



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Suelo Arenoso Mejorado con Cemento empleado como Relleno Controlado para Cimentaciones Superficiales y Determinación de los Parámetros de Diseño, Parcona - Ica, 2021

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Cabana Carbajal, Edick Giovanni (ORCID: 0000-0002-9436-6278)

**ASESOR:**

Ing. M.Sc. Olarte Pinares, Jorge Richard (ORCID: 0000-0001-5699-1323)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

**LIMA – PERÚ**

**2022**

### **Dedicatoria**

La presente tesis está dedicada a mi familia, a mis padres y hermano quienes me han apoyado para poder llegar a esta instancia de mis estudios y que me motivan para seguir adelante.

### **Agradecimiento**

Agradezco a mi asesor, por sus enseñanzas y el compromiso que tuvo con la presente tesis durante todo el proceso de investigación.

Muchas gracias a mi familia por el apoyo incondicional.

## Índice de contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de tablas .....	vi
Índice de figuras .....	viii
Resumen .....	xii
Abstract .....	xiii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
III. METODOLOGÍA .....	24
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	24
3.2. Variables y operacionalización .....	25
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis .....	25
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	26
3.5. Procedimiento .....	27
3.6. Método de análisis de datos .....	29
3.7. Aspectos éticos .....	29
IV. RESULTADOS .....	30
4.1. Contenido de Humedad .....	32
4.2. Granulometría .....	33
4.3. Gravedad Específica .....	35
4.4. Límites de Consistencia .....	36
4.5. Clasificación del Suelo .....	37
4.6. Corte Directo .....	37
4.6. Ensayo De Penetración Dinámica en Suelo Patrón (DPL) .....	39
4.7. Ensayo Proctor .....	45
4.8. Cono de Arena .....	52

4.9. Ensayo De Penetración Dinámica en Suelo-Cemento (DPL).....	56
V. DISCUSIÓN.....	63
VI. CONCLUSIONES.....	66
VII. RECOMENDACIONES .....	68
REFERENCIAS.....	69
ANEXOS .....	73

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Tipos de suelos básicos.....	7
<b>Tabla 2.</b> Descripción de los Suelos.....	9
<b>Tabla 3.</b> Clasificación de los Suelos .....	9
<b>Tabla 4.</b> Tipología de los Suelos.....	9
<b>Tabla 5.</b> Simbología de los suelos (referencial). .....	10
<b>Tabla 6.</b> Contenido de Humedad del Suelo Natural (Calicata 01).....	33
<b>Tabla 7.</b> Análisis Granulométrico del Suelo Natural (Calicata 01).....	34
<b>Tabla 8.</b> Peso Específico del Suelo Natural (Calicata 01).....	35
<b>Tabla 9.</b> Límites de Consistencia del Suelo Natural (Calicata 01). .....	36
<b>Tabla 10.</b> Clasificación SUCS (Calicata 01).....	37
<b>Tabla 11.</b> Clasificación AASHTO (Calicata 01). .....	37
<b>Tabla 12.</b> Esfuerzo Normal y Esfuerzo Cortante (Suelo Patrón).....	38
<b>Tabla 13.</b> Cohesión y Ángulo de Fricción (Suelo Patrón). .....	39
<b>Tabla 14.</b> Ensayo de Penetración Dinámica (Suelo Patrón) .....	40
<b>Tabla 15.</b> Capacidad Admisible por Asentamiento (Suelo Patrón). .....	41
<b>Tabla 16.</b> Datos para calcular la Capacidad Admisible (Suelo Patrón).....	41
<b>Tabla 17.</b> Resultados de Capacidad Admisible por Corte (Suelo Patrón).....	42
<b>Tabla 18.</b> Datos necesarios para establecer el Espesor de Mejoramiento. ....	43
<b>Tabla 19.</b> Valores de Presión bajo la Zapata. ....	44
<b>Tabla 20.</b> Resumen de datos para Ensayo Proctor Modificado. ....	46
<b>Tabla 21.</b> Máxima Densidad del Suelo Cemento al 10%. ....	47
<b>Tabla 22.</b> Resultados de Contenido de Humedad del Suelo Cemento al 10%.47	
<b>Tabla 23.</b> Resultados de Máxima Densidad del Suelo Cemento al 7.5%. ....	47
<b>Tabla 24.</b> Contenido de Humedad del Suelo Cemento al 7.5%. ....	48
<b>Tabla 25.</b> Resultados de Máxima Densidad del Suelo Cemento al 5%. ....	48
<b>Tabla 26.</b> Resultados de Contenido de Humedad del Suelo Cemento al 5%. .	48

<b>Tabla 27.</b> Resultados de Grado de Compactación en Suelo Cemento al 5%..	52
<b>Tabla 28.</b> Resultados de Contenido de Humedad en Suelo Cemento al 5%...	53
<b>Tabla 29.</b> Grado de Compactación en Suelo Cemento al 7.5%.....	53
<b>Tabla 30.</b> Resultados de Contenido de Humedad en Suelo Cemento al 7.5%.	54
<b>Tabla 31.</b> Resultados de Grado de Compactación en Suelo Cemento al 10%.	54
<b>Tabla 32.</b> Resultados de Contenido de Humedad en Suelo Cemento al 10%.	55
<b>Tabla 33.</b> Ensayo Penetración Dinámica (Suelo-Cemento 5%).....	56
<b>Tabla 34.</b> Ensayo Penetración Dinámica (Suelo-Cemento 7.5%).....	58
<b>Tabla 35.</b> Ensayo Penetración Dinámica (Suelo-Cemento 10%).....	59
<b>Tabla 36.</b> Capacidad Admisible por Asentamiento (Suelo-Cemento 5%).....	60
<b>Tabla 37.</b> Capacidad Admisible por Asentamiento (Suelo-Cemento 7.5%). ....	61
<b>Tabla 38.</b> Capacidad Admisible por Asentamiento (Suelo-Cemento 10%).....	61
<b>Tabla 39.</b> Capacidad Admisible por Asentamiento en Zapatas.....	62
<b>Tabla 40.</b> Diseño de Zapatas. ....	63
<b>Tabla 41.</b> Capacidad Admisible por Asentamiento en Zapatas.....	63
<b>Tabla 42.</b> Ensayo Proctor.....	64
<b>Tabla 43.</b> Ensayos Proctor.....	64
<b>Tabla 44.</b> Resultados de Capacidad Portante.....	65
<b>Tabla 45.</b> Capacidad Admisible por Asentamiento en Zapatas.....	65

## Índice de figuras

<i>Figura 1.</i> Origen y formación de los suelos. ....	7
<i>Figura 2.</i> Aparato de corte directo. ....	12
<i>Figura 3.</i> Máquina de ensayo triaxial. ....	13
<i>Figura 4.</i> Sistema de Control del Equipo de ensayo triaxial. ....	14
<i>Figura 5.</i> Fórmula Capacidad Admisible. ....	16
<i>Figura 6.</i> Fórmula Capacidad Admisible. ....	16
<i>Figura 7.</i> Fórmula Capacidad Admisible. ....	16
<i>Figura 8.</i> Fórmula Capacidad Admisible. ....	16
<i>Figura 9.</i> Fórmula Capacidad Admisible. ....	17
<i>Figura 10.</i> Fórmula Capacidad Admisible. ....	17
<i>Figura 11.</i> Fórmula para validar N. ....	17
<i>Figura 12.</i> Fórmula para validar N. ....	17
<i>Figura 13.</i> Factores de Capacidad de Carga teniendo en cuenta la falla local. ....	18
<i>Figura 14.</i> Correlación de Ángulo de Fricción y el N(SPT). ....	18
<i>Figura 15.</i> Fórmula Capacidad Última en Zapatas. ....	19
<i>Figura 16.</i> Fórmulas de Factores de Forma. ....	19
<i>Figura 17.</i> Fórmulas de Factores de Inclinación. ....	19
<i>Figura 18.</i> Fórmulas de Factores para Cimentaciones con Base Inclinada. ....	19
<i>Figura 19.</i> Relación entre $\Phi$ y Factores de Capacidad de Carga. ....	20
<i>Figura 20.</i> Fórmula Capacidad Última en Cimientos Corridos. ....	20
<i>Figura 21.</i> Fórmulas de Factores de Capacidad de Carga. ....	20
<i>Figura 22.</i> Diseño de zapatas. ....	22
<i>Figura 23.</i> Fórmula de Diferencial de Esfuerzo. ....	23
<i>Figura 24.</i> Fórmula de Factor de Influencia. ....	23
<i>Figura 25.</i> Fórmula de Factor de Influencia Corregida. ....	23
<i>Figura 26.</i> Intervalo de Valores del Factor de Influencia. ....	23

<i>Figura 27.</i> Calicata 01. ....	28
<i>Figura 28.</i> Calicata 02. ....	28
<i>Figura 29.</i> Calicata 03. ....	28
<i>Figura 30.</i> Mapa político del Departamento de Ica. ....	30
<i>Figura 31.</i> Mapa de la provincia de Ica. ....	30
<i>Figura 32.</i> Mapa del distrito de Parcona. ....	31
<i>Figura 33.</i> Perímetro del Terreno. ....	31
<i>Figura 34.</i> Ensayo de Contenido de Humedad del Suelo Natural. ....	32
<i>Figura 35.</i> Taras con el Suelo natural en el Horno. ....	32
<i>Figura 36.</i> Ensayo de Granulometría del Suelo Natural. ....	33
<i>Figura 37.</i> Pesos Retenidos en los Tamices. ....	33
<i>Figura 38.</i> Curva Granulométrica del Suelo Natural (Calicata 01). ....	34
<i>Figura 39.</i> Ensayo de Gravedad Específica. ....	35
<i>Figura 40.</i> Medición de la Temperatura en la Fiola. ....	35
<i>Figura 41.</i> Ensayo de Límites de Consistencia. ....	36
<i>Figura 42.</i> El suelo no presenta Límites de Consistencia. ....	36
<i>Figura 43.</i> Carta de Plasticidad. ....	36
<i>Figura 44.</i> Preparación de la Muestra para el Corte Directo. ....	37
<i>Figura 45.</i> Preparación del Equipo de Corte Directo. ....	38
<i>Figura 46.</i> Curvas de Resistencia - Ensayo de Corte Directo (Suelo Patrón). .	38
<i>Figura 47.</i> Envolvente de Resistencia (Suelo Patrón). ....	39
<i>Figura 48.</i> Ensayo DPL in situ. ....	39
<i>Figura 49.</i> Curva “Número de Golpes – Profundidad” (Suelo Patrón). ....	40
<i>Figura 50.</i> Modelamiento Estructural en Etabs. ....	42
<i>Figura 51.</i> Cargas Axiales más Altas de la Estructura. ....	43
<i>Figura 52.</i> Calicata donde se realizara el espesor de mejoramiento. ....	45
<i>Figura 53.</i> Ensayo Proctor del Suelo Cemento. ....	46
<i>Figura 54.</i> Suelo Compactado del Ensayo Proctor. ....	46

<i>Figura 55.</i> Curva de Proctor Modificado del Suelo Cemento al 10%.....	47
<i>Figura 56.</i> Curva de Proctor Modificado del Suelo Cemento al 7.5%.....	48
<i>Figura 57.</i> Curva de Proctor Modificado del Suelo Cemento al 5%.....	49
<i>Figura 58.</i> Compactación en el Fondo de Excavación. ....	49
<i>Figura 59.</i> Control de la Proporción de Cemento en Peso. ....	50
<i>Figura 60.</i> Combinación de Suelo-Cemento.....	50
<i>Figura 61.</i> Humedecimiento de la combinación Suelo-Cemento.....	50
<i>Figura 62.</i> Compactación de la primera capa de Suelo-Cemento. ....	51
<i>Figura 63.</i> Compactación de la última capa de Suelo-Cemento.....	51
<i>Figura 64.</i> Ensayo de Cono de Arena en Suelo Cemento 5%. ....	52
<i>Figura 65.</i> Ensayo de Cono de Arena en Suelo Cemento 7.5%.....	53
<i>Figura 66.</i> Ensayo de Cono de Arena en Suelo Cemento 10%.....	54
<i>Figura 67.</i> Ensayo DPL in situ para Suelo-Cemento 5%.....	56
<i>Figura 68.</i> Curva “Numero de Golpes – Profundidad” (Suelo-Cemento 5%)...	57
<i>Figura 69.</i> Ensayo DPL in situ para Suelo-Cemento 7.5%.....	57
<i>Figura 70.</i> Curva “Numero de Golpes – Profundidad” (Suelo-Cemento 7.5%).	58
<i>Figura 71.</i> Ensayo DPL in situ para Suelo-Cemento 10%.....	59
<i>Figura 72.</i> Curva “Numero de Golpes – Profundidad” (Suelo-Cemento 10%)..	60
<i>Figura 73.</i> Balanza Electrónica y Taras.....	75
<i>Figura 74.</i> Horno Eléctrico.....	75
<i>Figura 75.</i> Tamices.....	75
<i>Figura 76.</i> Bandejas Metálicas .....	76
<i>Figura 77.</i> Fiolas.....	76
<i>Figura 78.</i> Espátula, Capsula y Gotero .....	76
<i>Figura 79.</i> Equipo de Corte Directo .....	77
<i>Figura 80.</i> Penetrómetro Dinámico Ligero.....	77
<i>Figura 81.</i> Molde y Martillo Proctor.....	78

<i>Figura 82.</i> Cono de Arena, Placa Metálica, Cucharon, Martillo y Arena Calibrada .....	78
<i>Figura 83.</i> Mapa del distrito de Parcona.....	79
<i>Figura 84.</i> Vista Aérea del Terreno en el Distrito de Parcona. ....	79
<i>Figura 85.</i> Vista General de las Calicatas. ....	80
<i>Figura 86.</i> Sondaje Calicata 01. ....	80
<i>Figura 87.</i> Sondaje Calicata 02. ....	81
<i>Figura 88.</i> Sondaje Calicata 03. ....	81
<i>Figura 89.</i> Recolección de Muestras para los Ensayos.....	82
<i>Figura 90.</i> Preparación de la Superficie para el Espesor de Mejoramiento.....	82
<i>Figura 90.</i> Compactación de las Capas de Mejoramiento.....	83
<i>Figura 91.</i> Compactación de la última capa. ....	83
<i>Figura 92.</i> Ensayo de Penetración Dinámica en la Capa de Mejoramiento. ....	84
<i>Figura 93.</i> Hoja de Cálculo de Clasificación de Suelos – Calicata 01 .....	85
<i>Figura 94.</i> Hoja de Cálculo de Clasificación de Suelos – Calicata 02 .....	85
<i>Figura 95.</i> Hoja de Cálculo de Clasificación de Suelos – Calicata 03 .....	86
<i>Figura 96.</i> Hoja de Cálculo de Corte Directo – Calicata 01 .....	86
<i>Figura 97.</i> Hoja de Cálculo para la Determinación del Espesor de Mejoramiento .....	87

## Resumen

La presente investigación, tuvo como objetivo general Mejorar los Parámetros de Diseño del Suelo Arenoso mediante la estabilización con Cemento. La metodología del estudio fue del tipo aplicada, enfoque cuantitativo, diseño cuasi experimental y nivel aplicativo. Se consideró como población de estudio el área de un terreno ubicado en el distrito de Parcona y se recolecto muestras de 03 calicatas, el muestreo fue no probabilístico por conveniencia. Se empleó como técnicas la observación directa y los siguientes ensayos de suelos: Contenido de Humedad, Granulometría, Gravedad Específica y Límites de Consistencia para determinar la Clasificación de Suelos. Corte Directo y Ensayo De Penetración Dinámica (DPL) para determinar la capacidad admisible del terreno. Ensayo Proctor y Cono de Arena para determinar la Máxima Densidad Seca del Suelo.

Para el suelo patrón tuvimos los siguientes resultados: Clasificación de Suelo SP (Arena Pobrementemente Graduada), Máxima Densidad Seca 1.87 gr/cm<sup>3</sup>, Capacidad admisible de 1.19 kg/cm<sup>2</sup> para zapatas cuadradas y 1.32 kg/cm<sup>2</sup> para cimientos corridos. Mientras que para el suelo Cemento con Dosificación 5% se obtuvo: MDS 1.92 gr/cm<sup>3</sup>,  $\sigma_{adm}$ : 1.32 kg/cm<sup>2</sup> en zapatas y  $\sigma_{adm}$ : 1.43 kg/cm<sup>2</sup> en cimientos corridos. Para 7.5% se obtuvo: MDS 1.97 gr/cm<sup>3</sup>,  $\sigma_{adm}$ : 1.32 kg/cm<sup>2</sup> en zapatas y  $\sigma_{adm}$ : 1.43 kg/cm<sup>2</sup> en cimientos corridos. Y ultimo para 10% se obtuvo: MDS 1.99 gr/cm<sup>3</sup>,  $\sigma_{adm}$ : 1.46 kg/cm<sup>2</sup> en zapatas y  $\sigma_{adm}$ : 1.54 kg/cm<sup>2</sup> en cimientos corridos. Finalmente se concluyó que el adicionar cemento mejora las propiedades del suelo, dentro de las más importantes la capacidad portante. Por otro lado el incrementar la dosificación de cemento no quiere decir que el espesor de mejoramiento será menor, debido a que este está en función de la capacidad admisible natural del suelo y las presiones ejercidas por la edificación proyectada.

Palabras clave: Suelo, Mejoramiento, Cimentaciones, Capacidad Portante.

## Abstract

The present investigation had the general objective of improving the Design Parameters of the Sandy Soil through stabilization with Cement. The methodology of the study was of the applied type, quantitative approach, quasi-experimental design and application level. The study population was considered as the area of a land located in the district of Parcona and samples were collected from 03 test pits, the sampling was non-probabilistic for convenience. Direct observation and the following soil tests were used as techniques: Moisture Content, Granulometry, Specific Gravity and Consistency Limits to determine the Soil Classification. Direct Shear and Dynamic Penetration Test (DPL) to determine the admissible capacity of the ground. Proctor Test and Sand Cone to determine the Maximum Dry Density of the Soil.

For the standard soil we had the following results: Soil Classification SP (Poorly Graded Sand), Maximum Dry Density 1.87 gr/cm<sup>3</sup>, Admissible Capacity of 1.19 kg/cm<sup>2</sup> for square footings and 1.32 kg/cm<sup>2</sup> for strip foundations. While for the Cement soil with 5% Dosage, the following was obtained: MDS 1.92 gr/cm<sup>3</sup>,  $\sigma_{adm}$ : 1.32 kg/cm<sup>2</sup> in footings and  $\sigma_{adm}$ : 1.43 kg/cm<sup>2</sup> in strip foundations. For 7.5%, the following was obtained: MDS 1.97 gr/cm<sup>3</sup>,  $\sigma_{adm}$ : 1.32 kg/cm<sup>2</sup> in footings and  $\sigma_{adm}$ : 1.43 kg/cm<sup>2</sup> in strip foundations. And the last one for 10% was obtained: MDS 1.99 gr/cm<sup>3</sup>,  $\sigma_{adm}$ : 1.46 kg/cm<sup>2</sup> in footings and  $\sigma_{adm}$ : 1.54 kg/cm<sup>2</sup> in strip foundations. Finally, it was concluded that adding cement improves the properties of the soil, among the most important the bearing capacity. On the other hand, increasing the cement dosage does not mean that the improvement thickness will be less, since this is a function of the natural admissible capacity of the soil and the load requests of the projected building.

Keywords: Soil, Improvement, Foundations, Bearing Capacity.

## I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, en todo proyecto de ingeniería es primordial el estudio del suelo para el dimensionamiento y diseño de estructuras; estimar y establecer los parámetros de diseño a partir de ensayos de laboratorio, son la primera etapa para el planeamiento de un proyecto estructural, ante eso “las características físicas y mecánicas que poseen todos los suelos son indicadores necesarios para proponer alternativas de solución a un problema; estas características varían según la ubicación geográfica del mismo suelo, la profundidad y espesor del estrato”. López (2014)

En el Perú, debido al incremento de la población en las últimas décadas, ha provocado que las ciudades se expandan cada vez más y que el sector construcción mejore sus técnicas constructivas, permitiendo que se puedan ejecutar todo tipo de obras, donde la que obtiene mayor relevancia son los proyectos de edificaciones.

En Ica es normal encontrarnos con suelos arenosos al momento de construir, estos suelos por su naturaleza generalmente ofrecen ángulos de fricción bajos y valores de cohesión demasiado bajos o nulos. Que traen como consecuencia valores de capacidad portante bajos.

Teniendo en cuenta la problemática se formuló un problema general ¿De qué manera se podría mejorar los Parámetros de Diseño del Suelo, que será empleado como Relleno Controlado para cimentaciones Superficiales? y tres problemas específicos, ¿De qué forma se podría determinar el Espesor de Mejoramiento del Suelo para fines de Cimentación?, segundo ¿Cómo se podría mejorar la Máxima Densidad Seca del Suelo, que será empleado como Relleno Controlado para cimentaciones Superficiales?, y tercero ¿De qué forma se podría aumentar la Capacidad Portante del Suelo, que será empleado como Relleno Controlado para Cimentaciones Superficiales?.

Las justificaciones de la investigación son las siguientes, Justificación Teórica, mediante esta tesis se buscó determinar una propuesta de mejoramiento de suelos que serán empleados como relleno en cimentaciones superficiales, el cual sea viable para los proyectos de edificaciones del Distrito de Parcona.

Justificación Económica, el mejoramiento propuesto se consideró una alternativa económica frente a otras alternativas que se podrían referir al incremento del desplante y/o sobredimensionamiento de las cimentaciones.

Justificación Social del presente proyecto, se consideró que esta propuesta de mejoramiento es una alternativa que podría ofrecer seguridad estructural a las cimentaciones en la localidad de Parcona ya que tenemos como pruebas, casos de asentamientos diferenciales en edificaciones debido a que se cimento en suelos no mejorados.

Justificación Metodológica, la propuesta de mejoramiento que se presenta se basó en procedimientos de cálculo, primeramente se determinó el espesor de mejoramiento y seguidamente se demostró los beneficios de la aplicación del cemento en base a ensayos de laboratorio e in situ.

Así mismo el autor se propuso como Objetivo General Mejorar los Parámetros de Diseño del Suelo que será empleado como Relleno Controlado mediante la estabilización con Cemento, y tres objetivos específicos: Determinar el espesor de mejoramiento del Suelo mediante el Método de Carga Rectangular de Boussinesq, segundo Mejorar la Máxima Densidad Seca del Suelo, que será empleado como Relleno Controlado para cimentaciones Superficiales mediante la incorporación de Cemento, y tercero Aumentar la Capacidad Portante del Suelo que será empleado como Relleno Controlado mediante la estabilización con Cemento.

Finalmente, la Hipótesis General fue Una alternativa para mejorar los Parámetros de Diseño del Suelo que será empleado como Relleno Controlado sería a través de la estabilización con Cemento, asimismo se tuvieron tres hipótesis específicas, Una forma de determinar el espesor de mejoramiento del

Suelo para fines de Cimentación, sería mediante el Método de Carga Rectangular de Boussinesq, segundo Se podría mejorar la Máxima Densidad Seca del Suelo que será empleado como Relleno Controlado, estabilizándolo con Cemento, y tercero Una forma de aumentar la Capacidad Portante del Suelo que será empleado como Relleno Controlado, estabilizándolo con Cemento.

## II. MARCO TEÓRICO

Como antecedentes nacionales en esta investigación tenemos:

López y Torres, (2021). "Mejoramiento del Suelo de Fundación para Cimentaciones Superficiales Mediante la Determinación de los Parámetros de Resistencia Jaén - Cajamarca 2021". Fue un estudio del tipo aplicada y no experimental. Se consideró como población a todo el terreno donde sería la construcción el cual está ubicado en calle Rio Amazonas en la Urb. Gaspar Delgado, la muestra de la investigación fueron extraídas de calicatas y el muestreo fue no probabilístico (muestreo por conveniencia) ya que la muestras se tomaron a juicio propio dentro del área de 120 m<sup>2</sup>. Los instrumentos empleados fueron ensayos estándar y especiales en laboratorio. Los principales resultados fueron la clasificación de suelo arcilloso de baja plasticidad que tuvo una resistencia al corte de 0.169 kg /cm<sup>2</sup> en el caso de estado sin adiconantes, y en el caso de agregar un 30 % de arena su resistencia se modificó a 0.011 kg/cm<sup>2</sup> y cuando se le incorporo 5% de cemento se incrementó la resistencia a 0.678 kg/cm<sup>2</sup>, el caso de suelo en el que se estimó la capacidad portante y presión admisible más alta fue en el caso del suelo con incorporación de cemento al (5%), dando  $q_d = 114.83 \text{ tn/cm}^2$  y  $q_{adm} = 3.83 \text{ kg/cm}^2$ . En el caso del suelo combinado con 30% de arena, presento presión admisible y capacidad portante superiores en comparación al suelo en estado natural (arcilla de baja plasticidad), dando  $q_d = 26.16 \text{ tn/cm}^2$  y  $q_{adm} = 0.87 \text{ km/cm}^2$ .

Quispe y Mamani, (2017). "Los Estudios de suelos para cimentaciones de edificaciones en la zona de alto locumba del distrito de locumba – provincia Jorge Basadre, departamento de Tacna". Fue un estudio del tipo aplicada y experimental.

Se consideró como población de estudio el Distrito de Locumba, Ciudad de Jorge Basadre – Tacna, la muestra de la investigación fue la zona de Expansión del Distrito de Locumba y el muestreo fue no probabilístico, que también es llamado muestreo por conveniencia. Los instrumentos empleados fueron ensayos estándar y especiales en laboratorio. Los principales resultados fueron la determinación del tipo de suelo, capacidad de Soporte del Suelo en la zona de

expansión y se planteó tipos de cimentaciones adecuadas para las edificaciones. Se concluyó que el tipo de suelo es arcillo con bajo potencial de expansión y se recomendó que siempre debemos buscar cargas debidamente distribuidas en toda el área a cimentar, dando a las cimentaciones el dimensionamiento adecuado de tal forma que se logre una presión uniforme y se aplique sin generar problemas de excentricidades en la cimentación (zapatas), de esta manera no ocurrirá redistribución de esfuerzos en la zona de la base y traiga como consecuencia asentamientos localizados en las zapatas, por último también se recomendó el empleo de las vigas de conexión debido a que ayudan a evitar que se generen asentamientos.”

Seguidamente los antecedentes internacionales como:

López (2014). “Análisis de la Capacidad Soporte del Suelo de Cimentación del Edificio de Laboratorio de Ingeniería de la Universidad Centroamericana UCA – Managua, Nicaragua mayo 2014”. Fue un estudio de tipo aplicada y diseño no experimental. Como población de estudio se tomó la zona norte de la universidad Centro Americana (UCA), que está frente a la Universidad de Ingeniería (UNI) ubicada en la ciudad de Managua, la muestra de la investigación se extrajo de 5 sondeos y el muestreo fue no probabilístico ya que consiste en elegir las muestras más representativas del área. Los instrumentos empleados fueron ensayos estándar y ensayos especiales en laboratorio conjuntamente con la aplicación de 4 métodos: Terzaghi, Hansen, Meyerhof y Vesic. Los principales resultados fueron que, a partir de la aplicación de los 4 métodos que fueron evaluados, el método Meyerhof fue el que presentó los más bajos valores de capacidad de Carga, por otra parte la capacidad de carga dinámica empleando los 4 métodos nos dio como resultado una reducción de cómo el 80% comprándola con la estática lo que nos conllevaría realizar diseños conservadores. Por último se dimensionó y se propuso dimensiones de zapatas, para el caso de cargas estáticas y cargas dinámicas, obteniéndose un promedio del valor de la capacidad de carga admisible la que fue calculada empleando distintos métodos.

Cometa y Méndez, (2016). “La correlación entre los resultados obtenidos del ensayo de cizallamiento directo y el ensayo de cizallamiento triaxial en el suelo arcilloso típico de la zona occidental de Bogotá”. El objetivo de la investigación fue comparar los resultados de cohesión y fricción para determinar la relación entre ambos resultados determinados en el ensayo triaxial, tiene como finalidad su aplicación en los ensayos de corte directo y de esta forma determinar los valores de los parámetros anteriormente indicados en las consideraciones drenadas y consolidadas. (CD y CU). Se halló relaciones prácticas y más efectivas para la obtención de mejores resultados en los ensayos de laboratorio, otorgando mayor credibilidad de resultados. El estudio de suelo considero en cuenta desde el principio que los suelos no se comportan de igual manera y los valores obtenidos fueron utilizados para hallar los parámetros del suelo y de esta forma tener mayor credibilidad en los resultados obtenidos del ensayo de corte directo sin la necesidad de realizar un ensayo triaxial. Se tuvo como conclusión, que en el proyecto se intentó de forma técnica un corte recto con un ensayo triaxial y determinar características cuantitativas que les permita pasar de un ensayo a otro sin la necesidad de tener que realizar ambos ensayos en la misma muestra, obteniendo los parámetros más adecuados, otorgando mayor seguridad y credibilidad en los ensayos de corte directo sin la necesidad de realizar un ensayo triaxial.

La teoría relaciona con los suelos: (Crespo, 2004) Cuando hablamos de Suelo nos referimos a una capa de material que se encuentra en corteza terrestre que han sido provenientes de la fragmentación de rocas, alteraciones físicas o alteraciones químicas, que han sido provocadas debidos a las diferentes actividades de la humanidad sobre él.

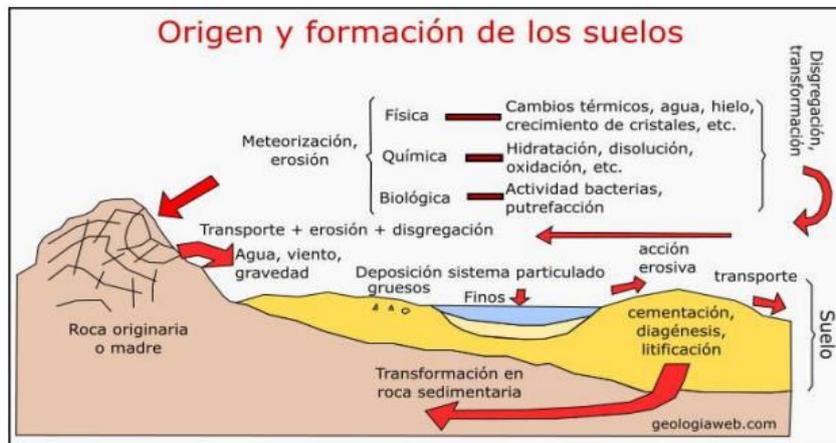
Según Cañar (2017), Se puede decir que el suelo es el producto de la meteorización de rocas, en otras palabras la descomposición fisicoquímica de las rocas nos da el suelo como resultado final.

**Tabla 1. Tipos de suelos básicos.**

Suelos gravosos (grava):	tienen tamaño de partículas entre 8-10 cm a 2 mm, son muy permeables y sus componentes se observan a simple vista.
Suelos arenosos (arena):	tienen tamaño de partículas entre 2-0,060 mm, son muy permeables y sus componentes también se observan a simple vista.
Suelos limosos (limo):	tienen tamaño de partículas entre 0,060 mm y 0,002 mm, tienen capacidad de retención de agua mayor que las arenas, pero menor que las arcillas, sus componentes ya no se reconocen a simple vista, suelen ser atractivos para la agricultura si tienen alto contenido mineral y orgánico.
Suelos arcillosos (arcilla):	tienen tamaño de partículas menores que 0,002 mm (inferiores a los limos), tienen alta capacidad de retención de agua y son muy atractivos para la agricultura sobre todo cuando tienen alto porcentaje de materia orgánica. Sin embargo, este tipo de suelo es el que genera mayor problema en ingeniería civil.

