

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE LA MEZCLA CENIZA VOLANTE DE
CASCARILLA DE CEBADA CON CAL EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y
MECÁNICAS EN EL SUELO DE BUENOS AIRES DISTRITO DE VICTOR LARCO
HERRERA - TRUJILLO – LA LIBERTAD - 2018**

TESIS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Bach. JHONNY CRIS SILVA BERMEJO

ASESOR:

ING. JOSUALDO VILLAR QUIROZ

**TRUJILLO – PERÚ
2019**



Aprobación de la Tesis

El (La) asesor(a) y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el (la) Bachiller **Jhonny Cris Silva Bermejo**, denominada:

INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE LA MEZCLA CENIZA VOLANTE DE CASCARILLA DE CEBADA CON CAL EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN EL SUELO DE BUENOS AIRES DISTRITO DE VICTOR LARCO HERRERA – TRUJILLO – LA LIBERTAD

Ing. Enrique Manuel Durand Bazán

Jurado Presidente

Ing. Percy Lethelier Marín Cubas

Jurado Secretario

Ing. Elton Javier Galarreta Malaver

Jurado Vocal



Dedicatoria

Lleno de regocijo, de amor y esperanza, dedico este proyecto, a cada uno de mis seres queridos, quienes han sido mis pilares para seguir adelante. Es para mí una gran satisfacción poder dedicarle a ellos, que con mucho esfuerzo, esmero y trabajo me lo he ganado.

A mis padres José Silva Ipanaqué y Zoila Bermejo de Silva, porque ellos son la motivación de mi vida orgullosos de lo que soy. A mis hermanos y a mí querido hijo Carlos Alberto Silva Medina, porque son la razón de sentirme tan orgulloso de culminar mi meta, gracias a ellos por confiar siempre en mí.

Y sin dejar atrás a toda mi familia por confiar en mí, también quiero compartir mi felicidad con una persona muy especial, a mi novia Miriam Lizbeth Álvarez Matta, gracias por ser parte de mi vida tu ayuda ha sido fundamental,

has estado conmigo incluso en los momentos más turbulentos. Este proyecto no fue fácil, pero estuviste motivándome y ayudándome y lograr que este sueño se haga una realidad.

Jhonny Cris Silva Bermejo



Agradecimiento

En primer lugar, agradezco a la Universidad Privada de Trujillo por haberme aceptado ser parte de ella y poder estudiar la carrera de Ingeniería Civil, así como también a todos los docentes de la facultad que brindaron sus conocimientos para seguir adelante día a día.

Agradecer a mi Asesor de Tesis el Ing. Josualdo Carlos Villar Quiroz, por su apoyo y tener la fuente de su capacidad y conocimiento, así haberme tenido toda la tolerancia del mundo para dirigirme durante la elaboración de la tesis.

Mi agradecimiento también al Gerente Propietario de la Empresa Constructores y Proveedores, Servicios en Establecimiento de Salud S.R.L. El Sr. Alonso Loyaga Fernández, por haberme apoyado con la logística necesaria para la elaboración de mi tesis.

Para finalizar, agradezco a todos los que fueron mis compañeros de clases especialmente a mi amigo Carlos Martín Carrillo Vega, pues gracias al compañero con su invaluable apoyo e impulso a ha aportado en un alto porcentaje a mis ganas de seguir adelante en mi carrera profesional.

Jhonny Cris Silva Bermejo



ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
INDICE DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Realidad Problemática	1
1.2. Formulación del problema	7
1.3. Justificación	7
1.4. Objetivos	8
1.4.1. Objetivo General	8
1.4.2. Objetivos Específicos	8
1.5. Antecedentes	8
1.5.1. Título: “Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada y/o sub base de pavimentos”	8
1.5.2. Título: “Efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso”	10
1.5.3. Título: “Estabilización de un suelo arcilloso con cal hidratada, para ser utilizada como capa subrasante de pavimentos en la colonia de San Juan Capistrano de ciudad Obregón”	10
1.5.4. Título: “Capacidad portante (CBR) de un suelo arcilloso, con la incorporación del estabilizador MAXXSEAL 100”	11
1.5.5. Título: “Utilización de bolsas de polietileno para el mejoramiento de suelo a nivel de la subrasante en el Jr. Arequipa, progresiva km 0+000 - km 0+100, distrito de Orcotuna, Concepción”	13
1.5.6. Título: “Mejoramiento de la capacidad portante del suelo planificando geotextiles y geomallas para cimentaciones en zonas de baja resistencia”	14
1.6. Bases Teóricas	14
1.6.1. Suelo	14



1.6.2.	Propiedades físico-mecánicas del suelo	15
1.6.3.	Resistencia	15
1.6.4.	Cal	16
1.6.5.	Cenizas volantes	16
1.6.6.	Generalidades de las estabilizaciones	19
1.6.7.	Métodos de estabilización de suelos	19
1.6.8.	Descripción y comparación de procedimientos de construcción	20
1.6.9.	Ventajas y desventajas de los diferentes métodos de aplicación de cal	21
1.6.10.	Mecanismo de la reacción entre la cal y las cenizas volantes	22
1.6.11.	Ensayos en suelo de fundación	23
1.6.12.	Límites de consistencia del suelo	25
1.6.13.	Compactación	25
1.6.14.	Corte directo	26
1.7.	Definición de términos básicos	27
1.8.	Formulación de la hipótesis	27
1.8.1.	Hipótesis General	27
1.8.2.	Hipótesis Específicas	28
II.	MATERIAL Y MÉTODOS	31
2.1.	Material	31
2.2.	Material de estudios	31
2.2.1.	Población	31
2.2.2.	Muestra	32
2.3.	Técnicas, procedimientos e instrumentos	33
2.3.1.	Para recolectar datos	33
2.3.2.	Para procesar datos	41
III.	RESULTADOS	48
IV.	DISCUSIÓN	52
V.	CONCLUSIONES	53
VI.	RECOMENDACIONES	54
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Hipótesis General	27
Tabla 2 (a). Hipótesis Específicas	28
Tabla 2 (b). Hipótesis Específicas	29
Tabla 2 (c). Hipótesis Específicas	30
Tabla 3. Leyenda de la fórmula de contenido de humedad	38
Tabla 3.1. Valor promedio y desviación de las propiedades del concreto permeable	42
Tabla 3.2. Resultados ANOVA valores de resistencia al corte directo	43
Tabla 3.3. Resultados ANOVA valores del PROCTOR modificado	43
Tabla 3.4. Resultados ANOVA valores de porcentaje y granulometría	43
Tabla 3.5. Resultados ANOVA valores de densidad	43
Tabla 3.6. Resultados ANOVA valores de absorción	44
Tabla 3.7. Resultados ANOVA valores de límite líquido	44
Tabla 3.8. Resultados ANOVA valores de límite plástico	44
Tabla 3.9. Resultados ANOVA valores de gravedad	44
Tabla 3.10. Resultados ANOVA valores de humedad	45
Tabla 4. Análisis Granulométrico de valores de humedad	48
Tabla 5. Composición de mezcla para pavimento	48
Tabla 6. Resultado de ensayos de porcentaje de agregados y mezcla	49
Tabla 7. Resultado de límites e índice de plasticidad	49
Tabla 8. Comparación de pesos específicos	50
Tabla 9. Análisis Granulométrico de valores de humedad	50
Tabla 10. Resultados de ensayos de corte directo	51
Tabla 11. Guía de Observación Probetas de suelo	58



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Método de Investigación	32
Figura 2. Tabla de recolección de datos y descripción de recipientes de ensayo	33
Figura 3. Guía de Observación	33
Figura 4. Norma ASTM D-4318	37
Figura 5. Comportamiento de composición de mezcla para pavimentos	49
Figura 6. Tensiones tangenciales, equipo de la prueba Proctor estándar: (a) molde; (b) pisón	51
Figura 7. Gráfica de correspondencia entre tensión y desplazamiento	53



RESUMEN

La investigación se ha realizado en el sector de Buenos Aires, distrito de Víctor Larco Herrera, Trujillo. Este sitio posee problemas en los suelos tanto por su ubicación geográfica como por la composición de sus estratos.

El objetivo de la investigación fue de mejorar las propiedades físicas y mecánicas usando como tratamiento la adición de la mezcla de ceniza de cascarilla de cebada con cal, obtenido de la quema industrial; variando el porcentaje de adición.

Para lograr el cometido se tomaron muestras de suelos y se realizaron los ensayos de granulometría, límites de Atterberg, Densidad Específica y Absorción como parte de las propiedades físicas y ensayos de Corte Directo y Próctor Modificado, como parte de los ensayos mecánicos. Estos se realizaron en el Laboratorio de Suelos y Geotecnia de la UNT con financiamiento propio.

Existen problemas de asentamientos diferenciales en las edificaciones, las cuales provocan esfuerzo de tracción en las cimentaciones, generando fallas en el concreto y en la estructura en general. Debiéndose tratar los suelos para evitar estos problemas y posibles casos de licuefacción.

Las cenizas presentan propiedades de: capacidad reactiva, puzolánica e hidráulica, mejoran la trabajabilidad; razón por la que se utilizó como adición.

El tipo de investigación es experimental, el diseño, experimento puro. Para ello se elaboraron 112 muestras con distintos porcentajes desde 0 adición. La técnica e instrumentos se usó la Guía de observación y el método de análisis de datos Anova.

Se comprobó que la mezcla de ceniza volante con la cal, en la proporción apropiada como tratamiento del suelo ubicado en el sector de Buenos Aires, Víctor Larco Herrera presenta un comportamiento adecuado en sus propiedades físico mecánicas, a fin de que pueda ser considerado como suelo portante de edificaciones de uso común e importantes.



ABSTRACT

The research has been carried out in the sector of Buenos Aires, district of Víctor Larco Herrera, Trujillo. This site has problems in the soils both for its geographical location and for the composition of its strata.

The objective of the research was to improve the physical and mechanical properties using as a treatment the addition of the mixture of peanut husk ash with lime, obtained from industrial burning; varying the percentage of addition.

In order to achieve the task, soil samples were taken and the granulometry, Atterberg limits, Specific Density and Absorption tests were carried out as part of the physical properties and tests of Direct Cutting and Modified Proctor, as part of the mechanical tests. These were carried out in the Soil and Geotechnical Laboratory of the UNT with its own financing.

There are problems of differential settlements in the buildings, which cause tensile stress in the foundations, generating faults in the concrete and in the structure in general. The soils must be treated to avoid these problems and possible cases of liquefaction.

The ashes have properties of: reactive, pozzolanic and hydraulic capacity, improve workability; reason why it was used as an addition.

The type of research is experimental, the design, pure experiment. For this purpose, 112 samples were prepared with different percentages of addition. The technique and instruments were used the Observation Guide and the ANOVA data analysis method.

It was proved that the mixture of fly ash with lime, in the appropriate proportion as a soil treatment located in the Buenos Aires sector, Víctor Larco Herrera presents an adequate behavior in its physical and mechanical properties, so that it can be considered as soil carrier of buildings of common and important use.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

COLLANTES (2012), manifiesta que:

A nivel mundial la Geotecnia representa una rama de la Ingeniería Civil fundamental para resolver el problema de déficit habitacional que se atraviesa. Grandes capitales como Tokio y México DF, Santiago de Chile, etc. apuestan por el estudio de la mejora de las propiedades mecánicas de los suelos. El estudio de los diferentes procesos con la finalidad de aumentar las capacidades portantes de los suelos, ha alcanzado un auge en los países desarrollados en los últimos años, debido al crecimiento registrado de la población, el comercio y vialidad. Los suelos arcillosos, debido a su baja capacidad de soporte y deplorable calidad, generalmente no cumplen con los requisitos mínimos para ser empleados en proyectos viales. Una alternativa de solución con la finalidad de mejorar las características mecánicas propios del material es estabilizándolo con productos que puedan mejorar sus propiedades naturales, una de ellas es la incorporación de cenizas ya que son granos finos compuestos básicamente por silicatos y aluminios que permiten una reacción cohesiva con el suelo arcilloso que al igual que otras sustancias reduce el límite líquido, índice plástico e índice de expansión.

ZULUAGA (2015), Afirma que:

En Colombia los estudios para mejorar las propiedades mecánicas y físicas de los suelos se realizan con el propósito de economizar costos. Se suele realizar un descapote y dejar el terreno natural como capa de rodadura; el cual no en todos los casos es el más apropiado para resistir las cargas, lo que produce un aumento en los costos a largo plazo. Esto por el mantenimiento continuo que debe realizarse para mantener la vía en unas condiciones aceptables para la circulación de vehículos. En otros casos, se utiliza material de canteras cercanas al proyecto que pueden llegar a encontrarse con baja calidad por la misma dificultad de acceso que poseen las zonas aledañas a la red terciaria. Es por esta razón, que se crea la necesidad de obtener un material estabilizante para este tipo de suelos, como la ceniza volante.

ZULUAGA (2015) Señala:

En Ecuador se investigan los múltiples factores que afectan las propiedades mecánicas de los suelos, entre ellos tenemos en primer lugar la distribución de partículas por tamaño, la cual afecta a innumerables propiedades de los suelos, entre ellas: la consistencia, la estructura, la porosidad y la velocidad de filtración, debido a que existe un porcentaje alto de poros en los que contiene agua y aire, para que las partículas de un suelo consigan juntarse entre ellas, se requiere de un cierto porcentaje de partículas finas, aprovechando las propiedades de las cenizas de carbón, cumpliendo el objetivo de la obtención de un suelo compactado, evaluando el comportamiento de suelos arcillosos y arenosos. La mayoría de suelos arcillosos y arenosos poseen baja capacidad de soporte debido a su alto índice de humedad, presentando problemas de hundimientos o asentamientos, para contrarrestar estos problemas que afectan a la construcción de estructuras viales es necesario estabilizarlos, como una alternativa con materiales de fácil obtención y viabilidad económica, reconociendo que el carbón posee una gran fuente de concentración de calor, comportándose como un combustible sólido, frágil y poroso con un alto contenido de 3 carbono (del orden del 98%) por su propiedad porosa, su estructura es absorbente con capacidad de atrapar moléculas o iones reduciendo un porcentaje considerable de humedad.

ZULUAGA (2015) Señala también que:

En Chile, en muchos sectores del sur los suelos son generalmente arcillosos ó limosos, y en principio es difícil hallar adecuados materiales de subrasante o de bases para caminos según la investigación de las características físicas y mecánicas. Por otro lado, estos tipos de suelo pueden ser estabilizados con químicos con diversos tipos de agentes cementantes, cenizas volantes, como la cal, cemento, y otros.

PEREZ (2012) Señala que:

En Perú se estudian las propiedades mecánicas de algunos suelos arcillosos, que, debido a su baja capacidad de soporte y reducida característica, por lo que generalmente no cumplen con los requisitos mínimos a ser usados en proyectos de pavimentación. Una alternativa es optimizar, las propiedades mecánicas del ingrediente, estabilizando con productos adherentes. Los pavimentos de accesos

cimentan sobre suelo de reducida capacidad de sostén, mostrando un alto costo debido a su planteamiento que demanda espesor considerable. Luego su durabilidad se reduce por problemas de asentamientos. Un inconveniente adicional en la selva central, es la reducida cantidad de canteras de material en granulo, que merezca elaborar actividades para estabilizar suelos. La Planta Termoeléctrica ubicada en la Provincia de Ilo, usan carbón mineral bituminoso como origen energético y por la cual desechan cenizas y escorias debido a su actividad industrial, dichos residuos podrían ser colectadas y usarlas en pavimentos como ocurre en otros países.

