido

Tipo de suelo	Límite líquido (%)	Variación (%)
Muestra patrón	34.75	0
MP+04%D	32.49	-6.5
MP+06%D	30.73	-11.57
MP+08%D	28.29	-18.59
MP+10%D	28.62	-17.64

Nota. Elaboración propia.

Se puede apreciar que existe una relación contraria entre el límite líquido y cantidad de residuos cerámicos incorporada en el suelo, y manifestar que a medida que se incrementa la cantidad de residuos cerámicos en el suelo el valor disminuye ya que según se observa la disminución porcentual fue de hasta -17.64 % con relación al suelo patrón la cual es considerado una concentración del residuo cerámico al 10 %.

Gráfico 9

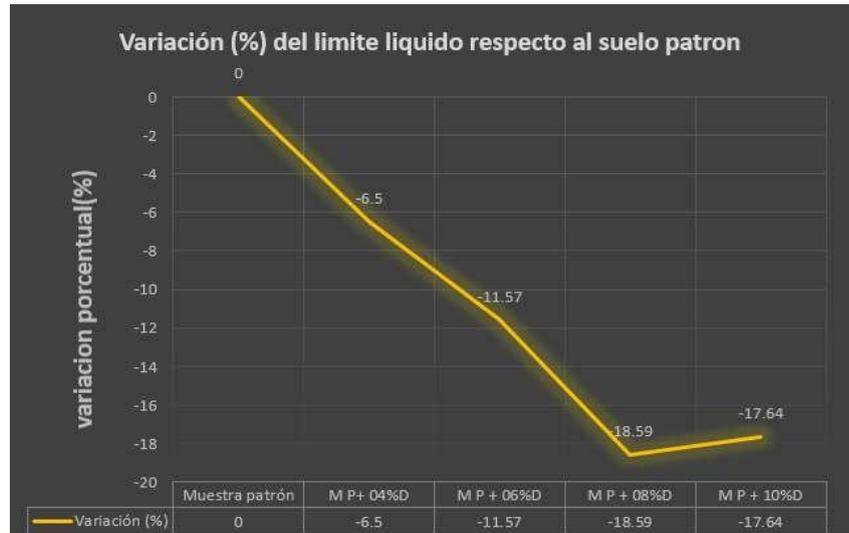
Variación del límite líquido



En gráfica anterior, se aprecia el comportamiento decreciente del límite líquido a medida que aumenta la concentración de residuos cerámicos en el suelo, también se ajusta el valor esperado a la ecuación. Por tanto, sólo se debe tener en cuenta la concentración de 10 % de residuos cerámicos en suelo de ensayo.

Gráfico 10

Variación porcentual del límite líquido



Se muestra el cambio porcentual en el límite líquido, que indica que cuantos más residuos cerámicos se adicionen a la subrasante, menor será el cambio porcentual en relación con el suelo estándar. Por lo tanto, los resultados muestran que el suelo requiere menos agua para pasar de un estado plástico a un estado líquido.

Límite plástico:

El límite plástico obtenido por las diferentes adiciones de residuos sólidos se puede observar a continuación:

Tabla 22

Variaciones del límite plástico

Tipo de suelo	Límite plástico (%)	Variación (%)
Muestra patrón	15.82	0
MP+04%D	16.56	4.68
MP+06%D	16.81	6.26
MP+08%D	17.97	13.59
MP+10%D	18.16	14.79

Nota. Elaboración propia.

En tabla anterior, se ve que a medida que se aumenta la cantidad de residuos cerámicos en el suelo se produce un aumento del límite plástico, el máximo se alcanza

cuando el porcentaje de residuo cerámico en el suelo es de 10% logra un límite plástico de 18,16 %, por lo tanto, esto implica un incremento porcentual de hasta 14.79 %.

Gráfico 11

Variación porcentual del límite plástico



En la figura anterior, se muestra el límite plástico, el cual varía en función al incremento de residuos cerámicos en el suelo de ensayo; se ajusta a la función exponencial la cual se llega a mostrar en la figura, por lo tanto, la ecuación no puede ser generada para otra concentración de residuos cerámicos superior a 10%.

Gráfico 12

Variación porcentual del límite plástico respecto al patrón



La gráfica muestra el cambio porcentual en el límite plástico en relación con el suelo estándar y, al igual que anteriormente, se muestra una tendencia decreciente a medida que aumenta la cantidad de residuos cerámicos en el suelo. Por lo tanto, puede interpretarse como que la concentración de residuos cerámicos en el suelo aumenta, y la cantidad de agua que toma el suelo para pasar de un estado semisólido a un estado plástico disminuye.

Índice plástico:

Es una relación matemática entre el límite líquido y el límite plástico y su valor es una medida de la diferencia que existe entre los dos valores, según el Manual de Geología, Suelos, Geotecnia y Pavimentos del MTC. Esto es importante para determinar si hay algún cambio en este parámetro cuando se incorporan residuos cerámicos al suelo de estudio.

En el desarrollo de la presente investigación se ha obtenido la variación del índice de plasticidad en función a la cantidad de residuos cerámicos adicionados en el suelo, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 23

Variaciones del índice plástico

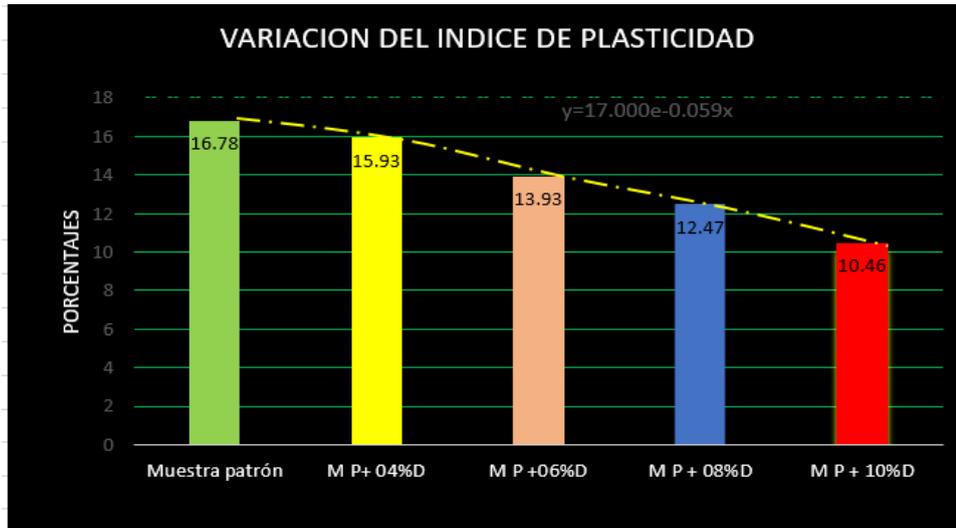
Tipo de suelo	Límite plástico (%)	Variación (%)
Muestra patrón	16.78	0
MP+04%D	15.93	-5.07
MP+06%D	13.93	-16.98
MP+08%D	12.47	-25.68
MP+10%D	10.46	-37.66

Nota. Elaboración propia.

La tabla anterior muestra que se produce un cambio en el índice de plasticidad cuando se agregan diferentes adiciones de residuos cerámicos al suelo, el valor mínimo obtenido es 10.46% cuando la adición de residuos cerámicos es 10%, lo que representa el mayor cambio porcentual - 37.66 %.

Gráfico 13

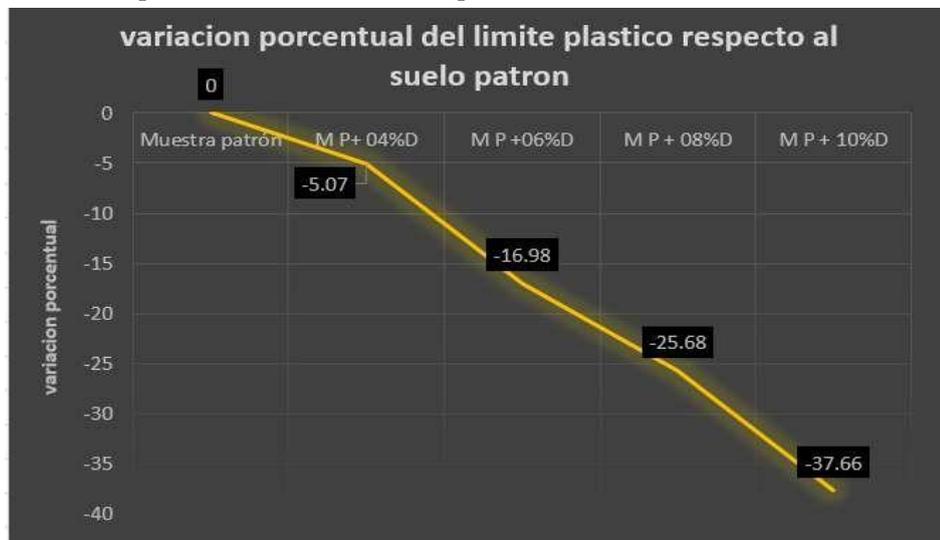
Variación del índice de plasticidad



Se observan en la gráfica, las variaciones de índices de plasticidad por cada adición de residuos cerámicos, se puede notar la tendencia negativa, la cual ajusta a la ecuación exponencial del índice de plasticidad.

Gráfico 14

Variación porcentual del índice de plasticidad



Finalizando se observa el cambio porcentual en el índice de plasticidad en relación con el suelo estándar, mostrando una tendencia decreciente con las adiciones de residuos cerámicos en el suelo. Los valores obtenidos del índice de plasticidad

muestran que la clasificación de los residuos cerámicos agregados varía de suelos altamente plásticos a moderadamente plásticos en relación con los valores de los suelos estándar.

4.4. Contrastación de hipótesis

Se ha realizado la contrastación estadística de las hipótesis específicas a fin de determinar la decisión estadística frente a los resultados obtenidos:

Hipótesis Específica 01:

H1: La adición de residuos cerámicos incide significativamente en las propiedades mecánicas de los suelos finos.

H0: La adición de residuos cerámicos no incide significativamente en las propiedades mecánicas de los suelos finos.

4.4.1. Óptimo contenido de humedad

Prueba de normalidad:

Figura 21

Prueba de normalidad del óptimo contenido de humedad

		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
Adición residuos cerámicos		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Óptimo contenido de humedad	MUESTRA PATRON	,175	3	.	1,000	3	1,000
	ADICION 4%	,175	3	.	1,000	3	1,000
	ADICION 6%	,175	3	.	1,000	3	1,000
	ADICION 8%	,175	3	.	1,000	3	1,000
	ADICION 10%	,175	3	.	1,000	3	1,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

P valor = 1,000 > $\alpha = 0,05$ =====> La distribución es normal

Prueba ANOVA

Figura 22

Prueba de homogeneidad de varianzas del óptimo contenido de humedad

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Óptimo contenido de humedad	Se basa en la media	1,364	4	10	,314
	Se basa en la mediana	1,364	4	10	,314
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,364	4	4,846	,367
	Se basa en la media recortada	1,364	4	10	,314

Figura 23

Resultados de Anova del óptimo contenido de humedad

Óptimo contenido de humedad					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	67,219	4	16,805	7638,518	,000
Dentro de grupos	,022	10	,002		
Total	67,241	14			

$0,000 < 0,05 \implies$ Si la probabilidad obtenida P valor $< \alpha$, se rechaza H_0 , por lo tanto, se acepta H_1 .

4.4.2. Máxima densidad seca

Prueba de normalidad:

Figura 24

Prueba de normalidad de la máxima densidad seca

	Adición residuos cerámicos	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Máxima densidad seca	MUESTRA PATRON	,175	3	.	1,000	3	1,000
	ADICION 4%	,175	3	.	1,000	3	1,000
	ADICION 6%	,175	3	.	1,000	3	1,000
	ADICION 8%	,175	3	.	1,000	3	1,000
	ADICION 10%	,175	3	.	1,000	3	1,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

P valor = 1,000 > $\alpha = 0,05$ =====> La distribución es normal

Prueba ANOVA

Figura 25

Prueba de homogeneidad de varianzas de máxima densidad seca

Prueba de homogeneidad de varianzas

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Máxima densidad seca	Se basa en la media	1,200	4	10	,369
	Se basa en la mediana	1,200	4	10	,369
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,200	4	5,471	,407
	Se basa en la media recortada	1,200	4	10	,369

Figura 26

Prueba de Anova de máxima densidad seca

ANOVA

Máxima densidad seca

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,476	4	,119	62,684	,000
Dentro de grupos	,019	10	,002		
Total	,495	14			

$0,000 < 0,05$ =====> Si la probabilidad obtenida P valor < α , se rechaza H0, por lo tanto se acepta H1.

CBR

Prueba de normalidad:

Figura 27

Prueba de normalidad del ensayo de CBR

		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
Adición residuos cerámicos		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CBR al 95% de la M.D.S.	MUESTRA PATRON	,175	3	.	1,000	3	1,000
	ADICION 4%	,175	3	.	1,000	3	1,000
	ADICION 6%	,175	3	.	1,000	3	1,000
	ADICION 8%	,175	3	.	1,000	3	1,000
	ADICION 10%	,175	3	.	1,000	3	1,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

P valor = 1,000 > $\alpha = 0,05$ =====> La distribución es normal

Prueba ANOVA

Figura 28

Prueba de homogeneidad de varianzas de CBR

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
CBR al 95% de la M.D.S.	Se basa en la media	,909	4	10	,495
	Se basa en la mediana	,909	4	10	,495
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,909	4	6,180	,513
	Se basa en la media recortada	,909	4	10	,495

ANOVA

CBR al 95% de la M.D.S.					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	110,216	4	27,554	25049,127	,000
Dentro de grupos	,011	10	,001		
Total	110,227	14			

$0,000 < 0,05$ =====> Si la probabilidad obtenida P valor < α , se rechaza H0, por lo tanto se acepta H1.

En ese sentido, en función de los resultados obtenidos, se rechaza la hipótesis nula H0 y se acepta la hipótesis alterna H1: La adición de residuos cerámicos incide significativamente en las propiedades mecánicas de los suelos finos.

Hipótesis Específica 02:

H1: Al adicionar residuos cerámicos se incide significativamente en las propiedades físicas de los suelos finos.

H0: Al adicionar residuos cerámicos no se incide significativamente en las propiedades físicas de los suelos finos.

4.4.3. Límite líquido

Prueba de normalidad:

Figura 29

Prueba de normalidad de límite líquido

		Pruebas de normalidad					
Adición residuos cerámicos		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Límite líquido	MUESTRA PATRON	,175	3	.	1,000	3	1,000
	ADICION 4%	,175	3	.	1,000	3	1,000
	ADICION 6%	,175	3	.	1,000	3	1,000
	ADICION 8%	,175	3	.	1,000	3	1,000
	ADICION 10%	,175	3	.	1,000	3	1,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

P valor = 1,000 > $\alpha = 0,05$ =====> La distribución es normal

Prueba ANOVA

Figura 30

Prueba de homogeneidad de varianzas del ensayo de límite líquido

		Prueba de homogeneidad de varianzas			
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Límite líquido	Se basa en la media	1,121	4	10	,400
	Se basa en la mediana	1,121	4	10	,400
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,121	4	5,280	,436
	Se basa en la media recortada	1,121	4	10	,400

ANOVA

Límite líquido					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	88,083	4	22,021	16682,455	,000
Dentro de grupos	,013	10	,001		
Total	88,097	14			

$0,000 < 0,05$ =====> Si la probabilidad obtenida P valor $< \alpha$, se rechaza H_0 , por lo tanto se acepta H_1 .

4.4.4. Límite plástico

Prueba de normalidad:

Figura 31

Prueba de normalidad de límite plástico

		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
Adición residuos cerámicos		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Límite plástico	MUESTRA PATRON	,175	3	.	1,000	3	1,000
	ADICION 4%	,175	3	.	1,000	3	1,000
	ADICION 6%	,175	3	.	1,000	3	1,000
	ADICION 8%	,175	3	.	1,000	3	1,000
	ADICION 10%	,282	3	.	,936	3	,510

a. Corrección de significación de Lilliefors

P valor = $0,510 > \alpha = 0,05$ =====> La distribución es normal

Prueba ANOVA

Figura 32

Prueba de homogeneidad de varianzas del ensayo de límite plástico

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Límite plástico	Se basa en la media	2,740	4	10	,089
	Se basa en la mediana	1,140	4	10	,392
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,140	4	3,883	,453
	Se basa en la media recortada	2,619	4	10	,099

ANOVA

Límite plástico					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	11,448	4	2,862	652,422	,000
Dentro de grupos	,044	10	,004		
Total	11,492	14			

$0,000 < 0,05$ =====> Si la probabilidad obtenida P valor $< \alpha$, se rechaza H_0 , por lo tanto, se acepta H_1 .

