

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS
DE LOS SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN
DE ESCORIA DE METALES, PERÚ 2021”

Tesis para optar al título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Autor:

Brayan Marcelo Gamarra Marino

Asesor:

Ms. Ing. Roxana Milagros Aguilar Villena
Código ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8043-4607>

Trujillo - Perú

JURADO EVALUADOR

| | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------|
| Jurado 1 Presidente(a) | CINTHYA ALVARADO RUIZ | 71412783 |
| | Nombre y Apellidos | Nº DNI |

| | | |
|----------|----------------------------------|-----------------|
| Jurado 2 | GERMÁN SAGÁSTEGUI VÁSQUEZ | 45373822 |
| | Nombre y Apellidos | Nº DNI |

| | | |
|----------|----------------------------|-----------------|
| Jurado 3 | SONIA RUBIO HERRERA | 42984416 |
| | Nombre y Apellidos | Nº DNI |

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida y la oportunidad
de cumplir todas mis metas.

A mis padres:

Héctor Roberto Gamarra Torres y Esther María Marino
Valle por brindarme su amor, cariño, una educación en
valores y por el sacrificio que han hecho a lo largo de
toda mi formación como persona.

A mis hermanos en especial a Diego Gamarra Marino
por brindarme su apoyo, hacerme crecer y darme
consejos para ser cada día mejor.

A mi abuelita Juana Valle Lozano que desde lo más
alto de este mundo vela por mí e ilumina mi camino

AGRADECIMIENTO

A mis padres y hermanos por su constante preocupación hacia mi persona y también por la motivación a través de lo largo de este duro camino.

Tabla de contenido

| | |
|--|-----------|
| JURADO CALIFICADOR | 2 |
| DEDICATORIA | 3 |
| AGRADECIMIENTO | 4 |
| TABLA DE CONTENIDO | 5 |
| ÍNDICE DE TABLAS | 7 |
| ÍNDICE DE FIGURAS | 9 |
| ÍNDICE DE ECUACIONES | 11 |
| RESUMEN | 12 |
| CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN | 13 |
| 1.1. Realidad problemática | 13 |
| 1.2. Antecedentes | 20 |
| 1.3. Bases teóricas | 25 |
| 1.4. Formulación del Problema | 52 |
| 1.5. Objetivos | 53 |
| 1.6. Hipótesis: | 53 |
| CAPÍTULO II: METODOLOGÍA | 53 |
| 2.1. Tipo de investigación | 53 |
| 2.2. Diseño de Investigación | 54 |
| 2.3. Variables | 54 |
| 2.4. Población (Contenido-Espacio-Tiempo) | 57 |

| | | |
|--|--|------------|
| 2.5. | Muestra | 57 |
| 2.6. | Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 60 |
| 2.7. | Procedimiento | 62 |
| 2.8. | Desarrollo de Tesis | 64 |
| CAPÍTULO III: RESULTADOS | | 113 |
| 3.1. | Ensayos Normalizados: | 113 |
| 3.2. | Ensayos Especiales: | 131 |
| CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES | | 142 |
| 4.1. | DISCUSIÓN | 142 |
| 4.2. | CONCLUSIONES | 152 |
| 5. | REFERENCIAS | 155 |
| 6. | ANEXOS | 164 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| Tabla 1 Tamices clasificados por tamaño ASTM | 28 |
| Tabla 2 Límites del tamaño del grano del suelo | 29 |
| Tabla 3 Características del Índice de Plasticidad | 31 |
| Tabla 4 Subrasantes adecuadas para índice de grupo determinado | 32 |
| Tabla 5 Características del equivalente de Arena | 33 |
| Tabla 6 Tipología de suelos SUCS | 34 |
| Tabla 7 Características de los suelos según SUCS | 35 |
| Tabla 8 Características de los suelos según SUCS | 36 |
| Tabla 9 Clasificación de los suelos según AASHTO | 38 |
| Tabla 10 Correlación AASHTO y SUCS | 39 |
| Tabla 11 Penetración- Carga Unitaria | 43 |
| Tabla 12 Categorías de Sub rasante | 44 |
| Tabla 13 Espesores recomendados para estabilización por sustitución de suelos | 44 |
| Tabla 14 Ensayos con normativa respectiva | 45 |
| Tabla 15 Ensayos especiales con normativa respectiva | 46 |
| Tabla 16 Razones para Estabilización | 47 |
| Tabla 17 Propiedades mecánicas que mejoran con la estabilización de escorias | 48 |
| Tabla 18 Tipo de escorias | 48 |
| Tabla 19 Composición química proceso fusión | 50 |
| Tabla 20 Composición química proceso afino | 51 |
| Tabla 21 Comparación escorias de horno eléctrico | 52 |
| Tabla 22 Diseño | 54 |
| Tabla 23 Matriz de Clasificación de Variables | 54 |
| Tabla 24 Matriz de Operacionalización de variables | 56 |
| Tabla 25 Materiales Granulometría | 58 |
| Tabla 26 Materiales Plasticidad | 58 |
| Tabla 27 Materiales Proctor | 59 |
| Tabla 28 Materiales CBR | 59 |
| Tabla 29 Recopilación Documentaria | 66 |
| Tabla 30 Recopilación documentaria | 67 |
| Tabla 31 Recopilación Documentaria | 69 |
| Tabla 32 Recopilación Documentaria | 71 |
| Tabla 33 Relación porcentual de investigaciones en base a indicadores | 72 |
| Tabla 34 Relación porcentual en base a tema abordado | 74 |
| Tabla 35 Relación porcentual de característica general | 74 |
| Tabla 36 Relación porcentual de tipo de investigación analizada | 75 |
| Tabla 37 Relación porcentual de tipo de estabilización | 76 |
| Tabla 38 Relación porcentual del año de publicación de investigaciones analizadas | 78 |
| Tabla 39 Relación porcentual de zona de estudio | 79 |
| Tabla 40 Desarrollo de Tesis de los documentos analizados- Granulometría | 84 |
| Tabla 41 Desarrollo de Tesis de los documentos analizados- Límites de Atterberg | 90 |
| Tabla 42 Desarrollo de Tesis de los documentos analizados- Clasificación SUCS y AASHTO | 98 |
| Tabla 43 Desarrollo de Tesis de los documentos analizados- Proctor | 103 |
| Tabla 44 Desarrollo de Tesis de los documentos analizados- CBR | 109 |
| Tabla 45 Rangos de variabilidad en gravas, arenas y finos de suelo arcilloso más escoria | 114 |
| Tabla 46 Descripción de finura de suelo al añadir escoria al suelo arcilloso natural | 115 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 47 Clasificación de IP en base a factores descriptivos | 117 |
| Tabla 48 Rangos de porcentaje de variabilidad en Límites de Atterberg de escoria más suelo arcilloso.... | 119 |
| Tabla 49 Clasificación SUCS de escorias | 122 |
| Tabla 50 Clasificación SUCS de los suelos arcillosos analizados | 123 |
| Tabla 51 Escoria natural mediante clasificación AASHTO | 125 |
| Tabla 52 Clasificación AASHTO de los suelos arcillosos analizados | 127 |
| Tabla 53 Rangos de variabilidad de MDS y OCH al ejecutar la dosificación | 131 |
| Tabla 54 Descripción de efectividad en ensayo proctor al ejecutar la dosificación | 132 |
| Tabla 55 Relación porcentual de CBR de escoria mediante rangos | 133 |
| Tabla 56 Relación porcentual de CBR de suelo arcilloso mediante rangos | 135 |
| Tabla 57 Rangos de CBR de suelo arcilloso más escoria | 137 |
| Tabla 58 Evaluación Experto | 164 |
| Tabla 59 Matriz de categorías | 165 |
| Tabla 60 Matriz de Categorías..... | 166 |
| Tabla 61 Matriz de Categorías..... | 167 |
| Tabla 62 Matriz de Consistencia..... | 168 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura 1: Carta de Plasticidad. Fuente: Rodríguez y Silva, 2019..... | 33 |
| Figura 2: Principios de Compactación. Nota: (Braja, M, 2001)..... | 42 |
| Figura 3: Gráficos Estadísticos..... | 61 |
| Figura 4: Gráficos Estadísticos..... | 61 |
| Figura 5: Gráficos Descriptivos..... | 62 |
| Figura 6: Proceso de selección de datos..... | 62 |
| Figura 7: Fuentes de la recopilación de estudios..... | 65 |
| Figura 8: Indicadores de Análisis Documentario..... | 65 |
| Figura 9: Parámetros a evaluar en base a porcentaje del análisis documentario..... | 73 |
| Figura 10: Relación porcentual en base a tema abordado..... | 74 |
| Figura 11: Relación porcentual de característica general..... | 75 |
| Figura 12: Relación porcentual de tipo de documento analizado..... | 76 |
| Figura 13: Relación porcentual de tipo de estabilización..... | 77 |
| Figura 14: Porcentaje de zona de estudio en Mapa Nacional del Perú..... | 80 |
| Figura 15: Relación porcentual de año de publicación de estudios analizados..... | 80 |
| Figura 16: Factores comprendidos en el tema de estudio..... | 81 |
| Figura 17: Proceso del acerista..... | 82 |
| Figura 18: Descripción granulometría..... | 83 |
| Figura 19: Descripción granulometría con escoria..... | 83 |
| Figura 20: Descripción Límites de Consistencia..... | 90 |
| Figura 21: Descripción SUCS..... | 96 |
| Figura 22: Descripción AASHTO..... | 97 |
| Figura 23: Descripción Proctor..... | 103 |
| Figura 24: Descripción California Bearing Ratio..... | 108 |
| Figura 25: Relación porcentual de Distribución Granulométrica de escorias en estado natural..... | 113 |
| Figura 26: Relación porcentual de tipos de escoria empleados en granulometría..... | 114 |
| Figura 27: Porcentaje de variabilidad de distribución granulométrica de suelo arcilloso más escoria..... | 115 |
| Figura 28: Relación generalizada final de gravas, arenas y finos al añadir escoria al suelo arcilloso..... | 116 |
| Figura 29: Relación porcentual de la caracterización de escorias en función a límites de Atterberg..... | 116 |
| Figura 30: Relación de rangos de IP en porcentaje al adicionar escoria al suelo arcilloso..... | 117 |
| Figura 31: Relación de evolución de plasticidad al adicionar escoria al suelo arcilloso..... | 118 |
| Figura 32: Relación de evolución de las características del suelo arcilloso al adicionar escoria..... | 119 |
| Figura 33: Porcentaje de variabilidad de parámetros de límites de Atterberg al adicionar escoria..... | 120 |
| Figura 34: Relación de evolución de finura del suelo al añadir escoria al suelo arcilloso..... | 121 |
| Figura 35: Relación de evolución de finura del suelo al añadir % de escoria >10%..... | 121 |
| Figura 36: Relación porcentual de clasificación SUCS de muestras de escoria analizadas..... | 122 |
| Figura 37: Relación porcentual de generalización de escorias mediante SUCS de todas las muestras analizadas..... | 123 |
| Figura 38: Relación porcentual de clasificación SUCS de muestras de suelo arcilloso natural analizadas.. | 124 |
| Figura 39: Relación porcentual de generalización de suelo arcilloso mediante SUCS..... | 125 |
| Figura 40: Relación porcentual mediante AASHTO de escoria natural..... | 126 |
| Figura 41: Relación porcentual de generalización, de escoria mediante AASHTO de todas las muestras analizadas..... | 126 |
| Figura 42: Relación porcentual mediante AASHTO de las muestras de suelo arcilloso analizadas..... | 128 |
| Figura 43: Relación porcentual de generalización de suelo arcilloso mediante AASHTO de las muestras analizadas..... | 128 |
| Figura 44: Evolución de suelo fino mediante SUCS al adicionar escoria al suelo arcilloso..... | 129 |
| Figura 45: Evolución de suelo fino mediante SUCS al adicionar escoria $\geq 10\%$ | 130 |
| Figura 46: Evolución de suelo fino mediante AASHTO al adicionar escoria al suelo arcilloso..... | 130 |
| Figura 47: Evolución del terreno de fundación del suelo fino mediante AASHTO al adicionar escoria al suelo arcilloso..... | 131 |

| | |
|--|-----|
| Figura 48: Relación porcentual de variabilidad de MDS y OCH al adicionar escoria al suelo fino | 132 |
| Figura 49: Relación porcentual de efectividad de parámetros Proctor al adicionar escoria al suelo fino | 133 |
| Figura 50: Relación porcentual de rangos en valores de CBR de escoria | 134 |
| Figura 51: Relación porcentual de rangos en categoría de subrasante en base al CBR de escoria | 135 |
| Figura 52: Relación porcentual de rangos en categorías de subrasante en base a CBR 95% MDS (0.1") del suelo arcilloso natural..... | 136 |
| Figura 53: Relación porcentual de rangos en valores de CBR al 95% MDS (0.1") del suelo arcilloso | 136 |
| Figura 54: Relación porcentual de variación en rangos de CBR al adicionar escoria al suelo arcilloso | 138 |
| Figura 55: Relación porcentual total por rangos de valores de CBR de suelo arcilloso más adición de escoria | 138 |
| Figura 56: Relación porcentual total por categoría de subrasante en valores de CBR de suelo arcilloso más adición de escoria..... | 139 |
| Figura 57: Análisis de dispersión de suelo arcilloso más escoria partiendo de una subrasante Inadecuada . | 139 |
| Figura 58: Análisis de regresión de suelo arcilloso más escoria partiendo de una subrasante Insuficiente.. | 140 |
| Figura 59: Ficha de recolección de datos N°01 | 170 |
| Figura 60: Ficha de recolección de datos N°02 | 171 |
| Figura 61: Ficha de recolección de datos N°03 | 172 |
| Figura 62: Ficha de recolección de datos N°04 | 173 |
| Figura 63: Ficha de recolección de datos N°05 | 174 |
| Figura 64: Ficha de recolección de datos N°06 | 175 |
| Figura 65: Ficha de recolección de datos N°07 | 176 |
| Figura 66: Ficha de recolección de datos N°08 | 177 |
| Figura 67: Ficha de recolección de datos N°09 | 178 |
| Figura 68: Ficha de recolección de datos N°10 | 179 |
| Figura 69: Ficha de recolección de datos N°11 | 180 |
| Figura 70: Ficha de recolección de datos N°12 | 181 |
| Figura 71: Ficha de recolección de datos N°13 | 182 |
| Figura 72: Ficha de recolección de datos N°14 | 183 |
| Figura 73: Ficha de recolección de datos N°15 | 184 |
| Figura 74: Ficha de recolección de datos N°16 | 185 |
| Figura 75: Ficha de recolección de datos N°17 | 186 |
| Figura 76: Ficha de recolección de datos N°18 | 187 |
| Figura 77: Ficha de recolección de datos N°19 | 188 |
| Figura 78: Ficha de recolección de datos N°20 | 189 |
| Figura 79: Ficha de recolección de datos N°21 | 190 |
| Figura 80: Ficha de recolección de datos N°22 | 191 |
| Figura 81: Ficha de recolección de datos N°23 | 192 |
| Figura 82: Ficha de recolección de datos N°24 | 193 |
| Figura 83: Ficha de recolección de datos N°25 | 194 |
| Figura 84: Ficha de recolección de datos (leyenda) de las muestras de escoria natural..... | 195 |

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | |
|---|-----|
| Ecuación 1:Índice de Grupo (IG). Fuente: MTC..... | 31 |
| Ecuación 2: CBR (cargas unitarias)..... | 43 |
| Ecuación 3: Análisis de Dispersión evolutiva de subrasante inadecuada a buena (correlación 94.63%) | 140 |
| Ecuación 4:Análisis de Dispersión evolutiva de subrasante insuficiente a excelente (correlación 95.64%) . | 141 |

RESUMEN

La presente investigación está basada en resultados de estudios del comportamiento de suelos arcillosos con adición de escoria de metales en Perú, para realizar todo ello se empleó un tipo de diseño de investigación No Experimental, Descriptivo–Transversal, el muestreo fue No Probabilístico por conveniencia, la recolección de datos se realizó con la técnica de análisis documental, el instrumento fue ficha de recolección de datos, donde se recopiló todos los estudios de las propiedades de los suelos arcillosos con adición de escoria de metales, para analizar los datos se utilizó la Estadística Descriptiva, la problemática es que hoy en día a nivel local, para la elaboración de carreteras o afirmados, se emplean productos que no mejoran convenientemente las propiedades del suelo y dañan las canteras y reservas en exceso, lo que origina alta contaminación y gasto económico. Mediante análisis de regresión y ecuaciones de recta se obtiene valores relativo-prácticos de adición de escoria, donde el 33.65% de adición de escoria con relación al peso seco de suelo arcilloso, es necesario para evolucionar subrasantes inadecuadas a buenas, siendo factores y/o descripciones óptimas para ser consideradas y empleadas en diversos diseños de obras viales.

PALABRAS CLAVES: Suelo arcilloso, escoria de metales, propiedades mecánicas.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

A lo largo de toda la historia de la humanidad, el hombre siempre ha sido el esencial protagonista en el ámbito constructivo, creció en conocimientos y sostuvo que la base principal para toda edificación, es el suelo. Echezuría (2019) manifiesta que: “El suelo ha sido considerado un material de construcción desde tiempos ancestrales. La construcción con este material, además de ser sencilla y económica, presenta otras ventajas que la hacen atractiva para lograr viviendas ambientalmente sustentables” (p.7). Gracias a ello es que nació la geotecnia rama que ha ido evolucionando a través del tiempo y hoy por hoy se encuentra en constante desarrollo.

La geotecnia en el mundo es importante porque investiga los materiales que componen la corteza terrestre del medio geológico que se utilizarán en los variados procesos constructivos, además permite encontrar las características y propiedades que presenta cualquier tipo de suelo en particular, para el óptimo diseño y ejecución de obras de ingeniería civil tales como puentes, presas, autopistas, oleoductos, acueductos, etc. Es por ello que se debe tener conocimientos adecuados acerca de las propiedades mecánicas del suelo donde se elaborará la construcción de las diversas edificaciones, ya que representa un medio altamente preventivo ante movimientos sísmicos o cualquier tipo de desastre natural que afecta la vida de los seres humanos.

En Uruguay, Behak y Pérez (2008), comentan que se mejoran las propiedades mecánicas del suelo por medio de estabilización de cal y residuos de CCA (ceniza de cascarilla de arroz), este último se obtiene de las empresas agrícolas, ganaderas etc., dichas industrias representan un elevado índice económico en el país, es por ello que se busca principalmente que se aumente las propiedades mecánicas del suelo, mediante residuos reutilizables, ya que en los últimos años se busca reducir contaminación ambiental y mediante diferentes análisis de influencia de diferentes mezclas de CCA y cal con el suelo en la composición mineralógica mediante difracto gramas de rayos-x, parámetros óptimos de compactación, CBR, etc., es que se obtiene mejoras en las propiedades mecánicas del suelo, para su empleo en pavimentos con bajo volumen de tránsito, dándole así un mejor tratamiento y disposición final al suelo.

Ortega (2011), en España argumenta que altera favorablemente las propiedades mecánicas del suelo, mediante el aprovechamiento integral de escorias blancas de horno cuchara y las escorias negras que se obtienen mediante la fabricación de acero, estabilizándolas en suelos arcillosos de mala calidad. La redistribución de partículas que se originan en la mezcla del suelo con escorias mediante ensayos de compactación, afecta en el rozamiento interno de las mismas, generando nuevos y óptimos parámetros en las propiedades mecánicas del suelo y reduciendo aspectos económicos y contaminación ambiental.

En Colombia, Cotes (2015), comenta que en dicho país últimamente se tiene tendencia a mejorar las propiedades mecánicas del suelo, mediante materias primas que se encuentren en la localidad, y que sirvan como reutilizables para su uso en proyectos de pavimentación, cumpliendo la función de estabilizadores, ya que es un aspecto que ha venido tomando auge

en la última década debido a la contaminación ambiental. La ceniza del cuesco de la palma africana (CCPA), es materia prima que yace en Colombia, esta nación ocupa el quinto lugar en el mundo y el primero en Latinoamérica en la producción de aceite crudo de palma africana, la disposición final de sus residuos se emplea para la caracterización mecánica de los suelos de baja calidad en términos a la resistencia a la compresión inconfina y el aumento en velocidades de ondas, mejorando notoriamente las propiedades mecánicas de los suelos, generando reducción económica y ambiental ya que la excesiva disposición de residuos afecta la sostenibilidad del ecosistema y con ello la vida de los seres humanos.

El Perú no se queda atrás en los innovadores métodos para mejorar las propiedades mecánicas del suelo, al ser un país con alta biodiversidad, vocación minera, agrícola y ganadera, tiene tendencia a emplear residuos o subproductos naturales. Cusquisibán (2014) comenta que, al emplear un material reciclado como el caucho granular como estabilizante en suelos arcillosos es que se logra mejorar las capacidades de resistencia, CBR hasta en un 41% dependiendo de la dosificación de caucho granular, convirtiendo las propiedades mecánicas del suelo aptas para ser recomendable como material de sub rasante o base para pavimentos en carreteras de cualquier volumen de tránsito.

En nuestra región es evidente que se conoce del tema, en la investigación de estudio que elabora Rodríguez y Silva (2019), comentan que emplean cemento Portland tipo I más adición de cal hidratada para estabilizar los suelos naturales, mejorando las propiedades mecánicas del suelo, para que con ello sea óptimo su uso como sub base granular de las vías afirmadas, teniendo también como beneficio principal alternativas económicas ya que su centro poblacional de estudio es una zona que presenta bajos índices de pobreza.

De todo lo mencionado anteriormente, para que todo ello presente resultados altamente favorables, las propiedades mecánicas del suelo deben cumplir muchos estándares que están normatizados en el MTC, con mayor detalle en la sección suelos, que abarca el tema de geología, pavimentos, geotecnia, del Manual de Carreteras.

Behak y Perez (2008), encontraron que:

Se observó un importante aumento del CBR de la mezcla de suelo con 20% de CCA y 10% de cal, con 28 días de cura, respecto al del suelo natural. El valor de CBR obtenido para la mezcla fue de 25%, lo que permite afirmar que el material así producido podría ser empleado como capa de subbase de pavimentos.

Ortega (2011) encontró que:

La escoria blanca o básica de horno-cuchara LFS y la escoria negra o ácida de horno eléctrico de arco EAFS procedentes de la fabricación de aceros al carbono y de baja aleación son unos materiales que puede ser utilizado de modo eficiente y sistemático como adiciones en construcción y obra civil.

Cotes (2015) encontró que:

Para las muestras ensayadas se encontró que la tendencia de los resultados de resistencia a la compresión inconfiada es en forma de gauss, la cual evidencia que después de alcanzar el porcentaje óptimo de 7.5% CCPA, y se adiciona más CCPA la resistencia disminuye, sin embargo para el suelo B, a los 14 días curado la muestra con 10% CCPA, tuvo una mayor resistencia que la de 7.5% CCPA. Pero los ensayos realizados con el ensayo de velocidades de ondas, también se sigue una tendencia parecida, alcanzado un óptimo al 7.5% CCPA

Cusquisibán (2014) encontró que: “Agregando 40% de caucho granular a los suelos arcillosos se logró obtener un CBR con valor máximo igual a 30.40 y un valor mínimo 26.30%”

Con todo lo mencionado anteriormente, se puede dar el punto de vista que es magnífica la línea de tendencia que se tiene mundialmente de emplear desechos y subproductos que salen de los diferentes tipos de industrias y darle un uso de reutilización como estabilizadores para mejorar las propiedades mecánicas de suelos, dándole varios usos infraestructurales como edificaciones u obras viales. Asimismo, resulta ser una herramienta bastante eficiente si se logra equilibrar bien las dosificaciones con el suelo, ya que generará minimización de costos económicos y reducción de contaminación ambiental.

GEO PERÚ es una empresa privada con amplia experiencia, especializada en las áreas de Ingeniería Geotécnica, laboratorio de suelos, concreto y asfalto e inspección y control de calidad. Es por ello que GEO PERÚ ejecuta obras a nivel nacional, como por ejemplo el estudio completo de suelos para fines de edificación y ciertos tramos de pavimentación que

realizó a la fábrica Wenco-Macrópolis en Lurín, donde hace uso de distintos ensayos como densidad in situ, proctor modificado, etc.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), es el órgano del Poder Ejecutivo, responsable del desarrollo de los sistemas de transporte y de la infraestructura de las comunicaciones y las telecomunicaciones del país. Es por ello que el MTC constituye el ente rector y promotor de eficientes sistemas de carreteras y ferrovías, de transporte aéreo, marítimo y fluvial. “REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA: PATAHUASI - YAURI – SICUANI”, obra que tuvo fecha de emisión el 2017, es una de los tantos proyectos que ha dado el visto bueno por esta entidad.

El comportamiento de las propiedades mecánicas del suelo siempre ha sido un problema constante al momento de ejecutar obras civiles, el primer paso al momento de ejecutar un proyecto es el estudio de suelos, estos son importantes porque permitirá saber mediante los diferentes ensayos experimentales a ciencia cierta si las propiedades que presenta el suelo a estudiar es apto para el tipo de obra que se desea ejecutar.

En numerosas ocasiones las obras que se ejecutan son carreteras o autopistas, estas según el proyecto de ejecución respectivo tienden a ubicarse en suelos donde no es óptimo realizar dichas obras civiles como por ejemplo los suelos arcillosos, no obstante dan luz verde a la ejecución de estos proyectos, ya que existen ciertos estabilizadores que le dan un aporte a las propiedades del suelo. Es por ello que las obras como autopistas o carreteras no tienen tanto tiempo de vida útil eso se debe a varios factores.

Uno de ellos es no tener en consideración a los diferentes agentes patógenos que vayan a interactuar directa o indirectamente con el suelo, ya que los suelos tienden a alterar sus

propiedades negativamente al entrar en contacto con agentes patógenos, es por ello que vemos carreteras con desniveles o con grandes orificios. Otro factor es el de emplear estabilizadores baratos que si bien cumplen con el aporte de las propiedades, no presentan un desarrollo constante en las propiedades del suelo generando que su disposición final sea el vertedero, generando así pérdida económica y contaminación ambiental.

Es por ello que se busca esencialmente recopilar información, donde se analice y demuestre cómo las escorias de metales permiten la evolución en el comportamiento de los suelos arcillosos, ya que en las escorias de metales se busca un estabilizador que nazca de los desechos que se arrojan de los procesos siderúrgicos, es decir un estabilizador que sea reutilizable y que aporte considerablemente en las propiedades mecánicas del suelo, ya que los variados metales que hay en el planeta presentan diversas propiedades que afectan positiva directa e indirectamente con los diferentes suelos que existen a tratar y con ello sea apto para su uso en carreteras con fines de pavimentación.

Hoy en día la minería mundialmente ha tenido una evolución considerable, el Perú no es ajeno, ya que las industrias mineras representan un gran porcentaje de la economía del país, sin embargo a pesar de la nuevas normativas sigue existiendo la minería informal, un aspecto negativo que presenta la minería informal es la de arrojar residuos que abiertamente al pensamiento de las personas, estas manifiestan que ya no servirían para nada, dañando las reservas naturales del país. Si no piensa en cómo dar un buen uso a estos desechos, la contaminación ambiental en el país seguirá creciendo del mismo modo en que crezca la minería informal, es por ello que se busca dar un uso a la escoria como un estabilizador que

reduzca contaminación ambiental y sea una alternativa económica para brindar una solución sostenible y de calidad al país.

1.2. Antecedentes

Ccoillo (2017) Demostrar la influencia de suelos con adición de escoria de altos hornos en el comportamiento de la subrasante en pavimentos flexibles. La metodología científica de la investigación fue de tipo aplicada, nivel correlacional, y diseño Cuasi Experimental – con post test y grupos intactos. La población corresponde una longitud total de 4.63 km que representa las vías principales de la universidad agraria la molina a nivel de subrasante y La muestra estuvo conformada por el Pasaje CIPD – FIA-UNALM teniendo una longitud de 0.58 km. El instrumento utilizado fue la Ficha Técnica. Se llegó a la conclusión que para cada porcentaje propuesto de escoria de 10%, 20%, 30% y 40% en el suelo, se comprueba el aumento de la Máxima Densidad y disminuye el Óptimo Contenido de Humedad del Proctor Modificado. De tal forma se concluye que hay un incremento del índice CBR de 48.43% en 1” al 95% de la máxima densidad seca, así mismo se comprobó la disminución del porcentaje de expansión a 54.69% al adicionar 30% de escoria de arco eléctrico (pág. 82).

Esta investigación nos permite tener una idea general de emplear un nuevo producto y asimismo estudiar la posibilidad de que las escorias funcionen como estabilizador de suelos. De igual manera, en el Perú se está teniendo tendencia a estabilizar suelos con la materia prima mencionada, ya que la variable independiente hizo que aumente considerablemente las propiedades mecánicas del suelo para su uso

en pavimentación, generando un aporte importante en la innovación de nuevos materiales de construcción.

Tirado (2019) Estabilizar diferentes tipos de suelo de distintas propiedades mediante la adición de escoria de siderurgia. Se realizaron los ensayos necesarios para establecer tipo, propiedad y características de cada suelo. Se realizó un análisis granulométrico y ensayo para la determinación de los límites de Atterberg para identificar el tipo de suelo según las tablas establecidas por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Se ejecutó el ensayo Proctor Modificado tipo D para determinar la capacidad de soporte del suelo CBR (Relación de Soporte California) el cual da resultados de cada muestra ensayada como la densidad seca máxima y la humedad óptima para con ellos proceder a realizar el ensayo CBR. Estos ensayos se realizaron con la combinación suelo más tres porcentajes 8, 10 y 35 por ciento de escoria de siderurgia. Se evaluó las propiedades y características de las muestras como su contenido de humedad, plasticidad y capacidad de soporte, las mismas que fueron analizadas de manera estadística con diferentes combinaciones, dando como resultado una alternativa idónea en la cual la escoria de siderurgia pueda ser utilizada para mejorar las propiedades del suelo y su uso como sub rasante (pág. 97).

Este estudio de investigación nos permitirá tener una idea general que la variable independiente como la escoria tiene una perfecta relación con la unidad de estudio, esto se ve reflejado en el aumento en las propiedades mecánicas de los suelos, invitando a futuras investigaciones a emplear la escoria como una alternativa

de solución para suelos no óptimos en la construcción de pavimentos, y con el beneficio de tener una alternativa económica para la sociedad.

Acosta y Vilaraga (2018) Emplear escoria de alto horno como agente modificador de un suelo, de manera que este pueda ser aprovechado como material de terraplén y que además brinde soluciones a impactos ambientales negativos, como la explotación desmedida de canteras y el aumento de desechos industriales en zonas de relleno. Para la modificación de un suelo usando escoria de alto horno y con relación a su composición granulométrica, se pretende encontrar una dosificación óptima que garantice el mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas del suelo. Se tomaron siete muestras para determinar la dosis más adecuada. La primera muestra se analizó en su estado natural, concluyendo que se trataba de un material arcilloso de baja plasticidad con un CBR del 2%; por lo tanto no óptimo para trabajar como material de terraplén según especificaciones técnicas del INVIAS, las otras seis muestras se modificaron con proporciones de escoria de alto horno de 5%, 10%, 20%, 30%, 40% y 50% respectivamente. Las propiedades físicas y mecánicas evolucionan efectivamente de acuerdo con las proporciones de las escorias de alto horno introducidas (pág. 94).

Esta investigación nos permitirá conocer como emplean la variable independiente a las propiedades mecánicas del suelo, desde un punto de vista internacional. Aporta que en determinadas ocasiones los suelos presentan características muy singulares que los convierten en subrasantes no aptas para carreteras, emplea dicho subproducto como el intermediador para el mejoramiento

en las características mecánicas de los suelos, dándole uso óptimo como posible disminución en los costos de pavimentos flexible y la minimización de explotación de canteras.

Payne (2017) Conocer cómo influyen la escoria blanca de la fábrica ACINOX Las Tunas en la estabilización de la subrasante de carreteras. Para el desarrollo de la investigación se empleó estrategias de investigación científica de origen empírico, teórico, entre otros. Mediante las diversas normativas extranjeras (cubanas) se realizaron los ensayos de laboratorio correspondientes, a consecuencia de ello, se obtuvo valores satisfactorios, ya que al reemplazar el 7% de escoria y/o cemento en la muestra del suelo a estabilizar, permitió hacer posible una comparación entre estos dos productos y valorar el impacto ecológico del empleo de la escoria blanca en sustitución del cemento debido a su parentesco en sus composiciones. Este subproducto se puede emplear como material granular fino, en sustitución al poli funcional cemento (pág. 65).

Esta investigación nos permitirá generar una idea general de poder emplear como estabilizador, que se tenga tendencia a emplear los desechos que generan las grandes industrias, elaborando estudios de aplicabilidad donde se informe qué materias primas generan mayor contaminación ambiental y darle uso para mejorar la unidad de estudio. Los autores encuentran en la escoria una variable independiente que es capaz de encontrarse rápidamente y de modificar positivamente la variable dependiente, generando una mejor calidad de vida para la sociedad.

Rodríguez y Silva (2019) Estabilización de suelos adicionando cemento portland tipo I con adición de cal hidratada en vías afirmadas. Inicia con la investigación de normativas y especificaciones vigentes y de esa manera se ejecuta el estudio de la sub-base granular, mediante ensayos de laboratorio, asimismo se determina las dosificaciones del cemento más cal hidratada, realizando ensayos con diversas proporciones de mezcla, luego se realiza el ensayo CBR para determinar la resistencia. Por otro lado, se ejecuta el ensayo de Proctor modificado, para con ello identificar la densidad húmeda del suelo natural y del suelo con adición de los productos mencionados, basada en el manual de diseño de carreteras del MTC, (normas técnicas peruanas). Se obtuvo que el suelo estabilizado con cemento portland tipo I más cal hidratada mejora las características físicas y mecánicas iniciales del suelo aumento un 29.5 % la capacidad de soporte en el suelo satisfaciendo así sus necesidades y requerimientos para el uso de Sub-Base Granular Mejorada o Base Granular. Con dichos resultados recomendamos el empleo de estos dos productos para aumentar el valor de CBR en el suelo, asimismo tener tendencia al uso de esta estabilización como una alternativa económica; así como una guía a futuras investigaciones (pág. 111).

Lo que aporta esta investigación mayormente es que detalla la problemática que existe en la región, debido a que el tema de estudio y el de Rodríguez y Silva tienen iguales los parámetros de la variable dependiente solo con la variabilidad de emplear las distintas maneras de materias primas que aporten estabilización y que vayan a actuar sobre las propiedades mecánicas del suelo, pero con la misma finalidad de emplear alternativas económicas y ambientales para el centro de estudio.

Roldán y Escajadillo (2016) Determinar la influencia de los ensayos de fiabilidad con aditivo PROES en la estabilización del suelo en la carretera de penetración al AA.HH el Milagro, 2016. La carretera en estudio ha sido evaluada tanto funcional como estructuralmente mediante la determinación de la capacidad de soporte CBR del suelo, Los ensayos se efectuaron en el Laboratorio de mecánica de suelos y tecnología de los materiales de construcción de la Universidad Científica del Perú – Iquitos. Para las muestras de suelos obtenidos por mezcla de 85% A-2-4(0) y 15% A7-5(9), se alcanzó un CBR hasta de 102%; y, para muestras de suelo A-4(1) se alcanzó un CBR de 14.4% natural, 25.5% con 2% de cemento y 36.1% con 2% de cemento + 0.3 lt/m³ de aditivo. Los ensayos de fiabilidad con aditivo PROES, si influye considerablemente en la estabilización del suelo en la carretera de penetración al AA. HH “El Milagro” – Distrito de San Juan Bautista – Loreto (pág. 84).

Esta investigación permite emplear estabilizadores artificiales para tratar la variable dependiente del tema estudio, ello es importante porque aporta alternativas de solución y sostenibilidad al momento de ejecutar proyectos donde el suelo a tratar se encuentre en zonas donde no haya los estabilizadores reutilizables naturales a la mano y encuentra en los aditivos la mejor manera de modificar positivamente la variable dependiente de estudio.

1.3. Bases teóricas

1.3.1. Suelo

El suelo es la base y el origen para ejecutar todo tipo de obras civiles. Varios autores han dado definiciones acerca del término “suelo” en la ingeniería civil.

Rojas (2016) mencionó que: “Es un agregado natural no cementado de granos minerales y materia orgánica en descomposición, con líquido y gas en los espacios vacíos entre las partículas que lo contribuyen”.

Se entiende por suelo al conjunto de materiales no consolidados que aparecen sobre la corteza terrestre, formado por minerales agua y aire y distintos microorganismos, que todos ellos en conjunto forman distintas funciones con el rol fundamental en la vida mediante los ecosistemas y también para fines de construcción en el ámbito ingenieril.

1.3.1.1. Tipos de Suelo

1.3.1.1.1. Arenas

Según, Palli (2015) define a las arenas como los materiales de granos finos procedentes de cualquier tipo de suelo presente en el ecosistema que, a través de su trituración o tamizado, se llegan a obtener partículas que varían entre 2mm y 0,5 mm de diámetro (p.28).

1.3.1.1.2. Gravas

Según, Palli (2015) las gravas son materiales de granos gruesos procedentes de cualquier tipo de suelo presente en el ecosistema que, a través de su trituración o tamizado, se llegan a obtener partículas que varían entre 7.62 cm hasta 2 (p.27).

1.3.1.1.3. Limos

Los limos son suelos de granos finos que proceden de suelos que presentan una casi nula plasticidad, el diámetro de sus partículas varían entre 0.05mm hasta 0.005mm (Palli, 2015, p.28).

1.3.1.1.4. Arcillas

Las arcillas son tipos de suelo que tiende a hincharse de 8 a 16 su tamaño por contacto con el agua, generando así un suelo no apto para obras civiles. Palli (2015), las arcillas son suelos cohesivos que están presente en gran proporción en el planeta, su composición tiene tendencia a volverse plástica al entrar en contacto con agentes húmedos, haciéndola no apta para construcciones, siendo su diámetro menor de 0.005 mm. (p.29).

Los suelos cohesivos o arcillosos son suelos donde predomina la cantidad de finos sobre otro tipo de partículas, siendo un suelo de textura pesada y difícil de laborar, ya que se torna plástico, es decir húmedo y muy duro al hacer contacto con el agua. Huancoillo (2017), las arcillas presentan un bajo CBR, es decir son de mala calidad para ser empleados en proyectos de pavimentación, sin embargo, si aun así se ejecutan el pavimento presentaría con el pasar del tiempo diversas fallas ya sea por hundimientos o por asentamientos del suelo arcilloso (p.7).

1.3.1.2. Mecánica de Suelos

Esta es una rama de la geotecnia que estudia el comportamiento de cualquier tipo de suelo presente en el planeta, en el cual se desea laborar para distintos fines, ya sea agricultura, construcción, ganadería, esta ciencia por medio de ensayos experimentales, determina si es fiable o no laborar en el tipo de suelo evaluado, previniéndonos de todas las anomalías que pudiese presentar en el transcurso del tiempo.

1.3.2. Clasificación de Suelos

Existen diversos métodos de clasificación de suelos, sin embargo, los que son universales son AASHTO Y SUCS. Los parámetros que son necesarios para su clasificación son granulometría del suelo, límites de Atterberg, equivalente de arena.

1.3.2.1. Granulometría

Según el MTC (2014), la granulometría es la distribución del tamaño que poseen las partículas del agregado a evaluar mediante el tamizado según especificaciones técnicas, cuyo principal objetivo es identificar la proporción de sus diferentes elementos constituyentes (p.30).

Tabla 1

Tamices clasificados por tamaño ASTM

| Tamiz (ASTM) | Tamiz (Nch) (mm) |
|--------------|------------------|
| 3" | 80 |
| 2" | 50 |
| 1 1/2" | 40 |
| 1" | 25 |
| 3/4" | 20 |
| 3/8" | 10 |
| Nº4 | 5 |
| Nº10 | 2 |
| Nº20 | 0.90 |
| Nº40 | 0.50 |
| Nº60 | 0.30 |

| | |
|-------|------|
| N°140 | 0.10 |
| N°200 | 0.08 |

Fuente: NTP 339.128

Tabla 2

Límites del tamaño del grano del suelo

| Nombre Organización | Tamaño del grano (mm) | | | |
|--|-----------------------|--------------|---------------------------------|---------|
| | Grava | Arena | Limo | Arcilla |
| MIT | >2 | 2 a 0.06 | 0.06 a 0.002 | <0.002 |
| USDA | >2 | 2 a 0.05 | 0.05 a 0.002 | <0.002 |
| AASHTO | 76.2 a 2 | 2 a 0.075 | 0.075 a 0.002 | <0.002 |
| Sistema Unificado De Clasificación de Suelos | 76.2 a 4.75 | 4.75 a 0.075 | FINOS (limos y arcillas) <0.075 | |

Fuente: (Villanueva, R,2019)

1.3.2.2. Plasticidad

Este parámetro es muy importante porque en un suelo siempre es de utilidad saber qué tanto de humedad tiene mi suelo para que con ello determinar si es apto o no para elaborar diversas obras civiles.

El MTC (2014) la plasticidad es la propiedad que presenta todo tipo de suelo donde se identifica los suelos hasta cuanta humedad puede soportar sin disgregarse, dependiendo únicamente de los elementos finos como la arcilla o el limo (p.30).

1.3.2.2.1. Límites de Atterberg

El método con el que se mide la plasticidad del suelo, se denomina Límites de Atterberg o límites de consistencia. Palli (2015) los límites de Atterberg solo aplican en suelos finos, estos al estar presentes en la naturaleza van a estar en diversos estados dependiendo la meteorología donde se encuentren es por ello que el hombre puede encontrar el suelo fino en varios estados, sólido, semisólido, líquido y semilíquido (p.29).

1.3.2.2.2. Límite Líquido (LL)

Este factor es uno de los 3 parámetros que determinaran un suelo según índice de plasticidad. El límite líquido se origina donde el suelo pasa de un estado semilíquido a uno plástico tendiendo a deformarse.

1.3.2.2.3. Límite Plástico (LP)

Este es el segundo de los 3 parámetros que determinan un suelo según índice de plasticidad. El límite plástico se origina donde el suelo pasa de un estado plástico a uno semisólido y tiende a deformarse.

1.3.2.2.4. Límite de Contracción (LC)

El límite de contracción se origina donde el suelo pasa de un estado semisólido a uno sólido.

1.3.2.2.5. Índice de Plasticidad (IP)

El MTC (2014) el índice de plasticidad es una magnitud que está referida a las humedades en donde el suelo presenta propiedades plásticas y que gracias a este factor se puede dar una clasificación mediante las diversas normas al suelo plástico (p.31).

El índice de plasticidad también puede estar definido matemáticamente como la diferencia entre el LL y el LP.

$$IP = LL - LP$$

Tabla 3

Características del Índice de Plasticidad

| Índice de Plasticidad | Plasticidad | Característica |
|-----------------------|------------------|---------------------------|
| IP>20 | Alta | Suelos muy arcillosos |
| IP≤20 e IP>7 | Media | Suelos arcillosos |
| IP<7 | Baja | Suelos poco arcillosos |
| IP=0 | No plástico (NP) | Suelos exentos de arcilla |

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Como importancia el MTC (2014), comenta que: “En un suelo el contenido de arcilla, de acuerdo a su magnitud puede ser un elemento riesgoso en un suelo de sub rasante y en una estructura de pavimento, debido sobre todo a su gran sensibilidad al agua” (p.32).

1.3.2.2.6. Índice de Grupo (IG)

Índice que se basa esencialmente en los límites de Atterberg.

El MTC (2014) es un valor positivo, que puede variar entre 0 y 20 o más, que a mayor sea el índice de grupo el suelo tiende a calificarse como un suelo no apto para pavimentos (p.32).

$$IG = 0.2(a) + 0.005(ac) + 0.01(bd)$$

Ecuación 1: Índice de Grupo (IG). Fuente: MTC

Donde:

a=F-35 (F= Fracción del porcentaje que pasa entre el tamiz N°200-74 micras).

b=F-15 (F= Fracción del porcentaje que pasa entre el tamiz N°200-74 micras).

c= LL-40 (Expresado por un número entero entre 0 y 20).

d=IP-10 (Expresado por un número entero entre 0 y 20 o más).

Tabla 4

Subrasantes adecuadas para índice de grupo determinado

| Índice de Grupo | Suelo de Sub rasante |
|---------------------|----------------------|
| IG>9 | Inadecuado |
| IG está entre 4 a 9 | Insuficiente |
| IG está entre 2 a 4 | Regular |
| IG está entre 1 a 2 | Bueno |
| IG está entre 0 a 1 | Muy bueno |

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

1.3.2.2.7. Equivalente de Arena

Este ensayo da resultados parecidos a los del límite de consistencia con la variación de que es más rápido y fácil de efectuar, no obstante, es menos preciso. El MTC (2014), la equivalente arena tiende a calificarse mediante dos factores el polvo fino y el material arcilloso, a mayor sea el valor entero positivo del equivalente arena menos plástico es el suelo evaluado (p.32).

Tabla 5

Características del equivalente de Arena

| Equivalente de Arena | Característica |
|----------------------|---|
| Si $EA > 40$ | El suelo no es plástico, es arena |
| Si $40 > EA > 20$ | El suelo es poco plástico y no heladizo |
| Si $EA < 20$ | El suelo es plástico y arcilloso |

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

1.3.2.2.8. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)

Es un tipo de clasificación universal de suelos, donde se detalla el tamaño de las partículas y su contextura, todo ello mediante el análisis granulométrico elaborado previamente. Gracias a ello, es que servirá como un inicio para identificar qué uso darle al suelo evaluado.

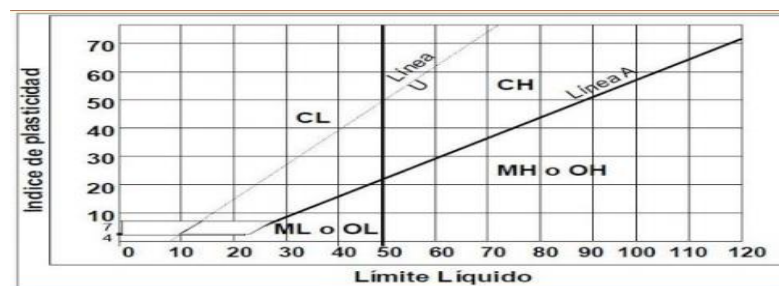


Figura 1: Carta de Plasticidad. Fuente: Rodríguez y Silva, 2019.

Tabla 6

Tipología de suelos SUCS

| Tipo de Suelo | Prefijo | Subgrupo | Sufijo |
|----------------------|----------------|---------------------------|---------------|
| Grava | G | Bien graduado | W |
| Arena | S | Pobremente Graduado | P |
| Limo | H | Limoso | M |
| Arcilla | C | Arcilloso | C |
| Orgánico | O | Límite Líquido alto (>50) | L |
| Turba | Pt | Límite Líquido bajo (<50) | H |

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Tabla 7
Características de los suelos según SUCS

| Divisiones Principales | Símbolo | Comportamiento Mecánico | Capacidad Drenaje | Densidad Óptima | CBR |
|-----------------------------------|----------------|------------------------------------|------------------------------|----------------------------|------------|
| Gravas | GW | Excelente | Excelente | 2.00-2.24 | 60-80 |
| | GP | Bueno a excelente | Excelente | 1.76-2.08 | 25-60 |
| | d | Bueno a excelente | Aceptable a mala | 2.08-2.32 | 40-80 |
| | GM | Bueno a excelente | Mala a impermeable | 1.92-2.24 | 20-40 |
| | u | | Mala a impermeable | 1.92-2.24 | 20-40 |
| Suelos grano grueso | GC | Bueno a excelente | Mala a impermeable | 1.92-2.24 | 20-40 |
| | SW | Bueno | Excelente | 1.76-2.08 | 20-40 |
| | SP | Aceptable a bueno | Excelente | 1.60-1.92 | 10-25 |
| | d | Aceptable a bueno | Aceptable a mala | 1.92-2.16 | 20-40 |
| | SM | Aceptable | Mala a impermeable | 1.68-2.08 | 10-20 |
| | u | | Mala a impermeable | 1.68-2.08 | 10-20 |
| | SC | | Malo a aceptable | Mala a impermeable | 1.68-2.08 |

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Tabla 8

Características de los suelos según SUCS

| Divisiones Principales | Símbolo | Comportamiento Mecánico | Capacidad Drenaje | Densidad Óptima | CBR |
|-------------------------------|----------------|--------------------------------|--------------------------|------------------------|------------|
| | ML | Malo a aceptable | Aceptable a mala | 1.60-2.00 | 5-15 |
| Limos | CL | Malo a aceptable | Casi Impermeable | 1.60-2.00 | 5-15 |
| Suelos grano fino | OL | Malo | Mala | 1.44-1.70 | 4-8 |
| | MH | Malo | Aceptable a mala | 1.28-1.60 | 4-8 |
| Arcillas | CH | Malo a aceptable | Casi Impermeable | 1.44-1.76 | 3-5 |
| | OH | Malo a muy malo | Casi Impermeable | 1.28-1.68 | 3-5 |

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

1.3.2.2.9. American Association of State Highway Officials (AASHTO)

Este es otro tipo de clasificación universal de suelos, con la particularidad que los clasifica mediante los límites de Atterberg o límites de consistencia. Es decir, dependerá de los resultados de los ensayos experimentales que se ejecuten en el laboratorio de mecánica de suelos. Para poder clasificarlos en los diferentes grupos que posee este sistema, van a depender de términos algebraicos que están relacionados a los parámetros de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad, si mi IP es cero es que tiende a presentar la no presencia de partículas finas que hacen contacto con agentes húmedos siendo un suelo apto para carreteras, a mayor sea el índice de plasticidad mayor será la cantidad de finos y también mayor la tendencia al hinchamiento del suelo, convirtiéndola en un suelo malo o no apto para carreteras.

