UNIVERSIDAD DE HUANUCO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL

TESIS

“ANÁLISIS GEOTÉCNICO APLICADO AL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA ZONA ALTA DEL CENTRO POBLADO DE JANCAO DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO 2020”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Sosa Cori, Edward Henry

ASESOR: Lambruschini Espinoza, Alexander Reyder

HUÁNUCO – PERÚ

2021

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional( )
- Trabajo de Investigación ( )
- Trabajo Académico ( )

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Geotecnia
AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2018-2019)
CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:
Área: Ingeniería, Tecnología
Sub área: Ingeniería Civil
Disciplina: Ingeniería Civil
DATOS DEL PROGRAMA:
Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniero Civil
Código del Programa: P07
Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ( )
- Fondos Concursables ( )

DATOS DEL AUTOR:
Documento Nacional de Identidad (DNI): 72647443

DATOS DEL ASESOR:
Documento Nacional de Identidad (DNI): 45250659
Grado/Título: Título oficial de máster universitario en ingeniería hidráulica y medio ambiente.
Código ORCID: 0000-0003-0701-2621

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Jacha Rojas, Jhonny Prudencio	Maestro en Ingeniería de Sistemas e informática con mención en: gerencia de sistemas y tecnologías de información	40895876	0000-0001-7920-1304
2	Gomez Valles, Jhon Elio	Maestro en diseño y construcción de obras viales	46427544	0000-0001-6424-6032
3	Mato Vicente, Rosner Nadler	Maestro en gestión pública	41877736	0000-0003-3638-9284

UNIVERSIDAD DE HUANUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las **10:15** horas del día **jueves 18 de noviembre de 2021**, mediante la plataforma Google Meet, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los **Jurados Calificadores** integrado por los docentes:

- MG. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS - PRESIDENTE
- MG. JHON ELIO GOMEZ VALLES - SECRETARIO
- MG. ROSNER NADLER MATO VICENTE - VOCAL

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN Nº 1473-2021-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: **"ANÁLISIS GEOTÉCNICO APLICADO AL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA ZONA ALTA DEL CENTRO POBLADO DE JANCAO DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO 2020"**, presentado por el (la) Bachiller. SOSA CORI, EDWARD HENRY, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) **APROBADO** por **UNANIMIDAD** con el calificativo cuantitativo de **14** y cualitativo de **SUFICIENTE** (Art. 47).

Siendo las 11:22 horas del día **jueves 18** del mes de noviembre del año 2021, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

Presidente

Secretario

Vocal

DEDICATORIA

A Dios nuestro creador, por otorgarme la posibilidad de llevar a cabo y culminar satisfactoriamente este logro en mi vida profesional y ser el constructor de mi propio camino.

A mi madre por ser mi principal ejemplo a seguir y por la fortaleza que representa en mí, quien ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos, valores y sobre todo por su apoyo absoluto para alcanzar todos los objetivos propuestos a lo largo de toda mi preparación académica y profesional.

A mi padre por su apoyo constante, tanto personal como profesional, por sus sabios consejos y por cada una de sus enseñanzas, sé que está orgulloso de mí, por haber alcanzado este logro importante.

A mi familia por su apoyo incondicional en las etapas más complicadas durante toda mi vida y sobre todo por impulsarme a culminar esta investigación.

Sosa Cori, Edward Henry

AGRADECIMIENTO

A Dios por proveerme salud, entereza y ciencia a fin de lograr este objetivo tan importante en mi vida profesional, que fue muy compleja de lograr, pero a base de mucho esfuerzo, constancia y dedicación, se hizo posible.

A mis progenitores, hermana, abuelos, tíos y familiares por su apoyo absoluto y por la confianza depositada en mí, a ustedes infinitamente gracias.

A la Universidad de Huánuco - E.A.P. Ingeniería Civil por la educación impartida en sus instalaciones, sin duda fue una las etapas más importantes, la cual influyo directamente en la culminación de mi carrera profesional.

A los ingenieros de la E.A.P. Ingeniería Civil quienes fueron participes de mi formación académica, por impartir e inculcarme variados y preciados conocimientos relevantes para el desarrollo de mi carrera profesional.

A mi asesor, MSC. Ing. Alexander Reyder Lambruschini Espinoza por su predisposición al asesorarme, impartirme su conocimiento y brindarme sus orientaciones metodológicas para culminar satisfactoriamente el presente trabajo de investigación.

ÍNDICE

DEDICATORIA ii
AGRADECIMIENTO iii
ÍNDICE iv
ÍNDICE DE TABLAS vii
ÍNDICE DE FIGURAS x
RESUMEN xii
ABSTRACT xiii
INTRODUCCIÓN xiv
CAPÍTULO I 16
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 16
1.1. Descripción del Problema 16
1.2. Formulación del problema 19
1.2.1. Problema General 19
1.2.2. Problemas Específicos 20
1.3.Objetivo General 20
1.4. Objetivos específicos 20
1.5. Justificación de la Investigación 21
1.5.1. A nivel teórico 21
1.5.2. A nivel práctico 21
1.5.3. A nivel metodológico 22
1.6. Limitaciones de la Investigación 23
1.7. Viabilidad de la Investigación 23
CAPITULO II 24
2. MARCO TEÓRICO 24
2.1. Antecedentes de la investigación 24
2.1.1. Antecedentes Internacionales 24
2.1.2. Antecedente Nacionales 25
2.2. Bases Teóricas 29
2.3. Definiciones conceptuales 84
2.4. Hipótesis de la Investigación 87
2.4.1. Hipótesis General 87
2.4.2. Hipótesis Especificas 87

2.5. Variables de la Investigación 87
2.5.1. Variable Dependiente 87
2.5.2. Variable Independiente 87
2.6. Operacionalización de variables y dimensiones 88
CAPÍTULO III 89
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 89
3.1. Tipo de Investigación 89
3.1.1. Enfoque 89
3.1.2. Alcance o Nivel 89
3.1. 3. Diseño 90
3.2. Población y Muestra 90
3.2.1. Población 90
3.2.2. Muestra 91
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos 92
3.3.1. Para la recolección de datos 92
3.3.2. Para el procesamiento y análisis de la información 96
3.3.3. Para el análisis e interpretación de los datos 97
3.4. Procedimiento metodológico de la investigación 97
3.5. Desarrollo de la Investigación 98
CAPÍTULO IV 116
4. RESULTADOS 116
4.1. Procesamiento de datos 116
4.2. Contrastación de hipótesis general y específicas 142
CAPÍTULO V 146
5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS 146
5.1. Contrastación de los resultados de la investigación 146
CONCLUSIONES 152
RECOMENDACIONES 154
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 155
ANEXOS 158
RESOLUCIÓN DE DESIGNACIÓN DE ASESOR 159
RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN 161
MATRIZ DE CONSISTENCIA 163

MAPA SATELITAL DE UBICACIÓN DEL PROYECTO - PLANO PERIMÉTRICO 166
PLANO DE UBICACIÓN DE LAS CALICATAS 168
PLANO DE ZONIFICACIÓN (CENTRO POBLADO DE JANCAO - RESIDENCIAL DENSIDAD ALTA- RDA).....170
PLANO ARQUITECTONICO DE LA EDIFICACIÓN (VIVIENDA UNIFAMILIAR). 172
CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA APLICANDO EL MÉTODO DE TERZAGHI Y MEYERHOF.....175
PROCESAMIENTO DE DATOS EN EL SOFTWARE ETABS.....190
PROCESAMIENTO DE DATOS EN EL SOFTWARE SAFE. 197
RESULTADOS DEL TRABAJO DE LABORATORIO 203
CONSTANCIA DEL TRABAJO DE LABORATORIO 229
PANEL FOTOGRÁFICO.....231

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Número de puntos de investigación (calicatas)..... 31
Tabla 2. Peso mínimo según tamaño de partículas 36
Tabla 3. Numeración y abertura de los tamices..... 36
Tabla 4. Factor de correlación..... 39
Tabla 5. Vinculación entre el Grado de expansión y el límite liquido 39
Tabla 6. Vinculación entre el potencial de hinchamiento y el índice de Plasticidad..... 40
Tabla 7. Sistema de Clasificación SUCS para suelos de grano grueso. 42
Tabla 8. Sistema de Clasificación SUCS para suelos inorgánicos de grano fino. 43
Tabla 9. Sistema de Clasificación SUCS para suelos orgánicos de grano fino. 44
Tabla 10. Asentamientos Admisibles para arena y arcilla. 55
Tabla 11. Límites de distorsión angular..... 58
Tabla 12. Relación de Poisson según el tipo de terreno 60
Tabla 13. Factores de forma de la zapata según el tipo de suelo. 60
Tabla 14. Módulo de Elasticidad según el tipo de suelo..... 60
Tabla 15. Valores orientativos para placa de carga de 30x30cm2 62
Tabla 16. Valores para introducir al software SAFE. 63
Tabla 17. Factores de capacidad de carga en función del valor del ángulo de fricción del suelo. 68
Tabla 18. Cálculo de la capacidad de carga en cimentaciones que presenten falla por corte local. 69
Tabla 19. Factores de capacidad de carga en función del nivel freático. 71
Tabla 20. Operacionalización de variables..... 88
Tabla 21. Ensayos de laboratorio..... 93
Tabla 22. Factores de zona.....100
Tabla 23. Clasificación de los perfiles del suelo 101
Tabla 24. Factor “S” por tipo de perfil de suelo 101
Tabla 25. Periodo “Tp” y “T_L” por tipos de perfil de suelo. 101
Tabla 26. Consideraciones básicas del tipo de edificación. 104
Tabla 27. Número de puntos de investigación (calicatas) 104

Tabla 28. Valor de las cargas a emplear en el modelado en el software ETABS. 107
Tabla 29. Metrado de cargas por piso para una edificación de albañilería confinada 111
Tabla 30. Metrado de cargas por piso para una edificación aporticada. 112
Tabla 31. Resumen de los valores que introdujeron al software SAFE para el diseño de la cimentación.....113
Tabla 32. Resumen de las dimensiones de la cimentación.....115
Tabla 33. Resumen de los valores obtenidos de los ensayos estándar realizados en el laboratorio. 116
Tabla 34. Resumen de los resultados obtenidos del ensayo de contenido de humedad del suelo.....118
Tabla 35. Resultados de los parámetros de resistencia para la Calicata N°01. 119
Tabla 36. Resultados de los parámetros de resistencia en la Calicata N°02. 120
Tabla 37. Resultados de los parámetros de resistencia para la Calicata N°03. 122
Tabla 38. Resultados de los parámetros de resistencia para la Calicata N°04. 123
Tabla 39. Resumen de los resultados obtenidos del ensayo de corte directo. 124
Tabla 40. Falla por corte general para un cimiento corrido a 1.20m. 126
Tabla 41. Falla por corte local para cimiento corrido.....126
Tabla 42. Falla por corte general para zapata cuadrada.....127
Tabla 43. Falla por corte local para zapata cuadrada. 128
Tabla 44. Determinación de la capacidad de carga admisible para un cimiento corrido a 1.20m. 129
Tabla 45. Determinación de la capacidad de carga admisible para una zapata cuadrada a 1.50m. 129
Tabla 46. Resumen de valores de capacidad de carga para cimiento corrido según la profundidad de desplante. 130
Tabla 47. Resumen de valores de capacidad de carga para zapata cuadrada según la profundidad de desplante. 131

Tabla 48. Resumen de los valores obtenidos para el cálculo de la capacidad de carga ultima. 176
Tabla 49. Resumen de los valores obtenidos para el cálculo de la capacidad de carga ultima 178
Tabla 50. Resumen de los valores obtenidos para el cálculo de la capacidad de carga ultima 182
Tabla 51. Resumen de los valores obtenidos para el cálculo de la capacidad de carga ultima 185

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Profundidad de Cimentación (Df) en zapatas superficiales. 32
Figura 2. Simbología de Suelos 34
Figura 3. Límite de Atterberg 37
Figura 4. Limite líquido (casa grande) 37
Figura 5. Comparación del límite líquido. 38
Figura 6. Bosquejo de las diferentes zonas de saturación. 48
Figura 7. Equipo para ensayo de corte directo 50
Figura 8. Falla por corte general 53
Figura 9. Falla por punzonamiento 54
Figura 10. Falla por corte local 54
Figura 11. Asentamiento Diferencial 59
Figura 12. Tipos de cimentaciones superficiales 64
Figura 13. Grafica para determinar los valores de Nc, Nq, $N\gamma$ 67
Figura 14. Modificación de las ecuaciones de capacidad de carga con presencia de Nivel Freático 71
Figura 15. Diferencia entre los mecanismos de falla – Terzaghi, Meyerhof y Hansen 77
Figura 16. Localización provincial, distrital y ubicación Geográfica del centro poblado Jancao – Sector Alto 99
Figura 17. Mapa de zonificación sísmica 100
Figura 18. Planta típica 1°, 2° y 3° nivel sistema de albañilería confinada modelado en ETABS 108
Figura 19. Planta típica 1°, 2° y 3° nivel, sistema aporticado modelado en ETABS. 109
Figura 20. Modelamiento en ETABS de la vivienda de 3 niveles de albañilería confinada 111
Figura 21. Modelamiento en ETABS de la edificación aporticada de 3 niveles 112
Figura 22. Detalle Cimiento corrido 114
Figura 23. Detalle zapata cuadrada 114
Figura 24. Perfil Estratigráfico. 117
Figura 25. Porcentaje de Contenido de Humedad. 118

Figura 26. Curva de deformación tangencial vs Esfuerzo de corte.....119
Figura 27. Curva de Esfuerzo Normal vs Esfuerzo de corte. 120
Figura 28. Curva de Deformación Tangencial vs Esfuerzo de corte. 121
Figura 29. Curva de Esfuerzo Normal vs Esfuerzo de corte. 121
Figura 30. Curva de Deformación Tangencial vs Esfuerzo de corte. 122
Figura 31. Curva de Esfuerzo Normal vs Esfuerzo de corte. 122
Figura 32. Curva de Deformación Tangencial vs Esfuerzo de corte. 123
Figura 33. Curva de Esfuerzo Normal vs Esfuerzo de corte. 124
Figura 34. Relación entre las metodologías aplicadas para calcular la capacidad de carga admisible para un cimiento corrido. 131
Figura 35. Relación entre las metodologías aplicadas para calcular la capacidad de carga admisible para una zapata cuadrada. 132
Figura 36. Vista en planta de la cimentación tipo cimiento corrido. 134
Figura 37 Vista tridimensional de la cimentación tipo cimiento corrido. 134
Figura 38. Diagrama de Asentamientos.....135
Figura 39. Diagrama de capacidad de carga máximo del suelo 136
Figura 40. Vista en planta de la cimentación de tipo zapatas cuadradas. ..137
Figura 41. Vista tridimensional de la cimentación de tipo zapatas cuadradas.
Figura 42. Diagrama de Asentamientos.....138
Figura 43. Diagrama de capacidad de carga máximo del suelo 139
Figura 44. Esfuerzo actuante en la cimentación de una edificación de albañilería confinada. 140
Figura 45. Esfuerzo actuante en la cimentación de una edificación aporticada.
Figura 46. Asentamientos en la cimentación corrida. 141
Figura 47. Asentamientos en las zapatas cuadradas conectadas con vigas de cimentación. 141

RESUMEN

La investigación tiene como objetivo realizar un análisis geotécnico aplicado al diseño de cimentaciones superficiales en viviendas unifamiliares en la zona alta del Centro Poblado de Jancao, distrito de Amarilis, Huánuco. La metodología utilizada en la presente tesis fue de tipo aplicada, de nivel Descriptivo y de diseño no experimental. La población estuvo constituida por la zona alta del centro poblado de Jancao con un área superficial de 148,746.35 m2 (14ha 8,746.35 m2) y como muestra se analizó a la Urb. Cristo Rey con una extensión de 12,791.63 m2 (1 ha 2791.63m2).

Para llevar a cabo la investigación, inicialmente se realizó la exploración del área de estudio empleando la técnica de Observación directa con la finalidad de llevar a cabo la excavación de cuatro (04) calicatas ubicadas estratégicamente a 3.00m de profundidad. Posteriormente las muestras extraídas en campo fueron analizadas por medio de los ensayos en el laboratorio de suelos a fin de conocer las propiedades físico- mecánicas del terreno, identificar el tipo de suelo y sus parámetros de resistencia, todo ello a fin de determinar la capacidad portante, siendo este último determinante para diseñar correctamente la cimentación y también se determinaron los asentamientos admisibles que se producen en el suelo, todo ello con la finalidad de proponer un tipo de cimentación estándar para el área de estudio, elaborando así dos propuestas de diseño de la cimentación superficial utilizando el software ETABS v.16 para modelar estructuralmente la edificación y también el software SAFE v.16 para verificar el diseño de la cimentación propuesta, la primera una edificación de muros portantes de albañilería confinada con cimiento corrido en toda su sección y la segunda una edificación aporticada con zapatas cuadradas. Finalmente se obtuvo como resultado que el tipo de suelo preponderante en la zona es arena arcillosa (SC) y tiene una capacidad portante admisible de 2.37 Kg/cm2, proponiendo cimentar sobre zapatas cuadradas de 1.50mx1.50m a una profundidad de 1.50m, el cual cumple con las verificaciones de diseño por capacidad de carga y por asentamiento, resultando estructuralmente segura.

Palabras Claves: Análisis Geotécnico, capacidad de carga admisible, asentamiento tolerable y diseño de cimentación superficial.

ABSTRACT

The objective of the research is to perform a geotechnical analysis applied to the design of shallow foundations in single-family houses in the upper area of the Jancao village center, district of Amarilis, Huánuco. The methodology used in this thesis was applied, descriptive and non-experimental design. The population was constituted by the high zone of the Jancao population center with a surface area of 148,746.35 m2 (14ha 8,746.35 m2) and as a sample we analyzed the Urb. Cristo Rey with an extension of 12,791.63 m2 (1 ha 2791.63m2).

To carry out the investigation, initially the exploration of the study area was carried out using the technique of direct observation in order to carry out the excavation of four (04) pits strategically located at 3.00m depth. Subsequently, the samples extracted in the field were analyzed by means of tests in the soil laboratory in order to know the physical-mechanical properties of the soil, identify the type of soil and its resistance parameters, all this in order to determine the bearing capacity, the latter being determinant to correctly design the foundation and also the admissible settlements that occur in the soil were determined, all this with the purpose of proposing a type of standard foundation for the study area, thus developing two design proposals for the surface foundation using the ETABS v.16 software. software to structurally model the building and also the SAFE v.16 software to verify the design of the proposed foundation, the first one a building of bearing walls of confined masonry with a continuous foundation in all its section and the second one a frame building with square footings. Finally, it was found that the predominant type of soil in the area is clayey sand (SC) and has an admissible bearing capacity of 2.37 Kg/cm2, proposing a foundation on square footings of 1.50mx1.50m at a depth of 1.50m, which complies with the design verifications for bearing capacity and settlement, resulting structurally safe.

Key words: Geotechnical analysis, allowable bearing capacity, tolerable settlement and design of shallow foundation.

INTRODUCCIÓN

La presente tesis tiene como propósito realizar un análisis geotécnico aplicado al diseño de cimentaciones superficiales en la zona alta del centro poblado de Jancao y de esta forma brindar el soporte técnico a las futuras edificaciones que se proyecta construir en la zona de estudio. Cabe mencionar que los resultados obtenidos de la investigación se remitirán a la municipalidad distrital de amarilis a fin de que el órgano local pueda contar con información geotécnica de la zona alta del centro poblado de Jancao, considerando como principal antecedente el valor de la capacidad portante de la zona, este último un parámetro fundamental para diseñar correctamente la cimentación de cualquier proyecto de Ingeniería civil. El desarrollo de la investigación consistió en realizar un análisis geotécnico de la zona de estudio con la finalidad de determinar la propiedades físico - mecánicas del terreno, identificar el tipo de suelo y sus parámetros de resistencia, en base a ello determinar la capacidad portante admisible y los asentamientos admisibles que se producen en el suelo, sobre la base de estos resultados proponer un tipo de cimentación estándar para el área de estudio, elaborando así dos propuestas de diseño de la cimentación superficial, la primera una edificación de muros portantes de albañilería confinada con cimiento corrido en toda su sección y la segunda una edificación aporticada con zapatas cuadradas, garantizando que las futuras edificaciones en la zona de estudio sean estructuralmente más seguras. La presente investigación está compuesta por 5 capítulos:

En el **capítulo I** se describe el planteamiento del problema de la investigación, generado principalmente por la situación alarmante que se da en la zona alta del centro poblado de Jancao, debido a que gran parte de las viviendas construidas no cuentan con un adecuado análisis geotécnico de sus suelos, en consecuencia carecen de un correcto diseño de la cimentación, lo cual a largo plazo puede ocasionar que se produzca una falla por capacidad de carga o por asentamiento y en el caso más extremo ocasionar el colapso de la estructura, a causa de que se desconoce el tipo de suelo y capacidad portante del C.P. Jancao, así como también trata de los objetivos generales y específicos, justificación, limitación y viabilidad de la investigación.

En el **capítulo II** se presenta los antecedentes nacionales e internacionales que avalan mi investigación**,** bases teóricas y definiciones conceptuales, dicha información es complementada con las normativas vigentes (Reglamento Nacional de Edificaciones) y finalizando se presenta las hipótesis del estudio, así como sus variables y su operacionalización.

En el **capítulo III** se precisa la metodología utilizada en el desarrollo de la investigación, tipo, enfoque, nivel y diseño de la investigación; además de dar a conocer la población y muestra, también se detallan las técnicas e instrumentos utilizadas para la recolección de datos y las técnicas para el procesamiento y análisis de datos de la investigación.

En el **capítulo IV** se muestra los resultados obtenidos durante el desarrollo de la investigación, el cual abarca la determinación de las propiedades físicas y mecánicas del terreno, identificación del tipo de suelo, parámetros de resistencia, cálculo de la capacidad portante admisible y los asentamientos admisibles que se producen en el suelo. Sobre la base de estos resultados se pretende es generar propuestas alternativas respecto al tipo de cimentación estándar más adecuado a emplear en la zona de estudio, previo análisis de la cimentación. Todo ello con la finalidad de demostrar las hipótesis planteadas a través de la contrastación de la hipótesis.

En el **capítulo V** se analiza y discute los resultados presentados en el capítulo VI, comparándolos con los antecedentes mencionados en el estudio, a fin de proponer nuevas hipótesis. Por último, se presentan las conclusiones finales de la investigación, además de las recomendaciones, concluyendo con las referencias bibliográficas y los anexos que forman parte de la investigación.

CAPÍTULO I
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del Problema

Actualmente el desarrollo poblacional y la falta de urbanismo ha originado el uso inapropiado del suelo, el cual surge por las necesidades que tiene el ser humano para vivir adecuadamente, entre ellas se tiene: vivienda, salud y educación, las cuales demandan la construcción de una infraestructura que sea segura, confortable y económica sobre todo cimentada en suelo estable, el mismo que debe ser lo menos vulnerable posible y deberá cumplir con los parámetros de resistencia y criterios de diseño establecidas en la normativa técnica peruana de acuerdo al tipo y diseño de cimentación que se proyecta realizar.

Asimismo, este impulsivo crecimiento poblacional está generando el incremento desproporcionado de las urbanizaciones y los asentamientos humanos, lo cual tiene como consecuencia la construcción informal de las edificaciones (viviendas autoconstruidas), las cuales en su mayoría no toman en cuenta ningún estudio previo del suelo en el área de estudio donde se van a cimentar las estructuras (viviendas unifamiliares) y tampoco cuentan con un correcto diseño de la cimentación, sin considerar que se estaría construyendo en lugares donde la amplificación sísmica es mayor, pudiendo provocar algunos efectos colaterales en estructuras débiles y funcionales. Además, existen riesgos relacionados a cimientos defectuosos construidos sobre terrenos inestables con baja capacidad portante, por lo general edificaciones construidas sobre suelos blandos, rellenos sanitarios y la construcción viviendas informales que se asientan en zonas de alto riesgo no mitigable.

Usualmente los errores obtenidos en la construcción de una edificación u otro proyecto de ingeniería, se deben frecuentemente a un mal proceso constructivo, debido a que estos proyectos no cuentan con un apropiado estudio de suelos y a consecuencia de ello no se diseña correctamente la cimentación, en ese aspecto el terreno actúa como principal responsable de que se produzcan falla, ya que existe la limitación de llevar a cabo un

adecuado análisis del suelo, talvez por desconocimiento o negligencia por parte del ejecutor, ya que este análisis representa una de las fases más importantes al momento de llevar a cabo cualquier tipo de construcción. A esto le sumamos la existencia de obras y proyectos de ingeniería que para minimizar costos utilizan estudios de suelos existentes, tomando en cuenta los datos de alguna referencia cercana al área de estudio, sin efectuar el análisis a los puntos de investigación que corresponden al lugar donde se proyecta ejecutar la construcción, lo cual no es correcto puesto que ningún suelo es continuo, homogéneo o linealmente elástico, tanto vertical como horizontalmente.

En América Latina como por ejemplo en Brasil, se realizó un estudio analítico por Lincoln Institute en el año 2007, en el que se detalla nuevas evidencias que corroboran el crecimiento urbano desordenado en ese país, a partir del uso irregular del suelo urbano, así como la construcción de edificaciones que no cuentan con un estudio geotécnico del suelo, un adecuado diseño de la cimentación y menos aún con la supervisión técnica de un profesional especialista durante su ejecución , todo ello a causa de la insuficiente inversión pública en vivienda social o en infraestructura urbana por parte del gobierno.

A nivel nacional la tasa de crecimiento poblacional asciende al 1.7% (2018), es por este motivo que aproximadamente 50 mil viviendas de material noble se construyen anualmente en el país. Según la investigación realizada por la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO), solo en la ciudad de lima (capital del Perú) el 70% de las viviendas edificadas son informales, es decir se ejecutaron sin tener en cuenta los criterios y parámetros establecidos en el RNE, las cuales no cuentan con un análisis geotécnico del suelo donde se asientan las viviendas, tampoco con un adecuado diseño de la cimentación. La mayoría de estas edificaciones se encuentran ubicadas en urbanizaciones y asentamientos humanos de los diferentes distritos de la ciudad de Lima, consideradas comúnmente como zonas de expansión urbana.

Este problema en gran parte se debe a la carencia económica de la población y a la dificultad de poder contar con la supervisión de un profesional

especialista que sea el responsable del proyecto durante las etapas de diseño y construcción de las edificaciones, a esto se le suma los antecedentes de presencia suelos inestables en los diferentes distritos y sectores de la ciudad de Lima consideradas mayormente como zonas prohibidas por su condición de vulnerabilidad o intangible por el tipo de afianzamiento de sus suelos. Esto implica a que las edificaciones sean vulnerables sísmicamente, ya que estarán expuestos a cualquier movimiento sísmico y que con el transcurrir de los años la estructuras presentarán asentamientos, fallas por corte del suelo, fisuras, etc. provocando que las edificaciones sean inhabitables, generando una pérdida económica para los propietarios y en el peor de las situaciones la perdida de la vida de sus ocupantes o la población.

En el ámbito local el distrito de Amarilis es denominado uno de los distritos urbanos más importantes de la Provincia de Huánuco, con un promedio poblacional de 81, 461 habitantes se caracteriza por su rápido crecimiento, ya que en 38 años su población se ha incrementado a 4.7 veces y se ha extendido físicamente 5 veces (según INEI), esto se debe gran parte a que personas de distintos lugares migran a la ciudad con la intención de mejorar su calidad de vida, lo cual genera la construcción excesiva de viviendas de material noble construidas anti técnicamente en los diferentes centros poblados, localidades y sectores que comprende el distrito de Amarilis.

Actualmente el distrito de amarilis no maneja una data referente a los análisis geotécnicos realizados por cada urbanización o asentamiento humano donde se proyecta la construcción de viviendas unifamiliares. A esto se le suma que la Municipalidad de Amarilis no cuenta con información geotécnica (mapa) de su territorio, asimismo no considera el desarrollo urbanístico en los diferentes centros poblados y asentamientos humanos, ya que solo se enfoca en el casco urbano, a consecuencia de ello existen demasiadas edificaciones autoconstruidas, las cuales desconocen el tipo de suelo sobre el cual se asientan. Esto debido a que la población desconoce la importancia de este estudio antes de llevar a cabo la construcción de sus edificaciones, el cual contribuye directamente para diseñar correctamente la cimentación para la construcción de sus edificaciones, siendo este uno de las etapas más importantes antes de ejecutar cualquier tipo de construcción.

Finalmente, el centro poblado de Jancao, considerado como zona de expansión urbana, ha evolucionado considerablemente en base al desarrollo y crecimiento poblacional produciendo el aumento zonas proyectadas a urbanizarse (urbanizaciones), lo cual conlleva a que constantemente se estén construyendo colegios, viviendas, edificios comerciales y otros proyectos de Ingeniería.

En la actualidad existen muchas edificaciones de material noble (autoconstruidas), las cuales no cuentan con un estudio de suelos y carecen de un adecuado diseño de cimentaciones, lo cual a largo plazo puede ocasionar el colapso de la estructura, debido a que se desconoce el tipo de suelo en el área de estudio sobre el que se edificarán las viviendas, así como sus propiedades físico-mecánicas y la capacidad portante del terreno, este último permite conocer la capacidad que tiene el terreno de soportar la carga máxima aplicada sobre él, a fin de evitar que se produzca una falla en el terreno, tanto por capacidad de carga máxima o por asentamiento, siento la capacidad portante uno de los parámetros más importantes para diseñar correctamente la cimentación. A todo esto, se le suma los antecedentes de un evento suscitado en el año 1996 que trajo consigo material proveniente de aluviones, el cual arrastro consigo piedras de grandes dimensiones cubriendo gran parte de la superficie del centro poblado de Jancao. Además, de la inspección ocular realizada en campo se pudo apreciar que algunas de las edificaciones construidas (viviendas unifamiliares) en la zona tienen poco tiempo de haber sido construidas y ya presentan severos daños en su estructura, que es necesario identificar para poder recomendar su corrección, rectificación u otra medida complementaria.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema General

¿Cómo realizar un análisis geotécnico aplicado al diseño de cimentaciones superficiales en viviendas unifamiliares en la zona alta del Centro Poblado de Jancao del distrito de Amarilis, Huánuco 2020?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Cómo determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo para el diseño de cimentaciones superficiales en viviendas unifamiliares en la zona alta del centro poblado de Jancao?
- ¿Cómo determinar la capacidad portante admisible del suelo en el diseño de cimentaciones superficiales en viviendas unifamiliares en la zona alta del centro poblado de Jancao?
- ¿Cómo verificar las propuestas del diseño de cimentaciones superficiales en viviendas unifamiliares en la zona alta del centro poblado de Jancao?

1.3. Objetivo General

- Realizar un análisis geotécnico aplicado al diseño de cimentaciones superficiales en viviendas unifamiliares en la zona alta del Centro Poblado de Jancao del distrito de Amarilis.

1.4. Objetivos específicos

- Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo para el diseño de cimentaciones superficiales en viviendas unifamiliares en la zona alta del Centro Poblado de Jancao.
- Determinar la capacidad portante admisible en base a los parámetros de resistencia del suelo para el diseño de cimentaciones superficiales en viviendas unifamiliares en la zona alta del centro poblado de Jancao.
- Proponer un tipo de cimentación estándar para el diseño de cimentaciones superficiales en viviendas unifamiliares en la zona alta del centro poblado de Jancao.

1.5. Justificación de la Investigación

1.5.1. A nivel teórico

La justificación teórica de la investigación tiene por base fundamental realizar un análisis geotécnico de la zona en estudio que permita identificar el tipo de suelo donde se construirán las futuras edificaciones o cualquier proyecto de ingeniería civil en la zona de estudio con el propósito de precisar la capacidad portante del terreno para resistir la máxima carga aplicada sobre él, con la finalidad de prevenir de que se pudiese producir una falla por capacidad de carga máxima o por asentamiento, también se va a analizar las propiedades físico – mecánicas del terreno en el área de estudio y a en base a los resultados que se obtuvieron en el laboratorio analizar el tipo de cimentación estándar a construir en función de las características y tipo de estructura con la finalidad de proponer un tipo de cimentación estándar para la construcción una vivienda unifamiliar que sea segura, económica y a su vez óptima para poder ser habitada, de acuerdo a los parámetros de diseño que precisa el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y la normativa técnica peruana (NTP).

Puesto que tenemos una situación alarmante a causa de que gran parte de las viviendas construidas en la zona alta del centro poblado de Jancao no cuentan con un adecuado análisis geotécnico de sus suelos, en consecuencia carecen de un correcto diseño de la cimentación, lo cual a largo plazo puede ocasionar que se produzca una falla por capacidad de carga o por asentamiento y en el caso más extremo ocasionar el colapso de la estructura, a causa de que se desconoce el tipo de suelo sobre el cual se asientan las edificaciones en la zona de estudio, así como sus parámetros y la capacidad portante del terreno.

1.5.2. A nivel práctico

A nivel práctico la investigación se justifica en la obtención de resultados precisos, confiables y verídicos que puedan realmente ser usados en el campo de la construcción, durante las fases de diseño y ejecución de viviendas unifamiliares y proyectos de ingeniería que edificaran en la zona de estudio.

Lo que se pretende alcanzar con esta investigación, es informar y dar a conocer a la población y sociedad en general lo importante que es contar con un buen estudio del suelo ya que este nos permite conocer el tipo de suelo (malo, regular o bueno) sobre el que se van a construir las edificaciones, así como también nos permite conocer sus propiedades físico- mecánicas, los cuales son importantes para determinar el tipo de cimentación más adecuado a emplear en la zona, en función a su capacidad portante y a partir de ello diseñar correctamente la cimentación previa ejecución de sus edificaciones de acuerdo a las condiciones y características que presenta el terreno. Por otra parte, esta investigación busca generar una propuesta alternativa referente a un tipo de cimentación estándar a emplear en la zona en estudio con el propósito de construir viviendas estructuralmente más seguras, ya que unos buenos cimientos son capaces de resistir las cargas tanto estáticas y dinámicas a las cuales va a estar sometida la estructura, considerando que el centro poblado de Jancao ha evolucionado notoriamente en base al desarrollo y crecimiento poblacional produciendo el aumento desordenado de urbanizaciones y asentamientos humanos en la zona, que por lo general son sísmicamente vulnerables.

1.5.3. A nivel metodológico

Los resultados de la investigación contribuirán de manera social a la población, de igual forma servirán como un aporte significativo para aquellos profesionales proyectistas que quieran realizar la construcción de una vivienda, edificio y otros proyectos de ingeniería y busquen información geotécnica del terreno en la zona en estudio y tengan como referencia el presente trabajo de investigación, el cual fue elaborado a partir de datos precisos y verídicos en el que se ejecutaron trabajos en campo, ensayos de laboratorio, análisis geotécnico, cálculo de la capacidad de carga ultima y admisible, cuanto se va asentar la cimentación y por último proponer el diseño de una cimentación típica para llevar a cabo la construcción de las viviendas en el centro poblado de Jancao, garantizando que la estructura sea más segura.

1.6. Limitaciones de la Investigación

Como principales limitaciones para llevar a cabo el desarrollo de la investigación, se tuvo:

- Falta de estudios previos o investigaciones en la ciudad de Huánuco relacionadas al área donde se desarrolló y ejecutó la investigación.

- Factor tiempo, estuvo directamente relacionado con el estado de emergencia decretado por el estado peruano a consecuencia del COVID 19, debido a esto los laboratorios de suelos donde se realizarían los ensayos se encontraban cerrados acatando el aislamiento social obligatorio y no contaban con un protocolo de bioseguridad, retardando así el desarrollo de la investigación.

- Factor económico, el costo que demandó el desarrollo de la investigación, a causa de los ensayos desarrollados en la investigación y el número de veces.

- La investigación se limitó a realizar el análisis geotécnico la zona alta del C.P. de Jancao a fin de establecer el tipo de suelo y sus propiedades, en base a ello determinar un tipo de cimentación estándar a emplear para la edificación de viviendas de tipo unifamiliar en la zona en estudio.

1.7. Viabilidad de la Investigación

La investigación es factible, porque durante el desarrollo del estudio, el investigador contó con todos los recursos económicos, recursos teóricos es decir se utilizó información primaria de citas bibliográficas, libros, internet, artículos científicos y recursos humanos necesarios para desarrollar lo comprendido en el trabajo de investigación.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Moya. (2015). realizó la investigación "*Estudio y análisis del comportamiento estructural de cimentaciones superficiales por efectos de consolidación del suelo de fundación, según la metodología propuesta por la norma ecuatoriana de la construcción"* (Tesis de Pregrado), cuyo objetivo principal fue elaborar una propuesta técnica a fin de diseñar el tipo de cimentación idóneo para las viviendas en el Sector Alto Alianza, concluyendo así lo siguiente

- De los ensayos que realizó el investigador, identificó que los suelos son friccionantes (SW y SM), determinando a través del análisis de sus muestras que el contenido de la humedad difiere entre 0.26% - 2.20%, obteniendo del ensayo de densidad natural in situ valores que difieren entre 1.509 – 1.576 gr/cm3 y una capacidad portante admisible que difiere entre 1.33 a 2.98 Kg/cm2 a 1.50m de profundidad y 1.65 a 2.75 Kg/cm2 a 2.00m de profundidad. Asimismo, identificó que el suelo que destaca en el área de estudio es arena limosa (SM) y utilizando el programa "LOADCAP DE GEOESTRU" determino la capacidad portante del terreno, considerando los métodos Terzaghi, Meyerhof, Hansen, Vesic y respetando los lineamientos estipulados en el RN.E. (Norma E.050, 2018).

- De los resultados obtenidos después del análisis de las muestras del suelo de fundación a través de los ensayos de laboratorio, el investigador propuso como tipo de cimentación a las zapatas aisladas cimentadas, teniendo en cuenta que el terreno tiene una capacidad portante admisible de 1.65 Kg/cm2, obteniendo así dimensiones de 1.10x1.10m, 0.80x1.30m, 1.20x1.20m, corroborando que el diseño de la cimentación superficial cumple con la verificación por esfuerzos de flexion, esfuerzo cortante, por aplastamiento y por punzonamiento.

Pujante. (2017). realizó la investigación "*Estudio de soluciones para la cimentación de un edificio de viviendas de uso residencial en quito" (Tesis de Pregrado)*, cuyo objetivo principal fue definir el tipo de cimentación idóneo para la construcción de un edificio de uso residencial. Dicha investigación tuvo como resultado:

El investigador empleo cálculos a través del programa Excel para poder realizar las comparaciones geotécnicas de la cimentación, posteriormente aplicó programas de cálculo de las presentes estructuras, donde obtuvo como resultados la cota de la cimentación a realizar, el cual fue a 1.5 metros de profundidad, para lo cual se pueda cimentar y también por parte de higiene del edificio, se va a generar un forjado sanitario, y a su vez todos los posibles elementos ir conectados a través de vigas centradoras y de atado. Por último, esta investigación concluye en que es de vital importancia la realización de estudios de ingeniería geotécnica, que se basan en el dimensionamiento de cimentaciones, para así poder lograr que el edificio en estudio puede resistir el hundimiento, deslizamiento y vuelvo, además también se tomó en cuenta el asentamiento de las zapatas, en base a la normativa en estudio, para finalmente realizar una serie de ensayos que nos determinen los parámetros del suelo. El antecedente mencionado nos sirvió de gran aporte en cuanto a la estructura del proyecto de investigación, y también objetivos, ya que nos menciona en cuanto radica la importancia de un buen estudio geotécnico.

2.1.2. Antecedente Nacionales

Sánchez (2019), quien desarrollo la tesis de pre grado que lleva por título: "*Estudio geotécnico para el diseño de cimentaciones en viviendas unifamiliares en el centro poblado de Huamanmarca*, *en la Ciudad de Huancayo*", cuyo objetivo principal fue ejecutar un estudio geotécnico para diseñar las cimentaciones de tipo superficial en viviendas unifamiliares pertenecientes al C.P. Huamanmarca. En dicho proyecto se concluyó lo siguiente:

- Como parte de los resultados obtenidos el investigador determinó las propiedades del suelo, obteniendo del ensayo de densidad in situ un

valor de 1,63 gr/cm2 (mínima) y 1,82 gr/cm2 (máxima) ubicados respectivamente en la calicata C-05 y C-06, presentando un contenido de humedad de 13,60 %(mínimo) y un 23,91 %(máximo) ubicados por separado en la calicata C-03 y C-04. El tipo de suelo en el área de estudio es arcilloso. De la prueba de corte directo se para la cohesión del suelo un valor mínimo 0,04 kg/cm2 y un valor de 0,38 kg/cm2 (máximo), al mismo tiempo que se obtuvieron valores de 19.9° (mínimo) y 35.20° (máximo) para el ángulo de fricción.

A partir del estudio geotécnico realizado, el investigador determinó una capacidad portante admisible de 1,36 kg/cm2 a 1.80 m de profundidad y 1.85 kg/cm2 a 1.90 m de profundidad ubicados respectivamente en la en la calicata C- 07 y C-10, con una sección mínima de 1.90m x 1.75 m (C-10) y una sección máxima de 2,30 x 2,15 m (C-07), dichos valores de la capacidad portante se obtuvieron considerando una falla local y que la carga aplicada sobre el suelo será vertical.

Palomino, (2018), quien desarrollo la tesis de Pre grado titulada "*Evaluación geotécnica aplicada al diseño de cimentaciones superficiales, en el distrito de ventanilla, Lima"*, cuyo objetivo principal fue analizar de qué manera influye la evaluación geotécnica para diseñar correctamente las cimentaciones superficiales de viviendas en el distrito de Ventanilla. La investigación llegó a las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- Los parámetros del terreno en el distrito de Ventanilla contienen un porcentaje, en cuanto al contenido de humedad promedio de 6.3%, también se tiene un valor de densidad promedio de 1.752, estos parámetros son gobernados dependiendo del tipo de suelo, el suelo que se encuentra en el distrito de ventanilla es arena pobremente graduada con grava y limo.

- En cuanto a la capacidad portante se determinó este valor empleando los métodos prácticos de Terzaghi y Meyerhof, en la cual se puede ver que la teoría de Terzaghi cuenta con un 32% a diferencia de la teoría de Meyerhof con un 68%, lo cual nos indica que la teoría de Terzaghi

brinda valores mucho más conservadores que la teoría de Meyerhof, estos datos de capacidad portante se van a contrastar con la presión admisible del terreno debido a que se diseñó una edificación de tres pisos con cimentación corrida.

- En cuanto a la fallas por capacidad de carga se tiene el asentamiento, a causa de que es uno de los principales responsables de los colapsos de muchas estructuras, los asentamientos calculados con ayuda del software SAFE, diseñados para dos tipos de cimentación, tanto para el cimiento corrido con un 56%, como para la propuesta de zapatas, vigas de cementación y cimiento corrido, con un 44%, para los asentamientos evaluados por el software SAFE, se tiene que son menores a los asentamientos tolerables, lo cual es aceptable, ahora bien para determinar el cálculo del asentamiento se obtuvo el coeficiente de balasto en base tabla 1.7, en el cual demuestra que para una profundidad de cimentación corrida tomó de referencia 1.00m lo cual nos arrojó un valor de coeficiente de balasto de 5.49, y para la zapata se consideró una profundidad de 1.50m con un coeficiente de balasto de 3.66 Kg/cm3.

Astocondor P. (2020), realizó la investigación titulada "*Estudio de zonificación de los suelos para fines de cimentación superficial del sector Pómape del distrito de Monsefú – Chiclayo*", cuyo objetivo principal fue elaborar un estudio orientado a la zonificación del terreno en estudio a fin de diseñar correctamente una cimentación superficial, para el cual fue necesario determinar las propiedades físico-mecánicas y químicas del terreno, obteniendo las siguientes conclusiones:

- ✓ En los suelos del área de estudio se encontraron arenas arcillosas (SC) y arcillas de baja plasticidad (CL) en el mismo porcentaje (38.89%) y arcillas de alta plasticidad (CH) con un 22.22%. Por lo que concluyó que el suelo es homogéneo.

- ✓ Como parte de los resultados obtenidos el investigador determinó las propiedades mecánicas del terreno, las cuales muestran que a 1.00 m

de profundidad, la capacidad portante del terreno difiere entre 0.50 kg/cm2 y 0.93 kg/cm2 y para una profundidad de 1.50 m, se encontró una capacidad portante que difiere entre 0.60 kg/cm2 y 1.11 kg/cm2. Finalmente, a 2.00 m de profundidad la capacidad portante del terreno difiere entre 0.74 kg/cm2 y 1.30 kg/cm2.

- ✓ Las propiedades químicas, muestran que, dentro del área de estudio, según el ACI, solo el 22.22% de las muestras ensayadas se consideran "Perjudiciales", mientras que el 77.78% se consideran "No Perjudiciales", por lo que se asume que la salinidad de la mayor parte del suelo del área de estudio no es perjudicial.

Chalco y Febe, (2019), quienes realizaron la investigación "*Estudio geotécnico para el diseño de cimentaciones superficiales en suelo arenoso en el proyecto condominio oasis, distrito de paracas – pisco – Ica – Perú"*, cuyo objetivo principal fue realizar el estudio geotécnico del área de estudio y en base a ello exponer propuestas referentes al tipo de cimentación a emplear para un suelo arenoso para la ejecución del proyecto condominio Oasis, obteniendo las siguientes conclusiones:

- El estudio geotécnico obtenido determinó que el tipo de suelo predominante en la zona en estudio está conformado por arena pobremente graduada (SP) con una densidad natural in situ de 1.68 g/cm3 y como resultado de los parámetros de resistencia, se tuvo un valor 0.00 para la cohesión y 33.5° para el ángulo de fricción. Además de la exploración de los puntos de investigación existió presencia de una capa freática a una profundidad de 1.30 m. respecto al nivel de suelo, por lo que las cotas de fundación no se vieron afectadas por el nivel freático, obteniendo una capacidad portante de 16.67 ton/m2.

- Las tres propuestas referentes al diseño de la cimentación superficial en la zona cumplen con la verificación de diseño por capacidad de carga máxima y por asentamientos, Sin embargo, el tipo de cimentación que resulta más segura estructuralmente es la losa de

cimentación presentando una capacidad portante admisible de 8.15 ton/m2 y un asentamiento tolerable de 2.03mm.