4.4.5. Índice de plasticidad

Prueba de normalidad:

Figura 33

Prueba de normalidad del índice de plasticidad

		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
Adición residuos cerámicos		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Índice de plasticidad	MUESTRA PATRON	,175	3	.	1,000	3	1,000
	ADICION 4%	,175	3	.	1,000	3	1,000
	ADICION 6%	,175	3	.	1,000	3	1,000
	ADICION 8%	,175	3	.	1,000	3	1,000
	ADICION 10%	,175	3	.	1,000	3	1,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

P valor = 1,000 $> \alpha = 0,05$ =====> La distribución es normal

Prueba ANOVA

Figura 34

Prueba de homogeneidad de varianzas del índice de plasticidad

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Índice de plasticidad	Se basa en la media	1,354	4	10	,317
	Se basa en la mediana	1,354	4	10	,317
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,354	4	5,165	,364
	Se basa en la media recortada	1,354	4	10	,317

ANOVA

Índice de plasticidad					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	78,881	4	19,720	9959,742	,000
Dentro de grupos	,020	10	,002		
Total	78,901	14			

$0,000 < 0,05 \implies$ Si la probabilidad obtenida P valor $< \alpha$, se rechaza H_0 , por lo tanto, se acepta H_1 .

En ese sentido, en función de los resultados obtenidos, se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna H_1 : Al adicionar residuos cerámicos se incide significativamente en las propiedades físicas de los suelos finos.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Hipótesis general: La adición de residuos cerámicos incide significativamente en la estabilización de suelos finos de la subrasante en San José de Quero.

De acuerdo a los ensayos de laboratorio realizados, en los cuales se ha analizado las propiedades mecánicas de los suelos finos se ha encontrado que el contenido de humedad óptimo en función del cambio porcentual tuvo una tendencia negativa de acuerdo a la cantidad de contenido de agua, lo que nos indica de que cuanto mayor sea la cantidad de residuos de cerámica en el suelo, menor cantidad de agua se requiere para alcanzar la densidad máxima de la muestra de suelo, así como, la máxima densidad seca, la cual se modificó a medida que se llega a incrementar la cantidad de los residuos cerámicos teniéndose un incremento porcentual de 24.69 % respecto a las densidades de suelo patrón y al residuo cerámico, ya que en el suelo fue 10 %. Además, fue importante observar que con los primeros porcentajes de la muestra se logra un mayor incremento de 1.62 a 2.02 g/cm³ en las máximas densidades secas, respecto al CBR, los valores de CBR al 95% de la máxima densidad seca, estos varían a medida que se incrementan las cantidades del residuo cerámico por tanto se señala que, al adicionar los

residuos cerámicos en el suelo se incrementa el valor del CBR, llegando hasta un 198.96%. Se ha encontrado que los valores de CBR al 95% de la máxima densidad seca, estos varían a medida que se incrementan las cantidades del residuo cerámico por tanto se señala que, al adicionar los residuos cerámicos en el suelo se incrementa el valor del CBR, llegando hasta un 198.96%.

Asimismo, respecto a las propiedades físicas de los suelos finos, se ha encontrado que el cambio porcentual en el límite líquido, que indica que cuantos más residuos cerámicos se adicionen a la subrasante, menor será el cambio porcentual en relación con el suelo estándar. Por lo tanto, los resultados muestran que el suelo requiere menos agua para pasar de un estado plástico a un estado líquido, así como también, el cambio porcentual en el límite plástico en relación con el suelo estándar y, al igual que anteriormente, se muestra una tendencia decreciente a medida que aumenta la cantidad de residuos cerámicos en el suelo. Por lo tanto, puede interpretarse como que la concentración de residuos cerámicos en el suelo aumenta, y la cantidad de agua que toma el suelo para pasar de un estado semisólido a un estado plástico disminuye, respecto a los valores obtenidos del índice de plasticidad muestran que la clasificación de los residuos cerámicos agregados varían de suelos altamente plásticos a moderadamente plásticos en relación con los valores de los suelos estándar.

Debido a estas razones, así como la contrastación de hipótesis desde el punto de vista estadístico, en el cual, tanto para las propiedades mecánicas como para las propiedades físicas, la significancia ha sido menor a 0.05, lo que indica que la adición de residuos cerámicos incide significativamente en las estabilización de suelos finos, lo que permite verificar que se cumple la hipótesis general: La adición de residuos cerámicos incide significativamente en la estabilización de suelos finos de la subrasante en San José de Quero.

Hipótesis específica 01: La adición de residuos cerámicos incide significativamente en las propiedades mecánicas de los suelos finos.

Dentro de las propiedades mecánicas se han realizado ensayos para determinar el óptimo contenido de humedad de la muestra de suelo fino, habiéndose encontrado que el contenido óptimo de agua del suelo patrón a medida que se incrementa la adición de los residuos cerámicos. Se ha encontrado que el valor cae de 14,75 % a 9,74 %, es decir en -33,97 % en relación con el patrón. El contenido de humedad óptimo en función del cambio porcentual tuvo una tendencia negativa de acuerdo a la cantidad de contenido de agua, lo que nos indica de que cuanto mayor sea la cantidad de residuos de cerámica en el suelo, menor cantidad de agua se requiere para alcanzar la densidad máxima de la muestra de suelo.

En cuanto a la máxima densidad seca, la cual se modificó a medida que se llega a incrementar la cantidad de los residuos cerámicos teniéndose un incremento porcentual de 24.69 % respecto a las densidades de suelo patrón y al residuo cerámico, ya que en el suelo fue 10 %. Además, fue importante observar que con los primeros porcentajes de la muestra se logra un mayor incremento de 1.62 a 2.02 g/cm³ en las máximas densidades secas.

Por otro lado, respecto al CBR, los valores de CBR al 95% de la máxima densidad seca, estos varían a medida que se incrementan las cantidades del residuo cerámico por tanto se señala que, al adicionar los residuos cerámicos en el suelo se incrementa el valor del CBR, llegando hasta un 198.96%. Se ha encontrado que los valores de CBR al 95% de la máxima densidad seca, estos varían a medida que se incrementan las cantidades del residuo cerámico por tanto se señala que, al adicionar los residuos cerámicos en el suelo se incrementa el valor del CBR, llegando hasta un 198.96%.

En ese sentido se está de acuerdo con (Bravo Cipriano, 2021), respecto a que el reemplazo parcial por residuo de porcelanato y cerámico influye en las propiedades mecánicas del afirmado, ya que se han encontrado en los ensayos realizados, resultados parecidos,

incrementándose el valor del CBR, asimismo se está de acuerdo con (Baldeón Sauñe, 2019) en el hecho de que: “La arena de sílice ha logrado resultados satisfactorios en la estabilidad de la plataforma. La combinación de arena de sílice en diferentes proporciones mejora las propiedades físicas y mecánicas de la plataforma, y puede usarse como una solución alternativa para baja capacidad portante, alta humedad y bajo contenido de agua. calzadas. Densidad seca e índice Alta plasticidad, baja capacidad de carga. Es importante enfatizar que este material es muy similar en composición a los residuos cerámicos, por lo que esperaríamos resultados muy similares en este artículo”.

Asimismo, la contrastación estadística para cada ensayo ha mostrado resultados menores a 0.05, rechazándose la hipótesis nula y aceptándose la hipótesis alterna.

Por lo tanto, estamos en condiciones de indicar que se verifica la hipótesis específica 1: La adición de residuos cerámicos incide significativamente en las propiedades mecánicas de los suelos finos.

Hipótesis específica 02: Al adicionar residuos cerámicos se incide significativamente en las propiedades físicas de los suelos finos.

Respecto al límite líquido del material de subrasante de suelos finos adicionado con residuos cerámicos, se pudo apreciar que existe una relación contraria entre el límite líquido y cantidad de residuos cerámicos incorporada en el suelo, y manifestar que a medida que se incrementa la cantidad de residuos cerámicos en el suelo el valor disminuye ya que según se observa la disminución porcentual fue de hasta -17.64 % con relación al suelo patrón la cual es considerado una concentración del residuo cerámico al 10 %. Se ha encontrado que el cambio porcentual en el límite líquido, que indica que cuantos más residuos cerámicos se adicionen a la subrasante, menor será el cambio porcentual en relación con el suelo estándar. Por lo tanto, los resultados muestran que el suelo requiere menos agua para pasar de un estado plástico a un estado líquido.

Respecto al límite plástico, se vio que a medida que se aumenta la cantidad de residuos cerámicos en el suelo se produce un aumento del límite plástico, el máximo se alcanza cuando el porcentaje de residuo cerámico en el suelo es de 10% logra un límite plástico de 18,16 %, por lo tanto esto implica un incremento porcentual de hasta 14.79 %. Se ha encontrado que el cambio porcentual en el límite plástico en relación con el suelo estándar y, al igual que anteriormente, se muestra una tendencia decreciente a medida que aumenta la cantidad de residuos cerámicos en el suelo. Por lo tanto, puede interpretarse como que la concentración de residuos cerámicos en el suelo aumenta, y la cantidad de agua que toma el suelo para pasar de un estado semisólido a un estado plástico disminuye.

Finalmente, respecto al índice de plasticidad se ha encontrado que se produce un cambio en el índice de plasticidad cuando se agregan diferentes adiciones de residuos cerámicos al suelo, el valor mínimo obtenido es 10.46% cuando la adición de residuos cerámicos es 10%, lo que representa el mayor cambio porcentual - 37.66 %. Se logró observar el cambio porcentual en el índice de plasticidad en relación con el suelo estándar, mostrando una tendencia decreciente con las adiciones de residuos cerámicos en el suelo. Los valores obtenidos del índice de plasticidad muestran que la clasificación de los residuos cerámicos agregados varía de suelos altamente plásticos a moderadamente plásticos en relación con los valores de los suelos estándar.

En ese sentido, se está de acuerdo con (Bravo Cipriano, 2021) cuando indica que: “la dosificación 5% es la que influye de manera significativa en los límites de Atterberg incrementándolos en lo mínimo en + 25% y +25%, y finalmente la dosificación 10% la que influye de manera significativa Corte directo incrementándolo en +11.10% y +6.38% para los especímenes I y III. Entonces el porcentaje de adición para cerámico y porcelanato más adecuado es 10%”. También se esta de acuerdo con Mamani (2019), en el hecho de que: “el aprovechamiento activo de los residuos de construcción y demolición en el desarrollo de la

obra, protegen el medio ambiente y desechando los residuos de construcción, es importante destacar que este material es muy diferente a los residuos cerámicos similares, por lo que este trabajo espera resultados similares”, habiéndose en la presente investigación resultados parecidos, los cuales mejoraron las propiedades del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad, naturales de los suelos finos, para su utilización en obras viales.

Asimismo, la contrastación estadística indica que se obtiene un P-valor de 0.047 el cual es menor a 0.05, rechazándose la hipótesis nula y aceptándose la hipótesis alterna.

Por lo tanto, estamos en condiciones de indicar que se acepta la hipótesis específica 2: Al adicionar residuos cerámicos se incide significativamente en las propiedades físicas de los suelos finos.

CONCLUSIONES

1. La presente investigación nos permite concluir que, los residuos cerámicos inciden significativamente en la estabilización de suelos, ya que se obtuvo una mejora en la gradación de la muestra del suelo fino natural, según la clasificación, el tipo de suelo se modificó con el 0.8% de residuos cerámicos, de arcilla ligera hasta una arcilla ligera con arena según SUCS (CL) y AASHTO (A-6-(7)).
2. En el análisis de la incidencia de los residuos cerámicos en las propiedades mecánicas de los suelos finos, se obtuvo una mejora en la densidad seca de 1.62 kg/cm^3 hasta 2.07 kg/cm^3 y en la resistencia hasta un 1.90%, con la estabilización del 0.8% de residuos cerámicos cuyo valor de mejora es de 3.86% que es conocido como subrasante pobre hasta 11.54% que es conocido como una subrasante buena según la MTC, asimismo en la prueba de hipótesis, con un valor de significancia del 0.5% debido a que se rechaza la hipótesis nula se afirma los residuos cerámicos inciden significativamente en las propiedades mecánicas de los suelos finos de la subrasante en San José de Quero.
3. En la evaluación de la incidencia de los residuos cerámicos en las propiedades físicas de los suelos finos, se concluye que el 0.8% de residuos cerámicos nos dio resultados propicios, ya que el límite líquido redujo de 34.75% hasta 28.29% con un porcentaje de variación de -0.19%, el límite plástico redujo de 15.82% hasta 17.97% con un porcentaje de variación de -0.14% y finalmente el índice plástico redujo de 16.78% y 10.46% asimismo, en la prueba de hipótesis, con un valor de significancia del 0.5% se obtuvo los residuos cerámicos inciden significativamente en las propiedades físicas de los suelos finos de la subrasante en San José de Quero.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la adición de residuos cerámicos en un 8% respecto al peso seco de los suelos finos a fin de estabilizarlos, aumentando el valor de CBR y disminuyendo el índice de plasticidad.
2. También se recomienda, para futuras investigaciones, utilizar adiciones menores al 4% respecto al peso seco de los suelos finos.
3. Para futuras investigaciones, se recomienda considerar otros tipos de residuos provenientes de la construcción, como porcelanatos, unidades de ladrillos, bloques de techos, a fin de determinar si inciden en las propiedades físicas y mecánicas de los suelos finos.
4. Asimismo, se recomienda a la Universidad Peruana Los Andes, comunicar al Colegio de Ingenieros del Perú, los resultados de la presente investigación para su empleo en obras locales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alzate Buitrago, A. (2019). Mejoramiento de subrasante en vías de tercer orden. Tesis de pregrado, Universidad Libre Seccional Pereira, Escuela Profesional en Ingeniería Civil, Pereira.
- ArchDaily. (2022). <https://www.archdaily.pe/pe/tag/ceramica>. Obtenido de <https://www.archdaily.pe/pe/tag/ceramica>.
- Baldeón Sauñe, I. P. (2019). Análisis del uso de la arena de sílice en la estabilización de la subrasante. Escuela Profesional de ingeniería civil .
- Bañon, L., & Beviá García, J. F. (2000). Manual de carreteras. Volumen II: construcción y mantenimiento (Vol. Volumen II).
- Braja M, D. (2014). Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. Cuarta edición.
- Bravo Cipriano, A. R. (2021). Influencia en las propiedades mecánicas del afirmado para base al reemplazo parcialmente por residuos de porcelanato y cerámico, Lima Norte 2021. Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte, Carrera de Ingeniería Civil, Lima.
- Carrasco Díaz, S. (2006). Metodología de la investigación científica. Lima: San Marcos.
- Carrasco Díaz, S. (2016). Metodología de la Investigación.
- Castel. (2020). <https://www.novacasa.com.mx/wp-content/uploads/2020/04/CASTEL-2020.pdf>. Obtenido de <https://www.novacasa.com.mx/wp-content/uploads/2020/04/CASTEL-2020.pdf>.
- Castro Maldonado, J., Gómez Macho, L., & Camargo Casallas, E. (2022). La investigación aplicada y el desarrollo experimental en el fortalecimiento de las competencias de la sociedad del siglo XXI. strengthening the competences of the 21st century society, 54.
- Chowdhury, M., Chun Feng, L., He, Z., Lu, Y., Xu Sheng, L., Feng Wang, Y., . . . Xiao Qiang, Y. (28 de Junio de 2019). Toll family members bind multiple Spätzle proteins and

activate antimicrobial peptide gene expression in *Drosophila*. Journal of biological chemistry.

CONAMA, C. N. (2000). Guía para el control y prevención de la contaminación industrial : fabricación de objetos de barro, loza y porcelana. SINIA, 1.

Contreras Fajardo, R. (2016). Metodología de la investigación. 8.

Cuadros Surichaqui, C. M. (2017). Mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas de la subrasante en una vía afirmada de la red vial departamental de la región Junín mediante la estabilización química con óxido de calcio-2016. Tesis de pregrado, Universidad Peruana Los Andes, Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil, Huancayo.

Cubas Benavides, K., & Carlos, F. C. (2016). Evaluación de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y aplicación en carreteras no pavimentadas. Tesis de pregrado, Universidad Señor De Sipán, Escuela académico profesional de ingeniería civil, Pimentel.

EUCO CERÁMICA, M. a. (25 de Marzo de 2021). <https://www.toxement.com.co/media/5821/euco-ceramica.pdf>. Obtenido de <https://www.toxement.com.co/media/5821/euco-ceramica.pdf>.

Flor Salazar, S., & Torres Rivera, C. (2020). Estabilización de suelos arcilloso para el mejoramiento de propiedades mecánicas con la adición de cloruro de sodio, Puente Piedra, Lima, 2020. Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte, Facultad de ingeniería, Lima.

García Toro, J. (2019). Estudio de la técnica de suelo- cemento para la estabilización de vías terciarias en Colombia que posean un alto contenido de caolín. Tesis de pregrado, Universidad católica de Colombia, Facultad de ingeniería, Bogotá.

Hernández Sampieri, R. (2014). Metodología de la Investigación. México.