1.3.2.2.10. Otros Institutos

Existen dos instituciones que son reconocidas a nivel mundial por su desempeño en el ámbito tecnológico, estas son MIT (Instituto de Tecnología de Massachusetts) y el USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos) es una universidad y una organización agrícola, respectivamente, que por sus grandes conocimientos varios autores revelan sus resultados con sustento en su original clasificación de suelos, específicamente distribución granulométrica de los rangos de diámetro de suelos de grano grueso y de grano fino.

Tabla 9

Clasificación de los suelos según AASHTO

| División General | MATERIALES GRANULARES (pasa menos del 35% por el tamiz ASTM N°200) | | | | | | | MATERIALES LIMO ARCILLOSOS(más del 35% de tamiz ASTM N°200) | | | | |
|---|--|-------|------------|--------------------------------------|-------|-------|-------|---|------|------|-------------------|-------|
| Grupo | A-1 | | A-3 | A-2 | | | | A-4 | A-5 | A-6 | A-7 | |
| Subgrupo | A-1-a | A-1-b | | A-2-4 | A-2-5 | A-2-6 | A-2-7 | | | | A-7-5 | A-7-6 |
| PORCENTAJE GRANULOMÉTRICO (% QUE PASA POR CADA TAMIZ) | | | | | | | | | | | | |
| Serie ASTM | #10 : ≤ 50 | | | | | | | | | | | |
| | #40: ≤ 30 | ≤ 50 | ≥ 51 | | | | | | | | | |
| | #200 ≤ 15 | ≤ 25 | ≤ 10 | ≤ 35 | ≤ 35 | ≤ 35 | ≤ 35 | ≥ 36 | ≥ 36 | ≥ 36 | ≥ 36 | ≥ 36 |
| ESTADOS DE CONSISTENCIA (DE LA FRACCIÓN DE SUELO QUE PASA POR EL TAMIZ ASTM #40) | | | | | | | | | | | | |
| Límite Líquido | | | | ≤ 40 | ≥ 41 | ≤ 40 | ≥ 41 | ≤ 40 | ≥ 41 | ≤ 40 | | |
| Índice de Plasticidad | ≤ 6 | | NP | ≤ 10 | ≤ 10 | ≥ 11 | ≥ 11 | ≤ 10 | ≤ 10 | ≥ 11 | ≥ 11 | ≥ 11 |
| Índice de Grupo | 0 | | 0 | 0 | | ≤ 4 | | ≤ 8 | ≤ 12 | ≤ 20 | | ≤ 20 |
| Tipología | Fragmentos de piedra | | Arena fina | Gravas y arenas limosas o arcillosas | | | | Suelos limosos | | | Suelos arcillosos | |
| Calidad | EXCELENTE A BUENA | | | | | | | ACEPTABLE A MALA | | | | |

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Tabla 10

Correlación AASHTO y SUCS

| Clasificación de Suelos AASHTO | Clasificación de Suelos SUCS |
|---------------------------------------|-------------------------------------|
| AASHTO M-145 | ASTM- D-2487 |
| A-1-a | GW,GP,GM,SW,SP,SM |
| A-1-b | GM,GP,SM,SP |
| A-2 | GM,GC,SM,SC |
| A-3 | SP |
| A-4 | CL,ML |
| A-5 | ML,MH,CH |
| A-6 | CL,CH |
| A-7 | OH,MH,CH |

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

1.3.2.3. Propiedades Mecánicas de los Suelos

1.3.2.3.1. Expansión y Contracción

Fonseca (como se citó en Castillo, 2016) la expansión en los diversos suelos presentes en el ecosistema se relaciona en la evolución de su tamaño al entrar en contacto con agentes humectantes como el agua, al ocurrir ello aumenta la humedad generando deformaciones en el suelo y si el suelo ya está aplicado en una carretera, el pavimento sufrirá fallas o rupturas (p.21).

1.3.2.3.2. Resistencia

Fonseca (como se citó en Castillo, 2016) manifiesta que:

La resistencia de los suelos, con algunas excepciones, es en general más baja cuando mayor sea su contenido de humedad. Dependiendo de la humedad y energía de compactación se pueden lograr diferentes características de resistencia en suelos arcillosos, ya que un suelo de estos compactado del lado seco de la curva de compactación presenta, con la humedad de compactación, un comportamiento relativamente elástico y con una resistencia relativamente alta, mientras que este mismo suelo compactado con una humedad alta, no obstante que su peso volumétrico sea alto, presentaría resistencia bajas y comportamiento plástico y viscoso, este efecto se debe en general a que una alta humedad produce en una arcilla efectos de repulsión entre sus partículas, proporcionando con ello que la cohesión sea menor que en el caso de emplear humedades de compactación bajas (p.22).

1.3.2.3.3. Permeabilidad

Fonseca (como se citó en Castillo, 2016) argumenta acerca de la permeabilidad:

En los suelos la permeabilidad se plantea, en términos generales, en dos problemas básicos como lo son el relacionado con las presiones de poro y el relacionado con el flujo del agua a través del suelo. Si se compactan suelos arcillosos con humedades que presenten valores bajos, se obtendrá finalmente una alta permeabilidad en el suelo, es decir son inversamente proporcionales, esto es porque los grumos no se disgregan, resistiendo al esfuerzo de compactación y permitiendo así que se forme una gran cantidad de vacíos. Por otro lado, mientras más alta sea la humedad, se originará menos permeabilidades en el suelo compactado (p.22).

1.3.2.3.4. Compresibilidad

Fonseca (como se citó en Castillo, 2016) manifiesta que:

La compresibilidad de un suelo puede presentar variaciones importantes, dependiendo de algunos factores tales como la relación de la carga aplicada respecto a la que el suelo soportaba anteriormente, tiempo de aplicación de la carga una vez que se ha disipado la presión de poro en exceso de la hidrostática, naturaleza química del líquido intersticial, aunados estos factores a los originados por el muestreo, sensibilidad del suelo y aun la forma de ejecutar las pruebas que se utilizan para estudiar la consolidación. (p.23).

1.3.2.3.5. Durabilidad

Fonseca (como se citó en Castillo, 2016), dice que:

Se involucra en este concepto aquellos factores que se refieren a la resistencia al interperismo, a la erosión o a la abrasión del tráfico; de esta manera, los problemas de durabilidad en las vías terrestres suelen estar muy asociados a suelos situados relativamente cerca de la superficie de rodamiento (p.23).

1.3.2.4. Compactación de los Suelos

Según Braja (como se citó en Huancoillo, 2017) comenta que:

El grado de compactación de un suelo se mide en términos de su peso específico seco.

En la compactación, cuando se agrega agua al suelo, esta tiene el rol de ablandador de las partículas del suelo, modificando sus factores de deslizamiento y posiciones con un grado mayor de densidad. El peso específico seco después de la compactación se

incrementa conforme aumenta el contenido del agente ablandador, es decir son directamente proporcionales (p.43).

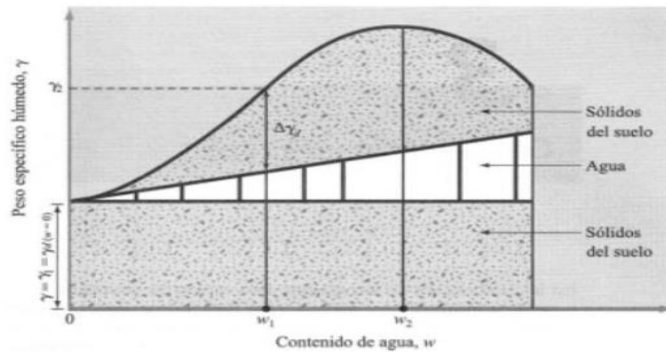


Figura 2: Principios de Compactación. Nota: (Braja, M, 2001)

1.3.2.4.1. Proctor

Crespo (como se citó en Huancoillo, 2017) define a la prueba de Proctor de la siguiente manera: “El ensayo Proctor hace referencia al peso por unidad de volumen de un suelo que ha sido puesto bajo diversas metodologías de compactación para diferentes contenidos óptimos de humedad” (p.43).

Los principales objetivos de elaborar este ensayo es determinar el peso volumétrico máximo que puede alcanzar un material. Además determinar el grado de compactación del material.

1.3.2.4.2. Valor relativo de soporte- ensayo de C.B.R.

Huancoillo (2017) el C.B.R. es empleado para calcular la resistencia al corte de un suelo bajo con la máxima densidad seca y con optimo contenido de humedad (p.44).

Castillo (2016) argumenta acerca del C.B.R. lo siguiente:

El CBR consiste en un ensayo ideado en la Dirección de Carreteras de California y aceptado alrededor del mundo, con la finalidad de determinar la capacidad de soporte de un suelo, compactados a una humedad óptima y niveles de compactación variables, este se utiliza generalmente para evaluar la calidad relativa de suelos para sub rasante, sub-base y bases.

$$CBR = \frac{\text{Carga unitaria de ensayo}}{\text{Carga unitaria patrón}} \times 100$$

Ecuación 2: CBR (cargas unitarias)

Tabla 11

Penetración- Carga Unitaria

| PENETRACIÓN | | CARGA UNITARIA PATRÓN | | |
|-------------|---------|-----------------------|--------------------|------|
| mm | pulgada | Mpa | Kg/cm ² | psi |
| 2.54 | 0.1 | 6.9 | 70 | 1000 |
| 5.08 | 0.2 | 10.3 | 105 | 1500 |
| 7.62 | 0.3 | 13.1 | 133 | 1900 |
| 10.16 | 0.4 | 15.8 | 162 | 2300 |
| 12.7 | 0.5 | 17.9 | 183 | 2600 |

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Tabla 12

Categorías de Sub rasante

| Categorías de Sub Rasante | CBR |
|---|--------------------------|
| S ₀ : Sub rasante inadecuada | CBR < 3% |
| S ₁ : Sub rasante insuficiente | De CBR ≥ 3% a CBR < 6% |
| S ₂ : Sub rasante regular | De CBR ≥ 6% a CBR < 10% |
| S ₃ : Sub rasante buena | De CBR ≥ 10% a CBR < 20% |
| S ₄ : Sub rasante muy buena | De CBR ≥ 20% a CBR < 30% |
| S ₅ : Sub rasante excelente | De CBR ≥ 30% |

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Tabla 13

Espesores recomendados para estabilización por sustitución de suelos

| Tráfico | | Espesor de reemplazo con material CBR > 10% (cm) |
|----------------|---------|--|
| 0 | 25 000 | 25 |
| 25 001 | 75 000 | 30 |
| 75 001 | 150 000 | 30 |
| 150 001 | 300 000 | 35 |
| 300 001 | 500 000 | 40 |
| 500 001 | 750 000 | 40 |

| | | |
|------------|------------|----|
| 750 001 | 1 000 000 | 45 |
| 1 000 001 | 1 500 000 | 55 |
| 1 500 001 | 3 000 000 | 55 |
| 3 000 001 | 5 000 000 | 60 |
| 5 000 001 | 7 500 000 | 60 |
| 7 500 001 | 10 000 000 | 65 |
| 10 000 001 | 12 500 000 | 65 |
| 12 500 001 | 15 000 000 | 65 |
| 15 000 001 | 20 000 000 | 70 |
| 20 000 001 | 25 000 000 | 75 |
| 25 000 001 | 30 000 000 | 75 |

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

1.3.2.5. Normatividades de Ensayos de Laboratorio

Tabla 14

Ensayos con normativa respectiva

| Ensayo | Normativa |
|--------------------------------------|------------------------|
| Análisis Granulométrico por Tamizado | ASTM D-422, MTC E 107 |
| Límite Líquido | ASTM D-4318, MTC E 110 |
| Límite Plástico | ASTM D-4318, MTC E 111 |
| Contenido de Humedad | ASTM D-2216, MTC E 108 |

| | |
|----------------------------------|-------------|
| Clasificación SUCS | ASTM D-2487 |
| Contenido Sulfatos | ASTM D-516 |
| Contenido Cloruros | ASTM D-512 |
| Contenido Sales Solubles Totales | MTC E 219 |
| Clasificación AASHTO | M-145 |

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Tabla 15

Ensayos especiales con normativa respectiva

| Ensayos Especiales | Normativa |
|---------------------------|------------------------|
| California Bearing Ratio | ASTM D-1883, MTC E 132 |
| Proctor Modificado | ASTM D-1557, MTC E 115 |
| Equivalente de Arena | ASTM D-2419, MTC E 114 |
| Ensayo de Expansión Libre | ASTM D-4546 |
| Colapsibilidad Potencial | ASTM D-5333 |
| Consolidación Uniaxial | ASTM D-2435 |

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

1.3.3. Estabilización

Huancoillo (2017) es un proceso donde se pretende mejorar las propiedades del suelo para convertirlas en óptimas para el uso que se le prevé dar (p.45).

El MTC (2014) es el mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de un suelo a través de diversas materias primas que se encuentren a disposición incorporándolos en productos químicos, naturales o sintéticos (p.97).

Tabla 16

Razones para Estabilización

RAZONES PARA ELABORAR UNA ESTABILIZACIÓN

Un suelo de sub rasante desfavorable, o muy arenoso, o muy arcilloso.

Condiciones de humedad.

Materiales para base o sub base en el límite de especificaciones.

Cuando se necesite una base de calidad superior, como en una autopista.

Para el aprovechamiento de los materiales existentes del lugar de construcción de la obra.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

1.3.3.1. Estabilización con escoria

En la actualidad las escorias de acería o de otros tipos de hornos de fundición se vienen empleando en el ámbito constructivo, el simple hecho del aumento de la contaminación ambiental, urge en el ser humano de emplear y dar múltiples utilidades a los desechos que en vez de ser arrojados a los vertederos sean utilizados para diversas obras civiles, como por ejemplo fabricación de hormigón o cemento, como material partícipe en pavimentos, estabilización de sub rasantes y como ligante en carpeta asfáltica. Otros beneficios que la hacen diferente a las demás es que evitan la explotación de nuevas canteras y reduce emisiones de CO₂.

Tabla 17

Propiedades mecánicas que mejoran con la estabilización de escorias

| PROPIEDADES QUE SE MEJORAN CON LA ESTABILIZACIÓN |
|---|
| Estabilidad Volumétrica |
| Resistencia Mecánica |
| Permeabilidad |
| Compresibilidad |

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

1.3.3.1.1. Estabilización Química

Farfán (2015) son tecnologías donde se busca una reacción química del suelo con agentes químicos que harán en el suelo ejecutar una metamorfosis en las características del suelo a estudiar (p.15).

1.3.4. Escoria:

La escoria es un subproducto o residuo de alguna fundición del hierro, del acero o de diversos metales que proviene de las industrias siderúrgicas que tras un proceso de calentamiento funde algún metal yace cobre, hierro, zinc, etc, que generan que se origine una nata que al subir a la superficie se denomina escoria.

Tabla 18

Tipo de escorias

| Escorias estudiadas en función del proceso de obtención de hierros, aceros |
|---|
| Escoria de Horno Alto BF |

Escoria de Horno Eléctrico de Arco EAF

Fuente: Escoria de Acería de Horno de Arco Eléctrico (2011).

1.3.4.1. Las Escorias Siderúrgicas de Horno Alto

Dentro de las empresas siderúrgicas el horno alto es la instalación base para obtener el arrabio, este a la vez, constituye la materia prima para la fabricación de acero, mientras que la escoria se obtiene por el proceso donde intervienen gases reductores y materia constituida por metales.

La escoria de horno alto, se obtiene mediante una piqueta que sale del horno a más de 1500 grados centígrados, esta al ser sometida a diversos procesos de enfriamiento es que se obtienen las escorias cristalizadas, escoria vitrificada y escoria dilatada. Cada una de ellas tiene usos exclusivos debido a sus diferentes propiedades.

1.3.4.1.1. Escoria cristalizada

Se obtiene tras el enfriamiento lento de la escoria en estado líquido, que al enfriarse, en sus partículas presentan una forma cristalizada la cual es preparada para diversos usos granulométricos (EHA, p.4).

1.3.4.1.2. Escoria granulada

Se obtiene tras el enfriamiento brusco de la escoria en estado líquido, que tras enfriarse por medio de un chorro de agua es que llega hasta el depósito de decantación. En el transcurso de este proceso es que la escoria se descompone en pequeñas partículas parecidas a las de las arenas, con ello es que esta escoria es la más empleada para la industria del cemento Portland. (EHA,p.4).

1.3.4.1.3. Escoria peletizada

Se obtiene al poner la escoria sobre un tambor giratorio que se riega con agua, que arroja la escoria al aire y tras varios procesos es que las partículas de la escoria peletizada es que se controla el grado de vitrificación. (EHA,p.4).

1.3.4.1.4. Escoria expandida

Se obtiene tras agregar agua a la escoria fundida, al hacer ello se formará un vapor que producirá una espuma plástica que, tras un proceso de enfriamiento y machaqueo, proporciona un árido ligero. (EAH, P.4).

1.3.4.2. Escoria de Horno Eléctrico de Arco

En el proceso de fabricación del acero, este tipo de escoria se subdivide en dos etapas, metalurgia por fusión, donde se origina la mezcla de materias primas que se encuentran en el horno eléctrico y metalurgia por afino, que inicia en el horno eléctrico y culmina en el horno cuchara (EAF, P.1).

1.3.4.2.1. Escorias Negras

Este tipo de escoria se origina tras el fenómeno de fusión, en la cual se presentan diversas fases como la oxidación y desfosforación espumante donde se concentra la mayor cantidad de impurezas. Al término de todo este proceso se extraen las escorias negras.

Tabla 19

Composición química proceso fusión

| Escorias Negras | |
|-----------------|------------|
| Composición | Porcentaje |

| | |
|--------------------------------|--------|
| CaO | 22-60 |
| SiO ₂ | 11-37 |
| FeO | 0.5-4 |
| Fe ₂ O ₃ | 38 |
| MgO | 4-12 |
| Cr ₂ O ₃ | 1-8 |
| TiO ₂ | 0.6-2 |
| MnO | 1-4 |
| Al ₂ O ₃ | 2-8 |
| P ₂ O ₆ | 0-0.02 |

Fuente: Escorias de Acería de Horno de Arco Eléctrico (2011).

1.3.4.2.2. Escorias blancas

Este tipo de escoria se origina tras el proceso de afino, se caracterizan principalmente por poseer su contenido en metales pesados y por presentar partículas con un diámetro pequeño.

Tabla 20

Composición química proceso afino

| Escorias Blancas | | | |
|------------------|------------|-------------|--------|
| Composición | Porcentaje | Composición | Aporte |
| | | | |

| | | | |
|--------------------------------|-------------|-----------------|-----|
| Si O ₂ | 17.4 - 19.3 | Fluoruro (%) | 1.4 |
| Fe ₂ O ₃ | 1.1 - 3.6 | Sulfuro (mg/kg) | 503 |
| Fe O | 0.0 - 0.95 | Zinc (ppm) | 596 |
| Al ₂ O ₃ | 3.2 - 10.4 | Plomo (ppm) | 84 |
| Ca O | 45.3 - 62.1 | Cobre (ppm) | 200 |
| Mg O | 4.5 - 17.2 | Cromo (ppm) | 150 |
| Mn O | 0.0 - 1.2 | Níquel (ppm) | 80 |
| S | 1.45 - 1.65 | | |
| C | 0.0 - 0.03 | | |

Fuente: Escorias de Acería de Horno de Arco Eléctrico (2011).

Tabla 21

Comparación escorias de horno eléctrico

| Tipo de residuo | Proceso de origen | Calificación residuo | Generación Relativa | Generación en CAPV |
|-----------------|-------------------|----------------------|---------------------|--------------------|
| Escoria negra | fusión | inerte | 110-150 | 660 |
| Escoria blanca | afino | inerte | 20-30 | 175 |

Fuente: Elaboración propia

1.4. Formulación del Problema

¿Cuál es el análisis de las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos con adición de escoria de metales, Perú 2021?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Analizar las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos con adición de escoria de metales, Perú 2021.

1.5.2. Objetivos específicos

O.E1: Analizar los ensayos normalizados necesarios para las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos con y sin escoria de metales.

O.E2: Analizar los ensayos especiales necesarios para las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos con y sin escoria de metales.

O.E3: Identificar los principales tipos de escoria de metales más utilizados en el ámbito constructivo.

1.6. Hipótesis:

El análisis de las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos con adición de escoria de metales nos dará como resultado la optimización para la empleabilidad del suelo en fines constructivos.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

2.1.1. Por el propósito

La presente investigación según el propósito es aplicada, porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos que se adquieren.

2.1.2. Según el diseño de investigación

La presente investigación es de tipo No Experimental, debido a que no manipula las variables de estudio que se van a tomar para analizar resultados, ni establece una relación causa- efecto de una situación particular.

2.1.3. Según el enfoque

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo, ya que el diseño del experimento emplea estadísticas para procesar datos numéricos y aportar evidencias.

2.2. Diseño de Investigación

La presente investigación según el diseño de investigación es No Experimental

Descriptivo- Transversal, debido a que solo describe fenómenos o hechos de la realidad.

Además, presenta el propósito de describir la variable y analizar su comportamiento en un mismo tiempo.

Tabla 22

Diseño

| ESQUEMA DE DISEÑO | |
|-------------------|-------------|
| Estudio | T1 |
| Muestra | Observación |

Fuente: Elaboración Propia

2.3. Variables

2.3.1. Variable (Propiedades Mecánicas)

Huancoillo (2017) “Las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos, son parámetros que servirán para determinar qué apto se encuentra el suelo para la elaboración de diversas obras civiles” (pág.24).

2.3.2. Matriz de clasificación de variables

Tabla 23

Matriz de Clasificación de Variables

| CLASIFICACIÓN |
|---------------|
| |

| Variable | Naturaleza | Escala de medición | Dimensión | Forma de medición |
|-----------------------|-----------------------|---------------------------|------------------|--------------------------|
| Propiedades Mecánicas | Cuantitativa Continua | Razón | Unidimensional | Indirecta |

Fuente: Elaboración Propia

2.3.3. Matriz de Operacionalización de Variables

Tabla 24 Matriz de Operacionalización de variables

| OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES | | | | | |
|---------------------------------|---|---|----------------------|---|--|
| Variable | Definición Conceptual | Definición Operacional | Dimensiones | Indicadores | Ítems |
| Propiedades Mecánicas | “Las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos, son parámetros que servirán para determinar qué apto se encuentra el suelo para la elaboración de diversas obras civiles” (Huancoillo, 2017) | Para la realización de esta investigación, la cual es investigación Cuantitativa, la recopilación de datos se obtendrá de veinte estudios de investigación que servirán como base y referencia, para analizar datos y brindar nuevos aportes. | Ensayos Normalizados | Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422, MTC E 107 | Clasificación en función de su tamaño de partículas. |
| | | | Ensayos Especiales | Clasificación SUCS, AASHTO ASTM D-2487 y M-145. Límites Consistencia. | Identificar tipo de Suelo existente |
| | | | | California Bearing Ratio (CBR) ASTM D-1883, MTC E 132. | Optimización de Suelo. |
| | | | | Proctor Modificado ASTM D-1557 y MTC E-115. | Optimización de Suelo. |
| Escoria de metales | Escorias de Altos Hornos, siderurgia, Horno eléctrico de arco, cobre (dosificaciones) | Reducción de contaminación ambiental y alternativas económicas. | | | |

2.4. Población (Contenido-Espacio-Tiempo)

Todos los estudios de las propiedades de los suelos arcillosos con adición de escoria de metales, Perú 2021.

2.5. Muestra

2.5.1. Técnicas de Muestreo: No probabilístico- por conveniencia

Para determinar el tamaño de la muestra, se optará por un muestreo NO probabilístico.

2.5.2. Tamaño de Muestra

N (Tamaño de muestra): Se recopilaron y analizaron 25 estudios de investigación, y gracias a ellos se llegaron a nuevos resultados generando nuevos aportes.

2.5.3. Materiales

2.5.3.1. Laptop

Este utensilio será de suma importancia para la realización del análisis del estudio de investigación debido a que será la herramienta básica, para la recopilación de información de estudios de investigación similares.

2.5.3.2. Internet

Esta red informática que se utiliza a nivel mundial es de vital importancia para la realización del análisis del estudio de investigación debido que a la vez sirve como la herramienta complementaria a la básica para la recopilación de información de estudios de investigación similares.

2.5.3.3. Ensayos

Tabla 25

Materiales Granulometría

| MATERIALES | |
|-------------------------|-----------------|
| Análisis Granulométrico | Horno de Secado |
| | Balanzas |
| | Recipientes |
| | Desecador |

Fuente: NTP 339.128

Tabla 26

Materiales Plasticidad

| MATERIALES | |
|----------------------------|----------------------|
| Límite Líquido,Plástico,IP | Dispositivo de L.L. |
| | Base |
| | Copa de Bronce, Leva |
| | Soporte |
| | Motor (opcional) |
| | Acanalador |
| | Calibre, Contenedor |
| | Placa de vidrio |

Tamiz

Fuente: NTP 339.129

Tabla 27

Materiales Proctor

MATERIALES

Molde de 4",6" y pisón

Regla Recta

Proctor

Tamices

Diferentes Herramientas

Fuente: NTP 339.141

Tabla 28

Materiales CBR

MATERIALES

Gata Mecánica

Anillos de Prueba

Diales de deformación

California Bearing Ratio

Soporte para dial

Placas de sobrecarga

Pesas de sobrecarga

Fuente: NTP 339.175

2.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

2.6.1. Recolección de datos

La técnica de recolección de datos será mediante la técnica de Análisis documentario, ya que con ello se permitirá obtener información necesaria para dar respuesta a la pregunta de investigación.

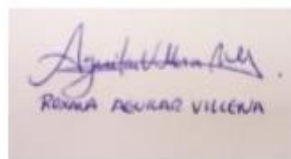
2.6.2. Instrumentos de recolección de datos

El documento donde se plasmará la información, será ficha de resumen, la cual constituye una vía mediante la cual es posible aplicar una determinada técnica de recolección de información. [Ver Anexos].

2.6.3. Validez del instrumento de recolección de datos

La validez de los instrumentos de recolección de datos lo realizó la Mg. Ing. Roxana Milagros Aguilar Villena quien presenta en su perfil profesional, una especialización en geotecnia, Máster en Ingeniería Civil con mención en Recursos Hídricos y con especialización en proyectos de inversión ESAN Y UNMSM. [Ver Anexo 1].

Firma del Experto:



Roxana Milagros Villena

2.6.4. Análisis de Datos

La presente investigación empleará Estadística Descriptiva, debido a que se elaborarán, tablas de frecuencia, gráficos estadísticos y medidas estadísticas donde se evidenciará el comportamiento de la variable de estudio. Asimismo, donde se incluyan los diversos métodos experimentales y comparación de resultados con ayuda de los softwares. Para realizar la prueba de hipótesis, se realizó el análisis de datos primero empleando el

software Ms. Excel. La variable de estudio es **Cuantitativa Continua**, es por ello que se emplearán como gráficos estadísticos histogramas, polígonos de frecuencia y ojivas.

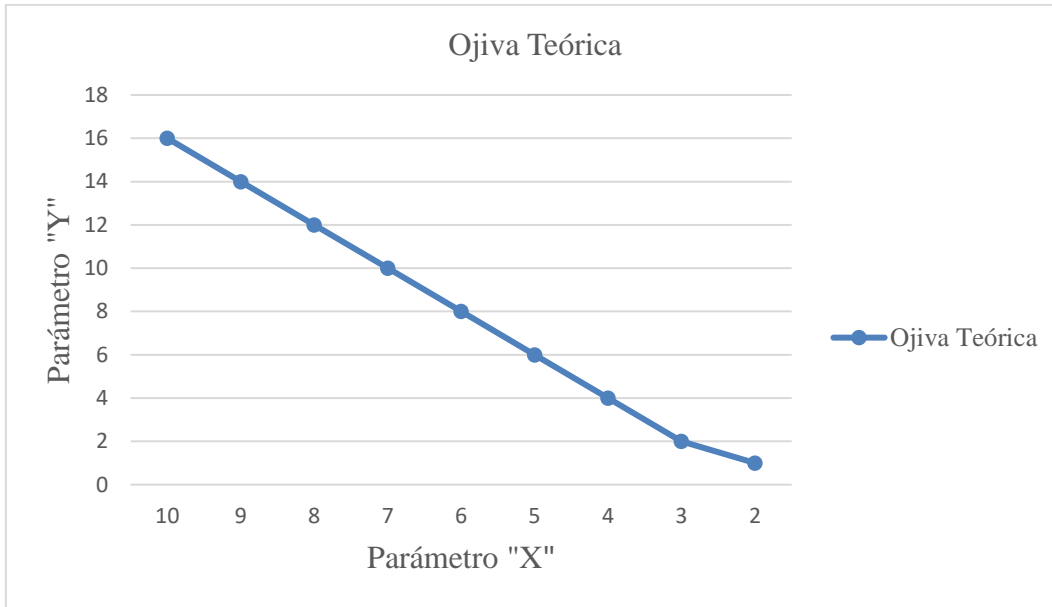


Figura 3: Gráficos Estadísticos

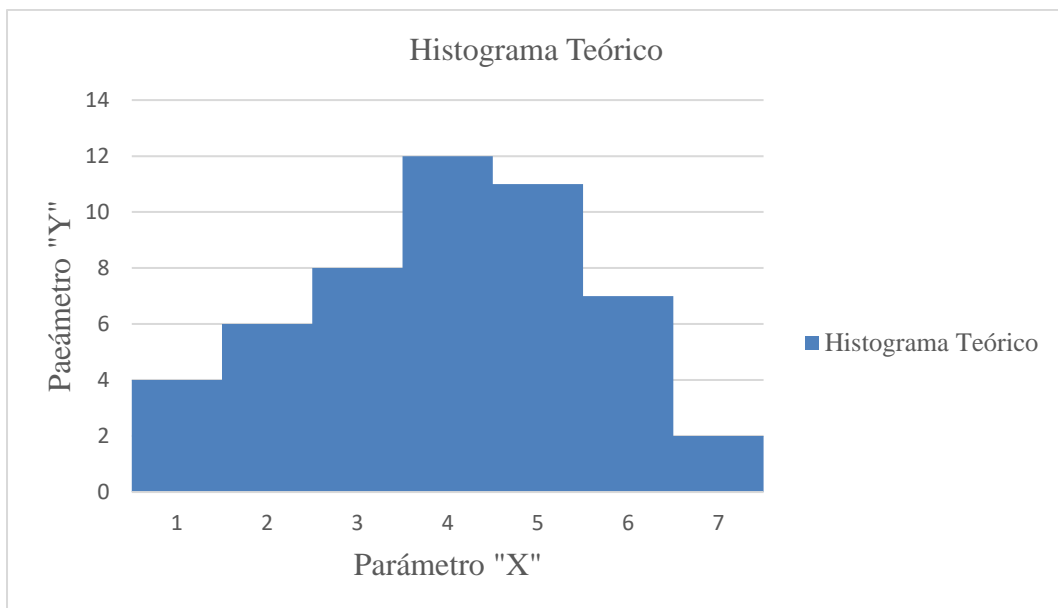


Figura 4: Gráficos Estadísticos

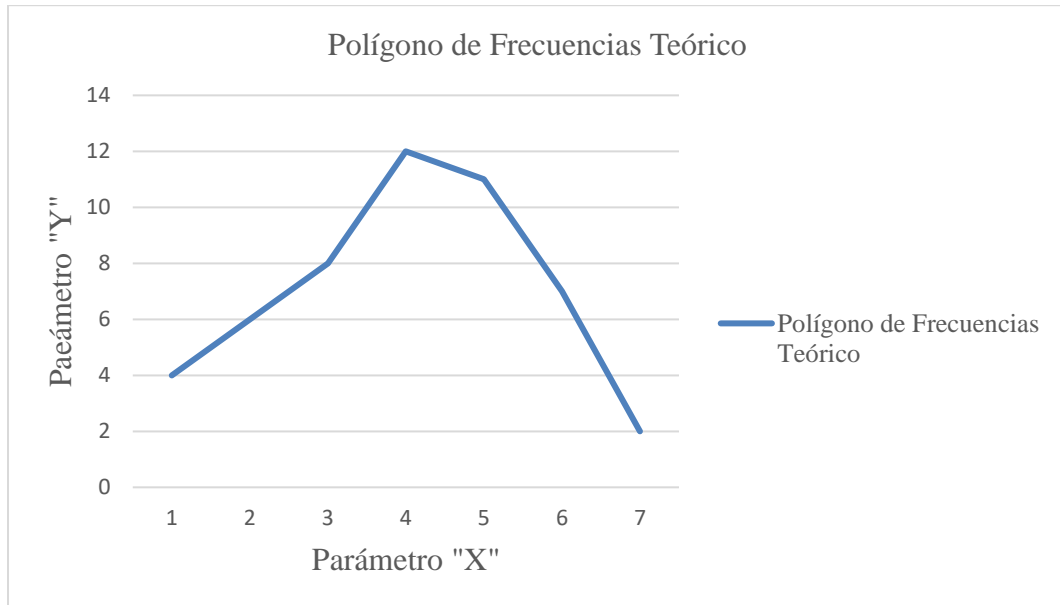


Figura 5: Gráficos Descriptivos

2.7. Procedimiento

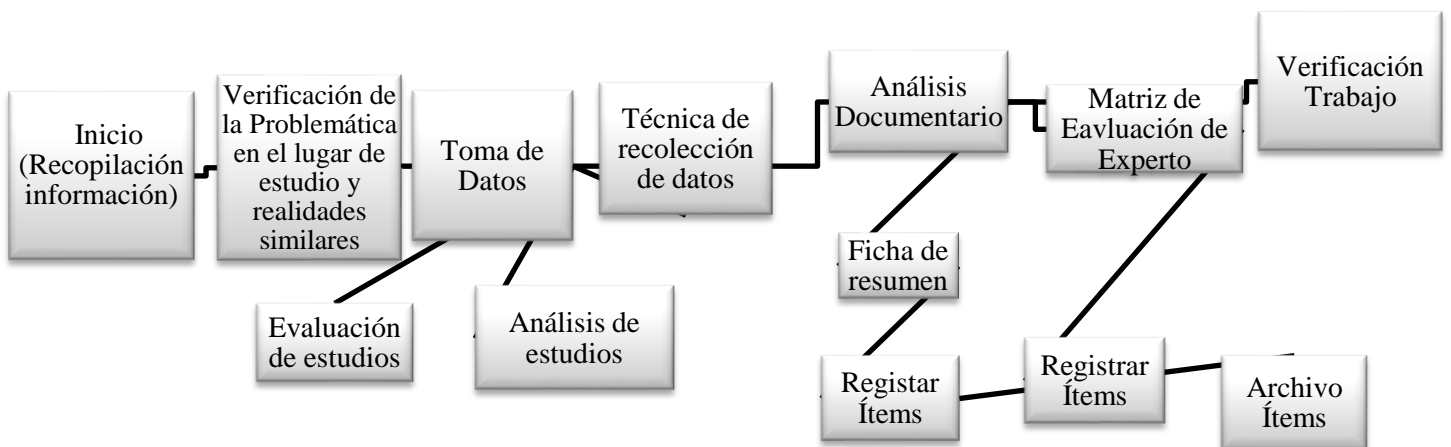


Figura 6: Proceso de selección de datos.

PASO 1: Se recopilará información de fuentes confiables, donde la problemática se asemeje a la del lugar de estudio propio.

PASO 2: Se analizará la situación problemática en el lugar de estudio y realidades similares, dando un énfasis principal en la unidad de estudio. Asimismo, se tomará los datos acerca de la escoria de metales y los ensayos experimentales que recaen sobre la variable de estudio.

PASO 3: En tercer lugar, se contactará a un experto (a), para que nos dé una mejor visión del trabajo que se elaborará, teniendo para ella técnicas e instrumentos de recolección de datos que fortalecerán el objetivo de estudio.

PASO 4: Con todo ello se procederá a recolectar datos.

PASO 5: Se ordenarán los datos mediante impacto para luego seleccionar los más importantes.

PASO 6: Se registrarán los ítems.

ASPECTOS ÉTICOS:

Todo persona y profesional debe actuar éticamente, respetar y dar créditos de los diversos autores que han sido importantes para la búsqueda de información para desarrollar la presente investigación. Toda información redactada ha sido citada con su autor(es) y año respectivo, así como también los diversos anexos de los cuales se extrajo información adicional, todo ello se vio reflejado al momento de que la presente investigación fue sometida a programas de antiplagio, el cual arrojó 13% de similitud con otras fuentes, cabe resaltar que el 30% de las fuentes citadas, corresponden a mi autoría del proyecto de RS (Revisión Sistemática), viéndose aquel valor del 13% disminuido en cierto porcentaje.

2.8. Desarrollo de Tesis

Para el desarrollo de tesis, en primer lugar, se empezó con la recopilación de artículos científicos, tesis y revistas científicas que respondan a nuestra pregunta de investigación y a la vez dar a conocer sobre los diversas terminologías y métodos que recaen sobre las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos que se aplican en el Perú. Los métodos que fueron empleados son los ensayos normalizados y especiales que son propuestos y verificados por la Norma Técnica Peruana (NTP). Asimismo, fue necesario el análisis documentario detallado acerca de los indicadores que tomaba en cuenta cada artículo de investigación (año de publicación, zona de estudio, cantidad de muestras, tema abarcado, clasificación de estudio).

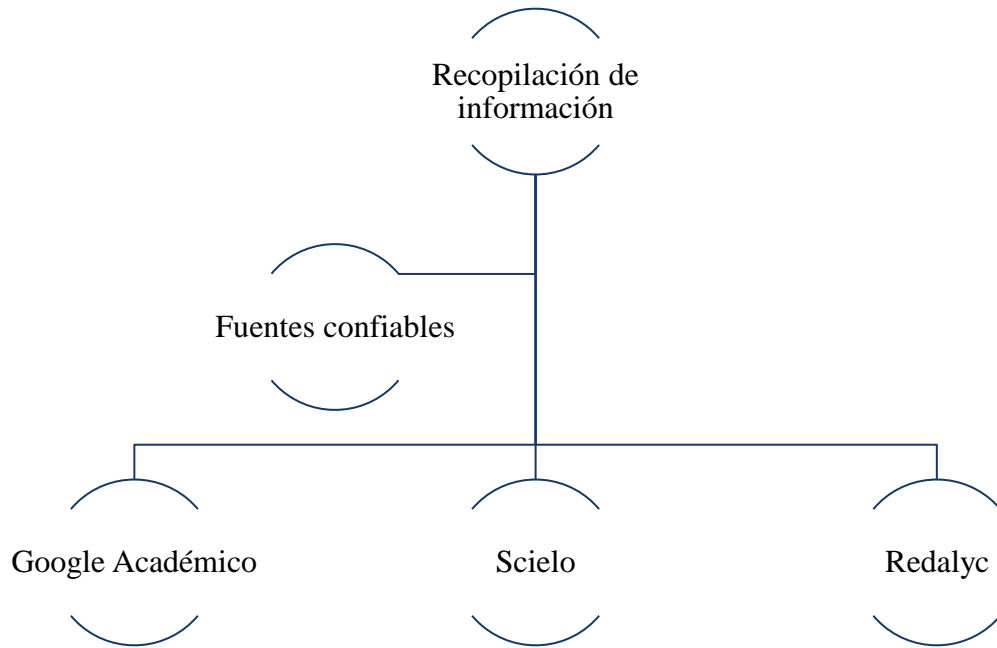


Figura 7: Fuentes de la recopilación de estudios

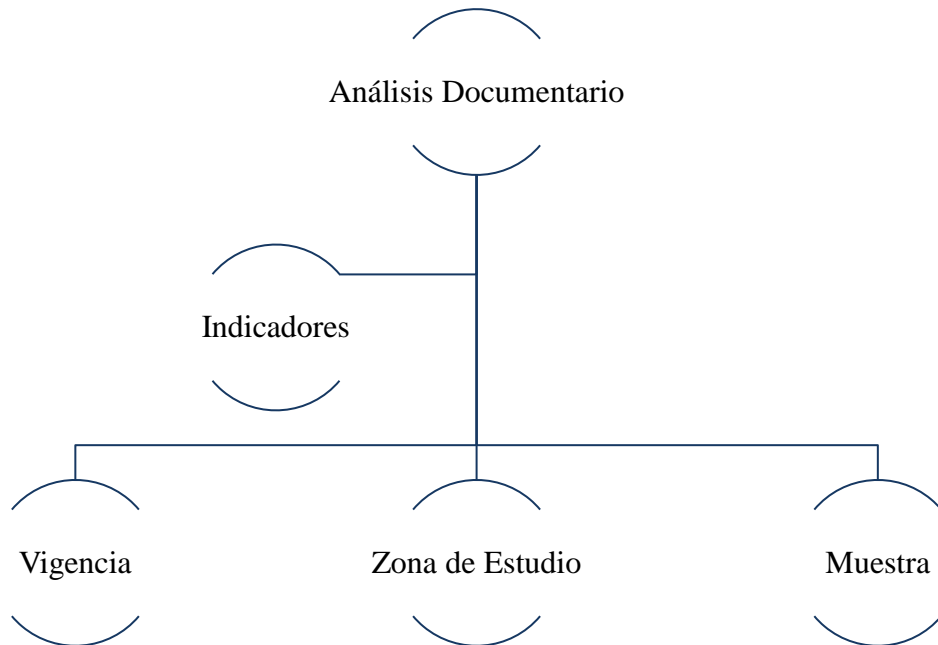


Figura 8: Indicadores de Análisis Documentario

Tabla 29

Recopilación Documentaria

| | | GRANULOMETRÍA | ATTERBERG | SUCS | AASHTO | PROCTOR | CBR |
|-----------------|----------|---------------|-----------|----------|----------|----------|----------|
| | SUELO | - | - | - | - | - | - |
| INVESTIGACIÓN 1 | ESCORIA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA |
| | ADICIÓN | - | - | - | - | - | - |
| | SUELO | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | - | - |
| | MATERIAL | | | | | | |
| INVESTIGACIÓN 2 | GRAN. | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | - | - |
| | ESCORIA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA |
| | ADICIÓN | - | - | - | - | PRESENTA | PRESENTA |
| | SUELO | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA |
| INVESTIGACIÓN 3 | ESCORIA | - | - | - | - | - | - |
| | ADICIÓN | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA |

| | | | | | | |
|-----------------|---------|----------|----------|-----------|----------|----------|
| INVESTIGACIÓN 4 | SUELO | - | PRESENTA | ARCILLOSO | PRESENTA | PRESENTA |
| | ESCORIA | - | - | - | - | - |
| | ADICIÓN | - | PRESENTA | - | - | PRESENTA |
| INVESTIGACIÓN 5 | SUELO | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA |
| | ESCORIA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA |
| | ADICIÓN | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA |
| INVESTIGACIÓN 6 | SUELO | PRESENTA | - | - | - | - |
| | ESCORIA | PRESENTA | - | - | - | - |
| | ADICIÓN | - | - | - | - | - |

Tabla 30

Recopilación documentaria

| | | GRANULOMETRÍA | ATTERBERG | SUCS | AASHTO | PROCTOR | CBR |
|-----------------|---------|---------------|-----------|----------|----------|----------|----------|
| INVESTIGACIÓN 7 | SUELO | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA |
| | ESCORIA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | - | - |

| | | | | | | | |
|------------------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | ADICIÓN | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA |
| | SUELO | - | - | - | - | - | - |
| INVESTIGACIÓN 8 | ESCORIA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | - | - |
| | ADICIÓN | - | - | - | - | PRESENTA | PRESENTA |
| | SUELO | - | - | - | - | - | - |
| INVESTIGACIÓN 9 | ESCORIA | PRESENTA | - | - | - | - | - |
| | ADICIÓN | - | - | - | - | - | - |
| | SUELO | - | - | - | - | - | - |
| INVESTIGACIÓN 10 | ESCORIA | PRESENTA | - | - | - | - | - |
| | ADICIÓN | PRESENTA | - | - | - | - | - |
| | SUELO | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA |
| INVESTIGACIÓN 11 | ESCORIA | - | - | - | - | - | - |
| | ADICIÓN | - | - | - | - | PRESENTA | PRESENTA |
| | SUELO | - | - | - | - | - | - |
| INVESTIGACIÓN 12 | ESCORIA | PRESENTA | - | - | - | - | - |
| | ADICIÓN | - | - | - | - | - | - |

Tabla 31

Recopilación Documentaria

| | | GRANULOMETRÍA | ATTERBERG | SUCS | AASHTO | PROCTOR | CBR |
|------------------|----------------|--|-----------|----------|----------|----------|----------|
| | SUELO | - | - | - | - | - | - |
| INVESTIGACIÓN 13 | ESCORIA | ESTUDIO TEÓRICO DE COMPOSICIÓN DE LAS ESCORIAS | | | | | |
| | ADICIÓN | - | - | - | - | - | - |
| | SUELO | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | - |
| INVESTIGACIÓN 14 | MUESTRA PATRÓN | | | | MP | | |
| | SUELO | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA |
| INVESTIGACIÓN 15 | MUESTRA PATRÓN | | | | MP | | |
| | SUELO | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | - | - |
| INVESTIGACIÓN 16 | MUESTRA PATRÓN | | | | MP | | |
| | SUELO | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA |
| INVESTIGACIÓN 17 | MUESTRA PATRÓN | | | | MP | | |

| | | | | | | | |
|------------------|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| INVESTIGACIÓN 18 | SUELO | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA |
| | MUESTRA PATRÓN | | | | MP | | |
| INVESTIGACIÓN 19 | SUELO | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA |
| | MUESTRA PATRÓN | | | | MP | | |
| INVESTIGACIÓN 20 | SUELO | - | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA |
| | MUESTRA PATRÓN | | | | MP | | |
| INVESTIGACIÓN 21 | SUELO | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA |
| | MUESTRA PATRÓN | | | | MP | | |

Tabla 32

Recopilación Documentaria

| | | GRANULOMETRÍA | ATTERBERG | SUCS | AASHTO | PROCTOR | CBR | |
|------------------|---------|---------------|--|----------|----------|----------|----------|--|
| | SUELO | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | |
| INVESTIGACIÓN 22 | ESCORIA | - | - | - | - | - | - | |
| | ADICIÓN | PRESENTA | PRESENTA | - | - | PRESENTA | PRESENTA | |
| | SUELO | - | - | - | - | - | - | |
| INVESTIGACIÓN 23 | ESCORIA | PRESENTA | | - | - | - | - | |
| | ADICIÓN | - | - | - | - | - | - | |
| | SUELO | - | - | - | - | - | - | |
| INVESTIGACIÓN 24 | ESCORIA | | ESTUDIO TEÓRICO DE COMPOSICIÓN DE LAS ESCORIAS | | | | | |
| | ADICIÓN | - | - | - | - | - | - | |
| | SUELO | - | - | - | - | - | - | |
| INVESTIGACIÓN 25 | ESCORIA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | PRESENTA | - | - | |
| | ADICIÓN | - | - | - | - | - | - | |

Tabla 33

Relación porcentual de investigaciones en base a indicadores

| | | Granulometría | Límites | SUCS | AASHTO | Proctor | CBR |
|-------------------|---------------|---------------|---------|------|--------|---------|-----|
| % INVESTIGACIONES | Suelo Natural | 56% | 60% | 60% | 60% | 52% | 48% |
| | Escoria | 44% | 24% | 24% | 24% | 12% | 12% |
| | Adición | 20% | 20% | 12% | 12% | 32% | 28% |