Pajuelo B. (2018), realizó la investigación titulada: *"Diseño Geotécnico de la cimentación del mercado modelo villas de ancón, distrito de Ancón"* en la ciudad de Lima, cuyo objetivo general consistió evaluar la incidencia de un estudio geotécnico en la propuesta del tipo y diseño de cimentación más adecuado a utilizar en la ejecución del Mercado Modelo Villas de Ancón, concluyendo lo siguiente:

- Los suelos granulares en el área de estudio están comprendidas por un esquema de origen aluvial y pertenecen al abanico pluvial del río chillón. El perfil estratigráfico de las seis calicatas de exploración presenta suelos arenosos, clasificados como arena mal graduada (SP) de espesor variable. EL material gravoso se ubicó en distintos lugares a profundidades de 4.00m. La capacidad portante admisible que se obtuvo del suelo de fundación en el área en estudio fue de 2.21 kg/cm2, permitiendo así diseñar correctamente la platea de cimentación propuesta para la edificación de 04 niveles, en este caso la cimentación idónea para el mercado modelo Villas de Ancón. Respecto a los niveles de sulfato y cloruros están por debajo de los niveles perjudiciales, por ende, no perjudicarían a la cimentación de la edificación del mercado.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Análisis Geotécnico

Se define como una serie de actividades que sirve para conocer los antecedentes geotécnicos del terreno, la cual es necesaria para llevar a cabo la construcción de un proyecto. Asimismo, un análisis geotécnico, se refiere a la inversión que deben hacer las personas, para conocer el tipo de suelo sobre el cual se asentarán las futuras edificaciones, si bien es cierto invertir dinero en la edificación de una vivienda, no solo radica en la parte estética, sino de cuánto va a resistir el suelo bajo la carga que se trasmitirán por medio de la estructura a la cimentación.

Un análisis o estudio geotécnico es la agrupación de posibles actividades que nos van a permitir adquirir información de tipo geológica y geotécnica del terreno en estudio, el cual será necesario conocer en la redacción de un proyecto de construcción civil. (Mora, 2005, p.2)

De acuerdo a lo citado por el autor líneas arriba, una evaluación geotécnica nos permite identificar las propiedades físico- mecánicas del suelo, características y condiciones del terreno donde se ejecutará el proyecto. Dicha información será generada a través de la exploración del terreno (sondeos), pruebas de campo y laboratorio.

2.2.2. Mecánica de suelos

"La mecánica de suelos es la aplicación de las leyes de la mecánica y la hidráulica a los problemas de ingeniería que tratan con sedimentos y otras acumulaciones no consolidadas de partículas sólidas, producidas por la desintegración mecánica o la descomposición química de las rocas, independientemente de que tengan o no materia orgánica". (Terzaghi, 1967)

"La mecánica de suelos resulta ser la aplicación de la mecánica a los problemas geotécnicos, encontrados en las distintas obras civiles, en ella se realiza el estudio de sus determinadas propiedades, la utilización del suelo como material estructural y la evaluación de su comportamiento, de tal manera que estas deformaciones y la resistencia del suelo puedan brindar durabilidad, seguridad y sobre todo estabilidad a las estructuras". (Duque y Escobar, 2002)

2.2.3. Programa de Investigación y Exploración de campo

2.2.3.1. Programa mínimo - PM

"El Programa de Exploración aquí detallado constituye el programa mínimo requerido por un EMS, siempre y cuando se cumplan las siguientes condiciones". (Norma E.050, 2018, p. 11)

a) Condiciones de Frontera

"Tienen como objetivo la comprobación de las características del suelo, supuestamente iguales a las de los terrenos colindantes ya edificados". (Norma E.050, 2018, p. 11).

b) Número “n” de puntos de exploración

Para conocer el total de número de puntos de exploración es necesario utilizar la Tabla 01. considerando principalmente el tipo de edificación que se proyecta construir y el área de la superficie que esta ocupará. (Norma E.050 Suelos y Cimentaciones, 2018, p. 11).

Tabla 01.

Número de puntos de investigación (calicatas)

Tipo de edificación u obra	Número de puntos de investigación
I	“Uno por cada 225m2 de área techada de primer piso”.
II	“Uno por cada 450 m2 de área techada del primer piso”.
III	“Uno por cada 900 m2 de área techada del primer piso”.
IV	“Uno por cada 100 m de instalaciones sanitarias de agua y alcantarillado en obras urbanas”.
“Habilitación urbana para viviendas Unifamiliares de has 3 pisos”	“3 por cada hectárea de terreno a habilitar”.

Fuente: Norma Técnica E 0.50 Suelos y Cimentaciones (2018)

c) Profundidad “p” mínima por cada punto de exploración

c-1) Para Cimentaciones Superficiales

EDIFICACIÓN SIN SÓTANO:

$$p = h + D_f + z$$

Donde:

D_f= Para edificios sin sótano, es la distancia vertical que existe desde el suelo hasta la parte inferior de los cimientos, lo que sea menor. En un edificio con sótano, es la distancia vertical que existe entre el piso terminado del sótano más profundo y el fondo de la cimentación, excepto para losas de cimentación.

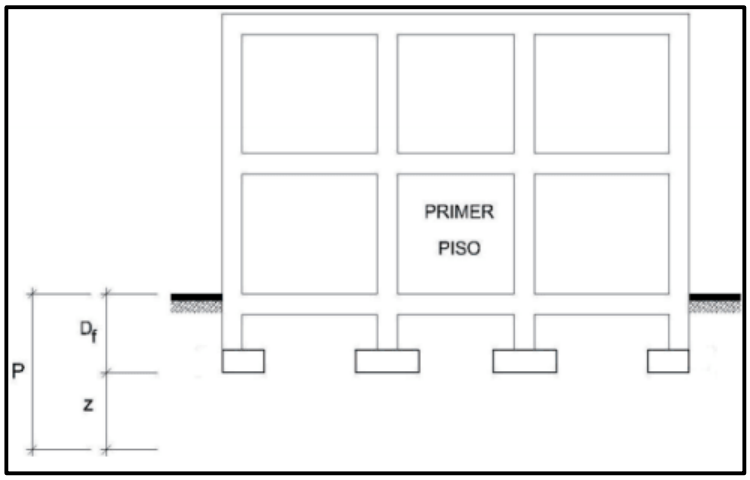
z = 1,5 B; donde B es el ancho de la cimentación proyectada.

h = Altura existente entre el piso terminado del sótano más profundo y el nivel del suelo natural.

“La profundidad mínima de exploración es la profundidad del estrato resistente más una profundidad de verificación no menor a 3 m. Uno de los puntos debe llegar hasta el nivel más bajo de las estructuras soterradas más 3 m. En ningún caso p es menor de 3 m en el caso de estructuras sin sótano y de 6 m en el caso de estructuras con sótano, excepto si se encontrase roca antes de alcanzar la profundidad p, en cuyo caso el **PR** debe llevar a cabo una verificación de su calidad por un método adecuado”. (Norma E.050, 2018, p. 12).

Figura 1.

Profundidad de Cimentación (Df) en zapatas superficiales.



Fuente: Norma Técnica E 0.50 Suelos y Cimentaciones (2018)

d) Distribución de los puntos de exploración

Para realizar la distribución estratégica de los puntos de exploración es necesario considerar las dimensiones y características del terreno, así como también tener en cuenta la ubicación de la estructura y su proyección en campo. (Norma E.050, 2018, p. 13).

e) Número y tipo de muestras a extraer

“Cuando el plano de apoyo de la cimentación prevista no sea roca, el PR determina el número de muestras que deben tomarse tipo Mab, hasta el plano de apoyo de la cimentación prevista Df y a partir de esta profundidad se debe tomar las muestras tipo Mib o Mit a cada metro. El PR es responsable de seleccionar y determinar el número de muestras

y/o ensayos necesarios a fin de determinar las propiedades físico mecánicas requeridas para el análisis de la cimentación y sistemas de sostenimiento". (N.T.P. E.050 Suelos y Cimentaciones, 2018, pág. 13).

f) Ensayos a realizar "in situ" y en laboratorio

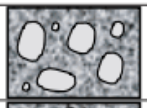
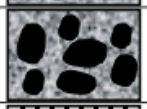
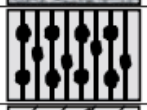
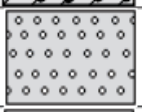
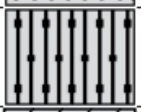
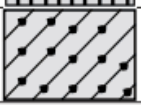
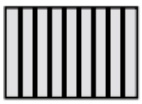
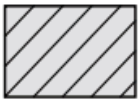
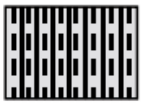
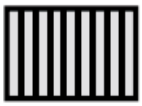
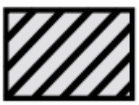
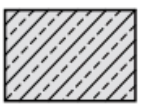
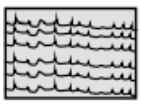
"Los ensayos se realizarán sobre los estratos típicos y/o sobre las muestras extraídas según las normas aplicables establecidas en la Norma E- 0-50. Las determinaciones a realizar, así como el número de muestras a ensayar son determinadas por el PR". (N.T.P. E.050 Suelos y Cimentaciones, 2018, pág. 14).

2.2.3.2. Perfil Estratigráfico por cada punto explorado

Se incluye la información correspondiente a cada estrato de suelo, el cual se representa a través de una gráfica en función de las capas de suelo, las muestras obtenidas, su ubicación y características, así como también los resultados de los ensayos en campo y en caso sea necesario se deberá contar con un plano topográfico para el EMS, en el que se debe señalar la cota de arranque del punto que se investiga y la cota de fondo. (Norma E.050, 2018, p. 15).

Figura 2.

Simbología de Suelos

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

Fuente: Norma Técnica E 0.50 Suelos y Cimentaciones (2018)

2.2.4. Características del suelo

2.2.4.1 Características físicas del suelo

"El conocer y determinar las características físicas del suelo es de vital importancia en el Estudio de Mecánica de Suelos, ya que su adecuada interpretación puede predecir el futuro comportamiento de un terreno, el mismo que será sometido a cargas trasmitidas por la estructura y a su vez esté presente diferentes contenidos de humedad". (Crespo, 2004, p.41)

Según (Das, 2011, p.1), "Las propiedades geotécnicas que presenta el suelo de fundación, como su distribución del diámetro del grano, la plasticidad, la compresibilidad y la resistencia por cortante, se determinaran a través de los ensayos de laboratorio".

a) Análisis de Mecánica de Suelos

Para (Das, 2013, p.33). "El análisis de mecánica de suelos es la determinación de la gama de tamaños de partículas presentes en un suelo, expresados como un porcentaje del peso seco total (o masa). Regularmente se usan dos métodos en particular para realizar la distribución de tamaño de partícula de suelo: El primero es el análisis de tamiz para tamaños de partículas mayores de 0.075 mm de diámetro, y el segundo es el análisis de hidrómetro para tamaños de partículas más pequeñas que 0.075 mm de diámetro".

a.1) Análisis Granulométrico por tamizado

Por medio de esta prueba se analiza el tamaño de las partículas, el cual nos permite determinar cuantitativamente la distribución de las dimensiones de las partículas del suelo que pasan a través de los diferentes tamices para definir la cantidad de material más fino que 0.075mm, luego de que el agregado haya sido lavado, disolviendo las partículas existentes de arcilla y también los materiales en el agua.

Tabla 2.

Peso mínimo según tamaño de partículas

“Diámetro nominal máximo de las partículas más grandes” (mm – pulg.)	**“Peso mínimo aproximado retenido de la porción en gramos”**
9,5 (3/8”)	500
19,0 (3/4”)	1000
25,7 (1")	2000
37,5 (1 ½")	3000
50,0 (2")	4000
75,0 (3")	5000

Fuente: Norma Técnica NTP 339.128

Tabla 3.

Numeración y abertura de los tamices

Tamiz	**Abertura (mm)**	**TIPOS DE SUELO**
3”	76.200	GRAVA
2”	50.800	
1 ½"	38.100	
1”	25.400	
3/4"	19.050	
½”	12.700	
3/8”	9.525	
N°4	4.760	ARENA GRUESA
N° 10	2.000	ARENA MEDIA
N°16	1.300	
N°20	0.840	
N°30	0.590	
N°40	0.426	
N°50	0.297	ARENA FINA
N°60	0.250	
N°100	0.149	
N°200	0.074	

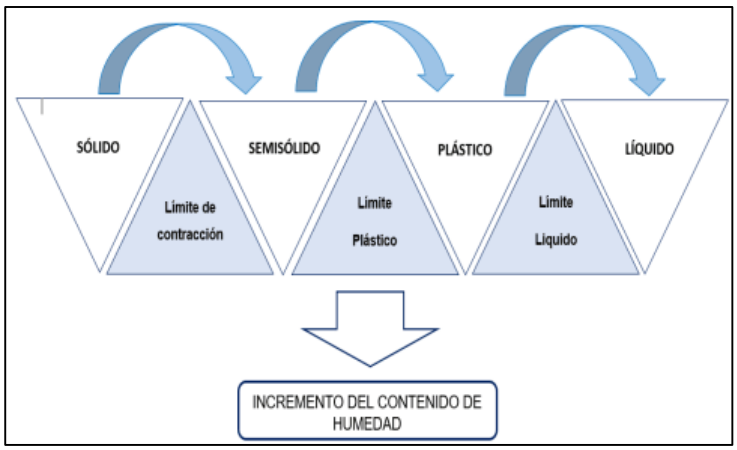
Fuente: Elaboración propia

b) Uniformidad del suelo

Para (Das, 2013, p. 64) “La consistencia del suelo se mide por muestras de suelo mojado, húmedo y seco. En suelos con contenido de humedad elevado, el suelo y el agua pueden fluir como un líquido, pero en los suelos con un contenido de humedad bajo, el suelo se comporta como un sólido quebradizo. A consecuencia de estos el suelo se divide en cuatro estados básicos: sólido, semisólido, plástico y líquido”.

Figura 3.

Límite de Atterberg



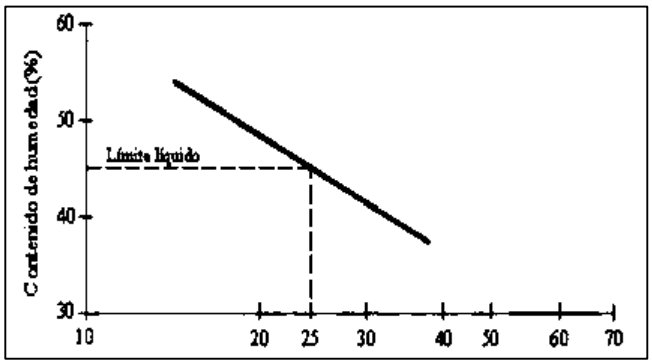
Fuente: Elaboración propia

b.1) Límite Líquido

"El límite líquido de un suelo se determina utilizando la copa de Casagrande, y se define como el contenido de humedad que presenta el suelo, para el desarrollo de la prueba se coloca una pasta de suelo, en el que se cierra una ranura de 12.7 mm en la parte inferior de la ranura mediante 25 golpe, el contenido de humedad indicado por la intersección de esta línea es el límite liquido del suelo". (Das, 2011, p.15)

Figura 4.

Limite líquido (casa grande)



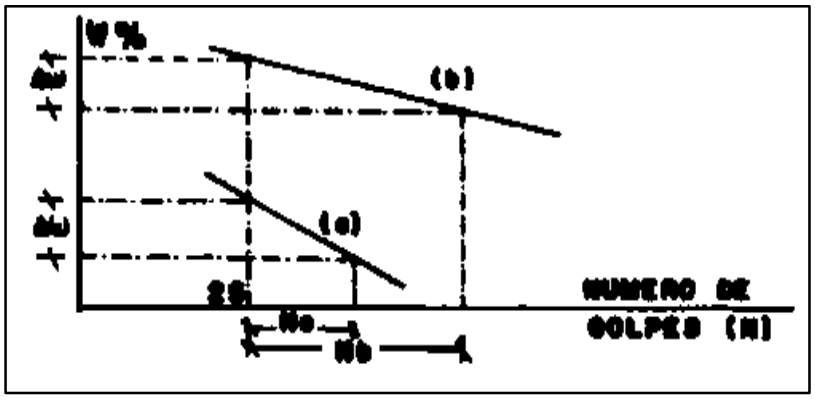
Fuente: Crespo C. (2015) "Mecánica de suelos y cimentaciones"

Según (Crespo C, 2015). "Cuando dos diferentes tipos de suelo presentan un valor idéntico de índice plástico, pero diferente curva de fluidez, tal y como se evidencia en la figura 5. que para un idéntico cambio del contenido de humedad del suelo la curva más plana

necesita más la aplicación de un número mayor de golpes que el que tiene la curva más parada, eso significa que Nb es mayor que Na, por lo tanto se deduce que los suelos que tienen curva de fluidez planas poseen una mayor firmeza al corte del suelo que aquellos que tienen curvas más pronunciadas, debido a que el número de golpes realizado en la prueba del límite liquido es la medida de la resistencia a ese contenido de humedad".

Figura 5.

Comparación del límite líquido.



Fuente: Crespo C. 2015, "Mecánica de suelos y cimentaciones"

Donde:

LL= Limite Liquido

W = Contenido de humedad (%)

N = La cantidad de golpes necesaria para cerrar la ranura en la copa Casagrande

La ecuación propuesta por Lambe permite calcular el límite liquido de un suelo, considerando un solo punto del método mecánico, siempre y cuando se amase de forma correcta y que cumpla la condición de que el valor de N (número de golpes) este entre 20 y 30 golpes.

Tabla 4.

Factor de correlación

"N"	"F"
20	0.9734
21	0.9792
22	0.9847
23	0.99
24	0.9951
25	1
26	1.0048
27	1.0094
28	1.0138
29	1.0182
30	1.0223

Fuente: Crespo C, 2015, "Mecánica de suelos y cimentaciones"

El limite liquido se calcula empleando la siguiente ecuación:

$$LL = \frac{(P_h - P_s)}{P_s} * 100 \; ; \; P_{W=}(P_h - P_s)$$

Donde:

LL = El limite líquido expresado en porcentaje

Ph = Peso de la muestra húmeda (g)

Ps = Peso de la muestra seca (g)

Pw = Contenido de agua en la muestra (5)

Tabla 5.

Vinculación entre el Grado de expansión y el límite líquido.

LIMITE LIQUIDO (%)	GRADO DE EXPANSIÓN
0-20	No hay hinchamiento
20-35	Bajo hinchamiento
35-50	Hinchamiento medio
50-70	Alto hinchamiento
70-90	Hinchamiento muy alto
Mayor de 90	Hinchamiento extra alto

Fuente: Crespo C., 2015, "Mecánica de suelos y cimentaciones"

b.2) Límite Plástico

Para (Das, 2013, p.65) “El límite plástico de un suelo se determina mediante rodados repetidos de una masa de suelo de tamaño elipsoidal sobre una placa de vidrio esmerilado y se define como el contenido de humedad, en porcentaje, por debajo del cual se considera el suelo como material no plástico, produciendo un agrietamiento al enrollarse en hilos de 3.2 mm”.

❖ Índice Plástico

“El índice de Plasticidad (PI) se define como la variación que existe entre el límite líquido y el límite plástico de un suelo”. (Das, 2013, p.66)

$$PI = LL - PL$$

Donde:

PI=Índice de Plasticidad

LL=Límite Líquido

PL=Límite Plástico

Tabla 6.

“Vinculación entre el potencial de hinchamiento y el índice de Plasticidad”.

Índice Plástico	Potencial de Hinchamiento
0-15	Bajo
10-35	Medio
20-55	Alto
35 o MÁS	Muy Alto

Fuente: Crespo C., 2015 “Mecánica de Suelos y cimentaciones)

b.3) Límite de contracción

Se describe este límite como el contenido mínimo de humedad presente en el suelo de fundación, por debajo del cual una reducción de la humedad no causa una variación en la disminución de volumen del suelo, sin embargo, un aumento en el contenido de humedad

causa una variación en el aumento de volumen de la masa de suelo. (Das, 2013, p. 67)

c) Clasificación de los suelos

Según (Das, 2013, p.78). “Los sistemas de clasificación de suelos que comúnmente se usan son el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.) y el Sistema American Association of State Highway and Transportation Officials (A.A.S.H.T.O.), este último no se utiliza en la construcción de cimentaciones. El empleo de estos dos sistemas permite dividir los suelos en grupos y subgrupos en base a la propiedades y características ingenieriles que presente el suelo, como la distribución granulométrica, el límite líquido y el límite plástico”.

c.1) Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.)

Se define como una técnica mediante la cual se obtiene información respecto a las características del suelo, con la finalidad de clasificarlo según su distribución granulométrica, contenido de humedad y los limites líquido y plástico. El sistema Unificado de Suelos es aplicable a gran parte de los materiales sin consolidar y en función al tamaño de las partículas se pueden clasificar en dos grandes categorías:

❖ **Suelos Gruesos**

Según (Crespo, 2004). Este tipo de suelos está conformado por 02 grupos: Las gravas (G) y las arenas (S), por ende, un suelo forma parte de las gravas cuando en estado natural más del 50% de la fracción gruesa es retenida por la malla N°04, de no ser así el suelo formará parte del grupo de las arenas. Como puede verse en la Tabla 7. Las gravas y arenas se subdividen en 04 grupos por cada uno, distribuidos de la siguiente forma: Para gravas (GW, GP, GM, GC) y para arenas (SW, SP, SM, SC).

❖ Suelos Finos

Según (Crespo, 2004). Los suelos de grano fino se dividen en 03 grupos para los limos que presenten un límite liquido inferior a 50%, se añadirá el sufijo “L” a los prefijos “M, C y O” si el suelo analizado presenta compresibilidad baja o media, %, obteniéndose de este modo los símbolos (ML, CL, OL), para los limos y arcillas mayor de 50%, se añade el sufijo “H” a los prefijos M, C y O si el suelo es de compresibilidad alta, obteniéndose los símbolos MH y OH y finalmente un grupo para los suelos finos clasificados como altamente orgánicos.

Tabla 7.

Sistema de Clasificación SUCS para suelos de grano grueso.

SÍMBOLOGÍA DE GRUPO	CRITERIOS		NOMBRE DEL GRUPO
	PORCIÓN DE GRAVA (%)	PORCIÓN DE ARENA (%)	
GW		< 15% de arena ≥ 15% de arena	Grava bien graduada. Grava bien graduada con arena.
GP		< 15% de arena ≥ 15% de arena	Grava mal graduada Grava mal graduada con arena
GW-GM		< 15% de arena ≥ 15% de arena	Grava bien graduada con limo Grava bien graduada con limo y arena
GW-GC		< 15% de arena ≥ 15% de arena	Grava bien graduada con arcilla (o arcilla limosa. Grava bien graduada con arcilla y arena (o arcilla
GP-GM		< 15% de arena ≥ 15% de arena	Grava mal graduada con limo Grava mal graduada con limo y arena
GP-GC		< 15% de arena ≥ 15% de arena	Grava mal graduada con arcilla (o arcilla limosa Grava mal graduada con arcilla y arena (o arcilla
GM		< 15% de arena ≥ 15% de arena	Grava limosa Grava limosa con arena
GC		< 15% de arena ≥ 15% de arena	Grava arcillosa Grava arcillosa con arena
GC-GM		< 15% de arena ≥ 15% de arena	Grava limo arcilloso Grava limo arcillosa con arena
SW	< 15% de grava ≥ 15% de grava		Arena bien graduada Arena bien graduada con grava
SP	< 15% de grava ≥ 15% de grava		Arena mal graduada Arena mal graduada con grava

SW-SC	< 15% de grava ≥ 15% de grava		Arena bien graduada con limo Arena bien graduada con limo y grava
SP-SM	< 15% de grava ≥ 15% de grava		Arena bien graduada con arcilla (o arcilla limosa) Arena bien graduada con arcilla y grava.
SP-SC	< 15% de grava ≥ 15% de grava		Arena mal graduada con limo Arena mal graduada con limo y grava.
SM	< 15% de grava ≥ 15% de grava		Arena mal graduada con arcilla (o arcilla limosa) Arena mal graduada con arcilla y grava (o arcilla
SC	< 15% de grava ≥ 15% de grava		Arena limosa Arena limosa con grava
SC-SM	< 15% de grava ≥ 15% de grava		Arena limo arcillosa Arena limo arcillosa con grava

Fuente: Das, 2013, p. 85

Tabla 8.

Sistema de Clasificación SUCS para suelos inorgánicos de grano fino.

SIMBOLOGÍA DE GRUPO	**CRITERIOS**				**NOMBRE DE GRUPO**
	R200	**SF (%) GF(%)**	**GF (%)**	**SF (%)**	
CL	<15 15 a 29 ≥ 30	 ≥ 1 < 1 ≥ 1 ≥ 1 < 1 < 1	 < 15 ≥ 15	 < 15 ≥ 15	Arcilla delgada “Arcilla delgada con arena” "Arcilla delgada con grava” “Arcilla delgada arenosa” “Arcilla delgada arenosa con grava” “Arcilla delgada con mucha grava” “Arcilla delgada con mucha grava y con arena”
ML	<15 15 a 29 ≥ 30	≥ 1 < 1 ≥ 1 ≥ 1 < 1 < 1	 < 15 ≥ 15	 < 15 ≥ 15	“Limo” “Limo con arena” “Limo con grava” “Limo arenoso” “Limo arenoso con grava” “Limo con mucha grava” “Limo con mucha grava y con arena”
CL-ML	<15 15 a 29 ≥ 30	≥ 1 < 1 ≥ 1 ≥ 1 < 1	 < 15 ≥ 15		“Arcilla limosa con mucha grava” “Arcilla limosa con arena” “Arcilla limosa con grava” “Arcilla limosa arenosa” “Arcilla limosa arenosa con grava”

		< 1		< 15 ≥ 15	“Arcilla limosa con mucha grava” “Arcilla limosa gravosa con arena”
CH	<15 15 a 29 ≥ 30	≥ 1 < 1 ≥ 1 ≥ 1 < 1 < 1	< 15 ≥ 15	< 15 ≥ 15	“Arcilla gruesa “ “Arcilla gruesa con arena” “Arcilla gruesa con grava” “Arcilla gruesa arenosa” “Arcilla gruesa arenosa con grava” “Arcilla gruesa con mucha grava” “Arcilla gruesa con mucha grava y con arena”.
MH	<15 15 a 29 ≥ 30	≥ 1 < 1 ≥ 1 ≥ 1 < 1 < 1	< 15 ≥ 15	< 15 ≥ 15	“Limo elástico” “Limo elástico con arena” “Limo elástico con grava” “Limo elástico arenoso” “Limo elástico arenoso con grava” “Limo elástico con mucha grava” “Limo elástico con mucha grava y con arena”

Fuente: Das, 2013, p. 86

Tabla 9.

Sistema de Clasificación SUCS para suelos orgánicos de grano fino.

SIMBOLOGÍA DE GRUPO	PLASTICIDAD	CRITERIOS				NOMBRE DE GRUPO
		R200	SF (%) GF(%)	GF (%)	SF (%)	
OL			≥ 1			Arcilla orgánica
		<15	< 1			Arcilla orgánica con arena.
	PI ≥4 y límite de Atterberg en o arriba de la línea A	15 a 29	≥ 1	< 15		Arcilla orgánica con grava.
		≥ 30	≥ 1	≥ 15		Arcilla orgánica arenosa.
			< 1		< 15	Arcilla orgánica arenosa con grava.
			< 1		≥ 15	Arcilla orgánica con mucha grava y arena.
	PI ≥4 y límite de Atterberg	<15	≥ 1			Limo orgánico

	en o arriba de la línea A	15 a 29	< 1			Limo orgánico con arena.
		≥ 30	≥ 1	< 15		Limo orgánico con grava.
			≥ 1	≥ 15		Limo orgánico arenoso.
			< 1			Limo orgánico arenoso con grava.
			< 1		< 15	Limo orgánico con mucha grava.
					≥ 15	Limo orgánico con mucha grava y arena
OH	Límites de Atterberg en o arriba de la línea A	<15	≥ 1			Arcilla orgánica
		15 a 29	< 1			Arcilla orgánica con arena
						Arcilla orgánica con grava
		≥ 30	≥ 1	< 15		Arcilla orgánica arenosa
			≥ 1	≥ 15		Arcilla orgánica arenosa con grava
			< 1		< 15	Arcilla orgánica con mucha grava.
			< 1		≥ 15	Arcilla orgánica con mucha grava y con arena.
	Límites de Atterberg en debajo de la línea A	<15				Limo orgánico
		15 a 29				Limo orgánico con arena.
						Limo orgánico con grava.
		≥ 30	≥ 1			
			< 1	< 15		Limo orgánico arenoso.
			≥ 1	≥ 15		Limo orgánico arenoso con grava.
			≥ 1			
					< 15	Limo orgánico con mucha grava.
			< 1		≥ 15	Limo orgánico con mucho grava y arena
			< 1			

Fuente: Das, 2013, p. 87

2.2.5. Tipos de Suelos

2.2.5.1. Suelos Granulares

Los suelos granulares se definen como algunos suelos que no tienen ninguna cohesión y están compuestos por gravas, arenas y limos. Estos granos no se mantienen unidos firmemente. A consecuencia de ello, el suelo se descompone en arenas y gravas, comúnmente denominados suelos granulares típicos. En ese sentido podemos afirmar que aquellos limos de partículas con un diámetro inferior a 0.002mm se considerarán como granulares y también aquellos suelos que presentan partículas mayores a 0.05 mm, el cual se determinara por la prueba del análisis granulométrico. (Alva, 2016, p.13)

2.2.5.2. Suelos Cohesivos

Los suelos cohesivos tienen características de cohesión y plasticidad idénticas a las utilizadas para suelos granulares con una proporción de arcilla o limo orgánico, lo cual hace mucho más resistente al suelo. Por lo tanto, las partículas usadas en suelos cohesivos tienden hacer muy finas, para su análisis granulométrico, este método se aplica en partículas de diámetro de 0.03mm a 0.001 mm, en este caso cuando las partículas sean de menor diámetro se determinará a través de la prueba del hidrómetro. (Alva, 2016, p.16)

2.2.6. Propiedades del suelo

2.2.6.1. Propiedades Físicas

El suelo está conformado por un conjunto de características físicas que forman parte fundamental en el correcto diseño de cimentaciones de toda construcción, al conocer estas características se podrá identificar el tipo de cimentación a emplear en la ejecución del proyecto, asimismo nos permitirá conocer si dicho suelo será capaz de soportar las cargas transmitidas a través de la estructura al suelo.

a) Peso específico:

"El peso específico de un suelo, se define como la relación existente entre el peso y el volumen de la muestra ocupado por dicho suelo, este valor depende de la humedad y del peso específico de las partículas sólidas. Esta característica es importante para determinar la capacidad portante del suelo, es decir conocer cuánto de peso se tiene por cada metro cubico de volumen, considerando el peso específico por encima del nivel de fundación y debajo, a consecuencia de que algunas teorías consideran el peso específico por encima y otros debajo del nivel de fundación, lo cual permite conocer parámetros". (Yepes, 2014)

(Das, 2001) menciona la siguiente fórmula: $\boldsymbol{\gamma = \frac{w}{v}}$

Donde: w = Peso del suelo

v= Volumen unitario

b) Contenido de humedad:

"El contenido de humedad de un suelo se define como la relación existente entre el peso de agua de una masa específica de suelo y el peso de las demás partículas sólidas, siendo este una de las características más importantes para conocer y analizar el comportamiento del suelo. Esto se debe a que el suelo es el principal suministrador del agua, ya que tiene la capacidad de almacenamiento de agua para las plantas, esta retención de agua se va a componer por interacción que existe entre el agua y el suelo". (Das, 2013)

$$w = \frac{w_w}{w_s} * 100 \text{ ; (Das, 2013)}$$

Donde:

w= Contenido de humedad expresado en porcentaje.

w_w= Volumen ocupado por el agua.

w_s= Peso de las partículas solidas

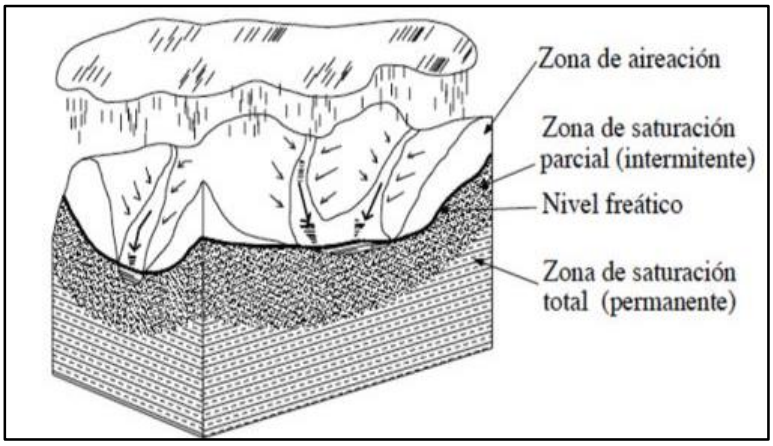
c) Presencia de la capa freática

Según (Juárez, 1974) “El nivel freático es el espacio que abarca una representación en un determinado lugar geométrico, siendo en cuestiones de flujo trabajado normalmente, considerando así a las presiones manométricas iguales a cero”.

Según lo referido por el autor en su investigación, la presencia de agua en el suelo es considerado como la interface donde la presión del agua subterránea es idéntica a la presión atmosférica. Este último es un aspecto fundamental a la hora de realizar una evaluación geotécnica de la zona donde se va a proyectar la construcción de cimentaciones. Es importante precisar que la cota del nivel freática no siempre se mantiene estable, es decir, varia con el transcurrir del tiempo, ya que está sujeta a cambios por diferentes factores.

Figura 6.

Bosquejo de las diferentes zonas de saturación.



Fuente: Beltrán y Díaz, 2018, p. 4

2.2.6.2. Propiedades Mecánicas

a) Cohesión

La Cohesión se precisa como la atracción que existe entre las partículas que presentan una similitud, provocada por las películas de agua y los esfuerzos moleculares, otorgándole al terreno mayor resistencia a que pueda deslizarse. Por ende, la cohesión es mayor cuanto más finas son las partículas del terreno. La unidad de medición

de la cohesión es kg/cm2. Es importante mencionar que el suelo arcilloso presenta una cohesión alta reflejada en valores que difieren de 0,25 kg/cm2 a 1,5 kg/cm2 o más, mientras que un suelo limoso presenta poca cohesión, ya que este último es nulo en las arenas.

Según Montoya (2013). “En suelos granulares donde no existe ningún tipo de cementante o material que pueda producir adherencia, la cohesión se supone igual a cero y por ende a estos suelos se les denomina suelos no cohesivos”.

b) Ángulo de fricción interna (f)

“Es aquel ángulo cuya tangente resulta de la relación existente entre la fuerza que resiste al desplazamiento a lo largo de un plano y la fuerza normal (p) aplicada al mismo plano, a consecuencia de la fricción entre las superficies de contacto de las partículas y su densidad. Por este motivo, los valores de este ángulo (f) varían respectivamente de 0º para arcillas plásticas, cuya consistencia este próxima a su límite líquido, hasta 45º o más, para gravas y arenas secas, compactas y de partículas angulares. Generalmente, el ángulo de fricción para arenas es alrededor de 30º. El cálculo de estos parámetros se realiza utilizando una gráfica a escala normal de las curvas de deformación, donde se obtiene la máxima deformación horizontal”. (Crespo, 2004)

Para (Crespo, 2004). “Los valores máximos obtenidos del esfuerzo cortante (τ) y el esfuerzo normal (σn) de cada espécimen, se traza sobre la gráfica una recta que permite determinar la cohesión (C) que es el eje de la ordenada de la recta formada entre los valores máximos hasta el eje de las abscisas y el ∅ ángulo de fricción que forma la horizontal con la recta intrínseca”.

2.2.7. Ensayos de laboratorio para determinar la resistencia al esfuerzo cortante

2.2.7.1. Prueba de corte directo

La prueba de corte directo nos permite definir el esfuerzo cortante de un espécimen especifico de suelo a través de los componentes del esfuerzo de corte del mismo, los cuales son el ángulo de fricción y la cohesión. En este ensayo la muestra será sometida a esfuerzos verticales y horizontales. La correcta ejecución del ensayo de corte directo consta de una caja de corte de metal en donde se instala la muestra inalterada de suelo. Por lo general esta muestra presenta un área que difiere entre 20 a 25 cm2 de sección transversal y de 25 a 30 mm de altura. El esfuerzo normal aplicado sobre la muestra se alcanza desde la parte superior de la caja de corte. El esfuerzo cortante se aplica moviendo una mitad de masa de suelo de la caja con el propósito de generar una falla en el espécimen de suelo. (Das, 2013)

$$\sigma = \text{esfuerzo normal} = \frac{Fuerza\ Normal}{\text{Área de la sección transversal de la muestra}}$$

$$\tau = \text{esfuerzo cortante} = \frac{resistencia\ al\ esfuerzo\ de\ corte}{\text{Área de la sección transversal de la muestra}}$$

Figura 7. Equipo para ensayo de corte directo

Fuente: Palomino, 2018

2.2.8. Teoría de la capacidad portante de un suelo

La capacidad portante es considerada como la capacidad que tiene el terreno para resistir la máxima carga aplicada sobre él, antes de su colapso, a fin de evitar que se produzca una falla por capacidad de carga máxima o por asentamiento diferencial máximo. Además, la capacidad portante en cimentaciones superficiales presenta dos características fundamentales, la primera hace mención a la seguridad que debe poseer la cimentación ante la falla por corte general del suelo y la segunda al desplazamiento excesivo que no deberá presentar la cimentación, es decir deberá ser capaz de soportar fuerzas externas.

2.2.8.1. Capacidad de carga admisible

De acuerdo al Instituto de la Construcción y Gerencia (2006), citado por Beltrán (2018). La capacidad de carga admisible se define como la presión máxima que al ser ejercida al terreno no genera falla por corte del suelo, ni tampoco ningún tipo de daño a la cimentación. Dicha capacidad no solo depende de las características geo mecánicas del suelo, sino también de las características de la estructura, del tipo de cimentación, existencia de agua en el suelo y por último el coeficiente de seguridad adoptado.

2.2.8.2. Capacidad de carga última

Según (Das, 2013). “La capacidad de carga última es la presión máxima por unidad de área de la cimentación que soporta el suelo alrededor al nivel de la cimentación, dicha presión podría provocar alguna falla por corte de suelo, si la diferencia entre el peso específico del material que conforma el terreno de fundación y el peso específico del suelo que rodea a ésta se supone despreciable”, entonces:

$$\boldsymbol{q_u} = q_{adm} * F.S. \quad \textbf{;} \text{ (Das, 2013)}$$

Donde:

q_u = Capacidad de carga ultima

q_{adm} = Capacidad de carga admisible

$F.S.$ =Factor de Seguridad

2.2.8.3. Esfuerzo permisible admisible

El esfuerzo permisible se determina directamente al comprobarse que la presión máxima de una cimentación, no produzca daños estructurales, referido explícitamente al soporte que presenta la estructura, ya que la carga admisible depende únicamente de la cimentación, así como sus características y factor de seguridad que pueda adoptarse para la estructura. Esta presión admisible es válida para tamaños de cimentación y tipos de estructuras para las cuales las reglas prácticas se han establecido. Las fallas registradas se atribuyen a mala clasificación de suelos, en lugar de la mala regla empírica. En muchos casos se comprueba con ensayos de carga, que pueden no ser significativos. (Alva, 2012, pág. 60)

2.2.9. Factor de seguridad

Según (Norma E.050, 2018). “Los factores de seguridad (FS) mínimos que deberán tener las cimentaciones son los siguientes: Para cargas estáticas (3,0) y para solicitación máxima de sismo o viento, valor que sea más desfavorable (2,5)”.

Por lo que es importante precisar que para determinar la capacidad portante admisible del terreno es necesario dividir a la capacidad de carga ultima entre el valor de un coeficiente de seguridad que se aplique en el cálculo, considerando que este valor representa la máxima tensión que resiste la cimentación ante las diferentes cargas transmitidas de la estructura a la cimentación.

2.2.10. Tipos de falla por capacidad de carga del suelo

En el cálculo de la capacidad portante del suelo existe una serie de componentes que inciden significativamente en su determinación los cuales son parámetros de resistencia al corte y el poder encontrar el valor adecuado resulta ser muy importante a la hora de calcular la capacidad portante. Cuando la capacidad de carga del terreno es inferior que la carga aplicada, se produce una falla en el suelo, que por lo general ocurre cuando las edificaciones se

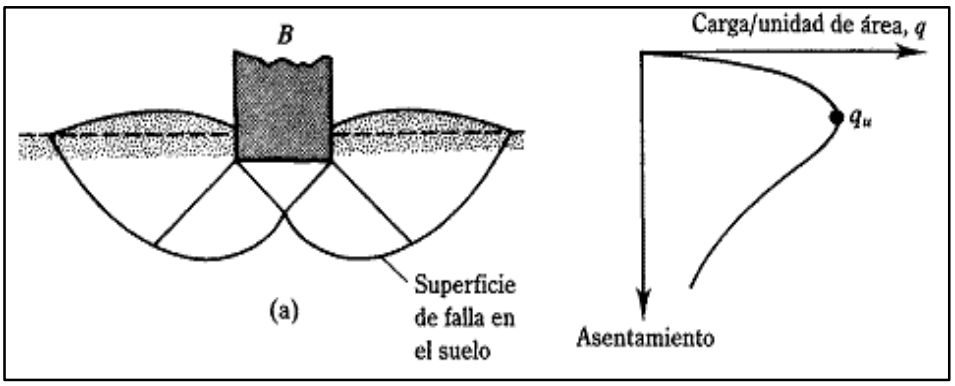
construyen en terrenos inestables no compactados o con bajo nivel de compactación, denominado generalmente suelos con baja capacidad portante.

2.2.10.1. Falla por corte general

"La falla por corte general se describe por la presencia de una superficie de deslizamiento continuo dentro del terreno, iniciando en el borde de la cimentación hasta la superficie del terreno. Esta falla es usualmente súbita y catastrófica, solo si la estructura no permite la rotación de las zapatas, entonces ocurre con cierta visible inclinación del cimiento, provocando un hinchamiento del suelo a los lados de la cimentación". (Crespo, 2004)

Figura 8.

Falla por corte general



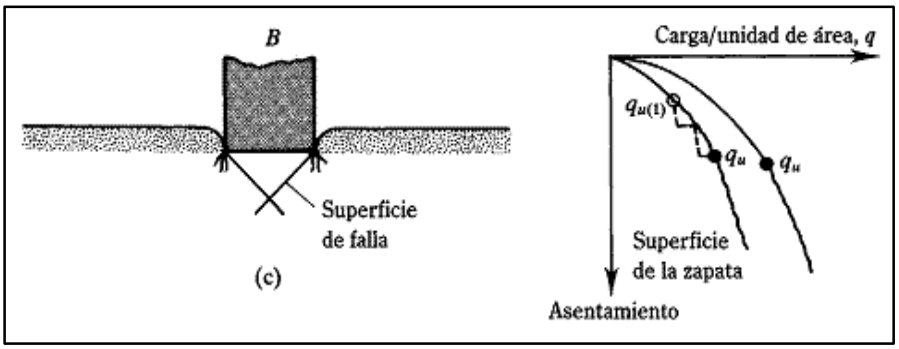
Fuente: Vesic, 1973

2.2.10.2. Falla por punzonamiento

Para Crespo (2005, p.290). "Este tipo de fallas se produce regularmente en suelos bastante inestables y se caracteriza por un movimiento vertical de la cimentación mediante la compresión del suelo inmediatamente debajo de ella. A diferencia de una falla por corte general esta no se expande. La rotura del suelo se presenta por corte alrededor de la cimentación y casi no se observan movimientos de éste junto a la cimentación, por lo que el equilibrio tanto vertical como horizontal se mantiene".

Figura 9.

Falla por punzonamiento



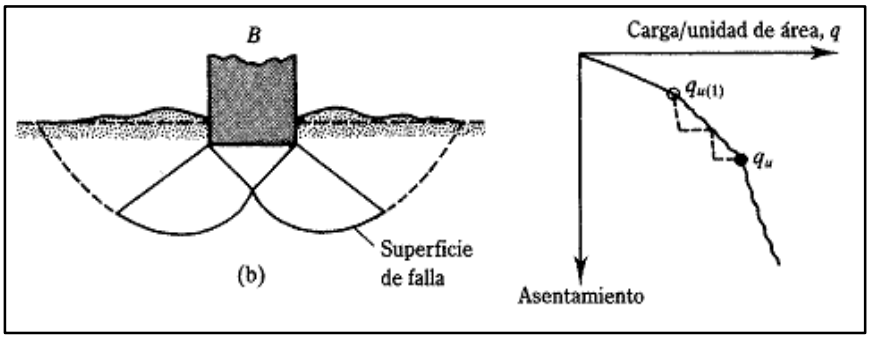
Fuente: Vesic, 1973

2.2.10.3. Falla por corte local

Según (Crespo, 2004, p.291) “La falla por corte local representa una transición entre la falla por corte general y la falla por punzonamiento, pues tiene características similares de cada una de las fallas antes mencionadas. En este tipo de falla existe una marca tendencia al bufamiento del suelo a los lados de la cimentación, y además la compresión vertical debajo de la cimentación es fuerte y las superficies de deslizamiento terminan en algún punto dentro de la misma más de suelo. Solamente en el caso de que se llegue a presentar un caso de desplazamiento vertical muy grande, puede suceder que la superficie del terreno, pero aun en este caso no se produce una falla catastrófica ni inclinación de la zapata. Este tipo de falla dependerá de la compresibilidad del suelo en cuanto a las condiciones geométricas y de carga existentes, ya que no existe un criterio numérico general que permita predecir el tipo de rotura”.

Figura 10.

Falla por corte local



Fuente: Vesic, 1973

2.2.11. Asentamientos

Según (Cauti, 2005) El asentamiento es uno de los factores más importantes a tener en cuenta en la determinación de la geometría (dimensión) de la cimentación, pues al someter mucha veces el suelo a esfuerzos totales, estos producen una presión excesiva en el suelo, a causa de ello la estructura empieza asentarse, muchas veces resultan excesivos, es decir por encima de los admisibles, pudiendo ocasionar fisuras, agrietamiento, perdida de operatividad y en el último caso el colapso de la edificación.

2.2.11.1. Estimación de Asentamientos

El asentamiento se determina en base a un único módulo de compresión unidimensional “M”, que generalmente se alcanza en las pruebas de consolidación. Este módulo responde a la pendiente de una recta entre 02 puntos existentes de la curva tensión – deformación unidimensional, el cual se aplica al mayor nivel de esfuerzo ejercido por la estructura, ya que cuando hacemos referencia al diseño de una cimentación, tenemos que considerar que la cimentación debe ser segura y resistente a una falla por corte y a los asentamientos que pueden producirse.

Tabla 10.

Asentamientos Admisibles para arena y arcilla.

“Asentamiento máximo, ρ “	**mm**
“Arena”	32
“Arcilla”	45
“Asentamiento Diferencial Máximo, δ”	**mm**
“Fundaciones aisladas en arena”	51
“Fundaciones aisladas en arcilla”	76
“Distorsión angular máxima”	1/300

Fuente: Skemton y McDonald,1956

En suelos granulares, por lo general el asentamiento es prácticamente de tipo inmediato, es decir el asentamiento que experimentara la cimentación es a consecuencia de la máxima presión que se aplica sobre el mismo.

Es importante precisar que los componentes que determinan si una estructura va ser capaz de soportar el asentamiento es el tipo, forma, diseño y finalidad con la que se edifica la estructura.