Fuente: (López y Torres, 2021)

La formación u origen de suelos es producto de la descomposición de rocas, minerales, factores atmosféricos, efectos de la meteorización (biológicos, químicos y físicos) y por otra parte la erosión (debido a la acción de transportarse del suelo) de esta forma cuando se es vulnerable a la atmosfera debe pasar mucho tiempo para que una roca se descomponga en partículas más pequeñas. (Maldonado, 2020)



**Figura 1. Origen y formación de los suelos.**

Fuente: (López y Torres, 2021)

Cuando clasificamos el suelo se pueden utilizar varias clasificaciones de esta manera es más fácil entender cómo se comporta el suelo: puede ser un suelo granular o un suelo sin cohesión como las arenas, limos, gravas, canto rodado y mee suelo de los anteriores mencionados. Cohesión en Suelos, un ejemplo los suelos arcillosos, limpios o que han sido mezcladas con un suelo no cohesivo,

un ejemplo las arcillas arenosas o limos. Otro ejemplo son los Suelos orgánicos ejemplo: los terraplenes, los montículos o las turbas. (Gutiérrez, 2016)

Las partículas que han sido trituradas se conocen generalmente como gravas los cuales su tamaño varia de 7,62 cm <sup>3</sup> "a 2,0 mm, los cuales podremos encontrar fácilmente al lado de los ríos (Villalaz, 2004)

Las partículas más diminutas se conocen generalmente como arenas que son el resultado del aplastamiento de las partículas más grandes, son muy duras y se encogen al perder humedad, son muy diferentes a las gravas. (Villalaz, 2004)

Conocemos al suelo fino como las partículas más diminutas que están formadas generalmente por arcillas y limos, los cuales impiden el paso del agua. (Villalaz, 2004).

Cuando hablamos de un limo nos referimos a los suelos de granos finos con propiedades plásticas, con una baja resistencia al agua, donde su resistencia a la compresión es buena y la podemos encontrar en los ríos y canteras. Los fangos poseen un diámetro entre 0.05 mm a 0.005 mm y tiene como característica general ser suelos. (Rodríguez, 2010).

Cuando hablamos de partículas pequeñas en forma de lámina, planas y alargadas grandes superficies específicas nos referimos a los suelos arcillosos, donde sus estructuras mineralógicas y las composiciones generan alteraciones en sus propiedades mecánicas mucho más que en la granulometría del suelo en sí. Como consecuencia del alto contenido de humedad cuando la arcilla está en estado natural su resistencia al corte y capacidad de carga generalmente son bajas. No son permeables, lo que produce una absorción de la humedad muy baja, logrando fácilmente alcanzar el estado plástico, y no se generan grietas. (Junco del Pino, 2013)

**Tabla 2. Descripción de los Suelos.**

Piedras	Partículas cuyo diámetro es mayor de 20 mm
Gravas	Partículas cuyo diámetro es comprendido entre 20mm y 2mm
Arenas gruesas	Partículas cuyo diámetro es comprendido entre 2mm a 0.25mm
Arenas finas	Partículas cuyo diámetro es comprendido entre 0.25mm 0.05mm
Limos	Partículas cuyo diámetro es comprendido entre 0.05mm a 0.005mm
Arcillas	Partículas cuyo diámetro es menor de 0.005mm

Fuente (Rodas R., 1958).

**Tabla 3. Clasificación de los Suelos**

TIPO DE SUELO	PREFIJO	SUBGRUPO	SU FIJO
Grava	G	Bien graduado.	W
Arena	S	Pobremente graduado.	P
Limo	M	Limoso.	M
Arcilla	C	Arcilloso.	C
Orgánica	O	Limite liquido alto (>50)	H
Turba	Pt	Limite liquido bajo (<50)	L

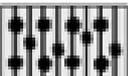
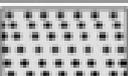
Fuente (Rodríguez, 2010).

**Tabla 4. Tipología de los Suelos**

SÍMBOLO	CARACTERÍSTICAS GENERALES		
GW	GRAVAS (> 50% en tamiz #4 ASTM)	LIMPIAS	Bien graduadas
GP		(FINOS <5%)	Pobremente graduadas
GM		CON FINOS	Componente limoso
GC		(finos >12%)	Componente arcilloso
SW	ARENAS (<50% en tamiz #4 ASTM)	LIMPIAS (finos <5%)	Bien graduadas
SP			Pobremente graduadas
SM		CON FINOS	Componente limoso
SC		(finos 12%)	Componente arcilloso
ML	LIMOS	Baja plasticidad (LL<50)	
MH		Alta plasticidad (LL>50)	
CL	ARCILLAS	Baja plasticidad (LL<50)	
CH		Alta plasticidad (LL>50)	
OL	SUELOS ORGANICOS	Baja plasticidad (LL<50)	
OH		Alta plasticidad (LL>50)	

Fuente (Rodríguez, 2010)

Tabla 5. Simbología de los suelos (referencial).

DIVISIONES MAYORES		SÍMBOLO		DESCRIPCIÓN
		SUCS	GRÁFICO	
SUELOS GRANULARES	GRAVA Y SUELOS GRAVOSOS	GW		GRAVA GRADUADA BIEN
		GP		GRAVA GRADUADA MAL
		GM		GRAVA LIMOSA
		GC		GRAVA ARCILLOSA
	ARENA Y SUELOS ARENOSOS	SW		ARENA GRADUADA BIEN
		SP		ARENA GRADUADA MAL
		SM		ARENA LIMOSA
		SC		ARENA ARCILLOSA
SUELOS FINOS	LIMOS Y ARCILLAS (LL < 50)	ML		LIMO INORGÁNICO DE BAJA PLASTICIDAD
		CL		ARCILLA INORGÁNICA DE BAJA PLASTICIDAD
		OL		LIMO ORGÁNICO O ARCILLA ORGÁNICA DE BAJA PLASTICIDAD
	LIMOS Y ARCILLAS (LL > 50)	MH		LIMO INORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD
		CH		ARCILLA INORGÁNICA DE ALTA PLASTICIDAD
		OH		LIMO ORGÁNICO O ARCILLA ORGÁNICA DE ALTA PLASTICIDAD

Fuente (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2017).

Cuando hablamos de suelos de fundación nos referíamos a la capa de suelo que se encuentra por un nivel inferior a la estructura de un pavimento, el suelo en estado natural o capa última de un terraplén. (Conga Quiape, 2016)

En el interior del suelo natural se encuentra el suelo de fundación, es el estrato del suelo que se encontrar en contacto con las cimentaciones, y este es el que recibe las cargas de la estructuras. (Carrillo y Casas, (2018).

La formación del Suelo depende de los factores que intervienen: materia origen o roca madre de este se originan los suelos, agua, topografía del terreno, la temperatura de los organismos y la influencia de las actividades del ser humano. (Rodas, 1958).

En los suelos se presentan tres fases de mucha importancia, fases del suelo: la fase sólida, la fase líquida y la fase gaseosa, el suelo en la fase solida está formado generalmente por silicatos, aluminio, óxido de hierro, nitratos, cloruros y orgánicos. El líquido más abundante en el suelo es el agua, y generalmente no se encuentra en forma pura, con sales, iones y diversas sustancias orgánicas. (María Estela Raffino, 2020)

Límites de consistencia, son el cambio donde se encuentra una masa de suelo, la consistencia tiene una importante relación con el contenido húmedo de la masa de suelo. Cuando hablamos de suelo fino podemos identificar cuatro estados, los cuales pueden ser: estado sólido, estado seco, pero al añadirle humedad para semisólido, plástico y por ultimo líquido. (Marcelo, 2012).

Como se sabe, el límite líquido se ha utilizado en todo el mundo como una prueba de índice para una caracterización rápida de la consistencia de los suelos arcillosos, ya que es fácil y económico de determinar. La consistencia es el resultado de la naturaleza hidrófila y cohesiva de las arcillas causada por el agua adsorbida que rodea las partículas de arcilla. La capacidad de intercambio catiónico es un parámetro que se ve afectado por el tipo de mineral de arcilla, y existe una relación entre la capacidad de intercambio catiónico y el límite líquido. Sin embargo, no existe una relación cuantitativa claramente definida entre ellos. En este estudio, se han recolectado y probado muestras de suelo de grano fino

de varios lugares. Las pruebas incluyen la determinación de la capacidad de intercambio catiónico y el límite de líquido. (YILMAZ I, 2004).

Cuando hablamos de límite plástico nos referimos al contenido de humedad en la masa de suelo durante la etapa de transición entre el estado plástico al estado semisólido. El índice plástico (PI), es aquel número que se obtiene de la sustracción entre el límite de plástico y el límite líquido, es decir  $IP = LL - LP$ . Por ejemplo el material no presenta plasticidad (un ejemplo, las arenas), su índice plástico es considerado 0 y se indica  $IP = NP$ , lo que quiere decir que no presenta plasticidad (Rodas L., 1976, págs. 77-86).

El índice de plasticidad (PI) es un concepto muy amplio, no solo es un valor numérico que se obtiene de la sustracción entre el límite elástico y el límite plástico. Cuando el Índice es alto no quiere decir que hay gran ductilidad, y por el contrario cuando el material de suelo no contiene ductilidad, se considera cero como en valor del índice (Rodas R., 1958).

El ensayo de cizallamiento directo trata en desarrollar una falla por fuerza en la tierra, si la falla inducida sucede a lo largo del plano del área que se encuentra limitada a ambos extremos por la tierra. El instrumento es ampliamente utilizado en laboratorios para el estudio de mecánica de suelos para determinar la resistencia al cizallamiento de los suelos.

La mitad se mantiene estática, pero la otra parte se puede desplazar horizontalmente debido la carga cortante  $F$ . (Hurtado, 2010).

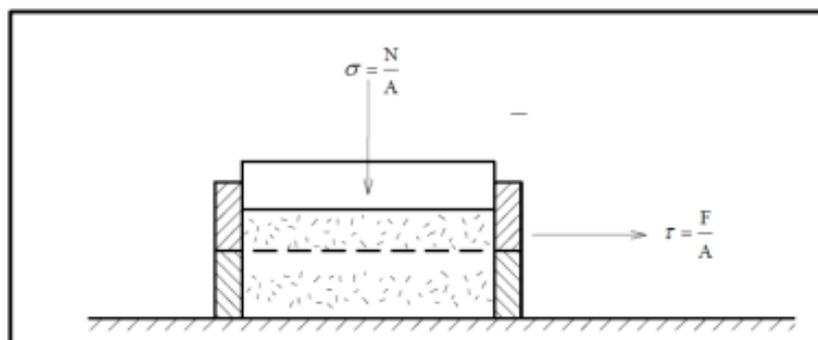


Figura 2. Aparato de corte directo.

Fuente (Hurtado, 2010)

El objetivo del ensayo de cizallamiento triaxial es estimar la cohesión y Angulo interno de fricción del suelo, y con estos valores se puede calcular su resistencia al corte considerando cargas verticales como horizontales a la muestra de suelo condiciones naturales, la características de los ensayos triaxiales es que son empleados mayormente para estimar la tensión, deformación y resistencia cortante a fin de analizar su respuesta a las cargas; el ensayo se establece dos etapas: La primera etapa la muestra de suelo la exponemos a la presión hidrostática del agua empleando cargas verticales de igual magnitud a las horizontales. En caso, la muestra de suelo se le denomina como "consolidada" si el agua se está escurriendo de los poros. Consiguientemente, si no se logra conducir a que se drene el agua, la muestra se denomina como "no consolidada". En el siguiente paso, denominado uso de fuerzas de deflexión, el pistón de fuerza vertical va aumentando las cargas verticales con el fin de producir la falla. (JBO Ingenieros Consultores SAC, 2013)

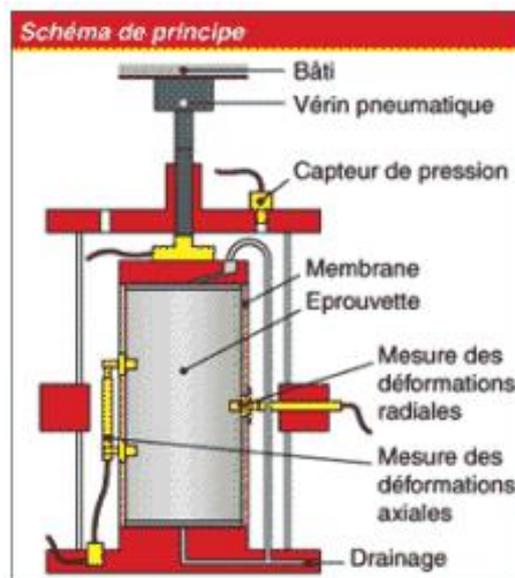


Figura 3. Máquina de ensayo triaxial.

Fuente: (GEOSUPPORT, 2013)

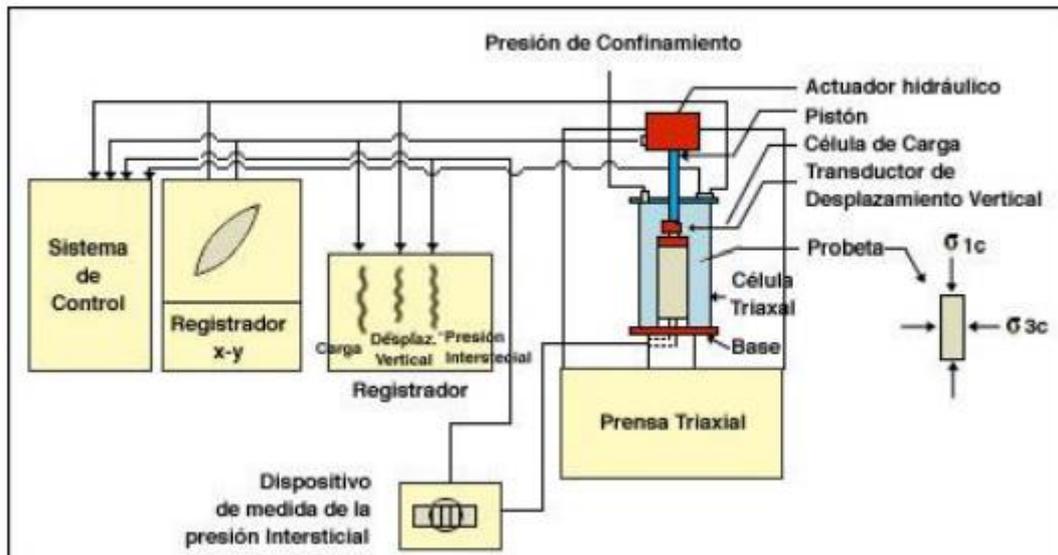


Figura 4. Sistema de Control del Equipo de ensayo triaxial.

Fuente: (GEOSUPPORT, 2013)

El ensayo estándar del denominado Proctor, este término es empleado cuando por ciertos métodos se buscan mejorar las propiedades mecánicas del suelo. Es empleado en el caso que queremos determinar datos sobre la máxima densidad seca del suelo y su óptimo porcentaje de agua para alcanzarlo, que son muy importantes para alcanzar la compactación y determinar valores que facilitan a mejorar las propiedades del suelo y menguar su compresibilidad cuando se realiza la compactación. Todo lo concerniente al procesamiento de datos será solicitado de concordancia con las normas NTP339.142 ASTM D-698. Este ensayo trata básicamente en hacer la compactación de la muestra del suelo en un molde cilíndrico de metal con un conocido volumen, incrementado y reduciendo el porcentaje de agua de esta forma graficar una relación entre ambos valores, el porcentaje máximo de agua y la densidad del suelo seco. Al establecer el valor máximo ubicado en la curva nos indica los valores correspondientes a la máxima densidad seca en la ordenada y el óptimo porcentaje de agua (Loconi, 2016).

La teoría relaciona con el Mejoramiento de Suelos: Según Azilah, Byung-Tae, Hyeop-Jo, & Kyoung-Woong (2018) señalan que “el mejoramiento del suelo es una técnica del tipo correctiva que busca reducir la exposición del ambiente del suelo a los contaminantes del suelo. Y su eficacia se puede evaluar

determinando si la disponibilidad ambiental de un contaminante se ve disminuido después del tratamiento” (p.447).

Se refiere a un procedimiento que como objetivo tiene alterar las propiedades del suelo a fin de mejorarlo, agregando un conglomerante el cual puede ser materiales como el cemento y/o cal (Becerra y Herrera, 2019).

La técnica de estabilización de suelos es un conjunto de pasos que va permitir mejorar las características y condiciones de un suelo especificado (Ordoñez y Castro, 2016).

Las cuestiones más importantes que nunca deben dejarse de al conseguir en una técnica de estabilización de suelo: Cuando el suelo presenta una subrasante muy arenosa o con mucho contenido de arcilla, determinándolo como malas características (Fuhai, Lei & Wangxi, 2019). Segundo, una condición relevante para determinar si estabilizar el suelo o no, son las condiciones de humedad a las que estará sometido el suelo (Ravines, 2010). Y finalmente cuando los adicionantes de base o subbase presentan características que se encuentran al límite de lo requerido en la especificación del material (Fuhai et al., 2019).

La teoría que habla sobre los Parámetros de Diseño de las cimentaciones o también llamados parámetros geotécnicos, se refiere a todas aquellas características del suelo que influyen en diseño propio de las cimentaciones como por ejemplo el tipo de suelo, el ángulo de fricción interno, la cohesión y su máxima densidad seca. El espesor de mejoramiento es la parte más importante en una propuesta de estabilización porque en él se ve reflejado el resultado final de la investigación, muchas investigaciones analizan el efecto que tienen los adicionantes sobre el suelo y sobre sus parámetros geotécnicos pero muy pocos analizan el espesor que se debería mejorar. La densidad del suelo se expresa como la relación de la masa del suelo seca y el volumen que ocupa, esta densidad varía mucho dependiendo de la condición estructural del suelo. Según Cuadro (2017), La capacidad portante se refiere a la máxima presión que existe entre el suelo y la cimentación de la estructura, También se entiende como la capacidad que posee el terreno para poder tolerar la aplicación de cargas sobre él.

Para el cálculo de la capacidad admisible del suelo por Asentamiento se ha recolectado fórmulas de diferentes autores, para el caso de zapatas cuadradas se exponen las siguientes fórmulas:

$$q_{adm} = \frac{(0.0864 N - 0.108)(B + 0.30)^2}{B} * f_E * f_{NF} * f_{\delta} * f_{Df}$$

Figura 5. Fórmula Capacidad Admisible.

Fuente: (Terzaghi, Peck)

$$q_{adm} = 7.99 N_{cor} \left( \frac{3.28B + 1}{3.28B} \right)^2$$

Figura 6. Fórmula Capacidad Admisible.

Fuente: (Meyerhof, 1965)

$$q_{adm} = 7.99 N_{cor} \left( \frac{3.28B + 1}{3.28B} \right)^2 Fd \left( \frac{S_e}{25.4} \right); \quad Fd = 1 + 0.33 \frac{Df}{B} \leq 1.33$$

Figura 7. Fórmula Capacidad Admisible.

Fuente: (Bowles, 1977)

Dónde:

B = Base en metros.

$q_{adm}$  = Presión Admisible por Asentamiento.

N = Número de golpes equivalente al ensayo estándar de penetración (corregido).

$f_E$  = factor de corrección por Espesor de Estrato.

$f_{NF}$  = factor de corrección debido al Nivel freático.

$f_{Df}$  = factor de corrección por profundidad de la cimentación.

$f_s$  = factor de corrección por asentamiento admisible.

En el caso que se considere cimientos corridos se exponen las siguientes fórmulas:

$$q_{adm} = (0.135 N - 0.169) * f_E * f_{NF} * f_{\delta} * f_{Df}$$

Figura 8. Fórmula Capacidad Admisible.

Fuente: (Terzaghi, Peck)

$$q_{adm} = 11.98N_{corr}$$

Figura 9. Fórmula Capacidad Admisible.

Fuente: (Meyerhof, 1965)

$$q_{adm} = 19.16 N_{cor} Fd \left( \frac{S_e}{25.4} \right); Fd = 1 + 0.33 \frac{Df}{B} \leq 1.33$$

Figura 10. Fórmula Capacidad Admisible.

Fuente: (Bowles, 1977)

Dónde:

B = Base en metros.

$q_{adm}$  = Presión Admisible por Asentamiento.

N = Número de golpes equivalente al ensayo estándar de penetración (corregido).

$F_E$  = factor de corrección por Espesor de Estrato.

$f_{NF}$  = factor de corrección debido al Nivel freático.

$f_{DF}$  = factor de corrección por profundidad de la cimentación.

$f_s$  = factor de corrección por asentamiento admisible.

Para el cálculo de la capacidad admisible del suelo por Corte, se emplea las siguientes formulas:

$$\phi = 27.1 + 0.3 N_{\text{corregido}} - 0.00054 N_{\text{corregido}}^2$$

Figura 11. Fórmula para validar N.

Fuente: (Peck, Hanson y Thornburn, 1974)

$$\phi = (20 N_{\text{corregido}})^{1/2} + 20$$

Figura 12. Fórmula para validar N.

Fuente: (Hanataka y Uchida, 1996)

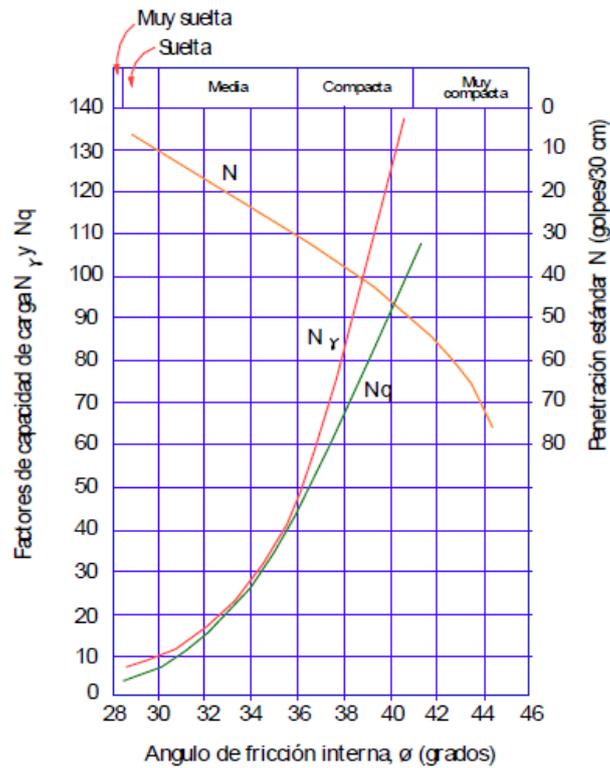


Figura 13. Factores de Capacidad de Carga teniendo en cuenta la falla local.

Fuente: (Peck, Hansen y Thornburn, 1953)

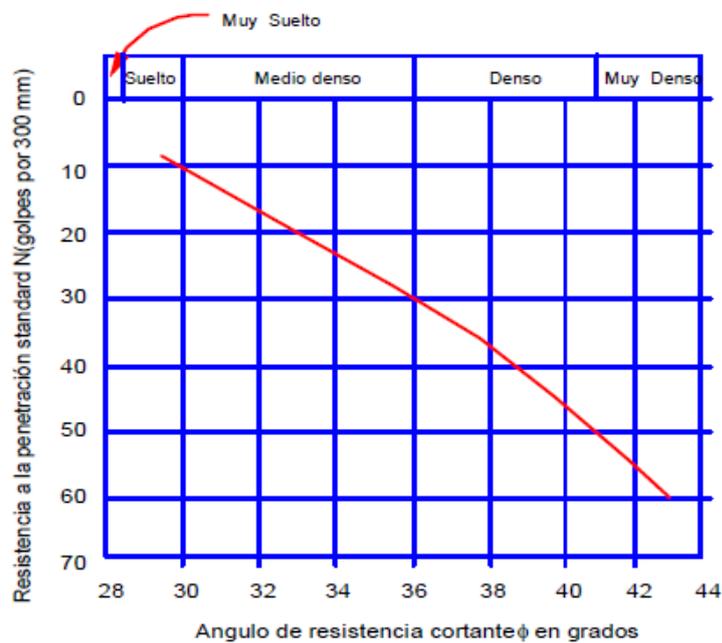


Figura 14. Correlación de Ángulo de Fricción y el N(SPT).

Fuente: (Peck, Hansen y Thornburn, 1953)

De acuerdo a las ecuaciones de capacidad de carga del suelo bajo zapatas cuadradas, dadas por K. Terzaghi y R. Peck se obtienen las siguientes fórmulas:

$$Q_d = 1.2 C N_c S_c b_c i_c + \gamma D_f N_q S_q b_q i_q + 0.4 \gamma B N_\gamma S_\gamma b_\gamma i_\gamma$$

Figura 15. Fórmula Capacidad Última en Zapatas.

Fuente: (Terzaghi, Peck)

Para cimentaciones no continuas (es decir para L menor que 5B) se emplean los siguientes factores de forma en la fórmula de la Figura 15:

$$S_c = 1 + \frac{B}{L} \left( \frac{N_q}{N_c} \right)$$

$$S_q = 1 + \frac{B}{L} \operatorname{tg} \phi$$

$$S_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$$

Figura 16. Fórmulas de Factores de Forma.

Fuente: (Terzaghi, Peck)

Para cargas inclinadas se deben utilizar los siguientes factores de inclinación en la fórmula de la Figura 15:

$$i_c = i_q - \left( \frac{1 - i_q}{N_c \operatorname{Tg} \phi} \right) \quad \text{Para } \phi > 0^\circ$$

$$i_q = \left( 1 - \frac{P}{Q + BLC \cos \phi} \right)^n$$

$$i_\gamma = \left( 1 - \frac{P}{Q + BLC \cot \phi} \right)^{n+1}$$

Figura 17. Fórmulas de Factores de Inclinación.

Fuente: (Terzaghi, Peck)

En general no se recomienda utilizar cimentaciones con base inclinada. Donde estas sean necesarias, los siguientes factores deben ser aplicados a la fórmula de la Figura 15:

$$b_q = b_\gamma = (1 - \alpha \operatorname{Tg} \phi)^2$$

$$b_c = b_\gamma - \frac{1 - b_\gamma}{N_c \operatorname{tg} \phi} \quad \text{Para } \phi > 0^\circ$$

Figura 18. Fórmulas de Factores para Cimentaciones con Base Inclinada.

Fuente: (Terzaghi, Peck)

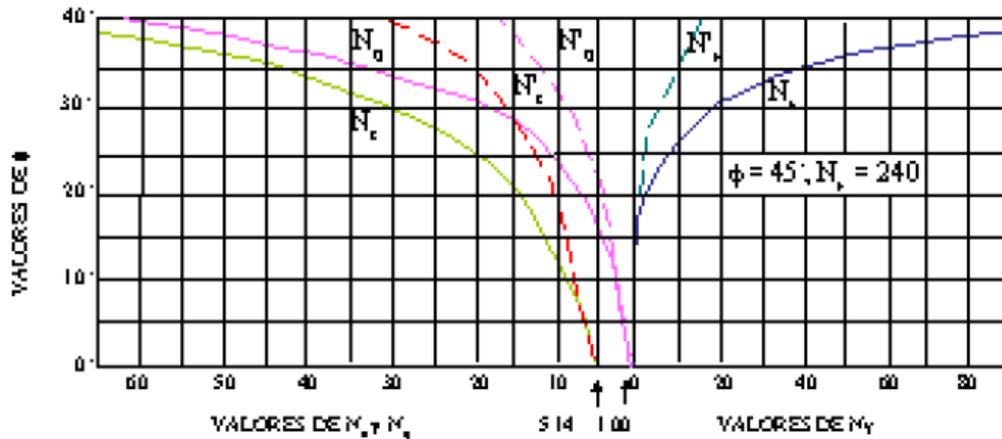


Figura 19. Relación entre  $\Phi$  y Factores de Capacidad de Carga.

Fuente: (Terzaghi, Peck)

De acuerdo a las ecuaciones de capacidad de carga del suelo bajo cimientos corridos, dadas por K. Terzaghi y R. Peck se obtienen las siguientes fórmulas:

$$Q_d = C N_c S_c b_c i_c + \gamma D_f N_q S_q b_q i_q + 0.5 \gamma B N_\gamma S_\gamma b_\gamma i_\gamma$$

Figura 20. Fórmula Capacidad Última en Cimientos Corridos.

Fuente: (Terzaghi, Peck)

$$N_c = \cot \phi (N_q - 1)$$

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$N_\gamma = 2 \tan \phi (N_q + 1)$$

Figura 21. Fórmulas de Factores de Capacidad de Carga.

Fuente: (Caquot y Kerisel, 1953)

Las cimentaciones, también llamadas apoyos en una edificación se refieren a todos los elementos que llamamos cimentación y que conforman la superestructura, ya que es la parte de la estructura que va a descansar sobre la superficie de fundación. A través de aplicar criterios ingenieriles y el conocimiento de la mecánica del suelo se proponen soluciones a los problemas, y que se puede denominar como una ciencia o un arte de la ingeniería fundamental. La parte de los cimientos conducen las cargas directamente al suelo, los elementos que pueden ser placas, muros estructurales y columnas a través de una conexión directa, la cimentación distribuye las cargas en toda su área de contacto a fin de que el suelo de fundación no se encuentre sobrecargado o que se generen

problemas de asentamientos mayores a los determinados en el estudio de suelos.

Para el caso de zonas sísmicas el conocer las propiedades de los suelos es una información que no podemos obviar definitivamente. Por tal motivo se realizan los ensayos y excavaciones a cielo abierto en campo, y posteriormente un conjunto de pasos para presentación de los datos obtenidos de cada ensayo a fin de interpretarlos mejor, y de esa manera se conocerá de forma más segura la presión máxima que podría soportar el suelo sin que se presenten problemas geotécnicos. Debido a los asentamientos los suelos se pueden destruir, la resistencia a las cargas de suelo es la máxima intensidad neta que puede soportar el suelo, considerando que una fuerza, una magnitud y un tipo de asentamiento, de acuerdo a ello se puede estructurar y experimentar (García, 2015).

Para el diseño de cimentaciones debemos poder elegir que cargas hay que tomar en consideración para aplicarla a la estructura, esto va a depender del uso que se le dará a la estructura y de acuerdo a ellos se elegirá de la norma las muy mencionadas cargas de diseño. En el caso de estructuras para fines industriales, existen cargas constantes debido al movimiento de maquinarias lo que conocemos como cargas móviles, entonces se diseñara considerando las máximas combinaciones de carga. (Garcia, 2015).

La resistencia del suelo, como encargados de su diseño consistirá en transmitir las cargas de la superestructura a las fundaciones de apoyo, buscando que no se generen problemas de corte en el suelo, ni desplazamientos laterales, ni asentamientos mayores a los determinados en el estudio de suelo. (Garcia, 2015).