- Hernández, A. (19 de Mayo de 2016). <https://prezi.com/aeynlhx1dgw/suelos-cohesivos/>.
Obtenido de <https://prezi.com/aeynlhx1dgw/suelos-cohesivos/>.
- HWI, H. W. (7 de Noviembre de 2018). [file:///C:/Users/PC-03/Downloads/6003-NO.%2036%20REFRACTORY%20CEMENT_\(SAS\).PDF](file:///C:/Users/PC-03/Downloads/6003-NO.%2036%20REFRACTORY%20CEMENT_(SAS).PDF). Obtenido de [file:///C:/Users/PC-03/Downloads/6003-NO.%2036%20REFRACTORY%20CEMENT_\(SAS\).PDF](file:///C:/Users/PC-03/Downloads/6003-NO.%2036%20REFRACTORY%20CEMENT_(SAS).PDF).
- Hydrocenter. (2018). <https://hydro-center.com/>. Obtenido de <https://hydro-center.com/>.
- López Sumarriva, J. J. (2018). Universidad Tecnológica de los Andes. Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica De Los Andes, Escuela profesional de ingeniería civil, Abancay.
- Mamani Mamani, R. Á. (2019). Mejoramiento de las propiedades mecánicas de suelos con adición de residuos de la construcción y demoliciones para la construcción de la base de pavimentos de la ciudad de Juliaca. Tesis de pregrado, Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Juliaca.
- Manual de Carreteras, M. (2013). Especificaciones técnicas generales para construcción. Lima.
- Martinez Machado, M. M. (2020). "Mejoramiento de la subrasante mediante la adición del polímero polycom, en la av. unión de manchay. lima- 2019". Facultad de ingeniería. Lima: Universidad cesar vallejo.
- Méndez Álvarez, C. E. (2020). la justificación práctica según la metodología de investigación. Alpha.
- Méndez Álvarez, C. E. (2020). Metodología de la Investigación quinta edición. ALPHAEDITORIAL.
- Moreno Pérez, E. (2018). Estabilización de Suelos Arcillosos con Residuos de la construcción y demolición. Tesis de grado, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Área académica de ciencias de la tierra y materiales, Pachuca de Soto.

- MTC. (2008). Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito.
- MTC. (2014). Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos- Sección suelos y pavimentos. Lima: 1 ra edición.
- MTC. (2018). Manual de carreteras: Diseño geométrico. Lima.
- Nivelación cerámica. (9 de Septiembre de 2021).
<https://nivelacionceramica.com/blog/baldosas-ceramicas/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20son%20las%20baldosas%20cer%C3%A1micas,las%20propiedades%20que%20se%20requieren.> Obtenido de <https://nivelacionceramica.com/blog/baldosas-ceramicas/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20son%20las%20baldosas%20cer%C3%A1micas,las%20propiedades%20que%20se%20requieren.>
- Ñaupá Paitán, H., Mejía Mejía, E., & Nova Ramírez, E. (2013). Metodología de la investigación. Lima.
- Oviedo Pineda, F. K., & Cárdenas Ramírez, J. A. (2021). Evaluación del Comportamiento Mecánico de una Subrasante Mejorada con Rajón de Concreto Reciclado, mediante una Modelación a Escala Física y Numérica, Caso de estudio Vías Samarkanda, Funza Cundinamarca. Tesis de pregrado, Universidad de La Salle, Programa de Ingeniería Civil, Bogotá.
- Patín Patín, Á. A. (2018). Reciclado de aceite quemado de vehículo en la estabilización de suelos arenosos. Tesis Pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Ingeniería, Riobamba.
- Rivera, J., Aguirre, G., Mejía de Gutiérrez, R., & Orobio, A. (10 de Junio de 2020). Estabilización química de suelos - Materiales convencionales y activados alcalinamente (revisión).

- RUBIBLOG. (14 de Abril de 2023). <https://www.rubi.com/es/blog/baldosas-ceramicas/>.
Obtenido de <https://www.rubi.com/es/blog/baldosas-ceramicas/>.
- Sol, J. (21 de Febrero de 2022). [https://es.linkedin.com/pulse/per%C3%BA-mercado-de-cer%C3%A1mica-y-porcelanato-f%C3%A1bricas-top-julio-sol#:~:text=Con%2033%20millones%20de%20habitantes,Italia%2C%20India%2C%20etc.\)](https://es.linkedin.com/pulse/per%C3%BA-mercado-de-cer%C3%A1mica-y-porcelanato-f%C3%A1bricas-top-julio-sol#:~:text=Con%2033%20millones%20de%20habitantes,Italia%2C%20India%2C%20etc.)). Obtenido de [https://es.linkedin.com/pulse/per%C3%BA-mercado-de-cer%C3%A1mica-y-porcelanato-f%C3%A1bricas-top-julio-sol#:~:text=Con%2033%20millones%20de%20habitantes,Italia%2C%20India%2C%20etc.\)](https://es.linkedin.com/pulse/per%C3%BA-mercado-de-cer%C3%A1mica-y-porcelanato-f%C3%A1bricas-top-julio-sol#:~:text=Con%2033%20millones%20de%20habitantes,Italia%2C%20India%2C%20etc.)).
- Soliz Chávez, R. C., & Yunga Quituisaca, A. M. (2021). Comparación de la calidad post quema de diferentes materiales feldespáticos en un horno a implementarse en el laboratorio de la Escuela de Ingeniería en Minas. Tesis de pregrado, Universidad del Azuay, Escuela de Ingeniería en Minas, Cuenca.
- Steelceram. (2022). <https://www.steelceram.com/>. Obtenido de <https://www.steelceram.com/>.
- SUNAT. (2010). Descripciones mínimas de productos cerámicos. Lima.
- Vargas Buitrago, C. A. (2018). Análisis comparativo de la inspección visual de un pavimento flexible, por los métodos tradicional y por sensores remotos en un kilómetro de la calle séptima en el Municipio de Cajica Cundinamarca. Tesis de pregrado, Universidad Militar Nueva Granada, Programa de Ingeniería Civil, Bogota.
- Velásquez Pereyra, C. (2018). Influencia del cemento portland tipo I en la estabilización del suelo arcilloso de la subrasante de la avenida Dinamarca, Sector La Molina. Tesis de pregrado, Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil, Cajamarca.
- Vidal Gonzales, L. E. (2021). Mejoramiento de las propiedades de la subrasante de un suelo arcilloso adicionando ceniza de cáscara de huevo. Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo, Escuela profesional de ingeniería civil, Lima.

Zambrano V., D. M., & Solorzano R., C. J. (2018). Evaluación del módulo resiliente de suelos finos con adición de residuos de la combustión del carbón (RPCC). Tesis de grado, Pontificia Universidad Javeriana, Maestría en Ingeniería Civil, Bogotá.

Zchimmer, & Schwarz. (2020). <https://www.zschimmer-schwarz.es/noticias/propiedades-fisicas-y-quimicas-de-la-ceramica/>. Obtenido de <https://www.zschimmer-schwarz.es/noticias/propiedades-fisicas-y-quimicas-de-la-ceramica/>.

Anexos

Anexo 01: Matriz de consistencia

Título del Proyecto:

APLICACIÓN DE RESIDUOS CERÁMICOS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS DE LA SUBRASANTE EN SAN JOSÉ DE QUERO

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	OPERACIONALIZACIÓN		METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE	DIMENSIONES	MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN:
¿Cuál es el efecto de la aplicación de los residuos cerámicos en la estabilización de suelos finos de la subrasante en San José de Quero?	Determinar el efecto de la aplicación de los residuos cerámicos en la estabilización de suelos finos de la subrasante en San José de Quero.	La adición de residuos cerámicos incide significativamente en la estabilización de suelos finos de la subrasante en San José de Quero.	INDEPENDIENTE:	Porcentaje de adición de residuos cerámicos	MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN: * GENERAL: Científico TIPO DE INVESTIGACIÓN: * Aplicada. NIVEL DE INVESTIGACIÓN: * Explicativo. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN: * Cuasi-experimental. POBLACIÓN Y MUESTRA: * POBLACIÓN 05 dosificaciones de adición de residuos cerámicos en 4%, 6%, 8% y 10% a fin de compararlo con la muestra patrón sin la adición (0%). * MUESTRA NO PROBABILÍSTICA Dirigida o intencional, el número total de ensayos, es el mismo número de la población (censal).
			RESIDUOS CERÁMICOS		
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECIFICAS	DEPENDIENTE:	Propiedades mecánicas	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS: * Observación. * Formatos de ensayos de laboratorio.
¿Cuál es la incidencia de la aplicación de los residuos cerámicos en las propiedades mecánicas de los suelos finos?	Analizar la incidencia de la aplicación de los residuos cerámicos en las propiedades mecánicas de los suelos finos.	La adición de residuos cerámicos incide significativamente en las propiedades mecánicas de los suelos finos.		Propiedades físicas	
¿Qué incidencia produce la aplicación de los residuos cerámicos en las propiedades físicas de los suelos finos?	Evaluar la incidencia de la aplicación de los residuos cerámicos en las propiedades físicas de los suelos finos.	Al adicionar residuos cerámicos se incide significativamente en las propiedades físicas de los suelos finos.			

Anexo 02: Matriz de operacionalización de variables

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES						
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UND	ESCALA
RESIDUOS CERÁMICOS	Rubi (2016) indica: "Proviene de las baldosas cerámicas las cuales son piezas planas, generalmente de poco espesor, que están fabricadas con arcillas, sílice, fundentes, colorantes y otras materias primas, que se muelen, prensan o compactan utilizando diferentes procedimientos, para después someterse a un proceso (o varios) de cocción y enfriamiento".	Los residuos provenientes de cerámicos fueron adicionados en porcentajes del 4%, 6%, 8% y 10% respecto al peso seco en el material natural de la subrasante a fin de determinar la incidencia de su aplicación.	Porcentaje de adición de residuos cerámicos	4.00%	%	Razón
				6.00%	%	Razón
				8.00%	%	Razón
				10.00%	%	Razón
ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS	Hall, Najim y Keikhaei (2012) señalan: "Con la estabilización de suelos se puede incrementar la capacidad de soporte del suelo nativo, mejorar la resistencia al corte, aumentar la resistencia al ablandamiento por acción del agua, proporcionar estabilidad volumétrica ya que se minimiza la permeabilidad del agua, disminuir la plasticidad y aumentar el peso unitario de los suelos tratado".	Se han realizado ensayos de laboratorio a fin de determinar el efecto de la aplicación de los residuos cerámicos en las propiedades mecánicas (próctor modificado y CBR) y en las propiedades físicas (límite líquido, límite plástico e IP) de los suelos finos de la subrasante.	Propiedades mecánicas	Próctor modificado	%	Razón
				CBR	%	Razón
			Propiedades físicas	Límite Líquido	%	Razón
				Límite Plástico	%	Razón
				Índice de Plasticidad	%	Razón

Anexo 03: Ensayos del laboratorio

EXPEDIENTE N° : 005
 ESTUDIO : CBR-05-01
 ATENCIÓN : BACH. CCATAMAYO CALDERON BRUNO
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE RESIDUOS CERÁMICOS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS DE LA SUBRASANTE EN SAN JOSÉ DE QUERO"

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422

CALICATA	C-01 4% DE RESIDUOS CERAMICOS
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1,50

TAMIZ	ABERTURA (mm)	% QUE PASA
3"	75,000	100,00
2 1/2"	63,500	100,00
2"	50,800	100,00
1 1/2"	38,100	100,00
1"	25,400	100,00
3/4"	19,000	100,00
1/2"	12,700	100,00
3/8"	9,500	98,71
1/4"	6,350	97,22
N°4	4,760	95,18
N°10	2,000	94,08
N°20	0,840	92,44
N°30	0,590	89,58
N°40	0,425	85,75
N°60	0,260	81,54
N°100	0,149	76,52
N°200	0,075	71,02

% DE CONTENIDO DE HUMEDAD

7,82%

PORCENTAJES

% GRAVA	4,82%
% ARENA	24,16%
% FINO	71,02%
	100,00%

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318

% LÍMITE LIQUIDO	32,49
% LÍMITE PLÁSTICO	16,56
ÍNDICE PLÁSTICO	15,93

CLASIFICACIÓN DEL SUELO

SUCS ASTM D-2487	CL
AASHTO ASTM D-3282	A-6(g)
NOMBRE DE GRUPO	ARCILLA FINA CON ARENA

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI; GP-004: 1993)

 **KAFLER SAC.**
 UNIDAD DE INGENIERÍA
 EN MECÁNICA DE SUELOS
 Ing. Civil **Martino Peña Duca**
 ASesor TÉCNICO CIP 7805 REG. C° 5017
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS
 CONCRETO TECNOLOGÍA Y GEOTECNIA

 **KAFLER SAC.**
 UNIDAD DE INGENIERÍA
 EN MECÁNICA DE SUELOS
YIMMY TACUMA GOMEZ
 TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS

LOCAL. CIUDAD DE HYO: AV. CIRCUNVALCION #430,
 LOCAL DE CIUDAD DE LIMA: AV. SAN JUAN #234 SAN JUAN DE MIRAFLORES - 901807796

RUC: 204871349

EXPEDIENTE N° : 005
 ESTUDIO : CBR-05-01
 ATENCIÓN : BACH. CCATAMAYO CALDERON BRUNO
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE RESIDUOS CERÁMICOS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS DE LA SUBRASANTE EN SAN JOSÉ DE QUERO"

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422

CALICATA	C-01 6% DE RESIDUOS CERAMICOS
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1,50

TAMIZ	ABERTURA (mm)	% QUE PASA
3"	75,000	100,00
2 1/2"	63,500	100,00
2"	50,800	100,00
1 1/2"	38,100	100,00
1"	25,400	100,00
3/4"	19,000	100,00
1/2"	12,700	100,00
3/8"	9,500	98,71
1/4"	6,350	97,22
N°4	4,760	95,18
N°10	2,000	94,08
N°20	0,840	92,44
N°30	0,590	89,58
N°40	0,425	85,75
N°60	0,260	81,54
N°100	0,149	76,52
N°200	0,075	71,02

% DE CONTENIDO DE HUMEDAD

7,82%

PORCENTAJES

% GRAVA	4,82%
% ARENA	24,16%
% FINO	71,02%
	100,00%

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318

% LIMITE LIQUIDO	30,73
% LIMITE PLASTICO	16,81
INDICE PLASTICO	13,93

CLASIFICACIÓN DEL SUELO

SUCS ASTM D-2487	CL
AASHTO ASTM D-3282	A-6(9)
NOMBRE DE GRUPO	ARCILLA FINA CON ARENA

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

 **KAFLER SAC.**
 UNIDAD DE INGENIERÍA
 EN MECÁNICA DE SUELOS
 Ing. Civil **Mano Peña Dueñas**
 ASESOR TÉCNICO (C.R. 78938 REG. COLEGIO D 5827)
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS
 CONCRETO GEOTÉCNICA Y GEOLOGÍA

 **KAFLER SAC.**
 UNIDAD DE INGENIERÍA
 EN MECÁNICA DE SUELOS
YIMMY TACUNA GÓMEZ
 TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS

LOCAL. CIUDAD DE HYO: AV. CIRCUNVALCION #430,

LOCAL DE CIUDAD DE LIMA: AV. SAN JUAN #234 SAN JUAN DE MIRAFLORES - 901807796

RUC: 204871349

EXPEDIENTE N° : 005
 ESTUDIO : CBR-05-01
 ATENCIÓN : BACH. CCATAMAYO CALDERON BRUNO
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE RESIDUOS CERÁMICOS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS DE LA SUBRASANTE EN SAN JOSÉ DE QUERO"

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422

CALKATA	C-01 8% DE RESIDUOS CERAMICOS
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1,50

TAMIZ	ABERTURA (mm)	% QUE PASA
3"	75,000	100,00
2 1/2"	63,500	100,00
2"	50,800	100,00
1 1/2"	38,100	100,00
1"	25,400	100,00
3/4"	19,000	100,00
1/2"	12,700	100,00
3/8"	9,500	98,71
1/4"	6,350	97,22
N°4	4,760	95,18
N°10	2,000	94,08
N°20	0,840	92,44
N°30	0,590	89,58
N°40	0,425	85,75
N°60	0,260	81,54
N°100	0,149	76,52
N°200	0,075	71,02

% DE CONTENIDO DE HUMEDAD

7,82%

PORCENTAJES

% GRAVA	4,82%
% ARENA	24,16%
% FINO	71,02%
	100,00%

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318

% LÍMITE LÍQUIDO	28,29
% LÍMITE PLÁSTICO	15,82
ÍNDICE PLÁSTICO	12,47

CLASIFICACIÓN DEL SUELO

SUCS ASTM D-2487	CL
AASHTO ASTM D-3082	A-6(9)
NOMBRE DE GRUPO	ARCILLA FINA CON ARENA

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP004: 1993)



LOCAL CIUDAD DE HYO: AV. CIRCUNVALCIÓN #430,
 LOCAL DE CIUDAD DE LIMA: AV. SAN JUAN #234 SAN JUAN DE MIRAFLORES - 901807796