2.2.11.2. Tipos de Asentamientos

a) Asentamiento Inmediato

Se genera paralelamente a la carga por un incremento de los esfuerzos totales en el terreno. Por lo general se producen desplazamientos horizontales en el terreno debido al peso de la estructura, sin guardar ninguna relación con el movimiento del agua (sin drenaje). Este tipo de asentamiento predomina en suelos granulares y para determinarlo se utiliza la teoría de elasticidad al emplear las ecuaciones derivadas.

b) Asentamiento por consolidación

Según (Das,2001, p. 219) citado por (Palomino, 2018, p.35) “El asentamiento por consolidación nos hace referencia a que la estructura tiende a realizar esta acción durante o luego de la construcción. Por el contrario, el asentamiento por consolidación ocurre a lo largo del tiempo, en pocas palabras el asentamiento es la suma tanto de los dos asentamientos, en este caso inmediato y por consolidación”.

Según (Crespo, 2005). “Cuando el suelo experimenta una sobrecarga cualquiera (Ejemplo: La carga transmitida a través de la estructura a la cimentación), a consecuencia del incremente de esfuerzo ($\Delta\sigma z$), este sufrirá una deformación vertical llamada un asentamiento total, el cual está en función del tiempo y constituido de tres tipos de desplazamientos verticales”.

$$\delta_{total} = \delta_{inmediato} + \delta_{cons.primaria} + \delta_{cons.secundaria}$$

$$\delta_t = \delta_i + \delta_{cp} + \delta_{cs}$$

Donde:

δ_p= Asentamiento por consolidación primaria.

δ_s= Asentamiento por consolidación secundaria.

δ_i= Asentamiento inicial.

Según (Alva, 2005) para las gravas, arenas, arcillas duras y suelos sin saturación es importante considerar la siguiente condición:

TIPO DE SUELO	CONDICIÓN
"Arenas, gravas, arcillas duras y suelos no saturados en general".	$\delta_t \sim \delta_i$
"Arcillas saturadas"	$\delta_t \sim \delta_{cp}$
"En suelos de gran deformidad como turbas y otros":	$\delta_t \sim \delta_{cp} + \delta_{cs}$

Para los suelos granulares altamente permeables es primordial es el asentamiento inmediato, por cuanto se considera que la expulsión del agua ocurre inmediatamente (consolidación primaria), por consiguiente, el asentamiento instantáneo y la consolidación primaria ocurren simultáneamente durante la ejecución de la edificación. (Socualaya, 2017, pag.60)

Para los suelos finos con baja permeación es primordial el asentamiento por consolidación, por cuanto se puede tomar una gran cantidad de tiempo y una magnitud considerable. En suelos orgánicos e inorgánicos con alta compresibilidad, la consolidación primaria adopta mayor importancia. (Das, 2013)

2.2.11.3. Para el análisis de las condiciones de la cimentación

1. Asentamiento tolerable

Según (Alva Hurtado, 2007) en todo estudio de mecánica de suelos debe indicarse el asentamiento admisible que se ha estimado para la edificación. También menciona que el asentamiento diferencial no debe causar una deformación angular de acuerdo a lo señalado en la Tabla 11., acotando que para un suelo granular, el asentamiento diferencial deberá considerarse como el 75% del asentamiento total.

2. Asentamiento Diferencial

Es el movimiento relativo de los diversos componentes que tiene una estructura a consecuencia de un asentamiento irregular que se produce en la base, el cual presenta una distorsión angular que resulta ser la diferencia existente entre los asentamientos máximos y mínimos dividida entre la longitud de estos puntos.

$$\alpha = \frac{\Delta}{L}$$

Donde:

α =Distorsión angular

Δ=Asentamiento diferencial entre dos elementos adyacentes.

L =Distancia entre dos elementos adyacentes que se asientan.

De acuerdo a lo previsto en la Norma E.050 (2018) se presenta la tabla 11. en el que se indica los límites de distorsión angular para el asentamiento diferencial, el cual produce mayor daño en la estructura.

Tabla 11.

Límites de distorsión angular

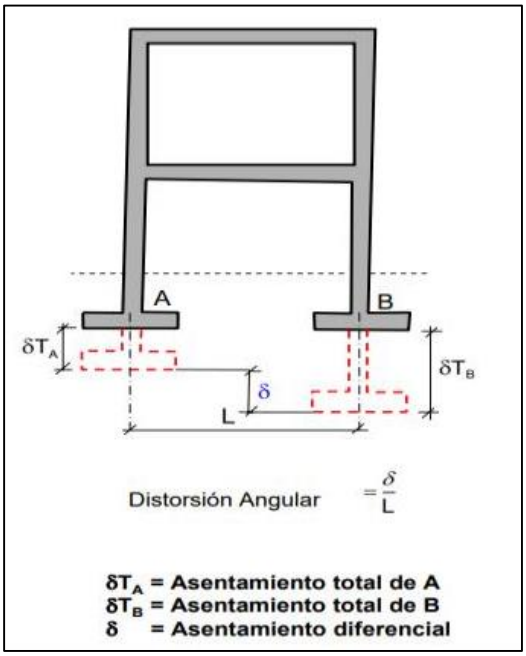
$\boldsymbol{\alpha = \frac{\Delta}{L}}$	**DESCRIPCIÓN**
1/150	"Limite en el que se debe esperar daño estructural en edificios convencionales".
1/250	"Limite en que la perdida de verticalidad de edificios alto y rígidos puede ser visible".
1/300	"Limite en que se debe esperar dificultades con puentes grúas".
1/300	"Limite en que se debe esperar las primeras grietas en paredes".
1/500	"Limite seguro para edificios en los que no se permiten grietas".
1/500	"Límite para cimentaciones rígidas circulares o para anillos de cimentación de estructuras rígidas, altas y esbeltas".
1/650	"Límite para edificios rígidos de concreto cimentados sobre un solado con espesor aproximado de 1.20m".
1/750	"Limite donde se esperan dificultades en maquinaria sensible a asentamientos".

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

La presión tolerable del suelo, es aquella que, al aplicarse a una cimentación de tamaño específico, genera un asentamiento tolerable para la estructura. Conforme lo establecido en la Norma E.050 en el que se indica que el límite seguro para edificios que presenten fisuras o grietas, está dado por la distorsión angular, esto significa: α=∆/L=1/500, esto significa 1cm para luces de 5.00m.

Figura 11.

Asentamiento Diferencial



Fuente: Diseño de cimentaciones (Alva Hurtado,2007)

2.2.11.3. Cálculo del asentamiento

Según (Lambe y Withman,1964) el cálculo del asentamiento en una cimentación superficial se determina en base a la teoría elástica que establece ecuaciones para el cálculo de asentamiento inicial o inmediato, el cual se expresa de la siguiente manera:

$$S = q_s * \frac{B(1-u^2)xI_f}{E_s}$$

Donde:

S= Asentamiento elástico inmediato (cm)

I_f= Factor de influencia que depende de la forma (cm/m)

q_s= Esfuerzo neto transmitido(Kg/cm2)

B= Ancho de la cimentación (cm)

E_S= Módulo de elasticidad del suelo(Kg/cm2)

u= Relación de Poisson

Tabla 12.

Relación de Poisson según el tipo de terreno.

TIPO DE SUELO	u
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; ICG – Ing. Alva Hurtado, 2012, pág. 87

Tabla 13.

Factores de forma de la zapata según el tipo de suelo.

FORMA DE LA ZAPATA	Valores de I_p (cm/m)			
	CIM. FLEXIBLE			RIGIDA
UBICACIÓN	CENTRO	ESQ.	MEDIO	---------
RECTANGULAR L/B =2 L/B=5 L/B=10	153 210 254	77 105 127	130 183 225	120 170 210
CUADRADA	112	56	95	82
CIRCULAR	100	64	85	88

Fuente: ICG – Ing. Alva Hurtado, 2012, pág. 87

Tabla 14.

Módulo de Elasticidad según el tipo de suelo.

TIPO DE SUELO	Es (ton/m2)
“Arcilla muy Blanda“	30-300
“Blanda“	200-400
“Media“	450-900
“Dura“	700-2000
“Arcilla Arenosa“	3000-4250
“Suelos Graciares“	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 Esquisitosa“	14000-14000
“Limos“	200-2000

Fuente: ICG – Ing. Alva Hurtado, 2012, pág. 87

En el presente trabajo de investigación para el cálculo de asentamiento será necesario emplear el coeficiente de balasto, dicho valor es necesario, ya que este se introducirá al software de SAFE v .16 para realizar el modelamiento de la cimentación y posteriormente la verificación del diseño.

a) Coeficiente de balasto

"El coeficiente de balasto funciona como un resorte para la cimentación, dicho valor varía dependiendo principalmente del tipo de suelo que presente la zona de estudio" (Crespo, 2005)

$$k = \frac{q}{\gamma}$$

Donde:

k = Coeficiente de Balasto

q= Presión

γ= Deformación

Según (Requena, 2007) "El modelo de interacción suelo y estructura, creado por Winkler, menciona que el coeficiente de balasto también depende de la geometría de la cimentación y de la estructura que esta sostiene y que no solo es función exclusiva del terreno". Por lo cual propuso la siguiente fórmula:

$$K = \frac{E_S}{B(l - u^2)}$$

Donde:

k = Coeficiente de Balasto

Es= Módulo de elasticidad

u= Módulo de Poisson

B = Base de la cimentación

A continuación, se presenta una tabla con valores ilustrativos del módulo de Winkler o también conocido como coeficiente de balasto en función al tipo de suelo para una placa de carga de 30x30cm2.

Tabla 15.

Valores orientativos para placa de carga de 30x30cm2.

COEFICIENTE DE BALASTO POR CADA TIPO DE SUELO CON UNA PLACA DE 30CM *30CM			
CLASE DE SUELO	**Ks30 (Kg/cm3)**	**CLASE DE SUELO**	**Ks30 (Kg/cm3)**
Suelo ligero de turba y cenagoso	0,5 - 1,0	Arcilla seca dura	> 10,0
Suelo pesado de turba y cenagoso	1,0 - 1,5	Margas arcillosas	20,0 - 40,0
Arena fina de ribera o playa	1,0 - 1,5	Humus firmemente estratificado con arena y pocas piedras	8,0 - 10,0
Arena floja seca	1,0 - 1,3	Humus firmemente estratificado con arena y muchas piedras	10,0 - 12,0
Arena floja húmeda	0,8 - 1,0	Gravilla arenosa floja	4,0 - 8,0
Arena media seca	3,0 - 9,0	Gravilla arenosa compacta	9,0 - 25,0
Arena media húmeda	2,0 - 6,0	Grava fina con mucha arena fina	8,0 - 10,0
Arena compacta seca	9,0 - 20,0	Grava media con arena fina	10,0 - 12,0
Arena compacta húmeda	7,0 - 13,0	Grava media con arena gruesa	12,0 - 15,0
Capa de humus, arena y grava	1,0 - 2,0	Grava gruesa con arena gruesa	15,0 - 20,0
Arcilla mojada	2,0 - 3.0	Grava gruesa con poca arena	15,0 - 20,0
Arcilla húmeda	4,0 - 5,0	Rocas blandas o algo alteradas	>30,0
Arcilla seca	6,0 - 9,0	Rocas sanas	>500,0

Fuente: Freire Tellado (2006) “Precisiones para el empleo el módulo de Balasto”

Nelson Morrison (1993) propuso un cuadro con distintos valores del módulo Winkler (coeficiente de balasto) en función a la resistencia admisible del terreno. Estos valores se asignan directamente en el software SAFE.

Tabla 16.

Valores para introducir al software SAFE.

Módulo de Reacción del Suelo COEFICIENTE DE BALASTO O MÓDULO DE WINKLER VALORES PARA					
Esf Adm (Kg/cm2)	**Winkler (Kg/cm3)**	**Esf Adm (Kg/cm2)**	**Winkler (Kg/cm3)**	**Esf Adm (Kg/cm2)**	**Winkler (Kg/cm3)**
0.25	0.65	**1.55**	3.19	**2.85**	5.70
0.30	0.78	**1.60**	3.28	**2.90**	5.80
0.35	0.91	**1.65**	3.37	**2.95**	5.90
0.40	1.04	**1.70**	3.46	**3.00**	6.00
0.45	1.17	**1.75**	3.55	**3.05**	6.10
0.50	1.30	**1.80**	3.64	**3.10**	6.20
0.55	1.39	**1.85**	3.73	**3.15**	6.30
0.60	1.48	**1.90**	3.82	**3.20**	6.40
0.65	1.57	**1.95**	3.91	**3.25**	6.50
0.70	1.66	**2.00**	4.00	**3.30**	6.60
0.75	1.75	**2.05**	4.10	**3.35**	6.70
0.80	1.84	**2.10**	4.20	**3.40**	6.80
0.85	1.93	**2.15**	4.30	**3.45**	6.90
0.90	2.02	**2.20**	4.40	**3.50**	7.00
0.95	2.11	**2.25**	4.50	**3.55**	7.10
1.00	2.20	**2.30**	4.60	**3.60**	7.20
1.05	2.29	**2.35**	4.70	**3.65**	7.30
1.10	2.38	**2.40**	4.80	**3.70**	7.40
1.15	2.47	**2.45**	4.90	**3.75**	7.50
1.20	2.56	**2.50**	5.00	**3.80**	7.60
1.25	2.65	**2.55**	5.10	**3.85**	7.70
1.30	2.74	**2.60**	5.20	**3.90**	7.80
1.35	2.83	**2.65**	5.30	**3.95**	7.90
1.40	2.92	**2.70**	5.40	**4.00**	8.00
1.45	3.01	**2.75**	5.50		
1.50	3.10	**2.80**	5.60		

Fuente: Balasto- Tensión Admisible (Nelson Morrizon,1993)

Es importante precisar que esta tabla es un resumen de los resultados que se obtuvieron de los diferentes trabajos de mecánica de suelos que ha aplicado el Prof. Terzaghi y otros ingenieros destacados en el mundo de la geotecnia (en diferentes épocas).

2.2.12. Criterios para diseñar de la Cimentación

Luego de realizar el análisis geotécnico del suelo para conocer su comportamiento, características, propiedades físico-mecánicas, se procederá a llevar a cabo el análisis de la cimentación, es decir conocer la capacidad de carga del terreno en función al tipo de estructura y el suelo encontrado, a fin de definir el tipo de cimentación donde se construirá la estructura. En este

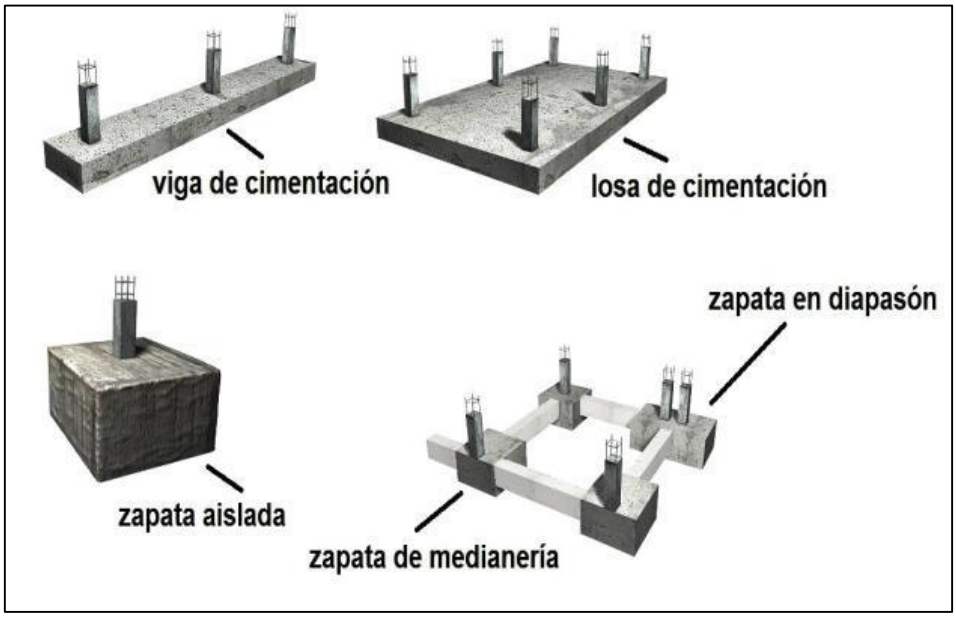
caso para lograr el correcto diseño de una cimentación dependerá en gran medida de la metodología de cálculo que se aplique para determinar la capacidad de carga admisible y los asentamientos, así como también dependerá de las propiedades del terreno, la variabilidad de estratos, la clasificación de los materiales del subsuelo, condiciones y características de la zona.

2.2.12.1. Cimentación superficial

"Las cimentaciones superficiales son aquellas cuya profundidad de desplante (Df) es menor o igual que el ancho de la misma, pero también se sugiere que se tomen como cimentaciones superficiales aquellas cuya profundidad de desplante sea menor o igual a tres o cuatro veces el ancho de la cimentación. Entre este tipo de cimentaciones se encuentran las zapatas aisladas, las cimentaciones corridas y las losas de cimentación". (Nij, 2009, p.47).

Figura 12.

Tipos de cimentaciones superficiales



Fuente: Art. Procedimientos de construcción de cimentaciones y estructuras de contención. (Yepes, 2016)

Respecto a los criterios básicos que se deben considerar para el correcto diseño de la cimentación se tomó en cuenta los siguientes aspectos:

2.2.12.2. Geometría de la cimentación

a) Zapatas aisladas

"Una zapata aislada es una cimentación puntual que recibe un solo sistema de carga, generalmente son cuadradas o rectangulares, a veces circulares. Se emplea en terreno firme y competente, transmitiendo una tensión de media a alta y provocando asientos pequeños o moderados. Es la cimentación más económica sobre roca o suelos con tensiones admisibles habituales superiores a 1 Kg/cm2". (Yepes, 2016)

Juárez E. (2005) menciona que: Para el correcto diseño de una zapata se debe suponer que el suelo es completamente rígido y por consiguiente no logra deformarse al restituir las cargas transmitidas de la estructura al suelo. Al considerar esta suposición cierta, podemos afirmar que el sistema de presiones que se transmite al suelo es uniforme.

b) Cimiento corrido o continuo

Según Yepes (2016) "El cimiento corrido o continuo bajo muro presenta una gran longitud comparada con las otras dimensiones. Suele usarse como base de muros portantes y cimentación de elementos lineales. Se busca la homogeneidad en los asientos y la reducción de las tensiones en el terreno frente a una solución por zapatas aisladas. Además, presenta una mayor facilidad constructiva".

Nij (2009) define a la zapata corrida como aquellas zapatas que "Soportan varías columnas o muros de mampostería, es una forma derivada de la zapata aislada, debido al caso en el que el suelo sea de baja resistencia que cree la necesidad de una mayor área de repartición o en caso de que se deban transmitir mayores cargas hacia el suelo".

2.2.13.2. Profundidad de la cimentación

Según la Norma Técnica de Suelos y Cimentaciones E.050 (2018) se define como la profundidad de una cimentación (Df) a la diferencia existente entre el nivel superficial del terreno a la base de la cimentación de cimientos corridos y zapatas cuadradas, losas de cimentación, con

excepción de edificación que cuenten con un sótano, para lo cual se tomara como referencia N.P.T. más profundo del sótano. Para el caso de plateas de cimentación, se considera a la profundidad como la distancia existente entre el fondo de la losa y la superficie del terreno

Es importante conocer el valor de la profundidad de una cimentación, ya que este depende del tipo de estructura a edificar y el tipo de suelo donde se asentará dicha estructura, este valor será calculado en función del tipo de cimentación superficial utilizado para la edificación de una vivienda unifamiliar típica, basándonos en los criterios de diseño establecidos en la normativa técnica vigente.

2.2.13.3. Metodología para calcular la capacidad portante del suelo

a) Metodología de Karl Terzaghi

Según (Das, 2013, p.481). "Karl Terzaghi propuso una teoría para determinar la capacidad última de carga en cimentaciones superficiales. De acuerdo a esta teoría, una cimentación es superficial si la base del cimiento (B) es igual o mayor a la distancia vertical entre el terreno natural (Df= profundidad de desplante) y la base del cimiento (B). A diferencia de otros investigadores, quienes afirman que la profundidad (Df) de la cimentación es igual a 3 o 4 veces el ancho de la cimentación y que el resultado que existe entre la base y profundidad de los cimientos se deben a distintos resultados".

Terzaghi (1943) expresa la capacidad de carga ultima para un cimiento corrido en función a su falla por corte general de la siguiente manera:

$$qu = cN_C + qN_q + \frac{1}{2}\gamma B N_\gamma$$ (Das, 2013, p.482)

Donde:

γ = peso específico del suelo

B= Ancho del cimiento

c = Cohesión del suelo B

D_f= Profundidad de desplante de la cimentación

$q = \gamma * D_f$= Sobrecarga efectiva

N_c= Factor de capacidad de carga debido a la cohesión.

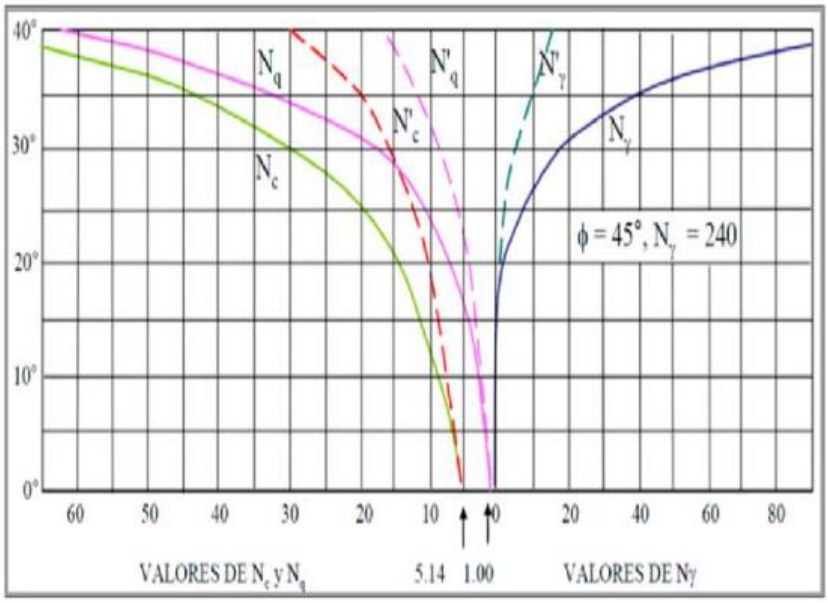
N_q= Factor de capacidad de carga debido a la sobrecarga.

N_γ= Factor de capacidad de carga debido al peso del suelo.

Terzaghi determinó los valores de N_c, N_q, N_γ a partir de las curvas que se muestran en la Figura 13, empleando el método de la espiral logarítmica, que depende únicamente del ángulo de fricción interna del suelo (∅) en un rango que va entre 0° y 50°.

Figura 13.

Grafica para determinar los valores de N_c, N_q, N_γ



Fuente: “Propuesta de Diseño para una Zapata Aislada Desplantada en Suelos Granulares” (Ibarra, 2010, p.8)

Según (Das, 2013, p.483), menciona lo siguiente: Los ingenieros y físicos de Prandtl (1921) y Reissner (1924) plantearon expresiones que facilitan el cálculo de los factores de capacidad de carga $\mathrm{N_c}$ y $\mathrm{N_q}$ respectivamente, tal como se muestra en la siguiente ecuación:

$$N_c = cot\emptyset\left(\frac{e^{2\left(\frac{3\pi}{4}-\frac{\emptyset}{2}\right)*\tan\emptyset}}{2\cos 2(45+\frac{\emptyset}{2})} - 1\right) = \cot\emptyset\,(N_q - 1)$$

$$N_q = \frac{e^{2\left(\frac{3\pi}{4}-\frac{\emptyset}{2}\right)*\tan\emptyset}}{2\cos 2(45+\frac{\emptyset}{2})}$$

Desde otra perspectiva, Terzaghi (1943) utilizando el equilibrio limite propuso una ecuación para el cálculo de la capacidad de carga N_γ, el cual se detalla a continuación:

$$N_\gamma = \frac{1}{2}(\frac{k_{py}}{cos^2\emptyset} - 1)\tan\emptyset$$

Mientras que Hussain, propuso una ecuación que facilita calcular el coeficiente de empuje pasivo K_{py}, de manera más precisa a la expresión propuesta por Terzaghi.(Beltrán, 2018, p.21)

$$K_{p\gamma} = \frac{3tan^2(45+\frac{\emptyset}{33°})}{2}$$

Tabla 17.

Factores de capacidad de carga en función del valor del ángulo de fricción del suelo.

$\emptyset'$ ***(grad)***	N_c	N_q	$N^a\gamma$	$\emptyset'$ ***(grad)***	N_c	N_q	$N^a\gamma$
0	5.70	1.00	0.00	26	27.09	14.21	9.84
1	6.00	1.10	0.01	27	29.24	15.90	11.60
2	6.30	1.22	0.04	28	31.61	17.81	13.70
3	6.62	1.35	0.06	29	34.24	19.98	16.18
4	6.97	1.49	0.10	30	37.16	22.46	19.13
5	7.34	1.64	0.14	31	40.41	25.28	22.65
6	7.73	1.81	0.20	32	44.04	28.52	26.87
7	8.15	2.00	0.27	33	48.09	32.23	31.94
8	8.60	2.21	0.35	34	52.64	36.50	38.08
9	9.09	2.44	0.44	35	57.75	41.44	45.41
10	9.61	2.69	0.56	36	63.53	47.16	54.36
11	10.16	2.98	0.69	37	70.01	53.80	65.27
12	10.76	3.29	0.85	38	77.50	61.55	78.61
13	11.41	3.63	1.04	39	85.97	70.61	95.03
14	12.11	4.02	1.26	40	95.666	81.27	115.31
15	12.86	4.45	1.52	41	106.81	93.85	140.51
16	13.68	4.92	1.82	42	119.67	108.75	171.99
17	14.60	5.45	2.18	43	134.58	126.50	21156
18	15.12	6.04	2.59	44	151.95	147.74	261.60
19	16.56	6.70	3.07	45	172.28	173.28	325.34
20	17.69	7.44	3.64	46	196.22	204.19	407.11
21	18.92	8.26	4.31	47	224.55	241.80	512.84
22	20.27	9.19	5.09	48	258.28	287.85	650.67
23	21.75	10.23	6.00	49	298.71	344.63	831.99
24	23.36	11.40	7.08	50	347.50	415.14	1072.80
25	25.13	12.72	8.34				

Fuente: Das, 2013

Para zapatas cuadradas y circulares, Terzaghi propuso las siguientes expresiones a fin de calcular la capacidad ultima de carga del terreno. (Das,2013, p.482)

- **Para una cimentación cuadrada:**

$$q_u = 1.3c´N_c + qN_q + 0.4\gamma BN_\gamma$$

- **Para una cimentación circular:**

$$q_u = 1.3c´N_c + qN_q + 0.3\gamma BN_\gamma$$

Terzaghi (1943) menciona que: Para aquellas cimentaciones que presenten una falla por corte local en el suelo, la determinación de la capacidad de carga ultima en cimentaciones corridas, cuadradas y circulares se determinará empleando las siguientes expresiones:

Tabla 18.

Cálculo de la capacidad de carga en cimentaciones que presenten falla por corte local.

TIPO DE CIMENTACIÓN	ECUACIÓN
Cimiento Corrido	$q_u = \frac{2}{3}c´N_c + qN_q + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma$
Cimentación Cuadrada	$q_u = 0.867c´N_c + qN_q + 0.4\gamma BN_\gamma$
Cimentación Circular	$q_u = 0.867c´N_c + qN_q + 0.3\gamma BN_\gamma$
"Para la determinación del ángulo de fricción" se empleará la siguiente ecuación: $\emptyset = tan^{-1}(\frac{2}{3}\tan\emptyset)$	

Fuente: Elaboración Propia

a.1) Capacidad de carga con existencia de nivel freático

"Cuando existe nivel freático en la cimentación, Terzaghi presenta una serie de ecuaciones para determinar la capacidad última de carga, basándose en el supuesto de que el nivel freático se encuentra muy por debajo de la cimentación. Sin embargo, si la capa freática está cerca de ella, son necesarias algunas modificaciones de la ecuación de capacidad de carga, dependiendo de la ubicación del nivel freático". (Das, 2013, p. 143).

A continuación, se detallan las expresiones referidas a la capacidad de carga modificadas por influencia del nivel freático: (Das, 2013, p.142).

CASO I: Para una capa freática ubicada por debajo de la cimentación se muestra la ecuación de capacidad de carga, tal que $0 \leq D_1 \leq D_f$.

$$q = D_1\gamma + D_2(\gamma_{sat} - \gamma_w)$$

Donde:

q = Sobrecarga efectiva

γ_{sat} = Peso unitario saturado del suelo.

γ_w = Peso unitario del agua por debajo del cimiento.

Para el siguiente caso, el valor de γ en el último término de las ecuaciones tiene que sustituirse por:

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

Caso II: **"**Para un nivel freático localizado por encima de la cimentación, tal que $0 \leq d \leq B$. Esta modificación se basa en la suposición de que no existe fuerza de filtración en el suelo". (Das, 2013).

$$q = \gamma D_f$$

En el factor γ en el último termino de las ecuaciones de capacidad de carga debe sustituirse por el factor.

$$q = \gamma' + \frac{d}{B}(\gamma - \gamma')$$

Donde:

q = Capacidad de carga ultima

$d = D_1 + D_2$= Profundidad de nivel freático menor por debajo de la profundidad de desplante.

γ = Peso específico del suelo por encima de la cimentación

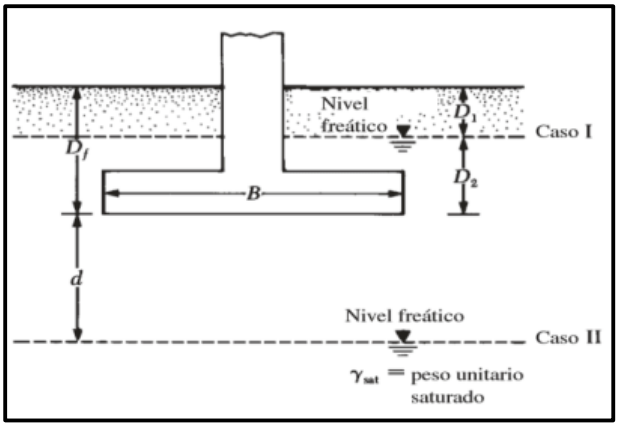
D_f= Profundidad de desplante

D_1= Profundidad desde el terreno natural hasta el nivel freático

D_2=Profundidad desde el nivel freático hasta la profundidad del cimiento.

Caso III: **"**Cuando el nivel freático está localizado en $d \leq B$, el agua no tiene efecto sobre la capacidad ultima de carga". (Das, 2013).

Figura 14. Modificación de las ecuaciones de capacidad de carga con presencia de Nivel Freático



Fuente: Das, 2013, p.487

Tabla 19.

Factores de capacidad de carga en función del nivel freático.

$\emptyset'$ *(grad)*	N_C	N_q	$N^a\gamma$	$\emptyset'$ *(grad)*	N_c	N_q	$N^a\gamma$
0	5.14	1.00	0.00	23	18.05	8.66	8.20
1	5.38	1.09	0.07	24	19.32	9.60	9.44
2	5.63	1.20	0.15	25	20.72	10.66	10.88
3	5.90	1.31	0.24	26	22.25	11.85	12.54
4	6.19	1.43	0.34	27	23.94	13.20	14.47
5	6.49	1.57	0.45	28	25.80	14.72	16.72
6	6.81	1.72	0.57	29	27.86	16.44	19.34
7	7.16	1.88	0.71	30	30.14	18.40	22.40
8	7.53	2.06	0.86	31	32.67	20.63	25.99
9	7.92	2.25	1.03	32	35.49	23.18	30.22
10	8.35	2.47	1.22	33	38.64	26.09	35.19
11	8.80	2.71	1.44	34	42.16	29.44	41.06
12	9.28	2.97	1.69	35	46.12	33.30	48.03
13	9.81	3.26	1.97	36	50.59	37.75	56.31
14	10.37	3.59	2.29	37	55.63	42.92	66.19
15	10.98	3.94	2.65	38	61.35	48.93	78.03
16	11.63	4.34	3.06	39	67.87	55.96	92.25
17	12.34	4.77	3.53	40	75.31	64.20	109.41
18	13.10	5.26	4.07	41	83.86	73.90	130.22
19	13.93	5.80	4.68	42	93.71	85.36	155.55
20	14.83	6.40	5.39	43	105.11	99.02	186.54
21	15.82	7.07	6.20	44	118.37	115.31	224.64
22	16.88	7.82	7.13	45	133.88	*134.88*	271.76

Fuente: Das, 2001, pág.160

b) Ecuación de George Meyerhof

Según (Das,2013) Meyerhof propuso un método para la determinación de la capacidad de carga en cimentaciones de tipo superficial que presenta esfuerzos cortantes por encima de nivel de desplante del suelo, propiedades físicas y mecánicas, contenido de humedad del suelo y la forma en que la cimentación será colocada, considerando que esta puede estar inclinada.

Por lo tanto, tomando en cuenta todos los componentes para la determinación de la capacidad de carga, Meyerhof expone la siguiente ecuación general:

$$qu = cN_C F_{cs} F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qs} F_{qd} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2}\gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

Donde:

c = Cohesión

B = Ancho de la cimentación.

qu = Esfuerzo efectivo al nivel del fondo de la cimentación

γ = Peso específico del suelo.

F_{cs}, F_{qs}, $F_{\gamma s}$= Factores de forma.

$F_{cd}, F_{qd}, F_{\gamma d}$ = Factores de profundidad.

F_{ci}, F_{qi}, $F_{\gamma i}$ = Factores por inclinación de la carga.

N_C, N_q, N_γ= Factores de capacidad de carga.

Para aquellos factores N_c, N_q, N_γ que dependen únicamente del valor del ángulo de fricción interna del suelo , Meyerhof expone las siguientes expresiones:

$$Nq = e^{\pi \tan \emptyset} * tan^2(45 + \frac{\emptyset}{2})$$

$$N_C = (N_q - 1)\cot \emptyset$$

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

Con respecto a los factores de forma, profundidad e inclinación, Meyerhof propuso las siguientes ecuaciones:

- **Factores de forma:**

$$S_C = F_{cs} = 1 + \frac{N_q}{N_c} * \frac{B}{L}$$

$$S_q = F_{qs} = 1 + \frac{B}{L} * tan\emptyset$$

$$S_y = F_{ys} = 1 + 0.4 * \frac{B}{L}$$

- **Factores de profundidad:**

$Para\ \emptyset' = 0$:

$$F_{cd} = 1 + 0.4 * k$$

$$F_{qd} = 1$$

$$F_{yd} = 1$$

$Para\ \emptyset' > 0$:

$$d_C = F_{cd} = 1 + 0.4 * k$$

$$d_q = F_{qd} = 1 + 2tan\emptyset * (1 - \sin\emptyset)^2 * \ k$$

$$d_y = F_{yd} = 1; para\ cualquier\ valor\ de\ \emptyset$$

Donde:

$$k = \frac{D_f}{B}, para\ \frac{D_f}{B} \leq 1$$

$$k = tan^{-1}\left(\frac{D_f}{B}\right), para\ \frac{D_f}{B} > 1$$

$$el\ valor\ de\ tan^{-1}\left(\frac{D_f}{B}\right)\ expresado\ en\ radianes.$$

- **Factores de inclinación:**

$$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\theta°}{90°}\right)^2$$

$$F_{yi} = \left(1 - \frac{\theta°}{\emptyset°}\right)^2$$

Para los factores precedentes, tenemos:

$$K_p = tan^2\left(45 - \frac{\emptyset°}{2}\right)$$

Donde:

$\theta =$ Inclinación de la carga respecto a la vertical.

B, L, D_f definidos previamente

Es importante precisar los siguiente:

$F_{ci} = F_{qi} = F_{yi} = 1$; cuando la carga es vertical.

c) Metodología de Jorgen Brinch Hansen

Brinch Hansen, propuso una expresión a partir de la ecuación de Meyerhof denominada ecuación de la capacidad portante de los suelos, incorporando factores a la ecuación de Terzaghi con la finalidad de considerar efectos de inclinación de la base, excentricidad de la carga y pendiente del talud. Esta propuesta estuvo directamente ligada con los estudios realizados por Meyerhof, integrando de esta forma los siguientes términos adicionales a la ecuación general:

Base (b): para cimentaciones inclinadas con respecto a la horizontal.

Terreno (g): para cimentación en taludes.

Por consiguiente, la expresión de la capacidad portante de una cimentación que presenta inclinación en cualquier forma o con el desplante del terreno inclinado y sometido a carga inclinada es igual a:

$$q_u = cN_C S_C d_c i_c g_c b_c + qN_q S_q d_q i_q g_q b_q + \frac{1}{2}\gamma B N_\gamma S_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

a) Factores de capacidad de carga:

Los Factores N_C y Nq propuesto por Hansen son los mismos que presenta Meyerhof, a diferencia del factor N_γ, tal como se muestra a continuación:

$$N_C = \cot \emptyset \, (N_q - 1)$$

$$Nq = tan^2(45 + \frac{\emptyset}{2}) e^{\pi \tan \emptyset}$$

$$N_\gamma = \frac{3}{2}(N_q - 1) \tan \emptyset$$

b) Factores de forma:

Condición para todo ∅:

$$S_C(H) = 1 + \frac{N_q}{N_c} * \frac{B}{L}$$

Condición, para cimiento corrido:

$$S_C(H) = 1$$

Condición para todo ∅:

$$S_q(H) = 1 + \frac{B}{L} * \tan \emptyset$$

Condición: tiene que ser ≥0.6

$$S_\gamma(H) = 1 - 0.4 * \frac{B}{L}$$

Se sabe que para zapatas continuas: $S_C = S_q = S_\gamma = 1$

c) Factores de profundidad

Condiciones:

Para $Df/B \leq 1$

$$K = \frac{D_f}{B}$$

Para $Df/B > 1$

$K = tan^{-1}(\frac{D_f}{B})$; expresado en radianes

Para $\emptyset = 0°$

$$D'_{c(H)} = 0.4K$$

Para todo ∅

$$D_C = 1 + 0.4K$$

En función del valor de K:

$$D_q = 1 + 2\tan\emptyset\,(1 - \sin\emptyset)^2\,K$$

Condición para todo ∅:

$$D_\gamma = 1$$

d) Ecuación de Vesic

$$q_u = cN_C S_C d_c i_c g_c b_c + qN_q S_q d_q i_q g_q b_q + 0.5\gamma B N_\gamma S_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

Factores de capacidad de carga

Nq = Igual al factor para la ecuación de Meyerhof

Nc = igual al factor para la ecuación de Meyerhof

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

Factores de forma

Igual a los factores de forma de la ecuación de Hansen.

Factores de profundidad

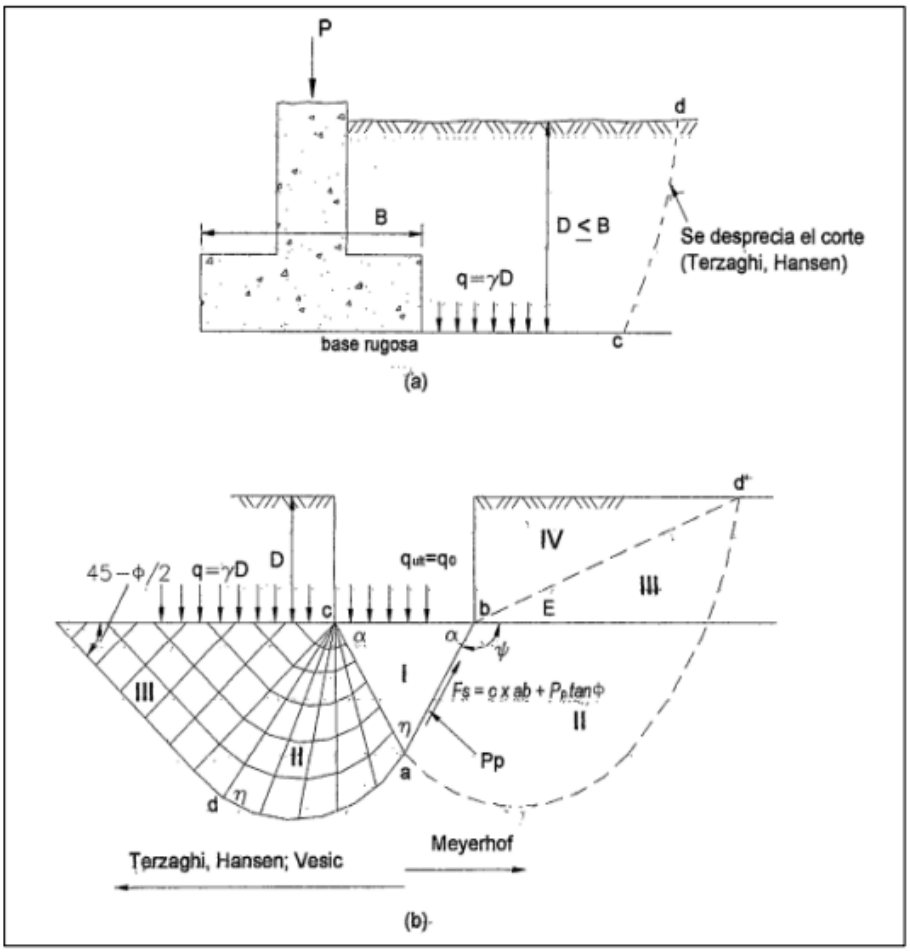
Igual a los factores de forma de la ecuación de Hansen.

2.2.13.4. Mecanismos de falla

Según (Medina, 2002, p.401). “Karl Terzaghi y Meyerhof plantean distintos mecanismos, los cuales son la base de apoyo a las teorías propuestas por Brinch Hansen y Vesic, tal como se aprecia en la Figura 14, en el cual se detalla que de acuerdo a la teoría de Terzaghi existen tres zonas de falla: Zona I, empuje activo de Ranking con ángulo $\propto = \emptyset$; Zona II, esfuerzos radiales; Zona III, empuje pasivo y de acuerdo a la

teoría propuesta por Meyerhof existen cuatro zonas de falla: Zona I igual a la zona de Terzaghi, pero con $\propto = 45° + \emptyset/2$; Zona II, corte plano radia; Zona III, empuje pasivo; Zona IV, peso libre".

Figura 15. Diferencia entre los mecanismos de falla – Terzaghi, Meyerhof y Hansen



Fuente: "Análisis Comparativo de las teorías de capacidad portante por corte de cimentaciones superficiales" (Medina, 2002, pag.403)

En la Figura 15. Se puede apreciar que, "para el caso de $\emptyset > 0°$; los arcos ad y ad' son espirales logarítmicas y para el caso de $\emptyset = 0°$ son arcos de circunferencia. En este caso considerando lo propuesto por Meyerhof, se aprecia que el arco llega a la superficie del terreno teniendo en cuenta la fricción del suelo a lo largo de toda la superficie, a diferencia del mecanismo propuesto por Terzaghi, quien considera factores de profundidad para considerar efectos de fricción debido a la sobrecarga". (Medina, 2002, p. 403)

2.2.14. Pruebas de laboratorio

a) Contenido de Humedad NTP 339.127 (ASTM D-2216)

Este ensayo se realiza para determinar el contenido de humedad del suelo, es decir la presencia de agua en una cantidad específica de suelo, en términos de su peso seco, el cual se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$W(\%) = \frac{W_{humedo} - W_{seco}}{W_{seco}} \times 100$$

❖ **Equipos y materiales utilizados:**

- Horno termostáticamente controlado para el secado de la muestra
- Balanza electrónica digital.
- Recipientes
- Utensilios requeridos (guantes, cuchillos, sujetadores para manipular el recipiente, cucharas, espátulas, plástico para el cuarteo de la muestra, etc.)

❖ **Procedimiento:**

1. De forma previa se obtiene el peso de la tara (recipiente) limpio seco y se anota. (W tara).
2. Se coge en un recipiente una porción de la muestra húmeda pasante por el tamiz N°4, luego se pesa para obtener un peso inicial. (W tara + W húmedo)
3. Secar la muestra de suelo húmedo en el horno a una temperatura de 110 °C $\pm$ 5 °C. durante (12h a 16h), hasta que el peso sea constante.
4. Se retira la muestra del horno y enseguida se pesa la muestra seca para obtener un peso final. (W tara + W seco)

b) Análisis Granulométrico por Tamizado NTP 339.128

Este ensayo se define como la cantidad expresada en porcentaje de las diferentes dimensiones de las partículas del suelo, a fin de determinar el tipo de suelo. Este ensayo se realiza mediante el tamizado de la muestra empleando los tamices correspondientes hasta el N°200(0.074mm) de acuerdo a lo establecido por la NTP.

❖ **Equipos y materiales utilizados:**

a) Balanza
b) Horno
c) Recipientes adecuados para el manejo y secado de las muestras.
d) Tamices estandarizados (3" (75 mm), 2" (50,8 mm), 1½" (38,1 mm), 1" (25,4 mm), ¾" (19,0 mm), 3/8" (9,5 mm), N° 4 (4,76 mm), N° 10 (2,00 mm), N° 20 (0,840 mm), N° 400 (,425 mm), N° 60 (0,250 mm), N° 140 (0,106 mm) y (0,075 mm)).
e) Cepillo y brocha.

❖ **Procedimiento:**

1. Primeramente, se realiza el cuarteo de la muestra, para luego pesar aproximadamente 5000 gramos de la muestra y realizar el tamizado.

2. Luego empleando el conjunto de tamices para el agregado grueso, separamos al agrego grueso del fino, que se ubica generalmente en el tamiz N°4, para finalmente proceder a pesarlo, de la fracción de la muestra retenida en tamiz N°4 se tomara 500 gramos de la muestra para realizar el análisis granulométrico del agregado, utilizando los tamices N°10, N°40 y N°200.

3. Las muestras obtenidas se colocan en el horno para el secado de las mismas, a temperaturas 110 °C $\pm$ 5 °C y posteriormente teniendo los datos correspondientes, se lava la muestra en el tamiz N°200, cuidando que las partículas finas no se pierdan.

4. Una vez lavada las muestras se procede a secarla en el horno a temperaturas 110 °C $\pm$ 5 °C para luego poder tamizarlo.

5. Finalmente se procede a tamizar tanto el agregado grueso por los tamices (1½", 1", ¾", 3/8", N° 4, N° 10, N° 16, N° 20, N° 30, N° 40, N° 60, N° 80, N° 100, N° 200).

6. El porcentaje del material pasante por el tamiz N°200 (0.074mm) se calcula mediante la siguiente formula:

$$\%Pasa = \frac{Peso\ total - peso\ retenido\ en\ el\ tamiz\ N°200}{peso\ total} \times 100$$

c) Limite Líquido NTP 339.129 (ASTM D-4318)

Es el contenido de humedad existente por debajo del suelo, el cual tiende a comportarse como material plástico y por lo general se represente en porcentaje.

