



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Capacidad portante del suelo por el método de Meyerhof y de análisis simplificado para la cimentación - Institución Educativa 56441 Cusco”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Pure Illanes, Eder Django (orcid.org/0000-0003-4096-427X)

ASESOR:

Mg. Franco Alvarado, Freddy Manuel (orcid.org/0000-0002-6488-3661)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA - PERÚ

2021

DEDICATORIA

Mis seres queridos son la inspiración de mi proyecto de tesis, que me proporciona la motivación para seguir trabajando hacia mi objetivo y por su inquebrantable amor y apoyo.

AGRADECIMIENTO

Ruego a Dios que bendiga las casas de mi familia, a todos mis amigos y a todos mis compañeros de trabajo que me han ayudado a desarrollarme tanto personal como profesionalmente ofreciéndome orientación. Que todos ellos tengan una vida maravillosa, aliento y compañía.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de graficos y figuras	vi
Resumen	viii
Abstrct	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	17
3.1 Tipo y diseño de la investigación.....	17
3.2 Variables y operacionalización	17
3.3 Población, muestra y muestreo	18
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	18
3.5 Procedimientos.....	23
3.6 Aspectos éticos	23
IV. RESULTADOS	25
4.1 Manejo de análisis de datos	25
V. DISCUSIÓN	49
VI. CONCLUSIONES.....	54
VII. RECOMENDACIONES	56
REFERENCIAS	57
ANEXOS	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Parámetros considerados en la fórmula general.	13
Tabla 2: Parámetros considerados en el cálculo de qae.	15
Tabla 3: Parámetros considerados en el cálculo de qaa.	15
Tabla 4: Tipo de edificaciones.....	27
Tabla 5: Cantidad de puntos de investigación de acuerdo al tipo de edificación. .	27
Tabla 6: Ensayos de mecánica de suelos realizados.	28
Tabla 7: Resumen de características del suelo encontrado.	35
Tabla 8: Factores de capacidad de carga calculados.....	36
Tabla 9: Factores de forma calculados.....	36
Tabla 10: Factores de profundidad calculados.	36
Tabla 11: Resumen resultados método de Meyerhof.	37
Tabla 12: Factores de carga para cimiento corrido.	37
Tabla 13: Resumen de resultados para cimiento corrido.....	38
Tabla 14: Resumen resultados método simplificado.	44
Tabla 15: Resumen de parámetros empleados para el cálculo de asentamiento.	45
Tabla 16: Módulo de Elasticidad (Es) para cada tipo de suelo.	46
Tabla 17: Valores de If recomendados.....	46
Tabla 18: Módulo de Poisson según el tipo de suelo.	47
Tabla 19: Resumen resultados método de Meyerhof y análisis simplificado.	48
Tabla 20: Matriz de consistencia.	65
Tabla 21: Matriz de operacionalización de variables.	66
Tabla 22: Documentación – hoja 1.....	67
Tabla 23: Documentación – hoja 2.....	67
Tabla 24: Documentación – hoja 3.....	67

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1: I.E. N°56441 de la comunidad de Huanaco.....	1
Figura 2: Tipos de cimentaciones superficiales.	8
Figura 3: Esquema del Método de Meyerhof.....	9
Figura 4: Esquema de una celda estructurada.	12
Figura 5: Gráficas para calcular el valor de F_p para celdas cuadradas (izquierda) y rectangulares (derecha).	14
Figura 6: Gráficas para calcular el valor de F_f para celdas cuadradas (izquierda) y rectangulares (derecha).	14
Figura 7: Ficha de Recolección de datos.	20
Figura 8: Los tamices se utilizan para medir el tamaño de las partículas.	21
Figura 9: Máquina de corte directo (CD).	22
Figura 10: Ubicación de la zona en estudio.....	25
Figura 11: Ficha de calicata C-1.....	29
Figura 12: Ficha de calicata C-2.....	30
Figura 13: Ficha de calicata C-3.....	31
Figura 14: Ensayo de análisis granulométrico – Calicata C-1.....	32
Figura 15: Ensayo de límites de Atterberg – Calicata C-1.	33
Figura 16: Ensayo de corte directo – Calicata C-1.	34
Figura 17: Determinación del factor F_f	41
Figura 18: Factor de profundidad.	42
Figura 19: Ficha de validación – juicio de expertos.	67
Figura 19: Ficha de validación – juicio de expertos.	67
Figura 20: Foto 1.Figura 19: Ficha de validación – juicio de expertos.	67
Figura 20: Foto 1.....	67
Figura 21: Foto 2.Figura 20: Foto 1.....	67
Figura 21: Foto 2.....	67
Figura 22: Foto 3.Figura 21: Foto 2.....	67
Figura 22: Foto 3.....	67
Figura 23: Plano de cimentaciones – módulo aula pedagógica.Figura 22: Foto 3.	67
Figura 23: Plano de cimentaciones – módulo aula pedagógica.....	67

Figura 24: Plano de pórticos – módulo aula pedagógica.Figura 23: Plano de cimentaciones – módulo aula pedagógica.....	67
Figura 24: Plano de pórticos – módulo aula pedagógica.	67
Figura 25: Plano de estructuras – aligerado.Figura 24: Plano de pórticos – módulo aula pedagógica.....	67
Figura 25: Plano de estructuras – aligerado.	67
Figura 26: Ensayo de corte directo – Calicata C-2.Figura 25: Plano de estructuras – aligerado.	67
Figura 26: Ensayo de corte directo – Calicata C-2.	67
Figura 27: Ensayo de corte directo – Calicata C-2.Figura 26: Ensayo de corte directo – Calicata C-2.	67
Figura 27: Ensayo de corte directo – Calicata C-2.	67
Figura 28: Ensayo de análisis granulométrico – Calicata C-2.Figura 27: Ensayo de corte directo – Calicata C-2.....	67
Figura 28: Ensayo de análisis granulométrico – Calicata C-2.....	67
Figura 29: Ensayo de análisis granulométrico – Calicata C-3.Figura 28: Ensayo de análisis granulométrico – Calicata C-2.	67
Figura 29: Ensayo de análisis granulométrico – Calicata C-3.....	67
Figura 30: Ensayo de corte directo – Calicata C-2.Figura 29: Ensayo de análisis granulométrico – Calicata C-3.....	67
Figura 30: Ensayo de corte directo – Calicata C-2.	67
Figura 31: Ensayo de corte directo – Calicata C-3Figura 30: Ensayo de corte directo – Calicata C-2.	67
Figura 31: Ensayo de corte directo – Calicata C-3	67
Tabla 22: Documentación – hoja 1Figura 31: Ensayo de corte directo – Calicata C-3.....	67

RESUMEN

La presente tesis titulada “Estudio comparativo de la capacidad portante del suelo por los métodos de Meyerhof y de análisis simplificado para la seguridad de la cimentación en la Institución Educativa N°56441, Cusco 2021”, Con el fin de asegurar la estabilidad de la cimentación del Módulo 2 de la institución educativa N°56441, El objetivo de este estudio es encontrar una buena forma de medir cuánto peso puede soportar la tierra. Se estudiarán las sugerencias hechas tanto por las normas Meyerhof como por las formas más sencillas de análisis y se compararán los resultados de cada una. La investigación actual realiza igualmente un análisis de los asentamientos para determinar el nivel de agresión del suelo hacia los cimientos, que puede tener un efecto sobre el hormigón.

El tema de esta tesis es crucial porque la I.E. Institución Educativa N°56441 se enfrenta a un gran problema porque sus servicios educativos no cumplen las normas establecidas por el Ministerio de Educación. A ello contribuye en gran medida su débil e insuficiente infraestructura, razón por la cual se construirá el Módulo 2 de este plantel educativo. Como resultado, es fundamental realizar un análisis geotécnico efectivo en la zona de estudio para averiguar cuáles son las propiedades físicas y mecánicas del suelo, evaluar su comportamiento mecánico y determinar su capacidad portante. El objetivo de este estudio es asegurarse de que la base del módulo 2 es estable y detener cualquier pérdida económica o humana que pudiera causar la caída del módulo.

Palabras clave: Capacidad portante del suelo, Método de Meyerhof, Método de Análisis Simplificado.

ABSTRACT

The present thesis entitled "Comparative study of the bearing capacity of the soil by Meyerhof and simplified analysis methods for the safety of the foundation in the Educational Institution N°56441, Cusco 2021", in order to ensure the stability of the foundation of Module 2 of the Educational Institution N°56441, The aim of this study is to find a good way to measure how much weight the soil can support. Suggestions made by both Meyerhof standards and simpler forms of analysis will be studied and the results of each will be compared. The current research also performs a settlement analysis to determine the level of soil aggression towards the foundation, which can have an effect on the concrete.

The subject of this thesis is crucial because the I.E. Educational Institution N°56441 is facing a big problem because its educational services do not meet the standards set by the Ministry of Education. Its weak and insufficient infrastructure contributes to a great extent to this, which is the reason why Module 2 of this educational institution will be built. As a result, it is essential to carry out an effective geotechnical analysis in the study area to determine the physical and mechanical properties of the soil, assess its mechanical behaviour and determine its bearing capacity. The aim of this study is to ensure that the base of Module 2 is stable and to stop any economic or human losses that could be caused by the module falling.

Keywords: Soil bearing capacity, Meyerhof method, Simplified Analysis Method.

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los ocho distritos de la provincia de Chumbivilcas, que forma parte del departamento de Cusco, es Livitaca. Durante el censo 2018, el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) determinó que el distrito tenía una población de 13670 personas y una superficie total de 758,2 km². Esto significa que había 13,69 personas por km².

Actualmente, el distrito cuenta con quince centros poblados, entre ellos Qquehuincha, Collana, Huancane, Chilloroya, Huaylla Huaylla, Kayno, Unión Kora, Pataquea, Totorá, Jalcco, Pisquicocha, Parccora, Collana Alta, Aucho y Huanaco. De hecho, la investigación para la presente tesis se realizará en este último barrio, Huanaco, y más especialmente en la zona de Tunsuma, que es donde se encuentra la Institución Educativa N°56441. Al día de hoy la I.E. N°56441 acoge en sus aulas a más de 80 alumnos del nivel primaria.

Desafortunadamente, el I.E. N°56441 no cumple las normas establecidas por el Ministerio de Educación, principalmente debido a problemas de infraestructura. Esto implica la creación de seis módulos en esta institución.

Figura 1: I.E. N°56441 de la comunidad de Huanaco



Fuente: Propia.

Es así que esta tesis enfoca su estudio en el nuevo módulo 2 de la institución educativa N°56441, para dicho modulo se realizara la construcción de cimentaciones superficiales, en el cual se emplearan zapatas aisladas.

El objetivo del análisis geotécnico es averiguar las propiedades mecánicas y físicas del suelo en la zona del proyecto. Para ello se evaluará el comportamiento mecánico del suelo y su capacidad portante, con el fin de garantizar la seguridad de los cimientos del módulo 2 y evitar la pérdida de vidas humanas y económicas que podría producirse si fallaran los cimientos. Así pues, para averiguar la resistencia del suelo, se utilizarán tanto el método Meyerhof como métodos de análisis más sencillos para comparar sus sugerencias.

Frente a la problemática planteada se plantea la siguiente **pregunta general**: ¿Cómo la comparación de la capacidad portante del suelo por los métodos de Meyerhof y de análisis simplificado proporcionara la seguridad a la cimentación en la Institución Educativa N°56441, Cusco 2021? Asimismo, se plantean tres problemas específicos. El **primer problema específico**, ¿De qué manera los métodos de Meyerhof y Análisis Simplificado permitirá analizar los asentamientos en la cimentación de la Institución Educativa N°56441, Cusco 2021? El **segundo problema específico**, ¿De qué manera los métodos de Meyerhof y Análisis Simplificado permitirá analizar la condición geomecánica del suelo de la cimentación de la Institución Educativa N°56441, Cusco 2021? Y el **tercer problema específico**, ¿De qué manera los métodos de Meyerhof y Análisis Simplificado se relacionan con las características geométricas de la cimentación de la Institución Educativa N°56441, Cusco 2021?

Este estudio nos ayudará a conocer mejor el método Meyerhof y los análisis más sencillos para averiguar cómo se comportan físicamente los suelos y cuánto peso pueden soportar. Esto nos ayudará a asegurarnos de que las unidades escolares están bien soportadas. Para cada método, se discutirá y explicará el estudio de los asentamientos y la estimación de la capacidad portante. También sirve como justificación social porque el tema elegido para esta tesis ayudará mucho a los estudiantes, docentes y personal administrativo de la Institución Educativa N°56441. Todos ellos trabajarán juntos para mejorar la calidad de la educación en la escuela mejorando sus instalaciones. El análisis de la capacidad portante del

suelo realizado con el Método Meyerhof y el Análisis Simplificado garantizará la estabilidad de la cimentación de la Institución Educativa N° 56441. Esto también protegerá a la institución educativa de pérdidas económicas en caso de que la cimentación se derrumbe. Como resultado, es razonable desde un punto de vista económico.

Como **hipótesis general** se establece que: La comparación de la capacidad portante del suelo por los métodos de Meyerhof y de análisis simplificado proporciona una óptima seguridad a la cimentación en la Institución Educativa N°56441, Cusco 2021. Asimismo, presenta tres hipótesis específicas. La **primera hipótesis específica**, el método de Meyerhof permite realizar un mejor análisis de asentamientos en la cimentación de la Institución Educativa N°56441, Cusco 2021. La **segunda hipótesis específica**, el método de análisis simplificado permite realizar un mejor análisis de la condición geomecánica del suelo de la cimentación de la Institución Educativa N°56441, Cusco 2021. Y la **tercera hipótesis específica**, el método de Meyerhof proporciona una cimentación de menores dimensiones geométricas para la Institución Educativa N°56441, Cusco 2021.

Por otro lado, la presente investigación tiene como **objetivo general**, comparar la capacidad portante del suelo por los métodos de Meyerhof y de análisis simplificado que proporcionara la seguridad a la cimentación en la Institución Educativa N°56441, Cusco 2021. Asimismo, presenta tres objetivos específicos. El **primer objetivo específico**, determinar cómo los métodos de Meyerhof y Análisis Simplificado permitirá analizar los asentamientos en la cimentación de la Institución Educativa N°56441, Cusco 2021. El **segundo objetivo específico**, determinar cómo los métodos de Meyerhof y Análisis Simplificado permitirá analizar la condición geomecánica del suelo de la cimentación de la Institución Educativa N°56441, Cusco 2021. Y el **tercer objetivo específico**, determinar cómo los métodos de Meyerhof y Análisis Simplificado se relacionan con las características geométricas de la cimentación de la Institución Educativa N°56441, Cusco 2021.

II. MARCO TEÓRICO

Antecedentes internacionales

(Espinoza,2014) En la Universidad Centroamericana (UCA), se realizó el estudio "Análisis de la Capacidad Portante del Suelo de Cimentación del Edificio Laboratorio de Ingeniería "Julio y Adolfo López de la Fuente, S.J.". El objetivo de este estudio era obtener el título de "Ingeniero Civil" de la Universidad Centroamericana de Nicaragua. Es fundamental destacar que la técnica empleada fue descriptiva-explicativa. Por último, se descubrió que el método Meyerhof ofrecía los valores más bajos en relación con la capacidad de carga.

(Domínguez,2016) El Instituto Politécnico Nacional de México estudió el trabajo "Diseño geotécnico de la cimentación de un edificio de oficinas de diez pisos en una zona de transición". El objetivo del estudio era averiguar qué base funcionaría mejor para el edificio en cuestión. Es importante señalar que el método era detallado. Al final, se descubrió que el principal tipo de resistencia de los pilotes es la resistencia de punta. Sin embargo, es importante notar que la resistencia de fricción varió en tamaño de 13% a 30% de la carga portante.

(Aguilar,2016) Para obtener el título de Ingeniero Geólogo de la Fundación Universitaria del Área Andina en Colombia, se realizó un estudio denominado "Estudio geotécnico: estimación de la capacidad portante en un proyecto de construcción de un puente sobre el río San Antonio, Municipio de La Jagua de Ibirico, Cesar", con el objetivo de calcular correctamente la capacidad portante del proyecto mencionado. Es importante destacar que el estudio empleó una técnica explicativa-descriptiva. Al final, la prueba SPT demostró que una profundidad de 70 cm podía soportar una carga muy buena, ya que era capaz de soportar más de 50 golpes por cada 30 cm.

Castillo (2017) En Ecuador, la Universidad Técnica de Ambato realizó un estudio denominado "Estudio de zonificación basado en la determinación de la capacidad portante del suelo en las cimentaciones de las viviendas del área urbana de la parroquia La Matriz del cantón Patate, provincia de Tungurahua" para obtener el

título de Ingeniero Civil. El objetivo de esta investigación fue dividir los suelos del área de estudio en grupos. Es muy importante tener en cuenta que se utilizó un método detallado. Después de calcular la capacidad portante, se vio que las zonas 1 y 7 debían tener resistencias de más de 30 ton/m².

(Vanegas,2020) El objetivo del trabajo "Determinación de factores de resistencia para cimentaciones superficiales y profundas a nivel local" de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito es encontrar factores de resistencia para cimentaciones superficiales y profundas que tengan en cuenta las características regionales del suelo. La razón fue la estrategia que se utilizó. Al final, el estudio mostró que, para cimentaciones superficiales, los factores de resistencia para unidades geotécnicas granulares con depósitos aluviales de baja pendiente y una puntuación de fiabilidad de 3,5 estaban entre 0,08 y 0,41. Se decidió que, al calcular los factores de resistencia en función de la resistencia o la capacidad de elevación, el tamaño de la base también influye en la variación de los factores de resistencia.

Antecedentes nacionales

(Guerrero, Atencio,2020) El objetivo de la investigación para la tesis "Determinación de la capacidad portante del suelo por el método de Meyerhof para la cámara de bombeo del sector 309 - Villa Mara del Triunfo" de la Universidad César Vallejo del Per fue averiguar la capacidad portante del suelo mediante el método de Meyerhof. Es importante señalar que el método fue detallado. Es importante dejar claro que el método era informativo. Con el método Meyerhof, la capacidad portante permitida (q_{adm}) resultó ser de 0,86 kg/cm² a una profundidad de base de 0,50 m y 0,90 m. La estimación más prudente fue $q_{adm}=0,86$ kg/cm² y una profundidad de 0,50 m.

(Rosales,2017) La Universidad César Vallejo del Per hizo el estudio de tesis "Determinación de la capacidad portante de suelos para establecer la zonificación en la localidad de Juan Guerra - 2017" para obtener el título de ingeniero civil. Se hizo para conocer la resistencia de los suelos y cómo eran. Como resultado, se hicieron mapas de planificación y uso del suelo de la zona en cuestión. Es importante tener en cuenta que el plan era detallado. Además, se comprobó que las zonas 1, 2, 3 y 4 podían soportar 0,74, 1,00, 0,90 y 0,85 kg/cm² de peso.

(Teniente,2016) Para su título de Ingeniero Civil en la Universidad Andina del Cusco del Perú, presentó un trabajo denominado "Análisis comparativo en la determinación de la capacidad admisible por los métodos de Terzagui y Meyerhof, para el diseño de cimentaciones superficiales de acuerdo a las características del suelo de Inquilpata en el distrito de Anta". En la tesis, utilizó un enfoque explicativo-descriptivo para explicar por qué se utilizan estos métodos para averiguar la capacidad de sustentación de las cimentaciones. En base a los datos, el método de Terzaghi es más fiable para el diseño de cimentaciones que los otros métodos analizados.

(Dolores, Ángeles, Flores, Muñoz y Parian ,2020) La Pontificia Universidad Católica del Perú realizó una investigación para una tesis titulada "Comparación de metodologías para el cálculo de asentamientos en suelos granulares" con el objetivo de examinar los resultados de los asentamientos que pueden determinarse mediante cinco enfoques diferentes. Es importante señalar que la técnica era explicativa. Los investigadores llegaron a la conclusión de que los datos del modelo

de Meyerhof y los del modelo de Terzaghi, Peck y Mesri diferían en un 5%. Esto se debe a que Meyerhof tiene en cuenta un aumento del 50% sobre lo que el método original decía que se podía transportar. (Terzaghi & Peck, 1948).

(Sánchez,2019) En Perú, realizó la investigación "Zonificación de la Capacidad Portante del Suelo para la Construcción de Edificaciones en la Localidad de San Francisco del Ro Mayo, Distrito de Chumbuque, Provincia de Lamas, Departamento de San Martín" para obtener su título de Ingeniero Civil de la Universidad Nacional de San Martín. Su objetivo era averiguar cuánto peso podía soportar la tierra para poder realizar el mencionado plan de zonificación. Es importante destacar que los métodos utilizados son detallados. La zona puede soportar entre 1,23 kg/cm² y 1,87 kg/cm² de peso.


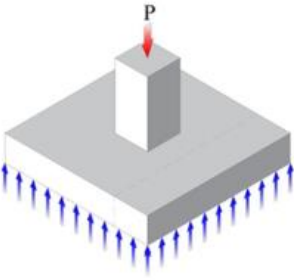
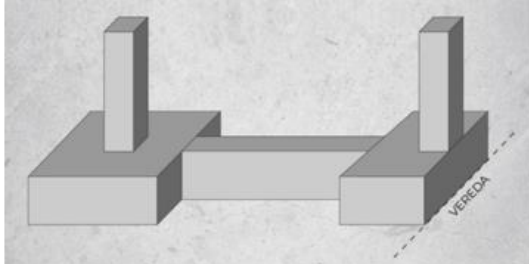

Bases teóricas

Cimentación superficial

(Teniente,2016) señala que los cimientos poco profundos de un edificio son los que transmiten eficazmente sus cargas cuando éstas se presentan a poca profundidad, a menudo cuando esa profundidad es inferior a 4 metros (p. 37).