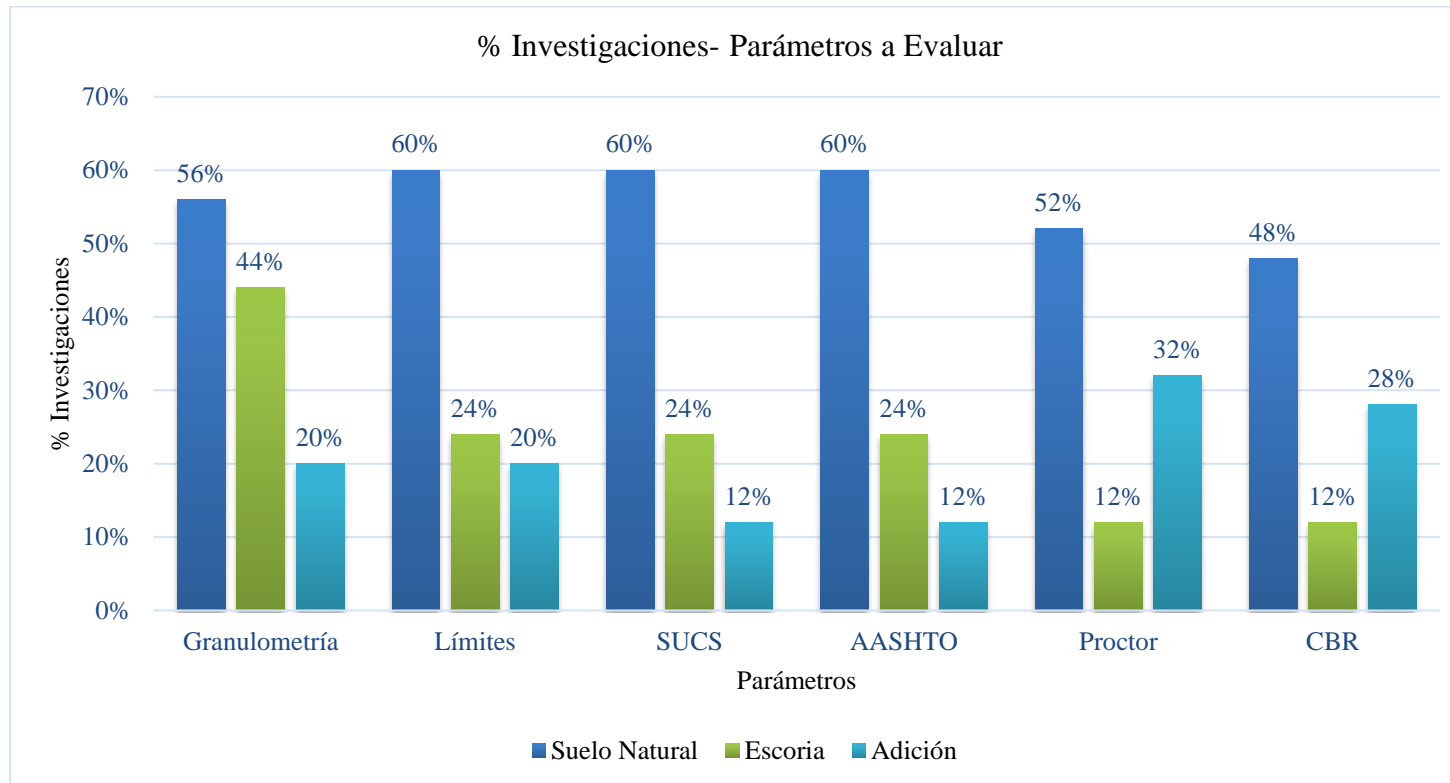


Figura 9: Parámetros a evaluar en base a porcentaje del análisis documental

Tabla 34

Relación porcentual en base a tema abordado

| | C/ESCORIA | MUESTRA PATRÓN |
|-------------------|-----------|----------------|
| % INVESTIGACIONES | 68% | 32% |



Figura 10: Relación porcentual en base a tema abordado

Tabla 35

Relación porcentual de característica general

| | SUELO ARCILLOSO | DESCRIPTIVO ESCORIA |
|-------------------|-----------------|---------------------|
| % INVESTIGACIONES | 84% | 16% |

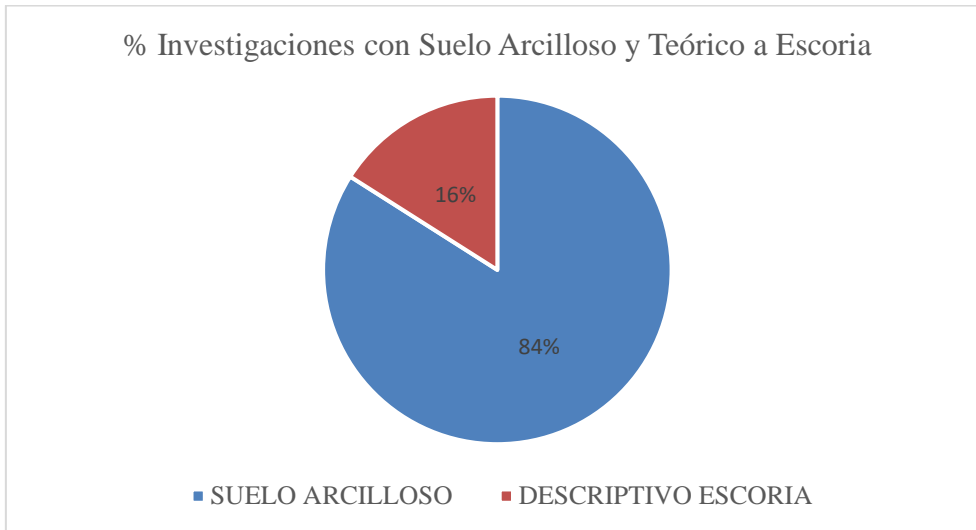


Figura 11: Relación porcentual de característica general

Tabla 36

Relación porcentual de tipo de investigación analizada

| | TESIS | ARTÍCULO CIENTÍFICO |
|----------------|-------|------------------------|
| %INVESTIGACIÓN | 100% | 0% |

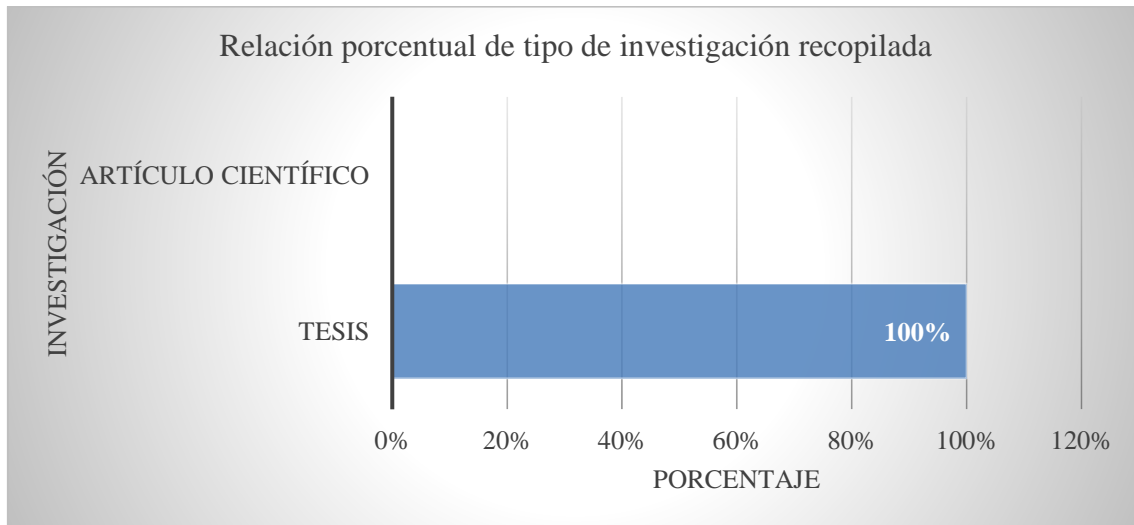


Figura 12: Relación porcentual de tipo de documento analizado

Tabla 37

Relación porcentual de tipo de estabilización

| | ESTAB. QUÍMICA | ESTAB. FÍSICA |
|----------------|-------------------|---------------|
| %INVESTIGACIÓN | 100% | 0% |

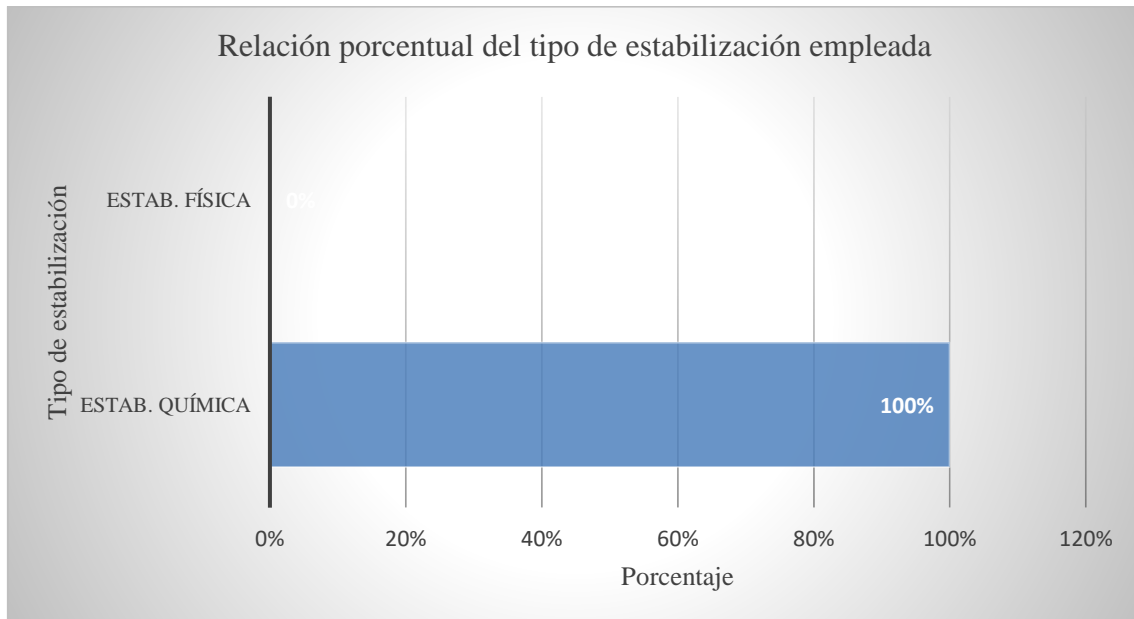


Figura 13: Relación porcentual de tipo de estabilización

Tabla 38

Relación porcentual del año de publicación de investigaciones analizadas

| Año de Publicación de las Investigaciones % | | | | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
| 4.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 4.00% | 4.00% | 20.00% | 20.00% | 24.00% | 24.00% |

Tabla 39

Relación porcentual de zona de estudio

| Zona de estudio de las investigaciones recopiladas (%) | | | | | | | | | | |
|--|--------|----------|-----------|-----|-------|-------------|------|----------|-------|------------|
| DEPARTAMENTO | ÁNCASH | AREQUIPA | CAJAMARCA | ICA | JUNÍN | LA LIBERTAD | LIMA | MOQUEGUA | PASCO | SAN MARTÍN |
| % INVESTIGACIÓN | 19% | 6% | 6% | 6% | 6% | 19% | 19% | 6% | 6% | 6% |

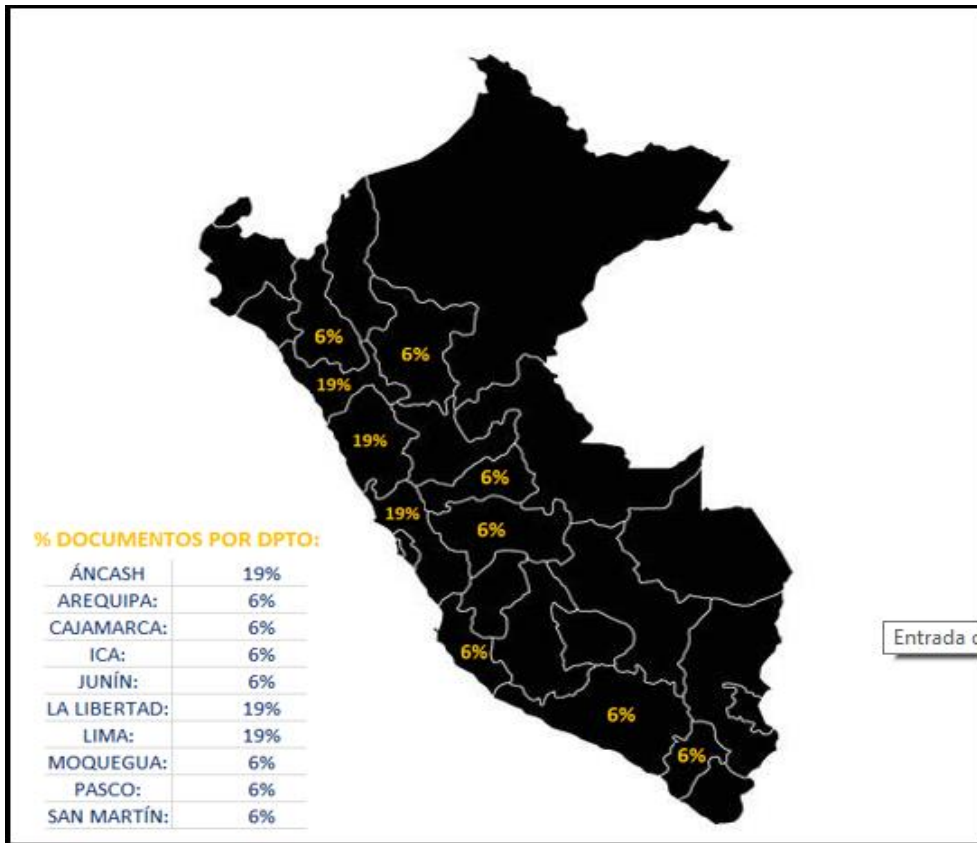


Figura 14: Porcentaje de zona de estudio en Mapa Nacional del Perú

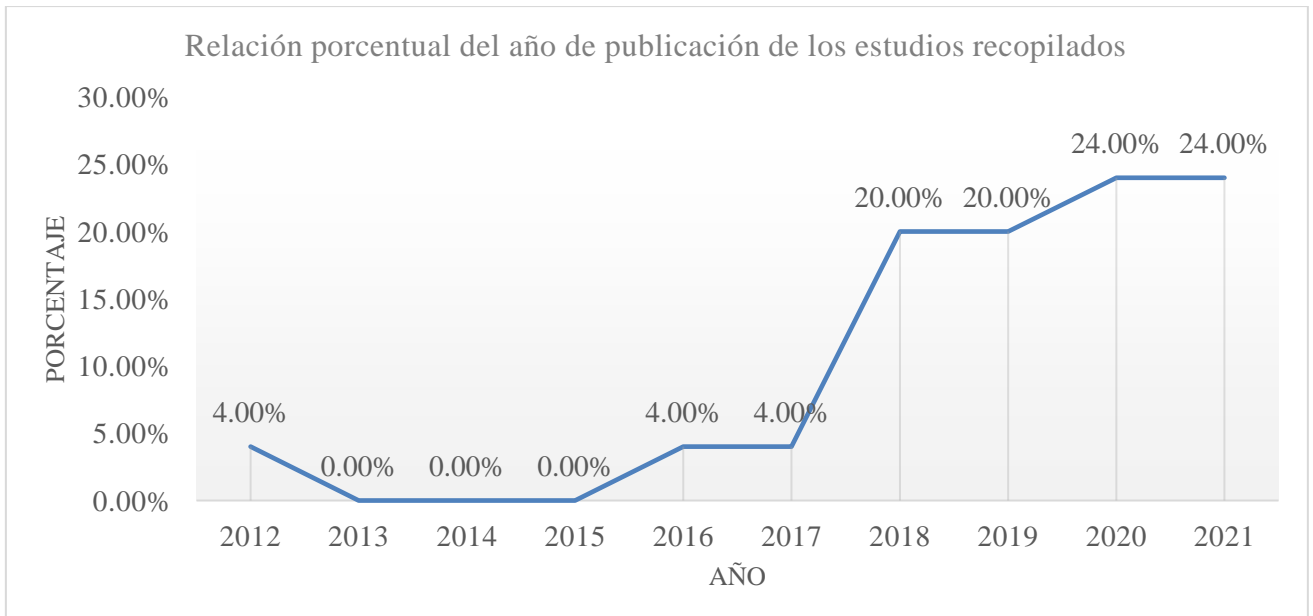


Figura 15: Relación porcentual de año de publicación de estudios analizados

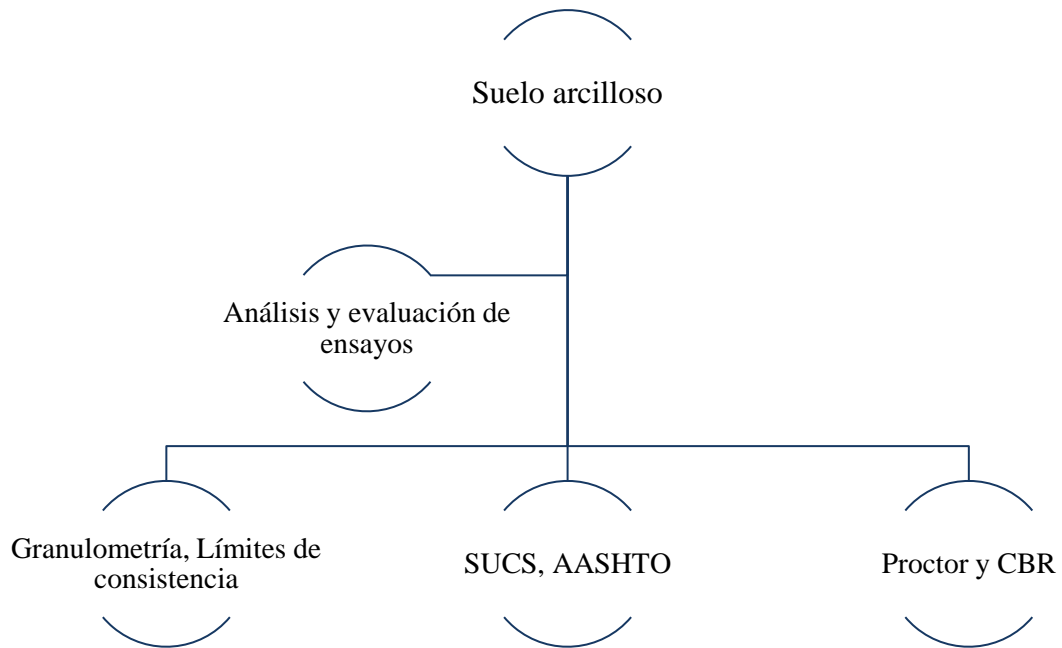


Figura 16: Factores comprendidos en el tema de estudio

En segundo lugar, se tuvo en cuenta materiales, en otras palabras, materias primas que se encuentren a la mano del lugar de estudio. Es decir, Perú es uno de los países que presenta la mayor biodiversidad del mundo, por ende, tenía a su alcance gran cantidad de alternativas que recaerían de buen modo en las propiedades mecánicas de su suelo. Asimismo, se evaluó las principales actividades industriales que hay en la nación, las que presentaron mayor aporte económico fueron la minería, agricultura y ganadería, estos tres factores están vinculados con los residuos y/o subproductos que se tienen al término de sus actividades, por ejemplo, al momento de terminar con los procesos industriales se obtiene un residuo que para mucha es inservible (escoria), hasta este término globalmente es conocido como algo “inservible”. Se buscó darle una reutilización a este residuo para darle un uso desde el punto de vista constructivo, teniendo como principales aliados la minimización ambiental al reutilizar este residuo y una buena alternativa económica.

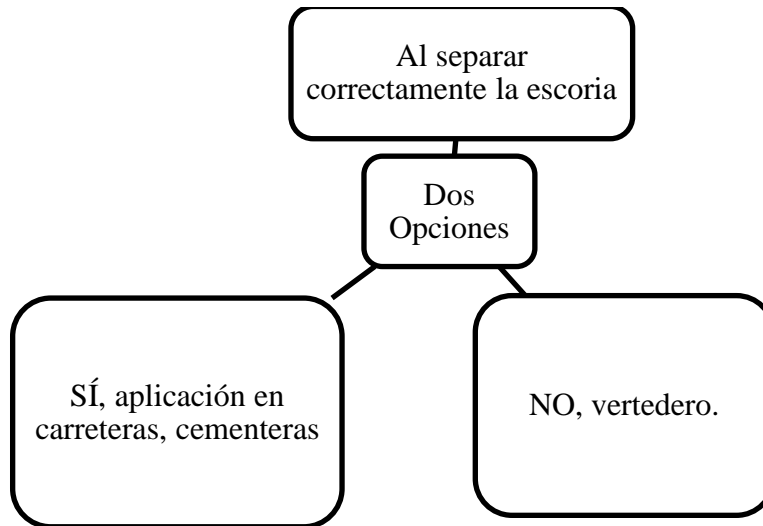


Figura 17: Proceso del acerista

En tercer lugar, mediante la técnica de recolección de datos de análisis documental se elaboró y observaron los diferentes ensayos de laboratorios debidamente sustentados y verificados por las normativas peruanas, se tuvo como esencial idea, evaluar suelos arcillosos, ya que estos al presentar malas propiedades para pavimentación y ser verificado por los ensayos respectivos que se mencionaran posteriormente, se evaluó la idea de dosificarlo con escoria de metales dentro de las cuales se encuentran las escorias de altos hornos, cobre, negra, blanca, hornos eléctricos, etc.

El primer ensayo que se analizó fue el de análisis granulométrico por tamizado, este ensayo consistió principalmente en encontrar cuál es el porcentaje que pasa la malla N°200, así como también el porcentaje que retiene la malla N° 200, en un suelo arcilloso natural, escoria en estado natural y la dosificación de estas dos últimas (suelo arcilloso más diversas adiciones de escoria). Finalmente, con todos esos datos verificados es que se analiza si tras la dosificación respectiva, el porcentaje de gravas, arenas y finos aumenta o decrece para

posteriormente determinar cuál es el porcentaje de variación final de gravas, arenas y finos y con todo estos valores clasificar en rangos de porcentaje de variación teniendo una noción más clara de cómo influye la escoria en un suelo arcilloso granulométricamente hablando.

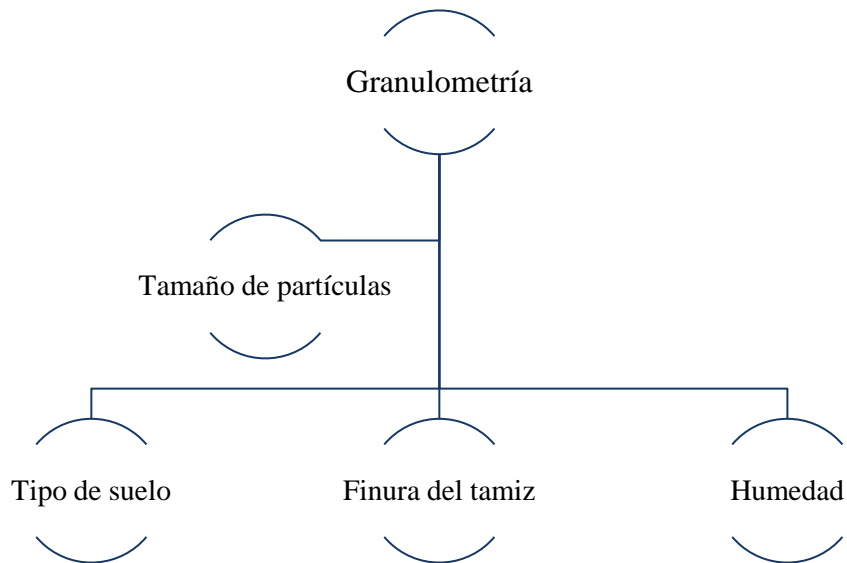


Figura 18: Descripción granulometría

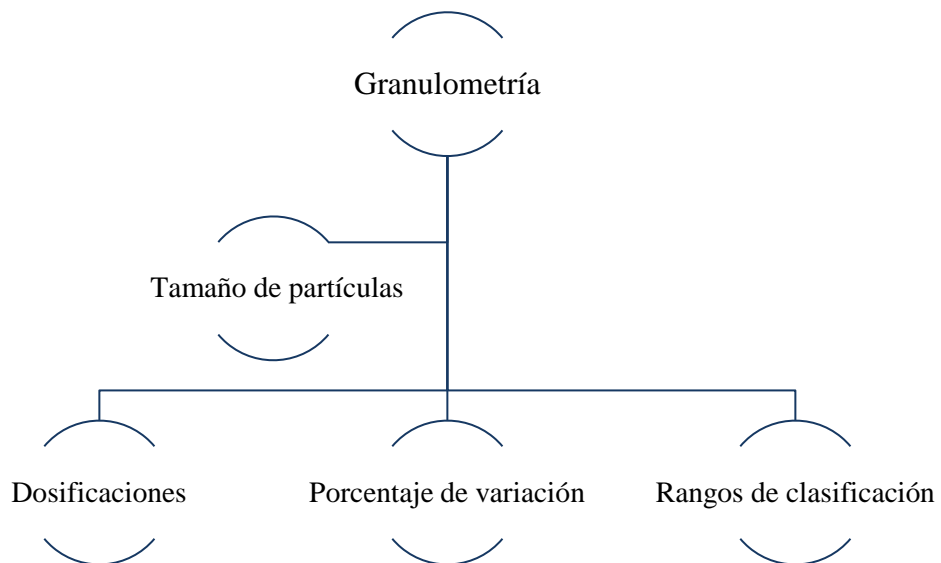


Figura 19: Descripción granulometría con escoria

Seguido a ello, se observará la manera cómo se llevó a cabo la metodología de los resultados que presentaron cada uno de los artículos investigados mediante las técnicas del análisis documental, reflejado en los estudios de investigación recopilados, los parámetros a evaluar fueron todos los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos (granulometría, límites de Atterberg, clasificación SUCS y AASHTO, Proctor y CBR) cabe resaltar que toda la información de las muestras recopiladas se encontrarán a mayor detalle en los anexos de esta investigación. A continuación, se detalla los valores de granulometría.

Tabla 40

Desarrollo de Tesis de los documentos analizados- Granulometría

| INVESTIGACIÓN "A" | | |
|-------------------|---------------------|------------|
| Escoria | % de Grava y Arenas | % de Finos |
| M1 | 99.988% | 0.012% |
| M2 | 99.977% | 0.023% |
| M3 | 99.938% | 0.062% |
| M4 | 99.955% | 0.045% |
| M5 | 99.974% | 0.026% |
| INVESTIGACIÓN "B" | | |
| Suelo | % de Grava y Arenas | % de Finos |
| M1 | 42.700% | 57.300% |
| Escoria + relave | % de Grava y Arenas | % de Finos |
| | 69.280% | 30.720% |
| INVESTIGACIÓN "C" | | |

| Suelo | % de Grava y Arenas | % de Finos |
|-------------------|---------------------|------------|
| M1 | 44.010% | 55.990% |
| Suelo+ Escoria | % de Grava y Arenas | % de Finos |
| +7.5% | 56.030% | 43.970% |
| +15% | 55.880% | 44.120% |
| +22.5% | 60.090% | 39.910% |
| INVESTIGACIÓN "D" | | |
| Suelo | % de Grava y Arenas | % de Finos |
| M1 | 39.800% | 60.200% |
| Escoria | % de Grava y Arenas | % de Finos |
| M1 | 95.800% | 4.200% |
| Suelo+ Escoria | % de Grava y Arenas | % de Finos |
| +10% | 44.700% | 55.300% |
| +20% | 55.000% | 45.000% |
| +30% | 57.800% | 42.200% |
| +40% | 61.700% | 38.300% |
| INVESTIGACIÓN "E" | | |
| Escoria | % de Grava y Arenas | % de Finos |
| M1 | 94.300% | 5.700% |
| INVESTIGACIÓN "F" | | |
| Suelo | % de Grava y Arenas | % de Finos |
| M1 | 33.300% | 66.700% |

| Escoria | % de Grava y Arenas | % de Finos |
|--------------------------|---------------------|------------|
| M1 | 100.000% | 0.000% |
| Suelo+ Escoria | % de Grava y Arenas | % de Finos |
| +6% | 37.300% | 62.700% |
| +8% | 38.600% | 61.400% |
| +10% | 40.000% | 60.000% |
| INVESTIGACIÓN "G" | | |
| Escoria | % de Grava y Arenas | % de Finos |
| M1 | 99.860% | 0.140% |
| INVESTIGACIÓN "H" | | |
| Escoria | % de Grava y Arenas | % de Finos |
| M1 | 100.000% | 0.000% |
| M2 | 100.000% | 0.000% |
| M3 | 100.000% | 0.000% |
| INVESTIGACIÓN "I" | | |
| Escoria | % de Grava y Arenas | % de Finos |
| M1 | 99.877% | 0.123% |
| INVESTIGACIÓN "J" | | |
| Suelo | % de Grava y Arenas | % de Finos |
| M1 | 77.930% | 22.070% |
| INVESTIGACIÓN "K" | | |
| Escoria | % de Grava y Arenas | % de Finos |

| | | |
|-------------------|---------------------|------------|
| M1 | 100.000% | 0.000% |
| INVESTIGACIÓN "L" | | |
| Suelo | % de Grava y Arenas | % de Finos |
| M1 | 1.900% | 98.100% |
| INVESTIGACIÓN "M" | | |
| Suelo | % de Grava y Arenas | % de Finos |
| M1 | 8.130% | 91.870% |
| M2 | 24.600% | 75.400% |
| M3 | 48.490% | 51.510% |
| INVESTIGACIÓN "N" | | |
| Suelo | % de Grava y Arenas | % de Finos |
| M1 | 35.930% | 64.070% |
| INVESTIGACIÓN "O" | | |
| Suelo | % de Grava y Arenas | % de Finos |
| M1 | 49.000% | 51.000% |
| INVESTIGACIÓN "P" | | |
| Suelo | % de Grava y Arenas | % de Finos |
| M1 | 41.270% | 58.730% |
| M2 | 38.670% | 61.330% |
| M3 | 43.800% | 56.200% |
| M4 | 44.490% | 55.510% |
| M5 | 47.820% | 52.180% |

| | | |
|-----|---------|---------|
| M6 | 47.510% | 52.490% |
| M7 | 67.060% | 32.940% |
| M8 | 48.970% | 51.030% |
| M9 | 28.980% | 71.020% |
| M10 | 42.460% | 57.540% |
| M11 | 34.110% | 65.890% |

INVESTIGACIÓN "Q"

| Suelo | % de Grava y Arenas | % de Finos |
|-------|---------------------|------------|
| M1 | 57.840% | 42.160% |
| M2 | 68.960% | 31.040% |

INVESTIGACIÓN "R"

| Suelo | % de Grava y Arenas | % de Finos |
|----------------|---------------------|------------|
| M1 | 88.950% | 11.050% |
| Suelo+ Escoria | % de Grava y Arenas | % de Finos |
| +15% | 90.230% | 9.770% |
| +25% | 91.520% | 8.480% |
| +40% | 99.290% | 0.710% |

INVESTIGACIÓN "S"

| Escoria | % de Grava y Arenas | % de Finos |
|---------|---------------------|------------|
| M1 | 100.000% | 0.000% |
| M2 | 100.000% | 0.000% |

INVESTIGACIÓN "T"

| Escoria | % de Grava y Arenas | % de Finos |
|---------|---------------------|------------|
| M1 | 94.980% | 5.020% |

Seguidamente se analizó los límites de consistencia, dónde esencialmente se observa cuán plástico es el suelo arcilloso natural, escoria (si es que es el caso), así como también el suelo arcilloso más las diversas dosificaciones con escoria de metales, cabe resaltar que la escoria al momento de ser evaluada por este ensayo, en la mayoría de situaciones representa un valor “NO PLÁSTICO”, debido a las propiedades granulares que posee. En este ensayo se identificaron tres factores de suma importancia que son el Límite Líquido (LL), Límite Plástico (LP) y el Índice de Plasticidad (IP), con estos tres factores es que se analizó cuál es el coeficiente de plasticidad del suelo en su estado natural, escoria y dosificaciones. El aporte que se brinda es analizar el porcentaje de variación plásticamente hablando del suelo mediante la dosificación de los tipos de escoria y cuál es la evolución de la finura del suelo (<50% y de <50% A >50%), al añadir escoria al suelo, es decir, determinar si la variable dependiente evoluciona de ser un suelo fino a un suelo grueso, por otro lado se evalúa el coeficiente del índice de plasticidad (IP) de las dosificaciones para clasificarlo mediante factores de plasticidad (alta, media, baja no plástico) y su respectiva característica plástica, en otras palabras analizar el crecimiento de plasticidad y la denominación del suelo. Por último, se analizó la variabilidad porcentual que sufre cada uno de los tres factores de importancia donde se evidenció con mayor claridad el impacto que provoca la dosificación de escorias en los suelos que se evaluaron.

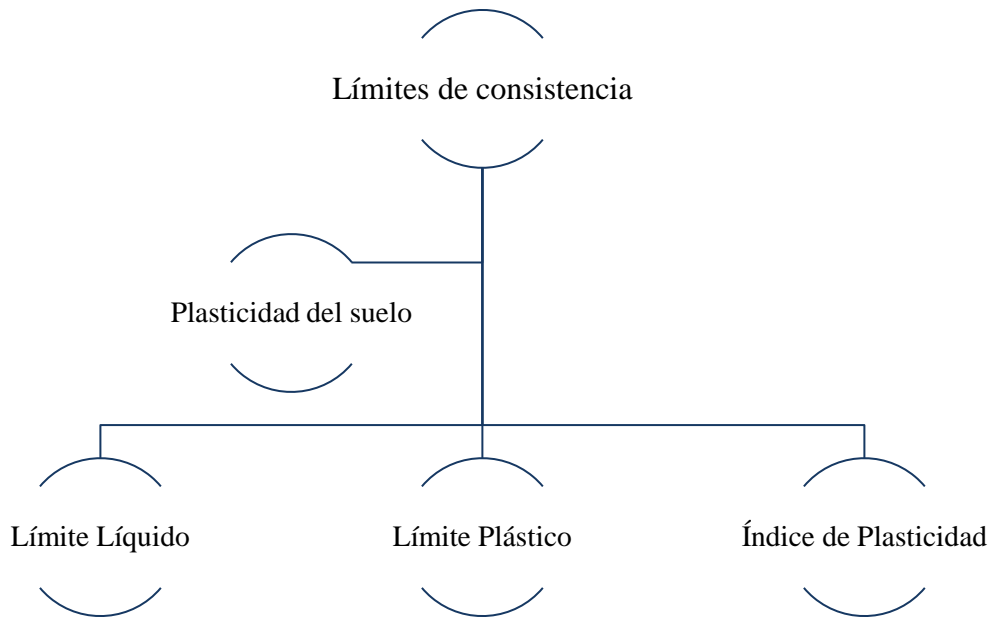


Figura 20: Descripción Límites de Consistencia

Seguido a ello, se observará la manera cómo se llevó a cabo la metodología de los resultados que presentaron cada uno de los artículos investigados mediante las técnicas del análisis documental, reflejado en los estudios de investigación recopilados, los parámetros a evaluar fueron todos los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos (granulometría, límites de Atterberg, clasificación SUCS y AASHTO, Proctor y CBR) cabe resaltar que toda la información de las muestras recopiladas se encontrarán a mayor detalle en los anexos de esta investigación. A continuación, se detalla los valores de límites de Atterberg.

Tabla 41

Desarrollo de Tesis de los documentos analizados- Límites de Atterberg

| INVESTIGACIÓN "A" | | | |
|-------------------|--------|--------|--------|
| Escoria | LL (%) | LP (%) | IP (%) |

| | | | |
|----|----|----|----|
| M1 | NP | NP | NP |
| M2 | NP | NP | NP |
| M3 | NP | NP | NP |
| M4 | NP | NP | NP |
| M5 | NP | NP | NP |

INVESTIGACIÓN "B"

| | | | |
|------------------|--------|--------|--------|
| Suelo | LL (%) | LP (%) | IP (%) |
| M1 | 42% | 20% | 22% |
| Escoria + relave | LL (%) | LP (%) | IP (%) |
| M1 | 37% | 13% | 14% |

INVESTIGACIÓN "C"

| | | | |
|---------------|--------|--------|--------|
| Suelo | LL (%) | LP (%) | IP (%) |
| M1 | 51% | 24% | 27% |
| Suelo+Escoria | LL (%) | LP (%) | IP (%) |
| +7.5% | 47% | 23% | 24% |
| +15% | 46% | 22% | 24% |
| +22.5% | 47% | 23% | 24% |

INVESTIGACIÓN "D"

| | | | |
|------------------|--------|--------|--------|
| Suelo | LL (%) | LP (%) | IP (%) |
| M1 | 55.2% | 28.2% | 27% |
| Suelo+ Escoria | LL (%) | LP (%) | IP (%) |
| 90% S y 10% esc. | 53.20% | 27.8% | 25.3% |

| | | | |
|------------------|--------|--------|--------|
| 80% S y 20% esc. | 46.0% | 26.0% | 20% |
| 70% S y 30% esc. | 40.20% | 24.0% | 16.2% |
| 60% S y 40% esc. | 35.90% | 20.70% | 15.20% |

INVESTIGACIÓN "E"

| | | | |
|----------------|--------|--------|--------|
| Suelo | LL (%) | LP (%) | IP (%) |
| M1 | 29.6% | 18.2% | 11.5% |
| Escoria | LL (%) | LP (%) | IP (%) |
| M1 | 25.0% | NP | NP |
| Suelo+ Escoria | LL (%) | LP (%) | IP (%) |
| 10% esc. | 29.4% | 19% | 10.61% |
| 20% esc. | 28.5% | 19.21% | 9.29% |
| 30% esc. | 27.84% | 20.08% | 7.76% |
| 40% esc. | 26.66% | 20.56% | 6.10% |

INVESTIGACIÓN "F"

| | | | |
|----------------|--------|--------|--------|
| Suelo | LL (%) | LP (%) | IP (%) |
| M1 | 28.0% | 14.0% | 14.0% |
| Escoria | LL (%) | LP (%) | IP (%) |
| M1 | NP | NP | NP |
| Suelo+ Escoria | LL (%) | LP (%) | IP (%) |
| 6% esc. | 28.0% | 14.0% | 14.0% |
| 8% esc. | 28.0% | 14.0% | 14.0% |
| 10% esc. | 28.0% | 14.0% | 14.0% |

INVESTIGACIÓN "G"

| Escoria | LL (%) | LP (%) | IP (%) |
|---------|--------|--------|--------|
| M1 | NP | NP | NP |

INVESTIGACIÓN "H"

| Suelo | LL (%) | LP (%) | IP (%) |
|-------|--------|--------|--------|
| M1 | 25.88% | 19.14% | 6.74% |

INVESTIGACIÓN "I"

| Suelo | LL (%) | LP (%) | IP (%) |
|-------|--------|--------|--------|
| M1 | 47.00% | 23.00% | 24.00% |

INVESTIGACIÓN "J"

| Suelo | LL (%) | LP (%) | IP (%) |
|-------|--------|--------|--------|
| M1 | 22.00% | 20.00% | 2.00% |

INVESTIGACIÓN "K"

| Suelo | LL (%) | LP (%) | IP (%) |
|-------|--------|--------|--------|
| M1 | 51.82% | 33.20% | 18.62% |
| M2 | 51.00% | 33.00% | 18.00% |
| M3 | 85.15% | 65.28% | 19.87% |

INVESTIGACIÓN "L"

| Suelo | LL (%) | LP (%) | IP (%) |
|-------|--------|--------|--------|
| M1 | 39.50% | 25.87% | 13.63% |
| M2 | 39.60% | 26.90% | 12.70% |
| M3 | 40.50% | 27.50% | 13.00% |

| | | | |
|----|--------|--------|--------|
| M4 | 38.60% | 23.90% | 14.70% |
|----|--------|--------|--------|

| | | | |
|----|--------|--------|--------|
| M5 | 38.40% | 24.70% | 13.70% |
|----|--------|--------|--------|

INVESTIGACIÓN "M"

| | | | |
|-------|--------|--------|--------|
| Suelo | LL (%) | LP (%) | IP (%) |
|-------|--------|--------|--------|

| | | | |
|----|--------|--------|-------|
| M1 | 22.00% | 16.00% | 6.00% |
|----|--------|--------|-------|

INVESTIGACIÓN "N"

| | | | |
|-------|--------|--------|--------|
| Suelo | LL (%) | LP (%) | IP (%) |
|-------|--------|--------|--------|

| | | | |
|----|--|--|--------|
| M1 | | | 29.25% |
|----|--|--|--------|

| | | | |
|----|--|--|--------|
| M2 | | | 27.28% |
|----|--|--|--------|

| | | | |
|----|--|--|--------|
| M3 | | | 11.73% |
|----|--|--|--------|

| | | | |
|----|--|--|--------|
| M4 | | | 22.27% |
|----|--|--|--------|

| | | | |
|----|--|--|--------|
| M5 | | | 23.03% |
|----|--|--|--------|

| | | | |
|----|---------------|--|--------|
| M6 | SOLO PRESENTA | | 15.71% |
|----|---------------|--|--------|

| | | | |
|----|----|--|--------|
| M7 | IP | | 16.32% |
|----|----|--|--------|

| | | | |
|----|--|--|--------|
| M8 | | | 23.30% |
|----|--|--|--------|

| | | | |
|----|--|--|-------|
| M9 | | | 9.34% |
|----|--|--|-------|

| | | | |
|-----|--|--|-------|
| M10 | | | 8.52% |
|-----|--|--|-------|

| | | | |
|-----|--|--|--------|
| M11 | | | 17.84% |
|-----|--|--|--------|

INVESTIGACIÓN "O"

| | | | |
|-------|--------|--------|--------|
| Suelo | LL (%) | LP (%) | IP (%) |
|-------|--------|--------|--------|

| | | | |
|----|--------|--------|--------|
| M1 | 35.57% | 21.26% | 14.31% |
|----|--------|--------|--------|

INVESTIGACIÓN "P"

| Suelo | LL (%) | LP (%) | IP (%) |
|-------|--------|--------|--------|
| M1 | 22.70% | 21.60% | 1.10% |
| M2 | 24.30% | 21.60% | 4.30% |

INVESTIGACIÓN "Q"

| Suelo | LL (%) | LP (%) | IP (%) |
|----------------|--------|--------|--------|
| C-04 | NP | NP | NP |
| Suelo+ Escoria | LL (%) | LP (%) | IP (%) |
| +15% esc. | NP | NP | NP |
| +25% esc. | NP | NP | NP |
| +40% esc. | NP | NP | NP |

INVESTIGACIÓN "R"

| Escoria | LL (%) | LP (%) | IP (%) |
|---------|--------|--------|--------|
| M1 | 21.48% | NP | NP |

En cuarto lugar, se analizó la clasificación del suelo de acorde a su granulometría y a su plasticidad, es por ello que se recurre a las normas universales de clasificación de suelo SUCS y AASHTO, estas instituciones clasifican al suelo de acorde a su diámetro en 4 etapas: gravas, arenas limos y arcillas, estos dos últimos lo consideran como granos finos. De acuerdo a los resultados de los estudios es que se obtiene la clasificación SUCS y AASHTO, del suelo arcilloso, escoria y suelo más dosificaciones de escoria. Esta investigación analiza rigurosamente el porcentaje, descripción, generalización del tipo de suelo mediante la clasificación SUCS del suelo arcilloso natural y escoria natural. Además, analiza el porcentaje, descripción y terreno de fundación mediante la clasificación AASHTO, del suelo

arcilloso natural y escoria natural. En cuanto a la adición (suelo arcilloso más escoria), se analiza la evolución del suelo dosificado en porcentaje mediante la clasificación SUCS y AASHTO, convirtiéndolo así en un suelo rumbo a la aptitud para su uso en obras civiles. El aporte que se dio en la clasificación de suelos SUCS y AASHTO fue clasificar al suelo mediante el tipo de material, calidad, descripción y generalización teórica en los aspectos previamente mencionados.

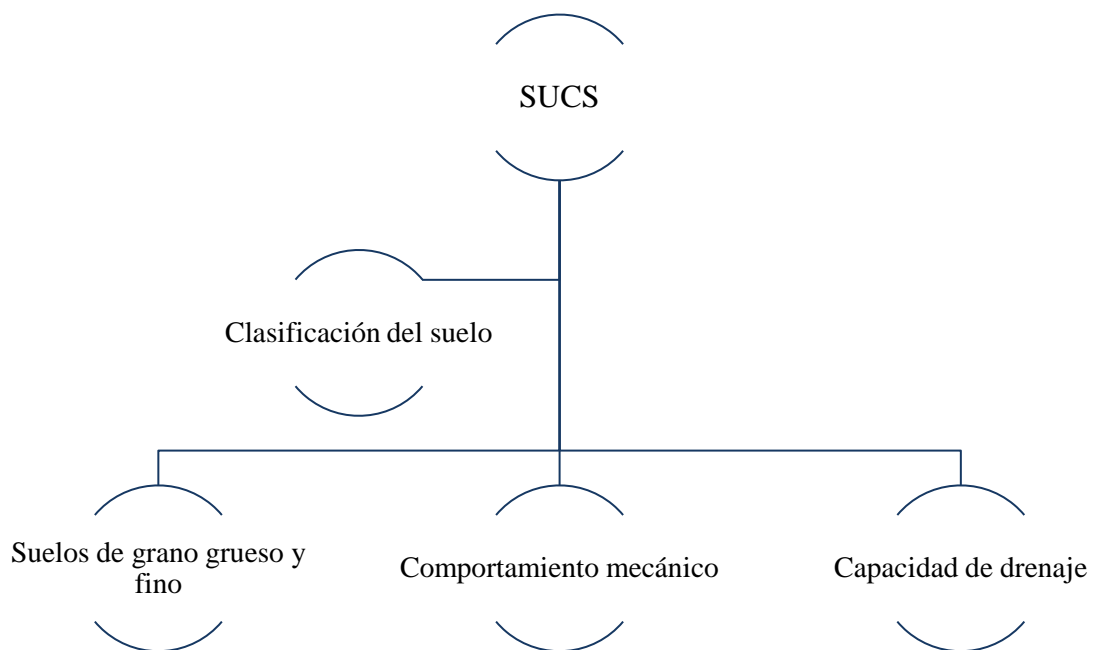


Figura 21: Descripción SUCS

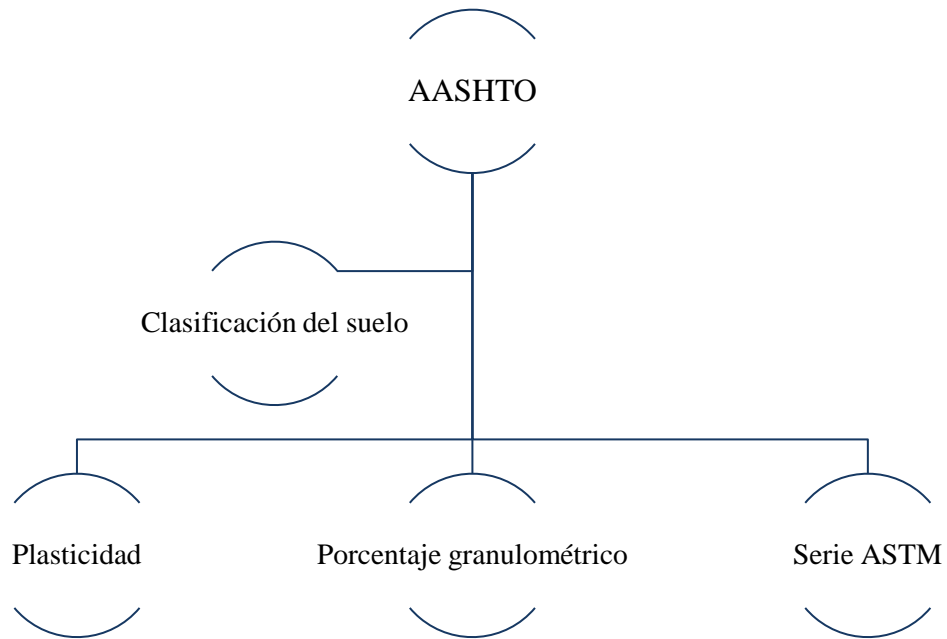


Figura 22: Descripción AASHTO

Seguido a ello, se observará la manera cómo se llevó a cabo la metodología de los resultados que presentaron cada uno de los artículos investigados mediante las técnicas del análisis documental, reflejado en los estudios de investigación recopilados, los parámetros a evaluar fueron todos los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos (granulometría, límites de Atterberg, clasificación SUCS y AASHTO, Proctor y CBR) cabe resaltar que toda la información de las muestras recopiladas se encontrarán a mayor detalle en los anexos de esta investigación. A continuación, se detalla los valores de la clasificación SUCS y AASHTO.