En Trujillo, se vienen realizando estudios del suelo dónde serán transmitidas las cargas producto de cargas vehiculares y cargas verticales de las estructuras como parte del plan de reconstrucción nacional. Estos deben encontrarse en tales condiciones que sean las adecuadas para ser consistentes, sin embargo, cuando el suelo no contiene las propiedades pertinentes originan soluciones como cambio de suelo por un material de préstamo mejorando las propiedades de este, así también la estabilidad de suelos sin requerir un cambio de suelo optimizando las características naturales de este suelo. Entre los diversas condiciones que infieren en la permanencia estructural de los suelos, tenemos en primer lugar la asignación distribuida de partículas por tamaño, la cual afecta a innumerables propiedades de los suelos, entre ellas: la consistencia, la estructura, la porosidad y la velocidad de filtración, debido a que existe un porcentaje alto de espacios en los que contiene agua y aire, para que la porción de suelo puede juntarse entre ellos, se necesita de un porcentaje de porciones finas, aprovechando así las propiedades de las cenizas de carbón, cumpliendo como objetivo a la obtención de un suelo compactado, evaluando el comportamiento de suelos arcillosos y arenosos

El distrito de Víctor Larco Herrera, actualmente presenta problemas de erosión costera, fenómeno común en las playas que tiene como efecto la pérdida de la línea costera. Además, por una zona costera ante un evento sísmico es propensa a sufrir licuefacción del suelo debido a que el suelo saturado es poco cohesivo, dando como resultado el desplome de edificaciones, deslizamiento de tierras. Debiéndose implementar estudios de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos allí presentes y su debida caracterización.

Las entidades que controlaran los proyectos de contingencia son la Municipalidad de Víctor Larco Herrera y el Gobierno Regional de La Libertad. Bajo Normativa del Ministerios de Transportes y Carreteras y la Norma Técnica de Construcción.

COLLANTES (2012) Halló que:

La arcilla optimiza su característica y su resistencia al adicionar una porción de ceniza volante de 20%, su uso como capa de sub-rasante optimizada de pavimentos de elevado volumen de tráfico o pavimento de mínimo volumen de tráfico. La utilización de la ceniza volante disminuye los problemas de contaminación, al reducir los vertederos y rellenos sanitarios para la ceniza volante, brindando el provecho al mismo.

ANAYPOMA (2014) Indica:

Obtuvo de los resultados evaluados una estabilización con variaciones muy grandes, en el índice de plasticidad bajo a un valor de 9.23 con la adición de cal a 6% siendo el Índice de plasticidad inicial de 36.87 con la adición de cal al 0%, y una variación considerable en el CBR (capacidad de soporte), logrando alcanzar un valor de 11.48% al adicionarle cal al 4% siendo el CBR con cal al 0% de 2.55. Evaluando los resultados obtenidos, con los diferentes porcentajes de cal, para el tipo de suelo A-7-5(29), se tiene mejores resultados con la adición de 4% de cal con la cual se obtiene el máximo CBR al 95% que es de 11.48%.

BELTRAN (2011) Encontró que:

Al realizar una gráfica relación del valor CBR en cemento a su porcentaje de cal en peso, con la finalidad de reducir el porcentaje de cal y acercándose al 20% solicitado. Elaboró ejemplares de 2%, 4%, 6% y 8% de cal en carga que se afirman y saturan para cuantificar las magnitudes de inserción específicas. Al incrustar los resultados en la gráfica, se concluyó que el suelo necesite de una cantidad de 2.5% de cal en peso para alcanzar el mínimo requerido del 20%.

TERAN (2016) Determino que:

La capacidad portante (CBR) del suelo limo arcilloso fue de 5.10%, adicionándole el estabilizador Maxxseal 100 en los porcentajes de 2%, 4%, y 6%, se recopilaron los siguientes valores para un CBR a 0.1", con la muestra patrón un CBR de 5.10%, adicionando el 2% de Maxxseal 100 un CBR de 7%, adicionando el 4% de Maxxseal 100 un CBR de 9.60%, adicionando 6% de Maxxseal 100 un CBR de 11%; para un CBR al 0.2", con la muestra patrón un CBR de 5.40%, adicionando el 2% de Maxxseal 100 un CBR de 7.30%, adicionando el 4% de Maxxseal 100 un CBR de 10.10%, adicionando 6% de Maxxseal 100 logrando un CBR de 11.70%.

Muchas edificaciones necesitan un estudio de microzonificación de suelos para que puedan ser diseñadas con las dimensiones solicitadas para un mejor funcionamiento a lo largo de su vida útil, pensadas para soportar además un suceso sísmico, erosión costera, licuefacción de suelos.

La empresa MTL GEOTECNIA, realizó la ejecución del proyecto RENOVACION CASA GUARDIANA DE LA ESTACION VOR/DME LAS SALINAS. Se encargó del estudio de mecánica de suelos con fines de cimentación en el distrito de Huacho, provincia de Huaura, región Lima. Llevando a cabo la determinación de propiedades físicas y mecánicas por intermedio de actividades de excavaciones de exploración y calicatas a “campo abierto”, pruebas de laboratorio. También se computaron las propiedades de consistencia, asentamientos y actividades de escritorio en base a datos recopilados de los perfiles estratigráficos, muestra y el ahondar el comentario, capacidad portante admisible, agresión del suelo de concreto, recomendaciones y conclusiones para la cimentación.

La licuefacción del suelo es una condición en la cual, un suelo pierde su resistencia y se comporta como un fluido muy viscoso, debido a la generación de altas presiones en el agua que se encuentra entre sus granos (presión de poros). La ocurrencia de un evento sísmico potencialmente desastroso durante cierto período de tiempo en un sitio dado, Trujillo no es ajena, ya que está ubicada en una zona en estudio. Los movimientos sísmicos no sólo se muestran en las zonas sismo genéticas, sino en todas aquellas que están cercanas a las mismas, al alcance pueden llegar ondas de amplitud significativa. Esto profundiza la amenaza de una zona a los sismos. En la región tectónica de placas indica que los sismos se manifiestan al darse un desplazamiento entre las áreas de contacto de la Placa Sudamericana (continental) y la Placa de Nazca (oceánica). Llamado subducción.

Teniendo en cuenta el sigilo sísmico de la zona de estudio, sabiendo que, si en esta área se han dado grandes terremotos en el pasado, éstos repetirán en el futuro; se muestra que la ciudad posee una amenaza sísmica elevada. Este fenómeno se puede mostrar durante un sismo y principalmente ocurre en suelos arenosos saturados. Los esfuerzos de corte cíclicos que genera un sismo, mediante las ondas que están viajando por la corteza terrestre, hacen que las partículas de suelos sufran reacomodos y se produzca densificación. Teniendo en cuenta que la duración de los esfuerzos de corte cíclico es muy pequeña en comparación con el tiempo necesario para que ocurra algún drenaje, la tendencia de la arena a disminuir su volumen durante cada ciclo, se refleja en un incremento de la presión de poros.

Esto causa reducción continua del esfuerzo efectivo y consecuentemente reducción en la resistencia de la arena. Si el número de ciclos es tal que la presión de poros iguala a la presión de confinamiento inicial, el esfuerzo efectivo existente en el esqueleto de la arena se reduce a cero, perdiendo la resistencia al corte dicho suelo; presentándose flujos ascendentes de agua debido a las presiones altas. Los daños más saltantes que un fenómeno de licuación puede presentar son grandes asentamientos o agrietamientos del terreno. No existe un software para poder estimar de qué modo afecta a una estructura este fenómeno, pero si existen distintas metodologías para evaluar el potencial de licuación del suelo. Saber que un suelo se licua ya una situación muy grave pues el daño sobre el edificio puede ser también muy grave.

Causas Directas

- Baja resistencia del suelo frente a eventos sísmicos
- Inestabilidad del suelo, posible licuefacción del suelo

Causas Indirectas

- Napa freática muy alta
- Falta de asesoramiento por parte de las autoridades.

En esta tesis buscamos estudiar los efectos de la mezcla de la ceniza volante de la cascarilla de cebada con la cal, en los suelos del distrito de Víctor Larco Herrera para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, a manera de estabilización. La estabilización de suelos es uno de los métodos más eficientes para aumentar las propiedades, evidenciado en los ensayos de Corte Directo, Límites de Granulometría, Porcentaje de Humedad, etc. Habiendo diferentes tipos de estabilización como la estabilización química, física y mecánicas. En su mayoría normadas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones y Normas como la E050 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

La ceniza volante actúa conjuntamente con la cal creando una mezcla puzolánica cementante que al ser añadida al suelo de baja plasticidad y capacidad portante le confiere propiedades mecánicas muy superiores al suelo original.

De obviar las investigaciones dirigidas a mejorar los suelos, no se encontrarían alternativas de solución a las deficiencias de calidad de suelo como material portante; las cimentaciones llevarían mayores requerimientos de profundidad; las construcciones estarían propensas a tener fallas por licuefacción de suelos o asentamientos diferenciales. Fallas de por sí muy peligrosas que podrían causar el colapso total de la edificación y la pérdida de bienes económicos y humanos.



Optar por otros métodos de estabilización se traduce en mayores costos económicos y estudios más específicos, que bien podrían realizarse a futuro si es que resultaran más eficientes.

1.2. Formulación del problema.

¿Cuál es la influencia de la adición de la mezcla ceniza volante de cascarilla de cebada con cal, en las propiedades Físicas y Mecánicas en el suelo de Buenos Aires distrito de Víctor Larco Herrera – Trujillo – La Libertad?

1.3. Justificación.

La razón principal a realizar esta investigación es para mejorar las propiedades mecánicas del suelo para que pueda resistir mayores cargas con debido a su baja capacidad, es decir se busca estabilizar el suelo, aumentando su resistencia. Así como también las propiedades físicas los beneficiados serán las personas que construirán sus viviendas en dichas zonas.

Este trabajo se elabora se porque existe la solicitud de optimizar la capacidad portante del suelo, para su respectiva utilización en fundaciones de edificaciones, con la utilización de ceniza volante de cascarilla de cebada para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas y físicas como lo es la cascarilla de cebada.

Esta investigación es de vital importancia ya que sucesos eventuales como son los terremotos causan licuefacción del suelo en zonas cerca al mar el suelo estabilizado es una medida de solución, ya que con esta investigación se obtendrá un suelo con una mayor resistencia y dándole la capacidad necesaria para ser tomado no solo en edificaciones, sino también en trochas y carreteras.

Esta investigación busca tomar como iniciativa el uso de la ceniza de cascarilla de cebada en diversos porcentajes, para que investigaciones futuras tengas un punto de partida teniendo un porcentaje óptimo de ceniza en suelos genere su buena realización y puedan seguir investigando más a fondo el tema.

Esta investigación busca tomar como iniciativa el uso de la cascarilla de cebada en diversos porcentajes, para que investigaciones futuras tengas un punto de partida teniendo un porcentaje óptimo de ceniza volante que genere su buena realización y puedan seguir investigando más a fondo el tema.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General.

Determinar la influencia de la adición de la mezcla de la ceniza con cal, para mejorar las propiedades Físicas y Mecánicas del suelo en Buenos Aires, Víctor Larco Herrera.

1.4.2. Objetivos Específicos.

- Determinar las cantidades y proporciones óptimas de los componentes cenizas y cal en la resistencia al corte directo del suelo.
- Determinar las cantidades y proporciones óptimas de los componentes cenizas y cal en la densidad de compactación.
- Determinar las cantidades y proporciones óptimas de los componentes cenizas y cal en su módulo de finura.
- Determinar las cantidades y proporciones óptimas de los componentes cenizas y cal en su densidad.
- Determinar las cantidades y proporciones óptimas de los componentes cenizas y cal en su absorción.
- Determinar las cantidades y proporciones óptimas de los componentes cenizas y cal en su límite líquido.
- Determinar las cantidades y proporciones óptimas de los componentes cenizas y cal en su límite plástica.
- Determinar las cantidades y proporciones óptimas de los componentes cenizas y cal en su gravedad específica.
- Determinar las cantidades y proporciones óptimas de los componentes cenizas y cal en su humedad.

1.5. Antecedentes

1.5.1. Título: “Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada y/o sub base de pavimentos”.

COLLANTES (2012) Halló que:

El método alternativo para estabilidad de suelos arcillosos con ceniza volante de carbón y puede ser usado para la construcción de la capa sub-rasante optimizada de asfalto. Se presenta ceniza volante que fue recopilada a partir de la quema de carbón que procede de la planta termoeléctrica de Ilo-Perú, con la finalidad de evaluar su aplicación en la sub-rasante con mínima capacidad de soporte de los asfaltos en caminos, por intermedio de la ceniza volante con la

arcilla de elasticidad mediana, particularidad de la selva central. Se confirmó que la mezcla de la ceniza volante en equilibrio debido con un suelo arcilloso, presenta una elevada consistencia en la mezcla determinante, a fin que pueda ser tomada como capa de la sub-rasante de un asfalto se efectúa con las con las especificaciones técnicas para tal propósito. En esta tesis se elaboraron varias pruebas de las cuales podemos señalar lo siguiente. Para la arcilla: se efectuaron pruebas de caracterización física (estudio granulométrico por selección y por hidrómetro, humedad, límites de Atterberg), prueba del Próctor Modificado, prueba de capacidad de soporte C.B.R, límites de contracción, gravedad específica, materia orgánica y composición química.

Para la ceniza volante: Se realizaron pruebas de caracterización física (estudio granulométrico por selección y por hidrómetro, humedad, límites de Atterberg), prueba Próctor Modificado, límite de contracción, gravedad específica, materia orgánica y composición química. Así como ensayos de fluorescencia de rayos X de energía y dispersión, tanto en la ceniza y en la arcilla. Estas pruebas se realizaron para el suelo arcilloso en su estado natural y en las mezclas de suelo arcilloso - ceniza volante en variadas porciones (20%, 40% y 100%). La mezcla del suelo y las cenizas volantes mostró un comportamiento mecánico compatible con los requisitos de un pavimento de reducido volumen de tráfico. Los resultados presentaron que la arcilla mejora su propiedad y consistencia al ser adicionada una porción de ceniza volante de 20%, para su empleo como capa de sub-rasante optimizada de pavimentos de elevado volumen de tráfico o como un acceso de bajo volumen de tráfico. El empleo de esta ceniza volante reduce los problemas de contaminación, al minimizar los vertederos y rellenos sanitarios para la ceniza volante, dando un fin de provecho de la misma. Esta tesis aporta a la muestra en gran medida se usa ceniza volante en diversos porcentajes para optimizar las propiedades mecánicas, físicas y químicas de un suelo arcilloso. Nos muestra paso a paso los ensayos elaborados (El estudio granulométrico por tamizado y por hidrómetro; humedad; límites de Atterberg; ensayo Próctor Modificado; ensayo de capacidad de soporte C.B.R; límites de contracción; gravedad específica; materia orgánica y composición química). Las conclusiones que presenta están testimoniadas en los tamices elaboradas. La tesis tiene un campo de estudio distinto, el tipo de suelo difiere según la localización y el fin

es optimizar especialmente suelos destinados a asfaltos. Pero aún con las diferencias es un trabajo muy importante que aporta sustancialmente sobre todo en la metodología a seguir.

1.5.2. Título: “Efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso”.

ANAYPOMA (2014) Afirma que:

Los suelos arcillosos presentes en una subrasante crean problemas debido a su alta elasticidad, limitada capacidad de soporte, baja estabilidad de volumen derivado de la humedad, por ello orientamos nuestro objetivo en evaluar el efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso para el mejoramiento de sus propiedades físicas y mecánicas mediante procedimientos normados. Para la evaluación se trabajó con diferentes porcentajes de cal, 0%, 2%, 4% y 6%, en peso del espécimen del suelo arcilloso a estimar, tomando estos porcentajes de cal según norma ASTM 6276 y ejecutando los ensayos de acuerdo a procedimientos normados. Los resultados obtenidos de ésta evaluación de estabilización son variaciones muy grandes, en el índice de plasticidad bajo a un valor de 9.23 con la adición de cal a 6% siendo el Índice de plasticidad inicial de 36.87 con la adición de cal al 0%, y una variación considerable en el CBR (capacidad de soporte), logrando alcanzar un valor de 11.48% al adicionarle cal al 4% siendo el CBR con cal al 0% de 2.55. Evaluando los resultados obtenidos, con los diferentes porcentajes de cal, para el tipo de suelo A-7-5(29), se tiene mejores resultados con la adición de 4% de cal con la cual se obtiene el máximo CBR al 95% que es de 11.48%. Esta tesis aporta a la nuestra debido a que hacen uso de la cal, a manera de estabilización tradicional según las normas del MTC. Para ello realizan ensayos demostrando la efectividad de las adiciones en distintos porcentajes. En nuestro caso procedemos de manera similar para la elaboración de las pruebas e interpretación de resultados, pero con la adición de la ceniza volante, debiendo superar nuestros resultados a los obtenidos por este trabajo.

