

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**EFFECTOS DEL NIVEL FREÁTICO EN EL CALCULO DE LA
CAPACIDAD PORTANTE PARA CIMENTACIONES
SUPERFICIALES DE LA URBANIZACIÓN LOS PINOS**

PRESENTADO POR:

Bachiller: GAVILAN ROBLES FRANK ALEX

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL:

Nuevas Tecnologías y procesos

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

HUANCAYO – PERÚ

2022

FALSA PORTADA

**ASESOR: INGENIERO:
CARLOS GERARDO FLORES ESPINOZA**

Dedicatoria

A mis amados padres:
Jacinto y Dionicia por el apoyo
incondicional brindados durante
cada momento.

AGRADECIMIENTO

1. En primer lugar agradecemos a DIOS, por darnos la vida, salud y la oportunidad de culminar con éxito nuestros estudios.
2. Nuestra eterna gratitud a la Universidad Peruana Los Andes, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, alma mater de nuestra profesión donde hemos compartido nuestros esfuerzos, formándonos y orientándonos en sus aulas para llegar a ser buenos profesionales.
3. Expresamos nuestro sincero agradecimiento al asesor del presente trabajo de investigación, IG. Carlos Gerardo Flores Espinoza, por su apoyo incondicional y desinteresado en la conducción y culminación del presente trabajo.



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

EL DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA DEJA:

CONSTANCIA N° 245

Que, el (la) bachiller: **FRANK ALEX, GAVILAN ROBLES**, de la Escuela Profesional de **INGENIERÍA CIVIL**, presentó la tesis denominada **“EFECTOS DEL NIVEL FREÁTICO EN EL CALCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE PARA CIMENTACIONES SUPERFICIALES DE LA URBANIZACIÓN LOS PINOS”**, la misma que cuenta con **138 Páginas**, ha sido ingresada por el **SOFTWARE – TURNITIN FEEDBACK STUDIO** obteniendo el **17%** de similitud.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Huancayo 03 de agosto del 2022



Dr. Santiago Zevallos Salinas
Director de la Unidad de Investigación

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

**DOCTOR: TAPIA SILGUERA RUBÉN DARÍO
PRESIDENTE**

**MG. HENRY GUSTAVO PAUTRAT EGOAVIL
JURADO**

**MG. JEANNELLE SOFIA HERRERA MONTES
JURADO**

**MG. VIDAL VICTOR CALSINA COLQUI
JURADO**

**MG. UNTIVEROS PEÑALOZA LEONEL
SECRETARIO DOCENTE**

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN	14
ABSTRACT	15
INTRODUCCIÓN	16
CAPÍTULO I	17
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	17
1.1. Planteamiento del problema	17
1.2. Formulación y sistematización del problema	17
1.2.1. Problema general	17
1.2.2. Problemas específicos	18
1.3. Justificación	18
1.3.1. Práctica o social	18
1.3.2. Científica o teórica	18
1.3.3. Metodológica	18
1.4. Limitaciones	19
1.4.1. Espacial	19
1.4.2. Temporal	19
1.4.3. Económica	19
1.5. Objetivos	19
1.5.1. Objetivo general	19
1.5.2. Objetivos específicos	19
CAPÍTULO II	21
MARCO TEÓRICO	21
2.1. Antecedentes	21
2.1.1. Antecedentes internacionales	21
2.1.2. Antecedentes nacionales	24
2.2. Marco conceptual	27
2.2.1. La Mecánica de Suelos:	27
2.2.2. El Suelo:	27
	vii

2.2.3. Unidades Hidrogeológicas:	52
2.2.4. Factores que Afectan el Nivel Freático:	54
2.2.5. Origen de la Precipitación:	54
2.2.6. Clasificación de la Precipitación:	55
2.2.7. Infiltración:	57
2.2.8. Permeabilidad:	58
2.2.9. Teoría de la Capacidad de Carga de Terzaghi:	59
2.3. Definición de términos:	62
2.4. Hipótesis	63
2.4.1. Hipótesis general	63
2.4.2. Hipótesis específicas	63
2.5. Variables	64
2.5.1. Definición conceptual de la variable	64
2.5.2. Definición operacional de la variable	64
2.5.3. Operacionalización de variables	65
CAPITULO III	66
METODOLOGÍA	66
3.1. Método de investigación	66
3.2. Tipo de investigación	66
3.3. Nivel de investigación	66
3.4. Diseño de investigación	66
3.5. Población y muestra	66
3.5.1. Población	66
3.5.2. Muestra	67
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	67
3.7. Procesamiento de la información	68
3.8. Técnicas y análisis de datos	68
CAPÍTULO IV	70
RESULTADOS	70
4.1. Generalidades:	70
4.1.1. Ubicación de la zona de estudio:	70
4.1.2. Ubicación de los puntos de exploración:	71

4.1.3. Exploración del suelo:	72
4.2. Clasificación del suelo:	74
4.2.1. Calicata C – 01:	74
4.2.2. Calicata C – 02:	77
4.2.3. Calicata C – 03:	80
4.3. Monitoreo del nivel freático:	82
4.3.1. Ensayo de infiltración de suelo:	82
4.3.2. Ensayo de permeabilidad del suelo:	85
4.4. Cálculo de la capacidad portante:	88
4.4.1. Capacidad portante de la calicata C – 01:	89
4.4.2. Capacidad portante de la calicata C – 02:	91
4.4.3. Capacidad portante de la calicata C – 03:	94
4.5. Comparación de la capacidad portante:	96
4.5.1. Calicata C – 01:	96
4.5.2. Calicata C – 02:	97
4.5.3. Calicata C – 03:	97
CAPÍTULO V	98
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	98
5.1. Capacidad portante:	98
5.2. Tipo de suelo:	98
5.3. Monitoreo del nivel freático:	98
CONCLUSIONES	99
RECOMENDACIONES	100
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101
ANEXOS	103
Anexo 01: Matriz de consistencia	104
Anexo 02: Matriz de operacionalización de variables	107
Anexo 03: Panel fotográfico	109
4: Certificados de laboratorio	113

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Valores típicos de límites para algunos minerales y suelos arcillosos -----	43
Tabla 2 Rango de la permeabilidad hidráulica para varios suelos-----	59
Tabla 3 Factores de capacidad de carga modificados de Terzaghi $N c, N q, N \gamma$ -----	61
Tabla 4 Operacionalización de las variables-----	65
Tabla 5 Coordenadas de las calicatas -----	71
Tabla 6 Limite liquido calicata C - 01-----	74
Tabla 7 Limite plástico calicata C - 01 -----	75
Tabla 8 Granulometría calicata C - 01-----	76
Tabla 9 Limite liquido calicata C - 02-----	77
Tabla 10 Limite plástico calicata C - 02 -----	78
Tabla 11 Granulometría calicata C - 02 -----	79
Tabla 12 Limite liquido calicata C - 03 -----	80
Tabla 13 Limite plástico calicata C - 03 -----	81
Tabla 14 Granulometría calicata C - 03 -----	81
Tabla 15 Clasificación de los terrenos según la prueba de Percolación -----	83
Tabla 16 Test de percolación en la calicata C - 01 -----	84
Tabla 17 Test de percolación en la calicata C - 02 -----	84
Tabla 18 Test de percolación en la calicata C - 03 -----	85
Tabla 19 Ensayo de permeabilidad de suelo en la calicata C - 01 -----	86
Tabla 20 Ensayo de permeabilidad de suelo en la calicata C - 02-----	87
Tabla 21 Ensayo de permeabilidad de suelo en la calicata C - 03-----	87
Tabla 22 Datos para la capacidad portante de la calicata C – 01 sin nivel freático -----	90
Tabla 23 Capacidad portante de la calicata C – 01 sin nivel freático -----	90
Tabla 24 Datos para la capacidad portante de la calicata C – 01 con nivel freático -----	91
Tabla 25 Capacidad portante de la calicata C – 01 con nivel freático -----	91
Tabla 26 Datos para la capacidad portante de la calicata C – 02 sin nivel freático -----	92
Tabla 27 Capacidad portante de la calicata C – 02 sin nivel freático -----	92
Tabla 28 Datos para la capacidad portante de la calicata C – 02 con nivel freático -----	93
Tabla 29 Capacidad portante de la calicata C – 02 con nivel freático -----	93
Tabla 30 Datos para la capacidad portante de la calicata C – 03 sin nivel freático -----	94

Tabla 31 Capacidad portante de la calicata C – 03 sin nivel freático -----	94
Tabla 32 Datos para la capacidad portante de la calicata C – 03 con nivel freático -----	95
Tabla 33 Capacidad portante de la calicata C – 03 con nivel freático -----	96
Tabla 34 Comparación de la capacidad portante en la calicata C - 01-----	96
Tabla 35 Comparación de la capacidad portante en la calicata C - 02-----	97
Tabla 36 Comparación de la capacidad portante en la calicata C - 03-----	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ejemplo de perfil de suelo.....	30
Figura 2 Volúmenes mínimos del orificio de ensayo de cono de arena	34
Figura 3 Aparato de densidad	35
Figura 4 Curva granulométrica	38
Figura 5 Relaciones volumétricas del suelo	40
Figura 6 Ejemplo de clasificación de suelo	45
Figura 7 Gráfica de esfuerzo cortante con cohesión nula.....	49
Figura 8 Gráfica de esfuerzo cortante con cohesión nula.....	49
Figura 9 Gráfica de esfuerzo cortante igual a la cohesión.....	50
Figura 10 Gráfica de esfuerzo cortante igual a la cohesión.....	50
Figura 11 Formaciones geológicas frente al agua	54
Figura 12 Pluviómetro	56
Figura 13 Pluviógrafo	57
Figura 14 Definición de la ley de Darcy.....	59
Figura 15 Falla por capacidad de carga en suelo bajo una cimentación rígida corrida”	60
Figura 16 Esquema de procedimiento de recolección de datos	68
Figura 17 Ubicación provincial de la zona de estudio.....	70
Figura 18 Distrito de Sicaya - Huancayo.....	70
Figura 19 Distrito de Sicaya - Huancayo.....	71
Figura 20 Ubicación de las calicatas.....	72
Figura 21 Excavación de la calicata C - 01	73
Figura 22 Excavación de la calicata C – 02.....	73
Figura 23 Excavación de la calicata C – 03.....	74
Figura 24 Curva de fluidez calicata C – 01	75
Figura 25 Figura n°: “Curva granulométrica calicata C - 01.....	77
Figura 26 Curva de fluidez calicata C – 02	78
Figura 27 Curva granulométrica calicata C - 02.....	79
Figura 28 Curva de fluidez calicata C – 03	80
Figura 29 Curva granulométrica calicata C - 03.....	82
Figura 30 Curva para determinar la absorción del suelo	83

Figura 31 Permeabilidad y condiciones de drenaje del suelo.....	86
Figura 32 Profundidad de cimentación.....	88
Figura 33 Factores modificados de capacidad de carga de Terzaghi	89

RESUMEN

En la presente investigación el problema general fue: ¿Cuáles son los efectos del nivel freático en el cálculo de la capacidad portante para cimentaciones superficiales de la urbanización Los Pinos, distrito de Sicaya – Huancayo?, el objetivo general fue: Determinar los efectos del nivel freático en el cálculo de la capacidad portante para cimentaciones superficiales de la urbanización Los Pinos, distrito de Sicaya – Huancayo. así mismo la hipótesis general fue: Los efectos del nivel freático en el cálculo de la capacidad portante para cimentaciones superficiales de la urbanización Los Pinos, distrito de Sicaya – Huancayo son críticos, en lo concerniente a la metodología el método general fue el método científico, el tipo de investigación fue aplicada, el nivel fue descriptivo y el diseño fue pre experimental. En lo correspondiente a la población de la investigación se encontró ubicada en la urbanización los pinos, en el distrito de Sicaya, provincia de Huancayo y la muestra estuvo determinada por 3 calicatas, todo esto nos llevo a la conclusiones principal: donde se determino los efectos del nivel freático en el cálculo de la capacidad portante para cimentaciones superficiales de la urbanización Los Pinos, distrito de Sicaya, ciudad de Huancayo, de la cual se concluye que ocasiona un descenso de 9.01% a una profundidad de 1.50m y 14.56% a una profundidad de 2.00m en la calicata C – 01, 8.99% a una profundidad de 1.50m y 17.27% a una profundidad de 2.00m en la calicata C – 02, 10.85% a una profundidad de 1.50m y 16.28% a una profundidad de 2.00m en la calicata C – 03, esto nos indica que a mayor presencia del nivel freático es menor la capacidad portante.

Palabras claves: cimentaciones superficiales, nivel freático.

ABSTRACT

In the present investigation, the general problem was: What are the effects of the water table in the calculation of the bearing capacity for superficial foundations of the Los Pinos urbanization, district of Sicaya - Huancayo? The general objective was: To determine the effects of the level water table in the calculation of the bearing capacity for superficial foundations of the Los Pinos urbanization, district of Sicaya - Huancayo. Likewise, the general hypothesis was: The effects of the water table in the calculation of the bearing capacity for superficial foundations of the Los Pinos urbanization, district of Sicaya - Huancayo are critical, regarding the methodology, the general method was the scientific method, the type of research was applied, the level was descriptive and the design was pre-experimental. Regarding the population of the investigation, it was found located in the Los Pinos urbanization, in the district of Sicaya, province of Huancayo and the sample was determined by 3 pits, all this led us to the main conclusions: where the effects were determined of the water table in the calculation of the bearing capacity for superficial foundations of the Los Pinos urbanization, district of Sicaya, city of Huancayo, from which it is concluded that it causes a decrease of 9.01% at a depth of 1.50m and 14.56% at a depth 2.00m in pit C – 01, 8.99% at a depth of 1.50m and 17.27% at a depth of 2.00m in pit C – 02, 10.85% at a depth of 1.50m and 16.28% at a depth of 2.00m in pit C – 03, this indicates that the greater the presence of the water table, the lower the bearing capacity.

Keywords: shallow foundations, water table.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación está enfocado a poner en evidencia la influencia de la variación del nivel freático en la capacidad portante de los suelos, para el caso de cimentaciones superficiales, a diferentes profundidades para evaluar los efectos que esta produce en la misma, además de la variada geometría de la misma. Considerándose factores de variación del nivel freático como el tipo del suelo, el grado de infiltración y la precipitación. Debido a que en nuestro medio no se tiene en consideración la presencia de la napa freática para casos de cimentaciones en general, ya que se realizan estudios geotécnicos sin considerar la variación del nivel freático.

Para una mejor comprensión, la presente investigación se ha dividido en los siguientes capítulos:

-) **El Capítulo I:** Estuvo comprendido por el problema de investigación, donde se considero el planteamiento del problema, la formulación y sistematización del problema, la justificación, las delimitaciones de la investigación, limitaciones y los objetivos tanto general como específico.
-) **El Capítulo II:** Estuvo comprendido por el marco teórico, contiene las antecedentes internacionales y nacionales de la investigación, el marco conceptual, la definición de términos, las hipótesis y variables.
-) **El Capítulo III:** Estuvo comprendido por la metodología, consigna el método de investigación, tipo de investigación, nivel de investigación, diseño de investigación, la población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de información, el procesamiento de la información y las técnicas y análisis de datos.
-) **El Capítulo IV:** Estuvo comprendido por los resultados, desarrollado en base a los problemas, objetivos y las hipótesis.
-) **El Capítulo V:** comprende la parte final de la tesis donde se llega a las conclusiones y discusión de resultados, en el cual se realiza la discusión de los resultados obtenidos en la investigación frente a los antecedentes utilizados, posterior a esto, se presenta las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos propios de esta investigación.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

En el presente trabajo de investigación se realizó el estudio de la evaluación de suelos con presencia de nivel freático para cimentaciones superficiales de viviendas de la urbanización los pinos durante la ejecución de los estudios previos se pudieron observar presencia de agua a profundidades donde se ejecutaba los trabajos de movimiento de tierras para las vías de acceso y el eje vial para el ingreso respectivamente, ahí nace el interés de la investigación porque en todo proyecto de construcción, las cimentaciones juegan un papel imprescindible e indispensable, por lo que son las que soportan la carga de la estructura en su totalidad, además se encargan de que la edificación tenga un comportamiento estable ante posibles eventos que puedan perjudicar la obra. En toda estructura el agua es un factor que se debe de tener muy en cuenta, debido a los daños que pueda ocasionar si no se toman las debidas consideraciones adecuadas y respectivos controles a lo largo de la vida útil de la estructura.

Mencionando específicamente en cimentaciones, el nivel freático puede generar disminuciones de la capacidad portante de los suelos. Escasos textos técnicos son los que tratan el tema de la influencia que pueda tener la posición del nivel freático sobre la capacidad portante de cimentaciones superficiales, generalmente solo se hace referencia a considerar el peso unitario sumergido cuando la situación lo requiera. Sin embargo, la posición del nivel freático, conjuntamente con la profundidad de cimentación, dimensiones de la fundación y asentamiento permisible, son de suma importancia al momento de seleccionar el tipo de cimentación, ya sea desde el punto de vista técnico o mecánico, como desde una perspectiva económica.

1.2. Formulación y sistematización del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuáles son los efectos del nivel freático en el cálculo de la capacidad portante para cimentaciones superficiales de la urbanización Los Pinos, distrito de Sicaya – Huancayo?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la influencia de las precipitaciones en el nivel freático y su posterior afección a la capacidad portante para de la urbanización Los Pinos, distrito de Sicaya – Huancayo?
- ¿Cuál es la influencia de la infiltración en el nivel freático y su posterior afectación a la capacidad portante para de la urbanización Los Pinos, distrito de Sicaya – Huancayo?
- ¿Cuál es la influencia de la permeabilidad en el nivel freático y su posterior afectación a la capacidad portante para de la urbanización Los Pinos, distrito de Sicaya – Huancayo?

1.3. Justificación

1.3.1. Practica o social

Los resultados del presente estudio, alertarán a los pobladores que tengan pensado construir una vivienda en estos lugares que allí se tienen factores sumamente importantes a tener en cuenta como niveles freáticos superficiales con bajas capacidades portantes de los suelos.

1.3.2. Científica o teórica

El presente trabajo de investigación contribuye a consolidar aspectos relacionados al diseño estructural, bajo los parametros de las normas vigentes, así como poner en practica la teoria cientifica que implica el desarrollo de este conocimiento científico.

1.3.3. metodológica

La presente investigación estuvo basada en la metodología de la norma E.050, si embargo se propone una metodología propia de acuerdo a la experiencia adquirida y la ubicación geografica de esta investigcion, la cual se podra poner en practica en futuras investigaciones en todo el distrito, provincia y a nivel nacional.

1.4. Limitaciones

1.4.1. Espacial

La delimitación espacial estuvo ubicada en el departamento de Departamento: Junín, Provincia: Huancayo y Distrito: Sicaya Lugar de estudio de investigación la Urbanización Los Pinos.

.

1.4.2. Temporal

La presente investigación se realizará entre los meses de diciembre de 2021 y mayo del 2022.

.

1.4.3. Económica

Los costos de la investigación, serán asumidos por el investigador en su totalidad.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Determinar los efectos del nivel freático en el cálculo de la capacidad portante para cimentaciones superficiales de la urbanización Los Pinos, distrito de Sicaya – Huancayo.

1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar la influencia de las precipitaciones en el nivel freático y su posterior afección a la capacidad portante para de la urbanización Los Pinos, distrito de Sicaya – Huancayo.

- Determinar la influencia de la infiltración en el nivel freático y su posterior afectación a la capacidad portante para de la urbanización Los Pinos, distrito de Sicaya – Huancayo.

- Determinar la influencia de la permeabilidad en el nivel freático y su posterior afectación a la capacidad portante para de la urbanización Los Pinos, distrito de Sicaya – Huancayo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

a) **Mora López, (2017)** realizó la investigación *“LA VARIACIÓN DE LA POSICIÓN DEL NIVEL FREÁTICO Y SU INFLUENCIA EN LA CAPACIDAD DE CARGA DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES: CASO ZAPATA CORRIDA INFINITA EN UN SUELO DE ORIGEN VOLCÁNICO, JUAN VIÑAS CARTAGO, COSTA RICA”* en la Universidad de Costa Rica, con la finalidad de optar el título profesional de Ingeniero Civil. La investigación concluye que, la variación de la posición del nivel freático tiene una influencia sumamente importante en la capacidad de carga admisible de cimentaciones superficiales. En algunos casos, estructuras de cimentación de anchos menores pueden presentar una CCA mayor que las que cuentan con anchos mayores, esto debido a la ubicación del nivel freático con respecto a la estructura misma. Debido a esto, el diseño de estructuras de cimentación debe considerar las variaciones estacionales del nivel freático y sobre todo establecer cuál puede ser el nivel más cercano a la superficie que pueda alcanzar. Con base en este tipo de investigaciones se puede establecer el tipo de fundación más apropiado desde el punto de vista de su CCA y, además, desde un punto de vista económico, se puede evitar invertir en estructuras que no brindan una mejoría significativa en términos de CCA.

b) **Rinaldi, Zeballos y Roca, (2018)** realizaron la investigación *“EFECTO DEL ASCENSO DEL NIVEL FREÁTICO EN SUELOS LOÉSSICOS COLAPSABLES”* en la Universidad Nacional de Córdoba, con la finalidad de optar el título profesional de Ingeniero Civil. La investigación concluye lo siguiente: En este trabajo se presentó una síntesis de los estudios realizados para la determinación de las causas que originaron el ascenso del nivel freático en el sector de

interés localizado al sur de la ciudad de Córdoba, Argentina. De los mismos se puede inferir que existen múltiples efectos relacionados con el fenómeno. De acuerdo con los estudios geológicos y geotécnicos, en el perfil de suelos estudiado se detectó la presencia de capas de toscas granuladas de profundidad y continuidad variable. Éstas actúan como materiales de alta permeabilidad horizontal, intercalados con estratos menos permeables de limos compactos que generan una barrera para el flujo vertical de los fluidos. Se hace referencia especialmente a las infiltraciones de aguas servidas desde localizaciones urbanas ubicadas al Oeste de estos barrios. Las evaluaciones numéricas muestran que las infiltraciones provenientes desde el canal de riego no tienen un efecto inmediato, pero pueden llegar a ser importantes en plazos largos. La presencia permanente de agua debido a grandes deficiencias de mantenimiento, con sectores en los que se detecta contrapendiente respecto de la dirección de circulación, favorecen la infiltración continua de agua en el subsuelo. Finalmente, se determina que las infiltraciones por precipitaciones se producen localizada mente en el canal que se utiliza como evacuación de las aguas pluviales de distintos barrios localizados aguas arriba y en sectores próximos a la ruta ubicada al Este, donde se ha observado el anegamiento de los sistemas de desagüe. A fin de proyectar la remediación del sector de la ciudad de Córdoba, afectado por la elevación del nivel freático en este trabajo se presenta una síntesis del desarrollo de la alternativa de pozos de bombeo. De este trabajo se pueden extraer las siguientes conclusiones fundamentales: 1) El sistema de pozos de bombeo permite obtener descensos significativos en tiempos relativamente breves. 2) Los descensos del nivel freático más significativos ocurren en proximidades de los puntos de localización de los pozos de bombeo. 3) El descenso del nivel freático hace previsible la modificación del estado tensional en el terreno. Estas modificaciones pueden derivar en asentamientos de diversas magnitudes. Para evitar daños a las estructuras se requiere de descensos homogéneos en todo el sector tratado.

c) Ferrer Ñaupá, (2018) realizó la investigación “*CONTROL DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA INGENIERÍA CIVIL. INTERACCIÓN ENTRE LA OBRA Y EL MEDIO HIDROGEOLÓGICO, SÍNTESIS DE MÉTODOS DE CONTROL Y APLICACIÓN DE MODELOS MATEMÁTICOS*” en la Universidad Politécnica de Madrid, con la finalidad de optar el título profesional de Ingeniero Civil. La investigación concluye que, para plantear el control de las aguas subterráneas en las que se requiera rebajar el nivel freático para la construcción o excavación del terreno se requieren dos trabajos diferenciados: a) Caracterización hidrogeológica adecuada: La importancia de las obras a realizar y las características y complejidad de las condiciones hidrogeológicas imponen la intensidad de su caracterización. En la mayoría de los casos, la información para caracterizar un suelo debemos obtenerla del proyecto de ejecución de la obra y de informes y ensayos complementarios, como son los habituales de geotecnia. En este trabajo se propone una metodología propia para determinar la permeabilidad de cada una de las capas de una localización a partir de los ensayos geotécnicos habituales. Pero hay que ser consciente que la determinación de la conductividad hidráulica a partir de la interpretación de las curvas granulométricas es muy incierta a no ser que se cuente con mucha experiencia en la zona de trabajo. Por ello, para reducir en la medida de lo posible estas incertidumbres debieran hacerse siempre ensayos de bombeo. b) Valorar el efecto de las pantallas impermeables y elementos de bombeo: Para valorar el efecto de las pantallas impermeables y los bombeos se han propuesto modelos analíticos y numéricos. Los modelos analíticos son más limitados, pero mucho más simples. Por eso al proporcionar una primera estimación de los bombeos necesarios, son adecuados para casos sencillos. Un modelo numérico permite el estudio de un gran número de escenarios y alternativas distintas para una obra concreta. Esto permite evaluar los costes de cada una de las alternativas y optar por la más eficiente en cuanto al posicionamiento de los pozos o la profundidad de las barreras impermeables. En resumen, la modelación

numérica se muestra como una herramienta adecuada para la solución de los problemas de propuesta de una red de control del nivel piezométrico basada en el bombeo en pozos. En este trabajo se ilustra lo anterior con la aplicación a un caso real de elevada complejidad, analizando la sensibilidad del modelo ante variaciones de condiciones tales como reducción de la profundidad de las pantallas y su correlación con los caudales a bombear en distintos escenarios.

