

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

**“INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE CAL EN EL
MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE
DEL SUELO PARA EDIFICACIONES URBANAS
EN LAREDO”**

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Sandro Jaref Amaya Charcape
Cristhian Enrique Calderon Ramirez

Asesor:

Mg. Josualdo Carlos Villar Quiroz
<https://orcid.org/0000-0003-3392-9580>
Trujillo - Perú

JURADO CALIFICADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Gonzalo Hugo Diaz García	40539624
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Germán Sagástegui Vásquez	45373822
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Nixon Brayan Peche Melo	70615775
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD

INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE CAL EN EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO PARA EDIFICACIONES URBANAS EN LAREDO

ORIGINALITY REPORT

16%	15%	9%	14%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	Submitted to Universidad Nacional de Piura Student Paper	6%
2	repositorio.ucv.edu.pe Internet Source	4%
3	hdl.handle.net Internet Source	2%
4	repositorio.upao.edu.pe Internet Source	1%
5	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego Student Paper	1%
6	Submitted to Universidad Privada del Norte Student Paper	1%
7	Submitted to Universidad Católica San Pablo Student Paper	1%

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios por ser mi guía espiritual durante este recorrido de mi vida universitaria; dándome fortaleza y sabiduría en los momentos difíciles.

A mi hermano, Noah Benjamín Amaya Charcape por ser mi más grande motivación para no darme por vencido y lograr ser un modelo para él.

A mis padres, Noé Abel Amaya Rojas y María Charcape Portales por su ayuda incondicional en todo momento y confianza en mí durante toda mi formación profesional.

AMAYA CHARCAPE SANDRO JAREF

Esta tesis la dedico a Dios y a mis padres. A Dios ya que siempre estuvo a mi lado en todo momento, cuidando de mí, protegiéndome y brindándome la sabiduría y fortaleza necesaria para continuar con los objetivos trazados.

A mis padres, Enrique Alejandro Calderón Gastañadú e Iris del Rocío Ramírez Alcalde, quienes han velado por mi felicidad y la buena crianza, siendo mi principal soporte todo este tiempo.

CALDERÓN RAMÍREZ CRISTHIAN ENRIQUE

AGRADECIMIENTO

A Dios, por cuidarme siempre y brindarme fortaleza para afrontar los obstáculos y dificultades en el paso de mi vida.

Agradezco a mis padres, Noé Abel Amaya Rojas y María Charcape Portales por sus consejos y aliento que me proporcionaron a través de mi etapa universitaria.

A la UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE por brindarnos la posibilidad de estudiar y convertirnos en profesionales.

AMAYA CHARCAPE SANDRO JAREF

A Dios porque estuvo conmigo guiándome y apoyándome en los momentos importantes y complicados que me tocó vivir.

A la UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE por brindar las oportunidades para educarme y poder ser profesional.

Muchas personas han sido parte de mi vida académica a las cuales anhelaría reconocer su amistad, consejo, aliento y acompañamiento en los buenos y malos momentos vividos.

CALDERÓN RAMÍREZ CRISTHIAN ENRIQUE

TABLA DE CONTENIDO

JURADO CALIFICADOR.....	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS.....	10
ÍNDICE DE FIGURAS.....	11
ÍNDICE DE ECUACIONES	12
RESUMEN.....	13
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	14
1.1 Realidad problemática	14
1.1.1. Global.....	14
1.1.2. Macro	15
1.1.3. Micro.....	17
1.1.4. Nano.....	18
1.2. Antecedentes de la investigación.....	19
1.3. Bases teóricas	26
1.3.1. Capacidad portante.....	26
1.3.2. Porcentaje de cal	35
1.3.3. Edificaciones urbanas	40
1.4 Justificación.....	41
1.4.1 Justificación general.....	41

1.4.2	Justificación teórica	41
1.4.3	Justificación práctica.....	42
1.4.4	Justificación metodológica.....	42
1.4.5	Justificación social.....	42
1.5	Formulación del problema.....	43
1.6	Objetivos.....	43
1.6.1	Objetivo general.....	43
1.6.2	Objetivos específicos	43
1.7	Hipótesis	43
1.7.1	Hipótesis general.....	43
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA.....		44
2.1.	Enfoque de investigación.....	44
2.2.	Tipo de investigación.....	44
2.2.1.	Según el propósito.....	44
2.2.2.	Según el diseño de investigación:	44
2.2.3.	Según el nivel de investigación:.....	44
2.3.	Diseño de investigación.....	45
2.4.	Variables.....	46
2.4.1.	Variables	46
2.4.2.	Clasificación de variables	46
2.4.3.	Operacionalización de variables /Matriz de operacionalización de variables.....	48
2.5	Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)	50
2.5.1.	Población.....	50

2.5.2. Muestra	50
2.5.3. Materiales.....	52
2.6 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	52
2.6.1. Técnica de recolección de datos.....	52
2.6.2. Instrumento de recolección de datos.....	53
2.6.3. Validación del instrumento de recolección datos.....	53
2.6.4. Análisis de datos	54
2.7. Procedimientos	54
2.7.1. Cuadro sinóptico	54
2.7.2. Identificación del terreno	56
2.7.3. Extracción de muestras de suelo	56
2.7.4. Preparación de la muestra de suelo	56
2.7.5. Pruebas de laboratorio.....	56
2.7.6. Porcentaje de cal	58
2.7.7. Determinación de la capacidad portante	58
2.8. Aspectos éticos	59
CAPÍTULO III: RESULTADOS.....	60
3.1. Granulometría.....	60
3.1.1. Porcentaje de suelo de cada tamiz (%).....	60
3.2. Límites de Atterberg	62
3.2.1. Porcentaje de suelo húmedo (%).....	62
3.2.2. Límite Líquido, Plástico e Índice de Plasticidad (%).....	63
3.3. Clasificación según SUCS y AASHTO.....	64

3.3.1. Porcentaje de suelo de cada tamiz (%).....	64
3.3.2. Índice de plasticidad	66
3.3.3. Clasificación de suelos.....	67
3.4. Corte Directo	68
3.4.1. Cohesión (Kg/cm ²) y Angulo fricción (°).....	68
3.4.2. Capacidad portante admisible	69
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	71
4.1. Discusión	71
4.2. Conclusiones.....	76
4.3. Recomendaciones	77
REFERENCIAS	78
ANEXOS	82
Desarrollo de tesis	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Prefijos y sufijos para cada tipo de suelo.....	33
Tabla 2 Combinaciones en función de los prefijos y sufijos del suelo	34
Tabla 3 Valores típicos de capacidad portante	35
Tabla 4 Matriz de clasificación de variables	47
Tabla 5 Matriz de operacionalización de variables.....	48
Tabla 6 Tipo de edificación	51
Tabla 7 Número de puntos de exploración	52
Tabla 8 Granulometría M1	60
Tabla 9 Análisis granulométrico por tamizado para muestra con cal	61
Tabla 10 Contenido de humedad M1.....	62
Tabla 11 Contenido de humedad de muestra con cal	62
Tabla 12 Límites de consistencia M1	63
Tabla 13 Límites de consistencia para muestra con cal.....	63
Tabla 14 Granulometría M1	64
Tabla 15 Análisis granulométrico por tamizado para muestra con cal	65
Tabla 16 Índice de plasticidad M1.....	66
Tabla 17 Índice de plasticidad para muestra con cal	66
Tabla 18 Clasificación de M1.....	67
Tabla 19 Clasificación de muestra con cal	68
Tabla 20 Ensayo de corte directo de la muestra patrón (M1).....	68
Tabla 21 Ensayo de corte directo de la muestra con cal.....	69
Tabla 22 Capacidad portante admisible de la muestra patrón (M1)	69
Tabla 23 Capacidad portante admisible de la muestra con cal	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama del diseño de investigación	45
Figura 2 Esquema del diseño de investigación	45
Figura 3 Cuadro sinóptico.....	55

ÍNDICE DE ECUACIONES

(1) Contenido de Humedad	27
(2) Límite Líquido	28
(3) Límite Plástico	29
(4) Índice de Plasticidad.....	30
(5) Sistema de Clasificación AASHTO.....	32

RESUMEN

La presente investigación se realizó en el distrito de Laredo, se determinó la influencia del porcentaje de cal para el mejoramiento de la capacidad portante del suelo para edificaciones urbanas, para la realización de la tesis se utilizó un diseño experimental y explicativo, el muestreo fue no probabilístico por juicio, la recolección de datos se realizó con la técnica de observación, el instrumento utilizado fue la guía de observación, para analizar los datos se utilizó la estadística descriptiva, el problema es que se vienen realizando edificaciones urbanas sin el estudio de la mecánica de suelos generando la existencia de futuras fallas en la estructura, es por ello que es importante conocer la capacidad portante del terreno en el cual se va a trabajar, la capacidad portante admisible con el 8% de aditivo químico en un suelo patrón de 1.02 kg/cm² incrementa a 1.88 kg/cm², se determinó que la influencia del aditivo aumenta la capacidad portante del terreno en un 46% a la del suelo patrón.

PALABRAS CLAVES: Cal, Capacidad portante, Edificaciones urbanas

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

1.1.1. Global

Durante los años recientes, las construcciones urbanas vienen obviando la investigación de la mecánica del suelo para llevar a cabo diferentes edificaciones, exponiéndose así a distintos fenómenos naturales. Por ende, es necesario tener conocimiento de la capacidad de carga del suelo en el que se va a trabajar, este estudio determina si las condiciones del suelo son óptimas para realizar este tipo de obras. Además, brinda información sobre si es necesario aumentar las capacidades físicas y mecánicas del mismo, para que no haya deficiencias posteriores en la ejecución de la edificación.

Es por ello que, en Chile en el año 2021, según la norma ASTM D1587 para determinar la capacidad portante es necesario que se realicen sondeos en los cuales se extraen muestras inalteradas a través del sistema de tubo de pared delgada, también llamado tubo Shellby. Además, para clasificar el tipo de suelo en el cual se está trabajando, se utilizó el método SUCS. (Ruge, Molina y Pinto, 2021).

Mientras que, en Corea del Sur en el año 2020, algunos de los métodos para establecer la capacidad de carga del suelo son la prueba de modelo de molde y la prueba de modelo de caja; ambas se rigen a la Norma Coreana KS F 2312 para ser clasificados mediante el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos. Además, para determinar el tamaño de partículas del terreno se usaron las bases de la Norma Coreana KS F 2302. (Soo, Langcuyan y Gao, 2020).

Por otro lado, en España en el año 2019, para hallar la capacidad portante del terreno es indispensable determinar los límites de Atterberg y la resistencia a la

compresión no confinada; ambos ensayos se basan en la Norma Española UNE 103103 y UNE 103400 respectivamente. Asimismo, obtenidas las características geotécnicas del terreno se clasifican en base al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). (Pastor, Tomás, Cano, Riquelme y Gutiérrez, 2019)

En el Perú en el año 2020, para determinar la capacidad de carga del suelo se realizan las pruebas de Proctor Modificado (NTP de Proctor Modificado) y CBR (NTP de Método de ensayo de CBR). Además, dentro de este último, se ubican las pruebas de Compactación CBR, de hinchamiento y de Carga-penetración establecidos por la norma anteriormente mencionada. Por último, para clasificar el suelo se usan los métodos SUCS y AASHTO. (Guerra & Mosqueira, 2020)

En Trujillo en el año 2018, los procedimientos utilizados para conocer la capacidad portante del terreno, son ensayos físicos, químicos (Normas Técnicas Peruanas) y mecánicos (American Society of Testing Materials); siendo los anteriormente mencionados indispensables en la investigación de la mecánica de suelos para conocer sus características técnicas. (Julca, 2018)

Según lo anteriormente expuesto, cada país tiene su propia normatividad en la cual se estipula los estándares que deben cumplir la capacidad de carga del suelo en investigación. Así como en el mundo, en el Perú está vigente una norma técnica principal del Reglamento Nacional de Edificaciones, esta es la Norma E.050 “Suelos y Cimentaciones”; la cual presenta y exige cumplir con los parámetros mínimos indicados para un adecuado diseño.

1.1.2. Macro

Al-Homidy, Damin y Abd El (2017) nos indican que para determinar la capacidad de carga del suelo se evalúa mediante las pruebas de gravedad específica, los límites de Atterberg y Proctor Modificado. Asimismo, se realizan técnicas de

macro-caracterización y micro-caracterización para establecer si el terreno es competente para la elaboración de alguna construcción. Para el primer método, se incluye como procedimiento la compresión no confinada, CBR empapado y pruebas de durabilidad para evaluar las propiedades del terreno; para el segundo, se utilizan dispositivos XRD y / o SEM para representar cualitativamente los mecanismos de mejora del suelo.

Quintero y Gallardo (2015) detalla que para determinar la clasificación del terreno y capacidad portante es indispensable realizar las pruebas de límite líquido e índice de plasticidad. Además, se usa las tablas de Holtz y Gibbs para identificar el grado de expansión del suelo recalando la importancia de la estructura del terreno desempeñando un papel clave para una mejor comprensión de los fenómenos asociados al colapso.

Soo, Langcuyan y Gao (2020) identificó que en el contexto de la ingeniería geotécnica es fundamental realizar los ensayos de la prueba de modelo de molde y de caja, ambos métodos arrojan resultados con una precisión relativa para establecer la capacidad portante del suelo y asimismo concluir si es viable o no para su uso en construcciones civiles. Una vez determinado este factor, se prosigue con un proceso de estabilización si ese fuera el caso, sino se procede con el proceso constructivo correspondiente.

Según los aportes obtenidos de estas investigaciones, se determinó que para obtener el valor de la capacidad de carga de un terreno es indispensable realizar distintas pruebas, como el límite líquido, plástico, entre otros. Asimismo, todos estos procesos deben estar basados en las normas correspondientes; específicamente en Perú, se usa la normativa E 0.50 “Suelos y Cimentaciones” para un correcto estudio. Finalmente, existen elementos que pueden aumentar las

condiciones físicas y mecánicas del suelo convirtiéndolo en uno óptimo para las futuras construcciones civiles.

Macro Intermedio

Se presentan dos empresas las cuales realizaron estudios de suelos previos a una construcción, los mismos fueron desarrollados con fines de cimentación y basados en la normatividad vigente.

Ingeotecnia Consultores & Ejecutores S.A.C. (RUC: 20445586537):

empresa aplicada al campo de estudio de suelos donde se realizan sondeos convenientes a calicatas y sondajes de exploración adecuándose a la clase de estructura de cada proyecto, además cuentan con laboratorio propio y sus equipos están debidamente calibrados y certificados. La empresa está relacionada a la prestación de servicio a entidades estatales.

Ingeotest Ingenieros S.A.C. (RUC: 20524462444): empresa que se dedica al estudio de suelos, donde realizan consultoría en ingeniería geotécnica. Cuenta con sus propios laboratorios y personal calificado para los distintos procesos de la investigación de la mecánica de terrenos.

1.1.3. Micro

El crecimiento urbano ha generado una tasa exponencial de construcciones de manera irregular en zonas no aptas para este fin, ya que para determinar la posibilidad de construir en estas es necesario conocer la capacidad que puede cargar el terreno en cuestión. Este es un punto clave, puesto que de acuerdo a este valor se podrá definir si las condiciones del terreno son óptimas para realizar algún tipo de edificación urbana.

Cabe recalcar que el estudio de suelos es un procedimiento que por más simple que parezca, es un procedimiento preliminar de vital interés en el

levantamiento de toda clase de edificación. La falta del mismo, genera una problemática la cual afecta a las construcciones y pone en riesgo a sus habitantes ya que, al no conocer la capacidad portante del terreno, no se puede determinar si existe la necesidad de usar algún otro elemento para mejorar sus capacidades geotécnicas. Asimismo, existe una base técnica vigente como lo es la normativa E.050 “Suelos y Cimentaciones”, la cual presenta los ensayos correspondientes para establecer las capacidades de carga del terreno, logrando con ello un conocimiento más detallado de la zona en estudio.

Tarrillo y Herrera (2020) recalcan que muchos países tienen valores estimados de capacidad portante dependiendo de la zona, ya que este concepto representa la resistencia máxima al corte entre la cimentación y el terreno; esto determina el comportamiento y las características del terreno de fundación. Estos valores son fundamentales al momento de realizar un estudio de suelos previo a una edificación, con ello se tendrá el conocimiento suficiente acerca de las condiciones mecánicas y físicas que posee el terreno en estudio y si estas se encuentran dentro de los parámetros establecidos; o en su defecto, analizar la adición de alguna mejora que lo lleve a tener las condiciones óptimas para edificar sobre el mismo.