RUC: 204871349

RESOLUCION N°009178-2021/INDECOPI

CERTIFICADO N° 00122965

KAFLER S.A.C

LABORATORIO CIENTIFICO PARA ESTUDIO DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 005
 ESTUDIO : CBR-05-01
 ATENCIÓN : BACH. CCATAMAYO CALDERON BRUNO
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE RESIDUOS CERÁMICOS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS DE LA SUBRASANTE EN SAN JOSÉ DE QUIERO"

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422

CALICATA	C-01 10% DE RESIDUOS CERÁMICOS
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1,50

TAMIZ	ABERTURA (mm)	% QUE PASA
3"	75,000	100,00
2 1/2"	63,500	100,00
2"	50,800	100,00
1 1/2"	38,100	100,00
1"	25,400	100,00
3/4"	19,000	100,00
1/2"	12,700	100,00
3/8"	9,500	98,71
1/4"	6,350	97,22
N°4	4,760	95,18
N°10	2,000	94,08
N°20	0,840	92,44
N°30	0,590	89,58
N°40	0,425	85,75
N°60	0,260	81,54
N°100	0,149	76,52
N°200	0,075	71,02

% DE CONTENIDO DE HUMEDAD
7,82%

PORCENTAJES	
% CRAVA	4,82%
% ARENA	24,16%
% FINO	71,02%
	100,00%

LIMITES DE CONSISTENCIA	ASTM D4318
% LIMITE LIQUIDO	28,62
% LIMITE PLASTICO	18,16
INDICE PLASTICO	10,46

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
SUCS ASTM D-2487	CL
AASHTO ASTM D-3082	A-6(5)
NOMBRE DE GRUPO	ARCILLA FINA CON ARENA

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004:1993)

 **KAFLER SAC**
 UNIDAD DE INGENIERÍA
 EN MECÁNICA DE SUELOS
 Ing. Civil Marino Peña Dueñas
 ASesor TECNICO EN INGENIERIA CONSULTOR C. S. S. S.
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS
 CONCRETO REFORZADO Y GEOTECNIA

 **KAFLER SAC**
 UNIDAD DE INGENIERÍA
 EN MECÁNICA DE SUELOS
 Ing. Civil Carlos Gomez
 ASesor TECNICO EN INGENIERIA CONSULTOR C. S. S. S.
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS

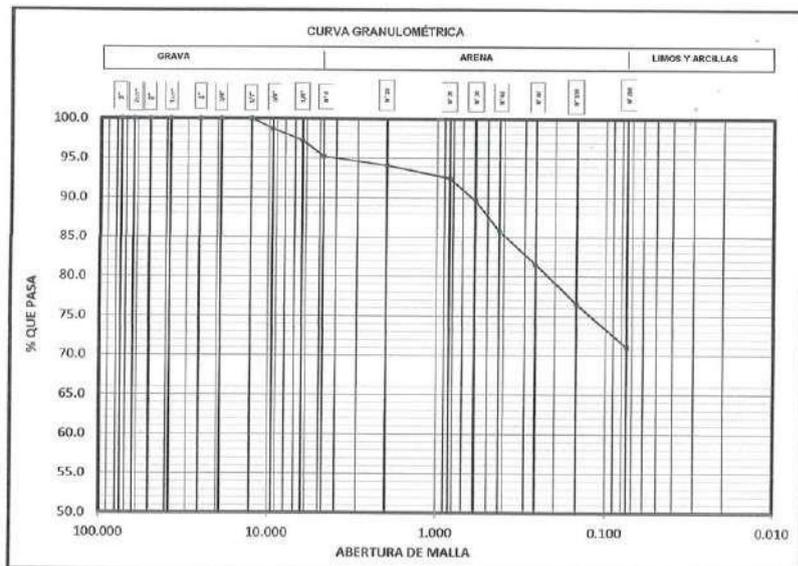
LOCAL CIUDAD DE HYD: AV. CIRCUNVALCION #430,
 LOCAL DE CIUDAD DE LIMA: AV. SAN JUAN #234 SAN JUAN DE MIRAFLORES - 901807796

RUC: 204871349

EXPEDIENTE N° : 005
 ESTUDIO : CBR-05-01
 ATENCIÓN : BACH. CCATAMAYO CALDERON BRUNO
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE RESIDUOS CERÁMICOS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS DE LA SUBRASANTE EN SAN JOSÉ DE QUERO"

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422

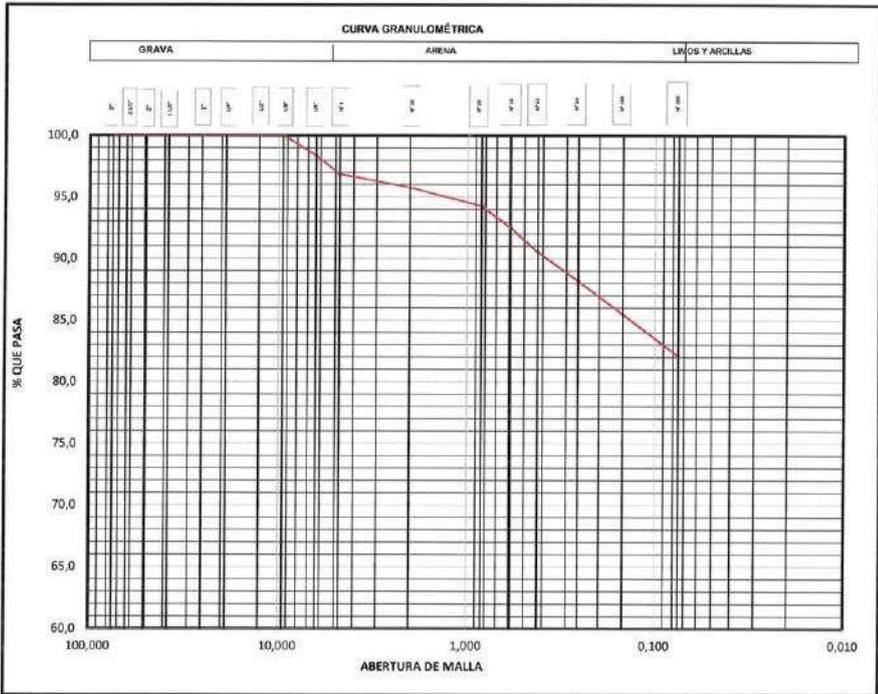
CALICATA	C-01 o% MP
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1.50



EXPEDIENTE N° : 005
 ESTUDIO : CBR-05-01
 ATENCIÓN : BACH. CCATAMAYO CALDERON BRUNO
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE RESIDUOS CERÁMICOS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS DE LA SUBRASANTE EN SAN JOSÉ DE QUERO"

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422

CALICATA	C-01 4% DE RESIDUOS CERÁMICOS
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1,50



% GRAVA	3,14%	% ARENA	14,77%	% FINO	82,09%
---------	-------	---------	--------	--------	--------

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1992)

KAFER S.A.C.
UNIDAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA DE SUELOS
 Ing. Civil Mayro Peña Dueñas
 ASesor TÉCNICO CIP 73818 REG. CONSULTA 0 5528
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS
 CON FUERZA GEOTÉCNICA Y GEOLÓGICA

KAFER S.A.C.
UNIDAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA DE SUELOS
 Jimmy Tacuna Gomez
 TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS

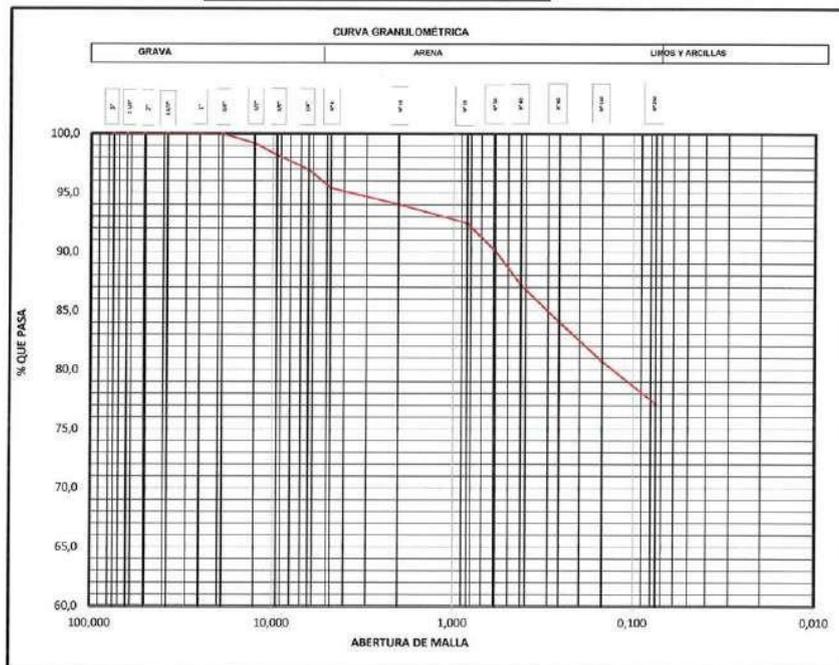
LOCAL CIUDAD DE HYO: AV. CIRCUNVALCION #430,
 LOCAL DE CIUDAD DE LIMA: AV. SAN JUAN #234 SAN JUAN DE MIRAFLORES - 901807796

RUC: 204871349

EXPEDIENTE N° : 005
ESTUDIO : CBR-05-01
ATENCIÓN : BACH. CCATAMAYO CALDERON BRUNO
PROYECTO : "APLICACIÓN DE RESIDUOS CERÁMICOS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS DE LA SUBRASANTE EN SAN JOSÉ DE QUERO"

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422

CALICATA	C-01 8% DE RESIDUOS CERAMICOS
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1,50



% GRAVA	4,59%	% ARENA	18,26%	% FINO	77,16%
---------	-------	---------	--------	--------	--------

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI GP-004: 1993)

KAFLER SAC
UNIDAD DE INGENIERIA EN MECANICA DE SUELOS
Ing. Civil Marino Peña Dueñas
ASESOR TÉCNICO CP 16019 REG. CONSULTORIOS 057-3
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS
CONCRETO GEOTECNIA Y GEOLOGIA

KAFLER SAC
UNIDAD DE INGENIERIA EN MECANICA DE SUELOS
YIMMY TACUNA GOMEZ
TÉCNICO EN MECANICA DE SUELOS

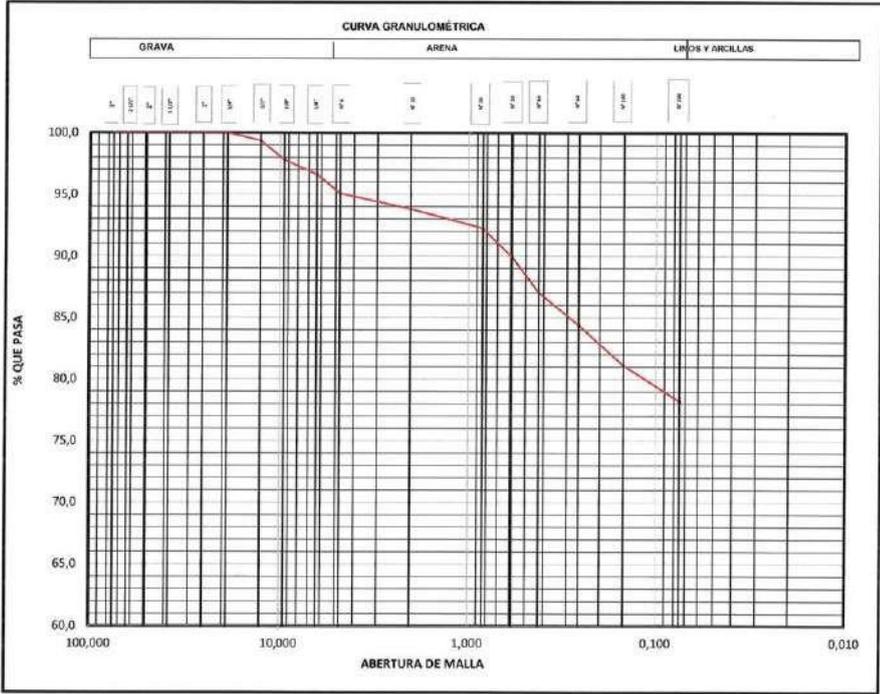
LOCAL CIUDAD DE HYO: AV. CIRCUNVALCION #430,
LOCAL DE CIUDAD DE LIMA: AV. SAN JUAN #234 SAN JUAN DE MIRAFLORES - 901807796

RUC: 204871349

EXPEDIENTE N° : 005
 ESTUDIO : CBR-05-01
 ATENCIÓN : BACH. CCATAMAYO CALDERON BRUNO
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE RESIDUOS CERÁMICOS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS DE LA SUBRASANTE EN SAN JOSÉ DE QUERO"

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422

CALICATA	C-01 6% DE RESIDUOS CERÁMICOS
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1.50



% GRAVA	4.91%	% ARENA	16.88%	% FINO	78.21%
---------	-------	---------	--------	--------	--------

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP.004: 1992)

KAFLER S.A.C.
 UNIDAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA DE SUELOS
 Ing. Civil Mayro Peña Dueñas
 ASesor TÉCNICO DIF 78036 REG. CONSULTOR C 4432
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS
 CONCRETO ESTRUCTURAL Y GEOLOGÍA

KAFLER S.A.C.
 UNIDAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA DE SUELOS
 YIMMY TACUNA GÓMEZ
 TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS

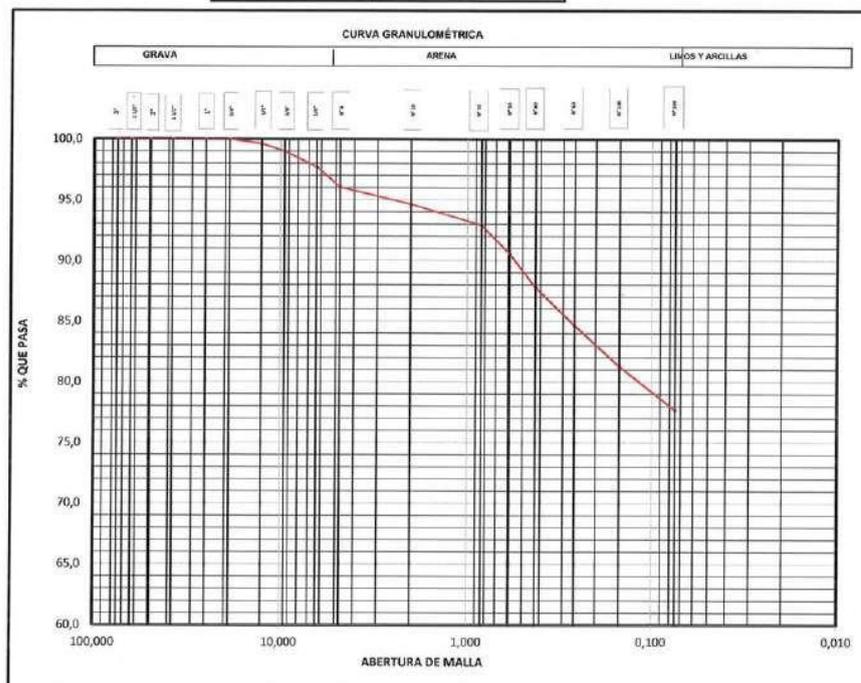
LOCAL CIUDAD DE HYO: AV. CIRCUNVALCION #430,
 LOCAL DE CIUDAD DE LIMA: AV. SAN JUAN #234 SAN JUAN DE MIRAFLORES - 901807796

RUC: 204871349

EXPEDIENTE N° : 005
 ESTUDIO : CBR-05-01
 ATENCIÓN : BACH. CCATAMAYO CALDERON BRUNO
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE RESIDUOS CERÁMICOS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS DE LA SUBRASANTE EN SAN JOSÉ DE QUERO"

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422

CALICATA	C-01 10% DE RESIDUOS CERAMICOS
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1,50



% GRAVA	3,95%	% ARENA	18,27%	% FINO	77,68%
---------	-------	---------	--------	--------	--------

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004-1993)

KAFER SAC
UNIDAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA DE SUELOS
 Ing. Civil Maleno Peña Dueñas
 ASesor TÉCNICO CP. REG. CONSULTOR: C 5913
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLÓGIA

KAFER SAC
UNIDAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA DE SUELOS
 Jimmy Tacuna Gomez
 TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS

LOCAL CIUDAD DE HYD: AV. CIRCUNVALCION #430,
 LOCAL DE CIUDAD DE LIMA: AV. SAN JUAN #234 SAN JUAN DE MIRAFLORES - 901807796

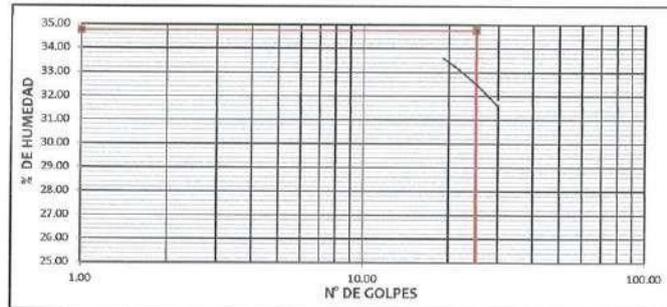
RUC: 204871349

EXPEDIENTE N° : 005
 ESTUDIO : CBR-05-01
 ATENCIÓN : BACH. CCATAMAYO CALDERÓN BRUNO
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE RESIDUOS CERÁMICOS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS DE LA SUBRASANTE EN SAN JOSÉ DE QUERO"