Las cimentaciones superficiales son aquellas que se ubican sobre el suelo o estratos superficiales del suelo. En cuyo caso las cargas se reparten en un plano referencial de forma horizontal. Y en estructuras de mayor dimensión, por ejemplo puentes las cimentaciones incluyendo aquellas que no necesiten ser tan profundas se profundizaran para tener garantía que no se dañaran. Cuando en una cimentaciones se tienen demasiados elementos verticales de soporte y

estos se encuentran muy cercas entre sí, se optara por cimentaciones combinadas y/o losas de cimentación (Bua, 2014)

Las cimentaciones superficiales, se refieren a los elementos estructurales llamados zapatas y que tienen como función trabajar como una cimentación de un elemento vertical, muro estructural u otro elemento para transmitir las presiones que se generan al nivel de la cimentación. Para suelos medios a altos se recomienda el uso de zapatas aisladas, ya que la carga que viene del elemento vertical se distribuye directamente al terreno, existen casos donde se emplean vigas de cimentación de concreto armado.

Las cimentaciones combinadas son elementos estructurales que transmiten las cargas provenientes de dos elementos verticales debido a que se encuentran muy juntos, por tal razón no se podría proponer construir un soporte aislados para cada elemento. (Ingeniería Civil y Transporte, 2020).

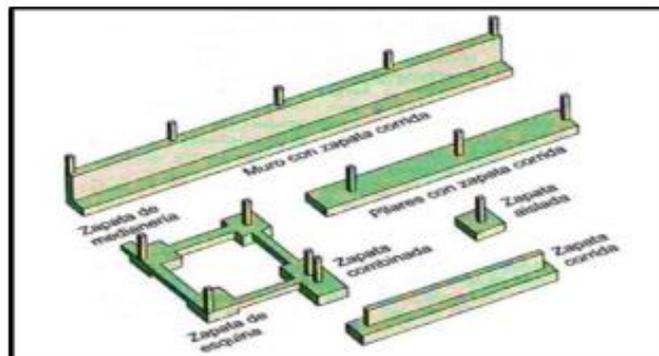


Figura 22. Diseño de zapatas.

Fuente: (López y Torres, 2021)

Existe un Método Basado en la Teoría de Boussinesq el cual nos permite estimar los valores de presión que ejerce una zapata al suelo a una profundidad determinada, sabiendo esta teoría la podemos aplicar a nuestro beneficio para lograr el objetivo de calcular el espesor de mejoramiento, principalmente se buscara determinar una profundidad a partir del nivel del desplante donde la presión ejercida por la zapata este por debajo de la capacidad Admisible del suelo y de esta forma la altura determinada se podría considerar como el estrato que necesita ser mejorado, debido a que en ese estrato la capacidad admisible del suelo está siendo superada por la presiones actuantes de la zapata.

$$\Delta\sigma_z = qI(m,n)$$

Figura 23. Fórmula de Diferencial de Esfuerzo.

Fuente: (Boussinesq, 1885)

$$I(m,n) = \frac{1}{4\pi} \left[ \frac{2mn\sqrt{m^2+n^2+1}}{m^2+n^2+m^2n^2+1} \frac{m^2+n^2+2}{m^2+n^2+1} + \tan^{-1} \left( \frac{2mn\sqrt{m^2+n^2+1}}{m^2+n^2+1-m^2n^2} \right) \right] ; \quad m = \frac{B}{z} ; \quad n = \frac{L}{z}$$

Figura 24. Fórmula de Factor de Influencia.

Fuente: (Boussinesq, 1885)

Donde:

q = Presión de la Zapata a nivel de Desplante.

B = Ancho de la Zapata.

L = Largo de la Zapata.

En el caso que el valor de  $(m^2n^2)$  sea más grande que el valor de  $(m^2+n^2+1)$ , el término de la fórmula anterior que utiliza tangente inversa se vuelve negativo, luego será necesario modificar la fórmula anterior de la *Figura 23*, sumando al anterior resultado el valor de  $\pi$ , de la siguiente manera:

$$I(m,n) = \frac{1}{4\pi} \left[ \frac{2mn\sqrt{m^2+n^2+1}}{m^2+n^2+m^2n^2+1} \frac{m^2+n^2+2}{m^2+n^2+1} + \tan^{-1} \left( \frac{2mn\sqrt{m^2+n^2+1}}{m^2+n^2+1-m^2n^2} \right) + \pi \right]$$

Figura 25. Fórmula de Factor de Influencia Corregida.

Fuente: (Boussinesq, 1885)

$$0 \leq I(m,n) \leq 0.25$$

Figura 26. Intervalo de Valores del Factor de Influencia.

Fuente: (Boussinesq, 1885)

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

##### **Tipo de investigación**

El tipo de investigación es Aplicada, la investigación del presente proyecto se considera que será aplicada ya que se investigará una posibilidad de aplicar la nueva teoría determinada en la investigación para resolver y proponer soluciones a los problemas. En este caso la nueva teoría sería una propuesta de estabilización en función de un espesor de mejoramiento y una dosificación de cemento.

##### **Enfoque de investigación**

El enfoque de esta investigación será Cuantitativo, cuando el principal motivo de la investigación es reseñar características de un grupo mediante, análisis, tablas, cálculo para generar un gráfico y tener datos contables, se denomina cuantitativo. Por lo tanto como vamos a exponer nuestros resultados de ensayos a través de gráficos y tablas estamos siguiendo un enfoque cuantitativo.

##### **El diseño de la investigación**

La presente investigación tiene un diseño Cuasi Experimental, se dice que el diseño es cuasi experimental cuando dentro de la investigación solo se manipula una de las dos variables, donde generalmente la variable a manipular es la variable independiente. Ya que se manipulara solo una variable de las dos existentes, en este caso la variable a manipular seria Suelos.

##### **El nivel de la investigación**

El nivel de investigación será Aplicativo, debido a que queremos solucionar el problema que estamos estudiando mediante la aplicación de un método de mejoramiento del suelo, que en este caso sería una estabilización suelo-Cemento aplicado a cimentaciones superficiales de edificaciones.

### 3.2. Variables y operacionalización

Las Variables son los fenómenos, cualidades, rasgos, propiedades o características la cual su variación es susceptible de medición. La variable independiente es la que va a generar alteraciones en la otra variable a la que se relaciona. La variable dependiente es la que experimenta cambios/modificaciones.

<b>Variable 1</b> (Variable Independiente)	: Suelo
<b>Variable 2</b> (Variable Dependiente)	: Parámetros de Diseño

La operacionalización designará un proceso mediante el cual se transformará la variable de conceptos indeterminados a términos concretos. Es definir la forma de cómo se observará y cuantificará cada dato que se requiera para la investigación.

### 3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

#### **Población:**

En términos más precisos, es un grupo finito o infinito de componentes con una misma particularidad. La población de estudio será el terreno donde se proyectara construir la edificación, y es está ubicado en la avenida 18 de febrero del distrito de Parcona, Ica - Ica.

#### **Muestra:**

Está definido como un subgrupo finito que pertenece a la población investigada, en otras palabras la muestra es la fracción característica de la población. (BALESTRINI ACUÑA, 2006). Por ende la muestra la extrajimos de las excavaciones a cielo abierto, donde fueron tres excavaciones en total y se realizaron con el fin de determinar el suelo patrón para luego realizar el estudio del suelo-cemento.

**Muestreo:**

Consiste en un conjunto de reglas, procedimientos y criterios mediante los cuales se selecciona un conjunto de elementos de una población que representan lo que sucede en toda esa población. El muestreo será no probabilístico o Muestreo por Conveniencia. Esto garantiza que la muestra a ensayar sea la correcta, es decir la muestra de suelo que represente las condiciones de todo el terreno.

**Unidad de análisis:**

Es el elemento mínimo de una población y de una muestra, y que se le considera poseedor de ciertas propiedades, atributos o características. La unidad de análisis viendo siendo a ser la parte primordial, la parte más importante de esta investigación, en este caso se tiene como título "Suelo Arenoso Mejorado con Cemento empleado como Relleno Controlado para Cimentaciones Superficiales y Determinación de los Parámetros de Diseño, Parcona - Ica, 2021", la unidad de análisis el Suelo (Suelo Patrón y Suelo-Cemento).

**3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos****Técnicas**

Octavio O. (2015): Comenta que las Técnicas se refieren a diferentes maneras de obtener los datos, y que después del trabajo de procesar, se presentaran como información nueva. Las técnicas que se utilizaron en esta investigación para la obtención de datos fueron las siguientes:

La observación: Esto permite ver el desarrollo del fenómeno que se desea analizar, este método es bastante práctico para recabar información cualitativa o cuantitativa que dependerá de la información que desees tener.

Ensayos de Laboratorio: En los ensayos de laboratorio se determinan las características, ya sea físicas o químicas, del producto en análisis, bajo unos procedimientos determinados. Para la presente investigación se realizaron los siguientes ensayos: Contenido de Humedad, Granulometría, Gravedad Específica, Límites de Consistencia, Clasificación de Suelos, Corte Directo, Ensayo De Penetración Dinámica (DPL), Ensayo Proctor y Cono de Arena.

## **Instrumentos de recolección de datos**

El instrumento de recolección de datos determina los procedimientos y las actividades que nos permitirá en nuestra investigación obtener datos e información necesaria para resolver las preguntas que nos planteamos. Los instrumentos nos facilitaran recolectar los datos específicos para el diseño.

Cámara fotográfica para todo el requerimiento de panel fotográfico.

Instrumentos empleados en el laboratorio de suelos: Taras, Balanza, Horno, Tamices, Picnómetro, Cocina, Embudo, Tabla de Clasificación SUCS, Equipo de Corte Directo, Equipamiento DPL, Equipamiento para Proctor y Equipamiento para Densidad de Campo.

## **Validez**

Para validar el contenido de los resultados, serán planteados al juicio de expertos de la línea de investigación que son los tres miembros del jurado, en el cual podrán analizar la matriz de consistencia. Detallando la coherencia, suficiencia, y calidad de redacción de los resultados analizando dimensiones de la variable ya que mediante estas se recolecto la información de la presente investigación.

## **Confiabilidad de los instrumentos**

La confiabilidad de un instrumento de medición se refiere al grado en que su aplicación repetida al mismo individuo u objeto produce resultados iguales. La confiabilidad lo basamos en los instrumentos que fueron calibrados por lo cual se optara por presentar los certificados de ellos. Con el fin de tener la certeza que los instrumentos están correctamente calibrados y que pueden ser utilizados en los respectivos ensayos y que los resultados sean datos exactos y confiables.

### **3.5. Procedimiento**

Para la presente investigación fue necesario llevar a cabo el estudio del suelo correspondiente, a través de ensayos de campo y de laboratorio. Primero se realizó 03 perforaciones a cielo abierto para la extracción de suelo, donde este suelo sería nuestra muestra de estudio.



*Figura 27. Calicata 01.*

Fuente: Elaboración Propia.



*Figura 28. Calicata 02.*

Fuente: Elaboración Propia.



*Figura 29. Calicata 03.*

Fuente: Elaboración Propia.

Posteriormente se extrajo las muestras de cada calicata para su ensayo en laboratorio, en el siguiente capítulo se procederá a detallar los resultados de cada ensayo realizado para el suelo patrón o natural y el suelo-cemento.

### **3.6. Método de análisis de datos**

El método de análisis de datos se basa en llegar a la conclusión exclusivamente con datos cuantitativos, que se presenta en forma numérica, con resultados claramente tangibles en este caso de pruebas y ensayos que se realizó en un laboratorio. Por ende, para la selección de datos lo tomamos mediante la observación directa. Ya que por este medio nos permite observar, visualizar cada muestra y tener los apuntes necesarios y contrarrestarlo con nuestra hipótesis.

### **3.7. Aspectos éticos**

Como tesista e investigador tengo un compromiso como un futuro profesional, brindare los resultados de esta investigación con veracidad, no se usaran resultados de laboratorio de otras investigaciones, por otra parte no se presentara duplicidad de otras investigaciones respecto a la información, por lo tanto se demostrara en la presente investigación autenticidad.

#### IV. RESULTADOS

En el presente capítulo se procederá a detallar con fotografías, tablas y figuras los resultados de los ensayos realizados en el laboratorio de suelos así como también los resultados de los ensayos realizados in situ para posteriormente realizar la interpretación de los mismos.

##### Descripción de la zona de estudio

##### Ubicación política

La investigación presente tuvo como población de estudio un área de terreno donde se proyectó una edificación, este terreno está ubicado en la avenida 18 de febrero en el distrito de Parcona, provincia de Ica, en el departamento de Ica.



Figura 30. Mapa político del Departamento de Ica.

Fuente: <https://www.fertur-travel.com/es/ica-info/ica-maps/>

##### Ubicación del proyecto



Figura 31. Mapa de la provincia de Ica.

Fuente: [https://www.familysearch.org/es/wiki/Plantilla:Ica\\_Provincia\\_Mapa](https://www.familysearch.org/es/wiki/Plantilla:Ica_Provincia_Mapa)



Figura 32. Mapa del distrito de Parcona.

Fuente: <https://www.google.com/maps/place/Parcona/>

### Limites

- Norte : Con el Distrito de La Tinguíña.
- Sur : Con el Distrito de Los Aguijes
- Oeste : Con el Distrito de Ica.



Figura 33. Perímetro del Terreno.

Fuente: <https://earth.google.com/web/>

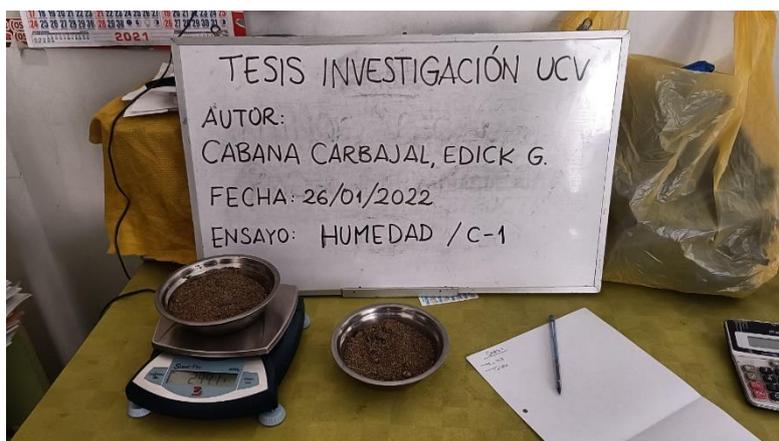
### **Objetivo Específico 01: Determinar el espesor de mejoramiento del Suelo mediante el Método de Carga Rectangular de Boussinesq.**

Para determinar el Espesor de mejoramiento necesitamos conocer las propiedades del suelo en estado natural, ya que de las mismas depende si el espesor a mejorar será mayor o menor, teniendo como condicionante que para un suelo de propiedades desfavorables se va a requerir mayor espesor de mejoramiento para poder afrontar las solicitaciones de la edificación a cimentar.

A continuación, se especifica los resultados para lograr identificar las propiedades del suelo patrón o también llamado suelo natural.

#### **4.1. Contenido de Humedad**

Ensayo estándar para la determinación del contenido de humedad del suelo según NTP 339.127 - ASTM D 2216



*Figura 34. Ensayo de Contenido de Humedad del Suelo Natural.*

Fuente: Elaboración Propia.



*Figura 35. Taras con el Suelo natural en el Horno.*

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 6.** Contenido de Humedad del Suelo Natural (Calicata 01).

	MUESTRA	
	1	2
Masa de la tara	42.3	39.6
Masa de la muestra húmeda + tara	315.2	299.1
Masa de la muestra seca + tara	311.4	295.3
Masa de la muestra húmeda	272.9	259.5
Masa de la muestra seca	269.1	255.7
%HUMEDAD	1.41%	1.49%
%HUMEDAD PROM.	1.45%	

Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.2. Granulometría

Ensayo estándar de análisis granulométrico por tamices según la norma ASTM D6913 - NTP 339.128



**Figura 36.** Ensayo de Granulometría del Suelo Natural.

Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 37.** Pesos Retenidos en los Tamices.

Fuente: Elaboración Propia.

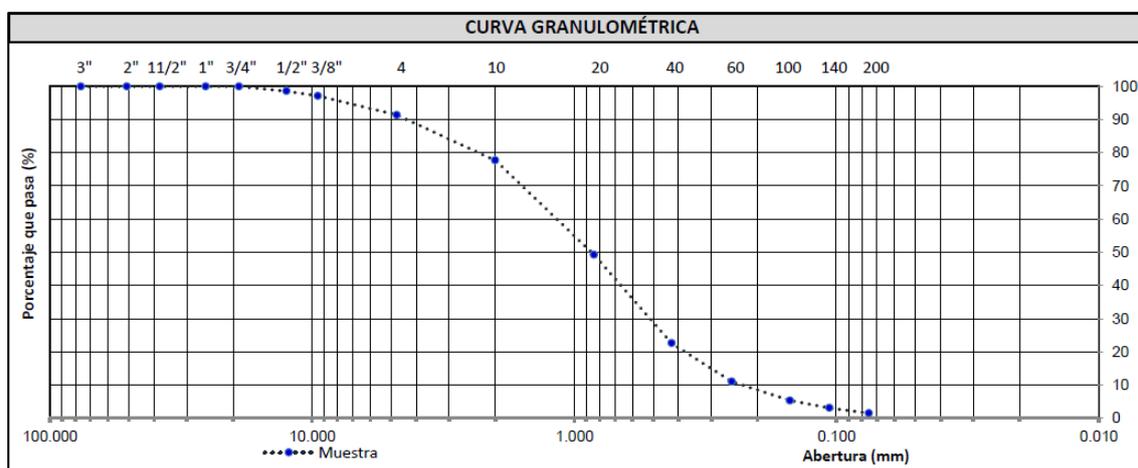
**Tabla 7. Análisis Granulométrico del Suelo Natural (Calicata 01).**

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RET. ACUM.	% QUE PASA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
¾"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
½"	12.500	10.30	1.46	1.46	98.54
⅜"	9.500	10.10	1.43	2.90	97.10
Nº 4	4.750	40.50	5.75	8.65	91.35
Nº 10	2.000	96.40	13.69	22.34	77.66
Nº 20	0.840	200.10	28.42	50.75	49.25
Nº 40	0.425	188.20	26.73	77.48	22.52
Nº 60	0.250	81.80	11.62	89.09	10.91
Nº 100	0.150	39.80	5.65	94.75	5.25
Nº 140	0.106	15.90	2.26	97.00	3.00
Nº 200	0.075	10.80	1.53	98.54	1.46
< Nº 200	FONDO	10.30	1.46	100.00	0.00
		704.2	100.0		

<b>Peso inicial seco (g):</b>	<b>704.2</b>
<b>Peso después del lavado (g):</b>	<b>693.9</b>
<b>DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA</b>	
Contenido de Humedad (%):	1.45%
Límite líquido:	NP
Límite plástico:	NP
Índice de plasticidad:	NP
<b>OBSERVACIONES :</b>	
Bolonería o bloques >3":	NO PRESENTA
Grava:	8.65
Arena:	89.89
Finos:	1.46
Cu:	5.47
Cc:	0.97

Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 38. Curva Granulométrica del Suelo Natural (Calicata 01).**

Fuente: Elaboración Propia.

La tabla muestra las cantidades en porcentaje de material que pasan por los diferentes tamices, se puede observar claramente que el material predominante son las arenas.

### 4.3. Gravedad Específica

Ensayo estándar para la determinación del Peso Específico Relativo De Suelos  
NTP 339.131 - ASTM D 854

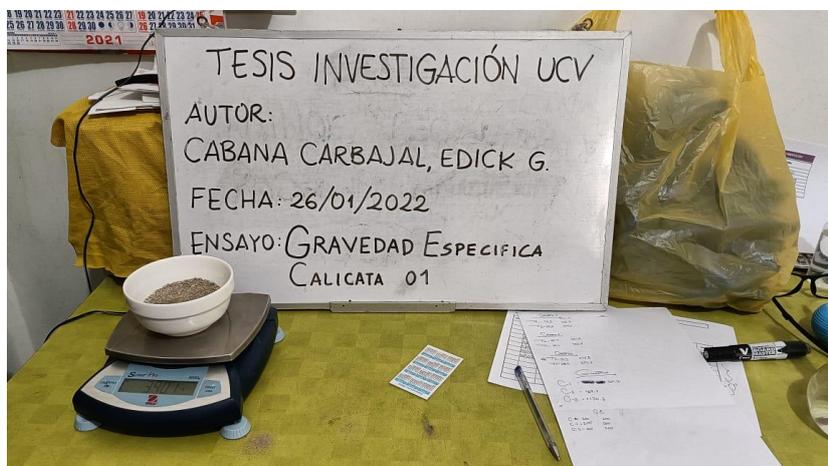


Figura 39. Ensayo de Gravedad Específica.

Fuente: Elaboración Propia.

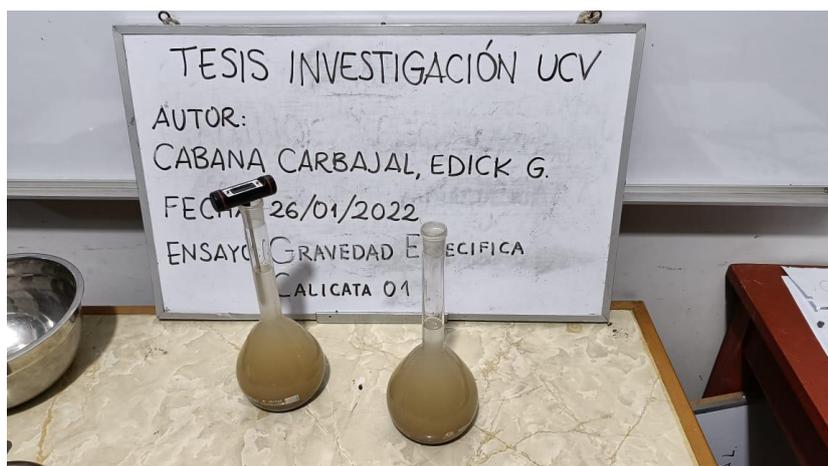


Figura 40. Medición de la Temperatura en la Fiola.

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 8.** *Peso Específico del Suelo Natural (Calicata 01).*

	MUESTRA < MALLA N °4			MUESTRA > MALLA N °4		
	1	2	3	1	2	3
A (Peso Seco)	200	200	200	-	-	-
B (Peso SSS)	-	-	-	-	-	-
C (Peso fiola + agua) o (Peso SSS Sumergido)	664.80	671.00	665.40	-	-	-
D (Peso fiola+agua+muestra)	791.50	797.60	792.10	-	-	-
DENSIDAD RELATIVA (A/B+C-D)	2.73	2.72	2.73	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.4. Límites de Consistencia

Determinación de los límites de consistencia (%) por la norma ASTM-D-4318



Figura 41. Ensayo de Límites de Consistencia.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 42. El suelo no presenta Límites de Consistencia.

Fuente: Elaboración Propia.

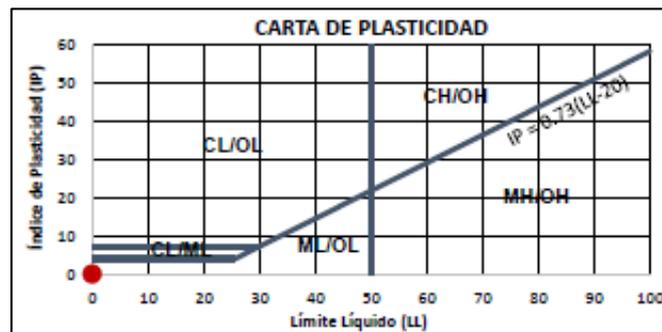


Figura 43. Carta de Plasticidad.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 9. Límites de Consistencia del Suelo Natural (Calicata 01).

DATOS DE LA MUESTRA			
%w	1.45%	Peso esp. (g/cm <sup>3</sup> )	2.73
LL	NP	%Grava	8.65
LP	NP	%Arena	89.89
IP	NP	%Finos	1.46

Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.5. Clasificación del Suelo

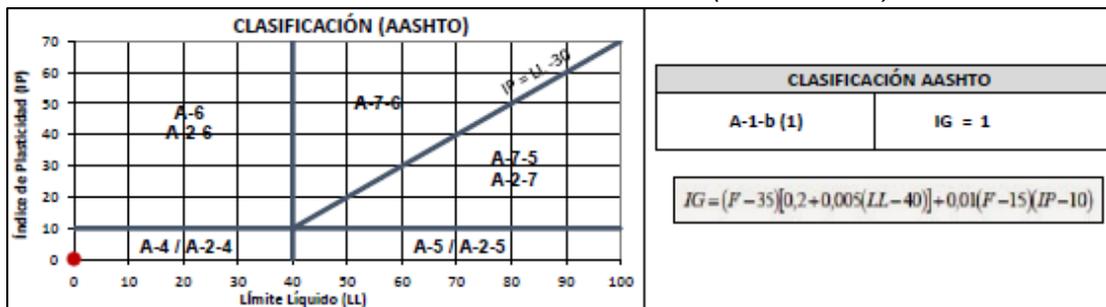
Clasificación De Suelos Por El Método SUCS Y AASHTO NTP 339.134 - NTP 339.135.

**Tabla 10. Clasificación SUCS (Calicata 01).**

CLASIFICACIÓN SUCS			
Suelo de grano:	GRUESO (S)	Gradación:	POBRE (P)
<15% Grava:	-	Bolones o bloques:	NO PRESENTA
SP		ARENA POBREMENTE GRADUADA	

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 11. Clasificación AASHTO (Calicata 01).**



Fuente: Elaboración Propia.

Lo que nos da como resultado una **Arena Pobremente Graduada (SP)**.

#### 4.6. Corte Directo

El Ensayo De Corte Directo ASTM D 3080 para determinar la capacidad portante del suelo.



**Figura 44. Preparación de la Muestra para el Corte Directo.**

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 45. Preparación del Equipo de Corte Directo.

Fuente: Elaboración Propia.

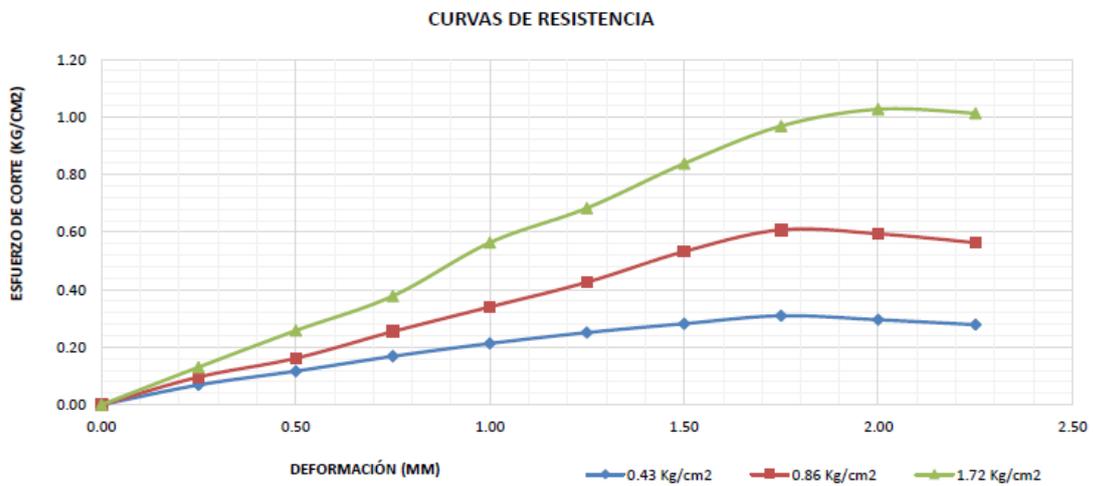


Figura 46. Curvas de Resistencia - Ensayo de Corte Directo (Suelo Patrón).

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 12. Esfuerzo Normal y Esfuerzo Cortante (Suelo Patrón).**

Esf. Normal (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esf. Cortante (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.43	0.31
0.86	0.61
1.72	1.03

Fuente: Elaboración Propia.

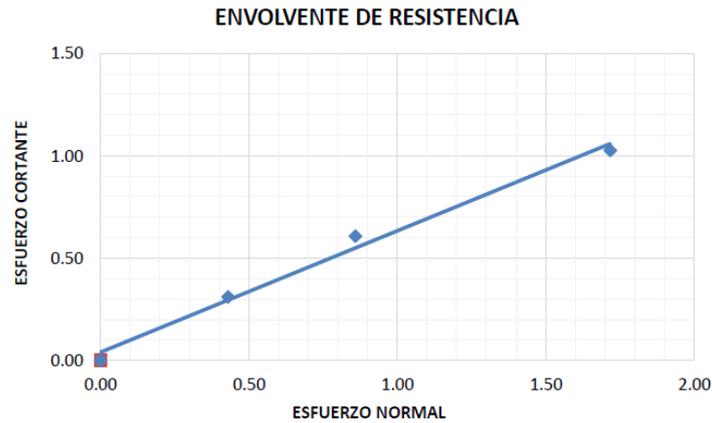


Figura 47. Envolvente de Resistencia (Suelo Patrón).

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 13.** Cohesión y Ángulo de Fricción (Suelo Patrón).

RESULTADOS	
C (Kg/cm <sup>2</sup> )	0.00
$\phi$ (°)	30.70

Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.6. Ensayo De Penetración Dinámica en Suelo Patrón (DPL)

El objetivo del ensayo es medir la resistencia del suelo a la penetración, para ello se utiliza una puntaza cónica de metal que va unido a un varillaje el cual va penetrando en el suelo mediante golpeo.



Figura 48. Ensayo DPL in situ.

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 14. Ensayo de Penetración Dinámica (Suelo Patrón).**

PROFUNDIDAD(cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
N corregido					5	6	9	11	15	16	17	15	18	19	23	28	29
PROFUNDIDAD(cm)	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340
N corregido	32																
N (DPL)= 16.0																	
N (SPT)= 16.0																	

Fuente: Elaboración Propia.