1.5.3. Título: “Estabilización de un suelo arcilloso con cal hidratada, para ser utilizada como capa subrasante de pavimentos en la colonia de San Juan Capistrano de ciudad Obregón”.

PARRA (2011), Indica que:

Procedió a la conclusión del porcentaje adecuado de cal que se le tienen que

agregar al suelo a utilizarse como capa subrasantes, basado en los métodos establecidos por la secretaria de comunicación de transportes (SCT). Los prototipos serían recopilados al costado sur del fraccionamiento San Juan Capistrano, ubicado al occidente de Cd. Obregón, Sonora. El proceso aplicado alcanzó lograr llegar a las propiedades de resistencia y plasticidad que absorbió el suelo al ser mezclado con cal, que fundamentarse en adicionar porcentajes de cal de 0% a 8%, en variantes de 1% a las evidencias de suelo. Aplicando la normativa de materiales para subrasantes N-CMT-1-03 de la SCT, que demanda un valor de CBR del 20% mínimo y una expansión de 2% máximo, se realizó el estudio del material. Para el suelo se catalogó una arcilla de mínima compactibilidad, enviando valores relativamente bajos, con un valor de CBR del 2.17% y un porcentaje de dilatación del 2.79%. Al no satisfacer las especificaciones, se resolvió estabilizar el suelo con el método de Eades & Grim (ASTM D-6276), La cual consistió en medir el nivel de PH de los prototipos de suelo-cal, definiendo el porcentaje adecuado de cal que necesitó que el suelo analizado para llegar a su meta. Al proceder a realizar la prueba CBR con este porcentaje, se logró un valor CBR del 73.5%, por encima del requerimiento mínimo demandado por la SCT. Se tomó alternativamente por realizar una gráfica en relación del valor CBR en procedencia a su porcentaje de cal en peso, con el propósito de reducir la cantidad porcentual de cal y adicionarse al 20% solicitado. Para esto, se elaboraron muestras de 2%, 4%, 6% y 8% de cal en peso que se apretaron y saturar para cuantificar las dimensiones de implantación específicos. Al incluir los resultados en la gráfica, se determinó que el suelo requiere de una cantidad de 2.5% de cal en peso para alcanzar el mínimo requerido del 20%. Este procedimiento aporta a nuestra tesis puesto que hacen uso de la cal hidratada para mejorar la capacidad portante de un suelo destinado para infraestructura vial. Muestra a modo de recomendación los porcentajes óptimos a utilizar (valores que nos sirvieron para plantear la hipótesis de cuánto adicionar de cal). Al final se justifica los resultados en base a los ensayos, que suponen una valiosa información para interpretar nuestros resultados.

1.5.4. Título: “Capacidad portante (CBR) de un suelo arcilloso, con la incorporación del estabilizador MAXXSEAL 100”.

TERAN (2016).

Estabilidad de suelos es la alteración de cualquiera de sus propiedades, para optimizar el comportamiento de ingeniería. Esta tesis estima un producto nuevo en el mercado: Maxxseal 100, cual es fabricado por una empresa PARTNER y distribuido en Perú por la empresa ENVIROSEAL LIMA; el estabilizador de suelos en descripción es a base de co-polímeros de moléculas de mayor peso de vinilo acrílico; que se vende como posible optimizador de la estabilidad de los suelos, que según se señala acceder la adición la consistencia de un suelo, lo que se mostró a través de la presente investigación. La finalidad de esta tesis fue definir la capacidad portante (CBR) de un suelo arcilloso con la inclusión de 2, 4 y 6 % del estabilizador Maxxseal 100. Para la elaboración de la presente tesis primeramente se realizó a la obtención del prototipo (suelo arcilloso) de un banco de arcilla de la cantera el Cerrillo, distrito Baños del Inca, provincia de Cajamarca, región Cajamarca. Luego se analizó el suelo en el laboratorio de suelos de la Universidad Privada del Norte-Cajamarca, con base en las Normas Técnicas Peruanas. El análisis se enmarca en un solo tipo de suelo (arcilloso) y las variaciones sufridas en la capacidad portante (CBR) después del uso del aditivo químico descrito. Al finalizar la tesis se logró determinar que la capacidad portante (CBR) del suelo limo arcilloso fue de 5.10%, incluyéndose el estabilizador Maxxseal 100 en los porcentajes de 2%, 4%, y 6%, se recopilaron los valores para un CBR a 0.1”, con la muestra patrón un CBR de 5.10%, incorporando el 2% de Maxxseal 100 un CBR de 7%, incluyendo el 4% de Maxxseal 100 un CBR de 9.60%, incorporando 6% de Maxxseal 100 un CBR de 11%; para un CBR al 0.2”, con la muestra patrón un CBR de 5.40%, incluyendo el 2% de Maxxseal 100 un CBR de 7.30%, incluyendo el 4% de Maxxseal 100 un CBR de 10.10%, incluyendo 6% de Maxxseal 100 un CBR de 11.70%. Esta tesis aporta significativamente a la nuestra, debido a que presenta un método alternativo al tratamiento de suelos, con la incorporación del estabilizante Maxxseal (aditivo químico). A su vez indica dosificaciones adecuadas para lograr el cometido. Mejorando las propiedades mecánicas del mismo, haciendo enfoque en la capacidad portante. Si bien es cierto el lugar de estudio no es el

mismo que el nuestro, pero el aporte es sustancial a modo de guía en muchos de los ensayos.

1.5.5. Título: “Utilización de bolsas de polietileno para el mejoramiento de suelo a nivel de la subrasante en el Jr. Arequipa, progresiva km 0+000 - km 0+100, distrito de Orcotuna, Concepción”.

LEIVA (2016).

Las bolsas de plástico originan un mal impacto en la contaminación ambiental la cual trata de reciclar y dándole un uso en optimizar la subrasante. El objetivo de la investigación es definir el efecto de las bolsas de plástico en el suelo a nivel de la subrasante del Jr. Arequipa de la progresiva KM 0+000 - KM 0+100 y en el medio ambiente del distrito de Orcotuna – Concepción. Se trabajaron tres calicatas en la carretera Jr. Arequipa de la progresiva KM 0+000 - KM 0+100 del distrito de Orcotuna – Concepción, para recopilar muestras resaltantes para las pruebas de suelo, lo cual se hicieron en la Facultad de Ingeniería Civil. La subrasante analizada se fraccionó en dos tramos según propiedades físicas y mecánicas, el primer tramo presenta suelo arcilloso de reducida elasticidad, el segundo patrón un suelo grava arcilloso, el primer tramo de la progresiva KM 0+000 - KM 0+100 muestra mínima capacidad portante con un CBR al 95% de M.D.S. igual a 4.145% por tanto se observa dos alternativas optimizar o reemplazar el suelo de la subrasante. El segundo tramo de la progresiva KM 0+100 - KM 0+230 presenta un CBR al 95% de M.D.S. igual a 12.5% por lo tanto no necesita optimización. Según el MTC (2013) “Manual de Carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos” de los 8 tipos de estabilizadores que recomienda sólo uno se adecúa a las propiedades físicas y mecánicas del suelo y es estabilización suelo-cal. Para poder definir la dosis óptima de bolsas de polietileno fundido, por lo que se tuvo que analizar ensayos de CBR y así poder hallar una dosis adecuada en porcentaje, para lo cual se procesaron 45 ensayos de CBR, variando el valor porcentual en relación al peso seco del suelo. Utilizando bolsas de plástico fundido como agente estabilizante y se determinó que pueden ser usados en subrasante para mejorar sus propiedades físicas, mecánicas recomendándose como el más adecuado al 6% con relación al peso seco del suelo, El CBR del suelo arcilloso es 4.145% al 95% de la elevada densidad seca y con la adición de bolsas de plástico fundido en forma de grumos

en una dosificación de 6% del peso seco del suelo incrementó el CBR (California Bearing Ratio) a 7.98% al 95% de la máxima densidad seca. Esta tesis contribuye a nuestro trabajo, pues orienta sus esfuerzos a optimizar la capacidad portante de un suelo del distrito de Orcotuna, Concepción. Orientado a obras de infraestructura vial, utilizándose materiales reciclables, que de por sí poseen un alto impacto negativo en el medio ambiente (en nuestro caso la ceniza volante). Presentan también los procesos empleados y los ensayos que demostraron la efectividad del empleo de bolsas de polietileno en las características mecánicas del suelo.

1.5.6. Título: “Mejoramiento de la capacidad portante del suelo planificando geotextiles y geomallas para cimentaciones en zonas de baja resistencia”.

SANTIN (2014).

Esta investigación determina los procesos de diseño de cimentaciones reforzadas mediante geotextiles, al inicio en forma manual, y luego usando un programa que trabaje con matrices de rigidez mediante elementos finitos como el PLAXIS módulo 3D FOUNDATION. El proceso utilizado para la optimización de la capacidad portante del suelo en zonas de baja resistencia en el diseño de cimentaciones actualmente, se dirige por el USC de materiales innovadores como los geotextiles y geomallas. Para definir la contribución en consistencia y trabajabilidad de los materiales de refuerzo se ejecutó una serie de interacciones en el software de diseño PLAXIS FOUNDATION, sin contar con la presencia de geotextiles o geomallas y considerando los mismo para la evaluación y conclusiones finales. Esta tesis contribuye a nuestra investigación en la medida que se orienta en la optimización de suelos dirigidos a cimentaciones, en caso supuesto se use geotextiles y geomallas. Además, efectúan un estudio geotécnico usando el método matemático de elementos finitos.

1.6. Bases Teóricas

1.6.1. Suelo.

Crespo (2004), afirma que: “Suelo es una porción de capa delgada ubicada por encima de la corteza terrestre, siendo que proviene de la desintegración y/o alteración física y/o química de las piedras (rocas) y de los residuos de las actividades de los seres humanos”.

Badillo (2008) señala que:

En ingeniería civil todas las obras se sustentan sobre el suelo de una u otra forma,

y muchas de ellas, utilizan la tierra como elemento de construcción para terraplenes, diques y rellenos en general; porque, en consecuencia, su estabilidad y comportamiento funcional y estético están determinados. El suelo se comporta como una estructura más, con características físicas propias: densidad, porosidad, talud natural, cohesión y ángulo de fricción interna, que le confieren ciertas propiedades resistentes ante diversas sollicitaciones: compresión, cizalla, reflejadas en magnitudes como la tensión admisible o los asentamientos máximos y diferenciales.

1.6.2. Propiedades físico-mecánicas del suelo.

Crespo (2004), señala que “El conocimiento de las principales propiedades de los suelos es de vital importancia, pues mediante su correcta interpretación se puede predecir el futuro comportamiento del terreno bajo cargas”.

SANTIN (2014), Informó que:

Las propiedades más relevantes al momento de realizar algún tipo de estabilización son la estabilidad volumétrica, la resistencia, permeabilidad y compresibilidad. Al elegir algún tipo de producto para mejorar las características del suelo los estudios se deben concentrar en verificar si mejora alguna de estas propiedades.

1.6.3. Resistencia.

TERAN (2016), Señala que:

La resistencia mecánica es el factor principal del suelo y de la roca que se usan en las presas, altos terraplenes y subrasantes; depende de la naturaleza del material del suelo, la humedad y la relación de vacíos. Al aplicar algún tratamiento se deben estudiar los efectos que éste pueda ocasionar en el suelo, ya que, si el suelo permanecerá húmedo en las condiciones de trabajo, entonces la determinación de la resistencia bajo estas circunstancias sería la adecuada; pero si el suelo permanecerá seco, es aconsejable realizar pruebas con cargas repetidas para estudiar algunos efectos como pulverización y disgregación. En los suelos finos tiene una gran importancia la energía de compactación, principalmente cuando se emplean humedades superiores a la óptima, debido a la diferente estructuración que adoptan las arcillas al ser compactadas mediante procedimientos de compactación diferentes (George B y George F, 1976). Para mejorar esta propiedad se suele usar la estabilización mecánica (compactación). Algunas formas de estabilización más usadas para lograr una mayor resistencia son: compactación, estabilización

mecánica con mezclas de otros suelos y estabilización química con cemento, cal u otros aditivos.

1.6.4. Cal.

Comenzaremos por señalar que para el tratamiento de suelos se puede usar cal viva (óxido de calcio – CaO), cal hidratada (hidróxido de calcio – Ca[OH]₂) o una lechada de cal. La cal viva se produce por la transformación química del carbonato de calcio (piedra caliza – CaCO₃) en óxido de calcio. La cal hidratada se consigue cuando la cal viva reacciona químicamente con el agua. La cal hidratada (hidróxido de calcio) puesto que reacciona con las moléculas arcillosas y las convierten frecuentemente en un fuerte matriz cementante. La cal más usada para el proceso de suelos es la cal elevada en calcio, que abarca un máximo de 5% de óxido o hidróxido de magnesio. Mientras en ciertos casos se utiliza cal dolomítica. La cal dolomítica contiene de 35 a 46% de óxido o hidróxido de magnesio.

Con la cal dolomítica se puede llegar a la estabilidad, aunque la fracción de magnesio reacciona más lentamente que la fracción de calcio. Ciertas veces el término “cal” se utiliza para referirse a la cal agrícola que, por lo que mayormente es piedra caliza finamente molida, un útil correctivo agrícola que no tiene la suficiente reactividad química para lograr la estabilización del suelo.

En muchas oportunidades el término “cal” es empleado para ceñirse a los subproductos del proceso de fabricación de cal (como el polvo de horno de cal), aunque abarcan ciertos reactivos, mayormente sólo posee una fracción del óxido o el contenido de hidróxido del producto fabricado. En este manual, "cal" significa cal viva, cal hidratada, o la lechada de cal hidratada.

1.6.5. Cenizas volantes.

la norma ASTM (C593-95) Indica que:

Se define que la ceniza volante mediante como el despojo finamente dividido que como resultado de la combustión de carbón en polvo que es llevado desde la caldera por los gases de combustión. Las propiedades físicas y químicas de las cenizas volantes de intervalos gradualmente dependiendo del método de combustión y forma de las partículas de las cenizas volantes. De acuerdo con el concepto, los carbones provenientes de fuentes diferentes producen diversas propiedades de combustión y estas diferencias infieren en las bondades de la ceniza volante como un estabilizante de suelo.

Estas diversas fuentes se pueden seleccionar en carbón sub-bituminoso, bituminoso y de

antracita. Cada uno de ellos tiene diferentes propiedades basadas en el contenido de carbón, la dureza y la edad geológica.

La norma ASTM (C593-95) indica que:

Se contiene información básica relacionada con la composición de la ceniza volante, va a ayudar a ilustrar el rango de valores de las propiedades que este material puede tener. Dos de las importantes tecnologías cimentadas para la obtención de energía son: carbón pulverizado (PC), y combustión de fondo fluido (FBC). La tecnología del PC es el método más popular y se refiere a cualquier proceso de combustión que utiliza el carbón molido muy fino en el proceso. En este tipo de sistema, el carbón se procesa por intermedio de la molienda en partículas muy finas para la combustión y la ceniza es conformada en la cámara de combustión, mientras sucede la combustión carbón.

a. Clasificación de Ceniza Volante

Norma ASTM (C618) Indica que:

Las cenizas volantes se pueden seleccionar dos tipos principales, la clase C de ceniza volante y la clase F. Esta selección depende principalmente de los porcentajes de sílice (SiO_2), alúmina (Al_2O_3), y óxido férrico (Fe_2O_3). Las cenizas volantes de clase C se produce normalmente de lignito o por la combustión del carbón sub-bituminoso. Este tipo de ceniza volante tiene propiedades cementantes y puzolánicas. El término cementante significa que el material se endurece en presencia del agua y el término puzolánico significa que, en presencia de agua las cenizas volantes reaccionan con el hidróxido de calcio a temperaturas ordinarias, para producir también compuestos de cemento. Las cenizas volantes clase F se produce a partir de la combustión del carbón de antracita o bituminoso y se considera que solo tienen propiedades puzolánicas.