2.1.2. Antecedentes nacionales

a) **Cabello Mendoza, (2017)** realizo la investigación “**RELACIÓN ENTRE EL NIVEL FREÁTICO Y PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA CIMENTACIÓN DE LA I.E. JORGE BASADRE GROHMANN – HUANCAMELICA**”, en la Universidad Nacional de Huancavelica”, con la finalidad de optar el Grado de Ingeniero Civil. Se ha logrado Identificar con los estudios realizados de Mecánica de suelos identificando el tipo de suelo existente con sus características, encontrando un Suelo Orgánicos, Turbas inorgánicas con la presencia de raíces de color negro (PT) a 1.20m de profundidad, arcillas inorgánicas de alta plasticidad de color marrón claro, gris claro (CL) a 2.50 de donde se extrajo la muestra se encontró nivel freático a 1.00 de profundidad, estas características eran incompatibles con los estudios realizado del expediente técnico del proyecto. En el tipo de cimentación realizado por el proyectista diseño las zapatas aisladas centrales, mediante los estudios realizados y encontrándonos frente a una napa freática se obtuvo como resultados, desplante de cimentación a 2.50 un factor de seguridad de 3 ,se obtuvo un Angulo de fricción de 18° y una capacidad admisible de 0.50 a 0.90 kg/cm² correspondiente a la calicata N°1, se realizaron tratamientos para la eliminación de la napa freática mediante la construcción de drenes subterráneos tipo francés obteniendo como resultados el incremento de la capacidad portante del terreno. Desplante de cimentación a 2.50 m y un factor de seguridad de 3, se obtuvo como angulo de fricción de 21° kg/cm² y una capacidad

portante de 1.00 a 1.32 kg/cm² de correspondiente a la calicata N° 2, se procedido a poder realizar la cimentación planteada por el proyectista.

b) Campos Pietro, (2018) realizaron la investigación “*ASCENSO DE LOS NIVELES FREÁTICOS EN EL CENTRO ARQUEOLÓGICO CHAN CHAN*” en la Universidad Nacional de Trujillo, con la finalidad de optar el Grado de Ingeniero Civil. Efectúa una evaluación preliminar del ascenso de los niveles freáticos en el área arqueológica de Chan Chan (Perú). Este efecto se asocia, en parte, al trasvase de las aguas del Río Santa realizado por el Proyecto Chavimochic. Se efectuó una caracterización regional de las aguas subterráneas y superficiales. Además, se realizó un análisis preliminar de las variaciones de los niveles freáticos entre 1996 y 2003. En la investigación se concluye lo siguiente: Los resultados obtenidos de la elaboración de los datos disponibles evidencian un ascenso significativo de los niveles freáticos. Los factores concurrentes para esta situación incluyen a la recarga preferencial por pérdidas de canales de riego (Proyecto Chavimochic) y lagunas de tratamiento de líquidos. El cese de bombeo de aguas subterráneas en numerosas perforaciones también favorece el fenómeno. A su vez, eventos de precipitaciones extremas (El Niño) tienen efectos en el aumento de la recarga subterránea. Este alto riesgo incluye al área de Chan Chan donde la posición de los niveles freáticos es preocupante por su probable afectación a las estructuras del sitio arqueológico. El nivel freático actual indica la presencia de extracciones de agua subterránea en el sector urbano de Trujillo (por la presencia de un cono de depresión de los niveles) y una recarga importante de agua en el sector dedicado a la agricultura. Para preservar el sitio arqueológico de Chan Chan de la degradación son necesarias mediciones hidrológicas adecuadas que posibiliten planificar la gestión de los recursos hídricos. En particular, resulta imprescindible densificar la red de monitoreo integrado para el control de los niveles de las aguas subterráneas y su relación con los cursos de agua superficiales, las actividades de riego, los desplazamientos del terreno y los parámetros

meteorológicos. La utilización de modelos matemáticos de simulación, permitirán elaborar un plan para la preservación del patrimonio cultural.

c) **Altamirano y Dávila, (2019)** realizaron la investigación ***“INFLUENCIA DEL NIVEL FREÁTICO EN LA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DE LA LOCALIDAD DE PUCACACA PROVINCIA DE PICOTA REGIÓN SAN MARTÍN”***, en la Universidad Nacional de San Martín, con la finalidad de optar el título profesional de Ingeniero Civil. El presente trabajo de investigación, tiene como objetivo determinar la influencia del nivel freático en la determinación de la capacidad portante de las cimentaciones superficiales en la Asociación de Vivienda César Ruiz Reátegui, distrito de Pucacaca, teniendo en consideración la influencia de otros factores como son: la precipitación, infiltración, permeabilidad y propiedades físicas de los suelos en el año 2017. Para desarrollar el estudio se aplicaron conceptos fundamentales de la Geotecnia (Mecánica de Suelos), teorías de la capacidad portante de Terzaghi, ensayos de campo, ensayos de laboratorio y monitores periódicos de las condiciones del nivel freático en nuestra área de interés, considerando 03 calicatas. Se puede afirmar que el tipo de suelo encontrado corresponde a CL (arcillas de baja plasticidad). La precipitación registrada durante el período de estudio de noviembre (2016) a mayo (2017) ha generado un ascenso promedio máximo del nivel freático de 0.33m en el mes de febrero a razón de 0.0028m/día. La velocidad de infiltración fue de 29.05mm/hr correspondiente según el RNE IS. 020 a un terreno con infiltración muy lenta. El coeficiente de permeabilidad K fue de 1.38×10^{-7} , lo que sugiere que corresponde a un suelo prácticamente impermeable. Los resultados demuestran que para la C-01, la elevación de 0.30m del nivel freático, causa una disminución de la capacidad portante de 1.14kg/cm² a 1.11kg/cm². Finalmente, se afirma que el ascenso del nivel freático influye negativamente en la capacidad portante de los suelos del área de estudio.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. La Mecánica de Suelos:

(Crespo Villalaz, 2004) indica que es la rama de la Mecánica que trata de la acción de las fuerzas sobre la masa de los suelos. El Dr. Karl Terzaghi definió a la Mecánica de Suelos como la aplicación de las leyes de la Mecánica y la Hidráulica a los problemas de ingeniería que tratan con sedimentos y otras acumulaciones no consolidadas de partículas sólidas, producto de la desintegración química y mecánica de las rocas. Recientemente se han incorporado a la terminología de los suelos las acepciones “Geotecnia” e “Ingeniería Geotécnica”, que suelen aplicarse como evidencia de que en ellos se están tomando en cuenta los principios y la aplicación tanto de la Mecánica de Suelos como de la Geología y de la Mecánica de Rocas.

Como se ha podido constatar, por muchísimo tiempo y por muy diversas razones el hombre ha estudiado el suelo sobre el que vive, presentando variadas teorías y métodos en la solución de los problemas relativos al uso del mismo. Sin embargo, se puede asegurar que quien organizó conceptos y los hizo crecer hasta formar una nueva rama de la Ingeniería Civil fue el profesor y distinguido investigador Dr. Karl V. Terzaghi, que en cierta ocasión mencionó: “Quien sólo conoce la teoría de la Mecánica de Suelos y carece de experiencia práctica, puede ser un peligro público.

2.2.2. El Suelo:

“Es un conjunto con organización definida y propiedades que varían vectorialmente. En la dirección vertical generalmente sus propiedades cambian muchas más rápidamente que en la horizontal. El suelo tiene perfil, y éste es un hecho del que se hace abundante aplicación. El suelo representa todo tipo de material terroso, desde un relleno de desperdicio, hasta areniscas parcialmente cementadas o lutitas suaves” (Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 2005).

a. Tipos de Suelos:

(Terzaghi & Peck, 1978) consideran los siguientes:

- **Las arenas y las gravas o ripios o cantos rodados** son agregados sin cohesión de fragmentos granulares o redondeados, poco o no alterados, de rocas y minerales. Las partículas menores de 2 milímetros se clasifican como arena, y aquellas de mayor tamaño hasta 15 o 20 centímetros, como grava o ripio o canto rodado.
- **Los limos inorgánicos** son suelos de grano fino con poca o ninguna plasticidad. Las variedades menos plásticas consisten generalmente en partículas más o menos equidimensionales de cuarzo y, en algunos países, se los distingue con el nombre de polvo de roca.
- **Los limos orgánicos** son suelos de granos finos más o menos plásticos, con una mezcla de partículas de materia orgánica finamente dividida. A veces contienen también fragmentos visibles de materia vegetal parcialmente descompuesta o de otros elementos orgánicos.
- **Las arcillas** son agregados de partículas microscópicas y submicroscópicas derivadas de la descomposición química que sufren los constituyentes de las rocas. Son suelos plásticos dentro de los límites extensos sin contenido de humedad y cuando están secos son duros, sin que sea posible despegar polvo de una pasta frotada con los dedos. Tienen, además, una permeabilidad extremadamente baja.
- **Las arcillas orgánicas** son aquellos suelos de este tipo que derivan algunas de sus propiedades físicas más significativas de la presencia de materia orgánica finalmente dividida. Cuando están saturados son generalmente muy comprensibles, y secos presentan una resistencia muy alta. Tienen colores que varían de gris oscuro a negro, y pueden poseer un olor característico.
- **Las turbas** son agregados fibrosos de fragmentos macro y microscópicos de materia orgánica descompuesta. Su color varía de un castaño claro al negro. Las turbas son tan comprensibles que casi siempre resultan inadecuadas para soportar fundaciones.

b. Obtención de Muestras de Suelos:

Según (Crespo Villalaz, 2004):

Para determinar las propiedades de un suelo en laboratorio es preciso contar con muestras representativas de dicho suelo. Un muestreo adecuado y representativo es de primordial importancia, pues tiene el mismo valor que el de los ensayos en sí. A menos que la muestra obtenida sea verdaderamente representativa de los materiales que se pretenda usar, cualquier análisis de la muestra sólo será aplicable a la propia muestra y no al material del cual procede, de ahí la imperiosa necesidad de que el muestreo sea efectuado por el personal conocedor de su trabajo. Las muestras pueden ser de dos tipos: alteradas o inalteradas. Se dice que una muestra es alterada cuando no guarda las mismas condiciones que cuando se encontraba en el terreno de donde procede, e inalterada en caso contrario.

- **Profundidad de las Perforaciones:** Es imposible establecer un grupo de reglas definitivas para determinar la profundidad a que se deben llegar las perforaciones. La profundidad hasta la cual debe investigarse un suelo puede estar basada en el tipo de suelo encontrado y en el tamaño y peso de la estructura que se va a construir, considerando que los esfuerzos desarrollados en el suelo dependen de la carga distribuida en toda el área cargada, además de las cargas debajo de las zapatas individuales. Salvo en casos muy especiales, no es necesario investigar el suelo a profundidades mayores de 1 a 1.5 veces la menor dimensión del área cargada. Llegar a profundidades de 1.5 veces la menor dimensión del área cargada es muy recomendable en el caso de estructuras muy pesadas como silos y edificios de muchos pisos.
- **Perfil de Suelos:** Cualquiera que sea el tipo de perforación que se ejecute, a medida que se va profundizando en ella se deben anotar los espesores de los distintos estratos atravesados, indicando cuáles son gravas, arenas, limos, arcillas, o mezcla de los mismos; cómo son los

granos de los materiales; dónde son de tamaño uniforme o graduado de gruesos a finos; color, olor y aspereza de los granos. Con estos datos y los de las pruebas que a los materiales se les ejecute se hace un perfil de suelos como el que se ilustra en la figura 01.

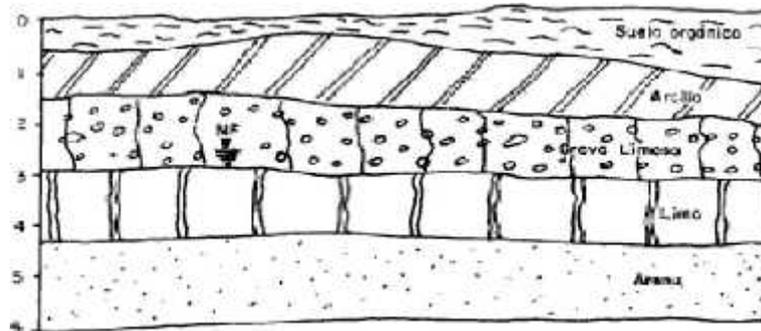


Figura 1 Ejemplo de perfil de suelo
Fuente: Crespo Villalaz, 2014.

c. Algunas Características Físicas de los Suelos:

(Crespo Villalaz, 2004) menciona las siguientes:

- **Peso Volumétrico:**

Se denomina peso volumétrico de un suelo (γ) al peso de dicho suelo contenido en la unidad de volumen, y generalmente se expresa en k / c . Se denomina peso volumétrico seco y seco ($\gamma_{s.s.}$) de un suelo al peso volumétrico aparente de él, tomando el peso del mismo previamente cuarteado y secado en un horno a peso constante. El peso volumétrico aparente se refiere al considerar el volumen de los vacíos formando parte del suelo. La principal aplicación de este dato está en la conversión de pesos de material a volúmenes y viceversa.

- **Densidad de Campo:**

La densidad absoluta de un cuerpo es la masa de dicho cuerpo contenida en la unidad de volumen, sin incluir sus vacíos. La densidad aparente es la masa de un cuerpo contenida en la unidad de volumen, incluyendo sus vacíos. La densidad relativa de un sólido es la relación de su densidad a la densidad absoluta del agua destilada a una

temperatura de 4°C. NTP 339.143:1999 La presente investigación se desarrolló teniendo en consideración esta norma.

- **Alcance:** Este método de ensayo puede utilizarse para determinar la densidad y el peso unitario de suelos INSITU, utilizando un equipo denominado cono de arena.

- **Resumen del Método de Ensayo:** Se cava a mano un orificio de prueba en el suelo donde se va a ensayar y todo el material extraído del orificio es recuperado en un contenedor. Se llena el orificio con arena de densidad conocida en caída libre y se determina el volumen. La densidad húmeda del suelo in situ se determina dividiendo la masa húmeda del material removido entre el volumen del orificio. Se determina el contenido de humedad del material del orificio y se calcula la masa seca del material y la densidad seca del lugar, utilizando la masa húmeda del suelo, el contenido de humedad y el volumen del orificio.

- **Aparatos:**
 - 1) Aparato de Densidad de Cono de Arena (figura 02).
 - 2) Arena: La arena debe ser limpia, seca, uniforme en densidad y gradación, no cementada, durable y de caída libre.
 - 3) Balanzas: Deben cumplir con la Especificación ASTM D4753, con 5.0g o más de lectura, para determinar la masa de arena y los suelos excavados. Una balanza o escala que tenga una capacidad mínima de 20kg y 5.0g de lectura es aceptable para determinar la masa de la arena y el suelo excavado cuando se utiliza el aparato con las dimensiones mostradas en la figura 03.
 - 4) Equipos de Secado: Equipo correspondiente al método utilizado para determinar el contenido de agua tal como se especifica en los Métodos de Ensayo NTP 339.127, ASTM D4643, ASTM D4959 o ASTM D4944.

5) Equipo Misceláneo: Cuchillo, pico pequeño, cincel, paleta pequeña, desarmador, o cucharas para cavar los orificios de prueba, clavos o púas para asegurar el plato de base; cubetas con tapa, sacos de tela de plástico o lino, y otros contenedores aceptables para retener las muestras de densidad, la muestra húmeda y la arena calibrada respectivamente; una pequeña brocha de pintor, calculadora, cuaderno o formatos de ensayo, etc.

➤ **Procedimiento:**

Seleccione una ubicación/elevación que sea representativa del área que se va a probar y determine la densidad del suelo INSITU de la siguiente manera:

- 1) Inspeccione el cono por si hubiera algún daño, la rotación libre de la válvula y cerciórese de que el plato de base funcione apropiadamente. Llene el contenedor del cono con la arena y determine la masa total.
- 2) Prepare la superficie del sitio que se va a ensayar de tal manera que sea un plano nivelado. El plato de base debe utilizarse como una herramienta para remover la superficie a un plano de nivel suave.
- 3) Coloque el plato de base sobre la superficie plana, asegurándose de que existe contacto con la superficie del terreno alrededor del borde del orificio central. Marque el contorno del plato de base para revisar el movimiento durante la prueba y, si es necesario, asegure el plato contra el movimiento que se cause utilizando clavos insertados dentro del suelo adyacente al filo del plato, o, en otros términos, sin disturbar el suelo que se va a probar.
- 4) En suelos donde la nivelación no es exitosa o la superficie presenta vacíos, el volumen que se expulsa horizontalmente y que está limitado por el embudo, el plato y la superficie del terreno debe determinarse mediante un ensayo preliminar.

Llene el espacio con arena del aparato, determine la masa de la arena utilizada para llenar el espacio, rellene el aparato y determine una nueva masa inicial del mismo y de la arena antes de proceder con la prueba. Después de que se complete esta medida, limpie cuidadosamente con una brocha la arena que queda sobre la superficie preparada.

- 5) Cave el hoyo de prueba a través del orificio central en el plato de base, teniendo cuidado de evitar que se disturbe o se deforme el suelo que delimitará el orificio. Los volúmenes del orificio de prueba serán tan grandes como para que sean prácticos y minimicen los errores, y en ningún caso serán más pequeños que los volúmenes indicados en la figura 6 para el tamaño máximo de la partícula del suelo removido del orificio de prueba. Los lados del orificio deben inclinarse levemente hacia adentro, y la parte central debe ser razonablemente plana o cóncava. El orificio debe mantenerse lo más libre posible de vacíos, salientes y obstrucciones filudas ya que esto afectaría la exactitud de la prueba. Los suelos que son esencialmente granulares requieren extremo cuidado y también requieren que se cave un orificio de prueba de forma cónica. Coloque todo el suelo excavado y cualquier otro suelo que se haya soltado durante la excavación, en un contenedor hermético que esté marcado para identificar el número de prueba. Tenga cuidado de evitar la pérdida de cualquier material. Proteja este material de cualquier pérdida de humedad hasta que se haya determinado la masa y se haya obtenido la muestra para la determinación del contenido de agua.

Tamaño Máximo de la Partícula		Volumen Mínimo del Orificio de Ensayo	
pulgada	(mm)	cm ³	pies ³
½	(12.5)	1420	0.05
1	(25.0)	2120	0.075
2	(50)	2830	0.1

Figura 2 Volúmenes mínimos del orificio de ensayo de cono de arena
Fuente: NTP 339.143.

- 6) Limpie el borde del orificio del plato base, voltee el aparato de cono de arena y coloque el embudo del mismo en un orificio rebordado. Elimine o minimice en el área de prueba las vibraciones que pueda causar el personal que realiza la prueba o el equipo que se utiliza. Abra la válvula y deje que la arena llene el orificio, el embudo y el plato base. Trate de evitar que el aparato se sacuda o vibre mientras la arena está corriendo. Cuando la arena deje de fluir, cierre la válvula.

- 7) Determine la masa del aparato con la arena restante, regístrela y calcule la masa de la arena utilizada.

- 8) Determine y registre la masa del material húmedo que se extrajo del orificio de prueba. Cuando se requiera correcciones del material de mayor tamaño, determine la masa de este material en la malla apropiada y regístrela, teniendo cuidado de evitar pérdidas de humedad. Cuando se requiera, efectúe las correcciones apropiadas para el material de mayor tamaño utilizando la Práctica ASTM 04718.

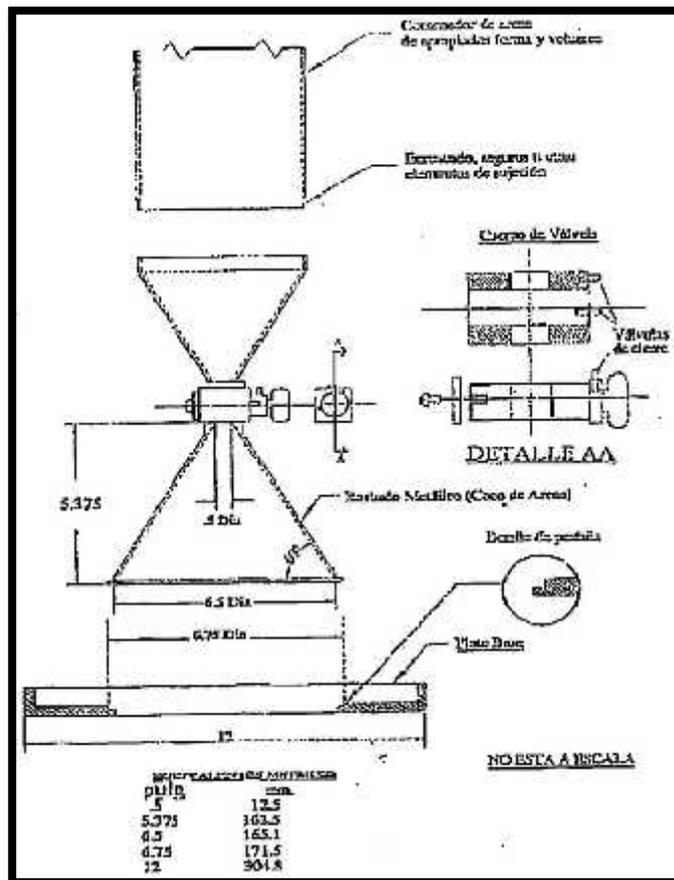


Figura 3 Aparato de densidad
Fuente: NTP 339.143.

- 9) Mezcle el material cuidadosamente y obtenga un espécimen representativo para determinar el contenido de humedad o, en todo caso, utilice una muestra completa.
- 10) Determine el contenido de humedad de acuerdo a los Métodos de Ensayo NTP 339.127, ASTM D4643, ASTM D4944 o ASTM D4959. Se realizarán correlaciones para el Método NTP 339.127 cuando lo requieran otros métodos de ensayo.
- 11) Los especímenes para el contenido de humedad deben ser lo suficientemente grandes y seleccionados de tal manera que representen todo el material obtenido del orificio de prueba.

- **Granulometría:**

El conocimiento de la composición granulométrica de un suelo grueso sirve para discernir sobre la influencia que puede tener en la densidad del material compactado. El análisis granulométrico se refiere a la determinación de la cantidad en por ciento de los diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo. Para el conocimiento de la composición granulométrica de un determinado suelo existen diferentes procedimientos. Para clasificar por tamaños las partículas gruesas el procedimiento más expedito es el del tamizado. Sin embargo, al aumentar la finura de los granos el tamizado se hace cada vez más difícil, teniendo entonces que recurrir a procedimientos por sedimentación. Conocida la composición granulométrica del material, se le representa gráficamente para formar la llamada curva granulométrica del mismo.

➤ **Procedimiento del tamizado:**

- a) Se toma una muestra representativa de unos 20kg y se seca al sol o en horno durante unas 12 horas.
- b) Por medio de cuarteos a la muestra mencionada se sacan unos 2kg.
- c) Se pasan los 2kg por las mallas de 2", 1 ½", 1", ¾", 3/8" y N°4, y se pesa el retenido en cada una de dichas mallas.
- d) Del material que pasa la malla N°4, se toma una cierta cantidad – generalmente 200g – y se colocan en un vaso con agua, dejando que el material se remoje unas 12 horas.
- e) Con un agitador metálico se agita el contenido del vaso durante un minuto y se vacía luego sobre la malla N°200, se vacía nuevamente el material al vaso lavando la malla en posición invertida, se agita nuevamente el agua del vaso y se repite el procedimiento tantas veces como sea necesario hasta que no se enturbie el agua al ser agitada.

- f) Se elimina el agua y se pone la muestra a secar en un horno a temperatura constante.
- g) Se pesa y por diferencia a los 200g se obtiene el porcentaje que pasó la malla N°200.
- h) Se vacía el material que pasó la malla N°4 y se retuvo en la N°200, para que pase lo correspondiente por las mallas N°s. 10, 20, 40, 60, 100 y 200, pesando los retenidos.
- i) Conociendo los pesos parciales retenidos desde la malla de 2” hasta la N°200 se obtienen los porcentos retenidos parciales, los porcentos retenidos acumulativos y los porcentos pasando.

Es necesario aclarar que los retenidos parciales en cada malla deberán expresarse como porcentajes de la muestra total, y para calcular los porcentos retenidos en las mallas 10 a 200 se divide el peso en gramos retenidos en cada malla entre el peso seco de la muestra para la prueba lavado (200g generalmente) y se multiplica este cociente por el porciento que pasa la malla N°4, determinado en el análisis del material grueso. El retenido acumulativo en la malla N°10 se calcula sumando el retenido parcial en dicha malla al retenido acumulativo en la malla N°4. El retenido acumulativo en la malla N°20 es igual al retenido acumulativo en la malla N°10 más el retenido parcial en la malla N°20. De igual manera se calculan los demás retenidos acumulativos hasta la malla N°200.

Se traza la curva de la composición granulométrica del material en una gráfica que tiene por abscisas, a escala logarítmica, las aberturas de las mallas y por ordenadas los porcentajes de material que pasa por dichas mallas, a escala aritmética.

La curva resultante se compara con las que se tengan como especificaciones (ver figura 6), o se obtienen de ella relaciones

entre ciertos porcentajes pasando que dan idea de la graduación del material. Además, la forma de la curva granulométrica, dibujada a escala semilogarítmica, da una idea de la composición granulométrica del suelo. Así, un suelo que está formado por partícula de un mismo tamaño quedará representado por una línea vertical y un suelo con curva granulométrica bien tendida indicará gran variedad de tamaños.

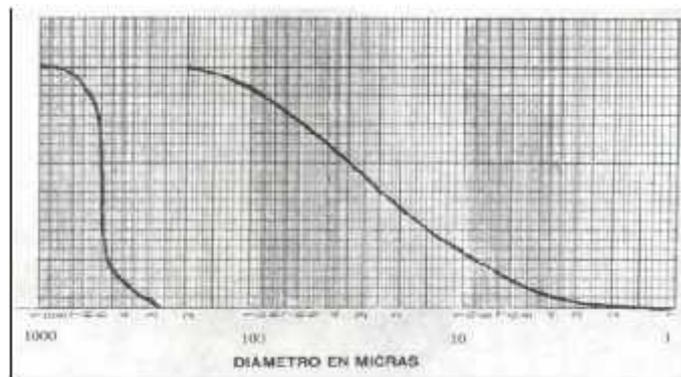


Figura 4 Curva granulométrica
Fuente: Crespo Villalaz, 2004.

