



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

**“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES
MECÁNICAS DE SUELOS COHESIVOS CON
CLORURO DE CALCIO PARA ESTABILIZACIÓN DE
SUBRASANTES DE PAVIMENTOS URBANOS,
CAPOTE – 2019”**

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

Autor:

Bach. Castro Inga Alexander

<https://orcid.org/0000-0002-8628-0175>

Asesor:

Dr. Coronado Zuloeta Omar

<https://orcid.org/0000-0002-7757-4649>

Línea de Investigación

Desarrollo de nuevos materiales

**Pimentel – Perú
2019**

**“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE
SUELOS COHESIVOS CON CLORURO DE CALCIO PARA
ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES DE PAVIMENTOS
URBANOS, CAPOTE – 2019”**

Aprobación de tesis

Dr. Coronado Zuloeta, Omar

Asesor

Mg. Idrogo Pérez, Cesar Antonio

Presidente del Jurado de Tesis

Mg. Marín Bardales, Noé Humberto

Secretario del Jurado de Tesis

Mg. Villegas Granados, Luis Mariano

Vocal del Jurado de Tesis

DEDICATORIA

A MI HIJA: Alisson Jazmin, por ser mi motivación, fuerza y voluntad de luchar y seguir siempre adelante cada día.

A JEHOVA: Por ser quien me permitió dar la vida y estar en todo momento a su lado, así como darme la valentía de soportar todos los obstáculos que se cruzan en mi camino.

A MI MADRE: Isidora Inga, por el cariño, amor y apoyo incondicional de guiarme por el buen camino y ser un hombre de bien.

A MI PAREJA: María Isabel, por comprenderme, apoyarme y entenderme cada día, brindándome todo su apoyo moral e incondicional.

Castro Inga Alexander

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar el más grandes reconocimiento y/o agradecimiento a las personas que me ayudaron en todas las circunstancias de esta fase académico de aprendizaje.

A la Universidad Señor de Sipán: que me recibió abriéndome las puertas y de ser parte de ella, y educarme como profesional y ser fuente de conocimiento.

A mi metodólogo el Ing. Ángel Antonio Ruiz Pico, por el aporte de sus conocimientos e ideas, en la culminación y desarrollo de mi tesis de graduación.

A mi amigo Ing. Juan Miguel Delgado Valera, como también a su madrecita, por brindarme su amistad, su ayuda y su apoyo incondicional, y por los consejos insaciables de que culmine mi carrera. Gracias hermano.

Castro Inga Alexander

RESUMEN

El Centro Poblado de Capote situada en el distrito de Picsi, provincia de Chiclayo, región de Lambayeque, en su mayoría de sus pavimentos urbanos son escasos debido a que en su totalidad de sus calles no están pavimentadas al 100%, producto al poco interés que le brindan las autoridades competentes y a la deficiencia de gestión de estudios definitivos, ya que en épocas de verano cuando llueven se empapan de lodo en su totalidad de las calles por lo cual no se pueden realizar las actividades con normalidad consecuentemente se ve afectado a la producción de los cultivos y pérdida de recursos ya que los pobladores se sustentan de esos ingresos.

Por lo cual se pretende determinar y evaluar el comportamiento de las propiedades físico mecánicas de sus suelos en la estabilización de los suelos cohesivos con cloruro de calcio, y en su mayoría estos tipos de suelos son muy comunes en diferentes ramas de la construcción por lo general existen gran cantidad en el departamento de Lambayeque.

Debido a la utilización de la cal viva que es otro recurso indispensable que se tiene a la mano y a un bajo costo y económico se le puede dar un buen uso de aprovechamiento correcto para conseguir resultados satisfactorios.

Se concluye que es necesario conocer el grado de vulnerabilidad de las calles del centro poblado, para brindar una propuesta de solución para mejorar sus suelos a nivel de subrasantes en todas sus pavimentaciones urbanas mediante la adición de CaCl_2 , compuestos minerales, materia de investigación.

Se finaliza que con la aplicación del aditivo QUIM KD – 40 mejorara satisfactoriamente la estabilización del suelo, cumpliendo con las normas y parámetros establecidos en el reglamento de acuerdo a sus propiedades mecánicas del suelo en estudio.

PALABRAS CLAVES: Cloruro de calcio, suelos cohesivos, estabilización de suelos, control de polvo.

ABSTRAC

The populated center of capote located in the district of Pisci and province of Chiclayo, Lambayeque region, mostly of its urban pavements are scare because in its entirety of its streets are not 100% paved, product at little interest that they provide the competent authorities and the deficiency of management of definitive studies and that in times of summer when it rains they are completely soaked with mud from the streets so that activities can not be carried out normally, consequently the production of the crops and loss of resources since the inhabitants are supported by this income.

Therefore, it is intended to determine and evaluate the behavior of the mechanical properties of their soils in the stabilization of cohesive soils with calcium chloride, most of these types of soils are very common in different branches of the construction. amount in the department of Lambayeque.

Due to the use of quicklime, which is another indispensable resource that is available at a low cost and economical, it can be used correctly to achieve satisfactory results.

It is concluded that it is necessary to know the degree of vulnerability of the streets of the populated center, to provide a solution proposal to improve their soils at subgrade level in all their urban pavements by adding mineral compounds, research material.

It ends with the application of the additive QUIM KD - 40 to satisfactorily improve soil stabilization, complying with the standards and parameters established in the regulation according to its mechanical properties of the soil under study.

Keywords: Calcium chloride, cohesive soils, soil stabilization, dust control.

INDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRAC.....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1. Realidad problemática.....	16
1.2. Antecedentes de estudio.....	26
1.3. Teorías relacionadas al tema	31
1.4. Formulación del problema	68
1.5. Justificación e importancia de estudio.	68
1.6. Limitaciones de la investigación	69
1.7. Hipótesis.....	69
1.8. Objetivos	69
II. MATERIAL Y MÉTODO	72
2.1. Tipo y Diseño de investigación.	72
2.2. Población y muestra.....	72
2.3. Variables, Operacionalización.....	73
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.	76
2.5. Procedimientos de análisis de datos.....	77
2.6. Criterios éticos.....	116
2.7. Criterios de rigor científico.	116
III. RESULTADOS.	119
3.1. Resultados en tablas y figuras.	126
3.2. Discusión de resultados.....	126
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	134
REFERENCIAS.....	136
ANEXOS.....	140

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de las partículas del suelo.....	34
Tabla 2: Algunas familias texturales.....	37
Tabla 3: Proporción que asocia a la densidad aparente y la porosidad total.....	39
Tabla 4: Caracterización del tipo y de la clase de estructura del suelo.....	41
Tabla 5: Clasificación de las categorías de la subrasante.....	51
Tabla 6: Especificaciones Técnicas del Cloruro de Calcio.....	52
Tabla 7: Costos de aplicación del CaCl ₂ , puesto In Situ.....	61
Tabla 8: Cantidades muestrales.....	73
Tabla 9: Operacionalización de la variable dependiente.....	74
Tabla 10: Operacionalización de la variable independiente.....	75
Tabla 11: Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	76
Tabla 12: Validez y confiabilidad.....	76
Tabla 13: Simbología de suelos.....	82
Tabla 14: Sistema de clasificación de suelos AASHTO.....	84
Tabla 15: Ensayo de Mecánica de suelos, a realizar para el estudio de la investigación. ...	84
Tabla 16: Tamaño máximo de las partículas y peso mínimo recomendado de las muestras.	88
Tabla 17: Formato para el contenido de humedad.....	89
Tabla 18: Dosificaciones del tamaño máximo de las partículas.....	93
Tabla 19: Formato para análisis granulométrico.....	93
Tabla 20: Factores para el cálculo del límite líquido.....	98
Tabla 21: Formato de límite líquido.....	98
Tabla 22: Tabla de estimados de precisión del L.L y L.P.....	101
Tabla 23: Formato de límite Plástico.....	102
Tabla 24: Formato de sales solubles.....	105
Tabla 25: Formato de Proctor modificado.....	110
Tabla 26: Valores de carga unitaria.....	115
Tabla 27: Formato de Ensayo de penetración de CBR.....	115
Tabla 28: Resultados del contenido de humedad de las calicatas en estudio.....	119
Tabla 29: Resultados del análisis granulométrico por lavado.....	120
Tabla 30: Resultados del límite de Atterberg.....	123
Tabla 31: Resultados de las sales solubles totales.....	124
Tabla 32: Resultados de la compactación del suelo (Proctor modificado).....	124
Tabla 33: Resultados de California Bearing Ratio (CBR).....	126

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación geográfica del C.P. Capote.	25
Figura 2: Ubicación Satelital del C.P en estudio.	25
Figura 3: Ejemplo de la curva de distribución granulométrica, con indicación de las fracciones que componen el suelo, además de las franjas para ensayo de tamizado y sedimentación.	32
Figura 4: Ensayo de tamizados: serie de tamices patrón y equipo para el tamizaje.	32
Figura 5: Grupos de Tamaños de Partículas.	35
Figura 6: Relación de los constituyentes de tierra fina por tamaño, definiendo las clases texturales y subclases de arena.	37
Figura 7: Triangulo de texturas para determinar clases texturales del suelo.	38
Figura 8: Ejemplos de tipos de estructura del suelo.	41
Figura 9: Características de la estructura granular. Figura 10: Características de la estructura laminar.	42
Figura 11: Características de la estructura en bloques, angular y subangular.	42
Figura 12: Características de la estructura prismática y columnar.	42
Figura 13: Características de la estructura cuneiforme.	42
Figura 14: Estratigrafía de un sondeo.	45
Figura 15: Proceso para la identificación del tipo del suelo.	47
Figura 16: Proceso de selección de tipo de estabilización.	47
Figura 17: Por que usar el Cloruro de calcio líquido.	53
Figura 18: (Arriba) Humedad relativa mínima; para una.	56
Figura 19: (Derecha) Variaciones en la densidad máxima Proctor y humedad óptima de un suelo bien graduado (A-2-4 de la clasificación A.A.S.H.O.) tratado con distintos tantos por ciento de cloruro cálcico.	56
Figura 20: Especificaciones técnicas del cloruro de calcio.	57
Figura 21: Estabilización con cemento portland.	63
Figura 22: Empleo de cloruro de sodio al suelo.	64
Figura 23: Mezclado de suelo con cal.	66
Figura 24: Representación del diagrama de flujo de los procesos de investigación.	77
Figura 25: Extracción de la muestra natural.	80
Figura 26: Muestreo y obtención del material de estudio.	80
Figura 27: Muestras extraída para el estudio de contenido de humedad.	87
Figura 28: (Izquierda) Horno de secado a temperatura regulable.	87
Figura 29: (Derecha) Balanza electrónica de precisión 0,01 gr.	87
Figura 30: Lavado de muestra a través de la malla N° 200.	91
Figura 31: Lavado del suelo para ensayo de granulometría.	91
Figura 32: Estados de consistencia del Límite de Atterberg.	95
Figura 33: Copa de Casagrande para el ensayo de limite líquido.	97
Figura 34: Preparación de la pasta del suelo y equipos a utilizar.	100
Figura 35: Muestras del ensayo del límite plástico.	100
Figura 36: Muestras de ensayo de sales solubles.	104
Figura 37: Muestras Preparada previamente agitada en el Agitador magnético.	105

Figura 38: Muestras de ensayo para el Proctor modificado.	108
Figura 39: Compactación, colocación y enrase de la muestra.	110
Figura 40: Procedimiento para el ensayo de penetración CBR.	113
Figura 41: Lectura, medición y equipos de expansión para CBR.	113
Figura 42: Análisis de resultados de contenido de humedad.	127
Figura 43: Diagrama de curva granulométrica.	128
Figura 44: Análisis del índice de plasticidad.	129
Figura 45: Resultados del ensayo de sales solubles.	130
Figura 46: Análisis de resultados de las muestras patrón.	131
Figura 47: Curva Humedad de compactación – Densidad seca de Calicata 03.	131
Figura 48: Análisis de resultados CBR a 95% y 100% del suelo, adicionando CaCl ₂	132
Figura 49: Extracción de material de la C-04.	184
Figura 50: Extracción de material de la C-03.	184
Figura 51: Excavación de la C-02 terminada.	184
Figura 52: Extracción y excavación de la C-02.	184
Figura 53: Zarandeo de material natural por la malla N° 4.	185
Figura 54: Pesaje del material en estudio.	185
Figura 55: Lavado del material para el análisis granulométrico.	185
Figura 56: Lectura y compactación de Cbr.	185
Figura 57: Excavación y sondeo de las respectivas calicatas.	186
Figura 58: Recolección y excavación de las muestras.	186
Figura 59: Lectura de la muestra sumergida con el dial.	186

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Densidad aparente.....	39
Ecuación 2: Densidad real.....	40
Ecuación 3: Índice de grupo.	83
Ecuación 4: Cálculo del Contenido de humedad.	87
Ecuación 5: Contenido de humedad expresado en %.	88
Ecuación 6: Porcentaje de pesos retenidos sobre cada tamiz.	92
Ecuación 7: Porcentaje retenido acumulado (E. granulometría).	92
Ecuación 8: Porcentaje acumulado que pasa por el tamiz N° 200.	92
Ecuación 9: % de Humedad higroscópica.	92
Ecuación 10: Contenido de humedad para limite líquido.	97
Ecuación 11: Determinación del Limite líquido.....	97
Ecuación 12: Contenido de humedad para limite plástico.	100
Ecuación 13: Cálculo del Índice de plasticidad.	101
Ecuación 14: Contenido de sales solubles en muestras de suelos.	104
Ecuación 15: Contenido de sales solubles en muestras de agua subterránea.	105
Ecuación 16: Cálculo de la Densidad húmeda.	108
Ecuación 17: Cálculo de la densidad seca.....	108
Ecuación 18: Cálculo del peso unitario seco.....	109
Ecuación 19: Volumen del molde de compactación.....	109
Ecuación 20: Número de CBR expresada en porcentaje.	111
Ecuación 21: Porcentaje de agua a añadir.	113
Ecuación 22: Porcentaje de Expansión.	114

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Matriz de consistencia.....	141
Anexo B: Normativas.....	143
Anexo C: Análisis de documentos.....	145
Anexo D: Ensayos de Laboratorio.....	151
Anexo E: Panel Fotográfico.	183

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN

En el trabajo de investigación que se presenta, se pretende hacer un estudio de los suelos cohesivos con estabilización de cloruro de calcio para subrasantes de pavimentos urbanos, los cuales son extraídos del norte del departamento de Lambayeque de la localidad de Capote, para ello se logra la estabilización adicionando el material con cloruro de calcio y en diferentes proporciones de sus suelos.

Se ve la manera de aportar de un modo lógico y sistemáticamente simplificada todos los recursos y/o pautas que se emplean en la realización de esta tesis, para lograr estas estabilizaciones se realizan con distintos modelos de suelos, mostrando desde la ubicación de los lugares de excavación de cada una de los suelos, los suelos cohesivos con los que fueron desarrolladas como clase de muestras para obtener un mejor representación, siendo esta muestra más detallada; teniendo a las diferentes combinaciones, con las que se emplearon para que se puedan estabilizar. Para ello, fue necesario que se ejecutaran los ensayos de laboratorio en cada una de las mezclas que fueron extraídas de los ya mencionados, suelos cohesivos, a su vez de las arenas, también de las arcillas y encontrándose también en los limos, y realizando todas estas mezclas que se manejaron para poder obtener valores que fueran positivos durante su estabilización; asimismo, estos ensayos empleados se realizaron conforme lo que establecen las normas ASTM y a su vez con la normativa de AASHTO.

Asimismo, se realizarán esquemas de la conducta del valor que tiene el CBR obtenidas de las calicatas realizadas, notando su aumento y durabilidad de dichos suelos.

Se recomienda según (De Vicente, 2007), el fin del cloruro de calcio en suelos bien graduados es que se desempeñen rigurosamente, con las orientaciones dadas en la Normativas D 1242 de la ASTM o M 147 de la AASHTO. Debido a que los suelos son distintos es preciso iniciar ensayos previos de laboratorio a fin de estimar si el cloruro, incrementa su densidad al suelo, si es en este contexto que se persigue. Una de las desventajas de su uso es desvanecerse fácilmente en el agua también como ser arrastrado por las lluvias; por consiguiente, sea necesario volver a hacer el tratamiento periódicamente cuando se emplea como paliativo del polvo (p.46).

Afortunadamente puede ser posible emplear diversos tipos de maquinaria a cada cierto tiempo de las etapas de la estabilización, aun así, se considera que unas clases generan mejor material, más equivalente, y que sean aún mejor económicamente de manipular que los demás.

La disposición del producto cloruro de calcio en el terreno, para combinaciones “In - Situ” o en los procedimientos que sean superficiales, difiere según cómo sea empleado el cloruro estando en cualquier estado, sólido o acuoso (es decir en estado líquido). Existen dispositivos especiales de caja tipo volquete que son generados para una mejor comercialización, siendo este sólido, que se logra instalar en los camiones, pero en la parte de atrás. Comercializando también a pala, pero ello realizado con un camión, el

que cubra el desplazamiento a menor velocidad. El cloruro de calcio, cuando se distribuye en líquido acuoso, se realiza tomando aquellos camiones que sean cisternas y que contengan regadores, que es el que se emplea en esta investigación. (p.47).

Mediante el desarrollo de la búsqueda de esta investigación se efectuó con el beneficio de poder comprender de qué manera contribuye cuando existe una aplicación del aditivo QUIM KD – 40 (CaCl_2), que se produce al estabilizar los suelos, dichos ensayos fueron evaluados con aquellas propiedades mecánicas en los suelos cohesivos, así como también dicha investigación comprende los suelos del centro poblado de Capote, los cuales se podrían encontrar suelos arenosos, arcillosos y limosos respectivamente para dicho estudio.

Por último, se dará las recomendaciones y conclusiones para generar a base de esta información soluciones rápidas y económicas para dicho mejoramiento, con relación a la investigación del proyecto dado.

1.1. Realidad problemática

Internacional

(Hinrichsen, 2005), El primordial uso de la evolución de la estabilización en los suelos es relacionado con el tipo de caminos que son construidos como los aeropuertos y otros caminos semejantes. Con respecto a los camiones, es un tema de notoriedad, ya que en los años últimos, se ha visto el aumento de la cifra de este tipo de vehículos, asimismo, una más grande diversidad de camiones y de sus respectivos actos que son efectúan en las carreteras. Es por ello, que se logró repercutir en un gran incremento acerca de cuán importante es que se proponga la mejora de las vías. Por lo cual, es necesario que día a día presenten mejor calidad de condición y sobre todo mejor duración y soporte las bases, y a su vez las sub-bases, asimismo, deben desarrollar un menor costo en lo que corresponde al mantenimiento y su construcción. En efecto, la estabilización química, con respecto a su estudio se ha logrado desarrollar más y ser más intenso, lo que produce que se altera aquellas características del suelo, todo ello a través de que se adhieran pequeñas cantidades que son coherentes de los compuestos que sean químicos.

Hinrichsen Triviños, Nicole Natalia (2005, p.01) Hace mención que estos crean algún tipo de reacción que se demuestran con carácter físico-químico con aquellas porciones delgadas en los suelos alcanzando efectos, muchas veces estos son extraordinarios si es que se visualiza de manera técnica y económica. Parte de las posibilidades que tiene esta manera de estabilizarse químicamente, es constituida al momento de incorporar cemento Pórtland, cenizas de volcán, también la cal, el cloruro de sodio y de calcio, entre otras, etc.

Al momento de estabilizar con sal, genera un tipo de solución que admite la proporcionalidad para que los caminos cuenten con un tipo de características que puedan perfeccionar el servicio, generando que sea transitable los pavimentos urbanos.

Hinrichsen, Nicole Natalia (2005, p. 01) Por lo consiguiente, expresa que siempre ha existido la necesidad de que se pueda efectuar la estabilización en los suelos, que se realizado de manera óptima, de larga duración y que sobre todo sea económicamente viable. Por ello, en Valdivia, en una ciudad llamada Panguipulli y también en la ciudad

de Reúmen, se empleó a la estabilización química, utilizando en este caso al Cloruro de Sodio, además para ello se usó las granulometrías que no son controladas y con otro tipo de material de sobre tamaño.

Conveniente a ello, la estimación que es preliminar, tiene poco efecto favorable con lo que respecta a las carpetas que son utilizadas con la sal. Empero, es de gran utilidad que se experimente en esta Región, cuando se intervengan las calzadas con el tipo de carpeta de rodadura envasadas en un tamaño que tenga 2" (dos pulgadas) como máximo. De esta manera, se lograría obtener una visión de qué manera sería el comportamiento de esta zona, ya que cuando se torna a la experiencia de manera teórica, y también en su práctica es muy reducida.

Por lo tanto, al incorporar sal en los caminos, se logrará hacer rígida la superficie, lo que logra disminuir que el polvo se llegue a desprender, y ello logra que exista un impacto ambiental muy reducido.

Ecuador

(Negrete & Miranda, 2011) En la escuela de la carrera de Ingeniería Civil, rama vial fundamental que gestionan considerables valores de la carrera, sencillamente las obras ayudan al acrecentamiento y desarrollo del país. Al regenerar la infraestructura vial, un territorio acrecienta su negocio en el ámbito superficial.

Las partes que integran una vía y van a perfeccionar sus materiales son esenciales, no solo con el desenlace de disminuir precios y propugnar rentabilidad, sino que mejore la vida útil del proyecto y asimismo reduzca costos en mantenimiento periódicos.

Atípicamente las obras viales desarrollan una estabilización de suelos, emplazando suelos graduados de canteras y en ocurrencia lo enriquecen con cal o cemento. Debido que en el Ecuador perciben muy carente la adecuada reacción de químicos como estabilizante, por lo que en este discurso se contemplará la ética de los suelos cohesivos, ligado al Cloruro de Calcio.

Los prototipos se extrajeron del proyecto vial Pedernales San Vicente en los kilómetros 0+000 km hasta 3+500 km con la finalidad de conseguir suelos con alto porcentaje de finos para tener ingredientes con características hostil (p.1).

España

(Bañón, 2010) Habitualmente, se determinó al suelo como aquel agregado de las partículas minerales, lo que generalmente es llamado “parcialmente cementadas”. Si se involucra dentro de la ciencia y gradualmente en la técnica, ello implica que se conjugue esta descripción como aquella importancia diferente, pero que dependerá de qué materia se encuentre estudiándola. Por lo que, para los ingenieros que son especializados en geotécnica, el suelo para ellos es una herramienta natural, distinto a lo que sucede con la roca, ya que demuestra una gran diferencia en sus propiedades, porque estas se modifican al encontrarse en presencia del agua; asimismo, para quien construye, todo ello no tiene mayor relevancia, ya que solo lo considera como parte de material que se puede conseguir haciendo la excavación sin necesidad de recurrir a los explosivos.

En la situación que fuese, el suelo es aquel cimiento que es utilizado en cualquier clase de obra con respecto a su infraestructura, por lo que es necesario que este material sea estudiado en lo que concierne a su comportamiento frente a la alteración que pueda suponerse en la cualquier clase de asentamiento humano, pero con lo que corresponde a este caso sería una carretera.

La Geotecnia, es decir aquella mecánica de los suelos que demuestra el comportamiento del área de terreno considerada como una estructura, que tiene características de manera física que son propias, con respecto a su densidad, la porosidad, la cohesión o también llamado ángulo de rozamiento interno, el módulo de balasto, el talud natural, que son aquellas que les brindan propiedades que las vuelven más resistentes frente a las diferentes sollicitaciones que se ven expuestas en algunas magnitudes que se suscitan, algunas como la tensión admisible o cuando se refiere a los asientos máximo y también al diferencial (p.1).

Bañón (2010) Nos expresa que en representación a las variables se les puede fijar un tipo de calificación de manera útil desde una visión más constructiva, en la cual se establece diferentes tipos de suelos, en los cuales se logre manifestar las principales características de manera general a cada grupo de tipología de suelos, y con respecto a su capacidad como la base para los diferentes ejemplares de construcción.

La finalidad es poder comprender aún más acerca de las propiedades que son importantes y necesarias del suelo, a partir de cada aplicación que se realiza de manera directa al momento de construir infraestructuras viales, para ello se realizan como aquellos procedimientos de ensayos que fueron empleados, para que se determinen y puedan clasificarse, y sobre todo aquellas que tienen mayor uso en la ingeniería de carreteras (p.2).

Nicaragua

(Altamirano & Díaz, 2015) En la actualidad lo que equivale a los costos de producción al construir vías, su valor ha crecido de manera excesiva, por ende, también se ha incrementado el mantenimiento que se debe realizar de manera periódica, y esto se debe al daño que sufren de manera muy rápida, por lo general este daño es ocasionado por el clima y sus diversas representaciones de los fenómenos naturales. En las vías de menor intensidad o también los caminos rurales, es donde se emplea de manera común el empedrado fraguado, así como también el balastrado de calles, lo que genera que no siempre cuente con óptimos resultados, lo que mayormente se da por el daño que sufre todos los años durante la estación de invierno, causando un daño de manera progresiva en la misma estructura y también es visualizada en la superficie de la construcción (p.3).

En sectores donde ocurre bajas incidencias de presentarse desastres naturales, como en San Isidro, comunidad que es caracterizada por ser un sector regular, no ha sido ajena y se ha llegado a afectar por el fenómeno de las lluvias intensas, entre las más relevantes se encuentra el huracán Juana que se dio en el año 1988 y también el huracán Mitch del año 1998, donde durante esos tiempos esta comunidad no tuvo comunicación (Ineter,2005)

Nacional

(Velarde, 2015) El crecimiento en el sector socio-económico con respecto a las ciudades más grandes, se requiere que en ella haya nuevas vías que puedan acceder a la comunicación vía terrestre, y con respecto a las vías existentes deberán ser engrandecidas, lo que va a permitir que exista la fluidez comercial, generando competencia y promoción en el sector de turismo, y en otros factores. Este tipo de obras que son propias de la ingeniería civil son realizadas e impulsadas por las municipalidades, como gobiernos locales, regionales y también los centrales, aquellos que constituyen los grandes movimientos que se les dan a las tierras, ello en consecuencia de que el terreno donde se realizará no garantice una buena estabilidad para su desarrollo y que no permita su durabilidad, que asegure geotécnicamente la conducta del terreno.

El gradual interés en el sector medioambiental por tratar de reducir que se creen nuevas prestaciones y aberturas, esto es una meta que se proponen la sociedad de geotécnicos especializados. Se tiene una gran magnitud en lo que corresponde a los materiales que son considerados como resistibles, inadecuados y también marginales que pueden ser reciclados mediante un procedimiento apropiado que logre estabilizarlo, ello genera un beneficio tanto al medio ambiente asociado, como a un considerable beneficio económico.

Este pequeño obstáculo se inició a amenorar mediante el empleo de diferentes tipos de métodos que generalmente se orientan a buscar su estabilización, ya sea esta física o también electroquímica; entre estos métodos sobresalen el cemento y a su vez la cal, que han apoyado diversas investigaciones mediante estudios efectivos, sin embargo, no se encontraron estudios que permitan evaluar de manera simultánea, estas dos opciones de estabilización.

En ese sentido, la región Puno también cuenta con esta problemática, de manera más precisa en las riberas del lago Titicaca, en la bahía interior, en donde se muestran a los suelos arcillosos, lo que hace que sea dificultoso en su construcción, en parte de su diseño y al momento de hacer el mantenimiento de sus edificaciones (p.14).

Huancavelica

(Ponce, 2017) Señala que uno de los tipos de suelo que son generalmente con más problemas son aquellos suelos que son arcillosos, y ello es un problema en el desarrollo de las vías de comunicación, y es consecuencia de su diminuto valor en lo que corresponde al soporte que tiene y a la nula estabilidad, y esto se denota cuando se muestra la expansión y contracción de estas cuando se encuentra presente en el agua.

El reciente estudio se sitúa en Ccoripaccha, una avenida que se encuentra dentro del sector Puyhuan Grande, situada en el zona San Cristobal, del Distrito y provincia de Huancavelica, lo que exterioriza que cuentan con suelos arcillosos, y es ello que impulsa a realizar el estudio de investigación, con la finalidad de encontrar posibles soluciones y algunas alternativas que se acostumbra a hacer en este tipo de suelos. Lo que pretende es que se puedan completar el dominio del cloruro de calcio encontrándose en la sub rasante que predomina en los suelos arcillosos, para así, lograr evaluar el tipo de variante de aquellos valores de soporte (CBR), a través de la aplicación de aquel químico en diferentes cantidades de las calicatas que han sido estudiadas en un laboratorio, de acuerdo con la normatividad de ASTM-DI883. De esta manera poder moderar el acaecimiento del cloruro de calcio que se determina en sus propiedades físicas de cada suelo de característica arcilloso.

Ponce (2017), por último, afirma que se adquirieron tres tipologías de suelos, en el lugar donde fue realizada la investigación, por ello en esta avenida se realizaron los sondeos correspondientes, del cual se sacaron los siguientes resultados: se logró observar en los suelos de características arcillosos que con el 5% de CaCl_2 se pudo aumentar la capacidad del soporte del CBR del suelo estudiado en un 11.80% y un 16.50%, lo que llegó a alcanzar una mejora hasta de 4.70%. Del mismo modo, en los suelos de características granulares, se observó que el empleo del cloruro de calcio creará un aumento a su propia capacidad de soporte del CBR hasta en un 22.89% hasta puede llegar a un 43.01, por ello el CaCl_2 (cloruro de calcio), obtendrá un adecuado y un más óptimo comportamiento de dicho suelo, alcanzando una mejora hasta el 20.12%. Sin embargo, en lo suelos orgánicos se comprueba algo diferente, y es que en este caso el empleo del cloruro de calcio reduce la capacidad con respecto al soporte del CBR, pasando hasta en un 6.12% a un 6.11%, donde se exterioriza que el CBR disminuyó su capacidad hasta en un 0.01%. Por lo expuesto, se puede concluir que el

CaCl₂ no tiene una influencia significativa en los suelos de características arcillosas, pero, que se observa un óptimo comportamiento de los suelos con características granulares, por lo que esta tipología de suelos con inclinación al cloruro de calcio logro alcanzar la duplicación de su regular valor de soporte CBR.

Lima

(Ugaz , 2006) Se ha podido observar que lo años que han pasado se han comenzado a descubrir la importancia que se le está tomando a la construcción de las carreteras por parte del gobierno, dependiendo de cómo estas se lleguen a desarrollar en su más grande proporción, porque así es que pueden observar que existe un menor costo en su construcción, y es una opción más expedita para poder lograr satisfacer el tipo de demanda que se aclama para desarrollar los pueblos que se encuentran en el interior del Perú.

Además, es relativo saber que mientras exista el cumplimiento de estas obras, el ingeniero que está a cargo tiene la duda acerca de la tipología de los suelos con los que está tratando en dicha zona, siendo una peculiaridad general en gran porción del territorio, en donde los tipos de suelo muestran diferentes problemas específicos que van de acuerdo con sus pertenencias físicas o químicas, a su vez de resistencia y todas ellas van a depender del clima que tenga el propio lugar donde se realice. En cuanto a la solución que se busca para mejorar las propiedades de los suelos, con respecto a su uso para carreteras con la finalidad de poder estabilizarlas, ello también va a variar cuando se trate de cuál técnica se utilizará, y entre ellas se encuentra las más antiguas y las que son conocidas, como la estabilización de manera mecánica, que es aquella que mezcla los suelos, y también la técnica de utilización de aditivos, como el empleo del cal.

Según Ugaz (2006), en el mundo gracias a los avances tecnológicos, se han creado nuevos procedimientos en el transcurso de los años para mejorar la estabilización de los suelos con diversificados productos químicos, teniendo al país como un mercado grande para hacer el uso de estas técnicas, en donde ya se están realizando su uso desde algunos años atrás, en donde los diversos productos químicos que se utilizan, algunos

como los aceites sulfatados, las enzimas orgánicas, los compuestos inorgánicos, cloruros, entre otros, y el empleo de estos da como resultado un logro óptimo, que se transforma después en soluciones antieconómicas que logran disminuir la realización de los caminos.

Por ello, se realizó un estudio acerca de los productos químicos y su respectiva conducta frente a los diversos tipos de suelos a nivel nacional; por esto, se realizó el análisis geotécnico de aquellos ensayos en laboratorio que son efectuados en los suelos, pero que se encuentren en un estado natural y también esté estabilizado, lo que permite que se pueda realizar una adecuada evaluación ya sea en un corto y un mediano plazo.

Parte de esta investigación, es que se pueda estimar económicamente una comparación entre aquellas soluciones con los diferentes productos químicos, ya sean esto importados o que sean nacionales, que permiten acceder a obtener un mejor y más transparente panorama del correcto uso de estos, y en función a lo que se trate de sus costos y también de la capacidad que tenga la solución en la dificultad que se presente. Sección comparativa de estimación económica entre tanto con los distintos productos, sea locales como importados, que nos accederán a tener un panorama más claro del adecuado empleo de ellos, en función a su costo y capacidad de solución al tipo de dificultad que se perciba.

Cajamarca

(Briones, 2018) Afirma que en su investigación pudo estudiar la influencia del cloruro de magnesio, ello en semejanza y comparación del cloruro de calcio para la estabilización de aquellos suelos de carácter arcilloso, por lo que se pudo desarrollar ensayos de laboratorio, los mismos que fueron 3, siendo los Límites de Atterberg, CBR y el Proctor modificado, en exclusividad con el suelo de origen natural en el que se realizaron los ensayos que tuvieron contenido de humedad y del análisis de granulometría a través del tamizado que se realiza por lavado para generar resultados con patrones de cuando se compara la incorporación de los estabilizadores; por último, para lograr tener un resultado del suelo que es natural con el 2% del cloruro de calcio y por otro extremo que tenga un 5% del cloruro de magnesio, ya que con ellos el suelo natural se obtuvo un contenido en humedad de hasta un 7.62% y así sucesivamente hasta llegar sus resultados correspondientes al tema de la tesis (p.10).

Local

El espacio de dominio y el área del estudio corresponden al sector del propio Pueblo y que este en su recorrido contiene al Centro Poblado de Capote y a sus anexos: Barrio el Chaparral; Barrio el Higuierón, Barrio el Nuevo y Barrio Santa Victoria.

De las coordinaciones con las autoridades pertinentes como son: La Municipalidad Distrital de Picsi, y el teniente Gobernador de Capote, y la Comisión de Regantes de Capote, se determinó que presenta limitaciones de pavimentación de sus calles y avenidas; en tal sentido a la deficiencia de gestión de estudios definitivos, se plantea la propuesta de solución de sus suelos a nivel de subrasante para su estabilización de dicha.

➤ Ubicación Geográfica de Capote, en el Distrito de Picsi, de la Provincia de Chiclayo, y el Departamento de Lambayeque.

- ✓ Centro Poblado: Capote
- ✓ Distrito: Picsi
- ✓ Provincia: Chiclayo
- ✓ Región: Lambayeque
- ✓ Ubigeo: 140111
- ✓ Latitud Sur: 6° 42' 44.4" S (-6.71233428000)
- ✓ Longitud Oeste: 79° 48' 50.5" W (-79.81401690000)
- ✓ Altitud: 38 msnm
- ✓ Huso horario: UTC-5

➤ Datos del Centro Poblado de Capote.

- ✓ Clasificación: Urbana
- ✓ Categoría: Pueblo
- ✓ Viviendas Aprox.: 374
- ✓ Habitantes: 2893

➤ Servicio Educativo

Capote sí cuenta con Centros Educativos en

- ✓ Programa
- ✓ Inicial
- ✓ Primaria

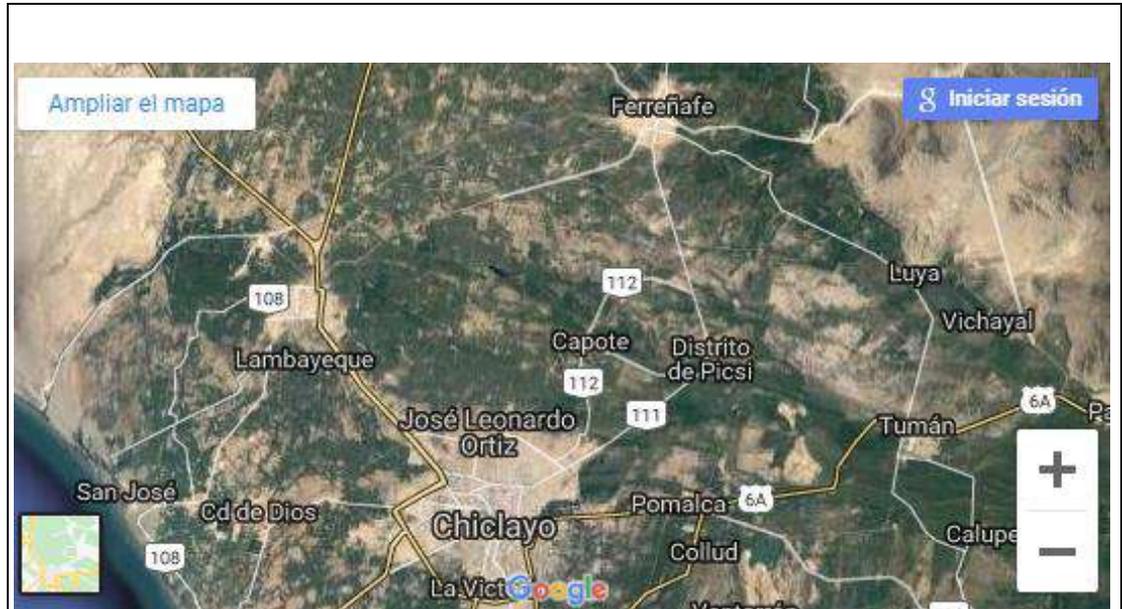


Figura 1: Ubicación geográfica del C.P. Capote.
Fuente: (Google Maps, 2020)

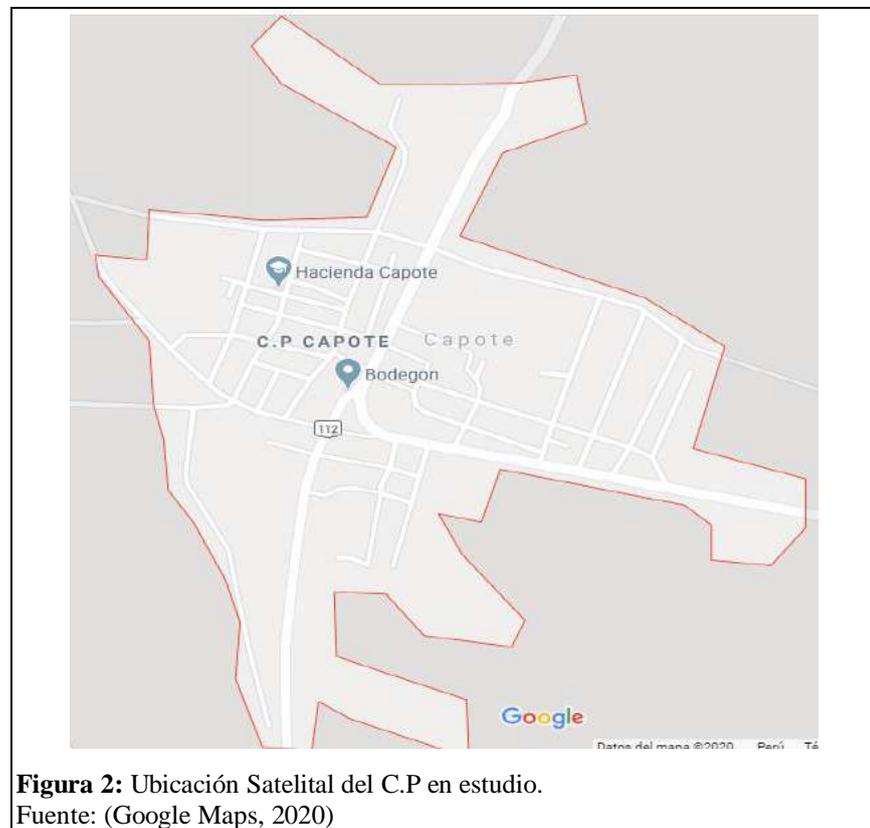


Figura 2: Ubicación Satelital del C.P en estudio.
Fuente: (Google Maps, 2020)

1.2. Antecedentes de estudio.

Internacional

(Hernández D. , 2016), En la tesina cuestionada “Análisis comparativo de un material estabilizado con cal y cemento” menciona que, a permanecido durante años el pensamiento de poder estabilizar los materiales con la finalidad de poder emplearlo de una óptima manera durante las obras, que es una idea que tiene procedencia de hace miles de años, que en un contexto histórico el ser humano ha hecho uso de la cal y otro tipo de productos conglomerantes puzolánicos, con respecto a estabilizar los suelos cohesivos y también los expansivos, además ejemplifica a las pirámides de Shaanxi (China) y a su vez menciona al trabajo que eran ejecutados en el país de la India, asimismo, menciona las rutas que se tuvieron en el imperio Romano, y los senderos claros de “Sacbeh” que utilizaron los Mayas, que han sido impartidos hace más de 2,500 años, y se desarrollaron en la locación norte de Mesoamérica. Este tipo de calzadas se cimentaron mediante un buen trabajo en trazos y una óptima terracería, que tuvo de medidas de 5 a 6 metros de ancho, que se encontraba envuelto por un material fino llamado calizo, la cual constituye una superficie uniforme y compacta.

(Carrazana & Rubio, 2019), Expresa que la estabilización de un suelo, siendo este el tipo de metodología que persigue a los suelos de tipo naturales o a los rellenos, tratando de conseguir un tipo de estructura que se estable y adecuada a la vez.

A través de este recurso se logra encontrar el incremento de la densidad con la que cuentan los suelos, así como también que tenga una resistencia al corte, a la cohesión, sea impermeable y estable de volumen, siendo las medidas prescindibles que logran la estabilidad para aquellas construcciones que se den en un futuro.

También se alcanza a través de un compacto controlado, que en muchos casos este se hace uso de drenajes o también de mezclas del propio suelo para lograr una óptima granulometría. En algunos casos, son empleadas las inyecciones, o también los llamados enlechados que son de material de cemento, de sal gema, también con cal, los betunes, las resinas que son sintéticas y otro tipo de productos químicos. Este tipo de procedimientos buscan generar estabilidad de manera indispensable, pensando en cuáles son las condiciones en las que se encuentra el lugar, esencia de material que se registrará para estabilizar y por último las maquinarias o los equipos para su trabajo.

(De Vicente, 2007), En su revista de investigación, el cloruro de calcio se maneja como un agente que lograr buscar la estabilización de los tipos de suelos más económicos, los que se utilizan para el propio beneficio que se adquiere, ello es eficiente para el momento de construir las capas como la sub base y la base, también para las carreteras o autopistas, así mismo, es utilizado para las capas de rodadura con respecto a los caminos ordinarios de la misma tierra. Lo que realiza prácticamente el cloruro de calcio es poder desarrollar estabilización y duración, ya que a través de este elemento el suelo puede surgir cambios que los ayudan a ser intocables muchas veces, obteniendo óptimos pavimentos y ello a su vez disminuye los costos de su conservación. El Ca Cl₂ se ha empleado desde los comienzos del siglo como paliativo de polvo, con lo que se observa que el adherir el cloruro de calcio disminuye no necesariamente como un instrumento paliativo de polvo, sino que este incrementa la densidad al momento de compactar a toda la carretera en general.