Estas dos clases de cenizas volantes (C y F) se consideran los tipos más comunes de ceniza volante. Sin embargo, como se mencionó antes, los materiales de ceniza volante tienen una amplia gama de propiedades y características que dependen de factores tales como tipo de carbón, proceso de combustión, aditivos, entre otros. Muchas cenizas volantes no pueden caer dentro de estas dos categorías.

b. Propiedades de la Ceniza Volante

Alonso (1995) Señala que las cenizas volantes presentan las siguientes propiedades:

1. Capacidad reactiva, lo que las hace aptas para múltiples aplicaciones. Otra

de sus propiedades es la puzolánica e hidráulica, aunque se necesita de un período más o menos largo de tiempo para que se manifieste su reactividad puzolánica.

2. Las cenizas volantes aumentan la trabajabilidad del material en estado plástico, debido a un aumento en la dispersión de las partículas del sistema.

3. Las cenizas volantes en los morteros disminuyen las expansiones asociadas a la reacción árido-álcalis, disminuyendo la pérdida por durabilidad.

4. El contenido de agua libre (que no reacciona con el cemento) es mayor en presencia de cenizas volantes a primeras edades, y por lo tanto la porosidad del sistema también será mayor. Sin embargo, dado que las cenizas volantes aumentan la trabajabilidad, es posible reducir la relación agua / cemento, contrarrestando la mayor porosidad.

5. Las resistencias mecánicas al utilizar cenizas volantes serán menores en las primeras edades, comparadas con las alcanzadas en cementos Portland. Las cenizas actúan como un diluyente inerte, durante el tiempo de incubación de la reacción puzolánica. A edades largas se produce un refinamiento de la estructura porosa debido a la evolución de la actividad puzolánica.

6. Las cenizas volantes reducen el calor de hidratación en el cemento debido al menor contenido de alita (C3S) procedente del Clinker Portland. Este compuesto es el responsable en su mayor parte del calor desprendido durante la hidratación del cemento Portland. La reacción puzolánica también es exotérmica, pero su desprendimiento es progresivo en el tiempo.

7. Las cenizas volantes incorporadas al cemento mejoran su durabilidad en determinados ambientes sulfatados y de agua de mar. Esto se debe a una mayor impermeabilidad y a la reducción en el contenido de portlandita (SC3). Esto último, inhibe la formación de etringita expansiva. El aumento en la impermeabilidad se debe a que los productos formados durante la actividad puzolánica se depositan en el interior de los poros capilares interconectados, dificultando la penetración de los iones sulfato y cloruro. Este subproducto industrial posee muchas ventajas para ser empleado en la construcción.

CRIADO ET AL. (2006).

El tener un elevado volumen de producción, garantiza los volúmenes de suministro que se requieren en este sector; se constituye además en un material

con una 35 reactividad tal que, en ciertas condiciones, puede comportarse de manera similar como lo hace un cemento Portland y al presentarse en estado pulverulento, hace innecesario cualquier tipo de transformación previa a su uso, conformándose además en una materia prima viable económicamente.

VÁSQUEZ (2008) señala que: “Con el fin de minimizar el consumo de cemento Portland por unidad de volumen de hormigón, Las cenizas volantes permiten que la industria del concreto emplee grandes cantidades de este material cementante suplementario”.

1.6.6. Generalidades de las estabilizaciones

ANAYPOMA (2014), Señala:

Según la normativa peruana la estabilización agrupa a un concepto general que considera el mejoramiento de las propiedades físicas y/o mecánicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos y/o fisicoquímicos. Se puede decir que la estabilización es el proceso mediante el cual se someten los suelos naturales a cierta manipulación o tratamiento para corregir alguna deficiencia o alterar sus propiedades físicas o mecánicas, de modo que se incremente o mejore un suelo, capaz de soportar los efectos del tránsito y las condiciones de clima más severas dándole estabilidad en cualquier condición de tiempo y servicio La estabilización de suelos consiste en dotar a los mismos, de resistencia mecánica y permanencia de tales propiedades en el tiempo.

MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES, (2014) señala que: “Las técnicas son variadas y van desde la adición de otro suelo, a la incorporación de uno o más agentes estabilizantes. Cualquiera sea el mecanismo de estabilización, es seguido de un proceso de compactación”.

1.6.7. Métodos de estabilización de suelos

Existen cuatro tipos de estabilización en los suelos, los cuales son:

a. Estabilización física

Esta técnica sirve para mejorar el suelo produciendo cambios físicos en el mismo, sin que se produzcan reacciones químicas de importancia. Hay varios métodos como lo son:

- Estabilización por compactación.
- Estabilización empleando la mezcla de suelos.

b. Estabilización química

Se refiere principalmente a la utilización de ciertas sustancias químicas patentizadas y cuyo uso involucra la sustitución de iones metálicos y cambios en la constitución de los suelos

involucrados en el proceso. Hay varios métodos como lo son:

- Cal utilizada generalmente para disminuir la plasticidad y consecuentemente también los cambios volumétricos de un material arcilloso, la forma de más uso es cal hidratada, óxidos o hidróxidos. Es técnicamente muy sencilla y bastante económica.
- La cal es uno de los diferentes productos que se pueden emplear con éxito en la mejora de las características técnicas de los suelos. Muchos factores son los que influyen en el comportamiento de un sistema suelo-cal, entre los principales factores son las diferencias en la gradación del suelo.
- Cemento Portland. Utilizado generalmente para suelos arenosos o gravas finas, la mayor ventaja es el incremento de la resistencia, también se puede usar para suelos arcillosos, pero implica mayor porcentaje de este.
- Cloruro de sodio o de calcio (sales). Para arcillas y limos, ayudan en la compactación, impermeabilizan, disminuyen los polvos, benefician la resistencia del suelo y el comportamiento de estos ante la congelación, más sin embargo como la sal es muy soluble es considerada como muy poco durable.
- Polímeros y Resinas. Son cadenas muy largas de moléculas formadas por unión de componentes orgánicos, a los que se denomina monómeros.

c. Estabilización eléctrica

Se refiere principalmente a la utilización de ciertos procesos fisicoquímicos.

- Electrostática. Denominada también como electroósmosis, consiste en aplicar al suelo, combinadamente, una corriente eléctrica que origina una serie de fenómenos de naturaleza fisicoquímicos y la acción de dispositivos de bombeo. Técnica utilizada en la estabilización de suelos blandos.

d. Estabilización térmica.

Se refiere a la utilización de procesos donde se ve involucrado el calor, el cual transforma cualquier arcilla en un ladrillo resistente.

- Por calentamiento.
- Por enfriamiento.

1.6.8. Descripción y comparación de procedimientos de construcción

a. Visión general de la construcción

Como la cal puede ser utilizada para tratar suelos de Diferentes tipos, el primer paso en el diagnóstico de las opciones de tratamiento del suelo es establecer notoriamente la finalidad. Los procedimientos en la construcción en relación de la estabilización y en

la modificación, son equivalentes. Mayormente, la estabilización necesita más cal, más tratamiento y control, que la modificación. Los procedimientos primarios involucran:

- Pulverizar parcialmente el suelo
- Espolvorear esparciendo la cal
- Mezclar con agua
- Realizar la compactación a la densidad máxima
- Curado antes de la ubicación de la siguiente capa o capa de protección.
- Cuando se efectúa la pasta en planta (exterior al sitio del proyecto) en lugar de la mezcla en el lugar de trabajo, ya sea en la estabilización o en la modificación, sólo se aplican tres de los pasos mencionados: esparcir la mezcla cal-agregado-agua, la compactación y el curado.

1.6.9. Ventajas y desventajas de los diferentes métodos de aplicación de cal.

El método de estabilización con cal usada en un proyecto debería tener base en varias contemplaciones, como la experiencia del contratista, disposición de equipos, la ubicación del proyecto (rural o urbano) y la disponibilidad de una fuente adecuada y cercana de agua. Algunas ventajas y desventajas de las diferentes técnicas de manejo de cal son los siguientes:

- **Cal hidratada en polvo:**

Ventajas: Puede ser utilizada más velozmente que la lechada. La cal hidratada en polvo puede ser empleada para secar arcillas, sin embargo, no es tan óptimo como la cal viva.

Desventajas: Las partículas hidratadas de cal son finas. De forma que el polvo puede ocasionar un problema y este tipo de uso mayormente no es adecuado en áreas pobladas.

- **Cal viva en seco:**

Ventajas: Económicamente viable porque la cal viva es más concentrada de cal que la cal hidratada, conteniendo de 20 a 24 por ciento más de óxido de calcio "disponible". Así, aproximadamente 3 por ciento de cal viva es similar a 4 por ciento de cal hidratada, cuando las condiciones permiten la hidratación completa de la cal viva con suficiente humedad. Debido a su mayor densidad necesita de menos instalaciones de almacenaje. El tiempo de ejecución puede extenderse en relación a la reacción exotérmica causada por el agua y la cal viva puede calentar el suelo. La cal viva seca es óptima en secar suelos húmedos. Dimensiones de partícula más grande que permita minimizar la expansión de polvo.

Desventajas: La cal viva requiere 32 por ciento de su peso en agua para convertirse en cal hidratada y pudiendo haber pérdida adicional por la evaporación significativa debido al calor de hidratación. Hay que tener cuidado con el empleo de la cal viva para asegurar una adecuada

mezcla con el agua, fraguado y mezcla. Estas mayores sollicitaciones de agua pueden generar un problema de logística o costos en áreas lejanas si no se cuenta con una fuente cercana de agua. La cal viva debe requerir más mezcla que la cal hidratada seca o que las lechadas de cal, porque las partículas de cal viva son de más dimensión, luego primero debe reaccionar con el agua para formar la cal hidratada y así mismo más adelante ser mezclada con el suelo.

- **Lechada de cal:**

Ventajas: Con el empleo libre de polvo, es más fácil lograr la distribución y se aprovecha la aplicación por rociado. Se requiere menos agua adicional para la mezcla final.

Desventajas: Velocidad lenta de uso, costos más elevados debido al equipo extra requerido, puede no ser práctico en suelos muy mojados y a su vez no es práctico para secar.

1.6.10. Mecanismo de la reacción entre la cal y las cenizas volantes.

JARA (2014), Señala que:

Las Mezclas de Cal-Puzolanas para Suelos con cantidades bajas de arcilla La cal por sí misma puede reaccionar con suelos que contienen tan poca arcilla como 7% e Índices de Plasticidad tan bajos como 10. Si el suelo no es suficientemente reactivo, la cal puede ser combinada con una fuente adicional de sílice y alúmina. Tales puzolanas incluyen la ceniza volante y la escoria de alto horno. El sílice y alúmina adicional de las puzolanas reaccionan con la cal para formar el fuerte matriz cementante que caracteriza a una capa estabilizada con cal. Las mezclas correctamente proporcionadas de cal y puzolanas pueden modificar o estabilizar casi cualquier suelo, pero comúnmente se usan para suelos con plasticidad de baja a media. La ceniza volante es la puzolana más comúnmente usada. Esta es el residuo fino que es resultado de la combustión de carbón pulverizado en calderas de centrales eléctricas, que es transportado de la cámara de combustión a la chimenea de los gases.

El empleo de ceniza o polvo de horno de cal (LKD por sus siglas en inglés) es una alternativa cada vez más popular. El LKD es el residuo fino que resulta de la combustión de carbón y el tratamiento de caliza en un horno, para procesar la piedra en cal y que es removido de los gases de escape del horno. El LKD por lo general contiene una cantidad significativa de cal, aluminio y silicio -es en esencia un pre mezcla de puzolana y cal. La cantidad de cal, silicio y aluminio en el LKD varía, principalmente dependiendo de la caliza, el combustible y el tipo de operaciones del horno usadas durante el proceso de fabricación de cal.

Se cree que cuando se mezclan la cal y las cenizas volantes con el suelo, una parte de la cal se combinan con las partículas del suelo, otra parte con el óxido de carbono presente en el suelo-aire y el suelo-agua y otra parte con las cenizas volantes en una acción puzolánica. La cal reacciona con los minerales de la arcilla en un suelo de dos maneras. Por naturaleza es una reacción compleja en la cual el exceso de cationes de calcio, proporcionado por la cal, causa, por su acción de saturación sobre las partículas de arcilla, una floculación del suelo y también un intercambio de calcio con otros cationes en la estructura de la arcilla. Por esta reacción la plasticidad disminuye, la facilidad para manipular el suelo mejora mucho, y los cambios de volumen debidos a la humedad son menos importantes. La otra reacción que toma lugar cuando el suelo está compactado es puzolánica por naturaleza. Minerales de cuarzo, del tamaño del limo fino, además de minerales de arcilla, toman muy probablemente parte de esta reacción.

1.6.11. Ensayos en suelo de fundación.

a. Contenido de humedad

MTC (2000), señala que: “El contenido de humedad de un suelo es la relación en porcentaje del peso del agua en una masa dada de suelo y el peso de las partículas sólidas, según norma”.

b. Granulometría

Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado mediante el tamizado según especificaciones técnicas (Ensayo MTC EM 107). A partir de la cual se 17 puede estimar, con mayor o menor aproximación, las demás propiedades que pudieran interesar.

MTC, (2013) señala que: “El estudio de granulometría de un suelo tiene como propósito, concluir que la proporción de sus diferentes elementos contribuyentes, clasificados en función de su dimensión”.

Este ensayo no es otra que identificar las proporciones de distintas dimensiones de grano existente es decir su granulometría. El tamiz es la herramienta fundamental para efectuar este ensayo. Se trata de un instrumento compuesto por un marco rígido al que se halla sujeta una malla caracterizada por un espaciado uniforme entre hilos denominado abertura o luz de malla, a través del cual se hace pasar la muestra de suelo a analizar. Se emplea una serie normalizada de tamices de malla cuadrada y abertura decreciente, a través de los cuales se hace pasar una determinada cantidad de suelo seco, quedando retenida en cada tamiz la parte de suelo cuyas partículas tengan un tamaño superior a la abertura de dicho tamiz (NLT-104).

De las diversas series normalizadas de tamices, las más empleadas son la UNE 7050 española y la ASTM D-2487/69 americana.

Bañon (2000), indica que:

Para determinar la fracción fina de suelo-limos y arcillas, no es posible efectuar el tamizado, por lo que se empleará el método de sedimentación, se procede a pesar las cantidades retenidas en cada uno de los tamices, construyéndose una gráfica semilogarítmica donde se representa el porcentaje en peso de muestra retenida (o el que pasa) para cada abertura de tamiz. (p.06)

Bañon (2000) señala que: “La interpretación de los resultados de una curva granulométrica puede proporcionarnos información acerca del comportamiento del suelo. Si estudiamos la regularidad de la curva podremos diferenciar dos tipos de granulometría” (p.07).

- Granulometría discontinua:

Bañon (2000), Señala:

La curva presenta picos y tramos planos, que indican que varios tamices sucesivos no retienen material, lo que evidencia que la variación de tamaños es escasa. En este caso, se habla de suelos mal graduados, la arena de playa es un claro ejemplo de este tipo de suelo (p.07).

- Granulometría continúa:

Bañon (2000), manifiesta que: “La práctica totalidad de los tamices retienen materia, por lo que la curva adopta una disposición suave y continua. A este tipo de suelos se les denomina bien graduados. Las zahorras se engloban dentro de este grupo” (p.07).

Para determinar numéricamente la graduación de un suelo se emplea el coeficiente de curvatura, definido por la siguiente expresión:

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} * D_{10}}$$

D_x es la abertura del diámetro efectivo (mm) por donde pasa el x% en peso de la totalidad de la muestra de suelo analizada.

Otro parámetro muy utilizado para dar idea de uniformidad de un suelo es el llamado coeficiente de uniformidad, definido por Hazen como la relación entre las aberturas de tamices por donde pasan el 60% y el 10% en peso de la totalidad de la muestra analizada:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

De acuerdo a este coeficiente, un suelo que esté debajo de valores a 2 se cataloga como muy uniforme y un coeficiente por debajo de 5 lo clasifica como suelo uniforme.

1.6.12. Límites de consistencia del suelo

Baraja (1999), manifiesta que:

Un suelo arcilloso se entrevera con una cantidad de agua excesiva, puede fluir como semilíquido, Si el suelo es ventilado gradualmente, se comportará como un material plástico, semisólido o sólido, en condicionante de su contenido de agua. Este por ciento con el que el suelo cambia de un estado líquido a un plástico se define como límite líquido (LL).