LIMTES DE CONSISTENCIA ASTM D423-66

CALICATA	C-01	% DE RESIDUOS CERÁMICOS
MUESTRA	M-1	
PROF. (m)	1,50	

ENSAYO N°	1	2	3	1	2
Recipiente + Suelo Hum.	59,26	57,32	55,92	22,10	21,92
Recipiente + Suelo Seco	44,49	50,31	45,28	21,28	20,98
Peso de agua	5,77	7,01	6,54	0,52	0,94
Peso del Recipiente	26,31	28,52	25,61	16,35	15,28
Peso de Suelo Seco	18,18	21,79	19,67	4,93	5,70
% de Humedad	31,74	32,17	33,75	16,63	16,49
N° de Golpes	30,00	25,00	19,00		



% LIMITE LIQUIDO	34.75
% LIMITE PLASTICO	17.97
INDICE PLASTICO	16.78

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI GP-008: 1993)

KAFLER SAC
 UNIDAD DE INGENIERÍA
 EN MECÁNICA DE SUELOS
 Ing. Civil Marino Peña Dueñas
 INGENIERO TÉCNICO CIP 7892 REG. CONSULTOR C 6633
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS
 CONCRETO GEOTECNIA Y GEOLÓGIA

KAFLER SAC
 UNIDAD DE INGENIERÍA
 EN MECÁNICA DE SUELOS
 YIMMY TACUMA GÓMEZ
 TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS

LOCAL CIUDAD DE HYO: AV. CIRCUNVALCIÓN #430,

LOCAL DE CIUDAD DE LIMA: AV. SAN JUAN #234 SAN JUAN DE MIRAFLORES - 901807796

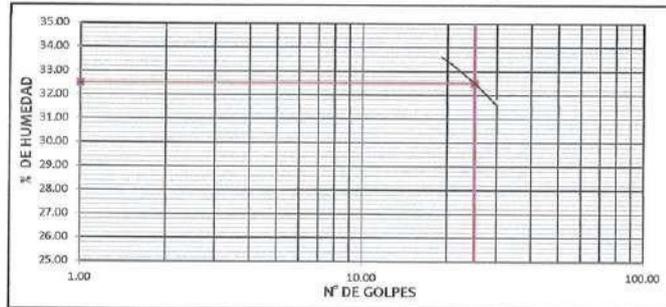
RUC: 204871349

EXPEDIENTE N° : 005
 ESTUDIO : CBR-05-01
 ATENCIÓN : BACH, CCATAMAYO CALDERON BRUNO
 PROYECTO : APLICACIÓN DE RESIDUOS CERÁMICOS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS DE LA SUBRASANTE EN SAN JOSÉ DE QUERO

LIMTES DE CONSISTENCIA ASTM D423-66

CLASIFICACIÓN	C-01 4% DE RESIDUOS CERÁMICOS
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1.50

ENSAYO N°	1	2	3	1	2
Recipiente + Suelo Hum.	50.26	57.32	54.92	22.40	21.92
Recipiente + Suelo Seco	44.49	50.31	45.28	21.28	20.98
Peso de agua	5.77	7.01	6.64	0.82	0.94
Peso del Recipiente	26.31	28.52	25.61	16.35	15.28
Peso de Suelo Seco	18.18	21.79	19.67	4.93	5.70
% de Humedad	31.74	32.17	33.76	16.53	16.49
N° de Golpes	30.00	25.00	19.00		



% LIMITE LIQUIDO	32.49
% LIMITE PLASTICO	16.56
INDICE PLASTICO	15.93

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

KAFER S.A.C.
 UNIDAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA DE SUELOS
 Ing. Civil **Manlio Peña Doloñas**
 TÉCNICO ESPECIALIZADO EN SUELOS
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

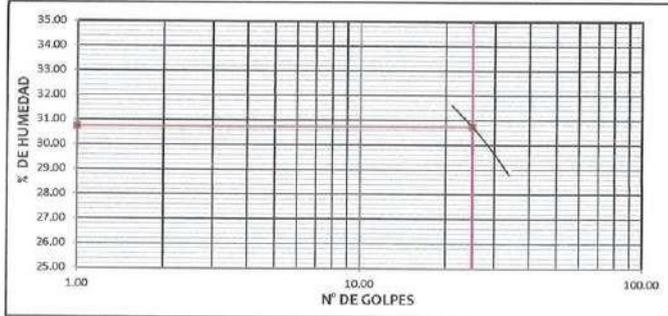
KAFER S.A.C.
 UNIDAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA DE SUELOS
YIMMY TACUNA GOMEZ
 TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 005
 ESTUDIO : CBR-05-01
 ATENCIÓN : BACH. CCATAMAYO CALDERON BRUNO
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE RESIDUOS CERÁMICOS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS DE LA SUBRASANTE EN SAN JOSÉ DE QUERO"

LIMITES DE CONSISTENCIA - ASTM D423-66

CALICATA	C-01 6% DE RESIDUOS CERAMICOS
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1,50

ENSAYO N°	1	2	3	1	2
Recipiente + Suelo Hum.	50,26	57,32	51,92	22,10	21,92
Recipiente + Suelo Seco	44,52	50,24	45,59	21,05	20,91
Peso de agua	5,74	7,08	6,33	1,05	1,01
Peso del Recipiente	24,72	26,38	25,68	14,52	15,15
Peso de Suelo Seco	19,80	23,86	19,91	6,52	5,76
% de Humedad	28,99	29,67	31,79	16,08	17,53
N° de Golpes	34,00	28,00	31,00		



% LIMITE LIQUIDO	30,73
% LIMITE PLASTICO	16,81
INDICE PLASTICO	13,93

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO; SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI- GP-004-1993)

KAFLER SAC.
 UNIDAD DE INGENIERIA EN MECANICA DE SUELOS
 Ing. Civil Marino Peña Dueñas
 INGENIERO DE SUELOS, PER. CONSULTA 0553
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS
 SECRETO DE INGENIERIA Y GEOLOGIA

KAFLER SAC.
 UNIDAD DE INGENIERIA EN MECANICA DE SUELOS
 YIMMY ADELINA GOMEZ
 TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

LOCAL CIUDAD DE HYO: AV. CIRCUNVALCION #430,
 LOCAL DE CIUDAD DE LIMA: AV. SAN JUAN #234 SAN JUAN DE MIRAFLORES - 901807796

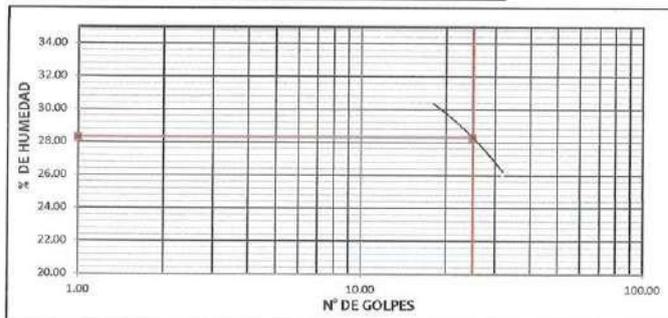
RUC: 204871349

EXPEDIENTE N° : 005
 ESTUDIO : CBR-05-01
 ATENCIÓN : BACH. CCATAMAYO CALDERON BRUNO
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE RESIDUOS CERÁMICOS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS DE LA SUBRASANTE EN SAN JOSÉ DE QUERO"

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D423-66

CALICATA	C-01 8% DE RESIDUOS CERÁMICOS
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1,50

ENSAYO N°	1	2	3	1	2
Recipiente + Suelo Hum.	54,38	49,96	50,83	23,46	22,55
Recipiente + Suelo Seco	46,66	44,72	45,08	22,03	21,52
Peso de agua	5,72	5,24	5,85	1,43	1,03
Peso del Recipiente	24,72	26,38	25,72	15,12	14,78
Peso de Suelo Seco	21,94	18,34	19,36	6,91	6,74
% de Humedad	26,07	28,57	30,32	16,35	15,28
N° de Golpes	32,00	25,00	18,00		



% LIMITE LIQUIDO	28.29
% LIMITE PLASTICO	15.82
INDICE PLASTICO	12.47

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)



LOCAL, CIUDAD DE HYO: AV. CIRCUNVALCION #430,
 LOCAL DE CIUDAD DE LIMA: AV. SAN JUAN #234 SAN JUAN DE MIRAFLORES - 901807796

RUC: 204871349

EXPEDIENTE N° : 005
 ESTUDIO : CBR-05-01
 ATENCIÓN : BACH. CCATAMAYO CALDERON BRUNO
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE RESIDUOS CERÁMICOS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS DE LA SUBRASANTE EN SAN JOSÉ DE QUERO"

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422

CALIGATA	C-01 0% DE RESIDUOS CERAMICOS
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1,50

TAMIZ	ABERTURA (mm)	% QUE PASA
3"	75,000	100,00
2 1/2"	63,500	100,00
2"	50,800	100,00
1 1/2"	38,100	100,00
1"	25,400	100,00
3/4"	19,000	100,00
1/2"	12,700	100,00
3/8"	9,500	98,71
1/4"	6,350	97,22
N°20	4,760	95,18
N°40	2,000	94,08
N°60	0,840	92,44
N°80	0,590	89,58
N°100	0,425	85,75
N°150	0,260	81,54
N°200	0,149	76,52
N°300	0,075	71,02

% DE CONTENIDO DE HUMEDAD

7,82%

PORCENTAJES

% GRAVA	4,82%
% ARENA	34,16%
% FINO	71,02%
	100,00%

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318

% LIMITE LIQUIDO	34,75
% LIMITE PLASTICO	17,97
INDICE PLASTICO	16,78

CLASIFICACIÓN DEL SUELO

SUCS ASTM D-2487	CL
AASHTO ASTM D-3282	A-6(9)
NOMBRE DE GRUPO	ARCILLA FINA CON ARENA

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004; 1993)


 Ing. Civil M...
 ASesor Técnico...
 ESPECIALIDAD: SUELOS...
 CONGRESO D... 2011

 **KAFLER S.A.C.**
 UNIDAD DE INGENIERIA
 EN MECANICA DE SUELOS
YIMMY TACUNA GOMEZ
 TÉCNICO EN MECANICA DE SUELOS

LOCAL CIUDAD DE HYD: AV. CIRCUNVALCION #430,
 LOCAL DE CIUDAD DE LIMA: AV. SAN JUAN #234 SAN JUAN DE MIRAFLORES - 901807796

RUC: 204871349

EXPEDIENTE N° : 005
 ESTUDIO : CBR-05-01
 ATENCIÓN : BACH. CCATAMAYO CALDERON BRUNO
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE RESIDUOS CERÁMICOS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS DE LA SUBRASANTE EN SAN JOSÉ DE QUERO"

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422

T=MSSL
580

CALICATA	G-01 4% DE RESIDUOS CERAMICOS
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1,50

TAMIZ	ABIERTURA (mm)	PESO RETENIDO (grs)	% PARCIAL RETENIDO (GRS)	% ACUMULADO	
				RETENIDO	QUE PASA
3"	75,000	0,00	0,00	0,00	100,00
2 1/2"	63,500	0,00	0,00	0,0	100,00
2"	50,800	0,00	0,00	0,0	100,00
1 1/2"	38,100	0,00	0,00	0,0	100,00
1"	25,400	0,000	0,00	0,0	100,00
3/4"	19,000	0,00	0,00	0,0	100,00
1/2"	12,700	0,00	0,00	0,0	100,00
3/8"	9,500	0,00	0,00	0,0	100,00
1/4"	6,350	9,63	1,66	1,7	98,34
Nº4	4,760	8,57	1,48	3,1	96,86
Nº10	2,000	6,32	1,09	4,2	95,77
Nº20	0,840	8,57	1,48	5,7	94,29
Nº30	0,590	10,26	1,77	7,5	92,53
Nº40	0,425	11,52	1,99	9,5	90,54
Nº60	0,260	13,61	2,35	11,8	88,19
Nº100	0,149	15,74	2,71	14,5	85,48
Nº200	0,075	19,63	3,38	17,9	82,09
PONDO		476,15	82,09	100,0	0,00
PESO TOTAL			100,0		

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318

% LIMITE LIQUIDO	32,49
% LIMITE PLASTICO	16,56
INDICE PLASTICO	15,93

PORCENTAJES

% GRAVA	3,14%
% ARENA	14,77%
% FINO	82,09%
	100,00%

CLASIFICACIÓN DEL SUELO

SUCS ASTM D 2487	CL
ASHITO ASTM D 3282	A-6(12)
NOMBRE DE GRUPO	ARCILLA FINA

% DE CONTENIDO DE HUMEDAD	
TARA No	TH-16
PESO DE TARA + SUELO HUMEDO gr.	328,56
PESO DE TARA + SUELO SECO gr.	309,63
PESO AGUA gr.	18,93
PESO DE LA TARA gr.	71,26
PESO SUELO SECO gr.	238,37
CONTENIDO DE HUMEDAD %	7,94%

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)

 **KAFLER SAC.**
UNIDAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA DE SUELOS
Ing. Civil Martín Peña Dueñas
ASESOR TÉCNICO C.A. 1638 REG. CONSULTOR C.A. 1638
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETO DE HORMIGÓN Y GEOLOGÍA

 **KAFLER SAC.**
UNIDAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA DE SUELOS

YIMMY TACUNA GOMEZ
TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS

LOCAL CIUDAD DE HYD: AV. CIRCUNVALCION #430,
 LOCAL DE CIUDAD DE LIMA: AV. SAN JUAN #234 SAN JUAN DE MIRAFLORES - 901807796

RUC: 204871349

EXPEDIENTE N° : 005
 ESTUDIO : CBR-05-01
 ATENCIÓN : BACH. CCATAMAYO CALDERON BRUNO
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE RESIDUOS CERÁMICOS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS DE LA SUBRASANTE EN SAN JOSÉ DE QUERO"

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422

T+MSSL
810

CALICATA	C-01 6% DE RESIDUOS CERAMICOS
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1,50

TAMIZ	ABIERTURA (mm)	PESO RETENIDO (grs)	% PARCIAL RETENIDO (GRS)	% ACUMULADO	
				RETENIDO	QUE PASA
3"	75,000	0,00	0,00	0,00	100,00
2 1/2"	63,500	0,00	0,00	0,0	100,00
2"	50,800	0,00	0,00	0,0	100,00
1 1/2"	38,100	0,00	0,00	0,0	100,00
1"	25,400	0,000	0,00	0,0	100,00
3/4"	19,000	0,00	0,00	0,0	100,00
1/2"	12,700	5,26	0,65	0,6	99,35
3/8"	9,500	12,56	1,55	2,2	97,80
1/4"	6,350	9,63	1,19	3,4	96,61
Nº4	4,750	12,36	1,53	4,9	95,09
Nº10	2,000	10,25	1,27	6,2	93,82
Nº20	0,840	12,58	1,55	7,7	92,27
Nº30	0,590	18,69	2,31	10,0	89,96
Nº40	0,425	23,51	2,90	12,9	87,06
Nº60	0,260	21,47	2,65	15,6	84,41
Nº100	0,149	26,58	3,28	18,9	81,12
Nº200	0,075	23,61	2,91	21,8	78,21
FONDO		633,50	78,21	100,0	0,00
PESO TOTAL			100,0		

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4316

% LIMITE LIQUIDO	30,73
% LIMITE PLASTICO	16,81
INDICE PLASTICO	13,93

PORCENTAJES

% GRAVA	4,9%
% ARENA	16,88%
% FINO	78,21%
	100,00%

CLASIFICACIÓN DEL SUELO

SUCS ASTM D-2487	CL
AASHTO ASTM D-3282	A-6(9)
NOMBRE DE GRUPO	ARCILLA FINA CON ARENA

% DE CONTENIDO DE HUMEDAD	
TARA No	TH-10
PESO DE TARA + SUELO HUMEDO gr.	354,12
PESO DE TARA + SUELO SECO gr.	338,34
PESO AGUA gr.	17,78
PESO DE LA TARA gr.	71,26
PESO SUELO SECO gr.	265,08
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	6,74%

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBE REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)

KAFLER S.A.C.
UNIDAD DE INGENIERIA EN MECANICA DE SUELOS
Ing. Civil **Maximo Peña Dueñas**
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS
CONCRETO, CEMENTOS Y GEOLÓGIA

KAFLER S.A.C.
UNIDAD DE INGENIERIA EN MECANICA DE SUELOS
YIMMY YACUNA GOMEZ
TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS

LOCAL CIUDAD DE HYO: AV. CIRCUNVALCION #430,
 LOCAL DE CIUDAD DE LIMA: AV. SAN JUAN #234 SAN JUAN DE MIRAFLORES - 901807796