1.1.4. Nano

Acorde con lo descrito en los párrafos previos, se precisa que muy importante tener conocimiento de los parámetros usados cuando se habla de capacidad portante en suelos para poder evitar fallas por un mal o nulo estudio del mismo. Es por ello que se efectúa el actual estudio de tesis de investigación para determinar si es necesario la adición de la cal con la finalidad de aumentar las capacidades de carga del terreno en investigación teniendo como base la normativa vigente E.050 “Suelos y Cimentaciones” publicado en el año 2018. A partir de ello,

se podrán establecer los ensayos pertinentes con la finalidad de precisar los parámetros de diseños para la estabilización de suelos; y de ser necesario, la incorporación porcentual del aditivo mencionado con la intención de aumentar las capacidades de carga del terreno. De no realizar lo anteriormente explicado, la edificación se verá afectada en el transcurso del proceso constructivo o cuando este ya esté concluido; provocando así fallas en toda la estructura habiendo algunas que sean irreparables y con ello incapacitando su habitabilidad. Además, sería un riesgo con una tasa de mortalidad alta el residir la zona cuando exista algún fenómeno natural, todo esto en consecuencia de obviar una correcta investigación de la mecánica del terreno.

Es imprescindible decir que el reforzamiento del terreno es el procedimiento en el cual se somete a cierta manipulación con el fin de enmendar alguna carencia en sus cualidades físicas y mecánicas, de modo que estas incrementen para que sea viable en la construcción de alguna edificación. Asimismo, existen bastantes métodos y técnicas para aumentar las características del suelo; una de ellas es a través de la adición de porcentaje de cal, siendo su principal función mejorar la estabilidad, capacidad portante y reducir los asentamientos del terreno. (Guerra & Mosqueira, 2020)

1.2. Antecedentes de la investigación

“Capacidad de carga (CBR) de tres suelos arcillosos incorporando la cal en diferentes porcentajes”

Guerra y Mosqueira (2020) determinaron la capacidad de carga de tres suelos arcillosos adicionando la cal en tres diferentes porcentajes (0.25%; 0.50% y 0.75%) para incrementar los índices de capacidad de carga. Esta investigación fue de diseño experimental ya que se busca manipular la variable independiente de forma

voluntaria para determinar las consecuencias en la variable dependiente, tipo de investigación es Pre experimental debido a que no hay un patrón al cual seguir, solamente existe una medición antes y otra después. Se efectuaron pruebas para establecer la capacidad portante de muestras con el aditivo agregado y otras sin adición alguna; estos son el Proctor Modificado que se realizó con la Norma Técnica Peruana y el CBR que se compone de pruebas de compactación CBR, hinchamiento y carga-penetración basados en la norma anteriormente mencionada. Usando la clasificación del terreno con el sistema SUCS se concluye que las tres clases de suelo son parte de la categoría OH, las cuales a su vez pertenecen a las arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; por otro lado, el método AASHTO presentó que el suelo es arcillo pobre a malo. Se determinó que para el suelo N° 01 para un CBR al 0.1” y un CBR al 0.2” la muestra patrón obtuvo un valor de 0.577 y 0.615, para el suelo N° 02 los valores fueron 0.370 y 0.465, para el suelo N° 03 los valores fueron 0.873 y 0.980, respectivamente. Asimismo, se pudo evidenciar que con la incorporación de 0.25% de cal para un CBR al 0.1” y un CBR al 0.2” el suelo N°01 obtuvo valores de 0.870 y 0.900, para el suelo N°02 los valores fueron de 1.185 y 1.310, para el suelo N°03 los valores fueron 0.873 y 0.980; con 0.50% de incorporación cal para un CBR al 0.1” y un CBR al 0.2” el suelo N° 01 obtuvo valores de 0.405 y 0.405, el suelo N° 02 obtuvo valores de 0.592 y 0.633, para el suelo N° 03 los valores fueron 0.794 y 0.808 respectivamente; como último porcentaje de 0.75% de CBR al 0.1” y un CBR al 0.2” el suelo N° 01 obtuvo valores de 0.0358 y 0.365, para el suelo N° 02 los valores fueron 0.468 y 0.485, para el suelo N° 03 los valores fueron 0.433 y 0.515 respectivamente. Finalmente, la cal, en una adición al terreno incide positivamente en el aumento de la capacidad portante. (Pág. 10)

Esta investigación aporta de manera significativa ya que presenta los procesos realizados a detalle cuando se trata de incorporar algún aditivo para mejorar las capacidades de carga del suelo, además toma como referencia la Norma Técnica Peruana para realizar adecuadamente los diversos ensayos.

“Estabilización de suelos granulares no cohesivos de Lambayeque aplicando la incorporación de cal”

Coronado (2019) aplica, en el presente estudio, la cal a suelos granulares no cohesivos, con el objetivo de poder estabilizar el terreno mejorando sus características físicas y mecánicas para poder edificar algún tipo de infraestructura. Esta investigación fue de diseño experimental ya que se busca manipular la variable independiente de forma voluntaria para determinar las consecuencias en la variable dependiente, tipo de investigación es Pre experimental debido a que no hay un patrón al cual seguir, solamente existe una medición antes y otra después. Para el procedimiento, se utilizaron catorce muestras del suelo del tipo SP (según AASHTO) y arena mal graduada (SUCS) extraídas en el departamento de Lambayeque; además se realizaron pruebas al terreno en estado natural y otras con la incorporación de cal durante un periodo de diez días. Aplicando la normatividad, se procedió a ejecutar ensayos como el peso específico relativo, la permeabilidad, carbonato de calcio, el pH, corte directo y contenido de sales naturales.

La adición de la cal al suelo presenta mejoras en sus características obteniendo así un relativo aumento en valores de peso específico de 9.5 a 13.5%, lo que indica una disminución de los vacíos; de igual forma la permeabilidad manifiesta una disminución de 9.5 a 22.7% y además la cohesión aumento de 0.074 a 0.1703 y de 0.0022 a 0.1632. Se concluye que la incorporación de cal a los suelos tipo SP obtuvieron resultados óptimos para la estabilización del mismo, así como una

disminución de los espacios vacíos y permeabilidad, y un aumento del peso específico relativo y la cohesión. (Pág. 15)

Esta investigación sirve de base técnica y teórica ya que presenta procedimientos para la mejora de las capacidades de carga del suelo adicionando un tipo de aditivo químico en ciertos porcentajes, además de aplicar el reglamento actual en el desarrollo de las pruebas.

“Parámetros clave en la estabilización química de suelos con la incorporación de la cal y cementantes”

Correia, Casaleiro, Figueiredo, Moura y Rasteiro (2021) centraron esta investigación en incrementar las características del terreno con la incorporación de la cal y cementante en porcentajes del 1, 2 y 3%; el objetivo es reconocer los parámetros claves que afectan la mejora de la capacidad de carga. Esta investigación fue de diseño experimental ya que se busca manipular la variable independiente de forma voluntaria para determinar las consecuencias en la variable dependiente, tipo de investigación es Pre experimental debido a que no hay un patrón al cual seguir, solamente existe una medición antes y otra después. Con el objetivo de conseguir los parámetros geomecánicos de un suelo químicamente estabilizado y que contiene la cal y el cementante, se efectuaron pruebas de carácter experimental como resistencia a la compresión no confinada en diversos ejemplares. En la primera se usaron muestras estabilizadas con cal, segundo fueron muestras estabilizadas con cementantes, y por último fue estabilizado con diferentes tiempos de curado; además se complementaron con ensayos de distribución de tamaño de partículas y lixiviación. El efecto de los parámetros anteriormente mencionados sobre el comportamiento del terreno químicamente estabilizado se expresa mediante el factor de mejora de la resistencia a la compresión no confinada. Los resultados exponen un

gran impacto en la resistencia del terreno estabilizado químicamente, ya que se tienen valores de 1.66, 1.62 y 1.48 kg/cm² para la muestra patrón y estos a su vez con la incorporación de la cal y cementante aumentaron a 1.76, 1.73 y 1.63 kg/cm² en un tiempo de curado de 4 y 7 días. Por último, se concluye que la incorporación de la cal contribuye a la estabilización química del terreno ya que presenta características que mejoran el comportamiento geomecánico. (Pág. 14 – 15)

Este estudio nos brinda información sobre la incorporación de la cal que es usado beneficiosamente en la estabilización química de terrenos con el fin de poder determinar los criterios necesarios de la capacidad de soporte del terreno en estudio.

“Caracterización de un suelo plástico para estabilización con cal”

Gallardo, Martínez y Muñoz (2020) identificaron en esta investigación las características de un suelo plástico típico del municipio de Ocaña, para comprobar su potencialidad a mejorarse con el uso del aditivo de la cal. Esta investigación fue de diseño experimental ya que se busca manipular la variable independiente de forma voluntaria para determinar las consecuencias en la variable dependiente, tipo de investigación es Pre experimental debido a que no hay un patrón al cual seguir, solamente existe una medición antes y otra después. Para determinar la caracterización del suelo se establece procedimientos a emplear en el desarrollo de las pruebas correspondientes para definir las cualidades físicas y mecánicas; como son el contenido de humedad, límites de plasticidad, peso unitario y relación-densidad, así como también pruebas de corte directo, comportamiento esfuerzo-deformación, compresión simple y CBR basándose en la norma ASTM. Conforme a las investigaciones realizadas, se obtiene una clasificación de suelos según el sistema unificado siendo MH (limo arcilloso de alta plasticidad) y según AASHTO es un A-7-5 (25). Se concluye que la incorporación del aditivo de la cal presenta un eficiente

comportamiento a la hora de estabilizar el terreno ya que con los resultados obtenidos permiten clasificar el suelo según el sistema unificado como un MH (Limo arcilloso de alta plasticidad), con un $LL=61.7\%$, $LP=44.9\%$ e $IP=16.78\%$, con una gravedad específica de 2.78 y peso unitario de 1.382 g/cm^3 , humedad óptima de 31.07% y densidad seca máxima de 1.43 g/cm^3 . En cuanto a las características mecánicas, posee un ángulo de fricción promedio de 20.25° , cohesión de 18.11 kPa, resistencia a la compresión inconfiada de 135.61 kPa; asimismo, esto depende de las características propias del suelo ya que las condiciones físicas, químicas y mecánicas no son las mismas. (Pág. 11 – 12)

El aporte de esta investigación nos da a conocer que el aporte del aditivo la cal, en medibles cantidades, es óptimo en la estabilización de suelos de clase limo arcilloso de alta plasticidad; siendo beneficioso a la hora de buscar posibles soluciones para mejorar la capacidad portante.

“Variación de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos compresibles estabilizados con la cal”

Gómez, Guillin y Gallardo (2016) buscaron evaluar la estabilización del terreno mediante la incorporación de la cal. Esta investigación fue de diseño experimental ya que se busca manipular la variable independiente de forma voluntaria para determinar las consecuencias en la variable dependiente, tipo de investigación es Pre experimental debido a que no hay un patrón al cual seguir, solamente existe una medición antes y otra después. Para ello, se preparan mezclas con aditivos como la cal en diferentes dosificaciones; luego se procedió con el proceso de curado de 7 días. Además, se realizan pruebas de límites de plasticidad, corte directo, compresión inconfiada y CBR para luego compararlas con los resultados de otras pruebas realizadas al terreno sin aditivos. En relación a los

resultados del suelo en estado natural, a comparación con los otros con la adición del aditivo, se consiguió reducir los índices de plasticidad y aumentar las capacidades de carga, ángulo de fricción y la resistencia a la compresión inconfiada. En conclusión, la incorporación de material cementante como la cal, resulta ser un procedimiento beneficioso y eficaz para la estabilización de terrenos comprobándose esta hipótesis mediante la resistencia a la compresión inconfiada del suelo ya que mejora notablemente con la adición de cementantes, pasando de 135 kPa en condición natural hasta 2040 kPa con adición de 6% de cal y con adición de cemento hasta 620 kPa para 6% y hasta 2600 kPa para 16% permitiendo que se mejore sus capacidades para ser usado como material de apoyo. (Pág. 11-12)

Lo más importante de la investigación anteriormente redactada, es que la adición de la cal resulta ser de gran beneficio cuando de estabilizar y aumentar las capacidades físicas y mecánicas del terreno se trata; además presentan un bajo costo, factor que influye significativamente en su uso.

“Mejoramiento de suelos arcillosos marinos utilizando cal y activación alcalina estabilizada con inclusión de fibra de coco tratada”

Amirah, Nahazanan, Kim, Anggraini (2020) presentaron técnicas para la estabilización de suelos mediante la utilización de dos aditivos, siendo estos la cal y activador alcalino con la inclusión de fibra de bonote. Esta investigación fue de diseño experimental ya que se busca manipular la variable independiente de forma voluntaria para determinar las consecuencias en la variable dependiente, tipo de investigación es Pre experimental debido a que no hay un patrón al cual seguir, solamente existe una medición antes y otra después. Se prepararon dos tipos de muestras, la primera con cal y la segunda con el activador alcalino; además, se le realizaron pruebas mecánicas como resistencia a la tracción indirecta, prueba de

flexión y resistencia a la compresión no confinada entre periodos de curado (7; 28; 90 días). Asimismo, se realizaron análisis microestructurales mediante microscopio electrónico con el propósito de examinar los cambios del terreno antes y después de haber incorporado los aditivos mencionados. Se observa que la resistencia del terreno se incrementa conforme van pasando el tiempo aumentando radicalmente después de un período de curado de 7 y 28 días con 0,85 y 1,19 MPa (cal) y 3,21 y 7,90 MPa (AA) para el suelo tratado respectivamente. Sin embargo, el resultado continúa aumentando después de un período de curado más largo (90 días) con 1,57 (cal) y 10,96 MPa (AA) para ambos suelos tratados, en comparación con el suelo no tratado con una resistencia de 0,15, 0,20 y 0,21 MPa para los tres períodos de curado; todo ello gracias a la adición de la cal y el activador alcalino. Se concluye que este estudio, dio resultados efectivos ya que existe una mejora en la resistencia a la compresión, a la tracción y a la tracción indirecta; por lo tanto, esto significa que se mejora la capacidad de carga gracias a los aditivos mencionados. (Pág. 13)

La investigación previa, genera una nueva perspectiva en cuanto al uso de aditivos químicos ya que, por una parte, se tiene a la cal y por el otro lado al activador alcalino; habiendo una gran diferencia entre cuan comerciales son y su uso en la mejora de las capacidades de soporte del terreno que se desea estudiar.

1.3. Bases teóricas

1.3.1. Capacidad portante

Es el esfuerzo máximo de compresión o corte en el suelo y puede determinarse a partir de parámetros establecidos en ensayos de campo utilizando fórmulas aceptadas en mecánica de terrenos. Asimismo, para establecer la capacidad de carga del suelo deben ser anteceditas por un estudio geotécnico del suelo. (Norma E 0.50, 2018)

1.3.1.1. Capacidad de carga última

Definida como la capacidad portante permitida o capacidad portante última, que es la carga por unidad de área de los cimientos donde se produce la falla por corte en el terreno. La importancia de la capacidad portante máxima es que este parámetro permite estimar la resistencia del soporte del suelo para su uso en el diseño de cimentaciones. Esta propiedad no es únicamente de la clase de suelo, sino también de las circunstancias en las cuales se presenta; ejemplo de ello es el grado de compresión, contenido de humedad, etc. (Hernández & Torres, 2021)

1.3.1.2. Forma de medición

- Contenido de humedad NTP 339.127

Hace referencia a la conexión que existe en porcentaje del peso de agua y el peso de sólidos en un volumen determinado de terreno. Dicha humedad se adquiere del suelo en sus circunstancias habituales y se puede determinar a través de la siguiente fórmula:

$$W = W_w/W_s \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

W: contenido de humedad definido en porcentaje (%)

W_w: peso de agua que contiene el terreno

W_s: peso seco del terreno. (Carranza & Fernández, 2018)

- Análisis granulométrico NTP 339.128

Se puede definir a la granulometría como la repartición de los diferentes volúmenes de partículas en un terreno, expresada

a manera de porcentaje con respecto al peso final del ejemplar seco. El tamaño se relaciona con el diámetro de las partículas del cual está formado el suelo. La norma señala que la cantidad mínima para material fino es de 500 gramos. (Carranza & Fernández, 2018)

- Límite Líquido NTP 339.129

Se define de forma porcentual a la humedad contenida relacionada al peso seco del ejemplar; es decir, la proporción de humedad con la cual el ejemplar varía de un estado plástico a uno líquido. En consecuencia, los suelos plásticos muestran escasa renuencia al esfuerzo cortante cuando se encuentran en el límite líquido. Los límites de Atterberg son de suma importancia porque se vinculan con la medida de agua que incluye un elemento y su capacidad de absorción, los mismo que se precisan por el Límite Líquido, que viene a ser el puente entre el estado semilíquido al plástico calculado en base a la dosis de agua que muestra el elemento al instante que su fluidez se pierde; en tanto el límite plástico, este viene a ser el puente entre el estado plástico al semisólido medido por la dosis de agua que muestra un elemento cuando este pierde su elasticidad. (Carranza & Fernández, 2018)

$$W_N \cdot \left(\frac{N}{25}\right) \tan \beta \dots\dots\dots (2)$$

Donde:

L.L: Límite Líquido

W_n: contenido de humedad habitual

N: cantidad de golpes

Tanβ: pendiente de la línea de flujo

- Límite Plástico NTP 339.129

Este valor es definido como el contenido de humedad, representado en tanto por ciento con referencia al peso seco del ejemplar secado al horno; por consiguiente, los terrenos cohesivos pasan a un estado plástico estando en uno semisólido. Este ensayo depende en su gran mayoría de la dosis de agua que muestra el terreno. (Carranza & Fernández, 2018)

$$\frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100 = \frac{P_w}{P_s} \times 100 \dots\dots\dots (3)$$

Donde:

L.P.= Humedad que corresponde al límite plástico en %.