Para (Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 2005): La gráfica granulométrica suele dibujarse con porcentajes como ordenadas y tamaños de las partículas como abscisas. Las ordenadas se refieren a porcentaje en peso, de las partículas menores que el tamaño correspondiente. La representación en escala semilogarítmica (eje de abscisas en escala logarítmica) resulta preferible a la simple representación natural, pues en la primera se dispone de mayor amplitud en los tamaños finos y muy finos, que en escala natural resultan muy comprimidos, usando un módulo práctico de escala.

➤ **Coefficiente de Uniformidad:**

Como una medida simple de la uniformidad de un suelo, Allen Hazen propuso este coeficiente:

$$C = \frac{D_{60}}{D_{10}} \dots (1)$$

En donde:

D60: Tamaño tal, que el 60%, en peso, del suelo, sea igual o menor.

D10: Llamado por Hazen diámetro efectivo; es el tamaño tal que sea igual o mayor que el 10%, en peso, del suelo.

➤ **Coefficiente de Curvatura:**

Como dato complementario, es necesario para definir la graduación, se define el coeficiente de curvatura del suelo con la expresión:

$$C = \frac{D_{30}^2}{D_{60} * D_{10}} \dots\dots(2)$$

- **Relaciones Volumétricas:**

➤ **Fases del Suelo:**

(Crespo Villalaz, 2004) indica que, siendo un suelo un medio poroso se le puede considerar formado, normalmente, por tres fases: a) la fase sólida, formada por partículas minerales u orgánicas, o por ambas; b) la fase líquida, que llena parcial o totalmente los vacíos del suelo, y c) la fase gaseosa, que llena parcial o totalmente los vacíos que deja la fase líquida. Estas tres fases se representen esquemáticamente, y en forma imaginativa nada más, en la figura 5, en la que V representa el volumen total del suelo, V_v de el volumen de vacíos libre y V_s el volumen de partículas sólidas. De lo anterior se desprende que:

$$V = V_v + V_s \dots\dots(3)$$

Por otra parte, el volumen de vacíos está ocupado por gases, V_g , y por agua, V_w , de manera que la expresión anterior puede escribirse así:

$$V = V + V + V \dots(4)$$

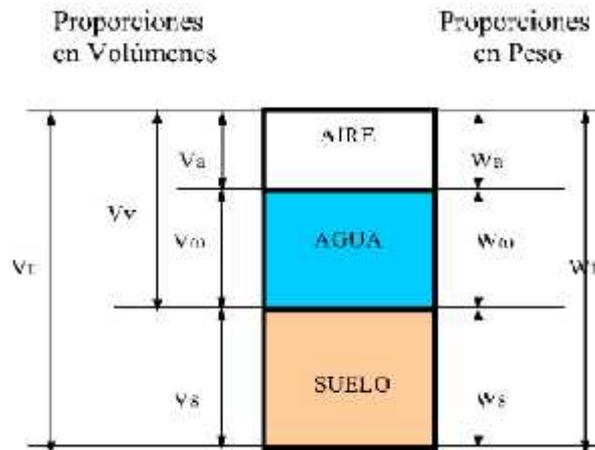


Figura 5 Relaciones volumétricas del suelo

Fuente: Leoni, 2008.

El significado de los símbolos es el siguiente:

V_t : Volumen total de la muestra de suelo (volumen de masa).

V_s : Volumen de la fase sólida de la muestra (volumen de sólidos).

V_v : Volumen de vacíos de la muestra de suelo (volumen de vacíos).

V_w : Volumen de la fase líquida contenida en la muestra (volumen de agua).

V_a : Volumen de la fase gaseosa de la muestra (volumen de aire).

W_t : Peso total de la muestra del suelo (peso de la masa).

W_s : Peso de la fase sólida de la muestra de suelo (peso de los sólidos).

W_w : Peso de la fase líquida de la muestra (peso del agua).

W_a : Peso de la fase gaseosa de la muestra, convenientemente considerado como nula en Mecánica de Suelos.

➤ **Relaciones Fundamentales:**

(Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 2005) para estos autores, las relaciones que se dan a continuación son importantísimas, para el manejo comprensible de las propiedades mecánicas de

los suelos y un completo dominio de su significado y sentido físico.

a) Relación de vacíos, Oquedad o Índice de poros, es la relación entre el volumen de vacíos y el de los sólidos de un suelo:

$$e = \frac{V}{V} \dots(5)$$

b) Porosidad, es la relación entre su volumen de vacíos y el volumen de su masa:

$$n(\%) = \frac{V}{V} * 100 \dots(6)$$

c) Grado de saturación, es la relación entre su volumen de agua y el volumen de sus vacíos:

$$G(\%) = \frac{V}{V} * 100 \dots(7)$$

d) Contenido de agua o Humedad, es la relación entre el peso de agua contenida en el suelo y el peso de su fase sólida:

$$W(\%) = \frac{W}{W} * 100 \dots(8)$$

- **Plasticidad de los Suelos:**

Plasticidad:

“En Mecánica de Suelos puede definirse la plasticidad como la propiedad de un material por la cual es capaz de soportar deformaciones rápidas, sin rebote elástico, sin variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse ni agrietarse” (Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 2005).

Para conocer la plasticidad de un suelo se hace uso de los límites de Atterberg, quien por medio de ellos separó los cuatro estados de consistencia de los suelos.

➤ **Límites de Atterberg:**

Según (Das, 1999): Cuando un suelo arcilloso se mezcla con una cantidad excesiva de agua, éste puede fluir como un semilíquido. Si el suelo es secado gradualmente, se comportará como un material plástico. semisólido o sólido, dependiendo de su contenido de agua. Éste, en por ciento, con el que el suelo cambia de un estado líquido a un estado plástico se define como límite líquido (LL). Igualmente, los contenidos de agua, en por ciento, con el que el suelo cambia de un estado plástico a un semisólido y de un semisólido a un sólido se definen como el límite plástico (LP) y el límite de contracción (LC), respectivamente. Éstos se denominan límites de Atterberg (figura 06).

a) El límite líquido: de un suelo es determinado por medio de la copa de Casagrande (Designación de Prueba D-4318 de la ASTM) y se define como el contenido de agua con el cual se cierra una ranura de ½" (12.7mm) mediante 25 golpes.

b) El límite plástico se define como el contenido de agua con el cual el suelo se agrieta al formarse un rollito de 1/8" (3.18mm) de diámetro (Designación de Prueba D-4318 de la ASTM).

c) El límite de contracción se define como el contenido de agua con el cual el suelo no sufre ningún cambio adicional de volumen con la pérdida de agua (Designación de Prueba D-427 de la ASTM).

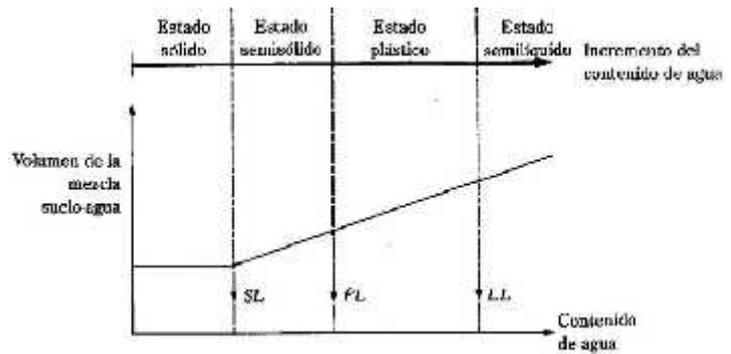


Figura n° 06: “Definición de los límites de Atterberg.”

Fuente: Das, 1999.

La diferencia entre el límite líquido y el plástico de un suelo se define como índice de plasticidad (IP),

$$I_p = L - L \dots(9)$$

Tabla 1
Valores típicos de límites para algunos minerales y suelos arcillosos

Descripción	Límite Líquido	Límite Plástico
Caolinita	35-100	25-35
Ilita	50-100	30-60
Montmorillonita	100-800	50-100
Arcilla azul Boston	40	20
Arcilla Chicago	60	20
Arcilla Louisiana	75	25
Arcilla Londres	66	27
Arcilla Cambridge	38	21
Arcilla Montana	52	18
Lodo Mississippi	95	32
Suelos loessiales del norte y noroeste de China	25-35	15-20

Fuente: Das, 1999.

- Clasificación de los Suelos:

➤ Generalidades:

“Dada la gran variedad de suelos que se presentan en la naturaleza, la Mecánica de Suelos ha desarrollado algunos métodos de clasificación de los mismos. Cada uno de estos métodos tiene, prácticamente, su campo de aplicación según la necesidad y uso que lo haya

fundamentado. Y así se tiene la clasificación de los suelos según el tamaño de sus partículas, la clasificación de la Asociación Americana de funcionarios de Caminos Públicos (American Association State Highway Officials), la clasificación de la Administración de Aeronáutica Civil (C.A.A.), el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.), etc. La existencia de esta variedad de sistemas de clasificación de suelos se debe, posiblemente, al hecho de que tanto el ingeniero civil como el geólogo y el agrónomo analizan al suelo desde diferentes puntos de vista. Sin embargo, lo que es fundamental es el hecho de que cualquier clasificación que quiera abarcar las necesidades correspondientes debe estar basada en las propiedades mecánicas de los suelos, ya que éstas son elementales en las variadas aplicaciones de la ingeniería.” (Crespo Villalaz, 2004).

➤ **Sistema AASHTO:**

Según (Das, 1999): El Sistema de Clasificación de Suelos AASHTO fue propuesto originalmente por el Highway Research Board's Committee sobre clasificación de materiales para subrasantes y caminos de tipo granular (1945). De acuerdo con la actual forma de este sistema, los suelos pueden clasificarse según ocho grupos principales, A1 al A8, en base a su distribución granulométrica, límite líquido e índice de plasticidad. Los suelos comprendidos en los grupos A1, A2 y A3 son materiales de grano grueso y aquellos en los grupos A4, A5, A6 y A7 son de grano fino. La turba, el lodo y otros suelos altamente orgánicos quedan clasificados en el grupo A8. Éstos son identificados por inspección visual.

El sistema de clasificación AASHTO (para suelos A1 al A7) se presenta en la figura 9. Note que el grupo A7 incluye dos tipos de suelos. Para el tipo A75, el índice de plasticidad es menor o igual que el límite líquido menos 30. Para el tipo A76, el índice de plasticidad es mayor que el límite líquido menos 30.

Para la evaluación cualitativa de la conveniencia de un suelo como material para subrasante de un camino, se desarrolló también un número denominado índice de grupo. Entre mayor es el valor del índice de grupo para un suelo, será menor el uso del suelo como subrasante. Un índice de grupo de 20 o más indica un material muy pobre para ser usado al respecto. La fórmula para el índice de grupo IG es:

$$GI = (F200 - 35) * (0.20 + 0.005 * (L - 40)) + 0.01 * (F200 - 15) * (P - 10).....(10)$$

Donde:

F200: por ciento que pasa la malla N°200, expresado como un número entero.

LL: Límite líquido.

IP: Índice de plasticidad.

Al calcular el índice de grupo para un suelo de los grupos A-2-6 o A-2-7, use sólo la ecuación de índice de grupo parcial relativa al índice de plasticidad:

$$G = 0.01 * (f200 - 15) * (I - 10).....(11)$$

El índice de grupo es redondeado al número entero más cercano y se escribe a lado del grupo de suelo en paréntesis; por ejemplo,

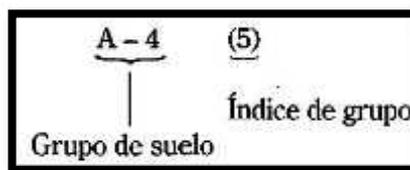


Figura 6 Ejemplo de clasificación de suelo
Fuente: Elaboración propia.

➤ **Sistema S.U.C.S:**

Según (Bowles, 1981): Los elementos esenciales del sistema de clasificación fueron propuestos inicialmente por Arturo Casagrande (1942) y adoptados subsecuentemente por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos para la construcción de aeropuertos. Actualmente, este sistema se utiliza con modificaciones mínimas en la mayoría de los países fuera de los Estados Unidos. Dentro de los Estados Unidos el sistema es ampliamente utilizado por organizaciones tales como el Cuerpo de Ingenieros, la Oficina de Reclamos, y con pequeñas modificaciones por la mayoría de las firmas consultoras. A continuación, se consideran estas subdivisiones en más detalle:

a) Gravas o arenas son:

GW, GP, SW o SP, si menos del 5% del material pasa a través del tamiz N° 200; G = grava; S = arena; W = bien gradada; P = pobremente gradada. La designación bien gradada o pobremente gradada depende de dos valores característicos para Cu y Cc con valores numéricos.

b) Gravas y arenas son:

GM, GC, SM o SC, Si más del 12 % del material pasa a través del tamiz N° 200; M = limo; C = arcilla. La designación limo o arcilla se determina después de obtener los valores de los límites líquido y plástico de la fracción menor al tamiz No. 40, y utilizando los criterios de la carta de plasticidad.

Este cuadro es otra contribución de Casagrande al sistema, y la línea A que se encuentra en él, es conocida como la línea A de Casagrande. El cuadro que se presenta en este manual ha sido modificado de acuerdo con las sugerencias del Cuerpo de Ingenieros en el sentido de que (hasta el momento) no se han encontrado suelos con coordenadas superiores a las determinadas por la línea "límite superior" mostrada.

c) Las gravas y las arenas se pueden clasificar:

GW-GC SW-SC GP-GC SP-SC

GW-GM SQ-SM GP-GM SP-SM

Si entre 5 y 12% del material pasa a través del tamiz N°200.

d) Los suelos de grano fino (más del 50% pasa el tamiz N°200) son:

ML, OL, o CL, Si los límites líquidos son menores que 50%; M = limo; O = suelos orgánicos; C = arcilla.

e) Los suelos de grano fino son:

MH, OH, o CH, Si los límites líquidos son superiores a 50%; H = mayor que 50%.

Los límites líquido y plástico se ejecutan sobre material correspondiente a la fracción menor del tamiz N° 40 de todos los suelos, incluyendo gravas, arenas, y suelos finos. Estos límites se utilizan con la carta de plasticidad (Figura 11) para determinar el prefijo M, O, o C. dependiendo de la localización de las coordenadas de plasticidad del suelo dentro de la carta.

Una descripción visual del suelo debe siempre incluirse conjuntamente con el símbolo unificado para completar la clasificación igual que en el sistema AASHTO.

- **Esfuerzo de Corte en los Suelos:**

➤ **Resistencia de los Suelos al Esfuerzo de Corte:**

Según (Crespo Villalaz, 2004): Dentro de ciertos límites, los suelos se comportan bajo la acción de las cargas como los materiales elásticos, aunque en algunos casos se producen deformaciones mayores que las normales, teniéndose que recurrir entonces a cálculos que tengan en cuenta la plasticidad del suelo. Una muestra de suelo sometida a un esfuerzo de corte tiende a producir un desplazamiento de las partículas entre sí o de una parte de la masa del suelo con respecto al resto del mismo.

En el primer caso se dice que hay un disgregamiento de las partículas. En el segundo caso (figura 12b) se dice que la masa se desliza a lo largo de ciertas líneas de rotura, o si la masa de suelo es plástica se produce lo que se denomina fluencia plástica. Estos movimientos dentro de la masa de suelo tienden a ser contrarrestados por la llamada resistencia al corte del suelo.

Se acepta que la resistencia al corte τ de un suelo viene dada por la ecuación de Coulomb:

$$\tau = c + P \tan(\varphi)$$

En la que:

τ = Resistencia al corte del suelo, en k / c^2 .

c = Cohesión del suelo, en k / c^2 .

P = Presión intergranular, en k / c^2 .

φ = Ángulo de fricción interna del suelo, el cual se supone que es constante.

En general, los suelos poseen al mismo tiempo cohesión y fricción interna; sin embargo, existen dos casos límites:

- a) Las arenas lavadas y secas que no poseen cohesión, en las que la carga de ruptura se produce para un valor de:

$$\tau = P(\tan \phi)$$

Pasando por el origen la envolvente del círculo de Mohr, como se puede ver en la figura:

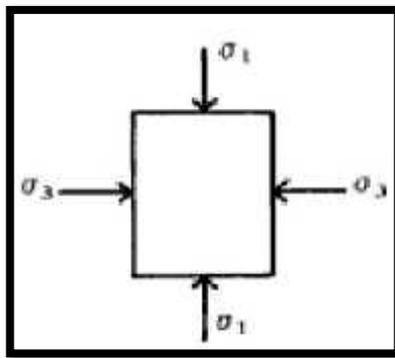


Figura 7 Gráfica de esfuerzo cortante con cohesión nula
Fuente: Crespo Villalaz, 2004.

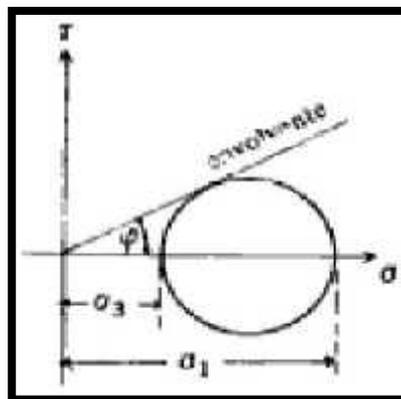


Figura 8 Gráfica de esfuerzo cortante con cohesión nula
Fuente: Crespo Villalaz, 2004.

- b) Las arcillas blandas, las que se comportan como si ϕ fuese igual a cero, resultando la carga de ruptura constante e igual a la cohesión del suelo, como se indica en la figura 14; por lo tanto:

$$\tau = c$$

σ_1 y σ_3 son esfuerzos principales y q es el esfuerzo unitario de ruptura a compresión no confinada.

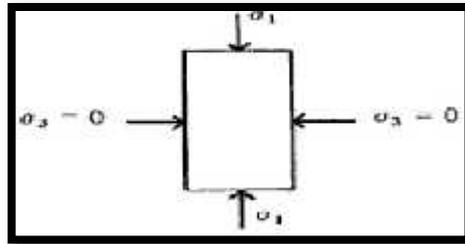


Figura 9 Gráfica de esfuerzo cortante igual a la cohesión
Fuente: Crespo Villalaz, 2004.

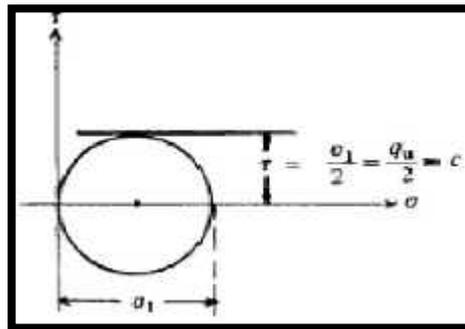


Figura 10 Gráfica de esfuerzo cortante igual a la cohesión
Fuente: Crespo Villalaz, 2004.

“La cohesión se define como la adherencia existente entre las partículas de suelo debido a la atracción que ejercen unas contra otras a causa de las fuerzas moleculares.” (Nij Patzán, 2009).

“El ángulo de fricción interna es un valor convencional utilizado para simplificar los cálculos, se le considera constante, aunque no lo es ya que depende de la granulometría del suelo, del tamaño y forma de las partículas y de la presión normal ejercida en el plano de falla” (Nij Patzán, 2009).

➤ **Determinación del Esfuerzo de Corte:**

Para (Crespo Villalaz, 2004), la cohesión de un suelo y su ángulo de fricción interna, componentes del esfuerzo de corte del mismo, pueden obtenerse de diferentes maneras, y entre ellas figuran: a) por medio del aparato de corte directo ideado

por Arthur Casagrande, y b) por la prueba de compresión triaxial. En el caso de las arcillas, la determinación del esfuerzo de corte de las mismas puede determinarse, además, con la prueba de compresión axial no confinada o con la prueba de la veleta.

Según (Bowles, 1981): Los ensayos de corte directo pueden clasificarse como sigue:

- a) **Ensayos no consolidados - no drenados o ensayos U.** El corte se inicia antes de consolidar la muestra bajo la carga normal P . Si el suelo es cohesivo, y saturado, se desarrollará exceso de presión de poros. Este ensayo es análogo al ensayo triaxial no consolidado drenado.
- b) **Ensayo consolidado - no drenado.** Se aplica la fuerza normal, y se observa el movimiento vertical del deformímetro hasta que pare el asentamiento antes de aplicar fuerza cortante. Este ensayo puede situarse entre los ensayos triaxiales consolidado-no drenado y consolidado - drenado.
- c) **Ensayo consolidado - drenado.** La fuerza normal se aplica, y se demora la aplicación del corte hasta que se haya desarrollado todo el asentamiento; se aplica a continuación la fuerza cortante tan lento como sea posible para evitar el desarrollo de presiones de poros en la muestra. Este ensayo es análogo al ensayo triaxial consolidado - drenado. Para suelos no cohesivos, estos tres ensayos dan el mismo resultado, esté la muestra saturada o no, y por supuesto, si la tasa de aplicación del corte no es demasiado rápida. Para materiales cohesivos, los parámetros de suelos están marcadamente influidos por el método de ensayo y por el grado de saturación, y

por el hecho de que el material esté normalmente consolidado o sobre consolidado. Generalmente, se obtienen para suelos sobre consolidados dos conjuntos de parámetros de resistencia - un conjunto para ensayos hechos con cargas inferiores a la presión de pre consolidación y un segundo juego para cargas normales mayores que la presión de pre consolidación. Donde se sospeche la presencia de esfuerzo de pre consolidación en un suelo cohesivo sería aconsejable hacer seis o más ensayos para garantizar la obtención de los parámetros adecuados de resistencia al corte.

- **Variación del Nivel Freático:**

Estos términos hacen referencia a la posición cambiante (en altura) del nivel del agua o nivel freático en el suelo, respecto a un determinado punto de control.

Se entiende por nivel freático a “la superficie que constituye en lugar geométrico de los puntos en que el agua posee una presión igual a la atmosférica que, en cuestiones de flujo en que se trabaja normalmente con presiones manométricas se considera igual a cero” (Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 2005).

Respecto de cuáles son los factores que generan la variación del nivel freático en el suelo tenemos importantes autores que los definen, por ejemplo:

2.2.3. Unidades Hidrogeológicas:

Según (Gonzales de Vallejo, 2004): En la naturaleza una amplia gama de formaciones con capacidades muy diversas para almacenar y transmitir el agua; desde el punto de vista hidrogeológico, estas formaciones suelen dividirse en cuatro grupos principales:

- a) Acuíferos:** capaces de almacenar y transmitir el agua (gravas, arenas, materiales calizos, etc.); son formaciones con capacidad de drenaje alta en las que se pueden perforar pozos y sondeos con el fin de satisfacer las necesidades humanas de abastecimiento, agricultura, industria, ganadería, etc.
- b) Acuitardos:** capaces de almacenar el agua en cantidades muy importantes, pero la transmiten con dificultad; se suelen denominar con frecuencia formaciones semipermeables (limos, arenas limosas, arenas arcillosas, etc.), y su capacidad de drenaje es media a baja; no son de interés para la obtención de caudales que puedan servir a alguna necesidad hídrica, pero en la naturaleza juegan un papel muy importante como elementos transmisores del agua en recargas verticales a través de grandes superficies.
- c) Acuicludos:** pueden almacenar el agua en grandes cantidades, pero no tienen la posibilidad de transmitirla y se drenan con mucha dificultad; el agua se encuentra encerrada en los poros de la formación y no puede ser liberada (arcillas, arcillas plásticas, limos arcillosos, etc.); en hidrogeología clásica, se asumen como impermeables, pero en ingeniería geológica este concepto se hace menos preciso, pues drenajes muy limitados pueden presentar problemas en determinadas obras.
- d) Acuifugos:** formaciones incapaces de almacenar y de transmitir el agua; están representados por las rocas compactas, como granitos y gneises, y a veces incluso calizas muy compactas sin clasificar, se muestran como impermeables salvo que existan fracturas que pueden permitir flujos.

	Capacidad de almacenar	Capacidad de almacenar	Capacidad de transmitir	Formaciones características
ACUÍFEROS	ALTA	ALTA	ALTA	Gravas, arenas, calizas
ACUITARDOS	ALTA	MEDIA/BAJA	BAJA	Limas, arenas limosas y arcillosas
ACUICLUDOS	ALTA	MUY BAJA	NULA	Arcillas
ACUIFUGOS	NULA	NULA	NULA	Granitos, gneises, mármol

Figura 11 Formaciones geológicas frente al agua
Fuente: Gonzales de Vallejo, 2004.

2.2.4. Factores que Afectan el Nivel Freático:

➤ Precipitación:

Según (Villón Béjar, 2002): La precipitación, es toda forma de humedad que, originándose en las nubes, llega hasta la superficie del suelo; de acuerdo a esta definición la precipitación puede ser forma de:

- Lluvias.
- Granizadas.
- Garúas.
- Nevadas.

“Desde el punto de vista de la ingeniería hidrológica, la precipitación es la fuente primaria del agua de la superficie terrestre, y sus mediciones forman el punto de partida de la mayor parte de los estudios concernientes al uso y control del agua. En este capítulo se estudiarán dos aspectos fundamentales de la precipitación: por un lado, la manera en que se produce y algunos métodos con que se puede predecir dadas ciertas condiciones atmosféricas, para lo cual será necesario revisar algunos aspectos básicos de meteorología y, por otro, la manera en que se mide la precipitación y diversos criterios para el análisis, síntesis, corrección y tratamiento de los datos” (Aparicio Mijares, 1992).

2.2.5. Origen de la Precipitación:

Una nube está constituida por pequeñísimas gotas de agua, que se mantienen estables gracias a su pequeño tamaño, algunas características de las gotitas de las nubes son:

- Diámetro aproximado de las gotitas 0.02mm.
- Espaciamiento entre gotitas 1mm.
- Masa 0.5 a 1gr/m³.