Además, la Norma E.050 de RNE para suelos y cimentaciones dice que una cimentación delgada tiene una relación entre profundidad y anchura (D_f/B) de cinco o menos. Esta información se muestra en la tabla siguiente:

Figura 2: Tipos de cimentaciones superficiales.

Cimientos corridos	Zapatas aisladas
<p>También conocidos como zapatas continuas o zapatas corridas, este tipo de cimentación es uno de los más utilizados y transmiten la carga de los muros de mampostería al suelo de fundación.</p> 	<p>Son aquellas que resultan del ensanchamiento del extremo inferior de la columna en el plano de apoyo sobre el suelo, para poder disminuir la magnitud de las presiones de contacto con éste y asegurar la estabilidad de la estructura.</p> 
Zapatas conectadas	Losa de cimentación
<p>Son aquellas que soportan cargas excéntricamente aplicadas en las columnas y al unir las mediante tensores o vigas rígidas se anula el defecto de volcamiento y se otorga estabilidad al conjunto.</p> 	<p>Son las que reciben las cargas de un grupo de columnas y muros. Se la utiliza cuando el área en planta de las bases aisladas resulta prácticamente la misma que la superficie del terreno bajo la construcción.</p> 

Fuente: Elaboración Propia.

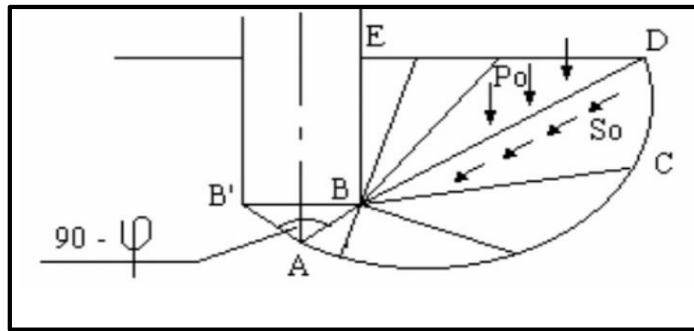
Métodos de determinación de capacidad portante

Método de Meyerhof

Guerrero y Atencio señalan lo siguiente sobre el método Meyerhof:

Utilizando la idea de plasticidad, George Geoffrey Meyerhof desarrolló en 1963 los mecanismos de fallo que pueden desarrollarse en las zapatas poco profundas. (2020, p. 22).

Figura 3: Esquema del Método de Meyerhof.



Fuente: Castillo, 2017.

En 1963, Meyerhof propuso la siguiente ecuación general para la capacidad de carga:

$$q_u = c N_c S_c d_c i_c + q N_q S_q d_q i_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma S_\gamma d_\gamma i_\gamma$$

Dónde:

c : cohesión del suelo

γ : peso específico del suelo

q : $\gamma \cdot D_f$

B : ancho de la cimentación

S_c, S_q, S_γ : factores de forma

D_c, D_q, D_γ : factores de profundidad

I_c, I_q, I_γ : factores de inclinación de la carga

N_c, N_q, N_γ : factores de capacidad de carga

Factores de capacidad de carga.

Se refieren al peso que puede soportar el suelo. Hay una relación entre el ángulo de fricción y el peso que puede soportar. Meyerhof ideó estas ecuaciones para calcularlo:

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right)$$

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

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan (1.4 \phi)$$

Factores de forma.

Son los elementos que afectan a la forma de los cimientos. En estos elementos influyen la anchura, la longitud y el ángulo de rozamiento interno del cimiento. Meyerhof proporciona las siguientes ecuaciones para su cálculo:

Para cualquier ángulo ϕ :

$$S_c = 1 + \left[\left(0.2 \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \right) \left(\frac{B}{L} \right) \right]$$

Para cualquier ángulo $\phi > 10^\circ$:

$$S_q = S_\gamma = 1 + \left[\left(0.1 \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \right) \left(\frac{B}{L} \right) \right]$$

Factores de profundidad.

La profundidad de los cimientos está relacionada con las variables de profundidad de los cimientos. Las dimensiones de la profundidad de cimentación, la anchura y el ángulo de fricción interna también están relacionadas con las variables. Como resultado, Meyerhof crea las siguientes frases.

Para cualquier ángulo ϕ :

$$D_c = 1 + \left(0.2 \sqrt{\tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)} \right) \left(\frac{D_f}{B} \right)$$

Para cualquier ángulo $\phi > 10^\circ$:

$$D_q = D_\gamma = 1 + \left(0.1 \sqrt{\tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)} \right) \left(\frac{D_f}{B} \right)$$

Factores de inclinación

El factor de inclinación es el ángulo de la carga sobre la base con respecto a la vertical. La pendiente también se representa con la letra β .

$$I_c = I_q = \left(1 - \frac{\beta^\circ}{90^\circ}\right)^2$$

$$I_\gamma = \left(1 - \frac{\beta^\circ}{\emptyset}\right)^2$$

Método de análisis simplificado

Celdas estructuradas

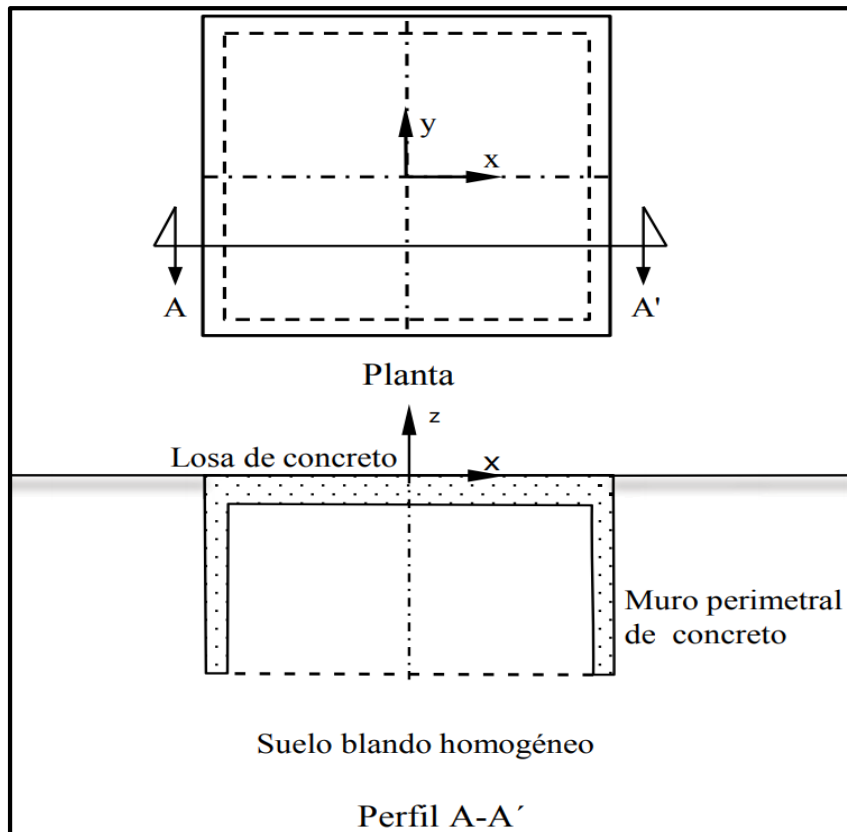
Las células estructuradas, el tipo de cimentación para el que se creó este enfoque, Para que el método de análisis simplificado tenga sentido, deben definirse primero.

Las cimentaciones de cajón son similares a las celdas estructuradas, a veces denominadas cajones en la Norma de Suelos y Cimentaciones E.050 de RNE, que pueden ser cimentaciones superficiales o profundas en función de la relación profundidad/anchura.

Una celda estructurada, (Manuel, Romo,2013) consiste en muros de borde y medios que están físicamente unidos a una losa superior, que es necesaria para una losa inferior cuando el suelo del sótano es grande. (Considerando dimensiones superiores a 6 metros)

La disposición de una cimentación del tipo de celda estructurada se muestra en la siguiente imagen:

Figura 4: Esquema de una celda estructurada.



Fuente: Martínez y Romo, 2013.

Es importante mencionar que la cimentación en base a celdas estructuradas presenta ciertas ventajas en el aspecto constructivo, como el hecho de que no se requiere excavación profunda y la rapidez de su proceso constructivo.

Consideraciones del método de análisis simplificado

Este enfoque se basa en la investigación de la resistencia a la compresión vertical última del suelo, que se puede calcular utilizando la fórmula siguiente para determinar la capacidad portante final del suelo:

$$q_u = q_p + q_{ae} + q_{aa} + q_0$$

Tabla 1: Parámetros considerados en la fórmula general.

q_u	capacidad de carga última del suelo
q_p	resistencia a la penetración de la celda
q_{ae}	resistencia por adherencia lateral de las caras externas de los muros perimetrales
q_{aa}	resistencia por adherencia lateral de las caras internas de los muros perimetrales.
q_o	esfuerzo vertical total a la profundidad de desplante (D) de la cimentación.

Fuente: Propia.

Cálculo de la resistencia a la penetración de la celda (q_p)

Para hallar el valor de q_p se hace uso de la siguiente expresión:

$$q_p = c * N_c * F_f * F_p$$

Dónde:

c = viene a ser la cohesión del suelo

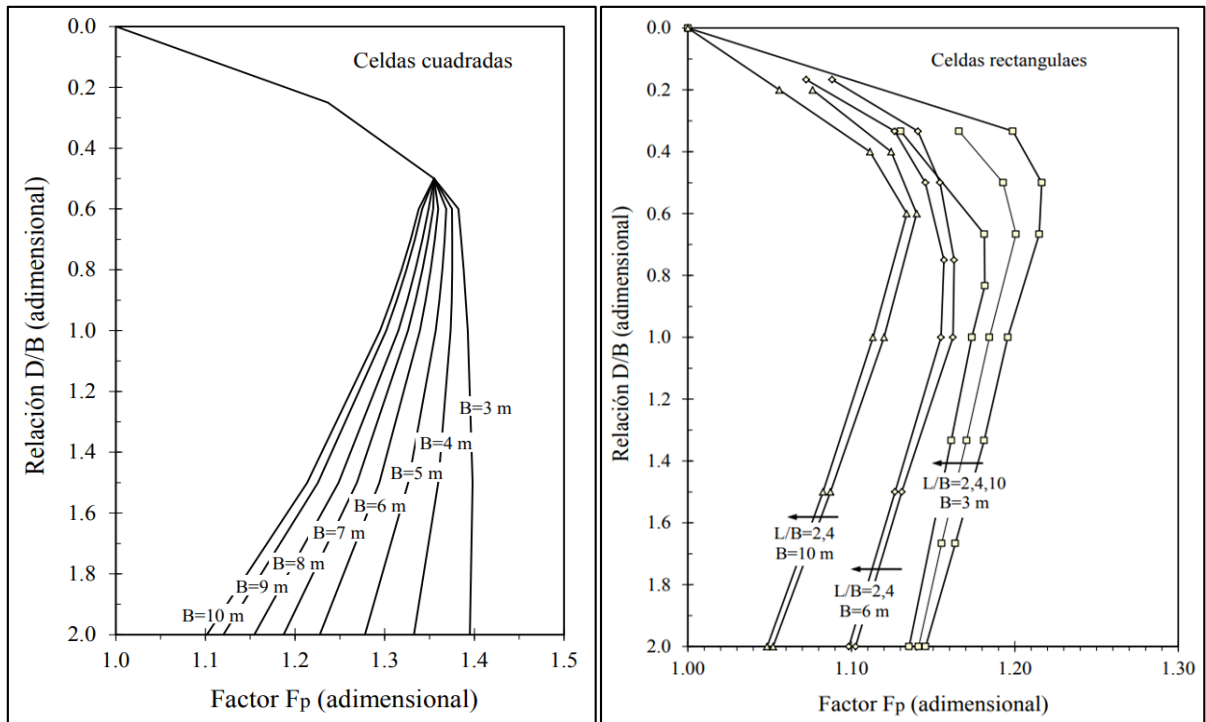
N_c = viene a ser el factor cohesivo de capacidad portante

F_f = viene a ser el factor de forma

F_p = viene a ser el factor de profundidad

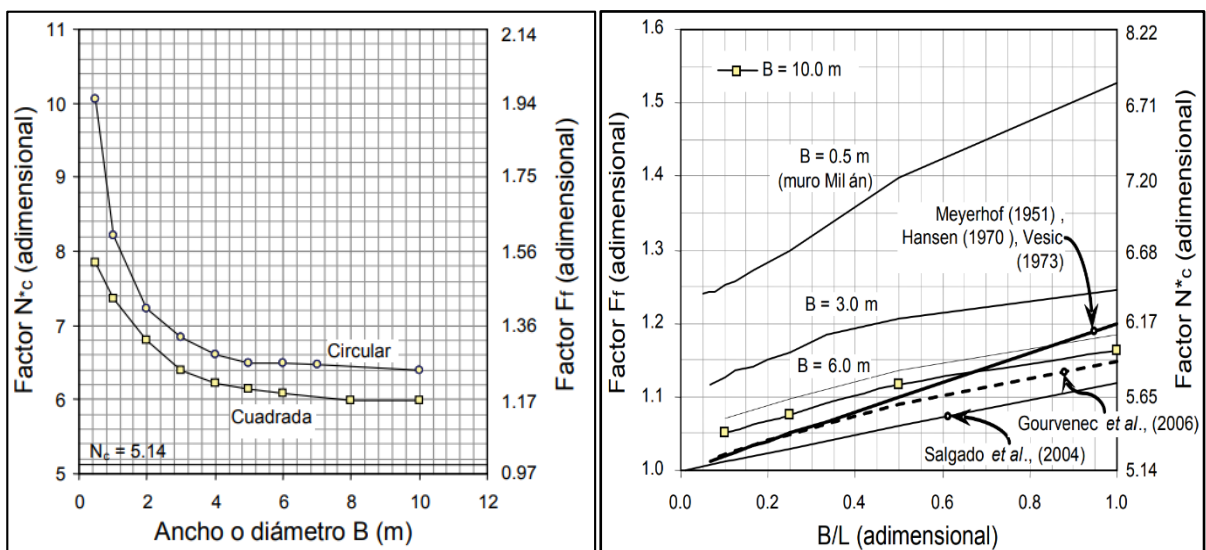
Dónde los valores de F_f y F_p se pueden calcular a partir de las siguientes gráficas:

Figura 5: Gráficas para calcular el valor de F_p para celdas cuadradas (izquierda) y rectangulares (derecha).



Fuente: Martínez y Romo, 2013.

Figura 6: Gráficas para calcular el valor de F_f para celdas cuadradas (izquierda) y rectangulares (derecha).



Fuente: Martínez y Romo, 2013.

Cálculo de la resistencia por adherencia lateral de las caras externas de los muros perimetrales (q_{ae})

Para hallar el valor de q_{ae} se hace uso de la siguiente expresión:

$$q_{ae} = \alpha_p * \frac{p}{A_c} * c_{P1} * D_e$$

Tabla 2: Parámetros considerados en el cálculo de q_{ae} .

α_p	factor que considera el comportamiento de la interfaz muro-suelo, depende del procedimiento y calidad de la instalación del muro y del tipo de suelo, para contacto concreto-suelo, varía de 0.6 a 1.0, siendo recomendable usar un valor de 0.7.
p	perímetro externo de la sección de la celda.
A_c	área en planta de la celda.
c_{P1}	resistencia al corte no-drenada promedio ponderada por el espesor de los estratos de arcilla a lo largo en profundidad de la cara externa de los muros perimetrales.
D_e	longitud en profundidad de la cara externa de los muros de la celda.

Fuente: Propia.

Cálculo de la resistencia por adherencia lateral de las caras internas de los muros perimetrales (q_{aa})

Para hallar el valor de q_{aa} se hace uso de la siguiente expresión:

$$q_{aa} = \alpha_p * F_{aa} * \frac{p_a}{A_c} * c_{P2} * D_a$$

Tabla 3: Parámetros considerados en el cálculo de q_{aa} .

p_a	perímetro interno de la sección celda.
c_{P2}	resistencia al corte no-drenada promedio ponderada por el espesor de los estratos de arcilla a lo largo en profundidad de la cara interna de los muros perimetrales.
D_a	longitud en profundidad de la cara interna de los muros de la celda.
F_{aa}	factor por adherencia interna que depende de la separación de los muros y de la profundidad de desplante, considera la deformación del suelo confinado por los muros de la celda. Este factor posee un valor menor que la unidad (1). Este valor suele estar entre 0.25 y 0.36 en función del ancho y profundidad de la cimentación, pero se recomienda usar el límite bajo, es decir 0.25, ya que ello brinda mayor seguridad en el diseño geotécnico de la celda de cimentación.

Fuente: Propia.

Cálculo de esfuerzo vertical total (q_0)

Para hallar el valor de q_0 se hace uso de la siguiente expresión:

$$q_0 = \gamma_p * D$$

Dónde:

γ_p = peso volumétrico promedio, ponderado por los espesores de los estratos de suelo que confinan a la celda.

D = Profundidad de la celda.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de la investigación

Enfoque

El estudio actual utiliza una metodología cuantitativa porque recopila datos observando el proceso y tomando mediciones numéricas. (Cabezas, Andrade, y Torres, 2018).

Tipo de investigación

Es aplicable porque, en lugar de intentar agregar nuevos conocimientos, use la información actual para abordar problemas reales en un campo específico. (Cabezas, Andrade, y Torres, 2018).

Diseño de investigación

El objetivo de la investigación no experimental es observar los eventos en su escenario natural antes de analizarlos. (Cabezas, Andrade y Torres, 2018). No modifica intencionadamente los factores objeto de investigación.

Nivel de investigación

De acuerdo con (Cabezas, Andrade y Torres ,2018), este estudio es descriptivo ya que pretende describir los rasgos y características de las personas, poblaciones u otros fenómenos objeto de estudio.

3.2 Variables y operacionalización

Variable independiente: Métodos de determinación de capacidad portante del suelo.

Variable dependiente: Seguridad de la cimentación.

La matriz de operacionalización de variables se expone en los anexos.

3.3 Población, muestra y muestreo

Población

Según (Cabezas, Andrade y Torres p. 88, 2018), La población es el conjunto de datos que se utiliza para hacer un estudio detallado de un grupo de cosas que tienen rasgos similares. La población actual se puede averiguar observando cuántas personas están matriculadas en las escuelas de la provincia de Chumbivilcas, el departamento de Cusco y el distrito de Livitaca.

Muestra y muestreo

La muestra es un pequeño grupo de personas de toda la comunidad que nos dará información sobre todo el grupo. (Cabezas, Andrade y Torres, 2018), La Institución Educativa N°56441, que se define como "aquella en la que los elementos muestrales son elegidos de acuerdo a criterios establecidos por el investigador", fue elegida como muestra para este estudio por encontrarse en la sección Tunsuma del pueblo de Huanaco en el distrito de Livitaca de la provincia de Chumbivilcas del departamento del Cusco. Para realizar el muestreo de campo se excavó la tierra de la Institución Educativa N°56441, se hicieron pozos y se llevaron registros.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Técnicas

Son aquellas que se ajustan a la siguiente definición: "Son soluciones al "cómo hacer" y permiten el uso de la técnica en el contexto en el que se utiliza". El enfoque de la investigación se apoya en técnicas, que son actividades deliberadas y reflexivas (Baena, 2017, p. 67). En esta investigación, se utilizaron tanto la observación directa (visitas a la región de estudio) como la observación experimental (experimentos). Pero para averiguar cuánto peso podía soportar la tierra, también consultamos normas y referencias modernas sobre los métodos de





ensayo Meyerhof y Simplificado. Por último, se recurrió a la evaluación de los datos que podían recogerse mediante ensayos de laboratorio.

Instrumentos de recolección de datos

Podrían describirse como personas que trabajan para apoyar los enfoques a fin de que puedan cumplir sus objetivos. Son cualquier forma o técnica utilizada para registrar y analizar datos. (Baena, 2017, p. 16). En este caso, se utilizó el siguiente:

La siguiente información se puede encontrar en una hoja conocida como hoja de recolección de datos que contiene datos del paisaje in situ. título de la tesis, nombre del autor, ubicación, fecha, número del pozo de prueba, mapa de ubicación del pozo de prueba, foto del pozo de prueba, intervención (descripción del terreno), detalles técnicos, observaciones y nombre y firma del ingeniero revisor.

Figura 7:Ficha de Recolección de datos.

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	
REGISTRO DE CALICATA			
TÍTULO:			
AUTOR:			
UBICACIÓN:		Fecha:	
COORDENADAS:			
CROQUIS DE UBICACIÓN			
INTERVENCIÓN		CARACTERÍSTICAS	
SUELO NATURAL <input type="checkbox"/> VEREDA <input type="checkbox"/> LOSA <input type="checkbox"/>			
PANEL FOTOGRÁFICO			
OBSERVACIONES		<hr/> <hr/> <hr/>	
NOMBRE DEL ING. REVISOR:		FIRMA	

Fuente: Propia.

Análisis granulométrico: Al pasar por tamices de diversos diámetros de hasta 75 m, las partículas del suelo se analizan para determinar cuantitativamente cómo se dispersan sus granulometrías. Esto nos da información sobre el contenido de humedad del suelo, los límites de estabilidad y la granulometría, que nos permite clasificarlo en grupos.