Su empleo tiene una hidratación más o menos imprescindible, ya que ello va a depender de los costos de origen, adicionándole los gastos que usó en transporte. Cuando se refiere al transporte este al tener un costo elevado se considera al cloruro no hidratado como una opción más económica a comparación con los que son hidratados.

(González, Jiménez, & López, 2007), En la tesis titulada “Nos cataloga que para caminos en bases de baja intensidad implantando emulsiones asfálticas para el Salvador.” Concluyen que para realizar aportes de crecimiento y desarrollo de su país, es necesario que se exista una óptima infraestructura vial, teniendo en consideración que estas vías pueden encontrarse pavimentadas como que no, teniendo en consideración aquellos caminos en los que no hay un transporte fluido, con el fin de mejorar aquellas vías que no se encuentren pavimentadas y en las que se puedan explorar diversas técnica y métodos productivos alternativos, que son de un costo menor y que son aceptables técnicamente.

Es por ello que, para tener la elección posible, que tenga técnica y que se económica, es que se hace el empleo de un derivado del producto químico asfalto, tratándose de la emulsión asfáltica, por lo que la finalidad de la investigación de los autores es que se logren establecer aplicaciones que tengan nuevos tipos de métodos para el tratamiento

para realizar la estabilización de las bases, haciendo uso del producto de emulsión asfáltica.

Nacional

(Cahuana, 2016), En la tesis titulada “Dosificación óptima del cloruro de calcio y la melaza de caña para la estabilización de suelos en caminos vecinales no pavimentadas del distrito de Barranca 2016”, se refiere al tema de la dosis eficaz que proviene del cloruro de calcio (Ca Cl₂) y también de la melaza de caña de azúcar con el afirmado de la cantera de la empresa Drokasa S.A. del distrito de Barranca, en vista que se realizan mantenimientos con los productos líneas arriba mencionados, pero sin una correcta dosificación.

En vista que no se trabaja con dosificaciones adecuadas, se ha realizado en la presente investigación los ensayos correspondientes para determinar la dosis eficaz que proviene del cloruro de calcio (Ca Cl₂) y también de la melaza de caña, ya que las actividades realizadas para los mantenimientos mecanizados o periódicos, no tienen durabilidad, siendo que dichas superficies de rodadura se desgastan de manera prematura, pudiendo observarse pérdida de finos, baches, ahuellamientos y ondulaciones en los caminos vecinales.

(Atarama, 2015), En la tesis titulada “Evaluación de la transitabilidad para caminos de bajo tránsito estabilizados con aditivo proes”, se busca mejorar aquellas posesiones físicas y también mecánicas a través de un proceso a través de la estabilización de los suelos haciendo el empleo del agregado químico PROES dentro de la construcción de las vías o carreteras que buscan la seguridad y el nivel suficiente de servicio de vías.

La autora en su estudio determina de manera funcional y estructural a través de los ensayos de laboratorio que se realizó dentro de los marcos de la normatividad peruana. Asimismo, para su evaluación funcional, se logró establecer el IRI para así poder definir si esta es rigurosa en base al área de la rodadura, y así como también para su evaluación de la estructura, que para la cual se estableció las deflexiones por sobre ella la base ya estabilizada, y se concretó el número estructural que cuenta la base, a través de un medio cálculo.

Se demuestra a través de los resultados que la superficie de rodadura logra caracterizar a la vía o a la carretera como un nuevo pavimento, con un índice internacional de rugosidad menor o igual a los 4 m/Km, y acerca de su capacidad de soporte, esta llega a sobrepasar el número mínimo de la estructura que se encuentra calculada dentro del diseño de la propia carretera (min 0.87).

Por último, concluye que la tecnología PROES indica que su uso logra mejorar las capacidades de soporte con las que cuentan los suelos, uniformizando todas aquellas características físicas y también las mecánicas que posee el suelo, y que a través de ello se logra garantizar un óptimo ejercicio en los requisitos de niveles de servicios.

(García, 2015). En la tesis titulada “Estabilización de suelos arcillosos con cal aplicación a la carretera tingo maria - Pucallpa sector III: Neshuya – Pucallpa” El proyecto, encontrándose localizado en la región de Ucayali, con una carretera asfaltada que contiene una ejecución de 58.769 Km., con el propósito de poder acoplar tanto a la costa como la sierra central y también a la selva baja, teniendo con ello conformada la red nacional.

Con respecto a la vía antes mencionada, a través del análisis de sus suelos se requiere con ello poder mejorarla y a su vez poder rehabilitarla, en la cual se señala a través de sectores la existencia del asfalto y también del afirmado, como aquella capa de rodadura que contiene daños muy graves, y ello se debe al desfallecimiento que tiene el pavimento. De igual manera, mediante el acabamiento de las calicatas, se logra calcular el 53.3% que contiene en el material de limo arcilloso, y en material granular un 46.7 de porcentaje a nivel del proyecto. El tiempo de duración de la construcción de la vía es por un periodo de 10 años, ya que cuenta con una gran densidad en tránsito, por lo que para su desarrollo es necesario materiales que sean de excelente y gran calidad, en los aspectos físicos y mecánicos, por otro lado al encontrarse que el área que es el entorno de este proyecto, cuenta con materiales de suelos limo arcillosos, por lo que sus propiedades fundamentales tienen un alto índice de plasticidad, y por otro lado pierden capacidad de soporte frente a aquellos esfuerzos que son generados por los vehículos.

Se consigue tener mejora a través de su estabilización química del suelo arcilloso con la cal, por lo que sus propiedades físicas y químicas, ya sea esta mejora a corto o largo plazo, ello es eficaz mediante a los resultados que fueron logrados por intermedio de

los ensayos que se realizan al mezclar el suelo arcilloso y la cal, siendo normalizados por ASTM, MTC, AASHTO y el CE-020. Con ello, concluyen que la cal como material de mezcla logra obtener mejoras en las propiedades del suelo sean físicas y mecánicas, obteniendo resultados que van acorde a las determinaciones técnicas que son señaladas en el proyecto.

Local

(Juan de Dios, 2018). En la presente investigación de tesis se refiere al análisis de las propiedades mecánicas de la subrasante aplicando cal hidratada, la cual se puede definir como la variación de características que se generan a la subrasante del pavimento cuando es aplicada la cal hidratada, las cuales actuarán generando resultados diferentes, ya que la dosificación de cal será en diferentes proporciones. La peculiaridad primordial de este tipo de análisis, es obtener resultados de laboratorio óptimo y favorable, para poder generar a base de esta información soluciones rápidas y económicas para el mejoramiento de las características de la subrasante. “La cal más usada en las estabilizaciones es la cal hidratada, su efecto básico es la complejión de silicatos de calcio, los cuales se componen por un tipo de acción química donde interviene la cal sobre las arcillas, para ser compuestos cementadores|

Para poder determinar las propiedades mecánicas se realizaron ensayos donde evaluamos los diferentes resultados, que se generan al variar las dosificaciones de cal las cuales son de 2%, 4%, y 10%, con este tipo de dosificación podremos comprobar la efectividad en la normatividad CE 030 del reglamento nacional de edificaciones. La materia a utilizar es la cal siendo un tipo de aglomerante, el cual resulta de calcinar piedras calizas, teniendo el efecto de las alteraciones de la constitución de las rocas y que puede alcanzar una serie de cales tales como muy puras y altamente cálcicas.

(De La Cruz & Salcedo, 2016), En su investigación refiere al enfoque global de la problemática local de los métodos constructivos en pavimentos, y en consecuencia se vienen presentando nuevas opciones debido al progreso de la tecnología, por esta razón se presentan nuevos productos que sintetizan a la edificación de los pavimentos. Aun así, se estableció que dentro de los mercados comerciales existen variedades de productos e implementos que incrementan la conducta de los suelos, incluso a aquellos

que se dictan como prometedores dentro de sus descripciones técnicas mostrando su considerable eficacia con cualquier tipo de diversidad de suelos.

1.3 Teorías relacionadas al tema

1.3.1 Variable independiente: Propiedades mecánicas de los suelos

Suelo

En el contexto Ingenieril, el suelo es la expresión aplicada usualmente referente a todo el material que cubre la corteza terrestre, el cual procede cuando las rocas se descomponen; se encuentra compuesto por minerales y también de elementos orgánicos, los cuales se encuentran en dependencia del procedimiento de cómo se realiza la composición de la roca, realizada de manera mineralógica y también química, cuenta con relieves diversos, dependiendo del origen climático del lugar y de la intemperie que se encuentre expuesto. Los suelos al ser seleccionados, se realiza de acuerdo al tipo de propiedades con las que cuenta, es decir de acuerdo a su propiedad física, su propiedad química y por último a la propiedad mineralógica siendo utilizada dentro de lo que señala la ciencia de los materiales, asimismo, en los diferentes campos que sean compatibles (como por ejemplo dentro del campo de Geología, también de la agronomía, entre otros) (Martins Neves, Borges Faria, Rotondo, Cevallos Salas, & Hoffmann, 2009).

El suelo está conformado principalmente por partículas cuyas magnitudes de los granos pueden ser agrupadas. En cada agrupación o magnitudes, muestran perfiles propios que exteriorizan su conducta con respecto al ser un elemento de edificación o construcción.

Son consideradas como grava, arcilla, también como arena y limo, a todas aquellas partículas que se encuentran incorporadas en una franja en particular, además de ello, la arena como tal también puede considerársele clasificación con respecto a si es fina, o es mediana o gruesa.

De manera considerable, existe una composición de granos del suelo, la cual es interpretada mediante un diagrama curva que sirve como distribuidor granulométrico, el mismo que se encuentra especificado en la figura 3; por consiguiente, ello busca representar la concordancia entre la dimensión y

también la cantidad que existe en dichas partículas que se encuentran presentes. Esta es expresada mediante dos tipos de ensayos; se considera grava y arena si se trata de partículas que son de tamaño más grande, y en este caso se emplearía el procedimiento de tamizado (el cual se encuentra configurado en la figura N° 4), y con lo que respecta a las partículas que son mucho más finas, se considera a la arcilla y el limo, y su análisis es realizado a través de sedimentación.

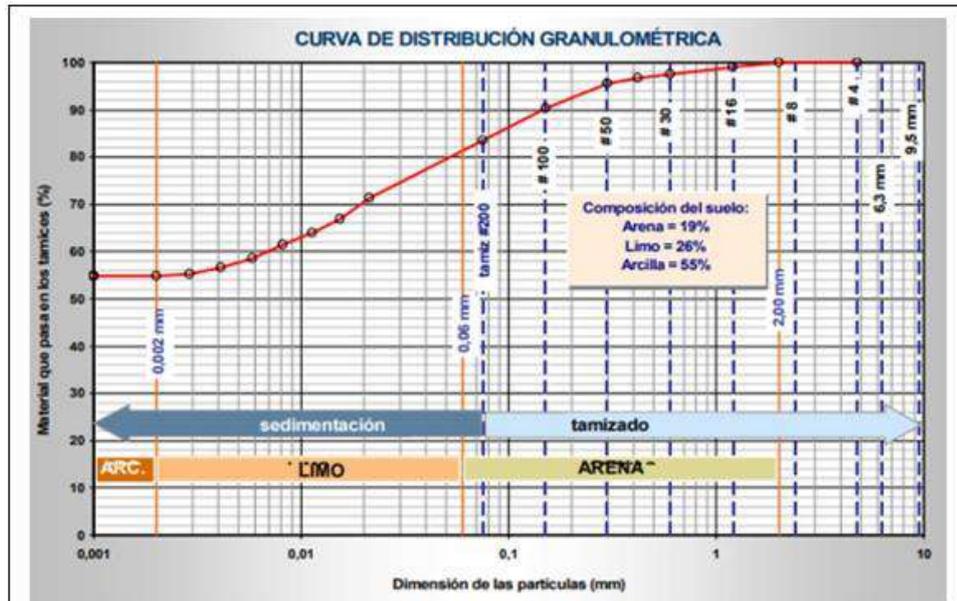


Figura 3: Ejemplo de la curva que cuenta con la distribución granulométrica, con prescripción de todas las divisiones que forman el suelo, asimismo, de aquellas franjas que son utilizadas para el ensayo de tamizado y también de sedimentación.
Fuente: (Lisboa: Rede Ibero-Americana Proterra, 2009)



Figura 4: son los ensayos de tamizados: serie de tamices modelo y unidad para el tamizaje.
Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, el suelo se encuentra formado por minerales, también se constituye de toda la materia orgánica, a su vez se forma de los pequeños y diminutos cuerpos vegetales y animales, del aire y de la propia agua. Por lo que se considera como un borde delgado que tiene forma de capa que se formó de manera muy lenta, y todo ello a través del tiempo, de años y siglos; todo ello desarrollado a través la desintegración que se formó por las rocas de la superficie y de cómo el agua accionó, teniendo cambios en su temperatura y en el propio viento (Lanly, 1996) .

En la ingeniería, se considera al suelo como el sustrato físico que refiere a donde se puede realizar diferentes obras de construcción. Por otro, en el rubro de urbanismo, se considera al suelo como aquel espacio físico en el que se puede realizar construcciones de diferente y diversa infraestructura.

Propiedades del suelo

Las propiedades físicas de los suelos, establecen en su mayoría la capacidad a la mayor parte de los usos a los que son sujetados por el hombre. La rigidez y también la fuerza de sostén, son las cualidades que definen en qué condición se encuentra el suelo, también definen el tipo de penetración, su capacidad de drenar, su aireación y por el almacenamiento que guardan de agua, su plasticidad, y también el retener los nutrientes. Por ello, que es considerado conveniente que donde se encuentren implicadas las personas, estas sepan del empleo de esa tierra, que puedan conocer sus verdaderas propiedades del suelo propio, para llegar a comprender a través de qué punto se puede realizar la medición de influencia, siendo que la misma actividad humana pueda modificarla, y así logre comprender cuán importante es conservarla en óptimas condiciones físicas posibles para el suelo.

Por la formación y estructura del suelo es materia orgánica, las cuales las proporciones de sus propiedades que la componen se clasifican en las siguientes perspectivas:

- ✓ **Propiedades físicas, químicas y físico – químicas.**
- ✓ **Propiedades mecánicas.**

La clasificación según su tamaño.

En la combinación de partículas según su tamaño, llamada también granulométrica, de los suelos, en donde la proporción referente de la materia según su peso por las diferentes fracciones, se consigue a través del desprendimiento de las pequeñas partículas que son de minerales, durante las clases ya sean dos o más que deban realizarse según el tamaño de manera recíproca que los excluya. Por otro lado, con respecto a las propiedades de las diminutas partículas que son algunas finas y otras clasificadas como gruesas de los suelos que se llegan a distinguir de manera considerable, empero, que no existe una clase de división que se natural radical de algún tipo de tamaño de las partículas. Ahora bien, para algunos propósitos se han detallado algunos ensayos que sirven de límites. De manera general se considera que el suelo se divide en tres diferentes clases según el tamaño: arena, limo y arcilla. Se empleó el análisis granulométrico, para poder precisar cómo se compone granulométricamente. Los métodos empleados para su análisis se encuentran basados con respecto al tipo de velocidad, pero en caída de dichas partículas de los suelos a través del agua aumenta su medida en el diámetro de estas, o en algún tipo de combinación empleando los tamices para así lograr la diferencia de estas partículas que son de tamaño grueso. Las clasificaciones más resaltantes e importantes son dirigidas y planteadas por el Departamento de Agricultura de U.S.A. y se encuentra formulada recientemente por la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo. La cual se encuentra expuesta y representada en la tabla 1. (L. Rucks, F. García, A. Kaplan, J. Ponce de León, & M. Hill, 2004).

Tabla 1:

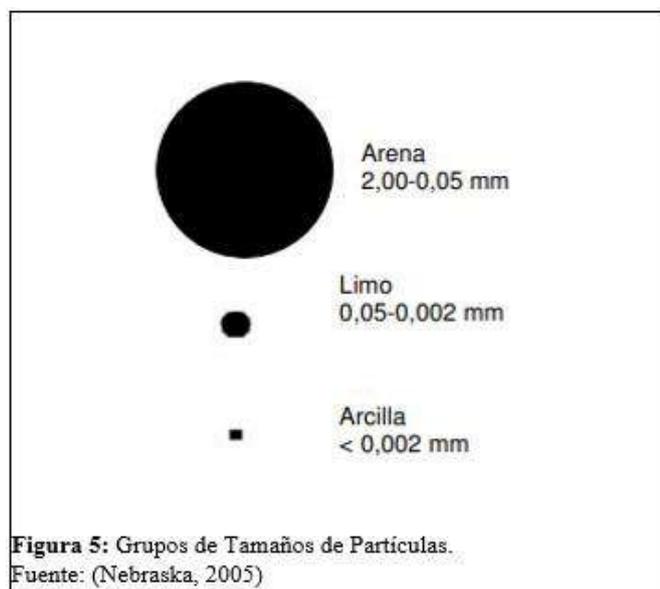
Clasificación de las partículas del suelo.

	Sistema del Depto. de Agricultura de EE.UU.	Sistema Internacional
Fración del Suelo	Diámetros límites en mm.	Diámetros límites en mm.
Arena muy gruesa	2.00 - 1.00	
Arena gruesa	1.00 - 0.50	2.00 - 0.20
Arena media	0.50 - 0.25	
Arena fina	0.25 - 0.10	0.20 - 0.002
Arena muy fina	0.10 - 0.05	
Limos	0.05 - 0.002	0.02 - 0.002
Arcilla	Menos de 0.002	Menos de 0.002

Fuente: (L. Rucks, F. García, A. Kaplan, J. Ponce de León, & M. Hill., 2004).

Cualquiera que sea las categorizaciones según su tamaño, poseen de manera común el 0.002 mm de límite, ello es para el fraccionar de la arcilla como tal y que se aplazan principalmente en su subdivisión de los fragmentos de arena.

Observando mejor en la siguiente figura N° 5, en la cual se observa que la cantidad de las partículas que son de arena, en las partículas de limo y las de arcilla, configurado en una test de suelo que delimita la distribución de partículas según el tamaño y se evalúa en un laboratorio o en el aula.



Textura:

Los géneros texturales (donde menciona tipos con proporción al tamaño de partículas que se encuentren combinadas), la cual se desarrolla en la figura N° 6. Referente a este tipo de clase, se desarrolla un determinado porcentaje de la arcilla, dicho acto es preciso para poder determinar el aumento y el descenso con respecto a lo que contiene la arcilla en los tipos de texturas. Esta vinculación entre los tipos de textura que son algunas básicas y a su vez del porcentaje de la arcilla, del limo y también de la arena que son orientadas en forma de un triángulo (Vargas Rojas, 2009).

Subdivisión de la fracción arena.

Este tipo de texturas tienen una subdivisión referente a la proporción que tiene la arena según si es de muy gruesa a una arena gruesa media, o si va en proporción de arena fina a muy fina. Se calculan cuando se encuentran en proporción de su tamaño contando que son estos gramos partículas, siendo la fracción de arena en total considerado como su 100% (Figura 6).

Estimación de las clases texturales en campo.

Los tipos de textura, permite que sea evaluado en campo, ya sea este a través de los ensayos, pero de desarrollo simple, además considerando los componentes del suelo. Debido a ello, el espécimen con el que cuenta el suelo tiene que encontrarse en un estado húmedo, o totalmente mojado revolviendo las gravas u otros tipos de constituyentes mayor a las 2mm.

Para esto los integrantes poseen la siguiente impresión:

- Arcilla: es aquella que puede adherirse a los dedos, ya que es pegajoso, teniendo como característica que es totalmente moldeable, ya que cuenta con una gran plasticidad, además de contar con la superficie brillante después de que se adherió a las manos.
- Limo: en este caso no tiene sensación pegajosa, si se puede adherir a los dedos, no es totalmente moldeable, al momento de sostenerlo se tiene una sensación áspera, y su presentación es como harinosa, como si fuera polvo de harina o talco.
- Arena: es totalmente granulosa, no se queda adherido a los dedos, ni tiene arreglo para moldearla (Vargas Rojas, 2009).

Como se ha descrito con anterioridad, la textura es la proporción entre los diversos volúmenes de las partículas tal cuán se alega en la tabla # 2.

Tabla 2:

Algunas familias texturales.

Clase	Características en la sección control
Arenosa	Textura arenosa o arenoso - franca
Franco gruesa	15% o más de arena y menos del 18% de arcilla
Franco fina	15% o más de arena y menos del 18 al 35% de arcilla
Limoso gruesa	Menos del 15% de arena y menos del 18% de arcilla
Limoso fina	Menos del 15% de arena y del 18 al 35% de arcilla
Fina	Del 35 al 60% de arcilla
Muy fina	Más del 60% de arcilla

Fuente: (Soil Taxonomy SSS, 1999)

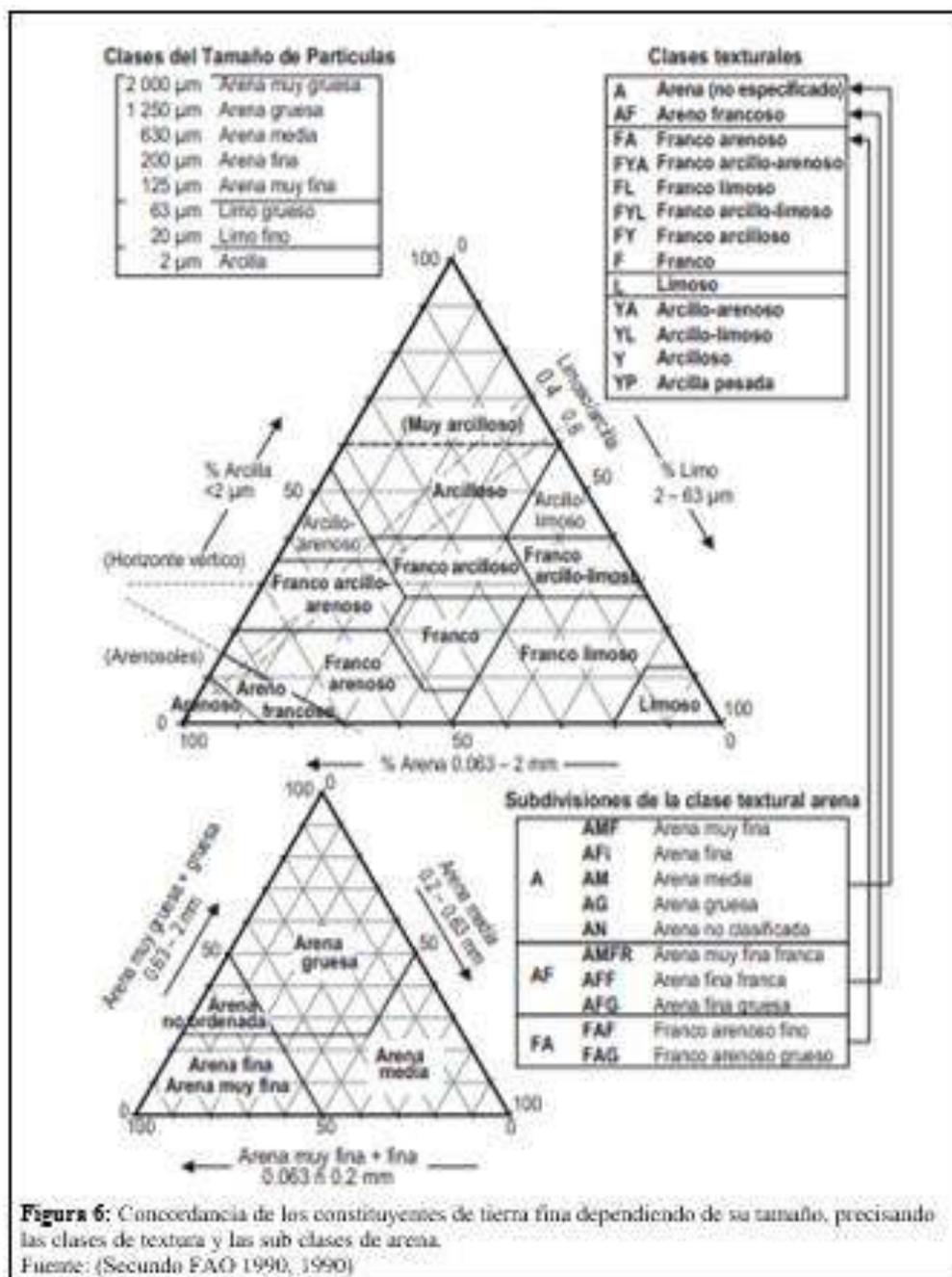


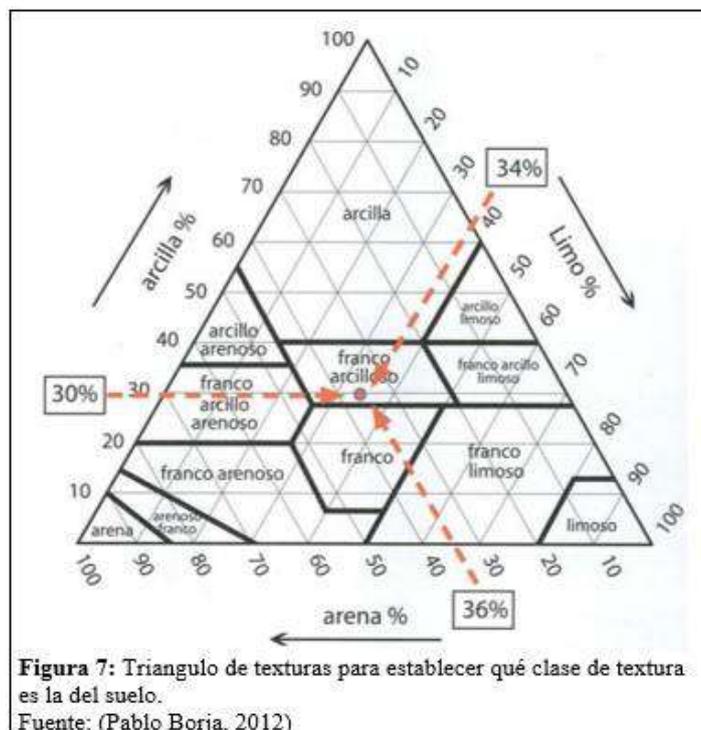
Figura 6: Concordancia de los constituyentes de tierra fina dependiendo de su tamaño, precisando las claves de textura y las sub clases de arena.

Fuente: (Secundo FAO 1990, 1990)

Según el ejemplo de (Pablo Borja, 2012), En el momento que se establecen los porcentajes del contenido de los elementos como el de la arcilla, limo y arena, determinamos los tipos de textura de los suelos, mediante una forma triangular de texturas. Por ejemplo:

Arcilla = 30%, limo = 34 % y arena = 36 %

Se ubican los valores expuestos dentro del triángulo de estas texturas y se realiza conforme lo expresa la figura a continuación; en este caso la clase de textura es de un franco arcilloso.



Porosidad del Suelo:

La metodología para establecer la porosidad total de los suelos, es durante el establecimiento de las densidades que son aparente y existente.

Estas densidades de un sólido es la conexión que hay entre su masa y el cuerpo que ocupa. Se simboliza por la letra ρ y tiene las dimensiones (M L⁻³). En los suelos la densidad es una de las peculiaridades muy significativas desde la perspectiva de su rama de ingeniería, ambas expresadas en g/cm³ (Gisbert Blanquer, Ibáñez Asensio, & Moreno Ramón, 2012).

Densidad Aparente.

Su nomenclatura (p_a , o también D_a). Es la vinculación vigente que existe de la masa de los sólidos y que hay con el volumen total (incluyendo poros) del suelo que éstos ocupan, donde el volumen es encargado de cubrir el espacio que hay y el cual es poroso. Es aquella particularidad que reconoce a la situación por la cual está el suelo referente al compacto, su porosidad, el recurso de agua y de oxígeno, (Sánchez Urbina, 2015).

$$D_a = \frac{p \text{ (gr)}}{v \text{ (cm}^3\text{)}}$$

Ecuación 1: Densidad aparente

En el que:

D_a = densidad aparente (gr)

p = peso del suelo seco a la estufa 105 °C

v = volumen (cm³)

Seguidamente, se muestran la tabla que proporciona la concordancia entre la densidad aparente, con la porosidad total. Cuanto más acrecienta la densidad aparente, ello hace que se disminuya su porosidad total. Observándose así perjudicado el medio de agua y de oxígeno.

Tabla 3:

Proporción que asocia a la densidad aparente y la porosidad total.

DENSIDAD APARENTE, G/CC	POROSIDAD TOTAL, %
<1.0	>63
1.0-1.2	55-62
1.2-1.4	47-54
1.4-1.6	40-46
1.6-1.8	32-39
>1.8	<31

Fuente: Elaboración propia.

Densidad Real.

Consiste en el promedio que es la cifra ponderada acerca de la densidad de estas partículas sólidas del suelo. Se encuentra relacionado exclusivamente conforme a su tamaño de dichas partículas sólidas del suelo; en definitiva, a su textura. Si las partículas son diminutas cubren menos espacio (V_T) a los que, si son grandes, y viceversa.

Es la concordancia del volumen que tienen las partículas del suelo, con el volumen de ellas, no contando con el espacio poroso. A través de la relación que se presenta a continuación se ve reflejado el estado de porosidad que posee el suelo (L. Rucks, F. García, A. Kaplan, J. Ponce de León, & M. Hill, 2004).

$$D_r = \frac{pss}{V_t}$$

Ecuación 2: Densidad real

Donde:

Pss = peso o masa de suelo seco en estufa a 105°C

Vt = volumen total ocupado por el suelo

Dr = densidad real

Estructura:

Evalúa el modo de qué manera se llegan a agrupar los sólidos o partículas de los suelos, por ende, estas unidades que son básicas de ese estudio con respecto a la marco del suelo se emplazan Agregados. Estos tipos de agregados son aquellos elementos resistentes durante el tiempo, por otro lado, los flóculos son situadas como un tipo de unidades pasajeras.

El esquema es aquella tendencia típica que son de genética del suelo, que se define con los siguientes parámetros: la forma o llamado también por su tipo, sus tipos o clases conforme a su tamaño y su grado en el que se desarrollan; esta estructura más favorecedora es la migajosa de tamaño medio.

La estructura con respecto a su resistencia frente al desgaste se le denomina Estabilidad Estructural por lo que genera que cuente con un gran mención de áridos > 3 mm y/o < 0.25 mm no es anhelado en la gran central de sus suelos. Es

por ello que, para obtener un análisis con lo que reconoce a tener estabilidad estructural, pero se debe tener cuidado en que no se debe incorporar el show de fragmentos de roca, pro o gravas de suelo petrificados, porque estos se llegan a distorsionar en su análisis. El procedimiento que es el que más se emplea para identificar si hay la estabilidad estructural del suelo, es el de tamizado en agua (Jaramillo Jaramillo, 2002).

Finalmente, este tipo de estructura de los suelos es aquella sistematización natural que tienen las partículas de los suelos, correspondientes a los agregados, del formal a proceso patogenético, registre Tipo, Grado y Tamaño como es detallado en la siguiente tabla.

Tabla 4: Caracterización del tipo y de la clase de estructura del suelo.

CLASE (Tamaño de los agregados) (mm)	TIPO (Forma y disposición de los agregados)						
	Laminiforme Orientación en un plano horizontal	Prismas Orientación alrededor de un eje vertical y caras verticales bien definidas		Poliedros Orientación alrededor de un punto		Esferoides Orientación alrededor de un punto	
		Sin redondeamiento en partes superiores	Con redondeamiento en partes superiores	Vértices angulosos	Vértices redondeados	Muy poco porosos	Porosos
		LAMINAR	PRISMÁTICA	COLUMNAR	BLOQUES ANGULARES	BLOQUES SUBANGULARES	GRANULAR
MUY FINA	< 1	< 10	< 10	< 5	< 5	< 1	< 1
FINA	1 a 2	10 a 20	10 a 20	5 a 10	5 a 10	1 a 2	1 a 2
MEDIA	2 a 5	20 a 50	20 a 50	10 a 20	10 a 20	2 a 5	2 a 5
GRUESA	5 a 10	50 a 100	50 a 100	20 a 50	20 a 50	5 a 10	
MUY GRUESA	> 10	> 100	> 100	> 50	> 50	> 10	

Fuente: (Jaramillo Jaramillo, 2002)

En la imagen se exhibe algunos casos de tipos de estructura del suelo.

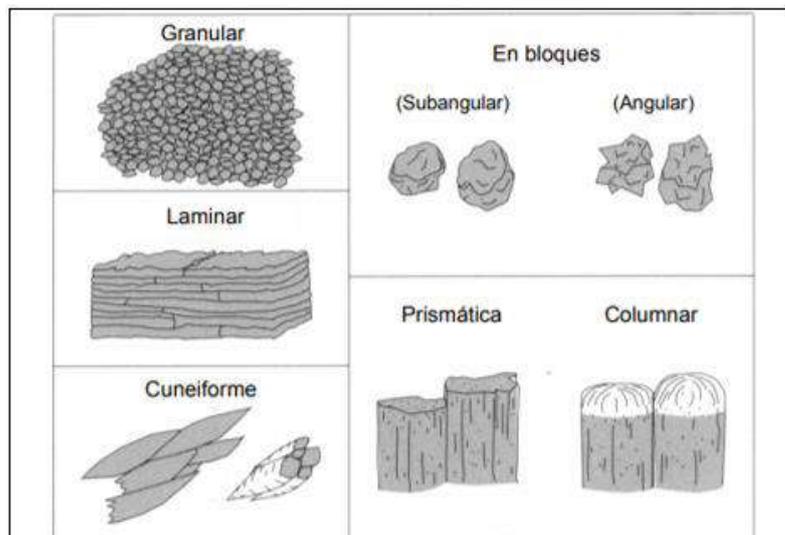


Figura 8: Ejemplos de tipos de estructura del suelo.
Fuente: (Schoeneberger, Wysocki, Benham, & Broderson, 1998)

Detallamos cada característica de los ejemplos de estructuras de cada suelo.

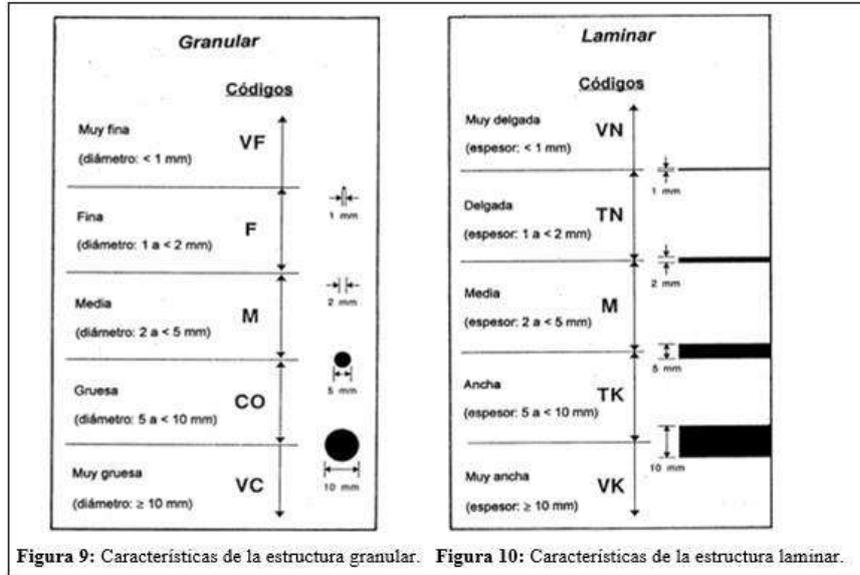


Figura 9: Características de la estructura granular. Figura 10: Características de la estructura laminar.

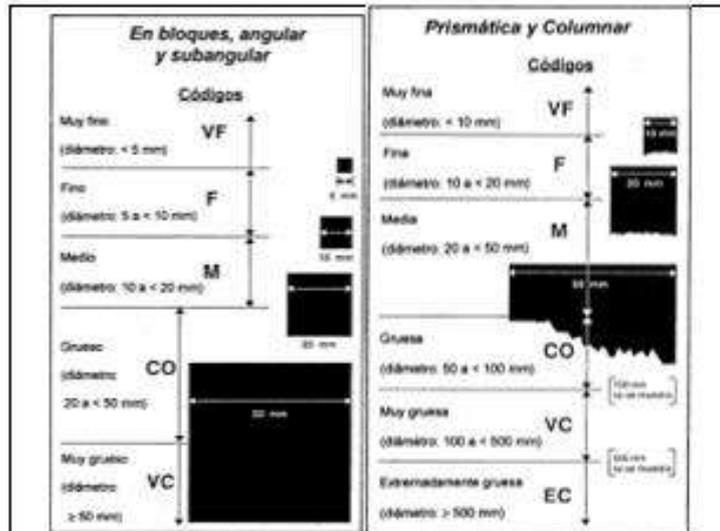


Figura 11: Características de la estructura en bloques, angular y subangular.

Figura 12: Características de la estructura prismática y columnar.

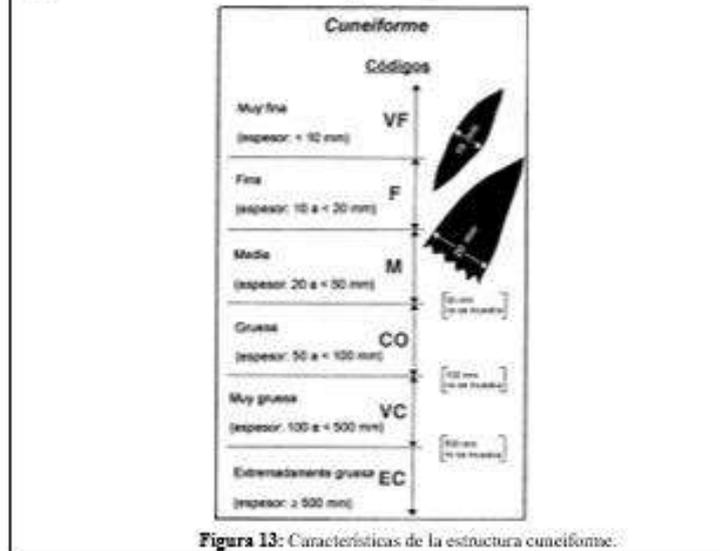


Figura 13: Características de la estructura cuneiforme.

Color:

Uno de los componentes morfológicos más notorio que guarda conexión inmediata en las condiciones atmosféricas, el dinamismo, cuantía de organismos, mutación de la tierra, relocalización del fluido del suelo, y la solidez de nivel orgánica. Superficialmente se pueden inferir distintos procesos y sucesos que han acaecido en el suelo a lo largo del tiempo.

Según (Jaramillo Jaramillo, 2002), tenemos de recordar y tener en cuenta estas características siguientes del color de un suelo:

- El color destella excelente constitución de sólidos que porta el solar.
- El color es útil para localizar la acción de pocos procesos patogenéticos.
- Se define al color de un suelo, por comparación, mediante tablas de tonalidades en pruebas mojadas, bajo la luz neta.
- Se detalla tres indicadores en el color: matiz, claridad y pureza.
- En efecto a más mínimo claro y menos de pureza, es el color más oscuro.
- Por lo general el color casi siempre no es homogéneo en el contexto del suelo, pueden surgir manchas de otros colores, con distintas formas y tamaños, dentro de un color de fondo, homogéneo.

Tipos de suelo

En adelante, los suelos más frecuentes se definen con nombres comúnmente empleados por el erudito para dicha identificación (Crespo Villalaz, 2004).

a) Gravas

Las gravas son pedazos de rocas sueltas acumuladas ya que tienen más de 2 mm de diámetros, por lo tanto, son redondeadas al sufrir desgastes en sus aristas cuando son acarreadas por las aguas.

b) Arenas

Son partículas que fluctúan de 2 mm a 0.05 mm de diámetro, las cuales reciben son llamados granos finos, que resultan de la desintegración y/o

trituration artificial de las rocas. Donde la aparición de la arena que es semejante a las gravas; no retienen el agua.

c) Limos

Comúnmente son aquellos granos finos con escasa plasticidad, consiguiendo ser limo inorgánico como el que se produce en canteras, o como el que se halla en los ríos que son limos orgánicos adquiriendo perfiles plásticos. Las dimensiones de las estas están entre 0.05 y 0.005 mm, por ello son suelos que no filtran el agua rápidamente.

d) Arcillas

Está constituida por partículas macizas de diámetro < 0.005 mm, al estar combinada con agua su masa tiene la adecuación de volverse plástica. He ay algunas instituciones plantean como arcillas a las menores de 0.002 mm. Estos suelos son casi impermeables pero muy compactos en ausencia de agua.

➤ **Suelos Cohesivos y Suelos NO Cohesivos**

La peculiaridad que hace diferentes los tipos de suelos es la cohesión. Conveniente a esto los suelos se califican en “cohesivos” y “no cohesivos”.

Suelos Cohesivos:

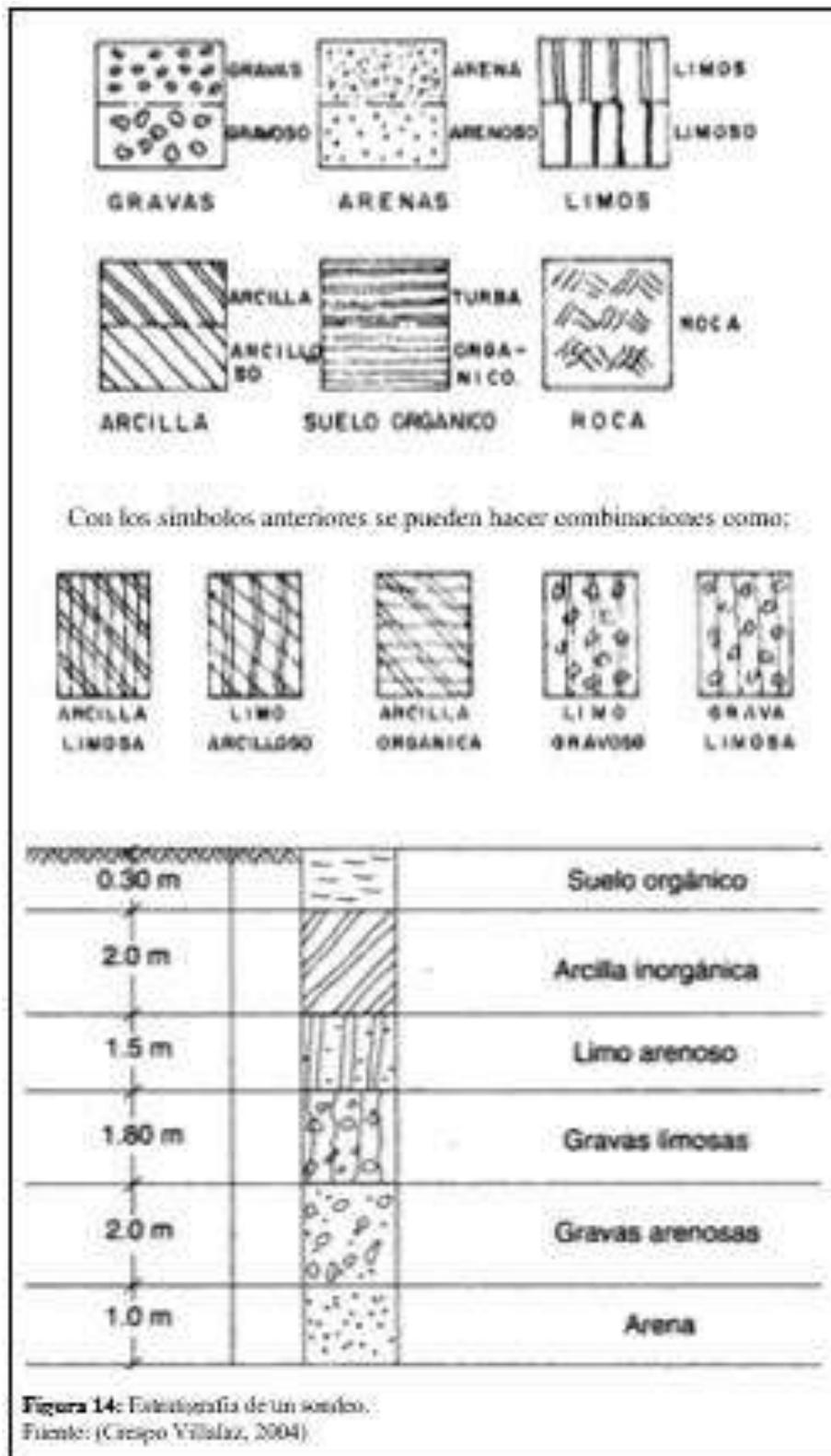
El suelo cohesivo comprende partículas pequeñas y suficiente arcilla, son los que poseen cohesión, o sea la propiedad de atracción intermolecular.