Ph= Peso de los trozos de hebras húmedas en gramos.

Ps= Peso de los trozos de hebras secas en gramos.

Pw= Peso del agua contenida en las hebras pesadas en gramos.

ÍNDICE DE PLASTICIDAD

Se define como la variedad existente entre los límites líquidos plásticos; esto refleja la frontera porcentual por el cual el terreno conserva sus características plásticas. Este indicador de plasticidad muestra el tanto por ciento de humedad que debe tener la muestra en estudio manteniendo o no su estado plástico. Estos parámetros son de vital importancia para la clasificación de cualquier tipo de terreno utilizando el diagrama de plasticidad de Arthur Casagrande. (Carranza & Fernández, 2018)

$$IP = LL - LP \dots\dots\dots(4)$$

Donde:

IP : Índice de plasticidad

LL : Límite Líquido

LP : Límite plástico

- Clasificación SUCS NTP 339.134

La Clasificación de Suelos (SUCS) asigna una simbología a cada tipo de terreno, ya sea orgánico o inorgánico. Los parámetros primordiales para clasificar son: Límite Líquido, Límite Plástico y el tamaño de partícula. Los mismos que expresan el proceder mecánico del terreno. La norma ASTM D-2487 indica cómo se clasifican los terrenos. (Carranza & Fernández, 2018) (Norma E.050)

1.3.1.3. Clases de suelos

- **Gravas**

La grava son acopios de fracciones de roca suelta con un diámetro mayor a 2 mm. Las gravas cubren grandes superficies, pero en su mayoría se hallan en mayor o menor relación de canto rodado, arena, limo y arcilla. Los diámetros de las partículas van de 7.62 cm (3") a 2.00 mm. (Carranza & Fernández, 2018)

- **Arenas**

Se definen como partículas finas formadas por la reducción o trituración artificial de piedras, con un diámetro de partículas que van desde 2 milímetros hasta 0.05

milímetros. Las arenas y las gravas en gran parte se encuentran juntas, un claro ejemplo es la arena de río, ya que mayormente contiene proporciones variables de grava grande y arcilla. Cuando están limpias las arenas, estas no se reducen cuando se secan y no son plásticas. (Carranza & Fernández, 2018)

- **Limos**

Se definen como suelos de partículas finas con escasa o ninguna plasticidad, cuyo diámetro de sus granos varía entre 0.05 milímetros y 0.005 milímetros. Puede encontrarse limos inorgánicos como el que se produce en canteras, o limos orgánicos como los que se encuentran en los ríos. (Carranza & Fernández, 2018)

- **Arcillas**

Las arcillas muestran granos sólidos con un diámetro inferior a 0,005 milímetros y su masa presenta la característica de volverse plástica cuando a esta se le agrega agua. Este tipo de suelos contribuyen en la mayoría de sedimentos porque son principalmente productos de silicato de alúmina hidratados químicamente; sin embargo, muchas veces también suelen contener silicatos de hierro o magnesio hidratado. Las arcillas tienen una distribución fundamentada en la disposición de los planos de oxígeno e iones hidroxilo. Los grupos tetraédricos $(SiO)_4-4$ se juntan para compartir tres de sus cuatro oxígenos con los más próximos, creando láminas, de alcance infinito teniendo por fórmula $(Si_2O_5)^{-2}$, que a su vez generan la unidad básica de

filosilicatos. Muchas instituciones catalogan a las partículas menores de 0,002 milímetros como arcillas. (Carranza & Fernández, 2018)

1.3.1.4. Clasificación de suelos

1.3.1.4.1. Sistema de Clasificación AASHTO

El primer sistema de clasificación fue creado en Estados Unidos en 1929 por Terzaghi y Hogentogler. El sistema clasifica el suelo en siete grupos basándose en pruebas de laboratorio sobre el diámetro de sus partículas, límite líquido e índice de plasticidad. Al mismo tiempo, se evalúan gracias a un indicador de clase, que se calcula según la siguiente ecuación experimental:

$$IG = (F - 35) [0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F - 15) (IP - 10) \dots\dots\dots(5)$$

Donde:

F: porcentaje pasante por el tamiz N° 200

LL: límite líquido

IP: índice de plasticidad

El indicador de grupo se expone en números enteros positivos, y si saliera negativo, se interpretará como $IG = 0$. (Castillo, 2018)

1.3.1.4.2. Sistema de Clasificación SUCS

La clasificación de suelos mediante el sistema SUCS fue introducido por Arthur Casagrande como

una modificación más global de su anterior sistema de clasificación de construcción de vías de aterrizaje propuesto en 1942. Los terrenos se denominan mediante símbolos de grupo, además de tener prefijos que indican las primeras letras de la nomenclatura de las primordiales clases de terrenos (limo, grava, arcilla, arena y suelo orgánico de partículas finaa) además de sufijos que señalan subdivisiones dentro de los grupos anteriormente mencionados. (Castillo, 2018)

Tabla 1

Prefijos y sufijos para cada tipo de suelo

Tipo de suelo	Prefijo	Subgrupo	Sufijo
Grava	G	Bien gradada	W
Arena	S	Mal gradada	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Límite líquido alto (>50)	L
Turba	Pt	Límite líquido bajo (<50)	H

Fuente: (Castillo, 2018)

Tabla 2

Combinaciones en función de los prefijos y sufijos del suelo

Símbolo		Características generales	
GW		Limpias (Finos <5%)	Bien gradada
GP	Gravas (>50% en tamiz N° 4 ASTM)		Mal gradada
GM		Con finos (Finos>12%)	Componente limoso
GC			Componente arcilloso
SW		Limpias (Finos <5%)	Bien gradada
SP	Arenas (<50% en tamiz N° 4 ASTM)		Mal gradada
SM		Con finos (Finos>12%)	Componente limoso
SC			Componente arcilloso
ML	Limos	Baja plasticidad (LL<50)	
MH		Alta plasticidad (LL>50)	
CL	Arcillas	Baja plasticidad (LL<50)	
CH		Alta plasticidad (LL>50)	

Fuente: (Castillo, 2018)

1.3.1.5. Estabilización de suelos

El procedimiento para poder estabilizar un suelo se basa en la alteración de las características del terreno presentando un menor costo y un mejor control de calidad. Se puede dividir el mejoramiento de suelos en dos principales categorías: estabilización química y estabilización mecánica. La primera involucra usar aditivos químicos para mejorar el suelo, además, se utiliza para disminuir la plasticidad y elasticidad. Si están dispersas las arcillas, se utiliza para aglomerar las partículas, dificultando mucho su compactación y es por eso que se puede adicionar un químico para extender ligeramente los granos de partículas y mejorar el proceso.

La segunda manera de estabilizar incluye métodos que incrementan las características del terreno seleccionado sin la aplicación de algún producto u otras formas de unir partículas, tales como: vibro flotación, precarga, compactación dinámica, dren de arena, etc. La poca resistividad se da mayormente en terrenos orgánicos, esto debido a que la existencia de este tipo de componente no posibilita que el terreno se estabilice correctamente. (Carranza & Fernández, 2018).

Tabla 3

Valores típicos de capacidad portante

Tipo de terreno	qs (kg/cm ²)
Rocas	100 - 15
Gravas arenosas (GW o GP)	5 - 3
Arenas bien graduadas (SW)	3,75 - 2,25
Arenas pobremente graduadas (SP)	3 - 1,75
Gravas compactadas (GM)	2,50 - 1,50
Arenas limosas (SM)	2
Gravas o arenas arcillosas (GC o SC)	2
Suelos inorgánicos y arenas finas (ML o CL)	1
Arcillas inorgánicas plásticas (CH o MH)	0.5

Fuente: (Norma Técnica E.050 Suelos y Cimentaciones, 2018)

1.3.2. Porcentaje de cal

La consolidación de suelos mediante la mezcla de un porcentaje de cal es un procedimiento bastante aplicado en Ingeniería Civil sirviendo así para aumentar las características físicas y mecánicas, sus indicadores son alta

plasticidad, baja permeabilidad y capacidad de soporte del suelo, haciéndolo adecuado para su implementación como material de soporte de una construcción. De igual manera que con la cal, otros aditivos como el yeso y el cemento, son utilizados con regularidad en terrenos críticos, estabilizándolos para aumentar su resistencia. (Fernández, 2017)

1.3.2.1. Cal

El término cal, abarca en su totalidad, las conformaciones físicas en las cuales se puede presentar el óxido de calcio (CaO). Se obtiene mediante la abrasión de piedra caliza o dolomías; un elemento muy voluble, utilizado en la construcción desde hace mucho tiempo. El mortero se elabora a partir de cal y se utiliza para construir muros, sean estos de piedra, arcilla o ladrillo.

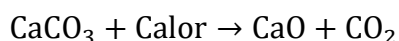
➤ Estructura

La sustancia química llamada cal se consigue calcinando piedra caliza, lo que produce cal viva, que luego de mezclarse con agua puede formar cal hidratada, también llamada Hidróxido de Calcio. También conocido como cal viva, óxido de calcio y óxido de calcio (II). El compuesto denominado carbonato de calcio presenta la fórmula química CaCO_3 , el cual pertenece al grupo de las oxisales. Es un componente naturalmente abundante que forma rocas en todas las regiones del mundo y es el constituyente fundamental de minerales como el aragonito o la calcita; además de, piedras como la caliza o el mármol, que son resultado de la metamorfosis de calizas.

1.3.2.2. Tipos

➤ Cal Viva

Es el producto del calentamiento de carbonato de calcio (CaCO_3) a temperaturas superiores a los 1000°C , que al descomponerse da como resultado óxido de calcio y dióxido de carbono.

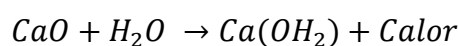


➤ Cal hidratada

Comúnmente conocido como hidróxido de calcio, este se crea cuando se añade agua al óxido de calcio o a la cal viva con el fin de que pueda utilizarse una vez hidratada. La cal apagada es denominación coloquial del hidróxido de calcio. Durante este transcurso se libera una gran cantidad de calor, lo que provoca que una cantidad del agua utilizada se evapore.

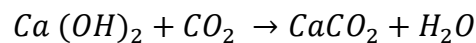
El hidróxido de calcio, llamado de igual manera como cal apagada o cal hidratada, presenta una composición inorgánica con fórmula $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Esta, a su vez, tiene una conformación polimérica al igual que los hidróxidos metálicos en su totalidad, similar a la estructura del hidróxido de magnesio ($\text{Mg}(\text{OH})_2$), conocido también como brucita.

El hidróxido de calcio, por procesos industriales, se sintetiza y hace que reaccione el óxido de calcio, también llamado cal o cal viva, con el agua acorde a la siguiente reacción:



La preparación del agua de cal se realiza mezclando hidróxido de calcio con agua potable y filtrando el sobrante de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ insoluble. Al momento de adicionar hidróxido de calcio en grandes cantidades al agua de cal, se consigue que se suspendan las partículas de hidróxido de calcio otorgándole una apariencia lechosa, bajo dichas circunstancias recibe la común denominación de leche de cal.

El agua de cal y el dióxido de carbono reaccionan de fácil manera, creando así el carbonato de calcio, a través de un procedimiento eficiente denominado carbonatación:



➤ **Cales aéreas**

Son llamadas de esa forma ya que endurecen al aire a través de su respuesta con el anhídrido carbónico propio o un origen de dióxido de carbono (CO_2) adicional.

➤ **Cal dolomítica**

También se les conoce como cal magra o cal gris. Esta cal debe es llamada así por su origen, específicamente porque se produce calcinando piedra caliza que contiene dolomita, de la cual se obtiene magnesio y óxido de calcio, que a su vez son óxidos básicos, pero no se recomienda su uso en la construcción porque se disipa de forma lenta con el agua; sin embargo, se utiliza con aceptación en las empresas azucareras.

➤ **Cal cálcica o grasa**

Es un tipo de cal muy limpia o que contiene poca arcilla y es bastante efectiva para preparar mezclas aéreas. Su efecto adhesivo se obtiene por carbonatación de la cal utilizando dióxido de carbono (CO₂) atmosférico. Esta cal cálcica se elabora partiendo de piedra caliza altamente purificada que incluye 95% o más de óxido de calcio. Al momento de apagarse, forma una pasta lechosa y cremosa con una fuerte adherencia, a diferencia de la cal magra que tiene una proporción de óxido de calcio del 80 al 90%.

➤ **Cales hidráulicas**

Se denominan así porque al contacto con el agua, estas empiezan a fraguarse y endurecerse. El contenido de arcilla varía entre 10 y 20 por ciento, donde la cementación se consigue mediante carbonatación de cal e hidratación de aluminatos y silicatos constituidos por reacciones de piedra caliza y arcilla a bajas temperaturas.

1.3.2.3. Características generales

En los últimos años se han analizado aditivos químicos no tradicionales como polímeros, enzimas, sustancias iónicas, lignosulfonatos, sales y resinas de petróleo. Los aditivos de estabilización de suelos no tradicionales consisten en una variedad de agentes químicos que son diversos en su composición y en las formas en que interactúan con el suelo. Muchos investigadores han estudiado los aditivos de estabilización para mejorar las características físicas y la ingeniería del terreno para cumplir con los

requisitos de diversas prácticas de ingeniería. La importancia de su uso es principalmente mejorar las capacidades del terreno mejorando el rendimiento del mismo frente a los agentes externos que se puedan presentar. (Zhou, Zhao, Huang y Liu, 2019)

1.3.3. Edificaciones urbanas

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones, se toma criterios o condiciones mínimas para diseñar y ejecutar ambientes urbanos con sus respectivas edificaciones que permiten una correcta construcción de la vivienda que en un futuro próximo se habilitará. (RNE, 2006)

1.3.3.1. Importancia de las edificaciones urbanas

Garantizar un ambiente el cual sirva como un espacio personal y/o familiar para desarrollar distintas actividades dentro garantizando la privacidad de los habitantes. Para garantizar la funcionalidad de la habilitación urbana se seguirán las siguientes condiciones que son la seguridad, habitabilidad, adaptación al ambiente y preservación del ecosistema. (RNE, 2006)

1.3.3.2. Indicadores de medición

Las calicatas permiten el reconocimiento directo del terreno que se quiere analizar, el método de exploración del número de pruebas que se hacen previo a la construcción de una edificación tipo A es de 225 m² cada uno, para el tipo B 450 m² cada uno, para el tipo C 800 m² cada uno y para terreno habilitado en urbanizaciones, 3 por cada hectárea. Además, los criterios a tomar en cuenta en el desarrollo de lo anteriormente mencionado son el aspecto

geomorfológico del sitio, la desigualdad de niveles, zonas de relleno, filtraciones y lugares rocosos. (NTP 339.162)

1.4 Justificación

1.4.1 Justificación general

El actual trabajo de investigación se desarrolló debido a la necesidad de construir edificaciones en zonas urbanas no aptas para este fin, realizando en primera instancia el estudio de la mecánica de suelos para conocer la capacidad portante del terreno y determinar la adición de algún aditivo químico. Con ello se evita que la estructura presente fallas en relación al suelo.

Resolver esta problemática valdrá para determinar los criterios mínimos de diseño que se tienen que efectuar al momento de realizar alguna construcción, apoyándonos de los ensayos decretados en la normativa E.050 denominada “Suelos y Cimentaciones”.

Se busca determinar el porcentaje de aditivo químico para algún tipo de suelo mejorando sus propiedades geotécnicas, logrando así el incremento de la capacidad portante del terreno; asimismo, se reduce el riesgo de colapso de la estructura frente a algún evento mortal.

Esta solución del problema servirá para el ámbito de la ingeniería civil donde constantemente se busca minimizar las fallas por asentamiento, y a su vez, maximizar la capacidad portante del terreno destinado para la construcción civil.

1.4.2 Justificación teórica

Este estudio busca argumentar el valor teórico que presentan los ensayos de corte directo y la teoría de Terzaghi como metodología confiable para

determinar de forma verídica la capacidad portante del suelo basándose en la Norma Técnica Peruana.

1.4.3 Justificación práctica

El presente estudio busca determinar la capacidad portante del terreno para edificaciones urbanas a través de ensayos de laboratorio basándose en la Norma Técnica Peruana; para lo cual, si en caso no cumpliera con los parámetros necesarios que brinda la norma, se interviene con el uso de la cal para incrementar las características del terreno haciendo que mejore la capacidad de carga.

1.4.4 Justificación metodológica

La metodología está basada en una investigación experimental utilizando instrumentos de medición tomando en consideración normativas vigentes para poder aplicarse en las muestras, y con ello obtener resultados confiables sobre la capacidad portante del terreno; esto permitirá tener una mejor perspectiva acerca del porcentaje necesario de aditivo químico para el mejoramiento de las condiciones geotécnicas del suelo en estudio.