Por el contrario, las gotas de lluvia, tienen un diámetro de 0.5 a 2mm, es decir, un aumento en el volumen de las gotitas de las nubes de 100000 a 1000000 de veces.

En este sorprendente aumento, está el origen de las precipitaciones y se asume principalmente gracias a dos fenómenos:

- Unión entre sí de numerosas gotitas.
- Engrosamiento de una gota por fusión y condensación de otras.

2.2.6. Clasificación de la Precipitación:

La formación de la precipitación, requiere la elevación de una masa de agua en la atmósfera, de tal manera que se enfríe y parte de su humedad se condense. Atendiendo al factor que provoca la elevación del aire en la atmósfera, la precipitación se clasifica en:

- Precipitación de convección.
- Precipitación orográfica.
- Precipitación ciclónica.

Medición de la Precipitación: La precipitación se mide en términos de altura de lámina de agua (hp), y se expresa comúnmente en milímetros. Esta altura de lámina de agua, indica la altura del agua que se acumularía en una superficie horizontal, si la precipitación permaneciera donde cayó. Los aparatos de medición, se basan en la exposición a la intemperie de un recipiente cilíndrico abierto en su parte superior, el cual se recoge el agua producto de la lluvia u otro tipo de precipitación, registrando su altura. Los aparatos de medición, se clasifican de acuerdo con el registro de las precipitaciones, en pluviómetros y pluviógrafos.

Pluviómetro: Consiste en un recipiente cilíndrico de lámina, de aproximadamente 20cm de diámetro y de 60cm de alto. La tapa del cilindro es un embudo receptor, el cual se comunica con una probeta de sección 10 veces menor que la de la tapa.

Esto permite medir la altura de lluvia en la probeta, con una aproximación hasta décimos de milímetro, ya que cada centímetro medido en la probeta, corresponde a un milímetro de altura de lluvia; para medirla se saca la probeta y se introduce una regla graduada, con la cual se torna la lectura; generalmente se acostumbra hacer una lectura cada 24 horas.

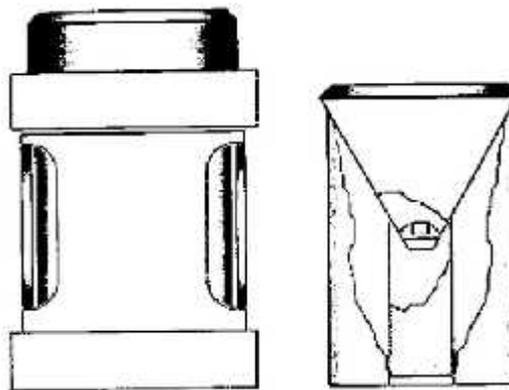


Figura 12 Pluviómetro
Fuente: Villon Bejar, 2002.

Cuando hay necesidad de conocer la pluviometría mensual o estacional, de una zona de difícil acceso, donde sólo se va unas pocas veces al año, se utilizan los pluviómetros totalizadores. Estos pluviómetros, acumulan el agua llovida durante un período de tiempo más o menos largo. Para proteger el agua de la congelación, se usa cloruro de calcio u otro anticongelante, y para protegerla de la evaporación, se usa una capa de aceite.

Pluviógrafo: Es un instrumento, que registra la altura de lluvia en función del tiempo, lo cual permite determinar la intensidad de la precipitación, dato importante para el diseño de estructuras hidráulicas.

Los pluviógrafos más comunes son de forma cilíndrica, y el embudo receptor está ligado a un sistema de flotadores, que originan el movimiento de una aguja sobre un papel registrador, montado en un sistema de reloj.

Como el papel registrador tiene un cierto rango en cuanto a la altura de registro, una vez que la aguja llega al borde superior, automáticamente regresa al borde inferior y sigue registrando. El gráfico resultante recibe el nombre de pluviograma.

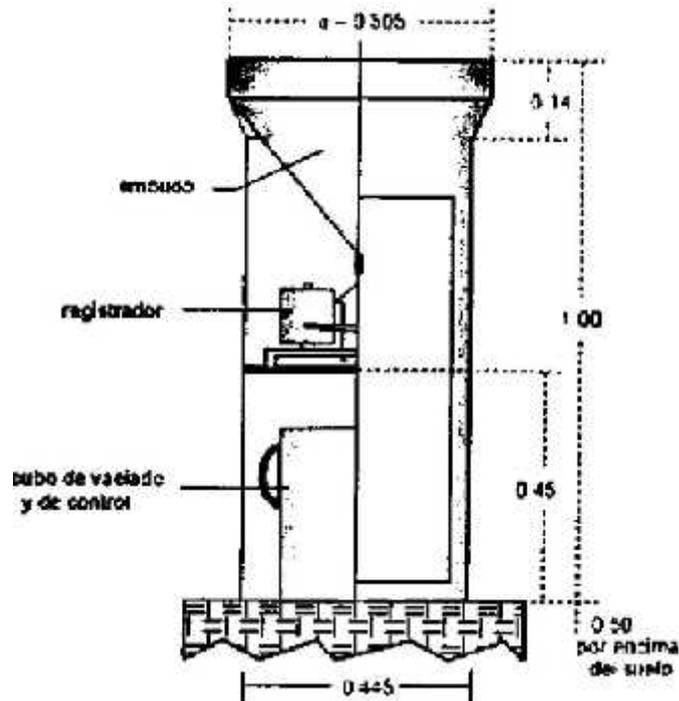


Figura 13 Pluviógrafo
Fuente: Villon Bejar, 2002.

2.2.7. Infiltración:

Según (Aparicio Mijares, 1992): Se define como el movimiento del agua, a través de la superficie del suelo y hacia adentro del mismo, producido por la acción de las fuerzas gravitacionales y capilares.

La diferencia entre el volumen de agua que llueve en una cuenca y el que escurre por su salida recibe el nombre genérico de pérdidas. En general, las pérdidas están constituidas por la intercepción en el follaje de las plantas y en los techos de las construcciones, la retención en depresiones o charcos (que posteriormente se evapora o se infiltra), la evaporación y la infiltración. Además de que en la práctica es difícil separar estos cuatro componentes, la porción más considerable de las pérdidas está dada por la infiltración, por lo que es costumbre calcularlas conjuntamente bajo este nombre. La infiltración juega un papel de primer orden en la relación lluvia – escurrimiento y, por lo tanto, en los problemas de diseño y predicción

asociados a la dimensión y operación de obras hidráulicas. En general, el volumen de infiltración es varias veces mayor que el de escurrimiento durante una tormenta dada, especialmente en cuencas con un grado de urbanización relativamente bajo. Sin embargo, la infiltración recibe poca atención por parte de los ingenieros proyectistas, quizá por la falta de herramientas adecuadas para su tratamiento.

2.2.8. Permeabilidad:

Se dice que un material es permeable cuando contiene vacíos continuos. Como tales vacíos existen en todos los suelos, incluyendo las arcillas más compactas, y en todos los materiales de construcción no metálicos, comprendidos el granito sano y la pasta de cemento, dichos materiales son permeables. La circulación de agua a través de su masa obedece también aproximadamente a leyes idénticas, de modo que la diferencia entre una arena limpia y un granito sano es, en este concepto, solo una diferencia de magnitud” (Terzaghi & Peck, 1978).

Para (Das, 1999), los espacios vacíos o poros entre los granos del suelo permiten que el agua fluya a través de ellos. En mecánica de suelos e ingeniería de cimentaciones se debe saber cuánta agua fluye a través del suelo en un tiempo unitario. Este conocimiento se requiere para diseñar presas de tierra, determinar la cantidad de infiltración bajo estructuras hidráulicas y para desaguar antes y durante la construcción de cimentaciones. Darcy (1856) propuso la siguiente ecuación para calcular la velocidad del flujo de agua a través de un suelo.

$$V = K \dots(12)$$

Donde:

V: velocidad de Darcy (cm/s).

K: permeabilidad hidráulica del suelo (cm/s).

I: gradiente hidráulico.

El gradiente hidráulico i se define como:

$$i = \frac{\Delta h}{L} \dots(13)$$

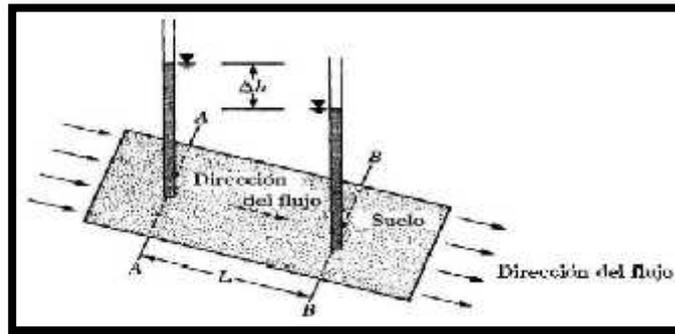


Figura 14 Definición de la ley de Darcy
Fuente: Das, 1999.

Donde:

h : diferencia de carga piezométrica entre las secciones AA y BB.

L : distancia entre las secciones en AA y BB.

La tabla 02 muestra el rango general de los valores de k para varios suelos.

Tabla 2
Rango de la permeabilidad hidráulica para varios suelos

Tipo de Suelo	Permeabilidad Hidráulica, k (cm/s)
Grava media a gruesa	Mayor que 10^{-1}
Arena gruesa a fina	10^{-1} a 10^{-3}
Arena fina, arena limosa	10^{-3} a 10^{-5}
Limo, limo arcilloso, arcilla limosa	10^{-4} a 10^{-6}
Arcillas	10^{-7} o menor

Fuente: Elaboración propia.

2.2.9. Teoría de la Capacidad de Carga de Terzaghi:

Terzaghi (1943) fue el primero en presentar una teoría completa para evaluar la capacidad de carga última de cimentaciones superficiales. De acuerdo con ésta, una cimentación es superficial si la profundidad, D , de la cimentación es menor o igual que el ancho de la misma. Sin embargo,

investigadores posteriores sugieren que cimentaciones con, D igual a 3 o 4 veces el ancho de la cimentación pueden ser definidas como cimentaciones superficiales.

Terzaghi sugirió que para una cimentación corrida (es decir, cuando la relación ancha entre longitud de la cimentación tiende a cero). El efecto del suelo arriba del fondo de la cimentación puede también suponerse reemplazado por una sobrecarga equivalente efectiva $q = \gamma D$ (donde γ = peso específico del suelo). La zona de falla bajo la cimentación puede separarse en tres partes.

- a) La zona triangular ACD inmediatamente abajo de la cimentación.
- b) Las zonas de corte radiales ADF y CDE, con las curvas DE y DF como arcos de una espiral logarítmica.
- c) Dos zonas pasivas de Rankine triangulares AFH y CEG.

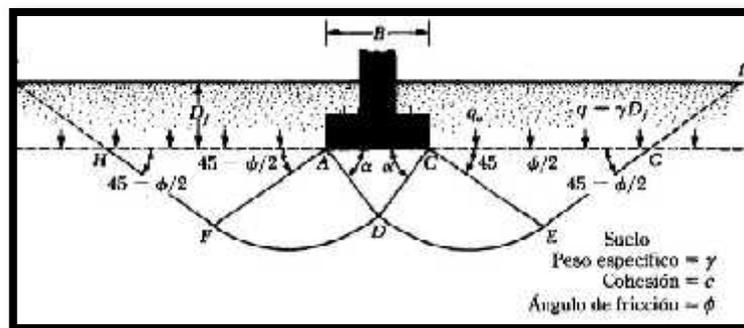


Figura 15 Falla por capacidad de carga en suelo bajo una cimentación rígida corrida”
Fuente: Das. 1999.

Se supone que los ángulos CAD y ACD son iguales al ángulo de fricción del suelo, ϕ . Note que, con el reemplazo del suelo arriba del fondo de la cimentación por una sobrecarga equivalente q , la resistencia de corte del suelo a lo largo de las superficies de falla GI y HJ fue despreciada.

Usando el análisis de equilibrio, Terzaghi expresó la capacidad de carga última en la forma:

$$q = c * N + q * N + \frac{1}{2} * \gamma * B * N\gamma.....(14)$$

Donde:

C: cohesión del suelo.

γ : peso específico del suelo.

$$q_u = N_c c + N_q q + N_\gamma \gamma D$$

N_c , N_q , N_γ = factores de capacidad de carga adimensionales que están únicamente en función del ángulo ϕ de fricción del suelo.

Para cimentaciones que exhiben falla local por corte en suelos, Terzaghi sugirió las siguientes ecuaciones:

$$q_u = \frac{2}{3} c N'_c + q N'_q + \frac{1}{2} \gamma B N'_\gamma \quad (\text{cimentación corrida})$$

$$q_u = 0.867 c N'_c + q N'_q + 0.4 \gamma B N'_\gamma \quad (\text{cimentación cuadrada})$$

$$q_u = 0.867 c N'_c + q N'_q + 0.3 \gamma B N'_\gamma \quad (\text{cimentación circular})$$

N'_c , N'_q , N'_γ son los factores de capacidad de carga modificada que se detallan en la tabla 04.

Tabla 3

Factores de capacidad de carga modificados de Terzaghi N'_c, N'_q, N'_γ

ϕ	N'_c	N'_q	N'_γ	ϕ	N'_c	N'_q	N'_γ
0	5.7	1	0	26	15.33	6.05	2.59
1	5.9	1.07	0.005	27	16.3	6.51	2.88
2	6.1	1.14	0.02	28	17.13	7.07	3.29
3	6.3	1.22	0.04	29	18.03	7.66	3.76
4	6.51	1.3	0.055	30	18.99	8.31	4.39
5	6.74	1.39	0.074	31	20.03	9.03	4.83
6	6.97	1.49	0.1	32	21.16	9.82	5.51
7	7.22	1.59	0.128	33	22.39	10.69	6.32
8	7.47	1.7	0.16	34	23.72	11.67	7.22
9	7.74	1.82	0.2	35	25.18	12.75	8.35
10	8.02	1.94	0.24	36	26.77	13.97	9.41
11	8.32	2.08	0.3	37	28.51	15.32	10.9
12	8.63	2.22	0.35	38	30.43	16.85	12.75
13	8.96	2.38	0.42	39	32.53	18.56	14.71
14	9.67	2.55	0.48	40	34.87	20.5	17.22
15	10.06	2.73	0.57	41	37.45	22.7	19.75
16	10.47	2.92	0.67	42	40.33	25.21	22.5
17	10.9	3.13	0.76	43	43.54	25.21	22.5
18	11.36	3.36	0.88	44	47.13	31.34	30.4
19	11.36	3.61	1.03	45	51.17	35.11	36
20	11.85	3.88	1.12	46	55.73	39.48	41.7
21	12.37	4.17	1.35	47	60.91	44.45	49.3
22	12.92	4.48	1.55	48	66.8	50.46	59.25
23	13.51	4.82	1.74	49	73.51	57.41	71.45
24	14.14	5.2	1.97	50	81.31	65.6	85.75
25	14.8	5.6	2.25				

Fuente: Das. 1999.

2.3. Definición de términos:

- **Asentamiento:** Se define como la diferencia de asentamiento entre columna adyacente o separadas.
- **Cimentación:** Es el conjunto total de las partes estructurales de la infraestructura por intermedio de las cuales se transmiten al terreno el peso propio de la superestructura y las fuerzas que actúan sobre ella.
- **Carga:** Son aplicadas a los diferentes elementos de las estructuras de las edificaciones, los que constituyen a su vez, un conjunto de miembros estructurales.
- **Capacidad portante:** Es la capacidad del terreno para soportar las cargas aplicadas sobre él. Técnicamente la capacidad portante es la máxima presión media de contacto entre la cimentación y el terreno tal que no se produzcan un fallo por cortante del suelo o un asentamiento diferencial excesivo.
- **Estudio de suelos:** Permite dar a conocer las características físicas y mecánicas del suelo, la composición de los elementos en las capas de profundidad.
- **Edificación:** Obra de carácter permanente, cuyo destino es albergar actividades humanas. Comprende las instalaciones fijas y complementarias adscritas a ella.
- **Suelo:** Se trata todo tipo de material terroso con organización definida y propiedades que varían vectorialmente. En la dirección vertical generalmente sus propiedades cambian mucho más rápidamente que en la horizontal.
- **Coefficiente de balasto:** El coeficiente de balasto es la relación de la presión de contacto y la penetración o asentamiento que se produce, obtenida mediante el ensayo de carga.
- **Ensayo de carga:** El ensayo de carga consiste en aplicar una serie de cargas sobre una placa que está sobre el terreno, con lo que nos permite determinar el esfuerzo-deformación del terreno (estado elástico).
- **Corte directo:** La resistencia al corte de una masa de suelo es la resistencia interna por área unitaria que la masa de suelo ofrece para resistir la falla y el deslizamiento a lo largo de cualquier plano dentro de él. El estudio de la resistencia al corte es necesario para analizar los problemas de estabilidad, capacidad de carga, estabilidad de taludes, presión lateral sobre estructuras de retención de tierras, etc.

- **Consolidación de suelo:** La consolidación de un suelo suele estudiarse mediante el conocido ensayo edométrico, éste nos permite determinar los asentamientos y tiempos de consolidación de terraplenes, losas, zapatas, etc en suelos blandos saturados como limos y arcillas.
- **Asentamiento del suelo:** La deformación del suelo es debido al soporte de cargas, por lo que ocurre un asentamiento o desplazamiento del suelo.
- **Zapatas conectadas:** Son usadas en suelos malos debido a que disminuyen los asentamientos diferenciales, además creo q se diferencia del cimiento armado en que no carga necesariamente un muro si no q conecta zapatas, estructuralmente se tienen dos zapatas aisladas, el momento de flexión debido a que la carga de la columna y la resultante de las presiones del terreno no coinciden, es resistido por una viga de cimentación que unen las dos columnas que conforman la zapata conectada.
- **Zapatas aisladas:** Son un tipo de cimentación superficial que sirve de base de elementos estructurales puntuales, empleada en terrenos razonablemente homogéneos, su función es transmitir al terreno las tensiones a que está sometida el resto de la estructura.
- **Zapatas combinadas:** Son aquellas fundaciones que soportan más de una columna, puede cubrir columnas de un solo eje y se convierte en fundación alargada.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Los efectos del nivel freático en el cálculo de la capacidad portante para cimentaciones superficiales de la urbanización Los Pinos, distrito de Sicaya – Huancayo son críticos.

2.4.2. Hipótesis específicas

- La influencia de las precipitaciones en el nivel freático y su posterior afección a la capacidad portante para de la urbanización Los Pinos, distrito de Sicaya – Huancayo es inconveniente.

- La influencia de la infiltración en el nivel freático y su posterior afectación a la capacidad portante para de la urbanización Los Pinos, distrito de Sicaya – Huancayo es inconveniente.
- La influencia de la permeabilidad en el nivel freático y su posterior afectación a la capacidad portante para de la urbanización Los Pinos, distrito de Sicaya – Huancayo es inconveniente.

2.5. Variables

2.5.1. Definición conceptual de la variable

Variable independiente (nivel freático): El nivel freático puede definirse como el nivel superior del agua en un acuífero o más correctamente como el lugar donde la presión del agua es igual a la de la presión atmosférica. El nivel freático o también llamada capa freática o napa freática puede medirse mediante una perforación en el subsuelo.

Variable dependiente (capacidad portante para cimentaciones superficiales): Son aquellos cimientos que se apoyan en las capas superficiales o poco profundas del suelo, por tener éste suficiente capacidad de aguante o por tratarse de construcciones de importancia secundaria y relativamente livianas, mientras las cimentaciones que se apoyan en las capas poco profundas del suelo, ya sea porque el suelo tiene un alta capacidad portante o por tratarse de construcciones relativamente livianas. En estos tipos de cimentaciones donde las cargas se reparte en un plano de apoyo horizontal.

2.5.2. Definición operacional de la variable

Variable independiente (nivel freático): Tomar la cinta métrica para introducir la cinta en el pozo y empezar a descender, posteriormente se debe estar muy atento cuando la cinta tope con el nivel freático, para ello se debe escuchar como la cinta topa con el agua y cuando la cinta ya no baje debido a que el agua no lo permite.

Variable dependiente: (capacidad portante para cimentaciones superficiales): el metodo que se implementan es cuando la capacidad resistente del suelo es media alta y por lo tanto la carga que se aplica se transmite a la cimentacion, para esto la medición de la capacidad portante se realizará a través de la ejecución del ensayo de corte directo no consolidad – no drenado.

2.5.3. Operacionalización de variables

Tabla 4
Operacionalización de las variables

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALAS
Variable independiente (nivel freático)	Áreas	Áreas 01 Áreas 02	Registro de las áreas para el estudio. La topografía del terreno.
	Calicatas	C01, C 02	Registro de nivel freático en cada punto de excavación
	profundidad	Metros	Norma E.050
Variable dependiente: (capacidad portante para cimentaciones superficiales)	Muestras	Profundidad	Metros
		Área	Metros cuadrados
	Ensayos	Ensayos de laboratorio de suelos	Proctor estándar Capacidad portante

Fuente propia

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

En el presente trabajo de investigación se hará uso del Método Científico como método general. Según **ANDER, Egg (1984:56)**, “El estudio del método científico es objeto de estudio de la epistemología. Asimismo, el significado de la palabra “método” ha variado. Ahora se le conoce como el conjunto de técnicas y procedimientos que le permiten al investigador realizar sus objetivos y aplicar sus hipótesis mediante procesamiento de datos.

3.2. Tipo de investigación

A decir de **SIERRA, Restituto (2002:123)** el tipo de estudio de la presente investigación es la aplicada porque “en estos estudios se deben determinar y definir previamente las variables, luego se formulan hipótesis, los mismos que deben probarse por los cálculos e iteraciones, los cuales se llevaran a cuadros estadísticos, trabajándose con una muestra específica y llegando al final a las conclusiones.

3.3. Nivel de investigación

El nivel de investigación de la presente tesis fue el descriptivo, debido a que se caracterizó un fenómeno o situación, y ver su relación entre las 2 variables y como afecta uno a otro y su nivel de significancia” (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

3.4. Diseño de investigación

Según el autor **Fidias G. Arias (2012)**, el tipo de diseño es pre-experimental con medición previa y grupo de control por que consiste en someter la variable independiente a determinadas condiciones, estímulos o tratamiento, para observar los efectos o reacciones que se producen con la variable dependiente.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Con respecto a la población, Parra (2003), la define como las mediciones u observaciones del universo que se está estudiando, por esta razón pueden definirse varias poblaciones en una sola investigación, para la presente investigación se encontrara ubicada en la urbanización los pinos, en el distrito de Sicaya, provincia de Huancayo.

3.5.2. Muestra

Según Hernández, et al (2003), las muestras no probabilísticas, también llamadas muestras dirigidas, suponen un procedimiento de selección informal. En el caso de esta investigación la muestra estuvo determinada por 3 calicatas, para la toma de datos.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La finalidad de esta técnica fue de recopilar datos de una forma sencilla, registrar características y delimitar los sectores a estudiar para posteriores sondeos en el suelo. Toda esta obtención de datos se hace sin manipulación de la variable independiente.

A. Excavación de calicatas:

Posterior a la definición de su ubicación, se procedió a la excavación de las 03 calicatas.

B. Extracción de muestras:

Se procedió a la extracción de muestras de los estratos encontrados en las calicatas, para la obtención de sus parámetros en laboratorio.

C. Ensayos INSITU:

Comprende la realización de ensayos de percolación (RNE IS.020) para la obtención de datos de infiltración en los suelos y ensayos de densidades de campo (Norma ASTM D1556-64).

D. Ensayos de laboratorio:

En este apartado se realizaron los siguientes ensayos:

-)] Determinación del contenido de humedad (Norma ASTM D2216-71).
-)] Peso específico (Norma ASTM D854).
-)] Análisis granulométrico (Normas ASTM D421-58 y ASTM D422-63).

) Límites de Atterberg (Normas ASTM 423-66, ASTM 424-59 y ASTM 427-61).

) Corte directo (Norma ASTM D3080).

E. Registros periódicos del nivel freático:

Paralelo a estos 4 ítems anteriores, en la presente investigación se han venido tomando datos del nivel freático en las calicatas excavadas, en diferentes períodos.

3.7. Procesamiento de la información

A continuación, se detalla gráficamente el proceso de recolección de datos válidos para la presente tesis de investigación:

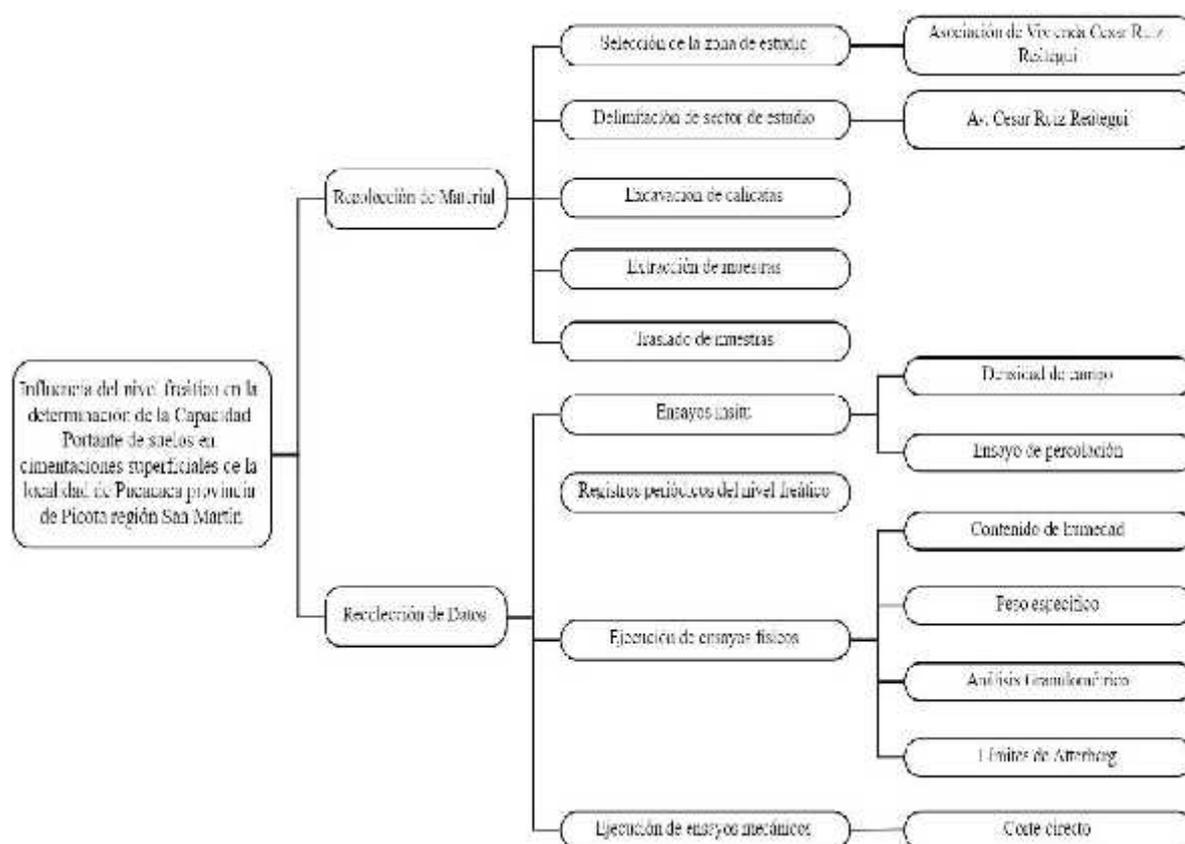


Figura 16 Esquema de procedimiento de recolección de datos
Fuente: Elaboración propia.