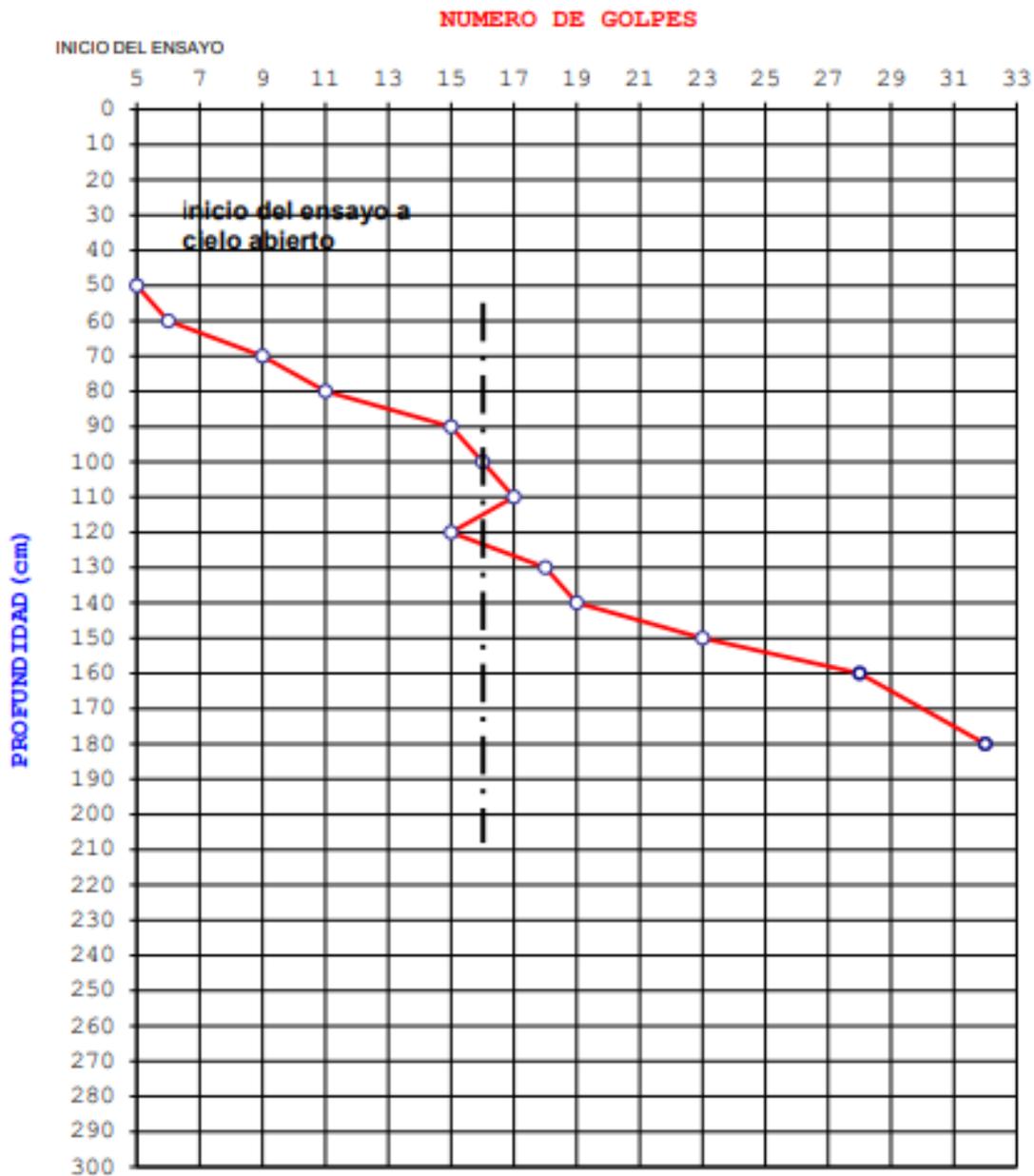


Figura 49. Curva "Número de Golpes – Profundidad" (Suelo Patrón).

Fuente: Elaboración Propia.

## **Análisis de la Capacidad de Carga por Asentamiento para Zapatas**

Se realizaron los cálculos considerando una cota de fundación de  $D_f = 120$  cm. de acuerdo a las características impuestas por el terreno de fundación y la situación de la estructura existente. Teniendo en cuenta que el Nivel Freático se encuentra a gran profundidad.

La edificación a cimentar, una Estructura de concreto Armado de 03 niveles, apoyadas sobre Zapatas, para el presente análisis. En este sentido, se considera, un valor de carga de 42 Tn. por zapata, entonces para no exceder el valor de "qa" se requiere una zapata cargada de lado mayor a:  $B = 1.90$  m., reemplazando estos datos en la ecuación siguiente se obtiene:

**Tabla 15.** Capacidad Admisible por Asentamiento (Suelo Patrón).

ENSAYO	$\sigma_{adm}$	$\sigma_{adm}$	$\sigma_{adm}$	Clasificación	N <sub>corr</sub>	Df
N°	Terzaghi	Meyerhoff	Bowles	SUCS		m.
Ponderado	1.19 Kg/cm <sup>2</sup>	1.72 Kg/cm <sup>2</sup>	1.43 Kg/cm <sup>2</sup>	SP	16	1.20

Fuente: Elaboración Propia.

## **Análisis de la Capacidad de Carga por Corte para Zapatas**

De acuerdo a los resultados obtenidos de los ensayos realizados, encontramos los siguientes datos para determinar la capacidad admisible por corte del terreno en estudio:

**Tabla 16.** Datos para calcular la Capacidad Admisible (Suelo Patrón).

CALICATA N°	$\phi$	N <sub>q</sub>	N <sub><math>\gamma</math></sub>	$\gamma$ gr/cm <sup>3</sup>	Cohesión (Kg/cm <sup>2</sup> )	N <sub>corr</sub>	SUCS
1	30.7	12.97	9.89	1.82	0.00	16	SP

Fuente: Elaboración Propia.

En base a la correlación con los resultados del ensayo de corte directo obtenidos y empleando las expresiones de la *figura 11* y *figura 12* se validó el valor de N para el presente proyecto.

Se realizaron los cálculos considerando una cota de fundación mínima de  $D_f = 1.20$  m. para zapatas, de acuerdo a las condiciones impuestas por las características mecánicas del perfil en estudio.

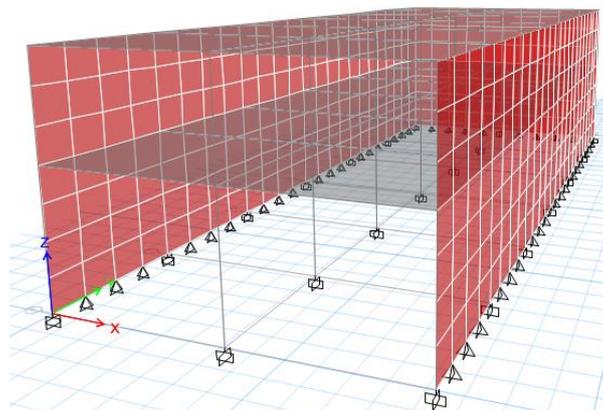
Al considerar para el análisis una estructura de 03 niveles, apoyada sobre zapatas cuadradas, estos ejercen aproximadamente una carga de 42 Tn por zapata, entonces para no exceder el valor de “Qadm” se necesita una franja cargada mayor a  $B = 1.75$  m. (de lado como mínimo); reemplazando en las ecuaciones de capacidad de carga por corte del suelo bajo zapatas cuadradas, dadas por K. Terzaghi y R. Peck tenemos:

**Tabla 17. Resultados de Capacidad Admisible por Corte (Suelo Patrón).**

ENSAYO N°	Factor De seguridad	Q <sub>ultimo</sub> Terzaghi	Q <sub>adm</sub>	Clasif. SUCS	N <sub>corr</sub>	Df
ponderado	3	4.09 Kg/cm <sup>2</sup>	1.36 Kg/cm <sup>2</sup>	SP	16	1.20

Fuente: Elaboración Propia.

De las tablas anteriores de capacidad admisible elegiremos el valor más conservador que es de: **Qadm = 1.19 Kg/cm<sup>2</sup>**. Seguidamente se realizó el modelamiento Estructural de la Edificación Proyectada a Cimentar para determinar el valor más alto de carga en las zapatas.



**Figura 50. Modelamiento Estructural en Etabs.**

Fuente: Elaboración Propia.

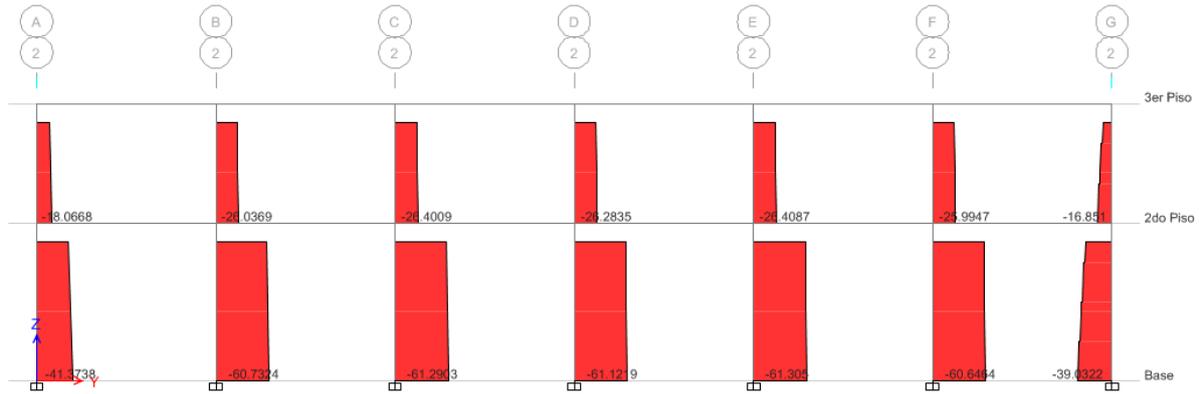


Figura 51. Cargas Axiales más Altas de la Estructura.

Fuente: Elaboración Propia.

Del análisis Estructural realizado, extraemos el valor de carga Axial más alto con el fin de determinar un espesor de mejoramiento uniforme que pueda funcionar para todas las demás zapatas aisladas. **F= 62.305 Ton**

Finalmente contando con todos los parámetros del suelo patrón y las cargas actuantes de la edificación proyectada, tenemos un cuadro resumen de datos que nos servirán para estimar el espesor de mejoramiento necesario.

**Tabla 18. Datos necesarios para establecer el Espesor de Mejoramiento.**

Carga de Servicio:	62.305	ton	Presión Admisible del Suelo:	11.9	ton/m <sup>2</sup>
B (Zapata):	2.5	m	Presión (Estructura):	9.97	ton/m <sup>2</sup>
L (Zapata):	2.5	m	Presion (Relleno):	1.92	ton/m <sup>2</sup>
Z (Desplante):	1.2	m	Sobrecarga (1er Nivel):	0.4	ton/m <sup>2</sup>
Peso Especifico del Relleno:	1.6	ton/m <sup>3</sup>	Presion en Base de Zapata:	12.29	ton/m <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración Propia.

Haciendo uso del Método Basado en la Teoría de Boussinesq podemos determinar los valores de presión que ejerce una zapata a una profundidad determinada, sabiendo esto determinaremos una profundidad donde la presión ejercida por la zapata este por debajo de la capacidad Admisible del Terreno de esta forma esa altura será la profundidad de mejoramiento necesaria ya que en ese estrato la presión de la zapata supera a la presión admisible del terreno.

**Tabla 19. Valores de Presión bajo la Zapata.**

Z (Profundidad)	m	n	m <sup>2</sup> +n <sup>2</sup> +1	m <sup>2</sup> +n <sup>2</sup> +2	m <sup>2</sup> .n <sup>2</sup>	lz	G (ton/m <sup>2</sup> )
0.00	75.00000	100.00000	15626	15627	56250000	0.2473	12.16
0.60	2.08333	2.08333	9.681	10.681	18.8380	0.23416	11.51
2.00	0.62500	0.62500	1.781	2.781	0.1526	0.11231	5.52
3.00	0.41667	0.41667	1.347	2.347	0.0301	0.06420	3.16
4.00	0.31250	0.31250	1.195	2.195	0.0095	0.04008	1.97
5.00	0.25000	0.25000	1.125	2.125	0.0039	0.02702	1.33
6.00	0.20833	0.20833	1.087	2.087	0.0019	0.01932	0.95
7.00	0.17857	0.17857	1.064	2.064	0.0010	0.01446	0.71
8.00	0.15625	0.15625	1.049	2.049	0.0006	0.01120	0.55
9.00	0.13889	0.13889	1.039	2.039	0.0004	0.00892	0.44
10.00	0.12500	0.12500	1.031	2.031	0.0002	0.00727	0.36

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 19, se puede observar los valores de las presiones que actúan bajo la zapata en función de la profundidad, esta profundidad fue considerada a partir del nivel de desplante por lo que a una profundidad NFZ. = 0.00 m actúa el 100% de la presión de la zapata la cual es 12.16 Ton/m<sup>2</sup> y esta es superior a la capacidad admisible del suelo 11.90 Ton/m<sup>2</sup>. Si analizamos la presión en la tabla 19 para una profundidad mayor al NFZ. = -0.60 m la presiones son cada vez más inferiores a la capacidad admisible del suelo natural.

### **Contrastación de hipótesis**

**Hipótesis Específica 01: Una forma de determinar el espesor de mejoramiento del Suelo para fines de Cimentación, sería mediante el Método de Carga Rectangular de Boussinesq.**

Finalmente se valida la hipótesis específica, habiendo cumplido el objetivo específico de determinar el espesor de mejoramiento. Para ello se realizó un análisis comparativo de las condiciones naturales del suelo (Suelo Patrón) y las solicitaciones de esfuerzos de la edificación proyectada, a partir de ensayos de laboratorio e in situ conjuntamente con la aplicación de teorías de mecánica de suelos, tenemos como producto final un espesor de mejoramiento de 60 cm el cual se llevó a cabo in situ.

**Objetivo Específico 02: Mejorar la Máxima Densidad Seca del Suelo, que será empleado como Relleno Controlado para cimentaciones Superficiales mediante la incorporación de Cemento.**

A continuación se detalla los ensayos realizados para el suelo-cemento a fin de demostrar el incremento de la máxima densidad seca en función de la dosificación de cemento.

#### **4.7. Ensayo Proctor**

Para poder realizar in situ el espesor de mejoramiento determinado anteriormente es necesario realizar el ensayo de Proctor para determinar el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca del suelo-cemento.

El dimensiones de la calicata fueron de 1m x 3m con el objetivo que en cada metro cuadrado se pueda trabajar un dosificación (5%, 7.5% y 10%) de cemento.



*Figura 52.* Calicata donde se realizara el espesor de mejoramiento.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 53. Ensayo Proctor del Suelo Cemento.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 54. Suelo Compactado del Ensayo Proctor.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 20. Resumen de datos para Ensayo Proctor Modificado.

DESCRIPCION	Arena pobremente gradada de color gris claro		METODO "A"	
CLASIFICACION SUCS	SP		CAPAS	5
CLASIFICACION AASHTO	A-1-b (0)		GOLPES/CAPA	25
% RETENIDO ACUMULADO MALLA 3/4"	-			
% RETENIDO ACUMULADO MALLA 3/8"	132.7	PREPARACION	Seco	PISTON
% RETENIDO ACUMULADO MALLA N°4	98.4			Manual
MATERIAL PASANTE A USAR	No. 4	DATOS DEL MOLDE (mm): 152.4 (6 pulg)		
GRAVEDAD ESPECIFICA	-	Peso (g)	3832.00	Volumen (cm3)
				785.400

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 21. Máxima Densidad del Suelo Cemento al 10%.**

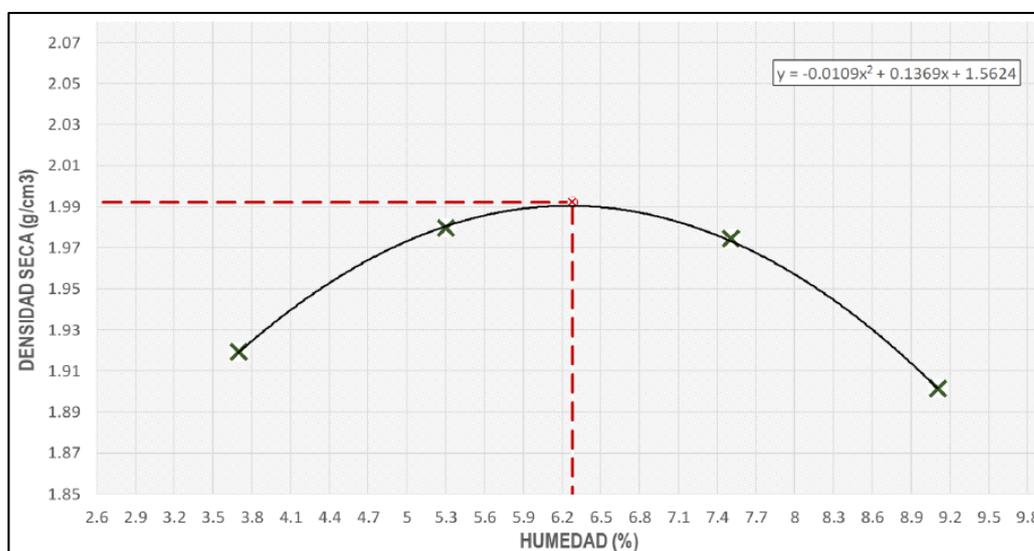
PRUEBA	UND	01	02	03	04
PESO MOLDE + MUESTRA COMPACTADO	g	5395.00	5469.00	5499.00	5461.00
PESO MUESTRA COMPACTADA	g	1563.00	1637.00	1667.00	1629.00
DENSIDAD HUMEDA	g/cm <sup>3</sup>	1.99	2.08	2.12	2.07
<b>DENSIDAD SECA</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>	<b>1.92</b>	<b>1.98</b>	<b>1.97</b>	<b>1.90</b>

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 22. Resultados de Contenido de Humedad del Suelo Cemento al 10%.**

TARA	N°	01	02	03	03
PESO TARA	g	37.20	37.20	37.20	37.20
PESO TARA + SUELO HUMEDO	g	256.10	261.70	243.50	255.30
PESO TARA + SUELO SECO	g	248.30	250.40	229.10	237.10
PESO AGUA	g	7.80	11.30	14.40	18.20
PESO SUELO SECO	g	211.10	213.20	191.90	199.90
<b>PORCENTAJE DE HUMEDAD</b>	<b>%</b>	<b>3.69%</b>	<b>5.30%</b>	<b>7.50%</b>	<b>9.10%</b>

Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 55. Curva de Proctor Modificado del Suelo Cemento al 10%.**

Fuente: Elaboración Propia.

Con la gráfica mostrada anteriormente se puede determinar que la máxima densidad seca es de **1.99 gr/cm<sup>3</sup>** con un óptimo contenido de Humedad de **6.3%**.

**Tabla 23. Resultados de Máxima Densidad del Suelo Cemento al 7.5%.**

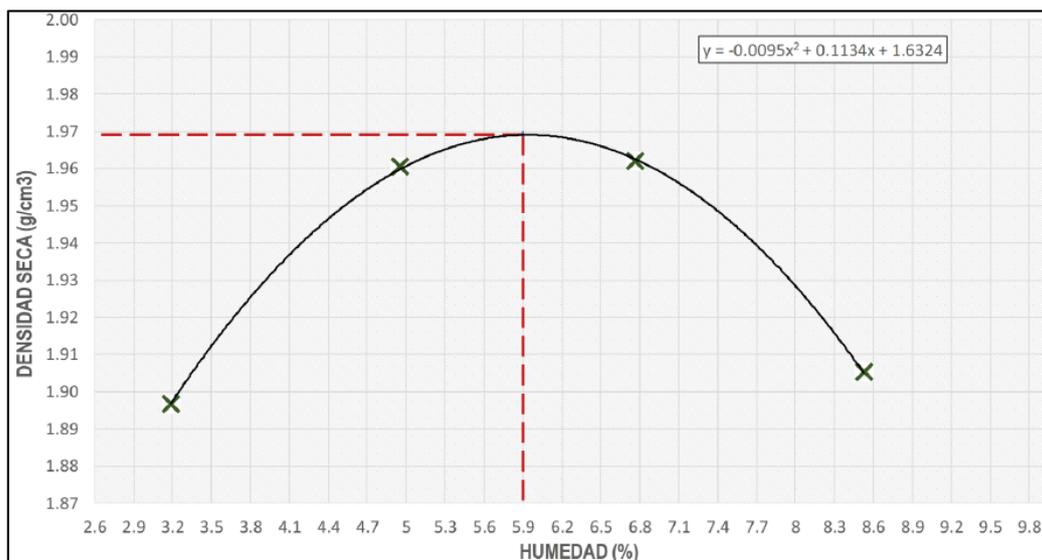
PRUEBA	UND	01	02	03	04
PESO MOLDE + MUESTRA COMPACTADO	g	5369.00	5448.00	5477.00	5456.00
PESO MUESTRA COMPACTADA	g	1537.00	1616.00	1645.00	1624.00
DENSIDAD HUMEDA	g/cm <sup>3</sup>	1.96	2.06	2.09	2.07
<b>DENSIDAD SECA</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>	<b>1.90</b>	<b>1.96</b>	<b>1.96</b>	<b>1.91</b>

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 24. Contenido de Humedad del Suelo Cemento al 7.5%.**

TARA	N°	01	02	03	03
PESO TARA	g	37.20	37.20	37.20	37.20
PESO TARA + SUELO HUMEDO	g	<b>241.20</b>	<b>251.30</b>	<b>250.40</b>	<b>261.20</b>
PESO TARA + SUELO SECO	g	<b>234.90</b>	<b>241.20</b>	<b>236.90</b>	<b>243.60</b>
PESO AGUA	g	6.30	10.10	13.50	17.60
PESO SUELO SECO	g	197.70	204.00	199.70	206.40
<b>PORCENTAJE DE HUMEDAD</b>	%	<b>3.19%</b>	<b>4.95%</b>	<b>6.76%</b>	<b>8.53%</b>

Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 56. Curva de Proctor Modificado del Suelo Cemento al 7.5%.**

Fuente: Elaboración Propia.

Con la gráfica mostrada anteriormente se puede determinar que la máxima densidad seca es de **1.97 gr/cm<sup>3</sup>** con un óptimo contenido de Humedad de **5.9%**.

**Tabla 25. Resultados de Máxima Densidad del Suelo Cemento al 5%.**

PRUEBA	UND	01	02	03	04
PESO MOLDE + MUESTRA COMPACTADO	g	<b>5341.00</b>	<b>5398.00</b>	<b>5428.00</b>	<b>5414.00</b>
PESO MUESTRA COMPACTADA	g	1509.00	1566.00	1596.00	1582.00
DENSIDAD HUMEDA	g/cm <sup>3</sup>	1.92	1.99	2.03	2.01
<b>DENSIDAD SECA</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>	<b>1.87</b>	<b>1.91</b>	<b>1.90</b>	<b>1.85</b>

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 26. Resultados de Contenido de Humedad del Suelo Cemento al 5%.**

TARA	N°	01	02	03	03
PESO TARA	g	37.20	37.20	37.20	37.20
PESO TARA + SUELO HUMEDO	g	<b>241.20</b>	<b>251.30</b>	<b>250.40</b>	<b>261.20</b>
PESO TARA + SUELO SECO	g	<b>235.50</b>	<b>242.50</b>	<b>236.80</b>	<b>243.10</b>
PESO AGUA	g	5.70	8.80	13.60	18.10
PESO SUELO SECO	g	198.30	205.30	199.60	205.90
<b>PORCENTAJE DE HUMEDAD</b>	%	<b>2.87%</b>	<b>4.29%</b>	<b>6.81%</b>	<b>8.79%</b>

Fuente: Elaboración Propia.

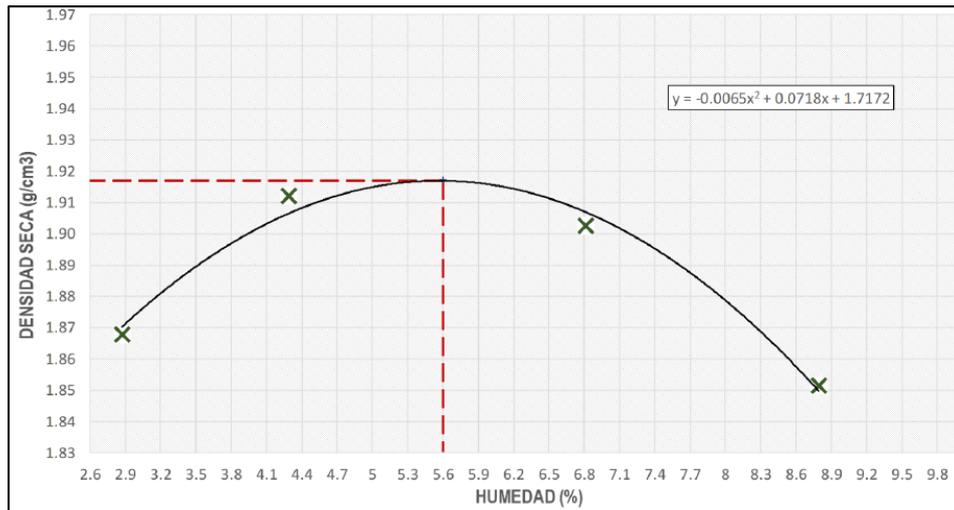


Figura 57. Curva de Proctor Modificado del Suelo Cemento al 5%.

Fuente: Elaboración Propia.

Con la gráfica mostrada anteriormente se puede determinar que la máxima densidad seca es de **1.92 gr/cm3** con un óptimo contenido de Humedad de **5.6%**.

Teniendo ya las condiciones de compactación, se procede a realizar el espesor de mejoramiento de **60 cm en 3 capas de 20 cm** con el fin de realizar más eficientemente la compactación. Primero se realizó la compactación en el fondo de excavación para poder compactar cualquier resto de material suelto generado en el proceso de excavación.



Figura 58. Compactación en el Fondo de Excavación.

Fuente: Elaboración Propia.



*Figura 59.* Control de la Proporción de Cemento en Peso.

Fuente: Elaboración Propia.



*Figura 60.* Combinación de Suelo-Cemento.

Fuente: Elaboración Propia.



*Figura 61.* Humedecimiento de la combinación Suelo-Cemento.

Fuente: Elaboración Propia.



*Figura 62.* Compactación de la primera capa de Suelo-Cemento.

Fuente: Elaboración Propia.



*Figura 63.* Compactación de la última capa de Suelo-Cemento.

Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.8. Cono de Arena

Para el control de la Compactación se realizó ensayos de cono de arena con la finalidad de verificar la densidad y humedad in situ.



Figura 64. Ensayo de Cono de Arena en Suelo Cemento 5%.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 27. Resultados de Grado de Compactación en Suelo Cemento al 5%.

N° PUNTO		P- 1	P- 2	P- 3
MATERIAL		T. natural	T. natural	T. natural
CAPA		0 a 20 cm	20 a 40 cm	40 a 60 cm
a	Peso Inicial de la Arena	gr. 6,005	5,998	6,001
b	Peso Residual Arena	gr. 1,846	1,834	1,872
c	Peso Suelo Extraído	gr. 3,512	3,506	3,459
d	Peso de la arena en el cono y la placa	gr. 1,688	1,688	1,688
e	Peso de la arena empleada para llenar el hoyo (a-b-d)	gr. 2471	2476	2441
f	Densidad de la arena	gr/cc. 1.43	1.43	1.43
g	Volumen del hoyo (e/f)	c.c. 1728	1731	1707
h	Peso de la Grava Seca	gr. 0	0	0
i	Peso de la tierra húmeda	gr. 3512	3506	3459
J	Volumen Grava	gr. 0.00	0.00	0.00
K	Volumen ocupado por la tierra (g-J)	c.c. 1728	1731	1707
l	Densidad húmeda (i/K)	gr/cc. 2.03	2.03	2.03
m	Porcentaje de humedad	% 5.9%	5.8%	5.7%
n	Densidad seca $l/(100+v)$	gr/cc. 1.92	1.91	1.92
p	Densidad máxima de proctor modificado	gr/cc. 1.92	1.92	1.92
q	Porcentaje de compactación $(n/p)*100$	% 100.0 %	99.7 %	99.9 %
r	Espesor de Estrato Probado	cm. 11.00	11.00	11.00

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 28. Resultados de Contenido de Humedad en Suelo Cemento al 5%.**

HUMEDAD						
1	Peso frasco + suelo húmedo	gr.	<b>SPEEDY (HIDRÓMETRO)</b>			
2	Peso frasco+peso suelo seco	gr.				
3	Peso agua contenido (1 - 2)					
4	Peso del frasco					
5	Peso del suelo seco (2 - 4)	gr.				
6	Contenido de humedad(3/5x100)	%	5.9%	5.8%	5.7%	

Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 65. Ensayo de Cono de Arena en Suelo Cemento 7.5%.**

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 29. Grado de Compactación en Suelo Cemento al 7.5%.**

N° PUNTO		P- 4	P- 5	P- 6
MATERIAL		T. natural	T. natural	T. natural
CAPA		0 a 20 cm	20 a 40 cm	40 a 60 cm
a	Peso Inicial de la Arena	gr. 6,004	6,005	6,002
b	Peso Residual Arena	gr. 1,874	1,864	1,823
c	Peso Suelo Extraído	gr. 3,566	3,574	3,628
d	Peso de la arena en el cono y la placa	gr. 1,688	1,688	1,688
e	Peso de la arena empleada para llenar el hoyo (a-b-d)	gr. 2442	2453	2491
f	Densidad de la arena	gr/cc. 1.43	1.43	1.43
g	Volumen del hoyo (e/f)	c.c. 1708	1715	1742
h	Peso de la Grava Seca	gr. 0	0	0
l	Peso de la tierra húmeda	gr. 3566	3574	3628
J	Volumen Grava	gr. 0.00	0.00	0.00
K	Volumen ocupado por la tierra (g-J)	c.c. 1708	1715	1742
l	Densidad húmeda (l/K)	gr/cc. 2.09	2.08	2.08
m	Porcentaje de humedad	% 6.1%	5.8%	5.9%
n	Densidad seca $l/(100+v)$	gr/cc. 1.97	1.97	1.97
p	Densidad máxima de proctor modificado	gr/cc. 1.97	1.97	1.97
q	Porcentaje de compactación $(n/p)*100$	% 99.9 %	100.0 %	99.8 %
r	Espesor de Estrato Probado	cm. 11.00	11.00	11.00

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 30. Resultados de Contenido de Humedad en Suelo Cemento al 7.5%.**

HUMEDAD						
1	Peso frasco + suelo húmedo	gr.	<b>SPEEDY (HIDRÓMETRO)</b>			
2	Peso frasco+peso suelo seco	gr.				
3	Peso agua contenido (1 - 2)					
4	Peso del frasco					
5	Peso del suelo seco (2 - 4)	gr.				
6	Contenido de humedad(3/5x100)	%				

Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 66.** Ensayo de Cono de Arena en Suelo Cemento 10%.

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 31. Resultados de Grado de Compactación en Suelo Cemento al 10%.**

N° PUNTO			P- 7	P- 8	P- 9
MATERIAL			T. natural	T. natural	T. natural
CAPA			0 a 20 cm	20 a 40 cm	40 a 60 cm
a	Peso Inicial de la Arena	gr.	6,002	6,003	6,005
b	Peso Residual Arena	gr.	1,861	1,885	1,837
c	Peso Suelo Extraído	gr.	3,641	3,618	3,676
d	Peso de la arena en el cono y la placa	gr.	1,688	1,688	1,688
e	Peso de la arena empleada para llenar el hoyo (a-b-d)	gr.	2453	2430	2480
f	Densidad de la arena	gr/cc.	1.43	1.43	1.43
g	Volumen del hoyo (e/f)	c.c.	1715	1699	1734
h	Peso de la Grava Seca	gr.	0	0	0
I	Peso de la tierra húmeda	gr.	3641	3618	3676
J	Volumen Grava	gr.	0.00	0.00	0.00
K	Volumen ocupado por la tierra (g-J)	c.c.	1715	1699	1734
l	Densidad húmeda (IK)	gr/cc.	2.12	2.13	2.12
m	Porcentaje de humedad	%	6.5%	6.9%	6.7%
n	Densidad seca $l/(100+v)$	gr/cc.	1.99	1.99	1.99
p	Densidad máxima de proctor modificado	gr/cc.	1.99	1.99	1.99
q	Porcentaje de compactación $(n/p)*100$	%	100.2 %	100.1 %	99.8 %
r	Espesor de Estrato Probedo	c.m.	11.00	11.00	11.00

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 32. Resultados de Contenido de Humedad en Suelo Cemento al 10%.**

HUMEDAD						
1	Peso frasco + suelo húmedo	gr.	<b>SPEEDY (HIDRÓMETRO)</b>			
2	Peso frasco+peso suelo seco	gr.				
3	Peso agua contenido (1 - 2)					
4	Peso del frasco					
5	Peso del suelo seco (2 - 4)	gr.				
6	Contenido de humedad(3/5x100)	%	6.5%	6.9%	6.7%	

Fuente: Elaboración Propia.