Las partículas del suelo tienden a adherirse a sí mismo (interacción agua partícula). suelos plásticos. (Arcillas).

Suelos NO Cohesivos:

Llamamos suelos no cohesivos aquellas partículas compuesto de rocas sin ninguna cementación, como la arena y las gravas.

Es cuando las partículas del suelo no se agrupan ni se unen, y sus partículas son bastantes grandes, a estos son llamados suelos granulares o fraccionantes (Gravas, arenas, limos) (Crespo Villalaz, 2004).



Estabilización de suelos

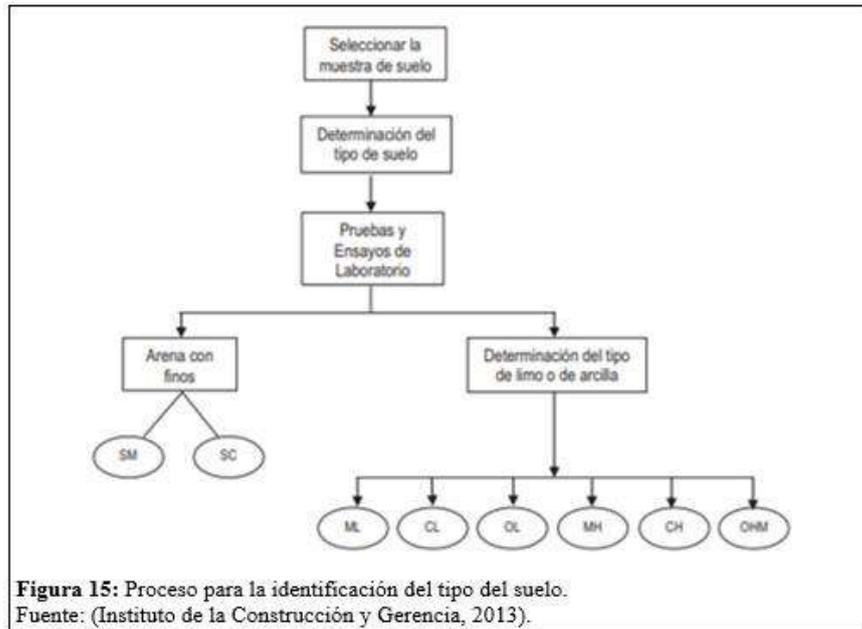
La importancia de la estabilización de suelos es, por razones técnicas, económico y ambientales, para poder sacar provecho a las propiedades del material existentes, incrementando su cmarcha, mediante aplicaciones de diferentes técnicas, procesos y maquinarias.

En particular se denomina estabilización cuando se hace más estable, aumentando su densidad al suelo, como el progreso de las propiedades físicas mediante alternativas mecánicas e incorporando productos químicos y/o ecológicos.

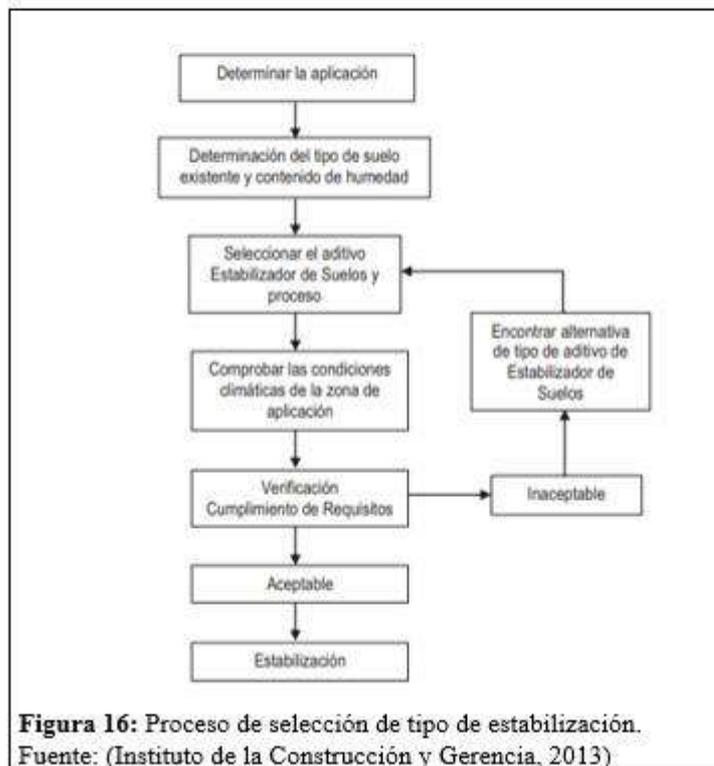
El especialista en ingeniería de carreteras debe saber que la estabilización es un aspecto económico, lo que es preferible emplear un mejoramiento del suelo del lugar, que trasladar otro material bastante lejos. Dicha estabilización de suelos corresponde a un sistema a través de la integración de un conglomerante, para acceder a su aprovechamiento (Rodríguez Arias, 2015).

Dicha estabilización, se suele efectuar en suelos con calzadas insuficientes o deficientes, a tal efecto se denominan estabilización suelo cemento, calcáreos, asfaltados y varios otros productos. La estabilización de suelos incluye dotarlos, de resistencia mecánica y la persistencia de estas propiedades en un lapso periodo del tiempo. Estas técnicas varían, tras la inserción de otro tipo de suelo hasta la incorporación de más estabilizadores. Independientemente del mecanismo de estabilización que se adopte se requiere un proceso de compactación.

A continuación, se muestra la figura de una técnica con el fin de identificar el tipo de suelo a determinar.



Y en este siguiente diagrama se sintetiza el mecanismo con el fin de establecer la estrategia apropiada para la estabilización.



Algunos tipos de estabilización más comunes según: (Ramos Vásquez & Lozano Gomez, 2019) se mencionan a continuación:

➤ **Estabilización Física.**

Esta estabilización se saca provecho para cambiar las propiedades físicas del suelo cambiando la mezcla en el suelo, mejorando así la calidad del suelo, existen diferentes sistemas, por ejemplo: geotextiles.

➤ **Estabilización Mecánica.**

Para que un suelo no se genere reacciones químicas debe lograr concretar esencialmente su: compactación y mezcla de suelos.

➤ **Estabilización química.**

Hay sustancias químicas que se ejercen en el suelo y que la estabilización química saca provecho en las que la reacción que convierte sus moléculas y iones compuestos cambiará la estructura del suelo. Estos materiales incluyen:

- Cal; es un aglomerante que declive su plasticidad de suelos arcillosos.
- Cemento portland; es un conglomerante que alza la firmeza de los suelos, por lo general se ve en arenas o gravas finas.
- Producto del petróleo; es un fármaco asfáltico de patente triturado con una diminuta cohesión.
- Cloruro sodio y **Cloruro de Calcio**; es un compuesto que pone el suelo hermético y disipa los limos del suelo.
- Escoria de fundición; eminentemente son utilizados en carpetas asfálticas este dota de una creciente resistencia.
- Los polímeros; cubren la superficie y atenúan la vida útil de la carpeta asfálticas para una mayor resistencia.
- Hule de neumático; por costumbres dan mayor resistencia a las carpetas asfálticas.

Estabilización de subrasante

La particularidad inusual que delimita la propiedad de los materiales, de la subrasante de un suelo es el módulo de resistencia (Mr). Por lo tanto, la capa que descansa la calzada es la subrasante.

Se le denomina estabilización de suelos cementosos, suelos calcáreos, suelos asfálticos y varios otros productos de dicha estabilización que se suele desarrollar en suelos con calzadas insuficientes o deficientes (Dirección General de Inversión Pública-DGIP, 2015).

De este modo consiste que la estabilización de capa de subrasante, puede funcionar como capa de ruedo ya que se le puede incorporar un aditivo para que tenga la finalidad de alcanzar el cumplimiento de los requerimientos de un material granular como es el caso de materiales de préstamo que llegan en sí a mejorar las propiedades mecánicas de las capas granulares de una estructura del pavimento .

En esta clase de estabilización con cloruro de calcio se aplica en la construcción de pavimentos, por eso primero vamos a ver cómo trabaja la subrasante.

Comúnmente el enfoque de una subrasante este sujeto a tres categorías básicas, cuya clase se encuentran interrelacionadas entre sí, las cuales son:

➤ **La Capacidad Portante:**

La subrasante tendrá que contar con la verdadera capacidad de poder lograr tener un soporte de estas cargas que fueron dadas por un tipo de estructura en el pavimento. Con la finalidad de tener el pavimento para poder brindar una superficie que sea buena y confortable frente al tránsito de los autos. En consecuencia, es fundamental que la subrasante pueda ser capaz de poder lograr el soporte en una gran cantidad de repeticiones en la carga sin que presente algún tipo de deformación.

➤ **Contenido de humedad:**

El desigual grado que tiene la subrasante de humedad, lograr causar daño en un sentido muy determinable en su capacidad de producir carga, ello puede afectar porque puede hacer que se provoque muchas contracciones que no desea o puede provocar también expansiones, y ello puede ser más preciso si se trata de suelos de carácter fino. Este contenido puede llegar a afectar esencialmente por dichas

condiciones que se dan en el drenaje, cuando se eleve el nivel del freático, su infiltración, entre otros. Asimismo, una subrasante que contenga un gran contenido de esta humedad va a sufrir diversos tipos de deformación de manera temprana frente al paso de las cargas que son de la invitación de vehículos.

➤ **Contracción y/o expansión:**

Algunos tipos de los suelos pueden contraerse o estos se pueden expandir, todo ello si depende del grado que tiene en plasticidad y del grado del contenido de humedad. Cualquier tipo de pavimento que puede ser edificado sobre este tipo de suelos, puede llegar a tener deformaciones o a tener un deterioro temprano, si es que no se toman las medidas correspondientes. Para poder lograr evitar que dichas deflexiones admitidas en la subrasante logren excederse dentro de los límites señalados, aquí deberá cumplirse en que el tipo de presiones transmitidas por dicha carga se mantiene aún bajo del nivel del valor de carga que se usa como máximo para llegar a ser transmitida en el suelo, por ello tendrá que ser tomado a cuenta el tránsito que es del diseño mediante los números de repeticiones que tiene la carga, esas deflexiones máximas que se esperan y también el CBR que tiene como material con el que realizará dicho mejoramiento.

El ensayo de C.B.R. tiende a tener una medida de resistencia a esta clase de corte, que es dado en el esfuerzo cortante, de los suelos que se encuentran sometidos a las condiciones que les impone la humedad y a su vez la densidad que se encuentra controlada; asimismo, la ASTM lo llama a este tipo de ensayo como aquella nexa de soporte y que esta se encuentra regido por el número de la ASTM D 1883-73.

En este caso el ensayo que ha sido más empleado es el de CBR, quien es el que simboliza su relación con porcentajes, frente al esfuerzo que se debe dar para poder entrar en un pistón con una profundidad que se da en el suelo en el que se dio el ensayo, y con el esfuerzo que se requiere para entrar en un pistón idéntico, con los mismos rasgos en su profundidad, todo ello desarrollado mediante la muestra de un tipo de piedra triturada.

Tabla 5:

Clasificación de las categorías de la subrasante.

CBR	Clasificación general	Usos	Sistema de Clasificación	
			Unificado	AASHTO
0 - 3	muy pobre	subrasante	OH,CH,MH,OL	A5,A6,A7
3 - 7	pobre a regular	subrasante	OH,CH,MH,OL	A4,A5,A6,A7
7 - 20	regular	sub-base	OL,CL,ML,SC, SM,SP	A2,A4,A6,A7
20 - 50	bueno	base, sub-base	GM,GC,W,SM SP,GP	A1b,A2-5,A3 A2-6
> 50	excelente	base	GW,GM	A1-a,A2-4,A3

Fuente: Elaboración propia.

1.3.2 Variable dependiente: Cloruro de Calcio (CaCl₂)**Cloruro de Calcio**

Este elemento del cloruro de calcio QUIM KD40 es aquel tipo de elemento de origen industrial que se desarrolla en QUIMPAC desde su reacción química por la caliza, que es el mismo carbonato de calcio, junto con el ácido clorhídrico.

El resumen de QUIM KD40 cuenta como complementos a las intervenciones de aditivos que son quienes hacer que se le dé al producto final una mejor imagen, con mejor equilibrio y que tenga la calidad que se debe tener para estar dentro de los márgenes para poder cumplir de manera eficaz con las atenciones en las que se encuentra dirigido.

El Ca Cl₂ tiene un comercio en su estado líquido que se debe encontrar bajo una designación de QUIM KD40 y que se encuentre con un enfoque del 40%, este es un líquido higroscópico transparente de aspecto cristalina que se encuentra exento de las partículas en suspensión y que son translucido por medios corrosivos que son realizados a grandes niveles de temperaturas, el cual no es inflamable.

Este elemento puede ser vendido en cisternas en forma de granel, las medidas de los tanques de las cisternas donde es vendido tienen que tener la capacidad de 25, 15 y de 10 tn, tendrá los bidones que tengan capacidad de 55 galones y Hoovers Drums x 1000 L. Por lo cual es recomendable que sea utilizado antes de que tenga los cinco años que se cuentan a partir de su fabricación, que cuente

con las condiciones que sean las necesarias para su almacenamiento (Quimpac S.A., 2001).

Tabla 6:

Especificaciones Técnicas del Cloruro de Calcio.

Cloruro de calcio	40	(%) w mín.	como CaCl ₂
Sulfato de calcio	0.04	% w máx.	como CaSO ₄
Cloruro de sodio	310	ppm máx.	como NaCl
Hierro	1.5	ppm	como Fe

Fuente: (Quimpac S.A., 2001).

Propiedades

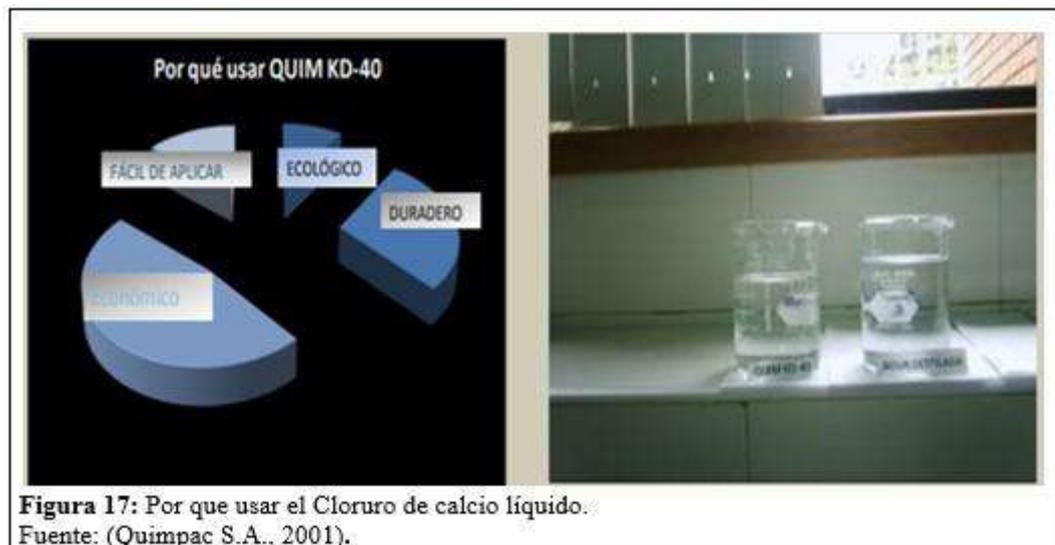
- Apariencia → Solución translúcida, es claro o levemente amarillo.
- Densidad → 1.38 – 1.42 g/ml.
- pH → 7 - 8.
- Otras propiedades → Solución deliquescente, Se diluye en la humedad que impregna creando una solución clara, invulnerable a la evaporación.
- Solución crioscópica. Con la capacidad de disminuir el punto de congelación de la solución a -50.6° C.
- Supresor de polvos en numerosas clases de carretera. Su labor es de larga duración al paralizar la humedad por período indefinido.
- Corrosividad negativa. Se encuentra a bajo nivel de contenido de cloruro de sodio (máximo 310 ppm).
- Toxicidad negativa. No establece algún tipo de peligro afectando el medio ambiente.

Usos

- Control de polvos y estabilización de vías. → Industria minera
 - Fertilizante (como aportante de calcio). → Agricultura
 - Acelerador del fraguado en el concreto.
 - Estabilización de las vías.
 - Lastrado de llantas de tractores y equipo mecánico.
 - Conserva los líquidos a muy bajas temperaturas. → Refrigeración
- } Industria de la construcción y caminos

- Remoción de humedad del aire. → Otros

Quimpac cuenta un programa denominado “Cero Generación de Polvo”, en el cual el producto Quim KD-40 tiene una gran importancia, mediante el que se desea lograr la satisfacción de crecer en torno a los usuarios y a sus necesidades, priorizando un total sistema de ahorro, teniendo en cuenta que sea de modo económico, además priorizando que el trabajador pueda contar con salud y a su vez también se cuide al medio ambiente(Quimpac S.A., 2001).



Este tipo de material se emplea fundamentalmente en las siguientes industrias:

❖ **En la Construcción:**

En este tipo de concreto que funciona como aquel acelerador en el fraguado, el elemento del cloruro de calcio, es que se eleva la resistencia tanto la inicial y la final. Para ello, se adiciona de modo proporcional tener un tipo de condiciones que sean buenas y a favor para que haya hidratación mediante el tiempo de fraguado y cuando el concreto llega a mostrar su endurecimiento, lo cual va a permitir que exista una más grande densidad y un mayor trabajo. Sin embargo, cuando se trate de los tipos de concretos que son pre fabricados, como por ejemplo las locetas, los bloque, o tubos, entre otros, cuando el cloruro de calcio logra incorporarse en el concreto hace que exista un reducción en el periodo de las formas y modelos, por lo que se tiende a reducir de manera notable con una proporción de partiduras, o rajás, etc.

❖ **Como Medio Refrigerante:**

Cuando al elemento del cloruro de calcio (Ca Cl_2) se mezcla con el agua este logra presentar significativas aplicaciones como aquel método refrigerante, porque este tiene todas las características, como el efecto de manera corrosiva que se encuentra en constante contacto con los metales, el cual es menor y no cuenta con algunos cambios que sean de notar, como el precipitar cuando se tiende a que se logre una contaminación con los escapes que genera el amoníaco.

❖ **En el Transporte:**

Para mejor la tracción de los vehículo, se practica el tener que introducir a presión el agua sobre las llantas pero de lo vehículos grandes como los transportes, eso se realiza en todo el equipo de mecánico con la finalidad de incrementar en a las máquinas y estas puedan tener una mejor tracción. Esto es, que gracias al cloruro de calcio que es disuelto en el agua que tienen las llantas, se logra adicionar un peso ideal y ello impide que se afecten por el congelamiento de los lugares que tengan climas fríos.

❖ **Sobre Carreteras:**

Tiene la retención de la humedad y lo realiza por tiempos largos. Este tipo de propiedades sirve de mucha ayuda en las situaciones en las que se debe amenorar el levantamiento de mucho polvo en dichas carreteras que aún no se encuentran pavimentadas, lo que logra su disminución para los gastos en el constante mantenimiento.

❖ **En la Industria Química:**

Hay fuentes del elemento del Ca (calcio) dentro de cuando se produce los fertilizantes. Todo ello, cuando se producen las sales del elemento del calcio.

❖ **En la Minería:**

Mediante el proceso por el que se realiza el lavado del carbón mineral, hacia dicha separación de la materia mineral expulsa a través de la humectación.

❖ **En la Industria del Petróleo:**

Aditivo para perforación.

Finalmente, según (De Vicente, 2007) el elemento, cloruro cálcico, es un agente que se encarga de la estabilización de aquellos suelos que son más económicos, siendo este utilizado en favor del beneficio que genera, ya sea en la edificación de bases para carreteras o autopistas, como también en el desarrollo de capas sub bases, así como también en las capas de rodadura de los caminos que son ordinarios en lo que corresponden de tierra.

Estabilización con Cloruro de Calcio

El cloruro cálcico es aquel agente estabilizador que se encarga de la estabilización de aquellos suelos que son más económicos, siendo este utilizado en favor del beneficio que genera, ya sea en la edificación de bases para carreteras o autopistas, como también en el desarrollo de capas sub bases, así como también en las capas de rodadura de los caminos que son ordinarios en lo que corresponden de tierra.

Se ha señalado que con la ayuda del cloruro de calcio es que se reducen entre las arcillas las llamadas fuerzas de repulsión, sin embargo, existen autores que señalan y afirman que la película que forma el fluido que envuelve a las partículas, en donde se puede visualizar eléctricamente fortalecida con el complemento del cloruro de calcio, a tal punto que se pueda expandir de manera notable la unión aparente.

El uso del cloruro de calcio, tiene como finalidad primordial reducir la restricción y reducción del polvo desde ese entonces por la década de 1930 se emprendieron a realizar pesquisas, en torno a sus efectos en el suelo con lo que aumentaron la densidad al compactar y de aumentar si densidad. El cloruro de calcio permite rescindir aspirando la humedad que posee el aire y de algunos

Los suelos que mejor responden al tratamiento eran las compuestas de materiales de diversos tamaños, incluyendo un pequeño porcentaje de finos ligeramente plásticos, formando una granulometría bien graduada.

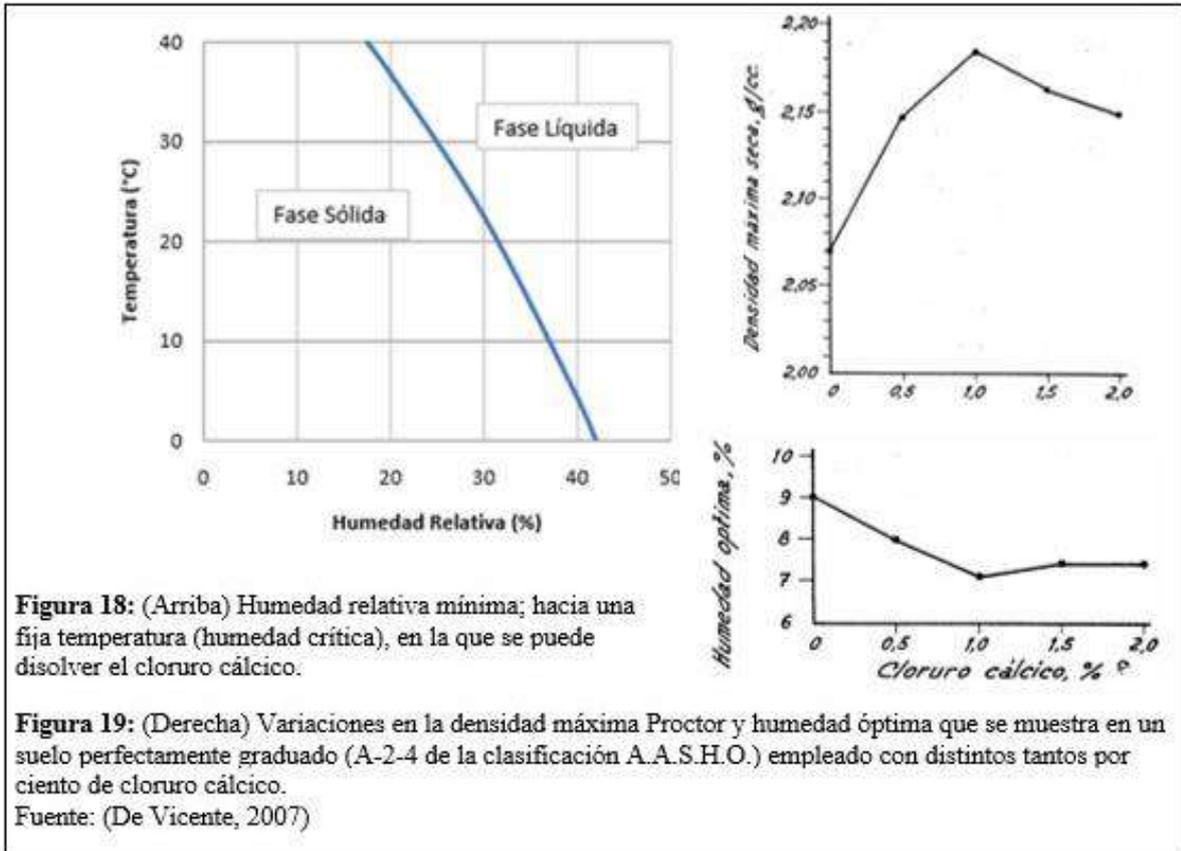


Figura 18: (Arriba) Humedad relativa mínima; hacia una fija temperatura (humedad crítica), en la que se puede disolver el cloruro cálcico.

Figura 19: (Derecha) Variaciones en la densidad máxima Proctor y humedad óptima que se muestra en un suelo perfectamente graduado (A-2-4 de la clasificación A.A.S.H.O.) empleado con distintos tantos por ciento de cloruro cálcico.
Fuente: (De Vicente, 2007)

La propiedad con la que cuenta el cloruro de calcio, se refiere a la retención del agua como solución, tarea que, al evaporizarse el retrete se realiza con mayor traba, incitar de gamas rondas para mantener la humedad intacta y lo realizan con el tanque que hace su regado, y la tensión sea más compacto. Propiamente dicho, los suelos son desarrollados con el cloruro de calcio, para que puedan causar una densidad seca pero sustancialmente al tope.

Si es de mantener la humedad en la compactación de los suelos granulares, donde el $CaCl_2$ alarga el periodo de tiempo, durante la compactación y obtener la humedad optima.

Producto: Cloruro de Calcio al 40%			
Fórmula química: CaCl ₂			
Otras Denominaciones: Cloruro de calcio líquido			
Especificaciones Técnicas			
Características	Límites	Unidad	Métodos de Ensayo
Cloruro de Calcio (como CaCl ₂)	36 – 40.5	% w/w	CCLPT001
Sulfatos (como CaSO ₄)	Máx. 0.40	%w/w	CCLPT002
Hierro (como Fe)	Máx. 5.0	mg/L	CCLPT004
pH	7.0 – 8.5		CCLPT005
Densidad (a 25° C)	1.35 – 1.41	g/mL	CCLPT006
Turbidez	Máx. 5.0	NTU	CCLPT009
Aspecto	Líquido transparente exento de partículas en suspensión.		

Figura 20: Detalles técnicos del cloruro de calcio.
Fuente: (Quimpac S.A., 2001)

Concluyendo, el cloruro cálcico resulta beneficioso en la edificación de las bases y las sub - bases porque retiene la humedad durante la compactación y hace aumentar ligeramente la densidad de los suelos para un mismo esfuerzo de compactación. Su uso es recomendado en los suelos de grava – arcilla, grava – arena – arcilla, grava – arena y caliza machacada. Es también muy efectivo, así como paliativo de la tierra en el polvo en carreteras de tierra (De Vicente, 2007).

➤ **Efectos del cloruro cálcico como agente estabilizador de suelos**

Efectos beneficiosos:

- a) Conservan la humedad durante el procedimiento y desarrollo de compactación.
- b) Se incrementa la densidad máxima, para un solo trabajo de compactación.
- c) Conservan la humedad en la superficie del pavimento, logrando que haya menos acumulación de polvo producido por el tránsito y haciendo que se retengan los agregados en la carretera.
- d) Baja la temperatura que tiene en este caso del agua, ya que con ello son los suelos que se les causa menos impresión de la helada.
- e) Se incrementa la densidad en el “curado”.
- f) Provee cationes de calcio, que logren tener mejoras en los caracteres de las arcillas.

Limitaciones de su Empleo:

- a) Se encomienda utilizarse con los suelos perfectamente graduados.
- b) Se diluye y por las aguas de lluvia es arrastrado.
- c) Para utilizarse como un paliativo del polvo, entonces tendrá que ser mayor la humedad relativa, en vez de la crítica durante parte del día.
- d) Cuando se emplea a través de tratamientos superficiales, las partículas de cloruro puede que estos se depositen en vehículos, para acentuar la corrosión que se dé en las partes metálicas

➤ Construcción con Cloruro de Calcio

Para todos los trabajos en los que se estabilizan los suelos es fundamental que se empleen los diversos tipos de maquinaria, pero, en esta necesidad se encuentra la economía de la metodología de la estabilización que es para todos los tipos de suelos, ya que al momento de desarrollar el revuelto, dosificación, distribución, y/o la compactación, etc. Pues esta recta clase de tarea con más costo, difícil y perjudicial para salud, todavía en los países en los que el desarrollo del trabajo a mano de obra es muy económico. Asimismo, el producto que se obtiene al finalizar trabajado, pero a mano de obra, tendría otro tipo de calidad, siendo tan inferior, que sería difícil e imposible poder edificar pavimentos que sean duraderos con este. Por lo que, el elemento final obrado a mano sería de un status menor que no se podría construir pavimentos duraderos con él.

Pueden ser utilizados diferentes clases de maquinarias, dependiendo de cada etapa para el desarrollo de la estabilización de suelos, no obstante, se tiene en cuenta que algunas maquinarias tienden a producir un material de mejor calidad, con más uniformidad o también estos son económicamente mejores para poder manejar a comparación de otros.

La mezcla del cloruro con los demás agregados se desarrollan in situ con motoniveladoras, a través de diversas pasadas o en algunos casos solo hace falta una, este tipo de maquinaria desarrolla un tipo de mezcla adecuadamente uniforme y son mediante estas que son recomendables utilizar. Si no se tiene

motoniveladoras, pueden realizarse la mezcla con el uso de cualquier otro tipo de maquinaria.

La experiencia con la que cuente el ingeniero, es aquella que debe realizar en cada orden de empleo por cada compactador, asimismo de las veces que deba realizarse las pasadas para logra la densidad que es esperada, y se da de una forma aún más económica.

➤ **Conservación de las Capas estabilizadas con Cloruro de Calcio**

Para su mantenimiento de capas que están realizadas de la base o de la sub base estabilizadas con CaCl_2 en donde no exista una capa de rodadura se debe conservar para reducir el desgaste y conservar la capa de rodadura en el mejor estado posible.

Así se debe aplicar el tratamiento con cloruro cálcico, esto se dará las veces que se muestre que existe una excesiva resequedad de la superficie. Ya que dependerá de las veces de las pasadas con la motoniveladora en las carreteras que son tratadas con el cloruro de calcio, ya que este es mínimo a las carreteras que no son tratadas, pero que no tienen que tener el descuido de tener pasadas con la motoniveladora, cuando la vía lo necesite así, especialmente después de una lluvia.

1.3.3 Impacto ambiental.

Esto se da cuando existe una tránsito vehículos más fluido que generan levantamiento de polvo cuando se realizan en vías que no se encuentran afirmadas, puesto que ello conduce a resultados negativos para aquellos asentamientos o población en general que se encuentren en dicha zona o cerca a esta; este tipo de vías son aquella que tienen mayor facilidad para llegar a deteriorarse, puestos que siempre están requiriendo intervenciones para su mantenimiento y que se encuentre en mejores condiciones. Por lo que se tuvo como finalidad el poder evaluar cuan efectivo es el cloruro de calcio (Ca Cl_2) como un agente que logra la estabilización de las carreteras o vías que no se encuentran afirmadas, centrándose en un estudio de los sectores urbanos, es por ello que se prioriza minimizar estos daños con este agente estabilizador y que se

garantice de que no es un peligro frente al medio ambiente (Orobio, Portocarrero, & Serna, 2007).

En el desarrollo del estudio de su investigación, conforme a lo que se plantea de manera institucional de la Universidad, se ha tratado de que sea este realizado en un mínimo impacto ambiental posible. Se tuvieron en almacenes en sacos, a los suelos, para que pueda evitarse que el material se esparciera; de esta manera en sus estudios mediante los ensayos, se procuró que todos los desperdicios fueran eliminados, como por ejemplo las bolsas plásticas, entre otros restos que no eran necesarios, esto fue realizado en el botadero de la misma casa de estudios, los cuales fueron llevados cada semana en los rellenos de la ciudad (Orobio, Portocarrero, & Serna, 2007).

También es necesario que se pueda realzar que cuales quiera que sea el estabilizador a utilizar se debe contar con un espacio que sea el necesario para que estos equipos se puedan desenvolver y realizar el trabajo en el suelo, pero con un previo al depósito en el territorio definido, lo que causa una clase de resultados negativos por ser considerados de su entorno urbano, y que se realizan específicamente cuando existen viviendas que ya se encuentran habitadas (Ministerio de Vivienda y Urbanismo - Minvu, 2018).

1.3.4 Seguridad y salud ocupacional.

La presente investigación tiene como base legal los lineamientos, procedimientos y estándares del sistema que brinda a la gestión de seguridad y salud en el trabajo (SG-SST), a fin de alcanzar su éxito en la prevención de accidentes, enfermedades ocupacionales e incidentes medioambientales. siendo este sistema un instrumento para la acción y la cultura preventiva de accidentes, sensibilizando y promoviendo la participación activa de los trabajadores con la finalidad de poder impedir y advertir daños en la salud. Todo trabajador cualquiera que sea su relación laboral bajo cualquier modalidad o servicio, están obligados a cumplir con la norma contenido a la seguridad y salud ocupacional (Santamaría, 2017).

También se recomienda un sistema de ventilación local y/o general al manejo de este producto, para mantener las exposiciones del trabajador tan bajo como sea posible. Generalmente se prefiere ventilación local exhaustiva porque puede controlar las emisiones del contaminante a su fuente, previniendo la dispersión en el área de trabajo general. Mantenga en buenas condiciones el área de trabajo. Los depósitos del producto líquido en los suelos y otras superficies pueden recoger la humedad y causar superficies resbaladizas (Quimpac S.A., 2001).

Finalmente, en los laboratorios en donde se practican los Ensayos de Materiales de los Suelos y también de los pavimentos en la Universidad Señor de Sipán, estos tienen pautas que son la seguridad para quienes se benefician, lo cual dentro de su realización en su estudio donde pudo utilizar diversos elementos como prevención, tratándose de equipos que fueron utilizados como protección personal, y otros. Así como se tuvo en cuenta aquellas pautas y también dichas indicaciones que fueron dictadas por el técnico que se encontraba encargado.

Estimación de costo.

Los gastos de implementación que se den en dicha estabilización con cloruro de calcio, para este enunciado se puso en marcha el análisis de costes unitarios de este aditivo a aplicar. Preciso abordar únicamente costo de aplicación y costo de mantenimiento tras la actividad constructiva de tal estabilización. En líneas generales, se concretaron los costos en soles peruanos por m² de aplicación a la subrasante estabilizada con dicho material mencionado, como se ve en la Tabla 7. (Morales & Pailacura, 2019).

Tabla 7:

Costos de aplicación del CaCl₂, puesto In Situ.

Estabilización con Cloruro de Calcio, puesto In Situ				
Moneda	Costo de aplicación en Cisterna + Igv		Costo de aplicación en Bidones + Igv	
dólares	170	30 tm	270	300 kg
soles	606.9	30 tm	963.9	300 kg

Fuente: Elaboración propia.

La preservación de las vías recae del balance económica, según tipo de camino y condiciones climáticas.

El precio considerado en la presente investigación incluye IGV, considerando el costo de aplicación de la estabilización, tal como se redacta en el anexo C.

1.3.5 Normativa.

Con vistas al auge de los diversos ensayos de laboratorio, se utiliza la normatividad técnica peruana, lo cual sirve para poder establecer los parámetros que son confiables en su estudio, las que se encuentran en el anexo B.

1.3.6 Estado del arte

Estabilización con Cemento Portland

Consiste en la mezcla que se produce por el suelo y parte de proporciones de cemento con agua, con la finalidad de poder transformar parte de sus propiedades físicas y poder ayudar en la mejora de las condiciones mecánicas.

El Cemento Portland es uno de los materiales que se encuentra finamente pulverizado, que tiene un color gris generalmente, y se encuentra compuesto por algunos elementos como los minerales cristalinos artificiales, necesariamente el silicato de calcio y el de aluminio que tienen la capacidad, que al mezclarse con agua puedan generar compuestos con diversas propiedades que son casi iguales a las rocas, claro está que es cuando la mezcla ya se endureció (Copyright Cementos Pacasmayo S. A, 1974).

Al poder generar una mejora gracias al cemento Portland, por lo cual se pensó en que se debería aumentar la resistencia, pero también con ello se disminuiría la plasticidad, ya que es fundamental ello para que se pueda alcanzar dichos efectos, ya que este material debe contar con un porcentaje máximo en materia orgánica, con un 34%. Es por ello que hay dos formas diferentes que se estabilizan con el cemento Portland, algunas que son denominadas como estabilizaciones, pero de clase flexible, en donde el porcentaje gradual del cemento se encuentra variando de 1 a 4%, con lo que se tiende a reducir la plasticidad y el aumento de resistencia que en efecto es bajo, las pruebas que son

efectuadas en esta clase de muestras que son parecidas a aquellas que son realizadas en materiales de estabilización con cal. Otra manera de emplear y mejorar el suelo haciendo el uso del cemento, se le denomina como la estabilización rígida, en esta clase el porcentaje se encuentra en un 6 a un 14%, esta clase de mejora es muy general en las bases, porque resulta de gran importancia que estas y también la carpeta, puedan presentar un módulo que tenga la elasticidad parecida, porque así se evitaría algún fracturamiento probable de esta carpeta, porque ambos realizan un trabajo en conjunto. Para ello, se realizan pruebas de laboratorio con diversos tipos de contenidos del cemento para poder conocer cuál es el porcentaje que se busca.

Las pruebas que son empleadas para que sean estabilizadas con Cemento Pórtland son: Proctor para que se conozca el peso, en síntesis, y que tenga la humedad óptima de compactación. En este método se desarrollan los especímenes que son para el ensayo de la expansión y aquel que es por la pérdida por un cepillado en las fases del humedecimiento y también del método del secado, también, de ello se le tiene una aplicación de un tipo de prueba para calcular la resistencia de la comprensión y sin confiar.

En los últimos años, es ya una manera particular en las construcciones de carreteras o en las presas de tierra, que se tenga que usar el cemento, quien funciona como estabilizador de los suelos.



Figura 21: Estabilización con cemento portland.
Fuente: (Copyright Cementos Pacasmayo S. A, 1974)

Estabilización con cloruro de sodio

Particularmente se conoce que se han trabajado con este otro tipo de estabilización de suelos, ya que el cloruro de sodio (NaCl) siendo este elemento el que asiste para el aumento en el periodo del cual los suelos pierden su humedad.

Se tiene un aumento de la densidad seca máxima y se disminuye la humedad óptima, todo ello al agregar el cloruro de sodio al suelo, a ello se le conoce generalmente como sal de mesa, la cual tiene una función de estabilizador adecuado y con un costo muy económico, más se tendrá que tener un buen manejo, ya que debe cuidarse al momento de aplicarla, ya que esta se encuentra conformado con algunas propiedades corrosivas que pueden llegar a perjudicar la maquinaria que se estaría utilizando, señaló (Jairon Roldán, 2010).

(Jairon Roldán, 2010), agregó que el cloruro de sodio al tener un costo muy bajo, cuando se compara a este con los demás materiales empleados, se determina la construcción de las bases y también de las sub bases que son para reducir los gastos, también con el NaCl tiene la función de un retardante por su pérdida de humedad, que realiza la proporción de una mejor manera y que sea más confiable y económica para la estabilización de los suelos que son empleados en las bases y las sub bases.



Estabilización con cal

Esta aplicación se encuentra orientada a la estabilización con la cal, para aumentar la mejoría de los suelos, siendo los suelos arcillosos los más predominantes, sin que se tenga detalles de los otros empleos y de las posibilidades de aquel tratamiento que tiene que ser el objetivo del estudio.

La alteración de la conducta mecánica de un material, es aquella que persigue el verdadero proceso estabilización de los suelos que contienen cal, para ello se consigue que haya una resistencia de la estructura que no es propia de aquel tipo de material.

Por la mejoría de los suelos, a su vez se tiende a ganar consistencia, por lo que en algunos casos se establece que la frontera de los procesos que se encuentran en función de los límites que son de aumento. Por lo que varios autores determinan la diferencia en un tipo mínimo de ganancia por la razón simple de que el valor inicial es de 3.5kg/cm^2 , del suelo.

Los suelos que fueron estabilizados con cal se derivan de una reacción puzolánica que está en la cal y también entre los suelos arcillosos, lo cual genera que siempre a un plazo largo, ya que este proceso es juicioso a la conducta y su mantenimiento de las condiciones que curan el material para generar seguridad de la su producción y de su reacción de manera total.

Los tratamientos que se dan a los suelos para su estabilización, requieren altos porcentajes del material cal, por lo que en las dosis que son puestas primero son empleados para mejorar estos mecanismos, y lo que resulta indispensable para que se encuentre la cal en una libre disposición, en un tipo de cantidad que sea la adecuada para poder mantener el tipo de reacciones puzolánicas que se persiguen. Se tienen como tratamientos para estabilizar con los valores que pueden ser superiores con el 3% de la cal, ascendiendo incluso a los porcentajes entre 8 al 10%.

Regularmente el uso de este tipo de procedimientos que suelen encontrarse semejantes a una imposibilidad física para acomodar alternativamente los materiales, por lo que es el costo de las estabilizaciones con los contenidos de la

cal, como que también pueden ser prohibidos en otros casos. También, estos procedimientos que son constructivos para todos aquellos tratamientos que son direccionados para las estabilizaciones, requieren en algunos casos medios particulares y con sus aplicaciones que son de manera sucesivas para su incremento de costo (Bauzá Castelló, 2003)



Figura 23: Mezclado de suelo con cal.
Fuente: (MaximaOnline, 2018).