Igualmente, los contenidos de agua en porcentaje, con el que el suelo cambia de un estado plástico a un semisólido y de un semisólido a un sólido se definen como el Límite plástico (PL) y el límite de contracción (SL).

Norma ASTM, (D-4318 ASTM) señala que: “Límite líquido: se define mediante la Copa de Casagrande y se define como el contenido de agua con el cual se cierra una ranura de 1/2in (12.7mm), mediante 25 golpes”.

Norma ASTM, (D-4318 ASTM) señala que: “Límite Plástico: Se define como el contenido de agua con el cual el suelo se agrieta al formarse un rollito de 1/2” (3.18mm) de diámetro”.

Norma ASTM, (D-4318 ASTM) señala que: “Límite de contracción: Es el contenido de agua con el cual el suelo no sufre ningún cambio adicional de volumen con la pérdida de agua”.

Índice de Plasticidad: Se define como índice de plasticidad (PI), a la diferencia entre límite líquido y el plástico de un suelo.

$$PI = LL - LP$$

1.6.13. Compactación

Es la técnica de forma mecánico/artificial, donde se pretende tener mejores propiedades en los suelos que componen la sección estructural de las 21 carreteras, de tal modo que la obra resulte duradera y satisfaga el objetivo proyectado.

JARA, (2014) Indica que:

Este método conlleva a disminuir los vacíos por pérdida de aire, trasladando cambios de volumen de importancia; no todo el aire emerge del suelo y mayormente no se expulsa agua por lo que la condición de un suelo compactado en carretas es la de un suelo parcialmente saturado.

- Prueba Proctor estándar

En la prueba Proctor, el suelo es compactado en un molde que tiene un volumen de 943.3 cm³. El diámetro del molde es de 101.6mm. Durante el ensayo de laboratorio, el molde se une a una placa de base en el fondo y a una extensión en la parte superior (figura 11 a); El suelo se mezcla con cantidades variables de agua y luego se compacta en tres capas iguales por medio de un pisón que transmite 25 golpes a cada capa. El pisón pesa 24.4 N y tiene una altura de caída de 304.8mm.

- Prueba Proctor modificado

Con el desarrollo de rodillos pesados y su uso en la compactación de campo, la Prueba Proctor Estándar fue modificada para representar mejor las condiciones de campo. A ésta se llama prueba Proctor modificada (Prueba D-1557 de la ASTM y Prueba T-180 de la AASHTO). Para llevar a cabo la prueba Proctor modificada se usa el mismo molde, con un volumen de 943.3cm³, como en el caso de la prueba Proctor estándar. Sin embargo, el suelo compactado en cinco capas por un pisón que pesa 44.5 N. la caída del martillo desde 457.2 mm. El número de golpes de martillo por capa es de 25 como en el caso de la prueba Proctor estándar.

La energía de compactación por volumen unitario de suelo en la prueba modificada se calcula

$$E = \frac{(25 \text{ golpes capa})(5 \text{ capas})(44.5 \times 10^{-3} \text{ xKn})(0.4572 \text{ m})}{943.3 \times 10^{-6}}$$
$$= 2696 \text{ KN} - \text{m/m}^3$$

Debido a que incrementa el esfuerzo de compactación, la prueba Proctor modificada resulta en un incremento del peso específico seco máximo del suelo.

1.6.14. Corte directo.

Esta técnica describe prácticas para identificar la resistencia al corte consolidado drenado de un suelo en corte directo. La muestra puede ser manejada en corte simple o doble. El ensayo de corte directo es la apropiada para un ensayo consolidado drenado, porque los desplazamientos de drenaje por medio de la muestra de ensayo son reducidos, aprobando por esto que los excesos de las presiones de poro sean clarificados bastante rápido.

El ensayo puede ser hecho sobre todo tipo de suelos y sobre muestras sin alterar o remoldadas.

ANAYPOMA, (2014) Señala que:

Los resultados del ensayo son aplicables a situaciones de campo donde la consolidación completa ha ocurrido bajo la sobrecarga existente, y la falla es alcanzada lentamente de modo tal que los excesos de presiones de poro son disipados. El ensayo también es útil para determinar la resistencia al corte a lo largo de planos débiles reconocibles dentro del material de suelo.

1.7. Definición de términos básicos

A. CENIZAVOLANTE CON CAL.

B. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS

1.8. Formulación de la hipótesis.

1.8.1. Hipótesis General

HIPÓTESIS GENERAL	COMPONENTES METODOLÓGICOS			COMPONENTES REFERENCIALES	
	Variables	Unidad de análisis	Conectores lógicos	El espacio	El tiempo
La adición de la mezcla de cenizas volantes de cascarilla de cebada con cal en el suelo en Buenos Aires Distrito de Víctor Larco Herrera influye positivamente en las propiedades físicas y mecánicas.	1. ceniza volante con cal.	- Probetas de suelo y Muestras de Influencia.		Buenos Aires Distrito de Víctor Larco.	Aires 2018
	2. propiedades físicas y mecánicas.	sueltas.			

Tabla 01. Hipótesis General

1.8.2. Hipótesis Específicas

HIPÓTESIS ESPECIFICAS 01	COMPONENTES METODOLÓGICOS			COMPONENTES REFERENCIALES	
	Variables	Unidad de análisis	Conectores lógicos	El espacio	El tiempo
La adición de la mezcla de ceniza volante de cascarilla de cebada al 2% con 15% de cal en el suelo de Buenos Aires Distrito de Víctor Larco Herreras influye positivamente en las propiedades físicas y mecánicas.	I. Ceniza volante con cal II. Propiedades físicas y mecánicas.	Muestra suelta de suelo en Buenos Aires Distrito de Víctor Larco con adición de cenizas volantes con cal.	_ aumentará en un 10 % la capacidad portante. _aumentará en un 15% en su densidad de compactación _aumentará en un 7% en su módulo de finura _disminuirá en un 5% en su densidad _disminuirá 6% en absorción _aumentará en un 7% en su LL (limite liquido) _aumentará en un 10% en su LP (limite plástico) _disminuirá en un 5% en su gravedad específica.	Buenos Aires Distrito de Víctor Larco Herrera.	2 018

Tabla 02(a). Hipótesis Específicas

HIPÓTESIS ESPECIFICAS 02	COMPONENTES METODOLÓGICOS			COMPONENTES REFERENCIALES	
	Variables	Unidad de análisis	Conectores lógicos	El espacio	El tiempo
La adición de la mezcla de ceniza volante de cascarilla de cebada al 4% con 15% de cal en el suelo de Buenos Aires Distrito de Víctor Larco Herreras influye positivamente en las propiedades físicas y mecánicas.	I. cenizas volantes y cal II. Propiedades físicas y mecánicas.	Muestra suelta de suelo en Buenos Aires Distrito de Víctor Larco con adición de cenizas volantes con cal.	_ aumentará en un 15 % la capacidad portante. _aumentará en un 12% en su densidad de compactación	Buenos Aires Distrito de Víctor Larco.	2018.

mecánicas.	_aumentará en un 9% en su módulo de finura _disminuirá en un 4% en su densidad _disminuirá 4% en absorción _aumentará en un 10% en su LL (limite liquido) _aumentará en un 12% en su LP (limite plástico) _disminuirá en un 4% en su gravedad específica.
------------	--

Tabla 02(b). Hipótesis Específicas

HIPÓTESIS ESPECIFICAS 03	COMPONENTES METODOLÓGICOS			COMPONENTES REFERENCIALES
	Variables	Unidad de análisis	Conectores lógicos	El espacio El tiempo
La adición de la mezcla de ceniza volante de cascarilla de cebada al 6% con 15% de cal en el suelo de Buenos Aires Distrito de Víctor Larco Herreras influye positivamente en las propiedades físicas y mecánicas	I. Cenizas volantes con cal. II. Propiedades físicas y mecánicas.	Muestra suelta de suelo en Buenos Aires Distrito de Víctor Larco con adición de cenizas volantes con cal.	Capacidad portante. _aumentará en un 11% en su densidad compactación _aumentará en un 6% en su	B Buenos Aires Distrito de Víctor Larco.



módulo de finura
_disminuirá en
un 5% en su
densidad
_disminuirá 5%
en absorción
_aumentará en
un 9% en su LL
(limite liquido)
_aumentará en
un 11% en su LP
(limite plástico)
_disminuirá en
un 3% en su
gravedad
especifica.

Tabla 02(c). Hipótesis Específicas

II. MATERIAL Y MÉTODOS.

2.1. Material:

a) Materiales

Materiales de escritorio

- Hojas de papel bond
- Lapiceros
- Laptop

Instrumentos secundarios o auxiliares

- Cinta métrica
- Jalones
- Palanas

Software

- Excel office 2010
- Word office 2010
- AutoCAD 2018
- S10

Fuentes

- Reglamento nacional de edificaciones
- Libros
- Tesis
- informes

b) Humano.

Jhonny Cris Silva Bermejo

Josualdo Carlos Villar Quiroz

c) Servicios.

d) Otros

2.2. Material de estudio.

2.2.1. Población.

La presente investigación se evaluará la influencia en adición de la mezcla ceniza con cal de propiedades físicas y mecánicas del suelo de Bnos. Aires – Víctor Larco Herrera – Trujillo. La muestra de la investigación son probetas cilíndricas y muestras sueltas, las cuales 96 es adición de la mezcla de ceniza con cal y 32 están sin aditivo.

2.2.2. Muestra.

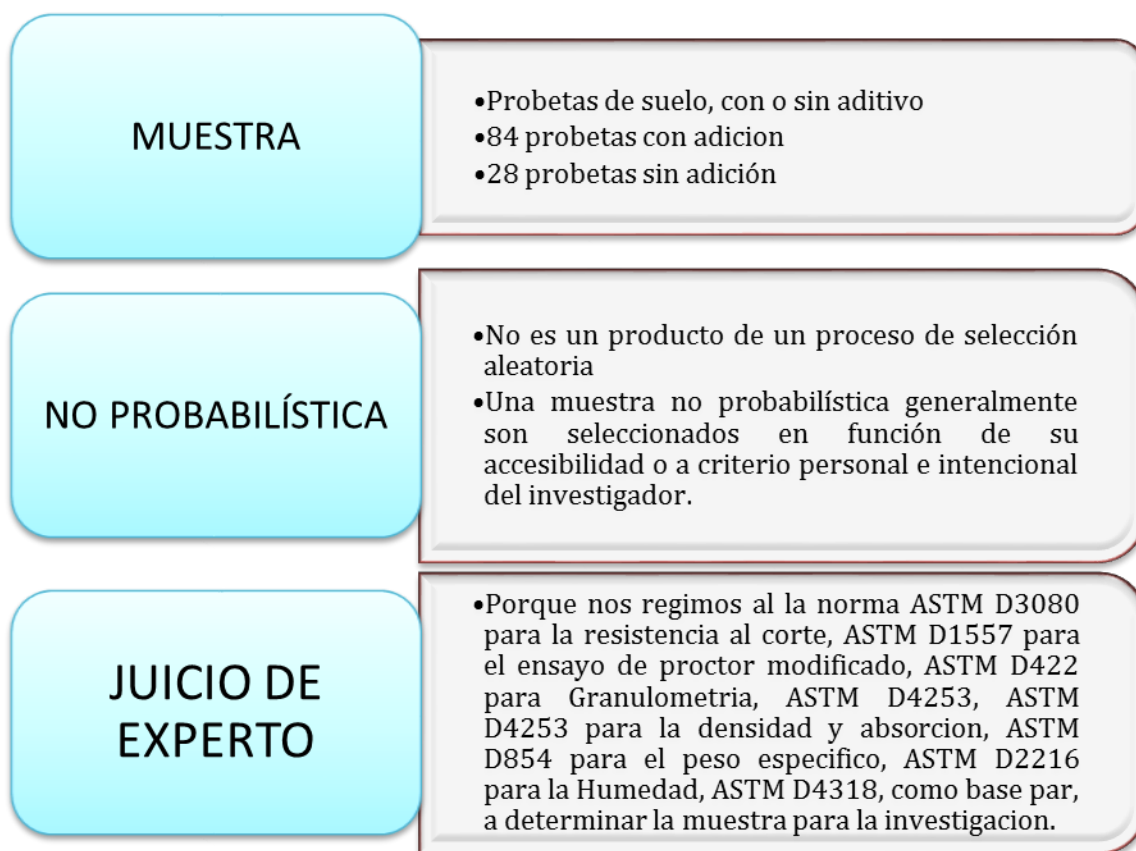


Figura 01. Método de Investigación

- 24 muestras de cada tipo de mezcla de suelo de Buenos Aires – Víctor Larco Herrera con variaciones en 2%, 4% y 6% de la mezcla de ceniza con cal. 12 muestras en cajas de corte cuadradas de 10 cm para ser ensayadas a corte directo. 12 probetas cilíndricas de 10 cm diámetro x 12 cm altura para ser ensayadas con Proctor modificado. 60 muestras sueltas para ser ensayadas por gravedad específica, absorción, contenido de humedad, granulometría, límite líquido, límite plástico, caracterización.
- 4 muestras sin adición para ser ensayadas a corte directo. 4 muestras para ser ensayadas con Proctor modificado, 20 muestras sueltas para ser ensayadas por gravedad específica, absorción, contenido de humedad, granulometría, límite líquido, límite plástico, caracterización.

Ceniza de cáscara de Cebada	Niveles de Aditivo	Muestras			
	2%	a1	a2	a3	a4
a5		a6	a7	a8	
a9		a10	a11	a12	
a13		a14	a15	a16	
a17		a18	a19	a20	
a21		a22	a23	a24	
a25		a26	a27	a28	
a29		a30	a31	a32	
4%		a33	a34	a35	a36
		a37	a38	a39	a40
		a41	a42	a43	a44
		a45	a46	a47	a48
	a49	a50	a51	a52	
	a53	a54	a55	a56	
	6%	a57	a58	a59	a60
		a61	a62	a63	a64
a65		a66	a67	a68	
a69		a70	a71	a72	
a73		a74	a75	a76	
a77		a78	a79	a80	
a81		a82	a83	a84	

• Probeta Cilíndrica

• Base cuadrada

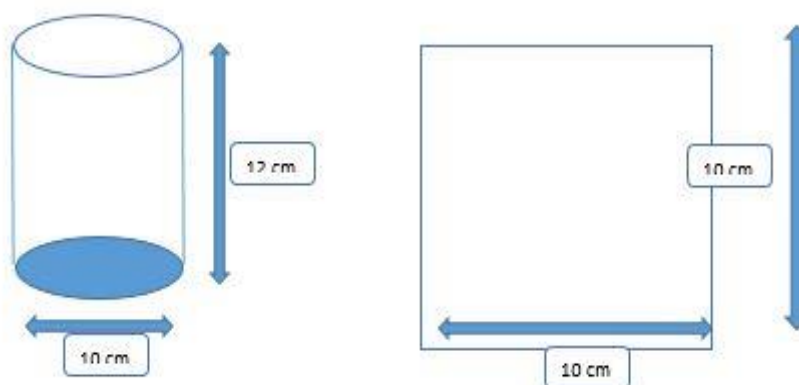


Figura 02. Tabla y Recipientes de recolección de datos para ensayos

2.3. Técnicas, procedimientos e instrumentos.

2.3.1. Para recolectar datos.

Observación	Guía de observación
<ul style="list-style-type: none"> Debido a que vamos seleccionar, observar y registrar las características de las probetas luego de ser ensayadas. 	<ul style="list-style-type: none"> Debido a que se registran los resultados de los ensayos de corte directo y proctor modificado

Figura 03. Guía de Observación

LÍMITE LÍQUIDO

- **Materiales**

Suelo seco que pase la malla N° 40

- **Equipos**

- Malla N° 40
- Copa de Casagrande
- Ranurador
- Balanza con aproximación de 0.01 gr
- Estufa
- Espátula
- Probeta de 100ml
- Cápsula de porcelana
- Taras

- **Procedimiento**

- ✓ En una cápsula de porcelana mezclar el suelo con agua mediante una espátula hasta obtener una pasta uniforme.
- ✓ Colocar una porción de la pasta en la copa de Casagrande, nivelar mediante la espátula hasta obtener un espesor de 1 cm.
- ✓ En el centro hacer una ranura con el acanalador de tal manera que la muestra queda dividida en dos partes.
- ✓ Elevar y caer la copa mediante la manivela a razón de 2 caídas por segundo hasta que las dos mitades de suelo se pongan en contacto en la parte inferior de la ranura y a lo largo de 1.27 cm. Registrar el número de golpes.
- ✓ Mediante la espátula retirar la porción de suelo que se ha puesto en contacto en la parte inferior de la ranura y colocarlo en una tara para determinar su contenido de humedad.
- ✓ Retirar el suelo remanente de la copa de Casagrande y colocar en la capsula de porcelana agregar agua si el número de golpes del ensayo anterior ha dado alto, o agregar suelo si el número de golpes ha sido bajo (el número de golpes debe estar comprendido entre 6 y 35).
- ✓ Lavar y secar la copa y el acanalador.
- ✓ Repetir el ensayo mínimo 2 veces más.
- ✓ Dibujar la curva de fluidez (la recta) en escala semi logarítmica en el eje de

abscisas se registrará el número de golpes en escala logarítmica en el eje de ordenadas los contenidos de humedad en escala natural.