En las tablas 21 y 22 se puede observar los valores de densidad seca y porcentajes de humedad para una dosificación de cemento de 10%, teniendo como MDS 1.99 gr/cm<sup>3</sup> y optimo contenido de humedad 6.3%. Para 7.5% de las tablas 23 y 24 se determinó una MDS 1.97 gr/cm<sup>3</sup> y optimo contenido de humedad 5.9%. Y por último para 5% de las tablas 25 y 26 se determinó una MDS 1.92 gr/cm<sup>3</sup> y optimo contenido de Humedad 5.6%. Si analizamos los valores de máxima densidad seca según la dosificación de cemento: 1.92 gr/cm<sup>3</sup> (5%) - 1.97 gr/cm<sup>3</sup> (7.5%) - 1.99 gr/cm<sup>3</sup> (10%), podemos darnos cuenta que esta se fue incrementando en función de la dosificación.

### **Contrastación de hipótesis**

**Hipótesis Específica 02: Se podría mejorar la Máxima Densidad Seca del Suelo que será empleado como Relleno Controlado, estabilizándolo con Cemento.**

Finalmente se valida la hipótesis específica, habiendo cumplido el objetivo específico de mejorar la máxima densidad seca del suelo. Para ello se realizó ensayos Proctor para cada dosificación (5%, 7.5% y 10%) y la MDS se fue incrementando en función de ella.

**Objetivo Específico 03: Aumentar la Capacidad Portante del Suelo que será empleado como Relleno Controlado mediante la estabilización con Cemento.**

#### 4.9. Ensayo De Penetración Dinámica en Suelo-Cemento (DPL)

El objetivo de realizar este ensayo in situ es medir la resistencia del suelo-cemento a la penetración, para ello se utiliza una puntaza cónica de metal que va unido a un varillaje el cual va penetrando en el suelo-cemento mediante golpeo.



Figura 67. Ensayo DPL in situ para Suelo-Cemento 5%.

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 33. Ensayo Penetración Dinámica (Suelo-Cemento 5%).**

PROFUNDIDAD(cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
N corregido	6	18	27	31	38												
PROFUNDIDAD(cm)	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340
N corregido																	
N (DPL)= 6.0																	
N (SPT)= 17.0																	

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 68. Curva “Número de Golpes – Profundidad” (Suelo-Cemento 5%).

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 69. Ensayo DPL in situ para Suelo-Cemento 7.5%.

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 34. Ensayo Penetración Dinámica (Suelo-Cemento 7.5%).**

PROFUNDIDAD(cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
N corregido	7	19	27	33	42												
PROFUNDIDAD(cm)	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340
N corregido																	
N (DPL)= 7.0																	
N (SPT)= 17.0																	

Fuente: Elaboración Propia.



*Figura 70. Curva "Número de Golpes – Profundidad" (Suelo-Cemento 7.5%).*

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 71. Ensayo DPL in situ para Suelo-Cemento 10%.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 35. Ensayo Penetración Dinámica (Suelo-Cemento 10%).

PROFUNDIDAD(cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
N corregido	8	19	29	35	42												
PROFUNDIDAD(cm)	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340
N corregido																	
N (DPL)= 8.0																	
N (SPT)= 18.0																	

Fuente: Elaboración Propia.

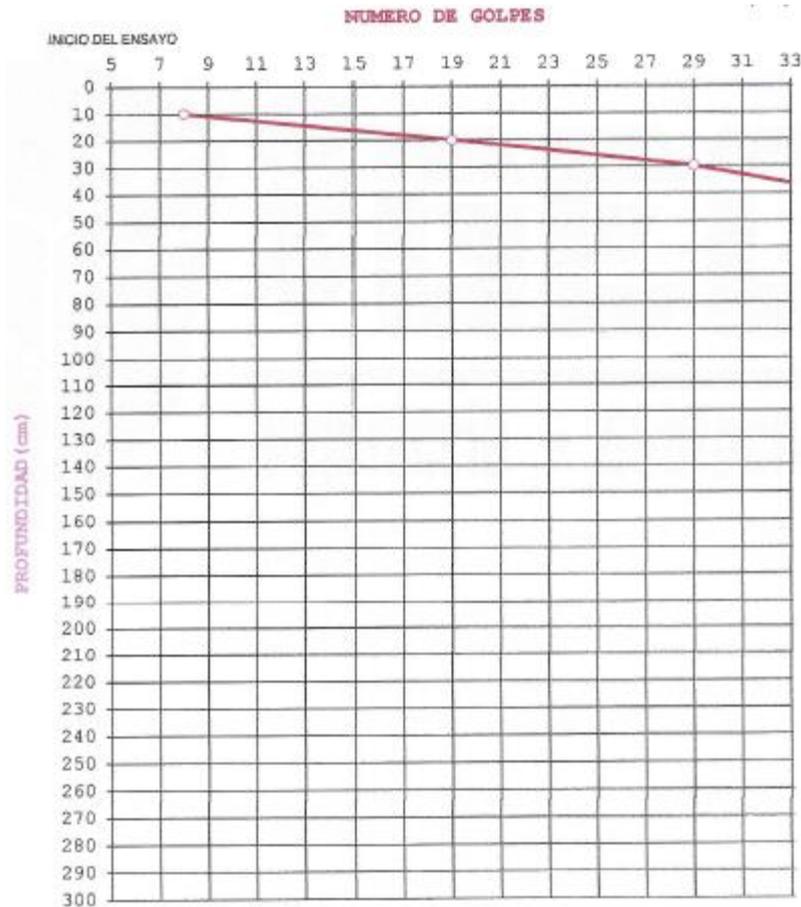


Figura 72. Curva “Numero de Golpes – Profundidad” (Suelo-Cemento 10%).

Fuente: Elaboración Propia.

### Análisis de Capacidad de Carga por Asentamiento en Suelo-Cemento 5%

Se realizaron los cálculos considerando una cota de fundación de **Df = 120 cm**. La edificación a cimentar, una Estructura de concreto Armado de 03 niveles, apoyadas sobre Zapatas, para el presente análisis. En este sentido, se considera, un valor de carga **de 42 Tn.** por zapata, entonces para no exceder el valor de “qa” se requiere una zapata cargada de lado mayor a: **B = 1.90 m.**,

Tabla 36. Capacidad Admisible por Asentamiento (Suelo-Cemento 5%).

ENSAYO Nº	Q <sub>adm</sub> Terzaghi	Q <sub>adm</sub> Meyerhoff	Q <sub>adm</sub> Bowles	Clasif. SUCS	N <sub>corr</sub>	Df m.
ponderado	1.32 Kg/cm <sup>2</sup>	1.86 Kg/cm <sup>2</sup>	1.54 Kg/cm <sup>2</sup>	SP	17	1.20

Fuente: Elaboración Propia.

### **Análisis de Capacidad de Carga por Asentamiento en Suelo-Cemento 7.5%**

Se realizaron los cálculos considerando una cota de fundación de **Df = 120 cm**. La edificación a cimentar, una Estructura de concreto Armado de 03 niveles, apoyadas sobre Zapatas, para el presente análisis. En este sentido, se considera, un valor de carga **de 42 Tn.** por zapata, entonces para no exceder el valor de “qa” se requiere una zapata cargada de lado mayor a: **B = 1.90 m.**,

**Tabla 37.** Capacidad Admisible por Asentamiento (Suelo-Cemento 7.5%).

ENSAYO N°	Q <sub>adm</sub> Terzaghi	Q <sub>adm</sub> Meyerhoff	Q <sub>adm</sub> Bowles	Clasif. SUCS	N <sub>corr</sub>	Df m.
ponderado	1.32 Kg/cm <sup>2</sup>	1.86 Kg/cm <sup>2</sup>	1.54 Kg/cm <sup>2</sup>	SP	17	1.20

Fuente: Elaboración Propia.

### **Análisis de Capacidad de Carga por Asentamiento en Suelo-Cemento 10%**

Se realizaron los cálculos considerando una cota de fundación de **Df = 120 cm**. La edificación a cimentar, una Estructura de concreto Armado de 03 niveles, apoyadas sobre Zapatas, para el presente análisis. En este sentido, se considera, un valor de carga **de 42 Tn.** por zapata, entonces para no exceder el valor de “qa” se requiere una zapata cargada de lado mayor a: **B = 1.90 m.**

**Tabla 38.** Capacidad Admisible por Asentamiento (Suelo-Cemento 10%).

ENSAYO N°	Q <sub>adm</sub> Terzaghi	Q <sub>adm</sub> Meyerhoff	Q <sub>adm</sub> Bowles	Clasif. SUCS	N <sub>corr</sub>	Df m.
ponderado	1.46 Kg/cm <sup>2</sup>	2.00 Kg/cm <sup>2</sup>	1.66 Kg/cm <sup>2</sup>	SP	18	1.20

Fuente: Elaboración Propia.

Finalmente tenemos los resultados finales de capacidad admisible para todas las dosificaciones de cemento incluido la capacidad portante del suelo patrón:

**Tabla 39.** Capacidad Admisible por Asentamiento en Zapatas.

MUESTRA	qadm Terzaghi	qadm Meyerboff	qadm Bowles	N	Df m	Espesor de Mejoramiento (m)
Suelo Patrón	1.19 Kg/cm <sup>2</sup>	1.72 Kg/cm <sup>2</sup>	1.43 Kg/cm <sup>2</sup>	16	1.20	Ninguno
Suelo Cemento 5%	1.32 Kg/cm <sup>2</sup>	1.86 Kg/cm <sup>2</sup>	1.54 Kg/cm <sup>2</sup>	17	1.20	0.60
Suelo Cemento 7.5%	1.32 Kg/cm <sup>2</sup>	1.86 Kg/cm <sup>2</sup>	1.54 Kg/cm <sup>2</sup>	17	1.20	0.60
Suelo Cemento 10%	1.46 Kg/cm <sup>2</sup>	2.00 Kg/cm <sup>2</sup>	1.66 Kg/cm <sup>2</sup>	18	1.20	0.60

Fuente: Elaboración Propia.

Según la tabla 39, se puede observar los valores de Capacidad admisible del Suelo patrón y de los Suelos Cemento, con la adición de 5% de cemento aumenta de 1.19 kg/cm<sup>2</sup> a 1.32 kg/cm<sup>2</sup>, con 7.5 aumenta a 1.32 kg/cm<sup>2</sup> y con 10% aumenta a 1.46 kg/cm<sup>2</sup>. Por lo tanto considerando los resultados se opta como dosificación óptima 5%, debido a que con esta se logra una capacidad admisible de 1.32 kg/cm<sup>2</sup> superior a la presión actuante en la zapata de 1.23 kg/cm<sup>2</sup>.

### **Contrastación de hipótesis**

**Hipótesis Específica 03: Una forma de aumentar la Capacidad Portante del Suelo que será empleado como Relleno Controlado, estabilizándolo con Cemento.**

Finalmente se valida la hipótesis específica, habiendo cumplido el objetivo específico de mejorar la capacidad portante del suelo. Para ello se realizó ensayos de penetración dinámica en el suelo cemento para 5%, 7.5% y 10%.

Pero además se hizo uso de los resultados de los objetivos específicos anteriores, como el espesor de mejoramiento, los valores de MDS y óptimo contenido de humedad con el fin de que el ensayo DPL se realice con las condiciones más reales posibles como si se estuviera realizando en obra.

## V. DISCUSIÓN

Discusión 1: Según el antecedente López y Torres (2021). Afirma que sus resultados de capacidad portante de suelo mejorado (arcilla mejorada con arena y arcilla mejorada con Cemento) de la tabla 40 obtenidos en su investigación servirán para el mejoramiento del suelo de fundación, pero no exponen en función de que espesor de mejoramiento se han ensayado y calculado. Por lo que discrepo con sus resultados al no haber sido obtenidos a partir de un espesor de mejoramiento.

**Tabla 40. Diseño de Zapatas.**

DISEÑO DE ZAPATAS			
DESCRIPCION	ZAPATAS CUADRAS Y CONTINUAS PROFUNDIDAD	PRESION ADMISIBLE PARA ZAPATAS CUADRADAS	PRESION ADMISIBLE PARA ZAPATAS CONTINUAS
SUELO NATURAL	1.75M	0.73 kg/cm <sup>2</sup>	0.61 kg/cm <sup>2</sup>
SUELO NATURAL + ARENA	1.75M	0.87 kg/cm <sup>2</sup>	0.89 kg/cm <sup>2</sup>
SUELO NATURAL + CEMENTO	1.75M	3.83 kg/cm <sup>2</sup>	3.14 kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: López y Torres (2021).

Por otro lado en la presente investigación, según la tabla 41 se expresan los resultados del mejoramiento de suelo en función de un espesor de mejoramiento constante el cual se llevó a cabo in situ, para posteriormente llevar a cabo los ensayos de penetración dinámica DPL.

**Tabla 41. Capacidad Admisible por Asentamiento en Zapatas.**

MUESTRA	Q <sub>adm</sub> Terzaghi	Q <sub>adm</sub> Meyerboff	Q <sub>adm</sub> Bowles	N	Df m	Espesor de Mejoramiento (m)
Suelo Patrón	1.19 Kg/cm <sup>2</sup>	1.72 Kg/cm <sup>2</sup>	1.43 Kg/cm <sup>2</sup>	16	1.20	Ninguno
Suelo Cemento 5%	1.32 Kg/cm <sup>2</sup>	1.86 Kg/cm <sup>2</sup>	1.54 Kg/cm <sup>2</sup>	17	1.20	0.60
Suelo Cemento 7.5%	1.32 Kg/cm <sup>2</sup>	1.86 Kg/cm <sup>2</sup>	1.54 Kg/cm <sup>2</sup>	17	1.20	0.60
Suelo Cemento 10%	1.46 Kg/cm <sup>2</sup>	2.00 Kg/cm <sup>2</sup>	1.66 Kg/cm <sup>2</sup>	18	1.20	0.60

Fuente: Elaboración Propia.

Discusión 2: Según el antecedente López y Torres (2021). En sus resultados de Ensayo Proctor indica el siguiente: Para un suelo natural obtiene una máxima densidad seca de 1.737 gr/cm<sup>3</sup> con un óptimo contenido de humedad del 17.05%, para el suelo natural más arena una máxima densidad seca de 1.874 gr/cm<sup>3</sup> con un óptimo contenido de humedad del 11.95% y para el suelo natural más cemento una máxima densidad seca de 1.751 gr/cm<sup>3</sup> con un óptimo contenido de humedad del 15.87%.

**Tabla 42. Ensayo Proctor.**

ENSAYO PROCTOR ESTANDAR		
DESCRIPCION	DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm <sup>3</sup> )	HUMEDAD OPTIMA (%)
SUELO NATURAL	1.737	17.05
SUELO NATURAL + ARENA	1.874	11.95
SUELO NATURAL + CEMENTO	1.751	15.87

Fuente: López y Torres (2021).

Para la presente investigación se presenta la tabla 43 con el resumen de resultados de ensayos Proctor. Haciendo un comparativo con el resultado de MDS de la tabla 42 de suelo natural + arena es 1.874 gr/cm<sup>3</sup>, podemos apreciar que debido a la arena adicionada la densidad máxima se ha incrementado más que en los otros casos. Por lo que se podría contrastar con nuestra información de MDS de suelo arenoso de 1.87 gr/cm<sup>3</sup>, por otra parte la adición de arena reduce drásticamente el óptimo contenido de humedad de 17.05% a 11.95% aunque igualmente se mantiene mucho más elevado que nuestro óptimo contenido de humedad del 5.5% de suelo arenoso.

**Tabla 43. Ensayos Proctor.**

MUESTRA	Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	Óptimo Contenido de Humedad (%)
Suelo Patrón	1.87	5.5
Suelo Cemento 5%	1.92	5.6
Suelo Cemento 7.5%	1.97	5.9
Suelo Cemento 10%	1.99	6.3

Fuente: Elaboración Propia.

Discusión 3: Según el antecedente López y Torres (2021). En sus resultados de Capacidad Portante se aprecia un incremento de capacidad portante del suelo natural de 2.181 kg/cm<sup>2</sup> a 11.48 kg/cm<sup>2</sup> para el suelo natural con incorporación de cemento, esto equivale a un incremento del 427%.

**Tabla 44.** Resultados de Capacidad Portante.

MUESTRA	CAPACIDAD PORTANTE	
	ZAPATAS CUADRADAS	ZAPATAS CONTINUAS
Suelo natural	21.81 Tn/m <sup>2</sup>	18.30 Tn/m <sup>2</sup>
Suelo natural + arena	26.16 Tn/m <sup>2</sup>	26.60 Tn/m <sup>2</sup>
Suelo natural + cemento	114.83 Tn/m <sup>2</sup>	94.14 Tn/m <sup>2</sup>

Fuente: López y Torres (2021).

Mientras en la presente investigación, según la tabla 45 se muestran los resultados de capacidad portante para el suelo patrón y suelo cemento (5%, 7.5% y 10%). Donde podemos apreciar el incremento de capacidad portante del suelo natural de 1.19 kg/cm<sup>2</sup> a 1.46 kg/cm<sup>2</sup> para un suelo cemento 10%, esto equivale a un incremento del 23%.

**Tabla 45.** Capacidad Admisible por Asentamiento en Zapatas.

MUESTRA	Q <sub>adm</sub> Terzaghi	Q <sub>adm</sub> Meyerboff	Q <sub>adm</sub> Bowles	N	Df m	Espesor de Mejoramiento (m)
Suelo Patrón	1.19 Kg/cm <sup>2</sup>	1.72 Kg/cm <sup>2</sup>	1.43 Kg/cm <sup>2</sup>	16	1.20	Ninguno
Suelo Cemento 5%	1.32 Kg/cm <sup>2</sup>	1.86 Kg/cm <sup>2</sup>	1.54 Kg/cm <sup>2</sup>	17	1.20	0.60
Suelo Cemento 7.5%	1.32 Kg/cm <sup>2</sup>	1.86 Kg/cm <sup>2</sup>	1.54 Kg/cm <sup>2</sup>	17	1.20	0.60
Suelo Cemento 10%	1.46 Kg/cm <sup>2</sup>	2.00 Kg/cm <sup>2</sup>	1.66 Kg/cm <sup>2</sup>	18	1.20	0.60

Fuente: Elaboración Propia.

Debido a la gran diferencia entre los porcentajes de incremento, se discrepa con los resultados del antecedente. Esta variación puede deberse a que los resultados de la tabla 44 se obtuvieron de ensayar una muestra suelo cemento endurecida, además que sus capacidades admisibles son calculadas por corte que tienden a ser mucho más elevadas que las capacidades admisibles calculadas por asentamientos como se ha considerado en la presente investigación. Además que para esta investigación el ensayo DPL se realizó directamente después de haber culminado la compactación.

## **VI. CONCLUSIONES**

Conclusión 1: De acuerdo con el Objetivo Específico 01 se concluye que a partir de un análisis comparativo de las condiciones naturales del suelo (Suelo Patrón) determinadas con ensayos de laboratorio e in situ y las cargas ejercidas por la edificación proyectada a través de un modelamiento estructural, tuvimos como producto final para esta investigación un espesor de mejoramiento contante de 60 cm para todas las dosificaciones de cemento estudiadas.

Conclusión 2: De acuerdo con el Objetivo Específico 02 se concluye que a partir del incremento de la dosificación en la mezcla de suelo cemento se puede incrementar la máxima densidad seca del suelo, teniendo como resultados de máxima densidad seca: 1.92 gr/cm<sup>3</sup> (5%), 1.97 gr/cm<sup>3</sup> (7.5%) y 1.99 gr/cm<sup>3</sup> (10%). Del mismo modo se incrementó el óptimo contenido de humedad según la dosificación, teniendo como resultados: 5.6% (5%), 5.9% (7.5%) y 6.3% (10%).

Conclusión 3: De acuerdo con el Objetivo Específico 03 se concluye que a partir del incremento de la dosificación en la mezcla de suelo cemento se puede incrementar la capacidad admisible del suelo, teniendo como principales resultados de capacidad admisible para zapatas: 1.19 kg/cm<sup>2</sup> (Suelo Patrón), 1.32 kg/cm<sup>2</sup> (5%), 1.32 kg/cm<sup>2</sup> (7.5%) y 1.46 kg/cm<sup>2</sup> (10%).

Conclusión 4: De acuerdo con el Objetivo Específico 03 se concluye que el haber empleado un intervalo bajo de 2.5% en la dosificación de cemento, género que los resultados de capacidad admisible para 5% y 7.5% sean similares.

Conclusión 5: De acuerdo con el Objetivo Específico 03 se concluye a partir de la comparación de los resultados de la presente investigación y los antecedentes, que los resultados de capacidad admisible que se presenta en esta investigación se determinaron a partir de un espesor de mejoramiento de 60 cm in situ y fueron calculadas con fórmulas de capacidad admisible según la teoría de

asentamientos. Mientras que en los antecedentes aplican solo ensayos de laboratorio y calculan la capacidad admisible por corte.

Conclusión 6: Finalmente se concluye de acuerdo con el Objetivo general que a partir de la Incorporación de Cemento en el Suelo Arenoso se ha conseguido mejorar los Parámetros de Diseño del Suelo para fines de Cimentación.

## VII. RECOMENDACIONES

Recomendación 1: Se recomienda para las posteriores investigaciones realizar sus estudios en base a un espesor de mejoramiento determinado, ya que esto les ayudara a que sus resultados tengan mayor importancia y puedan ser aplicados a la solución de un problema cotidiano de baja capacidad portante del suelo.

Recomendación 2: Aplicar los ensayos de cono de arena y control de humedad en las capas de compactación, ya que esto les ayudara a lograr la compactación adecuada y alcanzar las máximas densidades de los ensayos Proctor.

Recomendación 3: Emplear ensayos in situ como el DPL para la determinación de la capacidad portante, ya que esto nos ayudara a poder incluir la condición de espesor de mejoramiento en nuestra investigación. Debido a que ya tenemos antecedentes de investigaciones que plantean sus resultados de estabilización sin tomar en cuenta un espesor de mejoramiento, ya que solamente realizaron ensayos de laboratorio.

Recomendación 4: Utilizar intervalos de dosificación más altos por ejemplo (5%. 10% y 15%), ya que esto les ayudara a que sus resultados de numero de golpes en el ensayo DPL sean diferentes entre sí.

Recomendación 5: Calcular la Capacidad Portante dándole mayor importancia a las fórmulas de capacidad admisible por asentamiento, ya que estas teorías nos ayudan a calcular valores de capacidad admisible conservadores en comparación a las obtenidas por corte.

## REFERENCIAS

Alza, G., & Ontiveros, R. (18 de ABRIL de 2016). Contenido de humedad. Obtenido de <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-cesarvallejo/estructuras/informe/3-informe-contenido-de-humedad-de-unsuelo/5521577/view>

Arevalo, S., & Villegas, P. (2021). Análisis de suelos arcillosos para el diseño de cimentaciones piloteadas en Malecón San José, Laguna Yarinacocha, Ucayali - 2020. Universidad César Vallejo.

Azilah, A., Byung-Tae, L., Hyeop-Jo, H., & Kyoung-Woong, K. (2018). Assessment of the stabilization of heavy metal contaminants in soils using chemical leaching and an earthworm bioassay. (C. N. Environ Geochem Health, Ed.) Republic of Korea: CrossMark.

Bada, D. (2016). Aplicación del aditivo químico Conaid para atenuar la plasticidad del material granular del tramo de la carretera tauca - bambas (km73 + 514 - km132 + 537) de la ruta nacional pe - 3na. Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego.

Becerra, C., & Herrera, A. (2019). Estabilización de arcillas, arenas y afirmados, empleados los cementos Pacasmayo Vía fuerte, Mochica y Qhuna; Lambayeque, 2018. Universidad Señor de Sipán. Pimentel: USS.

Bua, M. t. (12 de mayo de 2014). Cimientos. Obtenido de [https://www.edu.xunta.es/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947489/contido/71\\_cimientos.html](https://www.edu.xunta.es/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947489/contido/71_cimientos.html)

Cañar, E. (2017). Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinada con cenizas de carbón. Universidad Técnica de Ambato. UTA. Obtenido de <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/25266>

Carrillo, A., & Casas, J. (2018). Evaluación del Suelo de Fundación con Fines de Cimentación de la Zona 1° de Mayo Nuevo Chimbote – Ancash 2018. Universidad César Vallejo.

Colegio de Ingenieros del Perú. (1999). Código de Ética del CIP.

Cometa, S., & Mendez, N. (2016). Correlacion entre los resultados obtenidos en el ensayo de corte directo y el ensayo de triaxial en un suelo arcilloso 57 típico de la Zona Occidental de Bogotá. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Crespo, C. (2004). Mecánica de Suelos y Cimentaciones. (5. ed., Ed.) Ciudad de México, México: Limusa.

Escobar, A. (2018). Diseño de cimentación y estudio de suelo en el minicomplejo deportivo del centro poblado de Ampas-Huari, 2018. Universidad Nacional José Faustino Sanchez Carrión.

Espinoza, H. (2014). Análisis de la capacidad soporte del suelo de cimentación del edificio de laboratorio de ingeniería "Julio y Adolfo López de la Fuente, S.J." de la Universidad Centroamericana UCA. Universidad Centroamérica.

Fuhai, Z., Lei, Z., & Wangxi, H. (14 de Noviembre de 2019). Stabilization of Expansive Soil with Polyvinyl Alcohol and Potassium Carbonate. (S. Nimbalkar, Ed.) *Advances in Civil Engineering*, 2019, 1- 13.

Garcia, I. J. (2015). Diseño de Estructuras de Concreto Armado. Lima - Perú: MACRO EIRL.

Garibay, S. A. (2014). Tipos de suelos características tacto visuales. En *Geología y Geotécnica*.

GEOSUPPORT, J. F. (2013). Geotecnia, reconocimientos, ensayos de laboratorio y mecánica de suelos en general. *Estudios geotécnicos*.

Gutiérrez, A. (15 de 11 de 2016). construccion en acero. Recuperado el 26 de mayo de 2021, de <http://www.construccionenacero.com/comment/236>

Higuera, C., Gómez, J., & Pardo, O. (2016). Caracterización de un suelo arcilloso tratado con hidróxido de calcio. *Revista Facultad de Ingeniería*, 21(32), 21-40.

Hurtado, D. I. (2010). Diseño de Cimentaciones. Fondo Editorial ICG.

Instituto Nacional de Calidad. (1999). Norma Técnica Peruana 339.128 - Análisis Granulométrico. Lima: INACAL.

JBO Ingenieros Consultores SAC. (12 de julio de 2013). SlideShare. Obtenido de <https://es.slideshare.net/flores7982/ensayo-triaxial-24183760>

Juárez, B., & Rico, R. (2010). Mecánica de Suelos. México: Limusa. 58

Junco del Pino, J. M. (2013). Consideraciones acerca de la actividad de las arcillas en la estabilización de suelos con sales. Vol.7(3).

Loconi, W. F. (2016). PROCTOR ESTANDAR. Australia: pdfcoffee.com.

Lopez, J. (2018). Diseño óptimo de redes de distribución de agua potable utilizando el método evolución diferencial. Tesis de titulación, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Aragón, Nezahualcóyotl.

Manoochehr, F.-M., & Mohammad, T. (14 de Diciembre de 2019). Effect of Lime and Rice Husk Ash on Horizontal Saturated Hydraulic Conductivity of Sandy Loam Soils. Geotech Geol Eng, 1-11.

Marcelo, C. R. (2012). Mecanica de Suelos. WH Editores.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2017). Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima: Megabite.

Montejo, A. (2002). Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.

Néstor Julián Poveda Ciceris, H. M. (2019). CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA AL CORTE EN SUELOS COHESIVOS ii. Obtenido de [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1556&context=ing\\_civil](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1556&context=ing_civil)

Nij, J. (2009). Guía práctica para el cálculo de capacidad de carga en cimentaciones superficiales, losas de cimentación, pilotes y pilas perforadas. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Ordoñez, O., & Castro, D. (2016). Análisis de estabilización de suelos con lodos poliméricos biodegradables para construcción de pantallas pre excavadas en suelos con presencia de arenas. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá: UDFJC.

Periche, P. (2018). Obtención del ángulo de fricción interna mediante curvas granulométricas como alternativa al ensayo de corte directo, distrito Puerto Eten, Chiclayo. 2018. Universidad César Vallejo.

Quispe, J., & Mamani, F. (2017). Estudio de Suelos para Cimentaciones de Edificaciones en la Zona de Alto Locumba del Distrito de Locumba – Provincia Jorge Basadre, Departamento de Tacna. Universidad Privada de Tacna. 72 59

Raffino, M. (18 de Junio de 2020). Suelo. Obtenido de <https://concepto.de/suelo/>

Ravines, M. A. (2010). Pruebas con un producto enzimático como agente estabilizador de suelos para carreteras. Universidad de Piura, Piura. Piura: UDEP. Obtenido de [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1354/ICI\\_185.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1354/ICI_185.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Rodas, L. (1976). Mecánica de suelos aplicada a pavimentos. Caracas.

Rodas, R. (1958). Carreteras, Calles y Aeropistas. Buenos Aires - Argentina: Editorial e Inmobiliaria Florida.

Rodriguez, B. R. (2010). Mecanica de Suelos. Mexico D.F.: LIMUSA S.A.

Sower, G. (1977). Introducción a la mecánica de suelos y cimentaciones. Editorial Pueblo y Educación.

Cometa, S., & Mendez, N. (2016). Correlacion entre los resultados obtenidos en el ensayo de corte directo y el ensayo de triaxial en un suelo arcilloso 57 típico de la Zona Occidental de Bogotá. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Crespo, C. (2004). Mecánica de Suelos y Cimentaciones. (5. ed., Ed.) Ciudad de México, México: Limusa.

Escobar, A. (2018). Diseño de cimentación y estudio de suelo en el minicomplejo deportivo del centro poblado de Ampas-Huari, 2018. Universidad Nacional José Faustino Sanchez Carrión.