❖ **Equipos y materiales utilizados:**

- ✓ Vasija (4 1/2" de diámetro aproximadamente)
- ✓ Casagrande y accesorios
- ✓ Recipiente
- ✓ Balanza con sensibilidad de 0.1 gr.
- ✓ Acanalador
- ✓ Calibrador y su ranurador (barra de metal de 10.00 mm de espesor y de 50mm de largo aprox.)
- ✓ Horno, capaz de almacenar temperaturas de 110°C para extraer la muestra.
- ✓ Espátula de 75 a 100 mm (3"-4") de longitud y 20 mm (3/4").
- ✓ Agua destilada.
- ✓ Balanza
- ✓ Recipientes y utensilios requeridos (guantes, cuchillos, sujetadores para manipular el recipiente, cucharas, espátulas, plástico para el cuarteo de la muestra, etc.).)

❖ **Procedimiento:**

1. La muestra de suelo a usar es la pasante del tamiz N°40, esta muestra deberá pesar unos 250 gramos aproximadamente, la cual mezclaremos con una poca cantidad de agua (15-20 ml) amasándola con la espátula hasta que se humedezca y sea uniforme.

2. Enseguida se coge una la muestra húmeda y lo colocamos en la copa Casagrande, este se divide cortándolo por medio de un ranurador nivelándolo y equiparándolo a una altura el punto de profundidad máxima, que es de 1cm.

3. Luego dividimos la mezcla en dos partes iguales con ayuda del acanalador.

4. La ranura formada debe notarse notoriamente y debe separar totalmente la mezcla (masa de la muestra) en dos partes similares, para lo cual es necesario que la copa Casagrande se mantenga firme y perpendicular a la superficie de la copa.

5. Una vez dividido en dos partes idénticas se procederá a contar el número de golpes requerido, de tal forma que se logre la hasta cerrar la ranura.

6. El movimiento que se realizará con la manivela deberá ser aproximadamente a una velocidad de 2 golpes por segundo, buscando que los golpes cierren la ranura de la masa de suelo en 12.7 mm. (½").

7. Una vez cerrada la ranura se tomará una muestra de parte céntrica con el objetivo de definir el contenido de humedad (%), para lo cual se anotará el número total de golpes efectuados en la práctica. A continuación, se graficarán los datos a escala semilogarítmica y posteriormente se determinará el contenido de humedad para un numero de 25 golpes.

8. Este proceso se repetirá para cada muestra de suelo ensayada, a fin de obtener contenidos de humedad totalmente diferentes.

9. La cantidad golpes recomendadas para cerrar la ranura son las siguientes: 30 a 40 golpes, 25 a 30 golpes, 20 a 25 golpes.15 - 25 golpes con la finalidad de obtener muestras con consistencia cercana a las requeridas.

d) Limite Plástico e Índice de plasticidad NTP 339.129

Este ensayo nos permite identificar el contenido de humedad presente en el suelo seco, representado en porcentaje, con la finalidad de determinar la plasticidad del suelo.

❖ **Equipos y materiales utilizados:**

- ✓ Vasija para almacenaje de 115mm (4 1/2”).
- ✓ Espátula (75 a 100 mm (3”-4”) de longitud y 20 mm (3/4”)).
- ✓ Recipientes.
- ✓ Balanza con sensibilidad de 0.1 gr.
- ✓ Acanalador.
- ✓ Horno.
- ✓ Agua destilada.
- ✓ Vidrios de reloj para determinar las humedades y vidrio grueso esmerilado que funcionara como superficie de rodadura.

❖ **Procedimiento:**

1. Primeramente, colocaremos la muestra de suelo aproximadamente 20 gramos en una vasija y se le añadirá un poco de agua, mezclándolo hasta que la mezcla sea consistente, es decir se vuelva lo suficientemente plástica para enrollarse y formar una barrita uniforme sin que se quede pegado sobre la lámina de vidrio.

2. De llegar a 3.2 mm de diámetro las muestras elipsoides enrolladas no presentan desmoronamiento o forman grietas en todo su contorno, volveremos a efectuar el mismo procedimiento hasta obtener el agrietamiento o desmoronamiento de la muestra, con el diámetro establecido.

3. Una vez producido el límite plástico en la muestra se procederá a poner la masa sobre un recipiente de peso conocido (W tara) y se pesaran las barritas en una balanza para conocer el contenido de humedad existente en el suelo.

4. Finalmente llevaremos los especímenes (muestra) al horno a una temperatura de 110 °C $\pm$ 5 °C.

e) Ensayo de Corte Directo NTP 339.171

La prueba se realiza con el propósito de determinar la resistencia al corte de las muestras de suelo. Generalmente este tipo de ensayos se realiza para todo tipo de suelos, a partir del análisis de sus muestras inalteradas.

❖ **Equipos y materiales utilizados:**

- ✓ Dispositivos de carga
- ✓ Equipo de corte
- ✓ Base de la caja de corte
- ✓ Balanza
- ✓ Horno, capaz de mantenerse a temperaturas de 110 °C $\pm$ 5 °C.
- ✓ Deformímetros o diales.
- ✓ Recipientes
- ✓ Equipo para el remoldeo o compactación de probetas.
- ✓ Piedras porosas
- ✓ Dispositivo para aplicar la fuerza normal y de corte.
- ✓ Indicadores de deformación o diales
- ✓ Misceláneos que incluyan espátula, agua destilada, cronómetro, sierra de alambre, enrasadores, cuchillos, otros elementos que se requieran.

❖ **Procedimiento:**

1. Previamente a ejecutar la prueba, se pesará la muestra (3 especímenes). Cabe mencionar que la prueba se realizará con muestras que cuenten con similar humedad y densidad.
2. Ensamblar la caja de corte con los marcos alineados y enseguida colocamos las muestras y piedras porosas (especímenes inalterados) fijándolos sobre el soporte de la caja de corte.
3. Se pone una cobertura de grasa en medio los marcos alineados para lograr la impermeabilización durante la consolidación y reducir la fricción durante el corte.
4. Enseguida colocamos la carga vertical (Pv), procedemos a nivelarlo e instalamos el pistón de carga y a la misma vez colocamos el dial para determinar el desplazamiento vertical y también el cambio de espesor del espécimen, posteriormente se determinará el espesor inicial. Este último empezará cuando el asentamiento se haya detenido.
5. La consolidación inicial de la muestra debe permitirse con una fuerza normal suficiente. Después de aplicar una fuerza normal

predeterminada, el tanque de agua se llena hasta el nivel por encima de la muestra, lo que permite que la muestra se drene y se consolide. Después de configurar la carga, ajustamos el tablero para medir el desplazamiento de corte y luego aplicamos una carga horizontal.

6. Una vez que se inició con la aplicación de la carga horizontal se mide el cambio de volumen y desplazamiento cortante existente, utilizando los deformímetros de carga. Se logrará la consolidación primaria después de incrementar la fuerza normal, las veces que sean necesarias hasta lograrlo. El incremento final debe completar la fuerza normal especificada.
7. La deformación unitaria que se aplicará deberá ser menor o igual 0.5 mm/min. Se lecturará en base a los desplazamientos horizontales.
8. Una vez finalizada la consolidación se sueltan lo marcos hasta separarlos 0.25mm (0.01") aproximadamente, con el objetivo de permitir el corte de la muestra analizada.
9. Finalmente, para dar por culminado el ensayo, se retira la muestra de la caja de corte y se procede a secarla en el horno con el propósito de determinar el peso de los sólidos.

2.3. Definiciones conceptuales

2.3.1. Presión Admisible del Suelo "Máxima presión que la cimentación puede transmitir al terreno sin que ocurran asentamientos excesivos (mayores que el admisible)" (Norma Técnica E.050 Suelos y Cimentaciones, 2018).

2.3.2. Mecánica de Suelos: "Conjunto de exploraciones e investigaciones de campo, ensayos de laboratorio y análisis de gabinete que tienen por objetivo estudiar el comportamiento de los suelos y sus respuestas ante las solicitaciones estáticas y dinámicas de una edificación". (Norma Técnica - E.050, 2018).

2.3.3. Presión Admisible del Suelo "Máxima presión que la cimentación puede transmitir al terreno sin que ocurran asentamientos excesivos (mayores que el admisible)" (Norma Técnica E.050, 2018).

2.3.4. Calicatas: “Son excavaciones de formas diversas que permiten una exploración directa del terreno, así como la toma de muestras y la realización de ensayos in situ que no requieran confinamiento la calicatas o trincheras se realizan según la NTP 339.162”. (Norma Técnica E.050, 2018).

2.3.5. Perfil Estratigráfico: “Estratos de suelos con características tales que pueden ser representativos de otros iguales o similares en un terreno dado. Esto en el laboratorio se selecciona muestras típicas para ejecutar con ella ensayos de clasificación en todos los casos según al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos – SUCS NTP 339.134 (ASTM D 2487)”. (Norma de Suelos y Cimentaciones E.050, 2018).

2.3.6. Presión Admisible del Suelo “Máxima presión que la cimentación puede transmitir al terreno sin que ocurran asentamientos excesivos (mayores que el admisible)” (Norma de Suelos y Cimentaciones E.050, 2018).

2.3.7. Capacidad carga: “Presión requerida para producir la falla del suelo por corte que sirve de apoyo a la cimentación (sin factor de seguridad)”. (Norma de Suelos y Cimentaciones E.050, 2018).

2.3.8. Capacidad carga admisible: “La capacidad admisible se obtendrá dividiendo la capacidad última por el factor de seguridad.” (Norma Técnica E.050, 2018).

2.3.9. Cimentación Superficial: “Aquella en la cual la relación Profundidad/ ancho (Df /B) es menor o igual a 5, siendo Df la profundidad de la cimentación y B en ancho o diámetro de la misma. Son las que no necesitan profundizar demasiado en el subsuelo para llegar al terreno que soporte el peso de la estructura”. (Norma Técnica E.050, 2018).

2.3.10. Carga Viva: Son cargas no permanentes que se producen por el uso y ocupación de las edificaciones. (Norma Técnica E.020 Cargas, 2018).

2.3.11. Albañilería o mampostería: “Material estructural compuesto por «unidades de albañilería» asentadas con mortero o por «unidades de albañilería» apiladas, en cuyo caso son integradas con concreto líquido”. (Norma Técnica E.070 Albañilería, 2018).

2.3.12. Diseño de zapatas: “Las zapatas de concreto simple estructural deben diseñarse para las cargas amplificadas y las reacciones inducidas, de acuerdo con los requisitos de diseño apropiados”. (Norma Técnica E.060 Concreto Armado, 2018)

2.3.13. Carga: “Fuerza u otras acciones que resulten del peso de los materiales de construcción, ocupantes y sus pertenencias, efectos del medio ambiente, movimientos diferenciales y cambios dimensionales restringidos”. (Norma Técnica E.020 Cargas, 2018).

2.3.14. Metrado de carga: Es la técnica que permite estimar las cargas actuantes sobre los elementos estructurales que componen la edificación, por lo general en este proceso es importante dejar de lado los efectos hiperestáticos producidos por los momentos flectores. (Huamani, 2019).

2.3.15. Carga estática: Es aquella que se aplica respecto a la estructura, originando esfuerzos y deformaciones que alcanzan sus valores máximos en conjunto con la carga máxima. Por lo general se dividen en cargas permanentes o muertes y carga viva o sobrecarga. (Huamani e Ichpas, 2019).

2.3.16. Carga Muerta: “Es el peso de los materiales, dispositivos de servicio, equipos, tabiques y otros elementos soportados por la edificación, incluyendo su peso propio, que sean permanentes o con una variación en su magnitud, pequeña en el tiempo”. (Norma Técnica E.020 Cargas, 2018).

2.3.17. Capacidad de carga última, (qu): “Presión de contacto máxima que puede resistir una masa de suelo sin que se produzca un hundimiento catastrófico de la cimentación y de la estructura apoyada en ella, que corresponde al valor teórico de la capacidad de carga última de un suelo. En el cálculo de capacidad de carga debe tenerse en cuenta la resistencia al esfuerzo cortante del suelo al nivel de la cimentación”. (Nij, 2009)

2.3.18. Carga admisible: “Carga que induce la máxima fatiga admisible en una sección crítica de un miembro estructural”. (Norma Técnica E.050, 2018).

2.3.19. Presión admisible del terreno: Se define como “la presión máxima admisible por un terreno que proporciona la seguridad necesaria para evitar

la ruptura de la masa de terreno; esta presión se obtiene aplicando un coeficiente de seguridad". (Norma Técnica E.050, 2018).

2.3.20. Asentamiento: Se define como "el hundimiento gradual de una estructura. Este efecto puede ser calculado, en términos de unidades de medida, a partir de diversos métodos como: elástico, de consolidación unidimensional, modelos constitutivos". (Borselli, 2019).

2.4. Hipótesis de la Investigación

2.4.1 Hipótesis General

El análisis geotécnico proporciona información relevante del suelo para el diseño de cimentaciones superficiales en viviendas unifamiliares en la zona alta del centro poblado de Jancao.

2.4.2. Hipótesis Especificas

HE1. Las propiedades físicas y mecánicas del suelo intervienen en el diseño de cimentaciones superficiales en viviendas unifamiliares en la zona alta del centro poblado de Jancao.

HE2. La capacidad de carga admisible del suelo es determinante para el diseño de cimentaciones superficiales en viviendas unifamiliares en la zona alta del centro poblado de Jancao.

HE3. Las propuestas de diseño de cimentaciones superficiales modeladas en el software SAFE cumplen con la verificación del diseño por capacidad de carga y por asentamiento de acuerdo a lo establecido en el RNE Norma E.030 y E.0.50.

2.5. Variables de la Investigación

2.5.1. Variable Dependiente

- Diseño de cimentaciones superficiales

2.5.2. Variable Independiente

- Análisis Geotécnico

2.6. Operacionalización de variables y dimensiones

Tabla 20.

Operacionalización de variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO
Variable Independiente: Análisis Geotécnico	El análisis geotécnico es una serie de actividades que permiten obtener información geotécnica del terreno, sus propiedades físicas y mecánicas, así como sus características y el tipo de suelo de la zona de estudio, así como determinar cuánto va a ser capaz de resistir el suelo, al estar sometido a las cargas transmitidas de la estructura a la cimentación y sobre todo conocer el asentamiento tolerable que podría sufrir la estructura.	Propiedades Físicas y Mecánicas	▪ "Análisis Granulométrico" (NTP 339.128) ▪ "Límite Líquido y Límite Plástico" (NTP 339.129) ▪ "Peso Específico" (NTP 339.131) ▪ "Contenido de Humedad" (NTP 339.127) ▪ "Ensayo de Corte directo" (NTP 339.171)	Ensayos de laboratorio Teoría de la
		Tipo de suelo	▪ Clasificación SUCS	
		Capacidad de carga ultima	Metodología de Terzaghi	Teoría de la capacidad de carga ultima
			Metodología de Meyerhof	
Variable Dependiente: Diseño de cimentaciones superficiales	El diseño de cimentaciones de tipo superficial o también denominada poco profundas nos permite evaluar y determinar en función al análisis geotécnico, cual es la cimentación más adecuada a emplear en la zona de estudio según los indicadores del suelo y la capacidad portante, el cual debe ser resistente a la estructura, ya que existe una presión de contacto entre el terreno y la cimentación.	Diseño de una cimentación superficial estándar	Cargas de servicio	Modelamiento de la edificación empleando el Software de ETABS.
			Tipo de cimentación	Diseño de la cimentación y cálculo de los asentamientos empleando el software SAFE.
			Dimensionamiento de la cimentación	
			Profundidad de Desplante	
			Asentamiento	

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación

3.1.1. Enfoque

"En el enfoque cuantitativo, el investigador utiliza la recolección de datos y el análisis de las mismas a fin de comprobar la certeza de las hipótesis formuladas. Esta investigación se caracteriza por efectuar mediciones prácticas y objetivas para establecer patrones de comportamiento y probar teorías". (Hernández, Collado y Baptista, 2014).

Enfoque Cuantitativo, porque para realizar un análisis geotécnico es necesario seguir una secuencia de pasos fundamentados en la medición numérica, identificando primeramente las características geotécnicas del terreno, tipo de suelo, parámetros de resistencia y su capacidad portante para que sobre la base de esos resultados numéricos se diseñe la cimentación superficial; cada paso precede al siguiente. Para ello se recolectaron datos de campo, se analizaron cada uno de los especímenes extraídos por punto de investigación mediante las pruebas estandarizadas aplicadas en el laboratorio y se realizaron los cálculos correspondientes.

3.1.2. Alcance o Nivel

"El nivel descriptivo de una investigación busca especificar las propiedades, características y los perfiles de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido al análisis, recogiendo información de manera independiente o conjunta sobre las variables de estudio, analizando fenómenos, situaciones y sucesos, a través de la descripción, detallando como son y se manifiestan". (Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio, 2010).

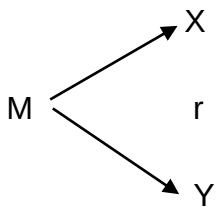
El nivel de investigación es descriptivo, porque a través del análisis geotécnico del suelo en la zona alta del C.P de Jancao, se permite determinar las propiedades físico-mecánicas del terreno, tipo de suelo, los parámetros de resistencia, la capacidad portante del suelo para ser utilizados en el diseño de la cimentación superficial.

3.1. 3. Diseño

"Los diseños no experimentales son estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos". (Sampieri, Fernández y Baptista, 2014)

La presente investigación es **No Experimental** en su forma transversal**,** puesto que la información fue recolectada en un momento determinado haciendo un corte en el tiempo sin la necesidad de utilizar experimentos, debido a que se realizó con los resultados que se obtuvieron de los ensayos para cada una de las muestras obtenidas de los diferentes puntos de investigación, previo análisis de cada uno de ellos de acuerdo a lo establecido en la Normativa Técnica Peruana. Dichos resultados se determinaron en más de una medición, lo cual permitió tener el control de las variables sin manipularlas a fin de observar los resultados.

- **Esquema del diseño de la Investigación**



Donde:

M: Muestra
X: Diseño de la cimentación
Y: Análisis Geotécnico
r: Relación existente entre la variable dependiente e independiente.

3.2. Población y Muestra

3.2.1. Población

Con respecto a la población (Tamayo, 2012), la define como "la totalidad de un fenómeno de estudio, que es el conjunto de todas las unidades de análisis que integran dicho fenómeno y que pertenecen al contexto espacial donde se desarrolla el trabajo de investigación".

La población estuvo constituida por la zona alta del C.P. Jancao, distrito de Amarilis, Huánuco-Huánuco, considerando que la investigación consistió en identificar las características geotécnicas del terreno, los parámetros de resistencia del suelo y su capacidad portante con el objetivo de realizar un análisis geotécnico detallado del área de estudio aplicado al diseño de cimentaciones superficiales y posteriormente proponer un tipo de cimentación estándar a utilizar en la edificación de viviendas en la zona en estudio. Por lo tanto, se definió como población a la superficie de suelo correspondiente a la zona alta del centro poblado de Jancao con un área de 148,746.35 m2 (14ha 8,746.35 m2).

3.2.2. Muestra

Para Hernández Sampieri, Fernández Collado & Baptista Lucio (2014) “La muestra es un subgrupo de la población, es decir, es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población”.

En la presente tesis se empleó el ***muestreo no probabilístico.*** Según (Johnson, H. Sampieri y Battaglia, 2008, p.176) en este tipo de muestreo “la elección de los elementos no depende de la probabilidad sino de causas relacionadas con las características de la investigación o los propósitos del investigador, ya que este tipo de muestreo no emplea un procedimiento mecánico ni se basa en fórmulas de probabilidad, sino depende principalmente de la toma de decisiones del investigador, considerando la selección de individuos o casos típicos, sin intentar que sean estadísticamente representativos de una población determinada”.

En la investigación se analizó como muestra, la Urb. Cristo Rey con una extensión de 12,791.63 m2 (1 ha 2791.63m2) ubicada exactamente entre la Av. San Marcos (antigua carretera central) y Prolongación Vía Colectora, perteneciente a la zona Alta del centro poblado de Jancao considerada como zona de expansión urbana, debido a que en esta zona se proyecta la edificación de viviendas unifamiliares con lotes de 120m2. Conforme a lo indicado en la Tabla 6 de la (Norma Técnica E.050 Suelos y Cimentaciones, 2018) para Urbanizaciones destinadas a la construcción

viviendas unifamiliares, se deberá realizar como mínimo 03 puntos de investigación por cada hectárea de terreno. Por esta razón para un área de estudio de 12791.63 m2 (1 ha 2791.63m2) se realizaron 04 puntos de investigación(calicatas) con la finalidad de llevar a cabo la extracción de las muestras en campo.

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.3.1. Para la recolección de datos

Como lo menciona Arias (2012), “Las técnicas e instrumentos de recolección de datos son las diversas formas que el investigador emplea, a fin de recolectar y conseguir la información requerida. Por lo general, estas técnicas permiten el desarrollo de la metodología de la investigación en función del diseño y la muestra adecuada de acuerdo con los objetivos del estudio”.

3.3.1.1. Técnicas

Particularmente para la recolección de datos en la presente investigación, en un primer instante se usó la técnica de la ***observación directa***, con el fin de verificar visualmente que la zona en estudio cumpla con los requisitos necesarios para dar viabilidad al estudio y también se emplearon ***las pruebas estandarizadas*** como técnica para recolectar los datos en el laboratorio de suelos de acuerdo al procedimiento y especificaciones respectivas que establece la Norma Técnicas Peruana (NTP), tal como se detalla en la Tabla 21. los siguientes ensayos:

Tabla 21.

Ensayos de laboratorio

Ensayo de Suelos	NORMAS DE REFERENCIA		PROPOSITO DEL ENSAYO
	NTP	ASTM	
"Contenido de humedad"	339.127	D-2216	"Determinar el contenido de humedad natural del suelo".
"Análisis Granulométrico por Tamizado"	339.128	D-422	"Determinar la distribución del tamaño de partículas".
"Limite Liquido"	339.129	D-4318	"Hallar el contenido de agua entre los estados del suelo".
"Limite Plástico"	339.129	D-4318	"Hallar el contenido de agua entre los estados del suelo".
"Método de Clasificación de Suelos"	339.134	D-2487	"Método para la clasificación de suelos con propósito de ingeniería".
"Corte Directo"	339.170	D-3080	"Determinar la resistencia al corte de una muestra especifica de suelo que nos permita obtener la cohesión y ángulo de fricción interna del suelo".

Fuente: Elaboración propia.

NOTA: Es importante precisar que los resultados producto de los ensayos fueron registrados en formatos de recolección de datos, elaborados por cada tipo de ensayo a fin de analizar e interpretar de mejor forma los resultados de los ensayos.

3.3.1.2. Instrumentos

a) Aparatos y equipos experimentales

Los equipos experimentales que se utilizaron para realizar los ensayos de mecánica de suelos, fueron los siguientes: Balanzas digitales, tamices (análisis granulométrico), Horno eléctrico (contenido de humedad), Copa Casagrande (límites de consistencia), recipientes metálicos para las muestras, taras, equipo de corte directo materiales de vidrio, planchas metálicas de soporte y otros**.** Es importante precisar que, para la extracción de las muestras por medio de la excavación de las calicatas realizadas en campo, se utilizó maquinaria pesada como una retroexcavadora y una excavadora por las condiciones y características que presentaba el terreno en el área de estudio.

b) Formatos de registro

Los formatos de registro fueron elaborados exclusivamente para recolectar los datos propios de cada ensayo, tal como se detalla a continuación:

Formato N°01. Análisis Granulométrico por tamizado

	UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO					
	FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
	TESIS: "ANÁLISIS GEOTÉCNICO APLICADO AL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA ZONA ALTA DEL CENTRO POBLADO DE JANCAO DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO 2020"					
N° FICHA	**TESISTA :** BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI					
	UBICACIÓN : C.P. JANCAO - AMARILIS - HUÁNUCO				**FECHA :**	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO POR TAMIZADO						**NTP 339.128**
MALLAS	**DIÁMETRO**	**PESO RETENIDO (g)**	**RETENIDO PARCIAL (%)**	**RETENIDO ACUMULADO (%)**	**QUE PASA (%)**	**CALICATA:**
3"	75mm					**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA**
1 1/2"	37.5mm					
3/4"	19.000mm					
1/2"	12.500 mm					
3/8"	9.500 mm					
N°4	4.750 mm					**CLASIFICACIÓN**
N°8	2.360mm					
N°16	1.180 mm					**SUCS:**
N°30	0.600 mm					
N°50	0.300mm					**AASHTO:**
N°100	0.150mm					
N°200	0.075 mm					
CAZOLETA						
TOTAL						

Formato N°02. Contenido de humedad

	UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO					
	FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
	TESIS: "ANÁLISIS GEOTÉCNICO APLICADO AL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA ZONA ALTA DEL CENTRO POBLADO DE JANCAO DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO 2020"					
N° FICHA	**TESISTA :** BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI					
	UBICACIÓN : C.P. JANCAO - AMARILIS - HUÁNUCO				**FECHA :**	
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO						**NTP 339.127**
DESCRIPCIÓN	**UND**	**M - 01**	**M - 02**	**M - 03**	**M - 04**	**PROMEDIO**
Peso de la bandeja	g					
Peso natural humedo + P. bandeja	g					
Peso natural seco + P. bandeja	g					
Peso natural humedo	g					
Peso natural seco	g					
CONTENIDO DE HUMEDAD	%					

Formato N°03. Peso específico del suelo

	UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO					
	FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
	TESIS: "ANÁLISIS GEOTÉCNICO APLICADO AL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA ZONA ALTA DEL CENTRO POBLADO DE JANCAO DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO 2020"					
N° FICHA	**TESISTA :** BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI					
	UBICACIÓN : C.P. JANCAO - AMARILIS - HUÁNUCO				**FECHA :**	
PESO ESPECIFICO DEL SUELO						**NTP 339.131**
DESCRIPCIÓN	**UND**	**M - 01**	**M - 02**	**M - 03**	**M - 04**	**PROMEDIO**
Peso del recipiente + Peso del suelo natural	g					
Peso del recipiente + P. suelo seco	g					
Peso recipiente	g					
Volumen del recipiente	g					
Peso especifico del suelo natural (gr/cm3)						
Peso especifico del suelo seco (gr/cm3)						
HUMEDAD DEL SUELO	%					

Formato N°04. Limite Plástico

	UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO				
	FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS				
	TESIS: "ANÁLISIS GEOTÉCNICO APLICADO AL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA ZONA ALTA DEL CENTRO POBLADO DE JANCAO DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO 2020"				
N° FICHA	**TESISTA :** BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI				
	UBICACIÓN : C.P. JANCAO - AMARILIS - HUÁNUCO			**FECHA :**	
LIMITE PLÁSTICO					**NTP 339.129**
DESCRIPCIÓN	**UND**	**M - 01**	**M - 02**	**M - 03**	**M - 04**
Suelo humedo + Bandeja	g				
Suelo seco + Bandeja	g				
Peso de bandeja	g				
Peso del suelo humedo	g				
Peso del suelo seco	g				
CONTENIDO DE HUMEDAD	%				

Formato N°05. Limite Liquido

	UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO **FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS** **TESIS:** "ANÁLISIS GEOTÉCNICO APLICADO AL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA ZONA ALTA DEL CENTRO POBLADO DE JANCAO DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO 2020"	
N° FICHA	**TESISTA :** BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI	
	UBICACIÓN : C.P. JANCAO - AMARILIS - HUÁNUCO	**FECHA :**

LIMITE LÍQUIDO					**NTP 339.129**
DESCRIPCIÓN	**UND**	**M - 01**	**M - 02**	**M - 03**	**M - 04**
Peso del tarro	g				
Peso del tarro + Suelo humedo	g				
Peso del tarro + suelo seco	g				
Peso del suelo humedo	g				
Numero de golpes	g				
Contenido de Humedad	%				
LIMITE LÍQUIDO	%				

RESUMEN DEL RESULTADO	
LÍMITE LIQUIDO (%)	
LÍMITE PLASTICO (%)	
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	

3.3.2. Para el procesamiento y análisis de la información

3.3.2.1. Para la presentación de datos

Primeramente, se realizó la recolección de datos en campo a través del reconocimiento de la zona y extracción de las muestras por medio de la excavación de calicatas, en este caso 04 puntos de investigación. Como requisito obligatorio para llevar a cabo el análisis geotécnico del terreno, se realizaron los ensayos detallados en la Tabla 21. en el laboratorio de suelos, a fin de conocer las propiedades y parámetros del suelo de fundación y en base a los resultados de laboratorio se procedió a definir la capacidad de carga ultima y admisible del terreno empleando las teorías de Terzaghi y Meyerhof, enseguida se modeló en el software ETABS v.16 una vivienda unifamiliar típica de 3 niveles, considerando una estructura muros portantes de albañilería confinada con cimiento corrido y una edificación aporticada con zapatas cuadradas conectadas por vigas de cimentación, conforme a lo previsto en la Norma E.030 y la Norma E.050.

Finalmente, se realizó el metrado de cargas con finalidad de conocer el peso total de la edificación, para lo cual se exportó el backup (base) al software SAFE v.16 para verificar las propuestas del diseño de la cimentación superficial y poder analizar la interacción suelo – estructura, considerando como principal factor el dimensionamiento y tipo de cimentación. En base al análisis de los resultados plantear un tipo de cimentación estándar para la construcción de viviendas unifamiliares de 03 niveles en la zona Alta del centro poblado de Jancao, el cual deberá ser estructuralmente más seguro. Es importante precisar que para la presentación de los resultados (ensayos de laboratorio) se consideró el formato establecido por el laboratorio donde se llevaron a cabo los ensayos, en este caso el “Laboratorio de suelos, Concreto y Asfalto La Pirámide E.I.R.L.”

3.3.3. Para el análisis e interpretación de los datos

Una vez reunida y procesada la información de campo, se empleó como análisis de datos e interpretación de los resultados, las técnicas de análisis cuantitativo con el objetivo de interpretar los resultados del laboratorio de suelos, este último permitió determinar las propiedades físico –mecánicas del suelo y establecer el tipo de suelo donde se edificará la estructura, posteriormente determinar la capacidad portante del terreno y a partir de ello proponer un tipo de cimentación superficial estándar para el área en estudio. Todo ello a fin de determinar la influencia de un análisis geotécnico en el diseño de las cimentaciones superficiales para el área en estudio.

Para procesar la información obtenida, se utilizaron los programas de ingeniería como AutoCAD 2018, ETABS v.16, SAFE v.16 y el programa de Microsoft Excel como herramienta estadística para recopilar los resultados de los ensayos de laboratorio.

3.4. Procedimiento metodológico de la investigación

a) Reconocimiento del terreno, se procedió a identificar la zona destinada para realizar la excavación de las calicatas (puntos de exploración), a fin de clasificar el tipo de suelo a través del perfil estratigráfico analizado en campo, donde se realizaron 04 calicatas distribuidas estratégicamente.

b) Se realizó la recolección de la muestra de cada una de los puntos de investigación y posteriormente realizar el análisis geotécnico con el objeto de conocer las propiedades físico-mecánicas del suelo e identificar el tipo de suelo, todo ello previo análisis de las muestras que se obtuvieron de los sondeos, las cuales fueron analizadas a través de los ensayos descritos en la Tabla 21. en el laboratorio de suelos. Cabe mencionar que los trabajos en campo, muestreo y ensayos se llevaron a cabo entre los meses de octubre y noviembre 2020.

c) En base a los parámetros de resistencia del suelo y los resultados obtenidos en el laboratorio de suelos se definió la capacidad de carga ultima y admisible del terreno empleando dos de las metodologías más aplicadas en la Geotecnia Terzaghi y Meyerhof, tanto para cimiento corrido y zapatas cuadradas.

d) Se realizó el metrado de cargas con el propósito de determinar el peso que soportará la cimentación, por lo que se modeló la vivienda unifamiliar típica de 03 niveles en el software ETABS v.16, considerando una edificación de albañilería confinada con cimiento corrido y una edificación aporticada con zapatas aisladas conectadas con vigas de cimentación.

e) Modelar las propuestas de cimentación superficial en el software SAFE v.16, posteriormente realizar las verificaciones del diseño por capacidad de carga máxima y por asentamiento. Finalmente proponer un tipo de cimentación estándar para diseñar correctamente la cimentación de las viviendas unifamiliares de 03 niveles que se proyectan construir en el área de estudio, el cual deberá ser estructuralmente más seguro.

3.5. Desarrollo de la Investigación

3.5.1. Ubicación y Localización del área de estudio

1) Ubicación Geográfica

Latitud: 9°54'1.48" S

Longitud: 76°13'17.43"O

Altitud: 1 900 msnm

2) Ubicación Política

- **Región:** Huánuco
- **Provincia:** Huánuco
- **Distrito:** Amarilis
- **Lugar:** Zona Alta del Centro Poblado de Jancao, para ser más específico la Urbanización Cristo Rey.

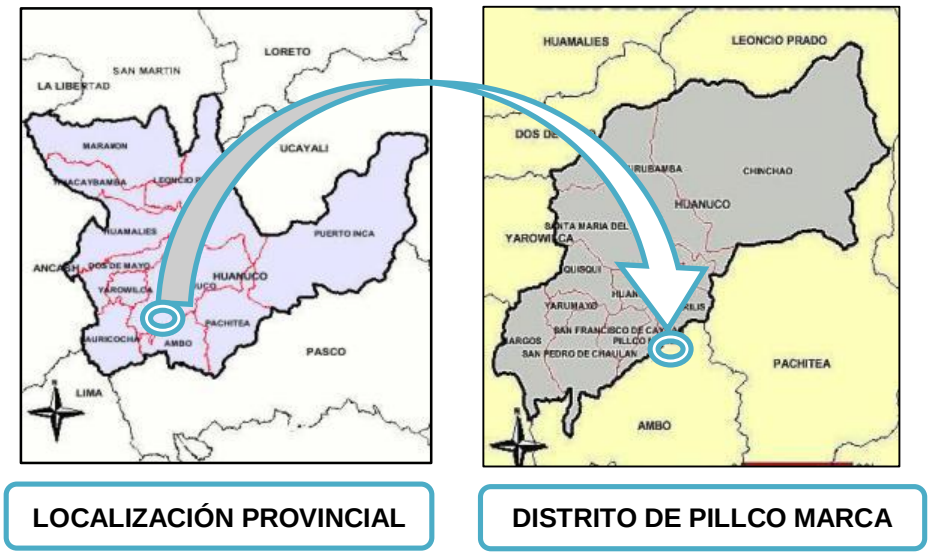


Figura 16.

Localización provincial, distrital y ubicación Geográfica del centro poblado Jancao – Sector Alto

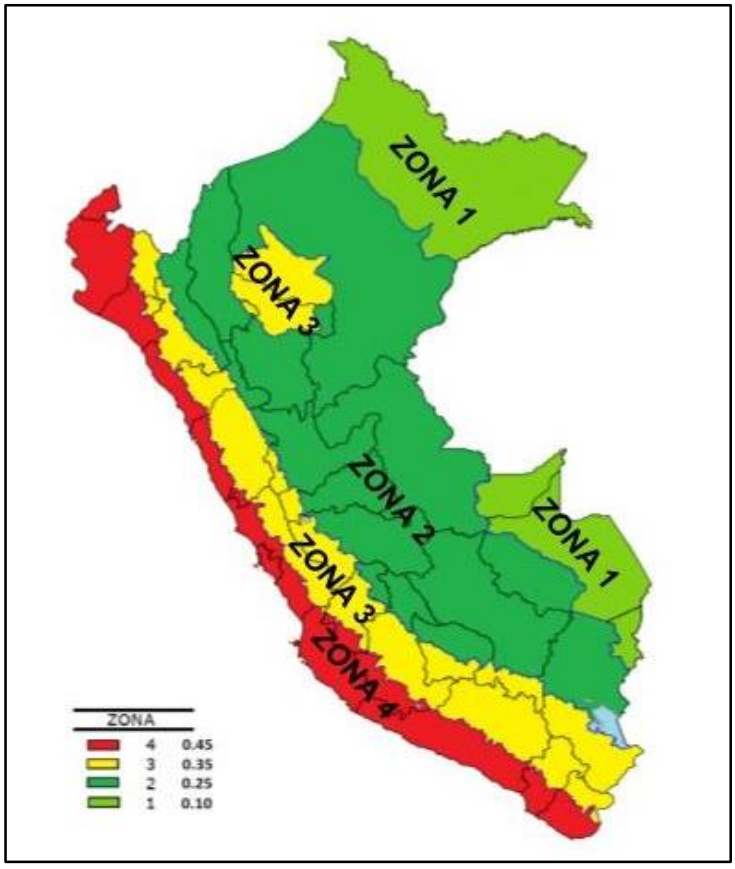
Fuente: Google Earth.

3.5.2. Parámetros de sismicidad de la zona en estudio

El distrito de Amarilis está incluido en la Zona 2 según el mapa de zonificación sísmica del Perú con un factor de zona de Z=0.25 según la Tabla 22., además presenta un periodo de Tp=0.6 s y un periodo de TL =2.0, factor de suelo S=1.20, cuyos parámetros geotécnicos pertenecen a un suelo de tipo 2, según la tabla 22, 23, 24 y 25.

Figura 17.

Mapa de zonificación sísmica



Fuente: Norma E-0.30 Diseño Sismo resistente (2018)

Tabla 22.

" Factores de zona".

FACTORES DE ZONA	
ZONA	**Z**
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Fuente: NTP E-030 Diseño Simoresitente (2018)

Enseguida, se detallan los parametros de sismicidad de la zona de estudio a considerar para el correcto análisis de la cimentación. (Norma E.030 Diseño Sismoresitente,2018)

Tabla 23.

"Clasificación de los perfiles del suelo".

Perfil	Descripción	$\overline{Vs}$	$\overline{\overline{N}_{60}}$	$\overline{\overline{S}_U}$
S_O	"Roca dura"	$> 1500\ m/s$	-	-
S_1	"Roca o suelos muy rigidos"	500 m/s a 1500 m/s	> 50	$> 100\ kPa$
S_2	"Suelos intemedios"	80 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S_3	"Suelos Blandos"	$< 180\ m/s$	< 15	25 kPa a 50kPa
S_4	"Condiciones especiales"	Clasificacion basada en el EMS		

Fuente: NTP E-030 Diseño Simoresitente (2018)

Tabla 24.

"Factor "S" por tipo de perfil de suelo".

SUELO ZONA	S_O	S_1	S_2	S_3
Z_4	0.80	1.00	1.05	1.10
Z_3	0.80	1.00	1.15	1.20
Z_2	0.80	1.00	1.20	1.40
Z_1	0.80	1.00	1.60	2.00

Fuente: NTP E-030 Diseño Simoresitente (2018)

Tabla 25.

"Periodo "Tp" y "T_L" por tipos de perfil de suelo"..

SUELO PERFIL	S_O	S_1	S_2	S_3
T_P(s)	0.30	0.40	0.60	1.00
T_L(s)	3.00	2.50	2.00	1.60

Fuente: NTP E.030 Diseño Simoresitente (2018)

3.5.3. Características de la vivienda unifamiliar

En la zona Alta del centro poblado de Jancao, específicamente la Urb. Cristo Rey ubicada exactamente entre la Av. San Marcos (antigua carretera central) y Prolongación Vía Colectora, se proyecta la construcción de viviendas unifamiliares con lotes de 120m2. Las edificaciones proyectadas a construir en el área de estudio son de tipo C, de acuerdo a lo estipulado en la norma técnica E.050 del RNE. Seguidamente se detalla las características arquitectónicas y estructurales de la vivienda unifamiliar típica, la cual servirá como ejemplo para analizar el comportamiento de las cimentaciones propuestas en el capítulo IV.

1) Arquitectura:

1° Nivel: Hall de ingreso, sala, comedor, cocina con acceso a la cochera y comedor, baño de visitas**,** 01 patio con acceso a la cocina, lavandería, jardín, 01 habitación principal con baño propio y otras 2 habitaciones.

2°Nivel: Hall de entrada, amplia sala, comedor, cocina,04 dormitorios, 02 baños y área libre.

3° Nivel: Hall de entrada, amplia sala , comedor, cocina,04 dormitorios, 02 baños y área libre.

Es importante precisar que, para proponer un tipo de cimentación superficial estándar para el área de estudio, se consideró una altura de 03 pisos para las viviendas unifamiliares, tomando como referencia los estudios realizados en la zona de Jancao por Santiago V. (2019), quien en su investigación titulada "*Evaluación de las condiciones de habitabilidad de viviendas y su relación con la calidad de vida de los pobladores del AA.HH. Jancao – C.P. La Esperanza distrito de amarilis – Huánuco*" concluye que el tipo de vivienda predominante en la zona en un (92%) son viviendas unifamiliares de 02 a 03 niveles y en una proporción (8%) son multifamiliares. También determinó que un 96% las viviendas existentes se construyeron sin el asesoramiento técnico de un profesional especialista y en menor proporción (4%) fueron construidas con apoyo técnico.

2) Características estructurales:

a. Sistema aporticado

La vivienda unifamiliar está estructurada mediante columnas, vigas, pórticos y tabiquería conformando pórticos resistentes a cargas verticales y horizontales. Los entrepisos y la azotea están formados por una losa aligerada 20cm de espesor armada en una dirección por la dimensión de los ambientes, que se apoya sobre las vigas de los pórticos. Para este sistema estructural aporticado, el tipo de cimentación con el que modeló fueron las zapatas cuadradas conectadas con vigas de cimentación.

b. Albañilería confinada

La vivienda unifamiliar está estructurada por muros de albañilería confinada, las cuales están confinadas por columnas de amarre y vigas soleras tanto vertical como horizontalmente, los cuales se unen sólidamente al muro para formar un conjunto estructural. Los entrepisos corresponden a una losa aligerada armada en una dirección, que está apoyada sobre las vigas y muros portantes. Por la presencia de muros portantes y muros divisorios en toda la edificación, se consideró como tipo de cimentación al cimiento corrido.

Nota: Para proponer el tipo cimentación superficial estándar de la vivienda unifamiliar se utilizó el mismo plano de distribución tanto para el sistema de muros portantes con albañilería confinada con cimiento corrido y el sistema aporticado de concreto armado con zapatas cuadradas y cimiento corrido.

3.5.4. Investigación de campo

El análisis geotécnico inició con una investigación de campo, a partir del reconocimiento del área de estudio con una extensión de 12,791.63 m2 (1 ha 2791.63m2) perteneciente a la zona alta del centro poblado de Jancao considerada como zona de expansión urbana, con el objeto de determinar las propiedades físico - mecánicas del terreno e identificar el tipo de suelo, posteriormente analizando estos resultados se determinó la capacidad portante del terreno, todo ello para generar propuestas alternativas referente a un tipo de cimentación estándar para llevar a cabo la construcción de viviendas unifamiliares en el área de estudio. Para lo cual de acuerdo a lo estipulado en la Tabla 06. de la Norma Técnica E.050, en el que se indica que para Urbanizaciones destinadas a la construcción viviendas unifamiliares, se establece realizar como mínimo 03 puntos de investigación por cada hectárea de terreno. Por lo tanto, para un área de estudio de 12791.63 m2 (1 ha 2791.63m2) se realizaron 04 puntos de investigación a fin de ejecutar la extracción de las muestras en campo.

Tabla 26.

Consideraciones básicas del tipo de edificación.

TIPO DE EDIFICACIÓN					
CLASE DE LA ESTRUCTURA	**DISTANCIA MAYOR ENTRE APOYOS**	**NUMERO DE PISOS (Incluidos los sótanos)**			
		≤ 3	**4 a 8**	**9 a 12**	**>12**
"APORTICADO DE ACERO"	< 12	C	C	C	B
"PORTICOS Y/O MUROS DE CONCRETO"	**< 10**	**C**	**C**	**B**	**A**
"MUROS PORTANTES DE ALBAÑILERÍA"	**< 12**	**B**	**A**	**-----**	**----**
"BASES DE MAQUINAS 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 clasificara en el tipo de edificación inmediato superior".					
"TANQUES ELEVADOS Y SIMILARES"		$\leq 9m\ de\ altura$	$> 9m\ de\ altura$		
		B	A		

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

Cabe mencionar que la ubicación y área total (plano perimétrico) del área de estudio se plasma en el plano ES-01 (Anexo N°04) y la ubicación de los puntos de investigación (calicatas) en la zona de estudio, los cuales fueron distribuidos estratégicamente de acuerdo a lo establecido en la Tabla 19. se detallan en el plano ES-02 (Anexo N°05).

Tabla 27.

Número de puntos de investigación (calicatas)

Tipo de edificación u obra	Número de puntos de investigación
I	"Uno por cada 225m2 de área techada de primer piso".
II	"Uno por cada 450 m2 de área techada del primer piso".
III	"Uno por cada 900 m2 de área techada del primer piso".
IV	"Uno por cada 100 m de instalaciones sanitarias de agua y alcantarillado en obras urbanas".
"Habilitación urbana para viviendas Unifamiliares de has 3 pisos".	"3 por cada hectárea de terreno a habilitar".

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

3.6. Ensayos en el laboratorio de suelos

Los ensayos se llevaron a cabo en el laboratorio de Suelos, Asfalto y Concreto "LA PIRAMIDE" partiendo de la recolección de 04 muestras tomadas en campo con la finalidad de determinar las características, propiedades físico-mecánicas y tipo del suelo en el área de estudio.

Los resultados de los ensayos de laboratorio se detallan en el ANEXO N°10 y también se muestran de forma resumida en el CAPITLO IV.

3.6.1. Ensayos Estándar

a) “Análisis granulométrico del suelo por tamizado”. (NTP 339.128)

b) “Contenido de humedad”. (NTP 339.127)

c) “Limite líquido y plástico”. (NTP 339.129)

d) “Peso específico del suelo”. (NTP 339.131)

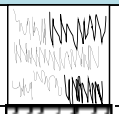
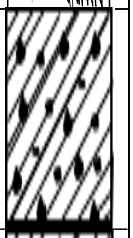
3.6.2. Prueba de corte directo (NTP 339.171)

De igual forma la prueba de corte directo se llevó a cabo en el laboratorio de Suelos, Asfalto y Concreto “LA PIRAMIDE” bajo la dirección del Ing. Paul Shader Abal Haro- Ingeniero Responsable. Los ensayos se realizaron a las 04 muestras extraídas y se detallan en el CAPITULO IV.

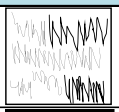
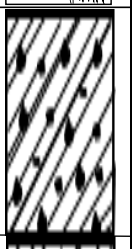
3.6.3. Perfil estratigráfico

Se elaboró el perfil estratigráfico por cada sondeo realizado en la zona de estudio a partir del trabajo en campo y los ensayos de laboratorio, el cual se detalla a continuación:

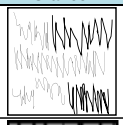
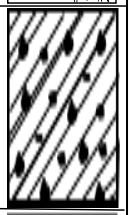
PERFIL ESTRATIGRÁFICO - CALICATA N°01

Prof. (m)	Muestra	Descripción del Estrato	SIMBOLOGÍA			N.F.
			AASHTO	SUCS	Gráfico	
N.T.N. 0.00 0.10	E-01	MATERIAL ORGANICO (TURBA)		PT		NO SE ENCONTRO NIVEL FREÁTICO
1.50	C-01 M-01 E-02	SUELO DE GRANO GRUESO, MEZCLA DE ARENAS CON ARCILLAS DE COLOR MARRON CREMOSO, TEXTURA ARENOSA, ESTRUCTURA DESMENUZABLE DE CONSISTENCIA DENSA, CON BAJA COHESION, SUELO SEMIPERMEABLE, CON PRESENCIA DE CLASTOS ROCOSOS.	A-2	SC		
3.00			A-2-6(1)			
FONDO DE LA EXCAVACION		**CARACTERISTICAS:**		**LIMITES DE CONSISTENCIA**		
		GRAVAS 17.53 %		LL= 35.80%		
		ARENAS 47.23 %		LIp= 22.10%		
		FINOS 35.23 %		IP= 13.70%		
		EL SUELO ES ESTABLE Y SECO.				