3.8. Técnicas y análisis de datos

Estas técnicas nos ayudaron a organizar, describir y analizar los datos recogidos con los instrumentos de investigación.

La estadística: Según (Monje Álvarez, 2011), la estadística permite recolectar, analizar, interpretar y presentar la información que se obtiene en el desarrollo de una determinada investigación. Todo dato o grupo de datos obtenidos, antes de ser totalizados y utilizados requiere de un examen crítico, sobre los aspectos de exactitud, precisión y representatividad, lo que se denomina crítica del dato.

Una vez terminados de recoger los datos, se deben organizar y resumir para obtener información significativa, es decir, analizar los datos utilizándose para esto la estadística descriptiva.

La estadística descriptiva: El concepto básico de la descripción estadística es la distribución de frecuencias, método para organizar y resumir datos, que son ordenados indicándose el número de veces que se repite cada valor. Esta distribución puede realizarse con las variables medidas desde el nivel nominal hasta el de razón.

CAPÍTULO IV RESULTADOS

4.1. Generalidades:

4.1.1. Ubicación de la zona de estudio:

La urbanización los Pinos se encuentra ubicada en el distrito de Sicaya, provincia de Huancayo, departamento de Junín.



Figura 17 Ubicación provincial de la zona de estudio
Fuente: Google imágenes.

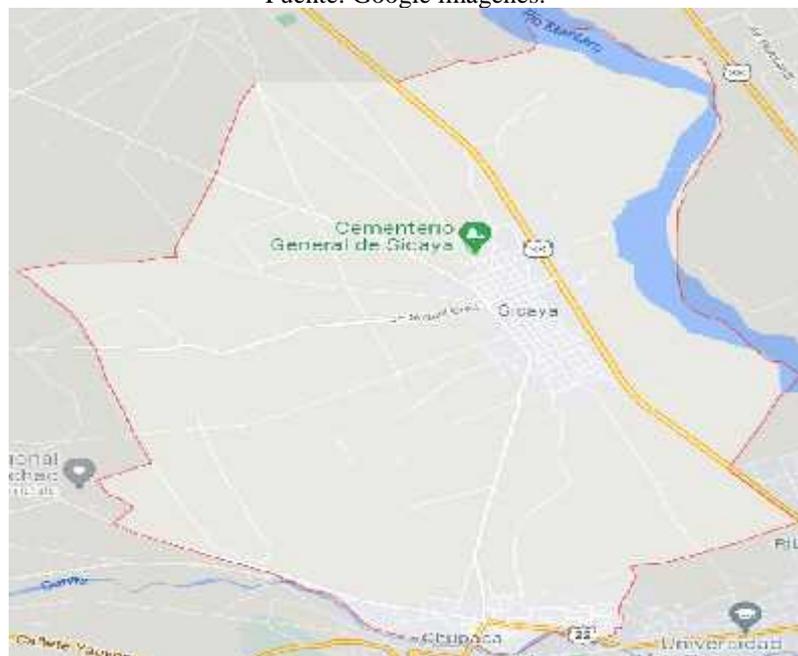


Figura 18 Distrito de Sicaya - Huancayo
Fuente: Google maps.



Figura 19 Distrito de Sicaya - Huancayo
Fuente: Google maps.

4.1.2. Ubicación de los puntos de exploración:

los efectos del nivel freático en el cálculo de la capacidad portante de la urbanización los Pinos serán determinados mediante 3 calicatas cuyas coordenadas se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 5
Coordenadas de las calicatas

DESCRIPCIÓN	COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE	COTA
Calicata C – 01	470380.00	8671605.00	3224.00
Calicata C – 02	470509.00	8671649.00	3223.00
Calicata C – 03	470676.00	8671721.00	3222.00

Fuente: Elaboración propia.



Figura 20 Ubicación de las calicatas
Fuente: Elaboración propia.

4.1.3. Exploración del suelo:

Cada calicata fue excavada hasta una profundidad total de 2.00m con la finalidad de encontrar su nivel freático.

A. Calicata C- 01:

La calicata C – 01 cuenta con un nivel freático ubicado a 1.20m por debajo del nivel de terreno natural, su perfil estratigráfico indica que este compuesto de suelos orgánicos y arcillas.



Figura 21 Excavación de la calicata C - 01
Fuente: Elaboración propia.

B. Calicata C – 02:

El nivel freático de la calicata C – 02 se encuentra a 1.30m debajo del nivel de terreno natural, las muestras de suelo fueron obtenidas antes y después del nivel freático.

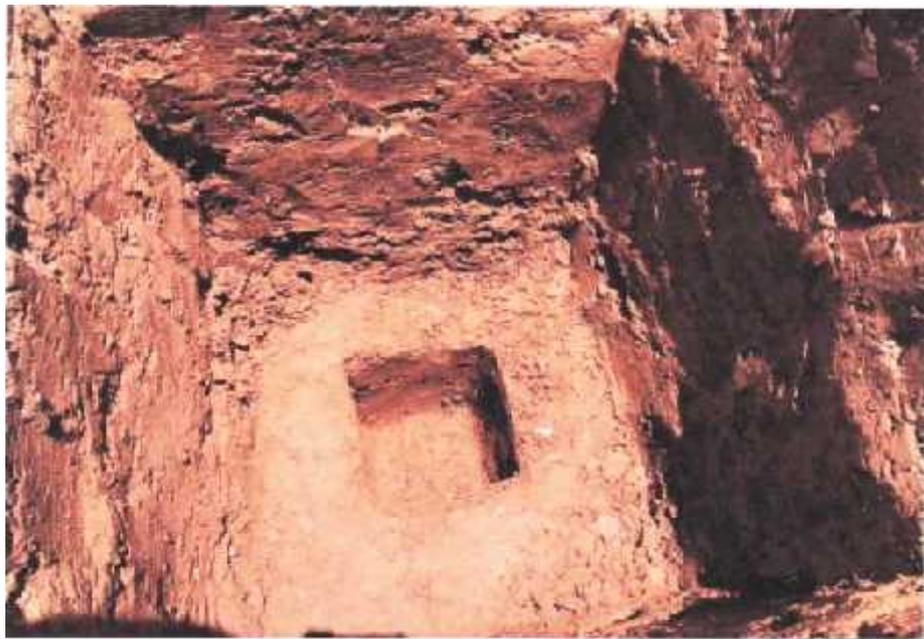


Figura 22 Excavación de la calicata C – 02
Fuente: Elaboración propia.

C. Calicata C – 03:

La calicata C – 03 cuenta con un nivel freático a 1.10m debajo del nivel de terreno natural.



Figura 23 Excavación de la calicata C – 03
Fuente: Elaboración propia.

4.2. Clasificación del suelo:

Las muestras obtenidas de las calicatas fueron enviadas a un laboratorio con la finalidad de realizar el estudio de mecánica de suelos, el informe obtenido viene adjunto en los anexos de esta investigación.

4.2.1. Calicata C – 01:

A. Limite liquido:

El límite líquido de la calicata C – 01 es igual a 30.20%, a continuación, se muestra los cálculos realizados:

Tabla 6
Limite liquido calicata C - 01

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			
Nº de capsula	2	8	5	6
Peso tara + suelo húmedo	62.90	46.90	63.20	64.90

Peso tara + suelo seco	52.10	39.40	51.40	51.60
Peso de la tara	14.30	14.40	14.40	14.30
Peso de agua	10.80	7.50	11.80	13.30
Peso de suelo seco	37.80	25.00	37.00	37.30
Contenido de humedad	28.57	30.00	31.89	35.66
N° de golpes	33	28	23	16

Fuente: Elaboración propia.

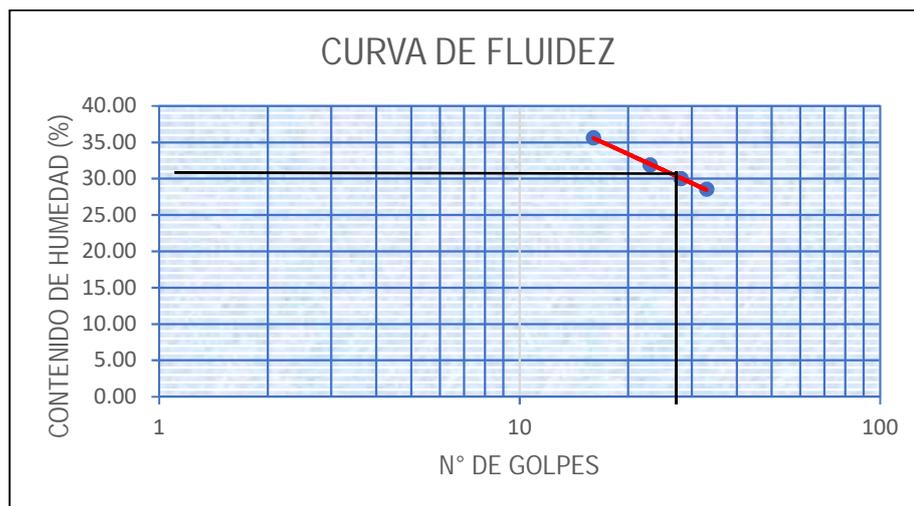


Figura 24 Curva de fluidez calicata C – 01

Fuente: Elaboración propia.

B. Limite plástico:

El límite plástico de la calicata C – 01 es igual a 20.35%, los cálculos realizados se muestran a continuación:

Tabla 7
Limite plástico calicata C - 01

DESCRIPCION	LIMITE PLASTICO	
	1	3
N° de capsula	1	3
Peso tara + suelo húmedo	44.00	41.50
Peso tara + suelo seco	39.80	37.60
Peso de la tara	19.10	18.50
Peso de agua	4.20	3.90
Peso de suelo seco	20.70	19.10
Contenido de humedad	20.29	20.42
PROMEDIO	20.35	

Fuente: Elaboración propia.

C. Índice de plasticidad:

El índice de plasticidad se determina aplicando la siguiente ecuación:

$$IP = LL - LP \dots\dots (1)$$

Donde:

IP: Índice de plasticidad (%).

LL: Limite liquido (%).

LP: Limite plástico (%).

Reemplazando datos en la ecuación n° 01 obtenemos un índice de plasticidad para la calicata C – 01 igual a 9.85%.

D. Granulometría:

La granulometría de la calicata C – 01 fue realizada con un peso de muestra inicial de 1000gr, el cual comprende 10.03% de grava, 36.86% de arena y 53.11% de arcilla.

Tabla 8
Granulometría calicata C - 01

TAMIZ	TAMAÑO (mm)	PESO RETENIDO (Gr)	PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
3"	76.2000	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.5000	0.00	0.00	100.00
2"	50.8000	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.1000	0.00	0.00	100.00
1"	25.4000	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.0500	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.5250	33.90	3.39	96.61
N°4	4.7600	66.40	6.64	89.97
N°10	2.0000	76.70	7.67	82.30
N°20	0.8400	87.30	8.73	73.57
N°40	0.4260	65.80	6.58	66.99
N°200	0.0740	138.80	13.88	53.11
<200		531.10	53.11	0.00
PESO INICIAL		1000.00	100.00	

Fuente: Elaboración propia.

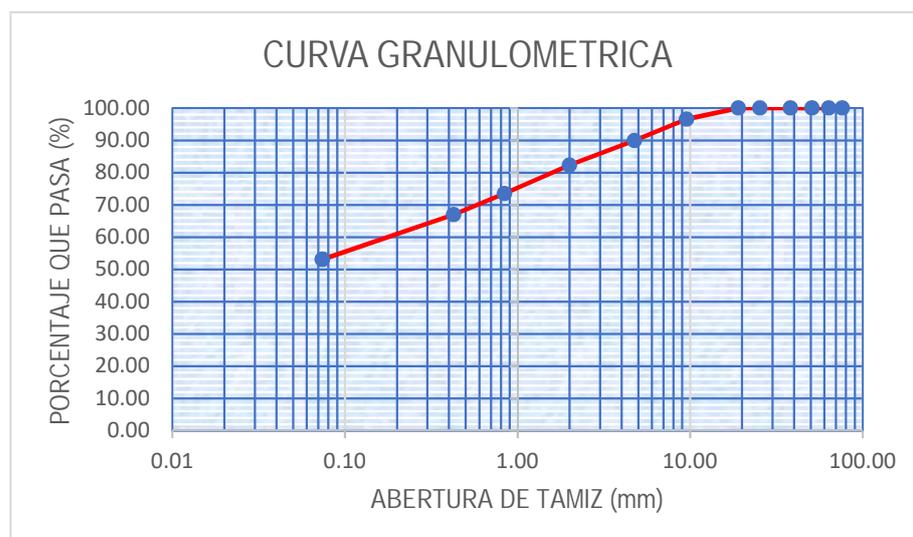


Figura 25 Figura n°: “Curva granulométrica calicata C - 01
Fuente: Elaboración propia.

E. Clasificación según la metodología SUCS:

El laboratorio de mecánica de suelos contratado clasifica el suelo de la calicata C – 01 como CL el cual se refiere a arcillas inorgánicas, las cuales se caracterizan por su gran impermeabilidad y retención del agua.

4.2.2. Calicata C – 02:

A. Limite liquido:

El límite líquido de la calicata C – 02 es igual a 34.00%, a continuación, se muestra los cálculos realizados:

Tabla 9
Limite liquido calicata C - 02

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			
	7	4	10	11
N° de capsula	7	4	10	11
Peso tara + suelo húmedo	63.40	47.20	63.70	65.20
Peso tara + suelo seco	51.60	39.00	50.80	51.00
Peso de la tara	14.30	14.40	14.40	14.30
Peso de agua	11.80	8.20	12.90	14.20
Peso de suelo seco	37.30	24.60	36.40	36.70
Contenido de humedad	31.64	33.33	35.44	38.69
N° de golpes	34	29	22	15

Fuente: Elaboración propia.

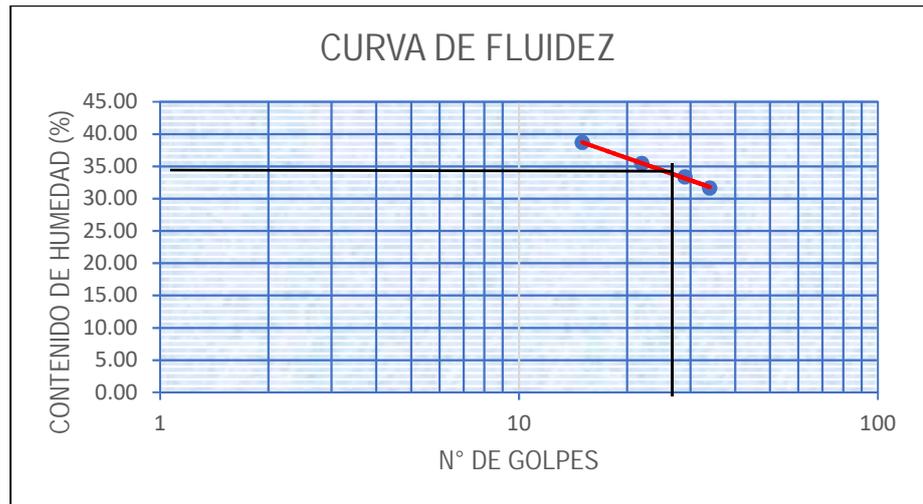


Figura 26 Curva de fluidez calicata C – 02
Fuente: Elaboración propia.

B. Límite plástico:

El límite plástico de la calicata C – 02 es igual a 22.83%, los cálculos realizados se muestran a continuación:

Tabla 10
Límite plástico calicata C - 02

DESCRIPCION	LIMITE PLASTICO	
	12	14
Nº de capsula	12	14
Peso tara + suelo húmedo	44.00	41.50
Peso tara + suelo seco	39.40	37.20
Peso de la tara	19.10	18.50
Peso de agua	4.60	4.30
Peso de suelo seco	20.30	18.70
Contenido de humedad	22.66	22.99
PROMEDIO	22.83	

Fuente: Elaboración propia.

C. Índice de plasticidad:

Aplicando la ecuación n° 01 determinamos el índice de plasticidad de la calicata C – 02 la cual es igual a 11.17%.

D. Granulometría:

La granulometría de la calicata C – 02 fue realizada con un peso de muestra inicial de 1350gr, el cual comprende 15.19% de grava, 30.90% de arena y 53.92% de arcilla.

Tabla 11
Granulometría calicata C - 02

TAMIZ	TAMAÑO (mm)	PESO RETENIDO (Gr)	PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
3"	76.2000	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.5000	0.00	0.00	100.00
2"	50.8000	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.1000	0.00	0.00	100.00
1"	25.4000	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.0500	47.00	3.48	96.52
3/8"	9.5250	75.00	5.56	90.96
N°4	4.7600	83.00	6.15	84.81
N°10	2.0000	104.00	7.70	77.11
N°20	0.8400	85.00	6.30	70.81
N°40	0.4260	113.00	8.37	62.44
N°200	0.0740	115.10	8.53	53.92
<200		727.90	53.92	0.00
PESO INICIAL		1350.00	100.00	

Fuente: Elaboración propia.

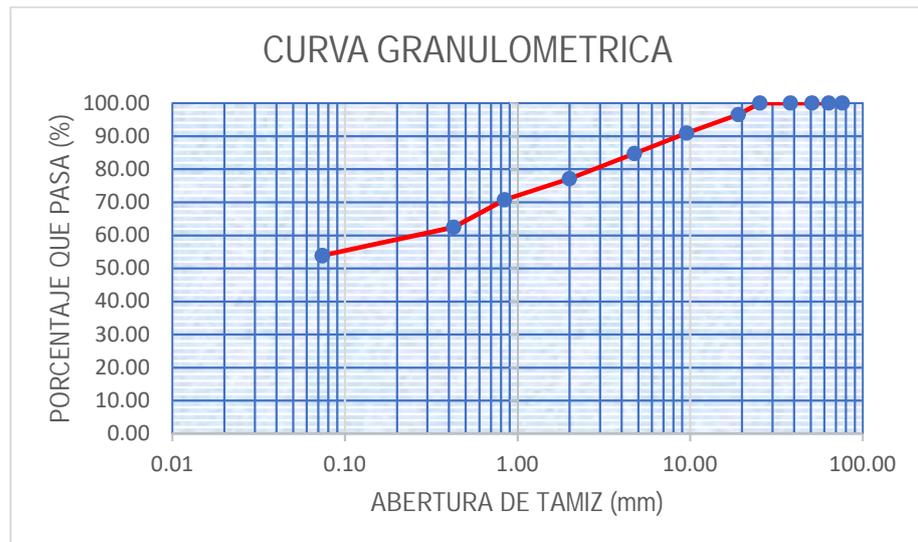


Figura 27 Curva granulométrica calicata C - 02
Fuente: Elaboración propia.

E. Clasificación según la metodología SUCS:

El laboratorio de mecánica de suelos contratado clasifica el suelo de la calicata C – 02 como CL el cual se refiere a arcillas inorgánicas, las cuales se caracterizan por su gran impermeabilidad y retención del agua.

4.2.3. Calicata C – 03:

A. Limite liquido:

El límite líquido de la calicata C – 03 es igual a 38.80%, a continuación, se muestra los cálculos realizados:

Tabla 12
Limite liquido calicata C - 03

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			
N° de capsula	13	15	18	20
Peso tara + suelo húmedo	65.20	64.80	65.50	66.40
Peso tara + suelo seco	51.60	50.80	50.80	51.00
Peso de la tara	14.30	14.40	14.40	14.30
Peso de agua	13.60	14.00	14.70	15.40
Peso de suelo seco	37.30	36.40	36.40	36.70
Contenido de humedad	36.46	38.46	40.38	41.96
N° de golpes	34	26	21	15

Fuente: Elaboración propia.

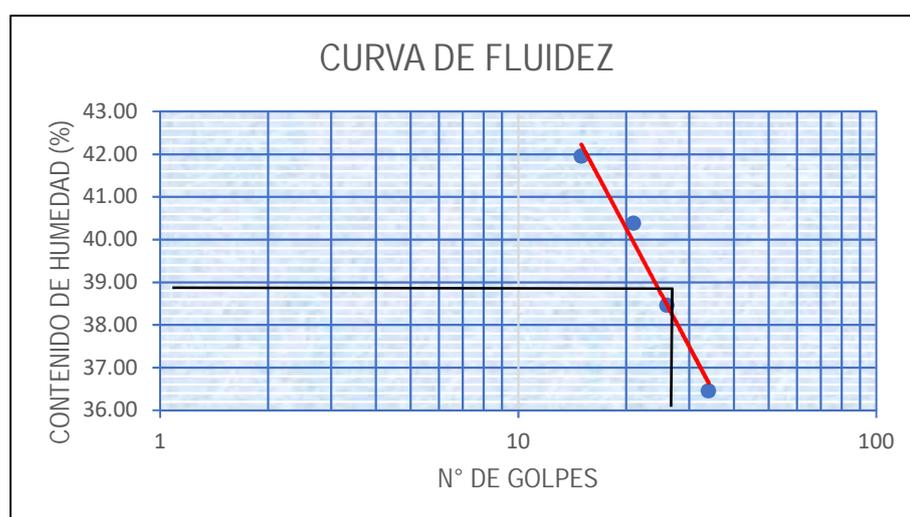


Figura 28 Curva de fluidez calicata C – 03

Fuente: Elaboración propia.

B. Limite plástico:

El límite plástico de la calicata C – 03 es igual a 20.49%, los cálculos realizados se muestran a continuación:

Tabla 13
Limite plástico calicata C - 03

DESCRIPCION	LIMITE PLASTICO	
N° de capsula	21	25
Peso tara + suelo húmedo	41.50	42.50
Peso tara + suelo seco	36.80	37.80
Peso de la tara	14.30	14.40
Peso de agua	4.70	4.70
Peso de suelo seco	22.50	23.40
Contenido de humedad	20.89	20.09
PROMEDIO	20.49	

Fuente: Elaboración propia.

C. Índice de plasticidad:

Aplicando la ecuación n° 01 determinamos el índice de plasticidad de la calicata C – 03 la cual es igual a 18.31%.

D. Granulometría:

La granulometría de la calicata C – 03 fue realizada con un peso de muestra inicial de 1640gr, el cual comprende 1.04% de grava, 35.55% de arena y 63.41% de arcilla.

Tabla 14
Granulometría calicata C - 03

TAMIZ	TAMAÑO (mm)	PESO RETENIDO (Gr)	PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
3"	76.2000	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.5000	0.00	0.00	100.00
2"	50.8000	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.1000	0.00	0.00	100.00
1"	25.4000	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.0500	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.5250	5.00	0.30	99.70

N°4	4.7600	12.00	0.73	98.96
N°10	2.0000	71.00	4.33	94.63
N°20	0.8400	118.00	7.20	87.44
N°40	0.4260	138.00	8.41	79.02
N°200	0.0740	256.00	15.61	63.41
<200		1040.00	63.41	0.00
PESO INICIAL		1640.00	100.00	

Fuente: Elaboración propia.

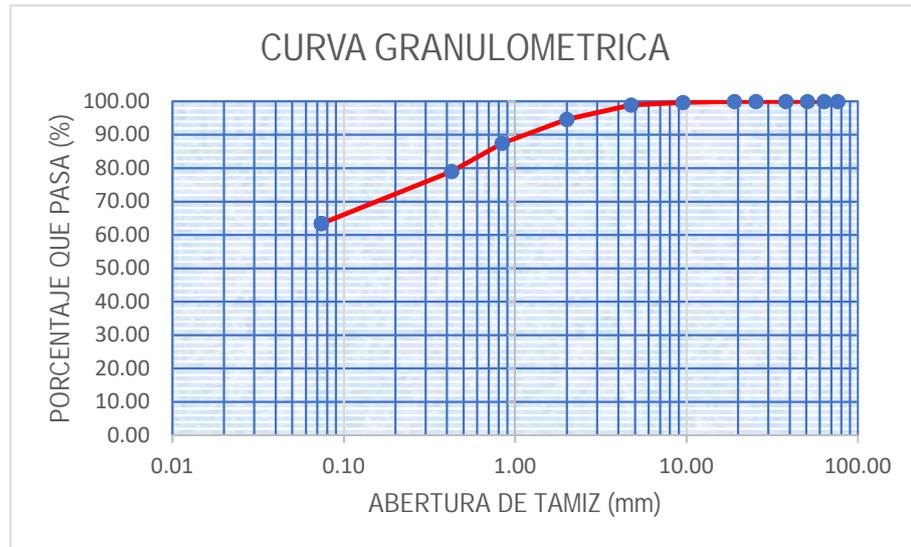


Figura 29 Curva granulométrica calicata C - 03

Fuente: Elaboración propia.