1.4.5 Justificación social

El presente estudio se realiza en base a los objetivos de desarrollo sostenible número once, denominado ciudades y comunidades sostenibles; a causa de la rápida e incontrolada urbanización que se viene dando en el mundo, lo que genera un nulo estudio de mecánica de suelos. Por tal motivo, es que con este proyecto se pretende aplicar y dar a conocer la importancia de la geotecnia en la actualidad para crear comunidades sostenibles.

1.5 Formulación del problema

¿Cuál es la influencia del porcentaje de cal en el mejoramiento de la capacidad portante del suelo para edificaciones urbanas en Laredo 2023?

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

- Determinar la influencia del porcentaje de cal para el mejoramiento de la capacidad portante del suelo para edificaciones urbanas, Laredo 2023.

1.6.2 Objetivos específicos

- Determinar la granulometría mediante el porcentaje de suelo que pasa por cada tamiz, Laredo 2023.
- Determinar los límites de Atterberg mediante los límites de consistencia y el porcentaje de humedad del suelo, Laredo 2023.
- Clasificar el suelo usando el sistema SUCS y AASHTO mediante el porcentaje pasante de cada tamiz y el índice de plasticidad, Laredo 2023.
- Obtener el valor del corte directo mediante los parámetros de cohesión y el ángulo de fricción interna del suelo, Laredo 2023.

1.7 Hipótesis

1.7.1 Hipótesis general

- El porcentaje de cal tiene influencia significativa en el mejoramiento de la capacidad portante del suelo para edificaciones urbanas en Laredo 2023.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. Enfoque de investigación

El enfoque de la presente investigación es cuantitativo y se utiliza el método deductivo; debido a que se medirá la capacidad portante del terreno estudiado y se analizarán los datos para responder a la pregunta de investigación corroborando la hipótesis establecida. (Balarezo, 2018)

2.2. Tipo de investigación

2.2.1. Según el propósito

El estudio en mención se caracteriza por ser aplicada porque se basa en una teoría teniendo como objetivo determinar la relación entre las variables porcentaje de cal y la capacidad portante, enfocando este estudio para su uso en próximas construcciones. (Balarezo, 2018)

2.2.2. Según el diseño de investigación:

La investigación presentada según su diseño es experimental ya que se manipula de manera intencional el porcentaje de cal, con la finalidad de analizar las consecuencias sobre la capacidad portante del terreno.

2.2.3. Según el nivel de investigación:

La investigación presentada es explicativa ya que se encarga de buscar la relación entre el porcentaje de cal y la capacidad portante del suelo. Dentro de la misma, se determinan los efectos mediante la comprobación de la hipótesis anteriormente mencionada.

2.3. Diseño de investigación

Figura 1

Diagrama del diseño de investigación

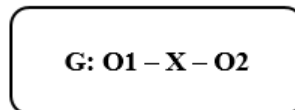


El actual estudio es de diseño Experimental, ya que se busca manipular la variable independiente de forma voluntaria para determinar las consecuencias en la variable dependiente.

El tipo de investigación es Pre experimental debido a que no hay un patrón al cual seguir, solamente existe una medición antes y otra después; en otras palabras, se manipula la variable independiente para que próximamente se hagan las mediciones correspondientes de la variable dependiente.

Figura 2

Esquema del diseño de investigación



Donde:

O1: Pre - test

X: Tratamiento

O2: Post - test

2.4. Variables

2.4.1. Variables

PORCENTAJE DE CAL

Tique, Mora, Díaz y Hernández (2019) nos dicen que la adición en porcentajes de aditivo químico como la cal es un procedimiento que se basa en la alteración de las propiedades del suelo, produciendo un cambio en las características mecánicas y físicas superficiales del mismo. Además, su principal uso es en la estabilización de suelos ya que, a lo largo de los años, ha demostrado óptimos resultados mejorando las características químicas del terreno.

CAPACIDAD PORTANTE

Tarrillo y Herrera (2020) exponen este concepto como la representación cuantitativa de la resistencia máxima al corte entre la cimentación y el terreno; esto determina el comportamiento y las características del terreno de fundación. Existen parámetros mínimos los cuales se deben verificar ya que estos valores son fundamentales al momento de realizar un estudio de suelos previo a una edificación.

2.4.2. Clasificación de variables

Tabla 4

Matriz de clasificación de variables

Variable	Clasificación				
	Relación	Naturaleza	Escala de medición	Dimensión	Forma de medición
Porcentaje de cal	Independiente	Cuantitativa	Razón	Adimensional	Directa
Capacidad portante	Dependiente	Cuantitativa	Razón	Multidimensional	Indirecta

2.4.3. Operacionalización de variables /Matriz de operacionalización de variables.

Tabla 5

Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Porcentaje de cal	La incorporación en porcentajes de cal es un proceso que se basa en la alteración de las características del terreno, produciendo un cambio en las propiedades físicas y mecánicas superficiales del mismo. Además, su principal uso es en el mejoramiento de la capacidad portante del suelo ya que, a lo largo de los años, ha demostrado óptimos resultados mejorando las características químicas del terreno. (Tique, Mora, Díaz y Hernández, 2019)	<p>¿Cómo medimos?</p> <p>Para medir el porcentaje de cal necesario, es indispensable tener el conocimiento de la capacidad portante del terreno; para lo cual es imprescindible efectuar el estudio de la mecánica de suelos para establecer la cantidad que debe usarse.</p>	<p>¿Qué necesito estudiar de la variable?</p> <p>-</p>	<p>¿Qué necesito estudiar de las dimensiones?</p> <p>0% y 8% de aditivo químico</p>

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
<p>Capacidad portante</p>	<p>Es la representación cuantitativa de la resistencia máxima al corte entre la cimentación y el suelo; esto determina el comportamiento y las propiedades del terreno de fundación. Existen parámetros mínimos los cuales se deben verificar ya que estos valores son fundamentales al momento de realizar un estudio de suelos previo a una edificación. (Tarrillo, Herrera, 2020)</p>	<p>¿Cómo medimos? Para medir la capacidad portante del suelo es necesario realizar diversos ensayos de laboratorio teniendo como referencia la Norma Técnica Peruana, la cual dictamina los parámetros mínimos de diseño que son necesarios a tener en consideración a la previa realización de un proyecto de construcción civil.</p>	<p>¿Qué necesito estudiar de la variable?</p>	<p>¿Qué necesito estudiar de las dimensiones?</p>
			<ul style="list-style-type: none"> • Granulometría 	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de suelo de cada tamiz (%)
			<ul style="list-style-type: none"> • Límites de Atterberg 	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de suelo húmedo (%) • Límite Líquido (%), Límite Plástico (%) e Índice de plasticidad (%)
			<ul style="list-style-type: none"> • Clasificación según SUCS y AASHTO 	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de suelo de cada tamiz (%) • Índice de plasticidad (%)
<ul style="list-style-type: none"> • Corte directo 	<ul style="list-style-type: none"> • Cohesión (kg/cm²) y Angulo de fricción (ϕ) 			

2.5 Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

2.5.1. Población

En la presente investigación la población es el suelo de Laredo, Valle Santa Catalina Predio La Merced; en el cual se tiene como finalidad la construcción de edificaciones urbanas en los lotes N°25 al 31 de la manzana O, teniendo un total de 720 m². Su evaluación se realizará en el año 2023.

2.5.2. Muestra

2.5.2.1. Técnicas de muestreo

Para la investigación se aplicó el muestreo no probabilístico, en vista de que la muestra seleccionada será a base de conocimiento de los investigadores; y por juicio, teniendo como base los siguientes criterios:

Siguiendo lo especificado en la norma E.050, la cantidad de calicatas que se realizan para una edificación tipo III, es una cada 900 metros cuadrados.

Para determinar la profundidad del punto de exploración se basará en la norma E.050 en el artículo 15.3.2, donde indica que la hondura de excavación será de 3 metros como mínimo en el caso de estructuras sin sótanos.

El lugar de estudio deberá haber sido anteriormente una zona de cultivo en la que se evidencie una actual población creciente, por lo cual, la investigación se llevará a cabo en la parte inicial del distrito de Laredo.

2.5.2.2. Tamaño de muestra

En el presente estudio se realizará una calicata por la clase de edificación que se va a desarrollar, siendo este tipo III, pudiendo verificarse los parámetros de tipo de obra y la cantidad de puntos de exploración en la tabla 6 y 7 respectivamente.

Tabla 6

Tipo de edificación

Tipo de edificación u obra para determinar el número de puntos de exploración					
Descripción	Distancia mayor entre apoyos . (m)	Número de pisos (incluido sótanos)			
		≤ 3	4 a 8	9 a 12	> 12
Aporticada de acero	< 12	III	III	III	II
Pórticos y/o muros de concreto	< 10	III	III	II	I
Muros portantes de albañilería	< 12	II	I	---	---
Bases de máquinas y similares	Cualquiera	I	---	---	---
Estructuras especiales	Cualquiera	I	I	I	I
Otras estructuras	Cualquiera	II	I	I	I
- Cuando la distancia sobrepasa la indicada, se clasificará en el tipo de edificación inmediato superior					
Tanques elevados y similares		≤ 9 m de altura	> 9 m de altura		
		II	I		
Plantas de tratamiento de agua		III			
Instalaciones sanitarias de agua y alcantarillado en obras urbanas		IV			

Fuente: Norma E.050

Tabla 7

Número de puntos de exploración

Número de puntos de exploración	
Tipo de edificación u obra	Número de puntos de exploración (n)
I	uno por cada 225 m ² de área techada del primer piso
II	uno por cada 450 m ² de área techada del primer piso
III	uno por cada 900 m ² de área techada del primer piso
IV	uno por cada 100 m de instalaciones sanitarias de agua y alcantarillado en obras urbanas
Habilitación urbana para Viviendas Unifamiliares de hasta 3 pisos	3 por cada hectárea de terreno por habilitar

Fuente: Norma E.050

2.5.3. Materiales

Para definir la influencia del porcentaje de cal en la capacidad portante del suelo, es necesario contar con los siguientes materiales:

- ✓ Computadora
- ✓ Normas vigentes en el Perú
- ✓ Cal
- ✓ Muestras para ensayos
- ✓ Equipos de laboratorio

2.6 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Detalla los métodos, técnicas e instrumentos para recolectar y analizar los datos.

2.6.1. Técnica de recolección de datos.

La técnica a emplear es la observación debido a que con esta podemos identificar las características y la situación en la que se encuentra el suelo

estudiado. Asimismo, permite recolectar datos para que sean analizados precisando los problemas que este pueda presentar.

2.6.2. Instrumento de recolección de datos

En el presente estudio la recolección de datos se llevará a cabo mediante la técnica de observación, utilizando guías de observación. (Ver anexo 2, 3, 4, 5, 6, 7)

2.6.3. Validación del instrumento de recolección datos

La validación de instrumentos de recolección de datos será verificada por los siguientes profesionales:

La técnica de recolección de datos será validada por el Mg. Ing. Josualdo Carlos Villar Quiroz, maestro en administración de empresas, MBA en Universidad ESAN; Universidad ESADE – Barcelona y magister en ingeniería industrial con mención en Gerencia de Operaciones, actualmente egresado del doctorado en ciencias e ingeniería en la Universidad Nacional de Trujillo.

La técnica de recolección de datos será validada por el Ing. Fortunato Villanueva Mendoza, titulado en la Universidad Nacional de Ingenieros; maestro en Educación con mención en Docencia Universitaria y Gestión Educativa, en Universidad San Pedro, actualmente docente de la Universidad Privada del Norte.

La técnica de recolección de datos será validada por el Ing. Jorge Manuel Rodríguez Pérez, titulado en la Universidad César Vallejo; actualmente ingeniero de Proyectos y Control de Calidad en "Empresa de Servicios R. Anticona V. E.I.R.L." en la Unidad Minera "Consortio Minero Horizonte".

2.6.4. Análisis de datos

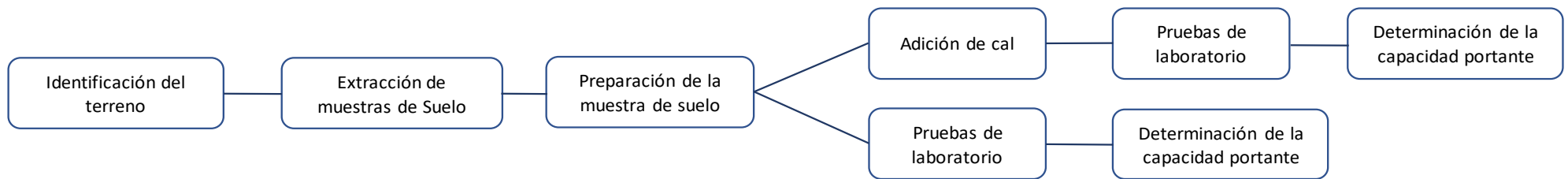
El actual estudio tiene naturaleza experimental y explicativa en vista de que se manipularán las variables en estudio. La técnica de análisis de datos a utilizar es estadística descriptiva ya que los instrumentos a usar serán: tablas de frecuencia y medidas estadísticas. Además, se usará la inferencia estadística ya que se aplicarán pruebas estadísticas.

2.7. Procedimientos

2.7.1. Cuadro sinóptico

Figura 3

Cuadro sinótico



2.7.2. Identificación del terreno

El suelo a utilizarse para el presente estudio se obtendrá de zonas que anteriormente fueron lugares de cultivo pero que por la descontrolada expansión urbana ahora son usados con fines de construcción para la edificación de viviendas.

2.7.3. Extracción de muestras de suelo

Una vez seleccionado el terreno en el cual se va a proceder a realizar el estudio, se procederá a llevar a cabo la obtención de calicatas cada 900 metros cuadrados, los cuales serán extraídas con palas y colocadas en recipientes para su transporte hacia el laboratorio.

2.7.4. Preparación de la muestra de suelo

Al tener las muestras en el laboratorio, se procederá a colocarlos en recipientes con su respectiva nomenclatura para sus próximos estudios.

2.7.5. Pruebas de laboratorio

2.7.5.1 Contenido de humedad

Para realizar esta prueba se tendrá como base la Norma Técnica Peruana 339.127, la cual nos indica que se tiene que tener como dato previo la muestra natural húmeda y la muestra seca durante 24 horas al horno.

2.7.5.2 Análisis Granulométrico

Para este análisis se tendrá como base la Norma Técnica Peruana 339.128, la que nos dice que se debe de

obtener los datos de porcentajes acumulados en cada tamiz y posterior a ello se graficará la curva granulométrica.

2.7.5.3 Límites de Atterberg

Basándonos en la Norma Técnica Peruana 339.129, procedemos a cuantificar el contenido de humedad y con esto determinamos el límite líquido y límite plástico. Asimismo, se puede realizar una clasificación unificada de suelos.

2.7.5.4 Clasificación SUCS

Para clasificar el suelo con método SUCS se usará como base la Norma Técnica Peruana 339.134, en donde dice que se debe tener los resultados de la prueba de análisis granulométrico y el índice de plasticidad para lograr clasificar la clase de terreno.

2.7.5.5 Clasificación AASHTO

Para clasificar el suelo con método AASHTO se usará como base la Norma Técnica Peruana 339.134 la cual establece que para clasificar los tipos de suelo se deben obtener los resultados de las pruebas de análisis granulométrico e índice de plasticidad.

2.7.5.6 Ensayo de corte directo

Para establecer la resistencia al corte de un ejemplar de terreno se usará como base la NTP 339.171 (ASTM

D3080), lo cual nos dice que este ensayo se puede realizar a todo tipo de suelos. Tenemos la siguiente clasificación:

- Ensayos no consolidados – no drenados

En circunstancias normales de carga (vertical), el corte comienza antes de que se fije la muestra. En suelos saturados y compactados se produce demasiada presión de poros.

- Ensayo consolidado – no drenado

Tras aplicar la fuerza normal y observar el movimiento vertical del deformímetro hasta que cesa el asentamiento, se aplica a continuación la fuerza cortante.

- Ensayo consolidado – drenado

Una vez que se ha aplicado la fuerza normal y la muestra se ha asentado completamente, se aplica la fuerza de cizallamiento lo más lentamente posible para evitar la formación de presión de poros.

2.7.6. Porcentaje de cal

Para determinar la dosificación del porcentaje de cal a usar, se procederá a realizar las pruebas con diferentes porcentajes del mismo con la finalidad de obtener un dato preciso a usar en el terreno.

2.7.7. Determinación de la capacidad portante

Una vez realizado lo anteriormente mencionado, se calculará la capacidad de soporte del suelo en estudio y verificar si la dosificación de

aditivo es el correcto para incrementar las características físicas y mecánicas del suelo.

2.8. Aspectos éticos

En el actual trabajo de tesis se considera los aspectos éticos respetando la originalidad de los autores, citando sus teorías y referenciando bibliográficamente tablas y figuras usando las normas APA 7ma edición. Asimismo, la estructura general del informe se basa en la anteriormente mencionada norma con la intención de facilitar y simplificar la redacción.