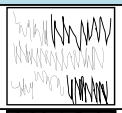
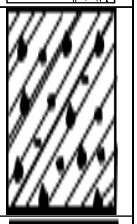
PERFIL ESTRATIGRÁFICO - CALICATA N°02

Prof. (m)	Muestra	Descripción del Estrato	SIMBOLOGÍA			N.F.
			AASHTO	SUCS	Gráfico	
N.T.N. 0.00 0.20	E-01	MATERIAL ORGANICO (TURBA)		PT		NO SE ENCONTRO NIVEL FREÁTICO
1.50	C-02 M-01 E-02	SUELO DE GRANO GRUESO, MEZCLA DE ARENAS CON ARCILLAS DE COLOR MARRON, TEXTURA ARENOSA, ESTRUCTURA DESMENUZABLE DE CONSISTENCIA DENSA, CON BAJA COHESION, SUELO SEMIPERMEABLE, CON PRESENCIA DE CLASTOS ROCOSOS.	A-2	SC		
3.00			A-2-6(0)			
FONDO DE LA EXCAVACION		**CARACTERISTICAS:**		**LIMITES DE CONSISTENCIA**		
		GRAVAS 14.10 %		LL= 34.49%		
		ARENAS 52.53 %		Llp= 19.76%		
		FINOS 33.37 %		IP= 14.73%		
		EL SUELO ES ESTABLE Y SECO.				

PERFIL ESTRATIGRÁFICO - CALICATA N°03

Prof. (m)	Muestra	Descripción del Estrato	SIMBOLO			N.F.
			AASHTO	SUCS	Gráfico	
N.T.N. 0.00 0.20	E-01	MATERIAL ORGANICO (TURBA)		PT		NO SE ENCONTRO NIVEL FREÁTICO
1.50	C-03 M-01 E-02	SUELO DE GRANO GRUESO, MEZCLA DE ARENAS CON ARCILLAS DE COLOR MARRON, TEXTURA ARENOSA, ESTRUCTURA DESMENUZABLE DE CONSISTENCIA DENSA, CON BAJA COHESION, SUELO SEMIPERMEABLE, CON PRESENCIA DE CLASTOS ROCOSOS.	A-2	SC		
3.00			A-2-6(0)			
FONDO DE LA EXCAVACION		**CARACTERISTICAS:**		**LIMITES DE CONSISTENCIA**		
		GRAVAS 12.77 %		LL= 33.12%		
		ARENAS 56.00 %		Llp= 19.53%		
		FINOS 31.23 %		IP= 13.59%		
		EL SUELO ES ESTABLE Y SECO.				

PERFIL ESTRATIGRÁFICO - CALICATA N°04

Prof. (m)	Muestra	Descripción del Estrato	SIMBOLO			N.F.
			AASHTO	SUCS	Gráfico	
N.T.N. 0.00						
0.30	E-01	MATERIAL ORGANICO (TURBA)		PT		NO SE ENCONTRO NIVEL FREÁTICO
1.50	C-04 M-01 E-02	SUELO DE GRANO GRUESO, MEZCLA DE ARENAS CON ARCILLAS DE COLOR MARRON CREMOSO, TEXTURA ARENOSA, ESTRUCTURA DESMENUZABLE DE CONSISTENCIA DENSA, CON BAJA COHESION, SUELO SEMIPERMEABLE, CON PRESENCIA DE CLASTOS ROCOSOS.	A-2	SC		
3.00			A-2-6(0)			
FONDO DE LA EXCAVACION		CARACTERISTICAS:	LIMITES DE CONSISTENCIA			
		GRAVAS 8.10 %	LL= 32.86%			
		ARENAS 50.00 %	LIp= 19.52%			
		FINOS 41.90 %	IP= 13.34%			
		EL SUELO ES ESTABLE Y SECO.				

3.7. Análisis de las condiciones de la cimentación

3.7.1. Cargas transmitidas al suelo

Para analizar el comportamiento de la cimentación, fue necesario conocer las cargas que se trasmiten a través de la edificación al suelo, para lo cual se realizó el modelamiento estructural en el software ETABS v.16 de una vivienda unifamiliar típica empleando un sistema de albañilería confinada y un sistema aporticado con la finalidad de garantizar un adecuado comportamiento de la estructura, para los efectos de los análisis sísmicos se han considerado como cargas referenciales los valores que detallan en la Tabla 25. (Norma E.020: Cargas)

Tabla 28.

Valor de las cargas a emplear en el modelado en el software ETABS.

Cargas permanentes muertas	Peso E.
“Muro de albañilería”	1800 Kg/m3
“Concreto armado”	2400 Kg/m3
“Acabado y piso terminado”	100 Kg/m2
“Losa aligerada de concreto armado e=0.20m”	300 Kg/m2
Cargas vivas	
“Vivienda”	200 Kg/m2
“Azotea”	100 Kg/m2
“Tabiquería”	100 Kg/m2

Fuente: Elaboración propia

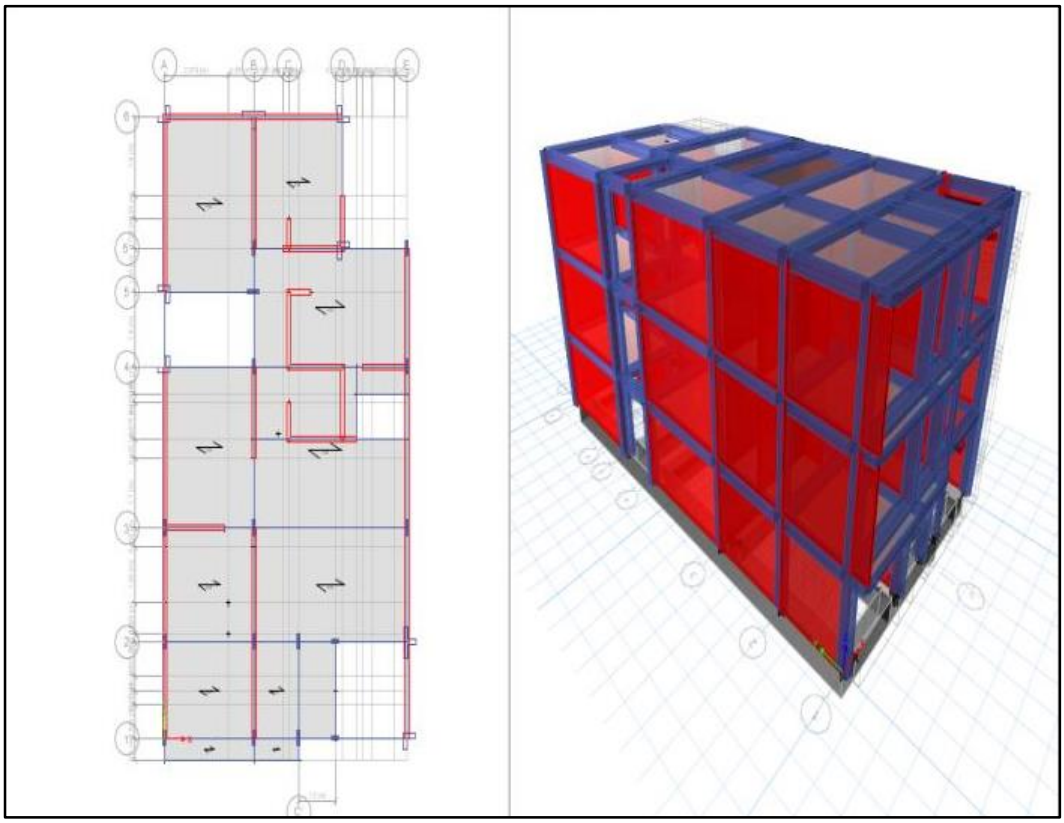
- **Cumplimiento del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)**

La vivienda unifamiliar fue analizada y diseñada para resistir cargas propias verticales de uso y cargas horizontales de sismo conforme lo establecido en el Reglamento Nacional de Edificaciones. Para efectos sísmicos, se ha verificado los esfuerzos y deformaciones que se producen en la estructura (vivienda), considerando las características de ductilidad de la misma, respetando los parámetros que se indican en la Norma de Diseño Sismo resistente E.030.

En las figuras 18 y 19 se muestra la vista en planta y la vista en 3D del modelamiento de la vivienda unifamiliar utilizando un plano de arquitectura de características similares en cuanto a distribución de ambientes. El modelamiento se realizó para una edificación con sistema de muros portantes con albañilería confinada y sistema aporticado de concreto armado, dicho modelamiento se realizó en el software ETABS v.16.

Figura 18.

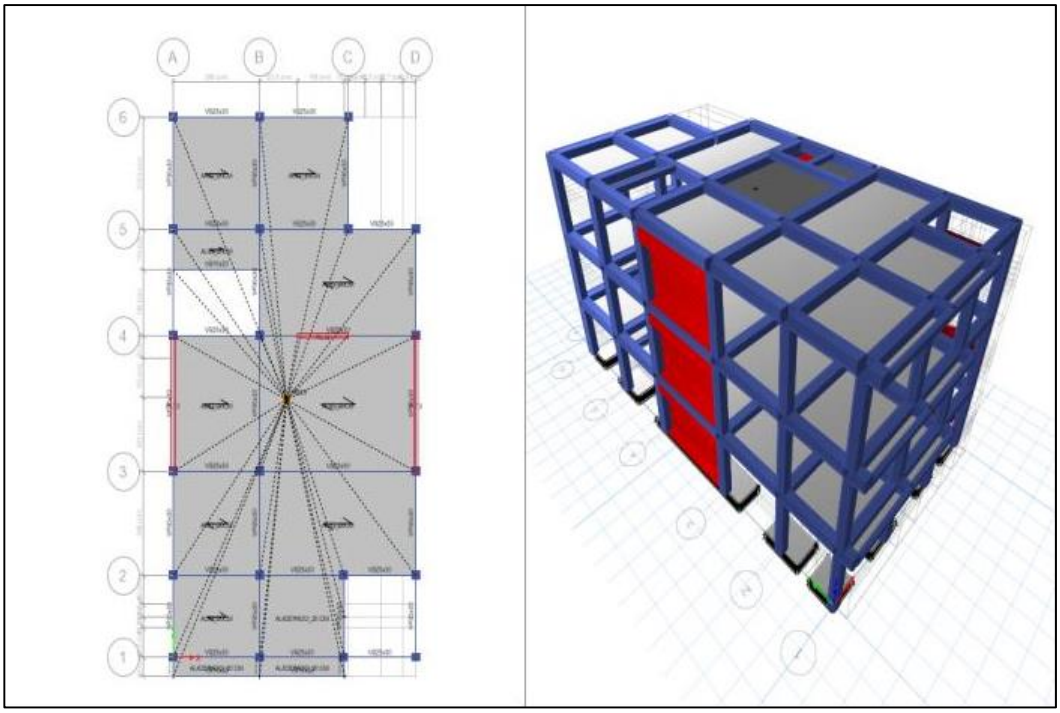
Planta típica 1°, 2° y 3° nivel sistema de albañilería confinada modelado en ETABS.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 19.

Planta típica 1°, 2° y 3° nivel, sistema aporticado modelado en ETABS.



Fuente: Elaboración propia

3.7.2. Cálculo de la capacidad carga

Para calcular la capacidad de carga última se utilizaron las metodologías propuestas por Terzaghi y Meyerhof, en el cual se consideró una cimentación de tipo zapata cuadrada con dimensiones de 1.50m*1.50m*1.50m de profundidad de desplante y para cimiento corrido 0.60m*1.20m de profundidad respectivamente. Los resultados obtenidos al emplear la formula general por ambos métodos, así como determinar los diversos factores de capacidad de carga se detallan en el ítem 4.1.2. del Capítulo IV.

Es importante precisar que se realizó un cuadro resumen en el que se muestra los resultados producto del cálculo de la capacidad de carga última y admisible por ambos métodos, tanto para cimento corrido con profundidades de desplante que varían entre 0.80m,1.00m y 1.20m y para zapatas cuadradas con profundidades que varían entre 0.80m, 1.00m y 1.20m considerando un ancho y largo de la cimentación (B=L) de 1.00,1.20 y 2.00, los cuales se exponen en la Tabla 49. y Tabla 50. del Capítulo IV.

3.7.3. Factor de Seguridad

Para calcular la capacidad de carga admisible se tomó en consideración lo establecido por la Norma E.050 (2018) en el que se indica lo siguiente: “El factor de seguridad estático mínimo para una cimentación superficial será de 3.0 y para solicitación máxima de sismo (cargas dinámicas) será de 2.5”.

3.7.4. Asentamiento

Para determinar los asentamientos fue necesario conocer el peso total de la edificación y las cargas que serán transferidas de la estructura a la cimentación, considerando que en la zona de estudio se proyecta la edificación de viviendas unifamiliares de 03 niveles.

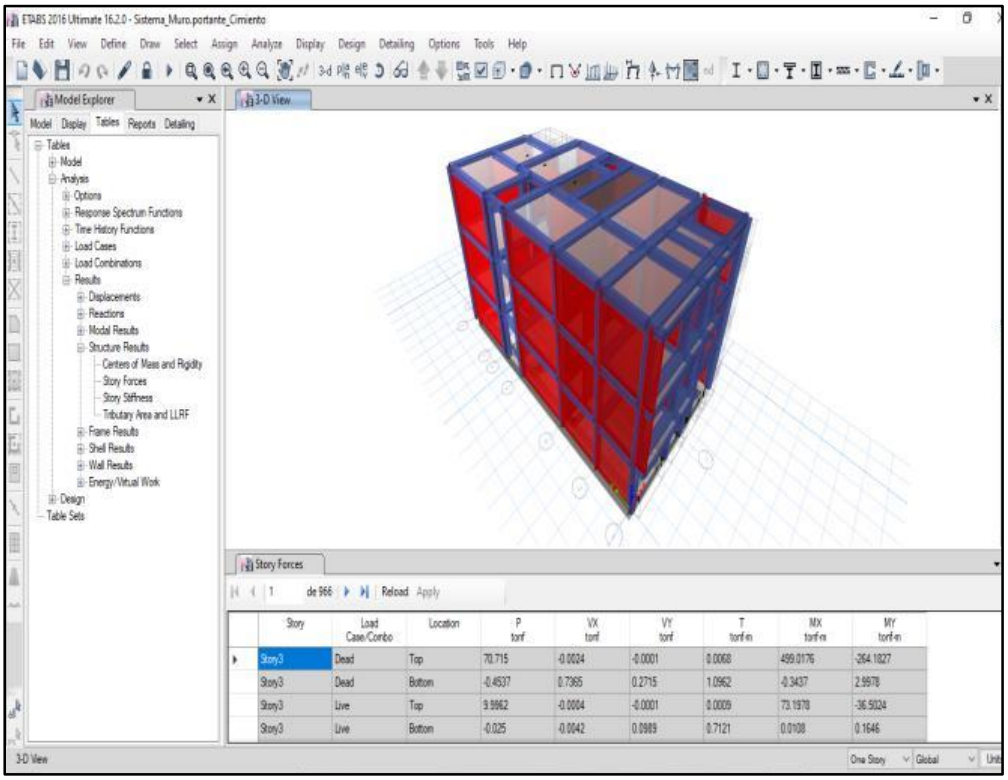
Para calcular el metrado de cargas de la edificación (vivienda) se empleó el software ETABS v. 16, en el cual se realizó el modelamiento de la edificación para un sistema de muros portantes de albañilería confinada y para un sistema aporticado de concreto armado. Posteriormente se exportó al software SAFE v.16 la base del modelamiento estructural de ambos sistemas con la finalidad de determinar los asentamientos máximos diferenciales que se producen en la cimentación, los cuales deberán ser menores al asentamiento tolerable de 2.54cm conforme lo previsto en la Norma de Suelos y Cimentaciones E.050. De esta manera podemos verificar que el diseño de la cimentación estándar que se propone para el área de estudio cumple por asentamiento. A continuación, se detallará el peso total de la edificación (vivienda unifamiliar) de 03 niveles modelada para ambos sistemas estructurales en el software ETABS v.16.

a) Cimiento corrido

Para el cálculo del asentamiento primeramente se realizó el modelamiento de la edificación de 120m2 empleando un sistema de muros portantes de albañilería confinada con cimiento corrido en toda su sección, para lo cual se utilizó el software ETABS v.16 con la finalidad de determinar el peso total de la edificación de los tres niveles previo análisis del metrado de cargas por piso, obteniendo los siguientes resultados:

Figura 20.

Modelamiento en ETABS de la vivienda de 3 niveles de albañilería confinada



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29.

Metrado de cargas por piso para una edificación de albañilería confinada.

DESCRIPCIÓN	PESO (Ton)
PISO 3	70.7150
PISO 2	126.9453
PISO 1	126.4209
PESO TOTAL	324.0812

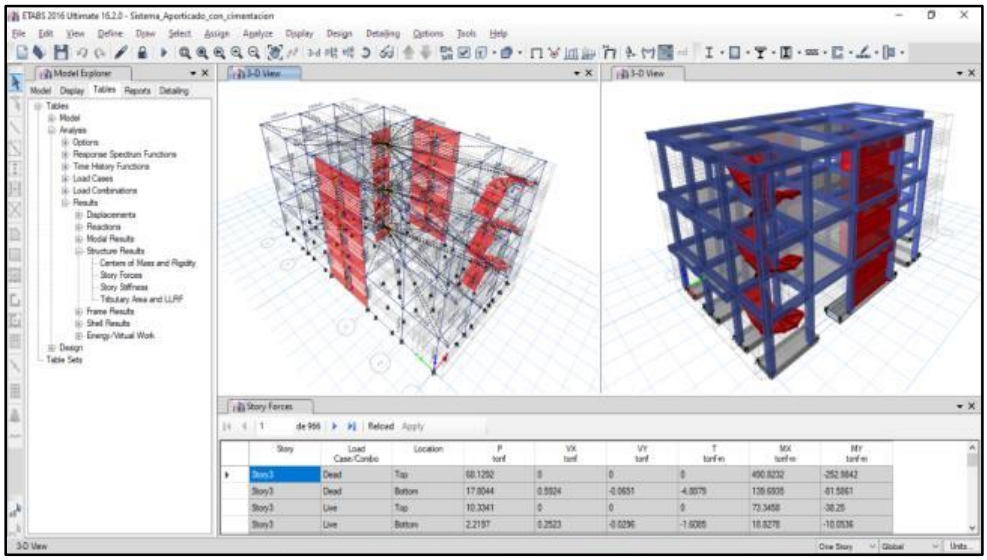
Fuente: Elaboración propia

b) Zapata cuadrada

El segundo modelamiento se realizó para una edificación aporticada de 120 m2 en el que se consideró zapatas cuadradas conectadas con vigas cimentación en toda su sección a una profundidad (Df) de 1.50m. De igual forma se utilizó el software ETABS v.16 para conocer el peso total de la edificación de tres niveles previo análisis del metrado de cargas por piso, obteniendo los siguientes resultados:

Figura 21.

Modelamiento en ETABS de la edificación aporticada de 3 niveles



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30.

Metrado de cargas por piso para una edificación aporticada.

DESCRIPCIÓN	PESO (Ton)
PISO 1	68.1292
PISO 2	105.7639
PISO 3	106.3506
PESO TOTAL	280.2437

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, utilizando el software SAFE v.16 se determinó la presión admisible del suelo para la edificación tanto de albañilería confinada con cimiento corrido como para la edificación aporticada con zapata cuadradas, para lo cual fue necesario conocer el valor del módulo de Winkler (coeficiente de balasto), ya que este valor es necesario introducir al software para modelar y posteriormente diseñar correctamente la cimentación.

Según la Tabla 15. para un tipo de suelo arena media seca el módulo de Winkler para una placa de carga de 30x30cm2 está en un rango que difiere de 3,0 Kg/cm3 – 9,0 Kg/cm3. Por lo tanto, teniendo en consideración la condición anterior y haciendo uso de la Tabla 16. propuesta por Nelson Morrison (1993) se determinó el módulo de Winkler en función de la capacidad de carga admisible del suelo. Por lo que se introdujo al software SAFE v.16 los valores que se detallan a continuación:

Tabla 31.

Resumen de los valores que introdujeron al software SAFE para el diseño de la cimentación.

COEFICIENTE DE BALASTO O MÓDULO DE WNKLER			
TIPO DE CIMENTACON SUPERFICIAL	**Esfuerzo Admisible (Kg/cm2)**	**Winkler (Kg/cm3)**	**Winkler (Ton/m3)**
Cimiento corrido	1.79	3.62	3,622
Zapatas cuadradas	2.37	4.74	4,740

Fuente: Elaboración propia

3.8. Diseño de la cimentación superficial

Para el análisis y diseño de la cimentación se consideró una vivienda unifamiliar de 3 niveles de 120 m2 ubicada en la zona de alta del centro poblado de Jancao, considerada como zona de expansión urbana.

Asimismo, se realizó un análisis detallado de la superestructura y subestructura de la edificación para conocer el comportamiento e interacción suelo- estructura, considerando principalmente el dimensionamiento y tipo de cimentación superficial estándar a emplear en la construcción de viviendas de 03 niveles en el área estudio.

3.8.1. Tipo de cimentación

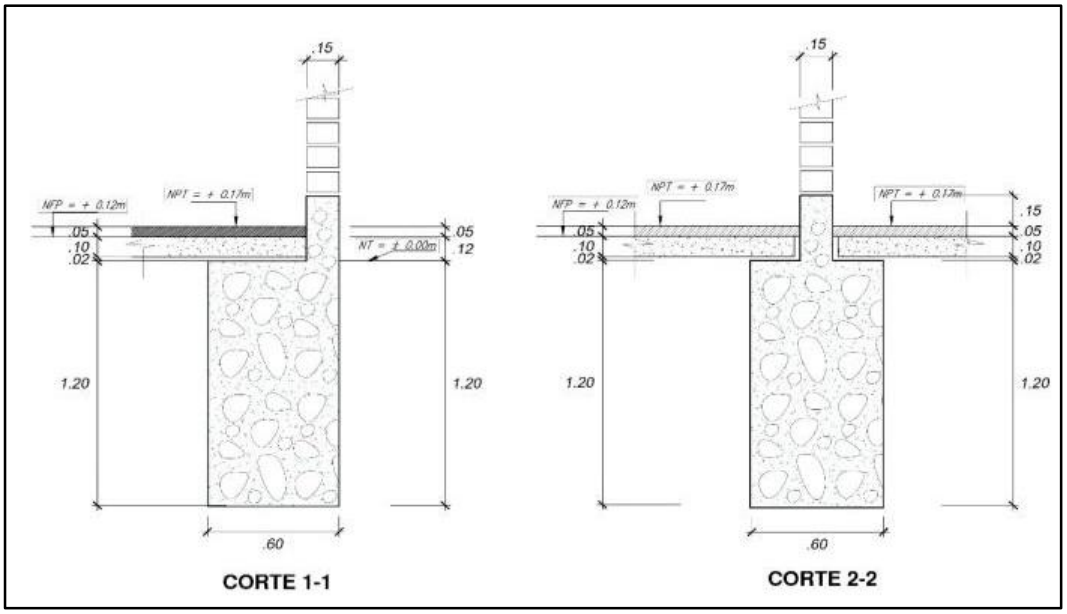
Según el trabajo de campo, las pruebas en el laboratorio, descripción de los perfiles estratigráficos y teniendo en cuenta las características de la edificación, se consideró como propuesta para el diseño de la vivienda unifamiliar un tipo de cimentación como el cimiento corrido para una edificación de muros portantes de albañilería confinada y zapatas aisladas de concreto armado para una edificación aporticada.

3.8.2. Geometría de la cimentación

Para el modelamiento de la cimentación empleando los métodos antes descritos se utilizó una geometría típica considerando un cimiento corrido y zapata cuadrada, el cual se muestra en las siguientes figuras:

Figura 22.

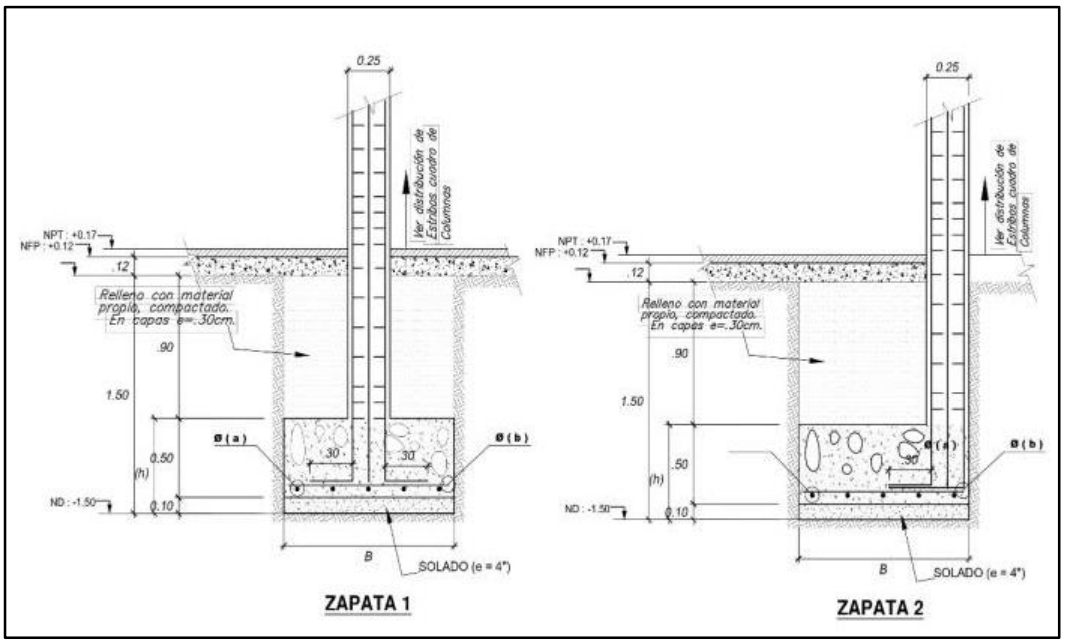
Detalle Cimiento corrido



Fuente: Elaboración propia

Figura 23.

Detalle zapata cuadrada



Fuente: Elaboración propia

3.8.3. Profundidad de la cimentación

Según la Norma de Suelos y Cimentaciones E.050, la profundidad de la cimentación está limitado a los cambios de volumen por humedecimiento y secado que presenta el suelo, así como por las condiciones propias de la estructura. Por ello la norma recomienda una profundidad de desplante mínima de 0.80m para las zapatas aisladas y cimientos corridos.

Para la investigación la profundidad de la cimentación se determinó tomando en cuenta el tipo de suelo de la zona de estudio, el cual presenta un tipo de suelo granular (SC), es decir un suelo de grano grueso, con mezclas de arenas con arcillas de color marrón cremoso, textura arenosa, estructura desmenuzable consistencia densa, con baja cohesión, suelo semipermeable con presencia de clastros rocosos. Por lo cual se consideró una profundidad (Df) de 1.20m para cimiento corrido y 1.50m para zapatas aisladas.

3.8.4. Resumen de las dimensiones de la cimentación

Tabla 32.

"Resumen de las dimensiones de la cimentación".

TIPO DE CIMENTACIÓN	TIPO DE ZAPATA	L(m)	B(m)	H(m)	Df (m)	RESISTENCIA DE CONCRETO
ZAPATA CUADRADA	Z1 - CENTRICA	1.50	1.50	0.60	1.50	f'c=210 Kg/cm2
	Z2 - EXCENTRICA	1.50	1.00	0.60	1.50	
	Z3 - ESQUINERA	1.00	1.00	0.60	1.50	
	Z4 - COMBINADA (1)	3.00	1.50	0.60	1.50	
	Z5 – COMBINADA (2)	2.80	1.00	0.60	1.50	
CIMIENTO CORRIDO	----------	1.00	0.60	---	1.20	f'c=175 Kg/cm2

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Procesamiento de datos

4.1.1. Determinación de las propiedades físico-mecánicas del suelo

4.1.1.1. Tipo de Suelo

Tabla 33.

Resumen de los valores obtenidos de los ensayos estándar realizados en el laboratorio.

Características			CALICATA 01	CALICATA 02	CALICATA 03	CALICATA 04
Profundidad (m)			3.00 m	3.00 m	3.00 m	3.00 m
Muestra			01	01	01	01
Clasificación SUCS			SC "Suelo de grano grueso con mezcla de arenas con arcillas"	SC "Suelo de grano grueso con mezcla de arenas con arcillas"	SC "Suelo de grano grueso con mezcla de arenas con arcillas"	SC "Suelo de grano grueso con mezcla de arenas con arcillas"
Análisis Granulométrico	**GRAVAS (%)**		17.53	14.10	12.77	27.15
	ARENAS(%)		47.23	52.53	56.00	54.75
	FINOS (%)		35.23	33.37	31.23	18.10
	% PASA	**N°4**	82.47	85.90	87.23	72.85
		N°200	35.23	33.37	31.23	18.10
Peso Específico del suelo (Ton/m3)			1.822	1.843	1.839	1.827
Limite Líquido (%)			35.80	34.49	33.12	32.86
Limite Plástico (%)			22.10	19.76	19.53	19.52
Índice de plasticidad			13.70	14.73	13.59	13.34

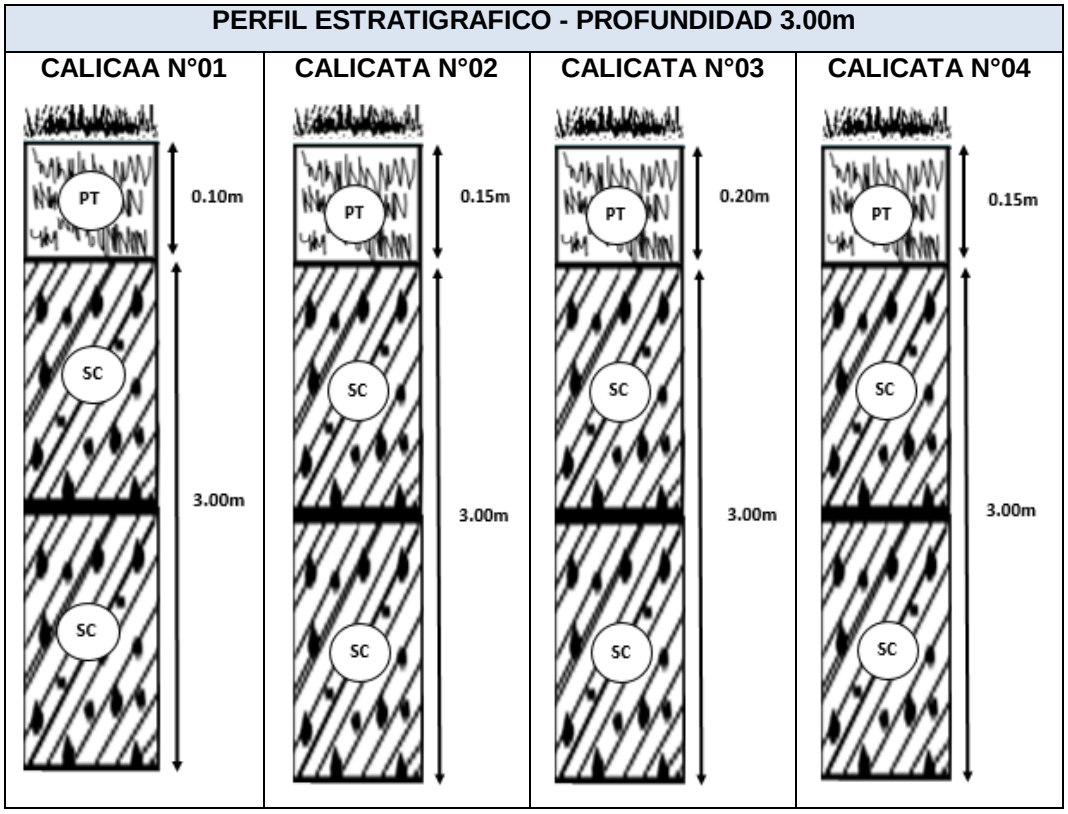
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 33 se puede observar los resultados obtenidos de los ensayos estándar (Análisis granulométrico, Clasificación SUCS, Peso específico y los Límites de Atterberg), los cuales se llevaron a cabo en el laboratorio de suelos con el objetivo de realizar un análisis geotécnico aplicado al diseño de las cimentaciones superficiales, para lo cual fue necesario definir las propiedades físico - mecánicas del suelo en el área de estudio y establecer el tipo de suelo sobre el cual se construirá la estructura, a partir del cual se obtuvo una gráfica estadística representada por un perfil estratigráfico en función al tipo de suelo por cada sondeo realizado en la zona, en este caso 04 calicatas a una profundidad de 3.00 m distribuidas estratégicamente en el área de estudio.

Enseguida, se presenta los resultados obtenidos de los perfiles estratigráficos por cada calicata a una profundidad de 3.00m.

Figura 24.

Perfil Estratigráfico.



Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

De la estratigrafía del terreno se puede observar que de los 04 sondeos realizados en la zona de estudio se evidencia una estratigrafía similar, teniendo como resultado de los ensayos de laboratorio y basándonos a la clasificación SUCS se tuvo un tipo de suelo granular, específicamente arena arcillosa (SC), la cual estuvo compuesta por dos capas, la primera una capa superficial que varía de 0.10 - 0.20 m de material orgánico y/o turba y una segunda capa uniforme de 0.15m - 3.00m de profundidad, encontrándose un suelo de grano grueso, con mezclas de arenas con arcillas de color marrón cremoso, textura arenosa, estructura desmenuzable consistencia densa, con baja cohesión, suelo semipermeable con presencia de clastros rocosos. Además, durante los trabajos de campo no se encontró presencia de nivel freático en la zona,

por lo cual podemos tener como referencia que el suelo de la zona Alta del centro poblado de Jancao tiene bajos contenidos de humedad. Es importante precisar que los 04 sondeos se realizaron a una profundidad de 3.00 mts conforme a lo previsto en la NTP E.050 Suelos y Cimentaciones.

4.1.1.2. Propiedades físicas y mecánicas del suelo

a) Contenido de humedad de los suelos

La norma que avala el presente ensayo es la NTP 339.127. Conforme a los resultados, se obtuvo como valor mínimo 2.74% de presencia de humedad y como valor máximo se tuvo 2.91%, ambos localizados en la calicata C-04 y C-02 respectivamente.

Tabla 34.

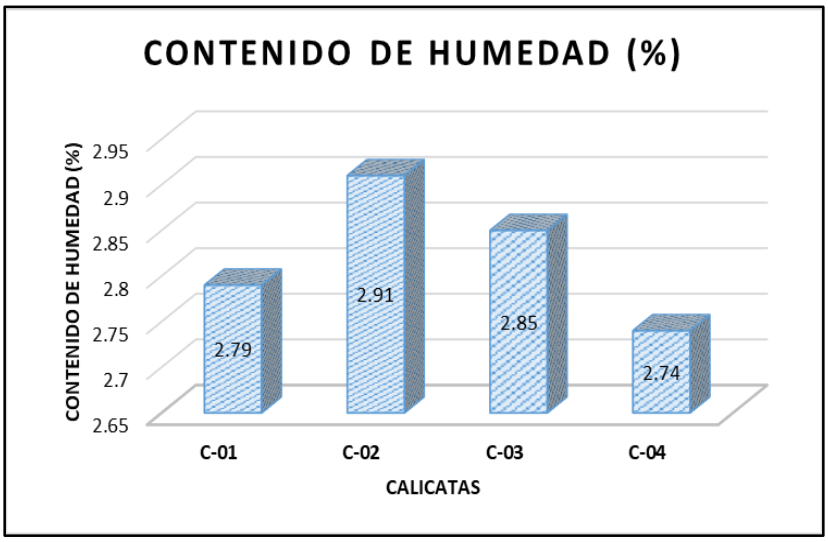
Resumen de los resultados obtenidos del ensayo de contenido de humedad del suelo.

CALICATA	PROF. CALICATA	MUESTRA	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
C-01	3.00 m	01	2.79
C-02	3.00 m	01	2.91
C-03	3.00 m	01	2.85
C-04	3.00 m	01	2.74

Fuente: Elaboración propia

Figura 25.

Porcentaje de Contenido de Humedad.



Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

De acuerdo a los resultados que se detallan en la Figura 25. se observa en la calicata N°02 un mayor contenido de humedad respecto a las otras calicatas, esto significa que existe presencia de humedad en un porcentaje del 2.91%, lo que representa un 26%, lo cual es aceptable porque el valor es casi despreciable, ya que el contenido de humedad referido en porcentaje se encuentra en un rango de 5 a 50%, lo cual es considerado como aceptable, esto por lo general se debe a que en la zona de estudio donde se realizaron los sondeos no se encontró presencia de nivel freático a esa determinada profundidad.

b) Propiedades mecánicas del suelo

Para definir las propiedades mecánicas del terreno, específicamente la cohesión y el ángulo de fricción, se ejecutó el ensayo de corte directo por cada calicata. La norma técnica que dirige este ensayo es la NTP 339.170.

Tabla 35.

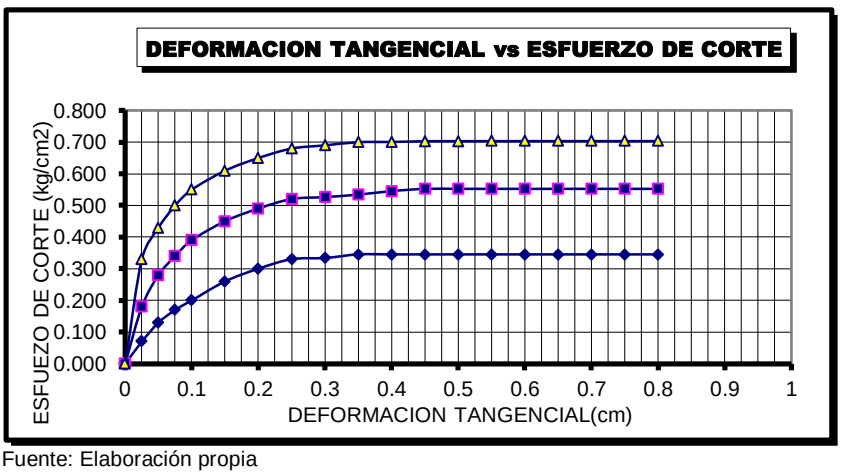
Resultados de los parámetros de resistencia para la Calicata N°01.

CALICATA C-01	ESFUERZO NORMAL (KG/CM2)	ESFUERZO DE CORTE MAXIMO (KG/CM2)	PROF. (m)	ESTRATO (m)	PARAMETROS DE RESISTENCIA	
					COHESIÓN (KG/CM2)	ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)
Espécimen I	0.50	0.334	3.00	E-01	0.170	20.15
Espécimen II	1.00	0.534				
Espécimen III	1.50	0.701				

Fuente: Elaboración propia

Figura 26.

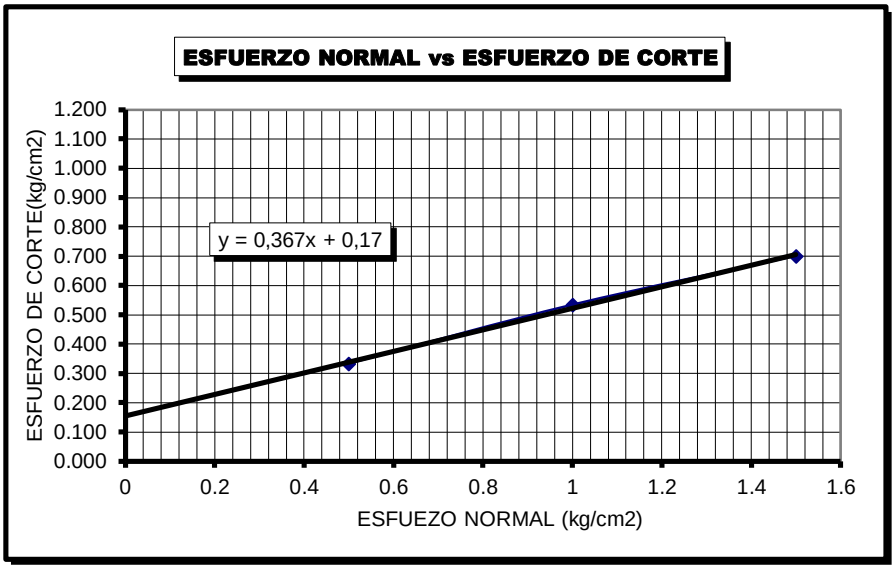
Curva de deformación tangencial vs Esfuerzo de corte.



Fuente: Elaboración propia

Figura 27.

Curva de Esfuerzo Normal vs Esfuerzo de corte.



Fuente: Elaboración propia

Interpretacion:

En la Figura 26 y 27 se observa la curva de deformación tangencial y esfuerzo normal analizado con el esfuerzo de corte, en el que se resuelve que el ángulo de fricción interno se determina al emplear el coeficiente principal de la ecuación general y de igual forma que para la cohesión en función del termino independiente, dando como resultado 20.15° y 0.170 Kg/cm2 respectivamente.

Tabla 36.

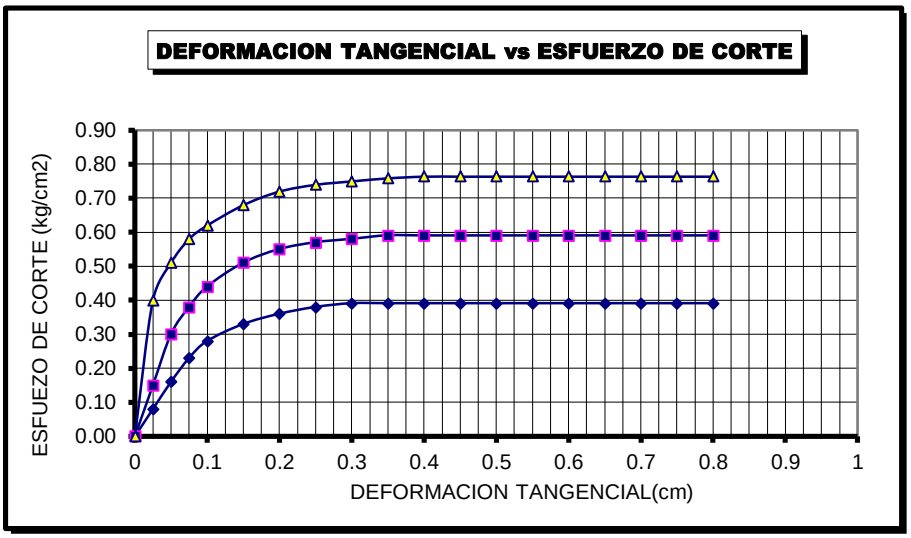
Resultados de los parámetros de resistencia en la Calicata N°02.

CALICATA C-02	ESFUERZO NORMAL (KG/CM2)	ESFUERZO DE CORTE MAXIMO (KG/CM2)	PROF. (m)	ESTRATO (m)	PARAMETROS DE RESISTENCIA	
					COHESIÓN (KG/CM2)	ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)
Espécimen I	0.50	0.391	3.00	E-01	0.210	20.45
Espécimen II	1.00	0.590				
Espécimen III	1.50	0.764				

Fuente: Elaboración propia

Figura 28.

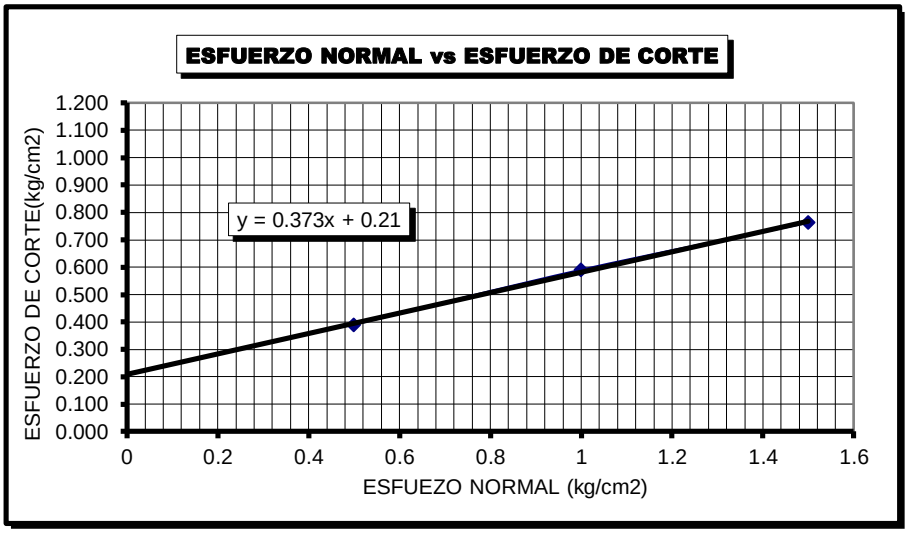
Curva de Deformación Tangencial vs Esfuerzo de corte.



Fuente: Elaboración propia

Figura 29.

Curva de Esfuerzo Normal vs Esfuerzo de corte.



Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

En la Figura 28 y 29 se observa la curva de deformación tangencial y esfuerzo normal analizado con el esfuerzo de corte, en el que se resuelve que el ángulo de fricción interno se determina al emplear el coeficiente principal de la ecuación general y de igual forma que para la cohesión en función del termino independiente, obteniendo como resultado 20.45° y 0.210 Kg/cm2 respectivamente.

Tabla 37.

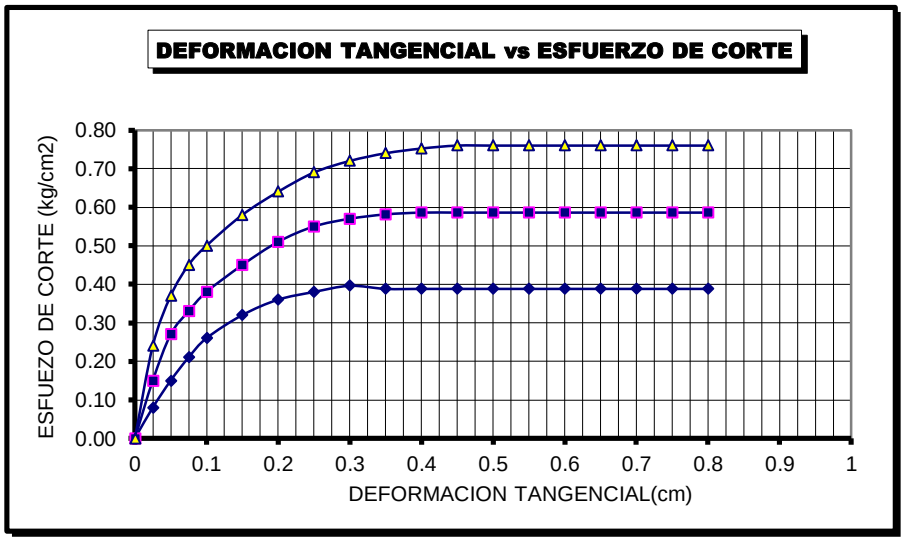
Resultados de los parámetros de resistencia para la Calicata N°03.