- ✓ Determinar la ordenada correspondiente a los 25 golpes en la curva de fluidez, este valor será el límite líquido del suelo.

LÍMITE PLÁSTICO

- Materiales
 - Suelo seco que pase la malla N° 40
- Equipos
 - Balanza con aproximación de 0.01 gr.
 - Estufa
 - Espátula
 - Cápsula de porcelana
 - Placa de vidrio
 - Taras
- Procedimiento
 - La porción de la mezcla preparada para el límite líquido agregar suelo seco de tal manera que la pasta baje su contenido de humedad.
 - Enrollar la muestra con la mano sobre una placa de vidrio hasta obtener cilindros de 3 mm de diámetro y que presenten agrietamientos, determinar su contenido de humedad.
 - Repetir el ensayo una vez más.
 - El límite plástico es el promedio de los 2 valores de contenidos de humedad.

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SUCS

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos – SUCS ó USCS (Unified Soil Classification System en inglés), es un sistema de clasificación de suelos usado en ingeniería y geología para describir la textura y el tamaño de las partículas de un suelo. Este sistema de clasificación puede ser aplicado a la mayoría de los materiales sin consolidar y se representa mediante un símbolo con dos letras. Cada letra es descrita debajo (con la excepción de Pt). Para clasificar el suelo hay que realizar previamente una granulometría del suelo mediante tamizado u otros. También se le denomina clasificación modificada de Casagrande.

El método SUCS presenta diversa nomenclatura; para suelos granulares, las siglas son G (grava), S (arena), W (bien graduada) y P (mal graduada). Para suelos finos la nomenclatura es M (limo), C (arcilla), H (alta compresibilidad) y L (baja compresibilidad). Y para los suelos orgánicos la sigla es Pt (turba). El procedimiento para la clasificación de suelos viene descrito de la siguiente forma:

- Descartar que el suelo sea un Pt.
- Determinar si el suelo es fino o granular:
- Granular..... % pasando # 200 < 50%.
- Fino..... % pasando # 200 \geq 50%.
- Si el suelo es granular, seguir los siguientes pasos:

Determinar si es grava o arena: Si Ret. #4 > 50% Ret. #200, hay más grava que arena, por lo que es un suelo tipo grava.

- Si Ret. #4 \leq 50% Ret. #200, hay más arena que grava, por lo que es un suelo tipo arena.
- Determinar si G ó S está limpia, intermedia o sucia:
- Limpia, si el % pasa #200 es < 5%. Determinar si es W ó P.
- Intermedia si % pasa #200 está entre 5 y 12%. Determinar si es W ó P.
- Determinar si está contaminada con M ó C.
- Sucia si el % pasa #200 es > 12%. Ver si está contaminada con M ó C.
- Para determinar si el suelo es W o P se utiliza el C c y el Cu.
- Para las gravas, es W si $u > 4$, $1 < c < 3$, es P si incumple alguno de los dos parámetros.
- Para las arenas, es W si $u > 6$, $1 < c < 3$, es P si incumple alguno de los dos parámetros.
- Si el suelo es fino, determinar directamente la clasificación por medio de la carta de plasticidad, conociendo el límite líquido (LL) y el índice de plasticidad (IP).
- Determinar si el suelo es inorgánico (M ó C) u orgánico (O)
- Determinar el nombre del grupo utilizando el cuadro respectivo
- Diagrama de flujo para suelos tipo grava y arenosos

Clasificación de suelos

- Carta de plasticidad

Grafica de Plasticidad USCS

ENSAYO DE HUMEDAD

Este ensayo tiene como objetivo determinar el contenido de humedad de un suelo

- Material

Para los contenidos de humedad, se empleará la cantidad mínima de espécimen especificada en la norma ASTM D – 4318.

Máximo tamaño de partícula (pasa el 100%)	Tamaño de malla Estándar	Masa mínima recomendada de espécimen de ensayo húmedo para contenidos de humedad reportados a $\pm 0.1\%$	Masa mínima recomendada de espécimen de ensayo húmedo para contenidos de humedad reportados a $\pm 1\%$
2 mm o menos	2.00 mm (N° 10)	20 g	20 g*
4.75 mm	4.760 mm (N° 4)	100 g	20 g*
9.5 mm	9.525 mm (3/8")	500 g	50 g
19.0 mm	19.050 mm (3/4")	2.5 kg	250 g
37.5 mm	38.1 mm (1½")	10 kg	1 kg
75.0 mm	76.200 mm (3")	50 kg	5 kg

Figura 04. Norma ASTM D – 4318

- Equipos
 - Horno de secado
 - Balanzas
 - Recipientes
 - Utensilios de manipulación de recipientes
- Procedimiento
 - Determinar y registrar la masa de un contenedor limpio y seco (y su tapa si es usada).
 - Seleccionar especímenes de ensayo representativos de acuerdo lo indicado anteriormente.
 - Ubicar el espécimen de ensayo húmedo en el contenedor y si se usa, colocar la tapa asegurada en su posición. Hallar el peso del contenedor y material húmedo usando una balanza seleccionada de acuerdo al peso del espécimen.

- Registrar este valor.
 - Remover la tapa (si se usó) y colocar el contenedor con material húmedo en el horno. Secar el material hasta alcanzar una masa constante. Mantener el secado en el horno a 110 ± 5 °C a menos que se especifique otra temperatura. El tiempo requerido para obtener peso constante variará dependiendo del tipo de material, tamaño de espécimen, tipo de horno y capacidad, y otros factores. La influencia de estos factores generalmente puede ser establecida por un buen juicio, y experiencia con los materiales que sean ensayados y los aparatos que sean empleados.
 - Luego que el material se haya secado a peso constante, se removerá el contenedor del horno (y se le colocará la tapa si se usó). Se permitirá el enfriamiento del material y del contenedor a temperatura ambiente o hasta que el contenedor pueda ser manipulado cómodamente con las manos y la operación del balance no se afecte por corrientes de convección y/o esté siendo calentado. Determinar el peso del contenedor y el material secado al horno usando la misma balanza usada en 8.3. Registrar este valor. Las tapas de los contenedores se usarán si se presume que el espécimen está absorbiendo humedad del aire antes de la determinación de su peso seco.
- **CÁLCULOS**

Se calcula el contenido de humedad de la muestra, mediante la siguiente fórmula:

$$W = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_t} \times 100 = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

W = es el contenido de humedad, (%)
W_w = Peso del agua
W_s = Peso seco del material
W_1 = es el peso de tara más el suelo húmedo, en gramos
W_2 = es el peso de tara más el suelo secado en horno, en gramos:
W_t = es el peso de tara, en gramos.

Tabla 3. Leyenda de la fórmula de contenido de humedad

CORTE DIRECTO

Este ensayo tiene por objeto establecer el procedimiento para determinar la resistencia al corte de una muestra de suelo consolidada y drenada. Puede realizarse sobre todos los tipos de suelos, con muestras inalteradas y remodeladas.

▪ Muestra

- Si se usa una muestra inalterada, debe ser suficientemente grande para proveer un mínimo de tres muestras idénticas.
- La preparación de la muestra debe efectuarse de tal manera que la pérdida de humedad sea insignificante.
- La muestra se talla sobre medida para las dimensiones del dispositivo de corte directo.
- Para muestras inalteradas de suelos sensibles, debe tenerse extremo cuidado al labrar las muestras, para evitar la alteración de su estructura natural.
- Se determina el peso inicial de la muestra para el cálculo posterior del contenido inicial de humedad de acuerdo con la norma.
- Si se utilizan muestras de suelos compactados, la compactación debe hacerse con las condiciones de humedad y peso unitario deseados. Se puede efectuar directamente en el dispositivo de corte, en un molde de dimensiones iguales a las del dispositivo de corte o en un molde mayor para recortarlas.
- El diámetro mínimo de las muestras circulares o el ancho mínimo para muestras rectangulares debe ser alrededor de 50 mm (2").
- Para minimizar las alteraciones causadas por el muestreo, el diámetro de las muestras obtenidas de tubos saca muestras debe ser, por lo menos, 5 mm (1/5") menor que el diámetro del tubo.
- El espesor mínimo de la muestra de ensayo, debe ser alrededor de 12 mm (1/2"), pero no menor de un sexto el tamaño máximo de las partículas del suelo.
- La relación mínima diámetro/espesor o ancho/espesor, según la muestra, debe ser 2:1.

▪ Equipos

- Dispositivo para la aplicación de la fuerza de corte.
- Balanza. Debe tener una sensibilidad de 0.1 g o 0.1 % del peso de la probeta.
- Deformímetros. Deben ser adecuados para medir los cambios en el espesor de la muestra con una sensibilidad de 0.002 mm (0.0001") y la deformación con sensibilidad de 0.02 mm (0.001").
- Horno de secado. Capaz de mantenerse a 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F)
- Recipientes para muestras de humedad.
- Equipo para el re-moldeo o compactación de probetas.
- Misceláneos. Incluyen: cronómetro, sierra de alambre, espátula, cuchillos, enrasadores, agua destilada y demás elementos necesarios.

▪ Procedimiento

- Método para suelos no cohesivos

Se pesa una muestra de arena (seca o de humedad conocida) suficiente para hacer tres ensayos a la misma densidad. Se ensambla la caja de corte, se obtiene la sección de la muestra y se coloca la arena en la caja junto al pistón de carga y la piedra porosa. Se aplica la carga vertical y se coloca el dial para determinar el desplazamiento vertical (se debe incluir el peso del pistón de carga y la mitad superior de la caja de corte en el peso). En ensayos consolidados se comienza cuando el asentamiento se ha detenido; en suelos no cohesivos esto puede hacerse a partir de la aplicación de Pv. Se separa la caja de corte, se fija el bloque de carga y se ajusta el deformímetro para medir el desplazamiento cortante (en ensayos saturados se debe saturar la muestra el tiempo necesario). Luego se comienza a aplicar la carga horizontal midiendo desde los deformímetros de carga, de cambio de volumen y de desplazamiento cortante. Si el ensayo es del tipo deformación controlada se toman esas lecturas a desplazamientos horizontales de 5, 10 y cada 10 o 20 unidades. La tasa de deformación unitaria debe ser del orden de 0,5 a no más de 2 mm/min. y deberá ser tal que la muestra falle entre 3 y 5 minutos. Se repite el procedimiento por lo menos en dos muestras utilizando un valor distinto de carga vertical (se sugiere doblar la carga).

- Método para suelos cohesivos.

Se moldean 3 o 4 probetas de una muestra de suelo inalterada, utilizando un anillo cortante para controlar el tamaño. Se ensambla la caja de corte, se saturan las piedras porosas y se mide la caja para calcular el área (A) de la muestra. Se colocan la muestra en la caja de corte, las piedras porosas y el pistón de carga sobre el suelo, la carga normal P_v y se ajusta el deformímetro vertical. Para un ensayo consolidado es necesario controlar el deformímetro vertical igual que en el ensayo de consolidación para determinar cuando la consolidación haya terminado. Luego, se separan las mitades de la caja de corte dejando una pequeña separación y se empalma la cabeza de carga, asegurando que la carga normal refleje la fuerza normal más el peso del bloque de carga y la mitad superior de la caja de corte. Se acopla el deformímetro de deformación cortante y se fija en cero tanto el deformímetro horizontal como vertical (en ensayos saturados se llena la caja con agua y se espera la saturación de la muestra). Aplicar la carga de corte tomando lecturas del deformímetro de carga, de desplazamientos de corte y verticales (cambios de volumen). En ensayos de deformación controlada, las lecturas se toman a desplazamientos horizontales de 5, 10 y cada 10 o 20 unidades. La tasa de deformación unitaria debe ser la misma que en el caso anterior (no más de 2 mm/min.) y tal que falle entre 5 a 10 minutos, a menos que el ensayo sea consolidado drenado. La velocidad de deformación para este último, debería ser tal que el tiempo para que ocurra la falla (t_f) sea: $t_f = 50 \cdot t_{50}$, donde t_{50} es el tiempo necesario para que ocurra el 50% de la consolidación bajo la carga normal P_v . Al finalizar el ensayo, se remueve el suelo y se toman muestras para determinar el contenido de humedad. El procedimiento se repetirá para las muestras adicionales.

2.3.2. Para procesar datos.

Se realizará un análisis de varianza (ANOVA), ya que éste prueba la hipótesis de que las medias de dos o más poblaciones son iguales. Los ANOVA evalúan la importancia de uno o más factores al comparar las medias de la variable de respuesta en los diferentes niveles de los factores. La hipótesis nula establece que todas las medias de la población (medias de los niveles de los factores) son iguales mientras que la hipótesis alternativa establece que al menos una es diferente.

Se tiene una variable de respuesta continua y al menos un factor categórico con dos o más niveles. Los análisis ANOVA requieren datos de poblaciones

que sigan una distribución aproximadamente normal con varianzas iguales entre los niveles de factores. Sin embargo, los procedimientos de ANOVA funcionan bastante bien incluso cuando se viola el supuesto de normalidad, a menos que una o más de las distribuciones sean muy asimétricas o si las varianzas son bastante diferentes. Las transformaciones del conjunto de datos original pueden corregir estas incorrecciones.

2.3.2.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para determinar la existencia o no de diferencias significativas entre las diferentes propiedades del suelo se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con los resultados obtenidos.

% AÑADIDO DE CAL	SUELO (CENIZA VOLANTE)	R. CORTE DIRECTO (Kg/cm ²)	PROCTOR MODIFICADO (%)	GRANULOMETRÍA (%)	DENSIDAD (%)	ABSORCIÓN (%)	LÍMITE LÍQUIDO (%)	LÍMITE PLÁSTICO (%)	GRAVEDAD EPECÍFICA (%)	HUMEDAD (%)
18%	C-2	0.60	13.00	12.00	6.50	7.00	12.00	7.00	7.00	6.50
	C-4	0.76	18.00	15.00	8.40	6.20	14.00	10.00	8.10	7.90
	C-6	0.72	14.00	13.00	9.00	5.10	15.50	12.70	8.60	9.80
15%	C-2	0.58	12.50	11.00	6.00	7.50	11.50	6.50	6.80	6.60
	C-4	0.73	16.00	14.00	7.30	7.10	13.00	8.50	8.30	8.00
	C-6	0.70	13.50	12.00	8.25	6.50	15.00	12.50	8.80	10.00

Tabla 3.1. Valor promedio y desviación de las propiedades del concreto permeable

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del análisis estadístico para las propiedades de resistencia al corte directo, proctor modificado, granulometría, densidad, absorción, límite líquido, límite plástico, gravedad específica y humedad.

Para la prueba de análisis de varianza se plantearon las siguientes hipótesis:

H₀: El empleo de la mezcla de ceniza volante con cal no influye significativamente en el comportamiento del suelo de Buenos Aires – Víctor Larco Herrera.

H₁: El empleo de la mezcla de ceniza volante con cal influye significativamente en el comportamiento del suelo de Buenos Aires – Víctor Larco Herrera.

SUELO	Suma de cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón - F	Valor - p
ENTRE GRUPOS	0.6933	2.00	0.7666	4.77	0.04
INTRA GRUPOS	0.3467	6.00	0.1338		
TOTAL	1.0400	8.00			

Tabla 3.2. Resultados ANOVA para los valores de resistencia al corte directo.