Por último, se hará uso del software de similitud Urkund para la verificación de la autenticidad del informe presentado, cumpliendo con los estándares porcentuales que brinda la universidad.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Granulometría

3.1.1. Porcentaje de suelo de cada tamiz (%)

Tabla 8

Granulometría M1

Granulometría por tamizado		
Tamiz	Abertura (mm)	Pasa (%)
3"	76.20	100
2 1/2"	63.50	100
2"	50.80	100
1 1/2"	38.10	100
1"	25.40	100
3/4"	19.05	100
1/2"	12.70	100
3/8"	9.53	100
N° 4	4.76	95.56
N° 8	2.38	91.53
N° 10	2.00	89.52
N°16	1.19	86.56
N° 30	0.59	77.02
N° 40	0.43	65.99
N° 50	0.30	33.87
N° 100	0.15	9.41
N° 200	0.074	0.81
Fondo	-	-

Nota: La tabla proporciona los porcentajes de las partículas que pasan por cada tamiz de acuerdo a la abertura de la muestra 1.

Tabla 9

Análisis granulométrico por tamizado para muestra con cal.

Granulometría por tamizado		
Tamiz	Abertura (mm)	Pasa (%)
3"	76.20	100
2 1/2"	63.50	100
2"	50.80	100
1 1/2"	38.10	100
1"	25.40	100
3/4"	19.05	100
1/2"	12.70	100
3/8"	9.53	100
N° 4	4.76	96.22
N° 8	2.38	91.35
N° 10	2.00	88.51
N° 16	1.19	86.08
N° 30	0.59	76.89
N° 40	0.43	64.73
N° 50	0.30	31.76
N° 100	0.15	8.78
N° 200	0.074	0.95
Fondo	-	-

Nota: La tabla proporciona los porcentajes de las partículas que pasan por cada tamiz de acuerdo a la abertura de la muestra con cal.

3.2. Límites de Atterberg

3.2.1. Porcentaje de suelo húmedo (%)

Tabla 10

Contenido de humedad M1

Contenido de humedad - ASTM D-2216	
Contenido de humedad (%)	1.73

Nota: La tabla proporciona el resultado del contenido de humedad de la muestra

1.

Tabla 11

Contenido de humedad de muestra con cal

Contenido de humedad - ASTM D-2216	
Contenido de humedad (%)	1.90

Nota: La tabla proporciona el resultado del contenido de humedad de la muestra

con cal.

3.2.2. Límite Líquido, Plástico e Índice de Plasticidad (%)

Tabla 12

Límites de consistencia M1

Resultado del ensayo	
Límite líquido (%)	N.P.
Límite plástico (%)	N.P.
Índice de plasticidad (%)	N.P.

Nota: La tabla proporciona el resultado del índice de plasticidad de la muestra 1.

Tabla 13

Límites de consistencia para muestra con cal.

Resultado del ensayo	
Límite líquido (%)	N.P.
Límite plástico (%)	N.P.
Índice de plasticidad (%)	N.P.

Nota: La tabla proporciona el resultado del índice de plasticidad de la muestra con cal.

3.3. Clasificación según SUCS y AASHTO

3.3.1. Porcentaje de suelo de cada tamiz (%)

Tabla 14

Granulometría M1

Granulometría por tamizado		
Tamiz	Abertura (mm)	Pasa (%)
3"	76.20	100
2 1/2"	63.50	100
2"	50.80	100
1 1/2"	38.10	100
1"	25.40	100
3/4"	19.05	100
1/2"	12.70	100
3/8"	9.53	100
N° 4	4.76	95.56
N° 8	2.38	91.53
N° 10	2.00	89.52
N° 16	1.19	86.56
N° 30	0.59	77.02
N° 40	0.43	65.99
N° 50	0.30	33.87
N° 100	0.15	9.41
N° 200	0.074	0.81
Fondo	-	-

Nota: La tabla proporciona los porcentajes de las partículas que pasan por cada tamiz de acuerdo a la abertura de la muestra 1.

Tabla 15

Análisis granulométrico por tamizado para muestra con cal.

Granulometría por tamizado		
Tamiz	Abertura (mm)	Pasa (%)
3"	76.20	100
2 1/2"	63.50	100
2"	50.80	100
1 1/2"	38.10	100
1"	25.40	100
3/4"	19.05	100
1/2"	12.70	100
3/8"	9.53	100
N° 4	4.76	96.22
N° 8	2.38	91.35
N° 10	2.00	88.51
N° 16	1.19	86.08
N° 30	0.59	76.89
N° 40	0.43	64.73
N° 50	0.30	31.76
N° 100	0.15	8.78
N° 200	0.074	0.95
Fondo	-	-

Nota: La tabla proporciona los porcentajes de las partículas que pasan por cada tamiz de acuerdo a la abertura de la muestra con cal.

3.3.2. Índice de plasticidad

Tabla 16

Índice de plasticidad M1

Resultado del ensayo	
Índice de plasticidad (%)	N.P.

Nota: La tabla proporciona el resultado del índice de plasticidad de la muestra

1.

Tabla 17

Índice de plasticidad para muestra con cal.

Resultado del ensayo	
Índice de plasticidad (%)	N.P.

Nota: La tabla proporciona el resultado del índice de plasticidad de la muestra con cal.

3.3.3. Clasificación de suelos

Tabla 18

Clasificación de M1

Clasificación de suelos según SUCS (NTP 339.134/ ASTM D-2487)	
	SP
SUCS (ASTM D 2487)	Arena pobremente graduada
Clasificación de suelos según AASTHO (NTP 339.134/ ASTM D-3282)	
	A-3(0)
AASHTO (ASTM D 3282)	Material arenoso, de buena calidad.

Nota: Material arenoso conformado por arena pobremente graduada, de color beige, de baja humedad, con partículas sub redondeadas.

Tabla 19

Clasificación de muestra con cal.

Clasificación de suelos según SUCS (NTP 339.134/ ASTM D-2487)	
	SP
SUCS (ASTM D 2487)	Arena pobremente graduada
Clasificación de suelos según AASTHO (NTP 339.134/ ASTM D-3282)	
	A-3(0)
AASHTO (ASTM D 3282)	Material arenoso, de buena calidad.

Nota: Material arenoso conformado por arena pobremente graduada, de color beige, de baja humedad, con partículas sub redondeadas.

3.4. Corte Directo

3.4.1. Cohesión (Kg/cm²) y Angulo fricción (°)

Tabla 20

Ensayo de corte directo de la muestra patrón (M1).

Calicata	Clasificación SUCS	Ensayo corte directo	
		C (kg/cm ²)	ϕ
C-1	SP-SM	0.000	32.5°

Nota: El ensayo nos proporciona los datos de cohesión y ángulo de fricción interna.

Tabla 21

Ensayo de corte directo de la muestra con cal.

Calicata	Clasificación SUCS	Ensayo corte directo	
		C (kg/cm ²)	ϕ
C-1	SP	0.000	31°

Nota: El ensayo nos proporciona los datos de cohesión y ángulo de fricción interna.

3.4.2. Capacidad portante admisible

Tabla 22

Capacidad portante admisible de la muestra patrón (M1).

Alternativa	Tipo de cimiento	Estructuras	Tipo de suelo	Df mínimo. (m)	Qadm (Kg/cm ²)
I	Cimiento cuadrado (zapatas conectadas)	Pórticos y Muros Armados	“SP-SM”	1.7	0.83
II	Platea de cimentación		“SP-SM”	1.5	1.02

Nota: Se determina en base a la fórmula de Terzaghi, tanto para la cimentación corrida y cuadrada.

Tabla 23

Capacidad portante admisible de la muestra con cal.

Alternativa	Tipo de cemento	Estructuras	Tipo de suelo	Df mínimo. (m)	Qadm (Kg/cm ²)
I	Cemento cuadrado (zapatas conectadas)	Pórticos y Muros Armados	“SP”	1.7	1.16
II	Plata de cimentación		“SP”	1.5	1.88

Nota: Se determina en base a la fórmula de Terzaghi, tanto para la cimentación corrida y cuadrada.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

El porcentaje de cal influye en el mejoramiento de la capacidad portante del suelo para edificaciones urbanas en Laredo, 2023; al adicionar una dosificación del 8% de cal con respecto a la muestra patrón consiguiendo un incremento en la capacidad portante admisible de un terreno arenoso lo cual se puede evidenciar en las tablas N°22 y 23.

La presente investigación sustenta una interpretación de los resultados obtenidos en las tablas N°8 y 9 nos indica el porcentaje de partículas que pasa de cada tamiz de acuerdo a la abertura de la muestra 1 y la muestra con aditivo químico para conocer el porcentaje de grava, arena y finos, para esto se tuvo como base la Norma Técnica Peruana 339.128; en las tablas N°10 y 11 nos indica el porcentaje de contenido de humedad de la muestra 1 y la muestra con aditivo químico, para realizar este ensayo nos basamos en la Norma Técnica Peruana 339.127; en las tablas N°12 y 13 nos indica el límite líquido y plástico, de acuerdo a ello se determina el índice de plasticidad de la muestra 1 y la muestra con aditivo químico, para esto se tuvo como base la Norma Técnica Peruana 339.129; las tablas N°18 y 19 nos indica la clasificación de suelos según SUCS y AASHTO para la muestra 1 y la muestra con aditivo químico, para realizar este ensayo fue necesario haber elaborado las pruebas de granulometría y límites de Atterberg con anterioridad como se muestra en las tablas N°8 y 9 y en la N°12 y 13 respectivamente, según como dice la Norma Técnica Peruana 339.134; las tablas N°20 y 21 nos muestra los resultados del ensayo de corte directo para la muestra patrón y la muestra con aditivo químico, teniendo como base la Norma Técnica Peruana

339.171 (ASTM D3080); las tablas N°22 y 23 nos muestra los resultados de la capacidad portante admisible obtenidos de la muestra patrón y la muestra con aditivo químico en base de fórmula de Terzaghi, tanto para la cimentación corrida como para la platea de cimentación.

La investigación de Guerra & Mosqueira (2020) nos indica que, con la adición de la cal en tres diferentes porcentajes (0.25%; 0.50% y 0.75%) se logra incrementar la capacidad de carga de un terreno arcilloso para el porcentaje más influyente se tiene que la muestra aumenta en un 38 y 41% con respecto a la muestra patrón; mientras que en la presente investigación utilizando el mismo aditivo químico con una dosificación del 8% en un tipo de suelo arenoso, se logra aumentar la capacidad portante en un 28% para cimentación corrida y en un 46% para platea de cimentación comparándolo con la muestra de suelo patrón.

Además, el trabajo de investigación de Coronado (2019) utilizando el aditivo químico cal aplicado a un suelo granular no cohesivo, expone que la adición de las mismas mejora la capacidad portante del terreno en el que se le aplica debido a que aumentan los valores de peso específico de 9.5 a 13.5%, así como la cohesión de 0.074 a 0.1703 y de 0.0022 a 0.1632; asimismo, en la presente investigación la forma correcta de aplicación de la cal es mediante una dosificación adecuada del 8% de manera que sus propiedades son finalmente beneficiosas en la mejora de la capacidad portante de un suelo arenoso.

Correia, Casaleiro, Figueiredo, Moura y Rasteiro (2021) en la investigación sobre la estabilización de suelos con la incorporación de la cal y cementantes indican que mediante la incorporación de este aditivo químico utilizando una dosificación del

1% ; 2% y 3%, mejora las capacidades del terreno pasando de 1.66 a 1.76 kg/cm² para el primer porcentaje, 1.62 a 1.73kg/cm² para el segundo porcentaje y 1.48 a 1.63kg/cm² para el tercer porcentaje; de la misma forma, para la presente investigación se tiene que con la incorporación de cal con una dosificación del 8% comparado con la muestra patrón presenta un aumento de 0.83 a 1.16 kg/cm² para cimentación cuadrada y de 1.02 a 1.88 kg/cm² para platea de cimentación.

Asimismo, en el trabajo de Gallardo, Martínez y Muñoz (2020) en el cual se usa un aditivo como la cal para la estabilización de un suelo limoso de alta plasticidad se expone que, los resultados del ensayo de corte directo para poder determinar la capacidad portante fueron que el ángulo de fricción interna es de 20.53° y una cohesión de 18.11 kPa; al igual que esta investigación en la que se adiciona la cal como aditivo químico a un suelo arenoso se tiene que el ángulo de fricción interna es de 31° y la cohesión del mismo es 0, a comparación de la muestra patrón que es de 32.5° para fricción interna y 0 para la cohesión.

La importancia de la cal como aditivo químico se ve reflejado en la investigación de Gómez, Guillin y Gallardo (2016), donde exponen que la aplicación del mismo con una dosificación del 6% aplicado a un terreno arcilloso teniendo un tiempo de curado de 7; 14 y 28 días, da como resultado 56.53°, 54.64° y 51.35° respectivamente para el ángulo de fricción, además la cohesión al 17.53, 17.02 y 16.68 respectivamente; para el presente trabajo se cuenta con una dosificación del 8% teniendo un tiempo de curado de 0 y 7 días, se cuenta con un ángulo de fricción de 32.5° y 31° respectivamente, y una cohesión de 0; estos resultados varían ya que la cal

presenta mejor comportamiento con un suelo arcilloso que con uno arenoso, además de que el tiempo de curado fue mayor al de este trabajo de investigación.

Asimismo, la investigación de Amirah, Nahazanan, Kim, Anggraini (2020) utiliza a la cal como aditivo químico para la estabilización de un suelo arcilloso con un tiempo de curado de 7, 28 y 90 días, además de una dosificación del 5%; teniendo finalmente una notable mejora de las capacidades mecánicas del suelo pasando de 0.15 a 0.85 MPa para el primer tiempo de curado; a diferencia de esta investigación, en la cual el tiempo de curado fue de solamente 7 días con una dosificación del 8%, notándose una mejoría en la interacción suelo – cal de 0.10 a 0.18 MPa cuando el terreno es más cohesivo y el tiempo de curado es mayor.

Las limitaciones detectadas que complicaron la obtención y el análisis de datos, fue reconocer el área donde se pueda apreciar un crecimiento exponencial de edificaciones urbanas de manera irregular; además, de que esta cuenta con el antecedente de que su uso haya sido destinado para zonas de cultivo y que, hoy en día este terreno sea empleado para nuevas construcciones. La presente investigación tiene como aporte el correcto procedimiento previo a la construcción de una vivienda, dando la importancia debida al estudio de la mecánica de suelos para que, en principio, se conozcan las condiciones iniciales del terreno y si este no tuviera las características necesarias, mejorarlas con la ayuda de un aditivo químico; siendo este caso un suelo arenoso que con la incorporación de la cal incrementa la capacidad portante del terreno en estudio.

El presente estudio engloba resultados con la unidad de estudio, donde se obtuvo aportes como, para cimentación cuadrada (zapatas conectadas) se obtuvo una

capacidad portante de 1.16 kg/cm² y para platea de cimentación 1.88 kg/cm², ambos datos se realizaron en base a una edificación de 4 pisos destinada para vivienda con un área de 720 m²; además, los datos anteriormente mencionados son resultado de la incorporación de la cal utilizado en este trabajo.

El trabajo de investigación presentado tiene como objetivo efectuar el correcto estudio de mecánica de suelos previo a la construcción de alguna vivienda como lo prevé la norma vigente de suelos y cimentaciones; ya que, es esencial su realización para que se determine si cumple o no con los parámetros mínimos establecidos o en su defecto, poder adicionarle un aditivo químico como la cal, así como se hizo en este proyecto para el incremento de las propiedades del suelo arenoso.

La implicancia práctica en la presente investigación radica en que, al desarrollar el estudio de un suelo mediante una calicata con la inclusión de la cal como aditivo y someterlo a diversos ensayos tales como granulometría, límites de Atterberg, clasificación según SUCS y AASTHO y corte directo; esto mejora la capacidad portante del terreno haciendo que cumpla con el objetivo principal para su uso y posterior aplicación, haciendo pueda ser empleado en proyectos de ingeniería.

La implicancia teórica en la presente investigación radica en su contribución al conocimiento dentro del ámbito de la geotecnia. Este estudio aporta valiosa información sobre el porcentaje de cal adecuado para mejorar la capacidad portante del suelo, así como todos los procedimientos para llegar a esta conclusión. Asimismo, este estudio servirá como punto de partida para posteriores investigaciones en esta misma área, proporcionando una base consistente para futuras mejoras en el incremento de la capacidad portante de los suelos.

La implicancia metodológica de la investigación radica en su detallada y fundamentada explicación sobre el estudio de la mecánica de suelos y el tipo de aditivo cal a utilizar para determinar su capacidad portante, así como en la descripción de los ensayos utilizados. Este estudio servirá como punto de partida para próximas investigaciones en esta rama de la ingeniería civil, proporcionando una base consistente para futuras mejoras en el aumento de la capacidad portante del suelo.