Figura 8: Los tamices se utilizan para medir el tamaño de las partículas.



Fuente: Mecánica de Suelos-UNI Laboratorio N° 2.

- Ensayo de corte directo: A lo largo de un plano de fallo que ya se ha fijado, se aplica una carga perpendicular al plano de movimiento sobre un trozo de tierra, mientras que sobre otro trozo se aplica una fuerza de cizalladura horizontal reforzada. El objetivo de este estudio es averiguar la resistencia de la suciedad cuando se separa. Esta prueba es útil porque muestra de inmediato lo fuertes que son los materiales después de haber sido exprimidos y escurridos.

Figura 9: Máquina de corte directo (CD).



Fuente: Laboratorio N° 2 de Mecánica de Suelos-UNI.

- Memorias de cálculo: Éstas nos proporcionaron las indicaciones de las numerosas variables de diseño que los enfoques Meyerhof y de análisis directo habían evaluado.

Validación y confiabilidad de instrumento

De acuerdo con (Hernández y Mendoza, 2018) La validez es un término que indica hasta qué punto una herramienta mide lo que debe medir. En consecuencia, la validez se examinó con la ayuda de autoridades académicas en la materia que utilizaron el juicio de expertos y el análisis bibliográfico.

Por lo tanto, la confiabilidad (también conocida como confiabilidad) se define como la medida en que se puede obtener los mismos hallazgos cuando se utiliza repetidamente un instrumento para la misma persona. (Hernández & Mendoza, 2018). Debido a que el laboratorio se destacó por apegarse a los estándares

esenciales o necesarios, los resultados y mediciones del presente estudio son precisos y consistentes. También es significativo señalar que la Figura 19 y las Tablas 22, 23 y 24 de los anexos incluyen los hallazgos de este estudio de validez y confiabilidad.

3.5 Procedimientos

- Se está utilizando pozos de prueba y llevando un registro de las excavaciones, se realizó un reconocimiento de la región de la investigación con el fin de recoger muestras.
- A continuación, realizamos la prueba de análisis granulométrico, que se hizo para categorizar el suelo del lugar de la investigación y determinar sus limitaciones de granulometría y consistencia.
- Hicimos la prueba de cizallamiento directo, que nos dio información sobre la resistencia al cizallamiento del suelo, el ángulo de fricción interna y los factores de cohesión.
- Utilizando los métodos Meyerhof y Análisis Simplificado, se realizaron memorias de cálculo para averiguar la capacidad portante.
- Por último, se analizaron y discutieron los resultados.

3.6 Aspectos éticos

En el estudio comparativo de la capacidad portante del suelo de la Institución Educativa N°56441, Meyerhof cumplió con seguridad todas las normativas nacionales de construcción (RNE) y los métodos de investigación más sencillos que se utilizaron, especialmente la norma E.050 sobre suelos y cimientos.

Adicionalmente, es importante señalar que en el desarrollo de esta tesis se siguieron estrictamente todas las normas de estilo ISO 690 y las leyes del Vicerrectorado de Investigación de la Universidad César Vallejo.

Valores éticos

La veracidad de las afirmaciones y la explicación de las ideas, así como las condiciones de dignidad y calidad, son principios éticos que defiende la presente tesis. La humildad nos anima a tener constantemente en cuenta las objeciones planteadas contra esta argumentación. El respeto nos anima a ser conscientes de los múltiples puntos de vista en lugar de emitir juicios o criticar a nuestros compañeros. El respeto a los asesores, así como a todos los que han participado en el estudio. La generosidad, que nos enseña a compartir las conclusiones de nuestro estudio con otros investigadores y colegas.

IV. RESULTADOS

4.1 Manejo de análisis de datos

Controlar las cualidades de la suiedad en la zona de estudio, como la granulometría, la compacidad, la humedad y la plasticidad, etc., se controlaron y registraron las excavaciones. A continuación, empleando memoria de cálculo, se aplicaron las formulaciones sugeridas por los procedimientos Meyerhof y Análisis Simplificado.

Análisis de la zona en estudio

La tesis actual se enfoca en la Institución Educativa N°56441, ubicada en el área de Tunsuma de la comunidad de Huanaco, en el distrito de Livitaca, provincia de Chumbivilcas, del Departamento de Cusco.

Departamento : Cusco

Provincia : Chumbivilcas

Distrito : Livitaca

Figura 10: Ubicación de la zona en estudio.



Fuente: Google Earth.

Clima de la zona en estudio

En la comunidad de Huanaco, y en general en el distrito de Livitaca, es posible afirmar que los veranos se caracterizan por ser cortos y lamentablemente nublados, mientras que los inviernos también se caracterizan por ser de corta duración y secos. Es importante mencionar que durante el invierno es posible que la temperatura llegue a alcanzar un valor de -5°C .

Investigación de campo

Para la toma de muestras del área en estudio (el cual se encuentra dentro de los terrenos de la I.E. N°56441) se efectuaron calicatas de acuerdo a las disposiciones que establece la Norma E.050 del RNE. Se tomaron muestras alteradas en bolsas de plástico (NTP 339.151) e inalteradas en tubo de pared delgada (NTP 339.169).

Para conocer las características y atributos del suelo investigado, se realizó trabajo de campo. Además, cabe mencionar que las muestras se llevaron al laboratorio después de ser recogidas. Por otra parte, es crucial señalar que también se confirmó in situ la ausencia de nivel freático.

También es crucial señalar que, durante la construcción de los pozos de prueba, se eligió el mejor tipo de cimentación y su profundidad.

A continuación, de acuerdo con el diseño de los módulos de un solo nivel que se iban a construir, seguimos adelante y completamos el trabajo de gabinete calculando la capacidad portante teniendo en cuenta lo siguiente:

Tipo de estructura: Aporticado de concreto armado

Tipo de cimiento: Superficial (zapatas aisladas).

Distancia entre columnas: 7.00 m máximo.

Ancho de zapata (B): 1.00 m máximo.

Profundidad (Df): 1.60 m mínimo.

Para la presente tesis, se utilizaron tanto el método de Meyerhof como otro enfoque basado en una base celular organizada para calcular cuánto peso podía soportar

la sociedad (método de análisis simplificado), con el fin de determinar cuál de las dos cimentaciones resulta más práctica.

A la vista de lo anterior, el tipo de edificio se designa como tipo C de acuerdo con la Norma E-050, lo que se tiene en cuenta en la tabla siguiente. En este tipo de construcción se necesita un punto de sondeo por cada 800 m² de superficie. Hemos realizado 3 puntos de sondeo (3 pozos de prueba), que es el número mínimo de pozos de prueba exigido por la Norma E.050 sobre suelos y cimientos, ya que la superficie total del centro educativo es de 550 m².

Tabla 4: Tipo de edificaciones.

CLASE DE ESTRUCTURA	DISTANCIA MAYOR ENTRE APOYOS* (m)	NÚMERO DE PISOS (Incluidos los sótanos)			
		≤ 3	4 a 8	9 a 12	> 12
APORTICADA DE ACERO	< 12	C	C	C	B
PÓRTICOS Y/O MUROS DE CONCRETO	< 10	C	C	B	A
MUROS PORTANTES DE ALBANILERÍA	< 12	B	A	—	—
BASES DE MÁQUINAS Y SIMILARES	Cualquiera	A	—	—	—
ESTRUCTURAS ESPECIALES	Cualquiera	A	A	A	A
OTRAS ESTRUCTURAS	Cualquiera	B	A	A	A
* Cuando la distancia sobrepasa la indicada, se clasificará en el tipo de edificación inmediato superior.					
TANQUES ELEVADOS Y SIMILARES		≤ 9 m de altura		> 9 m de altura	
		B		A	

Fuente: Suelos y Cimentaciones del RNE Norma E.050

Tabla 5: de muestra según el tipo de edificación.

N° DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN	
Tipo de Edificación	Número de puntos de investigación (n)
A	1 cada 225 m ²
B	1 cada 450 m ²
C	1 cada 800 m ²

Fuente: Norma E.050 Suelos y Cimentaciones del RNE.

Características del suelo encontrado en las 3 calicatas:

Al ser un terreno relativamente pequeño, fue posible encontrar el mismo tipo de suelo en los tres sondeos (calicatas). En general, el suelo está conformado por un material predominantemente arenoso, con clasificación en el sistema SUCS de tipo SM (Arena limosa). Presenta consistencia firme y buenas condiciones de valor de soporte. No se encontró napa freática.

Ensayos de laboratorio.


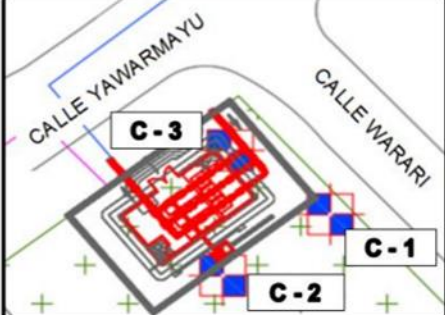


Tabla 6: Ensayos de mecánica de suelos realizados.

CALICATAS	ENSAYOS REALIZADOS
C-1	Análisis granulométrico por tamizado, Límites de Consistencia (Atterberg) y Corte Directo.
C-2	Análisis granulométrico por tamizado, Límites de Consistencia (Atterberg) y Corte Directo.
C-3	Análisis granulométrico por tamizado, Límites de Consistencia (Atterberg) y Corte Directo.

Fuente: Propia.


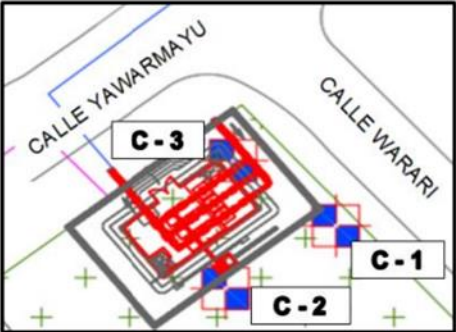


A continuación, figuran las fichas de recogida de datos, es decir, el registro de las 3 calicatas realizadas. Asimismo, se muestran también los resultados de ensayos realizados.

Figura 11: Ficha de calicata C-1

 FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS		
REGISTRO DE CALICATA		
TÍTULO:	"Capacidad portante del suelo por el método de meyerhof y de análisis simplificado para la cimentación - Institución Educativa 56441 cusco"	
AUTOR:	Bach. Eder Django Pure Illanes.	
UBICACIÓN:	I.E. N°56441. Distrito de Livitaca, Cusco.	Fecha: 24-06-21
COORDENADAS:	14° 18'47.0"S 71°41'24.0"W	
CROQUIS DE UBICACIÓN		
INTERVENCIÓN		
SUELO NATURAL <input checked="" type="checkbox"/> VEREDA <input type="checkbox"/> LOSA <input type="checkbox"/>		CARACTERÍSTICAS
		ANCHO DE CALICATA: 1.00 m PROFUNDIDAD DE CALICATA: 2.80 m. PRESENCIA DE NAPA FREÁTICA: NO.
PANEL FOTOGRÁFICO		
OBSERVACIONES		
NOMBRE DEL ING. REVISOR:		FIRMA
ING. FRANKLIN RAÚL GÓMEZ SAPALLANAY CIP N°: 137831		 FRANKLIN RAÚL GÓMEZ SAPALLANAY INGENIERO CIVIL ESPECIALISTA EN SUELOS Reg. CIP N° 137831


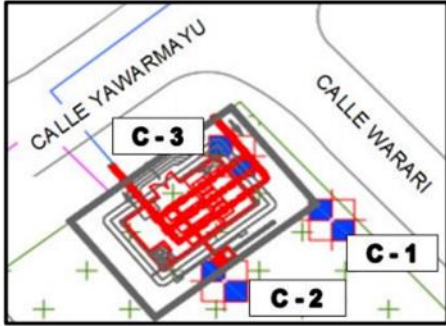


Fuente: Propia.

Figura 12 Ficha de calicata C-2.

 FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS		
REGISTRO DE CALICATA		
TÍTULO:	"Capacidad portante del suelo por el método de meyerhof y de análisis simplificado para la cimentación - Institución Educativa 56441 cusco"	CALICATA: C - 2
AUTOR:	Bach. Eder Django Pure Illanes.	
UBICACIÓN:	I.E. N°56441. Distrito de Livitaca, Cusco. Fecha: 24-06-21	
COORDENADAS:	14°18'47.0"S 71°41'24.0"W	
CROQUIS DE UBICACIÓN		
INTERVENCIÓN	CARACTERÍSTICAS	
SUELO NATURAL <input checked="" type="checkbox"/> VEREDA <input type="checkbox"/> LOSA <input type="checkbox"/>	ANCHO DE CALICATA: 1.20 m PROFUNDIDAD DE CALICATA: 3.00 m. PRESENCIA DE NAPA FREÁTICA: NO.	
PANEL FOTOGRÁFICO		
OBSERVACIONES	<hr/> <hr/>	
NOMBRE DEL ING. REVISOR:		FIRMA
ING. FRANKLIN RAÚL GÓMEZ SAPALLANAY CIP N°: 137831		

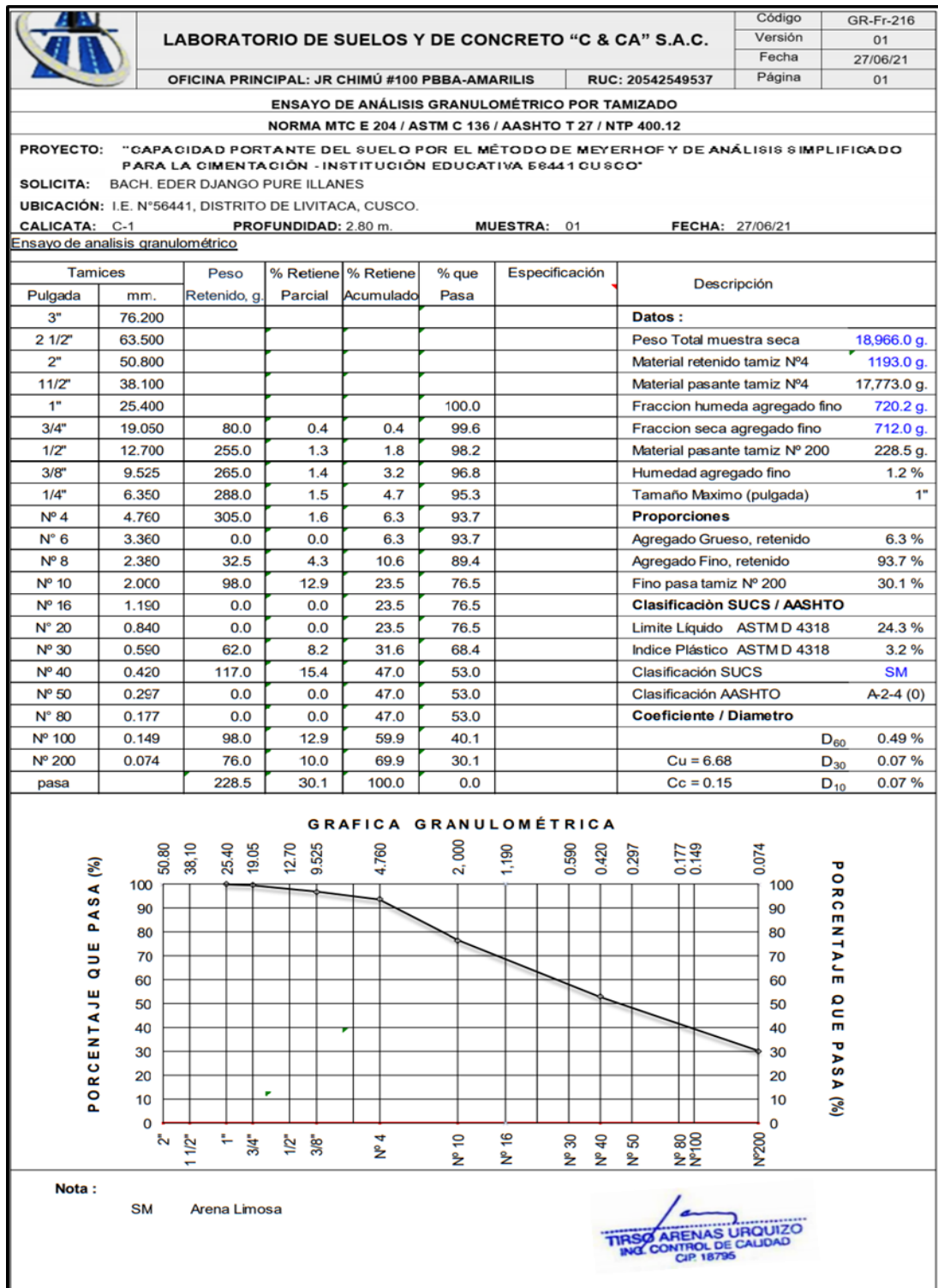
Fuente: Propia.

Figura 13: Ficha de calicata C-3

 FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS		
REGISTRO DE CALICATA		
TÍTULO:	“Capacidad portante del suelo por el método de meyerhof y de análisis simplificado para la cimentación - Institución Educativa 56441 cusco”	CALICATA: C - 3
AUTOR:	Bach. Eder Django Pure Illanes.	
UBICACIÓN:	I.E. N°56441. Distrito de Livitaca, Cusco. Fecha: 24-06-21	
COORDENADAS:	14°18'47.0"S 71°41'24.0"W	
CROQUIS DE UBICACIÓN		
INTERVENCIÓN	CARACTERÍSTICAS	
SUELO NATURAL <input checked="" type="checkbox"/> VEREDA <input type="checkbox"/> LOSA <input type="checkbox"/>	ANCHO DE CALICATA: 1.10 m PROFUNDIDAD DE CALICATA: 2.50 m. PRESENCIA DE NAPA FREÁTICA: NO.	
PANEL FOTOGRÁFICO		
OBSERVACIONES	<hr/> <hr/>	
NOMBRE DEL ING. REVISOR:		FIRMA
ING. FRANKLIN RAÚL GÓMEZ SAPALLANAY CIP N°: 137831		

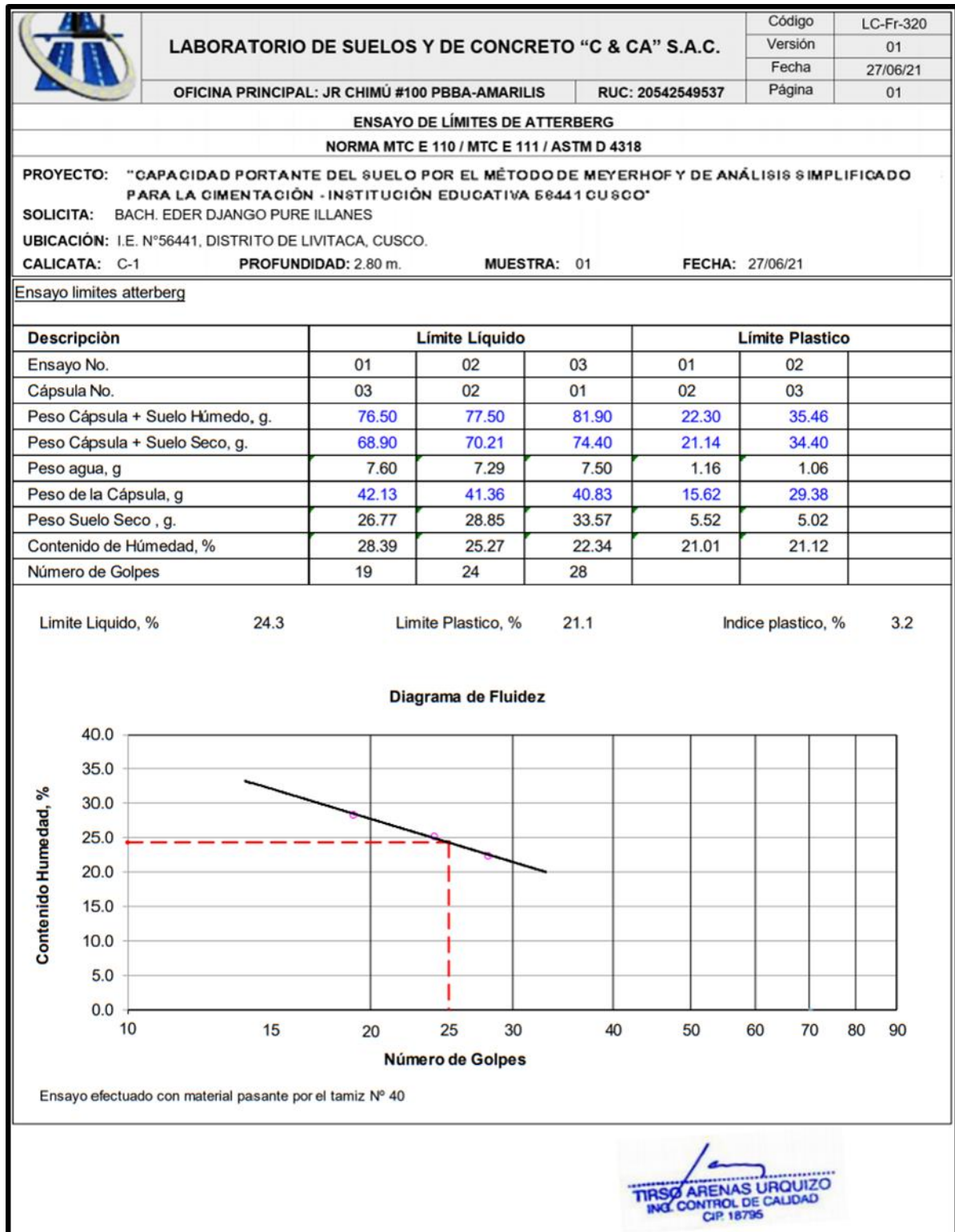
Fuente: Propia.