Tabla 42

Desarrollo de Tesis de los documentos analizados- Clasificación SUCS y AASHTO

| INVESTIGACIÓN "A" | | |
|-------------------|------|------------|
| Escoria | SUCS | AASHTO |
| M1 | SW | A-1-a |
| M2 | SW | A-1-a |
| M3 | SW | A-1-a |
| M4 | SW | A-1-a |
| M5 | SW | A-1-a |
| INVESTIGACIÓN "B" | | |
| Suelo | SUCS | AASHTO |
| M1 | CL | A-7-6 |
| Escoria + relave | SUCS | AASHTO |
| M1 | SC | A-2-6 |
| INVESTIGACIÓN "C" | | |
| Suelo | SUCS | AASHTO |
| M1 | CH | A-7-6 (12) |
| Suelo+Escoria | SUCS | AASHTO |
| +7.5% | SC | A-7-6 (6) |
| +15% | SC | A-7-6 (6) |
| +22.5% | SC | A-7-6 (5) |
| INVESTIGACIÓN "D" | | |

| | | |
|-------------------|-------|------------|
| Suelo | SUCS | AASHTO |
| M1 | CH | A-7-6 (12) |
| INVESTIGACIÓN "E" | | |
| Suelo | SUCS | AASHTO |
| M1 | CL | A-6 (6) |
| Escoria | SUCS | AASHTO |
| M1 | GP | A-1-a (0) |
| Suelo+ Escoria | SUCS | AASHTO |
| 10% esc. | CL | A-6 (4) |
| 20% esc. | SC | A-4 (2) |
| 30% esc. | SC | A-4 (1) |
| 40% esc. | SC-SM | A-4 (1) |
| INVESTIGACIÓN "F" | | |
| Suelo | SUCS | AASHTO |
| M1 | CL | A-6 (7) |
| Escoria | SUCS | AASHTO |
| M1 | SP | A-1-b (0) |
| Suelo+ Escoria | SUCS | AASHTO |
| 6% esc. | CL | A-6 (6) |
| 8% esc. | CL | A-6 (6) |
| 10% esc. | CL | A-6 (5) |
| INVESTIGACIÓN "G" | | |

| Escoria | SUCS | AASHTO |
|-------------------|-------|------------|
| M1 | GP | A-1-a (0) |
| INVESTIGACIÓN "H" | | |
| Suelo | SUCS | AASHTO |
| M1 | SC-SM | A-2-4 (0) |
| INVESTIGACIÓN "I" | | |
| Suelo | SUCS | AASHTO |
| M1 | CL | A-7-6 (26) |
| INVESTIGACIÓN "J" | | |
| Suelo | SUCS | AASHTO |
| M1 | SM | A-1-b (0) |
| INVESTIGACIÓN "K" | | |
| Suelo | SUCS | AASHTO |
| M1 | MH | A-7-5 (14) |
| M2 | OH | A-7-5 (13) |
| M3 | CH | A-7-5 (18) |
| INVESTIGACIÓN "L" | | |
| Suelo | SUCS | AASHTO |
| M1 | CL | A-6 (9) |
| M2 | ML | A-6 (7) |
| M3 | ML | A-7-6 (9) |
| M4 | CL | A-6 (9) |

| | | |
|-------------------|-------|---------|
| M5 | CL | A-6 (5) |
| INVESTIGACIÓN "M" | | |
| Suelo | SUCS | AASHTO |
| M1 | CL-ML | A-4 (3) |
| INVESTIGACIÓN "N" | | |
| Suelo | SUCS | AASHTO |
| M1 | SC | A-2 |
| M2 | SC | A-7-6 |
| M3 | SC | A-7-6 |
| M4 | CL | A-7-6 |
| M5 | CL | A-7-6 |
| M6 | CL | A-7-6 |
| M7 | CH | A-7-6 |
| M8 | CH | A-7-6 |
| M9 | ML | A-7-5 |
| M10 | ML | A-7-5 |
| M11 | ML | A-7-6 |
| INVESTIGACIÓN "O" | | |
| Suelo | SUCS | AASHTO |
| M1 | CL | A-6 |
| INVESTIGACIÓN "P" | | |
| Suelo | SUCS | AASHTO |

| | | |
|-------------------|-------|-----------|
| M1 | SM | A-4 |
| M 2 | SC-SM | A-2-4 (0) |
| INVESTIGACIÓN "Q" | | |
| Suelo | SUCS | AASHTO |
| C-04 | SP-SM | A-2-4 (0) |
| INVESTIGACIÓN "R" | | |
| Escoria | SUCS | AASHTO |
| M1 | GW-GM | A-1-a (0) |

Seguidamente se analizó el proctor modificado tanto en suelo arcilloso, escoria y dosificaciones, el cual consiste en un proceso para aumentar la densidad de suelo arcilloso aplicando en él una fuerza estándar. Asimismo, sirvió para aumentar el rozamiento interno de partículas que, mediante los golpes dados, disminuyó el porcentaje de vacíos, donde se convirtió el suelo a que presente tendencia a la impermeabilización. En dicho ensayo son de vital importancia dos factores la MDS (máxima densidad seca) y el OCH (óptimo contenido de humedad). En este tipo de suelo, las gráficas proctor de suelo de los diversos estudios tienen pendientes muy pronunciadas, en otras palabras, es notoria la tendencia la sensibilidad del suelo a cambios de humedad. El aporte fue que se analizó los rangos de porcentaje de variabilidad en MDS Y OCH con respecto al suelo arcilloso y este último más dosificaciones de escoria, para posteriormente clasificarlo en rangos de porcentaje de variabilidad para tener una noción más clara de cómo influye la escoria en los parámetros de MDS Y OCH del suelo arcilloso, por último, se analizó la relación porcentual de efectividad del crecimiento de MDS y reducción de OCH al adicionar escoria al suelo.

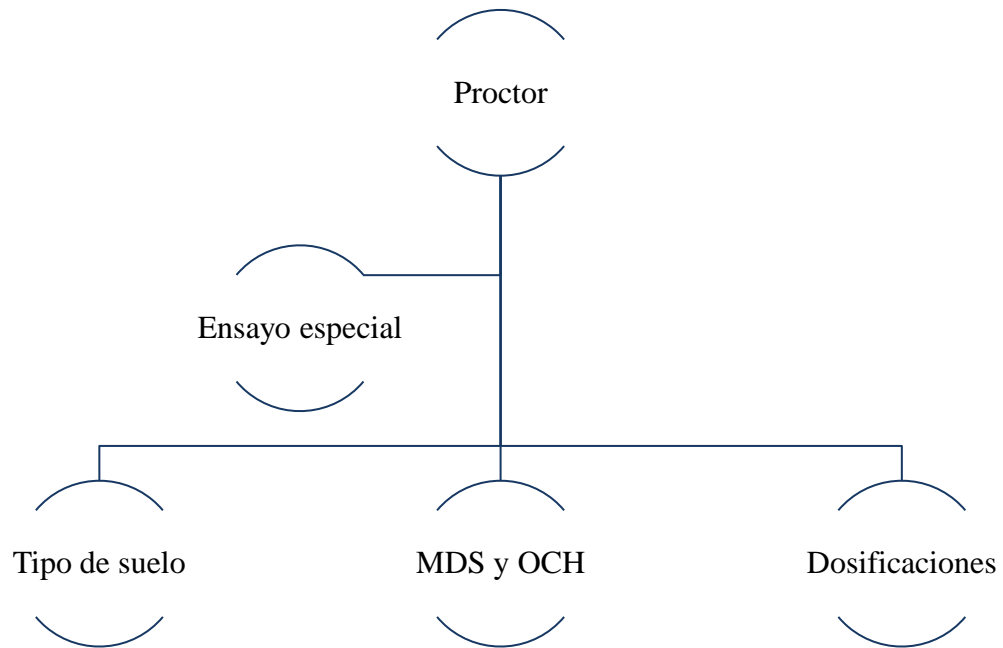


Figura 23: Descripción Proctor

Seguido a ello, se observará la manera cómo se llevó a cabo la metodología de los resultados que presentaron cada uno de los artículos investigados mediante las técnicas del análisis documental, reflejado en los estudios de investigación recopilados, los parámetros a evaluar fueron todos los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos (granulometría, límites de Atterberg, clasificación SUCS y AASHTO, Proctor y CBR) cabe resaltar que toda la información de las muestras recopiladas se encontrarán a mayor detalle en los anexos de esta investigación. A continuación, se detalla los valores de ensayo Proctor.

Tabla 43

Desarrollo de Tesis de los documentos analizados- Proctor

| INVESTIGACIÓN "A" | | |
|-------------------|---------------------------|---------|
| Escoria | MDS (gr/cm ³) | OCH (%) |
| | | |

| | | |
|-------------------|---------------------------|---------|
| M1 | 1.92 | 9.20 |
| INVESTIGACIÓN "B" | | |
| Relave+Mat. Gr. | MDS (gr/cm ³) | OCH (%) |
| +10% | 2.119 | 8.80 |
| INVESTIGACIÓN "C" | | |
| Suelo | MDS (gr/cm ³) | OCH (%) |
| M1 | 1.89 | 12.30 |
| Suelo+ Escoria | MDS (gr/cm ³) | OCH (%) |
| +7.5% | 1.986 | 11.00 |
| +15% | 2.00 | 10.6 |
| +22.5% | 2.059 | 9.6 |
| INVESTIGACIÓN "D" | | |
| Suelo | MDS (gr/cm ³) | OCH (%) |
| M1 | 1.65 | 21.50 |
| Suelo+ Escoria | MDS (gr/cm ³) | OCH (%) |
| 90% S y 10% esc. | 1.93 | 18.80 |
| 80% S y 20% esc. | 2.12 | 15.9 |
| 70% S y 30% esc. | 2.29 | 13.2 |
| 60% S y 40% esc. | 2.52 | 11.8 |
| INVESTIGACIÓN "E" | | |
| Suelo | MDS (gr/cm ³) | OCH (%) |
| M1 | 1.97 | 11.10 |

| Suelo+ Escoria | MDS (gr/cm ³) | OCH (%) |
|----------------|---------------------------|---------|
| 10% esc. | 2.038 | 10.00 |
| 20% esc. | 2.10 | 9.55 |
| 30% esc. | 2.119 | 9.10 |
| 40% esc. | 2.22 | 7.90 |

INVESTIGACIÓN "F"

| Suelo | MDS (gr/cm ³) | OCH (%) |
|-------|---------------------------|---------|
| M1 | 1.85 | 11.20 |

| Suelo+ Escoria | MDS (gr/cm ³) | OCH (%) |
|----------------|---------------------------|---------|
| 6% esc. | 1.905 | 11.6 |
| 8% esc. | 1.91 | 11.6 |
| 10% esc. | 1.927 | 11.2 |

INVESTIGACIÓN "G"

| Suelo+ Escoria | MDS (gr/cm ³) | OCH (%) |
|----------------|---------------------------|---------|
| 25% esc. | 2.196% | 7.61 |

INVESTIGACIÓN "H"

| Suelo | MDS (gr/cm ³) | OCH (%) |
|-------|---------------------------|---------|
| M1 | 2.05 | 13.11 |

| Suelo+ Escoria | MDS (gr/cm ³) | OCH (%) |
|----------------|---------------------------|---------|
| 2% esc. | 2.17 | 6.15 |
| 4% esc. | 2.17 | 7.38 |
| 8% esc. | 2.17 | 7.05 |

INVESTIGACIÓN "I"

| Suelo | MDS (gr/cm ³) | OCH (%) |
|-------|---------------------------|---------|
| M1 | 1.78 | 9.40 |

INVESTIGACIÓN "J"

| Suelo | MDS (gr/cm ³) | OCH (%) |
|-------|---------------------------|---------|
| M1 | 2.13 | 5.70 |

INVESTIGACIÓN "K"

| Suelo | MDS (gr/cm ³) | OCH (%) |
|-------|---------------------------|---------|
| M1 | 1.806 | 19.07 |
| M2 | 1.715 | 18.10 |
| M3 | 1.713 | 18.40 |
| M4 | 1.707 | 17.90 |
| M5 | 1.711 | 17.80 |

INVESTIGACIÓN "L"

| Suelo | MDS (gr/cm ³) | OCH (%) |
|-------|---------------------------|---------|
| M1 | 1.96 | 9.60 |

INVESTIGACIÓN "M"

| Suelo | MDS (gr/cm ³) | OCH (%) |
|-------|---------------------------|---------|
| M1 | 1.590 | - |
| M3 | 1.800 | - |
| M5 | 1.650 | - |
| M7 | 1.820 | - |

| | | |
|-------------------|--------------|---------|
| M9 | 1.610 | - |
| M11 | 1.670 | - |
| INVESTIGACIÓN "N" | | |
| Suelo | MDS (gr/cm3) | OCH (%) |
| M1 | 1.79 | 16.63 |
| INVESTIGACIÓN "O" | | |
| Suelo | MDS (gr/cm3) | OCH (%) |
| M1 | 2.15 | 8.00 |
| M2 | 1.95 | 8.50 |
| INVESTIGACIÓN "P" | | |
| Suelo | MDS (gr/cm3) | OCH (%) |
| C-04 | 1.79 | 10.80 |

En cuanto a ensayos finalmente se tuvo el de California Bearing Ratio (CBR), se denominó así debido a que vio su origen en la ciudad de California- EE.UU., este ensayo es de complemento esencial del Proctor modificado, ya que el CBR se evaluó con los factores de MDS y OCH, se determinó la resistencia al corte de un suelo, es decir se evaluó la calidad de los materiales que compone el suelo arcilloso a través de un ensayo de placa a escala. Los resultados que brindaron los diversos estudios recopilados se basaron en el valor de CBR de las diversas muestras de suelo arcilloso natural, escoria natural y de suelo arcilloso más dosificación de escoria. El aporte en esta investigación fue calcular el porcentaje de variabilidad del suelo sin escoria y con escoria, por otro lado, analizar la relación porcentual de rangos en valores porcentuales y en categorías de subsasante en base al CBR del suelo

fino natural y con dosificación y con todo ello determinar si es óptimo o no su uso en obras de pavimentación, así como también el tráfico máximo que puede soportar el mayor aporte de CBR.

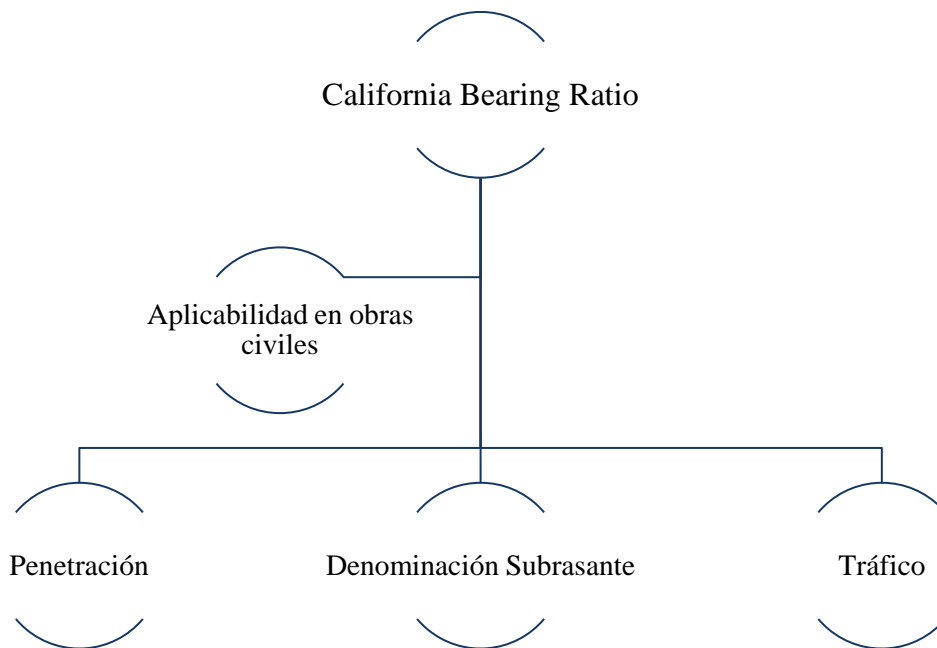


Figura 24: Descripción California Bearing Ratio

Seguido a ello, se observará la manera cómo se llevó a cabo la metodología de los resultados que presentaron cada uno de los artículos investigados mediante las técnicas del análisis documental, reflejado en los estudios de investigación recopilados, los parámetros a evaluar fueron todos los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos (granulometría, límites de Atterberg, clasificación SUCS y AASHTO, Proctor y CBR) cabe resaltar que toda la información de las muestras recopiladas se encontrarán a mayor detalle en los anexos de esta investigación. A continuación, se detalla los valores de CBR.

Tabla 44

Desarrollo de Tesis de los documentos analizados- CBR

| INVESTIGACIÓN "A" | | | | |
|---------------------|---------|--------|----------|--------|
| ESCORIA | M1 | M2 | M3 | |
| CBR 100% MDS (0.1") | 49.30% | 49.70% | 51.10% | |
| CBR 95% MDS (0.1") | 33.60% | 35.40% | 35.70% | |
| INVESTIGACIÓN "B" | | | | |
| SUELO | M1 | | | |
| CBR 95% MDS (0.1") | 1.50% | | | |
| SUELO + ESCORIA | M1 7.5% | M2 15% | M3 22.5% | |
| CBR 95% MDS (0.1") | 2.70% | 5% | 5.30% | |
| INVESTIGACIÓN "C" | | | | |
| SUELO | M1 | | | |
| CBR 95% MDS (0.1") | 1.70% | | | |
| SUELO + ESCORIA | M1 10% | M2 20% | M3 30% | M4 20% |
| CBR 95% MDS (0.1") | 2.90% | 4.50% | 9.10% | 12.20% |
| INVESTIGACIÓN "D" | | | | |
| SUELO | M1 | | | |
| CBR 95% MDS (0.1") | 5.61% | | | |
| SUELO + ESCORIA | M1 10% | M2 20% | M3 30% | M4 20% |
| CBR 95% MDS (0.1") | 24.80% | 29.82% | 48.43% | 70.00% |
| INVESTIGACIÓN "E" | | | | |

| SUELO | M1 | | |
|---------------------|--------|--------|--------|
| CBR 100% MDS (0.1") | 11.20% | | |
| CBR 95% MDS (0.1") | 4.20% | | |
| SUELO + ESCORIA | M1 6% | M2 8% | M3 10% |
| CBR 100% MDS (0.1") | 11.60% | 13.70% | 15.90% |
| CBR 95% MDS (0.1") | 5.80% | 7.30% | 8.30% |
| INVESTIGACIÓN "F" | | | |
| SUELO | M1 | | |
| CBR 100% MDS (0.1") | 22.90% | | |
| CBR 95% MDS (0.1") | 14.50% | | |
| SUELO + ESCORIA | M1 2% | M2 4% | M3 8% |
| CBR 100% MDS (0.1") | 30.96% | 83.94% | 89.48% |
| CBR 95% MDS (0.1") | 17.50% | 54.00% | 46.00% |
| INVESTIGACIÓN "G" | | | |
| SUELO | M1 | | |
| CBR 100% MDS (0.1") | 33.90% | | |
| CBR 95% MDS (0.1") | 28.00% | | |
| INVESTIGACIÓN "H" | | | |
| SUELO | M1 | | |
| CBR 100% MDS (0.1") | 7.30% | | |
| CBR 95% MDS (0.1") | 5.90% | | |
| INVESTIGACIÓN "I" | | | |

| SUELO | M1 | | | |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|
| CBR 100% MDS (0.1") | 19.90% | | | |
| CBR 95% MDS (0.1") | 14.60% | | | |
| INVESTIGACIÓN "J" | | | | |
| SUELO | M1 | M3 | M5 | M7 |
| | 4.19% | 4.65 | 4.93 | 7.43 |
| CBR 100% MDS (0.1") | M9 | M11 | | |
| | 5.38% | 8.01% | | |
| INVESTIGACIÓN "K" | | | | |
| SUELO | M1 | | | |
| CBR 100% MDS (0.1") | 9.80% | | | |
| INVESTIGACIÓN "L" | | | | |
| SUELO | M1 | M2 | | |
| CBR 100% MDS (0.1") | 8.75% | 16.75% | | |
| INVESTIGACIÓN "M" | | | | |
| SUELO | M1 | M2 | M3 | M4 |
| CBR 100% MDS (0.1") | 16.81% | 13.12% | 17.46% | 26.81% |
| CBR 95% MDS (0.1") | 8.41% | 5.98% | 9.12% | 14.61% |
| SUELO + ESCORIA | M1 15% | M1 25% | M1 40% | |
| CBR 100% MDS (0.1") | 22.28% | 28.12% | 40.50% | |
| CBR 95% MDS (0.1") | 14.29% | 16.21% | 22.71% | |
| SUELO + ESCORIA | M2 15% | M2 25% | M2 40% | |

| | | | |
|---------------------|--------|--------|--------|
| CBR 100% MDS (0.1") | 23.12% | 24.88% | 30.00% |
| CBR 95% MDS (0.1") | 13.88% | 15.95% | 19.96% |
| SUELO + ESCORIA | M3 15% | M3 25% | M3 40% |
| CBR 100% MDS (0.1") | 25.00% | 32.00% | 42.89% |
| CBR 95% MDS (0.1") | 15.98% | 16.68% | 21.10% |

Se elaboró instrumentos de recolección de datos, así como también el visto bueno de un experto (a) que sirvieron para reforzar la idea principal mediante la verificación de la variable de estudio. De igual manera la experta en el campo temático, la Ms. Ing. Roxana Milagros Aguilar Villena quien por medio de una ficha de matriz de evaluación de experto(a), brindado por mi autoría, dio el visto bueno a la matriz de categorías y ficha de resumen, quien concluyó que sí cumplía con los estándares que requería el estudio que se elaboró.

Con todo ello ya verificado se seleccionó toda la información más relevante para el posterior registro de ítems para la elaboración de los diversos resultados basándose esencialmente en la estadística. [Ver Anexos].

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Ensayos Normalizados:

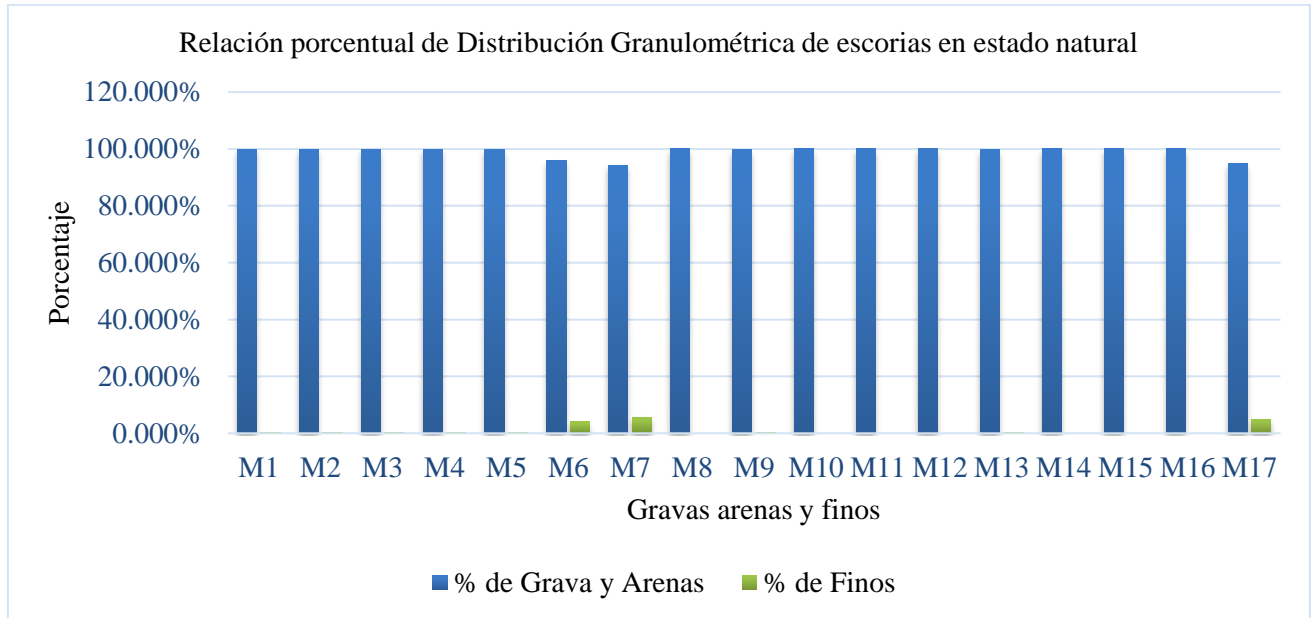


Figura 25: Relación porcentual de Distribución Granulométrica de escorias en estado natural

Distribución granulométrica de escoria en estado natural en diversas muestras analizadas.

Todas las muestras presentan más del 94% en gravas y arenas (suelo grueso).

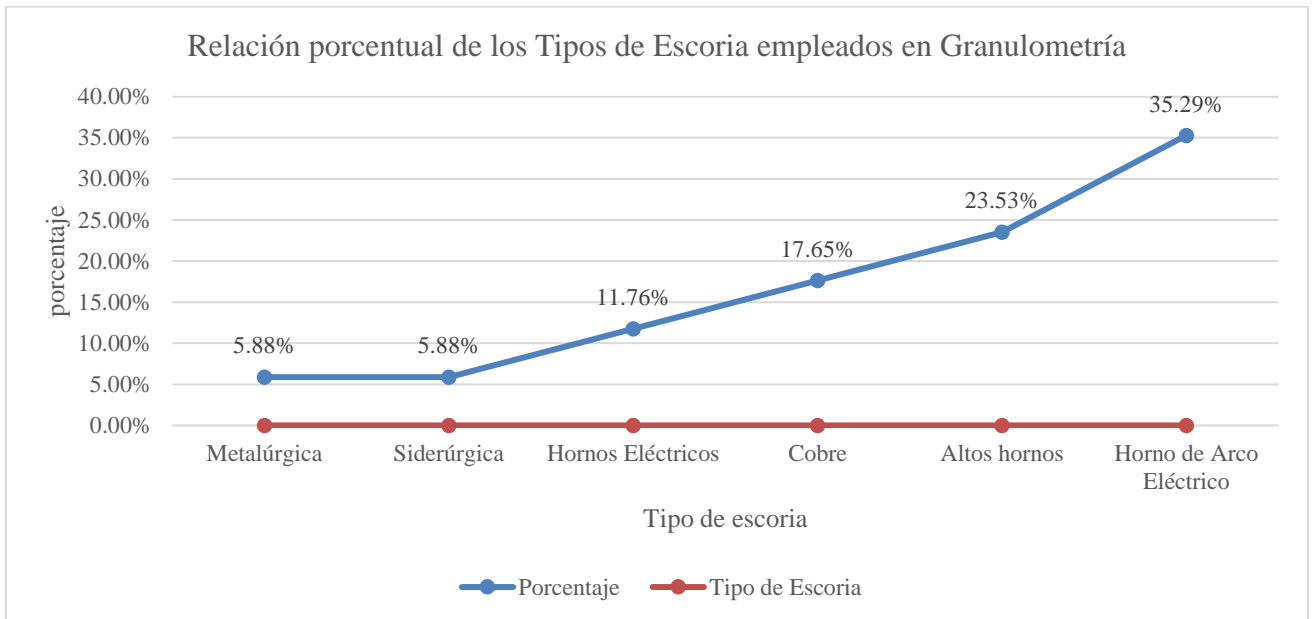


Figura 26: Relación porcentual de tipos de escoria empleados en granulometría

Tendencia de los usos de tipo escoria empleados para fines constructivos. Horno de Arco Eléctrico 35.29%.

Tabla 45

Rangos de variabilidad en gravas, arenas y finos de suelo arcilloso más escoria

| CANTIDAD | | |
|--------------------------|-----------------|--------|
| RANGOS % DE VARIABILIDAD | GRAVAS Y ARENAS | FINOS |
| 0- 10% | 14.29% | 14.29% |
| 10-20% | 28.57% | 21.43% |
| 20-30% | 21.43% | 42.86% |
| 30-40% | 14.29% | 7.14% |
| 40-65% | 21.43% | 7.14% |

90-100%

0.00%

7.14%

Rangos de variabilidad en gravas, arenas y finos al añadir escoria al suelo arcilloso.

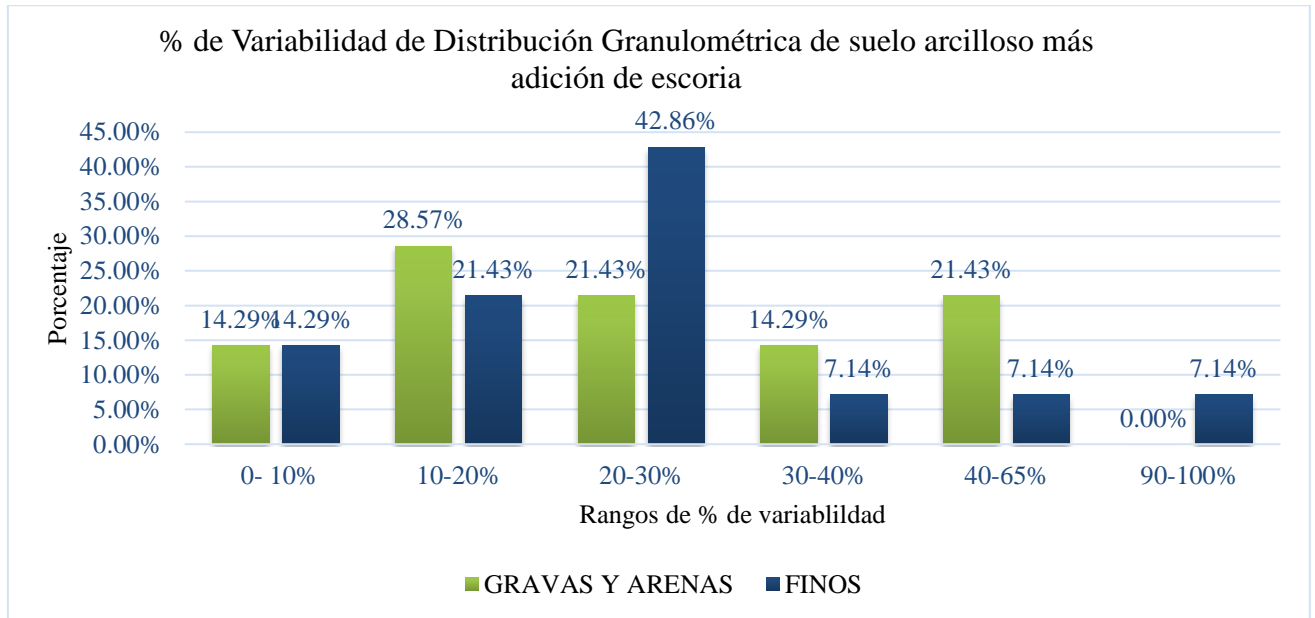


Figura 27: Porcentaje de variabilidad de distribución granulométrica de suelo arcilloso más escoria

Rangos de variabilidad de distribución granulométrica de suelo arcilloso más escoria. El 21.43% de gravas, arenas y el 42.86% de finos presenta una variabilidad del rango de 0-10%

Tabla 46

Descripción de finura de suelo al añadir escoria al suelo arcilloso natural

| | PORCENTAJE | |
|------------------|-----------------|-------|
| | GRAVAS Y ARENAS | FINOS |
| AUMENTA CANTIDAD | 100.00% | 0.00% |
| REDUCE CANTIDAD | 0% | 100% |

Descripción porcentual de finura del suelo al añadir escoria al suelo arcilloso.

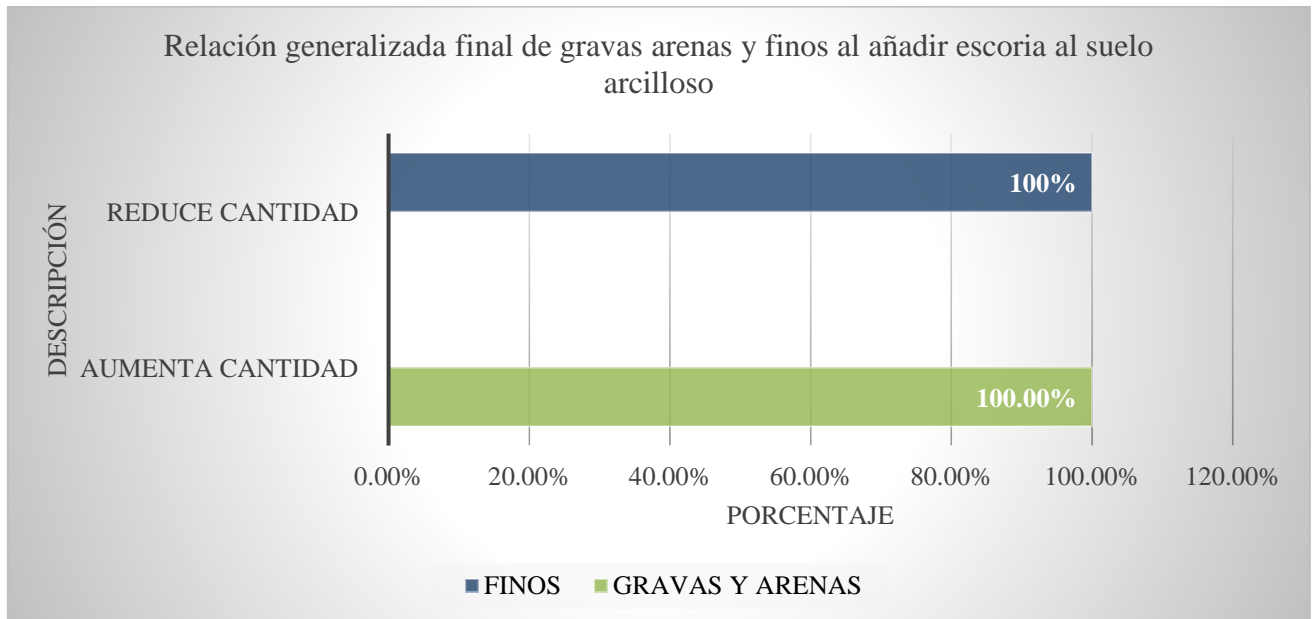


Figura 28: Relación generalizada final de gravas, arenas y finos al añadir escoria al suelo arcilloso

Al añadir escoria en diversas dosificaciones al suelo arcilloso. El 100% reduce la cantidad de finos, asimismo el 100% también aumenta la cantidad de gravas y arenas.

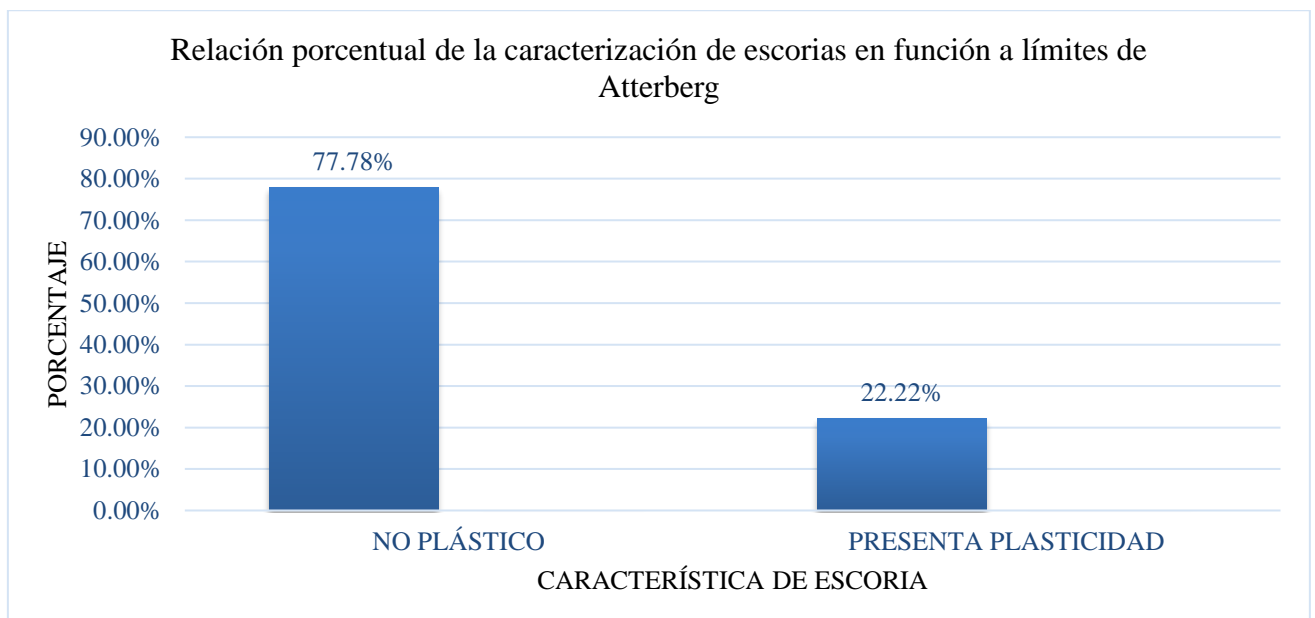


Figura 29: Relación porcentual de la caracterización de escorias en función a límites de Atterberg

Límites de Atterberg de las escorias. El 77.78% de escorias al ser evaluadas en los parámetros de plasticidad (LL, LP e IP) es “No Plástico”.

Tabla 47

Clasificación de IP en base a factores descriptivos

| Índice de Plasticidad | Plasticidad | Característica | % |
|----------------------------|-------------|--|--------|
| IP > 20 | Alta | Suelos muy arcillosos | 22.22% |
| IP > 20 a IP ≤ 20 e IP > 7 | Alta a | Suelo muy arcilloso a suelo arcilloso | 55.56% |
| | Media | | |
| IP < 7 a IP > 0 | Media a | Suelo arcilloso a suelo poco arcilloso | 5.56% |
| | Baja | | |
| IP = 0 | No Plástico | Suelos extentos de arcilla | 16.67% |

Parámetros de Plasticidad y característica de Índice Plasticidad en base a porcentaje.

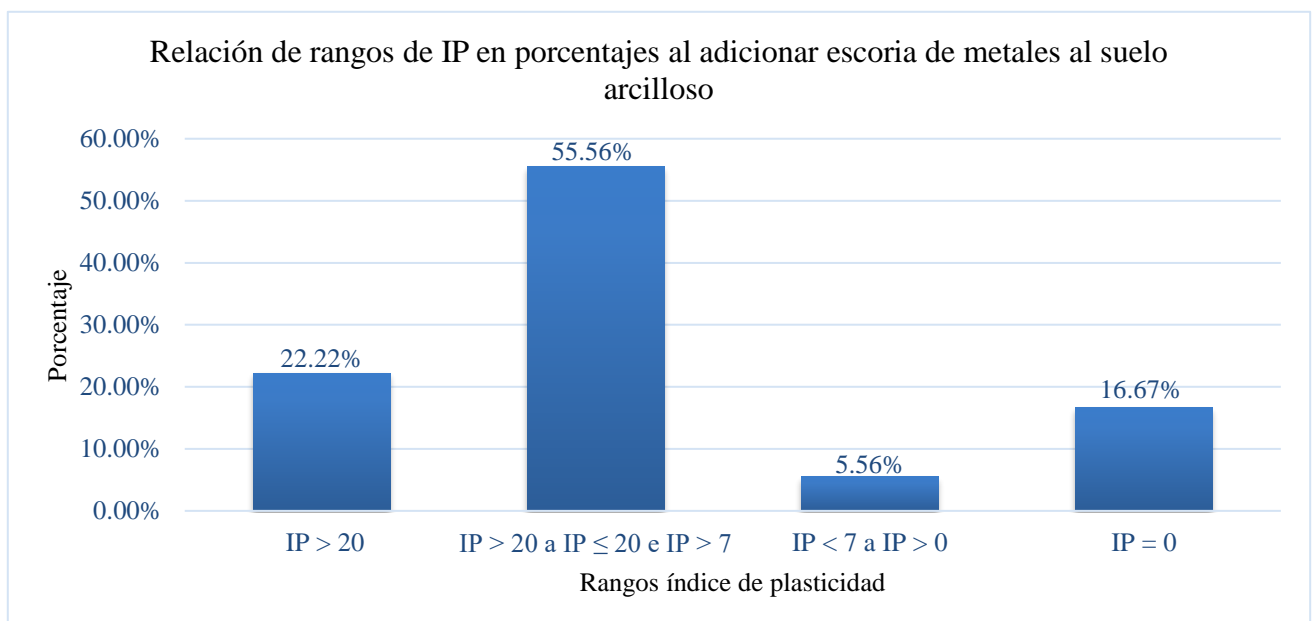


Figura 30: Relación de rangos de IP en porcentaje al adicionar escoria al suelo arcilloso

Límites de Atterberg en suelo arcilloso natural más dosificación de escoria. El 55.56% presenta un IP menores iguales a 20 y mayores a 7.

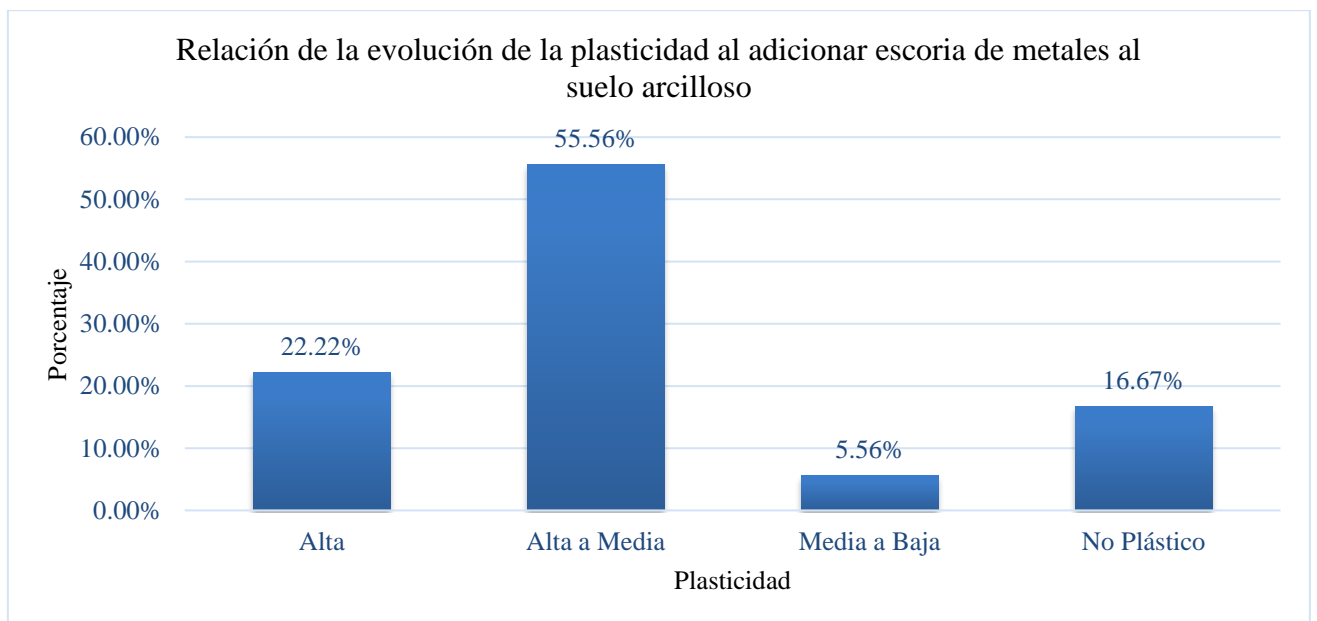


Figura 31: Relación de evolución de plasticidad al adicionar escoria al suelo arcilloso

Límites de Atterberg en factores descriptivos de plasticidad en el suelo arcilloso más dosificación de escoria. El 55.56% presenta tendencia a plasticidad media.

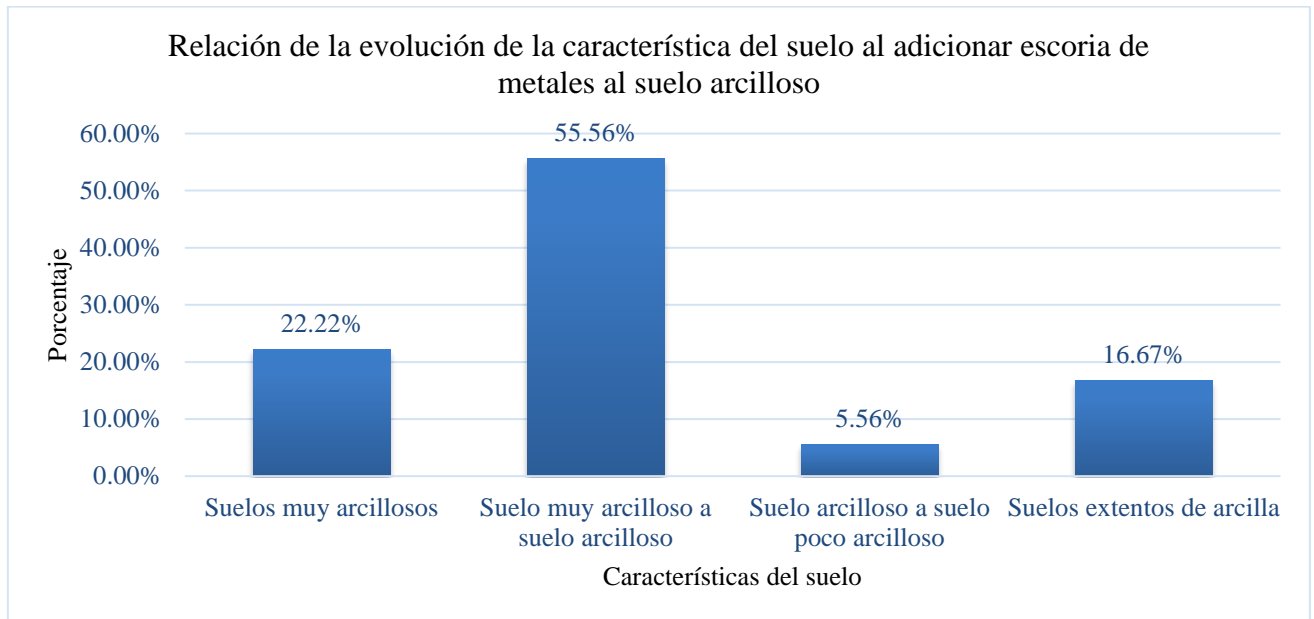


Figura 32: Relación de evolución de las características del suelo arcilloso al adicionar escoria

Límites de Atterberg acerca de datos descriptivos de características al añadir escoria al suelo arcilloso. El 55.56% presenta tendencia a ser arcilloso.

Tabla 48

Rangos de porcentaje de variabilidad en Límites de Atterberg de escoria más suelo arcilloso

| % VARIACIÓN | | | |
|-----------------------------|--------|--------|--------|
| RANGOS DE % DE VARIABILIDAD | LL | LP | IP |
| NO PLÁSTICO | 16.67% | 16.67% | 16.67% |
| 0- 10% | 66.67% | 77.78% | 50.00% |
| 10-20% | 16.67% | 5.56% | 33.33% |

Rangos de porcentaje de variabilidad de los parámetros de límites de Atterberg al añadir escoria al suelo arcilloso.

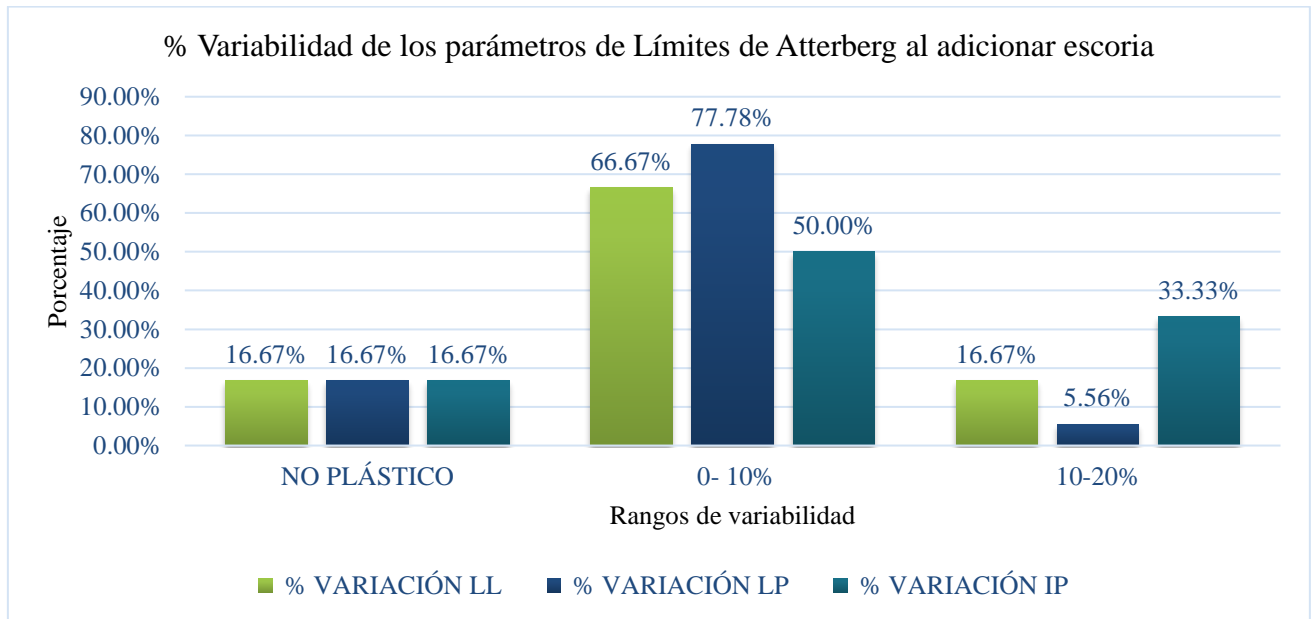


Figura 33: Porcentaje de variabilidad de parámetros de límites de Atterberg al adicionar escoria

Límites de Atterberg expresados en porcentaje de variabilidad en (LL, LP e IP). El 66.67% de LL, el 77.78% de LP y el 50% de IP%, presenta una variabilidad del rango de 0-10% al añadir escoria al suelo arcilloso.