E. Clasificación según la metodología SUCS:

El laboratorio de mecánica de suelos contratado clasifica el suelo de la calicata C – 03 como CL el cual se refiere a arcillas inorgánicas, las cuales se caracterizan por su gran impermeabilidad y retención del agua.

4.3. Monitoreo del nivel freático:

4.3.1. Ensayo de infiltración de suelo:

La infiltración del suelo de la urbanización los Pinos en el distrito de Sicaya será determinado mediante el test de percolación la cual nos brinda un coeficiente de infiltración en las unidades de Lt/m²-dia, posteriormente se aplica la curva para determinar la absorción del suelo y la tabla de

clasificación de los terrenos según la prueba de Percolación los cuales se muestran a continuación:

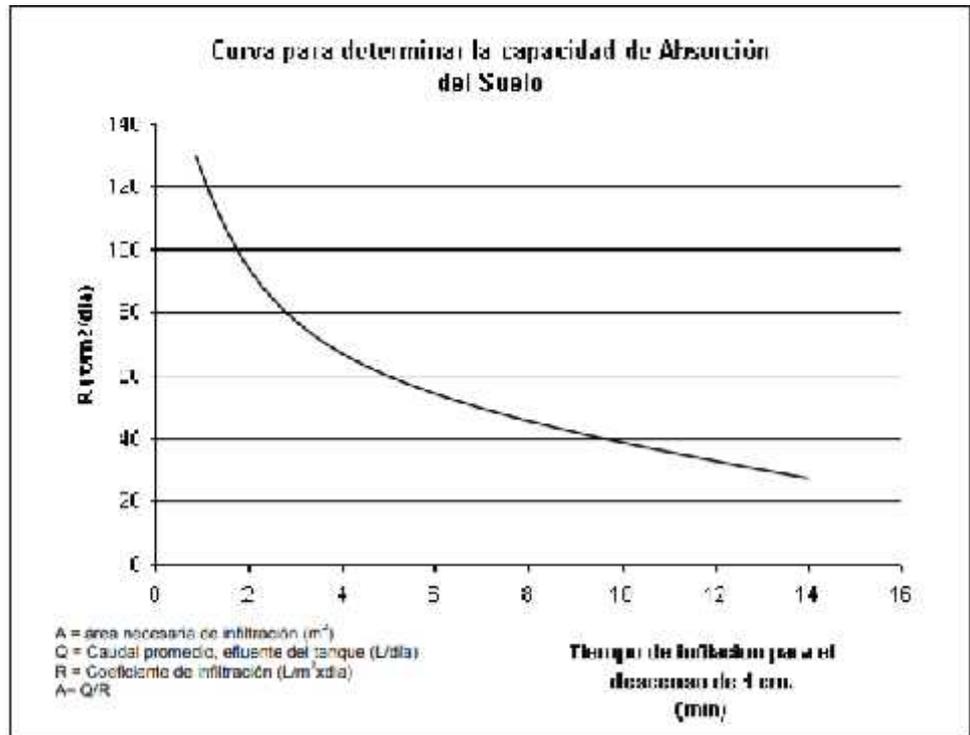


Figura 30 Curva para determinar la absorción del suelo
Fuente: Norma IS.020 del RNE.

Tabla 15
Clasificación de los terrenos según la prueba de Percolación

CLASE DE TERRENO	TIEMPO DE INFILTRACIÓN PARA EL DESCENSO DE 1CM
Rápidos	0 – 4 minutos
Medios	4 – 8 minutos
Lentos	8 – 12 minutos

Fuente: Norma IS.020 del RNE.

A. Calicata C – 01:

El test de percolación realizado en la calicata C – 01 determino un coeficiente de infiltración de 36.10Lt/m2-Día, aplicando la figura y tabla descrita anteriormente obtenemos un tiempo de infiltración igual a 10.60Min/cm y una clase de terreno lento respectivamente, por lo tanto,

las aguas que provienen de las precipitaciones ocasionan un ascenso del nivel freático debido a la lenta filtración que posee su suelo.

Tabla 16
Test de percolación en la calicata C - 01

DESCENSO (Pulg)	PRUEBA 01	PRUEBA 02	PRUEBA 03	PROMEDIO
	TIEMPO (Min)	TIEMPO (Min)	TIEMPO (Min)	
0	00:00	00:00	00:00	
1	00:09:33	00:09:42	00:08:30	
2	00:09:45	00:09:14	00:09:00	
3	00:09:00	00:08:40	00:09:10	
4	00:08:31	00:09:15	00:09:20	
5	00:08:40	00:08:30	00:08:11	
PROMEDIO	00:09:06	00:09:04	00:08:50	00:09:00

Fuente: Elaboración propia.

B. Calicata C – 02:

El test de percolación realizado en la calicata C – 02 determino un coeficiente de infiltración de 35.80Lt/m²-Dia, aplicando la figura y tabla descrita anteriormente obtenemos un tiempo de infiltración igual a 10.90Min/cm y una clase de terreno lento respectivamente, por lo tanto, las aguas que provienen de las precipitaciones ocasionan un ascenso del nivel freático debido a la lenta filtración que posee su suelo.

Tabla 17
Test de percolación en la calicata C - 02

DESCENSO (Pulg)	PRUEBA 01	PRUEBA 02	PRUEBA 03	PROMEDIO
	TIEMPO (Min)	TIEMPO (Min)	TIEMPO (Min)	
0	00:00	00:00	00:00	
1	00:09:53	00:09:32	00:09:20	
2	00:09:25	00:09:54	00:09:15	
3	00:09:20	00:09:50	00:09:10	
4	00:09:45	00:09:35	00:09:40	
5	00:09:30	00:09:25	00:09:20	
PROMEDIO	00:09:35	00:09:39	00:09:21	00:09:32

Fuente: Elaboración propia.

C. Calicata C – 03:

El test de percolación realizado en la calicata C – 03 determino un coeficiente de infiltración de 35.80Lt/m²-Dia, aplicando la figura y tabla descrita anteriormente obtenemos un tiempo de infiltración igual a 10.90Min/cm y una clase de terreno lento respectivamente, por lo tanto, las aguas que provienen de las precipitaciones ocasionan un ascenso del nivel freático debido a la lenta filtración que posee su suelo.

Tabla 18
Test de percolación en la calicata C - 03

DESCENSO (Pulg)	PRUEBA 01	PRUEBA 02	PRUEBA 03	PROMEDIO
	TIEMPO (Min)	TIEMPO (Min)	TIEMPO (Min)	
0	00:00	00:00	00:00	
1	00:09:50	00:09:45	00:09:30	
2	00:09:55	00:09:50	00:09:35	
3	00:09:38	00:09:50	00:09:30	
4	00:09:45	00:09:55	00:09:40	
5	00:09:40	00:09:50	00:09:45	
PROMEDIO	00:09:46	00:09:50	00:09:36	00:09:44

Fuente: Elaboración propia.

4.3.2. Ensayo de permeabilidad del suelo:

El ensayo de permeabilidad fue realizado con la finalidad de obtener su coeficiente y posteriormente el tipo de terreno o drenaje aplicando las especificaciones descritas en la siguiente figura:

Coeficiente de permeabilidad k en cm/seg (escala logarítmica)

		10 ⁻³	10 ⁻²	1.0	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
Drenaje		Bueno					Pobre			Prácticamente impermeable			
Tipo de suelo	Grava limpia	Arenas limpias y mezclas limpias de arena y grava.					Arenas muy finas, limos orgánicos e inorgánicos, mezclas de arena, limo y arcilla, morenas glaciares, depósitos de arcilla estratificada.			Suelos "impermeables", es decir, arcillas homogéneas situadas por debajo de la zona de descomposición.			
							Suelos "impermeables" modificados por la vegetación e por descomposición.**						
Determinación directa de k	Ensayo directo del suelo "in situ" por ensayos de bombeo. Se requiere mucha experiencia, pero bien realizados son bastante exactos.												
	Permeómetro de carga hidráulica constante. No se requiere mayor experiencia.												
Determinación indirecta de k		Permeómetro de carga hidráulica decreciente. No se requiere mayor experiencia y se obtienen buenos resultados.				Permeómetro de carga hidráulica decreciente. Resultados dudosos. Se requiere mucha experiencia.			Permeómetro de carga hidráulica decreciente. Resultados de regular a bueno. Se requiere mucha experiencia.				
		Por cálculo partiendo de la curva granulométrica. Solo aplicable en el caso de arenas y gravas limpias sin cohesión.											
							Cálculos basados en los ensayos de consolidación. Resultados buenos. Se necesita mucha experiencia.						

Figura 31 Permeabilidad y condiciones de drenaje del suelo
Fuente: A. Casagrande y R. E. Fadum (1940).

A. Calicata C – 01:

El ensayo de permeabilidad determino que el suelo de la calicata C – 01 cuenta con un coeficiente igual a 7.4E-07 la cual determina un tipo de drenaje prácticamente impermeable, la cual se relaciona con la lenta filtración que posee el terreno, provocando el ascenso del nivel freático.

Tabla 19
Ensayo de permeabilidad de suelo en la calicata C - 01

TIEMPO PARCIAL (Seg)	ALTURA DE DESCENSO (m)	ALTURA DE AGUA (m)	A	B	COEFICIENTE
0.00	0.0000	1.200	0.0001	120.000	1.1E-06
60.00	0.0020	1.198	0.0002	120.000	1.6E-06
120.00	0.0050	1.195	0.0001	120.000	1.1E-06
180.00	0.0070	1.193	0.0001	240.000	2.7E-07
300.00	0.0080	1.192	0.0001	240.000	2.7E-07
420.00	0.0090	1.191	0.0001	360.000	1.8E-07
600.00	0.0100	1.190	PROMEDIO		7.4E-07

Fuente: Elaboración propia.

B. Calicata C – 02:

El ensayo de permeabilidad determino que el suelo de la calicata C – 02 cuenta con un coeficiente igual a $5.1E-07$ la cual determina un tipo de drenaje prácticamente impermeable, la cual se relaciona con la lenta filtración que posee el terreno, provocando el ascenso del nivel freático.

Tabla 20
Ensayo de permeabilidad de suelo en la calicata C - 02

TIEMPO PARCIAL (Seg)	ALTURA DE DESCENSO (m)	ALTURA DE AGUA (m)	A	B	COEFICIENTE
0.00	0.0000	1.200	0.0002	120.000	1.3E-06
60.00	0.0025	1.198	0.0001	120.000	6.3E-07
120.00	0.0037	1.196	0.0001	120.000	4.2E-07
180.00	0.0045	1.196	0.0001	240.000	2.6E-07
300.00	0.0055	1.195	0.0001	240.000	3.4E-07
420.00	0.0068	1.193	0.0000	360.000	7.1E-08
600.00	0.0072	1.193	PROMEDIO		5.1E-07

Fuente: Elaboración propia.

C. Calicata C – 03:

El ensayo de permeabilidad determino que el suelo de la calicata C – 03 cuenta con un coeficiente igual a $9.7E-07$ la cual determina un tipo de drenaje prácticamente impermeable, la cual se relaciona con la lenta filtración que posee el terreno, provocando el ascenso del nivel freático.

Tabla 21
Ensayo de permeabilidad de suelo en la calicata C - 03

TIEMPO PARCIAL (Seg)	ALTURA DE DESCENSO (m)	ALTURA DE AGUA (m)	A	B	COEFICIENTE
0.00	0.0000	1.200	0.0002	120.000	1.6E-06
60.00	0.0030	1.197	0.0002	120.000	1.6E-06
120.00	0.0060	1.194	0.0001	120.000	1.1E-06
180.00	0.0080	1.192	0.0001	240.000	5.3E-07
300.00	0.0100	1.190	0.0001	240.000	5.3E-07
420.00	0.0120	1.188	0.0002	360.000	5.3E-07
600.00	0.0150	1.185	PROMEDIO		9.7E-07

Fuente: Elaboración propia.

4.4. Cálculo de la capacidad portante:

La capacidad portante de la urbanización los Pinos del distrito de Pilcomayo se determinó mediante el ensayo de corte directo que fue realizado con una muestra de suelo extraído de cada calicata, el informe de mecánica de suelos viene adjunto en los anexos de esta investigación.

La capacidad de carga limite se determinará mediante las teorías de Terzaghi y aplicando la siguiente ecuación:

$$Q = C' * N'c * S + q^{\circ} * N'q + 0.5 * B * \gamma_2 * N'\gamma * S\gamma \dots\dots (2)$$

$$Q^{\circ} = \gamma_1 * D \dots\dots (3)$$

Donde:

Qult: Capacidad de carga limite (Kg/cm²).

Sc, S : Factores de forma.

N'c, N'q, N' : Factores de carga corregidos.

Q^o: Presión de sobrecarga (Kg/cm²).

Df: Profundidad de cimentación (m).

B: Ancho de cimentación (m).

1: Peso unitario del suelo encima del nivel de cimentación (Kg/cm³).

2: Peso unitario del suelo debajo del nivel de cimentación (Kg/cm³).

C': 2/3 de la cohesión.

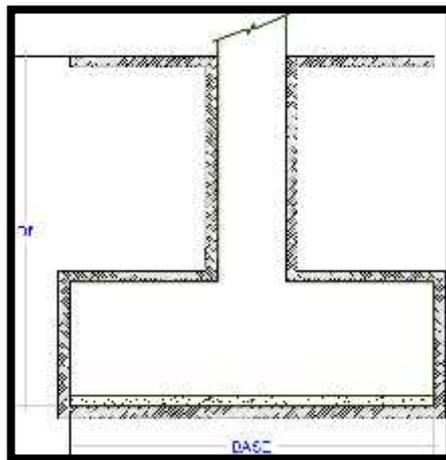


Figura 32 Profundidad de cimentación
Fuente: Elaboración propia.

Los factores de forma S_c y S son iguales a 1.30 y 0.80 respectivamente para cimentaciones cuadradas.

Los factores de carga modificados de Terzaghi N'_c , N'_q y N'_γ se determinan aplicando la siguiente tabla:

ϕ	N'_c	N'_q	N'_γ	ϕ	N'_c	N'_q	N'_γ
0	5.7	1	0	26	15.33	6.05	2.59
1	5.9	1.07	0.005	27	16.3	6.54	2.88
2	6.1	1.14	0.02	28	17.13	7.07	3.29
3	6.3	1.22	0.04	29	18.03	7.66	3.76
4	6.51	1.3	0.055	30	18.99	8.31	4.39
5	6.74	1.39	0.074	31	20.03	9.03	4.83
6	6.97	1.49	0.1	32	21.16	9.82	5.51
7	7.22	1.59	0.128	33	22.39	10.69	6.32
8	7.47	1.7	0.16	34	23.72	11.67	7.22
9	7.74	1.82	0.2	35	25.18	12.75	8.35
10	8.02	1.94	0.24	36	26.77	13.97	9.41
11	8.32	2.08	0.3	37	28.51	15.32	10.9
12	8.63	2.22	0.35	38	30.43	16.85	12.75
13	8.96	2.38	0.42	39	32.53	18.56	14.71
14	9.67	2.55	0.48	40	34.87	20.5	17.22
15	10.06	2.73	0.57	41	37.45	22.7	19.75
16	10.47	2.92	0.67	42	40.33	25.21	22.5
17	10.9	3.13	0.76	43	43.54	25.21	22.5
18	11.36	3.36	0.88	44	47.13	31.34	30.4
19	11.36	3.61	1.03	45	51.17	35.11	36
20	11.85	3.88	1.12	46	55.73	39.48	41.7
21	12.37	4.17	1.35	47	60.91	44.45	49.3
22	12.92	4.48	1.55	48	66.8	50.46	59.25
23	13.51	4.82	1.74	49	73.51	57.41	71.45
24	14.14	5.2	1.97	50	81.31	65.6	85.75
25	14.8	5.6	2.25				

Figura 33 Factores modificados de capacidad de carga de Terzaghi
Fuente: Principios de ingeniería de cimentaciones (Braja M. Das)

4.4.1. Capacidad portante de la calicata C – 01:

El nivel freático de la calicata C – 01 se encuentra a 1.20m de profundidad del nivel de terreno natural.

A. Capacidad portante sin nivel freático:

Los datos para el cálculo de la capacidad portante sin nivel freático de la calicata C – 01 se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 22

Datos para la capacidad portante de la calicata C – 01 sin nivel freático

DESCRIPCIÓN	VALOR
Cohesión (Tn/m ²)	0.26
Angulo de fricción (ø)	24.90
Densidad natural (Tn/m ³)	1.60
Factor de forma Sc	1.30
Factor de seguridad	3.00
Factor de carga N'c	14.80
Factor de carga N'q	5.60
Factor de carga N'	2.25
Factor de forma S	0.80

Fuente: Elaboración propia.

Reemplazando datos en las ecuaciones n° 02 y 03 determinamos la capacidad portante de la calicata C – 01 sin nivel freático, en la siguiente tabla podemos observar los cálculos en forma resumida:

Tabla 23

Capacidad portante de la calicata C – 01 sin nivel freático

BASE DE CIMENTACION (m)	PROFUNDIDAD DESPLANTE (m)	PRESION DE SOBRECARGA (Tn/m²)	FALLA GENERAL (Tn/m²)	CAPACIDAD PORTANTE (Kg/cm²)
0.50	1.50	2.40	17.49	0.58
1.00	1.50	2.40	18.21	0.61
1.50	1.50	2.40	18.93	0.63
2.00	1.50	2.40	19.65	0.66
0.50	2.00	3.20	21.97	0.73
1.00	2.00	3.20	22.69	0.76
1.50	2.00	3.20	23.41	0.78
2.00	2.00	3.20	24.13	0.80

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior podemos observar que la capacidad portante promedio a las profundidades de 1.50m y 2.00m son iguales a 0.62Kg/cm² y 0.77Kg/cm² respectivamente.

B. Capacidad portante con nivel freático:

Los datos para el cálculo de la capacidad portante con nivel freático de la calicata C – 01 se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 24

Datos para la capacidad portante de la calicata C – 01 con nivel freático

DESCRIPCIÓN	VALOR
Cohesión (Tn/m ²)	0.26
Angulo de fricción (ϕ)	24.90
Densidad natural (Tn/m ³)	1.60
Densidad del agua (Tn/m ³)	1.00
Factor de forma Sc	1.30
Factor de seguridad	3.00
Factor de carga N'c	14.80
Factor de carga N'q	5.60
Factor de carga N'	2.25
Factor de forma S	0.80

Fuente: Elaboración propia.

Reemplazando datos en las ecuaciones n° 02 y 03 determinamos la capacidad portante con nivel freático de la calicata c – 01, en la siguiente tabla se muestra los cálculos realizados de forma resumida:

Tabla 25

Capacidad portante de la calicata C – 01 con nivel freático

BASE DE CIMENTACION (m)	DESPLANTE D1 (m)	DESPLANTE D2 (m)	PRESION DE SOBRECARGA (Tn/m²)	FALLA GENERAL (Tn/m²)	CAPACIDAD PORTANTE (Kg/m²)
0.50	1.20	0.30	2.22	16.22	0.54
1.00	1.20	0.30	2.22	16.67	0.56
1.50	1.20	0.30	2.22	17.12	0.57
2.00	1.20	0.30	2.22	17.57	0.59
0.50	1.20	0.80	2.72	19.02	0.63
1.00	1.20	0.80	2.72	19.47	0.65
1.50	1.20	0.80	2.72	19.92	0.66
2.00	1.20	0.80	2.72	20.37	0.68

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior podemos observar que la capacidad portante promedio a las profundidades de 1.50m y 2.00m son iguales a 0.56Kg/cm² y 0.66Kg/cm² respectivamente.

4.4.2. Capacidad portante de la calicata C – 02:

El nivel freático de la calicata C – 02 se encuentra a 1.30m de profundidad del nivel de terreno natural.

A. Capacidad portante sin nivel freático:

Los datos para el cálculo de la capacidad portante sin nivel freático de la calicata C – 02 se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 26
Datos para la capacidad portante de la calicata C – 02 sin nivel freático

DESCRIPCIÓN	VALOR
Cohesión (Tn/m ²)	0.09
Angulo de fricción (ϕ)	20.20
Densidad natural (Tn/m ³)	1.87
Factor de forma Sc	1.30
Factor de seguridad	3.00
Factor de carga N' _c	11.85
Factor de carga N' _q	3.88
Factor de carga N'	1.12
Factor de forma S	0.80

Fuente: Elaboración propia.

Reemplazando datos en las ecuaciones n° 02 y 03 determinamos la capacidad portante de la calicata C – 02 sin nivel freático, en la siguiente tabla podemos observar los cálculos en forma resumida:

Tabla 27
Capacidad portante de la calicata C – 02 sin nivel freático

BASE DE CIMENTACION (m)	PROFUNDIDAD DESPLANTE (m)	PRESION DE SOBRECARGA (Tn/m²)	FALLA GENERAL (Tn/m²)	CAPACIDAD PORTANTE (Kg/m²)
0.50	1.50	2.81	12.23	0.41
1.00	1.50	2.81	12.65	0.42
1.50	1.50	2.81	13.06	0.44
2.00	1.50	2.81	13.48	0.45
0.50	2.00	3.74	15.85	0.53
1.00	2.00	3.74	16.27	0.54
1.50	2.00	3.74	16.69	0.56
2.00	2.00	3.74	17.11	0.57

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior podemos observar que la capacidad portante promedio a las profundidades de 1.50m y 2.00m son iguales a 0.43Kg/cm² y 0.55Kg/cm² respectivamente.

B. Capacidad portante con nivel freático:

Los datos para el cálculo de la capacidad portante con nivel freático de la calicata C – 02 se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 28
Datos para la capacidad portante de la calicata C – 02 con nivel freático

DESCRIPCIÓN	VALOR
Cohesión (Tn/m ²)	0.09
Angulo de fricción (ϕ)	20.20
Densidad natural (Tn/m ³)	1.87
Densidad del agua (Tn/m ³)	1.00
Factor de forma Sc	1.30
Factor de seguridad	3.00
Factor de carga N' _c	11.85
Factor de carga N' _q	3.88
Factor de carga N'	1.12
Factor de forma S	0.80

Fuente: Elaboración propia.

Reemplazando datos en las ecuaciones n° 02 y 03 determinamos la capacidad portante con nivel freático de la calicata C – 02, en la siguiente tabla se muestra los cálculos realizados de forma resumida:

Tabla 29
Capacidad portante de la calicata C – 02 con nivel freático

BASE DE CIMENTACION (m)	DESPLANTE D1 (m)	DESPLANTE D2 (m)	PRESION DE SOBRECARGA (Tn/m ²)	FALLA GENERAL (Tn/m ²)	CAPACIDAD PORTANTE (Kg/m ²)
0.50	1.30	0.20	2.63	11.36	0.38
1.00	1.30	0.20	2.63	11.58	0.39
1.50	1.30	0.20	2.63	11.80	0.39
2.00	1.30	0.20	2.63	12.03	0.40
0.50	1.30	0.70	3.13	13.30	0.44
1.00	1.30	0.70	3.13	13.52	0.45

1.50	1.30	0.70	3.13	13.74	0.46
2.00	1.30	0.70	3.13	13.97	0.47

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior podemos observar que la capacidad portante promedio a las profundidades de 1.50m y 2.00m son iguales a 0.39Kg/cm² y 0.45Kg/cm² respectivamente.

4.4.3. Capacidad portante de la calicata C – 03:

El nivel freático de la calicata C – 03 se encuentra a 1.10m de profundidad del nivel de terreno natural.

A. Capacidad portante sin nivel freático:

Los datos para el cálculo de la capacidad portante sin nivel freático de la calicata C – 03 se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 30

Datos para la capacidad portante de la calicata C – 03 sin nivel freático

DESCRIPCIÓN	VALOR
Cohesión (Tn/m ²)	0.39
Angulo de fricción (ϕ)	24.90
Densidad natural (Tn/m ³)	1.68
Factor de forma Sc	1.30
Factor de seguridad	3.00
Factor de carga N' _c	14.80
Factor de carga N' _q	5.60
Factor de carga N'	2.25
Factor de forma S	0.80

Fuente: Elaboración propia.

Reemplazando datos en las ecuaciones n° 02 y 03 determinamos la capacidad portante de la calicata C – 03 sin nivel freático, en la siguiente tabla podemos observar los cálculos en forma resumida:

Tabla 31

Capacidad portante de la calicata C – 03 sin nivel freático

BASE DE CIMENTACION (m)	PROFUNDIDAD DESPLANTE (m)	PRESION DE SOBRECARGA (Tn/m²)	FALLA GENERAL (Tn/m²)	CAPACIDAD PORTANTE (Kg/m²)
0.50	1.50	2.52	19.87	0.66
1.00	1.50	2.52	20.63	0.69
1.50	1.50	2.52	21.38	0.71
2.00	1.50	2.52	22.14	0.74
0.50	2.00	3.36	24.57	0.82
1.00	2.00	3.36	25.33	0.84
1.50	2.00	3.36	26.09	0.87
2.00	2.00	3.36	26.84	0.89

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior podemos observar que la capacidad portante promedio a las profundidades de 1.50m y 2.00m son iguales a 0.70Kg/cm² y 0.86Kg/cm² respectivamente.

B. Capacidad portante con nivel freático:

Los datos para el cálculo de la capacidad portante con nivel freático de la calicata C – 03 se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 32

Datos para la capacidad portante de la calicata C – 03 con nivel freático

DESCRIPCIÓN	VALOR
Cohesión (Tn/m ²)	0.39
Angulo de fricción (ϕ)	24.90
Densidad natural (Tn/m ³)	1.68
Densidad del agua (Tn/m ³)	1.00
Factor de forma Sc	1.30
Factor de seguridad	3.00
Factor de carga N'c	14.80
Factor de carga N'q	5.60
Factor de carga N'	2.25
Factor de forma S	0.80

Fuente: Elaboración propia.