Figura 14: Ensayo de análisis granulométrico – Calicata C-1.



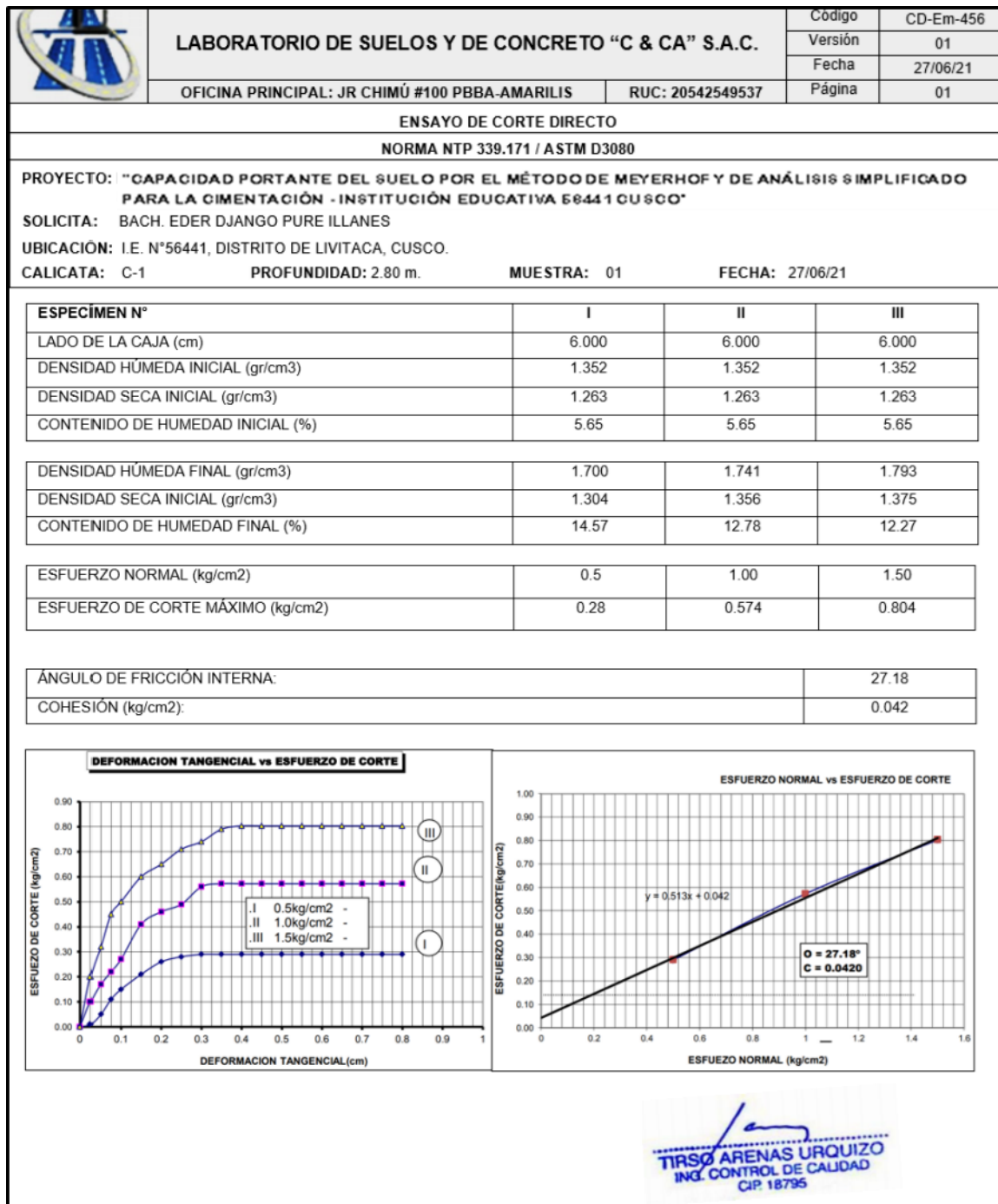
Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto "C & CA" S.A.C.

Figura 15: Ensayo de límites de Atterberg – Calicata C-1.



Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto "C & CA" S.A.C.

Figura 16: Ensayo de corte directo – Calicata C-1.



Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto "C & CA" S.A.C

Los ensayos de laboratorio de suelos de las calicatas 2 y 3 se adjuntan en los anexos.

Características del suelo encontrado

Fue capaz de detectar el mismo tipo de suelo en las tres fosas de prueba debido al tamaño relativamente modesto de la parcela. En general, el suelo está formado en su mayor parte por una sustancia similar a la arena conocida como SM (arena limosa) en el sistema de clasificación SUCS. Es resistente y bien sostenido. No se ha localizado el nivel freático.

Tabla 7: Resumen de características del suelo encontrado.

Contenido de humedad (%)	5.65
Límite líquido (LL) (%)	24.3
Límite plástico (LP) (%)	21.1
Índice plástico (LL-LP=IP) (%)	3.2
Clasificación (S.U.C.S.)	SM
Cohesión c (kg/cm ²)	0.042
Ángulo de fricción interna Φ	27.18
Peso volumétrico seco γ (g/cm ³)	1.674

Fuente: Elaboración Propia.

Determinación de capacidad portante por el Método de Meyerhof

Para una cimentación de tipo zapata aislada

Teniendo en cuenta tanto las cualidades del edificio que se va a construir como las propiedades del suelo, La gente utilizaba el método Meyerhof para calcular cuánto peso podía soportar la tierra.

A continuación, se presenta la fórmula general de la ecuación de Meyerhof, que ya se expuso en el capítulo del estudio en el que se describen los fundamentos teóricos:

$$q_u = c N_C S_C d_C i_C + q N_q S_q d_q i_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma S_\gamma d_\gamma i_\gamma$$

Los factores de diseño calculados se muestran a continuación:

Tabla 8: Factores de capacidad de carga calculados.

$N_q = e^{\pi \tan \phi} * \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$	Nq=13.46
$N_\gamma = (N_q - 1) * \tan(1.4\phi)$	N γ =9.75
$N_c = (N_q - 1) * \cot \phi$	Nc=24.26

Fuente: Propia.

Tabla 9: Factores de forma calculados.

$s_c = 1 + \left[\left(0.2 * \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \right) \left(\frac{B}{L} \right) \right]$	Sc=1.54
$s_q = 1 + \left[\left(0.1 \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \right) \left(\frac{B}{L} \right) \right]$	Sq=1.27
$s_\gamma = 1 + \left[\left(0.1 \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \right) \left(\frac{B}{L} \right) \right]$	S γ =1.27

Fuente: Propia.

Tabla 10: Factores de profundidad calculados.

$d_c = 1 + 0.2 * \left(\frac{Df}{L} \right)$	dc = 1.12
$d_q = 1 + \left(0.1 * \sqrt{\tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)} * \left(\frac{Df}{L} \right) \right)$	dq = 1.10
$d_\gamma = 1 + \left(0.1 * \sqrt{\tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)} * \left(\frac{Df}{L} \right) \right)$	d γ = 1.10

Fuente: Propia.

Al no existir inclinaciones de carga en la situación estudiada, estas consideraciones no se tienen en cuenta. En consecuencia, estas variables tienen un valor de 1, ya que no influyen en la fórmula de Meyerhof.

Después, sustituyendo los valores en la fórmula de Meyerhof, llegamos a:

$$q_u = c N_c S_c d_c i_c + q N_q S_q d_q i_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma S_\gamma d_\gamma i_\gamma$$

$$q_u = 0.042 * 24.26 * 1.54 * 1.27 * 1 + (1.674 * 10^{-3}) * 100 * 13.46 * 1.27 * 1.10 * 1 + \frac{1}{2} * 1.674 * 10^{-3} * 60 * 9.75 * 1.27 * 1.10 * 1 = 5.82 \text{ kg/cm}^2$$

El método de Meyerhof para una zapata aislada resultó en:

Tabla 11: Resumen resultados método de Meyerhof.

Tipo de cimentación	Ancho de cimentación	Longitud de la cimentación	Profundidad de la cimentación	Capacidad de carga última del suelo (qu)	Capacidad de carga admisible (qadm)
Zapata aislada cuadrada	0.60m	0.60m	1.00m	5.82 kg/cm ²	1.94 kg/cm ²

Fuente: Propia.

La capacidad de carga máxima se multiplicó por un factor de seguridad (SF) de tres para obtener la cantidad máxima que se podía transportar.

Para una cimentación corrida

Meyerhof sugiere la siguiente ecuación para calcular cuánto peso puede soportar la tierra en el caso de cimentaciones en franjas:

$$q_u = \frac{1}{2} * B * \gamma * N_\gamma + c * N_c + \gamma_q * D_f * N_q$$

Tabla 12: Factores de carga para cimiento corrido.

$N_q = e^{\pi * \tan \phi} * \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$	Nq=13.46
$N_\gamma = (N_q - 1) * \tan(1.4\phi)$	Nγ=9.75
$N_c = (N_q - 1) * \cot \phi$	Nc=24.26

Fuente: Propia.

$$q_u = \frac{1}{2} * 50 * 1.674 * 10^{-3} * 9.75 + 0.042 * 24.26 +$$

$$1.674 * 10^{-3} * 80 * 13.46 = 3.23 \frac{kg}{cm^2}$$

Se obtuvieron los siguientes resultados utilizando el enfoque Meyerhof para una cimentación de zapatas corridas:

Tabla 13: Resumen de resultados para cimiento corrido.

Tipo de cimentación	Ancho de cimentación	Profundidad de la cimentación	Capacidad de carga última del suelo (qu)	Capacidad de carga admisible (qadm)
Cimiento corrido.	0.50m	0.80m	3.23 kg/cm ²	1.08 kg/cm ²

Fuente: Propia.

Análisis de asentamientos por el Método de Meyerhof para zapata aislada

En 1965, Meyerhof quería utilizar la resistencia a la perforación estándar (N60) y las expresiones posteriores para determinar el asentamiento instantáneo in cimentaciones poco profundas.

$$s_e = \frac{1.25 * q_{adm} \left(\frac{kN}{m^2} \right)}{N_{60} * F_d} \quad (\text{para } B \leq 1.22 \text{ m})$$

$$s_e = \frac{2 * q_{adm} \left(\frac{kN}{m^2} \right)}{N_{60} * F_d} * \left(\frac{B}{B+0.3} \right)^2 \quad (\text{para } B > 1.22 \text{ m})$$

Dónde:

s_e = asentamiento en mm

q_{adm} = capacidad de carga admisible (kN/m²)

B = ancho de la cimentación (m)

N_{60} = resistencia a la penetración estándar obtenida del Ensayo SPT

F_d = Factor de profundidad = $1 + 0.33 * (D_f/B)$

Como el ancho considerado para la cimentación (zapata cuadrada) elegido es de 0.60 m, entonces empleamos la primera de las fórmulas mostradas anteriormente ($B = 0.6$ m).

Como ya ha sido determinado, $q_{adm} = 1.94 \text{ kg/cm}^2 = 190 \text{ kN/m}^2$.

$F_d = 1 + 0.33 * (1\text{m} / 0.6\text{m}) = 1.55$, $N_{60} = 21$ (obtenido del ensayo SPT)

Entonces reemplazando en la primera fórmula tenemos:

$$s_e = \frac{1.25 * 190}{21 * 1.55} = 7.30 \text{ mm} = 0.007\text{m}$$

Se confirma que el asentamiento que se producirá es inferior al máximo soportable, ya que las dimensiones propuestas y la capacidad portante calculada son válidas y el asentamiento alcanzado es de 0,007 m, inferior al máximo tolerado de 0,018 m. La capacidad de funcionamiento de las zapatas se debe a las propiedades del terreno de cimentación y a la probabilidad de asentamiento. Esto garantiza la estabilidad de la cimentación prevista.

Análisis de asentamientos por el Método de Meyerhof para cimiento corrido

Empleando la fórmula de Meyerhof para calcular el asentamiento inmediato en cimentaciones superficiales se tiene:

$$s_e = \frac{1.25 * q_{adm} \left(\frac{kN}{m^2} \right)}{N_{60} * F_d} \quad (\text{para } B \leq 1.22 \text{ m})$$

Como ya ha sido determinado, $q_{adm} = 1.08 \text{ kg/cm}^2 = 106 \text{ kN/m}^2$.

$F_d = 1 + 0.33 * (0.8\text{m} / 0.5\text{m}) = 1.53$, $N_{60} = 21$ (obtenido del ensayo SPT)

Entonces reemplazando en la primera fórmula tenemos:

$$s_e = \frac{1.25 * 106}{21 * 1.53} = 4.12 \text{ mm} = 0.004\text{m}$$

Dado que las dimensiones recomendadas y la capacidad portante calculada son exactas y que el asentamiento alcanzado es de 0,004 m, inferior al máximo tolerable de 0,018 m, se establece que el asentamiento que se producirá es inferior al máximo tolerable. Debido a las características del terreno de cimentación y a la probabilidad de asentamiento, puede emplearse la cimentación en franjas. De este modo se garantiza la estabilidad de la cimentación prevista.

Determinación de capacidad portante empleando el Método de Análisis Simplificado

Como ya se comentó el método de análisis simplificado sólo es empleado específicamente para una cimentación de tipo de celda estructural. Es así que de acuerdo a los criterios de este método la capacidad de carga última puede ser calculada por la siguiente fórmula:

$$q_u = q_p + q_{ae} + q_{aa} + q_0$$

A continuación, se calculan cada uno de los componentes de la fórmula de este método:

Cálculo de la resistencia a la penetración de la celda (q_p)

Para hallar el valor de q_p se hace uso de la siguiente expresión:

$$q_p = c * N_c * F_f * F_p$$

Dónde:

c = cohesión del suelo (según el ensayo de corte directo $c = 0.042\text{kg/cm}^2$)

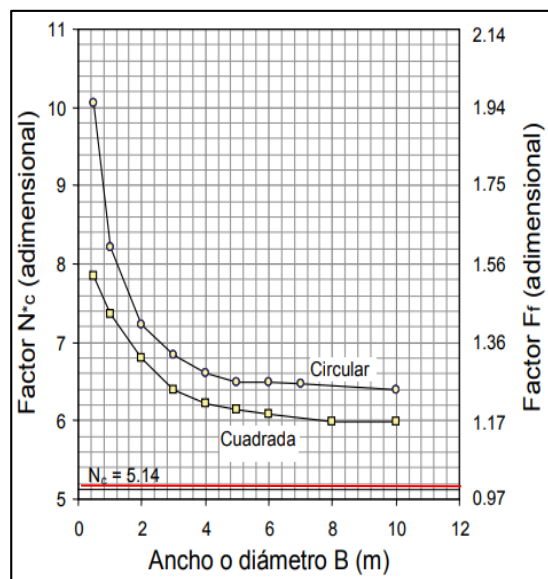
N_c = factor cohesivo de capacidad de carga (según Meyerhof el valor de N_c es igual a $2 + \pi = 5.14$)

F_f = factor de forma

F_p = factor de profundidad

El factor de forma F_f se calculó con el siguiente gráfico:

Figura 17: Determinación del factor F_f .

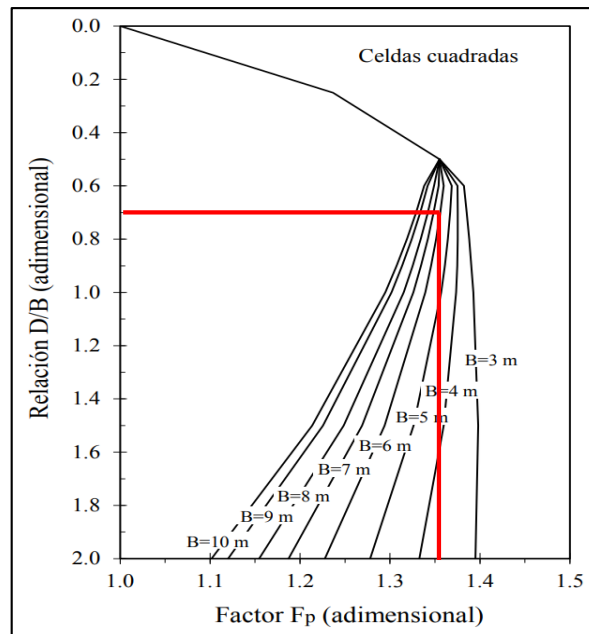


Fuente: Martínez y Romo, 2013.

De acuerdo a la gráfica anterior, considerando $N_c = 5.14$, entonces el valor de F_f es 0.99

Por otra parte, el factor de profundidad F_p se calculó con el siguiente gráfico:

Figura 18: Factor de profundidad.



Fuente: Martínez y Romo, 2013.

De acuerdo a la gráfica anterior, considerando D/B ($4/6 = 0.7$) y considerando el ancho de cimentación $B = 6$ m, entonces el valor de F_p es 1.36.

La resistencia a la penetración de la celda (q_p) se calcula de:

$$q_p = 0.042 * 5.14 * 0.99 * 1.36 = 0.29 \text{ kg/cm}^2$$

Cálculo de la resistencia por adherencia lateral de las caras externas de los muros perimetrales (q_{ae})

Para hallar el valor de q_{ae} se hace uso de la siguiente expresión:

$$q_{ae} = \alpha_p * \frac{p}{A_c} * c_{p1} * D_e$$

Dónde:

$$\alpha_p = 0.7$$

$$p = 24 \text{ m} = 2400 \text{ cm.}$$

$$A_c = 36 \text{ m}^2 = 36 * 10^4 \text{ cm}^2$$

$$c_{p1} = 0.042 \text{ kg/cm}^2.$$

$$D_e = 4 \text{ m} = 400 \text{ cm}$$

Entonces reemplazando los valores en la fórmula anterior se tiene como resultado:

$$q_{ae} = 0.7 * \frac{2400}{36 * 10^4} * 0.042 * 400 = 0.08 \text{ kg/cm}^2$$

Cálculo de la resistencia por adherencia lateral de las caras internas de los muros perimetrales (q_{aa})

Para hallar el valor de q_{aa} se hace uso de la siguiente expresión:

$$q_{aa} = \alpha_p * F_{aa} * \frac{p_a}{A_c} * c_{p2} * D_a$$

Dónde:

$$p_a = 21.60 \text{ m} = 2160 \text{ cm.}$$

$$c_{p2} = 0.042 \text{ kg/cm}^2$$

$$D_a = 3.50 \text{ m} \text{ (4m de profundidad del muro menos 0.50m del espesor de la losa)} = 350 \text{ cm.}$$

$$F_{aa} = 0.25$$

Entonces reemplazando los valores en la fórmula anterior se tiene como resultado:

$$q_{aa} = 0.7 * 0.25 * \frac{2160}{36 * 10^4} * 0.042 * 350 = 0.01 \text{ kg/cm}^2$$

Cálculo de esfuerzo vertical total (q_0)

Para hallar el valor de q_0 se hace uso de la siguiente expresión:

$$q_0 = \gamma_p * D$$

Dónde:

$$\gamma_p = 1.674 \text{ g/cm}^3.$$

$$D = 3\text{m}.$$

Entonces reemplazando los valores en la fórmula anterior se tiene como resultado:

$$q_0 = 1.674 * 10^{-3} * 400 = 0.67 \text{ kg/cm}^2$$

Entonces reemplazando en la fórmula tenemos:

$$q_u = q_p + q_{ae} + q_{aa} + q_0$$

$$q_u = 0.29 + 0.08 + 0.01 + 0.67 = 1.05 \text{ kg/cm}^2$$

Tabla 14: Resumen resultados método simplificado.

Tipo de cimentación	Ancho de cimentación (celda)	Longitud de la cimentación (celda)	Profundidad de la cimentación (profundidad exterior del muro)	Espesor de losa	Espesor de muro	Capacidad de carga última del suelo
Celda estructurada.	6m	6m	4m	0.5m	0.5m	1.05 kg/cm ²

Fuente: Propia.

Análisis de asentamientos por el Método de Análisis Simplificado

Utilizando el Método Simplificado de análisis, la Teoría Elástica de los Suelos de (Lambe y Whitman, 1969) Para que se produzcan asentamientos, debe conocerse el valor de la flexibilidad del suelo. Para que se produzcan asentamientos, hay que conocer el valor de la flexibilidad del suelo. Por ello, utilizamos esta frase: Con el

Método de Análisis Simplificado, se utiliza la Teoría Elástica del Suelo para calcular cuánto se ha movido el terreno, que (Lambe and Whitman,1969) se estudiaron en profundidad. El módulo de flexibilidad del suelo indica cuánto se asentará. Por ello, utilizamos la siguiente frase:

$$S_i = \frac{q_u * B * (1 - \mu^2)}{E_s} * I_f$$

Tabla 15: Resumen de parámetros empleados para el cálculo de asentamiento.

B = ancho de la cimentación (m)	B = 6 m (ancho de celda estructurada)
M = Relación de Poisson	$\mu = 0.25$
q_u = Capacidad de carga última (ton/m ²)	$q_u = 10.5$ ton/m ²
I_f = Factor de forma (cm/m)	$I_f = 82$
E_s = Módulo de elasticidad (ton/m ²)	$E_s = 2000$

Fuente: Propia.