RUC: 204871349

EXPEDIENTE N° : 005
 ESTUDIO : CBR-05-01
 ATENCIÓN : BACH. CCATAMAYO CALDERON BRUNO
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE RESIDUOS CERÁMICOS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS DE LA SUBRASANTE EN SAN JOSÉ DE QUERO"

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422

T+MSSL
850

CALICATA	C-01 8% DE RESIDUOS CERAMICOS
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1,50

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	% PARCIAL RETENIDO (GRS)	% ACUMULADO	
				RETENIDO	QUE PASA
3"	75,000	0,00	0,00	0,00	100,00
2 1/2"	63,500	0,00	0,00	0,0	100,00
2"	50,800	0,00	0,00	0,0	100,00
1 1/2"	38,100	0,00	0,00	0,0	100,00
1"	25,400	0,000	0,00	0,0	100,00
3/4"	19,000	0,00	0,00	0,0	100,00
1/2"	12,700	6,85	0,01	0,0	99,19
3/8"	9,500	8,56	1,01	1,8	98,19
1/4"	6,350	10,34	1,22	3,0	96,97
Nº4	4,760	13,26	1,56	4,6	95,41
Nº10	2,000	11,74	1,38	6,0	94,03
Nº20	0,840	13,58	1,60	7,6	92,43
Nº30	0,590	19,63	2,31	9,9	90,12
Nº40	0,425	24,87	2,93	12,8	87,20
Nº60	0,250	26,32	3,10	15,9	84,10
Nº100	0,149	28,51	3,35	19,3	80,75
Nº200	0,075	30,52	3,59	22,8	77,16
FONDO		655,82	77,16	100,0	0,00
PESO TOTAL			100,0		

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
% LÍMITE LÍQUIDO	28,29
% LÍMITE PLÁSTICO	15,82
ÍNDICE PLÁSTICO	12,47

PORCENTAJES	
% GRAYA	4,59%
% ARENA	18,25%
% FINO	77,16%
	100,00%

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
SUCS ASTM D-2487	CL
AASHTO ASTM D-3282	A-6(7)
NOMBRE DE GRUPO	ARCILLA FINA CON ARENA

% DE CONTENIDO DE HUMEDAD	
TARA No.	TH-08
PESO DE TARA + SUELO HUMEDO gr.	360,25
PESO DE TARA + SUELO SECO gr.	338,57
PESO AGUA gr.	21,68
PESO DE LA TARA gr.	65,52
PESO SUELO SECO gr.	269,05
CONTENIDO DE HUMEDAD %	8,08%

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)



EXPEDIENTE N° : 005
 ESTUDIO : CBR-05-01
 ATENCIÓN : BACH. CCATAMAYO CALDERON BRUNO
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE RESIDUOS CERÁMICOS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS DE LA SUBRASANTE EN SAN JOSÉ DE QUERO"

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422

T+MSSE
910

CALICATA	C-01 10% DE RESIDUOS CERAMICOS
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1,50

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g/s)	% PARCIAL RETENIDO (GRS)	% ACUMULADO	
				RETENIDO	QUE PASA
3"	75,000	0,00	0,00	0,00	100,00
2 1/2"	63,500	0,00	0,00	0,0	100,00
2"	50,800	0,00	0,00	0,0	100,00
1 1/2"	38,100	0,00	0,00	0,0	100,00
1"	25,400	0,000	0,00	0,0	100,00
3/4"	19,000	0,00	0,00	0,0	100,00
1/2"	12,700	3,41	0,37	0,4	99,63
3/8"	9,500	5,62	0,62	1,0	99,01
1/4"	6,350	11,63	1,28	2,3	97,73
N°4	4,760	15,24	1,67	3,9	96,05
N°10	2,000	12,85	1,41	5,4	94,64
N°20	0,840	15,63	1,72	7,1	92,93
N°30	0,590	21,47	2,36	9,4	90,57
N°40	0,425	25,36	2,79	12,2	87,78
N°60	0,260	28,52	3,13	15,4	84,65
N°100	0,149	30,62	3,36	18,7	81,28
N°200	0,075	32,75	3,60	22,3	77,68
FONDO		706,90	77,68	100,0	0,00
PESO TOTAL			100,0		

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
% LÍMITE LÍQUIDO	28,62
% LÍMITE PLÁSTICO	18,36
ÍNDICE PLÁSTICO	10,46

PORCENTAJES	
% GRAVA	3,95%
% ARENA	18,37%
% FINO	77,68%
	100,00%

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
SUCS ASTM D-2487	CL
AASHTO ASTM D-3282	A-6(2)
NOMBRE DE GRUPO	ARCILLA FINA CON ARENA

% DE CONTENIDO DE HUMEDAD	
TARA No	TH-05
PESO DE TARA + SUELO HUMEDO gr.	358,24
PESO DE TARA + SUELO SECO gr.	329,62
PESO AGUA gr.	18,62
PESO DE LA TARA gr.	68,35
PESO SUELO SECO gr.	271,27
CONTENIDO DE HUMEDAD %	6,86%

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP/004: 1993)

KAFER S.A.C.
UNIDAD DE INGENIERIA EN MECANICA DE SUELOS
Ing. Civil **Mario Peña Dueñas**
MEMOR TÉCNICO Nº 005 REA CONSULTA 0 2021
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS
FIRMA: [Firma]

KAFER S.A.C.
UNIDAD DE INGENIERIA EN MECANICA DE SUELOS
JIMMY TACUNA GOMEZ
TÉCNICO EN MECANICA DE SUELOS
FIRMA: [Firma]

LOCAL CIUDAD DE HYO: AV. CIRCUNVALCION #430,
 LOCAL DE CIUDAD DE LIMA: AV. SAN JUAN #234 SAN JUAN DE MIRAFLORES - 901807796

RUC: 204871349

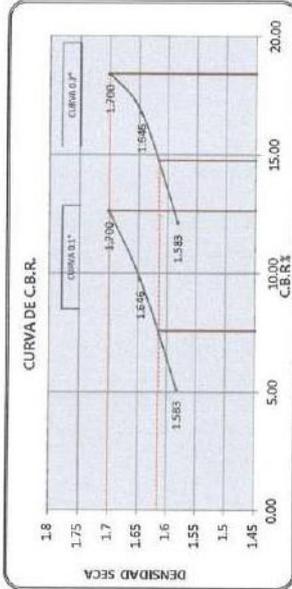
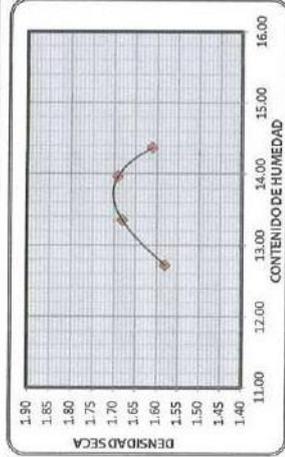
CERTIFICADO N° 00122985

RESOLUCION N°009178-2021/ INDECOPI

EXPEDIENTE N° : 008
 ESTUDIO : CBR-05-01
 ATENCION : BACH. CCATAMAYO CALDERON BRUNO
 PROYECTO : "APLICACION DE RESIDUOS CERÁMICOS EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS FINOS DE LA SUBALFANDE EN SAN JOSE DE CUEBRO"

DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE (CBR) ASTM D1883

CALICATA	C-01 de MP CERAMICOS
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1.50



Penetración (pulg.)	% M.O.S.	CBR %
0.1	100	0.18
0.1	95	3.86
0.2	100	15.58
0.2	95	11.35

MÁXIMA DENSIDAD SECA : 1.62 (g/cm³)
 CONTENIDO DE HUMEDAD : 14.75 (%)

KAFLER SAC
 UNIDAD DE INGENIERIA EN MECANICA DE SUELOS
 Ing. Christian Peña Dreyfus
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS
 INGENIERO GEOTECNICO Y GEODINAMICO

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCirse SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCION SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI, (IP-004), 1995)

LOCAL: CIUDAD DE HYO: AV. CIRCUNVALACION #430,
 LOCAL DE CIUDAD DE LIMA: AV. SAN JUAN #234 SAN JUAN DE MIRAFLORES - 901807796

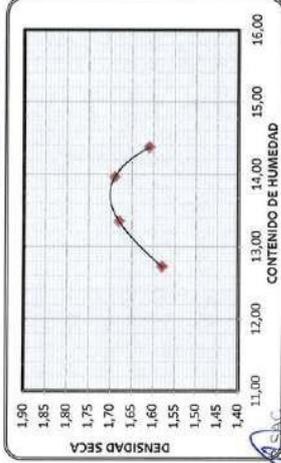


RUC: 204871349

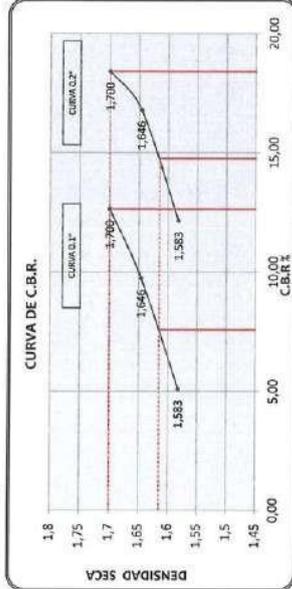
EXPEDIENTE N° : 005
 ESTUDIO : CBR-05-01
 ATENCIÓN : BACH. CECATAMAYO CALDERÓN BRUNO
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE RESIDUOS CERÁMICOS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS DE LA SUBBASANTE EN SAN JOSÉ DE CUERO"

DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR ASTM D1883

CALICATA	Col. 4 ^a DE RESIDUOS CERÁMICOS
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1,50



Ing. CIVIL YERITRO GARCÍA GARCÍA
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS Y CONTENIDO DE HUMEDAD
 DOMINIO GEOTECNIA Y GEOLÓGIA



Penetración (pulg.)	% M.D.S.	CBR %
0,1	100	12,63
0,1	95	7,50
0,2	100	18,41
0,2	95	14,76



EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCirse SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)

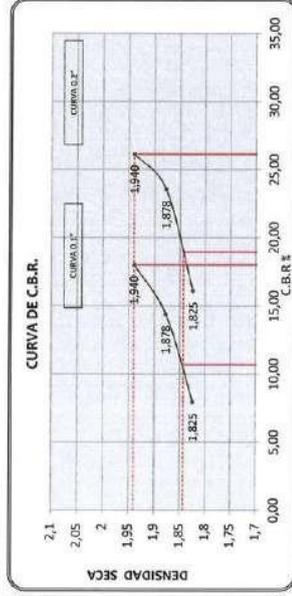
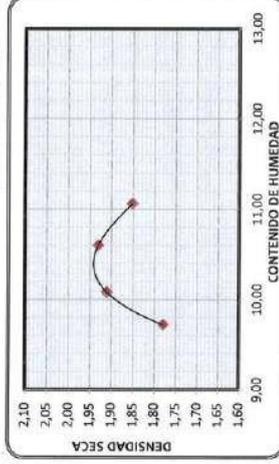
LOCAL CIUDAD DE HYO: AV. CIRCUNVALACION #430.
 LOCAL DE CIUDAD DE LIMA: AV. SAN JUAN #234 SAN JUAN DE MIRAFLORES - 901807796

RUC: 204871349

EXPEDIENTE N° : 005
ESTUDIO : CBR-05-01
ATENCIÓN : BACH. CCATAMAYO CALDERON BRUNO
PROYECTO : "APLICACIÓN DE RESIDUOS CERÁMICOS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS DE LA SUBRASANTE EN SAN JOSÉ DE QUERO"

DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR ASTM D1883

CALEFATA	C-01 66 DE RESIDUOS CERAMICOS
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1,50



Penetración (pulg.)	% M.D.S.	CBR %
0,1	100	18,02
0,2	95	10,68
0,2	100	26,13
0,2	95	18,96

MAXIMA DENSIDAD SECA : 1,94 (gr/cm3)
CONTENIDO DE HUMEDAD : 10,34 (%)



Ing. Civil **Marino Peña Duro**
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS
EXPERIENCIA EN ESTUDIOS DE SUELOS

LOCAL CIUDAD DE HYO: AV. CIRCUNVALCION #430,
LOCAL DE CIUDAD DE LIMA: AV. SAN JUAN #234 SAN JUAN DE MIRAFLORES - 901807796

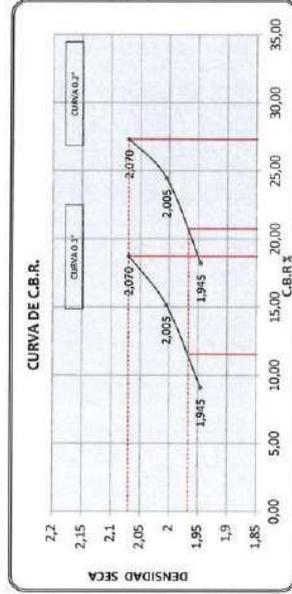
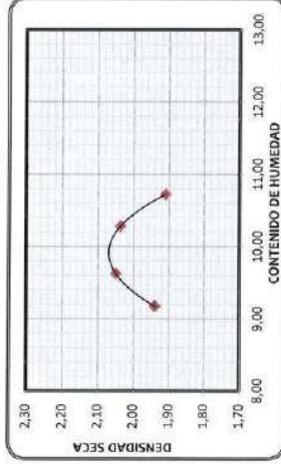
EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCirse SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP/001-1993)



EXPEDIENTE N° : 005
 ESTUDIO : CBR-05-01
 ATENCIÓN : BACH. CCATAMAYO CALDERON BRUNO
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE RESIDUOS CERÁMICOS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS DE LA SUBRASANTE EN SAN JOSÉ DE QUERO"

DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR ASTM D1883

CALICATA	C-01 8% DE RESIDUOS CERÁMICOS
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1,50



Penetración (pulg.)	% M.D.S.	CBR %
0.1	100	18.74
0.1	95	11.54
0.2	100	27.31
0.2	93	20.74

MÁXIMA DENSIDAD SECA : 2,07 (g/cm³)
 CONTENIDO DE HUMEDAD : 9,81 (%)

LABORATORIO CIENTIFICO PARA ESTUDIO DE SUELOS
KAFLER S.A.C
 INGENIERIA EN MECANICA DE SUELOS
WILLY ACUNA GOMEZ
 Ing. Civil Willy Acuna Peña Dpto. de Ingeniería Civil
 ESPECIALIDAD EN INGENIERIA DE SUELOS
 COMITÉ REGISTRO DE INGENIEROS Y ARQUITECTOS

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (LEY PERUANA INDECOPI 69504-1995)

LOCAL: CIUDAD DE HYO: AV. CIRCUNVALCION #430,
 LOCAL DE CIUDAD DE LIMA: AV. SAN JUAN #234 SAN JUAN DE MIRAFLORES - 901807795

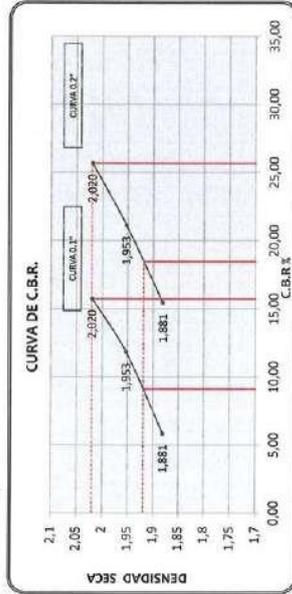
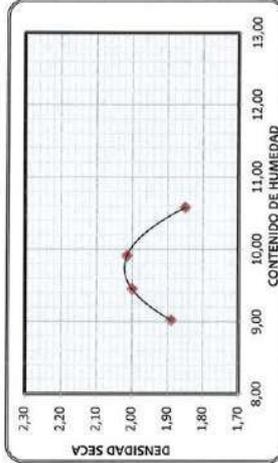
CERTIFICADO N° 00122965

RESOLUCION N°009178- 2021/ INDECOPI

EXPEDIENTE N° : 005
 ESTUDIO : CBR-A5-01
 ATENCION : BACH. CANTAMAYO CALDERON BRUNO
 PROYECTO : "APLICACION DE RESIDUOS CERAMICOS EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS FINOS DE LA SUBBASANTE EN SAN JOSE DE CUERO"

DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR ASTM D1883

CALICATA		CON % DE RESIDUOS CERAMICOS	
MUESTRA	M-1		
PROF. (m)	1,50		



Penetración (pulg.)	% M.D.S.	CBR %
0,1	100	15,74
0,1	95	9,12
0,2	100	25,67
0,2	95	18,47

MAXIMA DENSIDAD SECA : 2,02 (gr/cm³)
 CONTENIDO DE HUMEDAD : 9,74 (%)



Ing. Civil M. Pedro Peña Dueñas
 ASesor TECNICO CBR
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS
 CONSULTOR GEO/TECNIA Y GEOLOGIA

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)