Reemplazando datos en las ecuaciones n° 02 y 03 determinamos la capacidad portante con nivel freático de la calicata C – 03, en la siguiente tabla se muestra los cálculos realizados de forma resumida:

Tabla 33

Capacidad portante de la calicata C – 03 con nivel freático

BASE DE CIMENTACION (m)	DESPLANTE D1 (m)	DESPLANTE D2 (m)	PRESION DE SOBRECARGA (Tn/m²)	FALLA GENERAL (Tn/m²)	CAPACIDAD PORTANTE (Kg/m²)
0.50	1.10	0.40	2.25	18.04	0.60
1.00	1.10	0.40	2.25	18.49	0.62
1.50	1.10	0.40	2.25	18.94	0.63
2.00	1.10	0.40	2.25	19.39	0.65
0.50	1.10	0.90	2.75	20.84	0.69
1.00	1.10	0.90	2.75	21.29	0.71
1.50	1.10	0.90	2.75	21.74	0.72
2.00	1.10	0.90	2.75	22.19	0.74

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior podemos observar que la capacidad portante promedio a las profundidades de 1.50m y 2.00m son iguales a 0.62Kg/cm² y 0.72Kg/cm² respectivamente.

4.5. Comparación de la capacidad portante:

4.5.1. Calicata C – 01:

En la siguiente tabla podemos observar que el nivel freático presente en el suelo de la urbanización Los Pinos del distrito de Sicaya ocasiona un descenso en la capacidad portante de 9.01% a una profundidad de 1.50m y 14.56% a una profundidad de 2.00m.

Tabla 34

Comparación de la capacidad portante en la calicata C - 01

SIN NIVEL FREATICO	CON NIVEL FREATICO	% QUE DISMINUYE	PROMEDIO
0.58	0.54	7.30	9.01
0.61	0.56	8.50	
0.63	0.57	9.60	
0.66	0.59	10.62	
0.73	0.63	13.46	14.56
0.76	0.65	14.22	
0.78	0.66	14.94	
0.80	0.68	15.61	

Fuente: Elaboración propia.

4.5.2. Calicata C – 02:

En la siguiente tabla podemos observar que el nivel freático presente en el suelo de la urbanización Los Pinos del distrito de Sicaya ocasiona un descenso en la capacidad portante de 8.99% a una profundidad de 1.50m y 17.27% a una profundidad de 2.00m.

Tabla 35
Comparación de la capacidad portante en la calicata C - 02

SIN NIVEL FREATICO	CON NIVEL FREATICO	% QUE DISMINUYE	PROMEDIO
0.41	0.38	7.12	8.99
0.42	0.39	8.42	
0.44	0.39	9.64	
0.45	0.40	10.79	
0.53	0.44	16.13	17.27
0.54	0.45	16.92	
0.56	0.46	17.66	
0.57	0.47	18.37	

Fuente: Elaboración propia.

4.5.3. Calicata C – 03:

En la siguiente tabla podemos observar que el nivel freático presente en el suelo de la urbanización Los Pinos del distrito de Sicaya ocasiona un descenso en la capacidad portante de 10.85% a una profundidad de 1.50m y 16.28% a una profundidad de 2.00m.

Tabla 36
Comparación de la capacidad portante en la calicata C - 03

SIN NIVEL FREATICO	CON NIVEL FREATICO	% QUE DISMINUYE	PROMEDIO
0.66	0.60	9.21	10.85
0.69	0.62	10.35	
0.71	0.63	11.42	
0.74	0.65	12.41	
0.82	0.69	15.19	16.28
0.84	0.71	15.95	
0.87	0.72	16.66	
0.89	0.74	17.33	

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Capacidad portante:

La presencia de nivel freático en el terreno de la urbanización Los Pinos, distrito de Sicaya, ciudad de Huancayo, nos indica que a mayor cantidad de agua es menor la capacidad portante debido a que se determinó un descenso de 9.01% a una profundidad de 1.50m y 14.56% a una profundidad de 2.00m en la calicata C – 01, 8.99% a una profundidad de 1.50m y 17.27% a una profundidad de 2.00m en la calicata C – 02, 10.85% a una profundidad de 1.50m y 16.28% a una profundidad de 2.00m en la calicata C – 03.

5.2. Tipo de suelo:

El tipo de suelo de la urbanización Los Pinos, distrito de Sicaya, ciudad de Huancayo está compuesto de arcillas inorgánicas y se relaciona con la presencia de nivel freático debido a que su impermeabilidad ocasiona que las aguas de las lluvias sean retenidas o se filtren lentamente al subsuelo, elevando el nivel freático hasta una profundidad menor a 1.50m del nivel de terreno natural.

5.3. Monitoreo del nivel freático:

Se monitoreo el nivel freático para el cálculo de la capacidad portante para cimentaciones superficiales de la urbanización Los Pinos, distrito de Sicaya, ciudad de Huancayo, de la cual se concluye que el terreno de las 3 calicatas cuentan con una filtración lenta y un tipo de drenaje prácticamente impermeable según la test de percolación y el ensayo de filtración respectivamente, esto ocasiona que las aguas de las precipitaciones sean retenidas o se filtren lentamente al subsuelo provocando la presencia de nivel freático en el terreno.

CONCLUSIONES

1. Se determinó los efectos del nivel freático en el cálculo de la capacidad portante para cimentaciones superficiales de la urbanización Los Pinos, distrito de Sicaya, ciudad de Huancayo, de la cual se concluye que ocasiona un descenso de 9.01% a una profundidad de 1.50m y 14.56% a una profundidad de 2.00m en la calicata C – 01, 8.99% a una profundidad de 1.50m y 17.27% a una profundidad de 2.00m en la calicata C – 02, 10.85% a una profundidad de 1.50m y 16.28% a una profundidad de 2.00m en la calicata C – 03, esto nos indica que a mayor presencia del nivel freático es menor la capacidad portante.
2. Se determinó la relación del tipo de suelo y la presencia de nivel freático de la urbanización Los Pinos, distrito de Sicaya, ciudad de Huancayo, de la cual se concluye que la impermeabilidad de las arcillas inorgánicas ocasiona que las aguas de las lluvias sean retenidas o se filtren lentamente al subsuelo, elevando el nivel freático hasta una profundidad menor a 1.50m del nivel de terreno natural.
3. Se monitoreo el nivel freático para el cálculo de la capacidad portante para cimentaciones superficiales de la urbanización Los Pinos, distrito de Sicaya, ciudad de Huancayo, de la cual se concluye que el terreno de las 3 calicatas cuentan con una filtración lenta y un tipo de drenaje prácticamente impermeable según la test de percolación y el ensayo de filtración respectivamente, esto ocasiona que las aguas de las precipitaciones sean retenidas o se filtren lentamente al subsuelo provocando la presencia de nivel freático en el terreno.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a los propietarios de la urbanización Los Pinos del distrito de Sicaya, ciudad de Huancayo ejecutar la cimentación de sus viviendas o inmuebles mediante zapatas aisladas con vigas de cimentación a una profundidad de 2.00m debido a la baja capacidad portante con la que cuentan sus terrenos y tener en consideración el uso de concretos impermeables con la finalidad de proteger el acero de refuerzo de la corrosión por la presencia de nivel freático en la zona.
2. Se recomienda realizar un mejoramiento de los suelos de la urbanización Los Pinos del distrito de Sicaya, ciudad de Huancayo mediante precargas, reemplazos o mezclas debido a la presencia de arcillas y a la baja capacidad portante con la que cuenta el terreno.
3. Se recomienda para futura investigaciones similares al tema descrito tener en consideración el monitorear el nivel freático aplicando freatómetros con la finalidad de obtener cálculos más precisos que sirvan a los profesionales encargados del diseño estructural de edificaciones en la urbanización Los Pinos del distrito de Sicaya, ciudad de Huancayo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, F. (2017). *“Tecnología del Concreto”*. Lima, Perú: San Marcos.
- Augusto J. y Legarda P- (2011). *“Correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a la compresión del concreto fabricado con materiales pétreos de la mina Las Terrazas y cantera La Victoria del Municipio de Pasto”*. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño.
- Calle (2018). *“Influencia de la granulometría y el tipo de cemento en la contracción por secado de morteros estructurales”*, Piura, Perú: Universidad de Piura.
- Capeco. (2016), *“Reglamento Nacional de Edificaciones”*, Lima, Perú: Cámara Peruana de la Construcción.
- Castillo (2015). *“Modificación de las propiedades de matrices cementantes mediante la adición de nanopartículas de sílice”*, Nuevo León, México: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Cortes y Perilla (2014). *“Estudio comparativo de las características físico-mecánicas de cuatro cementos comerciales Portland Tipo I”*, Bogotá, Colombia: Universidad Militar Nueva Granada.
- De La Puente (2018). *“Estudio comparativo del concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$, elaborado con cemento tipo I-V en la ciudad de Chiclayo”*, Chiclayo, Perú: Universidad César Vallejo.
- Fernández y Velarde (2015). *“Estudio comparativo de la resistencia de los concretos empleando los cementos comerciales en el Cuzco”*, Cuzco, Perú: Universidad San Antonio de Abad, Cuzco.
- Hernández, R; Fernández, R; Baptista, L. (2014). *“Metodología de la Investigación”* (6ta edición), México: Mc Graw Hill.
- López (2017). *“Evaluación del diseño del concreto elaborado con cemento portland tipo I adicionando el aditivo sikament-290N, en la ciudad de Lima – 2016”*, Lima, Perú: Universidad César Vallejo.
- Molina (2006). *“Evaluación de morteros para albañilería y revestimientos elaborados a base de cementos mezclados con escorias de horno”*, Guatemala, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Muñoz (2017). *“Estudio comparativo de concreto elaborado con puzolana natural y*

- concreto con cementos puzolánicos atlas en la ciudad de Huancayo*", Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Neville A. y Brook J. (1998). "*Tecnología del concreto*". México, México: Editorial Trillas.
- Parra y Bautista (2010). "*Diseño de una mezcla de concreto utilizando residuos industriales y escombros*", Bucaramanga, Colombia: Universidad Pontificia Bolivariana Sectorial Bucaramanga.
- Pasquel, E. (1998). "*Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú*". Lima, Perú: Colegio de Ingenieros del Perú Consejo Nacional.
- Rivva L. (2014). "*Diseño de Mezclas Tecnología del Concreto*". Lima, Perú: Instituto de la Construcción y Gerencia.

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia

**TITULO DE LA TESIS:
EFECTOS DEL NIVEL FREÁTICO EN EL CALCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE PARA CIMENTACIONES
SUPERFICIALES DE LA URBANIZACIÓN LOS PINOS
TESISTA: GAVILAN ROBLES FRANK ALEX**

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE Y DIMENSIONES	METODOLOGIA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL		MÉTODO DE INVESTIGACIÓN:
¿Cuáles son los efectos del nivel freático en el cálculo de la capacidad portante para cimentaciones superficiales de la urbanización Los Pinos, distrito de Sicaya – Huancayo?	Determinar los efectos del nivel freático en el cálculo de la capacidad portante para cimentaciones superficiales de la urbanización Los Pinos, distrito de Sicaya – Huancayo.	Los efectos del nivel freático en el cálculo de la capacidad portante para cimentaciones superficiales de la urbanización Los Pinos, distrito de Sicaya – Huancayo son críticos.	<i>Variable independiente (nivel freático)</i>	
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICAS	<i>DIMENSIONES Calicatas profundidad</i>	Método Científico
-¿Cuál es la influencia de las precipitaciones en el nivel freático y su posterior afección a la capacidad portante para de la urbanización Los Pinos, distrito de Sicaya – Huancayo?	-Determinar la influencia de las precipitaciones en el nivel freático y su posterior afección a la capacidad portante para de la urbanización Los Pinos, distrito de Sicaya – Huancayo.	-La influencia de las precipitaciones en el nivel freático y su posterior afección a la capacidad portante para de la urbanización Los Pinos, distrito de Sicaya – Huancayo es inconveniente.	<i>INDICADORES Áreas 01 Áreas 02 C01, C 02 Metros</i>	TIPO DE INVESTIGACION
-¿Cuál es la influencia de la infiltración en el nivel freático y su posterior afectación a la capacidad portante para de la urbanización Los Pinos, distrito de Sicaya – Huancayo?	-Determinar la influencia de la infiltración en el nivel freático y su posterior afectación a la capacidad portante para de la urbanización Los Pinos, distrito de Sicaya – Huancayo.	-La influencia de la infiltración en el nivel freático y su posterior afectación a la capacidad portante para de la urbanización Los Pinos, distrito de Sicaya – Huancayo es inconveniente.	<i>Variable dependiente: (capacidad portante para cimentaciones superficiales)</i>	Aplicada

<p>-¿Cuál es la influencia de la permeabilidad en el nivel freático y su posterior afectación a la capacidad portante para de la urbanización Los Pinos, distrito de Sicaya – Huancayo?</p>	<p>-Determinar la influencia de la permeabilidad en el nivel freático y su posterior afectación a la capacidad portante para de la urbanización Los Pinos, distrito de Sicaya – Huancayo</p>	<p>-La influencia de la permeabilidad en el nivel freático y su posterior afectación a la capacidad portante para de la urbanización Los Pinos, distrito de Sicaya – Huancayo es inconveniente.</p>	<p>INDICADORES <i>Profundidad</i> <i>Área</i> <i>Ensayos de laboratorio de suelos</i></p>	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="1792 191 2083 359" style="text-align: center;">NIVEL DE INVESTIGACION</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1792 359 2083 399" style="text-align: center;">Descriptivo</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1792 399 2083 478" style="text-align: center;">DISEÑO DE LA INVESTIGACION</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1792 478 2083 518" style="text-align: center;">pre experimental</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1792 518 2083 558" style="text-align: center;">POBLACION</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1792 558 2083 805">para la presente investigación se encontró ubicada en la urbanización los pinos, en el distrito de Sicaya, provincia de Huancayo.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1792 805 2083 845" style="text-align: center;">MUESTRA</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1792 845 2083 1053">En el caso de esta investigación la muestra estuvo determinada por 3 calicatas, para la toma de datos.</td> </tr> </table>	NIVEL DE INVESTIGACION	Descriptivo	DISEÑO DE LA INVESTIGACION	pre experimental	POBLACION	para la presente investigación se encontró ubicada en la urbanización los pinos, en el distrito de Sicaya, provincia de Huancayo.	MUESTRA	En el caso de esta investigación la muestra estuvo determinada por 3 calicatas, para la toma de datos.
NIVEL DE INVESTIGACION												
Descriptivo												
DISEÑO DE LA INVESTIGACION												
pre experimental												
POBLACION												
para la presente investigación se encontró ubicada en la urbanización los pinos, en el distrito de Sicaya, provincia de Huancayo.												
MUESTRA												
En el caso de esta investigación la muestra estuvo determinada por 3 calicatas, para la toma de datos.												

Anexo 02: Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALAS
Variable independiente (nivel freático)	Áreas	Áreas 01 Áreas 02	Registro de las áreas para el estudio. La topografía del terreno.
	Calicatas	C01, C 02	Registro de nivel freático en cada punto de excavación
	profundidad	Metros	Norma E.050
Variable dependiente: (capacidad portante para cimentaciones superficiales)	Muestras	Profundidad	Metros
		Área	Metros cuadrados
	Ensayos	Ensayos de laboratorio de suelos	Proctor estándar Capacidad portante

Anexo 03: Panel fotográfico



Se verifica el inicio de la Excavaciones para las zapatas

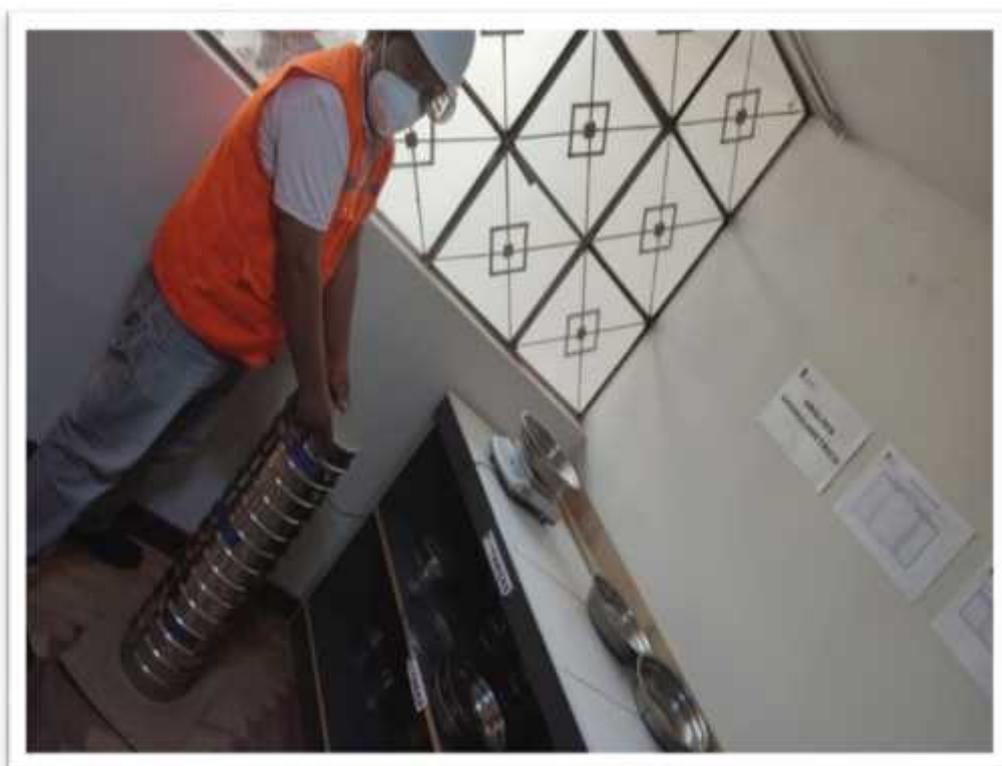


Se observa la verificación de la altura de zapatas.

ENSAYOS EN EL LABORATORIO



Cuarteo de las muestras para los ensayos



En la vista se verifica el procedimiento del tamizado



Echando al recipiente para el respectivo peso del material pasante



Dando los respectivos golpes de la copa Casagrande



Colocación de material en el horno para el previo secado



Tomando los apuntes del ensayo de corte directo

4: Certificados de laboratorio



GEOLUMAS SAC
MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

RUC:20568764995

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO MTC E 107-2016

TEMA: EFECTOS DEL NIVEL FREÁTICO EN EL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE PARA CIMENTACIONES SUPERFICIALES DE LA URBANIZACIÓN LOS PINOS

ATENCIÓN: UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES - FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

UBICACIÓN: URBANIZACIÓN LOS PINOS, DISTRITO DE SIGAYA PROVINCIA HUANCAYO DEPARTAMENTO DE JUNÍN

BACHILLER: GAVILAN ROBLES FRANK ALEX

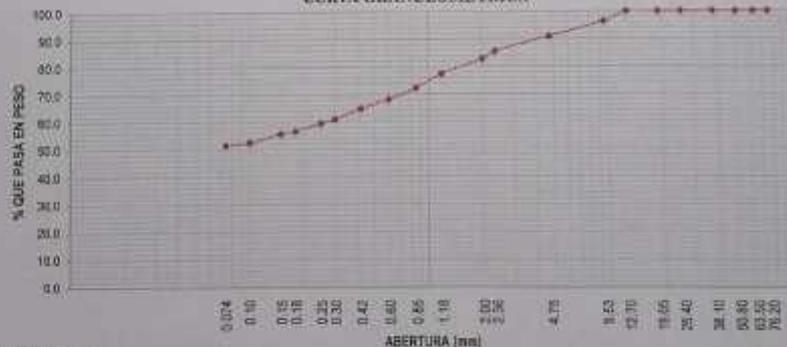
Calicata: CS-001 **Fecha de recepción:** 02 MARZO DEL 2022

Muestra: M-1 **Fecha de ensayo:** 03 MARZO DEL 2022

Profundidad: 0.00 - 1.50 m **Fecha de emisión:** 14 MARZO DEL 2022

TAMICES		PESO RETENIDO (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
ulg.	mm					
3"	76.20					Muestra Total 1666.0 g
2 1/2"	63.50					Tamaño Máximo 1/2"
2"	50.80					% Gravas 9.1
1 1/2"	38.10					% Arenas 36.4
1"	25.40					M.F. 1.66
3/4"	19.05					
1/2"	12.70				100.0	Pasa N° 200 (MTC E 137) 91.6%
3/8"	9.53	61.0	3.7	3.7	96.3	% Humedad (MTC E 108) 29.6 %
N° 4	4.75	30.0	5.4	9.1	90.9	
N° 8	2.36	50.00	5.4	14.5	85.5	Límite Líquido (MTC E 110) 46 %
N° 10	2.00	48.00	2.9	17.3	82.7	Límite Plástico (MTC E 111) 14 %
N° 15	1.18	68.00	3.3	22.6	77.4	Índice Plástico (MTC E 111) 26 %
N° 20	0.85	85.00	3.1	27.7	72.3	Clasificación SUCS (ASTM D 2487-11) CL - Arcilla de baja plasticidad
N° 30	0.60	89.00	4.1	31.9	68.1	CLASIFIC. AASHTO (ASTM D 3282-09) A - 6 (8)
N° 40	0.42	96.00	3.4	35.2	64.8	
N° 50	0.30	94.00	3.6	39.1	60.9	D10 : 0.01 mm Cu : 18.81
N° 60	0.25	25.60	1.5	40.6	59.4	D30 : 0.04 mm Cc : 0.48
N° 80	0.18	47.30	2.8	43.5	56.5	
N° 100	0.15	15.20	0.9	44.4	55.6	
N° 140	0.10	52.40	3.1	47.5	52.5	
N° 200	0.074	15.60	0.9	48.4	51.6	D60 : 0.25 mm
Fondo		858.00	51.6	100.0		

CURVA GRANULOMÉTRICA



Referencias Normativas:

- ASTM D 422: Standard Soil Method for Particle Size Analysis of Soils.
- ASTM D 2487-11: Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System).
- ASTM D 3282-09: Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes.
- NTP 338.128.196 (revisado a 2019): SUELOS: Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición.

DIRECCIÓN: JE. 26 DE OCTUBRE N°205 EL TAMBO HUANCAYO
(ALTIURA DEL PUNTO: 0800M)
ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
RUC:20568764995



Ing. Cwi Edwin Peña Duchas
SUSCRIPCIÓN: 03/10/2018
SPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS
E INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y PAVIMENTOS
CEL: 999526400, RPN: #999526400
CEL: 999526400, RPN: #999526400



LÍMITES DE CONSISTENCIA DEL MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 40

TEMA: EFECTOS DEL NIVEL FREÁTICO EN EL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE PARA CIMENTACIONES SUPERFICIALES DE LA URBANIZACIÓN LOS PINOS

ATENCIÓN: UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES - FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
UBICACIÓN: URBANIZACIÓN LOS PINOS, DISTRITO DE SICAYA PROVINCIA HUANCAYO DEPARTAMENTO DE JUNÍN
BACHILLER: GAVILAN ROBLES FRANK ALEX

Cuenta: CS-001 Fecha de recepción: 02 MARZO DEL 2022
Muestra: M-1 Fecha de ensayo: 03 MARZO DEL 2022
Profundidad: 0.00 - 1.50 m Fecha de emisión: 14 MARZO DEL 2022

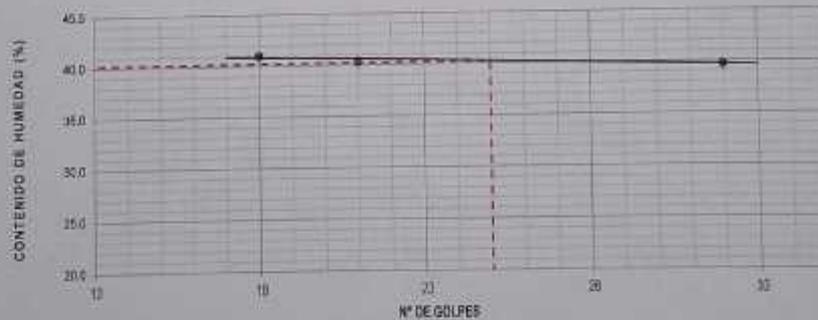
LÍMITE LÍQUIDO (LL) - MTC E 110

	10	25	32
Número de golpes, N	10	25	32
Recipiente	L-2	L-2	L-3
Peso del recipiente (g)	74.98	80.19	77.51
Peso de suelo húmedo + recip. (g)	192.81	103.80	112.36
Peso de suelo seco + recipiente (g)	83.3	87.1	85.3
Peso del agua (g)	7.51	5.82	7.06
Peso del suelo seco (g)	18.32	15.91	17.75
Humedad (w%)	41.0	40.3	39.7

LÍMITE PLÁSTICO (LP) - MTC E 111

	L-5	L-6
Recipiente	L-5	L-6
Peso del recipiente (g)	75.2	75.2
Peso de suelo húmedo + recip. (g)	85.8	83.74
Peso de suelo seco + recipiente (g)	64.7	62.8
Peso del agua (g)	0.9	0.94
Peso del suelo seco (g)	6.5	6.8
Humedad (w%)	13.8	14.2

LÍMITE LÍQUIDO	40
LÍMITE PLÁSTICO	14
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	26



Referencias Normativas:

- ASTM D4253 - 14(1) Standard Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.
- MTD 100 (2018) (actualizado al 2018) - 01/01/18. Método de ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico, e Índice de Plasticidad de suelos. P. Córdova



Ing. César Roberto Peña Durán
INGENIERO CIVIL
Especialista en Mecánica de Suelos
CINNETO DE OPTIMIZACIÓN DE SUELOS

DIRECCIÓN JR. 28 DE OCTUBRE Nº251 EL TAMBO HUANCAYO
(CALLE DEL PUENTE GARRÓN)
ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
RUC:20568764995

DEL: 999526400, RPM: #999526400
CEL: 999526400, RPM: #999526400



**DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO
MTC E 108**

TESIS : EFECTOS DEL NIVEL FREÁTICO EN EL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE PARA CIMENTACIONES SUPERFICIALES DE LA URBANIZACIÓN LOS PINOS

ATENCIÓN : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES - FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

UBICACIÓN : URBANIZACIÓN LOS PINOS, DISTRITO DE SICAYA PROVINCIA HUANCAYO DEPARTAMENTO DE JUNIN

BACHILLER : GAYLAN ROBLES FRANK ALEX

Calicata : CS - 001 Fecha de recepción : 02 MARZO DEL 2022

Muestra : M - 1 Fecha de ensayo : 03 MARZO DEL 2022

Profundidad : 0.00 - 1.50 m Fecha de emisión : 14 MARZO DEL 2022

Recipiente	V - 10
Peso del recipiente (g)	63.0
Peso de suelo húmedo + recp. (g)	361.7
Peso de suelo seco + recipiente (g)	295.2
Peso del agua (g)	66.5
Peso del suelo seco (g)	232.2
Humedad (w%)	28.6
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	28.6 %

Referencias Normativas:

- ASTM D 2216: Standard Test Method of Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock.
- NTP 329.127 1996 (actualizado 2016): SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1ª Edición.