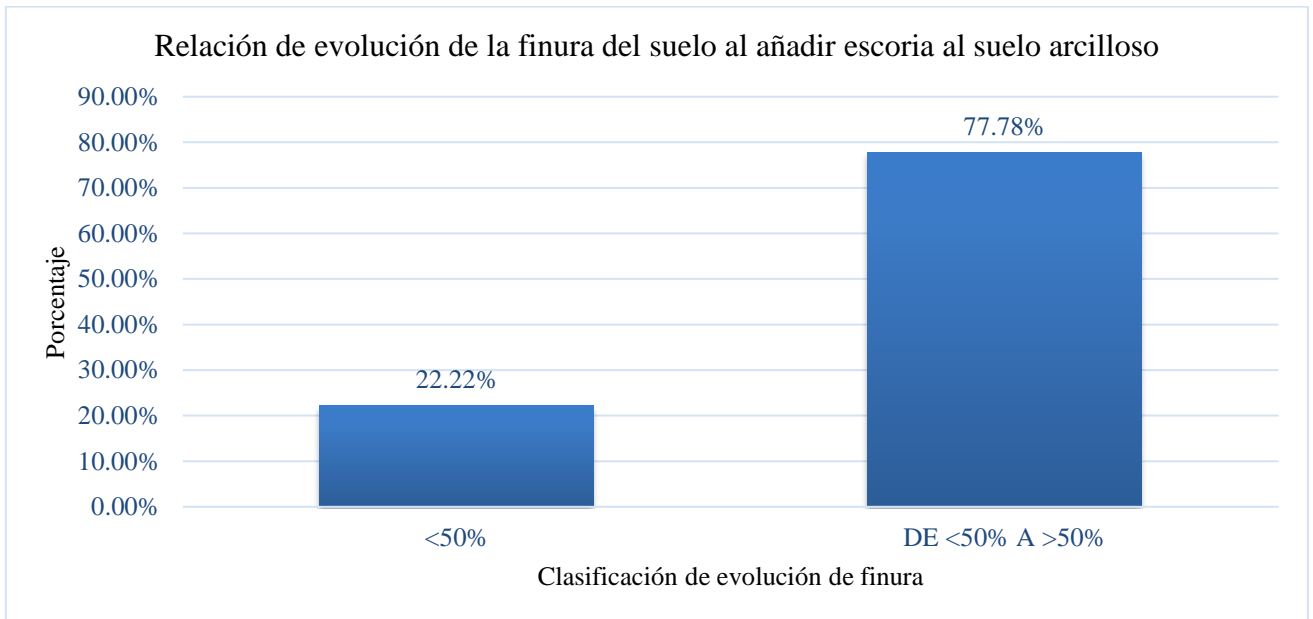


Figura 34: Relación de evolución de finura del suelo al añadir escoria al suelo arcilloso

Evolución del porcentaje que retiene la malla N°200 y el porcentaje que pasa dicha malla.

El 77.78% pasa de ser un suelo fino a ser un suelo grueso al añadir escoria al suelo arcilloso.

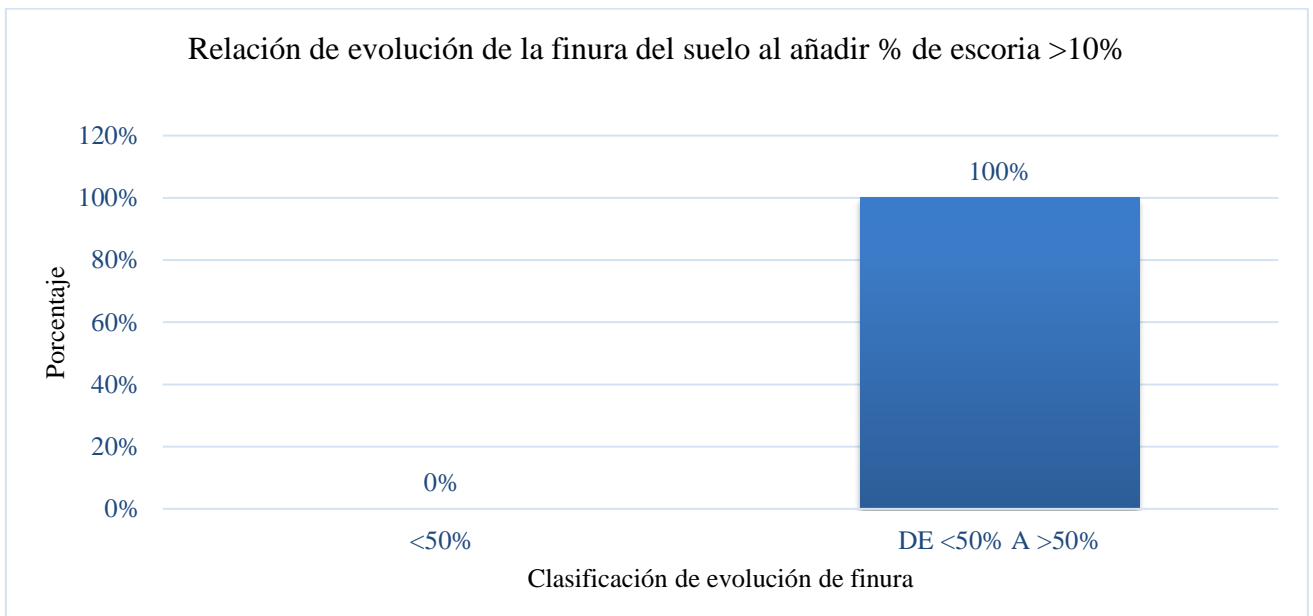


Figura 35: Relación de evolución de finura del suelo al añadir % de escoria >10%

Evolución del porcentaje que retiene la malla N°200 y el porcentaje que pasa dicha malla. El 100% pasa de ser un suelo fino a ser un suelo grueso al añadir escoria >10% con relación a peso seco del suelo arcilloso.

Tabla 49

Clasificación SUCS de escorias

| ESCORIA | SUCS | General |
|---------|------|-----------------|
| 50.00% | SW | Arena limpia |
| 20.00% | GP | Grava limpia |
| 10.00% | SP | Arena limpia |
| 10.00% | GW | Grava limpia |
| 10.00% | GM | Grava con finos |

Generalización descriptiva de las escorias analizadas mediante clasificación SUCS en base a porcentaje.

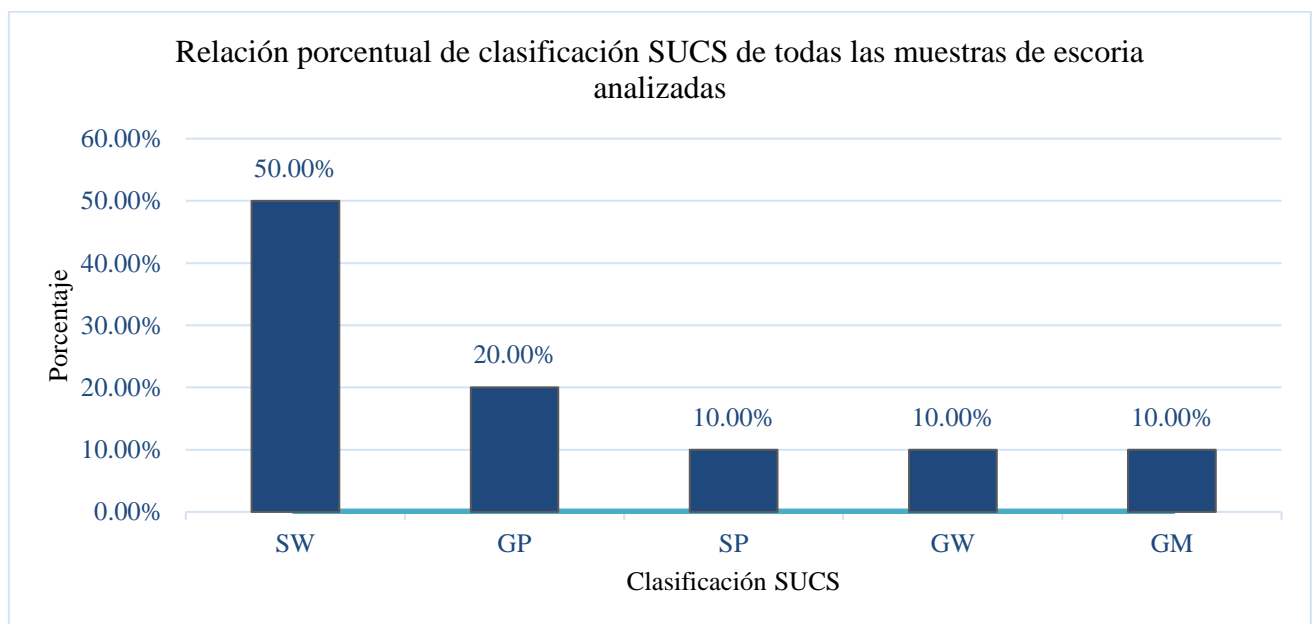


Figura 36: Relación porcentual de clasificación SUCS de muestras de escoria analizadas

Clasificación SUCS de las escorias analizadas. El 50% representa un tipo de material SW (arena bien graduada, arena con grava).

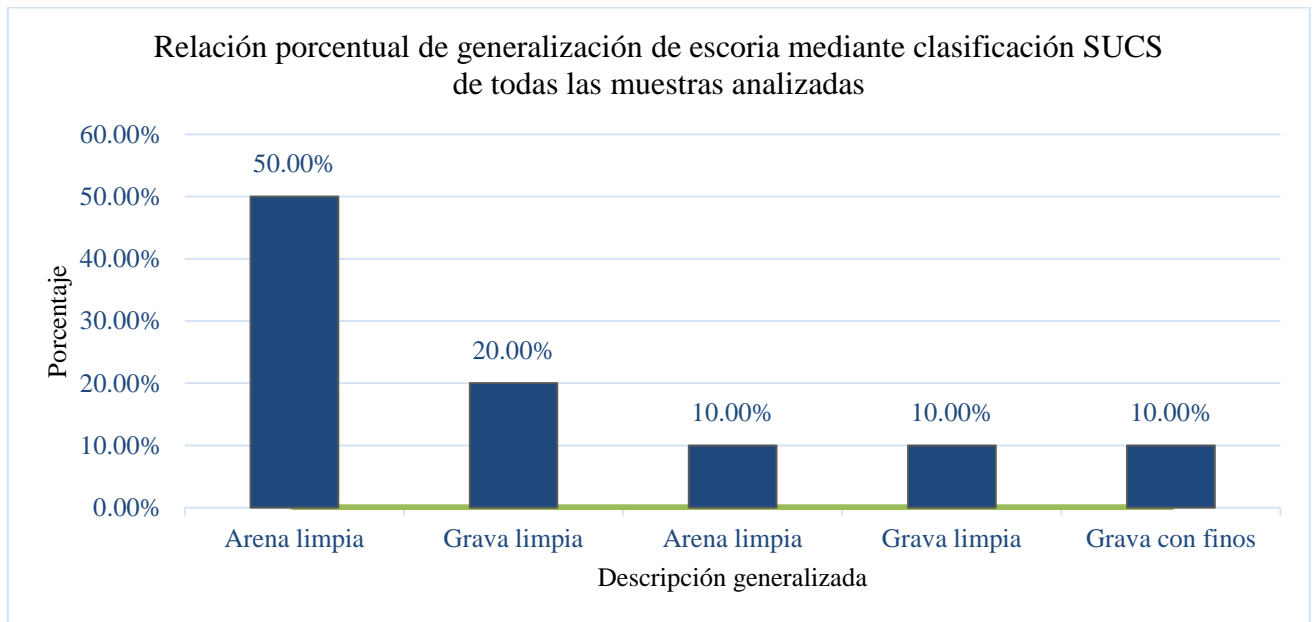


Figura 37: Relación porcentual de generalización de escorias mediante SUCS de todas las muestras analizadas

Clasificación SUCS de las escorias analizadas. El 60% es arena limpia.

Tabla 50

Clasificación SUCS de los suelos arcillosos analizados

| SUELO ARCILLOSO | SUCS | General |
|-----------------|------|------------------|
| 33.33% | CL | Limos y arcillas |
| 16.67% | ML | Limos y arcillas |
| 13.89% | CH | Limos y arcillas |
| 13.89% | SC | Arenas con finos |
| 13.89% | SM | Arenas con finos |

| | | |
|-------|----|------------------|
| 2.78% | MH | Limos y arcillas |
| 2.78% | OH | Limos y arcillas |
| 2.78% | SP | Arena limpia |

Generalización descriptiva de los suelos arcillosos analizada mediante clasificación SUCS en base a porcentaje.

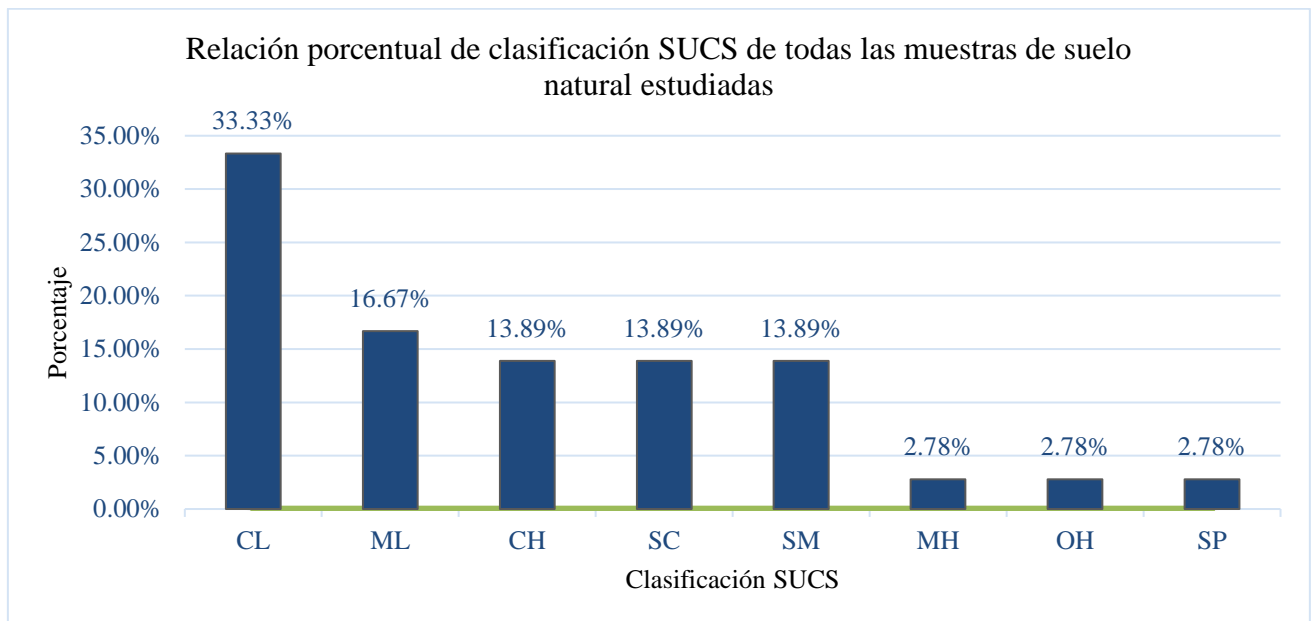


Figura 38: Relación porcentual de clasificación SUCS de muestras de suelo arcilloso natural analizadas

Clasificación SUCS de los suelos arcillosos analizados. El 33.33% representa un tipo de material CL (arcilla inorgánica de media plasticidad).

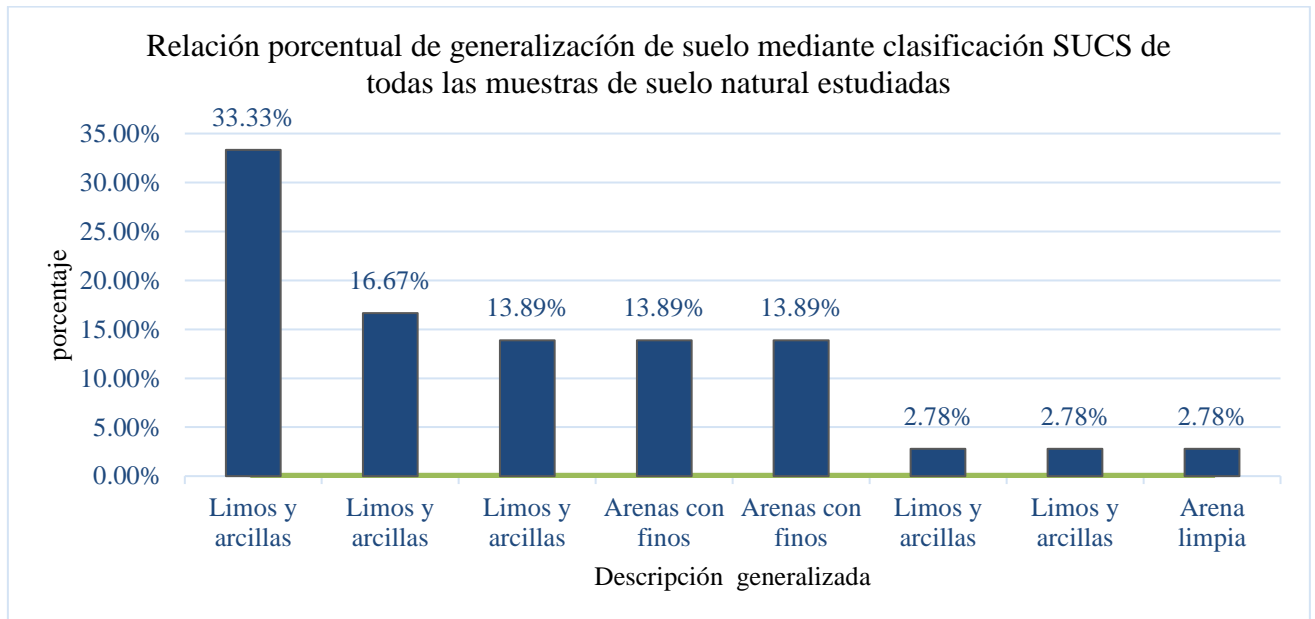


Figura 39: Relación porcentual de generalización de suelo arcilloso mediante SUCS

Clasificación SUCS de los suelos arcillosos analizados. El 69.45% son limos y arcillas.

Tabla 51

Escoria natural mediante clasificación AASHTO

| ESCORIA | AASHTO | Terreno de fundación |
|---------|--------|----------------------|
| 88.89% | A-1-a | Excelente a bueno |
| 11.11% | A-1-b | Excelente a bueno |

Generalización descriptiva de las escorias analizadas mediante clasificación AASHTO en base a porcentaje.

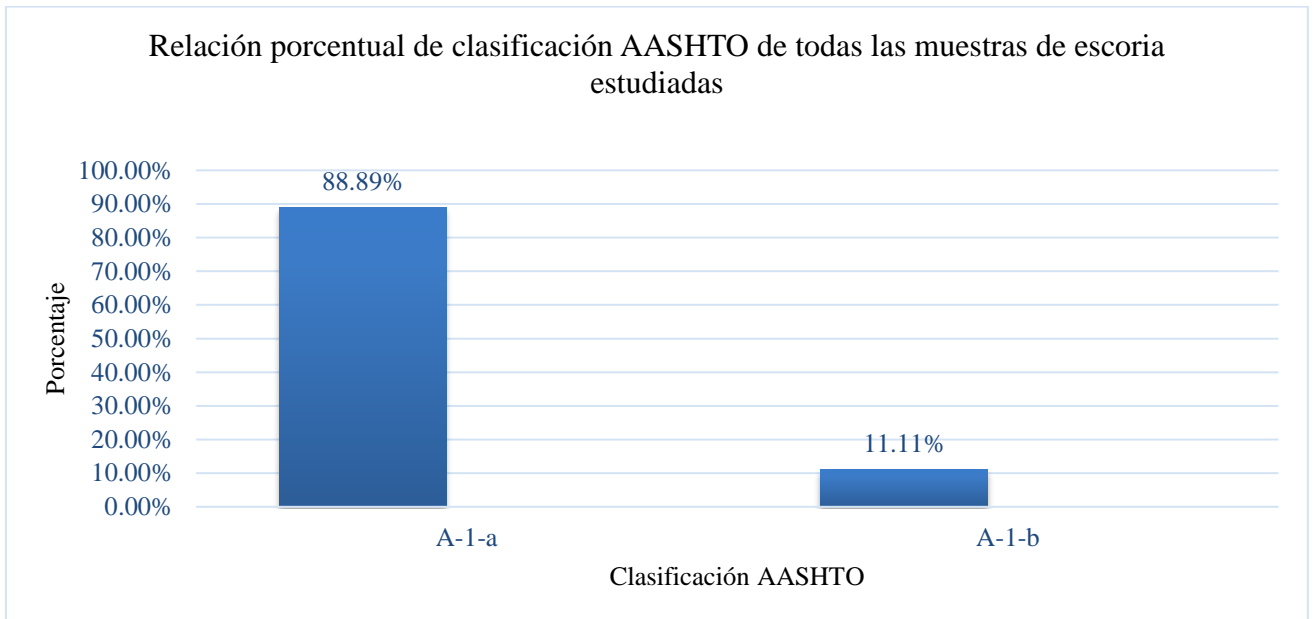


Figura 40: Relación porcentual mediante AASHTO de escoria natural

Clasificación AASHTO de las escorias analizadas. El 88.89% es A-1-a.

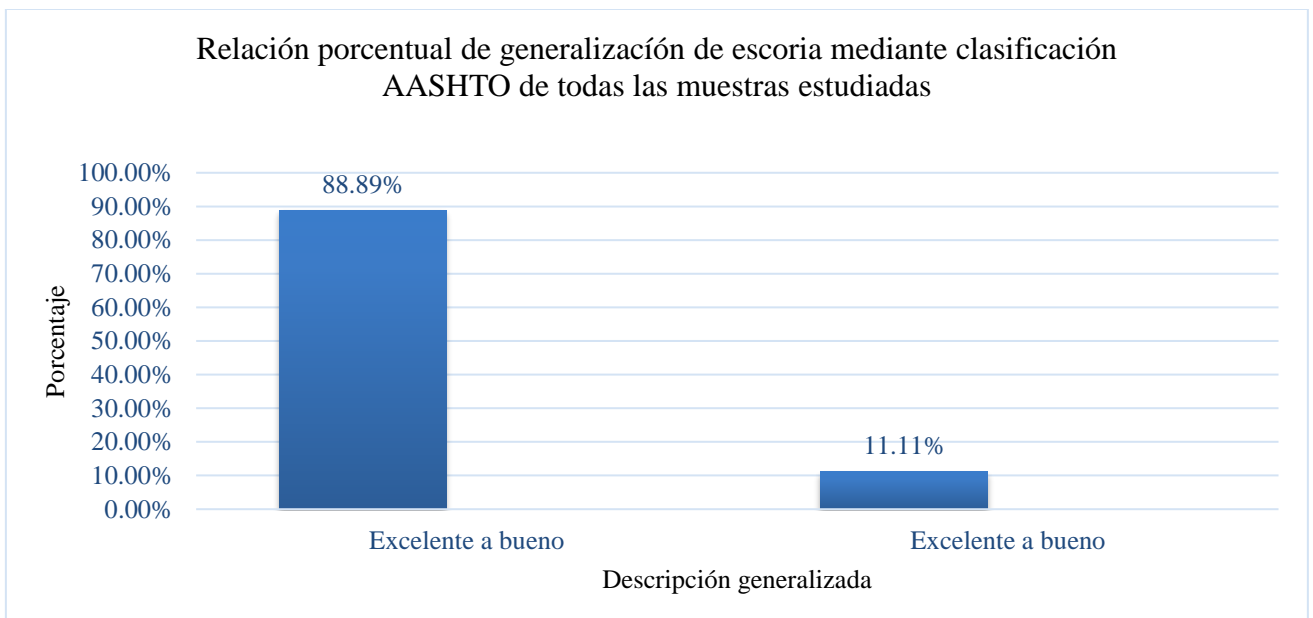


Figura 41: Relación porcentual de generalización, de escoria mediante AASHTO de todas las muestras analizadas

Clasificación AASHTO mediante terreno de fundación de las escorias analizadas. El 100% es excelente a bueno.

Tabla 52

Clasificación AASHTO de los suelos arcillosos analizados

| SUELO ARCILLOSO | AASHTO | Terreno de fundación |
|-----------------|--------|----------------------|
| 40.63% | A-7-6 | Regular a malo |
| 21.88% | A-6 | Regular a malo |
| 15.63% | A-7-5 | Regular a malo |
| 9.38% | A-2-4 | Excelente a bueno |
| 6.25% | A-4 | Regular a malo |
| 3.13% | A-1-b | Excelente a bueno |
| 3.13% | A-2-4 | Excelente a bueno |

Generalización descriptiva de los suelos arcillosos analizados mediante clasificación AASHTO en base a porcentaje.

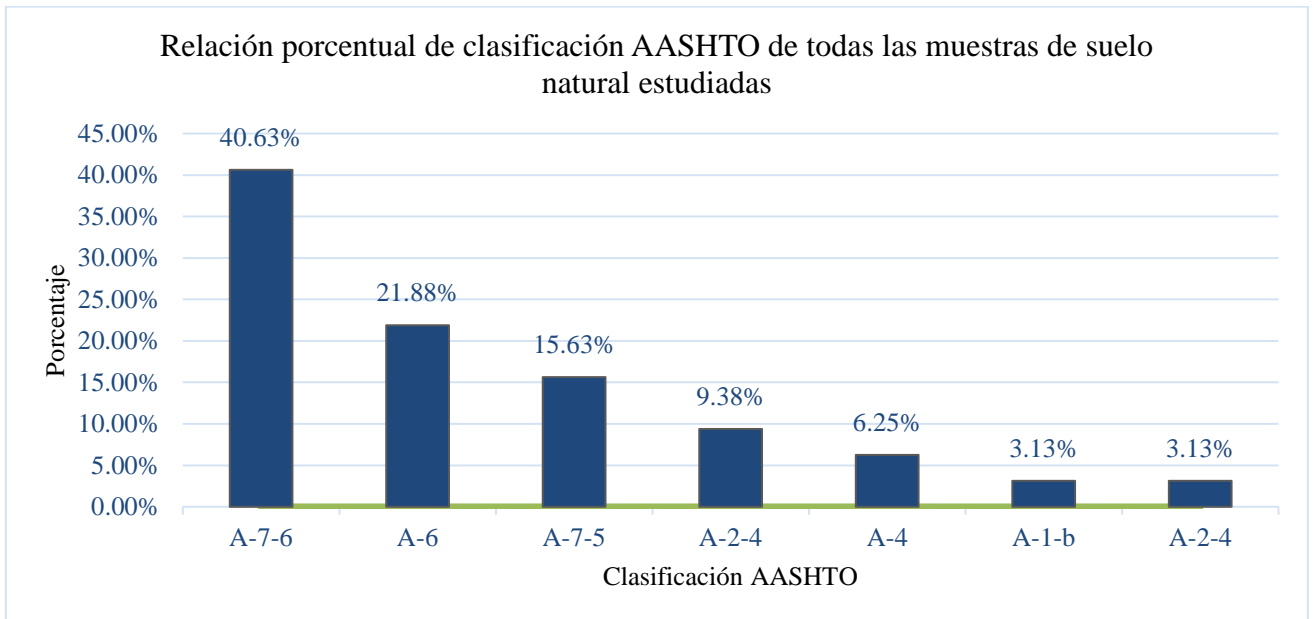


Figura 42: Relación porcentual mediante AASHTO de las muestras de suelo arcilloso analizadas

Clasificación AASHTO de los suelos arcillosos analizados. El 40.63% es A-7-6.

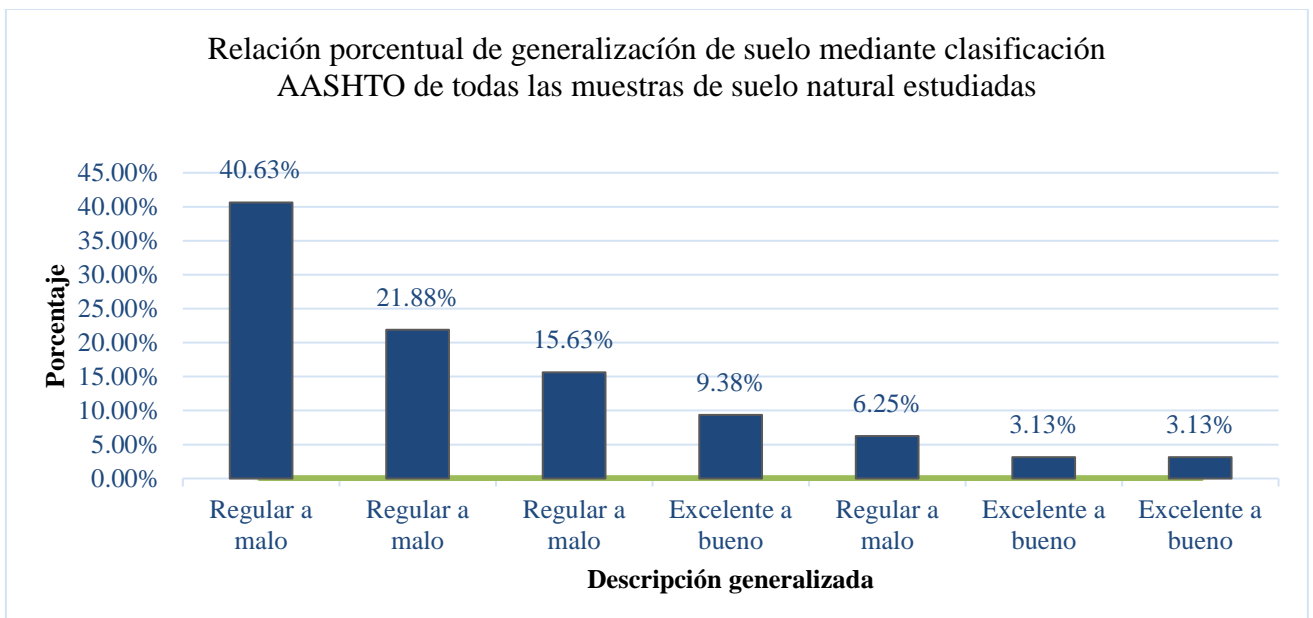


Figura 43: Relación porcentual de generalización de suelo arcilloso mediante AASHTO de las muestras analizadas

Clasificación AASHTO mediante terreno de fundación de las escorias analizadas. El 68.76% es malo.

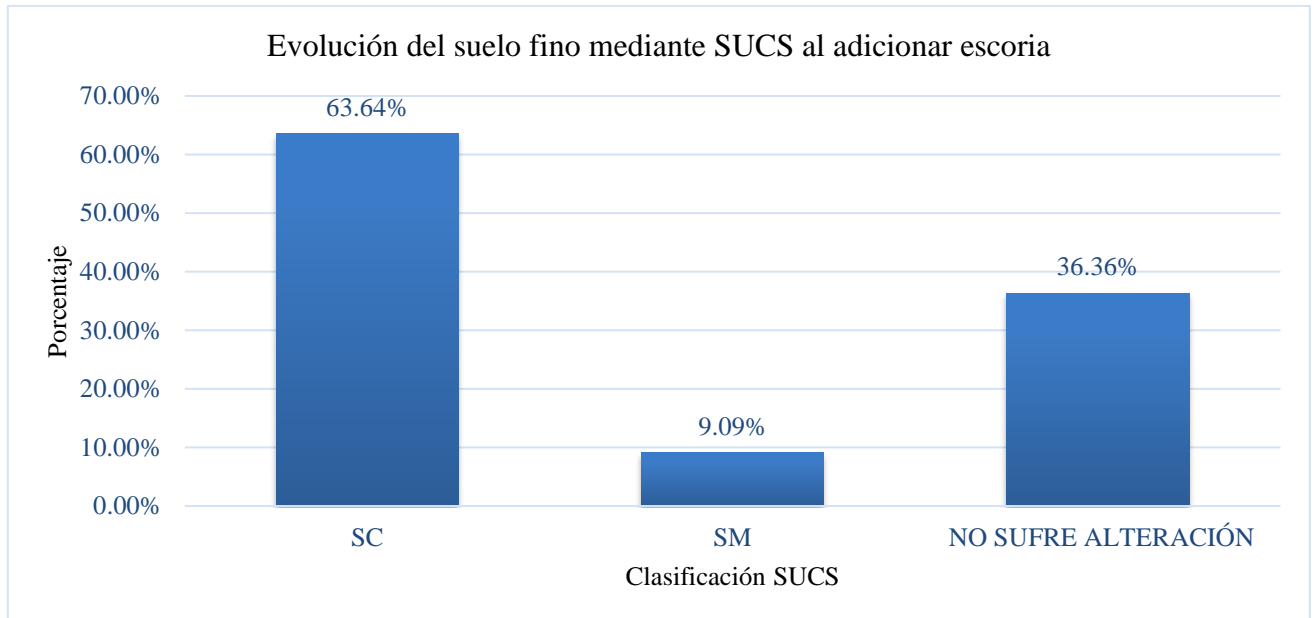


Figura 44: Evolución de suelo fino mediante SUCS al adicionar escoria al suelo arcilloso

Clasificación SUCS de los suelos arcillosos analizados más dosificación de escoria. El 63.64% representa un tipo de material SC (arena arcillosa, mezclas de arena y arcilla).

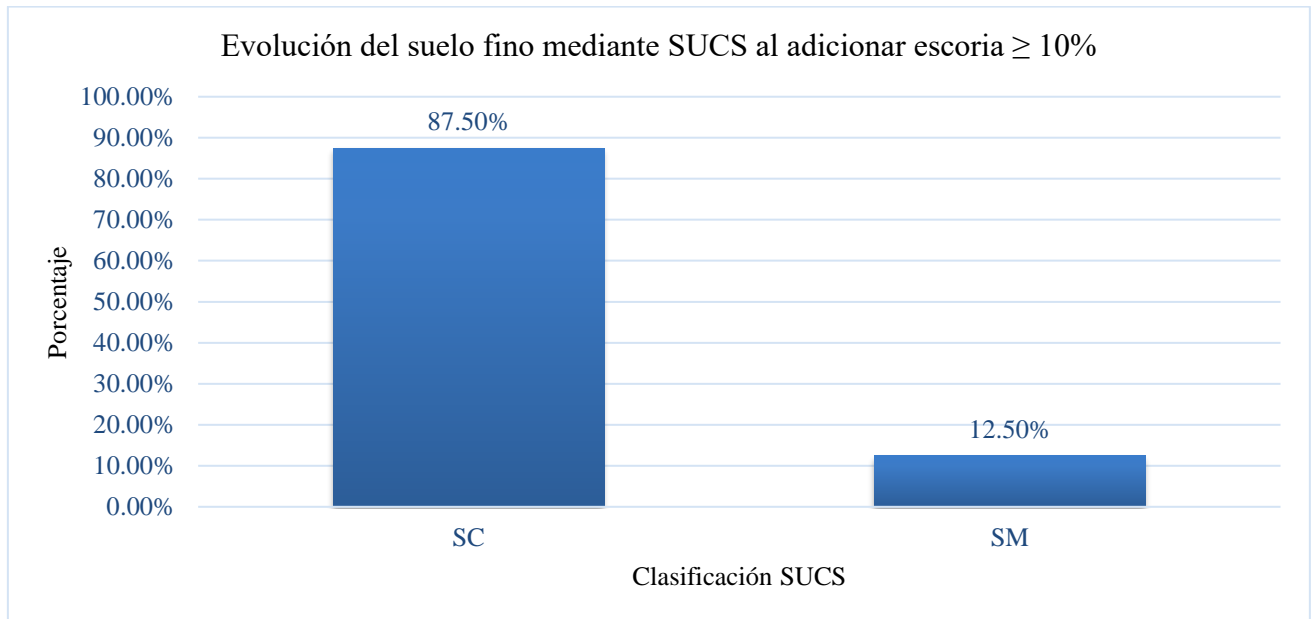


Figura 45: Evolución de suelo fino mediante SUCS al adicionar escoria $\geq 10\%$

Clasificación SUCS de los suelos arcillosos analizados más dosificaciones mayores a 10% de escoria. El 87.50% representa un tipo de material SC (arena arcillosa, mezclas de arena y arcilla).

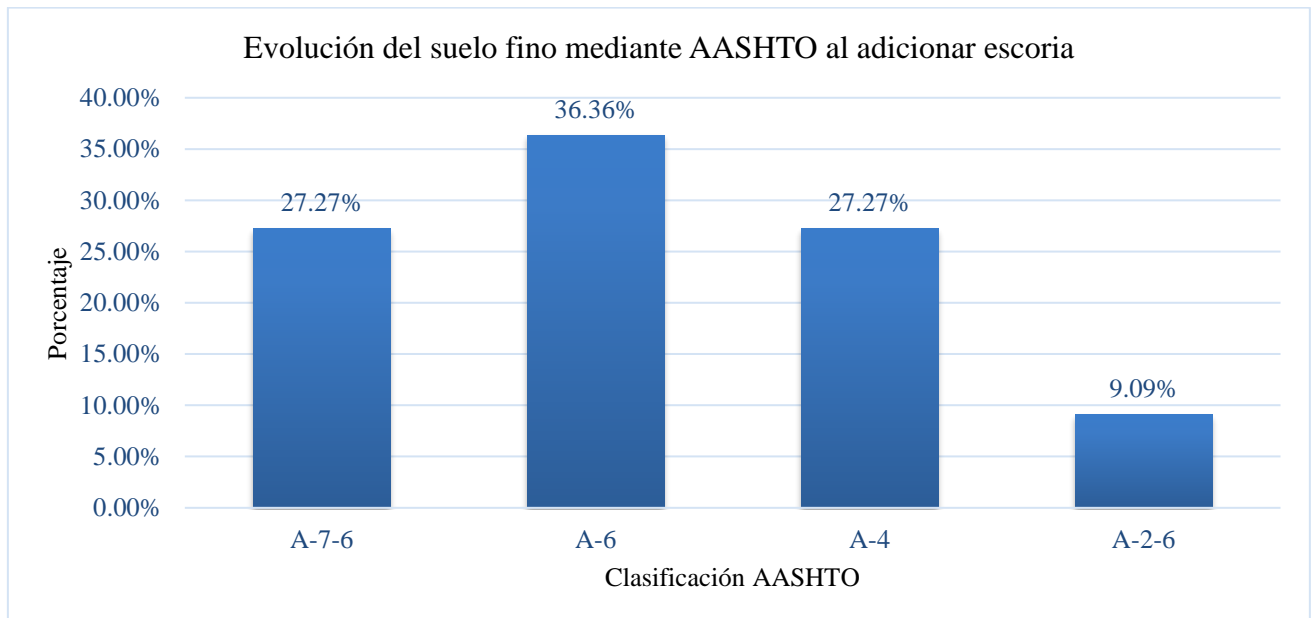


Figura 46: Evolución de suelo fino mediante AASHTO al adicionar escoria al suelo arcilloso

Clasificación AASHTO de los suelos arcillosos analizados más dosificación de escoria. El 27.27% es A-4.

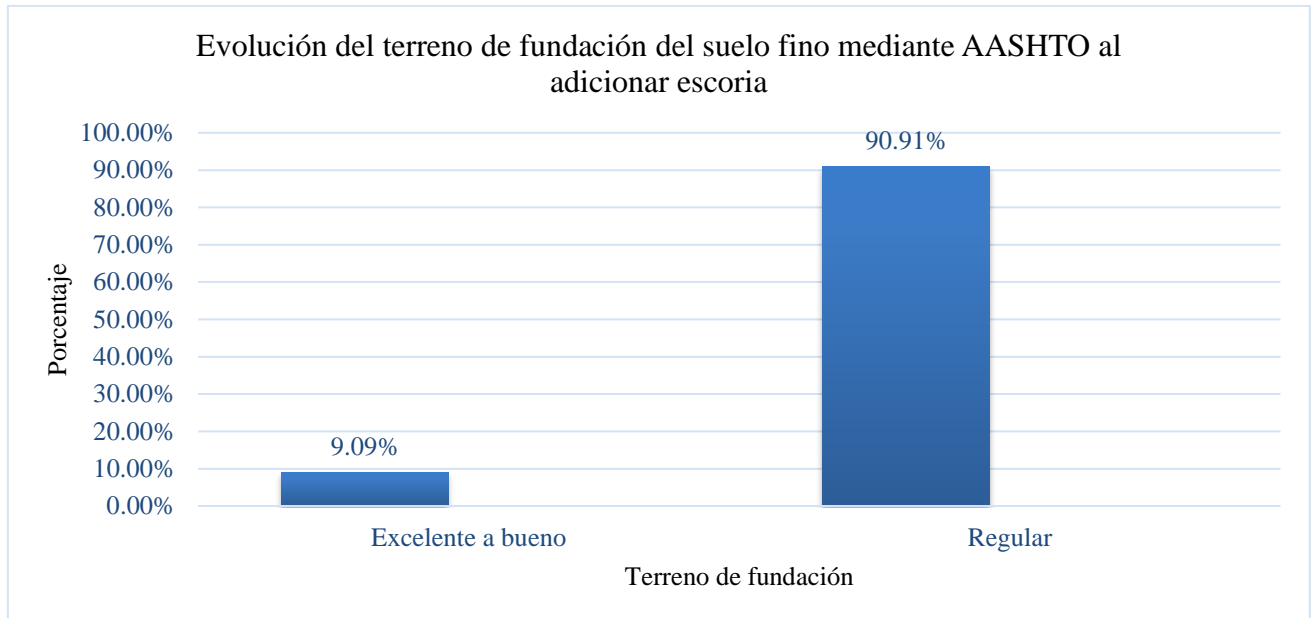


Figura 47: Evolución del terreno de fundación del suelo fino mediante AASHTO al adicionar escoria al suelo arcilloso

Clasificación AASHTO mediante terreno de fundación de los suelos arcilloso más dosificaciones de escorias. El 90.91% es regular.

3.2. Ensayos Especiales:

Tabla 53

Rangos de variabilidad de MDS y OCH al ejecutar la dosificación

| RANGOS DE % DE VARIABILIDAD | PORCENTAJE | |
|-----------------------------|------------|--------|
| | MDS | OCH |
| 0-5% | 23.53% | 11.76% |
| 5-10% | 47.06% | 11.76% |
| 10-20% | 11.76% | 29.41% |

| | | |
|--------|-------|--------|
| 20-30% | 5.88% | 17.65% |
| 30-40% | 5.88% | 5.88% |
| 40-50% | 0.00% | 17.65% |
| 50-60% | 5.88% | 5.88% |

Rangos de porcentaje de variabilidad de los parámetros de Proctor al añadir escoria al suelo arcilloso.

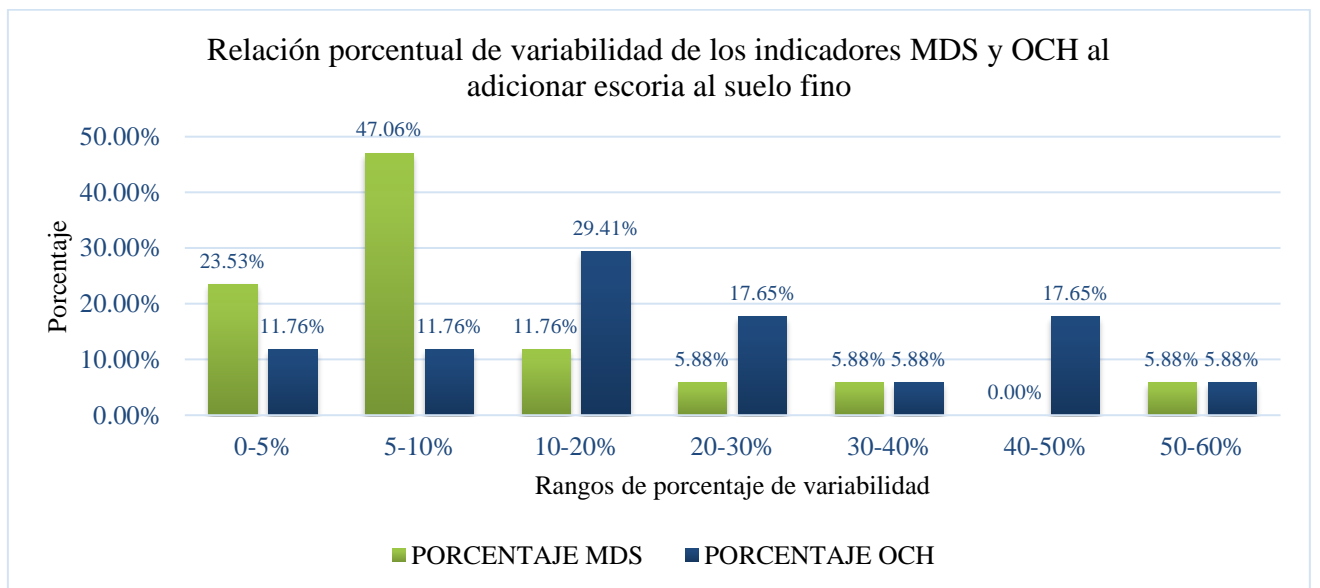


Figura 48: Relación porcentual de variabilidad de MDS y OCH al adicionar escoria al suelo fino

Relación porcentual de variabilidad de indicadores Proctor (MDS y OCH) al añadir escoria al suelo arcilloso. El rango 10-20% presenta una variabilidad de 29.41% en OCH y 11.76% en MDS.

Tabla 54

Descripción de efectividad en ensayo proctor al ejecutar la dosificación

| | PORCENTAJE | |
|-------------|------------|-------|
| | MDS | OCH |
| AUMENTA MDS | 100.00% | 0.00% |

| | | |
|------------|-------|---------|
| REDUCE OCH | 0.00% | 100.00% |
|------------|-------|---------|

Descripción porcentual de efectividad de parámetros proctor al añadir escoria al suelo arcilloso

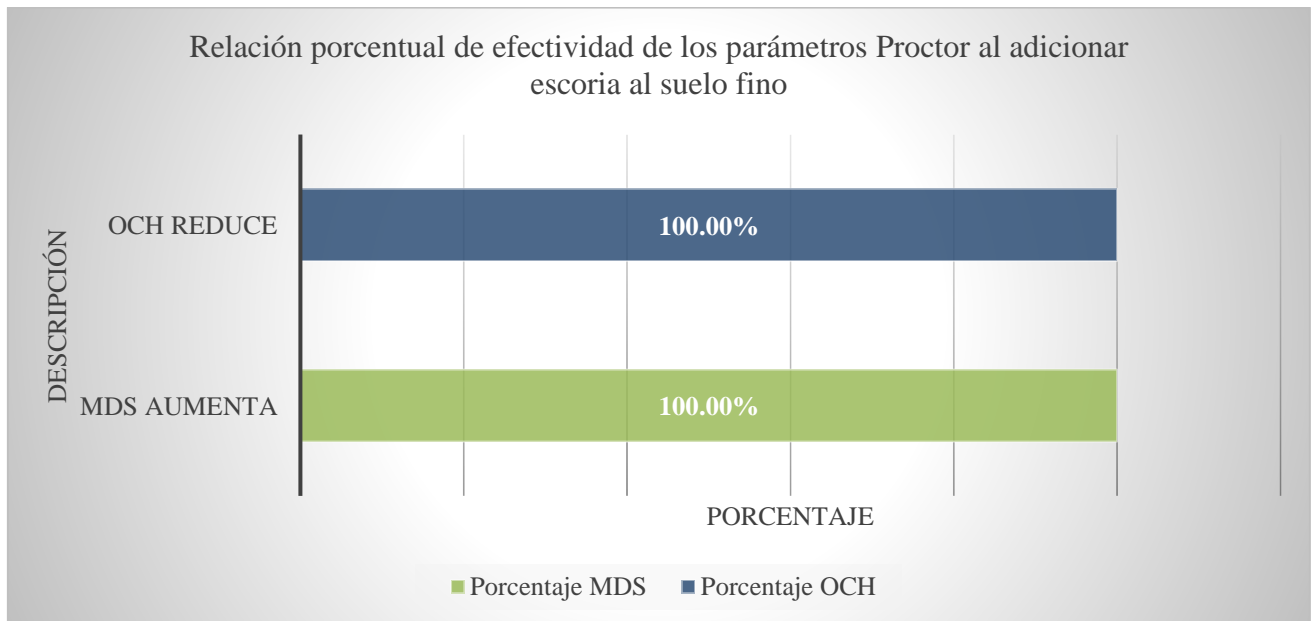


Figura 49: Relación porcentual de efectividad de parámetros Proctor al adicionar escoria al suelo fino

Al añadir escoria en diversas dosificaciones al suelo arcilloso. El 100% reduce en OCH, asimismo el 100% también aumenta en MDS.