Tabla 16: Módulo de Elasticidad (Es) para cada tipo de suelo.

Tipo de suelo	Es (Ton/m ²)
Arcilla muy blanda	30-300
Arcilla blanda	200-400
Arcilla media	450-900
Arcilla dura	700-2000
Arcilla arenosa	3000-4250
Suelos Glaciares	1000-16000
Loess	1500-6000
Arena Limosa	500-2000
Arena suelta	1000-2500
Arena densa	5000-10000
Grava arenosa densa	8000-20000
Grava arenosa suelta	5000-14000
Arcilla esquistosa	14000-140000
Limos	200-2000

Fuente: Alva, 2014.

Se utilizó un valor de $E_s = 2000 \text{ ton/m}^2$ de la tabla anterior, ya que el suelo investigado era una arena limosa.

Tabla 17: Valores de I_f recomendados

Forma de la zapata	Valores de I_f (cm/m)			
	Cim. flexible			Rígida
Ubicación	Centro	Esquina	Medio	--
Rectangular $L/B = 2$	153	77	130	120
$L/B = 5$	210	105	183	170
$L/B = 10$	254	127	225	210
Cuadrada	112	56	95	82
Circular	100	64	85	88

Fuente: Alva, 2014.

Se considera que la zapata cuadrada es porque la cimentación propuesta está formada por celdas cuadradas. Por lo tanto, el valor fue $I_f = 82$.

Tabla 18: Módulo de Poisson según el tipo de suelo.

Tipo de suelo	μ (-)
Arcilla saturada	0.4 - 0.5
Arcilla no saturada	0.1 - 0.3
Arcilla arenosa	0.2 - 0.3
Limo	0.3 - 0.35
Arena densa	0.2 - 0.4
Arena de grano grueso	0.15
Arena de grano fino	0.25
Roca	0.1 - 0.4
Loess	0.1 - 0.3
Hielo	0.36
Concreto	0.15

Fuente: Alva, 2014.

El cuadro anterior muestra que se obtuvo un valor de $\mu = 0.25$.

La Teoría del Suelo Elástico se sustituye entonces en la fórmula de cálculo del asentamiento.

$$S_i = q_u * B * (1 - \mu^2) * I_f / E_s$$

$$S_i = 10.5 * 6 * (1 - 0.25^2) * 82 / 2000$$

$$S_i = 2.42 \text{ cm} = 0.024 \text{ m.}$$

La Teoría Elástica de Suelos considera para este tipo de edificaciones un asentamiento máximo permisible de 1 pulg, es decir 2.54 cm. Entonces como el asentamiento calculado (2.42 cm) es menor que el máximo permisible (2.54 cm) se puede afirmar que se garantiza la estabilidad de la cimentación.

Tabla 19: Resumen resultados método de Meyerhof y análisis simplificado.

Método	Tipo de cimentación	Capacidad de carga última del suelo	Análisis de asentamiento
Meyerhof	Zapata aislada cuadrada	5.82 Kg/cm ²	0.007 m
	Cimiento corrido	3.23 Kg/cm ²	0.004 m
Análisis Simplificado	Celda estructurada	1.05 Kg/cm ²	0.024 m

Fuente: Propia.

Los resultados de ambos métodos se muestran sobre una tabla para mayor discusión y análisis.

V. DISCUSIÓN

Hipótesis general: La comparación de la capacidad portante del suelo por los métodos de Meyerhof y de análisis simplificado proporciona una óptima seguridad a la cimentación en la Institución Educativa N°56441, Cusco 2021.

Según los resultados, que mostraron que el Método Meyerhof utilizaba una cimentación de tipo zapata cuadrada con unas dimensiones de 0,60 m x 0,60 m x 1,00 m y una capacidad portante del suelo de 5,82 kg/cm², mientras que el Método de Análisis Simplificado utilizaba una cimentación de tipo celda estructurada que cubría toda la superficie del nuevo módulo con unas dimensiones de 6,00 m x 6,00 m x 4,00 m y una capacidad portante del suelo de 1,05 kg/cm², puesto que ambos métodos señalan que el suelo en mención tiene una capacidad portante aceptable para cimentar el módulo de 1 nivel (1 piso), resaltando el hecho de que las cimentaciones propuestas por ambos métodos podrán transmitir eficientemente las cargas del nuevo módulo al suelo, evitando su colapsabilidad.

Estos resultados contrastan con los de (Martínez y Romo,2013) quienes encontraron que métodos como Meyerhof, Hansen y el Análisis Simplificado son útiles para calcular la capacidad portante en cimentaciones someras. "Capacidad portante tridimensional de células estructuradas apoyadas sobre suelo cohesivo: Método de Análisis Simplificado" era el nombre de su trabajo. Dijeron que el Método de Análisis Simplificado es mejor para situaciones en las que la tierra no aguanta suficiente peso.

De esta manera, se aprueba el supuesto general de que la Institución Educativa N°56441, Cusco 2021 ofrece el mejor nivel de seguridad para la cimentación mediante la comprobación de la capacidad de carga del suelo con el método Meyerhof y otros métodos de análisis más sencillos. Además, se ajusta al objetivo general de garantizar la seguridad de la base del centro educativo comprobando la capacidad de carga del suelo mediante el método Meyerhof y otros métodos más sencillos.

Hipótesis específica 1: El método de Meyerhof permite realizar un mejor análisis de asentamientos en la cimentación de la Institución Educativa N°56441, Cusco 2021.

De acuerdo a los resultados obtenidos, los cuales fueron un asentamiento obtenido por el Método de Meyerhof de 0.007 m y un asentamiento obtenido por el Método de Análisis Simplificado (basado en la Teoría Elástica de Suelos) de 0.024 m. Por lo tanto, se puede afirmar que el método de Meyerhof permite realizar un mejor análisis de asentamientos en la cimentación de la Institución Educativa N°56441, Cusco 2021 puesto que en su cálculo de asentamiento considera la capacidad de carga admisible y no la última, lo cual aporta un factor de seguridad al análisis, además que con el Método de Meyerhof se obtiene también un menor asentamiento que con el Método de Análisis Simplificado.

Estos resultados contrastan con los de Teniente (2016), quien descubrió que el Método Meyerhof es uno de los más útiles para el análisis de asentamientos y obtuvo un asentamiento de 0,008 m por la circunstancia del suelo Inquilpata en su tesis titulada "Análisis comparativo en la determinación de la capacidad admisible por los Métodos Terzagui y Meyerhof, para el diseño de cimentaciones someras según las características del suelo Inquilpata en el distrito de Anta".

Dado que el método Meyerhof permite un mejor análisis de los asentamientos en la cimentación de la institución educativa N° 56441, Cusco 2021, la primera hipótesis específica que señala que esto se acepta, también es consistente con el primer objetivo específico, que es determinar cómo los métodos Meyerhof y Análisis Simplificado permiten analizar los asentamientos en la cimentación de la institución educativa N° 56441, Cusco 2021. El Método Meyerhof, por su parte, utiliza la Teoría de la Elasticidad del Suelo como base para determinar el asentamiento, lo que da como resultado un asentamiento de 0,024 metros. El Método de Análisis Simplificado, por otro lado, determina el asentamiento utilizando el valor de Resistencia a la Penetración Estándar (N60) que se obtiene del ensayo SPT junto con el factor de profundidad. La resolución se obtuvo utilizando ambos métodos.

Hipótesis específica 2: El método de análisis simplificado permite realizar un mejor análisis de la condición geomecánica del suelo de la cimentación de la Institución Educativa N°56441, Cusco 2021.

En base a los resultados, que mostraron que el método de análisis simplificado permite un mejor análisis de la condición geomecánica del suelo de la cimentación de la Institución Educativa N°56441, Cusco 2021 y una capacidad portante de 5,82 kg/cm² para el Método Meyerhof y de 1,05 kg/cm² para el Método de Análisis Simplificado, se puede concluir que el método de análisis simplificado permite un mejor análisis de la condición geomecánica del suelo.

Este resultado contrasta con el de (Martínez y Romo,2013), quienes encontraron que este método es una de las formas más complejas de determinar la capacidad portante de los suelos porque es el resultado de un análisis numérico exhaustivo y riguroso, donde se definen relaciones para los factores de forma y profundidad que se utilizan, tomando en consideración todos los factores relevantes.

Por tanto, se acepta el segundo supuesto específico, el cual determina que el método de análisis simplificado, además de corresponder al segundo, permite analizar mejor las condiciones geomecánicas del suelo en la institución educativa no. 56441, Cusco 2021. El propósito específico de determinación como Meyerhoff y los métodos de análisis simplificados analizan las condiciones geomecánicas del suelo de los cimientos de la institución educativa Cusco 2021, El método Meyerhoff, que analiza el factor de forma, el factor de profundidad, el factor de pendiente y la capacidad portante estándar -todos los cuales dependen del ángulo de fricción interna y de la cohesión como parámetros para la capacidad portante- da una capacidad portante de 5,82 kg/cm², mientras que el método de análisis simplificado analiza las condiciones geomecánicas del suelo teniendo en cuenta las condiciones geomecánicas del suelo. 4 tipos de resistencia del suelo relacionados con la cimentación La suma de resistencia osmótica celular, resistencia de adhesión lateral en la superficie exterior del revestimiento, adhesión lateral a la superficie interior del revestimiento y la fuerza vertical total da como resultado una capacidad de carga de 1,05 kg/cm².

Hipótesis específica 3: El método de Meyerhof proporciona una cimentación de menores dimensiones geométricas para la Institución Educativa N°56441, Cusco 2021.

Según los resultados, se trata de cimentaciones unitarias con una anchura de cimentación (nudo) de 6 m, una longitud de cimentación (retícula) de 6 m, una profundidad de cimentación (profundidad de la pared exterior) de 4 m y un espesor de la pared de la losa de 0,5 m para el método de análisis simplificado y cimentaciones de tipo cimentación cuadrada con una anchura de 0,6 m y una profundidad de 1 m para el método Meyerhoff. Es claro que el método de Meyerhoff proporciona una base de geometría más pequeña para la institución educativa Cusco 2021 no. 56441 porque ofrece una base que no cubre toda el área del módulo, sino que consta de 4 pies cuadrados por 0,60 metros de ancho, 1,00 m de profundidad. Estos hallazgos entran en conflicto con los realizados por Guerrero y Atencio (2020) en su artículo "Determinación de la Capacidad Portante del Suelo del Sector 309 - Cámaras de Bombardeo de Villa María del Triunfo Utilizando el Método Meyerhoff", en el que afirman que el método Meyerhoff permite realizar unas cimentaciones superficiales compactas y eficaces, unas cimentaciones cuadradas de 1,6 m de lado y 0,5 m de profundidad. Por lo tanto, la aceptación de la tercera hipótesis específica de que la determinación de que el método de Meyerhoff proporciona la base para un tamaño geométrico menor para la institución educativa Cusco 2021 no. 56441, también de acuerdo con el tercer objetivo específico determinar cómo funciona el método Meyerhoff y simplificar el análisis relacionado con las características geométricas de los cimientos de las instituciones educativas no. 56441, Cuzco 2021, porque se logró este objetivo, porque se reconoció que el método de Meyerhoff es apropiado para las características geométricas de las cimentaciones, ya que utiliza un factor de forma que depende del ancho y la profundidad de las cimentaciones, $p = \frac{D_f}{B}$. Solo profundidad Zapata poco profunda con una relación ancho/ancho (D_f/B) menor o igual a 5 para lograr un pie cuadrado de 0,6 m de ancho y 1,00 m de profundidad, mientras que el método simplificado de análisis se refiere a las propiedades geométricas que deben utilizar el fórmula, para calcular sus 4 tipos de resistencia del tamaño de la unidad estructural (q_p , q_{ae} , q_{aa} y q_o), como el ancho y la longitud de la unidad, la profundidad exterior de la pared de la unidad, el grosor del piso y el grosor de la

pared, alcanzar la longitud y el ancho de 6 m, y la pared exterior la profundidad es de 4m, unidad estructural con espesor de piso y pared de 0.50m.

VI. CONCLUSIONES

Primera: Con respecto al propósito general de comparar la capacidad portante del suelo con el método de Meyerhoff y el análisis simplificado para asegurar que la Institución Educativa no. 56441 en Cusco 2021, se concluyó que la determinación y análisis simplificado de Meyerhoff mostró que los suelos investigados tienen la Capacidad de Carga Asumida (respectivamente 5.82 kg/cm² y 1.05 kg/cm²), lo que garantiza la estabilidad de las cimentaciones de los nuevos módulos del centro de formación.

Segunda: En cuanto al primer conjunto de objetivos específicos para determinar cómo los métodos de análisis de Meyerhoff y simplificado permiten el análisis de asentamientos en los cimientos de las instituciones educativas No. 56441, Cusco 2021, se concluyó que la determinación del método de Meyerhoff permite el análisis de asentamientos a partir de los criterios obtenidos en el ensayo SPT Valor de resistencia (N60) y permeabilidad del coeficiente de profundidad, se obtiene un teorema de 0.007m, El teorema de 0,024 m se alcanza utilizando el enfoque analítico simple, que se basa en la teoría de la elasticidad del suelo.

Tercera: En el segundo objetivo específico, determinar cómo Meyerhoff y los métodos de análisis simplificados permiten analizar la institución educativa núm. 56441, Cuzco 2021, Basándose en el factor de capacidad portante, el factor de forma, el factor de profundidad, el factor de pendiente y otros parámetros y criterios del suelo expresados en la capacidad portante, todos los cuales dependen del ángulo de fricción interna y la resistencia cohesiva, se determinó el método Meyerhoff para analizar las condiciones geomecánicas del suelo. El método de análisis simplificado analiza las condiciones geomecánicas del suelo teniendo en cuenta la suma de cuatro resistencias del suelo relacionadas con la cimentación, como la resistencia a la permeabilidad celular (q_p), la pared de resistencia a la adherencia lateral (q_{ae}) en la superficie exterior, la pared de resistencia a la adherencia lateral (q_{aa}) en la superficie interior y la fuerza vertical total (q_0), para alcanzar una capacidad portante de 1,05 kg/cm².

Cuarta: En el tercer objetivo específico de Cusco 2021, conocer cómo se relacionan los métodos de análisis Meyerhoff y simplificado con las características geométricas de las cimentaciones de las instituciones educativas No. 56441, se concluyó que el método Meyerhoff se relaciona con las características geométricas de las cimentaciones porque utiliza el factor de forma depende del ancho y profundidad de las cimentaciones. 56441 se llegó a la conclusión de que el método de Meyerhoff está relacionado con las características geométricas de los cimientos porque utiliza el factor de forma depende de la anchura y la profundidad de los cimientos, y sólo se utiliza para cimientos poco profundos con una relación profundidad/anchura (D_f/B) inferior o igual a 5, lo que resulta en un pie cuadrado de 0,6 metros de anchura y 1,00 metros de profundidad, simplificando los métodos analíticos. con características geométricas. Adecuado porque debe utilizarse en las fórmulas para calcular los 4 tipos de resistencia (q_p , q_{ae} , q_{aa} y q_o) para las dimensiones de los elementos estructurales, como la anchura y la longitud de la célula, la profundidad del muro exterior, la losa y el espesor del muro. cuerpo para obtener una célula estructural de 6 m de anchura y longitud, una profundidad del muro exterior de 4 m y un espesor de 0,50 m para la losa y el muro.

VII. RECOMENDACIONES

Primera: Teniendo en cuenta el objetivo general de comparar la capacidad portante del suelo con el método de Meyerhoff y brindar un análisis simplificado de la seguridad de las cimentaciones de la Institución Educativa del Cusco N° 2021 N° 56441, se propone aplicar el método de Meyerhoff a partículas del suelo. y el caso simplificado de suelo cohesivo (arcilla blanda) Método analítico.

Segunda: En cuanto al primer objetivo específico, determinar cómo Meyerhoff y los métodos de análisis simplificados permiten el análisis de asentamientos en la institución educativa cusqueña no. 56441 en la parte inferior, se sugiere que otros métodos de liquidación se utilicen de manera similar en el futuro. como el método de Terzaghi y Peck y el método de Parry.

Tercera: En futuros proyectos similares, se aconseja comparar el método de Hansen y el método de Meyerhoff para determinar cómo los métodos de análisis de Meyerhoff y simplificado analizarán las condiciones geomecánicas del subsuelo en la institución educativa Cusco 2021 no. 56441. 56441, se aconseja comparar los factores de capacidad portante entre la técnica de Meyerhoff y el método de Hansen en proyectos comparables en el futuro. Para decidir cuál de los dos enfoques es mejor para analizar el estado geomecánico del suelo, se comparan los elementos tomados en cuenta.

Cuarta: En cuanto al tercer objetivo particular, que era establecer una conexión entre las técnicas analíticas Meyerhoff y racionalizadas y las características geométricas de los bloques de construcción que sustentan las instituciones educativas de Cusco a partir de 2021, N° 56441, se propone determinar el tamaño y tipo en futuros proyectos similares. La Fundación propone. otros métodos para determinar la capacidad portante para comparación con el método de Meyerhoff y análisis simplificados, como el método de Hansen y el método de Vesik.

REFERENCIAS

- L. Aguilar (2016) Thesis, Fundación Universitaria del Area Andina, Valledupar, Colombia: Geotechnical Investigation: Evaluation of Bearing Capacity for Bridge Construction Project across the San Antonio River, Municipality of La Jagua de Ibirico.
- M. Al-Shamrani and A. Baig (2015) closed solutions for the foundations' bearing capacity in anisotropic cohesive soil. 109–125 in Journal of Architectural Engineering, 30 (2).
- Alva, J. (2014) Basic design. Fondo Editorial ICG - Third Edition, Lima, Peru (2017) (Hermanos, G.). research methods. Grupo Editorial Patria in Mexico.
- G. Baque (2017) Yipijapa (Bachelor Thesis), Universidad Estatal del Sur de Manab, Manab, Ecuador. Physical-mechanical characteristics of soil for subpar building foundations.
- Momeni, E., Armaghani, D., Nissa, K., and Rashid (2018) The bearing capacity of soft cohesive soils reinforced with soil-cement columns is assessed using neuro-fuzzy methods and neural networks. Measurement, 124, 529-538.
- Cabezas, E., Andrade, D., and Torres (2018) Research in science is introduced. Ecuador: Consejo Editorial ESPE, Sangolqu.
- Calderón, A. (2015) Tesis for licensure, Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador: Geotechnical information as a planning and analysis tool for building design.
- Carney, Gómez, J. (2019) Tesis de Bachiller, Universidad Particular de Tacna, Perú, presentó una propuesta técnica para la cimentación de una vivienda ubicada en la Zona VII, Distrito Alto de la Alianza, Tacna.
- M. Castello, (2017) “Estudio de Zonificación Basado en la Determinación de la Capacidad Portante del Suelo en las Cimentaciones de las Viviendas en el Área Urbana de la Parroquia La Matriz del Cantón Provincia Patate de Tungurahua”, tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.

- Hou, L., Bu, X., y Chen, D. (2020) A method for calculating the local bearing capacity of unstructured soil that takes wheel geometry and soil mechanical characteristics into consideration [J] *Journal of Terramecnica*, 89, 13-20.
- Q. Hen y M. Abu-Farsakh, (2015) El estudio de la capacidad de carga de cimientos reforzados en suelos reforzados por se publicó en *Soils and Foundations*, 55(1) , pp. 74–85.
- Chen, T., y Xiao, S. (2020) [J] 155-166 en *Soil and Foundations*, 60(1). En general, la solución unificada de límite superior para la capacidad portante de cimentaciones de franjas rigidizadas poco profundas que tienen en cuenta la expansión del suelo.
- M. Chavalla (2019) Capacidad del suelo no drenado para soportar peso en un área de cimentación rectangular. 1508-1521 en *Suelos y Cimentaciones*, 59.
- Córdoba, M. (2018) (Tesis de licenciatura), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. Estudio geológico y análisis geotécnico del centro de salud INNFA 24HD.
- Cruz, N. (2016) Investigación geotécnica y plan para la construcción de un relleno sanitario al noroeste de la Municipalidad de Juliaca. (Tesis), Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Juliaca, Perú.
- Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, (2018), (Tesis de Licenciatura), Huacho, Perú: Escobar, A. Diseño de la Cimentación del Estadio Menor Ampas-Huari y Estudios de Suelos.
- H. Espinosa (2014) Universidad Centroamericana, Managua, Nicaragua, "Julio y Adolfo López de la Fuente, S.J.", "Análisis de Capacidad de Carga de Cimentación del Edificio del Laboratorio de Ingeniería de la UCA."
- Ángeles, R., Flores, R., Muñoz, e Y. Parián (2013, 2020) Se comparan métodos para calcular el hundimiento de suelos granulares. La Universidad Católica del Perú se encuentra en Lima.