CALICATA C-03	ESFUERZO NORMAL (KG/CM2)	ESFUERZO DE CORTE MAXIMO (KG/CM2)	PROF. (m)	ESTRATO (m)	PARAMETROS DE RESISTENCIA	
					COHESIÓN (KG/CM2)	ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)
Espécimen I	0.50	0.385	3.00	E-01	0.220	19.59
Espécimen II	1.00	0.581				
Espécimen III	1.50	0.752				

Fuente: Elaboración propia

Figura 30.

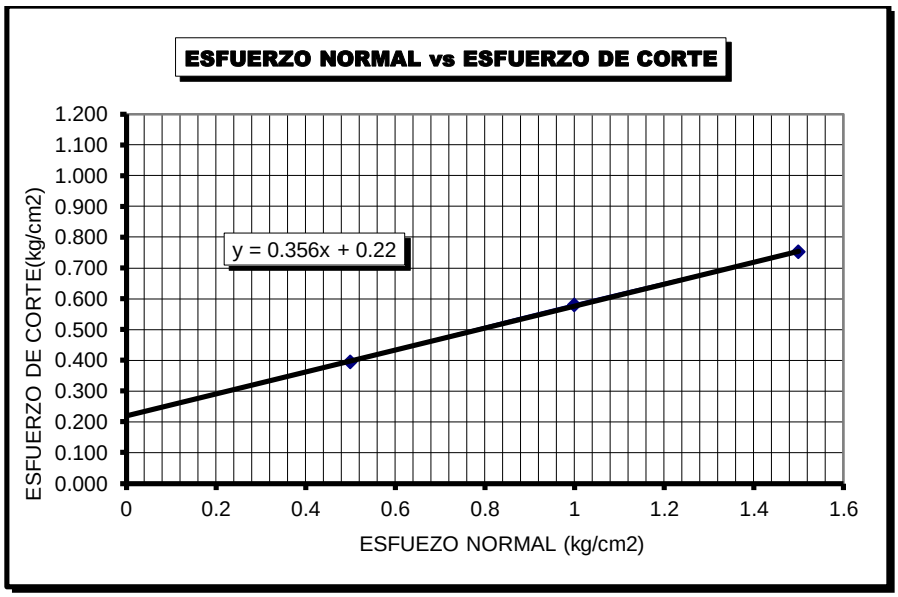
Curva de Deformación Tangencial vs Esfuerzo de corte.



Fuente: Elaboración propia

Figura 31.

Curva de Esfuerzo Normal vs Esfuerzo de corte.



Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

En la Figura 30 y 31 se observa la curva de deformación tangencial y esfuerzo normal analizado con el esfuerzo de corte, en el que se resuelve que el ángulo de fricción interno se determina al emplear el coeficiente principal de la ecuación general y de igual forma que para la cohesión en función del termino independiente, obteniendo como resultado 19.59° y 0.220 Kg/cm2 respectivamente.

Tabla 38.

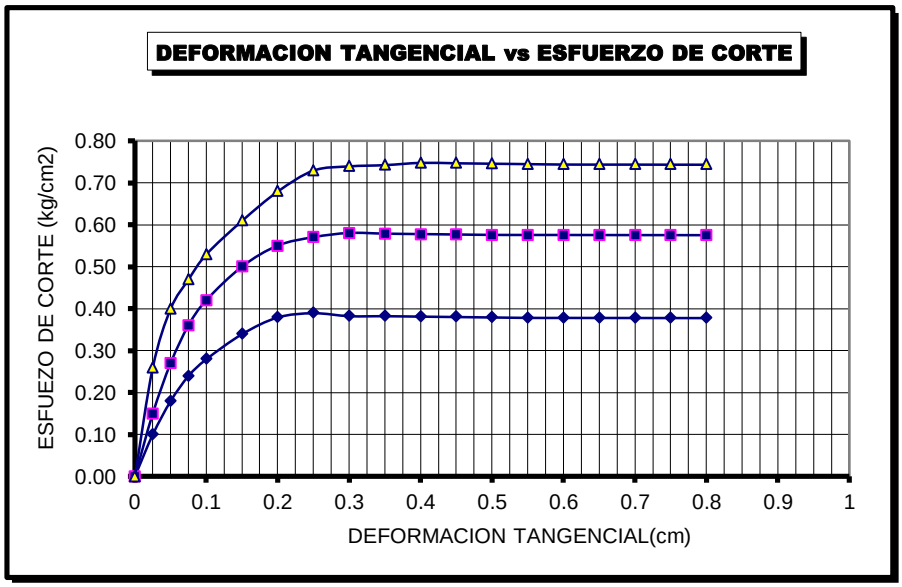
Resultados de los parámetros de resistencia para la Calicata N°04.

CALICATA C-04	ESFUERZO NORMAL (KG/CM2)	ESFUERZO DE CORTE MAXIMO (KG/CM2)	PROF. (m)	ESTRATO (m)	PARAMETROS DE RESISTENCIA	
					COHESIÓN (KG/CM2)	ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)
Espécimen I	0.50	0.383	3.00	E-01	0.200	20.05
Espécimen II	1.00	0.578				
Espécimen III	1.50	0.748				

Fuente: Elaboración propia

Figura 32.

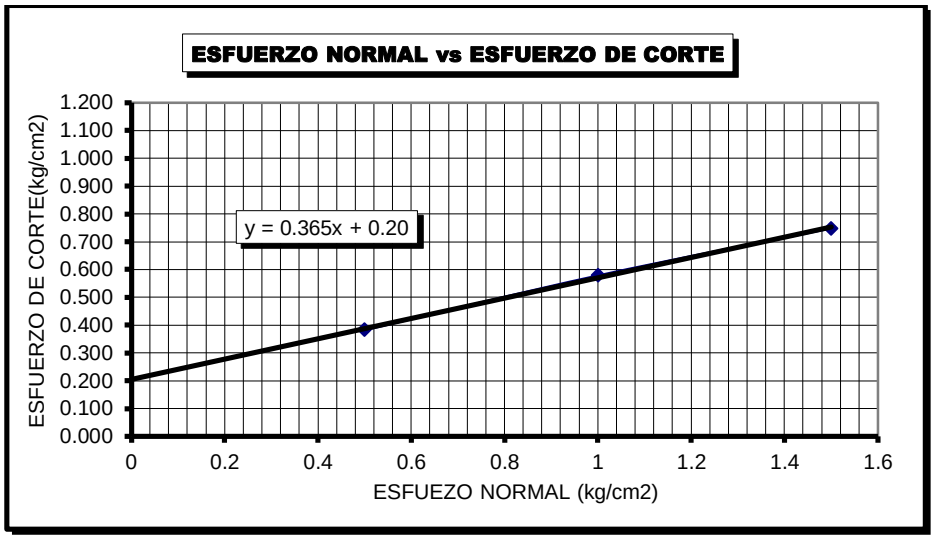
Curva de Deformación Tangencial vs Esfuerzo de corte.



Fuente: Elaboración propia

Figura 33.

Curva de Esfuerzo Normal vs Esfuerzo de corte.



Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

En la Figura 32 y 33 se observa la curva de deformación tangencial y esfuerzo normal analizado con el esfuerzo de corte, en el que se resuelve que el ángulo de fricción interno se determina al emplear el coeficiente principal de la ecuación general y de la misma forma que para la cohesión en función del termino independiente, obteniendo como resultado 20.15° y 0.170 Kg/cm2 respectivamente. Respecto al valor obtenido de la cohesión.

Tabla 39.

Resumen de los resultados obtenidos del ensayo de corte directo.

CALICATA	PROF. CALICATA	ESTRATO	PARAMETROS DE RESISTENCIA	
			COHESIÓN (KG/CM2)	ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)
C-01	3.00 m	01	0.170	20.15
C-02	3.00 m	01	0.210	20.45
C-03	3.00 m	01	0.220	19.59
C-04	3.00 m	01	0.200	20.05

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 39. se puede observar los resultados que se obtuvieron de la prueba de corte directo, en el cual el valor de la cohesión varía entre 0.170 Kg/Cm2 y 0.220 Kg/cm2 ubicados en la C-01 y C-04 respectivamente y los valores del ángulo de fricción interna varían

entre 19.59° en la C-03 y 20.45° en la C-02. Respecto a los valores de cohesión se puede interpretar que, si estos hubieran sido menores a cero, significaría que estamos ante un suelo cohesivo y de igual modo para el ángulo de fricción interno en caso se hubiera obtenido un valor que se aproxime a 0°. En definitiva, esto se debe a que el tipo de suelo en la zona alta del centro poblado de Jancao es de tipo granular.

4.1.2. Cálculo de la capacidad portante

De acuerdo a los resultados que se obtuvieron de las pruebas ejecutadas en el laboratorio y los parámetros de resistencia del suelo que se presentan en las tablas anteriores, se definió el valor de la capacidad de carga ultima y admisible por cada punto de investigación, considerando un tipo de cimentación corrida y zapata cuadrada, para lo cual se utilizó un factor de seguridad de 3.0 para cargas estáticas conforme lo previsto en la Norma de Suelos y Cimentaciones E.050.

Las capacidades de carga ultima fueron calculadas utilizando 02 de los métodos matemáticos más conocidos, considerados los más analíticos y aplicativos en la ingeniería geotécnica, tales como Terzaghi y Meyerhof.

4.1.2.1. Métodos para determinar la capacidad de carga última

a) Metodología de Terzaghi

Para calcular la capacidad de carga ultima se utilizó el método de Terzaghi, para lo cual fue necesario determinar los factores de capacidad de carga, tomando como referencia el valor del ángulo de fricción y cohesión, ambos como resultado del ensayo de corte directo, tanto para cimiento corrido como para una zapata cuadrada. Para el cálculo de la capacidad de carga ultima de una cimentación corrida que presenta falla por corte general se utilizó la siguiente formula:

$$qu = c * N_c + \gamma * D_f * N_q + 0.5 * \gamma * B * N_\gamma$$

Tabla 40.

Falla por corte general para un cimiento corrido a 1.20m.

CIMIENTO CORRIDO					
FALLA POR CORTE GENERAL	**TERZAGHI**	**CALICATA N°01**	**CALICATA N°02**	**CALICATA N°03**	**CALICATA N°04**
	Cohesión (ton/m2)	1.873	2.067	2.165	1.968
	Ángulo de fricción	20.15	20.45	19.59	20.05
	Factores de capacidad de carga				
	Nc	17.87	18.23	17.21	17.75
	Nq	7.56	7.80	7.13	7.48
	Ny	5.44	5.66	5.07	5.37
	Cálculo de la capacidad de carga ultima				
	Base	0.60	0.60	0.60	0.60
	Profundidad de desplante	1.20	1.20	1.20	1.20
	Peso Volumétrico del suelo (ton/m3)	1.822	1.843	1.839	1.827
	Q último (kg/cm2)	5.38	5.90	5.67	5.51
	Cálculo de la capacidad de carga admisible				
	Factor de seguridad	3	3	3	3
	Qadmisible (Kg/cm2)	1.79	1.97	1.89	1.81
	Qadmisible promedio	1.87 Kg/cm2			

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo de la capacidad de carga ultima de una cimentación corrida que presenta falla por corte local se utilizó la siguiente formula:

$$qu = \frac{2}{3} * c * N_c + q * N_q + 0.5 * \gamma * B * N_\gamma$$

Tabla 41.

Falla por corte local para cimiento corrido.

CIMIENTO CORRIDO					
FALLA POR CORTE LOCAL	**TERZAGHI**	**CALICATA N°01**	**CALICATA N°02**	**CALICATA N°03**	**CALICATA N°04**
	Cohesión	1.873	2.067	2.165	1.968
	Ángulo de fricción	20.15	20.45	19.59	20.05
	Factores de capacidad de carga				
	Nc	17.87	18.23	17.21	17.75
	Nq	7.56	7.80	7.13	7.48
	Ny	5.44	5.66	5.07	5.37
	Cálculo de la capacidad de carga ultima				

	Base	0.60	0.60	0.60	0.60
	Profundidad de desplante	1.20	1.20	1.20	1.20
	Peso Volumétrico del suelo (ton/m3)	1.822	1.843	1.839	1.827
	Q último	4.25	4.62	4.41	4.33
	Cálculo de la capacidad de carga admisible				
	Factor de seguridad	3	3	3	3
	Qadmisible (Kg/cm2)	1.42	1.54	1.47	1.44
	Qadmisible promedio (Kg/cm2)	1.47 Kg/cm2			

Fuente: Elaboración propia

Para calcular la capacidad de carga ultima en una cimentación cuadrada que presenta falla por corte general se utilizó la siguiente formula:

$$qu = 1.3c * N_c + \gamma * D_f * N_q + 0.4 * \gamma * B * N_\gamma$$

Tabla 42.

Falla por corte general para zapata cuadrada.

ZAPATA CUADRADA					
FALLA POR CORTE GENERAL	**TERZAGHI**	**CALICATA N°01**	**CALICATA N°02**	**CALICATA N°03**	**CALICATA N°04**
	Cohesión	1.873	2.067	2.165	1.968
	Ángulo de fricción	20.15	20.45	19.59	20.05
	Factores de capacidad de carga				
	Nc	17.87	18.23	17.21	17.75
	Nq	7.56	7.80	7.13	7.48
	Ny	5.44	5.66	5.07	5.37
	Cálculo de la capacidad de carga ultima				
	Base	1.50	1.50	1.50	1.50
	Profundidad de desplante	1.50	1.50	1.50	1.50
	Peso Volumétrico del suelo (ton/m3)	1.822	1.843	1.839	1.827
	Q último	7.12	6.81	7.49	7.29
	Cálculo de la capacidad de carga admisible				
	Factor de seguridad	3	3	3	3
	Qadmisible (Kg/cm2)	2.37	2.60	2.50	2.43
	Qadmisible promedio (Kg/cm2)	2.48 Kg/cm2			

Fuente: Elaboración propia

Para calcular la capacidad de carga ultima en una cimentación cuadrada que presenta falla por corte local se utilizó la siguiente formula:

$$qu = 0.867 * c * N_c + q * N_q + 0.4 * \gamma * B * N_\gamma$$

Tabla 43.

Falla por corte local para zapata cuadrada.

ZAPATA CUADRADA					
FALLA POR CORTE LOCAL	**TERZAGHI**	**CALICATA N°01**	**CALICATA N°02**	**CALICATA N°03**	**CALICATA N°04**
	Cohesión	1.873	2.067	2.165	1.968
	Ángulo de fricción	20.15	20.45	19.59	20.05
	Factores de capacidad de carga				
	Nc	17.87	18.23	17.21	17.75
	Nq	7.56	7.80	7.13	7.48
	Ny	5.44	5.66	5.07	5.37
	Cálculo de la capacidad de carga ultima				
	Base	1.50	1.50	1.50	1.50
	Profundidad de desplante	1.50	1.50	1.50	1.50
	Peso Volumétrico del suelo (ton/m3)	1.822	1.843	1.839	1.827
	Q último	5.65	6.15	5.85	5.76
	Cálculo de la capacidad de carga admisible				
	Factor de seguridad	3	3	3	3
	Qadmisible (Kg/cm2)	1.88	2.05	1.95	1.92
	Qadmisible promedio (Kg/cm2)	1.95 Kg/cm2			

Fuente: Elaboración propia

b) Metodología de Meyerhof

Para definir la capacidad el valor de la carga ultima también se aplicó el método de Meyerhof, para lo cual fue necesario determinar los factores de capacidad de carga, forma, profundidad e inclinación de carga, tomando como referencia el valor del ángulo de fricción obtenido de la prueba de corte directo, así como los resultados obtenidos en los ensayos estándar. Una vez conocido dichos valores se procedió a reemplazar en la ecuación general de la capacidad de carga propuesta por Meyerhof, tanto para cimiento corrido como para una zapata cuadrada.

$$q_u = cN_C F_{CS} F_{Cd} F_{Ci} + qN_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2}\gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

Tabla 44.

Determinación de la capacidad de carga admisible para un cimiento corrido a 1.20m.

METODOLOOGÍA DE MEYERHOF	CIMIENTO CORRIDO				
		CALICATA N°01	**CALICATA N°02**	**CALICATA N°03**	**CALICATA N°04**
	Cohesión	1.873	2.067	2.165	1.968
	Ángulo de fricción	20.15	20.45	19.59	20.05
	Factores de capacidad de carga				
	Nc	14.98	15.27	14.46	14.88
	Nq	6.50	6.69	6.14	6.43
	Ny	5.50	5.74	5.09	5.42
	Factores de Forma				
	Fcs	1.26	1.26	1.26	1.26
	Fqs	1.22	1.22	1.22	1.22
	Fys	0.76	0.76	0.76	0.76
	Factores de profundidad				
	Fqd	1.63	1.63	1.63	1.63
	Fcd	1.75	1.75	1.75	1.75
	Fyd	1.00	1.00	1.00	1.00
	Factores de inclinación de carga				
	Fci	1.00	1.00	1.00	1.00
	Fqi	1.00	1.00	1.00	1.00
	Fyi	1.00	1.00	1.00	1.00
	Cálculo de la capacidad de carga ultima				
	Base	0.60	0.60	0.60	0.60
	Profundidad de desplante	1.20	1.20	1.20	1.20
	Peso Volumétrico del suelo (ton/m3)	1.822	1.843	1.839	1.827
	Q último (kg/cm2)	9.37	10.14	9.93	9.62
	Cálculo de la capacidad de carga admisible				
	Factor de seguridad	3	3	3	3
	Qadmisible (Kg/cm2)	3.12	3.43	3.31	3.21
	Qadmisible promedio (Kg/cm2)	3.27 Kg/cm2			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45.

Determinación de la capacidad de carga admisible para una zapata cuadrada a 1.50m.

	ZAPATA CUADRADA				
		CALICATA N°01	**CALICATA N°02**	**CALICATA N°03**	**CALICATA N°04**
	Cohesión	1.873	2.067	2.165	1.968
	Ángulo de fricción	20.15	20.45	19.59	20.05
	Factores de capacidad de carga				
	Nc	14.98	15.27	14.46	14.88
	Nq	6.50	6.69	6.14	6.43
	Ny	5.50	5.74	5.09	5.42
	Factores de Forma				

METODOLOGÍA DE MEYERHOF	Fcs	1.43	1.43	1.43	1.43
	Fqs	1.37	1.37	1.37	1.37
	Fys	0.60	0.60	0.60	0.60
	Factores de profundidad				
	Fqd	1.32	1.32	1.32	1.32
	Fcd	1.37	1.37	1.37	1.37
	Fyd	1.00	1.00	1.00	1.00
	Factores de inclinación de carga				
	Fci	1.00	1.00	1.00	1.00
	Fqi	1.00	1.00	1.00	1.00
	Fyi	1.00	1.00	1.00	1.00
	Cálculo de la capacidad de carga ultima				
	Base	1.50	1.50	1.50	1.50
	Profundidad de desplante	1.50	1.50	1.50	1.50
	Peso Volumétrico del suelo (ton/m3)	1.822	1.843	1.839	1.827
	Q último (Kg/cm2)	9.31	10.20	9.73	9.52
	Cálculo de la capacidad de carga admisible				
	Factor de seguridad	3	3	3	3
	Qadmisible (Kg/cm2)	3.10	3.40	3.24	3.17
	Qadmisible promedio (Kg/cm2)	3.23 Kg/cm2			

Fuente: Elaboración propia

Enseguida, en la tabla N°46 se expone una proyección de los resultados de la capacidad de carga ultima y admisible proyectada a cimentaciones corridas considerando profundidades de desplante de 0.80m, 1.00m, 1.20m y 1.40m para un ancho de 0.40m, 0.50m,0.80m y 1.20m respectivamente.

Tabla 46.

Resumen de valores de capacidad de carga para cimiento corrido según la profundidad de desplante.

CIMIENTO CORRIDO						
Df (m)	**B (m)**	**Método de calculo**	**Qu (ton/m2)**	**Qadm (ton/m2)**	**Qu (Kg//m2)**	**Qadm (Kg/cm2)**
0.80	0.40	Terzaghi	46.50	15.50	4.72	1.57
		Meyerhof	76.80	25.62	7.81	2.60
1.00	0.50	Terzaghi	49.70	16.60	5.05	1.68
		Meyerhof	84.40	28.14	8.58	2.86
1.20	0.80	Terzaghi	54.00	18.00	5.48	1.83
		Meyerhof	88.70	29.57	9.01	3.00
1.40	1.00	Terzaghi	66.75	22.25	6.78	2.26
		Meyerhof	96.90	32.29	9.84	3.28

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, la tabla N°47 muestra una proyección de los resultados de la capacidad de carga ultima y la capacidad de carga admisible para zapatas cuadradas considerando profundidades de 0.80m, 1.00m, 1.40m y 1.80m para un ancho y longitud de la cimentación (B=L) de 1.00m, 1.20m,1.20m y 1.40m respectivamente.

Tabla 47.

Resumen de valores de capacidad de carga para zapata cuadrada según la profundidad de desplante.

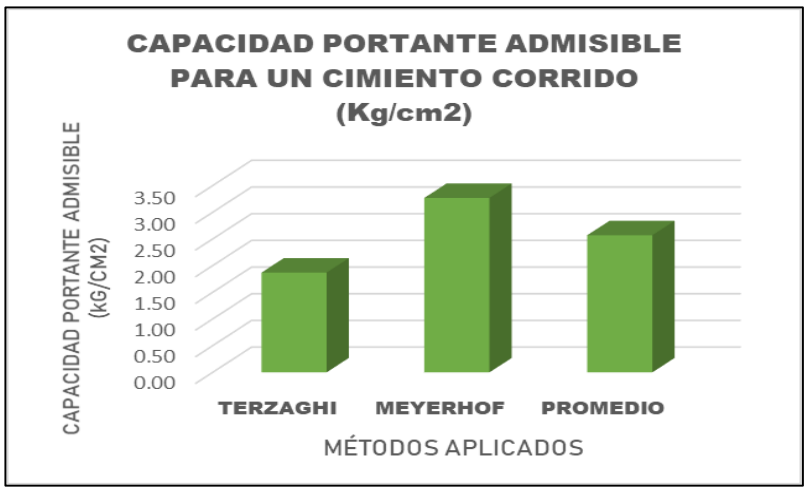
ZAPATA CUADRADA						
Df (m)	**B=L (m)**	**Método de calculo**	**Qu (ton/m2)**	**Qadm (ton/m2)**	**Qu (kg/cm2)**	**Qadm (Kg/cm2)**
0.80	1.00	Terzaghi	58.40	19.50	5.94	1.98
		Meyerhof	71.40	23.80	7.26	2.42
1.00	1.20	Terzaghi	62.04	20.68	6.30	2.10
		Meyerhof	76.70	25.58	7.80	2.60
1.40	1.20	Terzaghi	67.55	22.52	6.86	2.29
		Meyerhof	92.3	30.76	9.38	3.13
1.80	1.40	Terzaghi	74.24	24.75	7.54	2.51
		Meyerhof	104.60	34.88	10.63	3.54

Fuente: Elaboración propia

Enseguida, se representará gráficamente la relación existente de la capacidad de carga ultima por las teorías de Terzaghi y Meyerhof, siendo estas las más aplicadas para el cálculo de la capacidad de carga admisible, el cual se calcula al dividir la carga ultima entre un factor de seguridad de 3.0, este último es la máxima presión que se puede aplicar a la cimentación a fin de evitar que este traspase el suelo. El análisis fue realizado para un cimiento corrido y una zapata cuadrada.

Figura 34.

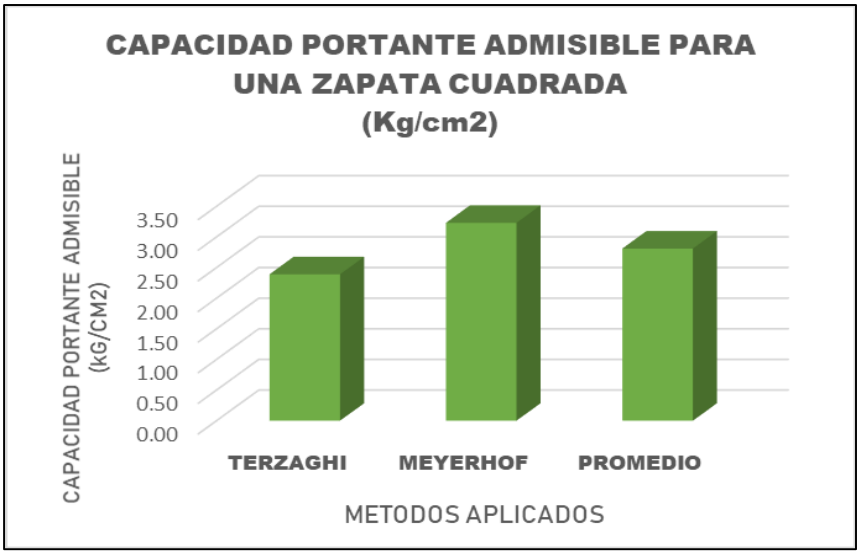
Relación entre las metodologías aplicadas para calcular la capacidad de carga admisible para un cimiento corrido.



Fuente: Elaboración propia

Figura 35.

Relación entre las metodologías aplicadas para calcular la capacidad de carga admisible para una zapata cuadrada.



Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

De la Figura 34 y Figura 35 se puede observar que, de la determinación de la capacidad de carga admisible para un cimiento corrido, el método matemático de Terzaghi presenta un valor de 1.87 Kg/cm2 respecto al valor de 3.27 Kg/cm2 obtenido por la metodología de Meyerhof. De igual forma para una zapata cuadrada el método matemático de Terzaghi presenta un valor de 2.48 Kg/cm2 y Meyerhof un valor de 3.23 Kg/cm2 respectivamente. De lo que podemos aseverar que existe una diferencia considerable en los resultados que se obtienen por ambos métodos, debido a las consideraciones que maneja cada autor, siendo el método de Terzaghi más conservador que el otro, ya que el valor obtenido a través de este método resulta ser menor a los resultados obtenidos por Meyerhof.

Bajo este criterio podemos afirmar que al obtener una menor capacidad portante admisible por el método Terzaghi será necesario aplicar un mayor factor de seguridad y de esta forma diseñar la cimentación para el evento más crítico buscando que la edificación sea estructuralmente más segura.

4.1.3. Propuestas del tipo de cimentación superficial

Las propuestas del tipo de cimentación superficial estándar para el área de estudio fueron modeladas en el software SAFE v.16, previo análisis de las condiciones y características de la cimentación, tomando en cuenta los resultados obtenidos en el ítem 4.1.1 y 4.1.2. en el que se detalla las propiedades, parámetros de resistencia del suelo, dimensionamiento, profundidad de la cimentación y por último el cálculo de la capacidad portante del terreno, los cuales permitieron realizar un correcto diseño de las propuestas de cimentación. Es importante considerar que el esfuerzo actuante de una cimentación no debe exceder en ningún caso la capacidad portante del suelo y de igual forma evitar la existencia de asentamientos diferenciales máximos.

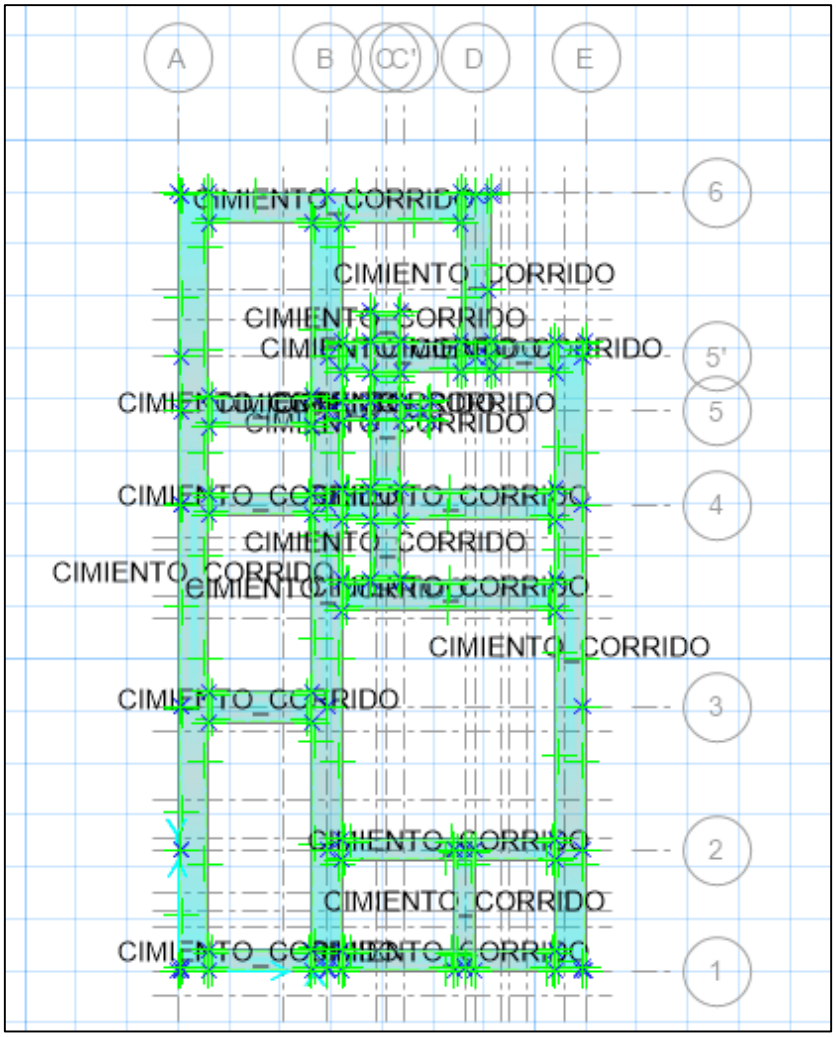
Se verificó las propuestas de diseño del tipo cimentación estándar, partiendo de los resultados obtenidos del modelamiento en el software SAFE v.16, los cuales fueron contrastados con la capacidad de carga admisible del suelo y el asentamiento tolerable, obteniendo como resultado final del modelamiento que la presión admisible (esfuerzo actuante) que actúa en la cimentación es inferior a la capacidad portante admisible del suelo de fundación y presentan un asentamiento máximo diferencial menor al asentamiento tolerable. Por lo cual se concluye que el diseño de las cimentaciones superficiales propuestas para el área en estudio es **CORRECTA.**

4.1.3.1. Cimiento corrido

Como primera propuesta del diseño de cimentación estándar para el área en estudio se modeló una edificación de albañilería confinada con cimiento corrido en toda su sección, para el cual se utilizó una capacidad portante de 1.79 Kg/cm2, debido a que este valor es el más crítico del total de puntos de investigación a una profundidad de desplante (Df) de 1.20m. A continuación, se muestra el modelamiento de la cimentación en el software SAFE v.16 comprendido por la Vista en planta, Vista tridimensional, el diagrama de los asentamientos y los esfuerzos actuantes en la cimentación corrida.

Figura 36.

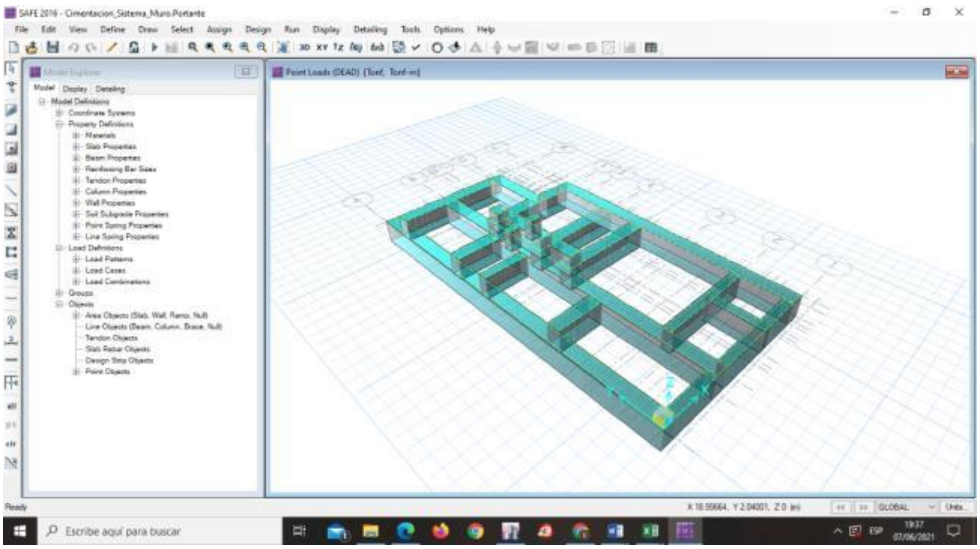
Vista en planta de la cimentación tipo cimiento corrido.



Fuente: Elaboración propia

Figura 37.

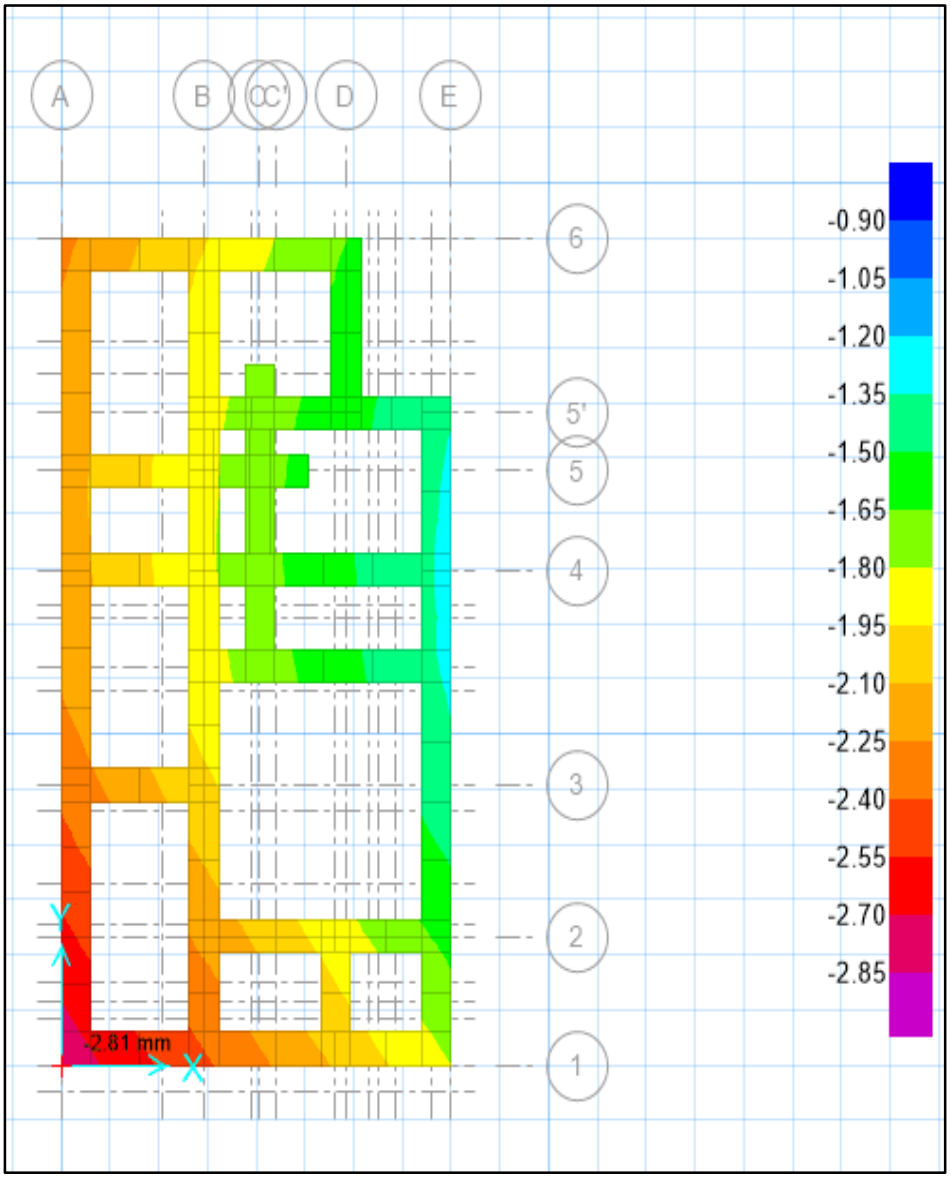
Vista tridimensional de la cimentación tipo cimiento corrido.



Fuente: Elaboración propia

Figura 38.

Diagrama de Asentamientos

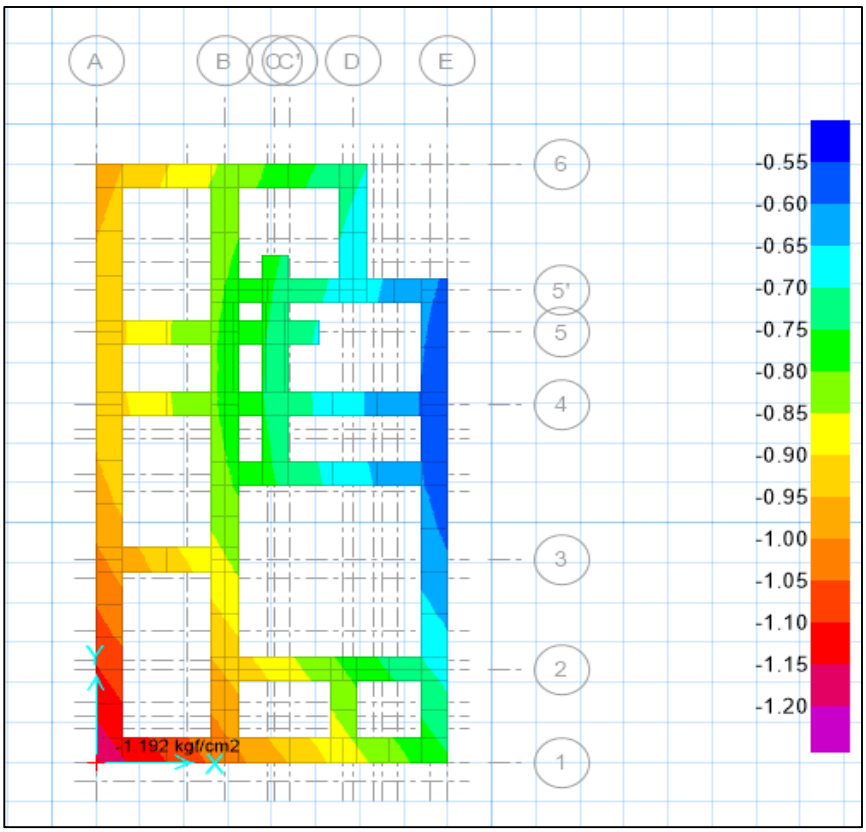


Fuente: Elaboración propia

En la Figura 38. se muestra que la cimentación proyectada para una edificación de muros portantes de albañilería confinada, en este caso el cimiento corrido presenta un asentamiento máximo 2.81mm =0.281cm, menor a 2.54cm, entonces se verifica que cumple por asentamiento.

Figura 39.

Diagrama de capacidad de carga máximo del suelo



Fuente: Elaboración propia

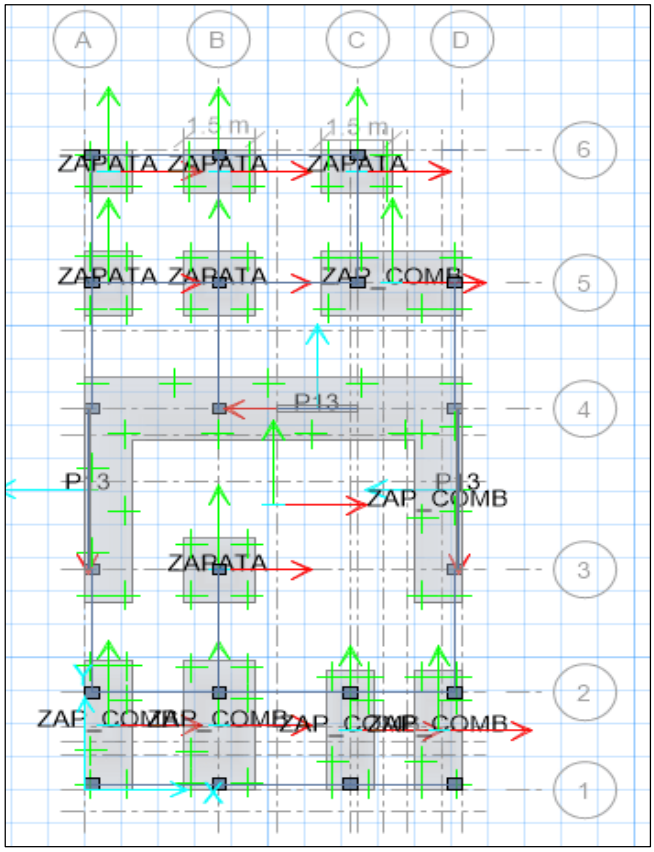
De la Figura 39. se aprecia que la cimentación tiene una capacidad de carga de 1.19 Kg/cm2 que es menor a 1.79 Kg/cm2 (Qadm), por ende, se comprueba que el diseño de la cimentación SÍ CUMPLE.

4.1.3.2. Zapatas cuadradas

Como segunda propuesta del diseño de la cimentación estándar para el área de estudio se modelo una edificación de sistema aporticado de 03 niveles con zapatas cuadradas conectadas con vigas de cimentación en toda su sección, para el cual se empleó una capacidad portante de 2.37 Kg/cm2, debido a que este valor es el más crítico del total de puntos de investigación a una profundidad de desplante (Df) de 1.50m y una dimensión de 1.50m (B=L). A continuación, se muestra el modelamiento de la cimentación en el software SAFE v.16 comprendido por la vista en planta, vista tridimensional, los diagramas de asentamiento y los esfuerzos actuantes en la cimentación.

Figura 40.

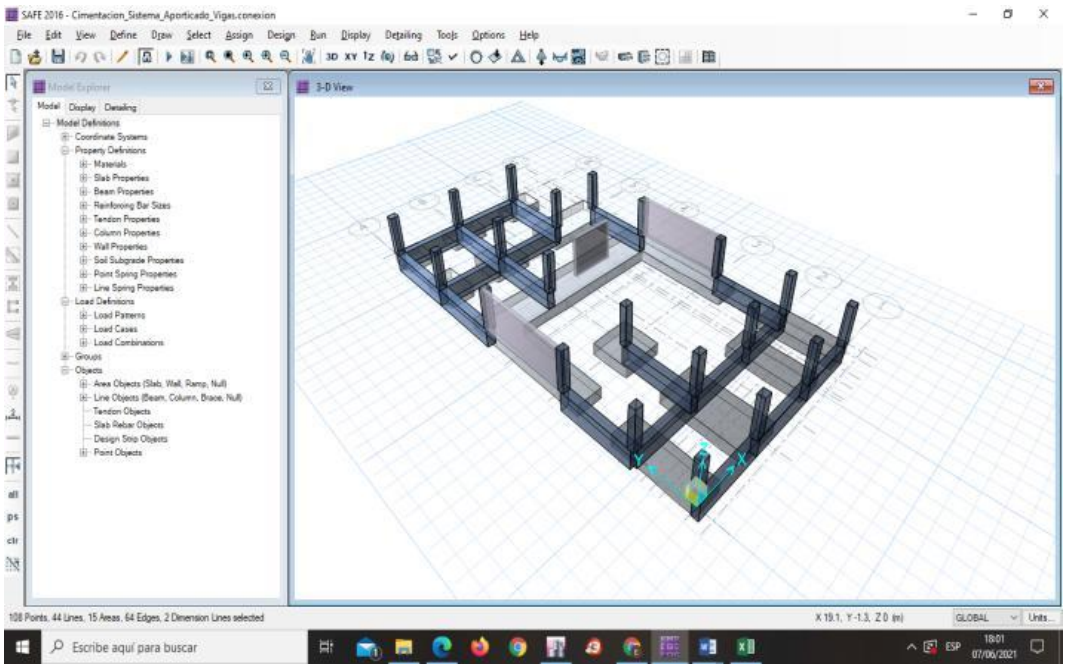
Vista en planta de la cimentación de tipo zapatas cuadradas.



Fuente: Elaboración propia

Figura 41.

Vista tridimensional de la cimentación de tipo zapatas cuadradas.

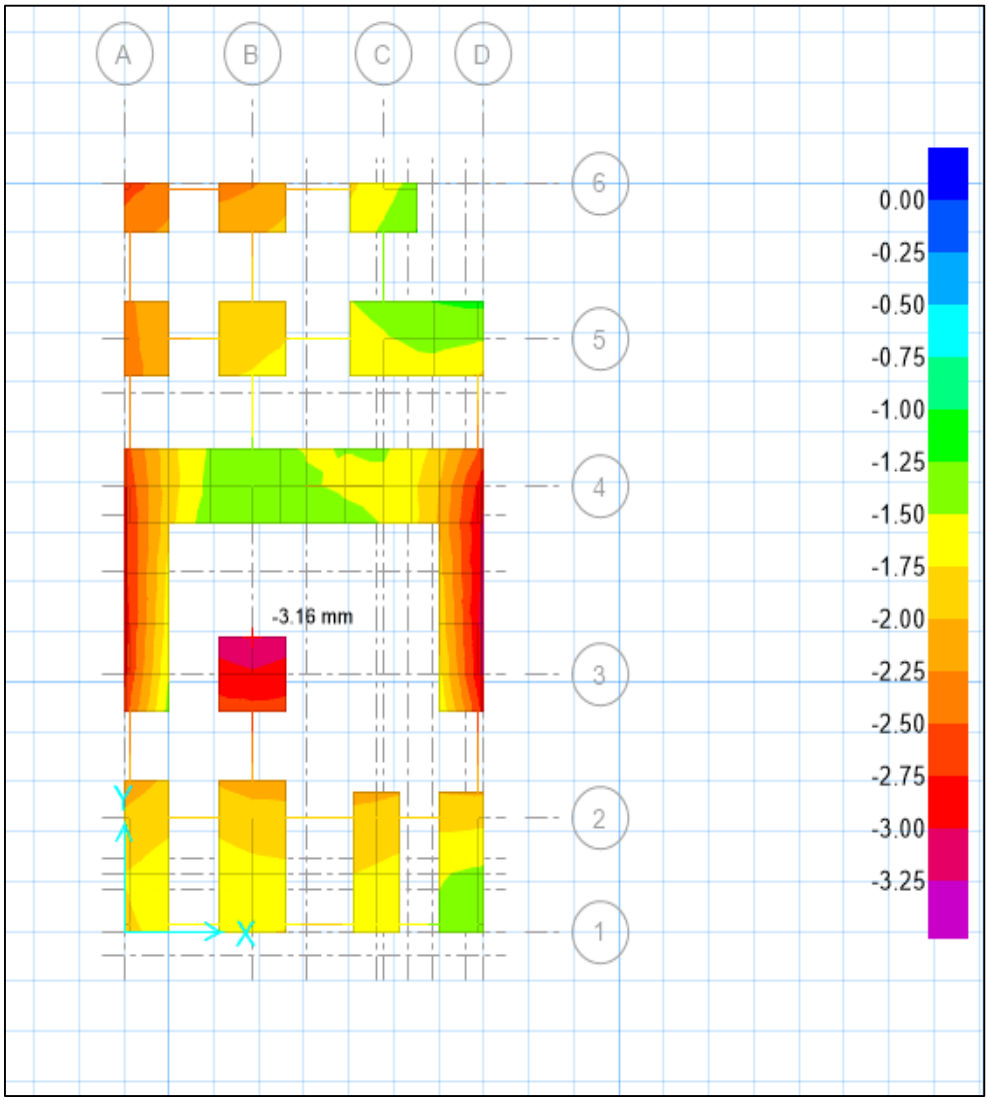


Fuente: Elaboración propia

Enseguida se verificaron los asentamientos que se producen en la cimentación, tal como se detalla en la siguiente figura:

Figura 42.