SUELO	Suma de cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón - F	Valor - p
ENTRE GRUPOS	13.33	2.00	4.4444	3.85	0.04
INTRA GRUPOS	6.67	6.00	1.2000		
TOTAL	20.00	8.00			

Tabla 3.3. Resultados ANOVA para los valores de Proctor Modificado

SUELO	Suma de cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón - F	Valor - p
ENTRE GRUPOS	8.03	2.00	0.7666	4.77	0.04
INTRA GRUPOS	1.07	6.00	0.1338		
TOTAL	9.10	8.00			

Tabla 3.4. Resultados ANOVA para los valores de % que pasa de la curva granulométrica

SUELO	Suma de cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón - F	Valor - p
ENTRE GRUPOS	6.10	2.00	2.0333	4.28	0.04
INTRA GRUPOS	2.30	6.00	0.1459		
TOTAL	8.40	8.00			

Tabla 3.5. Resultados ANOVA para los valores de densidad.

SUELO	Suma de cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón - F	Valor - p
ENTRE GRUPOS	13.83	2.00	2.3050	4.68	0.04
INTRA GRUPOS	1.07	6.00	0.4862		
TOTAL	14.90	8.00			

Tabla 3.6. Resultados ANOVA para los valores de absorción.

SUELO	Suma de cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón - F	Valor - p
ENTRE GRUPOS	9.90	2.00	1.6500	3.87	0.04
INTRA GRUPOS	2.68	6.00	0.1489		
TOTAL	12.58	8.00			

Tabla 3.7. Resultados ANOVA para los valores de límite líquido.

SUELO	Suma de cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón - F	Valor - p
ENTRE GRUPOS	7.90	2.00	1.3167	3.97	0.04
INTRA GRUPOS	2.48	6.00	0.1338		
TOTAL	10.38	8.00			

Tabla 3.8. Resultados ANOVA para valores de límite plástico.

SUELO	Suma de cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón - F	Valor - p
ENTRE GRUPOS	8.60	2.00	1.4333	4.77	0.04
INTRA GRUPOS	2.34	6.00	0.1338		
TOTAL	10.94	8.00			

Tabla 3.9. Resultados ANOVA valores de gravedad específica.

SUELO	Suma de cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón - F	Valor - p
ENTRE GRUPOS	9.61	2.00	1.6017	4.68	0.04
INTRA GRUPOS	1.76	6.00	0.1338		
TOTAL	11.37	8.00			

Tabla 3.10. Resultados ANOVA valores de humedad.

Se observa que el valor-p asociado al ANOVA para la resistencia al corte directo y proctor modificado con un nivel de confianza de 95%, resultó ser menor de 0.05. Por lo tanto, para este caso la hipótesis nula se rechaza y se confirma que la mezcla de ceniza volante con cal influye significativamente en el concreto permeable.

Se observa que el valor-p asociado al ANOVA para la granulometría, densidad, absorción, límite líquido, límite plástico, gravedad específica, humedad, con un nivel de confianza de 95%, resultó ser mayor de 0.05. Por lo tanto, para este caso la hipótesis nula se acepta concluyendo que la mezcla de ceniza volante con cal no influye significativamente en el suelo de Buenos Aires – Victor Larco Herrera.

Operacionalización de variables.

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES/ ITEMS	MATERIALES A USAR
Propiedades mecánicas del suelo de Distrito de Víctor Larco	Se refieren a la capacidad de los mismos de resistir cargas. Indica la fuerza de máxima que se le puede aplicar a un suelo.	Se tomará en cuenta estos parámetros cuantitativos y fenómenos como referencia para el diseño de cimentaciones o cualquier otra estructura que este en contacto directo con el suelo.	Máxima densidad seca	Proctor Modificado / MTC E 115	<ul style="list-style-type: none"> - Molde de compactación de ϕ 10cm x 11.6 cm altura. - Martillo de goma 20oz. (25 golpes c/capa) - Horno para secado del material - Balanza con precisión 0.01 gr. - Recipientes - Tamices N°4 y ¾
			Capacidad Portante	Corte directo / MTC E 123	<ul style="list-style-type: none"> - Máquina de corte directo. - Cajas de corte cuadrada de 10 cm. - Balanza con precisión 0.01 gr. - Diales de deformación, agua destilada, espátulas, cuchillas enrasador, cronometro, regla metálica, recipientes para humedad, grasa.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES/ ITEMS	MATERIALES A USAR
Propiedades físicas del suelo de Distrito de Víctor Larco	Son aquellas que son medibles. Los cambios en propiedades físicas de un sistema describen sus transformaciones y su evolución temporal. Estas son intensivas o extensivas.	Se tomará en cuenta estos parámetros cuantitativos y fenómenos como referencia para la identificación y clasificación del suelo investigado.	Absorción	Gravedad específica y Absorción de agregados finos / MTC E 205	<ul style="list-style-type: none"> - Balanza cap. Mínima 1000 gr sensibilidad 0.1 gr. - Estufa, para temperaturas 110 ± 5 °C. - Frasco Volumetrico de 500 cm³ - Molde conico metalico de 40 ± 3mm de diámetro interior en la base menor, 90 ± 3 mm de diámetro interior en su base mayor y 75 ± 3mm de altura. - Varilla para apisonado, metálica, recta, con un peso de 340 ± 15 g y terminada en un extremo - en una superficie circular plana para el apisonado, de 25 ± 3 mm de diámetro.
			Caracterización del suelo	Contenido de humedad/ MTC E 108 Granulometría / MTC E 109 LIMITES DE ATTERBERG Limite liquido / MTC E 110 Limite plástico / MTC E 111 Clasificación de suelos / (SUCS).	<ul style="list-style-type: none"> - Cuchara Casa Grande - Recipientes Acanalador - Balanza con sensibilidad de 0.01 gr, estufa, agua destilada. - Clasificación SUCS: <ul style="list-style-type: none"> - Tamices - Balanza con sensibilidad 0.01 gr.

III. RESULTADOS.

- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

Desig.	Tamices		Retenido		Pasa en muestra total	
	ASTM	UNE mm	Parcial (gr)	Total (gr)	Total (gr)	Porcentaje
	m					
4"	101,6	100	0	0	2079,4	100,00
3"	76,2	80	0	0	2079,4	100,00
2,5"	63,5	63	0	0	2079,4	100,00
2"	50,8	50	0	0	2079,4	100,00
1,5"	38,1	40	0	0	2079,4	100,00
1"	25,4	25	0	0	2079,4	100,00
3/4"	19,1	20	0	0	2079,4	100,00
1/2"	12,7	12,5	0,484	0,94	2078,5	99,95
3/8"	9,52	10	1,236	2,40	2076,1	99,84
1/4"	6,35	6,3	1,024	1,99	2074,1	99,74
Nº4	4,75	5	4,78	9,29	2064,8	99,30
Nº10	2	2	1,637	3,18	2061,6	99,14
Nº30	0,59	0,63	6,458	228,71	1832,9	88,14
Nº40	0,72	0,4	5,654	200,23	1632,7	78,52
Nº70	0,21	0,2	4,579	162,16	1470,5	70,72
Nº200	0,074	0,08	1,245	44,09	1426,4	68,60
		Fondo	0,00	0,00	1426,4	68,60

Tabla 4. Análisis Granulométrico de valores de humedad

% GRAVA > 2 mm		0,86	% ARENA 2 - 0,08 mm		0,55	% FINOS < 0,08 mm
% Bolos > 63 mm	% Grava gruesa (63 - 20 mm)	0,00	% Arena gruesa (2 - 0,63 mm)	1,00		68,60
0	% Grava media (20 - 6,3 mm)	0,26	% Arena media (0,63 - 0,2 mm)	7,43		
	% Grava fina (6,3 - 2 mm)	0,60	% Arena fina (0,2 - 0,08 mm)	,12		

Tabla 5. Composición de mezcla para pavimentos para suelos arenosos

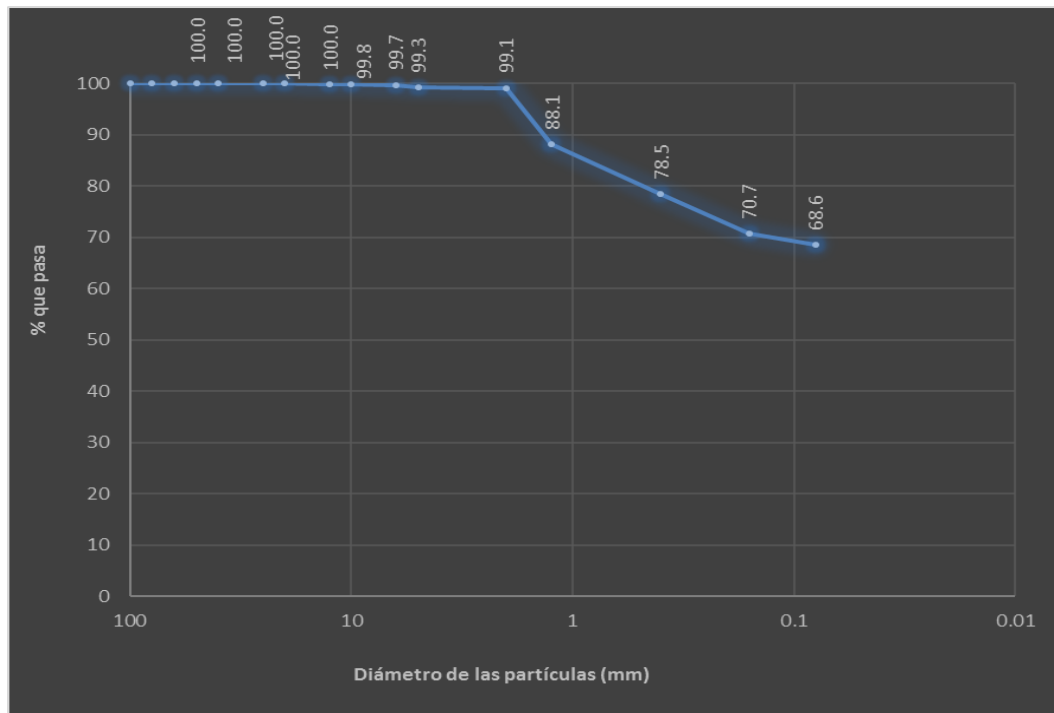


Figura 5. Comportamiento en porcentaje de mezcla de composición de mezcla para pavimento

- LÍMITES DE ATTEMBERG

CÓDIGO DEL ENSAYO	RESULTADO DEL ENSAYO		Símbolo de grupo
GTL-01	Arena limosa		SM
	% Gravas	% Arenas	% Finos
	0,86	30,55	68,60

Tabla 6. Resultado de ensayos de porcentajes de agregados y mezclas

CÓDIGO DEL ENSAYO	RESULTADO DEL ENSAYO	Fecha finalización	Resultado
GTL-05	Límite Líquido	12/12/2018	28
GTL-06	Límite Plástico	13/12/2018	17,7
GTL-05 GTL-06	Índice de plasticidad	13/12/2018	10,3

Tabla 7. Resultados de límites e índice de plasticidad

- SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS - SUCS

- PESO ESPECÍFICO

CONTENIDO DE HUMEDAD							MTC
PESO ESPECIFICO							MTC
LIMITE DE CONTRACCION							MTC
PESO ESPECIFICO	15% CAL			18% CAL			
TARA (CENIZA VOLANTE)	2%	4%	6%	2%	4%	6%	
PESO DE SUELO SECO	116,70	131,80	123,70	142,20	116,30	105,20	
PESO FRASCO VACIO	166,50	166,50	166,50	166,50	166,50	166,50	
PESO FRASCO MAS AGUA	662,50	662,50	662,50	662,50	662,50	662,50	
PESO DE FREASCO MAS AGUA MAS SUELO	734,50	744,50	738,50	750,50	734,50	726,50	
VOLUMEN DE SOLIDOS	44,70	49,80	47,70	34,20	44,30	41,20	
PESO ESPECIFICO DE SOLIDOS	2,95	2,97	2,92	2,94	2,96	2,89	
PROMEDIO	2,95			2,93			

Tabla 8. Resultados de límites e índice de plasticidad para suelos arenosos

- CONTENIDO DE HUMEDAD

CONTENIDO DE HUMEDAD							MTC
PESO ESPECIFICO							MTC
LIMITE DE CONTRACCION							MTC
CONTENIDO DE HUMEDAD	15% CAL			18% CAL			
TARA (CENIA VOLANTE)	2%	4%	6%	2%	4%	6%	
PESO DE LA TARA MAS MUESTRA HUMEDA	118,10	2,30	97,70	3,50	96,10	119,40	
PESO DE LA TARA MAS MUESTRA SECA	114,83	89,21	95,75	79,39	91,48	112,25	
PESO DE LA TARA	47,20	34,30	40,00	26,60	30,50	30,80	
PESO DE LA MUESTRA SECA	70,13	57,41	58,25	55,29	63,48	83,95	
PESO DEL AGUA	5,77	5,59	4,45	6,61	7,12	9,65	
CONTENIDO DE HUMEDAD	5,08	5,87	3,74	8,03	7,82	9,02	
PROMEDIO	4,90			8,29			

Tabla 9. Resultados de contenido de humedad en gramos, para suelos arenosos



- CORTE DIRECTO – ESFUERZO HORIZONTAL

ENSAYO CORTE DIRECTO - DRENADO CONSOLIDADO			
SONDEO:	M-01	COHESIÓN (kp/cm ²) :	0,00
PROF. (m):	0,25 - 0,40 m	ÁNGULO ROZAMIENTO (°) :	12,10
MUESTRA:	M1	M2	M3
	2% mezcla de ceniza y cal	4% mezcla de ceniza y cal	6% mezcla de ceniza y cal
TENSIÓN NORMAL (kp/cm ²):	1,10	3,45	5,83
TENSIÓN TANGENCIAL:	0,35	0,50	1,36
HUMEDAD INICIAL (%):	4,6	4,5	4,7
HUMEDAD FINAL (%):	4,5	4,5	4,6
DENSIDAD SECA (g/cm ³):	2,29	2,30	2,28
VELOCIDAD (mm/min.):	0,50	0,50	0,50
DIÁMETRO PASTILLA (mm):	50,00	50,00	50,00
TIPO DE ENSAYO: CONSOLIDADO Y DRENADO			

Tabla 10. Resultados de ensayos de corte directo-drenado consolidado

PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3
TENSION NORMAL	TENSION NORMAL	TENSION NORMAL
0	0	0
2,06	4,13	6,19
2,09	4,18	6,27
2,12	4,24	6,35
2,15	4,29	6,44
2,18	4,35	6,53
2,21	4,41	6,62
2,24	4,47	6,71
2,27	4,54	6,8
2,3	4,6	6,9
2,33	4,67	7
2,37	4,74	7,1
2,4	4,81	7,21
2,44	4,88	7,32
2,48	4,95	7,43
2,52	5,03	7,55
2,56	5,11	7,67

PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3
TENSION TANGENC.	TENSION TANGENC.	TENSION TANGENC.
0	0	0
0,2499	0,3562	0,4687
0,2594	0,3796	0,9174
0,2628	0,3718	0,9552
0,2729	0,3833	0,9745
0,2897	0,3951	1,0536
0,3071	0,4072	1,1015
0,3181	0,4197	1,1643
0,3227	0,4256	1,2014
0,3273	0,4387	1,2187
0,3321	0,4451	1,2364
0,3298	0,4445	1,2476
0,3348	0,4512	1,2663
0,3399	0,4581	1,293
0,3449	0,4724	1,3122
0,3458	0,4951	1,3405
0,3482	0,503	1,3619

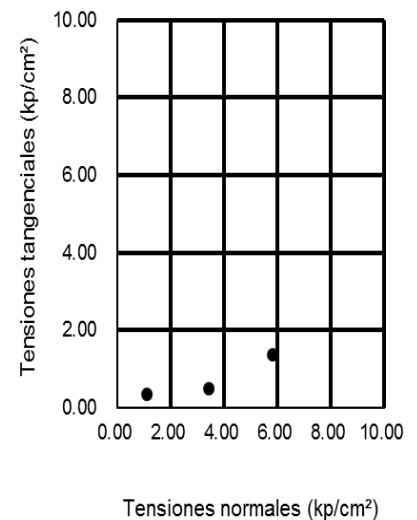


Figura 6. Tablas de registros de resultados de tensiones tangenciales



IV. DISCUSIÓN.

En los resultados del ANOVA de todos los ensayos se observa que el valor-p asociado al ANOVA para los ensayos de las propiedades mecánicas: Corte Directo y Proctor Modificado, con un nivel de confianza de 95%, resultó ser de 0.04. Por tanto, para este caso la hipótesis nula se rechaza y se confirma que la mezcla de ceniza volante de cascarilla de cebada con cal sí influyen significativamente en las propiedades mecánicas. Por ende, edificaciones de mayor envergadura podrán ser diseñadas y construidas en estos suelos.