- R. Domínguez (2016) Diseño geotécnico de cimentación de edificio de oficinas de diez niveles en Instituto Tecnológico Nacional en zona de transición, Ciudad de México, México (Tesis de licenciatura).
- R. Fernández (2015) La Universidad Nacional de Cajamarca en Cajamarca, Perú, barrio Aguas Verdes-Tumbes, realizó una tesis de maestría sobre la capacidad portante de cimentaciones examinadas por SPT y corte directo.
- W. Fernández (2015) 2014 (Tesis de Maestría), Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú; Evaluación de la capacidad portante de cimentaciones en ciudades universitarias.
- Zhang, Y., Yan, Y., y Fu, D. (2020) Lateral circular suction box foundations' potential to support general loads in clay. *Ingeniería geotécnica e informática*, 123.
- J. Gilli, "Conceptualización de la metodología de investigación geotécnica definitiva con base en la literatura científica y la normatividad legal aplicable", Tesis de grado, Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia, 2018.
- La determinación de la capacidad de carga de la cuarta bomba del Área 309 mediante el método Meyerhoff-Villa María del Triunfo es el tema de una tesis de grado de la Universidad César Vallejo de Lima, Perú, 2020. Kriger, Y., y Atencio, J.
- K. Halder y D. Chakraborty (2020) effects of incline and eccentric loads on spread footings installed on reinforced slopes. 60, 791-799, *Soils and Foundations*.
- Mendoza, C., y Hernández, R. (2018) *Métodos de investigación: Enfoques Cuantitativos, Cualitativos y Mixtos*. Editorial McGraw-Hill Interamericana, Ciudad de México.
- Jin, L, Zhang H, y Feng (2019) Mediante la optimización del movimiento radial incrementado, se determina la capacidad portante máxima para una cimentación somera sobre suelo no saturado. *Ingeniería geotécnica e informática*, 109, 82-88.

- Kasama, K., Whittle, A. y Kitazume, M. (2019) Efecto de la variabilidad espacial del suelo tratado con cemento sobre la capacidad portante de cimentaciones bajo cargas inclinadas. *Suelos y Cimentaciones*, 59, 2125-2143.
- Khorrami, R., Derakhshani, A. un Moayedi, H. (2020) Una representación nueva e inequívoca de la capacidad portante máxima de cimentaciones superficiales en suelos granulares utilizando el árbol modelo M5'. *Medida*, 163, 1-14.
- Tesis de Grado de Bachiller, S. Laura (2016) Evaluación de la Capacidad Predictiva de Métodos para Evaluar el Comportamiento Mecánico del Suelo de la Laguna de la Bahía de Puno en el Subsuelo de la Universidad Nacional del Altiplano Puno del Perú.
- (Coeficientes de capacidad portante no drenada para cimentaciones anulares en suelos diversos, Lee, J., Jeong, & Lee, S. (2016). *Geotechnics and Informatics*, 75, 103-111.
- RFEM, Luo, N. and Bathurst, R. (2017) Reliability investigation of cohesive soil slope foundations' bearing capability using. *Ingeniería geotécnica e informática*, 89, 203-212.
- Martínez, S. y Romo, M. (2013) Capacidad portante tridimensional de componentes estructurales apoyados sobre suelo cohesivo: un método analítico racionalizado. 4(3), 399-412 *Revista de Ingeniería, Investigación y Tecnología*.
- Egipto, G. y Lamans, M. (2018) Evaluación de la capacidad portante de agregados de partículas de refuerzo individuales que recubren arcilla. 817-829 en *Geotextiles y geomembranas*, 46(6).
- Motra, Stutz y Wuttke. (2016) Evaluación de la calidad del modelo de factor de capacidad portante de cimentación de 56(2) de *Suelos y cimentaciones*, 265-276.
- Patio, H., Galindo, y Panique (2020) Capacidad de carga cíclica de cimentaciones superficiales en suelos cohesivos, *Geotecnología e Informática*, 123, 1-16.G. Quevedo, A. Martnez, y Aplicación al diseño geotécnico de

cimentaciones superficiales en suelos cohesivos mediante análisis estocástico y diseño probabilístico. Revista de la construcción, 10 (1), 15-23.

Rivera, L. y Rivera, N. (2015) Para evaluar la capacidad portante de muros de contención de media ladera en suelos granulares para el proyecto "Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Desvío Imperial-Pampas", Importancia de la selección del modelo geotécnico. Tesis de pregrado. Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.

Rosales, L. (2017) (Tesis de pregrado), Universidad César Vallejo, Lima, Perú, "Determinación de la capacidad portante de los suelos para establecer zonificación en la zona de Juan Guerra".

Salimi, S., Abbo, & Kouretzis (2019) Capacidad portante de zapatas continuas sobre arenas estratificadas. Geotecnia e informática, 114, 1-11.

Investigación geotécnica para la construcción de cimentaciones someras en viviendas unifamiliares del centro poblado de Huamanmarca (Tesis de pregrado), Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú, 2019.

Sánchez, W. (Tesis de Pregrado), Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Per (2019), "Zonificación de la capacidad portante del suelo para construcción de edificaciones en la localidad de San Francisco del Ro Mayo, Distrito de Cuumbuque, Provincia de Lamas, Departamento de San Martín."

Ghosh, P. y Santhoshkumar, G. (2020) Slip line theory is used to calculate the maximum bearing capacity of skirt foundations in cohesionless soil. Ingeniería Geotécnica e Informática, 123.

Sargasums, O. & Seyedi, E. (2017) Capacidad portante de cimentaciones anulares de suelo suelto bajo tensión excéntrica, Ingeniería geotécnica e informática, 92, 169-178. Schmüdderich, C.

- Lavasan, A., Tschuchnigg, F. & Wichtmann, T. (2020) Capacidad de carga de cimientos de tira colocados adyacentes a cimientos adyacentes en suelo friccional. *Suelos y Fundaciones*, 60(1), 229-238.
- Teniente, A. (2016) Tesis de Licenciatura, Universidad Andina del Cusco, Cusco, Perú: Análisis Comparativo de la Determinación de la Capacidad Admisible por el Método de Terzagui y Meyerhof para el Diseño de Cimentaciones Superficiales en Base a las Características del Suelo de Inquipata, Distrito de Antas.
- Trista, J., Cobello, W., y G. Kvevedo (2020) modelación de la resistencia de cimentaciones aisladas sometidas a cargas axiales utilizando características de suelos parcialmente saturados. 35(2), 100-110, *Revista de Ingeniería Arquitectónica*.
- Y. Venegas (2020) Determinación de Coeficientes de Resistividad para Cimentaciones Superficiales y Subsuperficiales a Nivel Local (Disertación), Julio Garavito, Empresa Colombiana de Ingeniería en Bogotá.
- Vargas, G. & Dueaz, H. (1993) "Comparación de Parámetros de Resistencia Ensayados en Laboratorio y Campo en Suelos de la Formación Sabana del Occidente de Bogotá", (Ponencia Bacter), Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Vaseghi, Imam y McCartney (2019) Efecto de la densidad relativa sobre la capacidad portante de areniscas no saturadas, 1280-1291 en *Suelos y cimentaciones*, 59.
- Wu, Y., Zhou, X., Gao, Y., y Shu, S. (2020) Capacidad portante de cimentaciones poco profundas en suelos espacialmente aleatorios con aumento lineal de la resistencia media al corte sin drenaje. *Ingeniería Geotécnica e Ingeniería Informática*, 122, 1-13.
- Zhang, C., Yan, Q., Zhao, J., and Wang, J. (2020). Maximum bearing capacity formula for strip foundations based on Meyerhoff theory and unsaturated soil mechanics, *Ingeniería Geotécnica e Ingeniería Informática*, 126, 1-11.

Zhao, M., Jiang, J., Xiao, Y., and Zhao, (2020) Potencial de las cimentaciones continuas para resistir terremotos cuando se colocan cerca de taludes c. Ingeniería sísmica y dinámica del suelo, 136, 1-1.

ANEXOS

Tabla 20: Matriz de consistencia.

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	METODOLOGÍA
GENERAL	GENERAL	GENERAL				
¿Cómo la comparación de la capacidad portante del suelo por los métodos de Meyerhof y de análisis simplificado proporcionara la seguridad a la cimentación en la Institución Educativa N°56441, Cusco 2021?	Comparar la capacidad portante del suelo por los métodos de Meyerhof y de análisis simplificado que proporcione la seguridad a la cimentación en la Institución Educativa N°56441, Cusco 2021.	La comparación de la capacidad portante del suelo por los métodos de Meyerhof y de análisis simplificado proporciona una óptima seguridad a la cimentación en la Institución Educativa N°56441, Cusco 2021.	VARIABLE INDEPENDIENTE Métodos de determinación de capacidad portante del suelo	D1: Método de Meyerhof	Factores de capacidad de carga. Factores de forma. Factores de profundidad. Factores de inclinación.	Enfoque: Cuantitativo.
				D2: Método de Análisis Simplificado	Resistencia a la penetración de la celda. Resistencia por adherencia de las caras externas de los muros perimetrales. Resistencia por adherencia de las caras internas de los muros perimetrales. Esfuerzo vertical total.	Tipo de investigación: Aplicada.
ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS				Diseño de investigación: Experimental.
PE1:	OE1:	HE1:			Módulo de Poisson. Módulo de Elasticidad del suelo. Capacidad de carga admisible.	
¿De qué manera los métodos de Meyerhof y Análisis Simplificado permitirá analizar los asentamientos en la cimentación de la Institución Educativa N°56441, Cusco 2021?	Determinar cómo los métodos de Meyerhof y Análisis Simplificado permiten analizar los asentamientos en la cimentación de la Institución Educativa N°56441, Cusco 2021.	El método de Meyerhof permite realizar un mejor análisis de asentamientos en la cimentación de la Institución Educativa N°56441, Cusco 2021.		D1: Análisis de asentamientos.	Factor de forma.	Nivel de investigación: Explicativo.
PE2:	OE2:	HE2:			Cohesión. Ángulo de fricción. Tamaño de partículas.	
¿De qué manera los métodos de Meyerhof y Análisis Simplificado permitirán analizar la condición geomecánica del suelo de la cimentación de la Institución Educativa N°56441, Cusco 2021?	Determinar cómo los métodos de Meyerhof y Análisis Simplificado permiten analizar la condición geomecánica del suelo de la cimentación de la Institución Educativa N°56441, Cusco 2021.	El método de análisis simplificado permite realizar un mejor análisis de la condición geomecánica del suelo de la cimentación de la Institución Educativa N°56441, Cusco 2021.	VARIABLE DEPENDIENTE Seguridad de cimentación.	D2: Condición geomecánica del suelo.	Límites de consistencia.	
PE3:	OE3:	HE3:			Ancho de la cimentación. Longitud de la cimentación. Profundidad de la cimentación.	Poblacion y muestra: no probabilístico y de tipo intencional
¿De qué manera los métodos de Meyerhof y Análisis Simplificado se relacionaran con las características geométricas de la cimentación de la Institución Educativa N°56441, Cusco 2021?	Determinar cómo los métodos de Meyerhof y Análisis Simplificado se relacionan con las características geométricas de la cimentación de la Institución Educativa N°56441, Cusco 2021.	El método de Meyerhof proporciona una cimentación de menores dimensiones geométricas para la Institución Educativa N°56441, Cusco 2021.		D3: Características geométricas de la cimentación.		



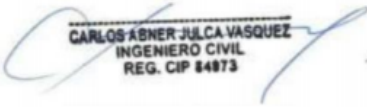
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 21: Matriz de operacionalización de variables.

VARIABLE DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR	INSTRUMENTO	ESCALA DE MEDICIÓN
INDEPENDIENTE Métodos de determinación de capacidad portante del suelo.	Son métodos basados en estudios teóricos y experimentales que tienen por finalidad determinar la resistencia del suelo ante la sollicitación de cargas, lo cual se expresa en su capacidad portante. (Guerrero y Atencio, 2020).	Son aquellos métodos que, en base a estudios teóricos y experimentales, determinan la resistencia del suelo ante la acción de cargas provenientes de estructuras que se apoyan en él. En la actualidad existen varios métodos como el de Meyerhof y el de Análisis Simplificado, para los cuales es necesario emplear memorias de cálculo.	D1: Método de Meyerhof	Factores de capacidad de carga.	Memoria de cálculo.	RAZÓN
				Factores de forma.	Memoria de cálculo.	RAZÓN
				Factores de profundidad.	Memoria de cálculo.	RAZÓN
				Factores de inclinación.	Memoria de cálculo	RAZÓN
			D2: Método de Análisis Simplificado	Resistencia a la penetración de la celda.	Memoria de cálculo	RAZÓN
				Resistencia por adherencia de las caras externas de los muros perimetrales.	Memoria de cálculo	RAZÓN
				Resistencia por adherencia de las caras internas de los muros perimetrales.	Memoria de cálculo	RAZÓN
Esfuerzo vertical total.	Memoria de cálculo	RAZÓN				
DEPENDIENTE Seguridad de cimentación.	Consiste en analizar el suelo del área en estudio con el fin de dotar a la cimentación de características de diseño adecuadas que eviten su colapso ante la sollicitación de cargas. (Teniente, 2016).	Busca analizar el suelo existente para dotar a la cimentación de características de diseño eficientes que permitan garantizar su estabilidad evitando su colapso ante la acción de cargas. Para ello se lleva a cabo un análisis de asentamientos, se evalúa la condición geomecánica del suelo y se definen las características geométricas de la cimentación, empleando ensayos de mecánica de suelos y memorias de cálculo.	D1: Análisis de asentamientos.	Módulo de Poisson.	Memoria de cálculo	RAZÓN
				Módulo de Elasticidad del suelo.	Memoria de cálculo	RAZÓN
				Capacidad de carga admisible.	Memoria de cálculo	RAZÓN
				Factor de forma.	Memoria de cálculo	RAZÓN
			D2: Condición geomecánica del suelo.	Cohesión.	Ensayo de corte directo.	RAZÓN
				Angulo de fricción.	Ensayo de corte directo.	RAZÓN
				Tamaño de partículas.	Ensayo de análisis granulométrico.	RAZÓN
				Limtes de consistencia.	Ensayo de límites de consistencia.	RAZÓN
			D3: Características geométricas de la cimentación.	Ancho de cimentación.	Memoria de cálculo	RAZÓN
				Longitud de la cimentación.	Memoria de cálculo	RAZÓN
Profundidad de la cimentación.	Memoria de cálculo	RAZÓN				

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 20: Ficha de validación – juicio de expertos.

FICHA DE VALIDACIÓN								
TÍTULO:				AUTOR:				
"Capacidad portante del suelo por el método de meyerhof y de análisis simplificado para la cimentación- Institución Educativa				Bach. Pure Illanes, Eder Django				
VARIABLES EMPLEADAS	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	VALIDEZ DEL JUICIO DE EXPERTOS				
				INGENIERO N°1	INGENIERO N°2	INGENIERO N°3		
INDEPENDIENTE Métodos de determinación de capacidad portante del suelo	D1: Método de Meyerhof.	Factores de capacidad de carga.	Memoria de cálculo.	0.88	0.87	0.82		
		Factores de forma.	Memoria de cálculo.	0.84	0.81	0.78		
		Factores de profundidad.	Memoria de cálculo.	0.82	0.84	0.94		
		Factores de inclinación	Memoria de cálculo.	0.91	0.89	0.93		
	D2: Método de Análisis Simplificado.	Resistencia a la penetración de la celda.	Memoria de cálculo.	0.81	0.93	0.83		
		Resistencia por adherencia de las caras externas de los muros perimetrales.	Memoria de cálculo.	0.78	0.79	0.79		
		Resistencia por adherencia de las caras internas de los muros perimetrales.	Memoria de cálculo.	0.92	0.94	0.95		
Esfuerzo vertical total.	Memoria de cálculo.	0.81	0.84	0.9				
DEPENDIENTE Seguridad de cimentación	D1: Análisis nde asentamientos.	Módulo de Poisson.	Memoria de cálculo.	0.76	0.87	0.95		
		Módulo de elasticidad del suelo.	Memoria de cálculo.	0.96	0.92	0.88		
		Capacidad de carga admisible.	Memoria de cálculo.	0.86	0.84	0.85		
		Factor de forma.	Memoria de cálculo.	0.93	0.78	0.83		
	D2: Condición geomecánica	Cohesión	Ensayo de corte directo	0.77	0.81	0.89		
		Ángulo de fricción	Ensayo de corte directo	0.91	0.88	0.86		
		Tamaño de partículas	Ensayo de análisis granulométrico	0.84	0.95	0.88		
		Límites de consistencia	Ensayo de límites de consistencia	0.91	0.86	0.92		
	D3: Características geométricas de la cimentación	Ancho de cimentación	Memoria de cálculo	0.86	0.84	0.78		
		Longitud de la cimentación	Memoria de cálculo	0.85	0.78	0.81		
		Profundidad de la cimentación	Memoria de cálculo	0.93	0.77	0.79		
INTERPRETACIÓN DEL VALOR DE LA VALIDEZ (Según Oseda, 2014)			Sumatoria	16.35	16.21	16.38		
Valor de la validez obtenida	Interpretación		Sumatoria / (n° de instrumentos)	0.86	0.85	0.86		
0.53 a menos	Validez nula							
0.54 a 0.59	Validez baja		Promedio de la validez obtenida	0.86				
0.60 a 0.65	Válida							
0.66 a 0.71	Muy válida							
0.72 a 0.99	Excelente validez							
1.00	Validez perfecta							
 TIRSO ARENAS URQUIZO ING. CONTROL DE CALIDAD CIP. 18795			 JORGE ENRIQUE OSEDA NATIAS INGENIERO CIVIL CIP. N° 35098			 CARLOS ABNER JULCA VASQUEZ INGENIERO CIVIL REG. CIP 84873		
Ingeniero N°1			Ingeniero N°2			Ingeniero N°3		

Fuente: Propia.

Figura 23: Foto 1.



Fuente: Propia.

Figura 26: Foto 2.



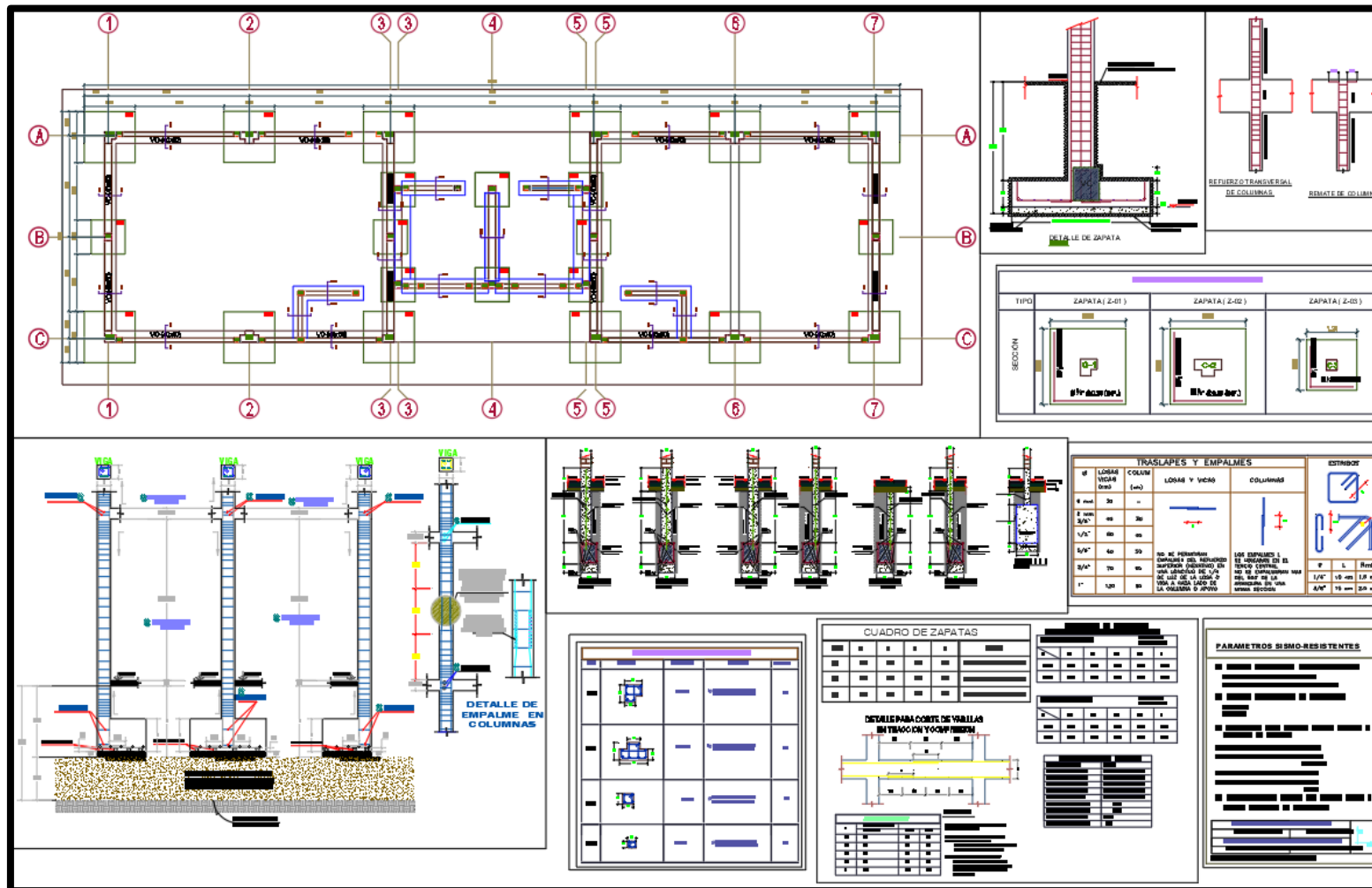
Fuente: Propia.

Figura 29: Foto 3.