1.3.7 Definición de términos básicos.

La designación de términos instaurados en esta línea de “investigación para el ensayo de los materiales”, se representan a continuación:

- ✓ **Estudios de mecánica de suelos (EMS):** Agrupación de sustancias extraídas, estudiadas tanto en gabinete como en campo, y ~~asistir~~ el comportamiento de los suelos.
- ✓ **Agente Estabilizador:** Suministro que se añade al suelo con la tentativa de mejorar sus propiedades fisico-mecánicas.
- ✓ **Afirmado:** Capa, que se coloca en torno a la subrasante o subbase de un pavimento. se ejerce como capa de rodadura y lidia con el tráfico en vías no pavimentadas.
- ✓ **Capa de Sub-Rasante:** Es la sección superior del terreno natural en corte o relleno, de 20 cm de espesor compactado en vías locales y colectoras y de 30 cm de espesor en vías arteriales y expresas.

- ✓ **Estabilización de suelos:** Intensifican las propiedades físico- mecánicas del suelo, es un avance físico, mecánico y/o químico, con el objeto de hacerlos estables.
- ✓ **Muestra:** Segmento de tierra, para representar a toda una población.
- ✓ **Pavimento:** Como su propia nombre lo dice es una estructura compuesta por capas; que incluye pistas, estacionamientos, veredas, pasajes peatonales y ciclovías, etc.
- ✓ **Rasante:** Por ende, es el nivel superior del pavimento terminado. Su línea de Rasante se aloja en el eje de la vía.
- ✓ **Sub-Rasante:** Es el nivel inferior del pavimento paralelo a la rasante.
- ✓ **Calicata:** Perforación que se hace el terreno que nos permite estudiar la estratigrafía a diferentes profundidades.
- ✓ **Agua:** Es una sustancia líquida que no tiene color, sabor y olor usada como elemento principal en mezclar la muestras.
- ✓ **Compactación:** Reordenamiento de las partículas de un suelo bajo el efecto de una presión, en virtud de las partículas pequeñas que se alojan en los espacios que quedan entre las mayores.
- ✓ **Contenido de humedad óptimo:** Es el contenido de agua, del suelo compactado a su máximo peso unitario seco.
- ✓ **AASHTO:** En sus siglas American Association of State Highway and Transportation Officials, traduciéndolo: Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transporte.
- ✓ **ASTM:** American Society for Testing and Materials conocida como Sociedad Americana para Ensayos y Materiales
- ✓ **Limites de Atterberg:** Los límites de Atterberg o límites de consistencia se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos.
- ✓ **Limite Líquido (LL):** Contenido de agua del suelo entre el estado plástico y el líquido de un suelo.
- ✓ **Limite Plástico (LP):** Contenido de agua de un suelo entre el estado plástico y el semi - sólido.
- ✓ **CBR (California Bering Ratio):** Valor relativo de soporte de un suelo o material, que se mide por la penetración de una fuerza dentro de una masa de suelo.
- ✓ **Análisis Granulométrico:** Procedimiento para determinar la granulometría de un material o la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas
- ✓ **NTP:** Normas Técnicas Peruanas.

1.4 Formulación del problema

¿En qué medida influye la aplicación del cloruro de calcio en la estabilización, a las propiedades mecánicas de suelos en pavimentos urbanos del C.P. de Capote – 2019?

1.4 Justificación e importancia de estudio.

Se basa **técnicamente**, dado que es unas primeras investigaciones sumado al análisis de las propiedades mecánicas del suelo adicionando el cloruro de calcio como estabilizante ya que en el ámbito nacional se utiliza por lo que tiene grandes alternativas y buenos resultados a la estabilización de los suelos en comparación con pavimentaciones con asfalto. Venidero a esta actividad aportara como enfoque a los investigadores (La República, 2017)

Se afianza de carácter **social**, para las constructoras de carreteras del departamento de Lambayeque, al fin que el cloruro de calcio es el principal material para la estabilización de suelos, por lo que se vincula directamente a los pobladores de capote, lo que les permitirá identificar el tipo de estabilizante más eficiente y que cumpla las especificaciones técnicas peruanas. (Diario Gestión, 2016).

Con lo **económico**, que es este tipo de derivado se puede elegir el tipo de estabilizante para todas las empresas constructoras de carreteras, de la región Lambayeque y que cumplan con todas las especificaciones y/o usarlo en las pavimentaciones, para así obtener mejores ganancias con buenos resultados. (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2015).

Por último, en lo **ambiental**, los registros acogidos en este evento permitan tener claro la elección del estabilizante legítimo, para sus obras y en última instancia evitar venideras investigaciones que interfieran la integridad del medio ambiente. (Asocem, 2015).

Ante una realidad **temporal** esta investigación se realizó en el año 2019, específicamente donde una de las causas principales de los impactos negativos a las poblaciones e instalaciones cercanas respecto al desarrollo de estas; es la deplorable construcción de las vías pavimentadas y no pavimentadas de sus calles.

El pueblo de Capote, ubicada en el distrito de Picsi y provincia de Chiclayo, región Lambayeque; presenta limitaciones de pavimentación de sus calles y avenidas; en tal sentido a la deficiencia de gestión de estudios definitivos, se plantea la propuesta de solución de sus suelos a nivel de subrasante, mediante la adición de compuestos minerales materia de investigación, ante ello como primer paso es necesario determinar y evaluar las propiedades mecánicas de sus suelos, desarrollando así alternativas de solución para la estabilización de su subrasante.

A lo largo de esta investigación se pueden encontrar diversos aspectos que de alguna u otra manera afectan al proceso completo o parte de la investigación incidiendo en los resultados.

Como un aporte **especial** a nuestras limitaciones, consideramos adecuado mencionar muestras de ensayos principales de calicatas sacadas en situ. De acuerdo a esto, la investigación desarrollada englobará el estudio de la subrasante de los pavimentos urbanos del pueblo de Capote, Distrito de Picsi, Provincia de Chiclayo, Región Lambayeque.

1.6 Limitaciones de la investigación

En la presente investigación se vio problemas de gestión en cuanto a la aceptación del uso del aditivo QUIM KD – 40 (CaCl₂), ya que, por no ser muy conocido comercialmente, la población de Capote pidió garantías de dicho producto a su distrito.

1.7 Hipótesis

La aplicación del cloruro de calcio (CaCl₂), para mejorar las propiedades mecánicas de la sub - rasante, en el incremento de la capacidad portante (CBR) del suelo natural.

1.8 Objetivos

General

Evaluar el comportamiento y las propiedades mecánicas de suelos cohesivos con cloruro de calcio para estabilización de subrasantes de pavimentos urbanos, del pueblo de Capote distrito de Picsi – 2019.

Específicos

1. Determinar la influencia del aditivo CaCl_2 en las propiedades mecánicas de los suelos cohesivos identificados con fines de pavimentación.
2. Determinar las propiedades mecánicas (CBR) de los suelos cohesivos, adicionando cloruro de calcio en proporciones/ porcentajes variables.
3. Proponer criterios de aplicación de cloruro de calcio en la estabilización de subrasantes de suelos cohesivos para fines de pavimentación urbana con otros métodos alternativos.

CAPITULO II: MATERIAL Y MÉTODO

II MATERIAL Y MÉTODO

2.1 Tipo y Diseño de investigación

Ya que se desarrollarán procedimientos para recolectar datos y también analizar los mismos, con la finalidad de poner a prueba la hipótesis respecto a medir numéricamente, además, el análisis de la estadística para determinar pautas de la conducta y experimentar las teorías, habrá una investigación con enfoque cuantitativo y de tipo aplicada. (Hernández, 2015)

La presente tendrá como diseño experimental – cuasiexperimentos, ya que en esta investigación se emplearán las técnicas como ensayos en laboratorios, en donde se manejarán una variable a más, con la finalidad de que se mejore y se llegue a corregir lo que desarrolla la problemática, que es esencialmente quien origina a esta investigación, armonizando y manifestando la obtención de sus resultados. (Carrasco, 2012).

2.2 Población y muestra

Población.

Serán especímenes (muestras) de suelos de las vías urbanas del centro poblado de capote, de la ciudad de Chiclayo, con adición de cloruro de calcio para el índice de California Bearing Ratio (CBR).

Muestra

Para las Muestras en base a la normativa NTP 339.175, señala que debe emplearse tres especímenes, ello en los suelos cohesivos que aún no están con adición de cloruro de calcio, para el índice de California Bearing Ratio (CBR) del modelo del patrón que emplea, y tres especímenes para cada adición de 2%, 5% y 7% de cloruro de calcio para índice California Bearing Ratio (CBR).

Tabla 8:

Cantidades muestrales.

Aditivo	Porcentaje Adicionado %	Número de ensayos mecánicos	
		CBR Muestra alterada	CBR Muestra no alterada
Cloruro de	2	3	3
Calcio	5	3	3
(CaCl ₂)	7	3	3
	Subtotal	9	9
	Total		18

Fuente: Elaboración propia.

2.3 Variables, Operacionalización

Variables

Dependiente: Cloruro de Calcio (CaCl₂)

Independiente. Evaluación de las propiedades mecánicas de los suelos.

Operacionalización

Variable dependiente:

Tabla 9:

Operacionalización de la variable dependiente.

VARIABLE	DEFINICIÓN		DIMENSIONES	INDICADORES	RECOLECCIÓN DE DATOS		MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS	ESCALA DE MEDICIÓN
	CONCEPTUAL	OPERACIONAL			TÉCNICAS	INSTRUMENTOS		
Cloruro de Calcio (CaCl ₂)	De uso en pavimentos urbanos, carreteras, trochas, etc. (E-050 - Norma Técnica de "Suelos y Cimentaciones" del RNE, 2018)	En la construcción de vías internas y externas sin asfaltar utilizando CaCl ₂ , en una composición de 36-40 %.	CBR Compresión simple	Resistencia, Estabilidad	Análisis de documentos	Guías de análisis documental	Análisis de documentos y de campo	Equipos de laboratorio de suelos
				CaCl ₂ al 40% en Líquido	Observación			
			Marcas del Cloruro de Calcio en el sector construcción	CaCl ₂ al 33% en escamas	Análisis de documentos	Guías de análisis documental	Análisis de documentos y de campo	Razón

Fuente: Elaboración propia.

Variable independiente:

Tabla 10:

Operacionalización de la variable independiente.

VARIABLE	DEFINICIÓN		DIMENSIONES	INDICADORES	INDICE	RECOLECCIÓN DE DATOS		MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS	ESCALA DE MEDICIÓN
	CONCEPTUAL	OPERACIONAL				TÉCNICAS	INSTRUMENTOS		
Evaluación de las propiedades mecánicas de los suelos.	Conjunto de requerimientos mínimos (Rivva, 2012)	Ensayos de Laboratorio del suelo en estado saturado y no saturado	Normas Técnicas Peruanas	Resistencia, Estabilidad	Kg/cm ²	observación	ficha técnica	Análisis en Laboratorio	Parámetros mínimos

Fuente: Elaboración propia.

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

Tabla 11:

Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS
Observación	Esta técnica es muy importante ya que nos permitirá la recolección de datos para describir, conocer, comparar, corregir errores y registrar datos para la investigación.
Información bibliográfica	Formatos necesarios para completar datos requeridos de cada ensayo a realizar.
Análisis de documentos	Se ejecutará esta técnica para lograr una adecuada información y entendimiento acerca del tema y así obtener la correcta evaluación de las propiedades mecánicas del suelo usando como estabilizante el Cloruro de calcio.
	Se usarán libros, revistas científicos, tesis, publicaciones extraídas del internet, etc. de diferentes autores para el entendimiento de teorías y procesos a realizar en el desarrollo de la investigación.
	Se usará las normativas del ASTM, INTECTEC, NTP Y ACI, las cuales en sus artículos establecen adecuados métodos de procedimientos y cálculo de los diferentes ensayos a realizar en laboratorio.

Fuente: (Hernández, 2015)

Tabla 12:

Validez y confiabilidad.

VALIDEZ	CONFIABILIDAD
Es una de las principales reglas para la realización de nuestro proyecto de investigación. Se tendrá atención de escoger variables relevantes y relacionadas al problema de investigación.	Para el presente proyecto de investigación se obtendrán los datos para un buen diseño de las propiedades mecánicas del suelo con tres porcentajes de CaCl ₂ , por lo que el análisis de los diferentes ensayos a realizar y los equipos a utilizar se regirán bajo parámetros normativos.

Fuente: (Hernández, 2015)

2.5 Procedimientos de análisis de datos

En el **enfoque cualitativo**, se refiere al dominio del reglamento nacional de edificaciones (RNE), artículos científicos, revistas y/u otras informaciones formuladas por las Normas Técnicas Peruanas, relativo al escrutinio de las propiedades del suelo para estabilizaciones de subrasantes. (Hernández, 2015).

Y por separado el **Enfoque Cuantitativo** que implanta indicadores descriptivos, manteniendo promedios, valores máximos y mínimos, análogamente softwares: Microsoft Excel, Microsoft Project entre otros programas que ayuden al procesamiento de los datos (Carrasco, 2012).

2.5.1 Diagrama de flujo.

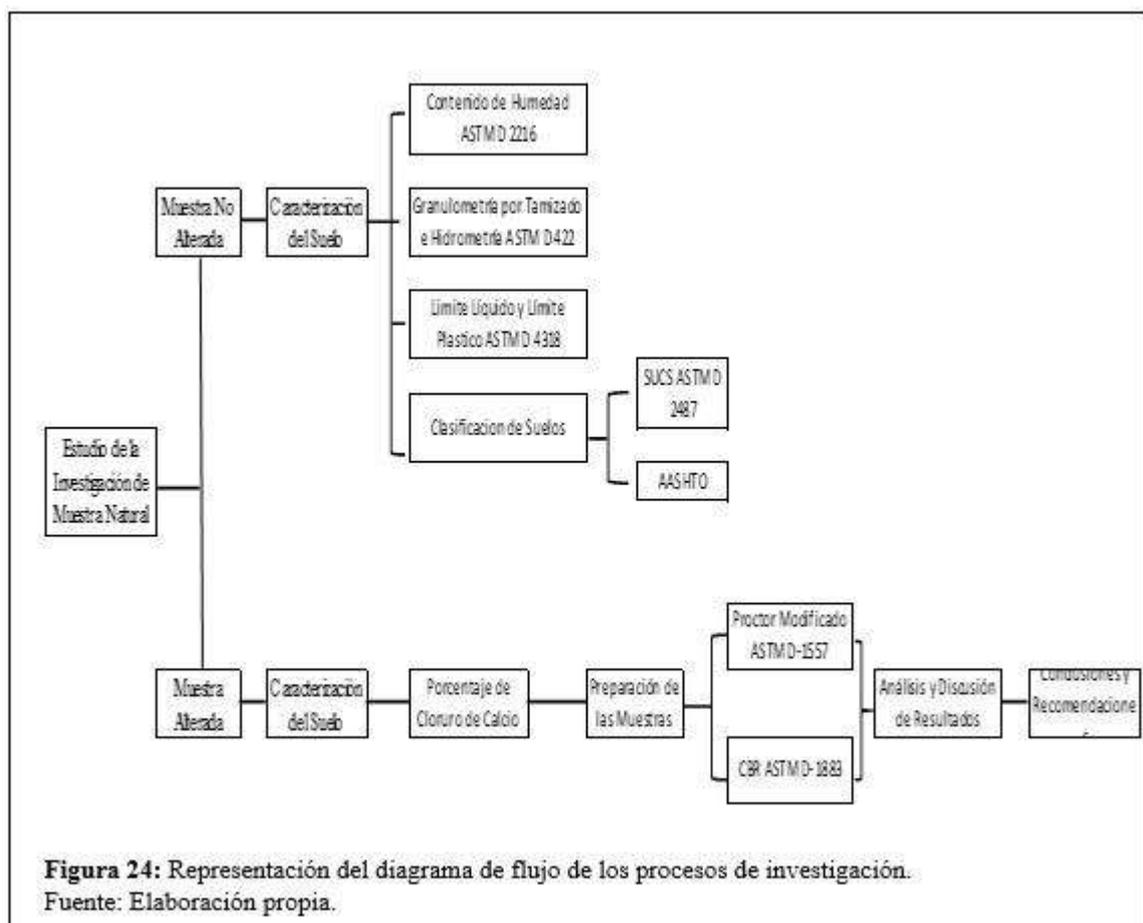


Figura 24: Representación del diagrama de flujo de los procesos de investigación.
Fuente: Elaboración propia.

2.5.2 Descripción de los procedimientos.

a) Recolección de la Información Disponible

Refiere en la acumulación en el haber estudios elaborados, de las instituciones pertinentes, entre ellas al Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), Tesis, los artículos Científicos, y otras vinculadas al tema del presente estudio de investigación.

a) Procedimiento General

La presente investigación que a continuación se presenta, se logra ensayos proyectados y que se encuentran en exposición mediante cuadros representativos y desarrollados, en utilidad a ello da alternativas más convincentes a la estabilización de suelos de pavimentos urbanos, también nos da a saber acerca del predominio de la adición de cloruro de calcio en el estudio de California Bearing Ratio (CBR), luego de que se encuentre asegurado con diversos porcentajes de cloruro de calcio 2%, 5%, 7%, concluyendo así, al momento de terminar se logró características químicas, que tuvieron favorabilidad para el empleo dentro de la ingeniería en sus proyectos de caminos urbanos, y rurales.

En el mes de abril del 2019 se comenzó a realizar la extracción de suelos, siendo este logrado a través del pavimento urbano, situada en el C.P. de Capote, en donde se trasladó todo el material hacia la ciudad de Chiclayo, en los ambientes de la Universidad Privada Señor de Sipán, en donde se estudió en los ambientes de laboratorios en la misma casa de estudios, para poder lograr caracteres y de esta manera que se clasifique a través del SUCS.

Una vez que se clasificó el suelo se procedió a realizar los ensayos que son del contenido de humedad, granulometría por lavado, y límites de consistencia. Seguidamente se desarrollaron la composición de Proctor Modificado, realizados para su muestra alterada y no alterada, así como para la dosificación con cloruro de calcio consiguiéndose el eficaz contenido de humedad siendo para una a una de todas sus muestras logradas.

Ya con lo que se obtuvo de los contenidos eficientes de humedad se emanó a ejecutar el ensayo California Bearing Ratio (CBR), el que era para la muestra patrón, y para aquel que se realizaba acerca de la dosificación con cloruro de

calcio con porcentajes de 2%, 5%, 7%, para examinar el dominio de la llamada inserción del cloruro en el ensayo de California Bearing Ratio (CBR) del suelo.

a) Muestreo y obtención del material

Lo que se realizó para la muestra y consecuentemente para que se obtenga el material, se condujo a desarrollar 12 calicatas en todo el sector del Centro Poblado, todas ellas de manera manual y con una profundidad de 1.50*1.00*1.50 metros, por lo cual el material extraído se colocó en algunos sacos y también en bolsas de polietileno para subsiguientemente ser llevado a los ambientes de la casa de estudios “Señor de Sipán”, objetivamente para poder conocer sus peculiaridades físicas del suelo. Por ello, es donde se analizó y se caracterizó el material a través de diversos ensayos que a continuación se mencionara. Por otra parte, se comenzó a adquirir el cloruro de calcio por la empresa distribuidora Quimpac S.A, siendo este mezclado con la tierra natural y en sus porcentajes de 2%, 5% y 7% y así sucesivamente.

- b) Este tipo de muestreo se logra alcanzar algunas muestras con un poco de alteración o que no lo estén. Aquellas que se encuentran alteradas son fragmentos de suelo, lo que se mantienen protegidos cuando exista algún tipo de pérdida de la humedad, metiéndolas en bolsas de polietileno. Este tipo de muestras que no se encuentran alteradas, deberán cogerse en un tipo de forma geométrica de un cubo y resguardarse de aquellas posibles pérdidas de humedad rodeándola en tela con parafina.



Figura 25: Extracción de la muestra natural.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 26: Muestreo y obtención del material de estudio.
Fuente: Elaboración propia.

El transporte del material se realizó utilizando sacos asumiendo el mayor cuidado posible para no lograr que se contamine la muestra obtenida, siendo trasladados todos ellos al ambiente del laboratorio de la casa de estudios.

a) Ensayos y Características de los Materiales Cohesivos.

❖ **Clasificación del suelo (S.U.C.S. y A.A.S.H.T.O.)**

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.)

Norma: ASTM D-2488

Esta técnica se desarrolló por Arturo Casagrande, fue modificada y efectuada como una conformación de manera general, ello frente a un sistema clasificador, planteado en 1942 para los aeropuertos.

El S.U.C.S. los divide en diferentes grupos a los suelos; tales como los granos gruesos, también los suelos que son de granos finos y por último a los que son orgánicos.

- ✓ **Suelos de Grano Grueso:** Si **mínimo del 50%**, es el porcentaje que posee del suelo que sigue por la malla No. 200 (0.075 mm), es por ello que cuando **el suelo se encuentra de grano grueso**, y será su inicial **G** o **S**. Se encuentran compuestos por algunas partículas que tienen un tipo de textura granular, ya que se compone de pedazos de piedras y minerales, teniendo un de 75 y 0.075 mm, correspondiendo con una dimensión de arena y también de grava.
- ✓ **Suelos de Grano Fino:** **contando con más del 50%** y pasando la malla número 200 (0.075 mm), teniendo un **suelo que tiene el grano fino** y su inicial es **M** o **C**. Siendo estas las que poseen ninguna y en algunos casos poca plasticidad o tipo de cohesión. Caracterizándose por contar con elementos típicos de lo que son las coloides, plasticidad, cohesión y caracterizando por también absorber los iones.
- ✓ **Suelos Orgánicos:** Por lo general la gran mayoría de los suelos que son de origen orgánicos, son aquellos que tienen mayor debilidad y son más comprensibles que los otros tipos de suelos que tienen igual composición de minerales, empero que les falten la materia orgánica, comúnmente se

puede percibir por el tipo de color que posee, que es un tono gris oscuro que se parece casi a un tono negro que el suelo posee.

Arenas y gravas limpias (con un porcentaje menor al 5% que excede la malla número 200): y se les brinda la **P** como segunda letra o si se encuentran graduadas mal a la letra **W**. Arenas y gravas, **con un porcentaje mayor al 12%** en lo que equivale a su volumen o peso que sobrepasa la malla número 200: se les brinda la **M** como segunda letra si es que se tratan de limosas y les dan la letra **C**, si es que se trata de arcillosos.

Arenas y gravas que cuentan con un porcentaje que varía entre el 5% y en un 12%: en este caso se brindan una clasificación dual como **SP-SM**. **Limos, arcillas y los suelos orgánicos se les brinda la H o L como segunda letra con la finalidad de destinar la plasticidad ya sea esta alta o baja.**

Los suelos que se encuentran sistemáticamente unificados son nombrados a través de símbolos que se componen de dos letras: **la primera letra** significa el esencial componente que posee la tierra, y **la segunda letra** representa aquella información que contiene la curva granulométrica o sus particularidades o rasgos de plasticidad (Borselli Lorenzo, 2019).

Tabla 13:

Simbología de suelos.

El sistema Unificado de Clasificación de suelos, utiliza como identificación los siguientes símbolos:

Símbolo	G	S	M	C	O	Pt	H	L	W	P
Descripción	Grava	Arena	Limo	Arcilla	Limos o arcillas orgánicas	Turba y Suelos altamente orgánicos	Alta plasticidad	Baja plasticidad	Bien graduado	Mal graduado

Primera Letra
Segunda Letra

Fuente: Elaboración propia.

**American Association of State Highway Transportation Officials
(AASHTO)**

La división de itinerario públicos de USA (Bureau of Public Roads) ingresó el primer sistema de clasificaciones, con el fin de examinar y valorar los suelos, en donde se hacía la construcción de carreteras, y es desde ese momento que es conocido como el sistema de AASHTO; ya que este sistema es quien brinda la clasificación de todas aquellas tipologías de suelos y los agrupa en grupos de 7. Es en cada uno de estos mencionados grupos que se encuentra establecido por ensayos en los laboratorios, granulometría, también el límite líquido e índice de plasticidad. Siendo los mismos que establecen el índice de cada agrupación, la cuantía que delimita en particular a cada suelo, y el que se indica en el enfoque que se muestra a continuación.

$$IG = (F - 35) (0.2 + 0.005 (LL - 40)) + 0.01 (F - 15) (IP - 10).$$

Ecuación 3: Índice de grupo.

Donde:

F= % en peso que va por el tamiz #200 del material.

LL= Límite Líquido.

IP= Índice de Plasticidad.

El Índice de Grupo es aquel que muestra a través de numeración entera y si es caso el resultado arroja un número negativo, este se muestra como 0 (cero). Esta tipología de clasificación, es aquella que se usa frecuentemente para lograr precisar de los suelos su calidad, que serán utilizados para la edificación de los terraplenes, el material de subrasante, las subbases y también de las bases. Conseguido el Índice de Grupo que se explicó en líneas arriba, se evidencia la tabla con la finalidad de establecer al grupo del suelo que pertenece (MTC, 2016).

Tabla 14:

Sistema de clasificación de suelos AASHTO.

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS AASHTO												
Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa por el tamiz N° 200)							Materiales limoso arcilloso (más del 35% pasa el tamiz N° 200)				
	A-1		A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7	
Grupo:	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7-5 A-7-6	
Porcentaje que pasa:												
N° 10 (2mm)	50 máx	-	-									
N° 40 (0,425mm)	30 máx	50 máx	51 mín									
N° 200 (0,075mm)	15 máx	25 máx	10 máx			35 máx				38 mín		
Características de la fracción que pasa por el tamiz N° 40												
Límite líquido	-	-	-	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín (2)	
Índice de plasticidad	6 máx		NP (1)	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx	4 máx	8 máx	12 máx	16 máx	20 máx	
Constituyentes principales	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa			Suelos limosos		Suelos arcillosos			
Características como subgrado	Excelente a bueno							Pobre a malo				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15:

Ensayo de Mecánica de suelos, a realizar para el estudio de la investigación.

Ensayos a realizarse en el laboratorio de Suelos					
Nombre del Ensayo	Uso	METODO AASTHO	ENSAYO ASTM	Tamaño de la Muestra	Propósito del Ensayo
Análisis Granulométrico por tamizado	Clasificación	T 88	D 422	2.50 kg	Para determinar la distribución del tamaño de partículas del suelo.
Contenido de humedad	Clasificación	T 89	D 2216	2.50 kg	Para determinar el contenido de humedad existente en el terreno.
Límite líquido	Clasificación	T 90	D 4318	2.50 kg	Hallar el contenido de agua entre los estados líquido y plástico.

Límite plástico	Clasificación	T 90	D 4318	2.50 kg	Hallar el contenido de agua entre los estados plástico y semisólido.
Índice de plástico	Clasificación	T 90	D 4318	2.50 kg	Hallar el rango de contenido de agua por encima del cual, el suelo está en un estado plástico.
Compactación Proctor modificado	Diseño de espesores	T 180	D 1557	45.0 kg	Determinar la capacidad de soporte del terreno.
CBR	Diseño de espesores	T 193	D 1883	45.0 kg	Determinar la capacidad de carga, permite referir el módulo resiliente.

Fuente: Elaboración propia.

c)

a) Ensayos de Laboratorio a realizarse

1. Contenido de humedad – NTP 339.127

Norma: ASTM D2216-71

Este ensayo confiere fijar la cantidad de agua presente en una cierta cantidad de muestra natural dada de suelo, en términos de su peso en seco. La instauración de contenido de humedad es un control trivial de laboratorio. A esto se consensó al procedimiento de la norma NTP 339.127 (ASTM D2216). A continuación, se describe sus procedimientos.

Material Utilizado

- ✓ Muestra inalterada extraída del estrato en estudio.
- ✓ Cloruro de calcio.

Equipo y herramientas

- ✓ Horno de secado (Fig. 28); temperatura volátil capaz a retenerse en $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$.
- ✓ Balanza (Fig. 29). precisión oscila acorde cuantía de muestra a pesar, ver tabla 16.
- ✓ Herramientas y accesorios. Recipientes de porcelana, guantes, espátula, tenazas, desecador y brocha.

Procedimiento

- ✓ Se apropia una evidencia representativa de suelo, consensuado al tamaño máximo de las partículas, según figura 27
- ✓ Se registró la masa del recipiente (tara) limpia y seca.
- ✓ Se escogió especímenes de ensayo de muestra natural.
- ✓ Se consigna la pizca húmeda en un recipiente previamente tarado entre 50 g. a 100 g. aprox. para luego proceder a pesar la muestra.
- ✓ Consecutivamente se establece cuánto es el peso del volumen del recipiente y del material húmedo, empleando el tipo de balanza correspondiente al peso del modelo. Paso seguido, se anota y registra el valor.
- ✓ Se situó el recipiente que contiene el material húmedo en el horno, luego se dejó reposar y secar el material hasta poder lograr un tipo de masa firme conservando el secado dentro del horno a $110 \pm 5^{\circ} \text{C}$ durante un día completos, es decir 24 horas.
- ✓ Por último, después de haber dejado secar el material, este se saca del horno y se tiene que esperar a que este se logre enfriar, tanto el material como el recipiente, y todo ello se hace bajo temperatura ambiente, o también hasta que el recipiente se pueda lograr manipular con las manos de manera más cómoda, y en después de ello se realiza el registro del valor una vez más.
- ✓ En conclusión, lo que se realiza finalmente es el cálculo de lo que contiene de humedad W. La diferencia que existe entre el peso de suelo húmedo, con el del mismo contenedor, y también lo que logre pesar el suelo que se encuentra seco y también el de su recipiente es lo que genera el peso de agua Ww que se encontraba en la muestra. Y la resta del peso del suelo que se encuentra seco con el contenedor, más el peso del contenedor solo, es el peso del suelo Ws.



Figura 27: Muestras extraída que da el estudio de contenido de humedad.
Fuente: Elaboración propia



Figura 28: (Izquierda) Horno de secado a temperatura regulable.
Figura 29: (Derecha) Balanza electrónica de precisión 0,01 gr.
Fuente: Elaboración propia

En fin más usual es a través del secado a horno, calculando el contenido de humedad de un suelo, donde la humedad es un lazo expresado en % entre el peso del agua vigente y la masa de suelo y como el peso de las partículas sólidas, o sea:

Los cálculos realizados se dieron mediante la siguiente fórmula:

$$W = \frac{(W_1 - W_2)}{(W_2 - W_t)} * 100 = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

Ecuación 4: Cálculo del Contenido de humedad.

Donde:

- W = es el contenido de humedad, (%)
- W_w = Peso del agua
- W_s = Peso seco del material
- W_1 = es el peso de la tara + suelo húmedo, en gramos
- W_2 = es el peso de la tara + suelo seco, en gramos
- W_t = es el peso de la tara, en gramos

Que, simplificando, nos da:

$$W = \frac{W_w}{W_s} * 100 \quad (\%)$$

Ecuación 5: Contenido de humedad expresado en %.

Donde:

- Peso del agua existente en la masa de suelo = W_w
- Peso de las partículas sólidas del suelo = W_s
- Contenido de humedad expresado en % = W

Concretamente se aboga utilizar una muestra representativa de una cantidad de muestra humedad para determinar el contenido de humedad como se indica.

Tabla 16:

Tamaño máximo de las partículas y peso mínimo recomendado de las muestras.

Máximo tamaño de partícula (pasa el 100%)	Tamaño de malla estándar	Masa mínima recomendada de espécimen de ensayo húmedo para contenidos de humedad reportados	
		$a \pm 0,1 \%$	$a \pm 1 \%$
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 (1 1/2 ")	10 kg	1 kg
75,0 mm	76,200 mm (3")	50 kg	5 kg

Nota.- * Se usará no menos de 20 g para que sea representativa.

Fuente: (MTC, 2016)

Tabla 17:

Formato para el contenido de humedad.

Calicata			C-1		C-1	
Muestra			M-1		M-2	
Profundidad			0.00m - 0.80m.		0.00m - 0.30m.	
1	Numero de tara	Nº	A-01		A-02	
2	Peso de muestra húmeda utilizada + tara	gr.	-		-	
3	Peso del suelo seco utilizado + tara	gr.	-		-	
4	Peso del Agua	gr.	-		-	
5	Peso de la tara	gr.	-		-	
6	Peso del suelo seco utilizado	gr.	-		-	
7	Contenido de humedad	%	-		-	
		Promedio	%		%	

Fuente: Elaboración propia.

2. Análisis granulométrico por lavado – NTP 339.128

AASHTO T87-70 (Preparación de la Muestra); AASHTO T88-70 (Procedimiento de prueba). ASTM D421-58 y D422-63.

Es un ensayo que determina de manera cuantitativa el reparto de los diversos porcentajes que son tamaños de partículas, que logran pasas por los tamices empleados desde la malla N° 200, alcanzando el proceso de la normatividad del NTP 339.128 (ASTM 422) el mismo que reside en analizar el granulométrico por lavado. A continuación, se representa sus procedimientos.

Equipos y herramientas

- ✓ Balanza digital de precisión 0.01 gr. en donde se pese el material que logre pasar el tamiz de 4,760 mm (N° 4).
- ✓ Horno eléctrico que cuenta con una temperatura constante inclusive de 110 °C ± 5 °C
- ✓ Juego de tamices de malla cuadrada: 3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N° 4, N° 8, N° 10, N° 16, N° 20, N° 30, N° 40, N° 50, N° 60, N° 100, N° 200, tapado y con un fondo conforme a lo que se especifica en la normatividad.
- ✓ Recipientes metálicos (Bandejas).
- ✓ Baldes plásticos.
- ✓ Lona que se emplea en el cuarteo en campo.

- ✓ Componentes de complemento: Cucharon, brocha, pico, palana, escobillas de fierro, los depósitos vacíos, sacos de polietileno, bolsas de polietileno.

Procedimiento

- ✓ Procediéndose a lavar la muestra practicando una suave presión realizada con las yemas de los dedos y manipulando una escobilla de fierro con el fin de librar las partículas que son arcillosas y que se encuentran pegadas a aquellas partículas que son de mayor grosor.
- ✓ El lavado se hace con abundante de agua, siempre cuidando como corresponde, con la finalidad de que no se logre perder ningún tipo de partícula encadenada en el tamiz.
- ✓ Se siguió realizando el lavado, hasta que se vuelva transparente el agua.
- ✓ Subsiguientemente situó la muestra que se encontraba retenida mediante la malla N° 200 a un contenedor (tara), luego se procede a reposar para que asienten los finos.
- ✓ Luego se procede a llevar la muestra lavada a secar en el horno, y se coloca bajo la temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm$ con el fin de que la muestra logre tener un peso invariable, conteniendo todas aquellas partículas que se encontraban retenidas a la malla N° 200 (0,074 mm).
- ✓ Retirando el patrón, es que se puede colocar a temperatura ambiente a que se logre enfriar.
- ✓ Luego la fracción seca se pesa con la precisión de 0.01 gr.
- ✓ Coloco el juego de tamices comenzando con el mayor tamaño de lo que se le agregó hasta el tamiz N° 4, teniendo un orden que descende, incorporando la tapa y fondo. Y se procede a tamizar la muestra seca.
- ✓ Después se pesan aquellas partículas que se encuentran retenidas en cada tamiz, teniendo la precisión de 0.01 gr.
- ✓ Se instaló el juego desde el tamiz N° 8 hasta el tamiz N° 200 contando con un orden de manera descendente, colocándola tapa y fondo.
- ✓ Consecutivamente se logra tamizar a aquellas partículas que se encontraban retenidas en el recipiente (plato) pasante el Tamiz N° 4 del tamizado primero.

- ✓ Inmediatamente se logra pesar aquellas partículas que se encuentran atrapadas por cada tamiz que tiene una luz de 0.01 gr.
- ✓ Luego del cacheo se procesan aquellos rastros que cuentan con la precisión de 0.01%.



Para leer los % de pesos reclusos de cada tamiz (% P.R.) es por las siguientes formulas:

$$\% P.R = \frac{\text{Peso Retenido en el Tamiz}}{\text{Peso Total}} * 100$$

Ecuación 6: Porcentaje de pesos retenidos sobre cada tamiz.

Establecer aquellos porcentajes que se retienen y se acumulan (P.R.A), sobre los tamices con lo que se lograrán sumar de manera creciente los P.R.P, es decir:

$$\% R.A. 1 = \% R.P. 1$$

$$\% R.A. 2 = \% R.P. 1 + \% R.P. 2$$

$$\% R.A. 3 = \% R.P. 1 + \% R.P. 2 + \% R.P. 3, etc.$$

Ecuación 7: Porcentaje retenido acumulado (E. granulometría).

Después se determina el porcentaje que es el más fino, diferenciando de manera acumulativa del 100%, a los porcentajes en cada tamiz:

$$\% Pasa = 100\% - \% Retenido Acumulado$$

Ecuación 8: Porcentaje acumulado que pasa por el tamiz N° 200.

Luego para el % de humedad higroscópica donde se expresa, como el peso perdido que tiene una muestra que fue secada mediante al aire, a cuando se realiza el secado en un horno, ahí es donde demuestra un porcentaje de peso de aquella muestra que fue secada mediante el horno. Se establece del modo siguiente:

$$\% Humedad Higroscópica = \frac{W - W_1}{W_1}$$

Ecuación 9: % de Humedad higroscópica.

Donde:

- W = Peso del suelo con secado a través del aire
- W_1 = Peso del suelo con secado mediante horno

Finalmente, el suelo atorado en el tamiz N° 4, esta porción del peso se basará al tamaño máximo de las partículas. ver tabla 18:

Tabla 18:

Dosificaciones del tamaño máximo de las partículas.

Diámetro nominal de las partículas más grandes mm (pulg)	Peso mínimo aproximado de la porción (g)
9,5 (3/8")	500
19,6 (3/4")	1000
25,7 (1")	2000
37,5 (1 1/2")	3000
50,0 (2")	4000
75,0 (3")	5000

Fuente: (MTC, 2016)

Tabla 19:

Formato para análisis granulométrico.

Análisis Granulométrico por tamizado							
N° Tamices (Pulg)	Abertura (mm)	Peso		% Retenido		% Que Pasa	Descripción de la Muestra
		Retenido	Parcial	Parcial	Acumulado		
3"	75.000	-	-	-	-	-	Peso Total - g
2 1/2"	63.000	-	-	-	-	-	Peso Lavado - g
2"	50.000	-	-	-	-	-	Peso Fino - g
1 1/2"	37.500	-	-	-	-	-	Límite Líquido - %
1"	25.000	-	-	-	-	-	Límite Plástico - %
3/4"	19.000	-	-	-	-	-	Índice Plasticidad - %
1/2"	12.500	-	-	-	-	-	Clasf. AASHTO
3/8"	9.500	-	-	-	-	-	Clasf. SUCS
1/4"	6.300	-	-	-	-	-	Descripción del Suelo:
N°4	4.750	-	-	-	-	-	
N°10	2.000	-	-	-	-	-	Ensayo Máx. N° 200 P.S. Sec. P.S. Lav. (%) 200
N°20	0.850	-	-	-	-	-	
N40	0.425	-	-	-	-	-	% Humedad P.S.H. P.S.S. (%) Hum.
N°60	0.250	-	-	-	-	-	
N°140	0.106	-	-	-	-	-	Módulo de Elasticidad
N°200	0.075	-	-	-	-	-	Coef. Uniformidad
<N° 200	Fondo	-	-	-	-	-	Coef. Curvatura

Fuente: Elaboración propia.

3. Límites de Atterberg ASTM D4318

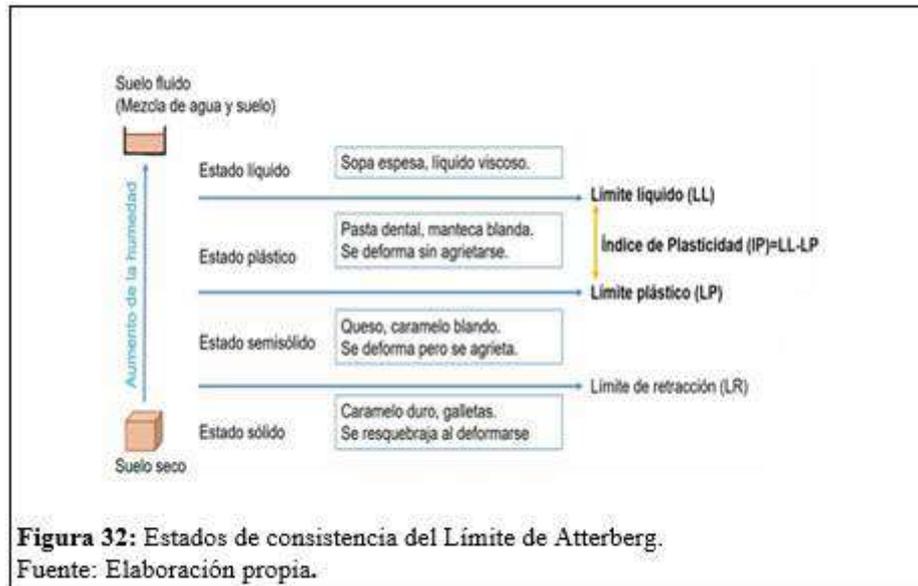
AASHTO T89-68 Y T90-70; ASTM 423-66 (Límite líquido) y D424-59 (Límite Plástico)

Los límites de Atterberg, son aquellos límites de plasticidad o llamados también de consistencia, son empleados para que caractericen la conducta de aquellos

suelos que son finos, sin embargo, su conducta cambia a través del tiempo. Su nombre es definido en honor al científico sueco que lo estudió, Albert Mauritz Atterberg (1846-1916).

Los ensayos de límites de Atterberg deben realizarse mediante la malla número 40 a aquellos suelos que son tamizados. Competentemente, el suelo que ha sido conseguido, se halla en una fase de humedad excesivamente levantado, para poder cruzar por la malla No. 40. Investigaciones hechas por el autor de igual manera que las demás que han sido citadas por Casagrande (1932) donde se comprobó que de manera ordinaria con el secado del suelo al aire libre como elaboración de la muestra que reduce el límite líquido entre el 2 y el 6% del valor verdadero que tiene. Con la finalidad de poder evitar algún tipo de inconveniente como este, se encarga que, en la manera de lo posible, se pueda emplear para cuando se realice el ensayo del material que logre pasar por el tamiz No. 40. Dichas investigaciones señalan a la vez que en su mayoría de todos aquellos suelos que han sido secados al aire libre pueden recuperar los límites que tuvieron originalmente si es que se le llega a permitir, después de que hayan sido mezclados con el agua, llevan un período de curados que se prolonga de 24 a 48 horas, anteriormente de realizar dicho ensayo.

El límite de consistencia, es aquella en el que el comportamiento del suelo se encuentra influenciado de manera alta porque el agua se encuentra presente, asimismo, un suelo grano fino abarca los cuatro estados que son de estabilidad según su humedad, teniendo estas condiciones: Solido, Semisólido, Plástico y Líquido. Tal procedimiento fue desarrollado con respecto a la normatividad **NTP 339.129 (ASTM D 4318)**, a continuación, en la figura 32 se menciona sus procedimientos.



En el gráfico se ve actuando la fase del suelo a medida que va incrementa el contenido de humedad.