En los resultados del ANOVA de todos los ensayos correspondientes a las propiedades físicas, se observa que el valor-p asociado al ANOVA para la granulometría, densidad, absorción, límite líquido y límite plástico con un nivel de confianza de 95%, resultó de 0.04. Por tanto, para este caso la hipótesis nula se rechaza y se confirma que las fibras la mezcla de ceniza volante de cascarilla de cebada con cal sí influyen en las propiedades físicas. Para muestras de suelo con variaciones en la curva granulométrica, es decir, en el caso de suelos bien graduados, la adición de ceniza volante con la cal, genera un comportamiento aceptable en la mejora los Límites de Atterberg (debido a las propiedades de la ceniza volante) y en el grado óptimo del grado de compactación y humedad. Siendo esto beneficioso en caso de licuefacción de suelos.

Se observa que para los ensayos de Corte Directo y Proctor Modificado, los valores de densidad óptima y CBR aumentan cuando el porcentaje de ceniza volante aumenta hasta el 4%. También se debe a que las cenizas volantes aportan propiedades cementantes y absorbentes de humedad.

V. CONCLUSIONES

- Se determinó que la influencia de la adición de la mezcla de la ceniza con cal, mejoró las propiedades Físicas y Mecánicas del suelo en la calle Hermanos Pinzón, del Distrito Buenos Aires – Víctor Larco Herrera
- Se determinó que el porcentaje óptimo añadida es de 18% de cal con el 4% de ceniza de cascarilla de cebada en la resistencia al corte directo con 0.76 Kg/cm^2 .
- Se determinó que el porcentaje óptimo añadida es de 18% de cal con el 6% de ceniza de cascarilla de cebada en su densidad con 9%.
- Se determinó que el porcentaje óptimo añadida es de 18% de cal con el 6% de ceniza de cascarilla de cebada en su capacidad de absorción con 5.10% .
- Se determinó que el porcentaje óptimo añadida es de 18% de cal con el 6% de ceniza de cascarilla de cebada en el límite líquido con 15.5%.
- Se determinó que el porcentaje óptimo añadida es de 18% de cal con el 6% de ceniza de cascarilla de cebada en el límite plástico con 12.7%.

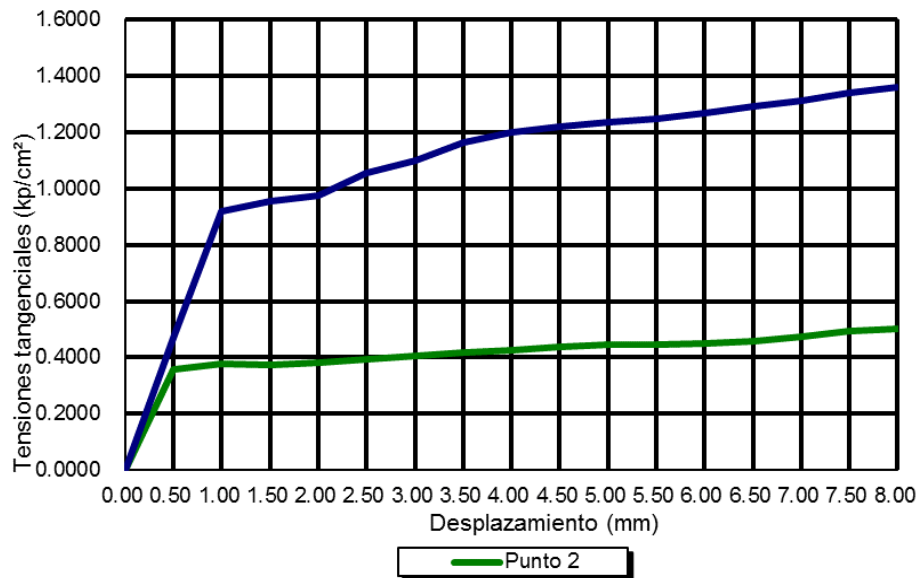


Figura 7. Gráfica de correspondencia entre Tensión tangencial y desplazamiento



VI. RECOMENDACIONES.

- Se recomienda a los pobladores del sector de Buenos Aires, Víctor Larco Herrera, realizar un mejoramiento del suelo utilizado la mezcla de ceniza volante con cal, antes de la construcción de cualquier estructura, con el objetivo de dotarlo de las propiedades físicas y mecánicas óptimas para soportar a la edificación de manera segura. Evitando esfuerzos de tracción en la cimentación.
- Para los tesisistas de la Universidad Privada de Trujillo se recomienda tomar los valores obtenidos en la presente tesis y someterlos a comprobación en diferentes lugares. Variando también el tipo de suelo a mejorar y las condiciones climáticas.
- Para la Municipalidad Distrital de Víctor Larco Herrera e instituciones a cargo de la supervisión y cumplimiento del reglamento, así como a los propietarios, tener en consideración los puntos tocados en esta investigación en caso sea pertinente, y tomar acción en la prevención de futuras construcción en zonas con presencia de suelos como los de la investigación para evitar futuros desastres con consecuencias mortales.
- Se recomienda a los pobladores del sector de Buenos Aires, hacer el tratamiento de los suelos en épocas de verano o ausencia de lluvias, pues la acción química de la ceniza volante en conjunto con la cal se verá influenciadas bajo condiciones climáticas como la baja temperatura y exceso de humedad natural.
- Se recomienda a los técnicos de Mecánica de suelos utilizar bolsas PET para almacenar la muestra de suelo extraída de la calicata y así evitar la exposición de la misma, a ambientes ajenos al que se encuentran naturalmente en el sector de Buenos Aires – Víctor Larco Herrera e influenciar negativamente en los resultados de los ensayos realizados.
- Se recomienda a los investigadores de geotecnistas que, de no realizarse la estabilización con la mezcla de la ceniza volante con cal, podría optarse por emplear otros métodos de estabilización como usar agentes químicos normados por el ministerio de transportes y comunicaciones.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- BELTRAN PARRA, J. R. (2011). *Estabilizacion de un suelo arcilloso con cal hidratada, para ser utilizada como capa subrasante de pavimentos en la colonia de san juan capistrano de ciudad obregon, SON. CAPRISTAN.*
- JARA ANAYPOMA, R. (2014). *Efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso . LIMA.*
- LEIVA GONZALES, R. (2016). *Utilizacion de bolsas de polietileno para el mejoramiento de suelo a nivel de la subrasante en jr. arequipa, progresiva km 0+000-km 0+100, distrito de orcotuna concepcion . ORCOTUNA.*
- MORALES ZULUAGA, D. (2015). *Valorizacion de las cenizas de carbón para la estabilizacion de suelos mediante activacion alcalina y su uso en vias no pavimentadas . colombia.*
- PALOMINO TERAN, K. E. (2016). *Capacidad portante (cbr) de un suelo arcilloso con la incorporacion del estabilizador maxxseal 100. LIMA.*
- PEREZ COLLANTES , R. D. (2012). *Estabilizacion de suelos arcillos con cenizas de carbon para su uso como subrasante mejorada y/o sub base de pavimentos. LIMA.*
- SANTIN GUERRERO, Y. S. (2014). *Mejoramiento de la capacidad portante del suelo planificando geotextiles y geomallas para cimentaciones de baja resistencia. LIMA.*

ANEXOS.

1. Granulometría



2. Límites de Atterberg



3. Contenido de humedad



4. Peso específico



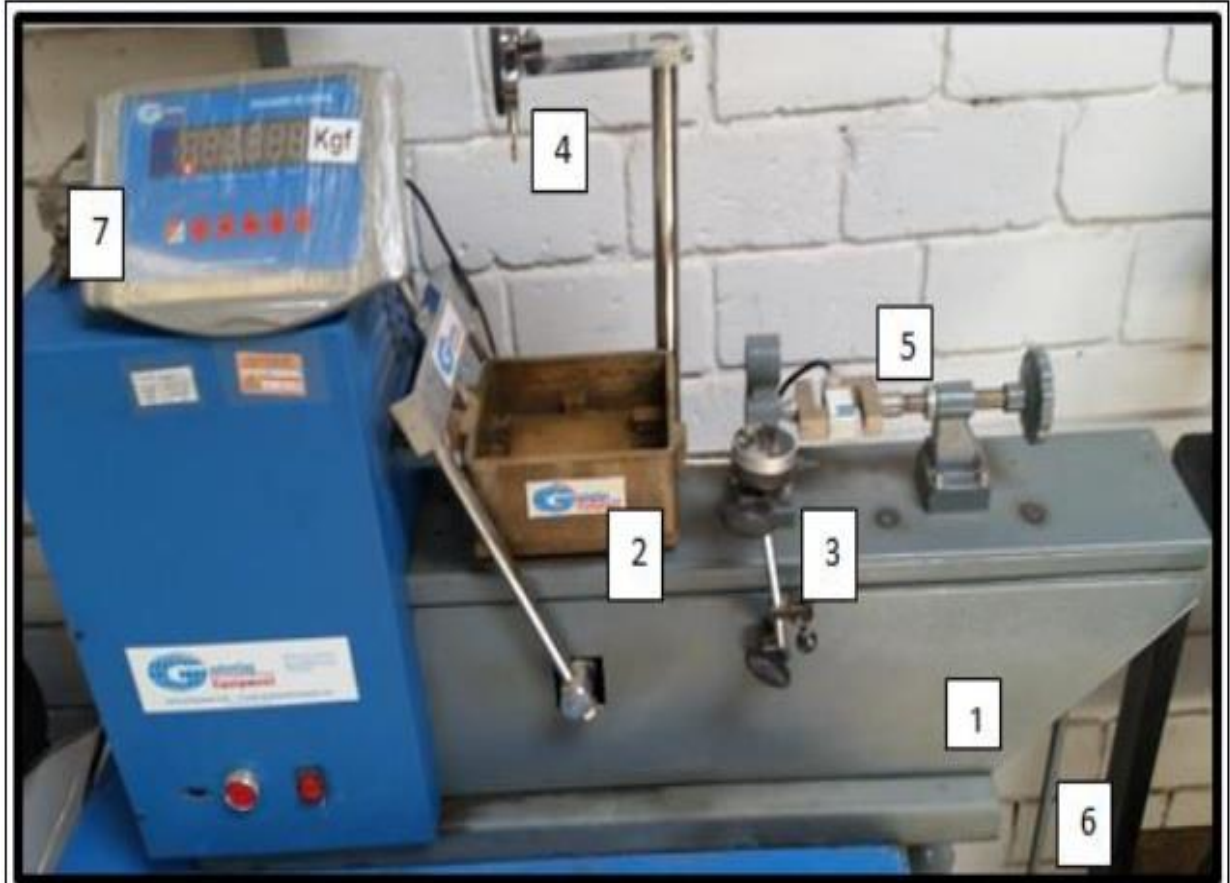
5. Corte Directo



6. Inmediaciones de Calle Pinzón Blanco 4ta Cuadra – Distrito Victor Larco Herrera (a)



7. Máquina para pruebas de Corte Directo

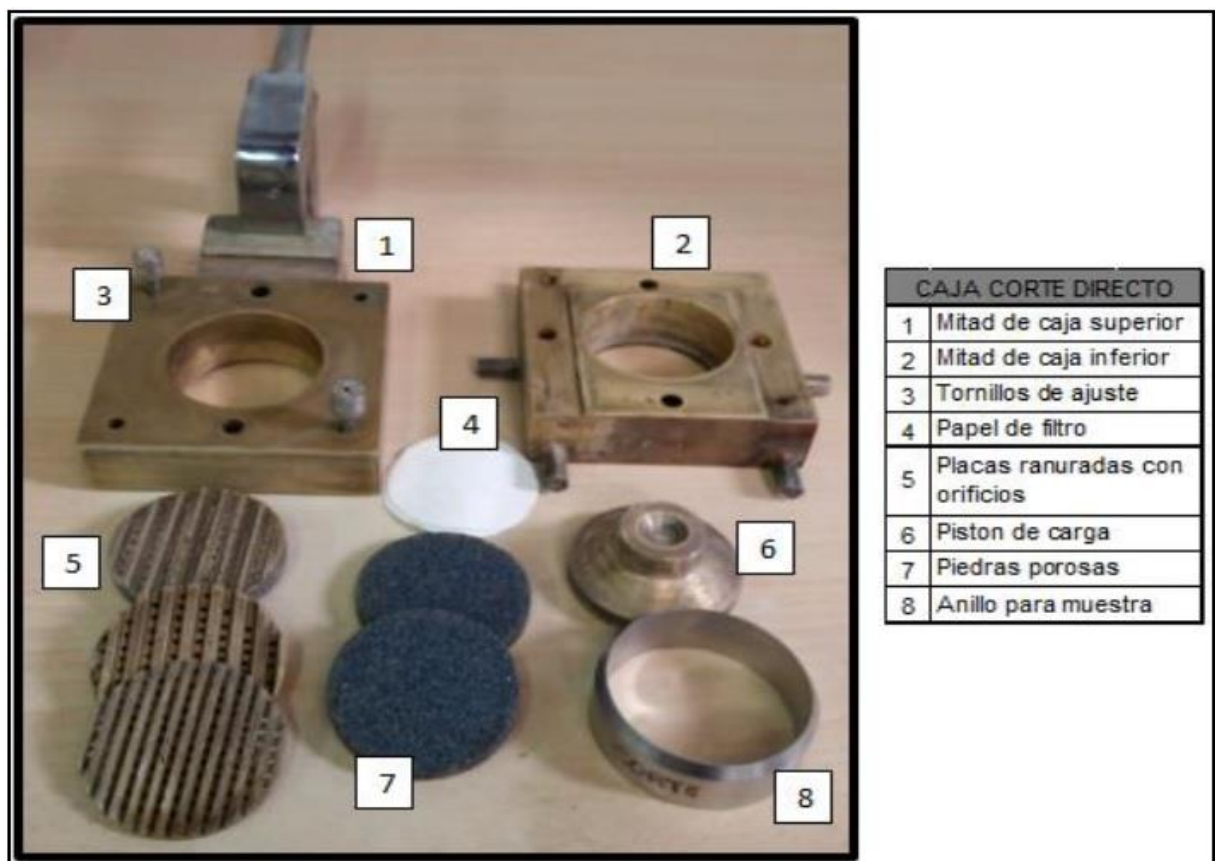


MAQUINA CORTE DIRECTO	
1	Banco de ensayo
2	Carro Deslizante
3	Deformimetro 1
4	Deformimetro 2
5	Celda de carga
6	Brazo de carga normal
7	Celda de medición

8. Procedimiento de colocar peso para simulación de fuerza normal y cortante



9. Componentes de la probeta de la máquina de corte directo





10. Tamaños de las probetas y valores máximos para el tamaño de las partículas

Caja Corte	Espesor de la probeta.	Tamaño máximo de partículas
100 mm X 100 mm	25 mm	Bajo Tamiz 10 mm
60 mm X 60 mm	25 mm	Bajo Tamiz 5 mm ²⁵

GUÍA DE OBSERVACIÓN

GUÍA DE OBSERVACIÓN DE LAS PROBETAS DE SUELO, LABORATORIO DE MATERIALES
UNT TRUJILLO 2018

Realizado por: _____ Tipo de ensayo: _____ Fecha: _____
Tiempo de curado: _____ #de Probeta: _____ Hoja: _____


% DE CENIZA DE		DESCRIPCIÓN
TIPO	CEBADA	
1	2% - 4% - 6%	 <p>CIP90402 Ing. Faredy Estacio J.</p>
2	2% - 4% - 6%	
3	2% - 4% - 6%	
4	2% - 4% - 6%	

Tabla 11. Guía de Observación de probetas de suelo