## ANEXOS

### Anexo 01. Matriz de operacionalización de variables

Título: Suelo Arenoso Mejorado con Cemento empleado como Relleno Controlado para Cimentaciones Superficiales y Determinación de los Parámetros de Diseño, Parcona - Ica, 2021					
Autor: Cabana Carbajal, Edick Giovanni					
VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable 1 "Independiente" Suelo	El suelo es considerado una capa de material sobre la corteza terrestre que proviene de alguna desintegración de rocas o alteración física o química de Rocas (Crespo, 2004).	Para el estudio de la variable se analizara el suelo natural y el suelo-cemento a fin de comparar sus propiedades y determinar los beneficios del cemento.	Suelo en Estado Natural	Tipo de Suelo	Ordinal
			Suelo - Cemento	Dosificaciones (5%,7.5%,10%)	Nominal
Variable 2 "Dependiente" Parámetros de Diseño del Suelo	Se refiere a las propiedades del suelo que son directamente aplicables a la solución de un problema práctico. Son estas propiedades las que el ingeniero utiliza en el diseño racional de cimentaciones o estructuras de tierra, y por tanto, las únicas que finalmente le interesan.	Para el estudio de la variable se analizara los parámetros de diseño del suelo más importantes a considerar en el diseño estructural de Cimentaciones Superficiales.	Espesor de Mejoramiento	Metodo de Carga Rectangular de Boussinesq.	Nominal
			Densidad	Optimo Contenido de Humedad.	Nominal
				Máxima Densidad Seca	
			Capacidad Portante	Cohesión	Nominal
Angulo de Fricción					

## Anexo 02. Matriz de consistencia

Título: Suelo Arenoso Mejorado con Cemento empleado como Relleno Controlado para Cimentaciones Superficiales y Determinación de los Parámetros de Diseño, Parcona - Ica, 2021							
Autor: Cabana Carbajal, Edick Giovanni							
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Metodología
Problema General:	Objetivo general:	Hipótesis general:	Variable 1 "Independiente" Suelo	Suelo en Estado Natural	Tipo de Suelo	Tabla de Clasificación Sucs	Tipo de investigación Aplicada
¿De qué manera se podría mejorar los Parámetros de Diseño del Suelo, que será empleado como Relleno Controlado para cimentaciones Superficiales?	Mejorar los Parámetros de Diseño del Suelo que será empleado como Relleno Controlado mediante la estabilización con Cemento.	Una alternativa para mejorar los Parámetros de Diseño del Suelo que será empleado como Relleno Controlado sería a través de la estabilización con Cemento.		Suelo - Cemento	Dosificaciones (5%,7.5%,10%)	Ficha de Recolección de Datos	Enfoque de investigación Cuantitativo
Problemas Específicos:	Objetivos específicos:	Hipótesis específicas:	Variable 2 "Dependiente" Parámetros de Diseño	Espesor de Mejoramiento	Metodo de Carga Rectangular de Boussinesq.	Modelamiento Estructural y Hoja de Cálculo	El diseño de la investigación Cuasi Experimental
¿De qué forma se podría determinar el Espesor de Mejoramiento del Suelo para fines de Cimentación?	Determinar el espesor de mejoramiento del Suelo mediante el Método de Carga Rectangular de Boussinesq.	Una forma de determinar el espesor de mejoramiento del Suelo para fines de Cimentación, sería mediante el Método de Carga Rectangular de Boussinesq.					El nivel de la investigación: Aplicativo
¿Cómo se podría mejorar la Máxima Densidad Seca del Suelo, que será empleado como Relleno Controlado para cimentaciones Superficiales?	Mejorar la Máxima Densidad Seca del Suelo, que será empleado como Relleno Controlado para cimentaciones Superficiales mediante la incorporación de Cemento.	Se podría mejorar la Máxima Densidad Seca del Suelo que será empleado como Relleno Controlado, estabilizándolo con Cemento.		Densidad	Optimo Contenido de Humedad.	Ensayo de Proctor y Cono de Arena	Población: Área de Terreno del Proyecto
					Máxima Densidad Seca		Muestra: Suelo Extraído de las Perforaciones a Cielo Abierto
¿De qué forma se podría aumentar la Capacidad Portante del Suelo, que será empleado como Relleno Controlado para Cimentaciones Superficiales?	Aumentar la Capacidad Portante del Suelo que será empleado como Relleno Controlado mediante la estabilización con Cemento.	Una forma de aumentar la Capacidad Portante del Suelo que será empleado como Relleno Controlado, estabilizándolo con Cemento.	Capacidad Portante	Cohesión	Ensayo de Corte Directo y Ensayo de DPL	Muestreo: No probabilístico (Muestreo por Conveniencia)	
				Angulo de Fricción			

Anexo 03. Instrumentos de recolección de datos

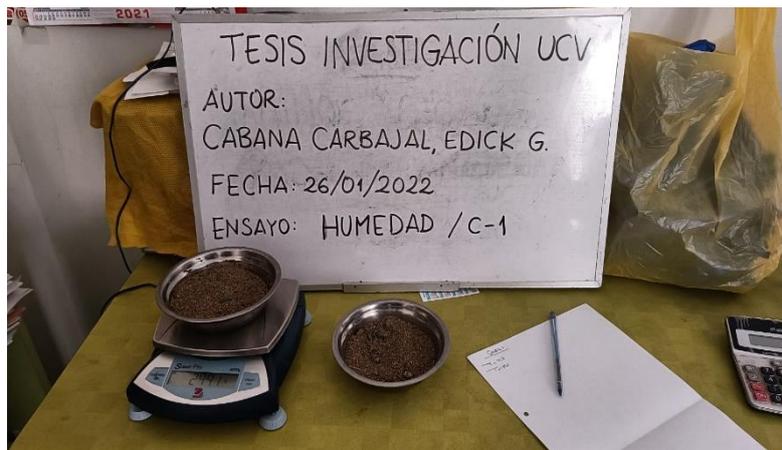


Figura 73. Balanza Electrónica y Taras

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 74. Horno Eléctrico

Fuente: Elaboración Propia.



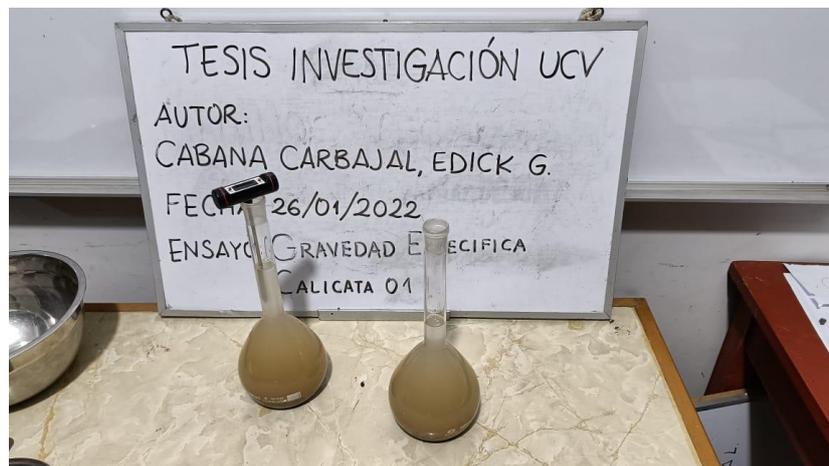
Figura 75. Tamices

Fuente: Elaboración Propia.



*Figura 76. Bandejas Metálicas*

Fuente: Elaboración Propia.



*Figura 77. Fiolas*

Fuente: Elaboración Propia.



*Figura 78. Espátula, Capsula y Gotero*

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 79. Equipo de Corte Directo

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 80. Penetrómetro Dinámico Ligero

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 81. Molde y Martillo Proctor

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 82. Cono de Arena, Placa Metálica, Cucharón, Martillo y Arena Calibrada

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 04. Mapas y Planos



Figura 83. Mapa del distrito de Parcona.

Fuente: <https://www.google.com/maps/place/Parcona/>



Figura 84. Vista Aérea del Terreno en el Distrito de Parcona.

Fuente: <https://earth.google.com/web/>

Anexo 05. Panel fotográfico



*Figura 85. Vista General de las Calicatas.*

Fuente: Elaboración Propia.



*Figura 86. Sondaje Calicata 01.*

Fuente: Elaboración Propia.



*Figura 87. Sondaje Calicata 02.*

Fuente: Elaboración Propia.



*Figura 88. Sondaje Calicata 03.*

Fuente: Elaboración Propia.



*Figura 89. Recolección de Muestras para los Ensayos.*

Fuente: Elaboración Propia.



*Figura 90. Preparación de la Superficie para el Espesor de Mejoramiento.*

Fuente: Elaboración Propia.



*Figura 90. Compactación de las Capas de Mejoramiento.*

Fuente: Elaboración Propia.



*Figura 91. Compactación de la última capa.*

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 92. Ensayo de Penetración Dinámica en la Capa de Mejoramiento.

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 06. Hoja de Cálculo

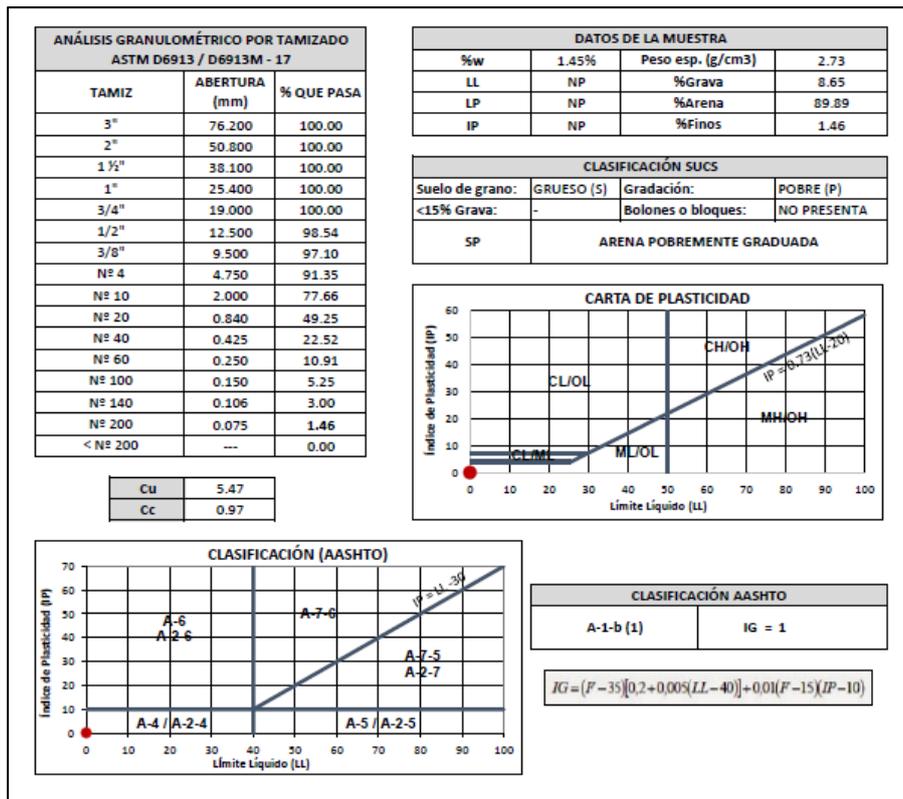


Figura 93. Hoja de Cálculo de Clasificación de Suelos – Calicata 01

Fuente: Elaboración Propia.

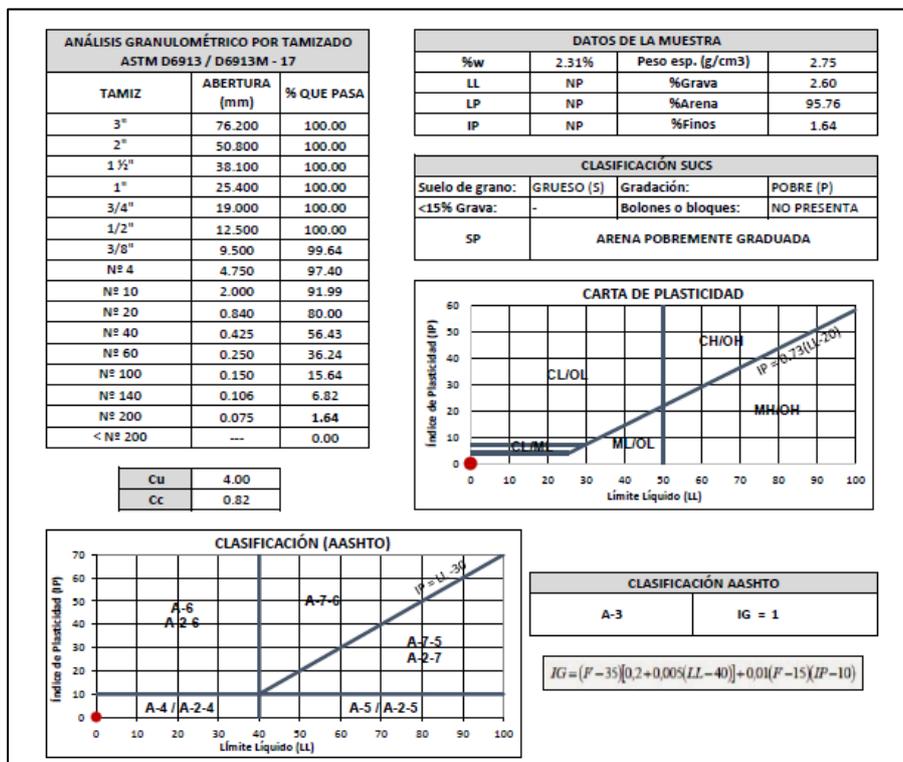


Figura 94. Hoja de Cálculo de Clasificación de Suelos – Calicata 02

Fuente: Elaboración Propia.

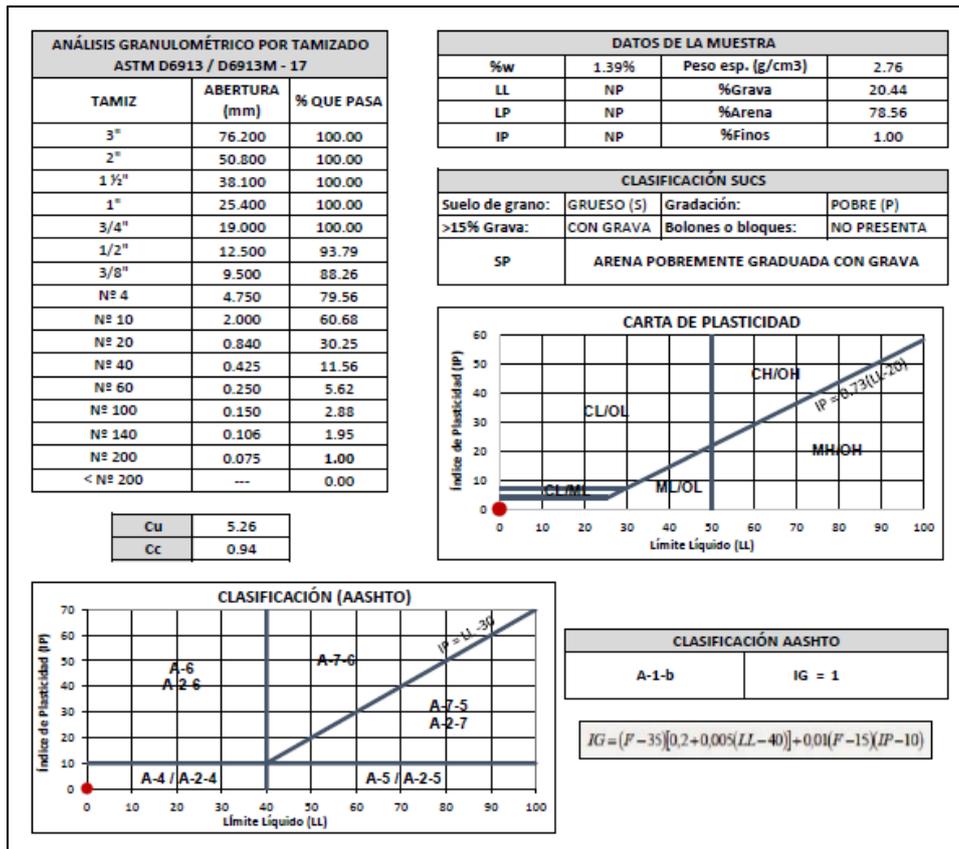


Figura 95. Hoja de Cálculo de Clasificación de Suelos – Calicata 03

Fuente: Elaboración Propia.

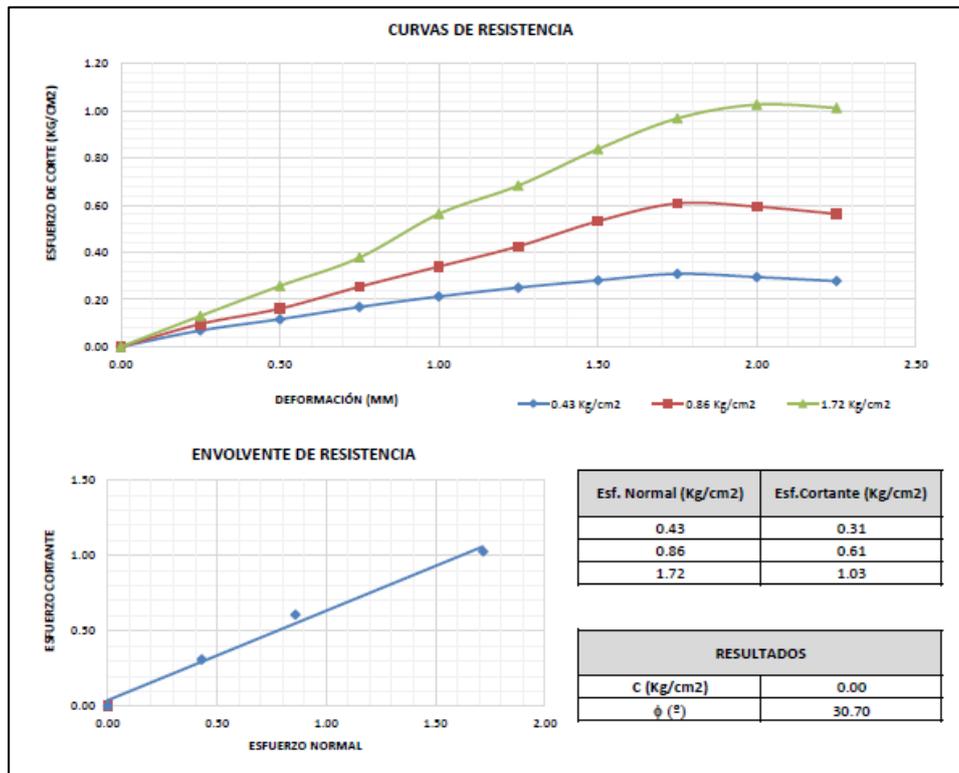


Figura 96. Hoja de Cálculo de Corte Directo – Calicata 01

Fuente: Elaboración Propia.

METODO DE CARGA RECTANGULAR DE BOUSSINESQ

Data:

arga de Servicio:	62.305 ton	Presión Admisible del Suelo:	11.9 ton/m <sup>2</sup>
B (Zapata):	2.5 m	Presión (Estructura):	9.97 ton/m <sup>2</sup>
L (Zapata):	2.5 m	Presión (Relleno):	1.92 ton/m <sup>2</sup>
Z (Desplante):	1.2 m	Sobrecarga (1er Nivel):	0.4 ton/m <sup>2</sup>
especifico del Relleno	1.8 ton/m <sup>3</sup>	Presión en Base de Zapata:	12.29 ton/m <sup>2</sup>

Fórmula Integrada de NEWMARK

$$\Delta\sigma_z = qI(m, n)$$

$$I(m, n) = \frac{1}{4\pi} \left[ \frac{2mn\sqrt{m^2+n^2+1}}{m^2+n^2+m^2n^2+1} \frac{m^2+n^2+2}{m^2+n^2+1} + \tan^{-1} \left( \frac{2mn\sqrt{m^2+n^2+1}}{m^2+n^2+1-m^2n^2} \right) \right] ; m = \frac{B}{z} ; n = \frac{L}{z}$$

Donde:

q = Presión de la Zapata a nivel de Desplante.

B = Ancho de la Zapata.

L = Largo de la Zapata.

Para Z menores que 1m:

$$I(m, n) = \frac{1}{4\pi} \left[ \frac{2mn\sqrt{m^2+n^2+1}}{m^2+n^2+m^2n^2+1} \frac{m^2+n^2+2}{m^2+n^2+1} + \tan^{-1} \left( \frac{2mn\sqrt{m^2+n^2+1}}{m^2+n^2+1-m^2n^2} \right) + \pi \right]$$

Donde:

$$0 \leq I(m, n) \leq 0.25$$

Z [Profundidad]	m	n	m <sup>2</sup> +n <sup>2</sup> +1	m <sup>2</sup> +n <sup>2</sup> +2	m <sup>2</sup> n <sup>2</sup>	Ir	G (ton/m <sup>2</sup> )
0.00	75.00000	100.00000	15628	15627	56250000	0.2473	12.16
0.60	2.08333	2.08333	9.681	10.681	18.8380	0.23418	11.51
1.00	0.62500	0.62500	1.781	2.781	0.1526	0.11231	5.52
1.50	0.41667	0.41667	1.347	2.347	0.0301	0.06420	3.16
2.00	0.31250	0.31250	1.195	2.195	0.0095	0.04008	1.97
2.50	0.25000	0.25000	1.125	2.125	0.0039	0.02702	1.33
3.00	0.20833	0.20833	1.087	2.087	0.0019	0.01932	0.95
3.50	0.17857	0.17857	1.064	2.064	0.0010	0.01446	0.71
4.00	0.15625	0.15625	1.049	2.049	0.0006	0.01120	0.55
4.50	0.13889	0.13889	1.039	2.039	0.0004	0.00892	0.44
5.00	0.12500	0.12500	1.031	2.031	0.0002	0.00727	0.36

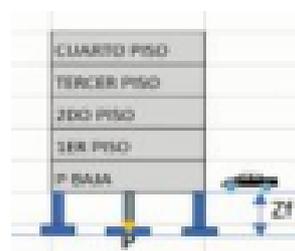


Figura 97. Hoja de Cálculo para la Determinación del Espesor de Mejoramiento

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 07. Certificados de Laboratorio



## ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD ULTIMA POR ASENTAMIENTO

**PROYECTO:** SUELO MEJORADO CON CEMENTO EMPLEADO COMO RELLENO PARA CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO PARCOWA-ICA, 2021

**SOLICITA:** CABANA CARBAJAL, EDICK GIOVANNI

**UBICACIÓN:** DISTRITO DE PARCONA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE ICA

**FECHA:** 12 DE MARZO DEL 2022

**DATOS**

$\phi_1 = 31.8^\circ$ (Peck y Hanson -1974) $\phi_2 = 37.8^\circ$ (Hamataki y Uchida-1996) Cota fund. (Df) = 1.20 m. Peso Act. = 42 TN $N_{60cmq} = 18$ $c' = 0.011$ Kg/cm <sup>2</sup> Cohesión = 0 Kg/cm <sup>2</sup> IP = 0.00 (SP) $c'/c' = 0.00$ $0.11 + 0.0037 IP = 0.11$ (Skempton)	Prof. Est. vertical = 4.05 m. $\gamma = 1.82$ g/cm <sup>3</sup> Ancho de cálculo B = 1.90 m. $\theta = 0.002$ (1/500) L = 8 m. (Asent.cif. Adm.) $\delta = 1.80$ cm. Nivel Freatico = - m. Espesor estrato >10 m. E/B = 5.26 (m/m)
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

SE TRATA DE UN SUELO NORMALMENTE CONSOLIDADO

$$Q_{adm} = (0.0864 N - 0.108)(B + 0.30)^2 \cdot f_c \cdot f_{cor} \cdot f_s \cdot f_{DF} \quad \text{(Terzaghi, Pei)}$$

PARA B > 1.22 M. ZAPATA CUADRADA

B (m)	N	E/B	Df/B	Fc	Fs	F <sub>DF</sub>	F <sub>cor</sub>	Qadm (Kg/cm <sup>2</sup> )	Qadm (Kg/cm <sup>2</sup> )
1.90	18	5.26	0.6	1	0.64	1.00	1.00	1.16	1.19

$q_{adm} = 1.19$  Kg/cm<sup>2</sup>

$$q_{adm} = 7.99 N_{cor} \left( \frac{3.28B + 1}{3.28B} \right)^2 \quad \text{(Meyerhof, 1966)}$$

B, en metros

$Q_{adm} = 172.16$  KN/m<sup>2</sup>  
 $Q_{adm} = 1.72$  Kg/cm<sup>2</sup>

$$q_{adm} = 11.98 N_{cor} \left( \frac{3.28B + 1}{3.28B} \right)^2 F_d \left( \frac{S_v}{25.4} \right) \quad \text{(Bowles, 1977)}$$

B, en metros

Se. Asent. Tolerable en milímetros

$F_d = 1 + 0.33 \frac{D_f}{B} \leq 1.33$

$Q_{adm} = 142.80$  KN/m<sup>2</sup>       $F_d = 1.33$   
 $Q_{adm} = 1.43$  Kg/cm<sup>2</sup>       $F_d = 1.32$





**MECÁNICA DE SUELOS – TECNOLOGÍA DEL CONCRETO – PAVIMENTOS – ASPALTO – LABORATORIO GEOTÉCNICO**  
 igeo.pera@hotmail.com - Prolg. Av. José Matos Marcarilla N° 505 - Ica - Ica - # 950666540

### ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD ULTIMA POR ASENTAMIENTO

**PROYECTO:** SUELO MEJORADO CON CEMENTO EMPLEADO COMO RELLENO PARA CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y DETERMINACION DE LOS PARAMETROS DE DISEÑO PARCONA-ICA, 2021

**SOLICITA:** CABANA CARSAJAL, EDICK GIOVANNI

**UBICACIÓN:** DISTRITO DE PARCONA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE ICA

**FECHA:** 12 DE MARZO DEL 2022

DATOS	
$\phi_1 = 31.8^\circ$ (Peck y Hanson -1974) $\phi_2 = 37.9^\circ$ (Hatanaka y Uchida-1990) Cota fund. (Df) = 1.00 m Peso Act. = 10 T/m <sup>3</sup> $N_{60} = 16$ $\sigma' = 0.005$ Kg/cm <sup>2</sup> Cohesión = 0 Kg/cm <sup>2</sup> $\beta = 0.00$ SP $c/\sigma' = 0.00$ $0.11 + 0.0037 \beta = 0.11$ (Skempton)	Prof. Est. vertical = 2.15 m $\gamma = 1.82$ g/cm <sup>3</sup> Ancho de cálculo B = 0.75 m $\theta = 0.002$ (1/500) L = 6 m (Asent. dñ. Adm.) $\delta = 1.20$ cm Nivel Freatico = - m Espesor estrato >10 m. E/B = 13.33 (m/m)

SE TRATA DE UN SUELO NORMALMENTE CONSOLIDADO  
 $q_{adm} = (0.135 N - 0.169) * I_c * I_{dr} * I_s * I_{pr}$  (Terzaghi, Peck)

PARA B < 1.22 M. (CIMENTO CORRIDO)

B (m)	N	E/B	D/B	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>1r</sub>	F <sub>2r</sub>	qadm (kg/cm <sup>2</sup> )	qadm (kg/cm <sup>2</sup> )
0.75	16	13.33	1.3	1	0.48	1.00	1.39	1.33	1.32

$q_{adm} = 1.32$  Kg/cm<sup>2</sup>

$q_{adm} = 11.98 N_{corr}$  (Meyerhof, 1966)

B, en metros

$q_{adm} = 191.66$  KN/m<sup>2</sup>

$q_{adm} = 1.82$  Kg/cm<sup>2</sup>

$q_{adm} = 19.16 N_{corr} F_d \left( \frac{S_e}{25.4} \right)$  (Bowles, 1977)

B, en metros

S<sub>e</sub>, Asent. Tolerable en milímetros

$F_d = 1 + 0.33 \frac{D_f}{B} \leq 1.33$

$q_{adm} = 312.53$  KN/m<sup>2</sup>

$F_d = 1.33$

$q_{adm} = 3.13$  Kg/cm<sup>2</sup>

$F_d = 1.26$



ROBERTO PLANCHA SORIANO  
INGENIERO EN GEOTECNIA





IGEO E.I.R.L.  
INGENIERIA Y GEOTECNIA  
ANEXO: ROSARIO PLANCHA SORIANO  
Calle 14<sup>a</sup> No. 1015 - ICA



**ENSAYO DE PENETRACION DINAMICA (DPL) - 03**

**FORMA :** NTE 339.159 - DIN 4094  
**PROYECTA:** CARANA CARBAJAL, EDICK GIOVANNI  
**PROYECTO:** SUELO MEJORADO CON CEMENTO EMPLEADO COMO RELLENO PARA CIMENTACIONES  
**OBJETIVO:** SUPERFICIALES Y DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO PARCONA-ICA, 2021  
**ESCALA:** 8.0% DE CEMENTO PROF: 0.00 - 0.90 m. FECHA : 12 DE MARZO DEL 2022

**RESULTADOS DEL ENSAYO**

PROFUNDIDAD(m)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
N aceptado	6	18	27	31	35												
PROFUNDIDAD(m)	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340
N aceptado																	

N<sub>60(1)</sub> = 6.9  
 N<sub>60(15)</sub> = 17.0



IGEO E.I.R.L.  
 INGENIERIA & GEOTECNIA  
 PAVIMENTOS - ASFALTOS - CEMENTOS  
 LABORATORIO DE ENSAYOS



IGEO E.I.R.L.  
 INGENIERIA & GEOTECNIA  
 ANGEL ROSARIO HUANCÁ PEREDA  
 ING. CIVIL - CIP 50362

### ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD ULTIMA POR ASENTAMIENTO

**PROYECTO:** SUELO MEJORADO CON CEMENTO EMPLEADO COMO RELLENO PARA CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO PARCONA-ICA, 2021

**SOLICITA:** CABANA CARBAJAL, EDICK GIOVANNI

**UBICACIÓN:** DISTRITO DE PARCONA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE ICA

**FECHA:** 12 DE MARZO DEL 2022

**DISEÑO:** SUELO + 5.0% CEMENTO

#### DATOS

$\phi = 32.0^\circ$ (Peck y Hanson -1974) $\phi = 38.4^\circ$ (Hanataka y Uchida-1966) Cota fund. (Df) = 1.20 m. Peso Act. = 42 TN $N_{60} = 17$ $\sigma' = 0.011$ Kg/cm <sup>2</sup> Cohesión = 0 Kg/cm <sup>2</sup> $\beta = 0.00$ (SP) $c/\sigma' = 0.00$ $0.11 + 0.0037 IP = 0.11$ (Skempton)	Prof. Est. vertical = 3.90 m. $\gamma = 1.92$ gr/cm <sup>3</sup> Ancho de calculo B = 1.80 m. $\theta = 0.002$ (1/500) L = 8 m. (Asent. dif. Adm.) $\delta = 1.60$ cm. Nivel Freatico = - m. Espesor estrato >10 m. E/B = 5.56 (m/m)
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

∴ SE TRATA DE UN SUELO NORMALMENTE CONSOLIDADO

$$q_{adm} = \frac{(0.0864 N - 0.108)(B + 0.30)^2}{B} + f_c + f_{cr} + f_0 + f_{cr} \quad \text{(Terzaghi, Peck)}$$

PARA B > 1.22 M. ZAPATA CUADRADA

B (m)	N	E/B	Df/B	F <sub>c</sub>	F <sub>s</sub>	F <sub>cr</sub>	F <sub>0</sub>	Q <sub>ult</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	Q <sub>adm</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
1.80	17	5.56	0.7	1	0.64	1.00	1.11	1.30	1.32

**q<sub>adm</sub> = 1.32 Kg/cm<sup>2</sup>**

$$q_{adm} = 7.99 N_{60} \left( \frac{3.28 B + 1}{3.28 B} \right)^2 \quad \text{(Meyerhof, 1966)}$$

B, en metros

$q_{adm} = 185.74$  K0N/m<sup>2</sup>  
 $q_{adm} = 1.86$  Kg/cm<sup>2</sup>

$$q_{adm} = 11.98 N_{60} \left( \frac{3.28 B + 1}{3.28 B} \right)^2 F_d \left( \frac{S_e}{25.4} \right) \quad \text{(Bowles, 1977)}$$