Equipos y herramientas

- ✓ Balanza digital precisión de 0.01 gr.
- ✓ Horno a temperatura $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- ✓ Tamiz N° 40
- ✓ Límite líquido: Copa de Casagrande, ranuradores, espátula, pipeta.
- ✓ Límite Plático: Vidrio esmerilado, espátula.
- ✓ Cápsulas de aluminio y porcelana.
- ✓ Pipeta

❖ Límite líquido

Norma: ASTM D4318-05

Al respecto del contenido de humedad del suelo, que actúa como un material plástico ya que éste modifica su planteamiento al de un fluido viscoso, para tal determinación se emplea la cuchara de Casagrande. En situaciones pudiéndose emplear con el fin de apreciar los asentamientos dentro de los problemas de consolidación.

El límite líquido es similar a los realizados a un testeo de resistencia, y Casagrande halló todo golpe realizado fundamental para lograr sellar el surco en la cazuela que concierne al esfuerzo cortante y que este se encuentra cercano a un g por cm.

De manera arbitraria se elige como el contenido de humedad, la rajadura quien lo parte en dos pedazos la pasta del suelo, cerrándose en lo cursado de su núcleo teniendo 1/2 pulg (13mm) de distancia, si bien la copa se suelte y deje caer unas 25 veces, a un tope de 1 cm a conciencia que tenga 2 caídas por seg.

Procedimiento

- ✓ Se constato la calibración de la copa de Casagrande (altura de caída libre de la cazuela), que se encuentre conforme a la norma (1cm).
- ✓ Se procedió surtir el material para realizar el ensayo.
- ✓ Se colocó una porción de pasta en la cuchara Casagrande.
- ✓ Enraso la muestra y pule empleando la espátula plana.
- ✓ Con el ranurador fraccionando la pasta en 2 mitades iguales.
- ✓ Se maniobro y se hizo dejar caer la cuchara desde 1cm de altura, en velocidades constantes, hasta que esas dos mitades que se obtuvieron de las muestras se logren juntar en una distancia de 13 mm.
- ✓ He aquí el procedimiento reconfirma los tres valores para conseguir la interpolación en el gráfico contenido de humedad vs N° de golpes.
- ✓ Se saco una porción de la muestra del lugar que se unieron las dos mitades
- ✓ Se realizó el pesado de la muestra húmeda que se hizo en el ensayo con una precisión de 0.01 gr.
- ✓ Después instaló la muestra a que se realice el secado en el horno a temperatura de $110^{\circ} \text{C} \pm 5^{\circ} \text{C}$.
- ✓ Finalmente se hace retirar la muestra del horno y se procedió a pesar cada recipiente mediante una precisión de 0.01 gr.



Figura 33: Copa de Casagrande para el ensayo de limite líquido.
Fuente: Elaboración propia.

En los resultados se emplearon las siguientes fórmulas:

$$\text{Contenido de Humedad} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de muestra seca}} * 100$$

Ecuación 10: Contenido de humedad para limite líquido.

$$\text{Limite Líquido a 25 golpes} = W^n \left(\frac{N}{25} \right)^{0,121}$$

ó

$$LL = kW^n$$

Ecuación 11: Determinación del Limite líquido.

Donde:

- N = Números de golpes requeridos para cerrar la ranura para el contenido de humedad,
- W^n = Contenido de humedad del suelo,
- K = factor dado en la tabla 20.

Tabla 20:

Factores para el cálculo del límite líquido.

N (Número de golpes)	K (Factor para límite líquido)
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022

Fuente: (MTC, 2016)

Tabla 21:

Formato de límite líquido.

Datos de ensayo.	Límite líquido				Límite Plástico	
Nº de tarro	1	2	3		4	
Nº de golpes	-	-	-		-	-
Tarro + suelo húmedo	-	-	-		-	
Tarro + suelo seco	-	-	-		-	
Agua	-	-	-		-	
Peso del tarro	-	-	-		-	
Peso del suelo seco	-	-	-		-	
Porcentaje de humedad	-	-	-		-	
Consistencia Física de la Muestra					Colocar "X", a suelo no Plástico	0
Límite Líquido				-		0
Límite Plástico				-		
Índice de Plasticidad				-		

Fuente: Elaboración propia.

❖ **Límite plástico**

Norma: ASTM D4318-05

Se le nombra límite plástico (L.P.) a aquella humedad que declive, son báculos de suelo de ϕ 1/8" (3,2 mm), éstas se coloca en un sitio lisa (vidrio esmerilado) y haciéndolo rodar con la palma de la mano, hasta formarlas; sin que se logren desmoronar dichas barritas.

El límite plástico se describió de manera arbitra como el contenido de humedad del suelo, y que se prevé como un material no plástico, en donde con un bastoncito se logra quebrar o se puede cuartear, al rato que se logra enrollar a un ϕ de 3 mm aproximados. Esta es la prueba que es más parcial (dependiente del ejecutor) a comparación de cuando el ensayo del límite líquido ya que su concepto del resquebrajamiento del bastoncito de suelo, de igual manera como lo es el diámetro de 3 mm que se encuentran sujetas a como lo interprete quien la ejecuta. Mediante el ensayo, el diámetro puede determinarse, esto debido a la similitud con un alambre ordinario y común. Con esta práctica, se halla que estos valores del límite plástico logren reproducirse mediante el mismo suelo por parte de diversos laboratoristas en un rango del 1 al 3%.

Procedimiento

- ✓ Se toma una porción de muestra para el ensayo entre unos 20 gr. a 50 gramos que pase la malla #40.
- ✓ Luego se hace perder humedad con las manos, se encuentra la muestra tan saturada o sino simplemente se le moja hasta tener una mezcla homogénea.
- ✓ Cuando la muestra se nota moldeada, se comienza a realizar a formar bolitas de unos 2 gr cada una, luego se procede al enrollado en forma de cilindro con las yemas de los dedos sobre el vidrio transparente haciendo cilindros huecos.
- ✓ Luego se comienza a enrollar hasta obtener retacitos en formas de tubitos de 6 a 8 mm de luz hasta que suelo se rompa o se vea cuarteadada en un periodo no mayor a 2 minutos dependiendo de cada bolita preparada.
- ✓ Se comienza a pesar, balanza con precisión de 0.01 gr.
- ✓ Finalmente se pone a orear la muestra al horno a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ por un lapso crucial, hasta tener un peso regulable.
- ✓ Se tuvo en cuenta no dejar mucho tiempo en el ambiente al momento de retirar las muestras del horno, así disuadir la absorción de la humedad.
- ✓ Se pesa las pizcas secas testeadas a una precisión de 0.01 gr.
- ✓ Y finalmente se registra y procesa las pistas reunidas.



Figura 34: Preparación de la pasta del suelo y equipos a utilizar.
 Fuente: Elaboración propia.



Figura 35: Muestras del ensayo del límite plástico.
 Fuente: Elaboración propia.

En los cálculos se usó la fórmula siguiente:

$$\text{Contenido de Humedad} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de muestra seca}} * 100$$

Ecuación 12: Contenido de humedad para limite plástico.

Por lo general el índice de plasticidad es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico, a continuación, se muestra la fórmula:

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

Ecuación 13: Cálculo del Índice de plasticidad.

Donde:

- Índice plástico = IP
- Límite líquido = LL
- Límite plástico = LP

Replicar el ensayo si la divergencia de los dos contenidos de humedad es mejor que el rango aceptable, ver tabla 22 para la exactitud de un operador, tanto como para el ensayo del límite líquido como el ensayo del límite plástico.

Tabla 22:

Tabla de estimados de precisión del L.L y L.P.

Índice de precisión y tipo de ensayo	Desviación Estándar	Rango Aceptable de dos resultados
Precisión de un operador simple		
Límite Plástico	0,9	2,6
Precisión Multilaboratorio		
Límite Plástico	3,7	10,6
Índice de precisión y tipo de ensayo	Desviación Estándar	Rango Aceptable de dos resultados
Precisión de un operador simple		
Límite Líquido	0,8	2,4
Precisión Multilaboratorio		
Límite Líquido	3,5	9,9

Fuente: (MTC, 2016)

Tabla 23:

Formato de limite Plástico.

Datos de ensayo.	Limite liquido				Limite Plástico	
N° de tarro	1	2	3		4	
N° de golpes	-	-	-		X	X
Tarro + suelo húmedo	-	-	-		-	
Tarro + suelo seco	-	-	-		-	
Agua	-	-	-		-	
Peso del tarro	-	-	-		-	
Peso del suelo seco	-	-	-		-	
Porcentaje de humedad	-	-	-		-	
Consistencia Física de la Muestra					Colocar "X", a suelo no Plástico	0
Limite Liquido						0
Limite Plástico						
Índice de Plasticidad						

Fuente: Elaboración propia.

4. Clasificación SUCS (Sistema unificado de clasificación de suelos) - (ASTM D 2487)

Existen diversos procedimientos de prioritización de suelos, el más nombrado: SUCS, AASHTO (Asociación Americana de Agencias Oficiales de Carreteras y Transportes), USDA (Sistema del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos), Sistema ASTM y el Sistema de la Agencia Federal de Aviación (FAA), tan solo para mencionar algunos.

Para la clasificación de un suelo se procede a realizar obteniendo los registros de los ensayos de análisis granulométrico, límite de Atterberg. Este método de clasificación de suelos de granos finos, se ejecutó a lo normado NTP 339.134 (ASTM D 2487), acá en primer lugar se corroboró inclusive por un análisis granulométrico que más del 50% pase por 0.075 mm, incluyendo todas las cifras obtenidas del índice de plasticidad con el límite líquido y así finalmente obtener la clasificación de la muestra en estudio.

5. Sales Solubles en suelo y Agua Subterránea - NTP 339.152

Se establece para determinar la preparación de una muestra acuosa listo, constatando el contenido de sales solubles del suelo con una correlación suelo-agua de 1:5 para las mezclas.

Equipos y herramientas

- ✓ Balanza con precisión 0.01 gr.
- ✓ Horno eléctrico a temperatura $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$
- ✓ Equipo de filtración al vacío de acuerdo a norma.
- ✓ Frascos de filtración marca Kitasato de 500 ml.
- ✓ Embudo de filtración, con diámetro interior 110 mm y pinza de sujeción.
- ✓ Agitador magnético y barra agitadora recubierta de TFE, grande.
- ✓ Frascos Erlenmeyer de 500 ml
- ✓ Pipetas volumétricas de 25 ml, 50ml y 100 ml de capacidad.
- ✓ Vasos de precipitación (Kyntel).
- ✓ Papel filtro de microfibra.
- ✓ Malla # 10.
- ✓ taras.

Procedimiento

- ✓ Se procede a extraer $\frac{1}{4}$ o 100 gr de la muestra natural para luego colocarlo en un recipiente (tara) y llevarlo a pesar.
- ✓ Luego se lleva al horno a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ en un plazo de un día para otro.
- ✓ Se saca del horno y se vuelve a pesar la muestra.
- ✓ La muestra obtenida es tamizada por la malla #10, y solo obtengo unos 50 gr. de muestra para comenzar a realizar los demás procedimientos.
- ✓ Se comienza a introducir los 50 gr. de muestra a los frascos (pomos), luego se coloca unos 250 mml de agua destilada para que este quite las burbujas de aire que se presenta.
- ✓ A los frascos se les lleva a un agitador mecánico (centrifugador) durante 1 hora y dejarlos sedimentar o descansar durante esa misma hora.
- ✓ Filtrar la suspensión en las probetas de vidrio colocándoles papel filtros de 110 mm de diámetro formando conos e introduciéndolos en el embudo, para que los finos no pasen. Es de útil fijar 1 gota de ácido nítrico, antes de la filtración para activar los finos de las partículas.
- ✓ Solo obtengo unos 50 mml de muestra previamente filtrado en las medidas de las probetas de vidrio, luego procedo a vaciarlo a los vasos de

precipitación que después serán llevados al horno a una temperatura adecuado durante el tiempo necesario.

- ✓ La muestra correctamente filtrada se quite del horno y deja reposar o enfriar durante un tiempo, hasta que se pueda manipular y ser pesado.



En los cálculos **en muestra de suelos**, se obtiene con la siguiente ecuación:

$$SS = \frac{(m2 - m1) * D}{E} * 10^6$$

Ecuación 14: Contenido de sales solubles en muestras de suelos.

Donde:

- SS = Total, de sales solubles en ppm (mg/kg).
- (m2 - m1) = Peso del residuo de evaporación, en gr.
- D = Relación de la mezcla suelo: agua, ejemplo: si la mezcla es 1:3;
D=3
- E = Volumen de extracto acuoso evaporado, ml = E

Luego para **muestra de agua subterránea**:

$$TSD = \frac{(m2 - m1) * D}{V} * 10^6$$

Ecuación 15: Contenido de sales solubles en muestras de agua subterránea.

Donde:

- TSD = Total de sólidos disueltos, en mg/L.
- $(m2 - m1)$ = Peso de residuo de evaporación, en gr.
- V = Volumen de muestra ensayada, mL.



Figura 37: Muestras Preparada previamente agitada en el Agitador magnético.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24:

Formato de sales solubles.

Calicata	: C - 1	Muestra usada	g	50	
Muestra	: M - 1	Agua de stilada usada	ml	250	
Profundidad	: 1.50m.				
01	Relación de la mezcla suelo - agua destilada			5	5
02	Número de beaker			M-1	V-3
03	Peso de beaker		g	-	-
04	Peso de beaker + residuo de sales		g	-	-
05	Peso de residuo de sales	$(4)-(3)$	g	-	-
06	Volumen de la solución tomada		ml	-	-
07	Constituyentes de sales solubles totales $[(5) \times (1000000)] / (6) \times (1)$		ppm	-	-
08	Constituyentes de sales solubles totales en peso seco $(7) / 10000$		(%)	-	-
	Promedio (ppm) =			-	-
	Promedio (%) =			-	-

Fuente: Elaboración propia.

6. Compactación (Proctor Modificado) - NTP 339.141

**Norma: AASHTO T99-70 (estándar) y T180-70 (modificado)
ASTM D698-70 y D1557-70**

En este ensayo involucra a aquellos procesos de compactos empleados en Laboratorio, con el fin de establecer la “curva de compactación” (nexo entre Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de suelos), en moldes con diámetro de 4 ó 6 pulg; pisón de 44,5 N (10 lbf) y a una altura de 18 pulg, dando lugar la Energía de Compactación de (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pie³)).

Este procedimiento consiste en aquella densificación de los suelos a través de la acción de una fuerza mecánica mezclando con el contenido de humedad del suelo, esto acorde con la **NTP 339.141**. En este proceso es que a través las partículas de un suelo se encuentran obligadas a ubicarse más cerca y en base a ello se encuentran en contacto unas con otras produciéndose así una disminución con su relación de vacíos y con esto se les conoce como compactación del suelo.

Ejecutándose a este ensayo, descubriéndose la humedad excelente y con esto se tiene una máxima densidad seca, los motivos de la mejora en sus propiedades del suelo se alcanzan las reducciones de los asentamientos debido al descenso de la relación de los vacíos, cuando la resistencia del suelo aumente y la contracción se reduzca.

Equipos y herramientas

- ✓ Balanza digital de 20 Kg, precisión 0.1 gr.
- ✓ Horno eléctrico de conservar hasta 110 °C ± 5 °C.
- ✓ Molde para Proctor modificado, un molde que cuente con características mínimas solicitadas en la Fig. 38.
- ✓ Pisón o martillo de compactación de sección circular con peso de 4.54 Kg.
- ✓ Tamiz o mallas de 3/4", 3/8" y N°4.
- ✓ Equipo complementario: Espátulas, regla recta metálica, bandeja, probeta graduada de 1 litro, martillo de goma, badilejo, cucharón, bolsas plásticas, recipientes vacíos.

Procedimiento

- ✓ Se lleva a cabo el proceso de tamizado por la malla # 4 para la muestra natural obtenida en campo.
- ✓ Separo la muestra en bolsas de polietileno cada 5500 gr. en 4 submuestras (tandas), previamente tamizado para que me generen la gráfica de compactación.
- ✓ A cada submuestra se le hace un incremento en el proceso de humedecimiento gradualmente a cada +3% y -3% de cantidad de agua siendo la base de 500 mml de agua, teniendo en cuenta las pérdidas de evaporación.
- ✓ Se pone en marcha la unificación de la muestras, una vez designado las cantidades de agua necesaria para una misma humedad y consistencia.
- ✓ Procede a tener el peso del molde, sin implicar el peso del collarín.
- ✓ Sacar las dimensiones y volumen del molde de compactación (o a discreción del técnico de laboratorio).
- ✓ El material se dispone en 5 capas y a cada una de ellas se debe proporcionar cincuenta seis (56) golpes en el orden como lo indica la norma.
- ✓ Una vez se termine la compactación, el collarín se retira y con la ayuda de una espátula se lleva a cabo el enrasado, por lo que se tiene que hacerse cuidadosamente la base y la parte superior del cilindro compactado al suelo.
- ✓ En el momento del enrasado tener mucho cuidado ya que se podría desprender o remover partículas en el proceso de emparejamiento por lo que sí es posible se debe llenar con el mismo suelo.
- ✓ Una vez ya enrasado el molde, este se retira de su placa base y se registra su peso.
- ✓ Por último, para cada uno de los ensayos se toman muestras para determinar el contenido de humedad.



Figura 38: Muestras de ensayo para el Proctor modificado.
Fuente: Elaboracion porpia.

Usaremos las ecuaciones descritas como se explica a continuación, para cifrar peso unitario seco y contenido de agua.

Contenido de agua, w: Calcule de acuerdo al método de ensayo NTP 339.127. de la **ecuación 5, ítem I.**

Calcular los Pesos Unitarios Secos:

$$\rho_m = 1000 * \frac{(M_t - M_{md})}{V}$$

Ecuación 16: Cálculo de la Densidad húmeda.

Donde:

- ρ_m = Densidad Húmeda del espécimen compactado (Mg/m³)
- M_t = Masa del espécimen húmedo y molde (kg)
- M_{md} = Masa del molde de compactación (kg)
- V = Volumen del molde de compactación (m³)

$$\rho_d = \rho_m * (1 + w/100)$$

Ecuación 17: Cálculo de la densidad seca.

Donde:

- ρ_d = Densidad seca del espécimen compactado (Mg/m³)
- w = Contenido de agua, %

$$\gamma_d = 62,43 \rho_d \quad \text{en } \text{lb}/\text{pie}^3$$

$$\gamma_d = 9,807 \rho_d \quad \text{en } \text{kN}/\text{m}^3$$

Ecuación 18: Cálculo del peso unitario seco.

Donde:

- ρ_d = Peso unitario seco del espécimen compactado.

También se describe el procedimiento para determinar el volumen del molde de Compactación.

$$V = \frac{\pi * h * (d_t + d_b)^2}{16 * 10^3}$$

Ecuación 19: Volumen del molde de compactación.

Donde:

- V = Volumen del molde, en cm³ (pie^3)
- H = Promedio de altura, mm (pulg)
- d_t = Promedio de diámetro de la parte superior, mm (pulg)
- d_b = Promedio de diámetro de la parte inferior, mm (pulg)
- $1/10^3$ = Constante para convertir mm³ a cm³



Figura 39: Compacatación, colocación y enrase de la muestra.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25:

Formato de Proctor modificado.

Determinación de la Densidad					
Molde	Unid	1	2	3	4
1.- Peso de la muestra compactada + molde	(g)	-	-	-	-
2.- Peso del molde	(g)	-	-	-	-
3.- Volume del molde	(cm ³)	-	-	-	-
3.- Peso Suelo Humedo Compactado	(g)	-	-	-	-
4.- Densidad humedad	(g/cm ³)	-	-	-	-
Contenido de Humedad					
5.- N° de tara		M-1	M-2	M-3	M-4
6.- Peso de tara + suelo húmedo		-	-	-	-
7.- Peso de tara + suelo seco		-	-	-	-
8.- Peso de tara		-	-	-	-
9.- Peso del agua		-	-	-	-
10.- Peso de suelo seco		-	-	-	-
11. Corderido de humedad		-	-	-	-
12.- Densidad seca		-	-	-	-

Densidad Máxima Seca:

Humedad Óptima:

MDS 0.000 gr/cm³

OCH 0.00 %

Fuente: Elaboración propia.

7. Ensayo de relación de Soporte de California (CBR) - NTP 339.145

Norma: ASTM D-1883;

AASHTO T193

El valor de relación de soporte conocido como CBR, se inicia continuamente luego del ensayo de Proctor modificado ya que determinamos el nivel de humedad y densidad, es más el índice de resistencia de sus suelos. |

El CBR de un suelo es la carga unitaria correspondiente a 0.1" ó 0.2" de penetración, expresada en por ciento en su respectivo valor estándar, este tipo de ensayo se realizarse tanto en laboratorio como en terreno.

El número CBR (o simplemente, CBR) es representado como aquella relación de una carga unitaria (lbs/pulg.2) indispensable que se pueda obtener cierta profundidad de penetración del pistón (contando con el área de 19.4 cm²) adentro de aquella muestra que está compactada de suelo en un contenido ya sea de humedad y también de densidad, entregada con dependencia a la carga unitaria, patrón requerida con el fin de lograr la misma profundidad de penetración hacia una muestra modelo de muestra triturado. En la siguiente manera de expresarse esta ecuación es:

$$CBR = \frac{\text{Carga unitaria del ensayo}}{\text{Carga unitaria patrón}} * 100 (\%)$$

Ecuación 20: Número de CBR expresada en porcentaje.

Equipos y herramientas

- ✓ Equipo CBR (3 moldes metálicos en forma de cilindro con placa como base y collarín de extensión, 3 discos espaciadores de forma circular, 3 placas de metal perforado de expansión, 3 sobrecargas cada una de 4.5 kg de peso y 3 trípodes con deformímetro.
- ✓ Pisón de compacto como aquello que se describe en el modo de operación de ensayo Proctor modificado.
- ✓ Prensa de penetración de 50 KN para CBR, parecida a las empleadas en los ensayos de compresión.

- ✓ Balanza digital de 20 kg. de 1 gr.
- ✓ Dos diales de expansión con un recorrido mínimo de 25 mm (1") y divisiones lecturas en 0,025 mm (0,001"), teniendo a uno de ellos como suministrado de una pieza que consienta su unión en la prensa, para que así se pueda hacer la medición de la penetración del pistón en la muestra.
- ✓ Horno apto de conservar a los $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- ✓ Tanque de remojo apto para mantener fluido a "1 pulg" (25 mm) sobre la parte superior de los moldes que tengan la cabida idónea para la inmersión de los moldes.
- ✓ Diversos aparatos como un tazón de mezclado, probeta de 1000 ml, espátulas, taras, discos hechos de papel filtro al calibre del molde, tamices.

Procedimiento

- ✓ El ensayo de compactación, se prepara la muestra y luego se compacta en cinco (5) capas, teniendo uno 12 golpes, y dos con 25 golpes y el tres contiene 56 por capa.
- ✓ A cada molde se invierte de tal manera que la superficie superior quede en la posición inferior adicionándole los papeles filtros
- ✓ Se procede a pesar cada molde para establecer la densidad de la humedad y el contenido de humedad, luego se toma la lectura con el dial para así llevarlas a las pozas de agua durante 96 horas.
- ✓ Después de cuatro días, es donde se retiran los moldes del pozo de agua y de cada uno de ellos se lee la lectura con el dial, trípode, sobrecarga y placa de expansión, dejando que drene por unos 15 min.
- ✓ Se coloca en los moldes lo que hay de sobrecarga, después se trasladó a la prensa hidráulica, y se procede al penetración utilizando un pisón a una velocidad de 0.05 pulg/min, y se registra las lecturas de carga durante el periodo que establece la norma.



Figura 40: Procedimiento para el ensayo de penetración CBR.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 41: Lectura, medición y equipos de expansión para CBR.
Fuente: Elaboración propia.

Para los cálculos de la humedad de compactación el porcentaje que se debe incorporar de agua al suelo natural de este, y llegue alcanzar la humedad predefinido, es con:

$$\% \text{ de agua a añadir} = \frac{H - h}{100 + h} * 100$$

Ecuación 21: Porcentaje de agua a añadir.

Donde:

- H = humedad prefijada.
- h = humedad natural.

En el caso de descubrir el CBR mayor y crítico de un suelo, se remoja los especímenes dentro de un periodo y de ser saturados por 96 horas al agua con la finalidad de hallar su saturación máxima y por lo que se recomienda calcular el esponjamiento de manera diaria para poder observar su conducta. Es preciso mediante el periodo de extraer registros de expansión cada 24 horas y cierre de saturación.

$$E(\%) = \left(\frac{\text{Expansión}}{\text{Altura de la muestra}} \right) * 100$$

- $E(\%) =$ Porcentaje de expansión

Donde la expansión se puede calcular mediante la resta de lecturas del deformímetro, ya sea continuo o tras el remojo. Este grado hace referencia al porcentaje de la altura del molde de muestra, que es de (5") es decir 127 mm, donde:

$$\% \text{ Expansión} = \frac{L_2 - L_1}{127} * 100$$

Ecuación 22: Porcentaje de Expansión.

Donde:

- $L_1 =$ Lectura inicial en mm
- $L_2 =$ Lectura final en mm

Por lo tanto, el número de CBR es un % de la carga unitaria patrón, ya que él % se retira y se representa en número enteros, de ellos los valores de carga unitaria que se utilizarán son:

Tabla 26:

Valores de carga unitaria.

Penetración		Precisión		
Mm	Pulgadas	MN/m ²	kgf/cm ²	lb/plg ²
2,54	0,1	6,90	70,31	1,000
5,08	0,2	10,35	105,46	1,500

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27:

Formato de Ensayo de penetración de CBR.

Ensayo de California Bearing Ratio CBR (con CaCl ₂)												
Nº Molde	3				2				1			
Nº Capa	5				5				5			
Nº Golpes por capa	56				25				12			
Condición de la Muestra	Antes de Saturar		Saturado		Antes de Saturar		Saturado		Antes de Saturar		Saturado	
Peso molde + Suelo húmedo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Peso de molde (g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Peso del suelo húmedo (g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Volumen del molde (cc)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Densidad húmeda (g/cc)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
% de humedad	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Densidad seca (g/cc)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Contenido de Humedad												
Tarro Nº	Inicio	Arriba	Centro	Abajo	Inicio	Arriba	Centro	Abajo	Inicio	Arriba	Centro	Abajo
Tarro + Suelo húmedo (g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tarro + Suelo seco (g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Peso del Agua (g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Peso del tarro (g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Peso del suelo seco (g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
% de humedad	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Promedio de Humedad (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Exonación												
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial (Pulgadas)	Exonación		Dial (Pulgadas)	Exonación		Dial (Pulgadas)	Exonación		
				mm	%		mm	%		mm	%	
02.05.2019	17:08	0	-	-	0	-	-	-	-	-	-	
03.05.2019	17:08	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
04.05.2019	17:08	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
05.05.2019	17:08	72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
06.05.2019	17:08	96	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			Total	-	-	Total	-	-	Total	-	-	
Penetración												
Penetración pulg.	Tiempo	Lectura (mm)	Presión patrón lbs/pulg ²	Molde Nº 3			Molde Nº 2			Molde Nº 1		
				Carga Lect	Corrección Dial	Corrección Lbs	Carga Lect	Corrección Dial	Corrección Lbs	Carga Lect	Corrección Dial	Corrección Lbs
0.025	30'	64.0	1000.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.050	1'	127.0		-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.075	1.5'	191.0		-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.100	2'	254.0	1000.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.125	2.5'	318.0		-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.150	3'	381.0		-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.175	3.5'	445.0		-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.200	4'	508.0	1500.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.300	6'	762.0		-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.400	8'	1016.0		-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.500	10'	1270.0		-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

2.6 Criterios éticos

La presente se encuentra dirigida en función de los términos éticos a través de documentos esenciales. Tales como el Código de ética del Colegio de Ingenieros (CIP, 1999) y el código de ética de investigación de la Universidad Señor de Sipán (Uss, 2017).

El primer código, dentro de sus primeros artículos establece los lineamientos que deben seguir el ingeniero con respecto a cómo es su relación dentro de la sociedad, colegas y en general con todo el público, en el desarrollo de sus labores, que se encuentra dirigido a su desenvolvimiento y competencia en su digna profesión. (Colegio de ingenieros del Perú, 2017).

Asimismo, el otro código impartió que se pueda concretar la ética y que esta sea aplicada durante el desenvolvimiento de la labor del proyecto de investigación universitaria. La misma, que describe cuáles son los fines y estatutos éticos, además menciona los regímenes anti plagio, instancias que siguen acerca de la opresión y además de los consentimientos para el empleo de los datos (Uss, 2017).

2.7 Criterios de rigor científico

2.7.1. Generalidades.

A través de entrevistas, observación y análisis documentario es que se pudo encontrar aquellas frutas con relación a las técnicas que fueron utilizadas para recolectar datos, los mismos que permiten poder asegurar la validez a través de su seguridad, después de ser comparada con las demás teorías.

2.7.2. Fiabilidad.

En la presente investigación, lo que fue estudiado se realizó con carácter de suma confianza, con respecto a que la población es real, porque fue desarrollado a pie de posturas que son expresados en las NTP, ASTM y ACI, y esto implica la seguridad totalmente de su validez enfocada en sus cosechas.

2.7.3 Replicabilidad.

Su diseño dependió de diversas incidencias que contribuyen en la producción de sus avances a este estudio, tales son; el factor económico, ello por cuidar los precios altos en su ejecución, y por otro lado el factor tecnológico, el mismo que tiene los medios precisos para efectuar los ensayos propios en las instalaciones.

CAPITULO III: RESULTADOS

III RESULTADOS.

3.1 Resultados en tablas y figuras

Descripción 1.

En la **tabla 28** se determinó las propiedades mecánicas de los suelos cohesivos identificados con fines de pavimentación, siguiendo los procedimientos de la **NTP 339.127**, en seguida se muestran.

a) Contenido de humedad.

Tabla 28:

Resultados del contenido de humedad de las calicatas en estudio.

Calicatas	Muestras	Contenido de Humedad %
C-01	M-1	18.39
	M-2	33.42
C-02	M-1	15.06
	M-2	21.97
	M-3	22.57
C-03	M-1	22.24
	M-2	20.83
	M-3	23.46
C-04	M-1	15.50
	M-2	22.34

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación de la tabla 28.

Publicamos resultados del contenido de humedad promedio de las diferentes calicatas estudiadas, cuyo parámetro se empleará para el desarrollo de los objetivos siguientes.

Descripción 2.

En la **tabla 29** se representan la presentación al análisis granulométrico por tamizado, que en cada uno de las calicatas realizadas se mantuvo bajo la norma **NTP 339.128**.

b) Análisis Granulométrico por tamizado.

Tabla 29:

Resultados del análisis granulométrico por lavado.

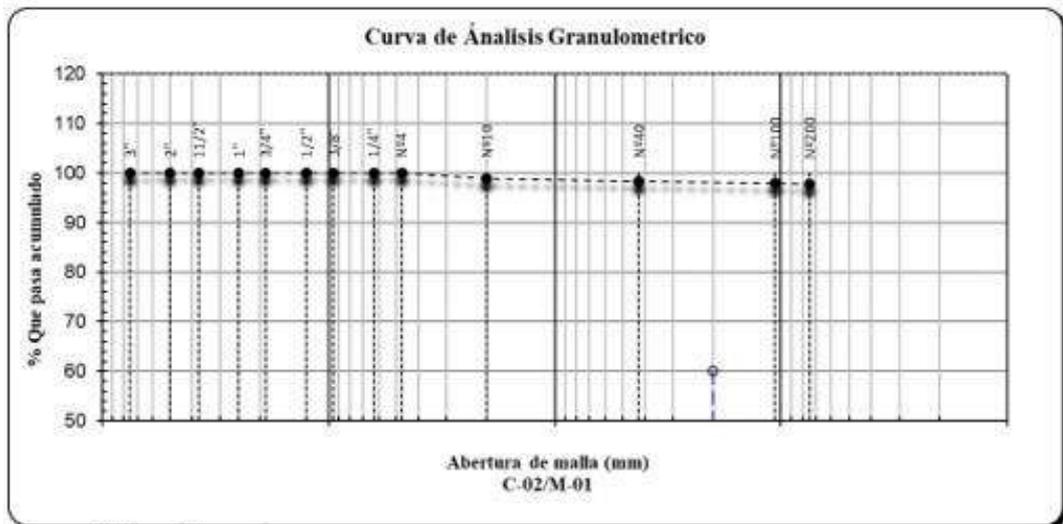
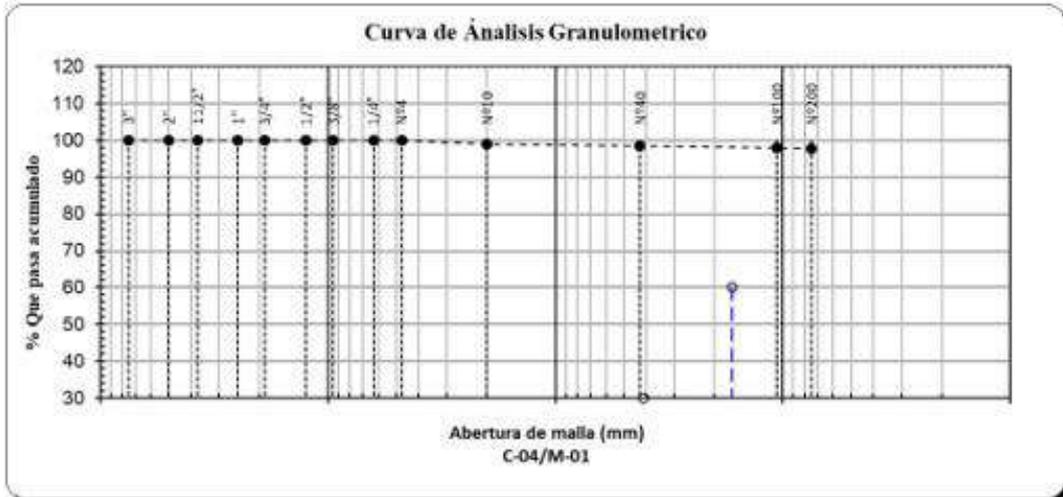
N° Tamiz	Abertura (mm)	C-01 M-02		C-02 M-01		C-02 M-02		C-02 M-03	
		% Acumulados Retenido	% Acumulados Que pasa	% Acumulados Retenido	% Acumulados Que pasa	% Acumulados Retenido	% Acumulados Que pasa	% Acumulados Retenido	% Acumulados Que pasa
3"	75.000	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0	100
2"	50.000	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0	100
1 1/2"	37.500	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0	100
1"	25.000	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0	100
3/4"	19.000	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0	100
1/2"	12.500	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0	100
3/8"	9.500	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0	100
1/4"	6.300	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0	100
N° 4	4.750	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0	100
N° 10	2.000	1.1	98.9	0.0	100	0.2	99.8	0.6	99.4
N° 20	0.850	1.4	98.6	0.0	100	0.5	99.5	1.1	98.9
N° 40	0.425	1.6	98.4	0.0	100	0.7	99.3	1.5	98.5
N° 60	0.250	1.7	98.3	0.1	99.9	0.8	99.2	1.9	98.1
N° 140	0.106	2.1	97.9	1.6	98.4	1.0	99.0	4.3	95.7
N° 200	0.075	2.2	97.8	3.4	96.6	1.3	98.7	5.4	94.6
Distribución granulométrico									
% Grava	G.G. %	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	G.F. %	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
% Arena	A.G. %	1.1	2.2	0.0	3.4	0.2	1.3	0.6	5.4
	A.M. %	0.5	0.8	0.0	0.8	0.5	3.9	0.9	94.6
	A.F. %	0.6	97.8	3.4	96.6	0.8	98.7	3.9	94.6
% Arcilla y Lino		97.8	97.8	96.6	96.6	98.7	98.7	94.6	94.6
Total			100.0		100.0		100.0		100.0
Contenido de Humedad		33.42		15.06		21.97		22.57	

Fuente: Elaboración propia.

Ac

N° Tamiz	Abertura (mm)	C-03 M-01		C-03 M-02		C-03 M-03		C-04 M-01		C-04 M-02	
		% Acumulados		% Acumulados		% Acumulados		% Acumulados		% Acumulados	
		Retenido	Que pasa								
3"	75.000	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0	100
2"	50.000	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0	100
1 1/2"	37.500	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0	100
1"	25.000	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0	100
3/4"	19.000	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0	100
1/2"	12.500	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0	100
3/8"	9.500	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0	100
1/4"	6.300	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0	100
N° 4	4.750	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0	100
N° 10	2.000	0.0	100	0.1	99.9	0.2	99.8	3.7	96.3	1.7	98.3
N° 20	0.850	0.2	99.8	0.2	99.8	0.7	99.3	5.0	95.0	2.8	97.2
N° 40	0.425	0.4	99.6	0.3	99.7	0.8	99.2	6.3	93.7	4.5	95.5
N° 60	0.250	0.5	99.5	0.4	99.6	0.9	99.1	7.6	92.4	6.5	93.5
N° 140	0.106	0.7	99.3	0.6	99.4	1.1	98.9	11.8	88.2	12.8	87.2
N° 200	0.075	0.8	99.2	1.0	99.0	1.2	98.8	13.1	86.9	14.2	85.8
Distribución granulométrica											
% Grava	G.G. %	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	G.F. %	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
% Arena	A.G. %	0.0		0.1		0.2		3.7		1.7	
	A.M. %	0.4	0.8	0.2	1.0	0.6	1.2	2.6	13.1	2.8	14.2
	A.F. %	0.4		0.7		0.4		6.8		9.7	
% Arcilla y Limo		99.2	99.2	99.0	99.0	98.8	98.8	86.9	86.9	85.8	85.8
Total			100.0		100.0		100.0		100.0		100.0
Contenido de Humedad		22.24		20.83		23.46		15.50		22.34	

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Interpretación de la tabla 29.

Del análisis granulométrico por tamizado nos permite conocer el ámbito de una partícula, la cual forma la estructura del suelo, también se conoce los porcentajes que pasan por el tamiz N° 200 es el caso para las muestras seleccionadas como es para la (C-04/M-01) que se encuentran % que retiene; y para el caso de la (C-02/M-01) que hay % que pasan, como se muestran en las tablas.

Descripción 3.

En la **tabla 30** se gala de los resultados del obtenidos del ensayo de límites de Atterberg entre otras cosas el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad.

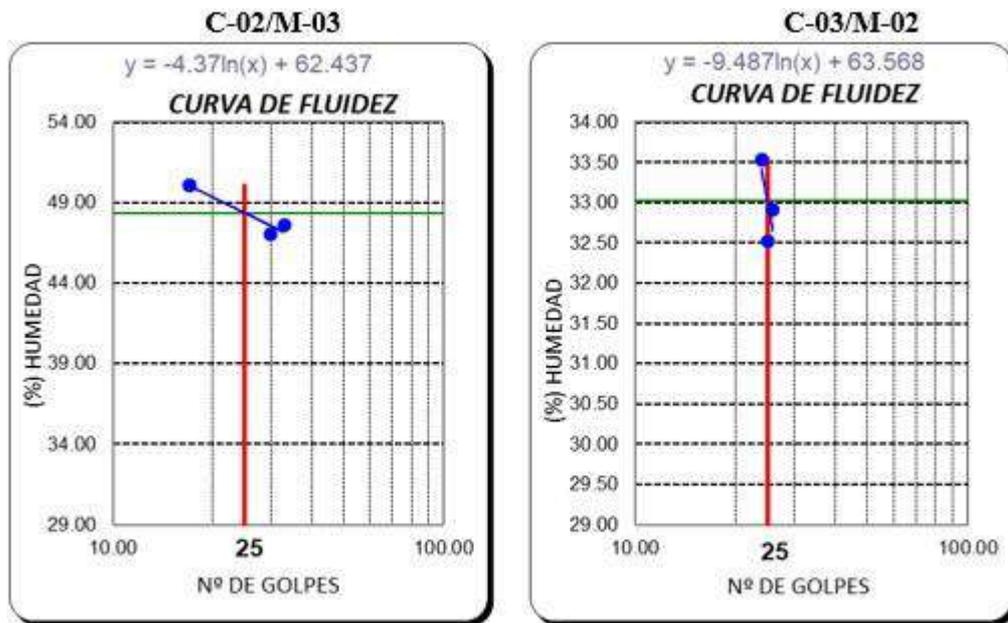
c) Límites de Atterberg.

Tabla 30:

Resultados del límite de Atterberg.

Descripción		C-01 M-01	C-01 M-02	C-02 M-01	C-02 M-02	C-02 M-03	C-03 M-01	C-03 M-02	C-03 M-03	C-04 M-01	C-04 M-02
Límites de Atterberg (%)	Límite líquido	NP	40.04	33.01	48.23	48.37	42.34	33.03	36.84	36.43	33.41
	Límite plástico		22.39	17.09	21.21	15.61	24.49	23.01	22.16	16.11	15.00
	Índice de plasticidad		17.64	15.91	27.02	32.76	17.86	10.02	14.68	20.32	18.41

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Interpretación de la tabla 30.

Se muestran los resultados de los índices de plasticidad promedio de los límites de Atterberg de las diferentes calicatas estudiadas, es el caso de la (C-01/M-01) que no presenta límites, cuyos parámetros están entre la (C-03/M-02) que su IP = 10.02 y la (C-02/M-03) que su IP = 32.76, las que se emplearán para el desarrollo esta investigación.

Descripción 4.

La **tabla 31** se ojea resultados cogidos para el control de la determinación del contenido de sales solubles en suelo y agua subterránea emitidos bajo la norma NTP 339.152.2002, cómo se indica a continuación.

d) Contenido de sales solubles totales.

Tabla 31:

Resultados de las sales solubles totales.

Descripción		Constituyentes de sales solubles totales ppm	Constituyentes de sales solubles totales en peso seco %
C-01	M-01	8750	0.88
	M-02	10000	1.00
C-02	M-01	7500	0.75
	M-02	8750	0.88
	M-03	8000	0.80
C-03	M-01	12500	1.25
	M-02	13750	1.37
	M-03	12000	1.20
C-04	M-01	12500	1.25
	M-02	12500	1.25

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación de la tabla 31.

Aparecen los resultados de las sales solubles totales del ensayo, de los diferentes tipos de suelos y de cada una de las calicatas estudiadas, cuyo caso corresponden a los constituyentes de sales de suelo seco y húmedo expresados en ppm y en % las que se emplean en el desarrollo de esta investigación.

Descripción 5.

En la **tabla 32** se presenta las nóminas vinculadas al ensayo de compactación del suelo mediante los requerimientos establecidos, y así logrando obtener el óptimo contenido de humedad y la densidad máxima seca, realizado a las muestras estudiadas de las calicatas 01,02,03 como se muestra a continuación.