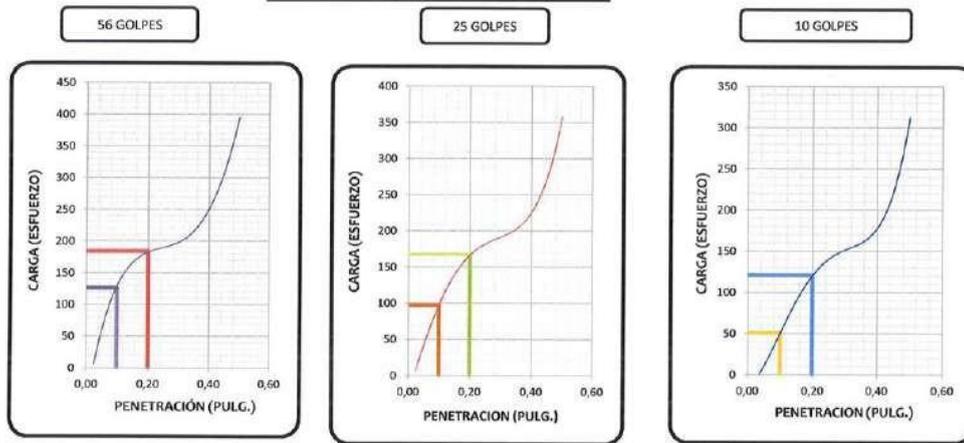
LOCAL: CIUDAD DE HYO: AV. CIRCUNVALCION #430,
 LOCAL DE CIUDAD DE LIMA: AV. SAN JUAN #234 SAN JUAN DE MIRAFLORES - 901807796

RUC: 204871349

EXPEDIENTE N° : 005
 ESTUDIO : CBR-05-01
 ATENCIÓN : BACH. CCATAMAYO CALDERON BRUNO
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE RESIDUOS CERÁMICOS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS DE LA SUBRASANTE EN SAN JOSÉ DE QUERO"

DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR ASTM D1883

CALICATA	C-01 0% DE MP CERAMICOS
MUESTRA	M - 1
PROF. (m)	1,50



Especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm ³)	Expansión %
1	56	9,1	1,621	0,45
2	25	6,6	1,564	0,75
3	10	1,6	1,498	1,01

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI- GP-004: 1993)

KLAFLER S.A.C.
 UNIDAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA DE SUELOS
 Ing. Civil **Mauro Peña Durand**
 ASesor TÉCNICO CIP 12345 REG. CONSULTOR C 0631
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLÓGIA

KLAFLER S.A.C.
 UNIDAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA DE SUELOS
YIMMY TACUÑA GÓMEZ
 TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS

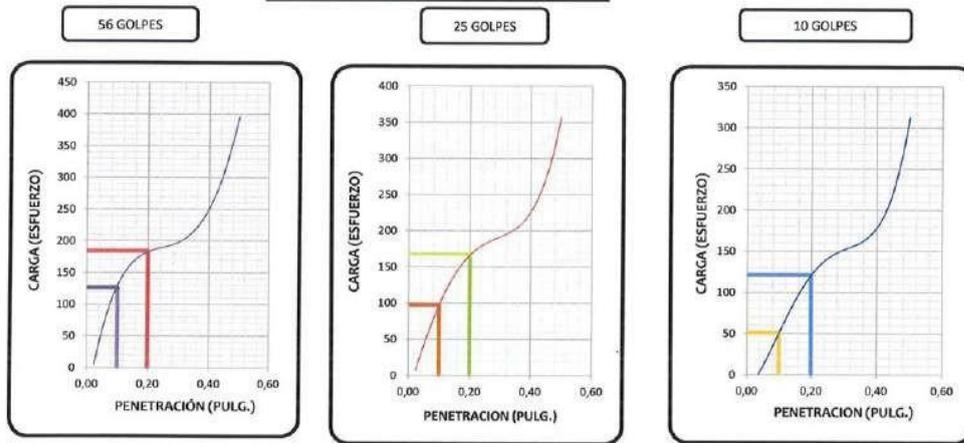
LOCAL CIUDAD DE HYO: AV. CIRCUNVALCION #430,
 LOCAL DE CIUDAD DE LIMA: AV. SAN JUAN #234 SAN JUAN DE MIRAFLORES - 901807796

RUC: 204871349

EXPEDIENTE N° : 005
 ESTUDIO : CBR-05-01
 ATENCIÓN : BACH. CCATAMAYO CALDERON BRUNO
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE RESIDUOS CERÁMICOS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS DE LA SUBRASANTE EN SAN JOSÉ DE QUERO"

DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR ASTM D1883

CALICATA	C-01 4% DE RESIDUOS CERAMICOS
MUESTRA	M - 1
PROF. (m)	1,50



Especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm3)	Expansión %
1	56	12,6	1,700	0,42
2	25	9,7	1,645	0,66
3	10	5,1	1,583	0,98

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

KLAFLER S.A.C.
 UNIDAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA DE SUELOS
 Ing. Civil Mario Peña Dueñas
 ASesor TÉCNICO PARA SER CONSULTOR O ASesor ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y GEOTECNIA Y GEOLOGÍA

KLAFLER S.A.C.
 UNIDAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA DE SUELOS
 YIMMY TACUNA GOMEZ
 TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS

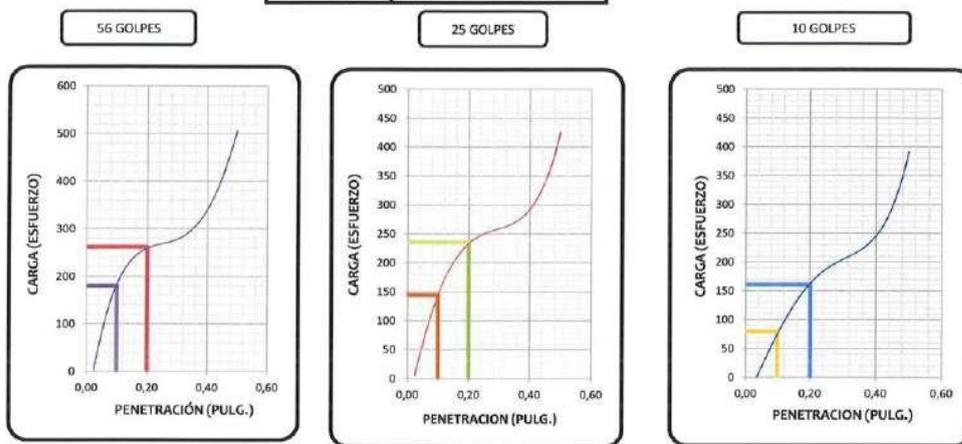
LOCAL CIUDAD DE HYO: AV. CIRCUNVALCION #430,
 LOCAL DE CIUDAD DE LIMA: AV. SAN JUAN #234 SAN JUAN DE MIRAFLORES - 901807796

RUC: 204871349

EXPEDIENTE N° : 005
 ESTUDIO : CBR-05-01
 ATENCIÓN : BACH. CCATAMAYO CALDERON BRUNO
 PROYECTO : *APLICACIÓN DE RESIDUOS CERÁMICOS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS DE LA SUBRASANTE EN SAN JOSÉ DE QUERO*

DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR ASTM D1883

CALICATA	C-01 6% DE RESIDUOS CERAMICOS
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1,50



Especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm ³)	Expansión %
1	56	18,0	1,940	0,38
2	25	14,4	1,878	0,53
3	10	7,9	1,825	0,74

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)

KAFLER SAC
 UNIDAD DE INGENIERIA EN MECANICA DE SUELOS
 Ing. Civil *Manuel Peña Dávalos*
 ASesor TÉCNICO CH 19319 RECONOCIDO POR
 ESPECIALIDAD MECÁNICA DE SUELOS
 CONCRETO GEOTECNIA Y GEODINAMICA

KAFLER SAC
 UNIDAD DE INGENIERIA EN MECANICA DE SUELOS
Jimmy Tacuna Gomez
YIMMY TACUNA GOMEZ
 TÉCNICO EN MECANICA DE SUELOS

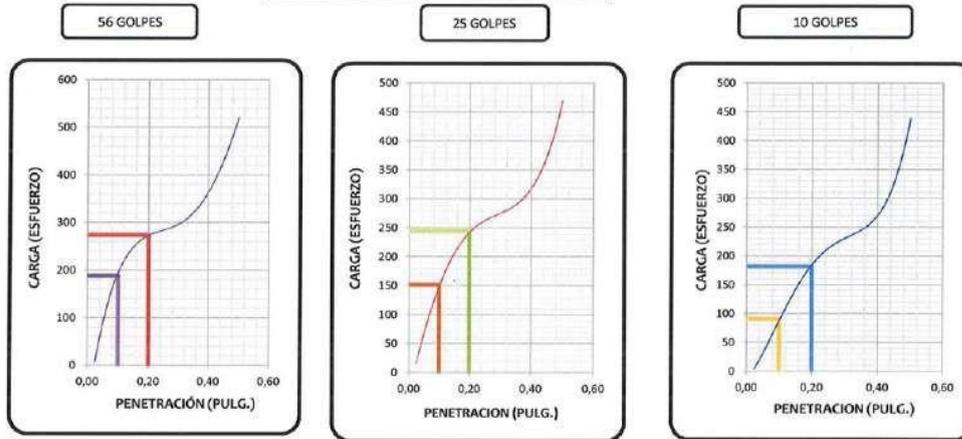
LOCAL CIUDAD DE HYO: AV. CIRCUNVALCION #430,
 LOCAL DE CIUDAD DE LIMA: AV. SAN JUAN #234 SAN JUAN DE MIRAFLORES - 901807796

RUC: 204871349

EXPEDIENTE N° : 005
 ESTUDIO : CBR-05-01
 ATENCIÓN : BACH. CCATAMAYO CALDERON BRUNO
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE RESIDUOS CERÁMICOS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS DE LA SUBRASANTE EN SAN JOSÉ DE QUERO"

DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR ASTM D1883

CALICATA	C-01 8% DE RESIDUOS CERAMICOS
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1,50



Especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm ³)	Expansión %
1	56	18,7	2,070	0,32
2	25	15,1	2,005	0,48
3	10	9,1	1,945	0,66

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

KAFLER S.A.C.
 UNIDAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA DE SUELOS
 Ing. Civil Mariano Peña Durán
 ASESOR TÉCNICO DE TESIS DE GRADUACIÓN
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS
 CONCRETO E INGENIERÍA Y GEOLOGÍA

KAFLER S.A.C.
 UNIDAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA DE SUELOS
 YIMMY TACUNA GOMEZ
 TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS

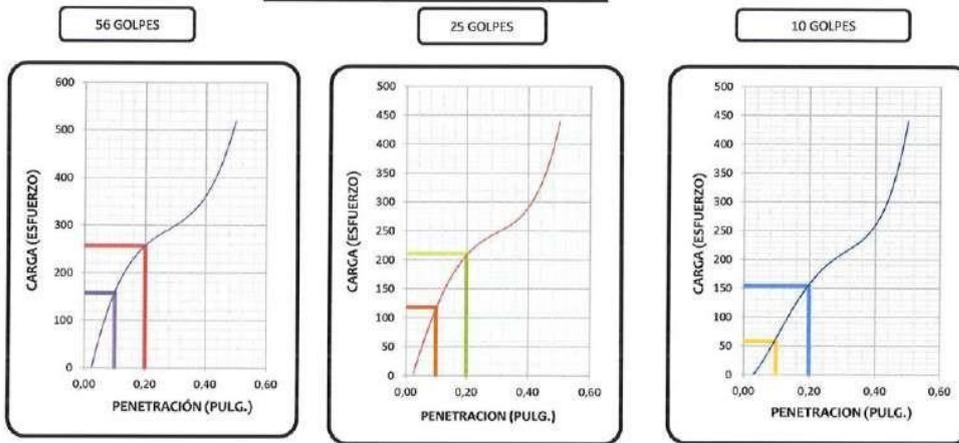
LOCAL. CIUDAD DE HYO: AV. CIRCUNVALCION #430,
 LOCAL DE CIUDAD DE LIMA: AV. SAN JUAN #234 SAN JUAN DE MIRAFLORES - 901807796

RUC: 204871349

EXPEDIENTE N° : 005
 ESTUDIO : CBR-05-01
 ATENCION : BACH. CCATAMAYO CALDERON BRUNO
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE RESIDUOS CERÁMICOS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS DE LA SUBRASANTE EN SAN JOSÉ DE QUERO"

DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR ASTM D1883

CALICATA	C-01 10% DE RESIDUOS CERÁMICOS
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1,50



Especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm ³)	Expansión %
1	56	15,7	2,020	0,31
2	25	11,8	1,953	0,46
3	10	5,8	1,881	0,63

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

KLAFLER S.A.C.
 UNIDAD DE INGENIERIA EN MECANICA DE SUELOS
 Ing. Civil Maximo Peña Dueñas
 ASesor TÉCNICO CBR 19206 REG. CONSULTORIOS S.S.14
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS
 CONGRUO MEC. TECNIA Y GEOLOGIA

KLAFLER S.A.C.
 UNIDAD DE INGENIERIA EN MECANICA DE SUELOS
YIMMY YACUNA GÓMEZ
 TÉCNICO EN MECANICA DE SUELOS

LOCAL CIUDAD DE HYO: AV. CIRCUNVALCION #430,
 LOCAL DE CIUDAD DE LIMA: AV. SAN JUAN #234 SAN JUAN DE MIRAFLORES - 901807796

RUC: 204871349

EXPEDIENTE N° : 005
 ESTUDIO : CBR-05-01
 ATENCIÓN : BACH. CCATAMAYO CALDERON BRUNO
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE RESIDUOS CERÁMICOS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS DE LA SUBRASANTE EN SAN JOSÉ DE QUERO"

PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557

CALICATA	C-01 0% DE MP CERAMICOS
MUESTRA	M - 1
PROF. (m)	1,50

Peso suelo + molde	9757	10088	10027	9695
Peso del molde	6058	6058	6058	6058
Peso suelo humedo compactado	4030	3969	3637	4044
Peso volumetrico humedo	1,78	1,90	1,93	1,84
Contenido de agua	14,12	14,52	15,24	15,81
Peso volumetrico seco	1,48	1,60	1,57	1,43



MÁXIMA DENSIDAD SECA :	1,62 (gr/cm3)
CONTENIDO DE HUMEDAD :	14,75 (%)

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

KAFLE S.A.C.
 UNIDAD DE INGENIERIA
 EN MECANICA DE SUELOS
 Ing. Civil M. Peña Durán
 ASesor TÉCNICO ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS
 COTIZADO

KAFLE S.A.C.
 UNIDAD DE INGENIERIA
 EN MECANICA DE SUELOS
JIMMY YACUNA GOMEZ
 TÉCNICO EN MECANICA DE SUELOS

LOCAL. CIUDAD DE HYO: AV. CIRCUNVALCION #430,
 LOCAL DE CIUDAD DE LIMA: AV. SAN JUAN #234 SAN JUAN DE MIRAFLORES - 901807796

RUC: 204871349

EXPEDIENTE N° : 005
 ESTUDIO : CBR-05-01
 ATENCIÓN : BACH. CCATAMAYO CALDERON BRUNO
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE RESIDUOS CERÁMICOS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS DE LA SUBRASANTE EN SAN JOSÉ DE QUERO"

PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557

CALICATA	C-01 4% DE RESIDUOS CERAMICOS
MUESTRA	M - 1
PROF. (m)	1,50

Peso suelo + molde	9969	10240	10288	10102
Peso del molde	6058	6058	6058	6058
Peso suelo humedo compactado	3911	4182	4230	4044
Peso volumetrico humedo	1,78	1,90	1,93	1,84
Contenido de agua	12,72	13,35	13,96	14,37
Peso volumetrico seco	1,58	1,68	1,69	1,61



MÁXIMA DENSIDAD SECA : 1,70 (gr/cm3)
 CONTENIDO DE HUMEDAD : 13,71 (%)

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)

KAFLER SAC.
 UNIDAD DE INGENIERIA EN MECANICA DE SUELOS
 Ing. Civil **Diego Peña** Director
 ASesor TECNICO EN SUELOS, CONSULTA O ASesor ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

KAFLER SAC.
 UNIDAD DE INGENIERIA EN MECANICA DE SUELOS
YIMMY TACUÑA GÓMEZ
 TÉCNICO EN MECANICA DE SUELOS

LOCAL CIUDAD DE HYO: AV. CIRCUNVALCION #430,

LOCAL DE CIUDAD DE LIMA: AV. SAN JUAN #234 SAN JUAN DE MIRAFLORES - 901807796

RUC: 204871349

CERTIFICADO N° 00122965

KAFLER S.A.C

RESOLUCION N°009178- 2021/ INDECOPI

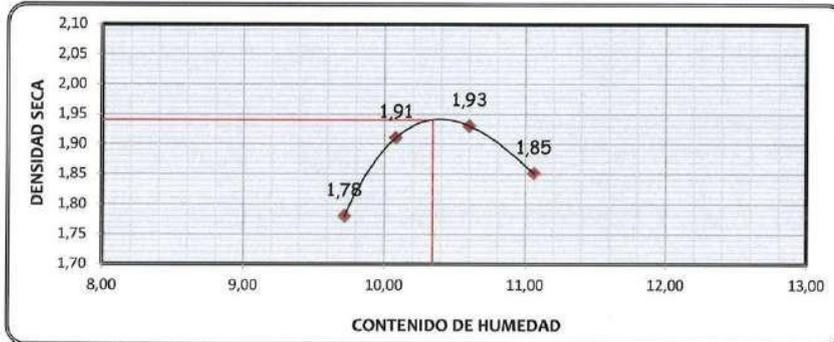
LABORATORIO CIENTIFICO PARA ESTUDIO DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 005
 ESTUDIO : CBR-05-01
 ATENCIÓN : BACH. CCATAMAYO CALDERON BRUNO
 PROYECTO : "APLICACION DE RESIDUOS CERÁMICOS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS DE LA SUBRASANTE EN SAN JOSÉ DE QUERO"

PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557

CALICATA	C-01 6% DE RESIDUOS CERAMICOS
MUESTRA	M - 1
PROF. (m)	1,50

Peso suelo + molde	10347	10677	10747	10574
Peso del molde	6058	6058	6058	6058
Peso suelo humedo compactado	4289	4619	4689	4516
Peso volumetrico humedo	1,95	2,10	2,14	2,06
Contenido de agua	9,72	10,08	10,60	11,06
Peso volumetrico seco	1,78	1,91	1,93	1,85



MÁXIMA DENSIDAD SECA : 1,94 (gr/cm³)
 CONTENIDO DE HUMEDAD : 10,34 (%)

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)

KLAFLER S.A.C.
 UNIDAD DE INGENIERIA EN MECANICA DE SUELOS
 Ing. Civil Mariano Peña Durán
 ABES EN TECNICO DE SUELOS PARA CONSULTAS Y OTRAS ESPECIALISTAS EN MECANICA DE SUELOS
 CUADRETO DE TECNICOS Y GEOLOGOS

KLAFLER S.A.C.
 UNIDAD DE INGENIERIA EN MECANICA DE SUELOS
YIMMY TACUNA GOMEZ
 TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

LOCAL CIUDAD DE HYO: AV. CIRCUNVALCION #430,
 LOCAL DE CIUDAD DE LIMA: AV. SAN JUAN #234 SAN JUAN DE MIRAFLORES - 901807796

RUC: 204871349

CERTIFICADO N° 00122965

KAFLER S.A.C

RESOLUCION N°009178- 2021/ INDECOPI

LABORATORIO CIENTIFICO PARA ESTUDIO DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 005
 ESTUDIO : CBR-05-01
 ATENCIÓN : BACH. CCATAMAYO CALDERON BRUNO
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE RESIDUOS CERÁMICOS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS DE LA SUBRASANTE EN SAN JOSÉ DE QUERO"

PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557

CALICATA	C-01 8% DE RESIDUOS CERAMICOS
MUESTRA	M - 1
PROF. (m)	1,50

Peso suelo + molde	10709	10993	10992	10702
Peso del molde	6058	6058	6058	6058
Peso suelo humedo compactado	4651	4935	4934	4644
Peso volumetrico humedo	2,12	2,25	2,25	2,11
Contenido de agua	9,17	9,62	10,28	10,72
Peso volumetrico seco	1,94	2,05	2,04	1,91



MÁXIMA DENSIDAD SECA : 2,07 (gr/cm3)
 CONTENIDO DE HUMEDAD : 9,88 (%)

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)

KAFLER S.A.C.
 UNIDAD DE INGENIERIA EN MECANICA DE SUELOS
 Ing. Civil *Marino Peña Dueñas*
 ASesor TECNICO CIP. 1836 REG. CONSULTOR C 2613
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS
 CONCRETO Y GEOTECNIA Y GEOLÓGIA

KAFLER S.A.C.
 UNIDAD DE INGENIERIA EN MECANICA DE SUELOS
YIMMY TACUNA GOMEZ
 TÉCNICO EN MECANICA DE SUELOS

LOCAL. CIUDAD DE HYO: AV. CIRCUNVALCION #430,
 LOCAL DE CIUDAD DE LIMA: AV. SAN JUAN #234 SAN JUAN DE MIRAFLORES - 901807796

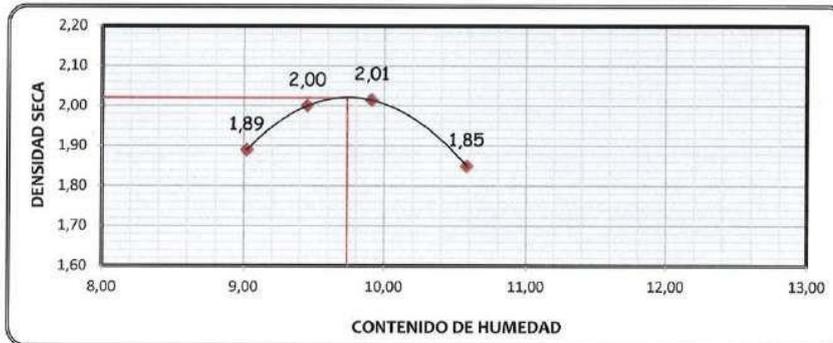
RUC: 204871349

EXPEDIENTE N° : 005
 ESTUDIO : CBR-05-01
 ATENCIÓN : BACH. CCATAMAYO CALDERON BRUNO
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE RESIDUOS CERÁMICOS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS DE LA SUBRASANTE EN SAN JOSÉ DE QUERO"

PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557

CALICATA	C-01 10% DE RESIDUOS CERAMICOS
MUESTRA	M - 1
PROF. (m)	1,50

Peso suelo + molde	10583	10865	10920	10550
Peso del molde	6058	6058	6058	6058
Peso suelo humedo compactado	4525	4807	4862	4492
Peso volumetrico humedo	2,06	2,19	2,21	2,05
Contenido de agua	9,02	9,45	9,91	10,58
Peso volumetrico seco	1,89	2,00	2,01	1,85



MÁXIMA DENSIDAD SECA :	2,02 (gr/cm3)
CONTENIDO DE HUMEDAD :	9,74 (%)

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

KAFLER S.A.C.
 UNIDAD DE INGENIERIA EN MECANICA DE SUELOS
 Ing. Civil Marino Peña Dueñas
 ASesor TÉCNICO AP. 7918 REG. CONSULTOR C. 8623
 ESPECIALIDAD EN MECANICA DE SUELOS
 DOMICILIO GEO: LIMA Y DECUENCA

KAFER S.A.C.
 UNIDAD DE INGENIERIA EN MECANICA DE SUELOS
YIMMY TACUNA GOMEZ
 TÉCNICO EN MECANICA DE SUELOS

LOCAL. CIUDAD DE HYO: AV. CIRCUNVALCION #430,
 LOCAL DE CIUDAD DE LIMA: AV. SAN JUAN #234 SAN JUAN DE MIRAFLORES - 901807796

RUC: 204871349

Anexo 04: Certificados de calibración



Metrología

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACION

CFM-092-2020

Método de calibración:

FUERZA INDICADA CONSTANTE

Pág. 2 de 3

DATOS DE CALIBRACIÓN

ESCALA: 005 en Resolución: 0,05 kN Dirección de la carga
 5 000 kgf 0,005 kgf Factor de conversión Accesorios: 0,0058 kN/kgf

Indicación de la máquina (F)			Indicaciones del patrón (series de mediciones)				Accesorios
%	kN	kgf	0°	120°	No aplica	140°	
20	4,90	500	4,92	4,92	No aplica	4,91	kN
20	9,81	1000	9,77	9,75	No aplica	9,77	No aplica
30	14,71	1500	14,66	14,63	No aplica	14,65	No aplica
40	19,61	2000	19,55	19,56	No aplica	19,56	No aplica
50	24,52	2500	24,47	24,46	No aplica	24,46	No aplica
60	29,42	3000	29,36	29,36	No aplica	29,37	No aplica
70	34,32	3500	34,27	34,27	No aplica	34,28	No aplica
80	39,23	4000	39,25	39,24	No aplica	39,24	No aplica
90	44,13	4500	44,14	44,15	No aplica	44,15	No aplica
Indicación después de carga			0,00	0,00	0,00	0,00	No aplica

ESCALA: 051,01 kN Incertidumbre del patrón: 0,097 %

Indicación de la máquina (F)	Cálculo de errores relativos				Resolución	
	Exactitud	Repetibilidad	Reproducibilidad	Acres (%)		
20	4,5	500	0,35	0,20	No aplica	0,89
20	9,81	1000	0,45	0,20	No aplica	0,65
30	14,71	1500	0,44	0,20	No aplica	0,34
40	19,61	2000	0,29	0,09	No aplica	0,27
50	24,52	2500	0,38	0,04	No aplica	0,22
60	29,42	3000	0,21	0,03	No aplica	0,19
70	34,32	3500	0,11	0,03	No aplica	0,13
80	39,23	4000	0,04	0,02	No aplica	0,13
90	44,13	4500	0,04	0,02	No aplica	0,2
Error de cero fo (%)		0,000	0,000	0,000	No aplica	Err max(0)-0,000

FIRMAS AUTORIZADAS



[Handwritten Signature]
 José Chirica C



LABORATORIO DE METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACION

CFM-92-2020

Pág. 1 de 5

OBJETO DE PRUEBA

MÁQUINA DE ENSAYOS MARSHALL - CBR

Rangos
 Dirección de carga
FABRICANTE
 Modelo
 Serie
 Celda de carga
 Ubicación
 Código identificación
 Norma utilizada
 Intervalo calibrado
 Temperatura de prueba °C
 Inspección general

5 000 Kgf
 Ascendente
PINZUAR
PS-25
NO INDICA
NO INDICA
 Lab. Fuerza de Mtrotest E.I.R.L.
CM-245 (*)
ASTM E4 // ISO 7500-1
 Escala (s) 5000 kgf
 De 500 a 4500 kgf 10% A 100%
 Inicial 25.6 Final 25.6
 La prensa se encuentra en buen estado de funcionamiento

Solicitante
 Dirección
 Ciudad

KLAIFER
CALLE REAL 445 CHILCA
HUANCAYO

PATRON(ES) UTILIZADOS(S)

Tipo / Modelo **PS-25M**
 No. Serie **106 - 7557**
 Certif. de calibr. **INF-LE 54-04B** **PUCP**

Unidades de medida

Sistema Internacional de Unidades (SI)

FECHA DE CALIBRACION
FECHA DE EMISION

24/02/2020
24/02/2020

FIRMAS AUTORIZADAS



Jesus Quinto C.



LABORATORIO DE METROLOGÍA

Certificado de Calibración Calibration Certificate

LM -099-2020
Laboratorio de Masa

Página 3 of 3

Página 3

ENSAYO DE PESAJE Temperatura

CARGA L(g)	Inicial 16,7 °C				Final 16,8 °C			
	(g)	AL(g)	E(g)	Ec(g)	(g)	AL(g)	E(g)	EC(g)
5.0	1.0	0.08	-0.03		5.0	0.01	0.04	0.07
10.0	5.0	0.08	-0.03	0.00	10.0	0.01	0.04	0.07
20	10.0	0.08	-0.03	0.00	20.0	0.01	0.04	0.07
30	20.0	0.08	-0.03	0.00	30.0	0.01	0.04	0.07
50	30.0	0.08	-0.03	0.00	50.0	0.01	0.04	0.07
80	50.0	0.08	-0.03	0.00	80.0	0.01	0.04	0.07
100	80.0	0.08	-0.03	0.00	99.9	0.01	-0.06	-0.03
150	100.0	0.08	-0.03	0.00	149.9	0.01	-0.06	-0.03
200	149.9	0.08	-0.13	-0.10				

Leyenda:
 L: Carga aplicada a la balanza
 AL: Lectura de la balanza
 AL: Carga adicional
 E: Error encontrado
 Ec: Error en cero
 Ec: Error corregido

Incertidumbre de medición $U = 2 \times \sqrt{0.0021108 + 3.98E-10 R^2}$
 Lectura corregida $K = 1000$

Evaluación de los resultados Evaluation of results

Ensayo de repetibilidad : Error máximo permisible \geq E carga L1, E carga L2
 Ensayo de excentricidad : Error máximo permisible \geq Ec excentricidad
 Ensayo de pesaje : Error máximo permisible \geq Ec pesaje

Observaciones Comments

De la evaluación de los resultados se puede concluir que el equipo se encuentra APTO PARA SU USO.
 Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.



Fin del documento

document order



LABORATORIO DE METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CFM-092-2020

Pág. 3 de 3

CLASIFICACIÓN DE

MÁQUINA DE ENSAYOS MARSHALL - CBR

Errores relativos máximos absolutos hallados

ESCALA	5 000	kgf		
Error de exactitud		0,47 %	Error de cero	0
Error de repetibilidad		0,20 %	Error por accesorio	0%
Error de Reversibilidad		No aplica	Resolución	0,50 En el 20 %

De acuerdo con los datos anteriores y según las prescripciones de la norma técnica colombiana NTC - ISO 7500-1, la máquina de ensayos se clasifica en:

ESCALA 5 000 kgf Ascendente.

TRAZABILIDAD

METROTEST E.I.R.L. asegura el mantenimiento y trazabilidad de sus patrones de trabajo utilizados en las mediciones, los cuales han sido calibrados y certificados por la Pontificia Universidad Católica de Perú y la SNM INDECOPI.

OBSERVACIONES

1. Las cartas de calibración sin las firmas no tienen validez.
2. El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición. "El tiempo entre dos 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." (ISO 7500-1)
3. "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" (ISO 7500-1).
4. Este informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser producido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
5. Los resultados contenidos parcialmente en este informe 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.

(* Código asignado por METROTEST E.I.R.L.

FIRMAS AUTORIZADAS



Jesús Quinto C.
Jesús Quinto C.



LABORATORIO DE METROLOGIA

Certificado de Calibración

Calibration Certificate

LM-0099-2020

Laboratorio de Masa

Página 2 of 3

Página 2 de 3

Método de Calibración

Calibration method

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-015 del SNM - INDECOP. Edición tercera.

Calibration was performed as described in the pc-015 SNM- indecopl. Third edition.

Trazabilidad

Traceability

Se utilizaron patrones calibrados en el SNM-INDECOP, con certificados de calibración: LM-1209-2010

Resultados (results)

INSPECCION VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACION LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACION	NO TIENE
SISTEMA DE TRABA	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Temperatura		Inicial	16,8 °C	Final	16,8 °C	
Medición	Carga E1 =	100	g	Carga E2 =	500	
				L (g)	AL (g)	E (g)
1	100,0	0,07	-0,02	199,9	0,05	-0,10
2	100,0	0,07	-0,02	199,9	0,05	-0,10
3	100,0	0,07	-0,02	199,9	0,05	-0,10
4	100,0	0,07	-0,02	199,9	0,05	-0,10
5	100,0	0,07	-0,02	199,9	0,05	-0,10
6	100,0	0,07	-0,02	199,9	0,05	-0,10
7	100,0	0,07	-0,02	199,9	0,05	-0,10
8	100,0	0,07	-0,02	199,9	0,05	-0,10
9	100,0	0,07	-0,02	199,9	0,05	-0,10
10	100,0	0,07	-0,02	199,9	0,05	-0,10

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Temperatura		Inicial	16,8 °C	Final	16,7 °C						
Posición de las Cargas		<table border="1"> <tr> <td>2</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> </tr> </table>				2	5	1	4	3	
2	5										
1	4										
3											
Determinación del Error en Cero E0		Determinación de Error Corregido Ee									
Posición De la Carga	Carga Miligramos	L (g)	AL (g)	E0 (g)	L (g)	AL (g)	E (g)	Ee (g)			
2	1,0	1,0	0,07	-0,02	60,0	0,06	-0,01	0,01			
3	1,0	1,0	0,07	-0,02	60,0	0,05	-0,01	0,01			
4	1,0	1,0	0,07	-0,02	60,0	0,06	-0,01	0,01			
5	1,0	1,0	0,07	-0,02	60,0	0,06	-0,01	0,01			





LABORATORIO DE METROLOGIA

Certificado de Calibración Calibration Certificate

LM-098-2020
Laboratorio de Masa

Página 1 de 2

Página 1 de 2

Solicitante	KLAFER SAC.
Customer	HUANCAYO
Objeto - Fabricante Objeto- Manufacturer	ESTUFA
Tipo Modelo Type Model	PS - H1
Temperatura de Trabajo Temperature Work	110 °C
Ventilación Ventilation	NATURAL
Fecha de calibración Date of calibration	2020- 02- 27
Lugar de Calibración Calibration Site	Lab. Fuerza de Metrotest E.I.R.L
Expediente Order N°	012

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

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento de ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

This Calibration certificate documents the traceability to national or international standards which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The measurement are valid at the time of calibration. The applicant is responsible for arranging a recalibration in due course of time.

This calibration certificate can not be reproduced other than in full except with the permission of the issuing laboratory.

Calibration certificates without signature and seal are not valid.

Fecha
Date

Jefe del Laboratorio de calibración
Head of the calibration laboratory

Sello
Seal