DIRECCION 26 DE OCTUBRE 1429 EL TAMBO HUANCAYO
CALLE DEL PUENTE CARRETERO
ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASPHALTO
RUC 20568764995

CEL. 980526400, RPM. #980526400
CEL. 980526400, RPM. #980526400



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
MTC E 107-2016

TEMA : EFECTOS DEL NIVEL FREÁTICO EN EL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE PARA CIMENTACIONES SUPERFICIALES DE LA URBANIZACIÓN LOS PINOS

ATENCIÓN : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES - FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

UBICACION : URBANIZACIÓN LOS PINOS, DISTRITO DE SICAYA PROVINCIA HUANCAYO DEPARTAMENTO DE JUNIN

BACHELIER : GAVILAN ROBLES FRANK ALEX

Calicata : CS - 002

Fecha de recepción : 02 MARZO DEL 2022

Muestra : M - 1

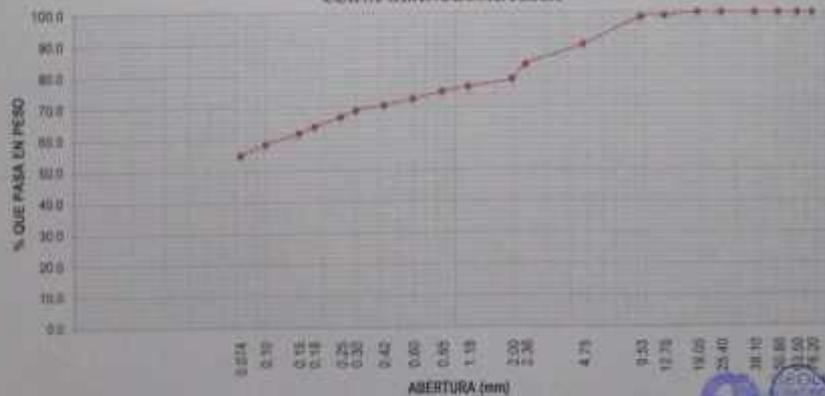
Fecha de ensayo : 03 MARZO DEL 2022

Profundidad : 0.00 - 3.00 m

Fecha de emisión : 14 MARZO DEL 2022

TAMICES		PESO RETENIDO (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
in/pulg	mm						
3"	75.20					Muestra Total	654.4 g
2 1/2"	63.50					Tamaño Máximo	3/4"
2"	50.80					% Gravas	10.2
1 1/2"	38.10					% Arenas	34.8
1"	25.40					M.F.	1.4%
3/4"	19.05				100.0		
1/2"	12.70	7.4	1.1	1.1	98.9	Pasa N° 200 (MTC E 107)	55.0%
3/8"	9.53	3.1	0.5	1.6	98.4		
N° 4	4.75	56.2	8.6	10.2	91.8	% Humedad (MTC E 108)	25.5 %
N° 8	2.36	41.30	6.3	16.5	83.5		
N° 10	2.00	31.20	4.8	21.3	78.7	Límite Líquido (MTC E 110)	54 %
N° 16	1.18	14.70	2.2	23.5	76.5	Límite Plástico (MTC E 111)	24 %
N° 20	0.85	10.70	1.6	25.2	74.8	Índice Plástico (MTC E 111)	30 %
N° 30	0.60	14.60	2.2	27.4	72.6	Clasificación SUCS	CH - Arcilla de alta plasticidad
N° 40	0.42	13.20	2.0	29.4	70.6	(ASTM D 2487-11)	
N° 50	0.30	10.20	1.6	31.0	69.0	CLASIFIC. AASHTO	A - 7 - 5 (13)
N° 60	0.25	13.40	2.0	33.0	67.0	(ASTM D 3282-08)	
N° 80	0.18	20.10	3.1	36.1	63.9	D10 - 0.075 mm	Cu - 15.07
N° 100	0.15	13.20	2.0	38.1	61.9	D30 - 0.04 mm	Cc - 0.99
N° 140	0.10	22.30	3.4	41.5	58.5	D60 - 0.12 mm	
N° 200	0.075	23.10	3.5	45.0	55.0		
Fondo		99.70	15.0	100.0			

CURVA GRANULOMÉTRICA



Referencias Normativas:

- ASTM D 422 Standard Test Method for Particle Size Analysis of Soils
- ASTM D 1544 Standard Practice for Classification of Soils by Engineering Properties (Unified Soil Classification System)
- ASTM D 1586 Standard Test Method for Liquid Limit, Plasticity Index, and Shrinkage Limit of Soils
- MTC E 107-2016 Norma Técnica Peruana para el Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado
- MTC E 108-2016 Norma Técnica Peruana para el Análisis de la Humedad de Suelos
- RUC: 20568764995

Ing. Frank Alex Robles Gavilán
 Gerente General
 GEOLUMAS SAC
 Av. Carlos Fernández Guardia, Dumbay
 Huancayo, Junín, Perú
 TEL: 065229400, RPA: 9900226420
 CEL: 99528400, RPA: 9900226420



LÍMITES DE CONSISTENCIA DEL MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 40

TESIS : EFECTOS DEL NIVEL FREÁTICO EN EL CALCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE PARA CIMENTACIONES SUPERFICIALES DE LA URBANIZACION LOS PINOS
ATENCIÓN : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES - FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
UBICACIÓN : URBANIZACIÓN LOS PINOS, DISTRITO DE SICAYA PROVINCIA HUANCAYO DEPARTAMENTO DE JUNIN
BACHILLER : GAVILAN ROBLES FRANK ALEX

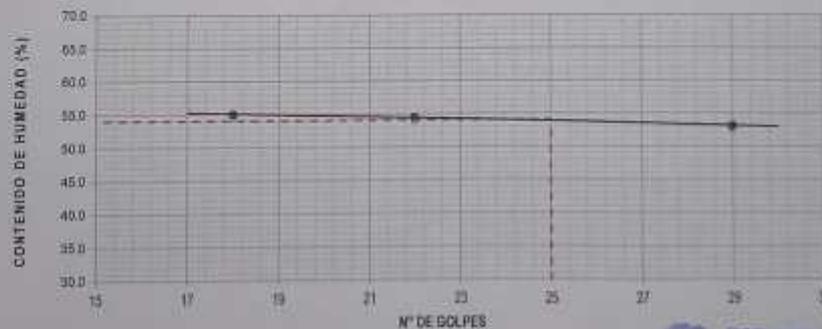
Calicata : C5 - 002 **Fecha de recepción** : 02 MARZO DEL 2022
Muestra : M - 1 **Fecha de ensayo** : 03 MARZO DEL 2022
Profundidad : 0.00 - 3.00 m **Fecha de emisión** : 14 MARZO DEL 2022

Número de golpes, N	18	22	29
Recipiente	L-2	L-3	L-1
Peso del recipiente (g)	80.21	77.62	74.97
Peso de suelo húmedo + recp. (g)	108.4	116.95	106.24
Peso de suelo seco + recipiente (g)	98.4	103.1	95.4
Peso del agua (g)	10	13.85	10.84
Peso del suelo seco (g)	18.19	25.48	20.43
Humedad (w%)	55.0	54.4	53.1

LÍMITE PLÁSTICO (LP) - MTC E 111

Recipiente	L-5	L-4
Peso del recipiente (g)	77.3	79.23
Peso de suelo húmedo + recp. (g)	83.97	85.23
Peso de suelo seco + recipiente (g)	82.66	84.08
Peso del agua (g)	1.29	1.15
Peso del suelo seco (g)	5.38	4.85
Humedad (w%)	24.0	23.7

LÍMITE LÍQUIDO	54
LÍMITE PLÁSTICO	24
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	30



Referencias Normativas

- ASTM D4253 Test Standard Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils
 - NTP 205 128 (revisada el 2019) SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos TT 2.000

DIRECCION JUL 29 DE OCTUBRE N°49 EL TAMBO HUANCAYO
 (ALTIMA DEL PUENTE CARROON)
 ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 RUC:20568764995

GEOLUMAS SAC
 MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
 Ing. Frank Alex Robles Gavilan
 INGENIERO CIVIL
 INGENIERO EN MECANICA DE SUELOS
 INGENIERO EN PAVIMENTOS

CEL: 99625400, RPN: #99625400
 CEL: 99625400, RPM: #99625400



DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO
MTC E 108

TEMA : EFECTOS DEL NIVEL FREÁTICO EN EL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE PARA CIMENTACIONES SUPERFICIALES DE LA URBANIZACIÓN LOS PINOS

ATENCIÓN : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES - FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

UBICACIÓN : URBANIZACIÓN LOS PINOS, DISTRITO DE SICAYA, PROVINCIA HUANCAYO, DEPARTAMENTO DE JUNÍN

BACHILLER : GAVILAN ROBLES FRANK ALEX

Calicata : CS - 002

Muestra : M - 1

Profundidad : 0.00 - 3.00 m

Fecha de recepción : 02 MARZO DEL 2022

Fecha de ensayo : 03 MARZO DEL 2022

Fecha de emisión : 14 MARZO DEL 2022

Recipiente	T-1
Peso del recipiente (g)	48.0
Peso de suelo húmedo + recipiente (g)	375.4
Peso de suelo seco + recipiente (g)	308.4
Peso del agua (g)	67.0
Peso del suelo seco (g)	262.8
Humedad (w%)	25.5
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	25.5 %

Referencias Normativas:

- ASTM D 2216 Standard Test Method of Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock
- NTP 126.127-1998 (actualizado el 2016) SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1ª Edición

GEOLUMAS SAC
LABORATORIO TECNICO DE SUELOS

Edith Peña

Civil Edith Peña Doeblas
MATEMÁTICO, CIVIL INGENIERO
PROFESOR DE MECÁNICA DE SUELOS
HUANCAYO, DEPARTAMENTO DE JUNÍN

DIRECCIÓN: PL. 28 DE OCTUBRE N° 428 EL TAMBO HUANCAYO -
(ALTURA DEL PUENTE CARRIÓN)
ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
RUC:20568764995

CEL: 99926400, RPM: #99926400
CEL: 99926400, RPM: #99926400



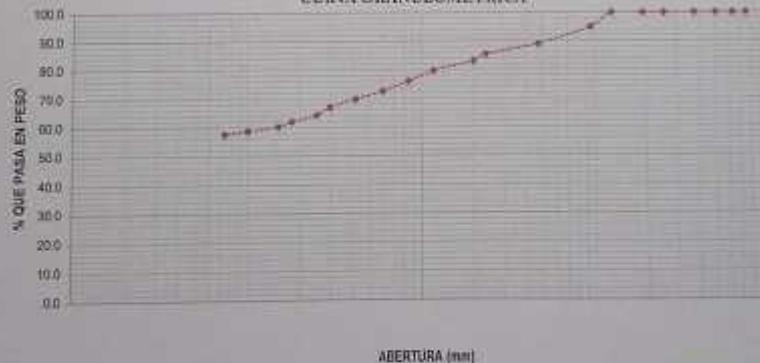
**ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
MTC E 107-2016**

TESIS : EFECTOS DEL NIVEL FREATICO EN EL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE PARA CIMENTACIONES SUPERFICIALES DE LA URBANIZACION LOS PINOS
ATENCION : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES - FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
UBICACION : URBANIZACION LOS PINOS, DISTRITO DE SICAYA PROVINCIA HUANCAYO DEPARTAMENTO DE JUNIN
BACHILLER : GAVILAN ROLES FRANK ALEX

Cálculo : CS-003 **Fecha de recepción:** 02 MARZO DEL 2022
Muestra : M-1 **Fecha de ensayo:** 03 MARZO DEL 2022
Profundidad : 0.00 - 1.50 m **Fecha de emisión:** 14 MARZO DEL 2022

TAMICES		PESO RETENIDO (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
ulg.	mm					
3"	76.20					Muestra Total 888.0 g
2 1/2"	63.50					Tamaño Máximo 10"
2"	50.80					% Gravas 11.0
1 1/2"	38.10					% Arenas 31.4
1"	25.40					M.F. 1.51
3/4"	19.05					
1/2"	12.70				100.0	Pasa N° 200 (MTC E 137) 57.6%
3/8"	9.53	45.3	5.1	5.1	94.9	
N° 4	4.75	52.3	5.9	11.0	89.0	% Humedad (MTC E 158) 27.9%
N° 6	2.50	32.50	3.7	14.8	85.4	
N° 10	2.00	20.40	2.3	18.9	83.1	Límite Líquido (MTC E 110) 96 %
N° 16	1.18	30.20	3.4	20.3	79.7	Límite Plástico (MTC E 11) 20 %
N° 20	0.85	32.40	3.6	24.0	76.0	Índice Plástico (MTC E 11) 30 %
N° 30	0.60	31.20	3.5	27.5	72.5	Clasificación SUCS CH - Arcilla de alta plasticidad
N° 40	0.42	23.90	2.7	30.2	69.8	(ASTM D 2487-11)
N° 50	0.30	25.40	2.9	33.0	67.0	CLASIFIC. AASHTO A-7-5 (14)
N° 60	0.25	24.10	2.7	35.7	64.3	(ASTM D 3282-06)
N° 80	0.18	20.10	2.3	38.0	62.0	
N° 100	0.15	15.60	1.8	39.8	60.2	D10 : 0.01 mm Cu : 11.04
N° 140	0.10	13.40	1.5	41.3	58.7	D30 : 0.04 mm Cc : 0.82
N° 200	0.074	10.20	1.1	42.4	57.6	D60 : 0.14 mm
Fondo		312.50	57.6	100.0		

CURVA GRANULOMÉTRICA



Referencias Normativas:

- ASTM D 422 Standard Test Method for Particle-size Analysis of Soils
- ASTM D2487 (76) Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)
- ASTM D3282-15 Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Constructional Purposes
- NTP 332 126-1996 (revisada el 2019). SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición.

GEOLUMAS SAC
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
[Firma]
Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
AV. SAN FRANCISCO DE ASIS 1044
PROVINCIA DE HUANCAYO DEPARTAMENTO DE JUNIN
CORREO ELECTRONICO: P202@GMAIL.COM

DIRECCIÓN: JR. 28 DE DICIEMBRE N°429 EL TAMBO HUANCAYO
FACTURA DEL PUENTE GARRIDON
ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
RUC:20568764995

CEL: 999526400, RPM: #999526400
CEL: 999526400, RPM: #999526400



LÍMITES DE CONSISTENCIA DEL MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 40

TESES : EFECTOS DEL NIVEL FREÁTICO EN EL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE PARA CIMENTACIONES SUPERFICIALES DE LA URBANIZACIÓN LOS PINOS
 ATENCION : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES - FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 UBICACION : URBANIZACION LOS PINOS, DISTRITO DE SICAYA PROVINCIA HUANCAYO DEPARTAMENTO DE JUNIN
 BACHILLER : GAVILAN ROBLES FRANK ALEX

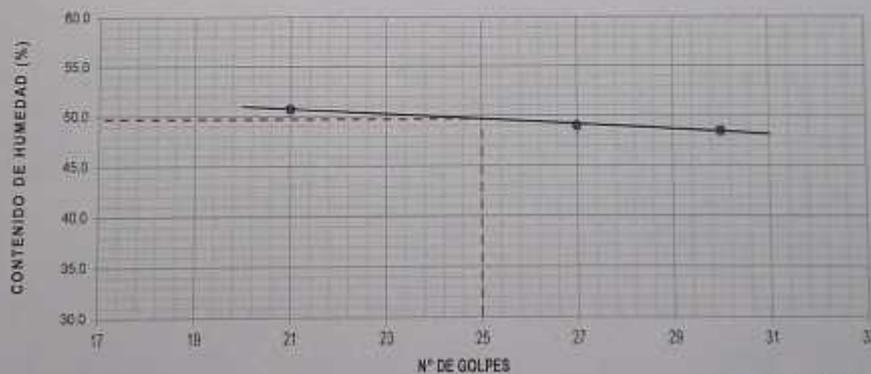
Calicata : CS - 003
 Muestra : M - 1
 Profundidad : 0.00 - 1.50 m
 Fecha de recepción : 02 MARZO DEL 2022
 Fecha de ensayo : 03 MARZO DEL 2022
 Fecha de emisión : 14 MARZO DEL 2022

Número de golpes, N	21	27	30
Recipiente	L - 8	L - 9	L - 10
Peso del recipiente (g)	73.2	77.8	79.6
Peso de suelo húmedo + recip. (g)	103.5	100.3	103.8
Peso de suelo seco + recipiente (g)	93.3	92.9	95.9
Peso del agua (g)	10.2	7.4	7.9
Peso del suelo seco (g)	20.1	15.1	15.3
Humedad (w%)	50.7	49.0	48.5

LÍMITE PLÁSTICO (LP) - MTC E 111

Recipiente	L-4	L-5
Peso del recipiente (g)	79.00	77.22
Peso de suelo húmedo + recip. (g)	85.6	83.74
Peso de suelo seco + recipiente (g)	64.5	62.63
Peso del agua (g)	1.1	1.11
Peso del suelo seco (g)	5.67	5.41
Humedad (w%)	20.1	20.5

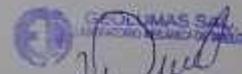
LÍMITE LÍQUIDO	50
LÍMITE PLÁSTICO	20
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	30



Referencias Normativas:

- ASTM D4318 (1) Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.
- NTR 336.128-1999 (revisada el 2019): SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, y índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición

DIRECCION J.R. 28 DE OCTUBRE N°428 EL TAMBEO HUANCAYO
 (AL TURA DEL PUENTE CARROH)
 ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 RUC:20568764995



Ing. Carl Edwin Peña Dueñas
 INGENIERO CIVIL
 UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

CEL: 999526400, RPM: #999526400
 CEL: 999526400, RPM: #999526400



DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO
MTC E 108

TEMA : EFECTOS DEL NIVEL FREÁTICO EN EL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE PARA CIMENTACIONES SUPERFICIALES DE LA URBANIZACIÓN LOS PINOS
ATENCIÓN : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES - FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
UBICACIÓN : URBANIZACIÓN LOS PINOS, DISTRITO DE SICAYA PROVINCIA HUANCAYO DEPARTAMENTO DE JUNÍN
SACHILEN : GAVILAN ROBLES FRANK ALEX

Calcula : CS - (CC) **Fecha de recepción** 02 MARZO DEL 2022
Muestra : M - 1 **Fecha de ensayo** 03 MARZO DEL 2022
Profundidad : 0.00 - 1.50 m **Fecha de emisión** 16 MARZO DEL 2022

Recipiente	V - 20
Peso del recipiente (g)	78.0
Peso de suelo húmedo + recip. (g)	374.0
Peso de suelo seco + recipiente (g)	359.0
Peso del agua (g)	64.5
Peso del suelo seco (g)	231.5
Humedad (W%)	27.9
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	27.9 %

Referencias Normativas:

- ASTM D 271 Standard Test Method of Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock.
- NTP 126.121:1988 (revisada al 2015) SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1ª Edición



DIRECCIÓN: JR. 18 DE OCTUBRE N° 425 EL TAMBO HUANCAYO
CALLE DEL PUENTE CARBÓN
ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
RUC:20568764995

CEL: 999526400, RPM: #999526400
CEL: 999526400, RPM: #999526400



GEOLUMAS SAC

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

RUC.:20568764995

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

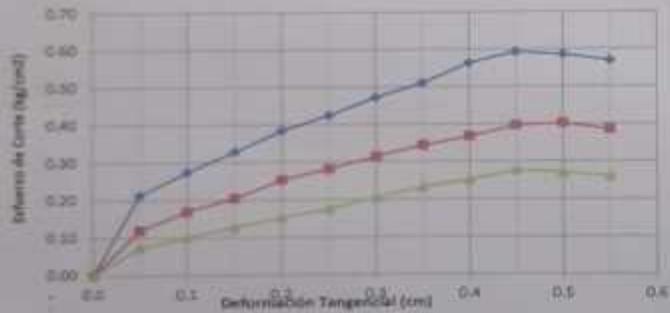
Estado : Rotativo
Calzate : C-2
Muestra : M-1
Profundidad de la alimentación : 3.00
Profundidad de la calzate : 3.00

INFORME N°090-2022

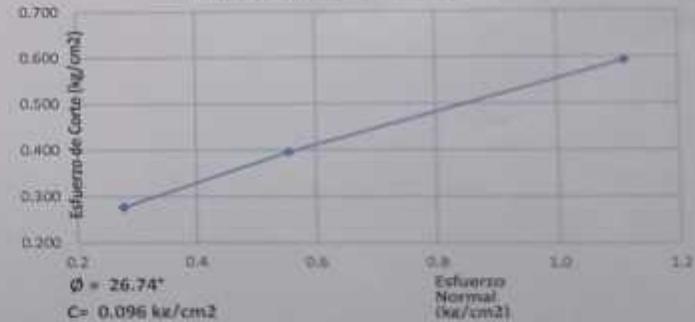
PETICIONARIO
ATENCIÓN
TESIS
UBICACIÓN
FECHA DE RECEPCIÓN
FECHA DE EMISIÓN

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES - FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
GAVILAN ROBLES FRANK ALEX
EFECTOS DEL NIVEL FREÁTICO EN EL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE PARA DISTRIBUCIONES SUPERFICIALES DE LA URBANIZACIÓN LOS PINOS
URBANIZACIÓN LOS PINOS DISTRITO DE SACAYA PROVINCIA DE HUANCAYO DEPARTAMENTO DE JUNIN
02 DE MARZO DEL 2022
14 DE MARZO DEL 2022

DEFORMACIÓN TANGENCIAL vs. ESFUERZO DE CORTE



ESFUERZO NORMAL vs. ESFUERZO DE CORTE



GEOLUMAS SAC
INGENIERIA DE SUELOS DE HUANCAYO
[Signature]
C. Ing. Edwin Peña Durán
Ingeniero Civil en Mecánica de Suelos
Ingeniero en Mecánica de Suelos
Ingeniero en Geotecnia y Pavimentos

DIRECCIÓN: JR. 28 DE OCTUBRE N°428 EL TAMBO HUANCAYO
CALLEJA DEL PUENTE CARRIÓN
ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
RUC:20568764995

CEL: 999525400, RPM: #999525400
CEL: 999525400, RPA: #999525400



II. ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM 3080

Estado : Alterado
Calicata : C-2
Muestra : M-1
Profundidad de la cimentación : 2.50
Profundidad de la calicata : 3.00

Especimen N°	I	II	III
Lado de la caja (cm)	6.00	6.00	6.00
Densidad Húmeda Inicial (gr/cm ³)	1.865	1.865	1.865
Densidad Seca Inicial (gr/cm ³)	1.760	1.760	1.760
Contenido Humedad Inicial (%)	5.97	5.97	5.97
Densidad Húmeda Final (gr/cm ³)	2.025	2.037	2.055
Densidad Seca Final (gr/cm ³)	1.884	1.898	1.906
Contenido Humedad Final (%)	7.50	7.32	7.84
Esfuerzo Normal (kg/cm ²)	0.28	0.56	1.11
Esfuerzo de Corte Máximo (kg/cm ²)	0.277	0.396	0.593
Ángulo de Fricción Interna :	26.74		
Cohesión (kg/cm ²) :	0.096		

Muestras remitidas e identificadas por el peticionario


Edwin Peña Dueñas
INGENIERO MECANICO DE SUELOS
INGENIERO EN MECANICA DE SUELOS
CAMPUS GUANACASTE



CALCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE

Aplicando la Teoría de la Capacidad Portante de Terzaghi

CALICATA	:	C-2
Angulo de Friccion (*)	:	26.74
Cohesión	:	0.096

Determinando los valores de Nc, Nq y Ny en funcion de Ø:

Nc =	15.35
Nq =	5.83
Ny =	2.67

PARA Df=3.00

Densidad Seca (γs)	1.865
Prof. Cimiento (Df)	2.50
Ancho Cimiento (B)	1.00
Nc Factor de Capacidad	15.35
Nq Factor de Capacidad	5.83
Ny Factor de Capacidad	2.67
Altura de Napa Freatica	0.00

Usando factores de carga Modificada

FORMULA PARA ZAPATA CUADRADA

$$Q_{ult} = 0.867 \times C \times N_c + q \times N_q + 0.4 \times \gamma \times N_y \times B$$

Reemplazando valores:

Quit Df 3.00 =	20.10	tn/m ²	
Factor de Seguridad Fs=2.5		Capacidad Portante	0.80 kg/cm ²
Factor de Seguridad Fs=3.0		Capacidad Portante	0.67 kg/cm ²
Factor de Seguridad Fs=3.5		Capacidad Portante	0.57 kg/cm ²
Factor de Seguridad Fs=4.0		Capacidad Portante	0.50 kg/cm ²



GEOLUMAS SAC
ING. CIVIL **Jhony Peña Dueñas**
ASISTENTE TECNICO COMPETENTE
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SUELOS
CONCRETO GEOTECNIA Y GEOLOGIA