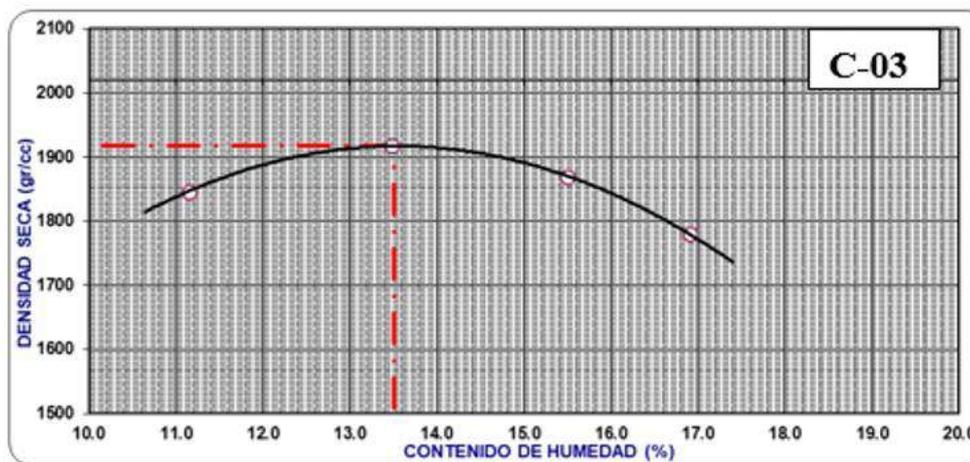
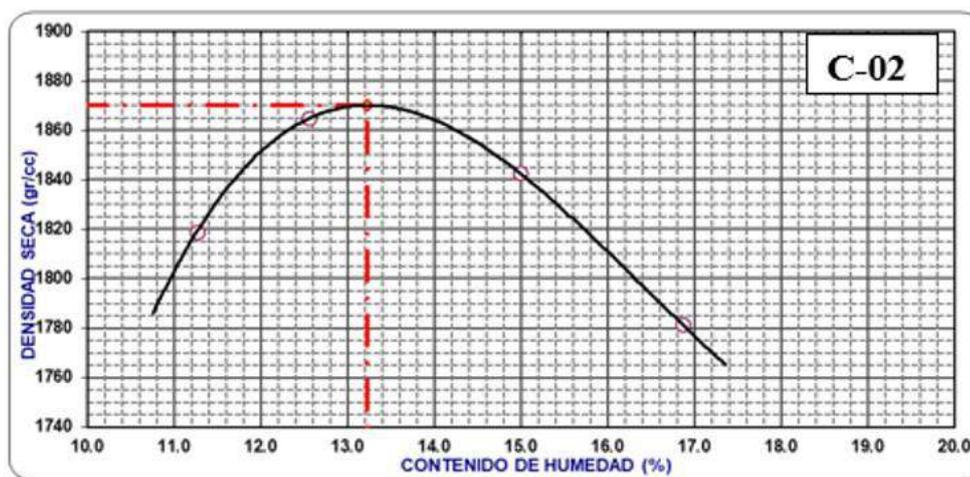
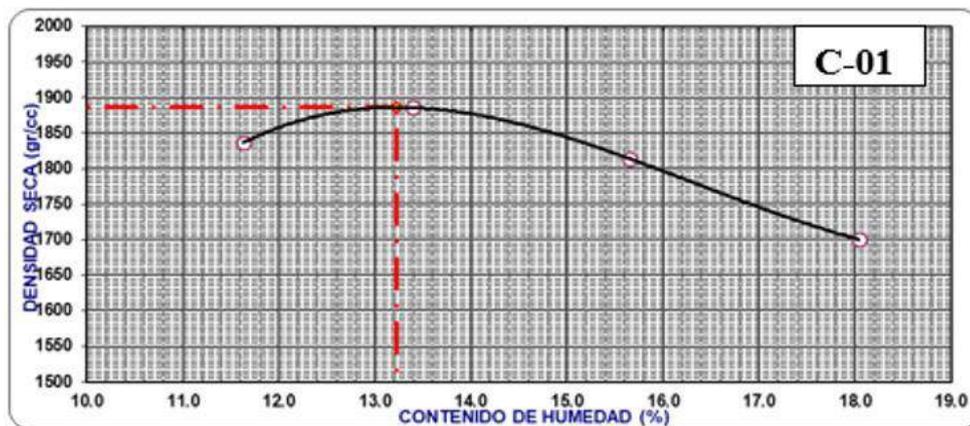
e) Compactación de suelos (Proctor modificado).

Tabla 32:

Resultados de la compactación del suelo (Proctor modificado).

Descripción		C-01	C-02	C-03
Proctor Modificado	Densidad máxima seca (gr/cm ³)	1.886	1.870	1.918
	Humedad Óptima (%)	13.23	13.23	13.51

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Interpretación de la tabla 32.

Con vistas que la calicata 03 su densidad seca máxima es de 1.918 gr/cm³ se alcanza un óptimo contenido de humedad de 13.51%. Es ahí que exponemos resultados de comportamiento del suelo que requiere para alcanzar su óptimo contenido de humedad y obtener su peso específico máximo.

Descripción 6.

Mediante la **tabla 33** se muestra los datos, ligado al ensayo de compactación del suelo CBR mediante los requerimientos del centro de investigaciones de Ingeniería, tanto para los porcentajes de 2%, 5% y 7% en su valor posible óptimo del 5% adicionándole el cloruro de calcio.

f) Ensayo de CBR (California Bearing Ratio).

Tabla 33:

Resultados de California Bearing Ratio (CBR).

Descripción			Muestra Patrón sin CaCl ₂	Muestra al 2 % con CaCl ₂	Muestra Patrón sin CaCl ₂	Muestra al 2 % con CaCl ₂	Muestra al 5 % con CaCl ₂	Muestra al 7 % con CaCl ₂
Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)	CBR a 100%	0.1"	3.4	5.8	8.1	32.7	83.9	62.7
		0.2"	7.1	9.4	12.7	38.6	87.10	51.59
	CBR al 95%	0.1"	3.3	4.7	7.0	27.3	66.0	49.0
		0.2"	2.4	7.5	9.6	24.1	78.4	38.8

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación de la tabla 33.

Se concluyo que el material utilizado proveniente de centro poblado de Capote presenta su comportamiento a la resistencia a la penetración muy escaso, ya que, adicionándole los porcentajes de cloruro de calcio correspondiente a lo estipulado en esta investigación, se concluye que si adiciona más porcentaje de cloruro de calcio mejor es su comportamiento para mejorar dichas propiedades mecánicas.

3.2 Discusión de resultados.

Consideramos a este caso que tuvo como objetivo evaluar las propiedades mecánicas del suelo en pavimentos urbanos, adicionándole el producto liquido cloruro de calcio, con la finalidad de sugerir el uso de este estabilizante y con ello llegar a crecer su status de vida de los moradores, es por ello que se evaluó lo siguiente:

Discusión 1.

a) Contenido de humedad.

Respecto que en la **Tabla 28**, competen a los datos conseguidos del contenido de humedad; y la relación entre el peso del líquido y la masa del suelo en torno a las partículas sólidas. Además de observar en la barra de resultados que la C-01/M-02 es la que abarca sumo porcentajes de humedad, es ahí que el nivel freático de la zona en estudio se posa remotamente a 1.20 m. del nivel de terreno natural, antecedente que permitiría ser apropiada para venideras tesinas vinculadas a cimentaciones y diseños estructurales aledañas al área. Por lo que en la tabla 28 se muestran una sinopsis del contenido de humedad promedio (%). Ya que las barras demuestran que el ensayo es reproducible.

Figura 42: Análisis de resultados de contenido de humedad.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 42, se aprecia la mayoría de las muestras rebasan el 15% de humedad. Estos resultados son importantes ya que el contenido de agua que exhiben simboliza junto con la cantidad de aire.

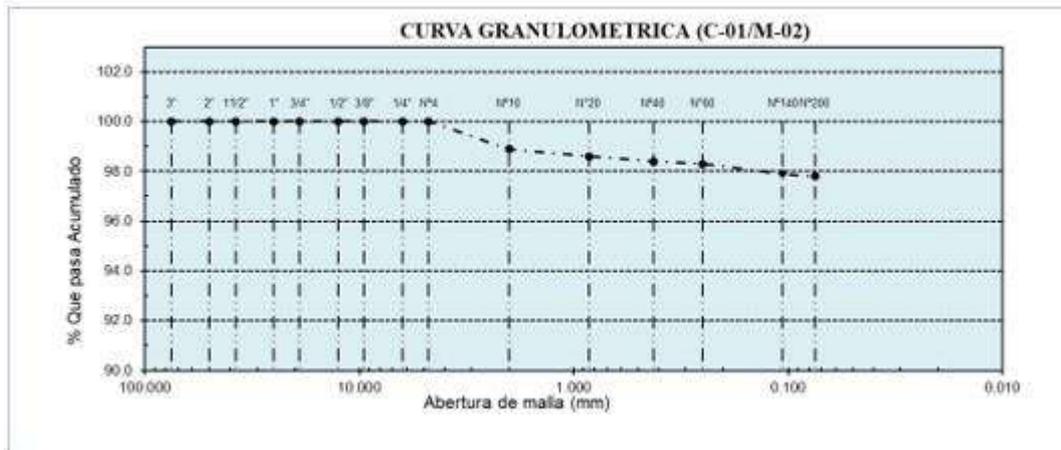
Discusión 2.

b) Análisis granulométrico.

Los datos presentados en las **Tablas 29**, se lograron a través de la ejecución de doce (12) calicatas y diez (10) estratos en el pavimento urbano de sector Capote, estudiados en virtud al análisis granulométrico por tamizado por el método mecánico, ir a partir de ello la clasificación del suelo. Correspondiente a las muestras dadas, son datos con

los cuales se creó las curvas granulométricas, dado que más del 50% de suelo pasa por la malla N.º 200, por lo que estamos tratando con suelos fino de tipo arcilla de baja plasticidad.

Figura 43: Diagrama de curva granulométrica.



Fuente: Elaboración propia.

Considerablemente los suelos obtenidos del Pueblo de Capote, están en el rango A – 6 y A – 7 (Ir a Tabla N.º 5), según AASHTO, prevaleciendo a este ámbito los suelos de tipo A – 6 (suelo arcilloso – limoso). Aun, en la jerarquización SUCS, se logró suelos de tipo CL inorgánico, arcilla de baja plasticidad. Esta distribución nos permite pronosticar el comportamiento de los suelos, que propiciará a demarcar los lugares. AASHTO clasifica el Índice de Grupo, el cual es uno de los indicadores para comprender que tipo de suelo se está trabajando y tratando.

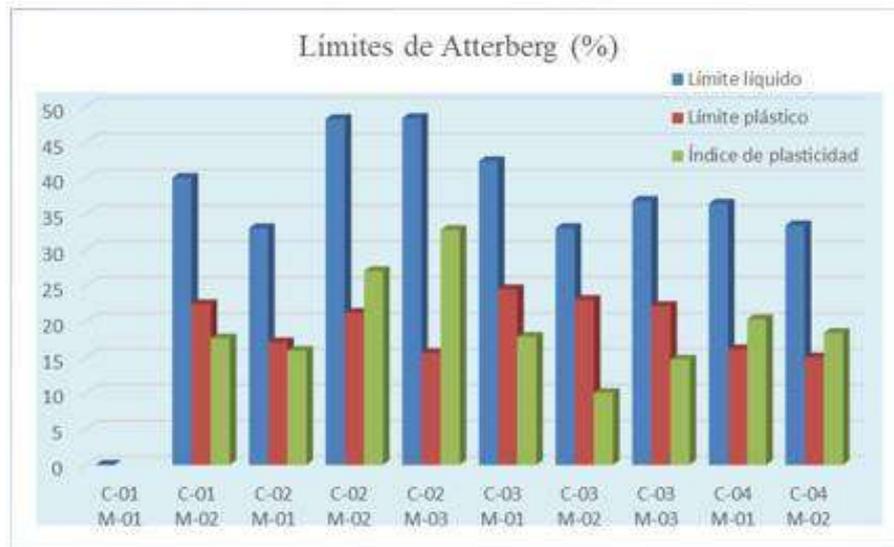
Discusión 3.

c) Límites de Atterberg.

El resumen de la **Tabla 30**, se presentan los resultados alcanzados de los ensayos a la plasticidad del material, tales resultados nos indican que el límite líquido se haya en el rango de 33% al 48% y el límite plástico en el rango de 15% al 24%, como también el cálculo del índice de plasticidad. Estos resultados se representan en la Tabla N.º 30, donde se observa los índices de plasticidad de cada estrato y como resultado obtenemos un suelo tipo arcilla de baja plasticidad.

En el ensayo de Límites de Atterberg el índice de plasticidad es el elemento primordial que nos indica la dimensión del intervalo de humedad, por lo que generalmente el suelo toma ahí su consistencia plástica, también se observa en la tabla 30 que la calicata 01 estrato 01, no presenta plasticidad lo que indica que el suelo es arena arcillosa (SC).

Figura 44: Análisis del índice de plasticidad.



Fuente: Elaboración propia.

Discusión 4.

d) Contenido de sales solubles totales.

Los resultados en la **Tabla 31**, muestran los ensayos a los constituyentes de las sales solubles totales en peso seco las que se encuentran en el rango de 0.75 a 1.37 %, observando que en la C-03/M-02 es la contiene más sales, proceso por la cual hay tener en cuenta a futuras construcciones.

Figura 45: Resultados del ensayo de sales solubles.



Fuente: Elaboración propia.

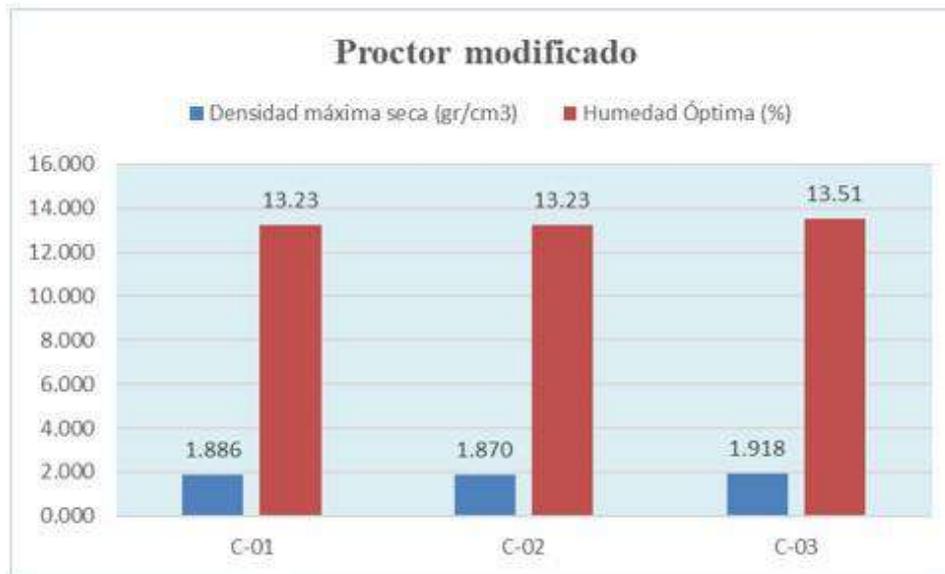
Discusión 5.

e) Compactación de suelos (Proctor modificado).

Este procedimiento reunió frutos sea para la densidad seca como también el óptimo contenido de humedad, por lo que se realizó a tres calicatas las cuales se muestran en la **Tabla 32**, con esta información nos da a comprender lo mencionado anteriormente, también comprendiendo estos resultados nos da el dominio de poder desarrollar las propiedades de los suelos tanto físicos como mecánicas en el instante que se compacta.

En la **Tabla 32**, se exponen el grado de los resultados obtenidos del ensayo Proctor modificado de la muestra patrón, de las diferentes calicatas y observamos que entre ellas no hay muchas diferencias y su rango es menor en sus resultados a comparación con los resultados del contenido de humedad natural, por consiguiente, el suelo no alcanzaría su máxima densidad.

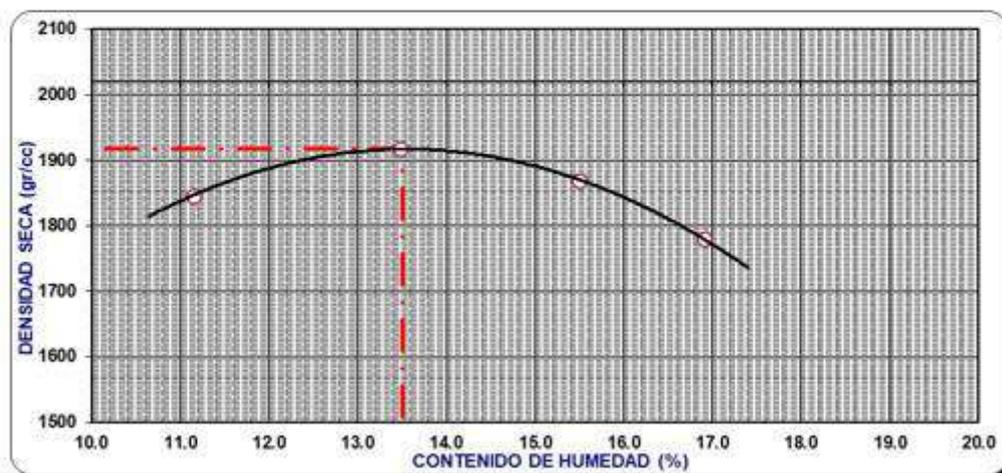
Figura 46: Análisis de resultados de las muestras patrón.



Fuente: Elaboración propia.

En la **Figura 47**, se examina la curva de donde se puede constatar que la humedad óptima es la que forma parte con el máximo valor de densidad seca (cúspide de curva).

Figura 47: Curva Humedad de compactación – Densidad seca de Calicata 03.



Fuente: Elaboración propia.

Discusión 6.

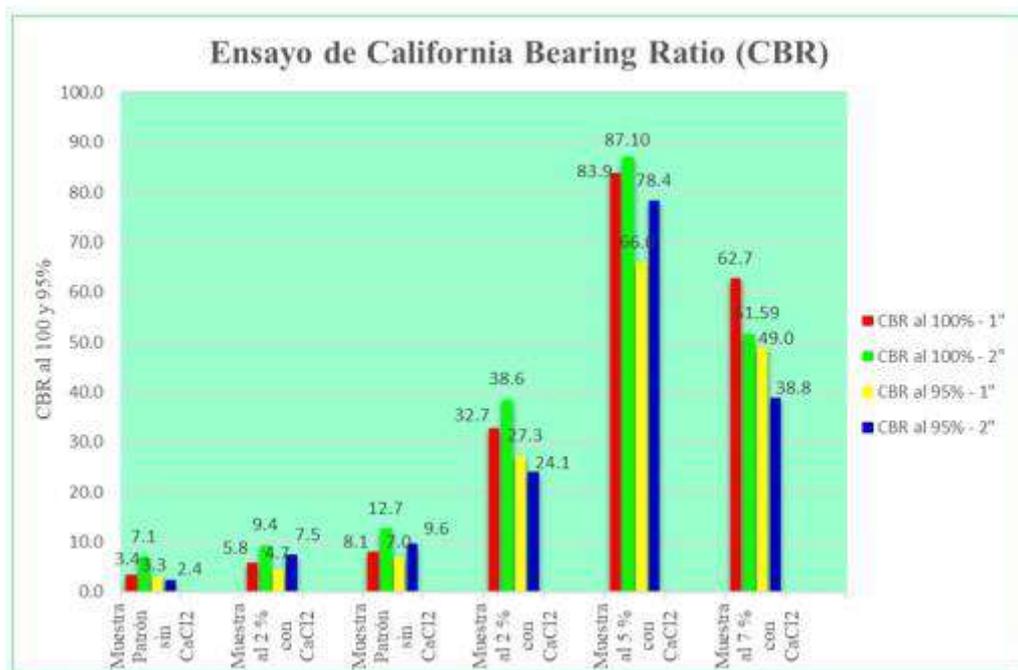
f) Ensayo de CBR (California Bearing Ratio).

A discrepancia de los resultados alcanzados en la **Tabla 33**, del ensayo CBR (California Bearing Ratio) se puede estimar que el valor CBR incrementa a un 95% y 100% de la máxima densidad seca a 0.1" y 0.2", con la finalidad de asegurar las

propiedades mecánicas óptimas y esto da confirmada a la hipótesis sugerida a la incorporación del cloruro de calcio en suelos cohesivos en 2% 5% y 7% lo que aumenta su Capacidad Portante (CBR). En la tabla ya mencionada, el CBR aumenta paulatinamente al incorporar el cloruro de calcio al 100% (0.1”) desde 3.4% a 62.7%; y al 95% (0.1”) desde 3.3% a 49.0% como se aprecia en la figura 48.

En esta investigación se observa que el cloruro de calcio se puede evaluar su comportamiento el cual mostro un incremento en la dosificación de cloruro de calcio.

Figura 48: Análisis de resultados CBR a 95% y 100% del suelo, adicionando CaCl2.



Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO IV:
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1. Conclusiones.

Luego de realizar los diferentes ensayos al suelo natural y con los diferentes porcentajes de Cloruro de Calcio; y al analizar los resultados obtenidos se pudieron obtener las siguientes conclusiones

- Se confirmó la teoría planteada situación por la cual es la incorporación del cloruro de calcio en los diferentes porcentajes de 2%, 5% y 7% incrementando su valor de CBR, en relación a la muestra patrón (natural). Puesto que el índice CBR para 0.1" varía un 3.29% de la muestra patrón, mientras que para 0.2" el índice CBR varia 2.36 % de la muestra guía.
- Luego de varios ensayos desarrollados a la muestra natural se pudo definir el tipo de suelo a clasificar por lo que se encontró con una arcilla de baja plasticidad, conforme al sistema SUCS, en tanto la asociación AASTHO prevaleció el tipo de suelo A-6 Y A-7, ejerciendo el uso de los resultados obtenidos del ensayo del límite de Atterberg.
- El cloruro de calcio a comparación con otros productos prevalece por su bajo costo en el mercado y en el sector construcción, ya que nos proporciona un mayor ahorro al 90% comparado con una carpeta asfáltica por lo que mejoraría la calidad de vida de los pobladores.
- Se concluye que la proporción de cloruro de calcio adicionado mejora el índice de CBR, a más porcentaje de CaCl_2 incrementa su resistencia como también sus propiedades físicas y mecánicas del suelo lo cual se obtiene buenos resultados. Dado que la elección más confiable es el uso de dicho estabilizante a un 7%.

Al recorrido del proyecto de mi investigación se obtuvieron resultados buenos las cuales fueron estudiadas y posteriormente evaluadas para dichas estabilizaciones, las cuales fueron motivos de nuevas investigaciones.

4.1 Recomendaciones.

- No se puede estabilizar un suelo necesariamente si es con lluvia, ya que al momento de regar el cloruro de calcio sobre el suelo se disuelve y se pierde, es aconsejable utilizarlo siempre y cuando en época de calor, ya que esté actúa mejor en lugares secos lo cual erradicaría el polvo e impediría a que se levante más polvo en los lugares que se llegarán a estabilizar.
- Si al momento de adquirir y manipular un producto químico como es el cloruro de calcio, a este se debe de seguir las recomendaciones dadas por el personal que nos brinda como también seguir su ficha técnicas antes de ser utilizado ya que podría ser muy perjudicial para la salud si se llegara a manipular no adecuadamente.
- Es recomendable usar este tipo de estabilizante ya que da estabilidad a los suelos por lo que es una solución líquida estable, y ayuda al levantamiento de polvo por un periodo de 1 a 4 años, ya sea para vías externas e internas.
- Se recomienda ejecutar e indagar diferentes modelos de ensayos para cada suelo y para cada comportamiento, utilizando distintos tipos de estabilizantes, visto que durante la elaboración de esta investigación se observó muy a profundo la dispersión de polvo con el cloruro de calcio.

REFERENCIAS

- Altamirano, G. J.; Díaz, A. E. (2015). *Estabilización de suelos cohesivos por medio de cal en las vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, municipio Potosí- Rivas*. San Isidro: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- Allende, J. (1998). *Estabilización con sal: Tesis programa especial ingeniero constructor*. Chile: Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Ing. 11 Pág.
- Andinos, P. (2012). *Ecología, hidrología y suelos de páramos*. Autores: (Luis Ll.; Alejandra S.; Rolando C.; Bert De B.; Boris O.; y Pablo B.) Ecuador. Pág. 238, 239.
- Atarama Mondragón, E. A. (2015). *Evaluación de la transitabilidad para caminos de bajo tránsito estabilizados con aditivo PROES*. Piura – Perú.
- Bañón Blázquez, L.; Beviá García, J. F. (2000). *Manual de carreteras*. Volumen II: Construcción y Mantenimiento. Instituto Mexicano del Transporte.
- Bauzá, J. D. (2003). *Estabilización de suelos con cal*. Madrid: Ingenieros de caminos, canales y puertos.
- Bonifacio Vergara, W. M.; y Sánchez Bernilla, J. A. (2015). *Estabilización química en carreteras no pavimentadas usando cloruro de magnesio, cloruro de calcio y cemento en la Región Lambayeque*. Lambayeque – Perú.
- Borselli, L. (2019). *Clasificación ingenieril de los suelos y de los macizos rocosos*. Geotecnia I. Parte II. Instituto de Geología.
- Briones Martínez, A. (2018). *Influencia del cloruro de magnesio en comparación con el cloruro de calcio en la estabilización de suelos arcillosos para afirmados*. Cajamarca: Facultad de Ingeniería – Universidad Privada del Norte.
- Cahuana Cabanillas, F. S. (2016). *Dosificación óptima del cloruro de calcio y la melaza de caña para la estabilización de suelos en caminos vecinales no pavimentados del distrito de Barranca 2016*. Huaraz - Perú.
- Carrazana, R.; y Rubio, M. (2019). *Técnicas básicas de construcción*. Infraestructura 1: Editorial Pueblo y Educación. La Habana.
- Copyright Cementos Pacasmayo S.A. (1974). *Estabilización de Suelos con Cemento*. La Libertad – Perú.
- Crespo Villalaz, C. (2004). *Mecánica de suelos y cimentaciones*. Limusa, México.

- De La Cruz Gutiérrez, L. M.; & Salcedo Rojas, K. K. (2016). *Estabilización de suelos cohesivos por medio de aditivos (Eco Road 2000) para pavimentación en Palian Huancayo – Junín*. Huancayo: Universidad Peruana los Andes.
- De Vicente, M. M. (2007). *Efectos del cloruro cálcico en la estabilidad de las tierras*. Cimbra: Revista del Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas, (373), 44-48.
- García Huaranca, J. M. (2015). *Estabilización de suelos arcillosos con cal aplicación a la carretera Tingo María – Pucallpa*. sector III: Neshuya – Pucallpa.
- González, W; Jiménez, M. E.; & López, R. J. (2007). *Guía básica para el uso de emulsiones asfálticas en la estabilización de bases en caminos de baja intensidad en el Salvador*. El Salvador.
- Gisbert Blanquer, J. M.; Ibáñez Asencio, S.; & Moreno Ramón, H. (2012). *El espacio poroso del suelo*. Universidad politécnica de Valencia.
- Hernández Domínguez, A. (2016). *Análisis comparativo de un material estabilizado con cal y cemento*. México: Instituto Politécnico Nacional.
- Hinrichsen, N. N. (2005). *Estudio de comportamiento de suelo estabilizado con sal: frente a la acción del agua, para distintas mezclas*. Chile: Facultad de ciencias de la ingeniería – Universidad Austral de Chile.
- Jaramillo Jaramillo, D. F. (2002). *Introducción a la ciencia del suelo*. Escuela de Geociencias y Medio Ambiente.
- Joseph E. B. (1981). *Manual de laboratorio de suelos en Ingeniería Civil*. McGraw-Hill.
- Juan de Dios, J. F. (2018). *Análisis de las propiedades mecánicas de la subrasante aplicando cal hidratada en suelos cohesivos, Cantoral - San Juan de Lurigancho, 2018*. Lima – Perú.
- Lanly, J. P. (1996). *Ecología y enseñanza rural. Nociones ambientales básicas para profesores rurales y extensionistas*. (No. F013. 052). FAO.
- López Sumarriva, J. J.; y Ortiz Pinares, G. (2018). *Estabilización de suelos arcillosos con cal para el tratamiento de la subrasante en las calles de la urbanización San Luis de la ciudad de Abancay*. Apurímac – Perú.

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones – MTC. (2016). *Manual de ensayo de materiales*. Lima – Perú.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones, (2007). *Manual de carreteras - Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*.
- Miranda, J; Negrete, D. (2011). *Estabilización de suelos cohesivos con el uso de cloruro de calcio*. Ecuador: Facultad de ingeniería – Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Morales, E.; & Pailacura, C. (2019). *Estudio del comportamiento de una carpeta de rodado estabilizada con cloruro de calcio*. Obras y proyectos, (26), 27-36.
- Neves, C. M. M.; Faria, O. B; Rotondaro, R.; Salas, P.C.; & Hoffmann, M. V. (2009). *Selección de suelos y métodos de control en la construcción con tierra – prácticas de campo*. Lisboa: Rede Ibero – Americana Proterra.
- NTP 339.152. 2002 (2015). *Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y agua subterránea*. Lima – Perú: Tiraje.
- Orobio, A.; Portocarrero, L. M.; y Serna, L. (2007). *Evaluación del cloruro de calcio como agente mitigador de polvo en vías en afirmado*. Dyna.
- Palomino, Y. E. (2016). *Influencia de la adición de cloruro de sodio en el índice California Bearing ratio (CBR) de un suelo arcilloso, Cajamarca 2016*. Cajamarca: Facultad de ingeniería – Universidad Privada del Norte.
- Ponce Crispín, D. K. (2017). *Uso del cloruro de calcio para estabilización de la subrasante en suelos arcillosos de la avenida Ccoripaccha - Puyhuan Grande – Huancavelica*. Huancavelica: Facultad de ciencias de ingeniería - Universidad Nacional de Huancavelica.
- Quimpac S.A. (2001). *Cloruro de calcio QUIM KD40*. Callao – Perú.
- Ramírez Carbajal, R. (1997). *Propiedades físicas, química y biológicas de los suelos*. Convenio Fenalce – Sena – SAC. Santafé de Bogotá.

- Ramos Vásquez, J. D.; & Lozano Gómez, J. P. (2019). *Estabilización de suelo mediante aditivos alternativos*. Bogotá – Colombia.
- Revista Especializada Perú vías. (2016). *Estabilización de suelos con emulsión asfáltica potencializada con estabilizador químico*.
- Rodríguez-Arias Julián, P. A. (2015). *Estabilización de suelos en obras de carreteras*. (Master's thesis, Universidade de Évora).
- Roldan de Paz, J. (2010). *Estabilización de suelos con cloruro de sodio (NaCl) para bases y sub bases*. Guatemala: Facultad de ingeniería – Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Rucks, L.; García, F.; Kaplán, A.; Ponce de León, J.; & Hill, M. (2004). *Propiedades Físicas del Suelo*. Universidad de la República: Facultad de Agronomía. Montevideo, Uruguay.
- Santamaria, E. (2017). *Área de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente*. SSOMA.
- Schoeneberger, P. J.; Wysocki, D. A.; Benham, E. C; & Broderson, W. D. (1998). *Libro de Campaña para descripción y muestreo de suelos: Versión 1.1*
- Terrones Cruz, A. T. (2018). *Estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de bagazo de caña para el mejoramiento de subrasante en el sector Barraza, Trujillo – 2018*. Trujillo: Universidad Privada del Norte.
- Ugaz Palomino, R. M. (2006). *Estabilización de suelos y su aplicación en el mejoramiento de subrasante*. Lima: Facultad de Ingeniería Civil - Universidad Nacional de Ingeniería.
- Urbanismo – Minvu. (2008). *Código de normas y especificaciones técnicas de obras de pavimentación*. Santiago de Chile: CDU.
- Vargas Rojas, R. (2009). *Guía para la descripción de suelos*. (No. FAO 631.44 G943 2009). FAO, Roma (Italia).
- Velarde del Castillo, A. D. (2015). *Aplicación de la metodología de superficie de respuesta en la determinación de la resistencia a la compresión simple de suelos arcillosos estabilizados con cal y cemento*. Puno: Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura – Universidad Nacional del Altiplano.

ANEXOS

ANEXO A:
MATRIZ DE CONSISTENCIA.

MATRIZ DE CONSISTENCIA

APLICACIÓN DEL CaCl₂ QUIM KD-40 EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS PARA PAVIMENTOS URBANOS, CAPOTE - 2019.

TITULO	PROBLEMA	HIPOTESIS	OBJETIVO GENERAL	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS	PRESUPUESTO
EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS COHESIVOS CON CLORURO DE CALCIO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES DE PAVIMENTOS URBANOS, CAPOTE - 2019	En nuestro medio han aparecido diferentes tipos de marcas de cloruro de calcio en el campo de la estabilización de suelos, todos con diferentes características y hojas técnicas, lo cual hace que genere confusión al usuario al elegir el aditivo o aglomerante ideal para su tipo de pavimentación o vías, llevándolo a averiguar el posible comportamiento mecánico del cloruro de calcio, buscando un resultado óptimo equilibrado en su uso.	La adhesión del cloruro de calcio (CaCl ₂), para mejorar las propiedades mecánicas de la sub - rasante, en el incremento de la capacidad portante (CBR) del suelo natural.	Evaluar el comportamiento y las propiedades mecánicas de suelos cohesivos con cloruro de calcio para estabilización de subrasantes de pavimentos urbanos, del pueblo de Capote distrito de Picsi – 2019.	Tipo: Aplicada - Cuantitativo Diseño. Experimental - Cuasiexperimentos	Técnicas: 1. Observación. 2. Información bibliográfica. 3. Análisis de documentos. Instrumentos: 1. Formatos necesarios para completar datos requeridos. 2. libros, artículos científicos, tesis. 3. normativas del ASTM, INTECTEC, NTP Y ACI.	S/. 5,792.00
	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	JUSTIFICACIÓN	OBJETIVOS ESPECIFICOS	VARIABLES: Variable dependiente: Cloruro de Calcio (CaCl ₂) Variable independiente: Evaluación de las propiedades mecánicas de los suelos.	MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS: Enfoque Cualitativo Enfoque Cuantitativo	FINANCIAMIENTO: El costo de la presente investigación será con el presupuesto del autor y los equipos serán de la universidad señor de Sipán.
	¿En qué medida influye la aplicación del cloruro de calcio en la estabilización, a las propiedades mecánicas de suelos en pavimentos urbanos del C.P. de Capote – 2019?	Justificación técnica Justificación social Justificación económica Justificación ambiental	1. Determinar las propiedades mecánicas de los suelos cohesivos identificados con fines de pavimentación. 2. Determinar la propiedad mecánica (CBR) de los suelos cohesivos adicionado con cloruro de calcio en proporciones variables. 3. Evaluar económicamente el costo de los suelos estabilizados en la dosificación óptima con cloruro de calcio. 4. Proponer criterios de aplicación de cloruro de calcio en la estabilización de subrasantes de suelos cohesivos para fines de pavimentación urbana.	POBLACION Y MUESTRA: Población: Evaluación de las propiedades mecánicas de los suelos de las vías urbanas del centro poblado de Capote, región Lambayeque, 2019 Muestra: Componentes a determinar. 1. CaCl₂. Se usará QUIM KD40 en una concentración del 40% en estado líquido transparente. 2.agregado. se seleccionará la muestra del área en estudio y que cumpla las condiciones normativas. 3. agua. se empleará bajo los criterios de calidad de producción del cloruro de calcio. 4. diseño. se evaluará para tres muestras en diferentes proporciones desde 2% hasta 7%, valor posible óptimo en el 5% de resistencia. 5. densidad a 25°C. 1.35 - 1.41 g/ml. Por lo que se cunifican cantidad de muestras.	ASPECTOS ETICOS: Estará regida en base a términos éticos por dos documentos fundamentales. Código de ética del Colegio de Ingenieros (CIP, 1999) y el código de ética de investigación de la Universidad Señor de Sipán (USS, 2017).	PROGRAMACION: (9 meses) Inicio: abril 2019 Termino diciembre 2019

ANEXO B:
NORMATIVAS.

NORMATIVAS

NORMAS UTILIZADAS EN EL PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Norma	Título	Código	Edición	Institución	Descripción
NTP	Suelos. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo	NTP 339.127.1998 (Revisada 2019)	1a 24.10.2019	INDECOPI	La presente Norma establece el método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.
NTP	Suelos. Método de ensayo para el análisis granulométrico.	NTP 339.128.1999 (Revisada 2019)	1a 24.10.2019	INDECOPI	Esta Norma Técnica Peruana establece el método para el análisis granulométrico por tamizado y por sedimentación de los suelos, pudiendo efectuarse en forma combinada con uno de los métodos indicados.
NTP	Suelos. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos.	NTP 339.129.1999 (Revisada 2019)	1a 24.10.2019	INDECOPI	Esta Norma Técnica Peruana establece los métodos de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de una muestra de suelo, como se definen.
NTP	Suelos. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (Sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS) .	NTP 339.134.1999 (Revisada 2019)	1a 24.10.2019	INDECOPI	Este método de ensayo describe un sistema para la clasificación de suelos minerales y orgánico minerales con propósitos de ingeniería, basado en la determinación en el laboratorio de las características de granulometría, límite líquido e índice plástico, y deberá ser utilizado cuando se requiera una clasificación precisa.
NTP	Suelos. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y agua subterránea.	NTP 339.152.2002 (Revisada 2015)	1a 26.11.2015	INDECOPI	Esta Norma Técnica Peruana establece la preparación de un extracto acuoso para la determinación del contenido de sales solubles en los suelos. Luego, el método de ensayo que se indica es ampliamente conocido como determinación de sólidos disueltos en aguas (TDS), por lo que también es aplicable, en segundo caso a una muestra de agua subterránea. Los datos que se obtengan con estos procedimientos pueden ser de utilidad principalmente en la construcción civil.
NTP	Suelos. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2,700 kN-m/m ³ (56,000 pie-lbf/pie ³)).	NTP 339.141.1999 (Revisada 2019)	1a 23.10.2019	INDECOPI	Esta Norma Técnica Peruana establece el método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2,700 kN-m/m ³ (56,000 pie-lbf/pie ³)).
NTP	Suelos. Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio.	NTP 339.145.1999 (Revisada 2019)	1a 23.10.2019	INDECOPI	Esta Norma Técnica Peruana establece el Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio.

ANEXO C:
ANÁLISIS DE DOCUMENTOS.

ANÁLISIS DE DOCUMENTOS
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL CaCl₂

 QUIMPAC S.A.	MANUAL DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE PRODUCTO TERMINADO	Código : APPTCCL01 Versión : 05 Fecha : 22/05/2017 Página : 1 de 1
	CLORURO DE CALCIO AL 40%	

Copia Nro.	
Asignada a:	

1. **Producto:** Cloruro de Calcio al 40%
2. **Fórmula química:** CaCl₂
3. **Otras Denominaciones:** Cloruro de calcio líquido
4. **Especificaciones Técnicas**

Características	Límites	Unidad	Métodos de Ensayo
Cloruro de Calcio (como CaCl ₂)	36 – 40.5	% w/w	CCLPT001
Sulfatos (como CaSO ₄)	Máx. 0.40	%w/w	CCLPT002
Hierro (como Fe)	Máx. 5.0	mg/L	CCLPT004
pH	7.0 – 8.5		CCLPT005
Densidad (a 25° C)	1.35 – 1.41	g/mL	CCLPT006
Turbidez	Máx. 5.0	NTU	CCLPT009
Aspecto	Líquido transparente exento de partículas en suspensión.		

5. Presentaciones

- Granel en cisternas
- Bidones de 55 galones
- Hoovers Drums x 1000 L

6. Tiempo de vida

Cinco años a partir de la fecha de producción.

Elaborado por	Revisado por	Aprobado por
Jefe de Laboratorio: Ing. Edgard Rodríguez	Superintendente Planta: Ing° Arturo Kakutani Jefe de Producción: Ing° Juan Azabache	Gerente Comercial: Ing. Fernando Carranza Gerente de Operaciones: Ing. Carlos Valdez



PT-CC-01
Versión 1
Fecha: 03/10/11

Hoja de Datos de Seguridad de Materiales
MATERIAL SAFETY DATA SHEET
-- MSDS --

Sección 1: Información del Producto Químico y Compañía

Nombre de Producto: Cloruro de Calcio – 40%
Sinónimos : Cloruro de calcio líquido, solución de cloruro de calcio al 40%
Empresa : Quimpac S.A
Dirección : Carretera a Ventanilla # 8583 – Callao - Lima, Perú
Teléfonos : 614-2000

Sección 2: Información / Composición o Ingredientes

Ingrediente	N° CAS	%	Fórmula
Cloruro de calcio	10043-52-4	36 –40	CaCl ₂

Sección 3: Identificación de Riesgos

Efectos Potenciales a la Salud

Inhalación: Puede causar irritación en la nariz, garganta y pulmones.

Ingestión: En pequeñas cantidades causa baja toxicidad y puede causar irritación gastrointestinal, náuseas y vómitos por ingestión en cantidades mayores.

Contacto con la piel:

Exposiciones cortas: No causa irritación.

Exposición prolongada: Puede causar irritación de la piel.

Contacto con los ojos: Irritación e incluso quemaduras leves.

Exposición crónica: No hay información disponible.

Sección 4: Medidas de Primeros Auxilios

Inhalación: Retire a la víctima al aire fresco. Si no está respirando, dar la respiración artificial. Si respira con dificultad, dar oxígeno. Consiga asistencia médica.

Ingestión: Si está consciente, inmediatamente dar 2 a 4 vasos de agua e Induzca al vómito inmediatamente. Si está inconsciente, nunca dé algo por la boca. Consiga asistencia médica.

Contacto con la piel: Lavar inmediatamente la piel con agua suficiente, por lo menos 15 minutos. Quite la ropa contaminada y zapatos. Consiga asistencia médica.

Contacto con los ojos: Lavar inmediatamente los ojos con agua suficiente por lo menos 15 minutos, abriendo y cerrando los párpados de vez en cuando. Consiga asistencia médica inmediatamente.

Nota: La ingestión oral puede causar la acidosis.

Sección 5: Medidas de Control del Fuego

El fuego: No se considera riesgo de fuego. No inflamable, ni combustible.

Explosión: No se considera riesgo de explosión.

Hoja de Datos de Seguridad de Materiales
MATERIAL SAFETY DATA SHEET
-- MSDS --

Medios de extinción de Fuego: Use cualquier medio conveniente para extinguir el fuego circundante.

Información especial: En caso de fuego, usar la ropa de la protección completa y el aparato respiratorio autónomo aprobado por NIOSH. A temperaturas altas o cuando se humedece bajo condiciones de fuego, el cloruro de calcio puede producir humos tóxicos o irritantes.

Sección 6: Medidas de control de Accidentes

Información General: Ventile el área donde se presenta el goteo o derrame. Usar el equipo de protección personal apropiado especificado en la Sección 8.

Derrames: Disponer en contenedores. Pueden vaciarse cantidades pequeñas de residuo al desagüe con el agua suficiente.

Sección 7: Uso y Almacenamiento

Mantener en un recipiente cerrado, guardado en ambiente fresco, seco, con área ventilada. Proteja contra el daño físico. Cuando es expuesto a la atmósfera, el cloruro de calcio absorberá el agua. Observe todas las advertencias y precauciones listadas en la etiqueta del producto.

Sección 8: Manejo de Riesgo / Equipo de Protección Personal

Controles de Ingeniería: Se recomienda un sistema de ventilación local y/o general para mantener las exposiciones del trabajador tan bajo como sea posible. Generalmente se prefiere ventilación local exhaustiva porque puede controlar las emisiones del contaminante a su fuente, previniendo la dispersión en el área de trabajo general. Remítase al documento de ACGIH, Ventilación Industrial, Manual de Prácticas Recomendadas, a la más reciente edición, para los detalles.