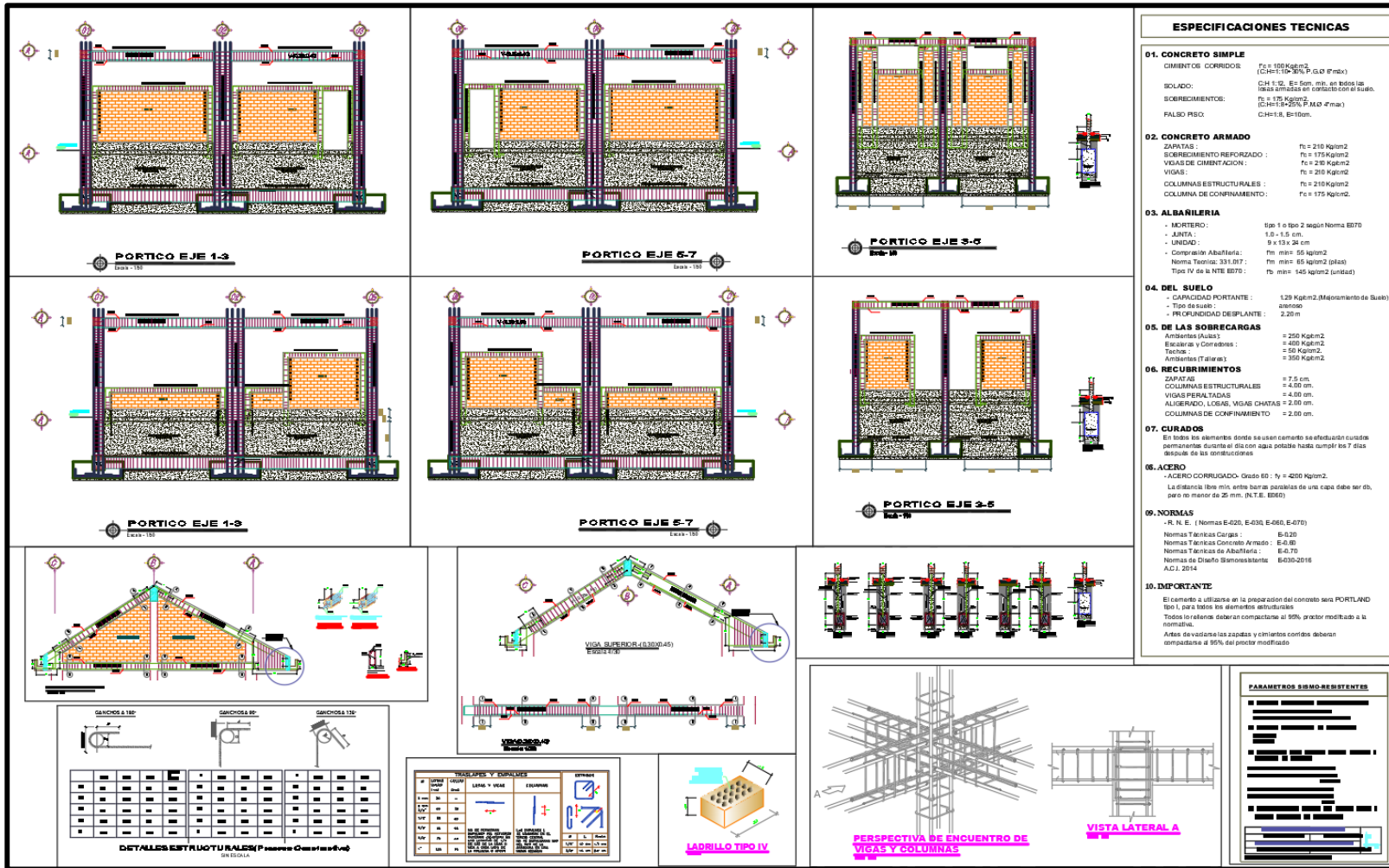
Fuente: Propia.

Figura 32: Plano de cimentaciones – módulo aula pedagógica.



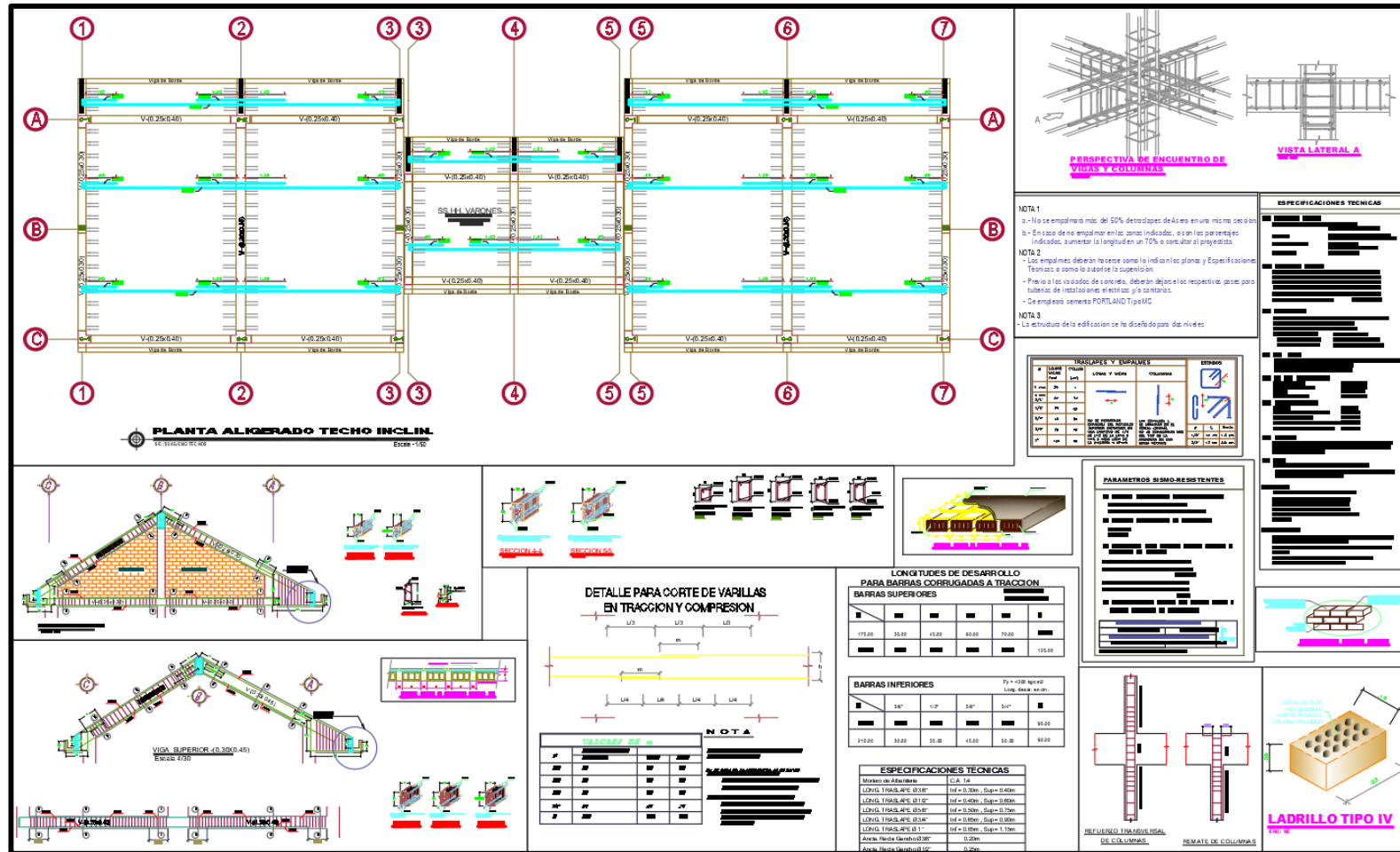
Fuente: Propia.

Figura 35: Plano de pórticos – módulo aula pedagógica.



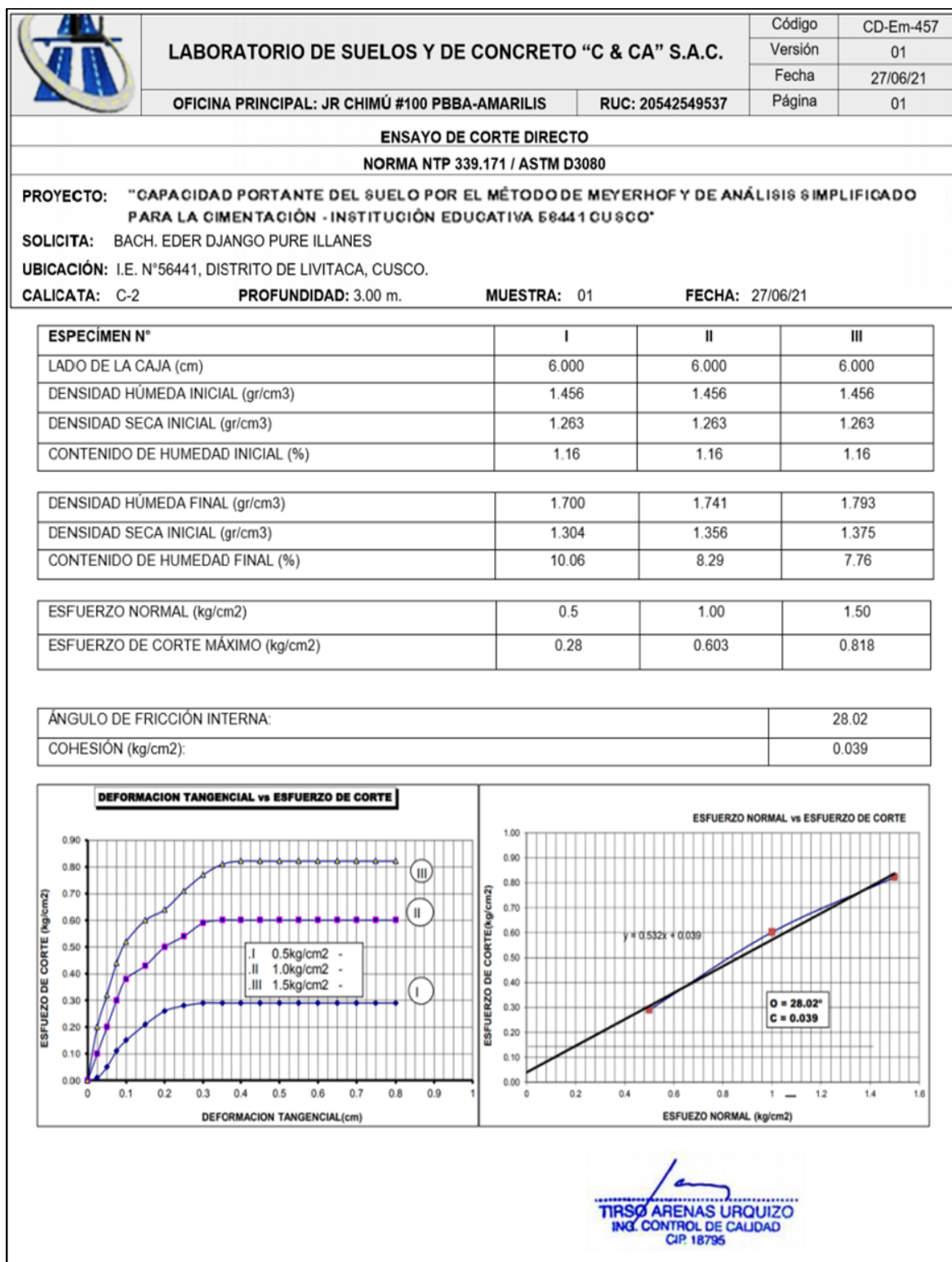
Fuente: Propia.

Figura 38: Plano de estructuras – aligerado.



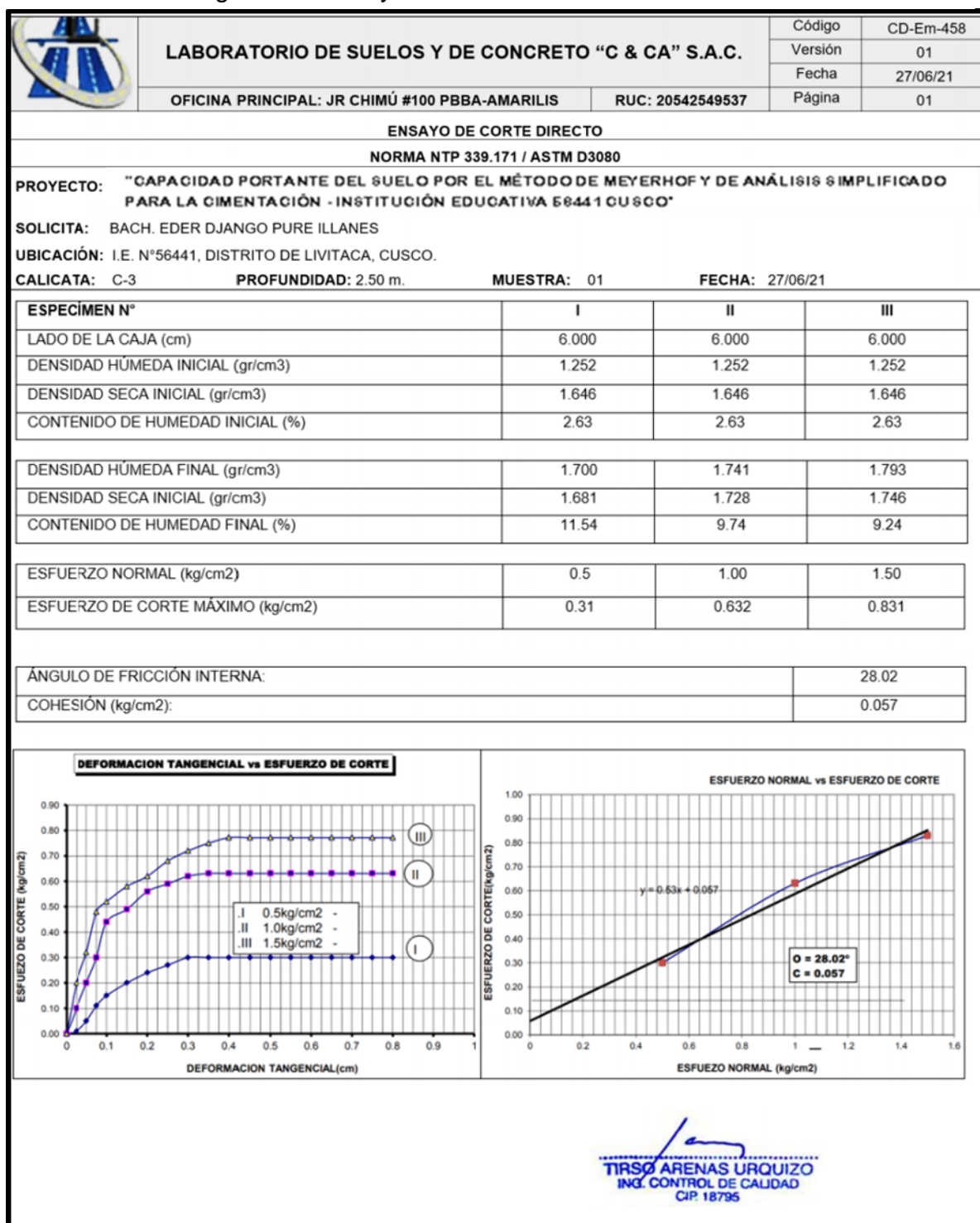
Fuente: Propia.

Figura 41: Ensayo de corte directo – Calicata C-2.



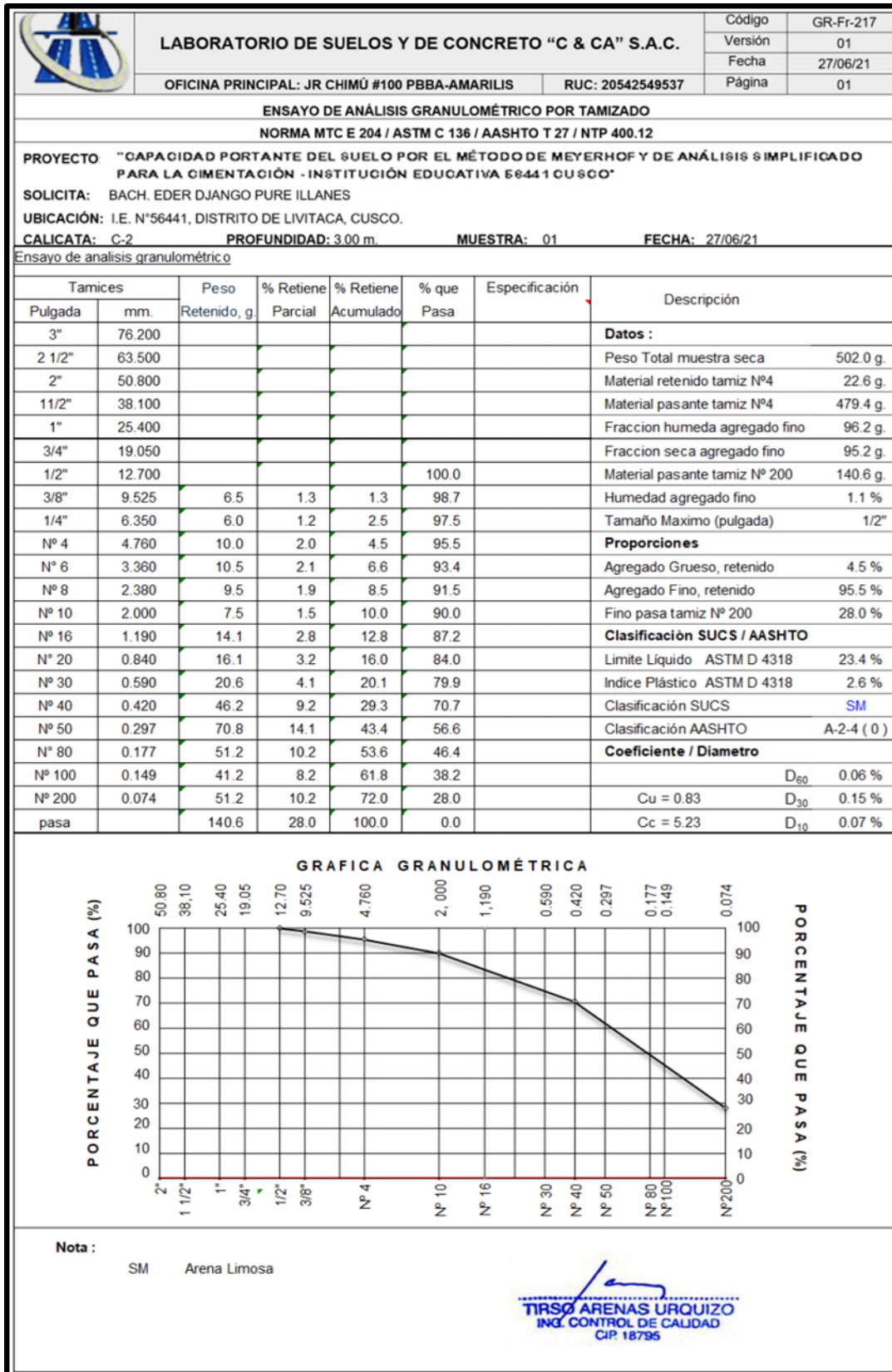
Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto "C & CA" S.A.C.

Figura 44: Ensayo de corte directo – Calicata C-2.



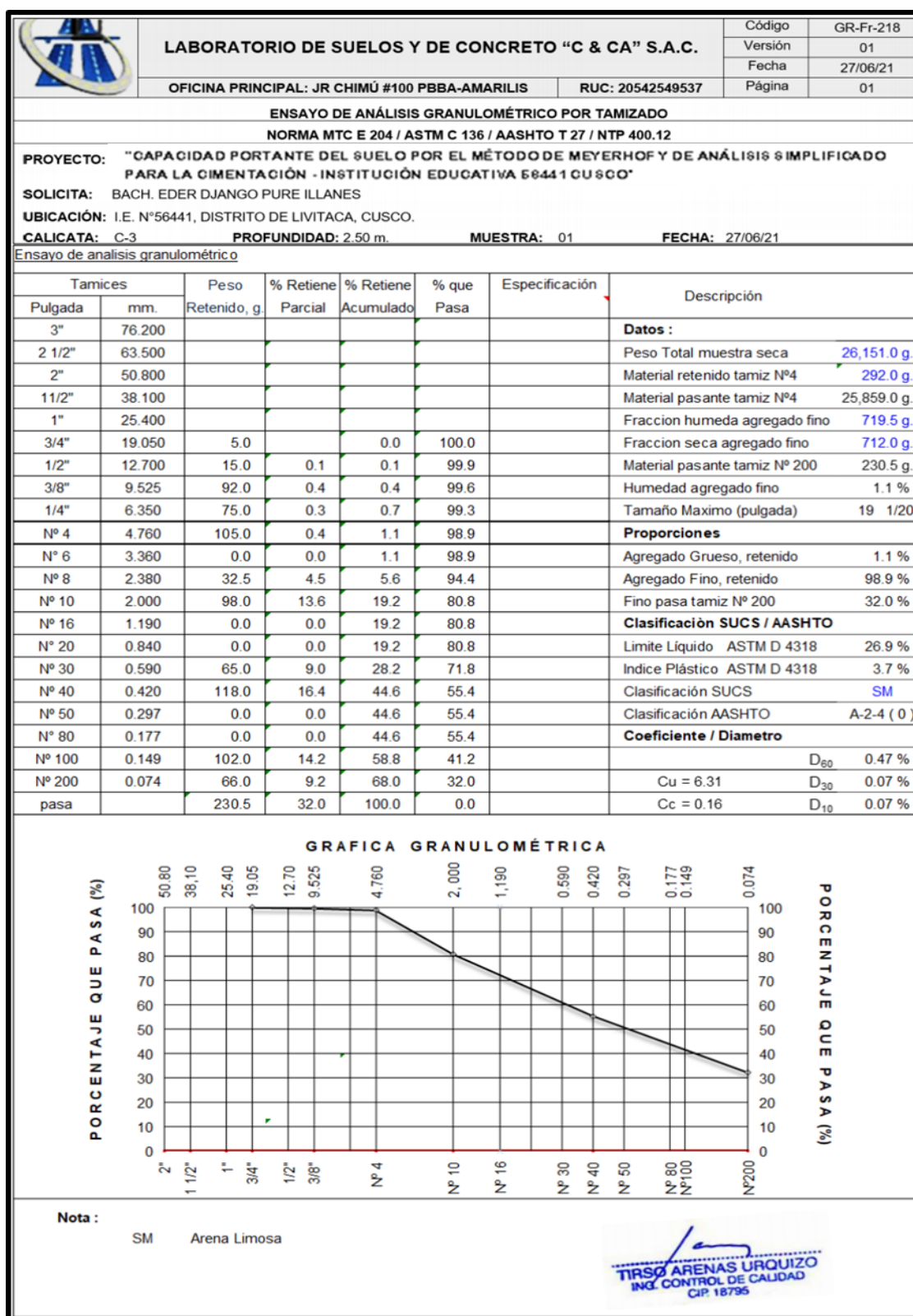
Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto "C & CA" S.A.C.