4.2. Conclusiones

Se determinó la influencia del porcentaje de cal en la mejora de la capacidad portante del suelo, obteniendo una mayor capacidad de carga de 1.88 kg/cm² con respecto al patrón 1.02 kg/cm².

Se determinó la granulometría del terreno después de que se realizó el estudio granulométrico por tamizado, proporcionando los porcentajes pasantes de cada tamiz lo cual servirá para futuros ensayos.

Se determinó los límites de Atterberg dando como resultado que el índice de plasticidad es N.P. (no plástico) tanto para la muestra patrón como para la muestra con cal; además, los valores de humedad son 1.73% y 1.90% respectivamente.

Se clasificó el suelo usando el sistema SUCS y AASHTO, obteniendo para el primer tipo arena pobremente graduada (SP) tanto para la muestra patrón como para la muestra con cal, y para el segundo tipo, material arenoso de buena calidad A-3(0) tanto para la muestra patrón como para la muestra con cal.

Se obtuvo el corte directo mediante ensayos de laboratorio tanto para la muestra patrón como para la muestra con cal, teniendo un ángulo de fricción interna de 32.5° y una cohesión de 0 para el primer caso; y un ángulo de fricción interna de 31° y

una cohesión de 0 para el segundo caso. Con ello, se determinó la capacidad portante mediante la fórmula de Terzaghi en la muestra patrón y en la muestra con cal, dando como resultado 0.83 kg/cm² para cimientos cuadrados y para platea de cimentación 1.02 kg/cm² para el primer caso; y para el segundo caso 1.16 kg/cm² para cimiento cuadrados y 1.88 kg/cm² para platea de cimentación.

4.3. Recomendaciones

Las compañías del sector construcción, deben realizar el estudio de mecánicas de suelos en todas las construcciones urbanas destinadas para viviendas ya que con ello cumple con la norma vigente de suelos y cimentaciones; evitando así, futuras fallas estructurales previsibles ocasionadas por el asentamiento del terreno.

Los ingenieros civiles en toda obra en la cual tengan participación, deben exigir un estudio de suelos previo para tener conocimiento de las características del suelo, y con ello, diseñar correctamente las cimentaciones. Además, deben estar en constante capacitación sobre las actualizaciones de la norma de suelos y cimentaciones para que en lo posible se pueda optimizar el trabajo a realizar.

Los futuros investigadores que anhelan continuar con este tema de estudio, deben tener en consideración la zona en la cual se va a realizar la investigación ya que los resultados pueden variar dependiendo del tipo de terreno en el que se encuentren; además el tipo de aditivo que se va a utilizar, debido a que la composición del mismo puede tener distintas reacciones frente a las diferentes clases de suelo. Asimismo, tener en consideración que, incrementando el tiempo de curado, se mejora aún más la capacidad portante ya que existe una mejor interacción del terreno con el aditivo empleado.

REFERENCIAS

- Al-Homidy, Damin, Abd El. (2017). Improvement of geotechnical properties of sabkha soil utilizing cement kiln dust. ScienceDirect. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1674775516301081?via%3Dihub>
- Carranza Ortiz, A. L., & Fernandez Lojas, D. C. (2018). APLICACIÓN DE LOS ADITIVOS PROES Y CONAID PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR) DE LA SUBRASANTE EN LA VÍA DE ACCESO AL C.P. BARRAZA, LAREDO, LA LIBERTAD-2018. REPOSITORIO UPN. Recuperado 2021, de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14968>
- Castillo Briceño, P. E. (2018). INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE ADITIVOS QUÍMICOS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS PARA USO COMO SUBRASANTE MEJORADA DE PAVIMENTOS ENTRE LOS SECTORES CALAMARCA – HUASO, LA LIBERTAD, 2018. REPOSITORIO UPN. Recuperado 2021, de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/13798>
- Correia, Casaleiro, Figueiredo, Moura Y Rasteiro. (2021). Key-Parameters in Chemical Stabilization of Soils with Multiwall Carbon Nanotubes. REVISTA MDPI. <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/18/8754/htm>
- Gallardo, Martínez, Muñoz (2020). CARACTERIZACION DE UN SUELO PLÁSTICO PARA ESTABILIZACIÓN CON CEMENTANTES. REDIB. https://redib.org/Record/oai_articulo2607514-caracterizaci%C3%B3n-de-

[un-suelo-plastico-para-estabilizaci3n-con-cementantes-
characterization-plastic-soil-stabilization-cementing](#)

Gobierno del Perú. (2018). Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Plataforma digital del Estado Peruano. Recuperado 2021, de

<https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887225->

[normas-del-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne](#)

Guerra, Mosqueira (2019). Bearing capacity (CBR) of three clay soils incorporating

banana pseudostem fiber in different percentages. Repositorio UPN.

<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/26923>

Hernández, W., & Castañeda, H. (2019). Expansión urbana y zonificación de la

capacidad portante del suelo en el ámbito periurbano de la ciudad capital del

distrito de Catilluc, provincia San Miguel, región Cajamarca 2019.

REPOSITORIO UPN. Recuperado 2021, de

<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/27749>

M. (2018e). NORMA E.050 SUELOS Y CIMENTACIONES. Ministerio de

Vivienda, Construcción y Saneamiento. Recuperado 2021, de

<https://ici.edu.pe/brochure/normas/Norma-E.050-SuelosyCimentaciones->

[Ingesoft.pdf](#)

MINISTERIO, R. N. (2006). REGLAMENTO NACIONAL DE

EDIFICACIONES. SENSICO. Recuperado 2021, de

<https://ww3.vivienda.gob.pe/ejes/vivienda-y->

[urbanismo/documentos/Reglamento%20Nacional%20de%20Edificaciones.pdf](#)

O.C.Z. (2019). ESTABILIZACIÓN DE SUELOS GRANULARES NO COHESIVOS DE LAMBAYEQUE APLICANDO BACTERIAS CALCIFICANTES. WorldCat.

https://www.worldcat.org/title/estabilizacion-de-suelos-granulares-no-cohesivos-de-lambayeque-aplicando-bacterias-calcificantes/oclc/8682621038&referer=brief_results

Pastor, Tomás, Cano, Riquelme, Gutiérrez. (2019). Evaluation of the Improvement Effect of Limestone Powder Waste in the Stabilization of Swelling Clayey Soil. DOAJ. <https://doaj.org/article/2bfde9c5b34c4d969f3cfad2f1560bb8>

Ruge, Molina, Renato (2021). Comparación experimental entre la sensibilidad y la cementación en el comportamiento no drenado de suelos arcillosos. SCIELO. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052021000100109&lang=es

Soo, Langcuyan Y Gao. (2021). A Study on the Utilization of Clayey Soil as Embankment Material through Model Bearing Capacity Tests. REVISTA MDPI. <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/7/2315/htm>

Tarrillo, Herrera (2020). Comportamiento de los suelos en la zona periférica norte de la ciudad de Chota, distrito y provincia de Chota, Cajamarca. WorldCat. <https://www.worldcat.org/title/comportamiento-de-los-suelos-en-la-zona->

[periferica-norte-de-la-ciudad-de-chota-districto-y-provincia-de-chota-cajamarca/oclc/8687426126&referer=brief_results](https://www.scipedia.com/public/%E2%80%94periferica-norte-de-la-ciudad-de-chota-districto-y-provincia-de-chota-cajamarca/oclc/8687426126&referer=brief_results)

Tique, Mora, Díaz, Hernández. (2019). COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO DE DOS AGENTES QUÍMICOS EN LA ESTABILIZACIÓN DE UN SUELO ARCILLOSO. SCIPEDIA.

https://www.scipedia.com/public/%E2%80%94renemora1121_2019a

ANEXOS

Anexo 1

Matriz de consistencia

PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	METODOLOGÍA	POBLACIÓN
¿Cuál es la influencia del porcentaje de cal en el mejoramiento de la capacidad portante del suelo para edificaciones urbanas en Laredo 2023?	El porcentaje de cal tiene influencia significativa en el mejoramiento de la capacidad portante del suelo para edificaciones urbanas en Laredo 2023.	<p>GENERAL:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Determinar la influencia del porcentaje de cal para el mejoramiento de la capacidad portante del suelo para edificaciones urbanas, Laredo 2023. 	<p>VARIABLE 1:</p> <p>Porcentaje de cal</p> <p>VARIABLE 2:</p> <p>Capacidad portante</p>	<p>Tipo de investigación:</p> <p>Investigación Aplicada, Experimental y Explicativa</p> <p>Técnica e Instrumento:</p> <p>En la presente investigación se realizará la recolección de datos mediante la técnica de observación, utilizando guías de observación.</p> <p>Método de análisis de datos:</p> <p>Estadística descriptiva y la inferencia estadística.</p>	<p>POBLACIÓN:</p> <p>- En la presente investigación, la población es el suelo de Laredo, Valle Santa Catalina predio La Merced; en el cual se tiene como finalidad la construcción de edificaciones urbanas en los lotes N°25 al 31 de la manzana O, teniendo un total de 720 m2. Su evaluación se realizará en el año 2023.</p>

ESPECÍFICOS:

- Determinar la granulometría mediante el porcentaje del suelo que pasa por cada tamiz, Laredo 2023.
- Determinar los límites de Atterberg mediante los límites de consistencia y el porcentaje de humedad del suelo, Laredo 2023.
- Clasificar el suelo usando el sistema SUCS y AASHTO mediante el porcentaje pasante de cada tamiz y el índice de plasticidad, Laredo 2023.
- Obtener el valor del corte directo mediante los parámetros de cohesión y ángulo de fricción interna del suelo, Laredo 2023.

MUESTRA:

- En la presente investigación se realizará una calicata por la clase de edificación que se va a desarrollar, siendo este tipo III, pudiendo verificarse los parámetros de tipo de obra y número de puntos de exploración.

✓ **Desarrollo de tesis**

➤ **Estudio de mecánica de suelos**

• **Análisis granulométrico**

En primer lugar, se recogen grandes porciones de muestra, se seca, se separa y se pesa la cantidad total de lo que se va a estudiar. Luego se pasa por las diferentes aberturas de tamices desde el diámetro mayor al menor mediante agitación. Finalmente, se procede a pesar el material que queda retenido en cada tamiz y, una vez obtenido este valor, se puede conocer el porcentaje parcial que no pasa por cada una de las mallas dando como suma el peso total de la muestra. Con los datos anteriores, se puede determinar el tanto por ciento retenido acumulado y el tanto por ciento que pasa siendo estos datos los necesarios para armar la curva granulométrica. (Ver Anexo 11 y 12)

• **Límites de Atterberg**

Es definido como la plasticidad de un terreno en relación a su moldeabilidad, dependiendo de cuanta arcilla es que pasa por el tamiz N°200, ya que este es el material que actúa como ligante. Como lo dice la norma, en los casos donde no se pueda determinarse el límite líquido o límite plástico, el índice de plasticidad se indicará con las siglas N.P. (no plástico). (Ver Anexo 13 y 14)

- **Contenido de humedad**

Para calcular esta cifra es importante conocer el peso de la tierra húmeda combinado con el peso de la tara. A continuación, la muestra debe introducirse en un horno controlado a $110 \pm 5^\circ\text{C}$. El peso residual de la muestra en el horno se calcula como el peso de la tierra seca más la tara, y la diferencia entre ambos equivale al peso del agua. El peso de la tierra seca más la tara y el peso de la tara también deben restarse para obtener el peso de la tierra seca. El peso de la muestra seca más la tara se resta del peso de la tierra húmeda más la tara, y esta cifra se divide para determinar el contenido de agua. (Ver Anexo 15 y 16)

- **Clasificación de suelos según SUCS**

Para establecer la clase de terreno por este método es imprescindible obtener sus principales parámetros que son el límite líquido, límite plástico y el volumen de partículas granulométricas; los mismos que explican el comportamiento mecánico de la superficie. La clasificación del suelo se hizo en base a la normativa ASTM D – 2487. (Ver Anexo 17 y 18)

- **Clasificación de suelos según AASHTO**

Para establecer la clase de terreno por este método es imprescindible obtener sus principales parámetros que son el límite líquido, límite plástico y el volumen de partículas granulométricas; los mismos que explican el comportamiento mecánico de la superficie. La

clasificación del suelo se hizo en base a la normativa ASTM D – 3282.

(Ver Anexo 17 y 18)

- **Ensayo de corte directo**

El ensayo consiste en aplicar una carga normal al plano en el que se mueve el suelo a medida que una porción del suelo se desliza sobre otra a través de un plano de fallo preestablecido bajo la influencia de una fuerza de cizallamiento horizontal reforzada. El proceso realizado es el siguiente: Primero extraer y tomar una muestra del total que será utilizada. A continuación, la muestra se humedece de forma natural antes de introducirla en una caja de cizallamiento. A continuación, se aplica una fuerza teórica una vez instalado el mecanismo de carga y ajustado el dial para medir la deformación durante el cizallamiento, posteriormente se humedecen los ejemplares con la intención de prevenir su dilatación. Se debe posibilitar la consolidación preliminar del ejemplar bajo una correcta fuerza normal. El depósito de agua se llena hasta un nivel superior al de la probeta cuando se aplica una fuerza normal predefinida, lo que permite que esta se drene y de paso a una nueva consolidación. Durante el proceso de consolidación y posteriores fases de corte se debe mantener el nivel del agua para que la muestra esté siempre saturada. El ascenso inicial dependerá de la resistividad y sensibilidad del terreno.

(Ver Anexo 19 y 20)

Anexo 2

Guía de análisis granulométrico por tamizado

Análisis granulométrico por tamizado - ASTM D-422					
Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (g.)	Retenido (%)	Retenido acumulado (%)	Pasa (%)
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
N° 4					
N° 8					
N° 10					
N° 16					
N° 30					
N° 40					
N° 50					
N° 100					
N° 200					
Fondo					

Anexo 3

Guía de límites de consistencia

Límites de consistencia (NTP 339.129 / ASTM D-4318)						
Descripción	Límite líquido				Límite plástico	
Ensayo N°	1	2	3	4	1	2
Peso lata + suelo húmedo (g.)						
Peso lata + suelo seco (g.)						
Peso agua (g.)						
Peso la lata (g.)						
Peso suelo seco (g.)						
Contenido de humedad (%)						
Número de golpes						

Anexo 4

Guía de contenido de humedad

Contenido de humedad - ASTM D-2216		
Recipiente N°	3	4
Peso de suelo húmedo + tara (g)		
Peso de suelo seco + tara (g)		
Peso de tara(g)		
Peso de agua (g)		
Peso de suelo seco(g)		
Contenido de agua %		
Contenido de humedad (%)		

Anexo 5

Guía de clasificación de suelos

Granulometría por tamizado		
Tamiz	Abertura (mm)	Pasa (%)
3"		
2 1/2"		
2"		
1 1/2"		
1"		
3/4"		
1/2"		
3/8"		
N° 4		
N° 8		
N° 10		
N° 16		
N° 30		
N° 40		
N° 50		
N° 100		
N° 200		
Fondo		
% Grava :		
% Arena :		
% Finos :		
D₁₀ (mm):		
D₃₀ (mm):		
D₆₀ (mm):		
Cc :		
Cu :		
LL (%)		
LP (%)		
IP (%)		

Anexo 6

Guía de ensayo de corte directo

Calicata	Clasificación SUSCS	Ensayo corte directo	
		C (kg/cm ²)	ϕ

Anexo 7

Guía de capacidad portante del suelo

Capacidad portante admisible	
Terreno natural	Parámetros Sísmicos
Tipo de suelo (SUCS)	Zona Sísmica
Densidad (g/cm ³)	Z
c (kg/cm ²)	Tipo Perfil
φ (°)	Tp
-	S
Cimentación corrida	
Fórmula:	
$q_a = [0.5 \gamma B N' \gamma S \gamma + (2/3)c N'c S_c + \gamma D_f N'q S_q] 1/FS$	
Cimentación cuadrada	
Fórmula:	
$q_a = [0.40 \gamma B N' \gamma S \gamma + 0.867 c N'c S_c + \gamma D_f N'q S_q] 1/FS$	
Datos	
γ ₁ (g/cm ³)	N'γ
γ ₂ (g/cm ³)	Sγ
c (kg/cm ²)	N'c
Ang. Fricción	S _c
Falla Local	N'q
B (mts)	S _q
D _f (mts)	-
Capacidad portante admisible (q _a)	

Anexo 8

Validación de instrumentos

Título de la investigación:	Influencia del porcentaje de cal en el mejoramiento de capacidad portante del suelo para edificaciones urbanas en Laredo.			
Línea de investigación:	Tecnologías emergentes			
Apellidos y nombres del experto:	Mg. Ing. Josualdo Villar Quiroz			
Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la medición de las variables.				
Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?			
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?			
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?			
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?			
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?			
6	¿Cada una de los ítems del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los ítems?			
7	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?			
8	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?			
9	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de manera que se pueda obtener los datos requeridos?			