Otras Medidas de Control: Mantenga en buenas condiciones el área de trabajo. Los depósitos del producto líquido en los suelos y otras superficies pueden recoger la humedad y causar superficies resbaladizas.

Equipos de Protección Personal

Protección de los Ojos: Usar anteojos de protección contra productos químicos

Protección de las manos: Usar guantes resistentes a productos químicos

Protección del cuerpo: Usar ropa de protección apropiada para minimizar el contacto con la piel; cuando la exposición es alta debe usarse ropa de PVC.

Protección respiratoria: Usar respirador contra gases ácidos aprobado por NIOSH

Sección 9: Propiedades Químicas y Físicas

Estado Físico/Apariencia: Líquido claro

Olor: Inodoro

Hoja de Datos de Seguridad de Materiales
MATERIAL SAFETY DATA SHEET
-- MSDS --

pH: 7.0 – 8.5	Presión de vapor: No aplicable
Viscosidad: 8.48 Cp (a 20 °C)	Ratio de evaporación: Información no encontrada
Punto de inflamación: No aplicable	Punto de Ebullición: 118 °C
Tensión Superficial: 94 dinas/cm (a 20 °C)	Ranking NFPA: S: 1; I: 0; R: 0
Densidad: 1.36 – 1.40 g/ml	Peso Molecular: 110.99
% Volátiles: No aplicable	Solubilidad en agua: 100 %

Sección 10: Reactividad y Estabilidad

Estabilidad: La solución es estable, en condiciones normales de uso y almacenamiento. Cuando es expuesto en recipientes abiertos, recogerá la humedad del aire.

Productos peligrosos de la descomposición: A temperaturas de 1600°C puede descomponerse en gases fumantes corrosivos de cloruro de hidrogeno y cloro.

Riesgo de polimerización: No ocurre.

Incompatibilidad con otras sustancias: En contacto prolongado con algunos metales produce corrosión. Evitar el contacto con el Ácido Sulfúrico. En contacto con metales tales como: Zinc o Sodio puede generar gas Hidrógeno.

Sección 11: Información Toxicológica

Carcinogenicidad:

- National Toxicology Program (NTP)
Known Human Carcinogens : NO
Reasonably Anticipated To Be Human carcinogens : NO
- International Agency for Research on Cancer (IARC): NO

Sección 12: Información Ecológica

Toxicidad acuática: Dañino para la vida acuática a concentraciones mayores de 500 ppm. CaCl₂ no es bioacumulable: TLm 96>1000 mg/l.

Degradabilidad: No Aplicable.

Derramamiento o fuga (Siempre usa equipos de protección personal): En casos de derrames, rociar con abundante agua el lugar afectado con la finalidad de diluir y encausar a un lugar que no contamine.

Disposiciones del desecho Debe ser consistente con los requerimientos legales de las autoridades locales.

Sección 13: Consideraciones de Disposición

Este material se debe descartar siempre conforme a los reglamentos locales, y nacionales. La caracterización de los residuos y la observación de los reglamentos de descarte son obligaciones del generador de los residuos.

Hoja de Datos de Seguridad de Materiales
MATERIAL SAFETY DATA SHEET
-- MSDS --

Residuos de Derrames

Los sólidos o líquidos recuperados se pueden enviar a un centro de recuperación o descartarse en una instalación permitida de gestión de residuos. Consulte a las autoridades locales o nacionales los procedimientos aprobados.

Sección14: Información de Transporte

ADR	: No clasificado como producto peligroso
IMDG	: No clasificado como producto peligroso
IATA-DGR	: No clasificado como producto peligroso
UN	: Número no definido por no considerarse material peligroso
Packing group	: No aplicable por no considerarse material peligroso
Rombo NFPA	: No aplicable por no considerarse material peligroso (no se encuentra listado en libro naranja)

Sección 15: Información Reglamentaria

No Aplicable.

Sección 16: Otra Información

AVISO: Quimpac S.A. considera que el contenido del presente documento es una guía para el manejo de este producto en específico. No otorga ni implica garantía de ningún tipo. Quimpac S.A. no se responsabiliza por ningún daño, pérdida, o lesiones que puedan resultar a consecuencia del uso de la información contenida en la presente, o de la confianza que se deposite en ella. Los usuarios deben hacer sus propias investigaciones para determinar la conveniencia de la información para sus propósitos particulares.

**ANEXO D:
ENSAYOS DE LABORATORIO.**

**ENSAYOS DE LABORATORIO
ANÁLISIS PARA EL CONTENIDO DE HUMEDAD**



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
NTP 339.127 :1998**

Tesis	EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS COHESIVOS CON CLORURO DE CALCIO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES DE PAVIMENTOS URBANOS, CAPOTE – 2019		
Tesista	CASTRO INGA ALEXANDER	Fecha	06/05/2019
Ubicación	Centro Poblado de Capote, Distrito de Picsi - Chiclayo		

<u>Calicata</u>	: C-1
<u>Muestra</u>	: M-1
<u>Profundidad</u>	: 0.00m - 0.80m.
Contenido de humedad	% 18.39

<u>Calicata</u>	: C-1
<u>Muestra</u>	: M-2
<u>Profundidad</u>	: 0.00m - 0.30m.
Contenido de humedad	% 33.42

<u>Calicata</u>	: C-2
<u>Muestra</u>	: M-1
<u>Profundidad</u>	: 0.00m - 0.50m.
Contenido de humedad	% 15.06

<u>Calicata</u>	: C-2
<u>Muestra</u>	: M-2
<u>Profundidad</u>	: 0.00m - 0.60m.
Contenido de humedad	21.97

<u>Calicata</u>	: C-2
<u>Muestra</u>	: M-3
<u>Profundidad</u>	: 0.00m - 0.10m.
Contenido de humedad	22.57

**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

NTP 339.127 :1998

Tesis	EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS COHESIVOS CON CLORURO DE CALCIO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES DE PAVIMENTOS URBANOS, CAPOTE – 2019		
Tesista	CASTRO INGA ALEXANDER	Fecha	06/05/2019
Ubicación	Centro Poblado de Capote, Distrito de Picsi - Chiclayo		

<u>Calicata</u>	: C-3
<u>Muestra</u>	: M - 1
<u>Profundidad</u>	: 0.00 m - 0.50 m.
Contenido de humedad	%
	22.24

<u>Calicata</u>	: C-3
<u>Muestra</u>	: M-2
<u>Profundidad</u>	: 0.00 m - 0.30 m.
Contenido de humedad	%
	20.83

<u>Calicata</u>	: C-3
<u>Muestra</u>	: M-3
<u>Profundidad</u>	: 0.00m - 0.20m.
Contenido de humedad	%
	23.46

<u>Calicata</u>	: C-4
<u>Muestra</u>	: M-1
<u>Profundidad</u>	: 0.00m - 0.90m.
Contenido de humedad	%
	15.50

<u>Calicata</u>	: C-4
<u>Muestra</u>	: M-2
<u>Profundidad</u>	: 0.00m - 0.60m.
Contenido de humedad	%
	22.34

ENSAYOS DE LABORATORIO
ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

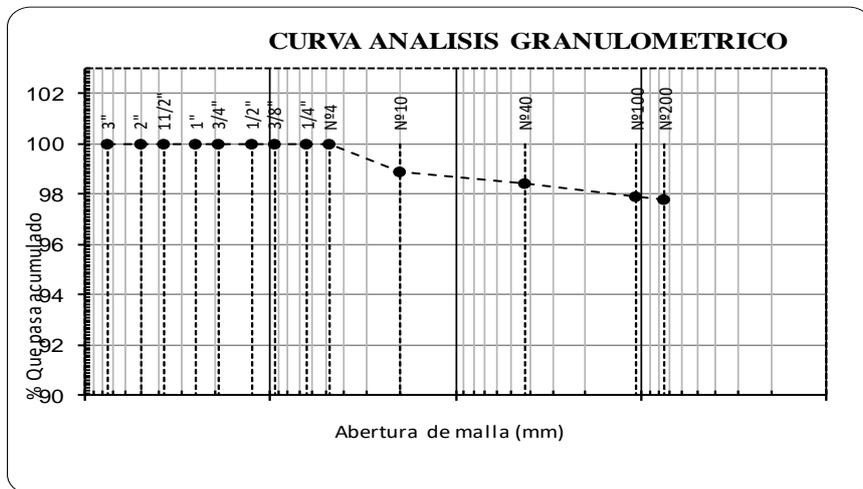


FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

N.T.P. 339.128: 1999

Tesis	EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS COHESIVOS CON CLORURO DE CALCIO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES DE PAVIMENTOS URBANOS, CAPOTE – 2019		
Tesista	CASTRO INGA ALEXANDER	Fecha	06/05/2019
Identificación	ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		
Calicata	C-01	M - 2	Profundidad: 0.30 - 1.50 m

TAMICES		% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
(Pul)	(mm)			
3"	75.000	0.0	100.0	PESO TOTAL : 368.0 g.
2 1/2"	63.000	0.0	100.0	PESO LAVADO : 8.1 g.
2"	50.000	0.0	100.0	PESO FINO : 359.93 g.
1 1/2"	37.500	0.0	100.0	LIMITE LIQUIDO : 40.0 %
1"	25.000	0.0	100.0	LIMITE PLASTICO : 22.39 %
3/4"	19.000	0.0	100.0	INDICE PLASTICIDAD : 17.64 %
1/2"	12.500	0.0	100.0	CLASF. AASHTO : A-6 (11)
3/8"	9.500	0.0	100.0	CLASF. SUCS : CL
1/4"	6.300	0.0	100.0	DESCRIPCIÓN DEL SUELO :
Nº4	4.750	0.0	100.0	Arcilla de baja plasticidad
Nº10	2.000	1.1	98.9	Ensayo Malla Nº200
Nº20	0.850	1.4	98.6	P.S.Seco P.S.Lav (%) 200
N40	0.425	1.6	98.4	360 8 97.8
Nº60	0.250	1.7	98.3	% HUMEDAD P.S.H P.S.S. (%) Hum.
Nº140	0.106	2.1	97.9	390 390.00 0.00
Nº200	0.075	2.2	97.8	MODULO DE FINEZA 0.079
< Nº 200	FONDO	100.0	0.0	Coef. Uniformidad 0.3
				Coef. Curvatura 1.3



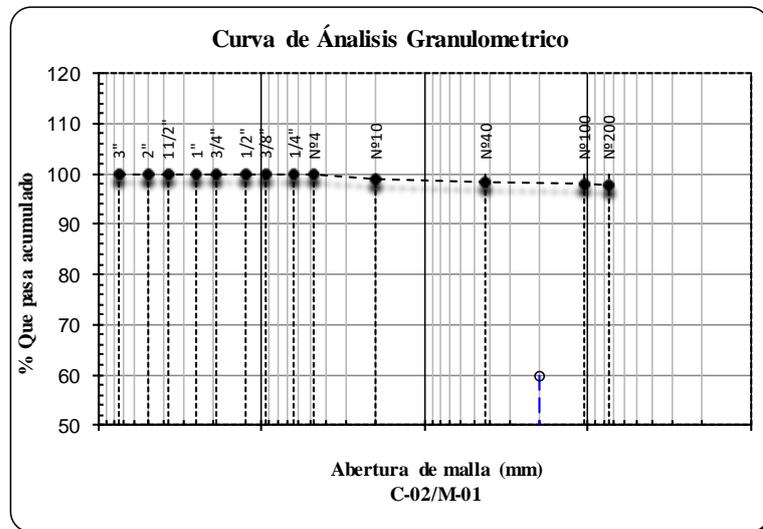
UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
 ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

N.T.P. 339.128: 1999

Tesis	EVALUACION DE PROPIEDADES MECANICAS DE SUELOS COHESIVOS CON CLORURO DE CALCIO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES DE PAVIMENTOS URBANOS, CAPOTE – 2019		
Tesista	CASTRO INGA ALEXANDER	Fecha:	06/05/2019
Identificación	ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		
Calicata	C-02	Muestra:	M - 1
		Profundidad:	0.50 - 1.50 m

TAMICES		% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
(Pul)	(mm)			
3"	75.000	0.0	100.0	PESO TOTAL : 478.0 g.
2 1/2"	63.000	0.0	100.0	PESO LAVADO : 16.4 g.
2"	50.000	0.0	100.0	PESO FINO : 461.65 g.
1 1/2"	37.500	0.0	100.0	LIMITE LIQUIDO : 33.0 %
1"	25.000	0.0	100.0	LIMITE PLASTICO : 17.09 %
3/4"	19.000	0.0	100.0	INDICE PLASTICIDAD : 15.91 %
1/2"	12.500	0.0	100.0	CLASF. AASHTO : A-6 (11)
3/8"	9.500	0.0	100.0	CLASF. SUCS : CL
1/4"	6.300	0.0	100.0	DESCRIPCIÓN DEL SUELO :
Nº4	4.750	0.0	100.0	<i>Arcilla de baja plasticidad</i>
Nº10	2.000	0.0	100.0	Ensayo Malla Nº200
Nº20	0.850	0.0	100.0	P.S.Seco 462 P.S.Lav 16 (%) 200 96.5
N40	0.425	0.0	100.0	% HUMEDAD
Nº60	0.250	0.1	99.9	P.S.H 390 P.S.S. 390.00 (%) Hum. 0.00
Nº140	0.106	1.6	98.4	MODULO DE FINEZA 0.017
Nº200	0.075	3.4	96.6	Coef. Uniformidad 0.3
< Nº 200	FONDO	100.0	0.0	Coef. Curvatura 1.3

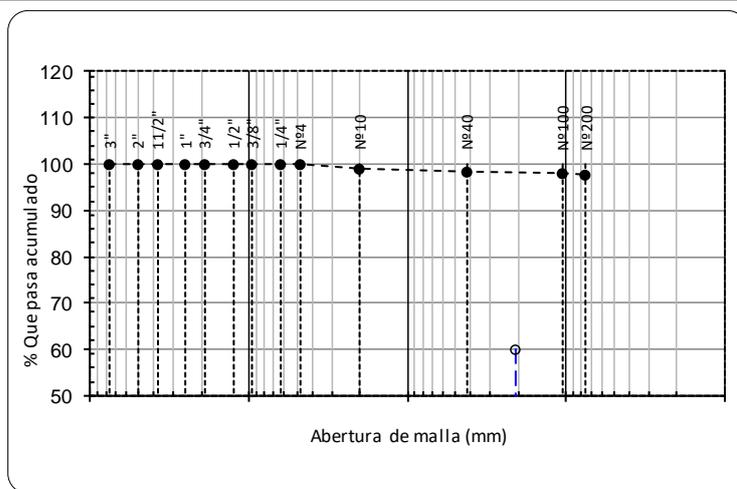


UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
 ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
 N.T.P. 339.128: 1999

Tesis	EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS COHESIVOS CON CLORURO DE CALCIO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES				
Tesista	CASTRO INGA ALEXANDER			Fecha:	06/05/2019
Identificación	ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO				
Calicata	C-02	Muestra:	M - 2	Profundidad:	0.60 - 1.50 m

TAMICES		% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
(Pul)	(mm)			
3"	75.000	0.0	100.0	PESO TOTAL : 537.0 g.
2 1/2"	63.000	0.0	100.0	PESO LAVADO : 7.1 g.
2"	50.000	0.0	100.0	PESO FINO : 529.94 g.
1 1/2"	37.500	0.0	100.0	LIMITE LIQUIDO : 48.2 %
1"	25.000	0.0	100.0	LIMITE PLASTICO : 21.21 %
3/4"	19.000	0.0	100.0	INDICE PLASTICIDAD : 27.02 %
1/2"	12.500	0.0	100.0	CLASF. AASHTO : A-6 (11)
3/8"	9.500	0.0	100.0	CLASF. SUCS : CL
1/4"	6.300	0.0	100.0	DESCRIPCIÓN DEL SUELO :
Nº4	4.750	0.0	100.0	Arcilla de baja plasticidad
Nº10	2.000	0.2	99.8	Ensayo Malla Nº200
Nº20	0.850	0.5	99.5	P.S.Seco 530 P.S.Lav 7 (%) 200
Nº40	0.425	0.7	99.3	% HUMEDAD
Nº60	0.250	0.8	99.2	P.S.H 390 P.S.S. 390.00 (%) Hum. 0.00
Nº140	0.106	1.0	99.0	MODULO DE FINEZA 0.032
Nº200	0.075	1.3	98.7	Coef. Uniformidad 0.3
< Nº 200	FONDO	100.0	0.0	Coef. Curvatura 1.3

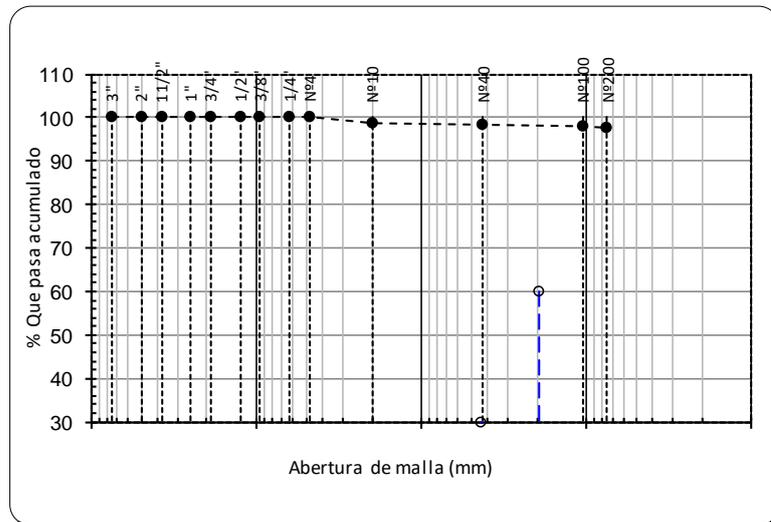


UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
 ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
 N.T.P. 339.128: 1999

Tesis	EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS COHESIVOS CON CLORURO DE CALCIO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES		
Tesista	CASTRO INGA ALEXANDER	Fecha:	06/05/2019
Identificación	ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		
Calicata	C-02	Muestra:	M - 3
		Profundidad:	0.10 - 1.50 m

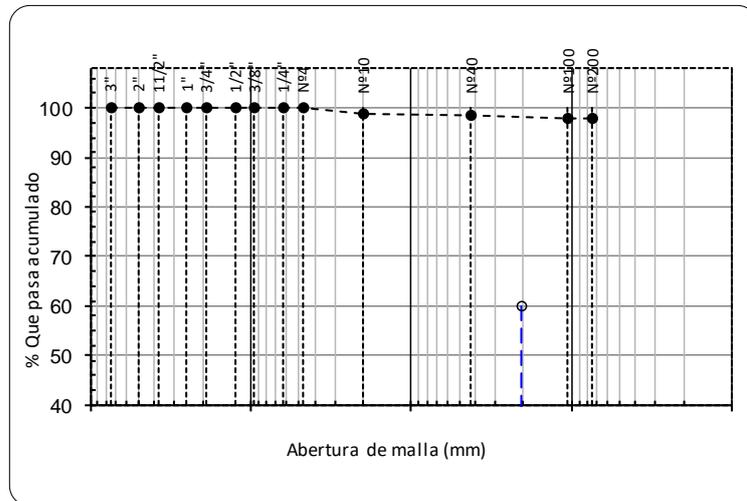
TAMICES		% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
(Pul)	(mm)			
3"	75.000	0.0	100.0	PESO TOTAL : 421.0 g.
2 1/2"	63.000	0.0	100.0	PESO LAVADO : 23.1 g.
2"	50.000	0.0	100.0	PESO FINO : 397.94 g.
1 1/2"	37.500	0.0	100.0	LIMITE LIQUIDO : 48.4 %
1"	25.000	0.0	100.0	LIMITE PLASTICO : 15.61 %
3/4"	19.000	0.0	100.0	INDICE PLASTICIDAD : 32.76 %
1/2"	12.500	0.0	100.0	CLASF. AASHTO : A-6 (11)
3/8"	9.500	0.0	100.0	CLASF. SUCS : CL
1/4"	6.300	0.0	100.0	DESCRIPCIÓN DEL SUELO :
Nº4	4.750	0.0	100.0	Arcilla de baja plasticidad
Nº10	2.000	0.6	99.4	Ensayo Malla Nº200
Nº20	0.850	1.1	98.9	P.S.Seco P.S.Lav (%) 200
N40	0.425	1.5	98.5	398 23 94.2
Nº60	0.250	1.9	98.1	% HUMEDAD P.S.H P.S.S (%) Hum.
Nº140	0.106	4.3	95.7	390 390.00 0.00
Nº200	0.075	5.4	94.6	MODULO DE FINEZA 0.094
< Nº 200	FONDO	99.9	0.1	Coef. Uniformidad 0.3
				Coef. Curvatura 1.3



FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
N.T.P. 339.128: 1999

Tesis	EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS COHESIVOS CON CLORURO DE CALCIO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES DE PAVIMENTOS URBANOS, CAPOTE – 2019			
Tesista	CASTRO INGA ALEXANDER		Fecha:	06/05/2019
Identificación	ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			
Calicata	C-03	Muestra:	M - 1	Profundidad: 0.50 - 1.50 m

TAMICES		% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA			
(Pul)	(mm)						
3"	75.000	0.0	100.0	PESO TOTAL : 339.5 g.			
2 1/2"	63.000	0.0	100.0	PESO LAVADO : 2.7 g.			
2"	50.000	0.0	100.0	PESO FINO : 336.84 g.			
1 1/2"	37.500	0.0	100.0	LIMITE LIQUIDO : 42.3 %			
1"	25.000	0.0	100.0	LIMITE PLASTICO : 24.49 %			
3/4"	19.000	0.0	100.0	INDICE PLASTICIDAD : 17.86 %			
1/2"	12.500	0.0	100.0	CLASF. AASHTO : A-6 (11)			
3/8"	9.500	0.0	100.0	CLASF. SUCS : CL			
1/4"	6.300	0.0	100.0	DESCRIPCIÓN DEL SUELO :			
Nº4	4.750	0.0	100.0	<i>Arcilla de baja plasticidad</i>			
Nº10	2.000	0.0	100.0	Ensayo Malla Nº200	P.S.Seco	P.S.Lav	(%) 200
Nº20	0.850	0.2	99.8		337	3	99.2
N40	0.425	0.4	99.6	% HUMEDAD	P.S.H	P.S.S.	(%) Hum.
Nº60	0.250	0.5	99.5		390	390.00	0.00
Nº140	0.106	0.7	99.3	MODULO DE FINEZA 0.018			
Nº200	0.075	0.8	99.2	Coef. Uniformidad 0.3			
< Nº 200	FONDO	100.0	0.0	Coef. Curvatura 1.3			

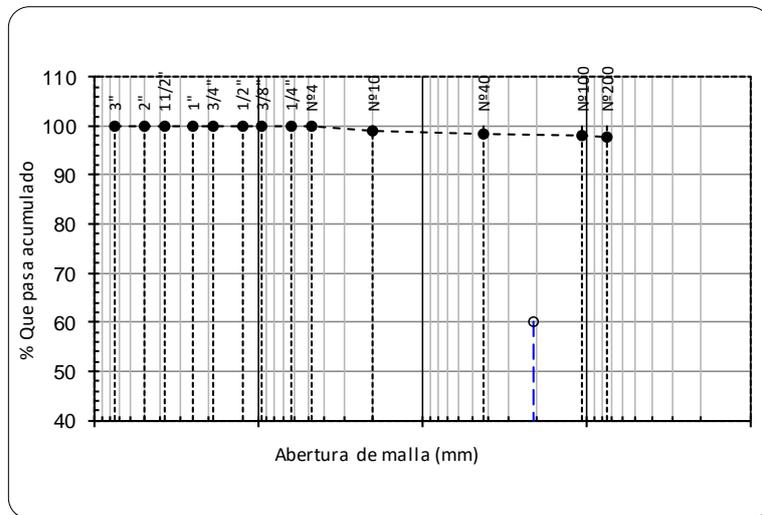


UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
 ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
 N.T.P. 339.128: 1999

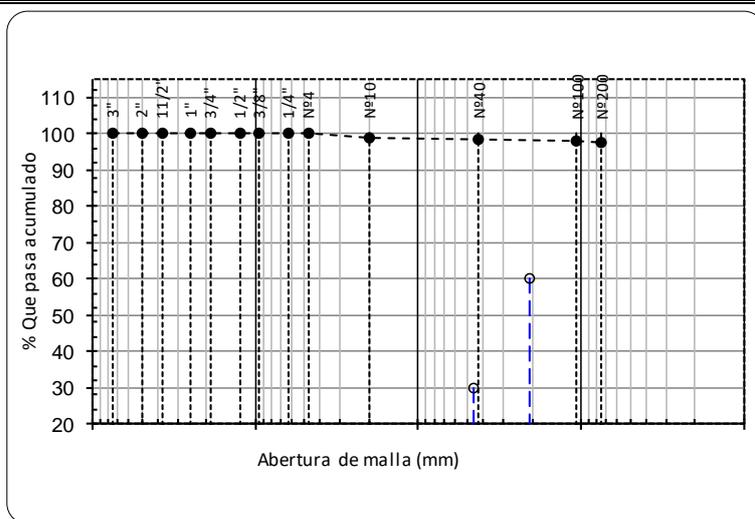
Tesis	EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS COHESIVOS CON CLORURO DE CALCIO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES DE PAVIMENTOS URBANOS, CAPOTE – 2019		
Tesista	CASTRO INGA ALEXANDER	Fecha:	06/05/2019
Identificación	ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		
Calicata	C-03	Muestra:	M - 2
		Profundidad:	0.30 - 1.50 m

TAMICES		% RETENIDO	% QUE	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
(Pul)	(mm)	ACUMULADO	PASA	
3"	75.000	0.0	100.0	PESO TOTAL : 264.0 g.
2 1/2"	63.000	0.0	100.0	PESO LAVADO : 2.7 g.
2"	50.000	0.0	100.0	PESO FINO : 261.34 g.
1 1/2"	37.500	0.0	100.0	LIMITE LIQUIDO : 33.0 %
1"	25.000	0.0	100.0	LIMITE PLASTICO : 23.01 %
3/4"	19.000	0.0	100.0	INDICE PLASTICIDAD : 10.02 %
1/2"	12.500	0.0	100.0	CLASF. AASHTO : A-6 (11)
3/8"	9.500	0.0	100.0	CLASF. SUCS : CL
1/4"	6.300	0.0	100.0	DESCRIPCIÓN DEL SUELO :
Nº4	4.750	0.0	100.0	<i>Arcilla de baja plasticidad</i>
Nº10	2.000	0.1	99.9	Ensayo Malla Nº200
Nº20	0.850	0.2	99.8	
N40	0.425	0.3	99.7	% HUMEDAD
Nº60	0.250	0.4	99.6	
Nº140	0.106	0.6	99.4	MODULO DE FINEZA 0.016
Nº200	0.075	1.0	99.0	Coef. Uniformidad 0.3
< Nº 200	FONDO	100.0	0.0	Coef. Curvatura 1.3



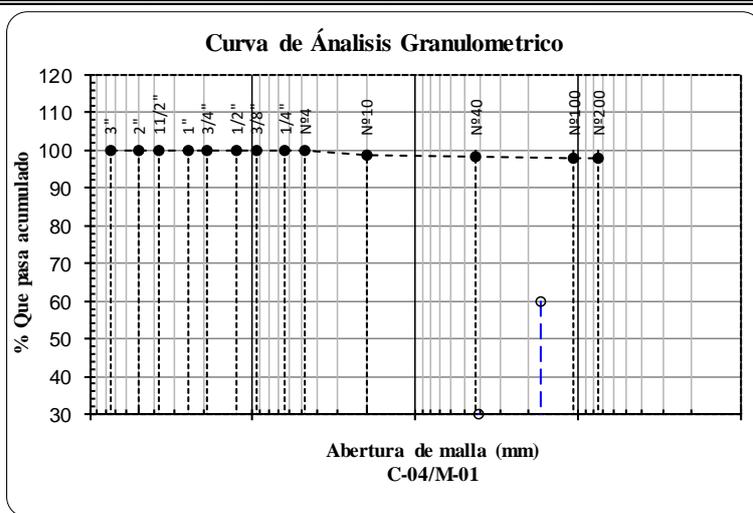
Tesis	EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS COHESIVOS CON CLORURO DE CALCIO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES DE PAVIMENTOS URBANOS. CAPOTE – 2019		
Tesista	CASTRO INGA ALEXANDER	Fecha:	06/05/2019
Identificación	ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		
Calicata	C-03	Muestra:	M - 3
		Profundidad:	0.20 - 1.50 m

TAMICES		% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
(Pul)	(mm)			
3"	75.000	0.0	100.0	PESO TOTAL : 358.0 g.
2 1/2"	63.000	0.0	100.0	PESO LAVADO : 4.2 g.
2"	50.000	0.0	100.0	PESO FINO : 353.80 g.
1 1/2"	37.500	0.0	100.0	LIMITE LIQUIDO : 36.8 %
1"	25.000	0.0	100.0	LIMITE PLASTICO : 22.16 %
3/4"	19.000	0.0	100.0	INDICE PLASTICIDAD : 14.68 %
1/2"	12.500	0.0	100.0	CLASF. AASHTO : A-6 (11)
3/8"	9.500	0.0	100.0	CLASF. SUCS : CL
1/4"	6.300	0.0	100.0	DESCRIPCIÓN DEL SUELO :
Nº4	4.750	0.0	100.0	<i>Arcilla de baja plasticidad</i>
Nº10	2.000	0.2	99.8	Ensayo Malla Nº200
Nº20	0.850	0.7	99.3	P.S.Seco : 354
N40	0.425	0.8	99.2	P.S.Lav : 4
Nº60	0.250	0.9	99.1	(%) 200 : 98.8
Nº140	0.106	1.1	98.9	% HUMEDAD : P.S.H : 390
Nº200	0.075	1.2	98.8	P.S.S. : 390.00
< Nº 200	FONDO	100.0	0.0	(%) Hum. : 0.00
				MODULO DE FINEZA : 0.037
				Coef. Uniformidad : 0.3
				Coef. Curvatura : 1.3



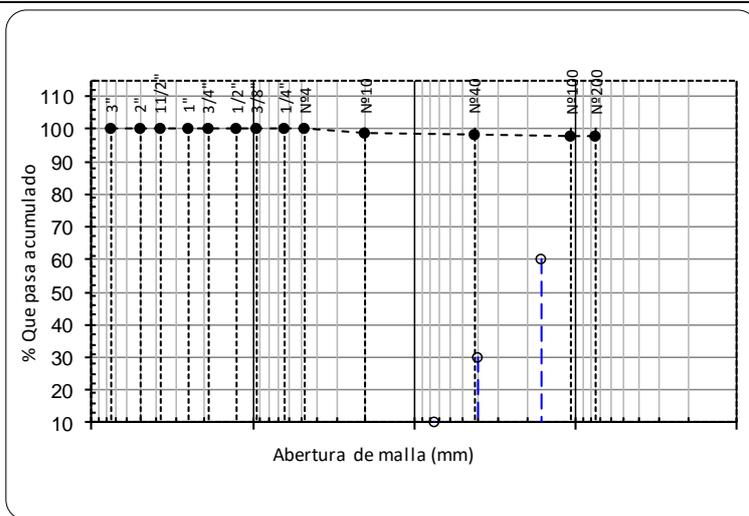
Tesis	EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS COHESIVOS CON CLORURO DE CALCIO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES DE PAVIMENTOS URBANOS, CAPOTE – 2019		
Tesista	CASTRO INGA ALEXANDER	Fecha:	06/05/2019
Identificación	ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		
Calicata	C-04	Muestra:	M - 1
		Profundidad:	0.90 - 1.50 m

TAMICES		% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
(Pul)	(mm)			
3"	75.000	0.0	100.0	PESO TOTAL : 458.0 g.
2 1/2"	63.000	0.0	100.0	PESO LAVADO : 59.9 g.
2"	50.000	0.0	100.0	PESO FINO : 398.09 g.
1 1/2"	37.500	0.0	100.0	LIMITE LIQUIDO : 36.43 %
1"	25.000	0.0	100.0	LIMITE PLASTICO : 16.11 %
3/4"	19.000	0.0	100.0	INDICE PLASTICIDAD : 20.32 %
1/2"	12.500	0.0	100.0	CLASF. AASHTO : A-6 (11)
3/8"	9.500	0.0	100.0	CLASF. SUCS : CL
1/4"	6.300	0.0	100.0	DESCRIPCIÓN DEL SUELO :
Nº4	4.750	0.0	100.0	Arcilla de baja plasticidad
Nº10	2.000	3.7	96.3	Ensayo Malla Nº200
Nº20	0.850	5.0	95.0	
N40	0.425	6.3	93.7	% HUMEDAD
Nº60	0.250	7.6	92.4	
Nº140	0.106	11.8	88.2	MODULO DE FINEZA 0.344
Nº200	0.075	13.1	86.9	Coef. Uniformidad 0.2
< Nº 200	FONDO	100.0	0.0	Coef. Curvatura 1.3



Tesis	EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS COHESIVOS CON CLORURO DE CALCIO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES DE PAVIMENTOS URBANOS, CAPOTE – 2019		
Tesista	CASTRO INGA ALEXANDER	Fecha:	06/05/2019
Identificación	ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		
Calicata	C-04	Muestra:	M - 2
		Profundidad:	0.60 - 1.50 m

TAMICES		% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
(Pul)	(mm)			
3"	75.000	0.0	100.0	PESO TOTAL : 479.0 g.
2 1/2"	63.000	0.0	100.0	PESO LAVADO : 67.3 g.
2"	50.000	0.0	100.0	PESO FINO : 411.75 g.
1 1/2"	37.500	0.0	100.0	LIMITE LIQUIDO : 33.4 %
1"	25.000	0.0	100.0	LIMITE PLASTICO : 15.00 %
3/4"	19.000	0.0	100.0	INDICE PLASTICIDAD : 18.41 %
1/2"	12.500	0.0	100.0	CLASF. AASHTO : A-6 (11)
3/8"	9.500	0.0	100.0	CLASF. SUCS : CL
1/4"	6.300	0.0	100.0	DESCRIPCIÓN DEL SUELO :
Nº4	4.750	0.0	100.0	<i>Arcilla de baja plasticidad</i>
Nº10	2.000	1.7	98.3	Ensayo Malla Nº200
Nº20	0.850	2.8	97.2	P.S.Seco P.S.Lav (%) 200
N40	0.425	4.5	95.5	% HUMEDAD P.S.H P.S.S. (%) Hum.
Nº60	0.250	6.5	93.5	390 390.00 0.00
Nº140	0.106	12.8	87.2	MODULO DE FINEZA 0.283
Nº200	0.075	14.2	85.8	Coef. Uniformidad 0.2
< Nº 200	FONDO	100.2	-0.2	Coef. Curvatura 1.4



ENSAYOS DE LABORATORIO
ENSAYO DE LÍMITE DE ATTERBERG



FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO PARA EL ANÁLISIS DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL SUELO
N.T.P. 339.129: 1999

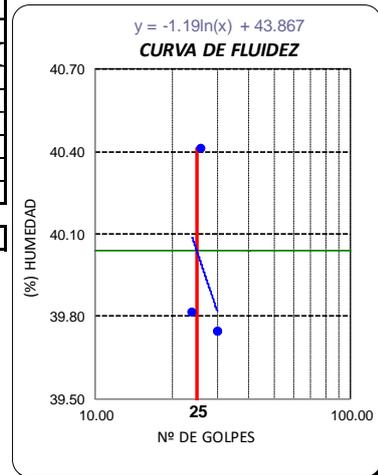
Tesis	EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS COHESIVOS CON CLORURO DE CALCIO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES DE PAVIMENTOS URBANOS, CAPOTE – 2019		
Tesista	CASTRO INGA ALEXANDER	Fecha:	06/05/2019
Identificación	ENSAYO DE LÍMITE DE ATTERBERG		
Calicata	C-01	Muestra:	M - 2
		Profundidad:	0.30 - 1.50 m

Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico
N° de tarro	1	2	3	4
N° de golpes	24	26	30	
Tarro + suelo húmedo	26.79	60.47	24.02	27.86
Tarro + suelo seco	22.02	55.35	19.97	24.83
Agua	4.77	5.12	4.05	3.03
Peso del tarro	10.04	42.68	9.78	11.30
Peso del suelo seco	11.98	12.67	10.19	13.53
Porcentaje de humedad	39.82	40.41	39.74	22.39

40.0135 40.6027 40.6314

CONSISTENCIA FÍSICA DE LA MUESTRA		Colocar "X", a suelo no Plas	0
Límite Líquido	40.04		CL
Límite Plástico	22.39		
Índice de Plasticidad	17.64		

Datos de ensayo.	CONTENIDO DE HUMEDAD	
N° de tarro	-	
Tarro + suelo húmedo	574	
Tarro + suelo seco	451	
Agua	123	
Peso del tarro	83	
Peso del suelo seco	368	
Porcentaje de humedad	33.42	



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

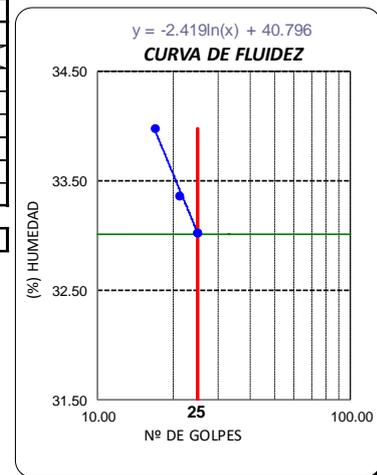
ENSAYO PARA EL ANÁLISIS DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL SUELO
 N.T.P. 339.129: 1999

Tesis	EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS COHESIVOS CON CLORURO DE CALCIO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES DE PAVIMENTOS URBANOS, CAPOTE – 2019				
Tesista	CASTRO INGA ALEXANDER			Fecha:	06/05/2019
Identificación	ENSAYO DE LÍMITE DE ATTERBERG				
Calicata	C-02		Muestra:	M - 1	Profundidad: 0.50 - 1.50 m

Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico	
N° de tarro	1	2	3	4	
N° de golpes	17	21	25		
Tarro + suelo húmedo	27.33	27.87	31.76	19.81	
Tarro + suelo seco	23.61	24.1	27.08	18.21	
Agua	3.72	3.77	4.68	1.6	
Peso del tarro	12.66	12.8	12.91	8.85	
Peso del suelo seco	10.95	11.3	14.17	9.36	
Porcentaje de humedad	33.97	33.36	33.03	17.09	
	35.5955	32.6664	33.0275		

CONSISTENCIA FÍSICA DE LA MUESTRA		Colocar "X", a suelo no Plas	0
Límite Líquido	33.01		CL
Límite Plástico	17.09		
Índice de Plasticidad	15.91		

Datos de ensayo.	CONTENIDO DE HUMEDAD	
N° de tarro	-	
Tarro + suelo húmedo	597	
Tarro + suelo seco	525	
Agua	72	
Peso del tarro	47	
Peso del suelo seco	478	
Porcentaje de humedad	15.06	



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

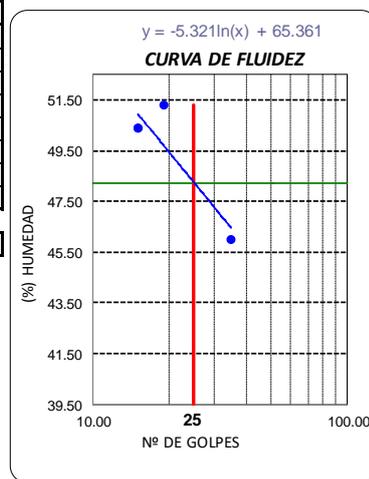
ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL SUELO
 N.T.P. 339.129: 1999

Tesis	EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS COHESIVOS CON CLORURO DE CALCIO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES DE PAVIMENTOS URBANOS, CAPOTE – 2019				
Tesista	CASTRO INGA ALEXANDER			Fecha:	06/05/2019
Identificación	ENSAYO DE LÍMITE DE ATTERBERG				
Calicata	C-02		Muestra:	M - 2	Profundidad: 0.60 - 1.50 m

Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico
N° de tarro	1	2	3	4
N° de golpes	35	19	15	
Tarro + suelo húmedo	58.5	28.23	21.75	32.9
Tarro + suelo seco	53.5	23.05	17.74	29.89
Agua	5	5.18	4.01	3.01
Peso del tarro	42.63	12.95	9.78	15.70
Peso del suelo seco	10.87	10.1	7.96	14.19
Porcentaje de humedad	46.00	51.29	50.38	21.21

CONSISTENCIA FÍSICA DE LA MUESTRA		Colocar 'X', a suelo no Plas	0
Límite Líquido	48.23		CL
Límite Plástico	21.21		
Índice de Plasticidad	27.02		

Datos de ensayo.	CONTENIDO DE HUMEDAD	
N° de tarro	-	
Tarro + suelo húmedo	723	
Tarro + suelo seco	605	
Agua	118	
Peso del tarro	68	
Peso del suelo seco	537	
Porcentaje de humedad	21.97	



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

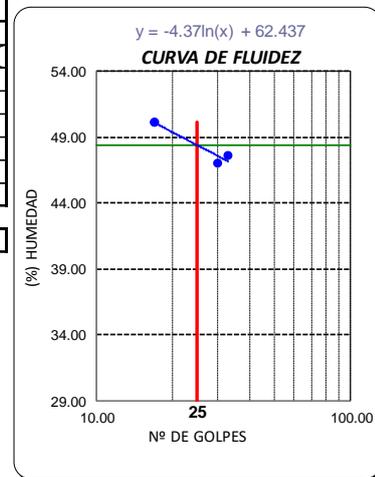
ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL SUELO
 N.T.P. 339.129: 1999

Tesis	EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS COHESIVOS CON CLORURO DE CALCIO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES DE PAVIMENTOS URBANOS, CAPOTE - 2019				
Tesista	CASTRO INGA ALEXANDER			Fecha:	06/05/2019
Identificación	ENSAYO DE LÍMITE DE ATTERBERG				
Calicata	C-02	Muestra:	M - 3	Profundidad:	0.10 - 1.50 m

Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico
	1	2	3	
N° de tarro	1	2	3	4
N° de golpes	33	30	17	
Tarro + suelo húmedo	19.35	25.62	28.46	20.98
Tarro + suelo seco	16.34	20.96	23.15	19.73
Agua	3.01	4.66	5.31	1.25
Peso del tarro	10.02	11.05	12.55	11.72
Peso del suelo seco	6.32	9.91	10.6	8.01
Porcentaje de humedad	47.63	47.02	50.09	15.61
	46.0532	48.0721	47.8104	

CONSISTENCIA FÍSICA DE LA MUESTRA		Colocar "X", a suelo no Plast	0
Límite Líquido	48.37		CL
Límite Plástico	15.61		
Índice de Plasticidad	32.76		

Datos de ensayo.	CONTENIDO DE HUMEDAD	
N° de tarro	-	
Tarro + suelo húmedo	585	
Tarro + suelo seco	490	
Agua	95	
Peso del tarro	69	
Peso del suelo seco	421	
Porcentaje de humedad	22.57	