Tabla 55

Relación porcentual de CBR de escoria mediante rangos

| ESCORIA CBR | PORCENTAJE | CATEGORÍA SUBRASANTE |
|----------------------|------------|-------------------------|
| CBR < 3% | 0.00% | INADECUADA |
| CBR ≥ 3% - CBR < 6% | 0.00% | INSUFICIENTE |
| CBR ≥ 6% - CBR < 10% | 0.00% | REGULAR |

| | | |
|------------------------------|---------|-----------|
| $CBR \geq 10\% - CBR < 20\%$ | 0.00% | BUENA |
| $CBR \geq 10\% - CBR < 20\%$ | 0.00% | MUY BUENA |
| $CBR \geq 30\%$ | 100.00% | EXCELENTE |

Relación porcentual en rangos de CBR de la escoria en estado natural.

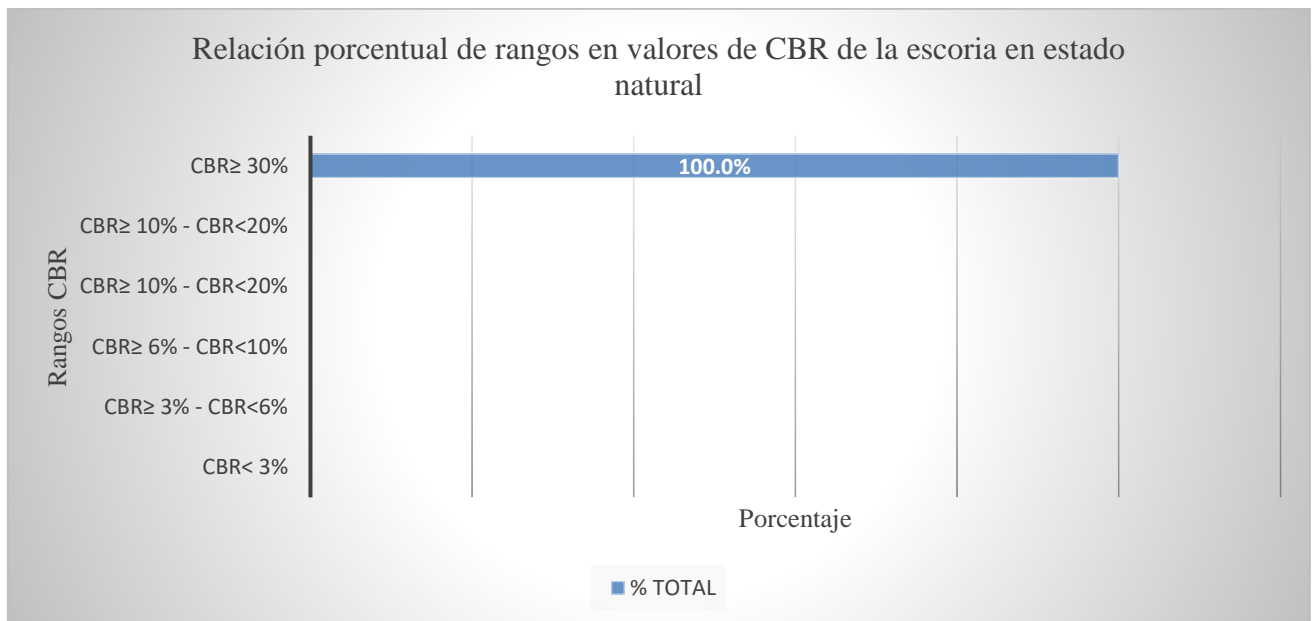


Figura 50: Relación porcentual de rangos en valores de CBR de escoria

El 100% de las escorias analizadas presenta un valor de CBR mayor a 30%

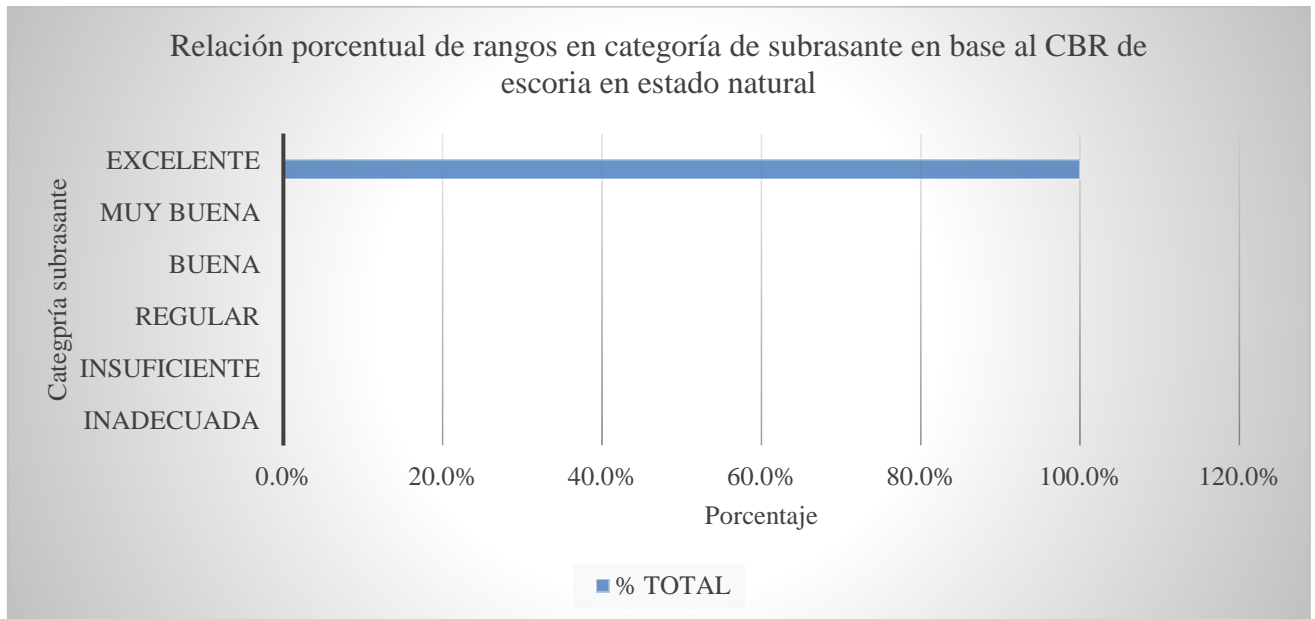


Figura 51: Relación porcentual de rangos en categoría de subrasante en base al CBR de escoria

El 100% de las escorias analizadas presenta una categoría de subrasante excelente.

Tabla 56

Relación porcentual de CBR de suelo arcilloso mediante rangos

| SUELO ARCILLOSO CBR 95% | PORCENTAJE | CATEGORÍA SUBRASANTE |
|-------------------------|------------|----------------------|
| MDS (0.1") | | |
| CBR < 3% | 9.50% | INADECUADA |
| CBR ≥ 3% - CBR < 6% | 28.60% | INSUFICIENTE |
| CBR ≥ 6% - CBR < 10% | 33.37% | REGULAR |
| CBR ≥ 10% - CBR < 20% | 23.80% | BUENA |
| CBR ≥ 20% - CBR < 30% | 4.80% | MUY BUENA |
| CBR ≥ 30% | 0.00% | EXCELENTE |

Relación porcentual en rangos de CBR del suelo arcilloso natural.

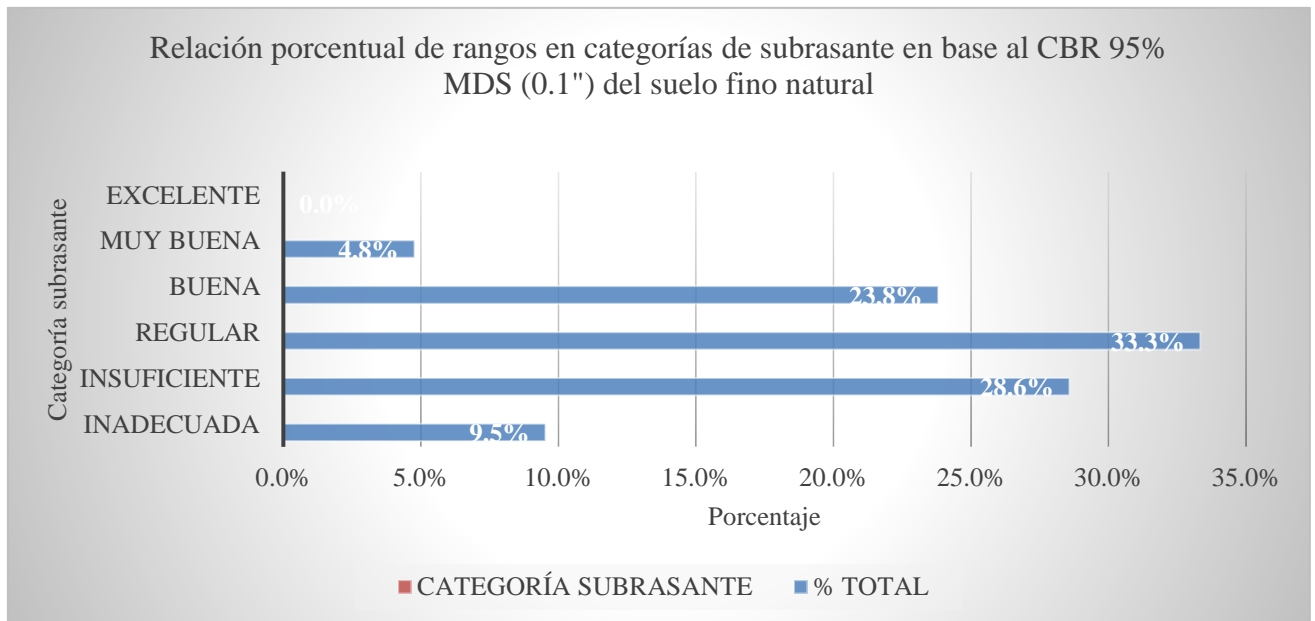


Figura 52: Relación porcentual de rangos en categorías de subrasante en base a CBR 95% MDS (0.1") del suelo arcilloso natural

El 28.6% de los suelos arcillosos analizados presenta una subrasante insuficiente.

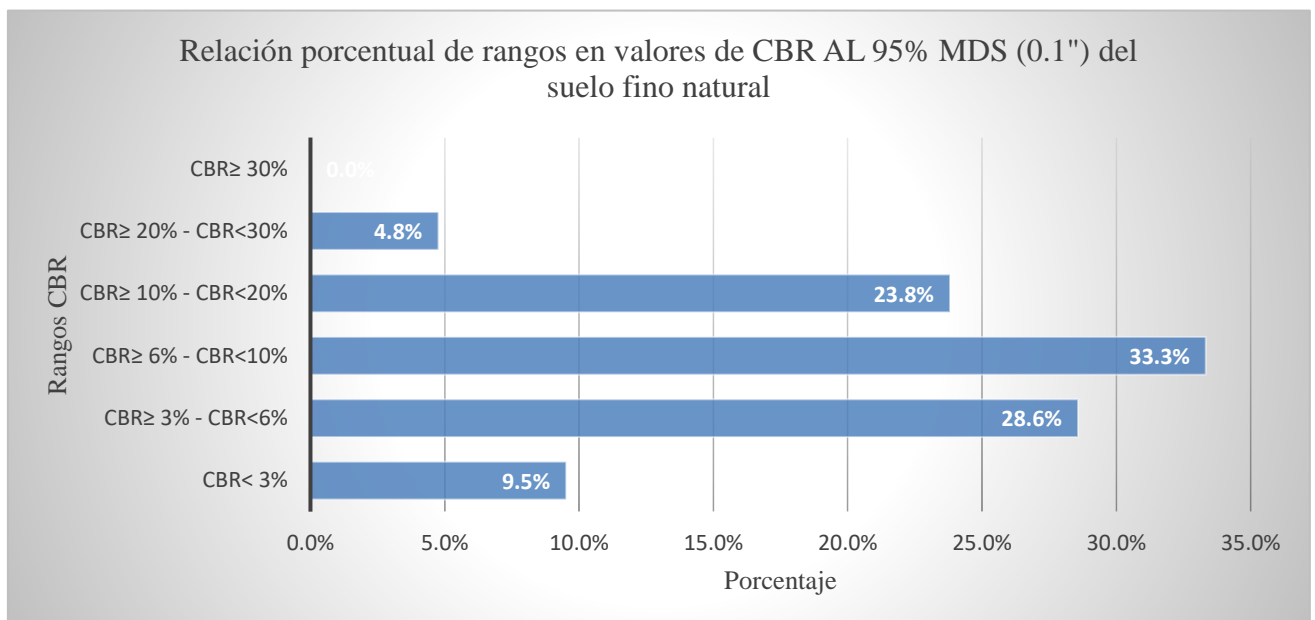


Figura 53: Relación porcentual de rangos en valores de CBR al 95% MDS (0.1") del suelo arcilloso

El 33.3% de los suelos arcillosos analizados presenta un rango de porcentaje de CBR mayores a 6 y menores a 10%.

Tabla 57

Rangos de CBR de suelo arcilloso más escoria

| PORCENTAJE | |
|-----------------------------|--------|
| RANGOS DE % DE VARIABILIDAD | CBR |
| 0- 40% | 7.69% |
| 40.1 -70% | 3.85% |
| 70.1 -100% | 26.92% |
| 100.1 -200% | 19.23% |
| 200.1 - 300% | 19.23% |
| 300.1 - 500% | 11.54% |
| 600 - 1200% | 11.54% |

Rangos de variabilidad de CBR del suelo arcilloso más dosificación de escoria.

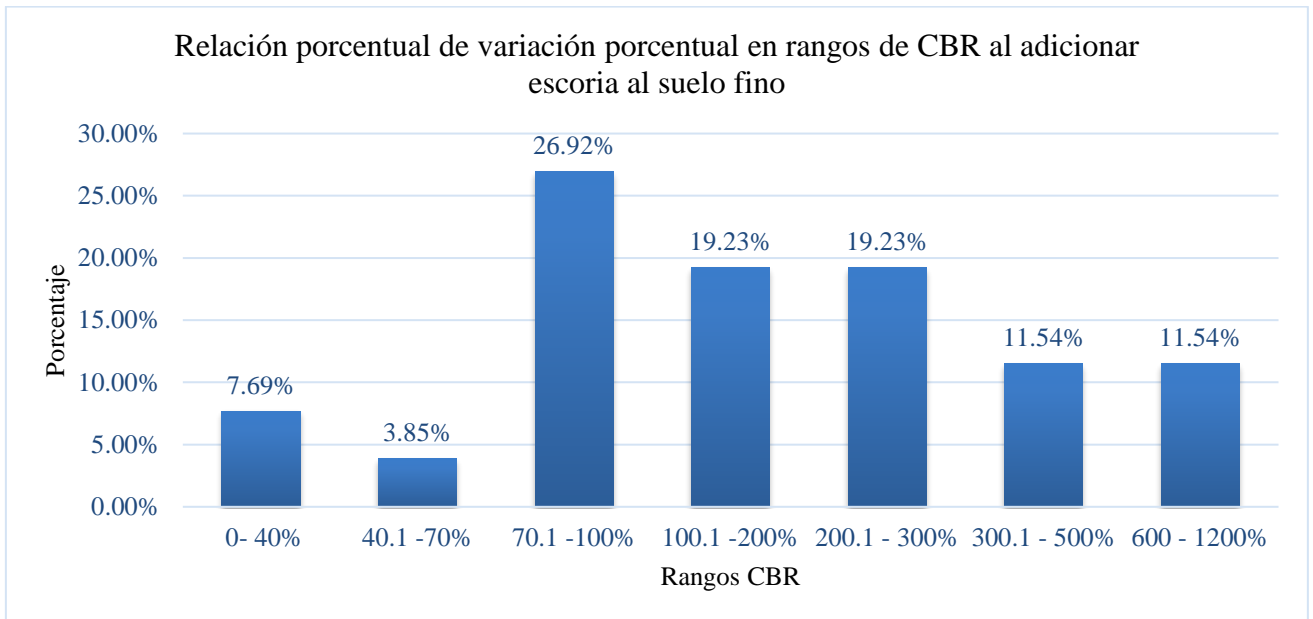


Figura 54: Relación porcentual de variación en rangos de CBR al adicionar escoria al suelo arcilloso

Relación porcentual de variación porcentual en rangos de CBR al adicionar escoria al suelo arcilloso. El 26.92% % sufre una variación de CBR de 70.1 a 100%.

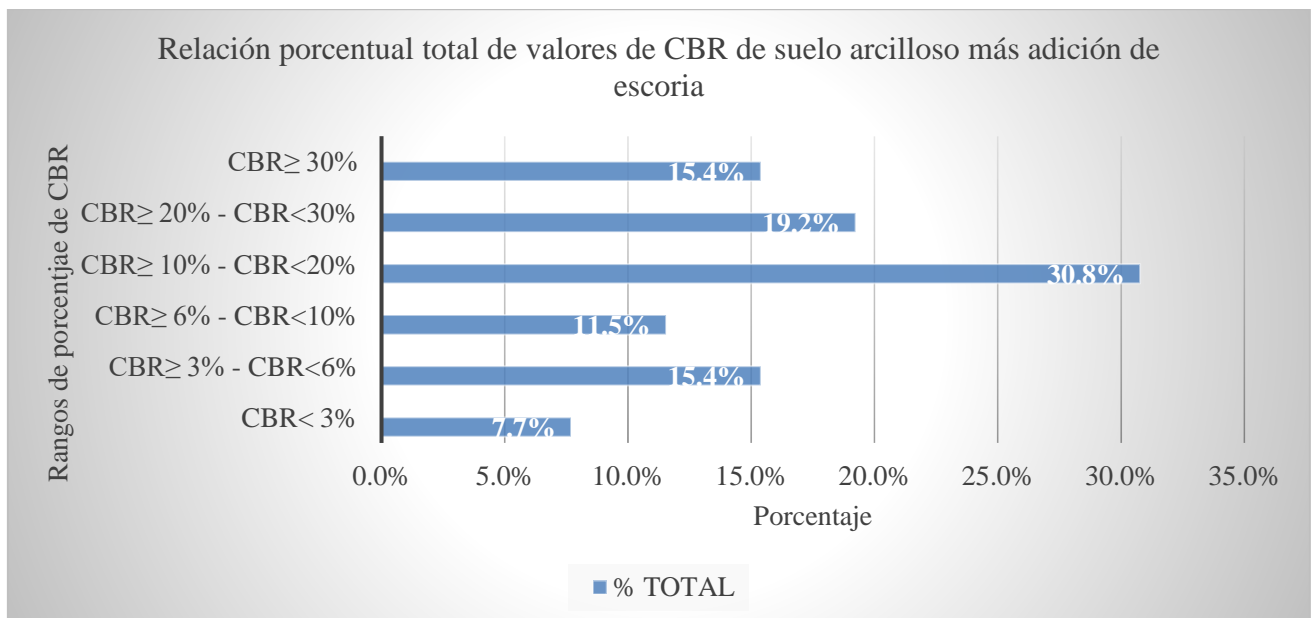


Figura 55: Relación porcentual total por rangos de valores de CBR de suelo arcilloso más adición de escoria

Al adicionar escoria al suelo arcilloso el 30.8% evoluciona su valor de CBR entre 10 a 20%.

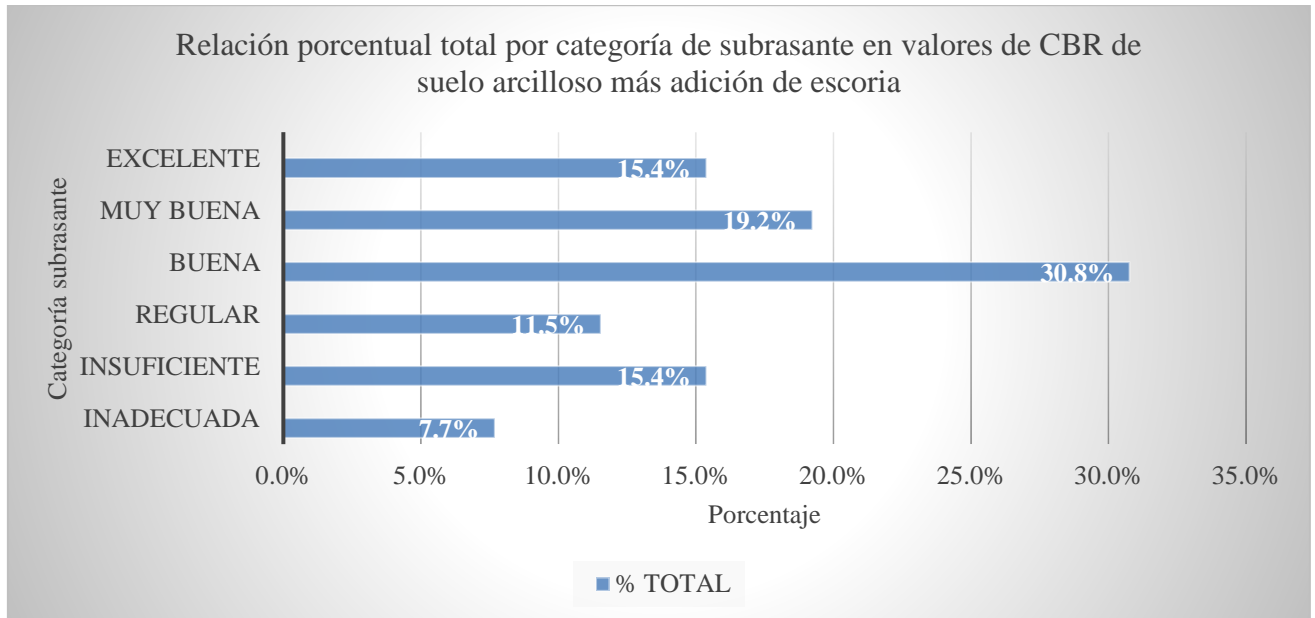


Figura 56: Relación porcentual total por categoría de subrasante en valores de CBR de suelo arcilloso más adición de escoria

Al adicionar escoria al suelo arcilloso, el 30.8% evoluciona a ser una subrasante “Buena”.

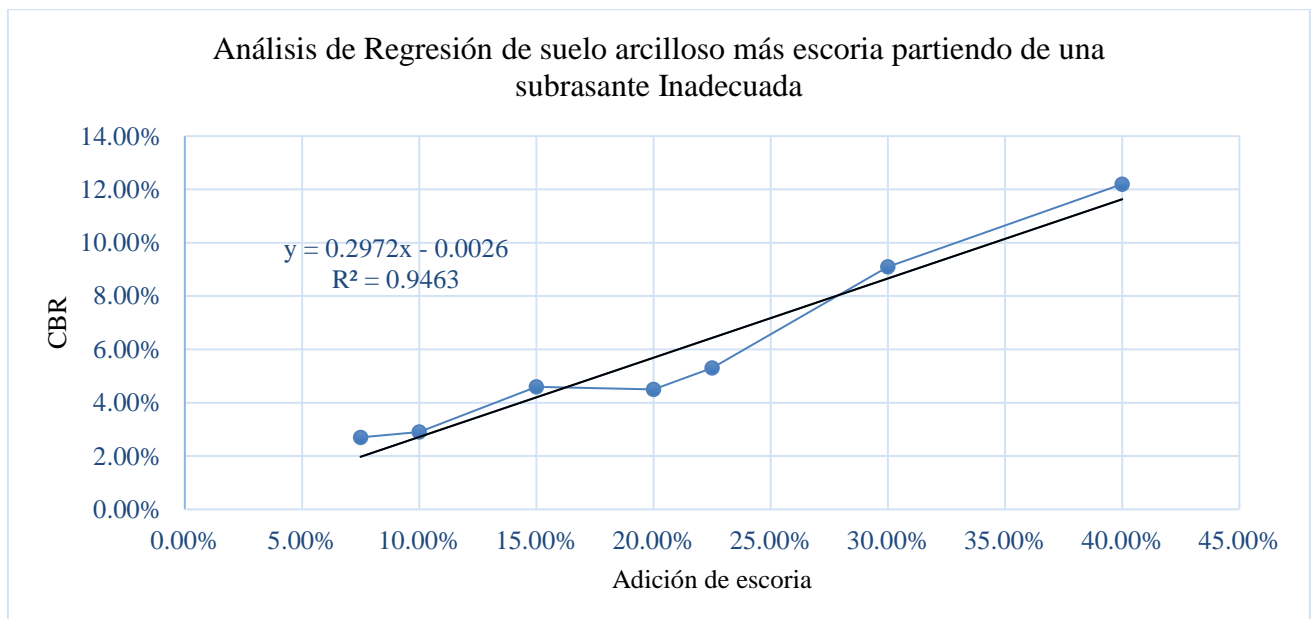


Figura 57: Análisis de dispersión de suelo arcilloso más escoria partiendo de una subrasante Inadecuada

El análisis de dispersión demuestra que el valor de CBR y la adición de escoria son directamente proporcionales. A continuación, se presenta la ecuación de la recta del gráfico.

$$y = 0.2972x - 0.0026$$

Ecuación 3: Análisis de Dispersión evolutiva de subrasante inadecuada a buena (correlación 94.63%)

Donde:

Y: Valor CBR (%)

X: Adición de escoria (%)

Con dicha ecuación, que presenta 94.63% de correlación podremos encontrar con mayor exactitud, qué porcentaje de adición de escoria es necesaria para obtener una subrasante buena, partiendo de un suelo arcilloso con subrasante inadecuada. Al añadir 33.65% de escoria al suelo arcilloso, tendremos una subrasante de 10.00% (Buena-CBR \geq 10% A CBR<20%).

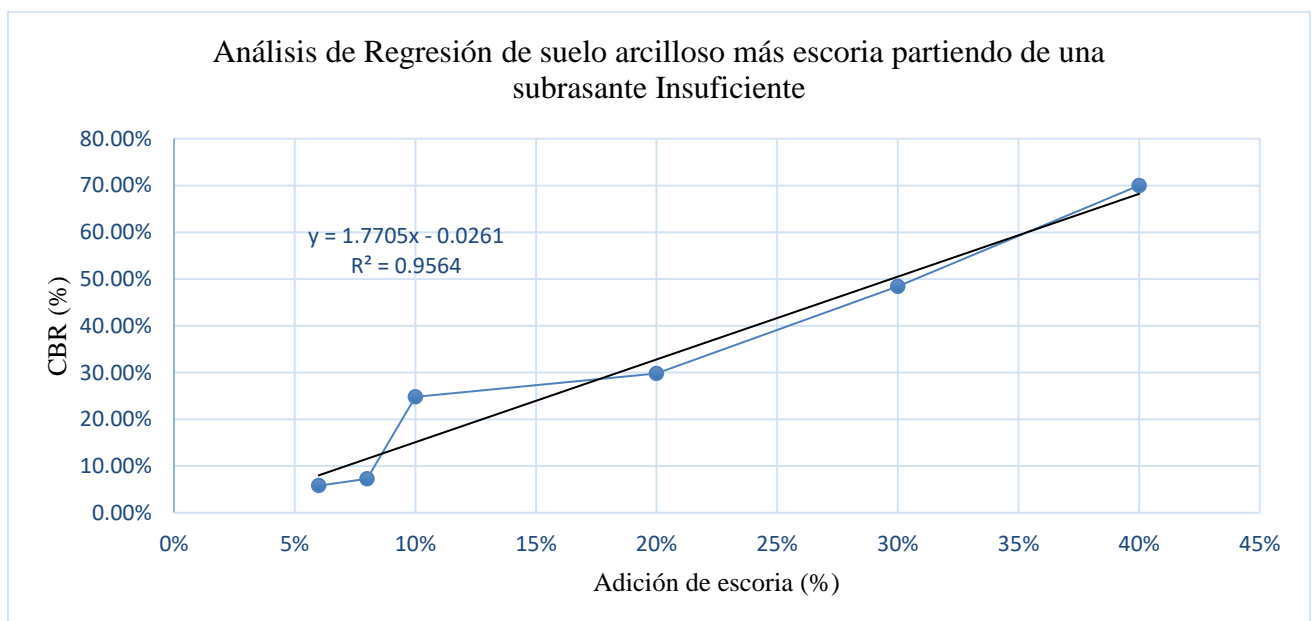


Figura 58: Análisis de regresión de suelo arcilloso más escoria partiendo de una subrasante Insuficiente

El análisis de dispersión demuestra que el valor de CBR y la adición de escoria son directamente proporcionales.

$$y = 1.7705x - 0.0261$$

Ecuación 4: Análisis de Dispersión evolutiva de subrasante insuficiente a excelente (correlación 95.64%)

Con dicha ecuación, que presenta 95.64% de correlación podremos encontrar con mayor exactitud, qué porcentaje de adición de escoria es necesaria para obtener una subrasante excelente, partiendo de un suelo arcilloso con subrasante insuficiente. Al añadir 20.1% de escoria al suelo arcilloso, tendremos una subrasante de 35% (Excelente-CBR \geq 30%).

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1.DISCUSIÓN

El análisis de las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos con adición de escoria de metales nos ha permitido obtener mediante ensayos experimentales descriptivamente hablando, la optimización y evolución del suelo para su empleabilidad en diversas obras viales, reafirmando la hipótesis planteada en un primer plano. Para lograr todo ello, como la generación de nuevos aportes se elaboraron diferentes métodos porcentuales que reforzaron la originalidad del estudio de investigación. Se obtuvieron a lo largo del análisis documental diversos tipos de suelo arcilloso, escoria y dosificación entre ambos, puesto que ningún suelo es igual al otro, al igual que las escorias y la combinación entre ambos, ya que su granulometría entre otros factores evaluados (límites, proctor, CBR, SUCS y AASHTO) hacen que se diferencien entre ellos, arrojando diferentes resultados, pero no imposible para clasificar en valores oscilantes las similitudes y particularidades que guardaban unos con otros para posteriormente analizar y determinar nuevos aportes.

En la Figura 25, se obtuvo la relación porcentual de distribución granulométrica de escorias en estado natural, presenta resultados granulométricos de las diversas escorias en estado natural analizadas, las cuales granulométricamente hablando se diferencian por la cantidad de gravas, arenas y finos. El 100% de escorias presentó una cantidad de más del 94% en gravas y arenas, asimismo en lo que se diferencian es en la cantidad de finos, puesto que el 83% presenta una cantidad menor al 1% de finos, mientras que el 17% restante oscila entre 1 a 4.5% de finos, todo ello confirma que la escoria en términos granulométricos presenta propiedades óptimas debido a que posee partículas de grano grueso en buenas condiciones para estabilizar suelos arcillosos. En la Figura 26, se obtuvo la relación

porcentual de tipos de escoria empleados en granulometría, presenta resultados mediante una línea ascendente de los diversos tipos de escoria que se emplearon para ejecutar los ensayos granulométricos, el 5.88% es metalúrgica y siderúrgica, el 11.76% es de hornos eléctricos, el 17.65% de cobre, el 23.53% de altos hornos y el 35.29% de horno de arco eléctrico, este último es el más empleado debido a que estos hornos son una parte fundamental de las operaciones de reciclaje, debido a que reciclan la chatarra para su reutilización, siendo la minimización de contaminación ambiental factor importante para utilizar como estabilizador este subproducto. El tipo de escoria empleada, también posee cierta dependencia al lugar dónde se ejecuta la estabilización debido a que está cercana a yacimientos donde existen estos metales preciosos y también depende del tipo de horno que presenta las empresas siderúrgicas. La escoria de altos hornos tiene un factor importante debido a que es muy fácil de construir o elaborar ya que son hornos simples que funcionan a grandes temperaturas. En la Tabla 45, se obtuvo rangos de variabilidad en gravas, arenas y finos del suelo arcilloso más escoria, donde se clasifica los rangos de 0 a 100% dividido en seis etapas para tener una mayor noción de la clasificación por rangos de variabilidad. En la Figura 27, se obtuvo el porcentaje de variabilidad de distribución granulométrica de suelo arcilloso más escoria, se tienen los rangos de variabilidad de gravas, arenas y finos, anteriormente explicados, donde el 14.29% de gravas, arenas y el 14.29% de finos presenta una variabilidad del rango de 0-10%; el 28.57% en gravas, arenas y 21.43% en finos, la variabilidad en el rango de 10-20%; 21.43% en gravas y arenas y 42.86% en finos, presenta el rango 20-30%. Seguidamente y en menores proporciones, el 14.29% en gravas, arenas y 7.14% en finos, el rango 30-40%; el 21.43% en gravas y arenas y 7.14% en finos, posee el rango 40-65%; y por último, el 7.14% en finos y 0% en gravas y arenas, manifiesta el rango 90-100%. Estos resultados

porcentuales estadísticos analizan que al estabilizar un suelo arcilloso con escoria confirma que la máxima probabilidad de encontrarnos con esta situación particular en finos es de 42.86%; ya que reduce en un rango de variabilidad de 20-30% la reducción de finos y el aumento de material granular (gravas y arenas). En la Tabla 46, se obtuvo la descripción de finura de suelo al añadir escoria al suelo arcilloso, donde se evalúa la finura de los parámetros de diámetros de partículas (gravas, arenas y finos) de una manera globalizada. En la Figura 28, se obtuvo la relación generalizada final de gravas, arenas y finos al añadir escoria al suelo arcilloso, los resultados presentan que el 100% de los casos, al añadir escoria al suelo arcilloso aumenta considerablemente la cantidad de partículas gruesas (gravas y arenas), así como también el 100% de los casos reduce considerablemente la cantidad de finos. Con ello se verifica y analiza que las escorias tienen un bajo porcentaje de partículas finas, mientras que por otro lado presentan un alto índice de partículas de grano grueso, lo que evidencia que al optimizar peso seco de suelo arcilloso con la escoria aumentará el porcentaje de grano grueso y minimizará el porcentaje de grano fino, mejorando su optimización y/o propiedades finales del suelo. Seguido a ello, se analizó las variables estudiadas, por medio de los ensayos de Límites de Atterberg. En la Figura 29, se obtuvo la relación porcentual de la caracterización de escorias en estado natural en función a límites de Atterberg, los resultados arrojaron que las escorias en estado natural presentan un 77.78% de probabilidad de no presentar plasticidad, es decir no poseen LL, LP e IP; mientras que el 22.22% restante presenta plasticidad, ello es debido a que un mínimo porcentaje de las escorias presentan material fino, como se explicó en la Figura 25. Todo ello confirma y/o evidencia mediante fuentes teóricas y mediante resultados analíticos que las escorias evaluadas respaldan su denominación como estabilizador óptimo de suelos. En la Tabla 47, se obtuvo la

clasificación en relación de rangos de IP en porcentajes, así como también el nivel de plasticidad y característica descriptiva del suelo más escoria respectivamente. Asimismo, en la Figura 30, se obtuvo la relación de rangos de IP en porcentaje al adicionar escoria al suelo arcilloso, se refleja gráficamente el índice de plasticidad mediante rangos, donde el 22.22% de las muestras de suelo más escoria presentó un $IP > 20$; seguido a ello y el resultado mayor es que el 55.56% de muestras de suelo más escoria presentó un rango de IP mayor a 7 y menor o igual a 20, asimismo y en menores proporciones el 16.67% presentó un índice de plasticidad igual a 0 y por último el 5.56% final presentó un rango de IP menor a 7 y mayor a 0. En la Figura 21, se evaluó la relación de evolución de plasticidad al adicionar escoria al suelo arcilloso, los resultados arrojaron que el 55.56% de las muestras pasó de tener una plasticidad relativamente alta, a media; el 22.22% se mantuvo en plasticidad alta; mientras que, el 5,56% pasó de tener una plasticidad media, a plasticidad baja y por último el 16.67% pasó a no presentar plasticidad. Con todo ello se analiza que al adicionar escoria al suelo arcilloso el 77.79% evoluciona sus características plásticas. En la Figura 32, se evaluó la relación de evolución de las características del suelo arcilloso al adicionar escoria. Los resultados presentaron que el 22.22% siguió siendo suelo muy arcilloso; mientras que el 55.56% evolucionó de ser un suelo muy arcilloso a ser un suelo con presencia moderada de arcilla; el 16,67% pasó a ser un suelo extento de arcilla y por último el 5.56% pasó de ser un suelo arcilloso a ser un suelo poco arcilloso. Con todo ello se analiza que, al adicionar escoria al suelo arcilloso, el 77.79% evoluciona sus características descriptivamente hablando. Seguidamente en la Tabla 48, se obtuvieron rangos de porcentaje de variabilidad el Límites de Atterberg de escoria más suelo arcilloso, donde se clasificaron los rangos en, “No Plástico”, de 0-10% y de 10-20%, donde además se evalúa los rangos de variabilidad en LL,

LP e IP. En la Figura 33, se ejecutó gráficamente lo explicado en la Tabla 48, donde el 16.67% tanto en LL, LP e IP presentó la denominación “No Plástica”; asimismo, el 66.67% de LL el 77.78% de LP y el 50% de IP presentó una variación entre 0 a 10%. Por último y en menos proporciones se encuentra que, el 16.67% de LL, el 5.56% de LP y el 33.33% de IP, presenta una variabilidad entre 10-20%. Con todo ello se analiza que al adicionar escoria al suelo arcilloso en la mayoría de ocasiones presentará una variabilidad de 0-10% en los tres parámetros evaluados (LL, LP e IP). En la Figura 34, se evaluó la relación de evolución de la finura del suelo al añadir escoria al suelo arcilloso, es decir, la evolución del porcentaje que retiene la malla N°200 y el porcentaje que pasa dicha malla, donde el 22.22% al añadir escoria al suelo arcilloso sigue siendo un suelo fino (Malla N°200>50%); mientras que, el 77.78% restante al añadir escoria al suelo arcilloso pasa de ser un suelo fino a ser un suelo grueso (Malla N°200<50%). En la Figura 35, se representa gráficamente lo mismo, con la particularidad que ahora se evalúa los resultados con adiciones de escoria >10% con relación al peso seco de suelo, donde el 100% pasa de ser un suelo fino a ser un suelo grueso. Con todo ello se analiza que las escorias en dosificación mayores a 10% garantizan la evolución de la finura del suelo (de suelo fino a suelo grueso). Ahora se analizan los resultados acerca de la clasificación de suelos SUCS y AASHTO. En la Tabla 49 y 50, se obtuvo la clasificación SUCS de las escorias y suelo arcilloso natural, con una descripción general respectivamente. En la Figura 36, los resultados arrojan que el 50% de las muestras de escoria analizadas son “SW” (arena bien graduada, arena con grava, con poco o nada de finos), seguido a ello, el 20% son “GP” (grava mal graduada, mezcla de arena-grava con poco o nada de material fino) y en menores proporciones tenemos a tres tipos de suelo con un 10%, estos son “SP”, “GW” y “GM” (arena mal graduada, arena con gravas, con poca o

nada de finos, gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos y gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo, respectivamente). En la Figura 37, se observa la relación porcentual de descripción generalizada de escorias mediante SUCS, donde el 60% es arena limpia, el 30% grava limpia y el 10% restante representa grava con finos. Con todo ello se analiza y determina que, de las escorias analizadas, el 100% de estas presenta suelo de partículas gruesas que a priori significan un gran complemento del suelo arcilloso mediante el punto de vista de la clasificación de suelos SUCS. En la Figura 38 se obtuvo la relación porcentual de clasificación SUCS de muestras de suelo arcilloso, donde el mayor porcentaje arrojó que el 33.33% de los suelos analizados es “CL”(arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad), el 16.67% es “ML” (arcillas inorgánicas de alta plasticidad), el tipo de suelo “SC”, “SM” y “CH”(arena arcillosa, mezclas de arena y arcilla, arena limosa, mezcla de arena y limo y arcillas inorgánicas de alta plasticidad, respectivamente) presentan cada una de ellas 13.89% y por último el tipo de suelo “MH”, “OH” y “SP” (Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, más elásticos, arcilla orgánica de media o alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad y arena mal graduada, arena con gravas, con poca o nada de finos, respectivamente), presentan cada una de ellas 2.78%. En la Figura 39, se evaluó la relación porcentual de generalización de suelo arcilloso mediante SUCS, donde el 69.45% son limos y arcillas, el 27.78% son arenas con finos y el 2.78% final, arena limpia. Con todo ello se evidencia que, de los suelos analizados, el 97.22% presenta finos, confirmando que el tipo de suelo analizado son arcillosos. A todo ello, ahora se analiza la clasificación de suelos mediante AASHTO, cabe resaltar que esta clasificación es esencialmente para fines de obras viales. En la Tabla 51 y 52, se obtuvo el porcentaje de escoria en estado natural y suelo arcilloso respectivamente mediante

clasificación AASHTO, en la Figura 40, se representa gráficamente lo explicado en la Tabla 51, donde el 8.89% de las escorias analizadas pertenece el tipo de suelo A-1-a (arena bien graduada, arena con grava, con poco o nada de finos); mientras que, el 11.11% restante pertenece al tipo de suelo A-1-b (grava mal graduada, mezcla de arena-grava con poco o nada de material fino), además en la Figura 41, se obtuvo resultados de relación porcentual de descripción generalizada de escoria mediante AASHTO, donde el 100% de las escorias analizadas presenta un terreno de fundación excelente a bueno. Con todo ello se analiza y determina que, de las escorias analizadas, el 100% de estas presenta suelo de partículas gruesas que a priori significan un gran complemento del suelo arcilloso mediante el punto de vista de la clasificación de suelos AASHTO. En la Figura 42, se obtuvo la relación porcentual mediante AASHTO de los suelos arcillosos analizados, los resultan arrojan que el 40.63% pertenece al suelo A-7-6 (arcillas de alta compresión y cambio de volumen), el 21.88% pertenece al suelo A-6-(arcillas de baja a mediana compresión), el 15.63% un suelo A-7-5 (arcilla de alta compresión), el 9.38% A-2-4 (suelos granulados arcillosos o barrocos. Arenas y gravas con un alto contenido de finos), el 6.25% un suelo A-4 (suelos limosos de arena, sedimentos y finos de baja compresión) y por último y en menos proporciones dos porcentajes de 3.13% cada uno, pertenecientes a los suelos A-1-b y A-2-4 (suelos granulados de grava o arena de granulometría media con un importante porcentaje de finos y suelos granulados arcillosos o barrocos, respectivamente). En la Figura 43, se obtuvo la relación porcentual de descripción generalizada de suelo arcilloso mediante AASHTO, los resultados arrojan que el 84.39% presente un terreno de fundación malo a regular; mientras que, el 15.61% restante un terreno de fundación bueno. Con todo ello se evidencia que el suelo arcilloso posteriormente modificado con dosificación de escoria presenta un terreno de

fundación en pésimas condiciones. En la Figura 44, se obtuvo la evolución del suelo mediante SUCS al adicionar escoria al suelo arcilloso, los resultados determinan que el 72.73% evolucionó el suelo arcilloso a un suelo de partículas gruesas, específicamente “SC-SM”; mientras que el 36.36% no presenta alteración alguna. En la Figura 45, presenta similitudes con la anterior, solo con la particularidad que se emplea adiciones de escoria >10%, los resultados arrojan que el 100% evolucionó el suelo arcilloso a un suelo de partículas gruesas “SC-SM”. En la Figura 46, se obtuvo la evolución del suelo mediante AASHTO al adicionar escoria al suelo arcilloso, los resultados determinan que el 27.27% es “A-7-6” y “A-4”, el 36.36% “A-6” y por último el 9.09% es “A-2-6”. La Figura 47 evalúa lo mismo, lo particular de ello es la evolución del suelo al adicionar escoria mediante el terreno de fundación, donde el 90.91% arroja un terreno de fundación regular y el 9.09% excelente a bueno. Con todo ello se confirma mediante el análisis que tanto para la clasificación SUCS y AASHTO al adicionar escoria al suelo arcilloso evoluciona considerablemente debido a que el suelo arcilloso pasa a ser un suelo de partículas gruesas con un terreno de fundación de regular a bueno y excelente. Seguid a ello se evalúa los ensayos especiales de CBR y proctor, este último presenta que, en la Tabla 53 existe rangos de variabilidad de MDS y OCH de suelo arcilloso más escoria, es por ello que, en la Figura 48 se expresa gráficamente lo mencionado donde en todos los rangos de clasificación existe variabilidad creciente, el más llamativo es el 47.06% de MDS y el 11.76% de OCH de las muestras analizadas presenta una variación porcentual entre 5-10%, en la Tabla 54, se obtuvo la descripción de efectividad en ensayo proctor de suelo arcilloso más escoria, complementándose gráficamente en la Figura 49. Con todo ello se analiza y determina que, al momento de añadir este subproducto al suelo arcilloso, mejora la variabilidad en MDS y

OCH, aumentando resistencia y disminuyendo humedad, respectivamente. Por último se evalúa los ensayos CBR, en la Tabla 55, se obtuvo la relación porcentual de CBR de las escorias analizadas, dónde mediante seis rangos se evalúa los valores de CBR así como también su categoría de subrasante, tal y como lo describe el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, en la Figura 50, se describe gráficamente lo mencionado, dónde el 100% de las escorias analizadas presenta un $CBR \geq 30\%$, en la Figura 51, se expresa lo mismo con la particularidad de que se evalúa por categoría de subrasante, donde el 100% de las escorias analizadas presenta una categoría de subrasante “excelente”. Con todo ello se analiza que las escorias en su totalidad aportan un gran valor de CBR para el suelo a estabilizar. En la Tabla 56, se sigue el mismo procedimiento que la Tabla 55, la única variación es que ahora se analiza el suelo arcilloso en base al CBR 95% MDS (0.1”). En la Figura 52, los resultados arrojan que, el 61.9% de los suelos evaluados presenta una categoría de subrasante regular a insuficiente, debido a que en la Figura 53, se analiza que el mismo porcentaje presenta un $CBR \geq 3\% - CBR < 10\%$. En la Tabla 57, se analiza los rangos de variabilidad de CBR al añadir escoria al suelo arcilloso, donde gráficamente se aprecia en la Figura 54, los resultados arrojan que el 26.92% de las muestras dosificadas analizadas, varían en un rango de 70.1 – 100%, seguido del 19.23% varía en un rango de 100.1 – 200% y el 19.23% varía de 200.1-300%. En resultados estadísticos de variabilidad podemos analizar y determinar que, al estabilizar el suelo arcilloso con escoria, un 65.38% presenciaremos variabilidad creciente de CBR entre 70-200% En la Figura 55 y 56, se evalúa los valores de CBR al ejecutar la dosificación y su tipo de categoría de subrasante, respectivamente donde el 30.8% aumentó su CBR de 10-20% con ello se denomina subrasante “buena”, también, el 19.24% manifiesta valores entre 20-30% con ello un tipo de subrasante “muy buena” y 15.4% valores mayores

a 30% con ello un tipo de subrasante “excelente”. Con ello se analiza que el suelo arcilloso en esta investigación presentó subrasantes de “regular – insuficiente a inadecuada” y al momento de ejecutar la dosificación un 65.44% evoluciona a subrasante “buena-muy buena a excelente”. En la Figura 57 y 58, se evalúa el análisis de regresión dónde participa el % de adición de escoria y el valor de CBR respectivo, los resultados arrojan un modelo de correlación de 94.63% si partimos de una categoría de subrasante Inadecuada; mientras que, presenta una correlación de 95.64% si partimos de una categoría de subrasante Insuficiente, cabe resaltar que, el porcentaje de adición de escoria que se evalúa es un máximo de 40% con relación al peso seco del suelo arcilloso), es directamente proporcional al CBR.

Según nuestra unidad de estudio tiende a tener mayores y mejores resultados, tras la aplicación de las normativas y entidades correspondientes que de una u otra manera resguardan la verificación y corroboración de los estudios teórico- prácticos. Tras la ejecución de los resultados obtenidos, cumplieron con los requisitos propuestos por las normativas correspondientes mejorando en todos los indicadores en valores que evolucionaron en la unidad de estudio que se analizó en esta investigación.

De los hallazgos encontrados se rescataron varias cosas, en primer plano es que por medio de varios entes que se encargan de clasificación de partículas se logró internacionalizar los resultados de granulometría y con ello ampliar el rango de lectores, asimismo se logró identificar cual es la variabilidad de dosificar al suelo arcilloso mediante escorias de metales, se analizó la importancia de incluir los ensayos en su totalidad, con factores de variabilidad en (granulometría, Atterberg, SUCS, AASHTO, Proctor y CBR) y determinar mediante el análisis respectivo, qué porcentaje de adición de escoria es necesario para mejorar la categoría de subrasante del suelo.

LIMITACIONES

Para la elaboración de la presente tesis se presentaron diversos eventos que a largo plazo manifestaron ser restricciones para su posterior desarrollo, debido a que la investigación, se ejecutó en plena pandemia del virus del COVID-19, complementando ello con las decisiones gubernamentales del estado peruano de declarar al país en estado de emergencia, todo ello conllevó a modificar el tipo de tesis a un modo descriptivo, ya que los laboratorios de ingeniería permanecieron cerrados. Asimismo, se tuvo poca información al mejorar suelos arcillosos con escoria de metales, debido a que en el Perú no se tiene tendencia a estabilizar los suelos con este tipo de subproducto.