Sugerencias:

Firma del experto:

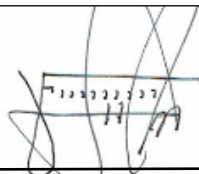
 Ing. Josualdo Carlos Villar Quiroz
 ING. CIVIL

CIP: 106997

Anexo 9

Validación de instrumentos

Título de la investigación:	Influencia del porcentaje de cal en el mejoramiento de capacidad portante del suelo para edificaciones urbanas en Laredo.			
Línea de investigación:	Tecnologías emergentes			
Apellidos y nombres del experto:	Ing. Fortunato Villanueva Mendoza			
Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la medición de las variables.				
Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿Cada una de los ítems del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los ítems?	X		
7	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
8	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	X		
9	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de manera que se pueda obtener los datos requeridos?	X		

Sugerencias:
Firma del experto:


Ing. Fortunato Villanueva Mendoza

ING. CIVIL

Anexo 10

Validación de instrumentos

Título de la investigación:	Influencia del porcentaje de cal en el mejoramiento de capacidad portante del suelo para edificaciones urbanas en Laredo.			
Línea de investigación:	Tecnologías emergentes			
Apellidos y nombres del experto:	Ing. Jorge Manuel Rodríguez Pérez			
Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la medición de las variables.				
Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿Cada una de los ítems del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los ítems?	X		
7	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
8	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	X		
9	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de manera que se pueda obtener los datos requeridos?	X		

Sugerencias:
Firma del experto:


Ing. Jorge M. Rodríguez Pérez

ING. CIVIL

Anexo 11

Análisis granulométrico por tamizado M1.



LABORATORIO DE MECÁNICA
DE SUELOS - DISEÑO Y
CONSTRUCCIÓN

ENSAYO DE LABORATORIO

PROYECTO : INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE CAL EN EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO PARA EDIFICACIONES URBANAS EN LAREDO
UBICACIÓN : DISTRITO LAREDO - PROVINCIA TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD
SOLICITANTE : CRISTHIAN ENRIQUE CALDERÓN RAMÍREZ
SANDRO JAREF AMAYA CHARCAPE
FECHA ENSAYOS : MAYO DEL 2022

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

(NTP 339.128 / ASTM D-422)

CALICATA : C-1 **PROFUNDIDAD** : 0.60-3.00 m
Nº MUESTRA : M-1 **MATERIAL** : -

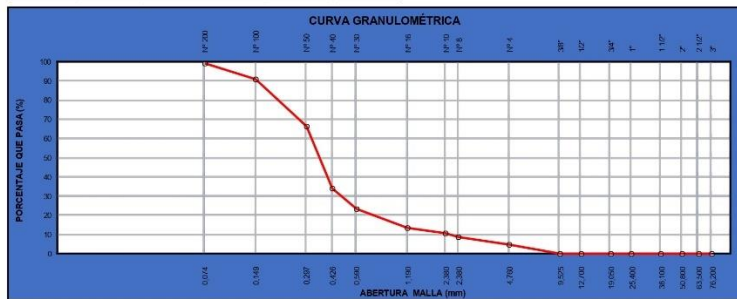
TAMIZ	ABERTURA (mm)	P. RET. (g)	RET. (%)	RET. ACUM. (%)	PASA (%)
3"	76.20	-	-	-	100.00
2 1/2"	63.50	-	-	-	100.00
2"	50.80	-	-	-	100.00
1 1/2"	38.10	-	-	-	100.00
1"	25.40	-	-	-	100.00
3/4"	19.05	-	-	-	100.00
1/2"	12.70	-	-	-	100.00
3/8"	9.53	-	-	-	100.00
Nº 4	4.76	33.00	4.44	4.44	95.56
Nº 8	2.38	30.00	4.03	8.47	91.53
Nº 10	2.00	15.00	2.02	10.49	89.52
Nº 16	1.19	22.00	2.96	13.44	86.56
Nº 30	0.59	71.00	9.54	22.98	77.02
Nº 40	0.43	82.00	###	34.01	65.99
Nº 50	0.30	239.00	###	66.13	33.87
Nº 100	0.15	182.00	###	90.59	9.41
Nº 200	0.074	64.00	8.60	99.19	0.81
FONDO	-	6.00	0.81	100.00	-

Peso Inicial Seco (g)	744.0	% Grava =	4.44
Peso Lavado Seco (g)	738.0	% Arena =	94.76
Pérdida por Lavado (g)	6.0	% Finos =	0.81

D_{10} (mm) 0.153 C_u = 1.22
 D_{30} (mm) 0.27 C_u = 2.63
 D_{60} (mm) 0.40

LÍMITES DE CONSISTENCIA	LL (%)	N.P.
	LP (%)	N.P.
	IP (%)	N.P.

CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
SUCS (ASTM D 2487)	SP ARENA POBREMENTE GRADUADA
AASHTO (ASTM D 3282)	A-3(O)



OBSERVACIONES: Nuestra proporcionada por el Solicitante.



Calle Aluminio Mz. R Lote 13
Urbanización San Isidro, I Etapa 982173069
949123347
encopigroup18@hotmail.com RUC: 20605737359

ENRIQUE JORDAN CORNEJO CORREA
INGENIERO CIVIL
C. I. P. Nº 268575
JEFE DE LABORATORIO

Anexo 12

Análisis granulométrico por tamizado para muestra con aditivo.



**ENCOPI
GROUP S.R.L.**

**LABORATORIO DE MECÁNICA
DE SUELOS - DISEÑO Y
CONSTRUCCIÓN**

ENSAYO DE LABORATORIO

PROYECTO : INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE CAL EN EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO PARA EDIFICACIONES URBANAS EN LAREDO
UBICACIÓN : DISTRITO LAREDO - PROVINCIA TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD
SOLICITANTE : CRISTHIAN ENRIQUE CALDERÓN RAMÍREZ
 SANDRO JAREF AMAYA CHARGAPE
FECHA ENSAYOS : JUNIO DEL 2022

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

(NTP 339.128 / ASTM D-422)

CALICATA : C-1 **PROFUNDIDAD** : 0.60-3.00 m
N° MUESTRA : M-1 / ADITIVO CAL **MATERIAL** : -

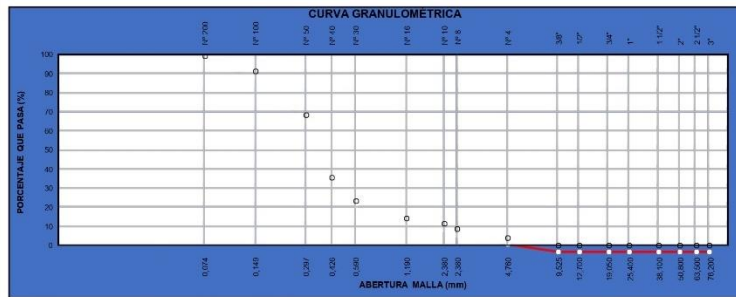
TAMIZ	ABERTURA (mm)	P. RET. (g)	RET. (%)	RET. ACUM. (%)	PASA (%)
3"	76.20	-	-	-	100.00
2 1/2"	63.50	-	-	-	100.00
2"	50.80	-	-	-	100.00
1 1/2"	38.10	-	-	-	100.00
1"	25.40	-	-	-	100.00
3/4"	19.05	-	-	-	100.00
1/2"	12.70	-	-	-	100.00
3/8"	9.53	-	-	-	100.00
N° 4	4.76	28.00	3.78	3.78	96.22
N° 8	2.38	36.00	4.86	8.65	91.35
N° 10	2.00	21.00	2.84	11.49	88.51
N° 16	1.19	18.00	2.43	13.92	86.08
N° 30	0.59	68.00	9.19	23.11	76.89
N° 40	0.43	90.00	###	35.27	64.73
N° 50	0.30	244.00	###	68.24	31.76
N° 100	0.15	170.00	###	91.22	8.78
N° 200	0.074	58.00	7.84	99.05	0.95
FONDO	-	7.00	0.95	100.00	-

Peso Inicial Seco (g)	740.0	% Grava =	3.78
Peso Lavado Seco (g)	733.0	% Arena =	95.27
Pérdida por Lavado (g)	7.0	% Finos =	0.95

D₁₀ (mm) 0.157 C_c = 1.28
 D₃₀ (mm) 0.29 Cu = 2.60
 D₆₀ (mm) 0.41

LÍMITES DE CONSISTENCIA	LL (%)	N.P.
	LP (%)	N.P.
	IP (%)	N.P.

CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
SUCS (ASTM D 2487)	SP ARENA POBREMENTE GRADUADA
AASHTO (ASTM D 3282)	A-3(0)



OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el Solicitante.



Calle Aluminio Mz. R Lote 13
 Urbanización San Isidro, I Etapa 982173069
 949123347
 encopigroup18@hotmail.com RUC: 20605737359



ENRIQUE JORDAN CORNEJO CORREA
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 268575
 JEFE DE LABORATORIO

Anexo 13

Límites de consistencia M1.



**ENCOPI
GROUP S.R.L.**

**LABORATORIO DE MECÁNICA
DE SUELOS - DISEÑO Y
CONSTRUCCIÓN**

ENSAYO DE LABORATORIO

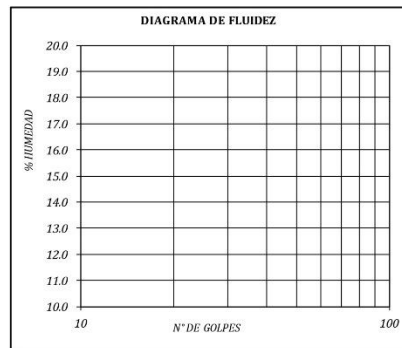
PROYECTO : INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE CAL EN EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO PARA EDIFICACIONES URBANAS EN LAREDO
UBICACIÓN : DISTRITO LAREDO - PROVINCIA TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD
SOLICITANTE : CRISTHIAN ENRIQUE CALDERÓN RAMÍREZ
SANDRO JAREF AMAYA CHARCAPE
FECHA ENTREGA : MAYO DEL 2022

LÍMITES DE CONSISTENCIA

(NTP 339.129 / ASTM D-4318)

CALICATA : C-1 **PROFUNDIDAD** : 0.60-3.00 m
MUESTRA : M-1 **MATERIAL** : -

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	4	1	2
ENSAYO No.						
PESO LATA + SUELO HÚMEDO (g)	-	-	-	-	-	-
PESO LATA + SUELO SECO (g)	-	-	-	-	-	-
PESO AGUA (g)	-	-	-	-	-	-
PESO DE LA LATA (g)	-	-	-	-	-	-
PESO SUELO SECO (g)	-	-	-	-	-	-
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	-	-	-	-	-	-
NÚMERO DE GOLPES	-	-	-	-	-	-



RESULTADOS DEL ENSAYO	
LÍMITE LÍQUIDO (%)	N.P.
LÍMITE PLÁSTICO (%)	N.P.
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	N.P.

Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante.
Muestra tomada e identificada por el Solicitante.



Calle Aluminio Mz. R Lote 13
Urbanización San Isidro, I Etapa 982173069
949123347
 encopigroup18@hotmail.com RUC: 20605737359

ENRIQUE JORDAN CORNEJO CORREA
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 268575
JEFE DE LABORATORIO

Anexo 17

Clasificación de suelos M1.



LABORATORIO DE MECÁNICA
DE SUELOS - DISEÑO Y
CONSTRUCCIÓN

ENSAYO DE LABORATORIO

PROYECTO : INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE CAL EN EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO PARA EDIFICACIONES URBANAS EN LAREDO

UBICACIÓN : DISTRITO LAREDO - PROVINCIA TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD

SOLICITANTE : CRISTHIAN ENRIQUE CALDERÓN RAMÍREZ
SANDRO JAREF AMAYA CHARCAPE

FECHA ENTREGA : MAYO DEL 2022

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SUCS Y AASHTO

CALICATA: C-1 PROFUNDIDAD : -
N° MUESTRA: M-1

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PASA (%)
3"	76.20	100.00
2 1/2"	63.50	100.00
2"	50.80	100.00
1 1/2"	38.10	100.00
1"	25.40	100.00
3/4"	19.05	100.00
1/2"	12.70	100.00
3/8"	9.53	100.00
N° 4	4.76	95.56
N° 8	2.38	91.53
N° 10	2.00	89.52
N° 16	1.19	86.56
N° 30	0.59	77.02
N° 40	0.43	65.99
N° 50	0.30	33.87
N° 100	0.15	9.41
N° 200	0.074	0.81
FONDO	-	-
% Grava :		4.44
% Arena :		94.76
% Finos :		0.81
D ₁₀ (mm):		0.153
D ₃₀ (mm):		0.27
D ₆₀ (mm):		0.40
C _c :		1.22
C _u :		2.63
LL (%)		N.P.
LP (%)		N.P.
IP (%)		N.P.

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN SUCS (NTP 339.134/ ASTM D-2487)

SUCS (ASTM D 2487) **SP**
ARENA POBREMENTE GRADUADA

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN SUCS (NTP 339.134/ ASTM D-3282)

AASHTO (ASTM D 3282) **A-3(0)**
MATERIAL ARENOSO, DE BUENA CALIDAD.

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

MATERIAL ARENOSO CONFORMADO POR ARENA POBREMENTE GRADUADA, DE COLOR BEIGE, DE BAJA HUMEDAD, CON PARTICULAS SUB REDONDEADAS.



 Calle Aluminio Mz. R Lote 13
Urbanización San Isidro, I Etapa

 982173069
949123347

 encopigroup18@hotmail.com RUC: 20605737359


ENRIQUE JORDAN CORNEJO CORREA
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 268575
JEFE DE LABORATORIO

Anexo 18

Clasificación de suelos para muestra con aditivo.



**ENCOPI
GROUP S.R.L.**

LABORATORIO DE MECÁNICA
DE SUELOS - DISEÑO Y
CONSTRUCCIÓN

ENSAYO DE LABORATORIO

PROYECTO : INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE CAL EN EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO PARA EDIFICACIONES URBANAS EN LAREDO

UBICACIÓN : DISTRITO LAREDO - PROVINCIA TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD

SOLICITANTE : CRISTHIAN ENRIQUE CALDERÓN RAMÍREZ
SANDRO JAREF AMAYA CHARCAPE

FECHA ENTREGA : MAYO DEL 2022

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SUCS Y AASHTO

CALICATA: C-1 PROFUNDIDAD : -
N° MUESTRA: M-1 / ADITIVO CAL

GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PASA (%)
3"	76.20	100.00
2 1/2"	63.50	100.00
2"	50.80	100.00
1 1/2"	38.10	100.00
1"	25.40	100.00
3/4"	19.05	100.00
1/2"	12.70	100.00
3/8"	9.53	100.00
N° 4	4.76	96.22
N° 8	2.38	91.35
N° 10	2.00	88.51
N° 16	1.19	86.08
N° 30	0.59	76.89
N° 40	0.43	64.73
N° 50	0.30	31.76
N° 100	0.15	8.78
N° 200	0.074	0.95
FONDO	-	-
% Grava :		3.78
% Arena :		95.27
% Finos :		0.95
D ₁₀ (mm):		0.157
D ₃₀ (mm):		0.29
D ₆₀ (mm):		0.41
Cc :		1.28
Cu :		2.60
LL (%)		N.P.
LP (%)		N.P.
IP (%)		N.P.

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN SUCS (NTP 339.134/ ASTM D-2487)

SUCS (ASTM D 2487) **SP**
ARENA POBREMENTE GRADUADA

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN SUCS (NTP 339.134/ ASTM D-3282)

AASHTO (ASTM D 3282) **A-3(0)**
MATERIAL ARENOSO, DE BUENA CALIDAD.

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

MATERIAL ARENOSO CONFORMADO POR ARENA POBREMENTE GRADUADA, DE COLOR BEIGE, DE BAJA HUMEDAD, CON PARTÍCULAS SUB REDONDEADAS.



Calle Aluminio Mz. R Lote 13
Urbanización San Isidro, I Etapa
982173069
949123347
encopigroup18@hotmail.com RUC: 20605737359

ENRIQUE JORDAN CORNEJO CORREA
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 268575
JEFE DE LABORATORIO

Anexo 19

Ensayo de corte directo para muestra patrón.



ENCOPI GROUP S.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

ENSAYO DE LABORATORIO

PROYECTO : INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE CAL EN EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO PARA EDIFICACIONES URBANAS EN LAREDO
UBICACIÓN : DISTRITO LAREDO - PROVINCIA TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD
SOLICITANTE : CRISTHIAN ENRIQUE CALDERÓN RAMÍREZ
 SANDRO JAREF AMAYA CHARCAPE
FECHA DE ENSAYOS : MAYO DEL 2022

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM D-3080

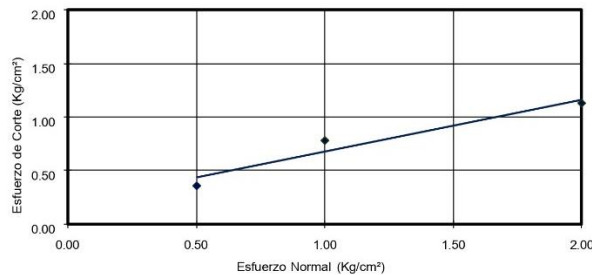
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

CALICATA : C-1
MUESTRA : M-1 **TIPO DE SUELO** : SP
PROFUNDIDAD : 0.60 m – 3.00 m

Especimen	I	II	III
Presión Normal (Kg/cm ²)	0.50	1.00	2.00
Esfuerzo de corte (Kg/cm ²)	0.357	0.783	1.128
Humedad (%)	2.890	2.520	2.730
Peso volumetrico (g/cm ³)	1.890	1.620	1.740

Resultados:

Angulo de Fricción Interna **32.5 °**
 Cohesión (Kg/cm²) **0.00**



Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante.