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERIA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

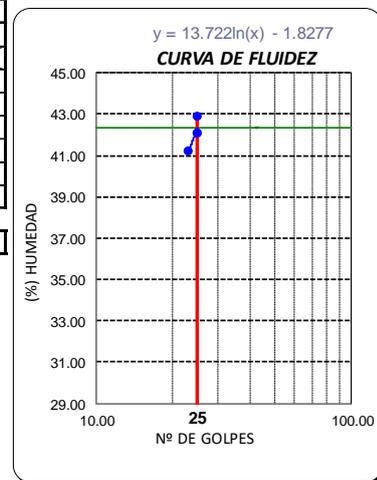
ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL SUELO
 N.T.P. 339.129: 1999

Tesis	EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS COHESIVOS CON CLORURO DE CALCIO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES DE PAVIMENTOS URBANOS, CAPOTE - 2019		
Tesista	CASTRO INGA ALEXANDER	Fecha:	06/05/2019
Identificación	ENSAYO DE LÍMITE DE ATTERBERG		
Calicata	C-03	Muestra:	M - 1
		Profundidad:	0.50 - 1.50 m

Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico
N° de tarro	1	2	3	4
N° de golpes	23	25	25	
Tarro + suelo húmedo	23.18	28.38	31.28	23.59
Tarro + suelo seco	18.85	23.28	25.34	20.73
Agua	4.33	5.1	5.94	2.86
Peso del tarro	8.34	11.39	11.22	9.05
Peso del suelo seco	10.51	11.89	14.12	11.68
Porcentaje de humedad	41.20	42.89	42.07	24.49
	41.6166	42.8932	42.0680	

CONSISTENCIA FÍSICA DE LA MUESTRA		Colocar "X", a suelo no Plast:	0
Límite Líquido	42.34		CL
Límite Plástico	24.49		
Índice de Plasticidad	17.86		

Datos de ensayo.	CONTENIDO DE HUMEDAD	
N° de tarro	-	
Tarro + suelo húmedo	518	
Tarro + suelo seco	442.5	
Agua	75.5	
Peso del tarro	103	
Peso del suelo seco	339.5	
Porcentaje de humedad	22.24	



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO PARA PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL SUELO
 N.T.P. 339.129: 1999

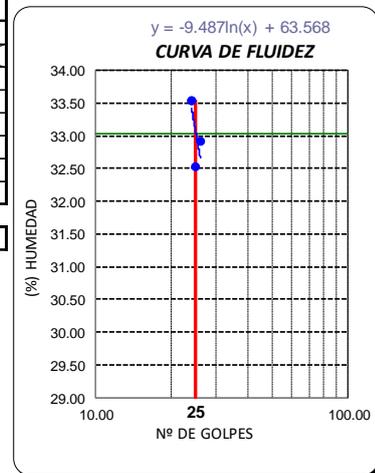
Tesis	EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS COHESIVOS CON CLORURO DE CALCIO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES DE PAVIMENTOS URBANOS, CAPOTE – 2019				
Tesista	CASTRO INGA ALEXANDER			Fecha:	06/05/2019
Identificación	ENSAYO DE LÍMITE DE ATTERBERG				
Calicata	C-03		Muestra:	M - 2	Profundidad: 0.30 - 1.50 m

Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico
N° de tarro	1	2	3	4
N° de golpes	26	25	24	
Tarro + suelo húmedo	26.8	27.73	30.95	25.51
Tarro + suelo seco	22.35	23.17	25.54	22.8
Agua	4.45	4.56	5.41	2.71
Peso del tarro	8.83	9.15	9.41	11.02
Peso del suelo seco	13.52	14.02	16.13	11.78
Porcentaje de humedad	32.91	32.52	33.54	23.01

32.7584 32.5250 33.3747

CONSISTENCIA FÍSICA DE LA MUESTRA		Colocar "X", a suelo no Plast	0
Límite Líquido	33.03		CL
Límite Plástico	23.01		
Índice de Plasticidad	10.02		

Datos de ensayo.	CONTENIDO DE HUMEDAD	
N° de tarro	-	
Tarro + suelo húmedo	383	
Tarro + suelo seco	328	
Agua	55	
Peso del tarro	64	
Peso del suelo seco	264	
Porcentaje de humedad	20.83	



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

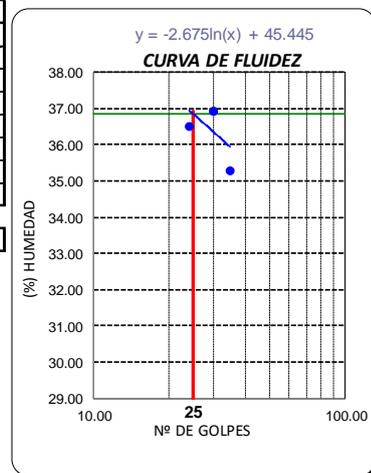
ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL SUELO
 N.T.P. 339.129: 1999

Tesis	EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS COHESIVOS CON CLORURO DE CALCIO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES DE PAVIMENTOS URBANOS, CAPOTE – 2019		
Tesista	CASTRO INGA ALEXANDER	Fecha:	06/05/2019
Identificación	ENSAYO DE LÍMITE DE ATTERBERG		
Calicata	C-03	Muestra:	M - 3 Profundidad: 0.20 - 1.50 m

Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico
N° de tarro	1	2	3	4
N° de golpes	24	35	30	
Tarro + suelo húmedo	27.83	26	27.43	22.91
Tarro + suelo seco	23.01	22	22.82	20.49
Agua	4.82	4	4.61	2.42
Peso del tarro	9.8	10.66	10.33	9.57
Peso del suelo seco	13.21	11.34	12.49	10.92
Porcentaje de humedad	36.49	35.27	36.91	22.16
	36.6682	36.7391	37.7328	

CONSISTENCIA FÍSICA DE LA MUESTRA		Colocar "X", a suelo no Plas	0
Límite Líquido	36.84		CL
Límite Plástico	22.16		
Índice de Plasticidad	14.68		

Datos de ensayo.	CONTENIDO DE HUMEDAD	
N° de tarro	-	
Tarro + suelo húmedo	547	
Tarro + suelo seco	463	
Agua	84	
Peso del tarro	105	
Peso del suelo seco	358	
Porcentaje de humedad	23.46	



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

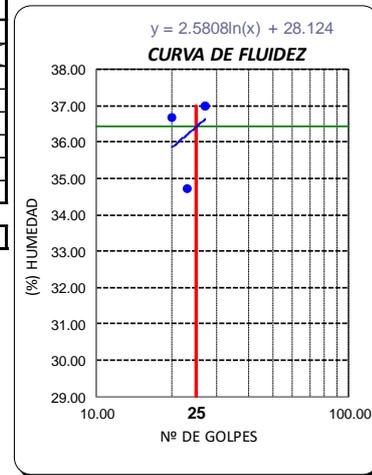
ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL SUELO
 N.T.P. 339.129: 1999

Tesis	EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS COHESIVOS CON CLORURO DE CALCIO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES DE PAVIMENTOS URBANOS, CAPOTE – 2019				
Tesista	CASTRO INGA ALEXANDER			Fecha:	06/05/2019
Identificación	ENSAYO DE LÍMITE DE ATTERBERG				
Calicata	C-04	Muestra:	M - 1	Profundidad:	0.90 - 1.50 m

Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico
	1	2	3	
N° de tarro	1	2	3	4
N° de golpes	23	20	27	
Tarro + suelo húmedo	32.84	28.22	31.36	23.35
Tarro + suelo seco	26.71	23.04	25.31	21.36
Agua	6.13	5.18	6.05	1.99
Peso del tarro	9.05	8.91	8.95	9.01
Peso del suelo seco	17.66	14.13	16.36	12.35
Porcentaje de humedad	34.71	36.66	36.98	16.11
	35.0632	35.6830	37.3264	

CONSISTENCIA FÍSICA DE LA MUESTRA		Colocar "X", a suelo no Plast	0
Límite Líquido	36.43		CL
Límite Plástico	16.11		
Índice de Plasticidad	20.32		

Datos de ensayo.	CONTENIDO DE HUMEDAD	
N° de tarro	-	
Tarro + suelo húmedo	581	
Tarro + suelo seco	510	
Agua	71	
Peso del tarro	52	
Peso del suelo seco	458	
Porcentaje de humedad	15.50	



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

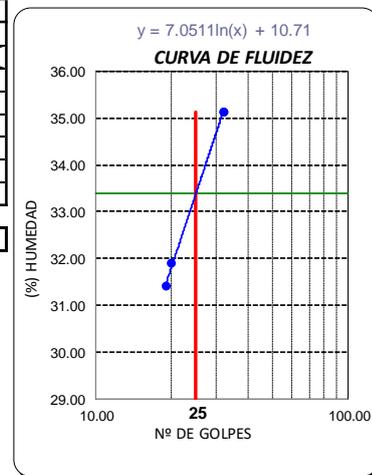
ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL SUELO
 N.T.P. 339.129: 1999

Tesis	EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS COHESIVOS CON CLORURO DE CALCIO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES DE PAVIMENTOS URBANOS, CAPOTE – 2019		
Tesista	CASTRO INGA ALEXANDER	Fecha:	06/05/2019
Identificación	ENSAYO DE LÍMITE DE ATTERBERG		
Calicata	C-04	Muestra:	M - 2 Profundidad: 0.60 - 1.50 m

Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico
N° de tarro	1	2	3	4
N° de golpes	19	20	32	
Tarro + suelo húmedo	31.00	27.7	29.39	29.09
Tarro + suelo seco	25.65	23.19	24.02	26.54
Agua	5.35	4.51	5.37	2.55
Peso del tarro	8.62	9.05	8.74	9.54
Peso del suelo seco	17.03	14.14	15.28	17
Porcentaje de humedad	31.42	31.90	35.14	15.00
	32.4759	31.0457	36.2096	

CONSISTENCIA FÍSICA DE LA MUESTRA		Colocar "X", a suelo no Plas	0
Límite Líquido	33.41		CL
Límite Plástico	15.00		
Índice de Plasticidad	18.41		

Datos de ensayo.	CONTENIDO DE HUMEDAD	
N° de tarro	-	
Tarro + suelo húmedo	650	
Tarro + suelo seco	543	
Agua	107	
Peso del tarro	64	
Peso del suelo seco	479	
Porcentaje de humedad	22.34	



ENSAYOS DE LABORATORIO

ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE SALES SOLUBLES EN SUELOS



FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO
DE SALES SOLUBLES EN SUELO Y AGUA SUBTERRÁNEA
NORMA N.T.P. 339.152: 2002

<u>Calicata</u>	: C - 1		
<u>Muestra</u>	: M - 1		
<u>Profundidad</u>	: 1.50m.		
Constituyentes de sales solubles totales		ppm	8750
Constituyentes de sales solubles totales en peso seco		%	0.88

<u>Calicata</u>	: C - 1		
<u>Muestra</u>	: M - 2		
<u>Profundidad</u>	: 1.50m.		
Constituyentes de sales solubles totales		ppm	10000
Constituyentes de sales solubles totales en peso seco		%	1.00



FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE
SALES SOLUBLES EN SUELO Y AGUA SUBTERRÁNEA
NORMA N.T.P. 339.152: 2002

<u>Calicata</u>	: C - 2		
<u>Muestra</u>	: M - 1		
<u>Profundidad</u>	: 1.50m.		
Constituyentes de sales solubles totales		ppm	7500
Constituyentes de sales solubles totales en peso seco		%	0.75

<u>Calicata</u>	: C - 2		
<u>Muestra</u>	: M - 2		
<u>Profundidad</u>	: 1.50m.		
Constituyentes de sales solubles totales		ppm	8750
Constituyentes de sales solubles totales en peso seco		%	0.88

<u>Calicata</u>	: C - 2		
<u>Muestra</u>	: M - 3		
<u>Profundidad</u>	: 1.50m		
Constituyentes de sales solubles totales		ppm	8000
Constituyentes de sales solubles totales en peso seco		%	0.80



**UNIVERSIDAD
SEÑOR DE SIPÁN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO
DE SALES SOLUBLES EN SUELO Y AGUA SUBTERRÁNEA
NORMA N.T.P. 339.152: 2002**

<u>Calicata</u>	: C - 3		
<u>Muestra</u>	: M - 1		
<u>Profundidad</u>	: 1.50m.		
Constituyentes de sales solubles totales		ppm	12500
Constituyentes de sales solubles totales en peso seco		%	1.25

<u>Calicata</u>	: C - 3		
<u>Muestra</u>	: M - 2		
<u>Profundidad</u>	: 1.50m.		
Constituyentes de sales solubles totales		ppm	13750
Constituyentes de sales solubles totales en peso seco		%	1.37

<u>Calicata</u>	: C - 3		
<u>Muestra</u>	: M - 3		
<u>Profundidad</u>	: 1.50m		
Constituyentes de sales solubles totales		ppm	12000
Constituyentes de sales solubles totales en peso seco		%	1.20



FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO
DE SALES SOLUBLES EN SUELO Y AGUA SUBTERRÁNEA
NORMA N.T.P. 339.152: 2002

<i>Calicata</i>	: C - 4		
<i>Muestra</i>	: M - 1		
<i>Profundidad</i>	: 1.50m.		
Constituyentes de sales solubles totales		ppm	12500
Constituyentes de sales solubles totales en peso seco		%	1.25

<i>Calicata</i>	: C - 4		
<i>Muestra</i>	: M - 2		
<i>Profundidad</i>	: 1.50m.		
Constituyentes de sales solubles totales		ppm	12500
Constituyentes de sales solubles totales en peso seco		%	1.25

ENSAYOS DE LABORATORIO
ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PRÓCTOR MODIFICADO)



FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PRÓCTOR MODIFICADO)

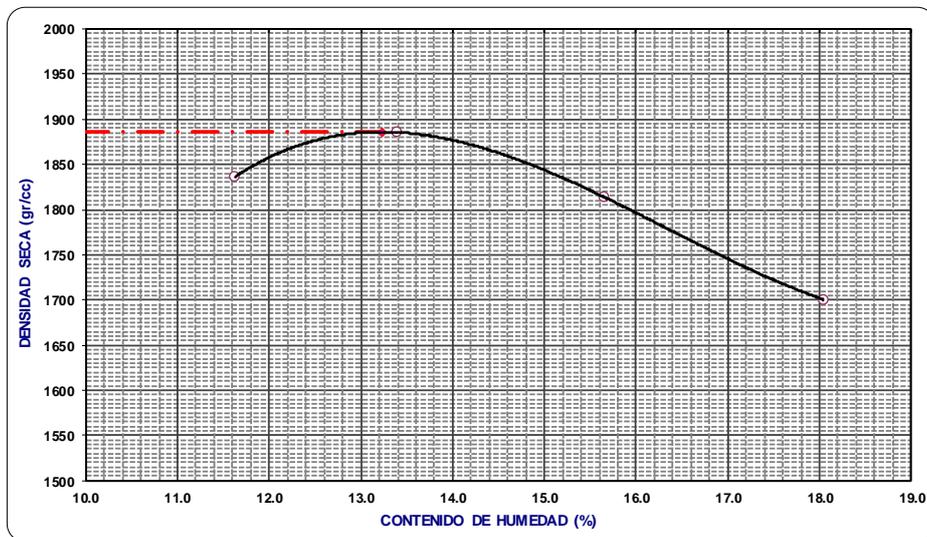
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesis	EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS COHESIVOS CON CLORURO DE CALCIO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES DE PAVIMENTOS URBANOS, CAPOTE – 2019		
Tesista	CASTRO INGA ALEXANDER	Fecha :	13/06/2019
Identificación	PROCTOR MODIFICADO METODO "A" UBICACIÓN COORDENADAS PUNTO N°1		
Calicata	C-1	Muestra:	PUNTO N°1 (sin CaCl2) Profundidad: 0.20 cm

MOLDE	UNID	1	2	3	4
1.- Peso de la muestra compactada + molde	(gr)	10435	10620	10535	10345
2.- Peso del molde	(gr)	6130	6130	6130	6130
3.- Volume del molde	(cm ³)	2100	2100	2100	2100
3.- Peso Suelo Humedo Compactado	(gr)	4305	4490	4405	4215
4.- Densidad humedad	(gr/cm ³)	2050	2138	2098	2007
CONTENIDO DE HUMEDAD					
5.- N° de tara		M-1	M-2	M-3	M-4
6.- Peso de tara + suelo húmedo		364.9	493.8	435.2	332.5
7.- Peso de tara + suelo seco		333.7	443.2	385.9	288.8
8.- Peso de tara		65.1	65.0	71.0	47.0
9.- Peso del agua		31.2	50.7	49.3	43.6
10.- Peso de suelo seco		268.6	378.2	314.9	241.9
11. Contenido de humedad		11.63	13.39	15.66	18.04
12.- Densidad seca		1836	1886	1814	1700

DENSIDAD MAXIMA SECA: MDS 1.886 gr/cm³
HUMEDAD OPTIMA: OCH 13.23 %

GRAFICO DEL PROCTOR



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PRÓCTOR MODIFICADO)

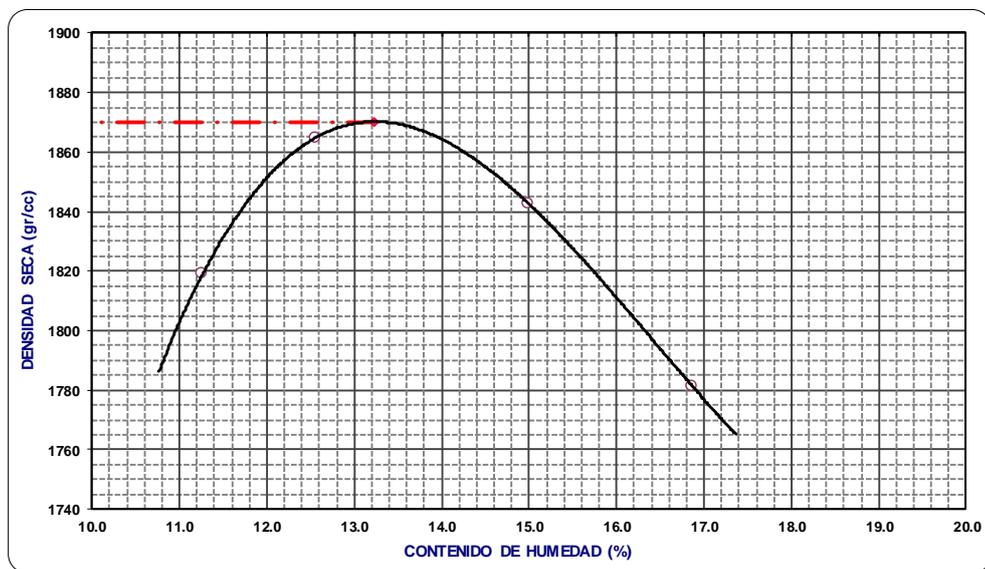
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesis	EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS COHESIVOS CON CLORURO DE CALCIO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES DE PAVIMENTOS URBANOS, CAPOTE – 2019				
Tesista	CASTRO INGA ALEXANDER			Fecha :	13/06/2019
Identificación	PROCTOR MODIFICADO METODO "A" UBICACIÓN COORDENADAS PUNTO N°2				
Calicata	C-2	Muestra:	PUNTO N°2 (sin CaCl2)	Profundidad:	0.20 cm

MOLDE	UNID	1	2	3	4
1.- Peso de la muestra compactada + molde	(gr)	10380	10538	10580	10502
2.- Peso del molde	(gr)	6130	6130	6130	6130
3.- Volume del molde	(cm ³)	2100	2100	2100	2100
3.- Peso Suelo Humedo Compactado	(gr)	4250	4408	4450	4372
4.- Densidad humedad	(gr/cm ³)	2024	2099	2119	2082
CONTENIDO DE HUMEDAD					
5.- N° de tara		M-1	M-2	M-3	M-4
6.- Peso de tara + suelo húmedo		406.4	415.7	462.3	402.8
7.- Peso de tara + suelo seco		374.9	376.6	411.9	351.4
8.- Peso de tara		94.6	65.1	75.6	47.0
9.- Peso del agua		31.6	39.1	50.4	51.3
10.- Peso de suelo seco		280.3	311.5	336.3	304.5
11. Contenido de humedad		11.26	12.56	14.99	16.86
12.- Densidad seca		1819	1865	1843	1781

DENSIDAD MAXIMA SECA: MDS 1.870 gr/cm³
 HUMEDAD OPTIMA: OCH 13.23

GRAFICO DEL PROCTOR



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
 ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PRÓCTOR MODIFICADO)
 N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesis	EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS COHESIVOS CON CLORURO DE CALCIO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES DE PAVIMENTOS URBANOS, CAPOTE - 2019			
Tesista	CASTRO INGA ALEXANDER	Fecha :	13/06/2019	
Identificación	PROCTOR MODIFICADO METODO "A" UBICACIÓN COORDENADAS PUNTO N°3			
Calicata	C-3	Muestra:	PUNTO N°3 (sin CaCl2)	Profundidad: 0.20 cm

MOLDE	UNID	1	2	3	4
1.- Peso de la muestra compactada + molde	(gr)	10440	10700	10665	10501
2.- Peso del molde	(gr)	6130	6130	6130	6130
3.- Volume del molde	(cm ³)	2100	2100	2100	2100
3.- Peso Suelo Humedo Compactado	(gr)	4310	4570	4535	4371
4.- Densidad humedad	(gr/cm ³)	2052	2176	2160	2081
CONTENIDO DE HUMEDAD					
5.- N° de tara		M-1	M-2	M-3	M-4
6.- Peso de tara + suelo húmedo		348.1	402.5	462.1	337.1
7.- Peso de tara + suelo seco		317.9	362.2	408.9	295.2
8.- Peso de tara		47.0	63.2	65.0	46.9
9.- Peso del agua		30.2	40.3	53.3	42.0
10.- Peso de suelo seco		270.9	299.0	343.9	248.2
11. Contenido de humedad		11.15	13.48	15.50	16.90
12.- Densidad seca		1847	1918	1870	1780

DENSIDAD MAXIMA SECA:

MDS

1.918

gr/cm³

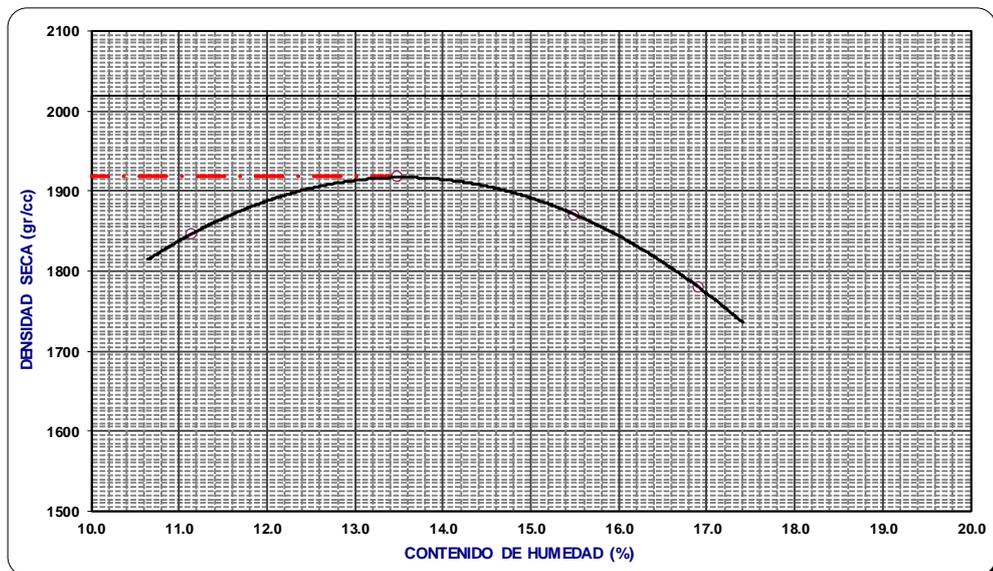
HUMEDAD OPTIMA:

OCH

13.51

%

GRAFICO DEL PROCTOR



ENSAYOS DE LABORATORIO
ENSAYO DE COMPACTACIÓN (CBR)



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Tesis:	EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS COHESIVOS CON CLORURO DE CALCIO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES DE PAVIMENTOS URBANOS, CAPOTE – 2019		
Tesista:	CASTRO INGA ALEXANDER	Fecha:	13/06/2019
Identificación:	MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA)	Calicata:	C-02 sin CaCl2

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO CBR (sin CaCl2)						
N° Molde	3		2		1	
N° Capa	5		5		5	
N° Golpes por capa	56		25		12	
CONDICION DE LA MUESTRA	Antes Saturar	Saturado	Antes Saturar	Saturado	Antes Saturar	Saturado
Peso molde + Suelo húmedo	12065.00	12395.00	11135.00	11515.00	11240.00	11655.00
Peso de molde (g)	7750.00	7750.00	7090.00	7090.00	7395.00	7395.00
Peso del suelo húmedo (g)	4315.00	4645.00	4045.00	4425.00	3845.00	4260.00
Volumen del molde (cc)	2169.50	2169.50	2169.50	2169.50	2169.50	2169.50
Densidad húmeda (g/cc)	1.99	2.14	1.86	2.04	1.77	1.96
% de humedad	19.02	19.31	22.40	22.24	24.60	24.56
Densidad seca (g/cc)	1.67	1.79	1.52	1.67	1.42	1.58
	2.126202		2.019892		1.913582	

CONTENIDO DE HUMEDAD												
Tarro N°	Inicio	Arriba	Centro	Abajo	Inicio	Arriba	Centro	Abajo	Inicio	Arriba	Centro	Abajo
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	132.25	114.73	134.65	147.38	144.64	164.16	130.3	139.44	159.95	177.37	133.33	169.16
Tarro + Suelo seco (gr.)	112.98	95.38	116.16	127.4	120.51	133.86	109.7	117.95	131.09	144.48	109.82	138.97
Peso del Agua (gr.)	19.27	19.35	18.49	19.98	24.13	30.30	20.59	21.49	28.86	32.89	23.51	30.19
Peso del tarro (gr.)	11.63	10.61	11.46	12.82	12.82	13.17	11.87	13.42	13.75	12.92	12.59	15.74
Peso del suelo seco (gr.)	101.35	84.77	104.7	114.58	107.69	120.69	97.9	104.53	117.34	131.56	97.23	123.23
% de humedad	19.02	22.83	17.66	17.44	22.40	25.11	21.04	20.56	24.60	25.00	24.18	24.50
Promedio de Humedad (%)	19.02		19.31		22.40		22.24		24.60		24.56	

EXPANSIÓN												
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	EXPANSIÓN			EXPANSIÓN			EXPANSIÓN			
			DIAL (Pulgds)	mm.	%	DIAL (Pulgds)	mm.	%	DIAL (Pulgds)	mm.	%	
02/05/2019	17:08	0	0.011	0.000	0	0.009	0.000	0	0.012	0.000	0	
03/05/2019	17:08	24	0.011	0.000		0.009	0.000		0.012	0.000		
04/05/2019	17:08	48	0.011	0.000		0.009	0.000		0.012	0.000		
05/05/2019	17:08	72	0.011	0.000		0.009	0.000		0.012	0.000		
06/05/2019	17:08	96	0.220	5.309		0.180	4.343		0.105	2.362		
			total	4.58		total	3.74		total	2.04		

PENETRACIÓN															
Penetración pulg.	Tiempo	Lecturas (mm)	Presión patrón lbs/pulg ²	MOLDE N° 3				MOLDE N° 2				MOLDE N° 1			
				CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
				Lect. Dial	Lbs	Lbs/pulg ²	%	Lect. Dial	Lbs	Lbs/pulg ²	%	Lect. Dial	Lbs	Lbs/pulg ²	%
0.025	30"	64.0		3	44.81	14.72		2	35.13	11.54		4	54.48	17.90	
0.050	1'	127.0		5	64.15	21.08		4	54.48	17.90		5	64.15	21.08	
0.075	1.5'	191.0		6.5	78.67	25.85		5	64.15	21.08		6.5	78.67	25.85	
0.100	2'	254.0	1000.00	8.5	98.01	32.21	3.221	6.5	78.67	25.85	2.5851	8	93.18	30.62	3.062
0.125	2.5'	318.0		11	122.20	40.16		8	93.18	30.62		9	102.85	33.80	
0.150	3'	381.0		14.5	156.06	51.29		9.8	110.59	36.34		10	112.53	36.98	
0.175	3.5'	445.0		17.5	185.08	60.82		11	122.20	40.16		12	131.88	43.34	
0.200	4'	508.0	1500.00	20.5	214.11	70.36	4.6907	12	131.88	43.34	2.89	13	141.55	46.52	3.1011
0.300	6'	762.0		30.2	307.95	101.20		17.5	185.08	60.82		17	180.25	59.23	
0.400	8'	1016.0		37	373.74	122.82		21	218.95	71.95		20.5	214.11	70.36	
0.500	10'	1270.0		44	441.46	145.07		25	257.64	84.67		23	238.29	78.31	

K1 = 9.674
K2 = 15.78
K3 = 3.043 Área del pistón

Tesis:	EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS COHESIVOS CON CLORURO DE CALCIO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES DE PAVIMENTOS URBANOS, CAPOTE – 2019		
Tesista:	CASTRO INGA ALEXANDER	Fecha:	13/06/2019
Identificación:	MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA)	Calicata:	C-02 sin CaCl2

GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

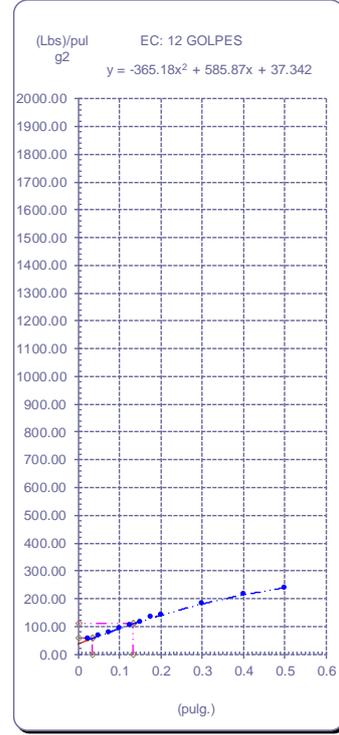
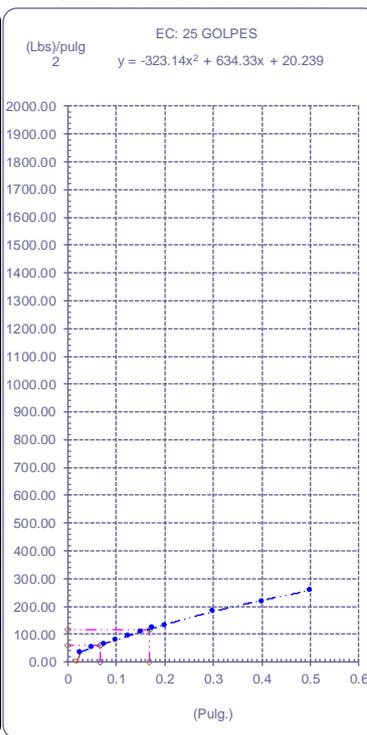
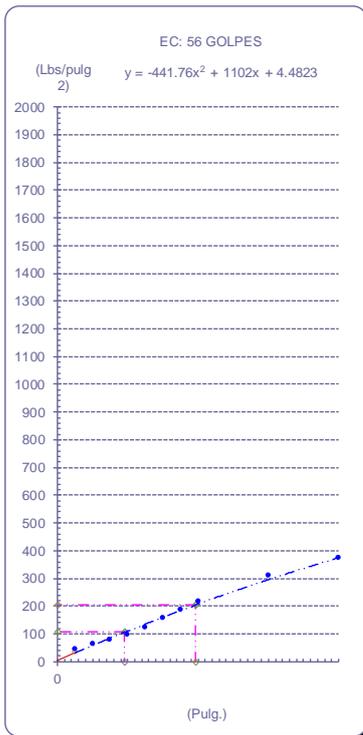


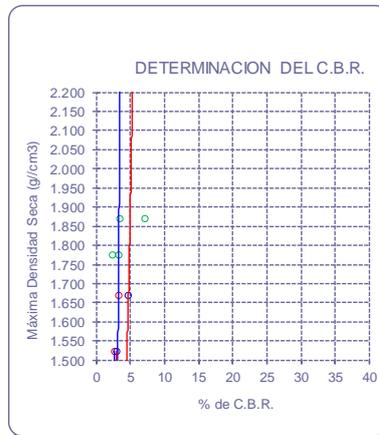
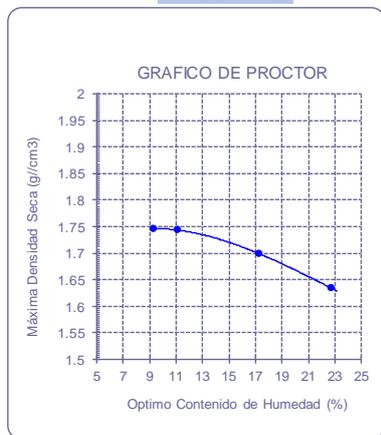
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.870
DENSIDAD SECA AL 95%	1.777 g/cm³
OPTIMO CONT. DE HUMED	13.2 %
	3.29 2.36

VALOR DEL C.B.R. AL 100 Y 95 %

C.B.R. AL 100 % :	0.1" :	3.4 %	0.2" :	7.1 %
C.B.R. AL 95 % :	0.1" :	3.3 %	0.2" :	2.4 %



Tesis:	EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS COHESIVOS CON CLORURO DE CALCIO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES DE PAVIMENTOS URBANOS, CAPOTE - 2019		
Tesista:	CASTRO INGA ALEXANDER	Fecha:	13/06/2019
Identificación:	MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA)	Calicata:	C-02 con CaCl2

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO CBR (con CaCl2)						
Nº Molde	3		2		1	
Nº Capa	5		5		5	
Nº Golpes por capa	56		25		12	
CONDICION DE LA MUESTRA	Antes Saturar	Saturado	Antes Saturar	Saturado	Antes Saturar	Saturado
Peso molde + Suelo húmedo	11790.00	12012.00	11708.00	11961.00	10655.00	11030.00
Peso de molde (g)	7250.00	7250.00	7469.00	7469.00	6705.00	6705.00
Peso del suelo húmedo (g)	4540.00	4762.00	4239.00	4492.00	3950.00	4325.00
Volumen del molde (cc)	2169.50	2169.50	2169.50	2169.50	2169.50	2169.50
Densidad húmeda (g/cc)	2.09	2.19	1.95	2.07	1.82	1.99
% de humedad	9.80	16.90	10.24	18.65	9.12	13.40
Densidad seca (g/cc)	1.91	1.88	1.77	1.75	1.67	1.76
	2.126202		2.019892		1.913582	

CONTENIDO DE HUMEDAD															
Tarro Nº	Inicio	Arriba	Centro	Abajo	Inicio	Arriba	Centro	Abajo	Inicio	Arriba	Centro	Abajo			
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	122.10	235.09	233.64	248.46	142.24	255.68	240.7	252.87	145.35	237.67	232.94	210.97			
Tarro + Suelo seco (gr.)	114.31	199.23	208.65	221.34	132.42	215.64	210.7	222.8	135.96	230.51	200.19	185.85			
Peso del Agua (gr.)	7.79	35.86	24.99	27.12	9.82	40.04	30	30.07	9.39	7.16	32.75	25.12			
Peso del tarro (gr.)	34.83	35.01	36.09	32.91	36.54	36.64	36.91	38.63	32.97	32.93	34.95	36.07			
Peso del suelo seco (gr.)	79.48	164.22	172.6	188.43	95.88	179.00	173.8	184.17	102.99	197.58	165.24	149.78			
% de humedad	9.80	21.84	14.48	14.39	10.24	22.37	17.26	16.33	9.12	3.62	19.82	16.77			
Promedio de Humedad (%)	9.80			16.90			10.24			18.65			9.12		

EXPANSIÓN												
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	EXPANSIÓN			EXPANSIÓN			EXPANSIÓN			
			DIAL (Pulgds)	mm.	%	DIAL (Pulgds)	mm.	%	DIAL (Pulgds)	mm.	%	
02/05/2019	17:08	0	0.013	0.000	0	0.013	0.000	0	0.018	0.000	0	
03/05/2019	17:08	24	0.013	0.000		0.013	0.000		0.018	0.000		
04/05/2019	17:08	48	0.013	0.000		0.013	0.000		0.018	0.000		
05/05/2019	17:08	72	0.013	0.000		0.013	0.000		0.018	0.000		
06/05/2019	17:08	96	0.146	3.378		0.137	3.150		0.172	3.912		
				total	2.91		total	2.72		total	3.37	

PENETRACIÓN															
Penetración pulg.	Tiempo	Lectura (mm)	Presión patrón lbs/pulg 2	MOLDE Nº 3				MOLDE Nº 2				MOLDE Nº 1			
				CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
				Lect. Dial	Lbs	Lbs/pulg2	%	Lect. Dial	Lbs	Lbs/pulg2	%	Lect. Dial	Lbs	Lbs/pulg2	%
0.025	30"	64.0		5	64.15	21.08		5	64.15	21.08		3	44.81	14.72	
0.050	1'	127.0		7	83.50	27.44		8	93.18	30.62		5	64.15	21.08	
0.075	1,5'	191.0		10	112.53	36.98		12	131.88	43.34		6	73.83	24.26	
0.100	2'	254.0	1000.00	16	170.57	56.05	5.6054	17	180.25	59.23	5.92	9	102.85	33.80	
0.125	2,5'	318.0		23	238.29	78.31		22	228.62	75.13		10	112.53	36.98	
0.150	3'	381.0		30	306.02	100.56		27	276.99	91.03		13	141.55	46.52	
0.175	3,5'	445.0		38	383.41	126.00		30	306.02	100.56		15	160.90	52.88	
0.200	4'	508.0	1500.00	46	460.81	151.43	10.095	33	335.04	110.10	7.34	16	170.57	56.05	
0.300	6'	762.0		71	702.67	230.91		46	460.81	151.43		22	228.62	75.13	
0.400	8'	1016.0		90	886.48	291.32		56	557.55	183.22		25	257.64	84.67	
0.500	10'	1270.0		108	1060.62	348.55		65	644.62	211.84		31	315.69	103.74	

K1 = 9.674
K2 = 15.78
K3 = 3.043 Área del pistón

Tesis:	EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS COHESIVOS CON CLORURO DE CALCIO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES DE PAVIMENTOS URBANOS, CAPOTE – 2019		
Tesista:	CASTRO INGA ALEXANDER	Fecha:	13/06/2019
Identificación:	MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA)	Calicata:	C-02 con CaCl2

GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

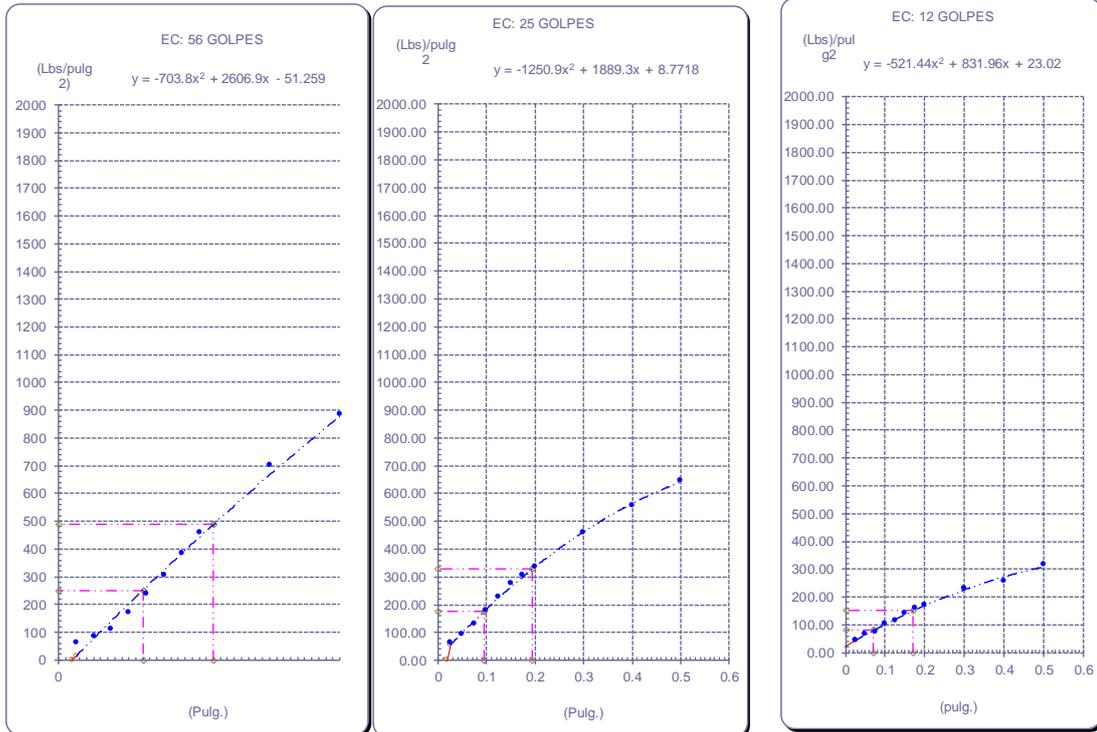


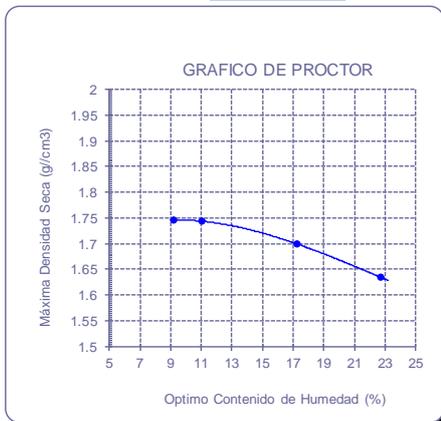
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.870
DENSIDAD SECA AL 95%	1.777 g/cm³
OPTIMO CONT. DE HUMED	13.2 %
	4.39 7.48

VALOR DEL C.B.R. AL 100 Y 95 %

C.B.R. AL 100 % - 0.1":	5.3 %	0.2":	9.4 %
C.B.R. AL 95 % = 0.1":	4.4 %	0.2":	7.5 %



ANEXO E:
PANEL FOTOGRAFICO.

PANEL FOTOGRÁFICO
TRABAJOS REALIZADOS EN CAMPO.

Figura 49: Extracción de material de la C-04.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 50: Extracción de material de la C-03.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 31: Excavación de la C-02 terminada.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 52: Extracción y excavación de la C-02.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 53: Zarandeo de material natural por la malla N° 4. **Figura 54:** Pesaje del material en estudio.



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 55: Lavado del material para el análisis granulométrico.



Fuente: Elaboración propia

Figura 56: Lectura y compactación de Cbr.



Fuente: Elaboración propia

Figura 574: Excavación y sondeo de las respectivas calicatas.



Fuente: Elaboración propia

Figura 585: Recolección y excavación de las muestras.



Fuente: Elaboración propia

Figura 59: Lectura de la muestra sumergida con el dial.



Fuente: Elaboración propia