B, en metros

S<sub>e</sub>, Asent. Tolerable en milímetros

$$F_d = 1 + 0.33 \frac{D_f}{B} \leq 1.33$$

$q_{adm} = 154.07$  K0N/m<sup>2</sup>  
 $q_{adm} = 1.54$  Kg/cm<sup>2</sup>

$F_d = 1.33$   
 $F_d = 1.32$

INGENIERIA & GEOTECNIA  
 LABORATORIO DE INVESTIGACIONES



INGENIERIA & GEOTECNIA  
 MIGUEL BUSTOS GONZALES



### ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD ULTIMA POR ASENTAMIENTO

**PROYECTO:** SUELO MEJORADO CON CEMENTO EMPLEADO COMO RELLENO PARA CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO PARCONA-ICA, 2021

**SOLICITA:** CABANA CARBAJAL, EDICK GIOVANNI

**UBICACIÓN:** DISTRITO DE PARCONA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE ICA

**FECHA:** 12 DE MARZO DEL 2022

**DISEÑO:** SUELO + S/C/CEMENTO

#### DATOS

$\phi_1 = 32.0^\circ$ (Peck y Hanson -1974) $\phi_2 = 38.4^\circ$ (Hanataka y Ushida-1996) Cota fund. (Df) = 1.00 m. Peso Act. = 10 TN/m $N_{corr} = 17$ $\sigma^o = 0.005$ Kg/cm2 Cohesión = 0 Kg/cm2 $IP_w = 0.00$ SP $c/\sigma^o = 0.00$ $0.11 + 0.0037 IP_w = 0.11$ (Skempton)	Prof. Est. vertical = 2.05 m. $\gamma = 1.02$ gr/cm3 Ancho de calculo B = 0.7 m. $\theta = 0.002$ (1/500) L = 8 m. (Asent.dif. Adm.) $\delta = 1.20$ cm. Nivel Freatico = - m. Espesor estrato > 10 m. E/B = 14.29 (m/m)
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

∴ SE TRATA DE UN SUELO NORMALMENTE CONSOLIDADO  
 $q_{adm} = (0.135 N - 0.169) * f_c^* f_{Dr} + f_{\phi}^* f_{Dr}$  (Terzaghi, Peck)

PARA B < 1.22 M. (CIMENTO CORRIDO)

B (m)	N	E/B	D/B	Fc	F $\phi$	F $\sigma^o$	F $\theta$	q $_{adm}$ (Kg/cm2)	q $_{adm}$ (Kg/cm2)
0.7	17	14.29	1.4	1	0.48	1.00	1.40	1.43	1.43

**q $_{adm}$  = 1.43 Kg/cm2**

$q_{adm} = 11.98 N_{corr}$  (Meyerhof, 1965)

B, en metros

$q_{adm} = 203.86$  KN/m2

$q_{adm} = 2.04$  Kg/cm2

$q_{adm} = 19.16 N_{corr} F_d \left( \frac{S_c}{25.4} \right)$  (Bowles, 1977)

B, en metros

S $_c$ , Asent. Tolerable en milímetros

$F_d = 1 + 0.33 \frac{D_f}{B} \leq 1.33$

$q_{adm} = 331.89$  KN/m2

F $_d = 1.33$

$q_{adm} = 3.32$  Kg/cm2

F $_d = 1.26$

EDICK GIOVANNI  
 INGENIERIA & GEOTECNIA  
 PERU/ABRIL 2022



APRIL ALAN QUISPE SERRANO  
 INGENIERIA & GEOTECNIA

**MECANICA DE SUELOS - TECNOLOGIA DEL CONCRETO - PAVIMENTOS - ASPALTO - LABORATORIO GEOTECNICO**

igeo.peru@hotmail.com - Proj. Av. Jose Matias Manzanilla N° 905 - Ica - Ica - #950888540

### ENSAYO DE PENETRACION DINAMICA (DPL) - 02

**FORMA :** NTE 339.153 - DIN 4094  
**UBICACION:** CABANA CARBAJAL, EDICK GIOVANNI  
**PROYECTO:** SUELO MEJORADO CON CEMENTO EMPLEADO COMO RELLENO PARA CIMENTACIONES  
**UBICACION:** SUPERFICIALES Y DETERMINACION DE LOS PARAMETROS DE DISEÑO PARODOMA-ICA, 2022  
**LOCALIDAD:** 3. SA DE CIBARRO PROF: 0.00 - 0.00 m. FECHA: 12 DE MARZO DEL 2022

#### RESULTADOS DEL ENSAYO

PROFUNDIDAD(m)	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	
N completo	7	18	27	33	42											
PROFUNDIDAD(m)	158	180	190	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	318	340
N completo																

**N(DPL) =** 7,8  
**N(SPT) =** 17,4

#### NUMERO DE GOLPES



IGEO S.R.L.  
 INGENIERIA & GEOTECNIA  
 GERENTE GENERAL: JUAN CARLOS TORRES  
 LABORATORIO DE GEOTECNIA



IGEO S.R.L.  
 INGENIERIA & GEOTECNIA  
 GERENTE GENERAL: JUAN CARLOS TORRES  
 LABORATORIO DE GEOTECNIA

### ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD ULTIMA POR ASENTAMIENTO

**PROYECTO:** SUELO MEJORADO CON CEMENTO EMPLEADO COMO RELLENO PARA CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO PARCONA ICA, 2021

**SOLICITA:** CABANA CARBAJAL, EDICK GIOVANNI

**UBICACIÓN:** DISTRITO DE PARCONA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE ICA

**FECHA:** 12 DE MARZO DEL 2022

**DISEÑO:** SUELO + 7.5% CEMENTO

#### DATOS

$\phi_1 = 32.0^\circ$ (Peck y Hanson -1974)	Prof. Est. vertical = 3.90 m.
$\phi_2 = 38.4^\circ$ (Hanataka y Uchida-1996)	$\gamma = 1.97$ gr/cm <sup>3</sup>
Cota fund. (Df) = 1.20 m.	Ancho de cálculo B = 1.80 m.
Peso Act. = 42 TN	$\theta = 0.002$ (1/500)
$N_{correg} = 17$	L = 8 m.
$\sigma' = 0.011$ Kg/cm <sup>2</sup>	(Asent. d.f. Adm.) $\delta = 1.80$ cm.
Cohesión = 0 Kg/cm <sup>2</sup>	Nivel Freatico = - m.
IP = 0.00 (SP)	Espesor estrato > 10 m. E/B = 5.56 (m/m)
$c/\sigma' = 0.00$	
$0.11 + 0.0037 IP = 0.11$ (Skempton)	

∴ SE TRATA DE UN SUELO NORMALMENTE CONSOLIDADO

$$q_{adm} = \frac{(0.0864 N - 0.108)(B \pm 0.30)^2}{B} * f_c * f_{cr} * f_s * f_{dr} \quad \text{(Terzaghi, Peck)}$$

PARA B > 1.22 M. ZAPATA CUADRADA

B (m)	N	E/B	Df/B	Fc	Fs	Fcr	Fdr	q <sub>adm</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	q <sub>adm</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
1.80	17	5.56	0.7	1	0.64	1.00	1.11	1.30	1.32

**q<sub>adm</sub> = 1.32 Kg/cm<sup>2</sup>**

$$q_{adm} = 7.99 N_{cor} \left( \frac{3.28 B + 1}{3.28 B} \right)^2 \quad \text{(Meyerhof, 1965)}$$

B, en metros

q<sub>adm</sub> = 185.74 KN/m<sup>2</sup>  
 Q<sub>adm</sub> = 1.86 Kg/cm<sup>2</sup>

$$q_{adm} = 11.98 N_{cor} \left( \frac{3.28 B + 1}{3.28 B} \right)^2 F_d \left( \frac{S_v}{25.4} \right) \quad \text{(Bowles, 1977)}$$

B, en metros

$$F_d = 1 + 0.33 \frac{D_f}{B} \leq 1.33 \quad \text{Se, Asent. Tolerable en milímetros}$$

q<sub>adm</sub> = 154.07 KN/m<sup>2</sup>      F<sub>d</sub> = 1.33  
 Q<sub>adm</sub> = 1.54 Kg/cm<sup>2</sup>      F<sub>d</sub> = 1.32

  
 INGENIERIA & GEOTECNIA  
 INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PARCONA ICA



  
 INGENIERIA & GEOTECNIA  
 INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PARCONA ICA

**ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD ULTIMA  
POR ASENTAMIENTO**

**PROYECTO:** SUELO MEJORADO CON CEMENTO EMPLEADO COMO RELLENO PARA CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO PARCONA-ICA, 2021

**SOLICITA:** CABRERA CARBAJAL, EDICK GIOVANNI

**UBICACIÓN:** DISTRITO DE PARCONA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE ICA

**FECHA:** 12 DE MARZO DEL 2022

**DISEÑO:** SUELO + 7.5% CEMENTO

**DATOS**

$\phi_1 = 32.0^\circ$ (Peck y Hanson -1974)	Prof. Est. vertical = 2.05 m.
$\phi_2 = 39.4^\circ$ (Hatanaka y Uchida-1996)	$\gamma = 1.97$ gr/cm <sup>3</sup>
Cota fund. (DF) = 1.00 m.	Ancho de calculo B = 0.7 m.
Peso Act. = 10 TN/m	B = 0.002 (1/500)
$N_{60(15)}$ = 17	L = 6 m.
$\sigma' = 0.005$ Kg/cm <sup>2</sup>	(Asent.dif. Adm.) $\delta = 1.20$ cm.
Cohesión = 0 Kg/cm <sup>2</sup>	Nivel Freatico = - m.
IP <sub>z</sub> = 0.00 SP	Espesor estrato > 10 m. E/B = 14.29 (m/m)
c/d' = 0.00	
0.11+ 0.0037 IP <sub>z</sub> = 0.11 (Skempton)	

∴ SE TRATA DE UN SUELO NORMALMENTE CONSOLIDADO  
 $q_{adm} = (0.135 N - 0.169) * \sigma'_v * \sigma'_v * \sigma'_v * \sigma'_v$  (Terzaghi, Peck)

PARA B < 1.22 M. (CIMENTO CORRIDO)

B (m)	N	E/B	D/B	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	qadm (Kg/cm <sup>2</sup> )	qadm (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.7	17	14.29	1.4	1	0.48	1.00	1.40	1.43	1.43

**qadm = 1.43 Kg/cm<sup>2</sup>**

$q_{adm} = 11.98 N_{cor}$  (Meyerhof, 1965)

B, en metros

$q_{adm} = 203.66$  KN/m<sup>2</sup>

$q_{adm} = 2.04$  Kg/cm<sup>2</sup>

$q_{adm} = 19.16 N_{cor} F_d \left( \frac{S_e}{25.4} \right)$  (Bowles, 1977)

B, en metros

S<sub>e</sub>, Asent. Tolerable en milímetros

$F_d = 1 + 0.33 \frac{D_f}{B} \leq 1.33$

$q_{adm} = 331.69$  KN/m<sup>2</sup>

F<sub>d</sub> = 1.33

$q_{adm} = 3.32$  Kg/cm<sup>2</sup>

F<sub>d</sub> = 1.26



### ENSAYO DE PENETRACION DINAMICA (DPL) - 01

**FORMA :** NTE 338.159 - DIN 4094  
**SOLICITA:** CABRERA CARBAJAL, EDICK GIOVANNI  
**PROYECTO:** SUELO MEJORADO CON CEMENTO EMPLEADO COMO RELLENO PARA CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y DETERMINACION DE LOS PARAMETROS DE DISEÑO PARDOÑA-ICA, 2021  
**SOCALTE:** 104 DE COCHABAMBO **PROF:** 0.00 - 0.50 m. **FECHA:** 12 DE MARZO DEL 2022

#### RESULTADOS DEL ENSAYO

PROFUNDIDADES	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
N° golpes	8	19	29	35	42												
PROFUNDIDADES	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340
N° golpes																	

**N (DPL) = 8.8**  
**N (SPT) = 18.8**



IGEO E.I.R.L.  
 INGENIERIA & GEOTECNIA  
 C/ta. 104 DE COCHABAMBO  
 LABORATORIO DE GEOTECNIA



IGEO E.I.R.L.  
 INGENIERIA & GEOTECNIA  
 ANGEL ROJAS HUAYTA  
 Lic. No. 20111

### ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD ULTIMA POR ASENTAMIENTO

**PROYECTO:** SUELO MEJORADO CON CEMENTO EMPLEADO COMO RELLENO PARA CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO PARCONA-ICA, 2021

**SOLICITA:** CABANA CARBAJAL, EDIX JOVANNI

**UBICACIÓN:** DISTRITO DE PARCONA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE ICA

**FECHA:** 12 DE MARZO DEL 2022

**DISEÑO:** SUELO + 10% CEMENTO

#### DATOS

$\phi_1 = 32.3^\circ$ (Peck y Hanson -1974)	Prof. Est. vertical = 3.75 m.
$\phi_2 = 39.0^\circ$ (Hanataka y Uchida-1996)	$\gamma = 1.99$ gr/cm <sup>3</sup>
Cota fund. (Df) = 1.20 m.	Ancho de cálculo B = 1.70 m.
Peso Act. = 42 TN	$\theta = 0.002$ (1/500)
$N_{60avg} = 18$	L = 8 m.
$\sigma' = 0.011$ Kg/cm <sup>2</sup>	(Asent.dif. Adm.) $\delta = 1.60$ cm.
Cohesión = 0 Kg/cm <sup>2</sup>	Nivel Freatico = - m.
IP = 0.00 (SP)	Espesor estrato >10 m. E/B = 5.88 (m/m)
$c/\sigma' = 0.00$	
$0.11 + 0.0037 IP = 0.11$ (Skempton)	

∴ SE TRATA DE UN SUELO NORMALMENTE CONSOLIDADO

$$q_{adm} = \frac{(0.0864 N - 0.103)(B + 0.30)^2}{B} + f_c + f_{cr} + f_{\theta} + f_{\sigma'} \quad \text{(Terzaghi, Peck)}$$

PARA B > 1.22 M. ZAPATA CUADRADA

B (m)	N	E/B	Df/B	Fc	Fa	F <sub>cr</sub>	F <sub>θ</sub>	Q <sub>60</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	Q <sub>adm</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
1.70	18	5.88	0.7	1	0.64	1.00	1.14	1.45	1.46

$$q_{adm} = 1.46 \text{ Kg/cm}^2$$

$$q_{adm} = 7.99 N_{60} \left( \frac{3.28 B + 1}{3.28 B} \right)^2 \quad \text{(Meyerhof, 1965)}$$

B, en metros

$$q_{adm} = 200.00 \text{ KN/m}^2$$

$$q_{adm} = 2.00 \text{ Kg/cm}^2$$

$$q_{adm} = 11.98 N_{60} \left( \frac{3.28 B + 1}{3.28 B} \right)^2 F_d \left( \frac{S_r}{25.4} \right) \quad \text{(Bowles, 1977)}$$

B, en metros

$$F_d = 1 + 0.33 \frac{D_f}{B} \leq 1.33 \quad \text{Se, Asent. Tolerable en milímetros}$$

$$q_{adm} = 185.92 \text{ KN/m}^2 \quad F_d = 1.33$$

$$q_{adm} = 1.66 \text{ Kg/cm}^2 \quad F_d = 1.32$$

**ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD ULTIMA  
POR ASENTAMIENTO**

**PROYECTO:** SUELO MEJORADO CON CEMENTO EMPLEADO COMO RELLENO PARA CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO PARDOÑA-ICA, 2021

**SOLICITA:** CABANA CARBAJAL, EDICK GIOVANNI

**UBICACIÓN:** DISTRITO DE PARDOÑA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE ICA

**FECHA:** 12 DE MARZO DEL 2022

**DISEÑO:** SUELO + 10% CEMENTO

**DATOS**

$\phi_1 = 32.3^\circ$ (Peck y Hanson -1974)	Prof. Est. vertical = 1.98 m.
$\phi_2 = 39.0^\circ$ (Hatanaka y Uchida-1998)	$\gamma = 1.99$ gr/cm <sup>3</sup>
Cota fund. (Df) = 1.00 m.	Ancho de cálculo B = 0.65 m.
Peso Act. = 10 TN/m	$\theta = 0.002$ (1/500)
$N_{correg} = 18$	L = 6 m.
$\sigma'_{vm} = 0.005$ Kg/cm <sup>2</sup>	(Asent. dif. Adm.) $\delta = 1.20$ cm.
Cohesión = 0 Kg/cm <sup>2</sup>	Nivel Freático = - m.
$\beta_{pe} = 0.00$ SP	Espesor estrato > 10 m. E/B = 15.38 (m/m)
$c'/\sigma'_{vm} = 0.00$	
$0.11 + 0.0037 IP = 0.11$ (Skempton)	

∴ SE TRATA DE UN SUELO NORMALMENTE CONSOLIDADO

$$q_{adm} = (0.135 N - 0.169) * f_c + f_{dr} + f_s + f_{dr} \quad \text{(Terzaghi, Peck)}$$

PARA B < 1.22 M. (CIMENTO CORRIDO)

B (m)	N	E/B	D/B	F <sub>c</sub>	F <sub>s</sub>	F <sub>dr</sub>	F <sub>dr</sub>	qadm (kg/cm <sup>2</sup> )	qadm (ton/m <sup>2</sup> )
0.65	18	15.38	1.5	1	0.48	1.00	1.42	1.54	1.54

**qadm = 1.54 Kg/cm<sup>2</sup>**

$$q_{adm} = 11.98 N_{corr} \quad \text{(Meyerhof, 1965)}$$

B, en metros

$$Q_{adm} = 215.64 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_{adm} = 2.16 \text{ Kg/cm}^2$$

$$q_{adm} = 19.16 N_{corr} F_d \left( \frac{S_e}{25.4} \right) \quad \text{(Bowles, 1977)}$$

B, en metros

Se, Asent. Tolerable en milímetros

$$F_d = 1 + 0.33 \frac{D_f}{B} \leq 1.33$$

$$Q_{adm} = 350.85 \text{ KN/m}^2$$

$$F_d = 1.33$$

$$Q_{adm} = 3.51 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F_d = 1.26$$

**ENSAYO DE COMPACTACION - PROCTOR MODIFICADO**  
 (ASTM D-1557, NTP 339.142)

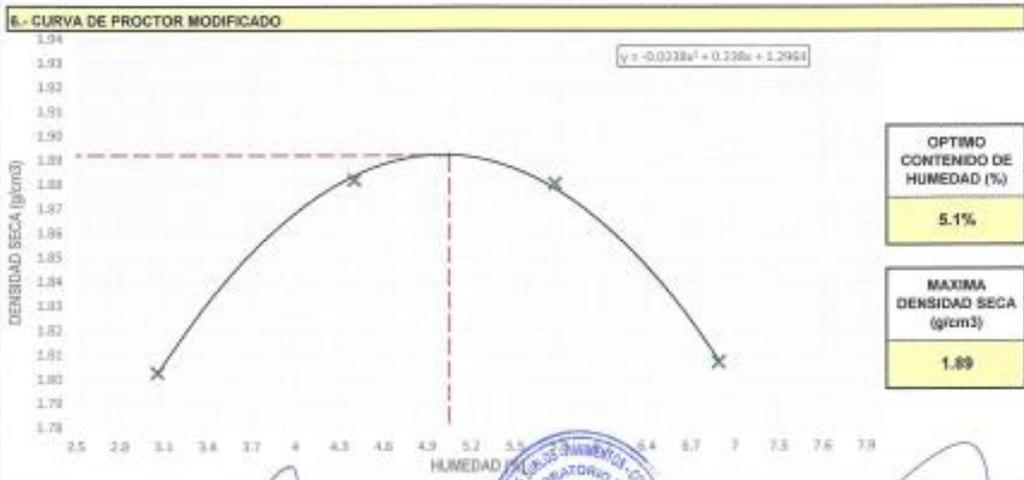
PROYECTO : SUELO MEJORADO CON CEMENTO EMPLEADO COMO RELLENO PARA CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y DETERMINACION DE LOS PARAMETROS DE DISEÑO PARCONA-ICA, 2021  
 SOLICITANTE : CABANA CARRASAL, EDICK GIOVANNI  
 DEPARTAMENTO : ICA PROVINCIA : ICA  
 DISTRITO : PARCONA REFERENCIA : ---  
 FECHA : 11 DE MARZO DEL 2022

1.- DATOS DE LA MUESTRA		2.- PERSONAL	
UBICACION	---	CAJONERA	---
MATERIAL	TERRENO NATURAL	MUESTREO	---
		OPERADOR	J.L.V.C.
		ASISTENTE	---

3.- DATOS DEL ENSAYO					
DESCRIPCION	Arena pobremente gradada de color gris clara			METODO "A"	
CLASIFICACION SUCS	SP			CAPAS	5
CLASIFICACION AASHTO	A-1-b (0)			GOLPES/CAPA	25
% RETENIDO ACUMULADO MALLA 3/4"	-				
% RETENIDO ACUMULADO MALLA 3/8"	-	PREPARACION	8000	PISTON	Manual
% RETENIDO ACUMULADO MALLA N°4	-				
MATERIAL PASANTE A USAR	N° 4	DATOS DEL MOLDE (mm): 152.4 (6 pulg)			
GRAVEDAD ESPECIFICA	-	Peso (g)	3532.00	Volumen (cm³)	795.400

4.- ENSAYO DE COMPACTACION						
PRUEBA	UND	01	02	03	04	
PESO MOLDE + MUESTRA COMPACTADO	g	5291.00	5375.00	5294.00	5349.00	
PESO MUESTRA COMPACTADA	g	1459.00	1543.00	1502.00	1517.00	
DENSIDAD HUMEDA	g/cm³	1.86	1.86	1.90	1.93	
DENSIDAD SECA	g/cm³	1.88	1.88	1.88	1.81	

5.- PORCENTAJE DE HUMEDAD						
TARA	N°	01	02	03	04	
PESO TARA	g	37.30	37.30	37.30	37.30	
PESO TARA + SUELO HUMEDO	g	255.36	248.30	251.66	255.90	
PESO TARA + SUELO SECO	g	249.88	239.40	239.96	241.66	
PESO AGUA	g	4.50	8.90	11.70	14.30	
PESO SUELO SECO	g	212.60	202.30	202.70	204.60	
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%	3.88%	4.40%	5.77%	6.88%	



IGEO E.I.R.L.  
 INGENIERIA & GEOTECNIA  
 PEDRO ARRIAGA GUANZA UMPIRO  
 LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO



IGEO E.I.R.L.  
 INGENIERIA & GEOTECNIA  
 ANGEL RAMON HUAYTA BORDA  
 Msc. Ing. Civil. CIP 53304

**ENSAYO DE COMPACTACION - PROCTOR MODIFICADO**  
**(ASTM D-1557, NTP 339.142)**

PROYECTO : SUELO MEJORADO CON CEMENTO EMPLEADO COMO RELLENO PARA CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y DETERMINACION DE LOS PARAMETROS DE DISEÑO PARCONA-ICA, 2021

SOLICITANTE : CABANA CARBAJAL, EDICK GIOVANNI

DEPARTAMENTO : ICA PROVINCIA : ICA

DISTRITO : PARCONA REFERENCIA : --

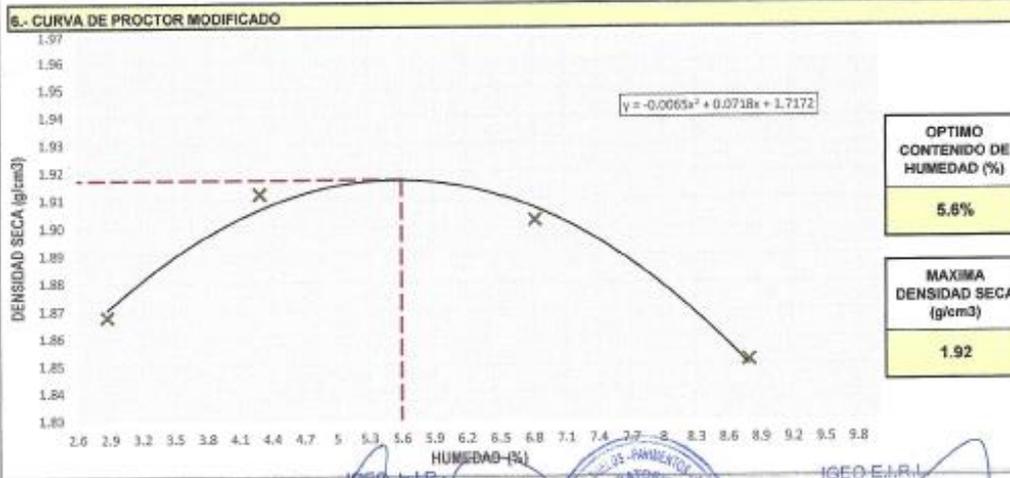
FECHA : 11 DE MARZO DEL 2022

1.- DATOS DE LA MUESTRA		2.- PERSONAL	
UBICACION	---	OPERADOR	J.L.V.C.
MATERIAL	TERRENO NATURAL + 5.0% CEMENTO	ASISTENTE	--
CANTERA	---		
MUESTREO	---		

3.- DATOS DEL ENSAYO			
DESCRIPCION	Arena pobremente graduada de color gris claro + 5.0 % de cemento		METODO "A"
CLASIFICACION SUCS	SP	CAPAS	5
CLASIFICACION AASHTO	A-1-b (0)	GOLFESCAPA	25
% RETENIDO ACUMULADO MALLA 3/8"	-	PREPARACION	Seco
% RETENIDO ACUMULADO MALLA 3/8"	132.7	PISTON	Manual
% RETENIDO ACUMULADO MALLA N°4	98.4	DATOS DEL MOLDE (mm): 152.4 (6 pulg)	
MATERIAL PASANTE A USAR	No. 4	Peso (g)	3832.00
GRAVEDAD ESPECIFICA	-	Volumen (cm <sup>3</sup> )	785.400

4.- ENSAYO DE COMPACTACION					
PRUEBA	UND	01	02	03	04
PESO MOLDE + MUESTRA COMPACTADO	g	5341.00	5388.00	5428.00	5414.00
PESO MUESTRA COMPACTADA	g	1509.00	1509.00	1596.00	1582.00
DENSIDAD HUMEDA	g/cm <sup>3</sup>	1.92	1.99	2.03	2.01
DENSIDAD SECA	g/cm <sup>3</sup>	1.87	1.91	1.90	1.85

5.- PORCENTAJE DE HUMEDAD					
TARA	N°	01	02	03	04
PESO TARA	g	37.20	37.20	37.20	37.20
PESO TARA + SUELO HUMEDO	g	241.20	251.30	250.40	261.29
PESO TARA + SUELO SECO	g	236.50	242.50	236.99	243.10
PESO AGUA	g	5.70	8.80	13.40	18.10
PESO SUELO SECO	g	198.30	208.30	199.90	205.50
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%	2.87%	4.28%	6.81%	8.79%







PEDRO ARMEGOL HUANCA LIMPINI  
 LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACION

ANGEL ROSAS FUANCA BORDA  
 I.A.C. Ing. Civil. CIP 5134



## CONTROL DE COMPACTACION

NORMA : NTP 339.143 (ASTM D 1556)

**PROYECTO** : SUELO MEJORADO CON CEMENTO EMPLEADO COMO RELLENO PARA CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO PARCONA-ICA, 2021

**UBICACIÓN** : DISTRITO DE PARCONA - PROVINCIA DE ICA - DEPARTAMENTO DE ICA

**SOLICITA** : CABANA CARBAJAL, EDICK GIOVANNI

**MATERIAL** : TERRENO NATURAL + 5.0% DE CEMENTO

**FECHA** : 12 DE MARZO DEL 2022

N° PUNTO		P- 1	P- 2	P- 3		
MATERIAL		T. natural	T. natural	T. natural		
CAPA		0 a 20 cm	20 a 40 cm	40 a 60 cm		
a	Peso Inicial de la Arena gr.	6,005	5,998	6,001		
b	Peso Residual Arena gr.	1,846	1,834	1,872		
c	Peso Suelo Extraído gr.	3,512	3,606	3,469		
d	Peso de la arena en el cono y la placa gr.	1,688	1,688	1,688		
e	Peso de la arena empleada para llenar el hoyo (a-b-d) gr.	2471	2476	2441		
f	Densidad de la arena gr/cc.	1.43	1.43	1.43		
g	Volumen del hoyo (e/f) c.c.	1728	1731	1707		
h	Peso de la Grava Seca gr.	0	0	0		
i	Peso de la tierra húmeda gr.	3512	3506	3459		
J	Volumen Grava gr.	0.00	0.00	0.00		
K	Volumen ocupado por la tierra (g-J) c.c.	1728	1731	1707		
l	Densidad húmeda (i/K) gr/cc.	2.03	2.03	2.03		
m	Porcentaje de humedad %	5.9%	5.8%	5.7%		
n	Densidad seca $l/(100+v)$ gr/cc.	1.92	1.91	1.92		
p	Densidad máxima de proctor modificado gr/cc.	1.92	1.92	1.92		
q	Porcentaje de compactación $(n/p)*100$ %	100.0 %	99.7 %	99.9 %		
r	Espesor de Estrato Probado cm.	11.00	11.00	11.00		
<b>HUMEDAD</b>						
1	Peso frasco + suelo húmedo gr.	<b>SPEEDY (HIDRÓMETRO)</b>				
2	Peso frasco+peso suelo seco gr.					
3	Peso agua contenido (1 - 2)					
4	Peso del frasco					
5	Peso del suelo seco (2 - 4) gr.					
6	Contenido de humedad(3/5x100) %					

  
 IGEO E.I.R.L.  
 INGENIERIA & GEOTECNIA  
 PEDRO ARNESOL HUACRA INGENIERO  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO



  
 IGEO E.I.R.L.  
 INGENIERIA & GEOTECNIA  
 ANGEL ROSAL HUANCÁ BORDA  
 Msc. Ing. Civil, CIP 56304

**MECANICA DE SUELOS - TECNOLOGIA DEL CONCRETO - PAVIMENTOS - ASFALTO - LABORATORIO GEOTECNICO**  
 igeo.peru@hotmail.com - Prolg. Av. Jose Matias Manzanilla N° 905 - Ica - Ica - #950886540

**ENSAYO DE COMPACTACION - PROCTOR MODIFICADO**  
(ASTM D-1557, NTP 339.142)

PROYECTO : SUELO MEJORADO CON CEMENTO EMPLEADO COMO RELLENO PARA CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y DETERMINACIÓN DE LOS  
PARAMETROS DE DISEÑO PARCONA-ICA, 2021