Calle Aluminio Mz. R Lote 13
Urbanización San Isidro, I Etapa
982173069
949123347
encopigroup18@hotmail.com **RUC: 20605737359**

ENRIQUE JORDAN CORNEJO CORREA
 INGENIERO CIVIL
 C. I P. N° 268575
 JEFE DE LABORATORIO

Anexo 20

Ensayo de corte directo para muestra con cal.



**ENCOPI
GROUP S.R.L.**

**LABORATORIO DE MECÁNICA
DE SUELOS - DISEÑO Y
CONSTRUCCIÓN**

ENSAYO DE LABORATORIO

PROYECTO : INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE CAL EN EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO PARA EDIFICACIONES URBANAS EN LAREDO
UBICACIÓN : DISTRITO LAREDO - PROVINCIA TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD
SOLICITANTE : CRISTHIAN ENRIQUE CALDERÓN RAMÍREZ
 SANDRO JAREF AMAYA CHARCAPE
FECHA DE ENSAYOS : JUNIO DEL 2022

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM D-3080

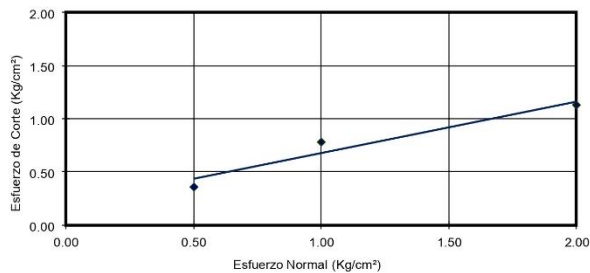
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

CALICATA : C-1
MUESTRA : M-1 // ADITIVO CAL **TIPO DE SUELO** : SP
PROFUNDIDAD : 0.60 m - 3.00 m

Especimen	I	II	III
Presión Normal (Kg/cm ²)	0.50	1.00	2.00
Esfuerzo de corte (Kg/cm ²)	0.357	0.783	1.128
Humedad (%)	2.780	2.380	2.520
Peso volumetrico (g/cm ³)	1.920	1.710	1.780

Resultados:

Angulo de Fricción Interna **31.0°**
 Cohesión (Kg/cm²) **0.00**



Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante.



**Calle Aluminio Mz. R Lote 13
Urbanización San Isidro, I Etapa**
982173069
949123347
encopigroup18@hotmail.com **RUC: 20605737359**

ENRIQUE JORDAN CORNEJO CORREA
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 268575
JEFE DE LABORATORIO

Anexo 21

Capacidad portante del terreno con cimentación corrida y cuadrada para muestra patrón.



**ENCOPI
GROUP S.R.L.**

LABORATORIO DE MECÁNICA
DE SUELOS - DISEÑO Y
CONSTRUCCIÓN

CAPACIDAD DE PORTANTE ADMISIBLE

CALICATA : C-1

TERRENO NATURAL		Parámetros Sísmicos:	
Tipo de suelo (SUCS) =	"SP"	Zona Sísmica:	4
Densidad (g/cm3)	1.50	Z:	0.45
c (kg/cm2):	0.00	Tipo Perfil: S3 (Suelo Flexible)	
ϕ (°):	32.5°	Tp:	1.00 seg.
		S	1.10

CIMENTACIÓN CORRIDA:

$$\text{FORMULA: } q_a = [0.5 \gamma B N'_{\gamma} S_{\gamma} + (2/3)c N'_c S_c + \gamma D_f N'_q S_q] 1/FS$$

Donde:

q_a : = capacidad portante admisible en kg/cm². C: = cohesión en (kg/cm²)
 B: = ancho de la zapata o cimiento corrido en m. γ : = peso específico del suelo.
 D_f: = profundidad de la cimentación. ϕ : = Angulo de Fricción Interna
 N_c, N_γ, N_q: = parámetros que son función de ϕ F.S.: = factor de seguridad = 3
 S_c, S_γ, S_q: = Factores de forma

γ_1 (g/cm³) = 1.50
 γ_2 (g/cm³) = 1.5
 c (kg/cm²) = 0.00
 Ang. Fricción= 32.5°

Considerar para Falla Local.
 B (mts) = 1.50
 D_f (mts) = 1.70
 F = 3

N_γ = 6.2 N_c = 15.82 N_q = 7.07
 S_γ = 1 S_c = 1.00 S_q = 1.00

$$q_a \text{ (ton/m}^2\text{)} = 8.3 = 0.83 \text{ kg/cm}^2$$

CIMENTACIÓN CUADRADA:

$$\text{FORMULA: } q_a = [0.40 \gamma B N'_{\gamma} S_{\gamma} + 0.867 c N'_c S_c + \gamma D_f N'_q S_q] 1/FS$$

B (mts) = 1.50
 D_f (mts) = 1.70

N_γ = 6.2 N_c = 15.82 N_q = 7.07
 S_γ = 1 S_c = 1.45 S_q = 1.38

$$q_a \text{ (ton/m}^2\text{)} = 10.2 = 1.02 \text{ kg/cm}^2$$

B, D_f: Dimensiones mínimas estimadas.



Calle Aluminio Mz. R Lote 13
Urbanización San Isidro, I Etapa



982173069
949123347



encopigroup18@hotmail.com



RUC: 20605737359


 ENRIQUE JORDAN CORNEJO CORREA
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 268575
 JEFE DE LABORATORIO

Anexo 22

Capacidad portante del terreno con cimentación corrida y cuadrada para muestra con aditivo.



**ENCOPI
GROUP S.R.L.**

LABORATORIO DE MECÁNICA
DE SUELOS - DISEÑO Y
CONSTRUCCIÓN

CAPACIDAD DE PORTANTE ADMISIBLE

CALICATA : C-1

TERRENO NATURAL

Tipo de suelo (SUCS) = "SP"
Densidad (g/cm3) = 1.50
c (kg/cm2): 0.00
φ (°): 31.0°

Parámetros Sísmicos:

Zona Sísmica: 4
Z: 0.45
Tipo Perfil: S3 (Suelo Flexible)
Tp: 1.00 seg.
S 1.10

CIMENTACIÓN CORRIDA:

FORMULA: $q_a = [0.5 \gamma B N^{\gamma} S_{\gamma} + (2/3)c N^c S_c + \gamma D_f N^q S_q] 1/FS$

Donde:

qad: = capacidad portante admisible. en kg/cm2. C: = cohesión en (kg/cm2)
B: = ancho de la zapata o cimiento corrido en m. γ: = peso específico del suelo.
Df.: = profundidad de la cimentación. φ°: Angulo de Fricción Interna
N^c, N^γ, N^q: = parámetros que son función de φ F.S.: = factor de seguridad = 3
S_c, S_γ, S_q: = Factores de forma

γ₁ (g/cm3) = 1.50
γ₂ (g/cm3) = 1.5
c (kg/cm2) = 0.00
Ang. Fricción= 31.0°

Considerar para Falla Local. 21°
B (mts) = 1.50
Df (mts) = 1.70
F = 3

N^γ = 6.2 N^c = 15.82 N^q = 7.07
S_γ = 1 S_c = 1.00 S_q = 1.00

q_a (ton/m²) = 11.6 = 1.16 kg/cm²

CIMENTACIÓN CUADRADA:

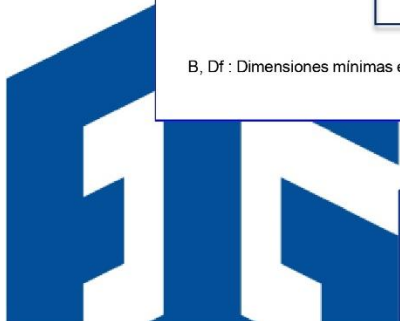
FORMULA: $q_a = [0.40 \gamma B N^{\gamma} S_{\gamma} + 0.867 c N^c S_c + \gamma D_f N^q S_q] 1/FS$

B (mts) = 1.50
Df (mts) = 1.70

N^γ = 6.2 N^c = 15.82 N^q = 7.07
S_γ = 1 S_c = 1.45 S_q = 1.38

q_a (ton/m²) = 18.8 = 1.88 kg/cm²

B, Df : Dimensiones mínimas estimadas.

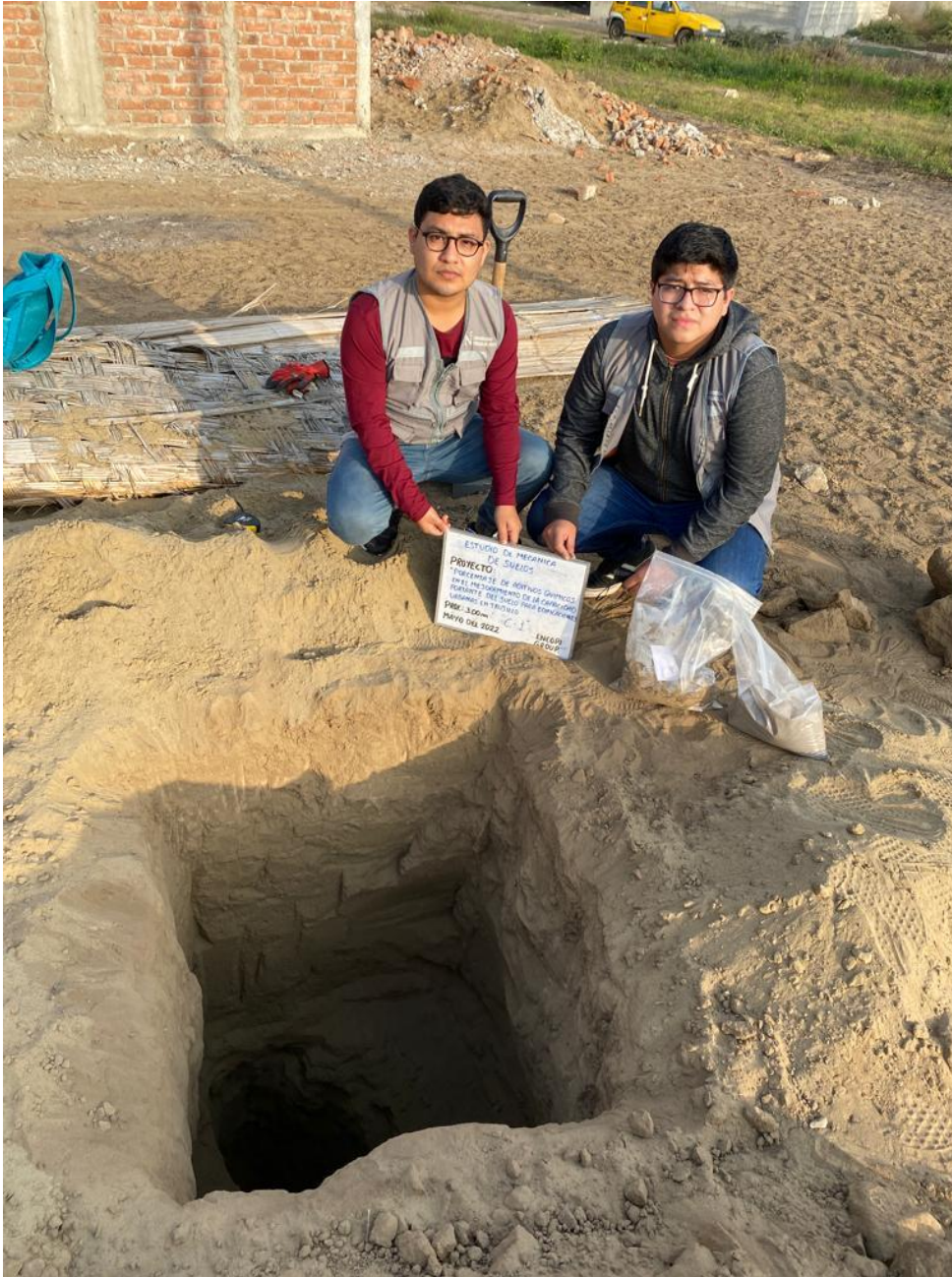


Calle Aluminio Mz. R Lote 13
Urbanización San Isidro, I Etapa 982173069
 949123347
 encopigroup18@hotmail.com RUC: 20605737359

ENRIQUE JORDAN CORNEJO CORREA
INGENIERO CIVIL
C. I. P. N° 268575
JEFE DE LABORATORIO

Anexo 23

Elaboración de calicata



Anexo 24

Adición del aditivo a la muestra patrón



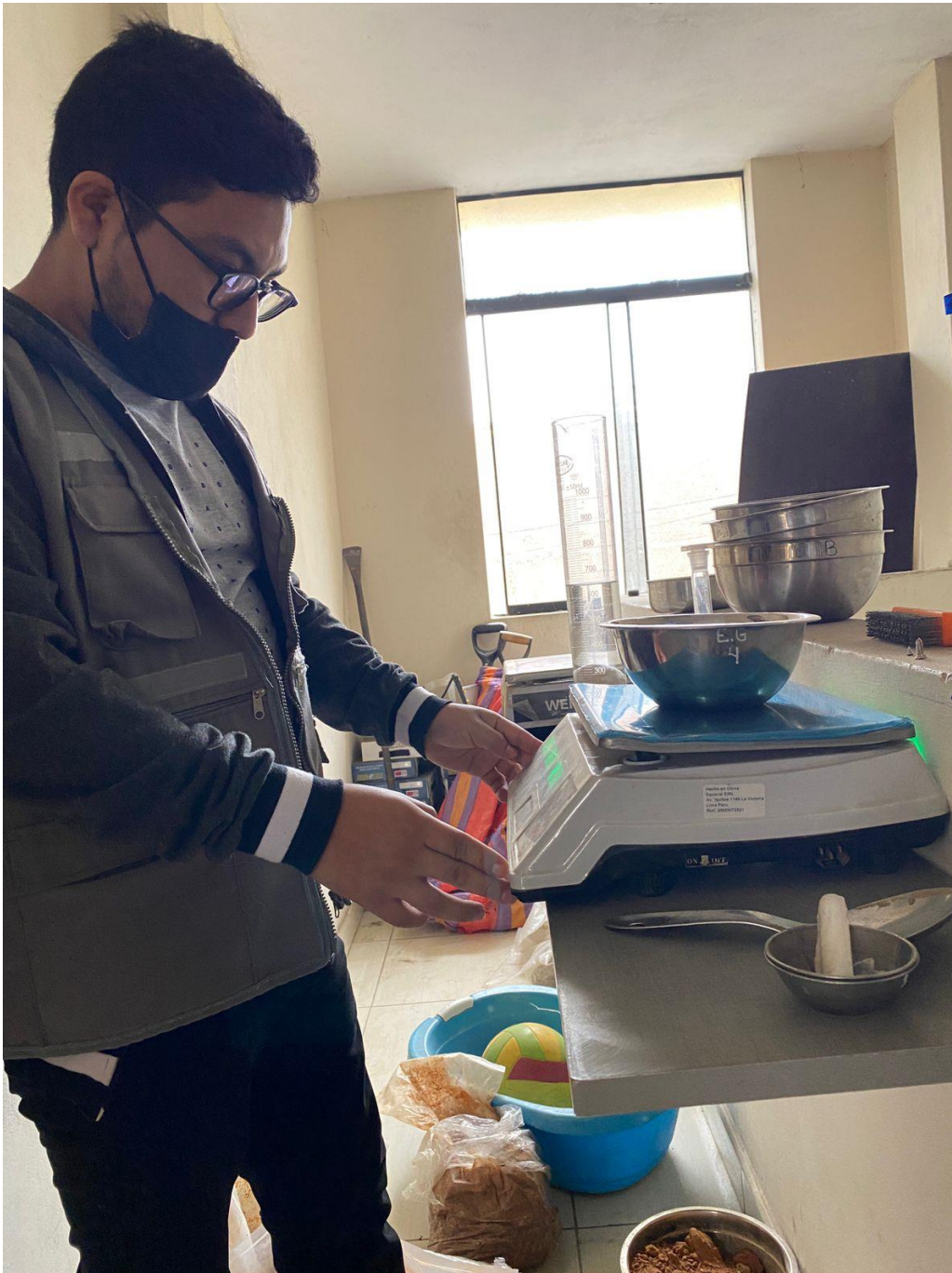
Anexo 25

Incorporación del aditivo por medio de capas a la muestra patrón



Anexo 26

Peso de la muestra



Anexo 27

Ensayo de granulometría en laboratorio



Anexo 28

Ensayo de granulometría para muestra con aditivo



Anexo 29

Ensayo de límites de Atterberg en Laboratorio