Diagrama de Asentamientos

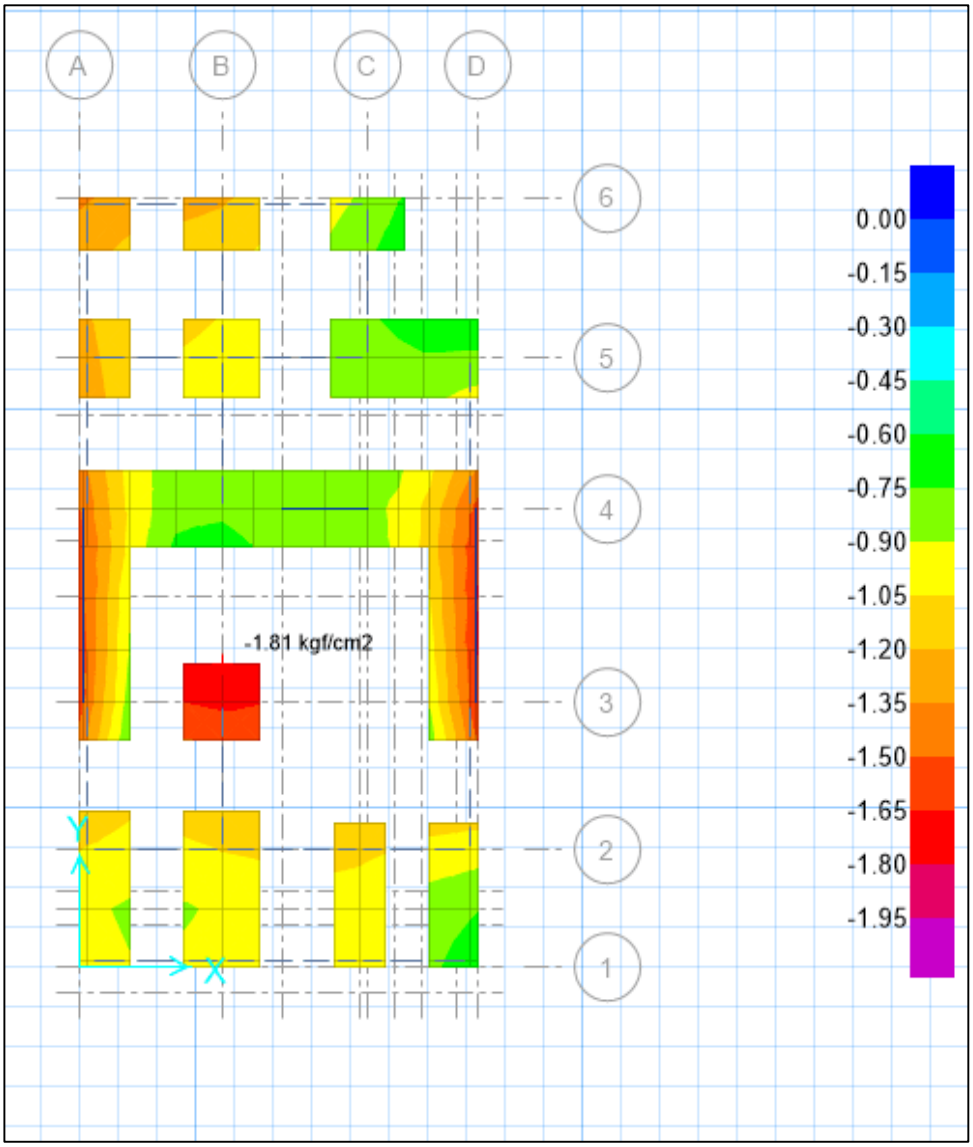


Fuente: Elaboración propia

De la figura 42. Se observa que la cimentación proyectada para una edificación aporticada, en este caso las zapatas cuadradas conectadas con vigas de cimentación presentan un asentamiento máximo diferencial de 3.16mm =0.316cm menor a 2.54cm, entonces se verifica que el diseño cumple por asentamiento.

Figura 43.

Diagrama de capacidad de carga máximo del suelo



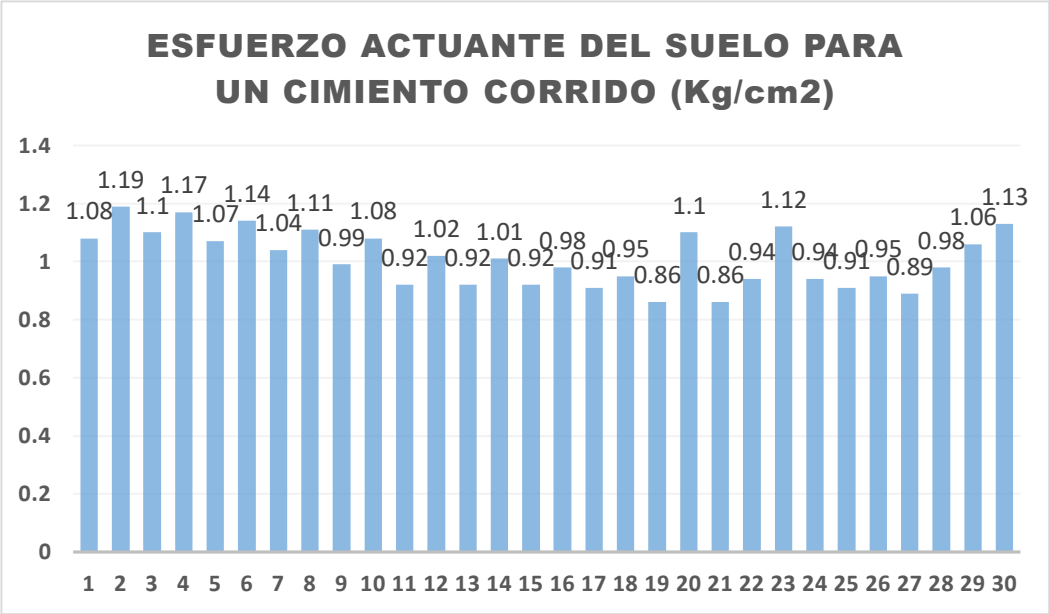
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 43. Se observa que la cimentación presenta una capacidad de carga de 1.81 Kg/cm2 que es menor a 2.37 Kg/cm2 (Qadm), por tanto, se comprueba que el diseño de la cimentación SI CUMPLE.

Enseguida se representará a través de gráficos estadísticos el esfuerzo actuante y los asentamientos que se producen en la cimentación de tipo cimiento corrido y zapatas cuadradas conectadas con vigas de cimentación para una edificación de muros portantes de albañilería confinada y una edificación aporticada respectivamente.

Figura 44.

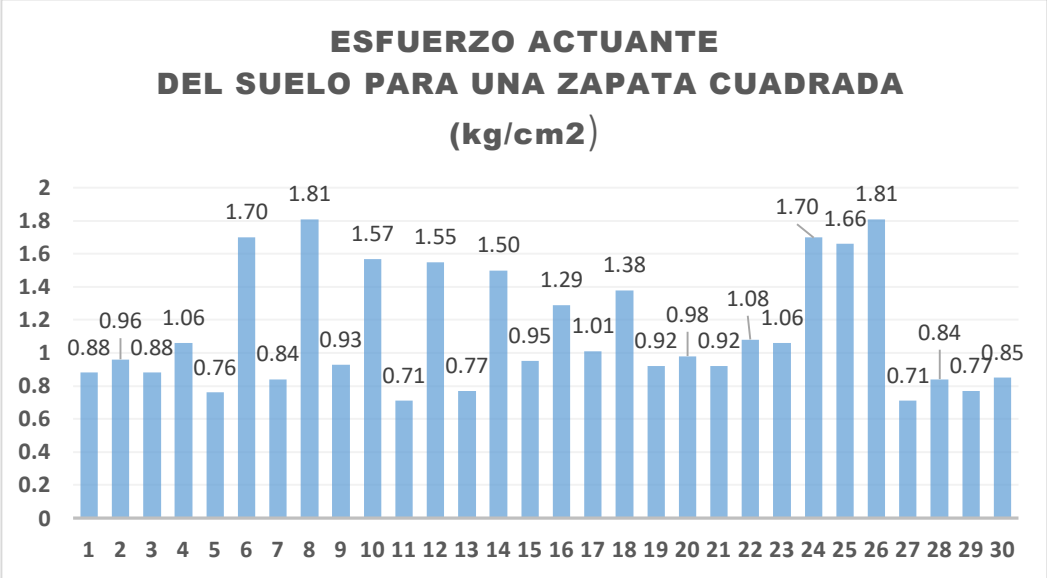
Esfuerzo actuante en la cimentación de una edificación de albañilería confinada.



Fuente: Elaboración propia

Figura 45.

Esfuerzo actuante en la cimentación de una edificación aporticada.



Fuente: Elaboración propia

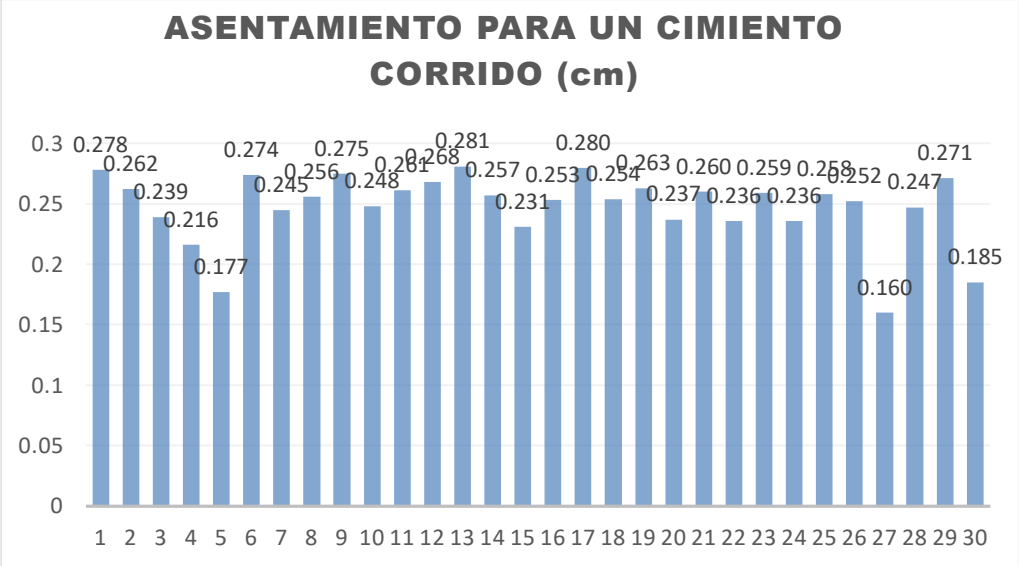
Interpretación:

Respecto al esfuerzo actuante que presenta el suelo en el área de estudio, en la Figura 44 y 45 se evidencia que los valores de los esfuerzos arrojados por el software SAFE v.16 son menores a la capacidad portante del terreno, determinándose una capacidad de carga máxima que

corresponde un valor 1.19 Kg/cm2 para un cimiento corrido y 1.81 Kg/cm2 para una zapata cuadrada. En ambos casos nos indica que la presión ejercida para el tipo de cimentación va a ser capaz de resistir las cargas trasmitidas de la edificación a la cimentación, concluyendo de esa manera que el tipo de cimentación superficial que es estructuralmente más seguro es el de las zapatas cuadradas conectadas con vigas de cimentación.

Figura 46.

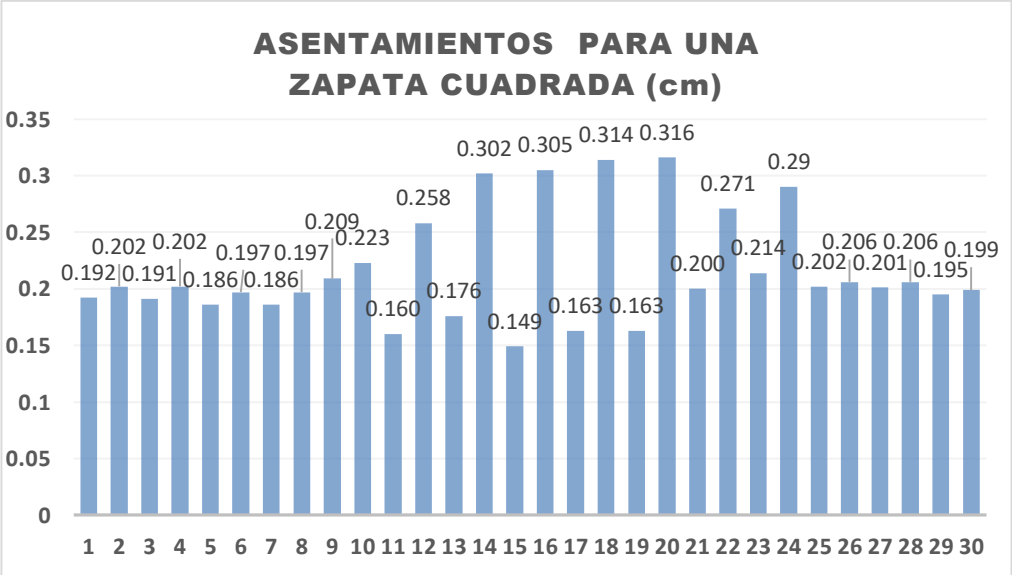
Asentamientos en la cimentación corrida.



Fuente: Elaboración propia

Figura 47.

Asentamientos en las zapatas cuadradas conectadas con vigas de cimentación.



Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

En cuanto a los asentamientos que presenta el suelo, se realizó el modelamiento de la cimentación superficial para las dos propuestas del tipo de cimentación estándar para el área estudio en el software SAFE v.16. tal como se aprecia en la Figura 46 y 47. Obteniendo un asentamiento máximo diferencial de 0.281cm para una edificación de muros portantes de albañilería confinada con cimiento corrido y 0.316 cm para una edificación aporticada con zapatas cuadradas conectadas con vigas de cimentación. Cumpliendo así la verificación por asentamiento, ya que los valores arrojados por el software son menores al asentamiento tolerable de 2.54cm conforme a lo establecido en Norma de Suelos y Cimentaciones E.050. En cuanto al módulo de Winkler (coeficiente de balasto) para una cimentación corrida con capacidad portante de 1.79 Kg/cm2 a una profundidad de 1.20m se utilizó un valor de 3.62 Kg/cm3 y para una zapata cuadrada conectada con vigas de cimentación con una capacidad portante de 2.37 Kg/cm2 se utilizó 4.74 Kg/cm3.

4.2. Contrastación de hipótesis general y específicas

4.2.1. Contrastación de hipótesis general

H.G: El análisis geotécnico proporciona información relevante del suelo para el diseño de cimentaciones superficiales en viviendas unifamiliares en la zona alta del centro poblado de Jancao.

En cuanto a la Hipótesis General formulada en la investigación se afirma que, un análisis geotécnico proporciona información relevante para diseñar correctamente la cimentación superficial, dado que **SE DEMUESTRA** que este análisis comprende una secuencia de pasos y cada paso precede al anterior, determinando inicialmente las propiedades físico-mecánicas del terreno, el tipo de suelo y sus parámetros de resistencia, y sobre la base de estos resultados el cálculo de la capacidad portante del terreno, el cual es un parámetro determinante para diseñar correctamente la cimentación superficial, tal como se evidencia en los puntos 4.1.1 y 4.1.2, en el que se detallan los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio y los cálculos realizados a fin comprobar la hipótesis general. Además, de la

información proporcionada del análisis geotécnico se puede aseverar que la capacidad portante admisible y el dimensionamiento de las cimentaciones inciden en el correcto diseño de una cimentación superficial, tal como se evidencia en el punto 4.1. en el que se presenta las propuestas de diseño de cimentación superficial a utilizar en la zona estudio, es por esto que es importante realizar un análisis geotécnico para diseñar correctamente la cimentación, lo cual garantizara que los diseños sean estructuralmente más seguros. Por lo tanto, la hipótesis general planteada **ES VERDADERA.**

4.2.2. Contrastación de hipótesis especificas

H.e.1. Las propiedades físicas y mecánicas del suelo intervienen en el diseño de cimentaciones superficiales en viviendas unifamiliares en la zona alta del centro poblado de Jancao.

De acuerdo a los resultados obtenidos de los ensayos en el laboratorio de suelos previo análisis de las muestras extraídas de cada uno de los puntos de investigación (calicatas) es posible afirmar que las propiedades físico-mecánicas del terreno **SI INTERVIENEN** en el diseño de cimentaciones superficiales, ya que es fundamental conocer las propiedades del suelo para calcular la capacidad portante admisible del terreno, tal como se evidencia en el punto 4.1.2., así como identificar el tipo de suelo sobre el cual se va a cimentar la estructura, el cual se determina aplicando el método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería SUCS de acuerdo a lo establecido en la NTP 339.134, dado que existen tipos de suelo buenos y malos, sin embargo para el profesional especialista es posible realizar un diseño de la cimentación en cualquiera de estas situaciones, la diferencia es el costo de la inversión para llevar a cabo la edificación, ya que si el suelo es bueno será menor el costo de inversión total, lográndose ejecutar infraestructuras en obras de mayor calidad y resistencia, mientras que ante un suelo malo será necesario mejorar la calidad del suelo y tomar en cuenta una serie de parámetros para realizar un adecuado diseño de la cimentación. Por todo ello, se confirma que la hipótesis especifica 1 es **VERDADERA.**

H.e.2. La capacidad de carga admisible del suelo es determinante para el diseño de cimentaciones superficiales en viviendas unifamiliares en la zona alta del centro poblado de Jancao.

Tal como se evidencia en el punto 4.1.2. cálculo de la capacidad portante, la Hipótesis Especifica 2 ha sido verificada en su totalidad y **SE COMPRUEBA** que la capacidad de carga admisible es determinante para diseñar correctamente una cimentación superficial, debido a que es la máxima tensión ejercida entre la estructura y el suelo de fundación, de manera que no se produzca ninguna falla por corte del suelo ni se genere un asentamiento diferencial extremo. Esta presión admisible es el parámetro más importante con el que se diseña la cimentación y se obtiene al aplicar un coeficiente de seguridad, el cual difiere entre 2,5 y 3,0 dependiendo del análisis de cargas actuantes a la cimentación conforme a lo estipulado en la Norma E.050 del RNE. Tal como se puede evidenciar en las tablas 40,41,42,43,44 y 45, en las cuales se calculó la capacidad de carga ultima empleando dos de las metodologías más conocidas y aplicadas que son Terzaghi y Meyerhof para las propuestas de cimentación como cimiento corrido y Zapata cuadrada, analizadas ante una falla por corte general y local según Terzaghi y por la ecuación general de la capacidad de carga según Meyerhof.

También se puede evidenciar a partir de los resultados obtenidos en el punto 4.1.3. que el valor de la capacidad de carga admisible del suelo es imprescindible a la hora de realizar la verificación de las propuestas de diseño de la cimentación en el software SAFE v.16, en el que se debe cumplir que los esfuerzos actuantes en la cimentación no deberán ser mayores por ningún motivo a la capacidad de carga admisible del terreno. Asimismo, podemos afirmar que mientras el suelo presente buenos parámetros de resistencia lo que significa una capacidad de carga mayor, el área de cimentación y profundidad de desplante serán menores, generando que las edificaciones sean estructuralmente más seguras, lo que en el aspecto económico resulta más viable, a diferencia de encontrar un suelo malo con baja capacidad de carga, lo cual va a producir que el

costo de la inversión sea mayor afectando la magnitud del proyecto. Por lo tanto, se confirma que la hipótesis especifica 2 es **CORRECTA.**

H.e.3. Las propuestas de diseño de cimentaciones superficiales modeladas en el software SAFE cumplen con la verificación del diseño por capacidad de carga y por asentamiento de acuerdo a lo establecido en el RNE Norma E.030 y E.0.50.

Las propuestas de diseño de cimentaciones superficiales elaboradas en la presente investigación para una edificación de muros portantes de albañilería confinada con cimiento con cimiento y una edificación de sistema aporticado con zapatas cuadradas conectadas con vigas de cimentación **SI CUMPLEN** con las verificaciones de diseño estipuladas en el RNE Norma E.0.30 y E. 0.50, ya que los esfuerzos actuantes en la cimentación son inferiores a la capacidad portante admisible del suelo y respecto al asentamiento que presenta la cimentación es menor al asentamiento tolerable, tal como se evidencia en el punto 4.1.3. Propuestas de diseño de cimentación. Por lo que se confirma que el diseño de la cimentación es **CORRECTO.**

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Contrastación de los resultados de la investigación

De acuerdo al planteamiento del problema, hoy en día el distrito de Amarilis, específicamente el centro poblado de Jancao ha progresado sustancialmente en base al desarrollo y crecimiento poblacional produciendo el aumento zonas proyectadas a urbanizarse (urbanizaciones), en el cual existen muchas edificaciones de material noble (autoconstruidas), las cuales no cuentan con un estudio de suelos y carecen de un correcto diseño de las cimentaciones, lo cual a largo plazo puede ocasionar el colapso de la estructura, debido a que se desconoce el tipo de suelo donde se asientan las edificaciones, sus propiedades físico-mecánicas, la capacidad portante del terreno y los asentamientos admisible que podría presentar el terreno, ya es fundamental realizar un análisis geotécnico de la zona que nos permita conocer las características geotécnicas del terreno para diseñar correctamente la cimentación superficial, a fin de evitar que se produzca una falla por la capacidad de carga o por asentamiento.

En la presente tesis ANÁLISIS GEOTÉCNICO APLICADO AL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA ZONA ALTA DEL CENTRO POBLADO DE JANCAO, DISTRITO DE AMARILIS – HUÁNUCO, se tuvo como propósito realizar un análisis geotécnico aplicado al diseño de cimentaciones superficiales, a fin de precisar su importancia y comprobar que este análisis proporcione toda la información relevante del suelo para diseñar correctamente la cimentación, el cual se ha podido demostrar en su totalidad mediante los resultados obtenidos en la investigación, los cuales son verídicos y altamente confiables.

Los resultados de la investigación presentan similitudes y diferencias en la contrastación de resultados con los antecedentes recabados en la investigación:

Con respecto al objetivo general

- Realizar un análisis geotécnico aplicado al diseño de cimentaciones superficiales en viviendas unifamiliares en la zona alta del Centro Poblado de Jancao del distrito de Amarilis.

Sánchez A. (2019) en su investigación “Estudio geotécnico para el diseño de cimentaciones superficiales en viviendas unifamiliares en el centro poblado de Huamanmarca” concluye que en su investigación se demostró que un estudio geotécnico del suelo es esencial para poder diseñar correctamente la cimentación de una edificación o cualquier otro proyecto de ingeniería. Y es cierto, pues como se pudo evidenciar en los resultados obtenidos en el capítulo IV se comprueba que el análisis geotécnico de la zona donde se proyecta realizar la construcción de una edificación nos permitirá determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo e identificar el tipo de suelo sobre el que se cimentará la estructura, y a partir de ello calcular la capacidad portante del terreno, este parámetro es imprescindible para poder elaborar propuestas del diseño más óptimo de la cimentación superficial teniendo en cuenta las características del proyecto, área, uso, condiciones y características geotécnicas de la zona de estudio. Por lo que podemos afirmar que la propuesta del tipo de cimentación estándar cumplió con todos los criterios y verificación de diseño de acuerdo a lo previsto en la Norma E-050 y Norma E-030, obteniendo así resultados satisfactorios y totalmente confiables.

La diferencia de los resultados entre Palomino A. (2018) y los datos estudiados en la presente investigación fue que sus estudios fueron realizados en un área en el que predominó la heterogeneidad del suelo en los 03 puntos de investigación a diferencia de la presente investigación en la que se obtuvo homogeneidad de los suelos en los 04 puntos de investigación realizados en el área de estudio, predominando el tipo de suelo arena arcillosa (SC) aunque era lo esperado ya que al área de estudio era de 12,791.63 m2, teniendo como antecedente que el área de estudio está comprendido por un esquema de origen aluvial, por lo suscitado en

años anteriores. En ambas investigaciones se realizaron ensayos muy similares como: contenido de humedad, límites de Atterberg, granulometría por tamizado, peso específico del suelo, ensayo de corte directo con excepción del ensayo de densidad de campo.

Con respecto al objetivo específico 1.

- Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo para el diseño de cimentaciones superficiales en viviendas unifamiliares en la zona alta del Centro Poblado de Jancao del distrito de Amarilis.

Se pudo definir las propiedades físicas y mecánicas del terreno a través de los ensayos de laboratorio de suelos, obteniendo así que el contenido de humedad varía entre 2.74 y 2.91%, con un límite líquido que varía entre 32.86 – 35.80%, un límite plástico de 19.52 - 22.10% y un índice de plasticidad que varía entre 13.59 – 14.73 %, con un peso volumétrico que varía entre 1.822 -1.839 ton/m3, con características mecánicas de cohesión en estado natural del suelo que varía entre 0.170-0.220 Kg/cm2 y un ángulo de fricción (Ø) de 19.59°-20.45°, a partir del cual se clasificó el suelo arrojando como resultado que el tipo de suelo preponderante en la zona es (SC) arena arcillosa.

Astocondor P. (2020) en su tesis “Estudio de zonificación de los suelos para fines de cimentación superficial del sector Pómape del distrito de Monsefú - Chiclayo” también determinó las propiedades físicas del suelo como el contenido de humedad, granulometría, límites de Atterberg, tipo de suelo y también las propiedades mecánicas mediante el ensayo de corte directo en el que se determinó el ángulo de fricción y cohesión para cada punto de investigación, concluyendo que el estudio también presentó una geología homogénea, pero los resultados referente al tipo de suelo fueron diferentes. La diferencia más resaltante fue que el autor elaboró mapas de zonificación geotécnica a partir de los resultados obtenidos en su investigación para la zona de estudio, para el cual consideró 03 alturas diferentes (1.00,1.50 y 2.00m) en función del tipo de suelo predominante y la capacidad portante admisible del terreno.

Con respecto al objetivo específico 2.

• Determinar la capacidad portante admisible en base a los parámetros de resistencia del suelo para el diseño de cimentaciones superficiales en viviendas unifamiliares en la zona alta del centro poblado de Jancao.

Según los resultados obtenidos en el trabajo de investigación para calcular la capacidad de carga ultima y admisible se utilizaron dos de las metodologías más conocidas y aplicadas en la geotecnia que son Terzaghi y Meyerhof con la finalidad de generar propuestas para un tipo de cimentación cimiento corrido y Zapata cuadrada, ambas analizadas para una edificación de albañilería confinada y una edificación aporticada respectivamente. Del análisis se determinó un valor de 1.79 Kg/cm2 para un cimiento corrido y 2.37 Kg/cm2 para una zapata cuadrada según Terzaghi, considerando una falla por corte general, siguiendo el mismo contexto se determinó una capacidad de carga de 3.12 Kg/cm2 para un cimiento corrido y 3.10 Kg/cm2 para una zapata cuadrada según Meyerhof.

Para diseñar las propuestas de cimentación estándar en la zona de estudio se consideraron los valores arrojados por Terzaghi ya que este presenta valores más conservadores, permitiendo que el diseño de la cimentación para la edificación de viviendas unifamiliares de 03 niveles en la zona de estudio sea estructuralmente más seguro. Obteniendo así una capacidad de carga admisible de 1.79 Kg/cm2 a una profundidad de 1.20m para un cimiento corrido y de 2.37 Kg/cm2 a una profundidad de 1.50m para una zapata cuadrada. Dichos valores fueron indispensables a la hora de realizar la verificación de las propuestas de diseño de la cimentación en el software SAFE, en el que se debe cumplir que los esfuerzos actuantes en la cimentación no deberán ser mayores por ningún motivo a la capacidad de carga admisible del terreno.

Palomino (2018) en su tesis “Evaluación geotécnica aplicada al diseño de cimentaciones superficiales, en el distrito de Ventanilla, Lima 2018” quien desarrollo un estudio más parecido a lo que se realizó en la presente investigación debido a que para la determinación de la capacidad portante

empleo las metodologías de Meyerhof y Terzaghi, concluyendo que este último presenta valores más conservadores. Y en efecto es totalmente cierto puesto que luego de realizar el cálculo correspondiente podemos afirmar que al igual que al autor, la teoría de Terzaghi arrojo una menor capacidad portante, el cual varía entre 1.79 – 1.97 kg/cm2 para un cimiento corrido y 2.37- 2.60 kg/cm2 para una zapata cuadrada, a diferencia de la teoría de Meyerhof que presenta una mayor capacidad portante admisible. Por otro lado, la presente investigación obtuvo las capacidades portantes admisibles por debajo de los 1.50m de profundidad respecto al nivel de terreno natural.

Pajuelo (2018), en su tesis “Diseño geotécnico de la cimentación del mercado Modelo Villas de Ancón, distrito de Ancón” también determino la capacidad portante del terreno a 1.50m de profundidad respecto al N.T.N., tomando en consideración un Factor de Seguridad de 3.0. La diferencia entre esta investigación fue que para establecer la capacidad portante el autor utilizó la ecuación general de la capacidad de carga de Meyerhof para proponer el diseño de la cimentación del mercado modelo Villas de Ancón a diferencia de la presente investigación que utilizó la ecuación de Terzaghi para generar la propuesta del tipo de cimentación estándar para la zona de estudio.

Con respecto al objetivo específico 3.

- Proponer un tipo de cimentación estándar para el diseño de cimentaciones superficiales en viviendas unifamiliares en la zona alta del centro poblado de Jancao.

A partir de los resultados obtenidos en el capítulo IV, se generaron dos propuestas de diseño de cimentación superficial estándar para la zona de estudio, ambas analizadas por diferentes sistemas estructurales, la primera un tipo zapata cuadrada conectada con vigas de cimentación para una edificación aporticada, sobre un terreno de capacidad portante admisible de 2.37Kg/cm2, obteniéndose así las dimensiones de 1.50m x 1.50m

x1.50m de profundidad (céntrica), 1.00mx1.10mx1.50m de profundidad (excéntricas), 1.50mx1.00mx1.50m (esquinadas) y zapata combinada de 3.00mx1.50mx1.50m de profundidad. La segunda propuesta un tipo cimiento corrido para una edificación de albañilería confinada (sistema de muros portantes), sobre un terreno de capacidad portante admisible de 1.79 Kg/cm2. Ambas propuestas cumplen con los criterios y verificaciones de diseño establecidos en el RNE Norma E-050 y E-030.

Lo cual nos permite concluir que el diseño que resulta estructuralmente más seguro es el de las zapatas cuadradas conectadas con vigas de cimentación para una edificación aporticada presentando una capacidad de carga de 1.81 Kg/cm2 y un asentamiento 3.16 mm y por último el cimiento corrido para una edificación de albañilería confinada, el cual resulta menos segura, pero económicamente más factible.

Chalco y Olivas (2019) en su tesis “Estudio geotécnico para el diseño de cimentaciones superficiales en suelo arenoso en el proyecto condominio oasis, distrito de Paracas – Pisco – Ica –Perú” elaboraron tres propuestas enfocadas al diseño de cimentación superficial para el proyecto en mención, obteniendo como resultado que el tipo de cimentación que resulta más seguro es la platea de cimentación presentando una capacidad de carga de 8.15 ton/m2 y un asentamiento de 2.03 mm. A diferencia de la presente investigación en el que se realizaron 02 propuestas de diseño de cimentación superficial, obteniendo como resultado que el tipo de cimentación que resulta más seguro son las zapatas cuadradas conectadas con vigas de cimentación presentando una capacidad de carga (esfuerzo actuante en la base) de 1.81 kg/cm2 y un asentamiento de 3.16 mm. Ambas investigaciones realizaron la verificación del diseño de la cimentación utilizando el software SAFE v.16, cumpliendo con todos los requerimientos establecidos en la normativa vigente.

CONCLUSIONES

1. El objetivo de la investigación radicó en realizar un análisis geotécnico aplicado al diseño de cimentaciones superficiales en viviendas unifamiliares en la zona alta del centro poblado de Jancao el cual se realizó en su totalidad y permitió presentar 02 propuestas de diseño de cimentación superficial para el área de estudio, los cuales se lograron satisfactoriamente, dado que cumplen con los requerimientos de diseño establecidos en las normativas vigentes, demostrando así que los resultados obtenidos en la investigación son verídicas y confiables.

2. Los resultados obtenidos de las pruebas de laboratorio nos permitieron determinar las propiedades físico-mecánicas del suelo, para el ensayo de contenido de humedad se obtuvo como valor máximo el 2.91% en la calicata C-02 y el mínimo de 2.74% en la calicata C-04 como se detalla en la Gráfica 01, un peso específico que varía entre 1.509 – 1.576 gr/cm3 como se indica en la Tabla 31., con un límite líquido que varía entre 32.86 – 35.80%, un límite plástico de 19.52 - 22.10% y un índice de plasticidad que varía entre 13.59 – 14.73 %, con respecto a los parámetros de resistencia del suelo en su estado natural se obtuvo una cohesión que varía entre 0.170-0.200 Kg/cm2 y un ángulo de fricción interna (ø)de 20.15°-20.05°.

3. El tipo de suelo que impera en el área donde se llevó a cabo la investigación, según la clasificación SUCS es arena arcillosa (SC), que es un tipo de suelo granular. Del perfil estratigráfico se observó que las 04 calicatas presentan una estratigrafía similar, es decir un suelo de grano grueso, mezcla de arenas con arcillas, por lo que se puede inferir que el suelo en la zona de estudio es homogéneo. Además, no hubo presencia de nivel freático en ninguno de los puntos de investigación. La presencia de arenas arcillosas es predominante por la geología aluvial que presenta la zona en estudio.

4. A partir de los resultados obtenidos para conocer las propiedades físico-mecánicas del suelo, se determinó la capacidad de carga admisible del suelo empleando dos de los métodos más aplicados en la geotecnia, los cuales arrojaron un valor de 1.79 Kg/cm2 para un cimiento corrido y 2.37 Kg/cm2 para una zapata cuadrada según Terzaghi, considerando una falla por corte general, dichos valores son los más críticos obtenido del análisis de los 04 puntos de investigación, siguiendo el mismo contexto se determinó una capacidad de carga de 3.12 Kg/cm2 para un cimiento corrido y 3.10 Kg/cm2 para una zapata cuadrada según Meyerhof, ambas sometidas a una carga vertical. Para el diseño de las propuestas de cimentación se consideraron los valores arrojados por Terzaghi ya que este presenta valores más conservadores, permitiendo que el diseño de la cimentación para la edificación de viviendas unifamiliares de 03 niveles en la zona de estudio sea estructuralmente más seguro.

5. Para el área de estudio se elaboraron 02 propuestas para el diseño de la cimentación superficial, el primero un cimiento corrido de dimensiones de 0.60mx1.20m con una capacidad portante admisible promedio de 1.79 Kg/cm2 y el segundo una zapata cuadrada de 1.50mx1.50m con una capacidad portante admisible de 2.37 Kg/cm2 a una profundidad de 1.50m, ambos cumplen con los requerimientos de diseño establecidos en las normas vigentes.

6. Las dos propuestas de diseño de cimentaciones superficiales cumplen con las verificaciones por capacidad de carga máxima y por asentamiento, resultando estructuralmente más segura la propuesta de la vivienda unifamiliar de 03 niveles de sistema aporticado con zapatas cuadradas conectadas con vigas de cimentación a diferencia de la propuesta de una edificación de albañilería confinada con cimiento corrido, este último resulta menos segura estructuralmente, pero más económica.

RECOMENDACIONES

1) Los resultados obtenidos en la presente investigación, específicamente el estudio de mecánica de suelos y las propuestas de diseño de la cimentación superficial serán aplicables única y exclusivamente para el área de estudio

2) Deberá cimentarse para una cimentación corrida y una zapata cuadrada a una profundidad no menor de 1.20m y 1.50m respectivamente, tomando como como referencia el NTN del área de estudio.

3) Concientizar a la población sobre la importancia de realizar un análisis geotécnico como requisito indispensable para diseñar correctamente la cimentación de una vivienda o cualquier proyecto de ingeniería, ya que un buen estudio de suelos, nos permitirá conocer el tipo de suelo (malo, regular o bueno) y sus propiedades, sobre el cual se va a cimentar la estructura, y así poder determinar la capacidad portante del terreno, ya que unos buenos cimientos serán capaces de resistir las cargas que se transmitirán a través de estructura al suelo de fundación.

4) Dada las condiciones y características del terreno y debido la poca referencia que existe en la zona se recomienda continuar con la linea de investigación para realizar perforaciones más profundas y una mayor cantidad de ensayos de corte directo a distintas profundidades proyectadas al diseño de la cimentación de viviendas multifamiliares a fin de conocer las diferentes propuestas del tipo y diseño de cimentación más óptima de acuerdo a las características del proyecto.

5) Las propuestas de diseño proyectadas para la zona de estudio cumplen con garantizar seguridad estructural a la edificación por lo que se recomienda a los futuros propietarios de los lotes, elegir la propuesta más conveniente en función al proceso constructivo, características del proyecto y presupuesto.

6) Se recomienda a las futuras investigaciones tomar como referencia los resultados obtenidos en la investigación, ya que estos son verídicos y confiables.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Crespo, Villalaz Carlos. (2004). Mecánica de Suelos y Cimentaciones. México: LIMUSA. Pág. 41, 92, 290,291.

REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES - Norma Técnica E.050. (2018) SUELOS Y CIMENTACIONES. Lima: MACRO. Pág. 11,13, 41.

Das, Braja M. (2011). Principios de Ingeniería de Cimentaciones. México D.F.: Cengage Learning Editores. Pág. 1, 15,45.

Alva Hurtado J. (2016) Diseño de Cimentaciones. Lima: Editorial ICG. Pág. 13, 16, 60,87.

Sánchez Arroyo I. (2019). Estudio geotécnico para el diseño de cimentaciones superficiales en viviendas unifamiliares en el Centro Poblado de Huamanmarca, (Tesis). Huancayo: Universidad Nacional del centro del Perú, facultad de Ingeniería Civil.

Socualaya Cárdenas, K. (2017). Caracterización de suelos para la obtención de coeficiente de balasto, Distrito San Agustín de Cajas. (Tesis) Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú.

Leoni Augusto J. (2012). Art. Coeficiente de Balasto, Facultad de Ingeniería U.N.L.P. Pág. 3, 4.

Juárez Eulalio y Rico Alfonso (1974). Mecánica de Suelos. México: Editorial Limusa, 1974. Pág. 3

Montoya Suarez G. (2013). Parámetros de resistencia al corte en la interfaz suelo concreto. (Tesis). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.

Das, Braja M. (2013). Principios de Ingeniería de Cimentaciones. Cuarta. México: Cengage Learning Editores. Pág. 33, 64-67, 78, 240, 481-483.

Nij Patzán J. (2009). Guía Práctica para el Cálculo de Capacidad de carga en cimentaciones superficiales, losas de cimentación, pilotes y pilas perforadas. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

Hernández Sampieri, Roberto, Fernández Collado, Carlos y Baptista Lucio, María del Pilar. (2014). Metodología de la Investigación (Sexta Edición). MEXICO: MC GRAW-HIL.

Palomino Águila A. (2018). Evaluación geotécnica aplicada al diseño de cimentaciones superficiales, en el distrito de Ventanilla (Tesis). Lima: Universidad César Vallejo.

Chalco y Febe, (2019). Estudio Geotécnico para el diseño de cimentaciones superficiales en suelo arenoso en el proyecto condominio oasis, distrito de paracas - Pisco (Tesis). Lima: USMP, Escuela de Ingeniería Civil.

Pajuelo B. (2018). Diseño Geotécnico de la cimentación del mercado modelo villas de ancón, distrito de Ancón- Lima (Tesis de Pregrado). Lima: USMP, Escuela de Ingeniería Civil.

Astocondor P. (2020). Estudio de zonificación de los suelos para fines de cimentación superficial del sector Pómape del distrito de Monsefú – Chiclayo (Tesis de Pregrado). Lima: Universidad de San Martin de Porres.

Freire Tellado, Manuel. (1999). Precisiones para el empleo del método del módulo de balasto en edificaciones. España: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Yepes Piqueras V. (2016). Art. Procedimientos de construcción de cimentaciones y estructuras de contención. España: Universidad Politécnica de Valencia.

Juárez Eulalio y Rico Alfonso (2005). Mecánica de Suelos. México: Editorial LIMUSA, Noriega.

Moya Andino G. (2015). Estudio y análisis del comportamiento estructural de cimentaciones superficiales por efectos de consolidación del suelo de fundación, según la metodología propuesta por la norma ecuatoriana de la construcción. (Tesis). Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, Escuela de Ingeniería Civil.

Beltrán Cueva J. & Díaz Vargas D. A. (2018). Análisis de la capacidad de carga admisible de los suelos de cimentación del Complejo Arqueológico Chan Chan (Tesis). Lima: Universidad Peruana de Ciencia Aplicadas.

Ibarra Álvarez D. (2010). Propuesta de diseño para una zapata aislada desplantada en suelos granulares. México: UNAM Posgrado Ingeniería.

Morales, P. (2014). Estudios geotécnicos para cimentaciones de estructuras: puentes, muros y edificios, en suelos y rocas. Quito: Universidad Central de Ecuador.

NTP 339.128, Norma Técnica Peruana (2006) SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. Lima: INDECOPI.

NTP 339.129, Norma Técnica Peruana (2006). SUELOS. Método de ensayo para determinar el limite líquido, limite plástico e índice de plasticidad de suelos. Lima: INDECOPI.

NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339.134. (1999) Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS). Lima: INDECOPI.

Terzaghi, Karl y Peck, Ralph. (1973). Mecánica de Suelos en la Ingeniería Practica. Segunda. Barcelona: El Ateneo.

MTC, Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2016. Manual de Ensayos de Materiales. Lima: MTC., 2016. pág. 1272

Tamayo M. (2012). Proceso de la Investigación Científica (Cuarta Ed.) México: EDITORIAL LIMUSA

Pajuelo Barrera A. (2018) DISEÑO GEOTÉCNICO DE LA CIMENTACIÓN DEL MERCADO MODELO VILLAS DE ANCÓN DISTRITO DE ANCÓN. (Tesis de pregrado). Lima: USMP, E.A.P. Ingeniería Civil.

Arias F. (2012). El proyecto de la Investigación (Sexta Edición). Caracas: EDITORIAL EPISTEME, C.A.

ANEXOS

(ANEXO N°01)

RESOLUCIÓN DE DESIGNACIÓN DE ASESOR

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN Nº 926-2020-D-FI-UDH

Huánuco, 30 de diciembre de 2020

Visto, el Oficio N° 632-2020-C-PAIC-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil y el Expediente S/N, del Bach. **Edward Henry, SOSA CORI**, quién solicita cambio de Asesor de Tesis.

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art 45º inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente Nº S/N, presentado por el (la) Bach. **Edward Henry, SOSA CORI**, quién solicita cambio de Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación, y;

Que, con Resolución N° 1189-2019-D-FI-UDH, de fecha 10 de octubre de 2019, en la cual se designa como Asesor de Tesis del Bach. **Edward Henry, SOSA CORI** a la Mg. Ericka Selene García Echevarría; la misma que desiste a dicho asesoramiento, por motivos de salud, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 31 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - DEJAR SIN EFECTO, la Resolución N° 1189-2019-D-FI-UDH, de fecha 10 de octubre de 2019.

Artículo Segundo.-. DESIGNAR, como nuevo Asesor de Tesis del Bach. **Edward Henry, SOSA CORI** al Mg. Reyder Alexander Lambruschini Espinoza, Docente del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería.

Regístrese, comuníquese, archívese

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
SECRETARIA DOCENTE
HUÁNUCO - PERÚ
Mg. Johany P. Jacha Rojas
SECRETARIO DOCENTE

FACULTAD DE INGENIERÍA
DECANO
UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Mg. Bertha Campos Rios
DECANA (E) DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Distribución:
Fac. de Ingeniería – PAIC– Asesor– Mat. y Reg.Acad. – Interesado – Archivo.
BCR/JPJR/nto

(ANEXO N°02)

RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN Nª 440-2020-D-FI-UDH

Huánuco, 01 de setiembre de 2020

Visto, el Oficio N° 322-2020-C-PAIC-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Civil, remite el dictamen de los jurados revisores, del proyecto de Tesis titulado **"ANÁLISIS GEOTÉCNICO APLICADO AL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA ZONA ALTA DEL CENTRO POBLADO DE JANCAO DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO 2020"**, presentado por el (la) Bach. **Edward Henry, SOSA CORI.**

CONSIDERANDO:

Que, según mediante Resolución N° 006-2001-R-AU-UDH, de fecha 24 de julio de 2001, se crea la Facultad de Ingeniería, y;

Que, mediante Resolución de Consejo Directivo n° 076-2019-SUNEDU/CD, de fecha 05 de junio de 2019, otorga la Licencia a la Universidad de Huánuco para ofrecer el servicio educativo superior universitario, y;

Que, mediante Resolución N° 1189-2019-D-FI-UDH, de fecha 10 de octubre de 2019, perteneciente al Bach. **Edward Henry, SOSA CORI** se le designó como ASESOR(A) de Tesis a la Mg. Ericka Selene García Echevarría, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 322-2020-C-PAIC-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del proyecto de Tesis titulado: **"ANÁLISIS GEOTÉCNICO APLICADO AL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA ZONA ALTA DEL CENTRO POBLADO DE JANCAO DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO 2020"** presentado por el (la) Bach. **Edward Henry, SOSA CORI**, integrado por los siguientes docentes: Mg. Johnny Prudencio Jacha Rojas (Presidente), Mg. Jhon Elio Gomez Valles (Secretario) y Ing. José Wicley Tuanama Lavi (Vocal), quienes declaran APTO para ser ejecutado el proyecto de Tesis, y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Único. - APROBAR, el Proyecto de Investigación y su ejecución titulado: **"ANÁLISIS GEOTÉCNICO APLICADO AL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA ZONA ALTA DEL CENTRO POBLADO DE JANCAO DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO 2020** presentado por el (la) Bach. **Edward Henry, SOSA CORI** para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil, del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Universidad de Huánuco.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE, ARCHÍVESE

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
SECRETARIA DOCENTE
HUÁNUCO - PERÚ
Mg. Johnny P. Jacha Rojas
SECRETARIO DOCENTE

FACULTAD DE INGENIERÍA
DECANO
UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Mg. Bertha Campos Rios
DECANA (E) DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Distribución:

Fac. de Ingeniería – PAIC – Asesor – Exp. Graduando – Interesado - Archivo.
BCR/JJR/nto.