Figura 47: Ensayo de análisis granulométrico – Calicata C-2.



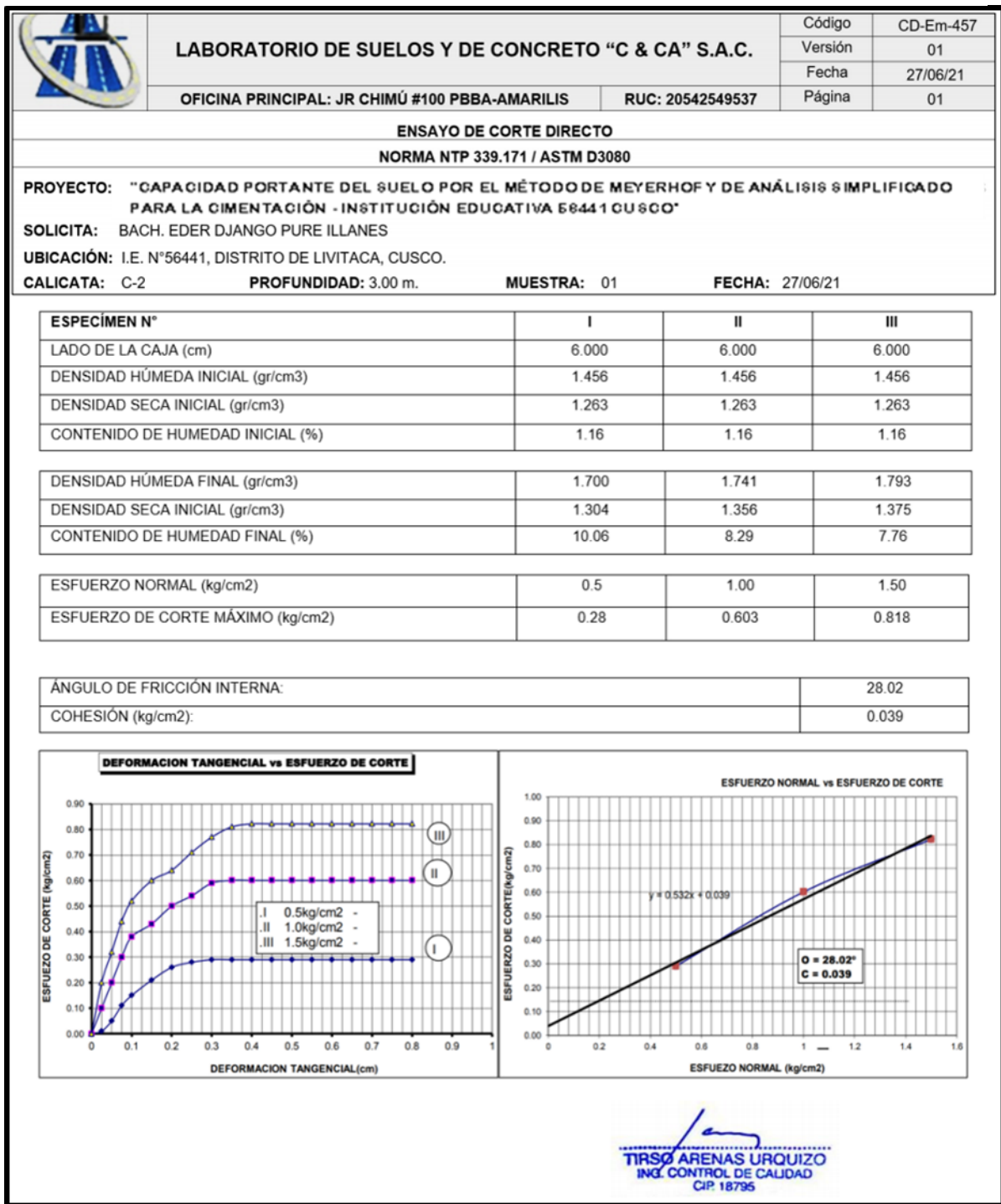
Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto "C & CA" S.A.C.

Figura 50: Ensayo de análisis granulométrico – Calicata C-3.



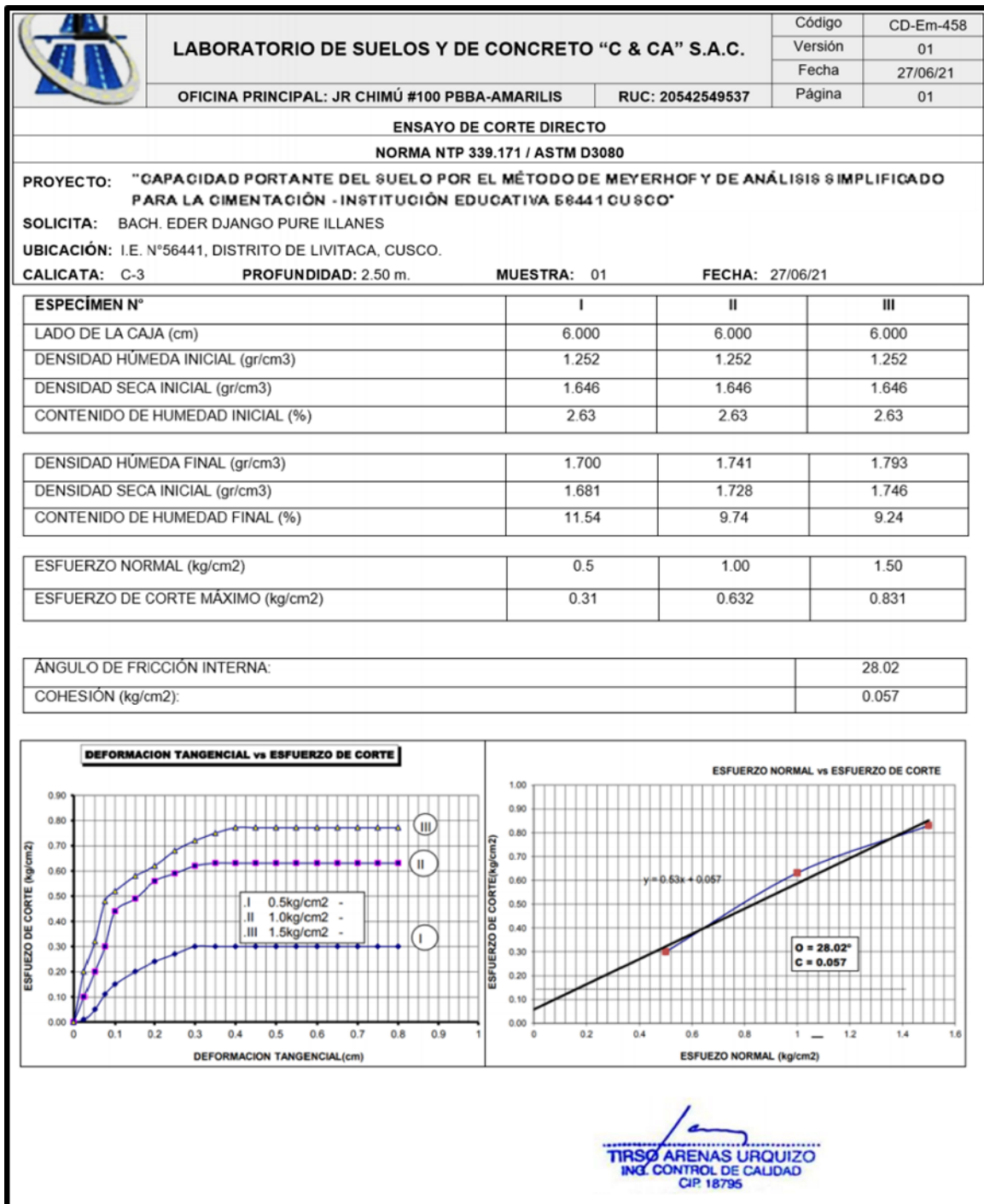
Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto "C & CA" S.A.C.

Figura 53: Ensayo de corte directo – Calicata C-2.



Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto "C & CA" S.A.C.

Figura 56: Ensayo de corte directo – Calicata C-3




Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto "C & CA" S.A.C.

Tabla 23: Documentación – hoja 1

 DOCUMENTACIÓN TESIS UCV				
TESIS: "Capacidad portante del suelo por el método de Meyerhof y de análisis simplificado para la cimentación - Institución Educativa 56441 cusco"				
TESISTA: Bach. Pure Illanes, Eder Django				
N°	Tipo de referencia	Título	Autor	Año
1	Tesis de pregrado	Estudio geotécnico: estimación de la capacidad portante en proyecto construcción de puente, sobre río San Antonio Municipio De La Jagua de Ibirico, César	Aguilar, L	2016
2	Artículo en español	Soluciones de forma cerrada para la capacidad de carga de zapatas en suelos anisotrópicos cohesivos	Al-Shamrani, M. y Baig, A	2015
3	Libro	Diseño de cimentaciones. Lima, Perú: Fondo Editorial ICG – Tercera edición.	Alva, J.	2014
4	Libro	Metodología de la investigación. Ciudad de México, México	Baena, G.	2017
5	Tesis de pregrado	Caracterización físico - mecánicas del suelo para cimentación en edificaciones de categoría baja, sector By Pass – John F. Kennedy, ciudad Jipijapa	Baque, G.	2017
6	Artículo en inglés	Neuro-Fuzzy and Neural Network Techniques to Estimate Bearing Capacity of Cohesive Soft Soils Reinforced with Soil-Cement Columns	Bunawan, A., Momeni, E., Armaghani, D., Nissa, K. & Rashid, A.	2018
7	Libro	Introducción a la metodología de la investigación científica. Sangolquí, Ecuador.	Cabezas, E., Andrade, D. y Torres, J.	2018
8	Tesis de pregrado	Información Geotécnica como elemento de análisis en la Planeación y Diseño de Cimentaciones de Edificios	Calderón, A.	2015
9	Tesis de pregrado	Propuesta técnica para cimentaciones de viviendas ubicadas en el Sector VII del distrito Alto de la Alianza -Tacna – 2018	Cañi, G. y Gómez, J	2019
10	Tesis de pregrado	Estudio de zonificación en base a la determinación de la capacidad portante del suelo en las cimentaciones de las viviendas del casco urbano de la Parroquia La Matriz del Cantón Patate provincia de Tungurahua	Castillo, M.	2017
11	Artículo en inglés	A piecewise bearing capacity method of unstructured terrain considering characteristics of soil mechanic and wheel geometry	Chen, D., Hou, L., Bu, X. & Chen, Y.	2020
12	Artículo en inglés	Ultimate bearing capacity analysis of strip footings on reinforced soil foundation	Chen, Q. & Abu-Farsakh, M.	2015
13	Artículo en inglés	Unified upper bound solution for bearing capacity of shallow rigid strip foundations generally considering soil dilatancy	Chen, T. & Xiao	2020
14	Artículo en inglés	Undrained bearing capacity of spatially random soil for rectangular footings	Chwała, M.	2019
15	Tesis de pregrado	Estudio geológico y análisis geotécnico del centro de salud INNFA 24HD	Córdova, M.	2018
16	Tesis de pregrado	Análisis geotécnico y propuesta de cimentaciones sobre rellenos en la zona nor-oeste de la Ciudad de Juliaca	Cruz, N.	2016
17	Tesis de pregrado	Comparación de metodologías para el cálculo de asentamiento en suelos granulares	Dolores, E., Ángeles, R., Flores, R., Muñoz, B. y Parian, Y	2020
18	Tesis de pregrado	Diseño geotécnico de la cimentación para un edificio de oficinas de diez niveles desplantado en zona de transición	Dominguez, R	2016


Fuente: Propia.

Tabla 26: Documentación – hoja 2.

 DOCUMENTACIÓN TESIS UCV				
TESIS: "Capacidad portante del suelo por el método de Meyerhof y de análisis simplificado para la cimentación - Institución Educativa 56441 cusco"				
TESISTA: Bach. Pure Illanes, Eder Django				
N°	Tipo de referencia	Título	Autor	Año
19	Tesis de pregrado	Diseño de cimentación y estudio de suelo en el minicomplejo deportivo del centro poblado de Ampas-Huari, 2018	Escobar, A.	2018
20	Tesis de pregrado	Análisis de la Capacidad Soporte del Suelo de Cimentación del Edificio de Laboratorio de Ingeniería "Julio y Adolfo López de la Fuente, S.J" de la Universidad Centroamericana UCA	Espinoza, H.	2014
21	Tesis de posgrado	Capacidad portante con fines de cimentación mediante los ensayos SPT y corte directo en el Distrito de Aguas Verdes-Tumbes	Fernández, R.	2015
22	Tesis de posgrado	Evaluación de la capacidad portante de los suelos de fundación de la Ciudad universitaria – Universidad Nacional de Cajamarca 2014	Fernández, W.	2015
23	Artículo en inglés	Bearing capacity of a side-rounded suction caisson foundation under general loading in clay	Fu, D., Zhang, Y. & Yan, Y	2020
24	Tesis de pregrado	Conceptualización de la metodología de un estudio geotécnico definitivo con base en la literatura científico y la normativa legal vigente	Gil, J	2018
25	Tesis de pregrado	método de Meyerhof para la cámara de bombeo del sector 309 - Villa María del Triunfo	Guerrero, Y. y Atencio, J.	2020
26	Artículo en inglés	Effect of inclined and eccentric loading on the bearing capacity of strip footing placed on the reinforced slope	Halder, K. & Chakraborty, D.	2020
27	Libro	Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Ciudad de México, México: McGraw-Hill Interamericana Editores.	Hernández, R. y Mendoza, C.	2018
28	Artículo en inglés	Application of improved radial movement optimization for calculating the upper bound of ultimate bearing capacity of shallow foundation on unsaturated soil. <i>Computers and Geotechnics</i>	Jin, L., Zhang, H. & Feng, Q.	2019
29	Artículo en inglés	Effect of spatial variability of block-type cement-treated ground on the bearing capacity of foundation under inclined load. <i>Soils and Foundations</i>	Kasama, K., Whittle, A. & Kitazume, M	2019
30	Artículo en inglés	New explicit formulation for ultimate bearing capacity of shallow foundations on granular soil using M5' model tree. <i>Measurement</i>	Khorrani, R., Derakhshani, A. & Moayedi, H.	2020
31	Tesis de pregrado	Evaluación de la capacidad predictiva de los métodos de estimación del comportamiento mecánico de los suelos lacustres de la Bahía de Puno, para cimentaciones superficiales (Tesis de Pregrado), Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú	Laura, S.	2016
32	Artículo en inglés	Undrained bearing capacity factors for ring footings in heterogeneous soil. <i>Computers and Geotechnics</i>	Lee, J., Jeong, S. & Lee, S.	2016
33	Artículo en inglés	Reliability bearing capacity analysis of footings on cohesive soil slopes using RFEM. <i>Computers and Geotechnics</i>	Luo, N. & Bathurst, R	2017
34	Artículo en español	Capacidad de carga tridimensional de celdas estructuradas apoyadas en suelo cohesivo: método de análisis simplificado.	Martínez, S. y Romo, M.	2013
35	Artículo en inglés	Estimating the bearing capacity of single reinforced granular fill overlying clay. <i>Geotextiles and Geomembranes</i>	Misir, G. & Laman, M.	2018
36	Artículo en inglés	Quality assessment of soil bearing capacity factor models of shallow foundations. <i>Soils and Foundations</i>	Motra, H., Stutz, H. & Wuttke, F.	2016

Fuente: Propia.

Tabla 29: Documentación – hoja 3.

 DOCUMENTACIÓN TESIS UCV				
TESIS: "Capacidad portante del suelo por el método de Meyerhof y de análisis simplificado para la cimentación - Institución Educativa 56441 cusco"				
TESISTA: Bach. Pure Illanes, Eder Django				
N°	Tipo de referencia	Título	Autor	Año
37	Artículo en inglés	Bearing capacity of shallow foundation under cyclic load on cohesive soil. <i>Computers and Geotechnics</i> ,	Panique, D., Galindo, R. & Patiño, H.	2020
38	Artículo en español.	Análisis estocástico y diseño probabilista en la geotecnia: Aplicación al diseño geotécnico de cimentaciones superficiales en suelos cohesivos.	Quevedo, G. & Martínez, A.	2011
39	Tesis de pregrado	Importancia de la selección del modelo geotécnico para evaluar la capacidad de carga de los muros de contención a media ladera, en suelos granulares, del proyecto "Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Desvío Imperial-Pampas" Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.	Rivera, L. y Rivera, N.	2015
40	Tesis de pregrado	Determinación de la capacidad portante de los suelos para establecer la zonificación en la localidad de Juan Guerra – 2017	Rosales, L.	2017
41	Artículo en inglés.	Bearing capacity of strip footings on layered sands. <i>Computers and Geotechnics</i>	Salimi, S., Abbo, A. & Kouretzis, G	2019
42	Tesis de pregrado	Estudio geotécnico para el diseño de cimentaciones superficiales en viviendas unifamiliares en el centro poblado de Huamanmarca , Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.	Sánchez, I.	2019
43	Artículo en inglés.	Ultimate bearing capacity of skirted foundation on cohesion less soil using slip line theory. <i>Computers and Geotechnics</i>	Santhoshkumar, G. & Ghosh, P.	2020
44	Artículo en inglés.	Bearing capacity of ring footings on cohesion less soil under eccentric load. <i>Computers and Geotechnics</i>	Sargazi, O. & Seyedi, E.	2017
45	Artículo en inglés.	Bearing capacity of a strip footing placed next to an existing footing on frictional soil. <i>Soils and Foundations</i> ,	Schmüdderich, C., Lavasan, A., Tschuchnigg, F. & Wichtmann, T	2020
46	Tesis de pregrado	Análisis comparativo en la determinación de la capacidad admisible por los Métodos de Terzagui y Meyerhof, para el diseño de cimentaciones superficiales según las características del suelo de Inquilpata del distrito de Anta , Universidad Andina del Cusco, Cusco, Perú.	Teniente, A	2016
47	Artículo en español.	Aplicación de la caracterización de suelos parcialmente saturados en la modelación del comportamiento resistente de cimientos aislados sometido a carga axial	Tristá, J., Cobelo, W. y Quevedo, G.	2020
48	Tesis de pregrado	Determinación de factores de resistencia para cimentaciones superficiales y profundas, a nivel local , Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Bogotá, Colombia	Vanegas, Y	2020
49	Artículo en inglés.	Relative density effects on the bearing capacity of unsaturated sand. <i>Soils and Foundations</i>	Vaseghi, S., Imam, R. & McCartney, J.	2019
50	Artículo en inglés.	Bearing capacity of embedded shallow foundations in spatially random soils with linearly increasing mean undrained shear strength. <i>Computers and Geotechnics</i>	Wu, Y., Zhou, X., Gao, Y. & Shu, S.	2020
51	Artículo en inglés.	Formulation of ultimate bearing capacity for strip foundations based on the Meyerhof theory and unsaturated soil mechanics. <i>Computers and Geotechnics</i>	Zhang, C., Yan, Q., Zhao, J. & Wang, J.	2020
52	Artículo en inglés.	Seismic bearing capacity of strip footings placed near c-φ soil slopes. <i>Soil Dynamics and Earthquake Engineering</i>	Zhang, R., Xiao, Y., Zhao, M. & Jiang, J.	2020
	Referencias más usadas			
	Referencias menos usadas			
	Referencias medianamente usadas			

Fuente: Propia.



Declaratoria de Autenticidad del Asesor


Yo, **FRANCO ALVARADO, Freddy Manuel** docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo sede Lima Norte, asesor del Informe de Investigación titulada:

“Capacidad portante del suelo por el método de meyerhof y de análisis simplificado para la cimentación - Institución Educativa 56441 cusco” del autor **PURE ILLANES, Eder Django** constató que la investigación tiene un índice de similitud de **22%** verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender el trabajo de tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima, 24 de agosto de 2021

Apellidos y Nombres del Asesor FRANCO ALVARADO, Freddy Manuel	
DNI: 21456126	Firma 
ORCID: 0000-0002-6488-3661	