4.2. CONCLUSIONES

Se logró analizar las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos con adición de escoria de metales, donde mediante análisis de regresión y ecuaciones de recta se obtiene valores relativo-prácticos de adición de escoria, donde 33.65% de adición de escoria con relación al peso seco de suelo arcilloso es necesario para evolucionar subrasantes inadecuadas a buenas, siendo factores y/o descripciones óptimas para ser consideradas y empleadas en diversos diseños de obras viales.

Se analizaron los diversos ensayos normalizados necesarios para las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos con adición de escoria de metales, se obtuvo entre los valores más resaltantes que la escoria en estado natural presenta más del 94% de material grueso, además según los datos analizados, al momento de estabilizar este subproducto con

el suelo arcilloso, puede llegar a aportar una significativa variabilidad de 20-30% tanto en gravas, arenas y finos, con respecto a la granulometría del suelo natural; además, el 100% (el total de casos analizados), aumenta el porcentaje de grano grueso y disminuye el porcentaje de finos. Asimismo, en el ensayo de los límites de Atterberg, se obtuvo que las escorias analizadas en un 77.78% no presentan plasticidad (NP), además, al momento de ejecutar la dosificación, la escoria influye positivamente en el suelo arcilloso, ya que el 77.79% de los casos analizados, evoluciona sus características de nivel de plasticidad si partimos de una plasticidad alta (suelo arcilloso), evidenciando que la escoria tiende a reducir el material plástico en los suelos arcillosos.

Se analizó la clasificación de suelos SUCS y AASHTO, donde según los datos, el 100% de las escorias analizadas en estado natural, arrojaron ser suelo de grano grueso (SUCS), además el 100% de escoria presentó un terreno de fundación excelente a bueno (AASHTO). Asimismo, se analizó la clasificación de suelos al momento de ejecutar la dosificación, donde el 72.73% paso de ser un suelo fino a ser un suelo de grano grueso (SUCS); mientras que, el 90.91% paso de tener un terreno de fundación malo a ser regular (AASHTO).

Se analizaron los ensayos especiales necesarios para las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos con escoria de metales, se obtuvo entre los valores más resaltantes que el 100% de los datos analizados, presentaron aumento en la Máxima Densidad Seca (MDS), así como también, el 100%, reducción en el Óptimo Contenido de Humedad (OCH). Se analizó mediante rangos de variabilidad, que el 58.82% de MDS y el 41.16% de OCH, de los datos analizados, presentó una variabilidad de MDS y OCH de 5-20%. Se analizó el CBR del suelo arcilloso más escoria, mediante análisis de regresión, donde el porcentaje de

adición de escoria y el valor de CBR son directamente proporcionales. Se concluyó que, al añadir 33.65% y 20.1% de escoria al suelo arcilloso, obtendremos una subrasante buena y excelente, respectivamente (partiendo de subrasantes inadecuadas e insuficientes, respectivamente).

Se logró identificar las escorias más empleadas en el ámbito de la construcción, las cuales son las escorias de horno de arco eléctrico con un 35.29% y las de altos hornos con un 23.53%, las cuales brindaron un buen aporte como agente influyente en la unidad de estudio, viéndose reflejado en los resultados expuestos.

5. REFERENCIAS

- Acosta, J., Villaraga, C. (2018). *Análisis del comportamiento de las propiedades mecánicas de un suelo cohesivo y posible uso como material de terraplén; cuando se modifica su composición granulométrica usando escoria de alto horno* (tesis pre grado). Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia.
- Antaurco, D. (2019). *Diseño de concreto permeable para pavimento rígido usando escoria de cobre en el distrito Independencia, Ancash, 2019* (Tesis de pre grado). Universidad César Vallejo, Perú.
- Bancessi, A., Ribeiro, H., Fanguero, D., Duarte, E. Cabral, F. (2011). Efecto de la digestión anaerobia y la estabilización de la cal sobre la mineralización de carbono y nitrógeno de los lodos de PTAR. *REVISTA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS*, 34(2), 132-140. Recuperado de http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0871-018X2011000200012&lang=es
- Bravo, B., López, H., (2021). *Mejoramiento de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos empleando valvas de molusco y vidrio en la ciudad de Talara, Piura* (Tesis de pre grado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú.
- Carvalho, S., Alves, M., Ferreira, M., Melo, S. (2016). Propiedades geotécnicas de un suelo expansivo tratado con cal. *Revista Materia*, 21(2), 437-449. doi: 10.1590/S1517-707620160002.0041

- Ccoillo, I. (2016). *Comportamiento de la subrasante de suelos con adición de escoria en pavimentos flexibles de la Universidad Agraria la Molina – 2016* (Tesis pre grado). Universidad César Vallejo, Lima, Perú.
- Chavín, C., Honores, B. (2021). *Diseño óptimo del pavimento utilizando escoria de hornos eléctricos como mejoramiento de la subrasante en el mercado La Perla-Chimbote 2021* (Tesis de pre grado). Universidad Nacional del Santa.
- Choque, R. (2012). *Viabilidad para el uso de la escoria de acería eléctrica como agregado en mezcla asfáltica en la ciudad de Chimbote* (Tesis de pre grado). Universidad Nacional de Huancavelica.
- Cohen, L., Paz, P. (2021). *Mejoramiento del CBR adicionando escoria de acero blanca al suelo de la Ruta N° LI-810 con trayectoria: Emp. pe-3n (Quiruvilca) – Bandurria* (Tesis de pre grado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú.
- Cruz, C., Yauri, J. (2020). *Propiedades mecánicas de una base granular incorporando escoria de acero mediante el ensayo CBR – Cantero Yauri, Chicama, 2019* (Tesis de pre grado). Universidad César Vallejo, Perú.
- Cubas, J., Manay, L. (2021). *Mejoramiento de subrasante para pavimento industrial de tránsito pesado utilizando escoria metálica, en estacionamiento vehicular avenida Circunvalación – Jaén – Cajamarca 2021*(Tesis de pre grado). Universidad César Vallejo, Perú.

- Echizuría, H. (2019). El suelo estabilizado, una opción constructiva de uso ancestral. *Rev. Tekhné*, 22 (1), 69-80. Recuperado de <http://revistasenlinea.saber.ucab.edu.ve/temas/index.php/tekhne/index>
- Fabián, J., Gonzales, L. (2021). *Inclusión de concreto reciclado al 7%, 11% y 21% para obtener un mejoramiento de CBR en suelos arcillosos utilizados a nivel de subrasante en obras de saneamiento 2021* (Tesis de pre grado). Universidad Privada del Norte, Perú.
- Figueroa, I., Mamani, C. (2019). *Diseño de carreteras afirmadas en base a escorias negras, provenientes de la plana de aceros Arequipa de Pisco, para zonas rurales* (Tesis de pre grado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú.
- Flores, E., Flores, A. (2020). *Influencia de los aditivos con enzimas orgánicas terrasil y perma zyme para la estabilización de la subrasante de una carretera no pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad 2019* (Tesis de pre grado). Universidad Privada del Norte, Perú.
- García, F. J. (2017). *Revisión sistemática de literatura en los Trabajos de Final de Máster y en las Tesis Doctorales* (Tesis post grado). Universidad de Salamanca, Salamanca, España.
- Huancoillo, H. & Yuniór, J. (2017). *Mejoramiento de suelo arcilloso con ceniza volante y cal para su uso como pavimento a nivel de afirmado en la carretera desvío Huancané – Chupa – Puno* (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.

- Infantes, D. (2020). *Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de una base granular para pavimento flexible mejorada con la adición de escoria de cobre* (Tesis de pre grado). Universidad Católica de San Pedro, Perú.
- Jara, J. (2020). *Influencia de la escoria de cobre en la resistencia mecánica del concreto $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ para pavimento rígido, La Oroya – Junín 2020* (Tesis de pre grado). Universidad César Vallejo, Perú.
- Jiménez, Y. A., Bastidas, M. J., Consuegra J.L. (2019). Optimización de Residuos Mineros de Carbón para el Mejoramiento de Suelos Viales con Algoritmos Evolutivos Multiobjetivo. *Información Tecnológica*, 30(4), 249-258. doi:10.4067/S0718-07642019000400249
- López, T. Hernández, J., Horta, J., Coronado, A., Castaño, V. (2010). Polímeros para la estabilización volumétrica de arcillas expansivas. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 11(3), 159-168. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Victor_Castano/publication/277275715_Polimeros_para_la_estabilizacion_volumetrica_de_arcillas_expansivas/links/56a7bc6c08ae0fd8b3fe1fd5/Polimeros-para-la-estabilizacion-volumetrica-de-arcillas-expansivas.pdf
- Lucena, L., Juca. J., Soares, J., Barroso, S., Portela, M. (2016). Caracterización y evaluación del uso potencial de lodo ETE y ETA en el pavimento. *Engenharia Agrícola*, 36 (1), 166-178. doi:10.1590/1809-4430.

- Machado, C., Ribeiro, C. (2012). Comportamiento geotécnico de mezclas granulométricas de grano de suelo. *Revista Árvore, Viçosa-MG, 36(3)*, 519-526. doi:10.1590/S0100-67622012000300014
- Mantilla, J. (2019). *Mejoramiento con granalla mineral en subrasante de suelos arcillosos en la carretera Tocache- Juanjui, Km: 39+0.10* (Tesis de pre grado). Universidad César Vallejo, Perú.
- Más, M.I., García, E.M. Marco L.J. De Marco, J. (2016). Análisis de la Viabilidad Ambiental de la Utilización de Morteros Fabricados con Polvo de Vidrio en la Estabilización de Suelos. *Información Tecnológica, 27(5)*, 77-86. doi: 10.4067/S07 18-07642016000500010
- Melo, L., Cavalcante, E., Albuquerque, F., Costa. A. (2017). Adición de una asociación polimérica a un suelo franco arenoso para la estabilización química de los materiales del piso. *Revista Materia, 22(3)*, 1-13. doi: 10.1590/S1517-707620170003.0204
- Melgarejo, C., (2019). *Influencia de la Escoria al Producir Concreto Permeable en Pavimentos Urbanos de la Ciudad de Pasco – Distrito de Yanacancha – 2019* (Tesis de pre grado). Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Perú.
- Mendoza, R., Béria, J. (2001). Utilización de los servicios de salud: una revisión sistemática sobre los factores relacionados. *Cad. Saude Pública, 17 (4)*, 819-832. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/%0D/csp/v17n4/5288.pdf>

- Medrano, J., Boix, R., Cerrato, E., Ramírez, M. (2006). Incidencia y prevalencia de cardiopatía isquémica y enfermedad cerebrovascular en España: revisión sistemática de la literatura. *Rev. Esp. Salud Pública*, 80(1), 5-15. Recuperado de <http://scielo.isciii.es/pdf/resp/v80n1/colaboracion1.pdf>
- Morais, M. Souza, A. Cardoso, D., Pereira, L. (2017) Efecto de la ceniza de cáscara de arroz sobre la plasticidad y la compactación de una mezcla de tierra y cal. *Revista Materia*, 22(3), 1-9. doi: 10.1590/S1517-707620170003.0209
- Moreno, B., Muñoz, M., Cuellar, J., Domancic, S., Villanueva, J. (2018). Revisiones Sistemáticas: definición y nociones básicas. *Rev. Clin. Periodoncia Implantol. Rehabil. Oral*, 11(3), 184-186. doi 10.4067/S0719-01072018000300184
- Morón, J. (2018). *Modelo de gestión del uso de escoria de cobre para disminuir el impacto ambiental en la región Moquegua 2018* (Tesis de pre grado). Universidad Privada de Tacna.
- Orobio, A. (2011). Consideraciones para el diseño y construcción de vías en afirmado estabilizadas con cloruro de calcio. *Dyna*, 78(165). 93-100. Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/25643>
- Otondo, J., Jacobo, E. J., Taboada, M. A. (2015). Mejora de las propiedades físicas por el uso de especies mega térmicas en un suelo sódico templado.

Ciencia del suelo, 100(1). 119-130. Recuperado de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672015000100012&lang=es

Palli, E. (2015). *Guía básica para estabilización de suelos con cal en caminos de baja intensidad vehicular en la provincia de San Román* (Tesis de pre grado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.

Payne, D. (2017). *Estabilización de la subrasante de carreteras empleando escorias de acería* (Tesis de pre grado). Universidad de Holguín, Cuba.

Pérez, M., Rodríguez, G. (2021). *Influencia de la dosificación de relave minero sobre la compactación y la capacidad de soporte de un material granular para el afirmado de la carretera Carata- Motil* (Tesis de pre grado). Universidad Nacional de Trujillo, Perú.

Pérez, G., Buenaventura, C., Ortiz, A. (2016). Estabilización de un Suelo Arcilloso mediante el uso de Ceniza de Cuesco de Palma Africana y cal. *International Society for Rock Mechanics and Rock Engineering*, 3(2), 1-8. Recuperado de <https://www.onepetro.org/conference-paper/ISRM-ICSR-2016-093>

Pérez, H., (2018). *Diseño de mezclas asfálticas en caliente con la adición de escoria metalúrgica–Lima, 201810* (Tesis de pre grado). Universidad César Vallejo, Perú.

Ramírez, J., (2020). *Estabilización de suelos arcillosos incorporando cenizas de madera, originadas por ladrilleras artesanales, en la red vial vecinal*

Antarumi- Macachacra, Ayacucho. (Tesis de pre grado). Universidad César Vallejo, Perú.

Rocha, M., Ribeiro L. (2017). Estudio de laboratorio de un suelo tropical granular químicamente estabilizado para pavimentación. *Revista Materia*, 22(4), 1-25. doi: 10.1590/S1517-707620170004.0229

Rodríguez, V., Silva, J. (2019). *Estabilización de Suelos adicionando Cemento Portland tipo I más cal hidratada en vías afirmadas, para el centro poblado Alto Trujillo, El Porvenir- La Libertad* (Tesis pre grado). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.

Rojas, H., Ángulo, D. (2016). *Ensayo de fiabilidad con aditivo proes para la estabilización del suelo en el AA. HH El Milagro, 2016* (Tesis de pre grado). Universidad Científica del Perú, Iquitos, Perú.

Roldán de Paz, J. (2010). *Estabilización de suelos con cloruro de sodio (NaCl) para bases y sub bases.* (Tesis de pre grado). Universidad de San Carlos, Guatemala.

Siclane, L. (2019). *Aplicación de escoria siderúrgica para rehabilitar pavimentos flexibles en el Distrito de La Victoria – Lima 2018* (Tesis de pre grado). Universidad César Vallejo, Perú.

Sutili, F., Dorneles, R., Vargas, C., Wolff, P. (2018). Evaluación de la propagación vegetativa de especies utilizadas en la estabilización de trabajos terrestres con técnicas de ingeniería natural. *Ciencia Florestal Santa María*, 28(1), 1-12. doi: 10.5902/1980509831567.

Tirado, C. (2019). *Análisis comparativo del uso de escoria de siderurgia para la estabilización de suelo* (Tesis pre grado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.

Valles, C., Alarcón, T. (2009). Estabilización Química de Suelos Contaminados con Metales Pesados. I Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos, 2(2), 1-12. Recuperado de <http://www.redisa.net/doc/artSim2008/tratamiento/A30.pdf>

Zelada, R. (2016). *Valoración económica de la escoria de horno eléctrico de SIDERPERU como producto alternativo a la piedra cantera en el sector construcción* (Tesis pre grado). Universidad Nacional de Trujillo, Perú.

6. ANEXOS

Anexo 1: Matriz de evaluación de experto(a)

Tabla 58

Evaluación Experto

| MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTO | | | |
|---|---|--|---------------|
| Título de la investigación: | | ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE ESCORIA DE METALES, PERÚ 2021. | |
| Línea de investigación: | | Nuevas tecnologías y sistemas de construcción. Building informatizo modeling (BIM). Smart citie. | |
| Apellidos y nombres del experto: | | Mg. Ing. Roxana Milagros Aguilar Villena. | |
| El instrumento de medición pertenece a la variable: | | Dependiente | |
| Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una “x” en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la medición sobre la variable en estudio. | | | |
| N° | Preguntas | Rpta. SÍ No | Observaciones |
| 1 | ¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado? | | |
| 2 | ¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación? | | |
| 3 | ¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación? | | |
| 4 | ¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación? | | |
| 5 | ¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio? | | |
| 6 | ¿Cada una de los ítems del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores? | | |
| 7 | ¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos ? | | |
| 8 | ¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio? | | |
| 9 | ¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de manera que se pueda obtener los datos requeridos? | | |

Anexo 2: Matriz SUCS grano grueso.

Tabla 59 *Matriz de categorías*

| MATRIZ DE CATEGORÍAS | | | | | | | |
|------------------------|---------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|-----------|-------|--|
| Observador | Laboratorio | | | | | | |
| Lugar de muestreo | Número de muestras | | | | | | |
| Fecha | LL | LP | | IP | | | |
| Divisiones Principales | Símbolo | Comportamiento Mecánico | Capacidad Drenaje | Densidad Óptima | CBR | | |
| Gravas | GW | Excelente | Excelente | 2.00-2.24 | 60-80 | | |
| | GP | Bueno a excelente | Excelente | 1.76-2.08 | 25-60 | | |
| | GM | Bueno a excelente | Aceptable a mala | 2.08-2.32 | 40-80 | | |
| | | Bueno a excelente | Mala a impermebale | 1.92-2.24 | 20-40 | | |
| | GC | Bueno a excelente | Mala a impermebale | 1.92-2.24 | 20-40 | | |
| | Suelos grano grueso | SW | Bueno | Excelente | 1.76-2.08 | 20-40 | |
| SP | | Aceptable a bueno | Excelente | 1.60-1.92 | 10-25 | | |
| Arenas | | SM | Aceptable a bueno | Aceptable a mala | 1.92-2.16 | 20-40 | |
| | | SC | Aceptable | Mala a impermebale | 1.68-2.08 | 10-20 | |
| | SC | Malo a aceptable | Mala a impermebale | 1.68-2.08 | 10-20 | | |

Anexo 3: Resumen de datos SUCS grano fino

Tabla 60 *Matriz de Categorías*

| MATRIZ DE CATEGORÍAS | | | | | |
|-------------------------------|----------------|--------------------------------|--------------------------|------------------------|------------|
| Observador | | Estudio Realizado | | CBR | |
| Lugar de muestreo | | Número de muestras | | Proctor | |
| Fecha | LL | | LP | Granulometría | |
| Divisiones Principales | Símbolo | Comportamiento Mecánico | Capacidad Drenaje | Densidad Óptima | CBR |
| | ML | Malo a aceptable | Aceptable a mala | 1.60-2.00 | 5-15 |
| Limos | CL | Malo a aceptable | Casi Impermeable | 1.60-2.00 | 5-15 |
| | OL | Malo | Mala | 1.44-1.70 | 4-8 |
| Suelos grano fino | MH | Malo | Aceptable a mala | 1.28-1.60 | 4-8 |
| Arcillas | CH | Malo a aceptable | Casi Impermeable | 1.44-1.76 | 3-5 |
| | OH | Malo a muy malo | Casi Impermeable | 1.28-1.68 | 3-5 |

Anexo 4: Resumen Datos AASHTO

Tabla 61 *Matriz de Categorías*

| MATRIZ DE CATEGORÍAS | | | | | | | | | | | | |
|---|--|-------|------------|--------------------------------------|-------|-------|-------|--|------|------|-------------------|-------|
| Observador | LL | | LP | IP | LC | IG | AE | Laboratorio | | | | |
| Lugar de muestreo | | | | | | | | Nº muestras | | | | |
| División General | MATERIALES GRANULARES (pasa menos del 35% por el tamiz ASTM N°200) | | | | | | | MATERIALES LIMO ARCILLOSOS (más del 35% de tamiz ASTM N°200) | | | | |
| Grupo | A-1 | | A-3 | A-2 | | | A-4 | A-5 | A-6 | A-7 | | |
| Subgrupo | A-1-a | A-1-b | A-3 | A-2-4 | A-2-5 | A-2-6 | A-2-7 | A-4 | A-5 | A-6 | A-7-5 | A-7-6 |
| PORCENTAJE GRANULOMÉTRICO (% QUE PASA POR CADA TAMIZ) | | | | | | | | | | | | |
| | #10 : ≤ 50 | | | | | | | | | | | |
| Serie ASTM | #40: ≤ 30 | ≤ 50 | ≥ 51 | | | | | | | | | |
| | #200 ≤ 15 | ≤ 25 | ≤ 10 | ≤ 35 | ≤ 35 | ≤ 35 | ≤ 35 | ≥ 36 | ≥ 36 | ≥ 36 | ≥ 36 | ≥ 36 |
| ESTADOS DE CONSISTENCIA (DE LA FRACCIÓN DE SUELO QUE PASA POR EL TAMIZ ASTM #40) | | | | | | | | | | | | |
| Límite Líquido | | | NP | ≤ 40 | ≥ 41 | ≤ 40 | ≥ 41 | ≤ 40 | ≥ 41 | ≤ 40 | | |
| Índice de Plasticidad | ≤ 6 | | | ≤ 10 | ≤ 10 | ≥ 11 | ≥ 11 | ≤ 10 | ≤ 10 | ≥ 11 | ≥ 11 | ≥ 11 |
| Índice de Grupo | 0 | | 0 | 0 | | ≤ 4 | | ≤ 8 | ≤ 12 | ≤ 20 | | ≤ 20 |
| Tipología | Fragmentos de piedra | | Arena fina | Gravas y arenas limosas o arcillosas | | | | Suelos limosos | | | Suelos arcillosos | |
| Calidad | EXCELENTE A BUENA | | | | | | | ACEPTABLE A MALA | | | | |

Anexo 5: Matriz de Consistencia

Tabla 62

Matriz de Consistencia

| TÍTULO | FOMULACIÓN DEL PROBLEMA | OBJETIVOS | HIPÓTESIS | METODOLOGÍA | VARIABLES | DIMENSIONES | INDICADORES |
|---|--|---|--|--|-------------------------------------|----------------------|--|
| ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE ESCORIA DE METALES, PERÚ 2021 | ¿Cuáles son las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos con adición de escoria de metales en Perú 2021? | Analizar las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos con adición de escoria de metales, Perú 2021. | GENERAL El análisis de las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos con adición de escoria de metales nos dará como resultado la optimización para la empleabilidad del suelo en fines constructivos. | TIPO DE INVESTIGACIÓN La presente investigación es de tipo No Experimental- Cuantitativo; porque no se manipula las variables que se van a tomar para analizar resultados, | Única | Ensayos Normalizados | Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422, MTC E 107 Clasificación SUCS, AASHTO ASTM D-2487 y M-145. Límites Consistencia California Bearing Ratio (CBR) ASTM D-1883, MTC E 132. Peso específico de sólidos |
| | | Analizar los ensayos | ESPECÍFICOS | DISEÑO DE INVESTIGACIÓN La presente investigación es de tipo No Experimental específicamente Descriptiva Transversal, debido a que no manipula los efectos de la variable independiente a la dependiente. | Propiedades Mecánicas de los suelos | Ensayos Especiales | Proctor Modificado ASTM D-1557 y MTC E-115 Escorias de altos hornos (dosificaciones) |

normalizados
necesarios para las
propiedades
mecánicas de los
suelos arcillosos
con y sin escoria
de metales.

UNIDAD DE ESTUDIO

Todos los suelos arcillosos, Perú
2021.

POBLACIÓN

Todos los estudios de las
propiedades de los suelos
arcillosos con adición de escoria
de metales, Perú 2021.

Identificar los
principales tipos
de escoria de
metales más
utilizados en el
ámbito
constructivo.

MUESTRA

Según el estudio realizado en el
presente trabajo se contempló la técnica
del muestro no probabilístico optándose
por la recopilación de 25 estudios de
investigación.

Analizar los
ensayos
experimentales
necesarios para las
propiedades
mecánicas de los
suelos arcillosos
con y sin escoria de
metales.

Anexo 6: Ficha de recolección de datos

| UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO | |
|--|---|
| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | |
| TESIS | ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE ESCORIA DE METALES, PERÚ 2021 |
| TESISTA | BACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA ASESOR(A) MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENNA |

| | |
|--|-------------------|
| TÍTULO | ESTUDIO N° |
| Diseño de carreteras afirmadas en base a escorias negras, provenientes de la planta de aceros Arequipa de Pisco, para zonas rurales. | 1 |

| | | | | | |
|-----------------------------|---------|----------------------|---|-------------------------------|---|
| SUBPRODUCTO EMPLEADO | ESCORIA | TIPO DE SUELO | - | TIPO DE ESTABILIZACIÓN | - |
|-----------------------------|---------|----------------------|---|-------------------------------|---|

| |
|----------------------------|
| EL ESTUDIO PRESENTA |
|----------------------------|

| | GRANULOMETR | ATTEBERG | SUCS | AASHTO | PROCTOR | CBR |
|---------|-------------|----------|------|--------|---------|-----|
| SUELO | - | - | - | - | - | - |
| ESCORIA | X | X | X | X | X | X |
| ADICIÓN | - | - | - | - | - | - |

| | |
|--------------------|-----|
| N° MUESTRAS | 5 |
| LUGAR | ICA |

| RESULTADOS | | | | | |
|---------------------------|---------|---------|---------|--------|--------|
| | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 |
| GRAVAS Y ARENAS (%) | 99.988% | 99.977% | 99.938% | 99.96% | 99.97% |
| FINOS (%) | 0.012% | 0.023% | 0.062% | 0.045% | 0.026% |
| LL (%) | NP | NP | NP | NP | NP |
| LP (%) | NP | NP | NP | NP | NP |
| IP (%) | NP | NP | NP | NP | NP |
| SUCS | SW | SW | SW | SW | SW |
| AASHTO | A-1-a | A-1-a | A-1-a | A-1-a | A-1-a |
| OCH (%) | 9.20 | 9.20 | 9.20 | 9.20 | 9.20 |
| MDS (gr/cm ³) | 1.92 | 1.92 | 1.92 | 1.92 | 1.92 |
| CBR | 33.60% | 35.40% | 35.70% | - | - |


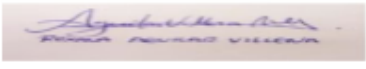

| AUTOR | | ASESOR (A) | |
|----------------|---|----------------|--|
| NOMBRE: | BACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA | NOMBRE: | MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENNA |
| FIRMA: |  | FIRMA: |  |

Figura 59: Ficha de recolección de datos N°01

Anexo 7: Ficha de recolección de datos

| | | | | |
|---|--|---|--|--|
|  | UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO | | | |
| | FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | | |
| | TESIS | ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE ESCORIA DE METALES, PERÚ 2021 | | |
| TESISTA | BACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA | ASESOR(A) | MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENA | |

| | |
|--|---|
| TÍTULO Influencia de la dosificación de relave minero sobre la compactación y la capacidad de soporte de un material granular para el afirmado de la carretera Carata-Motil. | ESTUDIO N° <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 40px; margin: 0 auto;">2</div> |
|--|---|

| | | |
|--|---|---|
| SUBPRODUCTO EMPLEADO <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 150px; margin: 0 auto;">ESCORIA</div> | TIPO DE SUELO <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 130px; margin: 0 auto;">ARCILLOSO</div> | TIPO DE ESTABILIZACIÓN <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 50px; margin: 0 auto;">QUÍMICA</div> |
|--|---|---|

ADICIÓN MATERIAL GRANULAR + RELAVE

| EL ESTUDIO PRESENTA | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th></th> <th>GRANULOMETRÍA</th> <th>UTTERBERG</th> <th>SUCS</th> <th>AASHTO</th> <th>PROCTOR</th> <th>CBR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SUELO</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>MATERIAL G.</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>ESCORIA</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>ADICIÓN</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> </tbody> </table> | | GRANULOMETRÍA | UTTERBERG | SUCS | AASHTO | PROCTOR | CBR | SUELO | X | X | X | X | - | - | MATERIAL G. | X | X | X | X | - | - | ESCORIA | X | X | X | X | X | X | ADICIÓN | - | - | - | - | X | X |
|----------------------------|--|-----------|---------------|-----------|---------|--------|---------|-----|-------|---|---|---|---|---|---|-------------|---|---|---|---|---|---|---------|---|---|---|---|---|---|---------|---|---|---|---|---|---|
| | GRANULOMETRÍA | UTTERBERG | SUCS | AASHTO | PROCTOR | CBR | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SUELO | X | X | X | X | - | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MATERIAL G. | X | X | X | X | - | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ESCORIA | X | X | X | X | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ADICIÓN | - | - | - | - | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| N° MUESTRAS <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 60px; margin: 0 auto;">1</div> | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="2">RESULTADOS</th> </tr> <tr> <th></th> <th>M1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>VARIACIÓN GRAVAS Y ARENA</td> <td>62.25%</td> </tr> <tr> <td>% VARIACIÓN FINOS</td> <td>46.39%</td> </tr> <tr> <td>% VARIACIÓN LL</td> <td>11.90%</td> </tr> <tr> <td>% VARIACIÓN LP</td> <td>35%</td> </tr> <tr> <td>% VARIACIÓN IP</td> <td>36.36%</td> </tr> <tr> <td>SUCS</td> <td>SC</td> </tr> <tr> <td>AASHTO</td> <td>A-2-6</td> </tr> <tr> <td>OCH (%)</td> <td>8.80</td> </tr> <tr> <td>MDS (gr/cm³)</td> <td>2.119</td> </tr> <tr> <td>CBR</td> <td>10.70%</td> </tr> </tbody> </table> | RESULTADOS | | | M1 | VARIACIÓN GRAVAS Y ARENA | 62.25% | % VARIACIÓN FINOS | 46.39% | % VARIACIÓN LL | 11.90% | % VARIACIÓN LP | 35% | % VARIACIÓN IP | 36.36% | SUCS | SC | AASHTO | A-2-6 | OCH (%) | 8.80 | MDS (gr/cm ³) | 2.119 | CBR | 10.70% |
|--|--|------------|--|--|----|--------------------------|--------|-------------------|--------|----------------|--------|----------------|-----|----------------|--------|------|----|--------|-------|---------|------|---------------------------|-------|-----|--------|
| RESULTADOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | M1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| VARIACIÓN GRAVAS Y ARENA | 62.25% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % VARIACIÓN FINOS | 46.39% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % VARIACIÓN LL | 11.90% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % VARIACIÓN LP | 35% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % VARIACIÓN IP | 36.36% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SUCS | SC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AASHTO | A-2-6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| OCH (%) | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MDS (gr/cm ³) | 2.119 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CBR | 10.70% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| |
|---|
| LUGAR <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 100px; margin: 0 auto;">MOTIL</div> |
|---|

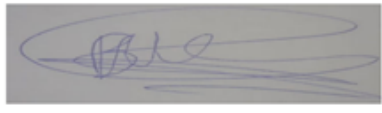
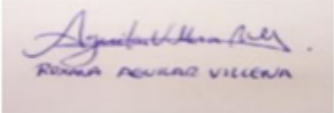
| AUTOR | | ASESOR (A) | |
|----------------|---|----------------|--|
| NOMBRE: | BACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA MARINO | NOMBRE: | MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENA |
| FIRMA: |  | FIRMA: |  |

Figura 60: Ficha de recolección de datos N°02

Anexo 8: Ficha de recolección de datos

| | |
|---|---|
| UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO | |
| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | |
| TESIS | ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE ESCORIA DE METALES, PERÚ 2021 |
| TESISTA | BACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA MARIN ASESOR(A) MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENA |

| | | |
|---|--|-------------------|
| TÍTULO | | ESTUDIO N° |
| Mejoramiento del CBR adicionando escoria de acero blanca al suelo de la Ruta N° LI-810 con trayectoria: Emp. pe-3n (Quiruvilca) – Bandurria | | 3 |

| | | | | | |
|-----------------------------|---------|----------------------|------------------------|-------------------------------|---------|
| SUBPRODUCTO EMPLEADO | ESCORIA | TIPO DE SUELO | ARCILLOSO | TIPO DE ESTABILIZACIÓN | QUÍMICA |
| | | ADICIÓN | SUELO + ESCORIA BLANCA | | |

| | | | | | | |
|----------------------------|-------------|-----------|------|--------|---------|-----|
| EL ESTUDIO PRESENTA | | | | | | |
| | GRANULOMETR | ATTERBERG | SUCS | AASHTO | PROCTOR | CBR |
| SUELO | X | X | X | X | X | X |
| ESCORIA | - | - | - | - | - | - |
| ADICIÓN | X | X | X | X | X | X |

| | | | |
|--------------------|---|--------------|------------|
| N° MUESTRAS | 3 | LUGAR | QUIRUVILCA |
|--------------------|---|--------------|------------|

| | | | |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|
| RESULTADOS | | | |
| | M1 | M2 | M3 |
| VARIACIÓN GRAVAS Y ARENAS | 27.31% | 26.97% | 36.54% |
| % VARIACIÓN FINOS | 21.47% | 21.20% | 28.72% |
| % VARIACIÓN LL | 7.84% | 9.80% | 7.84% |
| % VARIACIÓN LP | 4.17% | 8.33% | 4.17% |
| % VARIACIÓN IP | 11.11% | 11.11% | 11.11% |
| SUCS | SC | SC | SC |
| AASHTO | A-7-6 (6) | A-7-6 (6) | A-7-6 (5) |
| %VARIACIÓN OCH | 10.57% | 13.82% | 21.95% |
| % VARIACIÓN MDS (gr/cm3) | 5.36% | 6.10% | 9.23% |
| % Variación CBR | 80% | 206.60% | 253.30% |


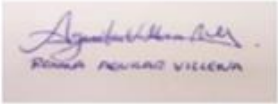

| | | | |
|----------------|---|-------------------|--|
| AUTOR | | ASESOR (A) | |
| NOMBRE: | BACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA MARIN | NOMBRE: | MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENA |
| FIRMA: |  | FIRMA: |  |

Figura 61: Ficha de recolección de datos N°03

Anexo 9: Ficha de recolección de datos

| | | | | |
|---|--|---|--|--|
|  | UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO | | | |
| | FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | | |
| | TESIS | ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE ESCORIA DE METALES, PERÚ 2021 | | |
| TESISTA | BACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA | ASESOR(A) | MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENA | |

| | |
|--|---|
| TÍTULO Análisis comparativo de las propiedades FÍSICO-MECÁNICAS de una base granular para pavimento flexible mejorada con la adición de escoria de cobre | ESTUDIO N° <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 40px; margin: 0 auto;">4</div> |
|--|---|

| | | |
|---|--|---|
| SUBPRODUCTO EMPLEADO <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 100%;">ESCORIA</div> | TIPO DE SUELO <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 100%;">ARCILLOSO</div> | TIPO DE ESTABILIZACIÓN <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 100%;">QUÍMICA</div> |
|---|--|---|

ADICIÓN SUELO + ESCORIA DE COBRE

| |
|---------------------|
| EL ESTUDIO PRESENTA |
|---------------------|

| | GRANULOMETR | ATTERBERG | SUCS | AASHTO | PROCTOR | CBR |
|---------|-------------|-----------|------|--------|---------|-----|
| SUELO | - | X | X | X | X | X |
| ESCORIA | - | - | - | - | - | - |
| ADICIÓN | - | X | - | - | X | X |

| | |
|--|-------------------|
| N° MUESTRAS <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 40px; margin: 0 auto;">4</div> | RESULTADOS |
|--|-------------------|

| LUGAR <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 100%;">AREQUIPA</div> | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th></th> <th>M1</th> <th>M2</th> <th>M3</th> <th>M4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>% VARIACIÓN GRAVAS Y ARENAS</td> <td>NP</td> <td>NP</td> <td>NP</td> <td>NP</td> </tr> <tr> <td>% VARIACIÓN FINOS</td> <td>NP</td> <td>NP</td> <td>NP</td> <td>NP</td> </tr> <tr> <td>% VARIACIÓN LL</td> <td>1.80%</td> <td>9.00%</td> <td>14.80%</td> <td>19.10%</td> </tr> <tr> <td>% VARIACIÓN LP</td> <td>0.20%</td> <td>2.00%</td> <td>4.00%</td> <td>7.30%</td> </tr> <tr> <td>% VARIACIÓN IP</td> <td>1.70%</td> <td>7.00%</td> <td>10.80%</td> <td>11.80%</td> </tr> <tr> <td>SUCS</td> <td>NP</td> <td>NP</td> <td>NP</td> <td>NP</td> </tr> <tr> <td>AASHTO</td> <td>NP</td> <td>NP</td> <td>NP</td> <td>NP</td> </tr> <tr> <td>% VARIACIÓN OCH</td> <td>12.56%</td> <td>26.05%</td> <td>38.60%</td> <td>45.12%</td> </tr> <tr> <td>% VARIACIÓN MDS (gr/cm³)</td> <td>16.97%</td> <td>28.48%</td> <td>38.79%</td> <td>52.73%</td> </tr> <tr> <td>1% VARIACIÓN CBR</td> <td>70.59%</td> <td>164.71%</td> <td>435.29%</td> <td>617.65%</td> </tr> </tbody> </table> | | M1 | M2 | M3 | M4 | % VARIACIÓN GRAVAS Y ARENAS | NP | NP | NP | NP | % VARIACIÓN FINOS | NP | NP | NP | NP | % VARIACIÓN LL | 1.80% | 9.00% | 14.80% | 19.10% | % VARIACIÓN LP | 0.20% | 2.00% | 4.00% | 7.30% | % VARIACIÓN IP | 1.70% | 7.00% | 10.80% | 11.80% | SUCS | NP | NP | NP | NP | AASHTO | NP | NP | NP | NP | % VARIACIÓN OCH | 12.56% | 26.05% | 38.60% | 45.12% | % VARIACIÓN MDS (gr/cm ³) | 16.97% | 28.48% | 38.79% | 52.73% | 1% VARIACIÓN CBR | 70.59% | 164.71% | 435.29% | 617.65% |
|---|---|---------|---------|---------|----|----|-----------------------------|----|----|----|----|-------------------|----|----|----|----|----------------|-------|-------|--------|--------|----------------|-------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|--------|--------|------|----|----|----|----|--------|----|----|----|----|-----------------|--------|--------|--------|--------|---------------------------------------|--------|--------|--------|--------|------------------|--------|---------|---------|---------|
| | M1 | M2 | M3 | M4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % VARIACIÓN GRAVAS Y ARENAS | NP | NP | NP | NP | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % VARIACIÓN FINOS | NP | NP | NP | NP | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % VARIACIÓN LL | 1.80% | 9.00% | 14.80% | 19.10% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % VARIACIÓN LP | 0.20% | 2.00% | 4.00% | 7.30% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % VARIACIÓN IP | 1.70% | 7.00% | 10.80% | 11.80% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SUCS | NP | NP | NP | NP | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AASHTO | NP | NP | NP | NP | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % VARIACIÓN OCH | 12.56% | 26.05% | 38.60% | 45.12% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % VARIACIÓN MDS (gr/cm ³) | 16.97% | 28.48% | 38.79% | 52.73% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1% VARIACIÓN CBR | 70.59% | 164.71% | 435.29% | 617.65% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

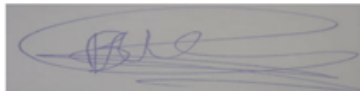
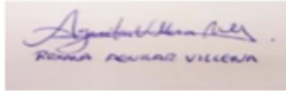

| AUTOR | | ASESOR (A) | |
|----------------|---|----------------|--|
| NOMBRE: | BACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA MARINO | NOMBRE: | MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENA |
| FIRMA: |  | FIRMA: |  |

Figura 62: Ficha de recolección de datos N°04

Anexo 10: Ficha de recolección de datos

| | | | | |
|---|--|---|--|--|
|  | UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO | | | |
| | FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | | |
| | TESIS | ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE ESCORIA DE METALES, PERÚ 2021 | | |
| TESISTA | BACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA MARINO | ASESOR(A) | MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENA | |

| | | |
|---|--|------------|
| TÍTULO | | ESTUDIO N° |
| Comportamiento de la subrasante de suelos con adición de escoria en pavimentos flexibles de la Universidad Agraria la Molina – 2016 | | 5 |

| | | | | | |
|----------------------|---------|---------------|-----------|------------------------|---------|
| SUBPRODUCTO EMPLEADO | ESCORIA | TIPO DE SUELO | ARCILLOSO | TIPO DE ESTABILIZACIÓN | QUÍMICA |
|----------------------|---------|---------------|-----------|------------------------|---------|

ADICIÓN SUELO + ESCORIA DE ALTOS HORNOS

| |
|---------------------|
| EL ESTUDIO PRESENTA |
|---------------------|

| | | | | | | |
|---------|---------------|-----------|------|--------|---------|-----|
| | GRANULOMETRÍA | ATTERBERG | SUCS | AASHTO | PROCTOR | CBR |
| SUELO | X | X | X | X | X | X |
| ESCORIA | X | X | X | X | X | X |
| ADICIÓN | X | X | X | X | X | X |

| | | | | |
|-------------|------|------------|--|--|
| N° MUESTRAS | 4 | | | |
| LUGAR | JAÉN | RESULTADOS | | |

| | | | | |
|-----------------------------|---------|---------|---------|----------|
| | M1 | M2 | M3 | M4 |
| % VARIACIÓN GRAVAS Y ARENAS | 12.31% | 38.19% | 45.23% | 55.03% |
| % VARIACIÓN FINOS | 8.14% | 25.25% | 29.90% | 36.38% |
| % VARIACIÓN LL | 0.20% | 1.10% | 1.76% | 2.94% |
| % VARIACIÓN LP | 0.80% | 1.01% | 1.88% | 2.36% |
| % VARIACIÓN IP | 0.89% | 2.21% | 3.74% | 5.40% |
| SUCS | CL | SC | SC | SC-SM |
| AASHTO | A-6 (4) | A-4 (2) | A-4 (1) | A-4 (1) |
| %VARIACIÓN OCH | 9.91% | 13.96% | 18.02% | 28.83% |
| % VARIACIÓN MDS (gr/cm3) | 3.29% | 6.49% | 7.40% | 12.52% |
| % VARIACIÓN CBR | 342.07% | 431.55% | 763.28% | 1147.77% |

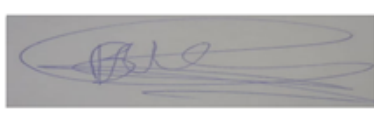
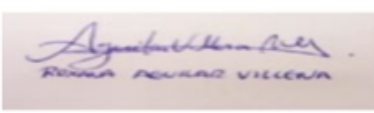
| | | | |
|---------|---|------------|--|
| AUTOR | | ASESOR (A) | |
| NOMBRE: | BACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA MARINO | NOMBRE: | MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENA |
| FIRMA: |  | FIRMA: |  |

Figura 63: Ficha de recolección de datos N°05

Anexo 11: Ficha de recolección de datos

| | | | |
|---|---|-----------|--|
| UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO | | | |
| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | | |
| TESIS | ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE ESCORIA DE METALES, PERÚ 2021 | | |
| TESISTA | JACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA MARIN | ASESOR(A) | MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENA |

| | |
|--|------------------------|
| TÍTULO Aplicación de escoria siderúrgica para rehabilitar pavimentos flexibles en el Distrito de La Victoria – Lima 2018 | ESTUDIO N° 6 |
|--|------------------------|

| | | |
|---|--|---|
| SUBPRODUCTO EMPLEADO <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">ESCORIA</div> | TIPO DE SUELO <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">ARCILLOSO</div> | TIPO DE ESTABILIZACIÓN <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">QUÍMICA</div> |
|---|--|---|

EL ESTUDIO PRESENTA

| | GRANULOMETR | ATTERBERG | SUCS | AASHTO | PROCTOR | CBR |
|---------|-------------|-----------|------|--------|---------|-----|
| SUELO | X | - | - | - | - | - |
| ESCORIA | X | - | - | - | - | - |
| ADICIÓN | - | - | - | - | - | - |

| N° MUESTRAS <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">1</div> | RESULTADOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|----|---------------------|--------|-----------|-------|--------|----|--------|----|--------|----|------|----|--------|----|---------|----|---------------------------|----|-----|----|
| LUGAR <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">LIMA</div> | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>MI</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>GRAVAS Y ARENAS (%)</td><td>94.30%</td></tr> <tr><td>FINOS (%)</td><td>5.70%</td></tr> <tr><td>LL (%)</td><td>NP</td></tr> <tr><td>LP (%)</td><td>NP</td></tr> <tr><td>IP (%)</td><td>NP</td></tr> <tr><td>SUCS</td><td>NP</td></tr> <tr><td>AASHTO</td><td>NP</td></tr> <tr><td>OCH (%)</td><td>NP</td></tr> <tr><td>MDS (gr/cm³)</td><td>NP</td></tr> <tr><td>CBR</td><td>NP</td></tr> </tbody> </table> | | MI | GRAVAS Y ARENAS (%) | 94.30% | FINOS (%) | 5.70% | LL (%) | NP | LP (%) | NP | IP (%) | NP | SUCS | NP | AASHTO | NP | OCH (%) | NP | MDS (gr/cm ³) | NP | CBR | NP |
| | MI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| GRAVAS Y ARENAS (%) | 94.30% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FINOS (%) | 5.70% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LL (%) | NP | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LP (%) | NP | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| IP (%) | NP | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SUCS | NP | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AASHTO | NP | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| OCH (%) | NP | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MDS (gr/cm ³) | NP | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CBR | NP | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

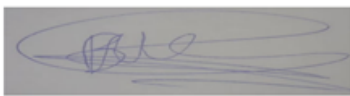
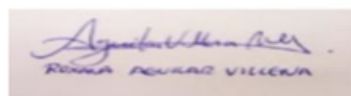
| AUTOR | | ASESOR (A) | |
|---------|---|------------|--|
| NOMBRE: | JACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA MARIN | NOMBRE: | MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENA |
| FIRMA: |  | FIRMA: |  |

Figura 64: Ficha de recolección de datos N°06

Anexo 12: Ficha de recolección de datos

| | | | |
|---------|--|---|---|
| | UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO | | |
| | FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | |
| | TESIS | ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE ESCORIA DE METALES, PERÚ 2021 | |
| TESISTA | BACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA MARIN | ASESOR(A) | MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENNA |

| | | |
|--|--|------------|
| TÍTULO | | ESTUDIO N° |
| Mejoramiento con granalla mineral en subrasante de suelos arcillosos en la carretera Tocache – Juanjui, Km: 39+010 | | 7 |

| | | | | | |
|----------------------|---------|---------------|-----------|------------------------|---------|
| SUBPRODUCTO EMPLEADO | ESCORIA | TIPO DE SUELO | ARCILLOSO | TIPO DE ESTABILIZACIÓN | QUÍMICA |
|----------------------|---------|---------------|-----------|------------------------|---------|

ADICIÓN SUELO + GRANALLA MINERAL

| | | | | | | |
|---------------------|-------------|-----------|------|--------|---------|-----|
| EL ESTUDIO PRESENTA | | | | | | |
| | GRANULOMETR | ATTERBERG | SUCS | AASHTO | PROCTOR | CBR |
| SUELO | X | X | X | X | X | X |
| ESCORIA | X | X | X | X | - | - |
| ADICIÓN | X | X | X | X | X | X |

| | | | | | |
|-------------|---------|------------|----|----|----|
| N° MUESTRAS | 3 | RESULTADOS | | | |
| LUGAR | JUANJUI | | M1 | M2 | M3 |

| | | | |
|--------------------------|---------|---------|---------|
| VARIACIÓN GRAVAS Y ARENA | 12.01% | 15.92% | 20.12% |
| % VARIACIÓN FINOS | 6.00% | 7.95% | 10.04% |
| % VARIACIÓN LL | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| % VARIACIÓN LP | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| % VARIACIÓN IP | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| SUCS | CL | CL | CL |
| AASHTO | A-6 (6) | A-6 (6) | A-6 (5) |
| % VARIACIÓN OCH | 3.57% | 3.57% | 0.00% |
| % VARIACIÓN MDS (gr/cm3) | 2.86% | 3.13% | 4.05% |
| % VARIACIÓN CBR | 38.10% | 73.81% | 97.62% |

| | | | |
|---------|------------------------------------|------------|---|
| AUTOR | | ASESOR (A) | |
| NOMBRE: | BACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA MARIN | NOMBRE: | MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENNA |
| FIRMA: | | FIRMA: | |