SOLICITANTE : CABANA CARBAJAL, EDICK GIOVANNI

DEPARTAMENTO : ICA PROVINCIA : ICA

DISTRITO : PARCONA REFERENCIA : ---

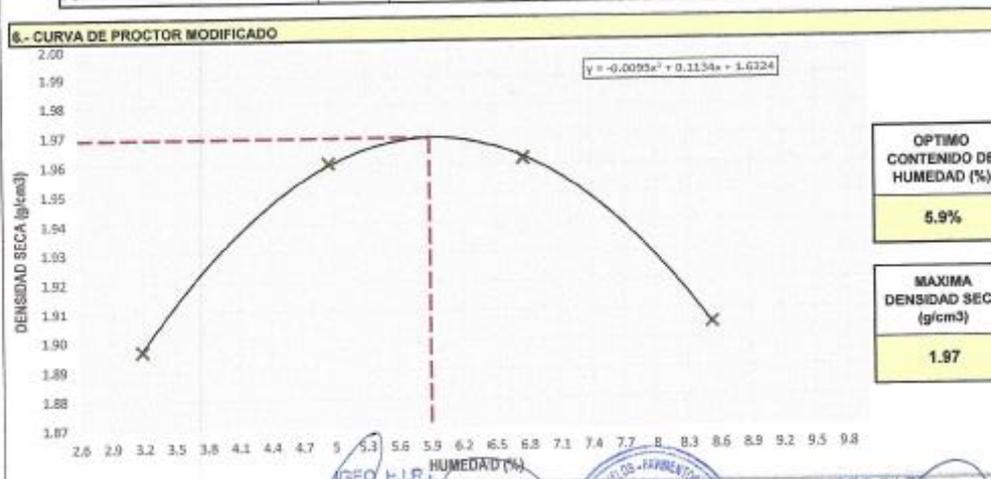
FECHA : 11 DE MARZO DEL 2022

1.- DATOS DE LA MUESTRA		2.- PERSONAL	
UBICACIÓN	: --- CANTERA : ---	OPERADOR	: J.L.V.O.
MATERIAL	: TERRENO NATURAL + 7.5% CEMENTO MUESTREO : ---	ASISTENTE	: ---

3.- DATOS DEL ENSAYO					
DESCRIPCION	Arena pobremente gradada de color gris claro + 5.0 % de cemento			METODO "A"	
CLASIFICACION SUCS	SP			CAPAS	5
CLASIFICACION AASHTO	A-1-b (0)			GOLPES/CAPA	25
% RETENIDO ACUMULADO MALLA 3/4"	-				
% RETENIDO ACUMULADO MALLA 3/8"	132.7	PREPARACION	Seco	PISTON	Manual
% RETENIDO ACUMULADO MALLA N°4	98.4				
MATERIAL PASANTE A USAR	No. 4	DATOS DEL MOLDE (mm): 152.4 (6 pulg)			
GRAVEDAD ESPECIFICA	-	Peso (g)	3832.00	Volumen (cm <sup>3</sup> )	785.400

4.- ENSAYO DE COMPACTACION					
PRUEBA	UND	01	02	03	04
PESO MOLDE + MUESTRA COMPACTADO	g	5368.00	5448.00	5477.00	5488.00
PESO MUESTRA COMPACTADA	g	1937.00	1818.00	1645.00	1624.00
DENSIDAD HUMEDA	g/cm <sup>3</sup>	1.96	2.06	2.09	2.07
DENSIDAD SECA	g/cm <sup>3</sup>	1.90	1.96	1.86	1.91

5.- PORCENTAJE DE HUMEDAD					
TARA	N°	01	02	03	04
PESO TARA	g	37.20	37.20	37.20	37.20
PESO TARA + SUELO HUMEDO	g	241.20	281.20	260.40	291.20
PESO TARA + SUELO SECO	g	234.90	241.20	236.90	243.60
PESO AGUA	g	6.30	10.10	13.50	17.60
PESO SUELO SECO	g	197.70	204.00	198.70	206.40
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%	3.19%	4.95%	6.78%	8.53%



IGEO E.I.R.L.  
INGENIERIA & GEOTECNIA  
PEDRO ARNEDO, HUANGA UMPIRI  
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO



IGEO E.I.R.L.  
INGENIERIA & GEOTECNIA  
ANGEL ROJAS HUANGA BORDA  
Msc. Ing. Civil, CIP 53364

## CONTROL DE COMPACTACION

**NORMA : NTP 339.143 (ASTM D 1556)**

**PROYECTO** : SUELO MEJORADO CON CEMENTO EMPLEADO COMO RELLENO PARA CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO PARCONA-ICA, 2021

**UBICACIÓN** : DISTRITO DE PARCONA - PROVINCIA DE ICA - DEPARTAMENTO DE ICA

**SOLICITA** : CABANA CARBAJAL, EDICK GIOVANNI

**MATERIAL** : TERRENO NATURAL + 7.5% DE CEMENTO

**FECHA** : 12 DE MARZO DEL 2022

N° PUNTO		P- 4	P- 5	P- 6		
MATERIAL		T. natural	T. natural	T. natural		
CAPA		0 a 20 cm	20 a 40 cm	40 a 60 cm		
a	Peso Inicial de la Arena	gr. 6,004	6,005	6,002		
b	Peso Residual Arena	gr. 1,874	1,864	1,823		
c	Peso Suelo Extraído	gr. 3,566	3,574	3,628		
d	Peso de la arena en el cono y la placa	gr. 1,688	1,688	1,688		
e	Peso de la arena empleada para llenar el hoyo (a-b-d)	gr. 2442	2453	2491		
f	Densidad de la arena	gr/cc. 1.43	1.43	1.43		
g	Volumen del hoyo (e/f)	c.c. 1708	1715	1742		
h	Peso de la Grava Seca	gr. 0	0	0		
i	Peso de la tierra húmeda	gr. 3566	3574	3628		
j	Volumen Grava	gr. 0.00	0.00	0.00		
k	Volumen ocupado por la tierra (g-j)	c.c. 1708	1715	1742		
l	Densidad húmeda (i/k)	gr/cc. 2.09	2.08	2.08		
m	Porcentaje de humedad	% 6.1%	5.8%	5.9%		
n	Densidad seca $l/(100+v)$	gr/cc. 1.97	1.97	1.97		
p	Densidad máxima de proctor modificado	gr/cc. 1.97	1.97	1.97		
q	Porcentaje de compactación $(n/p)*100$	% 99.9 %	100.0 %	99.8 %		
r	Espesor de Estrato Probado	cm. 11.00	11.00	11.00		

HUMEDAD						
1	Peso frasco + suelo húmedo	gr.	<b>SPEEDY (HIDRÓMETRO)</b>			
2	Peso frasco+peso suelo seco	gr.				
3	Peso agua contenido (1 - 2)					
4	Peso del frasco					
5	Peso del suelo seco (2 - 4)	gr.				
6	Contenido de humedad $(3/5x100)$	%				

  
 IGEO E.I.R.L.  
 INGENIERIA & GEOTECNIA  
 PEDRO ARMEZON HUANCA UMPIRI  
 LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO



  
 IGEO E.I.R.L.  
 INGENIERIA & GEOTECNIA  
 ANGEL ROSAN HUANCA BORJA  
 Msc. Ing. Civil - CIP 53304

**ENSAYO DE COMPACTACION - PROCTOR MODIFICADO**  
(ASTM D-1557, NTP 339.142)

PROYECTO : SUELO MEJORADO CON CEMENTO EMPLEADO COMO RELLENO PARA CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO PARCONA-ICA, 2021  
 SOLICITANTE : CABANA CARBAJAL, EDICK GIOVANNI  
 DEPARTAMENTO : ICA PROVINCIA : ICA  
 DISTRITO : PARCONA REFERENCIA : ---  
 FECHA : 11 DE MARZO DEL 2022

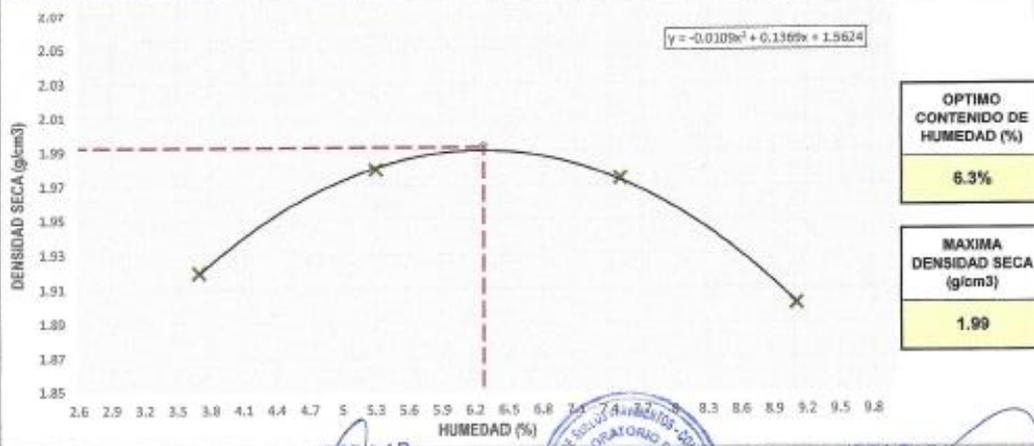
1.- DATOS DE LA MUESTRA		2.- PERSONAL	
UBICACIÓN : ---	CANTERA : ---	OPERADOR : J.L.V.C.	
MATERIAL : TERRENO NATURAL + 10% CEMENTO	MUESTREO : ---	ASISTENTE : ---	

3.- DATOS DEL ENSAYO					
DESCRIPCIÓN	Arena pobremente graduada de color gris claro + 10% de cemento			MÉTODO "A"	
CLASIFICACIÓN SUCS	SP			CAFAS	5
CLASIFICACIÓN AASHTO	A-1-b (0)			GOLPES/CAPA	25
% RETENIDO ACUMULADO MALLA 3/4"	-				
% RETENIDO ACUMULADO MALLA 3/8"	152.7	PREPARACION	Seco	PISTON	Manual
% RETENIDO ACUMULADO MALLA Nº4	98.4				
MATERIAL PASANTE A USAR	No. 4	DATOS DEL MOLDE (mm): 102.4 (4 pulg)			
GRAVEDAD ESPECIFICA	-	Peso (g)	3832.00	Volumen (cm <sup>3</sup> )	785.400

4.- ENSAYO DE COMPACTACION						
PRUEBA	UND	01	02	03	04	
PESO MOLDE + MUESTRA COMPACTADO	g	5395.00	5469.00	5496.00	5481.00	
PESO MUESTRA COMPACTADA	g	1583.00	1637.00	1667.00	1629.00	
DENSIDAD HUMEDA	g/cm <sup>3</sup>	1.99	2.08	2.12	2.07	
DENSIDAD SECA	g/cm <sup>3</sup>	1.92	1.98	1.97	1.99	

5.- PORCENTAJE DE HUMEDAD						
TARA	N°	01	02	03	04	
PESO TARA	g	37.20	37.20	37.20	37.20	
PESO TARA + SUELO HUMEDO	g	256.10	251.70	243.50	253.30	
PESO TARA + SUELO SECO	g	248.30	250.40	229.10	237.10	
PESO AGUA	g	7.80	11.30	14.40	16.20	
PESO SUELO SECO	g	211.10	213.20	191.90	199.90	
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%	3.69%	5.30%	7.50%	8.10%	

**6.- CURVA DE PROCTOR MODIFICADO**






IGEO E.I.R.L. INGENIERIA & GEOTECNIA  
 PEDRO ARRIEGUI HUANCA UMBRI LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO  
 ANGEL ROSAN HUANCA BORDA Mec. Ing. Civil - CIP 53324

## CONTROL DE COMPACTACION

**NORMA : NTP 339.143 (ASTM D 1556)**

**PROYECTO** : SUELO MEJORADO CON CEMENTO EMPLEADO COMO RELLENO PARA CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO PARCONA-ICA, 2021

**UBICACIÓN** : DISTRITO DE PARCONA - PROVINCIA DE ICA - DEPARTAMENTO DE ICA

**SOLICITA** : CABANA CARBAJAL, EDICK GIOVANNI

**MATERIAL** : TERRENO NATURAL + 10% DE CEMENTO

**FECHA** : 12 DE MARZO DEL 2022

N° PUNTO		P- 7	P- 8	P- 9		
MATERIAL		T. natural	T. natural	T. natural		
CAPA		0 a 20 cm	20 a 40 cm	40 a 60 cm		
a	Peso Inicial de la Arena	gr. 6,002	6,003	6,005		
b	Peso Residual Arena	gr. 1,861	1,885	1,837		
c	Peso Suelo Extraído	gr. 3,641	3,618	3,676		
d	Peso de la arena en el cono y la placa	gr. 1,688	1,688	1,688		
e	Peso de la arena empleada para llenar el hoyo (a-b-d)	gr. 2453	2430	2480		
f	Densidad de la arena	gr/cc. 1.43	1.43	1.43		
g	Volumen del hoyo (e/f)	c.c. 1715	1699	1734		
h	Peso de la Grava Seca	gr. 0	0	0		
i	Peso de la tierra húmeda	gr. 3641	3618	3676		
j	Volumen Grava	gr. 0.00	0.00	0.00		
k	Volumen ocupado por la tierra (g-j)	c.c. 1715	1699	1734		
l	Densidad húmeda (i/k)	gr/cc. 2.12	2.13	2.12		
m	Porcentaje de humedad	% 6.5%	6.9%	6.7%		
n	Densidad seca $l/(100+v)$	gr/cc. 1.99	1.99	1.99		
p	Densidad máxima de proctor modificado	gr/cc. 1.99	1.99	1.99		
q	Porcentaje de compactación $(n/p)*100$	% 100.2 %	100.1 %	99.8 %		
r	Espesor de Estrato Probado	cm. 11.00	11.00	11.00		

### HUMEDAD

1	Peso frasco + suelo húmedo	gr.				
2	Peso frasco+peso suelo seco	gr.				
3	Peso agua contenido (1 - 2)					
4	Peso del frasco					
5	Peso del suelo seco (2 - 4)	gr.				
6	Contenido de humedad(3/5x100)	%	6.5%	6.9%	6.7%	

**SPEEDY (HIDRÓMETRO)**

  
**IGEO E.I.R.L.**  
**INGENIERIA & GEOTECNIA**  
 PEDRO ARRIECOL, INGENIERO CIVIL  
 LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO



  
**IGEO E.I.R.L.**  
**INGENIERIA & GEOTECNIA**  
 ANGEL ROSAS HUANCÁ TORO  
 Mec. Ing. Civil - CIP 53334

Anexo 08. Certificado de calibración del equipo



**G&L**  
LABORATORIO S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CALIDAD Y RESPONSABILIDAD  
ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA



---

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº 022-2022 GLM

Página 1 de 3

<b>FECHA DE EMISIÓN</b>	: 2022-01-22	
<b>1. SOLICITANTE</b>	: <b>P &amp; G INGENIERIA &amp; PROYECTOS GEOTECNICOS E.I.R.L.</b>	<p>La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura <math>k=2</math>. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.</p> <p>Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.</p> <p>G &amp; L LABORATORIO S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p>
<b>DIRECCIÓN</b>	: PRO. MATIAS MANZANILLA NRO. 905 ICA – ICA – ICA	
<b>2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN</b>	: <b>BALANZA</b>	
<b>MARCA</b>	: OHAUS	
<b>MODELO</b>	: R21PE30ZH	
<b>NÚMERO DE SERIE</b>	: B846372653	
<b>ALCANCE DE INDICACIÓN</b>	: 30000 g	
<b>DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN</b>	: 1g	
<b>DIVISIÓN DE VERIFICACIÓN (e)</b>	: 10g	
<b>PROCEDENCIA</b>	: CHINA	
<b>IDENTIFICACIÓN</b>	: NO PRESENTA	
<b>TIPO</b>	: ELECTRÓNICA	
<b>UBICACIÓN</b>	: LABORATORIO	
<b>FECHA DE CALIBRACIÓN</b>	: 2022-01-19	
<b>3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN</b>	Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII; PC - 001 del SNM-INDECOPI, EDICIÓN 3ª - ENERO, 2009.	
<b>4. LUGAR DE CALIBRACIÓN</b>	LAB. DE SUELOS Y CONCRETO DE P & G INGENIERIA & PROYECTOS GEOTECNICOS E.I.R.L. PROMATIAS MANZANILLA NRO. 905 ICA – ICA – ICA	



**Gilmer Antequera** Poquioma  
Responsable del Laboratorio de Metrología



☎ Teléfono:  
(01) 622 – 5854  
☎ Celular:  
992 – 302 – 883 / 962 – 227 – 858

✉ Correo:  
laboratorio.gylaboratorio@gmail.com  
servicios@gylaboratorio.com

📍 Av. Miraflores Mz. E Lt. 60  
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos  
Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de **G&L LABORATORIO S.A.C**



5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	30.0 °C	17.1 °C
Humedad Relativa	39 %	41 %

6. TRAZABILIDAD

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de DM - INACAL TOTAL WEIGHT	Pesas (exactitud E2 / M1 / M2)	LM - C - 428 - 2021 CM - 1411 - 2021 CM - 1412 - 2021 CM - 1413 - 2021

7. OBSERVACIONES

Para 30000 g. la balanza indicó 30002 g. Se ajustó y se procedió a su calibración. Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III, según la Norma Metroológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático. Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO".

8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SISTEMA DE TRABAJO	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

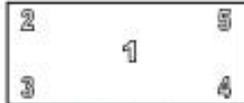
Medición Nº	Carga L <sup>1</sup> (g)	Temp. (°C)		Carga L <sup>2</sup> 30,000 g		
		Inicial	Final	(g)	ΔL(g)	E(g)
1	14,999	30.0	30.0	30,000	0.6	-0.1
2	15,000			30,000	0.5	0.0
3	15,000			30,000	0.5	0.0
4	15,000			30,000	0.5	0.0
5	15,000			30,000	0.5	0.0
6	15,000			30,000	0.6	-0.1
7	14,999			30,000	0.6	-0.1
8	14,999			30,000	0.6	-0.1
9	15,000			30,000	0.5	0.0
10	15,000			30,000	0.5	0.0
						1.0
						30 g





CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 022 - 2022 GLM

Página 3 de 3



Vista Frontal

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E <sub>s</sub>				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	f(g)	-L(g)	E <sub>s</sub> (g)	Carga (g)	f(g)	-L(g)	E <sub>s</sub> (g)	E <sub>cor</sub> (g)
1	10	10	0.5	0.0	10.000	9.999	0.5	-1.0	-1.0
2		10	0.5	0.0		10.000	0.4	0.1	0.1
3		10	0.5	0.0		10.000	0.5	0.0	0.0
4		10	0.5	0.0		10.000	0.5	0.0	0.0
5		10	0.5	0.0		10.000	0.4	0.1	0.1

(\*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido: ± 20 g

ENSAYO DE PESAJE

Carga L(g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				max(*)
	f(g)	-L(g)	E <sub>s</sub> (g)	E <sub>cor</sub> (g)	f(g)	-L(g)	E <sub>s</sub> (g)	E <sub>cor</sub> (g)	
10	10	0.5	0.0	0.0	20	0.5	0.0	0.0	10
20	20	0.5	0.0	0.0	100	0.5	0.0	0.0	10
100	100	0.5	0.0	0.0	500	0.5	0.0	0.0	10
500	500	0.6	-0.1	-0.1	1.000	0.6	-0.1	-0.1	10
1.000	1.000	0.5	0.0	0.0	5.000	0.5	0.0	0.0	10
5.000	5.000	0.6	-0.1	-0.1	10.004	0.5	4.0	4.0	20
10.000	10.004	0.5	4.0	4.0	15.006	0.5	6.0	6.0	20
15.000	15.006	0.5	6.0	6.0	20.004	0.5	4.0	4.0	20
20.000	20.004	0.6	3.9	3.9	25.005	0.6	4.9	4.9	30
25.000	25.005	0.6	4.9	4.9	30.007	0.7	6.8	6.8	30
30.000	30.007	0.7	6.8	6.8					

(\*) error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R - 002E-04 \times R$$

$$U_k = 2 \sqrt{3,952E-04 g^2 + 1,308E-12 \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza    -L: Carga incremental    E: Error encontrado    E<sub>s</sub>: Error en caso    E<sub>cor</sub>: Error corregido

Número de tipo Científico    E-xx = 10<sup>xx</sup>    (Ejemplo: E-05 = 10<sup>-5</sup>)



Teléfono: (01) 622 - 5814  
Celular: 992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo: laboratorio.gylaboratorio@gmail.com  
servicios@gylaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60  
Urb. Santa Elisa II Etape Los Olivos  
Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de G&L LABORATORIO S.A.C



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N°020-2022 GLT

Página 1 de 4

Fecha de Emisión : 2022-01-22

1. SOLICITANTE : P & G INGENIERIA & PROYECTOS  
GEOTECNICOS E.I.R.L.

DIRECCIÓN : PRO.MATIAS MANZANILLA NRO. 905 ICA –  
ICA – ICA

2. EQUIPO DE MEDICIÓN: HORNO ELÉCTRICO

MARCA : A&A INSTRUMENTES

MODELO : ATHX-2A

NÚMERO DE SERIE : 15787

PROCEDENCIA : NO PRESENTA

IDENTIFICACIÓN : NO PRESENTA

UBICACIÓN : LABORATORIO

### Descripción del Termómetro del Equipo

Tipo : Digital

Alcance de Indicación : 1 °C a 250 °C

División de Escala : 0.1 °C

3. FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN

Calibrado el 2022-01-19

La calibración se realizó en el LAB. DE SUELOS Y CONCRETO DE P & G INGENIERIA & PROYECTOS  
GEOTECNICOS E.I.R.L.

4. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación directa con termómetros patrones calibrados que tienen trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990, se usó el procedimiento PC-018 "Calibración de Medios con Aire como Medio Termostático", edición 2, Junio 2009, del SNM-INDECOPI - Perú.

5. CONDICIONES DE CALIBRACIÓN

	Inicial	Final
Temperatura °C	30.6	30.6
Humedad Relativa %HR	38	38

6. TRAZABILIDAD

Los resultados de calibración tienen trazabilidad a los patrones nacionales, reportados de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
TOTAL WEIGHT	Termómetro de indicación digital de 10 termocuplas	CC - 6319 - 2021

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

G & L LABORATORIO S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.





7. RESULTADOS DE MEDICIÓN

TEMPERATURA DE CALIBRACIÓN 110 °C ± 10 °C

Tiempo (min)	Termómetro del equipo (°C)	Indicación termómetros patrones (°C)										T. Prom. (°C)	Tmax-Tmin. (°C)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110.0	113.5	114.6	112.4	116.7	111.3	116.0	115.5	119.2	120.3	116.3	115.6	9
02	110.0	113.3	114.3	112.3	116.4	111.3	115.6	115.5	118.2	119.9	116.4	115.3	8.6
04	110.0	113.2	114.1	112.3	116.6	111.3	115.5	115.6	118.8	120.1	116.2	115.4	8.8
06	110.0	113.2	114.4	112.4	116.6	111.2	115.6	115.8	118.0	120.2	116.3	115.4	9.0
08	110.0	113.2	114.6	112.7	116.7	111.2	115.8	115.8	118.8	120.1	116.4	115.5	8.9
10	110.1	113.3	114.2	112.6	116.7	111.2	115.7	115.7	119.0	120.6	116.4	115.5	9.4
12	110.1	113.3	114.3	112.5	116.4	111.2	115.6	115.9	119.4	120.3	116.3	115.5	9.1
14	110.1	113.3	114.1	112.3	116.2	111.1	115.6	115.4	118.5	120.3	115.7	115.3	9.2
16	110.0	113.4	114.0	112.4	116.8	111.3	115.9	115.8	119.3	120.7	116.4	115.6	9.4
18	109.9	113.3	114.1	112.6	116.6	111.3	115.8	115.6	119.0	120.3	116.3	115.5	9
20	110.0	113.5	114.4	112.5	116.9	111.4	115.7	115.7	119.3	120.9	116.4	115.7	9.5
22	109.9	113.8	114.6	112.7	116.9	111.4	115.9	115.5	119.5	120.4	116.2	115.7	9
24	110.1	113.2	114.1	112.4	116.6	111.3	115.5	115.6	118.8	120.1	116.2	115.4	8.8
26	110.0	113.5	114.6	112.4	116.7	111.3	116.0	115.5	119.2	120.3	116.3	115.6	9.0
28	110.0	113.3	114.3	112.3	116.4	111.3	115.6	115.5	118.2	119.9	116.4	115.3	8.6
30	110.0	113.2	114.1	112.3	116.6	111.3	115.5	115.6	118.8	120.1	116.2	115.4	8.8
32	110.0	113.2	114.4	112.4	116.6	111.2	115.6	115.8	118.0	120.2	116.3	115.4	9
34	110.0	113.2	114.6	112.7	116.7	111.2	115.8	115.8	118.8	120.1	116.4	115.5	8.9
36	110.1	113.3	114.2	112.6	116.7	111.2	115.7	115.7	119.0	120.6	116.4	115.5	9.4
38	110.1	113.3	114.3	112.5	116.4	111.2	115.6	115.9	119.4	120.3	116.3	115.5	9.1
40	110.1	113.3	114.1	112.3	116.2	111.1	115.6	115.4	118.5	120.3	115.7	115.3	9.2
42	110.0	113.4	114.0	112.4	116.8	111.3	115.9	115.8	119.3	120.7	116.4	115.6	9.4
44	109.9	113.3	114.1	112.6	116.6	111.3	115.8	115.6	119.0	120.3	116.3	115.5	9
46	110.0	113.5	114.4	112.5	116.9	111.4	115.7	115.7	119.3	120.9	116.4	115.7	9.5
48	109.9	113.8	114.6	112.7	116.9	111.4	115.9	115.5	119.5	120.4	116.2	115.7	9
50	110.1	113.2	114.1	112.4	116.6	111.3	115.5	115.6	118.8	120.1	116.2	115.4	8.8
52	110.0	113.2	114.1	112.3	116.6	111.3	115.5	115.6	118.8	120.1	116.2	115.4	8.8
54	110.0	113.2	114.4	112.4	116.6	111.2	115.6	115.8	118.0	120.2	116.3	115.4	9
56	110.0	113.2	114.6	112.7	116.7	111.2	115.8	115.8	118.8	120.1	116.4	115.5	8.9
58	110.1	113.3	114.2	112.6	116.7	111.2	115.7	115.7	119.0	120.6	116.4	115.5	9.4
60	110.1	113.3	114.3	112.5	116.4	111.2	115.6	115.9	119.4	120.3	116.3	115.5	9.1
T. PROM.	110.0	113.3	114.3	112.5	116.6	111.3	115.7	115.7	118.9	120.3	116.3	115.5	
T. MAX	110.1	113.8	114.6	112.7	116.9	111.4	116.0	115.9	119.5	120.9	116.4		
T. MIN	109.9	113.2	114.0	112.3	116.2	111.1	115.5	115.4	118.0	119.9	115.7		
DTT	0.2	0.6	0.6	0.4	0.7	0.3	0.5	0.5	1.5	1.0	0.7		

PARÁMETRO	VALOR (°C)	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (°C)
Máxima Temperatura Medida	120.9	0.3
Mínima Temperatura Medida	111.1	0.3
Desviación de Temperatura en el Tiempo	1.5	0.1
Desviación de Temperatura en el Espacio	9.1	0.3
Estabilidad Medida (s)	0.75	0.04
Uniformidad Medida	9.5	0.3

T. PROM: Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.  
T. Prom: Promedio de las temperaturas en las diez posiciones de medición en un instante dado.  
T. MAX: Temperatura máxima.  
T. MIN: Temperatura mínima.  
DTT: Desviación de temperatura en el tiempo.





LABORATORIO DE  
METROLOGÍA

CALIDAD Y RESPONSABILIDAD  
ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N°020-2022 GLT

Página 3 de 4

#### 8. OBSERVACIONES

Los resultados obtenidos corresponden al promedio de 31 lecturas por punto de medición considerando, luego del tiempo de estabilización.

Las lecturas se hicieron luego de un precalentamiento y estabilización de 2 min.

El esquema de distribución y posición de los termocuplas calibrados en los puntos de medición se muestra en la página 4.

(\*) Código asignado por G&L LABORATORIO S.A.C

Para la temperatura de 110°C

La calibración se realizó sin carga.

El promedio de temperatura durante la medición fue 110 °C.

Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".

La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.

#### NOTA:

Los resultados contenidos en el presente documento son válidos únicamente para las condiciones del equipo durante la calibración. G&L LABORATORIO SAC. no se responsabiliza de ningún perjuicio que pueda derivarse del uso inadecuado del objeto calibrado.

Una copia de este documento será mantenida en archivo electrónico en el laboratorio por un periodo de por lo menos 4 años.

#### 9. FOTOGRAFÍA DEL INTERIOR DEL EQUIPO



Teléfono:  
(01) 622 - 5854  
Celular:  
992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo:  
laboratoriogy@laboratorio@gmail.com  
servicios@gylaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60  
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos  
Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de G&L LABORATORIO S.A.C

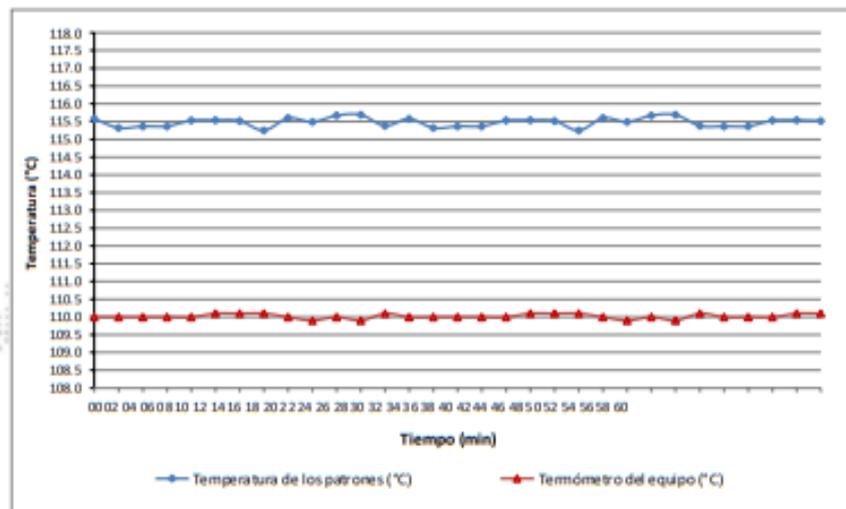


CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N°020-2022 GLT

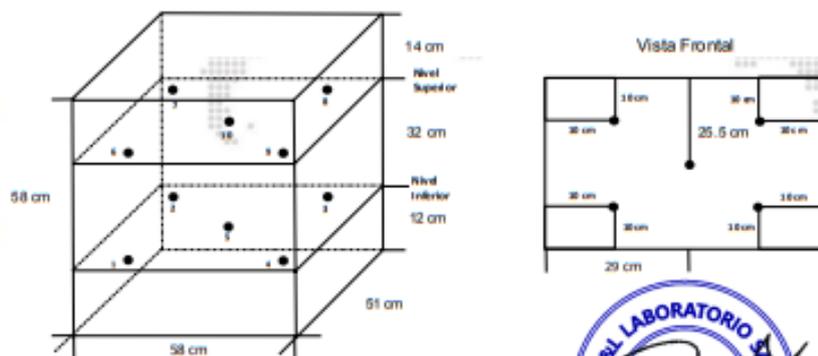
Página 4 de 4

DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURA EN EL EQUIPO

TEMPERATURA DE CALIBRACIÓN  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$



UBICACIÓN DE LOS SENSORES



Los sensores se colocaron a 6 cm de altura sobre sus respectivos niveles.



Teléfono:  
(01) 622 - 5834  
Celular:  
992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo:  
laboratorio.gylaboratorio@gmail.com  
servicios@gylaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60  
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos  
Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de G&L LABORATORIO S.A.C