Figura 65: Ficha de recolección de datos N°07

Anexo 13: Ficha de recolección de datos

| UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO | |
|--|---|
| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | |
| TESIS | ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE ESCORIA DE METALES, PERÚ 2021 |
| TESISTA | RACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA MARIN |
| ASESOR(A) | MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENA |

| | | | | | |
|----------------------|--|---------------|-----------------|------------------------|---------|
| TÍTULO | Propiedades mecánicas de una base granular incorporando escoria de acero mediante el ensayo CBR – Cantera Yauri, Chicama | | ESTUDIO Nº | 8 | |
| SUBPRODUCTO EMPLEADO | ESCORIA | TIPO DE SUELO | ARCILLOSO | TIPO DE ESTABILIZACIÓN | QUÍMICA |
| | | ADICIÓN | SUELO + ESCORIA | | |

| |
|---------------------|
| EL ESTUDIO PRESENTA |
|---------------------|

| | GRANULOMETR | ATTERBERG | SUCS | AASHTO | PROCTOR | CBR |
|---------|-------------|-----------|------|--------|---------|-----|
| SUELO | - | - | - | - | - | - |
| ESCORIA | X | X | X | X | - | - |
| ADICIÓN | - | - | - | - | X | - |

| | |
|-------------|----------|
| Nº MUESTRAS | 1 |
| LUGAR | TRUJILLO |

| RESULTADOS | |
|---------------------------|-------------|
| | MI |
| GRAVAS Y ARENAS (%) | 99.86% |
| FINOS (%) | 0.14% |
| LL (%) | NO PLÁSTICO |
| LP (%) | NO PLÁSTICO |
| IP (%) | NO PLÁSTICO |
| SUCS | GP |
| AASHTO | A-1-a (0) |
| OCH (%) | 7.61% |
| MDS (gr/cm ³) | 2.19 |
| CBR | |

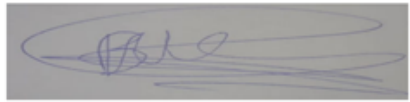
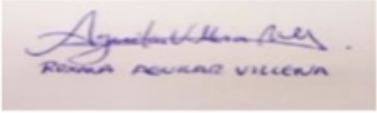

| AUTOR | | ASESOR (A) | |
|---------|---|------------|--|
| NOMBRE: | RACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA MARIN | NOMBRE: | MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENA |
| FIRMA: |  | FIRMA: |  |

Figura 66: Ficha de recolección de datos N°08

Anexo 14: Ficha de recolección de datos

| | | | |
|---|--|---|---|
|  | UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO | | |
| | FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | |
| | TESIS | ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE ESCORIA DE METALES, PERÚ 2021 | |
| TESISTA | BACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA MARIN | ASESOR(A) | MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENNA |

| | |
|---|------------------------|
| TÍTULO Influencia de la Escoria al Producir Concreto Permeable en Pavimentos Urbanos de la Ciudad de Pasco – Distrito de Yanacancha | ESTUDIO N° 9 |
|---|------------------------|

| | | |
|--|---------------------------|--|
| SUBPRODUCTO EMPLEADO ESCORIA | TIPO DE SUELO - | TIPO DE ESTABILIZACIÓN QUÍMICA |
|--|---------------------------|--|

| |
|---------------------|
| EL ESTUDIO PRESENTA |
|---------------------|

| | GRANULOMETR | ATTERBERG | SUCS | AASHTO | PROCTOR | CBR |
|---------|-------------|-----------|------|--------|---------|-----|
| SUELO | - | - | - | - | - | - |
| ESCORIA | X | - | - | - | - | - |
| ADICIÓN | - | - | - | - | - | - |

| N° MUESTRAS 3 | RESULTADOS <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th></th> <th>M1</th> <th>M2</th> <th>M3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>GRAVAS Y ARENAS (%)</td> <td>100%</td> <td>100%</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>FINOS (%)</td> <td>0.00%</td> <td>0.00%</td> <td>0.00%</td> </tr> </tbody> </table> | | M1 | M2 | M3 | GRAVAS Y ARENAS (%) | 100% | 100% | 100% | FINOS (%) | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
|-------------------------|---|-------|-------|----|----|---------------------|------|------|------|-----------|-------|-------|-------|
| | M1 | M2 | M3 | | | | | | | | | | |
| GRAVAS Y ARENAS (%) | 100% | 100% | 100% | | | | | | | | | | |
| FINOS (%) | 0.00% | 0.00% | 0.00% | | | | | | | | | | |
| LUGAR PASCO | | | | | | | | | | | | | |

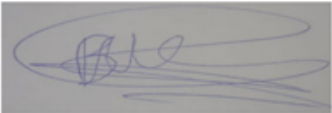
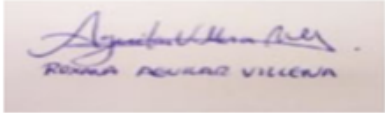
| AUTOR | | ASESOR (A) | |
|--|---|------------|--|
| NOMBRE: BACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA MARIN | NOMBRE: MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENNA | | |
| FIRMA:  | FIRMA:  | | |

Figura 67: Ficha de recolección de datos N°09

Anexo 15: Ficha de recolección de datos

| UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO | | | |
|--|---|-----------|---|
| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | | |
| TESIS | ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE ESCORIA DE METALES, PERÚ 2021 | | |
| TESISTA | BACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA | ASESOR(A) | MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENNA |

| | | |
|---|--|------------|
| TÍTULO | | ESTUDIO Nº |
| Diseño de mezclas asfálticas en caliente con la adición de escoria metalúrgica-Lima | | 10 |

| | | | | | |
|----------------------|---------|---------------|---|------------------------|---|
| SUBPRODUCTO EMPLEADO | ESCORIA | TIPO DE SUELO | - | TIPO DE ESTABILIZACIÓN | - |
|----------------------|---------|---------------|---|------------------------|---|

| | | | | | | |
|---------------------|---------------|-----------|------|--------|---------|-----|
| EL ESTUDIO PRESENTA | | | | | | |
| | GRANULOMETRÍA | ATTERBERG | SUCS | AASHTO | PROCTOR | CBR |
| SUELO | - | - | - | - | - | - |
| ESCORIA | X | - | - | - | - | - |
| ADICIÓN | - | - | - | - | - | - |

| | | | |
|-------------|------|---------------------|--------|
| Nº MUESTRAS | 1 | RESULTADOS | MI |
| LUGAR | LIMA | GRAVAS Y ARENAS (%) | 99.87% |
| | | FINOS (%) | 0.123% |

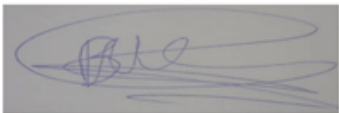
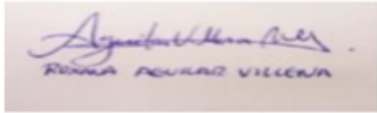
| AUTOR | | ASESOR (A) | |
|---------|---|------------|--|
| NOMBRE: | BACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA MARINO | NOMBRE: | MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENNA |
| FIRMA: |  | FIRMA: |  |

Figura 68: Ficha de recolección de datos N°10

Anexo 16: Ficha de recolección de datos

| | | | | |
|---------|--|---|--|--|
| | UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO | | | |
| | FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | | |
| | TESIS | ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE ESCORIA DE METALES, PERÚ 2021 | | |
| TESISTA | BACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA | ASESOR(A) | MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENA | |

| | | |
|---|--|------------|
| TÍTULO | | ESTUDIO N° |
| Mejoramiento de subrasante para pavimento industrial de tránsito pesado utilizando escoria metálica, en Estacionamiento vehicular avenida circunvalación – Jaén – Cajamarca | | 11 |

| | | | | | |
|----------------------|---------|---------------|-----------|------------------------|---------|
| SUBPRODUCTO EMPLEADO | ESCORIA | TIPO DE SUELO | ARCILLOSO | TIPO DE ESTABILIZACIÓN | QUÍMICA |
| | | ADICIÓN | | SUELO + ESCORIA | |


| | | | | | | |
|---------------------|-------------|-----------|------|--------|---------|-----|
| EL ESTUDIO PRESENTA | | | | | | |
| | GRANULOMETR | ATTERBERG | SUCS | AASHTO | PROCTOR | CBR |
| SUELO | X | X | X | X | X | X |
| ESCORIA | - | - | - | - | - | - |
| ADICIÓN | - | - | - | - | X | X |

| | | | | | | |
|--------------|------|---------------------------------------|---------------------|--------|---------|---------|
| N° MUESTRAS | 1 | RESULTADOS | | | | |
| MUESTRAS +AD | 3 | | MI | | | |
| LUGAR | JAÉN | | GRAVAS Y ARENAS (%) | 77.93% | | |
| | | | FINOS (%) | 22.07% | | |
| | | LL (%) | 22.88% | | | |
| | | LP (%) | 19.14% | | | |
| | | IP (%) | 6.74% | | | |
| | | SUCS | SC-SM | | | |
| | | AASHTO | A-2-4 (0) | | | |
| | | % VARIACIÓN OCH | 13.11% | 53.09% | 43.71% | 46.22% |
| | | % VARIACIÓN MDS (gr/cm ³) | 2.05 | 5.85% | 5.85% | 6.34% |
| | | % VARIACIÓN CBR | 14.50% | 20.69% | 272.41% | 217.24% |

| | | | |
|---------|------------------------------------|------------|--|
| AUTOR | | ASESOR (A) | |
| NOMBRE: | BACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA MARIN | NOMBRE: | MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENA |
| FIRMA: | | FIRMA: | |

Figura 69: Ficha de recolección de datos N°11

Anexo 17: Ficha de recolección de datos

| | | | |
|---|--|---|--|
|  | UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO | | |
| | FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | |
| | TESIS | ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE ESCORIA DE METALES, PERÚ 2021 | |
| TESISTA | BACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA | ASESOR(A) | MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENA |

| | |
|--|-------------------------|
| TÍTULO Diseño de concreto permeable para pavimento rígido usando escoria de cobre en el distrito Independencia, Áncash | ESTUDIO N° 12 |
|--|-------------------------|

| | | |
|--|---------------------------|------------------------------------|
| SUBPRODUCTO EMPLEADO ESCORIA | TIPO DE SUELO - | TIPO DE ESTABILIZACIÓN - |
|--|---------------------------|------------------------------------|

| |
|---------------------|
| EL ESTUDIO PRESENTA |
|---------------------|

| | GRANULOMETR | ATTERBERG | SUCS | AASHTO | PROCTOR | C'BR |
|---------|-------------|-----------|------|--------|---------|------|
| SUELO | - | - | - | - | - | - |
| ESCORIA | X | - | - | - | - | - |
| ADICIÓN | - | - | - | - | - | - |

| | |
|-------------------------|-------------------|
| N° MUESTRAS 1 | RESULTADOS |
|-------------------------|-------------------|

| | | | | | | | |
|------------------------|--|--|----|---------------------|---------|-----------|-------|
| LUGAR ÁNCASH | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td></td> <td>M1</td> </tr> <tr> <td>GRAVAS Y ARENAS (%)</td> <td>100.00%</td> </tr> <tr> <td>FINOS (%)</td> <td>0.00%</td> </tr> </table> | | M1 | GRAVAS Y ARENAS (%) | 100.00% | FINOS (%) | 0.00% |
| | M1 | | | | | | |
| GRAVAS Y ARENAS (%) | 100.00% | | | | | | |
| FINOS (%) | 0.00% | | | | | | |


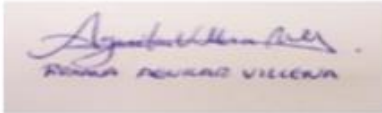

| AUTOR | | ASESOR (A) | |
|----------------|---|----------------|--|
| NOMBRE: | BACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA MARIN | NOMBRE: | MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENA |
| FIRMA: |  | FIRMA: |  |

Figura 70: Ficha de recolección de datos N°12

Anexo 18: Ficha de recolección de datos

| | | | | |
|---|--|---|--|--|
|  | UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO | | | |
| | FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | | |
| | TESIS | ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE ESCORIA DE METALES, PERÚ 2021 | | |
| TESISTA | BACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA | ASESOR(A) | MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENA | |

| | |
|--|-------------------------|
| TÍTULO Influencia de la escoria de cobre en la resistencia mecánica del concreto $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ para pavimento rígido, La Oroya - Junín | ESTUDIO N° 13 |
|--|-------------------------|

| | | |
|--|---------------------------|------------------------------------|
| SUBPRODUCTO EMPLEADO ESCORIA | TIPO DE SUELO - | TIPO DE ESTABILIZACIÓN - |
|--|---------------------------|------------------------------------|

| | | | | | | |
|---------------------|--|-----------|------|--------|---------|-----|
| EL ESTUDIO PRESENTA | | | | | | |
| | GRANULOMETRÍ | ATTERBERG | SUCS | AASHTO | PROCTOR | CBR |
| SUELO | - | - | - | - | - | - |
| ESCORIA | ESTUDIO TEÓRICO DE COMPOSICIÓN DE LAS ESCORIAS | | | | | |
| ADICIÓN | - | - | - | - | - | - |

| | |
|---------------------------------------|---|
| ESTUDIO REFERENTE A : LUGAR | ANÁLISIS QUÍMICO EN LA ESCORIA DE COBRE |
|---------------------------------------|---|


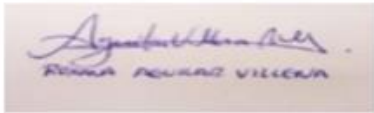
| | |
|--|---|
| AUTOR | ASESOR (A) |
| NOMBRE: BACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA MARIN | NOMBRE: MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENA |
| FIRMA:  | FIRMA:  |

Figura 71: Ficha de recolección de datos N°13

Anexo 19: Ficha de recolección de datos


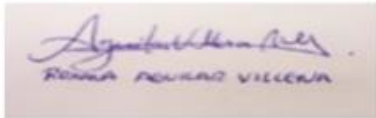
| UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO | | | | | | |
|---|---|---------------|--|--|---------|-------------------|
| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | | | | | |
| TESIS | ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE ESCORIA DE METALES, PERÚ 2021 | | | | | |
| TESISTA | BACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA | ASESOR(A) | MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENA | | | |
| TÍTULO | | | | | | ESTUDIO Nº |
| Mejoramiento de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos empleando valvas de molusco y vidrio en la ciudad de Talara, Piura | | | | | | 14 |
| SUBPRODUCTO EMPLEADO | MP | TIPO DE SUELO | ARCILLOSO | TIPO DE ESTABILIZACIÓN | - | |
| EL ESTUDIO PRESENTA | | | | | | |
| | GRANULOMETR | ATTERBERG | SUCS | AASHTO | PROCTOR | CBR |
| SUELO | X | X | X | X | X | - |
| MUESTRA PATRÓN | MP | | | | | |
| Nº MUESTRAS | 1 | | | | | |
| LUGAR | PIURA | | | | | |
| RESULTADOS | | | | | | |
| | MI | | | | | |
| GRAVAS Y ARENAS (%) | 1.90% | | | | | |
| FINOS (%) | 98.10% | | | | | |
| LL (%) | 47% | | | | | |
| LP (%) | 23% | | | | | |
| IP (%) | 24% | | | | | |
| SUCS | CL | | | | | |
| AASHTO | A-7-6 (26) | | | | | |
| OCH (%) | 9.40% | | | | | |
| MDS (gr/cm ³) | 1.78 | | | | | |
| AUTOR | | | ASESOR (A) | | | |
| NOMBRE: | BACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA MARIN | | NOMBRE: | MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENA | | |
| FIRMA: |  | | FIRMA: |  | | |

Figura 72: Ficha de recolección de datos N°14

Anexo 20: Ficha de recolección de datos

| | | | |
|---|---|------------------|--|
| UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO | | | |
| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | | |
| TESIS | ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE ESCORIA DE METALES, PERÚ 2021 | | |
| TESISTA | BACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA | ASESOR(A) | MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENA |

| | |
|---|-------------------|
| TÍTULO | ESTUDIO N° |
| Estabilización de suelos blandos con adición de valvas de conchas de abanico en la subrasante de la Av. Carapongo – Lurigancho – Chosica 2020 | 15 |

| | | |
|---|---|--|
| SUBPRODUCTO EMPLEADO <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 100px; text-align: center;">MP</div> | TIPO DE SUELO <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 100px; text-align: center;">ARCILLOSO</div> | TIPO DE ESTABILIZACIÓN <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 100px; text-align: center;">-</div> |
|---|---|--|

EL ESTUDIO PRESENTA

| | | | | | | |
|---------------|-------------|-----------|------|--------|---------|-----|
| | GRANULOMETR | ATTERBERG | SUCS | AASHTO | PROCTOR | CBR |
| SUELO | X | X | X | X | X | X |
| MUESTRA PATRO | MP | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------|---|--|----|--------|-----|--------|-----|--------|----|------|----|--------|-----------|---------|------|---------------------------|------|-----|-------|
| N° MUESTRAS <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 50px; text-align: center;">1</div> | RESULTADOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LUGAR <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 50px; text-align: center;">CHOSICA</div> | | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td></td> <td>M1</td> </tr> <tr> <td>LL (%)</td> <td>22%</td> </tr> <tr> <td>LP (%)</td> <td>20%</td> </tr> <tr> <td>IP (%)</td> <td>2%</td> </tr> <tr> <td>SUCS</td> <td>SM</td> </tr> <tr> <td>AASHTO</td> <td>A-1-b (0)</td> </tr> <tr> <td>OCH (%)</td> <td>5.7%</td> </tr> <tr> <td>MDS (gr/cm³)</td> <td>2.13</td> </tr> <tr> <td>CBR</td> <td>28.0%</td> </tr> </table> | | M1 | LL (%) | 22% | LP (%) | 20% | IP (%) | 2% | SUCS | SM | AASHTO | A-1-b (0) | OCH (%) | 5.7% | MDS (gr/cm ³) | 2.13 | CBR | 28.0% |
| | M1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LL (%) | 22% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LP (%) | 20% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| IP (%) | 2% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SUCS | SM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AASHTO | A-1-b (0) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| OCH (%) | 5.7% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MDS (gr/cm ³) | 2.13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CBR | 28.0% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

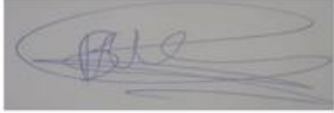
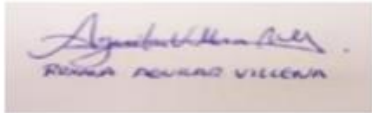
| | |
|--|---|
| AUTOR | ASESOR (A) |
| NOMBRE: BACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA | NOMBRE: MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENA |
| FIRMA:  | FIRMA:  |

Figura 73: Ficha de recolección de datos N°15

Anexo 21: Ficha de recolección de datos

| | |
|---|---|
| UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO | |
| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | |
| TESIS | ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE ESCORIA DE METALES, PERÚ 2021 |
| TESISTA | BACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA ASESOR(A) MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENNA |

| | |
|---|-------------------|
| TÍTULO | ESTUDIO N° |
| Estabilización de suelos arcillosos incorporando cenizas de madera, originadas por ladrilleras artesanales, en la red vial vecinal Antarumi – Macachaca, Ayacucho | 16 |

| | | | | | |
|----------------------|----|---------------|-----------|------------------------|---|
| SUBPRODUCTO EMPLEADO | MP | TIPO DE SUELO | ARCILLOSO | TIPO DE ESTABILIZACIÓN | - |
|----------------------|----|---------------|-----------|------------------------|---|

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------|-------------|-----------|--------|---------|---------|-----|-------|---|---|---|---|---|---|----------------|----|--|--|--|--|--|
| EL ESTUDIO PRESENTA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">GRANULOMETR</td> <td style="text-align: center;">ATTERBERG</td> <td style="text-align: center;">SUCS</td> <td style="text-align: center;">AASHTO</td> <td style="text-align: center;">PROCTOR</td> <td style="text-align: center;">CBR</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">SUELO</td> <td style="text-align: center;">X</td> <td style="text-align: center;">X</td> <td style="text-align: center;">X</td> <td style="text-align: center;">X</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">MUESTRA PATRÓN</td> <td colspan="6" style="text-align: center;">MP</td> </tr> </table> | | GRANULOMETR | ATTERBERG | SUCS | AASHTO | PROCTOR | CBR | SUELO | X | X | X | X | - | - | MUESTRA PATRÓN | MP | | | | | |
| | GRANULOMETR | ATTERBERG | SUCS | AASHTO | PROCTOR | CBR | | | | | | | | | | | | | | | |
| SUELO | X | X | X | X | - | - | | | | | | | | | | | | | | | |
| MUESTRA PATRÓN | MP | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|------------|---|------------|----|----|----|---------------------|-------|--------|--------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|--------|--------|--------|-----|--------|--------|--------|-----|--------|------|----|----|----|--------|------------|------------|------------|--|
| N° MUESTRAS | 3 | RESULTADOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LUGAR | AYACUCHO | <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">M1</td> <td style="text-align: center;">M2</td> <td style="text-align: center;">M3</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">GRAVAS Y ARENAS (%)</td> <td style="text-align: center;">8.13%</td> <td style="text-align: center;">24.60%</td> <td style="text-align: center;">48.49%</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">FINOS (%)</td> <td style="text-align: center;">91.87%</td> <td style="text-align: center;">75.40%</td> <td style="text-align: center;">51.51%</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">LL (%)</td> <td style="text-align: center;">51.82%</td> <td style="text-align: center;">51%</td> <td style="text-align: center;">85.15%</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">LP (%)</td> <td style="text-align: center;">33.20%</td> <td style="text-align: center;">33%</td> <td style="text-align: center;">65.28%</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IP (%)</td> <td style="text-align: center;">18.62%</td> <td style="text-align: center;">18%</td> <td style="text-align: center;">19.87%</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">SUCS</td> <td style="text-align: center;">MH</td> <td style="text-align: center;">OH</td> <td style="text-align: center;">CH</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">AASHTO</td> <td style="text-align: center;">A-7-5 (14)</td> <td style="text-align: center;">A-7-5 (13)</td> <td style="text-align: center;">A-7-5 (18)</td> </tr> </table> | | M1 | M2 | M3 | GRAVAS Y ARENAS (%) | 8.13% | 24.60% | 48.49% | FINOS (%) | 91.87% | 75.40% | 51.51% | LL (%) | 51.82% | 51% | 85.15% | LP (%) | 33.20% | 33% | 65.28% | IP (%) | 18.62% | 18% | 19.87% | SUCS | MH | OH | CH | AASHTO | A-7-5 (14) | A-7-5 (13) | A-7-5 (18) | |
| | M1 | M2 | M3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| GRAVAS Y ARENAS (%) | 8.13% | 24.60% | 48.49% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FINOS (%) | 91.87% | 75.40% | 51.51% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LL (%) | 51.82% | 51% | 85.15% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LP (%) | 33.20% | 33% | 65.28% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| IP (%) | 18.62% | 18% | 19.87% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SUCS | MH | OH | CH | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AASHTO | A-7-5 (14) | A-7-5 (13) | A-7-5 (18) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |


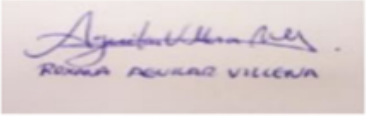
| | | | |
|----------------|---|-------------------|--|
| AUTOR | | ASESOR (A) | |
| NOMBRE: | BACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA | NOMBRE: | MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENNA |
| FIRMA: |  | FIRMA: |  |

Figura 74: Ficha de recolección de datos N°16

Anexo 22: Ficha de recolección de datos

| | |
|---|---|
| UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO | |
| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | |
| TESIS | ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE ESCORIA DE METALES, PERÚ 2021 |
| TESISTA | BACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA ASESOR(A) MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENA |

| | |
|--|-------------------|
| TÍTULO | ESTUDIO Nº |
| Estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante con adición de bolsas de polietileno fundido, Chachapoyas. | 17 |

| | | | | | |
|----------------------|----|---------------|-----------|------------------------|---|
| SUBPRODUCTO EMPLEADO | MP | TIPO DE SUELO | ARCILLOSO | TIPO DE ESTABILIZACIÓN | - |
|----------------------|----|---------------|-----------|------------------------|---|

| | | | | | | |
|----------------------------|-------------|-----------|------|--------|---------|-----|
| EL ESTUDIO PRESENTA | | | | | | |
| | GRANULOMETR | ATTERBERG | SUCS | AASHTO | PROCTOR | CBR |
| SUELO | X | X | X | X | X | X |
| NUESTRA PATRÓN | MP | | | | | |

| | | |
|-------------|-------------|-------------------|
| Nº MUESTRAS | 5 | RESULTADOS |
| LUGAR | CHACHAPOYAS | |

| | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 |
|---------------------------|---------|---------|-----------|---------|---------|
| GRAVAS Y ARENAS (%) | 35.93% | 35.93% | 35.93% | 35.93% | 35.93% |
| FINOS (%) | 64.07% | 64.07% | 64.07% | 64.07% | 64.07% |
| LL (%) | 39.50% | 39.60% | 40.50% | 38.60% | 38.40% |
| LP (%) | 25.87% | 26.90% | 27.50% | 23.90% | 24.70% |
| IP (%) | 13.63% | 12.70% | 13.00% | 14.70% | 13.70% |
| SUCS | CL | ML | ML | CL | CL |
| AASHTO | A-6 (9) | A-6 (7) | A-7-6 (9) | A-6 (9) | A-6 (5) |
| OCH (%) | 19.07% | 18.10% | 18.40% | 17.9% | 17.8% |
| MDS (gr/cm ³) | 1.8 | 1.715 | 1.713 | 1.707 | 1.71 |
| CBR | 5.9% | | | | |


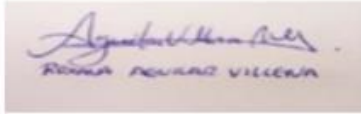

| AUTOR | | ASESOR (A) | |
|---------|---|------------|--|
| NOMBRE: | BACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA | NOMBRE: | MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENA |
| FIRMA: |  | FIRMA: |  |

Figura 75: Ficha de recolección de datos Nº17

Anexo 23: Ficha de recolección de datos

| | | | | |
|---|--|---|--|--|
|  | UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO | | | |
| | FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | | |
| | TESIS | ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE ESCORIA DE METALES, PERÚ 2021 | | |
| TESISTA | BACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA | ASESOR(A) | MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENA | |

| | |
|---|-------------------------|
| TÍTULO Inclusión de concreto reciclado al 7%, 11% y 21% para obtener un mejoramiento de CBR en suelos arcillosos utilizados a nivel de subrasante en obras de saneamiento | ESTUDIO N° 18 |
|---|-------------------------|

| | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| SUBPRODUCTO EMPLEADO MP | TIPO DE SUELO ARCILLOSO | TIPO DE ESTABILIZACIÓN - |
|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|

| |
|---------------------|
| EL ESTUDIO PRESENTA |
|---------------------|

| | | | | | | |
|----------------|-------------|-----------|------|--------|---------|-----|
| | GRANULOMETR | ATTERBERG | SUCS | AASHTO | PROCTOR | CBR |
| SUELO | X | X | X | X | X | X |
| MUESTRA PATRÓN | MP | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|---|--|----|---------------------|--------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|------|-------|--------|---------|---------|------|---------------------------|------|-----|-------|
| N° MUESTRAS 1 | RESULTADOS <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td></td> <td>MI</td> </tr> <tr> <td>GRAVAS Y ARENAS (%)</td> <td>49.00%</td> </tr> <tr> <td>FINOS (%)</td> <td>51.00%</td> </tr> <tr> <td>LL (%)</td> <td>22.00%</td> </tr> <tr> <td>LP (%)</td> <td>16.00%</td> </tr> <tr> <td>IP (%)</td> <td>6.00%</td> </tr> <tr> <td>SUCS</td> <td>CL-ML</td> </tr> <tr> <td>AASHTO</td> <td>A-4 (3)</td> </tr> <tr> <td>OCH (%)</td> <td>9.6%</td> </tr> <tr> <td>MDS (gr/cm³)</td> <td>1.96</td> </tr> <tr> <td>CBR</td> <td>14.6%</td> </tr> </table> | | MI | GRAVAS Y ARENAS (%) | 49.00% | FINOS (%) | 51.00% | LL (%) | 22.00% | LP (%) | 16.00% | IP (%) | 6.00% | SUCS | CL-ML | AASHTO | A-4 (3) | OCH (%) | 9.6% | MDS (gr/cm ³) | 1.96 | CBR | 14.6% |
| | MI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| GRAVAS Y ARENAS (%) | 49.00% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FINOS (%) | 51.00% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LL (%) | 22.00% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LP (%) | 16.00% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| IP (%) | 6.00% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SUCS | CL-ML | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AASHTO | A-4 (3) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| OCH (%) | 9.6% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MDS (gr/cm ³) | 1.96 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CBR | 14.6% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LUGAR TRUJILLO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

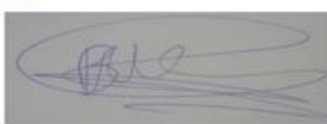
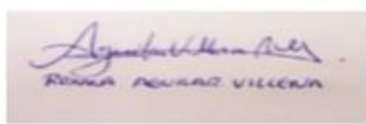
| | |
|--|---|
| AUTOR | ASESOR (A) |
| NOMBRE: BACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA | NOMBRE: MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENA |
| FIRMA:  | FIRMA:  |

Figura 76: Ficha de recolección de datos N°18

Anexo 24: Ficha de recolección de datos

| | |
|---|---|
| UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO | |
| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | |
| TESIS | ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE ESCORIA DE METALES, PERÚ 2021 |
| TESISTA | BACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA |
| ASESOR(A) | MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENNA |

| | | |
|---|--|-------------------|
| TÍTULO | | ESTUDIO N° |
| Influencia de los aditivos con enzimas orgánicas terrasil y perma zyme para la estabilización de la subrasante de una carretera no pavimentada, macho, Otuzco, La Libertad 2019 | | 19 |

| | | | | | |
|-----------------------------|----|----------------------|-----------|-------------------------------|---|
| SUBPRODUCTO EMPLEADO | MP | TIPO DE SUELO | ARCILLOSO | TIPO DE ESTABILIZACIÓN | - |
|-----------------------------|----|----------------------|-----------|-------------------------------|---|

| |
|---------------------|
| EL ESTUDIO PRESENTA |
|---------------------|

| | | | | | | |
|---------------|-------------|-----------|------|--------|---------|-----|
| | GRANULOMETR | ATTERBERG | SUCS | AASHTO | PROCTOR | CBR |
| SUELO | X | X | X | X | X | X |
| MUESTRA PATRÓ | MP | | | | | |

| | | |
|--------------------|--------|-------------------|
| N° MUESTRAS | 10 | RESULTADOS |
| LUGAR | OTUZCO | |

| | | | | | |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 |
| GRAVAS Y ARENAS (%) | 41.27% | 38.67% | 43.80% | 44.49% | 47.82% |
| FINOS (%) | 58.73% | 61.33% | 56.20% | 55.51% | 52.18% |
| LL (%) | - | - | - | - | - |
| LP (%) | - | - | - | - | - |
| IP (%) | 29.25% | 27.28% | 11.73% | 22.27% | 23.03% |
| OCH (%) | - | - | - | - | - |
| MDS (gr/cm3) | 1.59 | - | 1.8 | - | 1.65 |
| CBR | 4.19% | - | 4.65% | - | 4.93% |

| | |
|--------|-------------------------|
| SUCS | 3SC - 3CL - 2CH - 2ML |
| AASHTO | 8 A-7-6; 1 A-7-5; 1 A-2 |

| | | | | | |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | M6 | M7 | M8 | M9 | M10 |
| GRAVAS Y ARENAS (%) | 47.51% | 48.97% | 28.98% | 42.46% | 34.10% |
| FINOS (%) | 52.49% | 51.03% | 71.02% | 57.54% | 65.89% |
| LL (%) | - | - | - | - | - |
| LP (%) | - | - | - | - | - |
| IP (%) | 15.71% | 23.30% | 9.34% | 8.52% | 17.84% |
| OCH (%) | - | - | - | - | - |
| MDS (gr/cm3) | 1.82 | - | 1.61 | - | 1.67 |
| CBR | 7.43% | - | 5.38% | - | 8.01% |

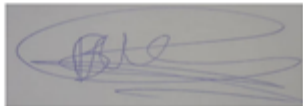
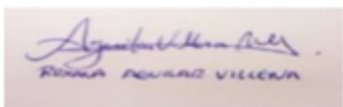
| | | | |
|----------------|---|-------------------|--|
| AUTOR | | ASESOR (A) | |
| NOMBRE: | BACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA | NOMBRE: | MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENNA |
| FIRMA: |  | FIRMA: |  |

Figura 77: Ficha de recolección de datos N°19

Anexo 25: Ficha de recolección de datos

| | | | |
|---|---|------------------|--|
| UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO | | | |
| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | | |
| TESIS | ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE ESCORIA DE METALES, PERÚ 2021 | | |
| TESISTA | BACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA | ASESOR(A) | MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENA |

| | |
|--|-------------------|
| TÍTULO | ESTUDIO N° |
| Estabilización de suelo arcilloso con cal para sub rasante tramo Km 03+000 al Km 04+000 de la vía Juliaca-Canchi Grande del distrito de Caracoto, provincia de San Román, departamento de Puno | 20 |

| | | | | | |
|----------------------|----|---------------|-----------|------------------------|---|
| SUBPRODUCTO EMPLEADO | MP | TIPO DE SUELO | ARCILLOSO | TIPO DE ESTABILIZACIÓN | - |
|----------------------|----|---------------|-----------|------------------------|---|

| | | | | | | |
|----------------------------|-------------|-----------|------|--------|---------|-----|
| EL ESTUDIO PRESENTA | | | | | | |
| | GRANULOMETR | ATTERBERG | SUCS | AASHTO | PROCTOR | CBR |
| SUELO | - | X | X | X | X | X |
| MUESTRA PATRÓN | MP | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|--------|--|---|--|----|---------------------|----|-----------|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|----|--------|-----|---------|--------|---------------------------|------|-----|-------|
| N° MUESTRAS | 1 | | RESULTADOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LUGAR | PUNO | | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">M1</td> </tr> <tr> <td>GRAVAS Y ARENAS (%)</td> <td style="text-align: center;">NP</td> </tr> <tr> <td>FINOS (%)</td> <td style="text-align: center;">NP</td> </tr> <tr> <td>LL (%)</td> <td style="text-align: center;">45.57%</td> </tr> <tr> <td>LP (%)</td> <td style="text-align: center;">21.26%</td> </tr> <tr> <td>IP (%)</td> <td style="text-align: center;">14.31%</td> </tr> <tr> <td>SUCS</td> <td style="text-align: center;">CL</td> </tr> <tr> <td>AASHTO</td> <td style="text-align: center;">A-6</td> </tr> <tr> <td>OCH (%)</td> <td style="text-align: center;">16.63%</td> </tr> <tr> <td>MDS (gr/cm³)</td> <td style="text-align: center;">1.79</td> </tr> <tr> <td>CBR</td> <td style="text-align: center;">9.80%</td> </tr> </table> | | M1 | GRAVAS Y ARENAS (%) | NP | FINOS (%) | NP | LL (%) | 45.57% | LP (%) | 21.26% | IP (%) | 14.31% | SUCS | CL | AASHTO | A-6 | OCH (%) | 16.63% | MDS (gr/cm ³) | 1.79 | CBR | 9.80% |
| | M1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| GRAVAS Y ARENAS (%) | NP | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FINOS (%) | NP | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LL (%) | 45.57% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LP (%) | 21.26% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| IP (%) | 14.31% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SUCS | CL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AASHTO | A-6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| OCH (%) | 16.63% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MDS (gr/cm ³) | 1.79 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CBR | 9.80% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

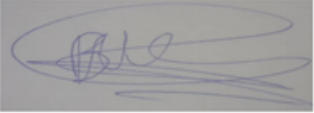
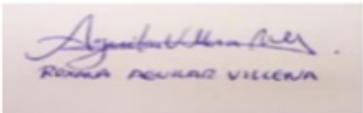
| | | | |
|----------------|---|-------------------|--|
| AUTOR | | ASESOR (A) | |
| NOMBRE: | BACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA MARIN | NOMBRE: | MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENA |
| FIRMA: |  | FIRMA: |  |

Figura 78: Ficha de recolección de datos N°20

Anexo 26: Ficha de recolección de datos


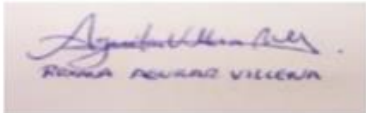
| UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO | | | | | | |
|--|---|------------------------|--|--------|---------|-----|
| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | | | | | |
| TESIS | ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE ESCORIA DE METALES, PERÚ 2021 | | | | | |
| TESISTA | BACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA | ASESOR(A) | MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENA | | | |
| TÍTULO | | | ESTUDIO N° | | | |
| Estabilización de suelos arcillosos con cal para el tratamiento de la subrasante en las calles de la urbanización San Luis de la ciudad de Abancay | | | 21 | | | |
| SUBPRODUCTO EMPLEADO | MP | TIPO DE SUELO | ARCILLOSO | | | |
| | | TIPO DE ESTABILIZACIÓN | - | | | |
| EL ESTUDIO PRESENTA | | | | | | |
| | GRANULOMETR | ATTERBERG | SUCS | AASHTO | PROCTOR | CBR |
| SUELO | X | X | X | X | X | X |
| MUESTRA PATRÓN | MP | | | | | |
| N° MUESTRAS | RESULTADOS | | | | | |
| 2 | | M1 | M2 | | | |
| LUGAR | ABANCAY | GRAVAS Y ARENAS (%) | 57.84% | 68.96% | | |
| | | FINOS (%) | 42.16% | 31.04% | | |
| | | LL (%) | 22.70% | 24.30% | | |
| | | LP (%) | 21.60% | 21.60% | | |
| | | IP (%) | 1.10% | 4.30% | | |
| | | SUCS | SM | SC-SM | | |
| | | AASHTO | A-4 | A-2-4 | | |
| | | OCH (%) | 8% | 8.50% | | |
| | | MDS (gr/cm3) | 2.15 | 1.95 | | |
| | | CBR | 8.75% | 16.75% | | |
| AUTOR | | ASESOR (A) | | | | |
| NOMBRE: | BACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA | NOMBRE: | MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENA | | | |
| FIRMA: |  | FIRMA: |  | | | |

Figura 79: Ficha de recolección de datos N°21

Anexo 27: Ficha de recolección de datos

| | |
|---|---|
| UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO | |
| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | |
| TESIS | ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE ESCORIA DE METALES, PERÚ 2021 |
| TESISTA | BACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA ASESOR(A) MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENNA |

| | |
|--|-------------------|
| TÍTULO | ESTUDIO N° |
| Diseño óptimo del pavimento utilizando escoria de hornos eléctricos como mejoramiento de la subrasante en el mercado La Perla-Chimbote | 22 |

| | | | | | |
|----------------------|---------|---------------|-----------|------------------------|---------|
| SUBPRODUCTO EMPLEADO | ESCORIA | TIPO DE SUELO | ARCILLOSO | TIPO DE ESTABILIZACIÓN | QUÍMICA |
| | | ADICIÓN | | SUELO + ESCORIA | |

| EL ESTUDIO PRESENTA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------|-------------|-----------|--------|---------|---------|-----|-------|---|---|---|---|---|---|---------|---|---|---|---|---|---|---------|---|---|---|---|---|---|
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>GRANULOMETR</th> <th>ATTERBERG</th> <th>SUCS</th> <th>AASHTO</th> <th>PROCTOR</th> <th>CBR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SUELO</td> <td style="text-align: center;">X</td> <td style="text-align: center;">X</td> <td style="text-align: center;">X</td> <td style="text-align: center;">X</td> <td style="text-align: center;">X</td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> <tr> <td>ESCORIA</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td>ADICIÓN</td> <td style="text-align: center;">X</td> <td style="text-align: center;">X</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">X</td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> </tbody> </table> | | GRANULOMETR | ATTERBERG | SUCS | AASHTO | PROCTOR | CBR | SUELO | X | X | X | X | X | X | ESCORIA | - | - | - | - | - | - | ADICIÓN | X | X | - | - | X | X |
| | GRANULOMETR | ATTERBERG | SUCS | AASHTO | PROCTOR | CBR | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SUELO | X | X | X | X | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ESCORIA | - | - | - | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ADICIÓN | X | X | - | - | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | |
|-------------|----------|-------------------|
| N° MUESTRAS | 3 | RESULTADOS |
| LUGAR | CHIMBOTE | |

| | M1 | M2 | M3 |
|---------------------------|---------|---------|---------|
| VARIACIÓN GRAVAS Y ARENA | 1.44% | 2.89% | 11.62% |
| % VARIACIÓN FINOS | 11.58% | 23.26% | 93.57% |
| LL (%) | NP | NP | NP |
| LP (%) | NP | NP | NP |
| IP (%) | NP | NP | NP |
| SUCS | SP-SM | - | - |
| AASHTO | A-2-4 | - | - |
| OCH (%) | 10.8% | - | - |
| MDS (gr/cm ³) | 1.79 | - | - |
| % VARIACIÓN CBR | 170.04% | 233.78% | 131.36% |


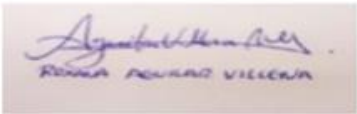
| AUTOR | | ASESOR (A) | |
|----------------|---|----------------|--|
| NOMBRE: | BACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA | NOMBRE: | MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENNA |
| FIRMA: |  | FIRMA: |  |

Figura 80: Ficha de recolección de datos N°22

Anexo 28: Ficha de recolección de datos

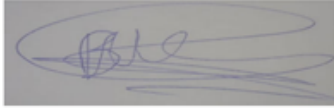
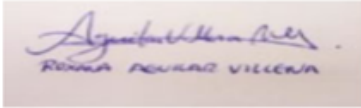

| UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO | | | | | | |
|--|---|---|--|--------|---------|-----|
| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | | | | | |
| UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE | TESIS | ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE ESCORIA DE METALES, PERÚ 2021 | | | | |
| | TESISTA | BACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA | ASESOR(A) MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENA | | | |
| TÍTULO | | | ESTUDIO Nº | | | |
| Valoración económica de la escoria de horno eléctrico de SIDERPERU como producto alternativo a la piedra cantera en el sector construcción | | | 23 | | | |
| SUBPRODUCTO EMPLEADO | ESCORIA | TIPO DE SUELO | - | | | |
| | | TIPO DE ESTABILIZACIÓN | - | | | |
| EL ESTUDIO PRESENTA | | | | | | |
| | GRANULOMETR | ATTERBERG | SUCS | AASHTO | PROCTOR | CBR |
| SUELO | - | - | - | - | - | - |
| ESCORIA | X | - | - | - | - | - |
| ADICIÓN | - | - | - | - | - | - |
| Nº MUESTRAS | RESULTADOS | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| LUGAR | TRUJILLO | | | | | |
| | GRAVAS Y ARENAS (%) | MI | M2 | | | |
| | FINOS (%) | 100% | 100% | | | |
| | | 0% | 0% | | | |
| AUTOR | | ASESOR (A) | | | | |
| NOMBRE: | BACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA MARIN | NOMBRE: | MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENA | | | |
| FIRMA: |  | FIRMA: |  | | | |

Figura 81: Ficha de recolección de datos N°23

Anexo 29: Ficha de recolección de datos

| | | | | |
|---|--|---|--|--|
|  | UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO | | | |
| | FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | | |
| | TESIS | ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE ESCORIA DE METALES, PERÚ 2021 | | |
| TESISTA | BACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA | ASESOR(A) | MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENA | |

| | |
|---|------------|
| TÍTULO | ESTUDIO N° |
| Modelo de gestión del uso de escoria de cobre para disminuir el impacto ambiental en la región Moquegua | 24 |

| | | | | | |
|----------------------|---------|---------------|---|------------------------|---|
| SUBPRODUCTO EMPLEADO | ESCORIA | TIPO DE SUELO | - | TIPO DE ESTABILIZACIÓN | - |
|----------------------|---------|---------------|---|------------------------|---|

| |
|---------------------|
| EL ESTUDIO PRESENTA |
|---------------------|

| | GRANULOMETR | ATTERBERG | SUCS | AASHTO | PROCTOR | CBR |
|---------|--|-----------|------|--------|---------|-----|
| SUELO | - | - | - | - | - | - |
| ESCORIA | ESTUDIO TEÓRICO DE COMPOSICIÓN DE LAS ESCORIAS | | | | | |
| ADICIÓN | - | - | - | - | - | - |

| | |
|-----------------------|----------------------------|
| ESTUDIO REFERENTE A : | ESTUDIO TEÓRICO DE ESCORIA |
|-----------------------|----------------------------|

| | |
|-------|----------|
| LUGAR | MOQUEGUA |
|-------|----------|

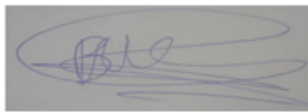
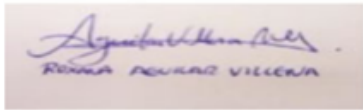
| AUTOR | | ASESOR (A) | |
|---------|---|------------|--|
| NOMBRE: | BACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA | NOMBRE: | MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENA |
| FIRMA: |  | FIRMA: |  |

Figura 82: Ficha de recolección de datos N°24

Anexo 30: Ficha de recolección de datos

| | | | |
|--|---|-----------|--|
| UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO | | | |
| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | | |
| TESIS | ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE ESCORIA DE METALES, PERÚ 2021 | | |
| TESISTA | BACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA | ASESOR(A) | MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENA |

| | |
|--|-------------------------|
| TÍTULO Viabilidad para el uso de la escoria de acería eléctrica como agregado en mezcla asfáltica en la ciudad de Chimbote | ESTUDIO N° 25 |
|--|-------------------------|

| | | |
|--|---------------------------|------------------------------------|
| SUBPRODUCTO EMPLEADO ESCORIA | TIPO DE SUELO - | TIPO DE ESTABILIZACIÓN - |
|--|---------------------------|------------------------------------|

EL ESTUDIO PRESENTA

| | GRANULOMETR | ATTERBERG | SUCS | AASHTO | PROCTOR | CBR |
|---------|-------------|-----------|------|--------|---------|-----|
| SUELO | - | - | - | - | - | - |
| ESCORIA | X | X | X | X | - | - |
| ADICIÓN | - | - | - | - | - | - |

| N° MUESTRAS 1 | RESULTADOS <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th></th> <th>MI</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>GRAVAS Y ARENAS (%)</td> <td>94.980%</td> </tr> <tr> <td>FINOS (%)</td> <td>5.020%</td> </tr> <tr> <td>LL (%)</td> <td>21.48%</td> </tr> <tr> <td>LP (%)</td> <td>NP</td> </tr> <tr> <td>IP (%)</td> <td>NP</td> </tr> <tr> <td>SUCS</td> <td>GW-GM</td> </tr> <tr> <td>AASHTO</td> <td>A-1-s</td> </tr> </tbody> </table> | | MI | GRAVAS Y ARENAS (%) | 94.980% | FINOS (%) | 5.020% | LL (%) | 21.48% | LP (%) | NP | IP (%) | NP | SUCS | GW-GM | AASHTO | A-1-s |
|--------------------------|--|--|----|---------------------|---------|-----------|--------|--------|--------|--------|----|--------|----|------|-------|--------|-------|
| | MI | | | | | | | | | | | | | | | | |
| GRAVAS Y ARENAS (%) | 94.980% | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FINOS (%) | 5.020% | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LL (%) | 21.48% | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LP (%) | NP | | | | | | | | | | | | | | | | |
| IP (%) | NP | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SUCS | GW-GM | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AASHTO | A-1-s | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LUGAR CHIMBOTE | | | | | | | | | | | | | | | | | |


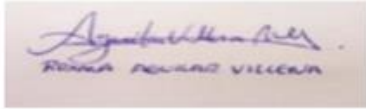
| AUTOR | | ASESOR (A) | |
|----------------|---|----------------|--|
| NOMBRE: | BACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA | NOMBRE: | MS. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENA |
| FIRMA: |  | FIRMA: |  |

Figura 83: Ficha de recolección de datos N°25

Anexo 31: Ficha de recolección de datos


| | | | |
|---|---|---|--|
|  | UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO | | |
| | FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (Leyenda) | | |
| | TESIS | ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE ESCORIA DE METALES, PERÚ 2021 | |
| | TESISTA | BACH. BRAYAN MARCELO GAMARRA | ASESOR(A) MG. ING. ROXANA MILAGROS AGUILAR VILLENNA |

Figura 25: *Relación porcentual de Distribución Granulométrica de escorias en estado natural*

| | | | |
|----|---------------------------------|-----|-----------------------|
| M1 | Figueroa, I., Mamani, C. (2019) | M10 | Melgarejo, C., (2019) |
| M2 | Figueroa, I., Mamani, C. (2019) | M11 | Melgarejo, C., (2019) |
| M3 | Figueroa, I., Mamani, C. (2019) | M12 | Melgarejo, C., (2019) |
| M4 | Figueroa, I., Mamani, C. (2019) | M13 | Pérez, H., (2018) |
| M5 | Figueroa, I., Mamani, C. (2019) | M14 | Antaurco, D. (2019) |
| M6 | Ccoillo, I. (2016) | M15 | Zelada, R. (2016) |
| M7 | Siclane, L. (2019) | M16 | Zelada, R. (2016) |
| M8 | Mantilla, J. (2019) | M17 | Choque, R. (2012) |
| M9 | Cruz, C., Yauri, J. (2020) | | |

Active

Figura 84: *Ficha de recolección de datos (leyenda) de las muestras de escoria natural*