(ANEXO N°03)

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TESIS: “ANÁLISIS GEOTÉCNICO APLICADO AL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA ZONA ALTA DEL CENTRO POBLADO DE JANCAO DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO 2020”

TESISTA: BACH.ING. EDWARD HENRY SOSA CORI

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES / INDICADORES	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN Y MUESTRA
Problema General: ¿Cómo realizar un análisis geotécnico aplicado al diseño de cimentaciones superficiales en viviendas unifamiliares en la zona alta del centro poblado de Jancao? **Problemas Específicos:** ¿Cómo determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo para el diseño de cimentaciones superficiales en viviendas unifamiliares en la zona alta del centro poblado de Jancao? ¿Cómo determinar la capacidad portante admisible del suelo en el	**Objetivo General:** Realizar un análisis geotécnico aplicado al diseño de cimentaciones superficiales en viviendas unifamiliares en la zona alta del centro poblado de Jancao. **Objetivos Específicos:** Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo para el diseño de cimentaciones superficiales en viviendas unifamiliares en la zona alta del Centro Poblado de Jancao. Determinar la capacidad portante admisible en	**Hipótesis General:** El análisis geotécnico proporciona información relevante del suelo para diseñar correctamente las cimentaciones superficiales en la zona alta del centro poblado de Jancao **Hipótesis Específicas:** **HE1.** Las propiedades físicas y mecánicas del suelo intervienen en el diseño de cimentaciones superficiales en viviendas unifamiliares en la zona alta del centro poblado de Jancao. **HE2.** La capacidad de carga admisible del suelo es determinante para el	**Variable Independiente:** Análisis Geotécnico **Dimensión:** Propiedades Físicas y Mecánicas. **Indicadores:** Análisis Granulométrico Limite Líquido y Plástico Peso especifico Contenido de Humedad Corte directo **Dimensión:** Tipo de suelo **Indicadores:** Clasificación SUCS. **Dimensión:** Capacidad de carga ultima **Indicadores:** Metodología de Terzaghi Metodología de Meyerhof **Variable Dependiente:** Diseño de cimentaciones	**Tipo de Investigación Enfoque** Cuantitativo. **Alcance o Nivel** Descriptivo. **Diseño de la Investigación** No Experimental en su forma transversal, debido a que se realizó con los resultados que se obtuvieron de los ensayos de laboratorio para cada una de	**Población:** En la presente investigación la población estuvo constituida por la zona alta del centro poblado de Jancao con un área superficial de 148,746.35 m2 (14ha 8,746.35 m2). **MUESTRA:** En esta investigación se analizó como muestra, la Urb. Cristo Rey perteneciente a la zona Alta del centro poblado menor de Jancao, ubicado exactamente entre la Av. San Marcos (antigua carretera central) y la Av.

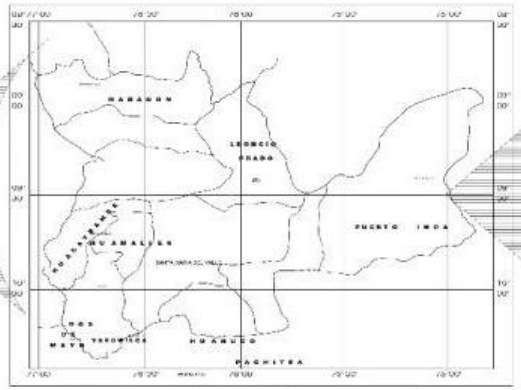
diseño de cimentaciones superficiales en viviendas unifamiliares en la zona alta del centro poblado de Jancao? ¿Cómo verificar las propuestas del diseño de cimentaciones superficiales en viviendas unifamiliares en la zona alta del centro poblado de Jancao?	base a los parámetros de resistencia del suelo para el diseño de cimentaciones superficiales en viviendas unifamiliares en la zona alta del centro poblado de Jancao. Proponer un tipo de cimentación estándar para el diseño de cimentaciones superficiales en viviendas unifamiliares en la zona alta del centro poblado de Jancao.	diseño de cimentaciones superficiales en viviendas unifamiliares en la zona alta del centro poblado de Jancao. **HE3.** Las propuestas de diseño de cimentaciones superficiales modeladas en el software SAFE cumplen con la verificación del diseño por capacidad de carga y por asentamiento de acuerdo a lo establecido en el RNE Norma E.030 y E.0.50.	superficiales. **Dimensión:** Diseño de una cimentación superficial estándar **Indicadores:** Cargas de servicio Tipo de cimentación. Dimensionamiento de la cimentación Profundidad de Desplante Asentamiento	las muestras y un breve análisis de cada uno de ellos de acuerdo a lo establecido en la Norma Técnica Peruana.	Colectora, De acuerdo a lo indicado en la Tabla 6 de la (Norma Técnica E.050 Suelos y Cimentaciones, 2018) para Urbanizaciones destinadas a la construcción viviendas unifamiliares, se establece realizar como mínimo 03 puntos de investigación por cada hectárea de terreno. Por lo tanto, para un área de estudio de 12,791.63 m2 (1 ha 2791.63m2) se realizó 04 puntos de investigación(calicatas) a fin de llevar a cabo extracción de las muestras en campo. A partir de esta información se procedió a ejecutar el muestreo correspondiente de la investigación.

(ANEXO N°04)

MAPA SATELITAL DE UBICACIÓN DEL PROYECTO - PLANO PERIMÉTRICO

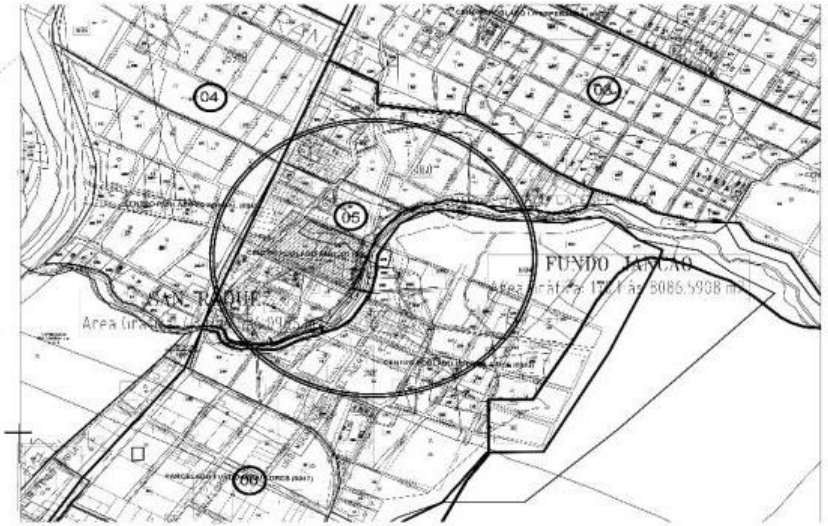
UBICACIÓN DEPARTAMENTAL

ESC. REFERENCIAL



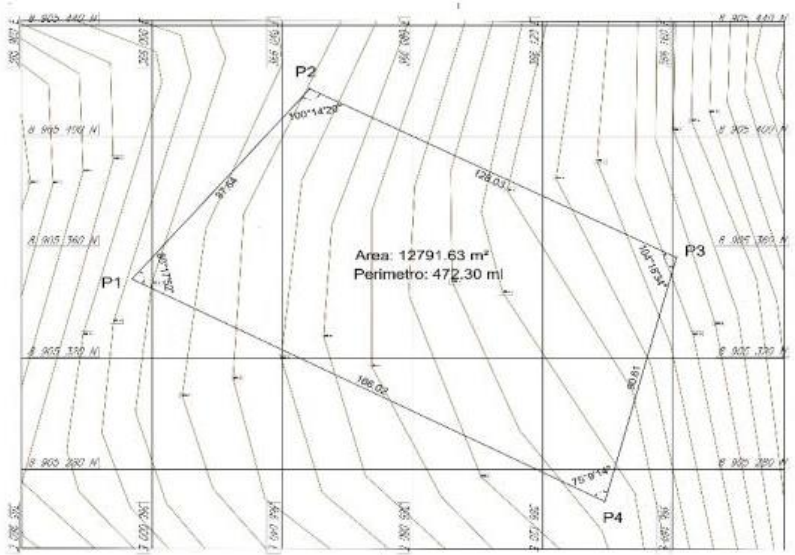
UBICACIÓN PROVINCIAL

ESC. REFERENCIAL



PLANO LOCALIZACIÓN

ESC. 1/2000



PLANO PERIMÉTRICO

ESC. 1/200

CUADRO DE AREAS Y PERIMETRO

CUADRO DE COORDENADAS UTM (WGS84)

VERTICE	LADO	DIST.	ANGULO	ESTE	NORTE
P1	P1 - P2	87.64	80°17'52"	365993.7902	8905348.6074
P2	P2 - P3	128.03	100°14'20"	366048.4462	8905417.1181
P3	P3 - P4	90.61	104°18'34"	366161.1322	8905356.3340
P4	P4 - P1	166.02	75°9'14"	366139.1597	8905268.4265

Area: 12791.63 m²
Area: 1.27916 ha
Perimetro: 472.30 ml

TABLA N° 6
NÚMERO DE PUNTOS DE INVESTIGACION

Tipo de edificación	Número de *puntos de investigación (n)*
A	1 cada 225 m²
B	1 cada 450 m²
C	1 cada 800 m²
Urbanizaciones para Viviendas Unifamiliares de hasta 3 pisos	3 por cada Ha. de terreno habilitado

(n) nunca será menor de 3.

TESIS: **"ANÁLISIS GEOTÉCNICO APLICADO AL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA ZONA ALTA DEL CENTRO POBLADO DE JANCAO DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO 2020"**

TESISTA: BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI

ASESOR: Mg. Sc. Alexander Reydar Lambruschini Espinoza

FACULTAD: E.A.P. Ingeniería Civil

PLANO: PLANO PERIMÉTRICO

UBICACION
DEPARTAMENTO: HUANUCO
PROVINCIA : HUANUCO
DISTRITO : AMARILIS
LUGAR : URB. CRISTO REY - C.P. Menor Jancao

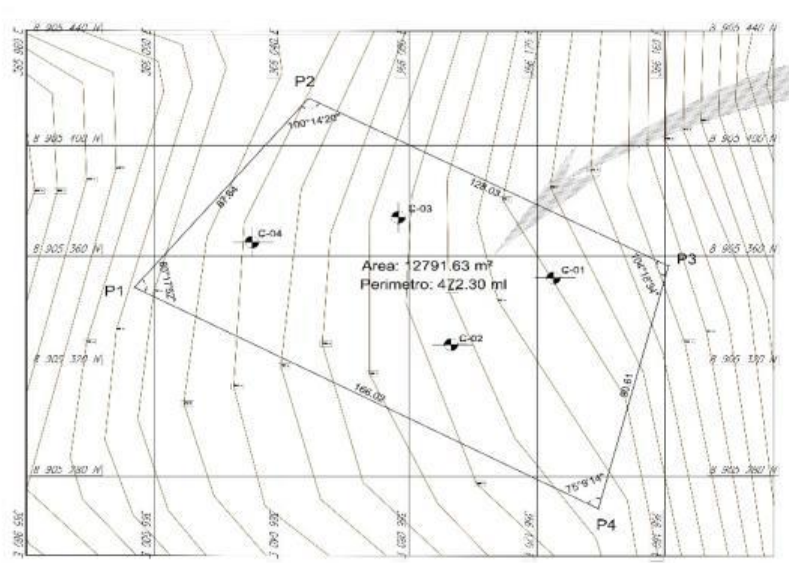
Escala: indicada

FECHA: DICIEMBRE - 2020

LAMINA: **ES-01**

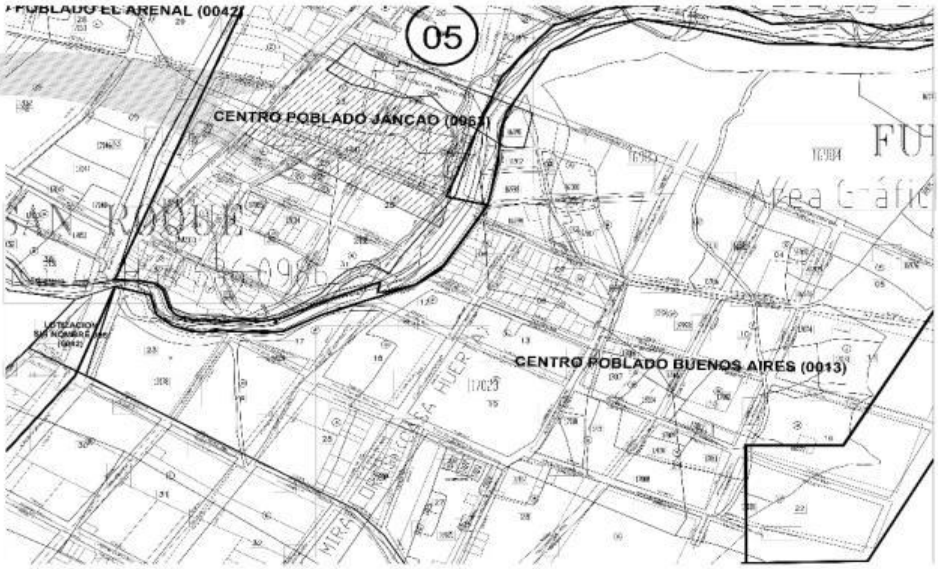
(ANEXO N°05)

PLANO DE UBICACIÓN DE LAS CALICATAS



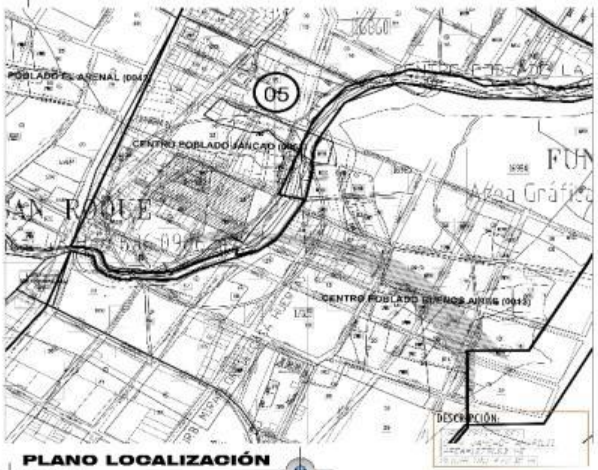
PLANO DE UBICACIÓN DE LAS CALICATAS

ESC. 1/500



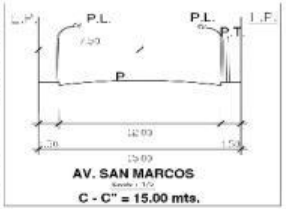
PLANO DE UBICACIÓN

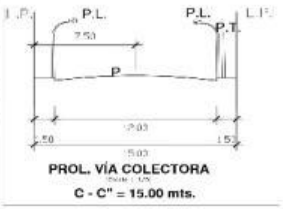
ESC. 1/500



PLANO LOCALIZACIÓN

ESC. 1/2500





CUADRO DE COORDENADAS (WGS84- UTM)

PUNTO	DESCRIPCIÓN	COORDENADA X	COORDENADA Y
1	CALICATA N°01	8905354.00	366128.00
2	CALICATA N°02	8905329.00	366096.00
3	CALICATA N°03	8905376.00	366080.00
4	CALICATA N°04	8905367.00	366033.00

ÁREA TOTAL=12,791.63m2 PERIMETRO = 472.30 ml.

TABLA N° 6
NÚMERO DE PUNTOS DE INVESTIGACION

Tipo de edificación	Número de *puntos de investigación (n)*
A	1 cada 225 m²
B	1 cada 450 m²
C	1 cada 800 m²
Urbanizaciones para Viviendas Unifamiliares de hasta 3 pisos	3 por cada Ha. de terreno habilitado

(n) nunca será menor de 3.

TESIS: "ANÁLISIS GEOTÉCNICO APLICADO AL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA ZONA ALTA DEL CENTRO POBLADO DE JANCAO DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO 2020"

TESISTA: BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI

ASESOR: Mg. Sc. Alexander Reyder Lambruschini Espinoza

FACULTAD: E.A.P. Ingeniería Civil

PLANO: LOCALIZACIÓN - UBICACIÓN - UBICACIÓN DE LAS CALICATAS

UBICACION
DEPARTAMENTO: HUANUCO
PROVINCIA : HUANUCO
DISTRITO : AMARILIS
LUGAR : URB. CRISTO REY - C.P. Menor Jancao

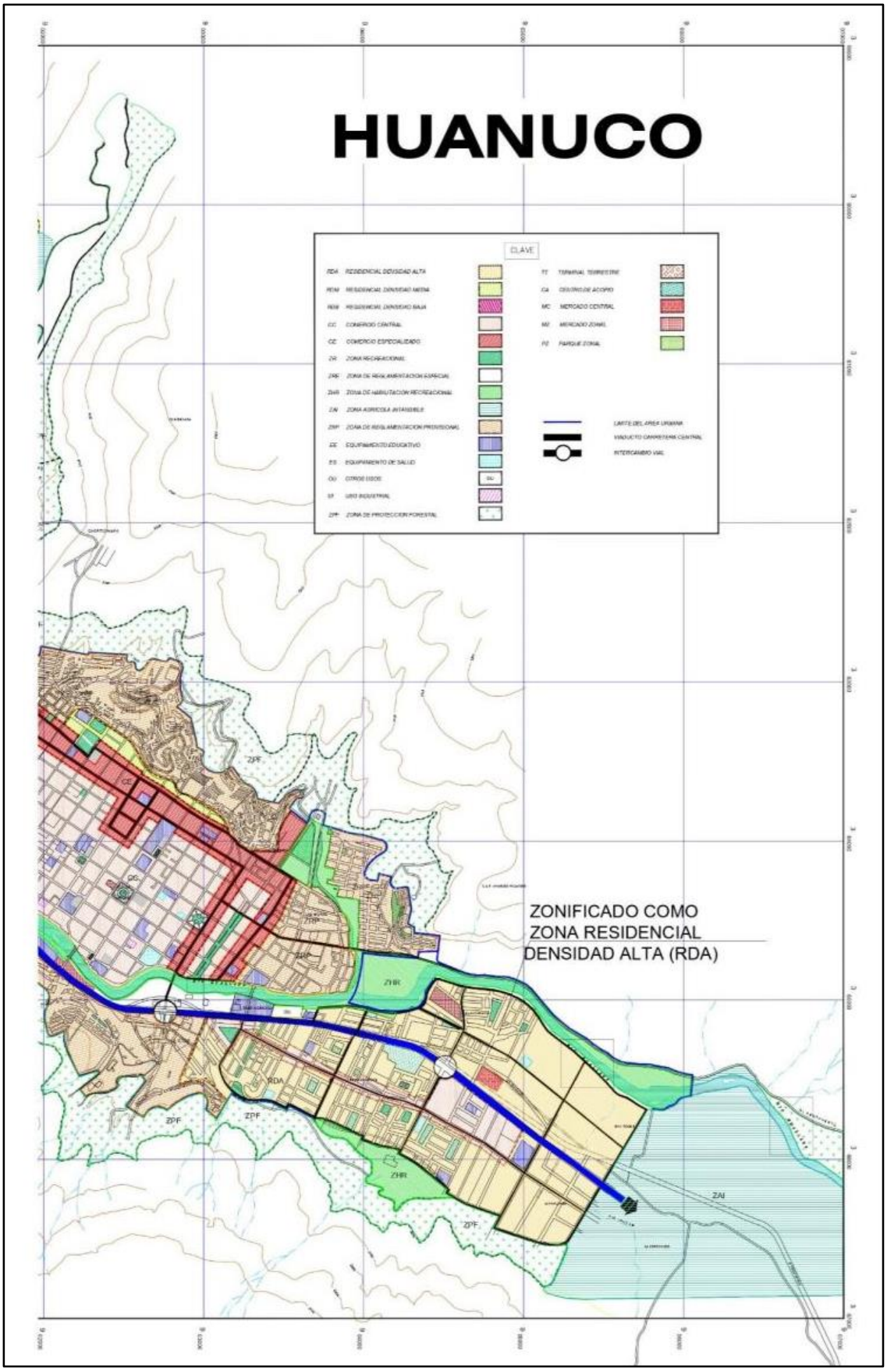
Escala: Indicada

FECHA: DICIEMBRE - 2020

LAMINA: ES-02

(ANEXO N°06)

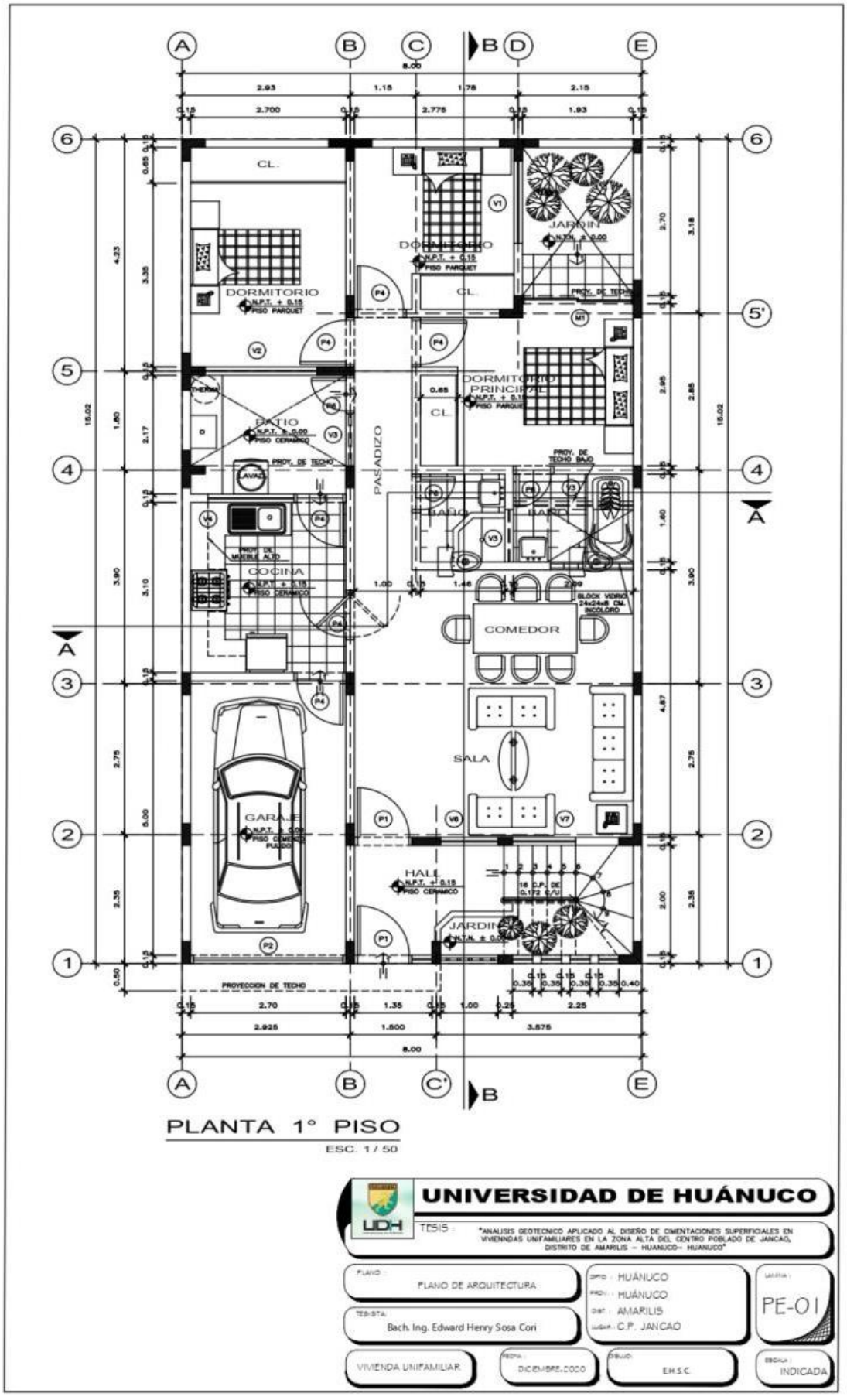
PLANO DE ZONIFICACIÓN (CENTRO POBLADO DE JANCAO - RESIDENCIAL DENSIDAD ALTA- RDA)

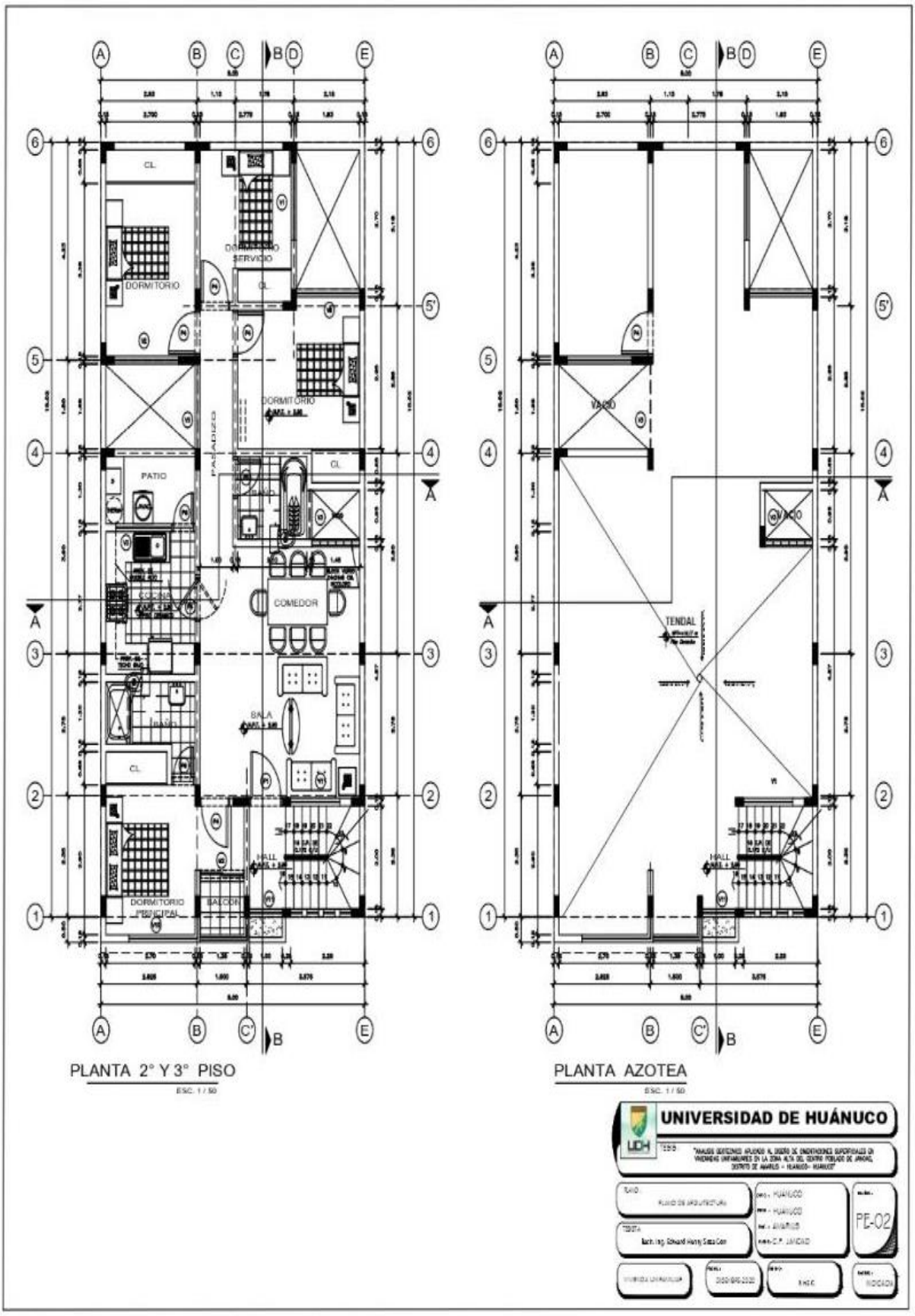


Fuente: Bibliocad - Plan Director MDPH

(ANEXO N°07)

PLANO ARQUITECTONICO DE LA EDIFICACIÓN (VIVIENDA UNIFAMILIAR).


PLANTA 1° PISO
ESC. 1 / 50
UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
TESIS : "ANALISIS GEOTECNICO APLICADO AL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA ZONA ALTA DEL CENTRO POBLADO DE JANCAO, DISTRITO DE AMARILIS – HUANUCO– HUANUCO"
PLANO : PLANO DE ARQUITECTURA
TESISTA : Bach. Ing. Edward Henry Sosa Cori
DPTO. : HUÁNUCO
PROV. : HUÁNUCO
DIST. : AMARILIS
LUGAR : C.P. JANCAO
LAMINA : PE-01
VIVIENDA UNIFAMILIAR
FECHA : DICIEMBRE-2020
DIBUJO : E.H.S.C.
ESCALA : INDICADA
DORMITORIO
DORMITORIO PRINCIPAL
PATIO
COCINA
COMEDOR
SALA
GARAJE
HALL
JARDIN
PASADIZO
BAÑO
CL.
PROY. DE TECHO
PROY. DE TECHO BAJO
PROYECCION DE TECHO
BLOCK VIDRIO 24x24x8 CM. INCOLORO


PLANTA 2° Y 3° PISO
ESC. 1 / 50
PLANTA AZOTEA
ESC. 1 / 50
UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
PE-02

(ANEXO N°08)

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA
APLICANDO EL MÉTODO DE TERZAGHI Y MEYERHOF

1. METODOLOGÍA DE TERZAGHI

❖ CALICATA N°01

Para la determinación de la capacidad de carga ultima y admisible se utilizaron los resultados obtenidos del estudio de mecánica de suelos y los parámetros de resistencia del suelo. Es importante precisar que el análisis se realizó tanto para cimiento corrido como para una zapata cuadrada de acuerdo a la metodología propuesta por Terzaghi.

Tabla 48.

Resumen de los valores obtenidos para el cálculo de la capacidad de carga ultima.

Parámetros y Nomenclatura del suelo		Valores
Peso específico del suelo (γ)		1.822 ton/m3
Angulo de fricción interna ($\emptyset$)		20.15°
Cohesión (c)		1.873 ton/m2
Ancho (B)	Cimiento corrido	0.60m
	Zapata cuadrada	1.50m
Largo (L)	Cimiento corrido	1.00m
	Zapata cuadrada	1.50m
Profundidad de Desplante (Df)	Cimiento corrido	1.20m
	Zapata cuadrada	1.50m
Factor de seguridad ($F.S$)		3.0

Fuente: Elaboración propia

PASO N°01. Determinación de los factores de capacidad de carga N_c, N_q y N_Y.

$N_q = \frac{e^{2\left(\frac{3\pi}{4}-\frac{\emptyset}{2}\right)*\tan\emptyset}}{2\cos 2(45+\frac{\emptyset}{2})}$; donde $e = 2.71828 \quad y \quad \pi = 3.1416$

De los resultados obtenidos del ensayo de corte directo para la calicata N°01 se tiene los siguientes valores: $\emptyset = 20.15\, y \quad c = 1.873$

$$N_q = \frac{2.71828^{2\left(\frac{3(3.1416)}{4}-\frac{20.15}{2}\right)*\tan 20.15}}{2\cos 2(45+\frac{20.15}{2})}$$

$N_q = 7.56$

$N_c = \cot 20.15\,(7.56-1)$

$N_c = 17.87$

$$N_\gamma = \frac{1}{2}\left(\frac{k_{py}}{cos^2\emptyset} - 1\right)\tan\emptyset \quad ; \quad donde \quad K_{p\gamma} = \frac{3tan^2(45 + \frac{\emptyset}{33°})}{2}$$

Entonces:

$$K_{p\gamma} = \frac{3tan^2(45 + \frac{20.15}{33°})}{2} = 27.0312$$

$$N_\gamma = \frac{1}{2}\left(\frac{27.0312}{cos^2 20.15} - 1\right)\tan 20.15$$

$N_\gamma = 5.44$

PASO N°02. Determinación de la capacidad de carga ultima y admisible para un cimiento corrido y zapata cuadrada, analizadas para una falla por corte general y local de acuerdo a lo propuesto por Terzaghi.

a) Para cimiento corrido: Falla por Corte General

- **Ecuación general de la capacidad de carga**

$qu = cN_C + qN_q + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma \ldots (1) \qquad ; q = \gamma * Df$

Reemplazamos los valores en la ecuación (1):

$$qu = 1.873 * 17.87 + 1.873 * 1.20 * 7.56 + \frac{1}{2} * 1.873 * 0.60 * 5.44$$

$qu = 53.00\ Ton/m2 \cong qu = 5.38\ Kg/cm2$

$$q_a = \frac{q_u}{F.S} = \frac{5.38\ Kg/cm2}{3} = 1.79\ Kg/cm2$$

b) Para zapata cuadrada: Falla por Corte General

$q_u = 1.3c´N_c + qN_q + 0.4\gamma BN_\gamma \ldots\ldots (2)$; $q = \gamma * Df$

Reemplazamos los valores en la ecuación (2):

$$q_u = 1.3 * 1.873 + 1.822 * 1.50 * 7.56 + 0.4 * 1.822 * 1.50 * 5.44$$

$q_u = 70.112\ Ton/m2 \cong qu = 7.12\ Kg/cm2$

$$q_a = \frac{q_u}{F.S} = \frac{7.12\ Kg/cm2}{3} = 2.37\ Kg/cm2$$

c) Para cimiento corrido: Falla por Corte Local

$$q_u = \frac{2}{3}c´N_c + qN_q + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma \ldots..(3) \qquad y \qquad q = \gamma * Df$$

Reemplazamos los valores en la ecuación (3):

$$q_u = \frac{2}{3}1.873 * 17.87 + 1.822 * 1.20 * 7.56 + \frac{1}{2} * 1.822 * 0.60 * 5.44$$

$$q_u = 41.80\ Ton/m2 \cong \quad qu = 4.25\ Kg/cm2$$

$$q_a = \frac{q_u}{F.S} = \frac{4.25\ Kg/cm2}{3} = 1.42\ Kg/cm2$$

d) Para zapata cuadrada: Falla por Corte Local

$$q_u = 0.867c´N_c + qN_q + 0.4\gamma BN_\gamma \ldots\ldots(4) \qquad y \qquad q = \gamma * Df$$

Reemplazamos los valores en la ecuación (4):

$$q_u = 0.867 * 1.873 * 17.87 + 1.822 * 1.50 * 7.56 + 0.4 * 1.822 * 1.50 * 5.44$$

$$q_u = 55.60\ Ton/m2 \cong \quad qu = 5.65\ Kg/cm2$$

$$q_a = \frac{q_u}{F.S} = \frac{5.65\ Kg/cm2}{3} = 1.88\ Kg/cm2$$

❖ CALICATA N°02

Tabla 49.

Resumen de los valores obtenidos para el cálculo de la capacidad de carga ultima

Parámetros y Nomenclatura del suelo		Valores
Peso específico del suelo (γ)		1.843 ton/m3
Angulo de fricción interna ($\emptyset$)		20.45°
Cohesión (c)		2.067 ton/m2
Ancho (B)	Cimiento corrido	0.60m
	Zapata cuadrada	1.50m
Largo (L)	Cimiento corrido	1.00m
	Zapata cuadrada	1.50m
Profundidad de Desplante (Df)	Cimiento corrido	1.20m
	Zapata cuadrada	1.50m
Factor de seguridad ($F.S$)		3.0

Fuente: Elaboración propia

PASO N°01. Determinación de los factores de capacidad de carga N_c, N_q y N_Y.

$N_q = \frac{e^{2\left(\frac{3\pi}{4}-\frac{\emptyset}{2}\right)*\tan\emptyset}}{2\cos 2(45+\frac{\emptyset}{2})}$; donde $e = 2.71828 \quad y \quad \pi = 3.1416$

De los resultados obtenidos del ensayo de corte directo para la calicata N°01 se tiene los siguientes valores: $\emptyset = 20.45\, y \quad c = 2.067$

$$N_q = \frac{2.71828^{2\left(\frac{3(3.1416)}{4}-\frac{20.45}{2}\right)*\tan 20.15}}{2\cos 2(45+\frac{20.45}{2})}$$

$$N_q = 7.80$$

$$N_c = \cot 20.45\,(7.80-1)$$

$$N_c = 18.23$$

$$N_\gamma = \frac{1}{2}\left(\frac{k_{py}}{cos^2\emptyset}-1\right)\tan\emptyset \quad ; \quad donde \quad K_{p\gamma} = \frac{3tan^2(45+\frac{\emptyset}{33°})}{2}$$

Entonces:

$$K_{p\gamma} = \frac{3tan^2(45+\frac{20.45}{33°})}{2} = 27.5091$$

$$N_\gamma = \frac{1}{2}\left(\frac{27.5091}{cos^2 20.45}-1\right)\tan 20.45$$

$$N_\gamma = 5.66$$

PASO N°02. Determinación de la capacidad de carga ultima y admisible para un cimiento corrido y zapata cuadrada, analizadas para una falla por corte general y local de acuerdo a lo propuesto por Terzaghi.

e) Para cimiento corrido: Falla por Corte General

$qu = cN_C + qN_q + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma \ldots (1) \qquad ; q = \gamma * Df$

Reemplazamos los valores en la ecuación (1):

$$qu = 2.067 * 18.23 + 1.843 * 1.20 * 7.80 + \frac{1}{2} * 1.843 * 0.60 * 5.66$$

$$qu = 58.10\ Ton/m2 \ \cong \quad qu = 5.90\ Kg/cm2$$

$$q_a = \frac{q_u}{F.S} = \frac{5.90\ Kg/cm2}{3} = 1.97\ Kg/cm2$$

f) Para zapata cuadrada: Falla por Corte General

$$q_u = 1.3c´N_c + qN_q + 0.4\gamma BN_\gamma \ldots\ldots (2)\ ;\ q = \ \gamma * Df$$

Reemplazamos los valores en la ecuación (2):

$$q_u = 1.3 * 2.067 + 1.843 * 1.50 * 7.80 + 0.4 * 1.843 * 1.50 * 5.66$$

$$q_u = 76.81\ Ton/m2 \cong \quad qu = 7.80 Kg/cm2$$

$$q_a = \frac{q_u}{F.S} = \frac{7.80\ Kg/cm2}{3} = 2.60\ Kg/cm2$$

g) Para cimiento corrido: Falla por Corte Local

$$q_u = \tfrac{2}{3}c´N_c + qN_q + \tfrac{1}{2}\gamma BN_\gamma \ldots\ldots (3) \quad y \quad q = \ \gamma * Df$$

Reemplazamos los valores en la ecuación (3):

$$q_u = \frac{2}{3}2.067 * 18.23 + 1.843 * 1.20 * 7.80 + \frac{1}{2} * 1.843 * 0.60 * 5.66$$

$$q_u = 45.50\ Ton/m2 \cong \quad qu = 4.62\ Kg/cm2$$

$$q_a = \frac{q_u}{F.S} = \frac{4.62\ Kg/cm2}{3} = 1.54\ Kg/cm2$$

h) Para zapata cuadrada: Falla por Corte Local

$$q_u = 0.867c´N_c + qN_q + 0.4\gamma BN_\gamma \ldots\ldots (4) \quad y \quad q = \ \gamma * Df$$

Reemplazamos los valores en la ecuación (4):

$$q_u = 0.867 * 2.067 * 18.23 + 1.843 * 1.50 * 7.80 + 0.4 * 1.843 * 1.50 * 5.66$$

$$q_u = 60.50\ Ton/m2 \cong \quad qu = 6.15\ Kg/cm2$$

$$q_a = \frac{q_u}{F.S} = \frac{6.15\ Kg/cm2}{3} = 2.05\ Kg/cm2$$

NOTA: Este mismo procedimiento se realizó para determinar la capacidad de carga ultima y admisible de las calicatas N°03 y N°04, aplicando la metodología propuesta por Terzaghi en función de los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio y posterior análisis de la cimentación (Nomenclatura y parámetros de resistencia del suelo), obteniendo así los siguientes resultados:

TERZAGHI	PARA UN CIMIENTO CORRIDO			
	Calicata N°01	Calicata N°02	Calicata N°03	Calicata N°04
	Falla por corte general			
Qu (Kg/cm2)	4.69 Kg/cm2	5.55 Kg/cm2	5.36 Kg/cm2	5.19 Kg/cm2
Qa (Kg/cm2)	1.67 Kg/cm2	1.85 Kg/cm2	1.79 Kg/cm2	1.73 Kg/cm2
	Falla por corte local			
Qu (Kg/cm2)	3.87 Kg/cm2	4.22 Kg/cm2	4.05 Kg/cm2	3.95 Kg/cm2
Qa (Kg/cm2)	1.29 Kg/cm2	1.41 Kg/cm2	1.35 Kg/cm2	1.32 Kg/cm2

TERZAGHI	PARA UNA ZAPATA CUADRADA			
	Calicata N°01	Calicata N°02	Calicata N°03	Calicata N°04
	Falla por corte general			
Qu (Kg/cm2)	7.12Kg/cm2	6.81 Kg/cm2	7.49 Kg/cm2	7.29 Kg/cm2
Qa (Kg/cm2)	2.37 Kg/cm2	2.27 Kg/cm2	2.50 Kg/cm2	2.43 Kg/cm2
	Falla por corte local			
Qu (Kg/cm2)	5.65 Kg/cm2	6.15 Kg/cm2	5.85 Kg/cm2	5.76 Kg/cm2
Qa (Kg/cm2)	1.88 Kg/cm2	2.05 Kg/cm2	1.95 Kg/cm2	1.92 Kg/cm2

2. METODOLOGÍA DE MEYERHOF

❖ CALICATA N°03

Tabla 50.

Resumen de los valores obtenidos para el cálculo de la capacidad de carga ultima

Parámetros y Nomenclatura del suelo		Valores
Peso específico del suelo (γ)		1.839 ton/m3
Angulo de fricción interna (∅)		19.59°
Cohesión (c)		2.165 ton/m2
Ancho (B)	Cimiento corrido	0.60m
	Zapata cuadrada	1.50m
Largo (L)	Cimiento corrido	1.00m
	Zapata cuadrada	1.50m
Profundidad de Desplante (Df)	Cimiento corrido	1.20m
	Zapata cuadrada	1.50m
Factor de seguridad $(F.S)$		3.0

Fuente: Elaboración propia

i) Para cimiento corrido:

$$qu = cN_C F_{cs} F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2}\gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i} \dots (1) \quad ; q = \gamma * Df$$

PASO N°01. Determinación de los factores de capacidad de carga $\mathrm{N_c}$, $\mathrm{N_q}$ y $\mathrm{N_Y}$, los factores de forma, profundidad e inclinación. Donde $e = 2.71828$ y $\pi = 3.1416$

Factores de capacidad de carga

$$Nq = tan^2\left(45 + \frac{\emptyset}{2}\right) * e^{\pi \tan \emptyset}$$

$$Nq = tan^2\left(45 + \frac{19.59}{2}\right) * 2.71828^{3.1416 \tan 19.59}$$

$$Nq = 6.14$$

$$N_c = \cot 19.59\,(6.14 - 1)$$

$$N_c = 14.46$$

$$N_\gamma = 2(14.46 + 1)tan19.59$$

$$N_\gamma = 5.09$$

Factores de forma

$$F_{cs} = 1 + \frac{N_q}{N_c} * \frac{B}{L}$$

$$F_{cs} = 1 + \frac{6.14}{14.46} * \frac{0.60}{1.00} = 1.255$$

$$F_{qs} = 1 + \frac{B}{L} * tan\emptyset$$

$$F_{qs} = 1 + \frac{0.60}{1.00} * tan19.59 = 1.213$$

$$F_{ys} = 1 + 0.4 * \frac{B}{L}$$

$$F_{ys} = 1 + 0.4 * \frac{0.60}{1.00} = 0.76$$

Factores de profundidad

$\boldsymbol{Si\ \frac{D_f}{B} > 1}$**:**

$\boldsymbol{Para\ \emptyset' > 0}$**:**

$$F_{qd} = 1 + 2tan\emptyset * (1 - \sin\emptyset)^2 * \ tan^{-1}\left(\frac{D_f}{B}\right)$$

$$F_{qd} = 1 + 2tan19.59 * (1 - \sin 19.59)^2 * \ tan^{-1}\left(\frac{1.20}{0.60}\right)$$

$$F_{qd} = 1.629$$

$$F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c tan\emptyset}$$

$$F_{cd} = 1.629 - \frac{1 - 1.629}{14.46\ tan19.59} = 1.751$$

$$F_{yd} = 1; para\ cualquier\ valor\ de\ \emptyset$$

Factores de inclinación

Los valores de F_{qi}, F_{ci}, F_{yi} un valor de 1 al estar sometidos a una carga vertical.

PASO N°02. Determinación de la capacidad de carga ultima y admisible para un cimiento corrido de acuerdo a lo propuesto en la metodología de Meyerhof.

Reemplazamos los valores en la ecuación (1):

$$qu = 2.165 * 14.46 * 1.255 * 1.751 * 1 + 1.839 * 1.20 * 6.14 * 1.214 * 1.629 * 1 + 0.5 * 1.839 * 0.60 * 5.09 * 0.76 * 1 * 1$$

$$qu = 97.7\ Ton/m2 \ \cong \quad qu = 9.93\ Kg/cm2$$

$$q_a = \frac{q_u}{F.S} = \frac{9.93\ Kg/cm2}{3} = 3.31\ Kg/cm2$$

ii) Para zapata cuadrada

$$qu = cN_C F_{cs} F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2}\gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i} \ldots (2) \quad ;\ q = \gamma * Df$$

Factores de capacidad de carga

Los factores de capacidad de carga serán los mismos valores obtenidos para el cimiento corrido.

Factores de forma

$$F_{cs} = 1 + \frac{6.14}{14.46} * \frac{1.50}{1.50} = 1.425$$

$$F_{qs} = 1 + \frac{1.50}{1.50} * tan19.59 = 1.355$$

$$F_{ys} = 1 + 0.4 * \frac{1.50}{1.50} = 0.60$$

Factores de profundidad

$\boldsymbol{Si\ \frac{D_f}{B} > 1}$**:**

$\boldsymbol{Para\ \emptyset' > 0}$**:**

$$F_{qd} = 1 + 2tan19.59 * (1 - \sin 19.59)^2 * \ tan^{-1}\left(\frac{1.50}{1.50}\right)$$

$$F_{qd} = 1.314$$

$$F_{cd} = 1.314 - \frac{1 - 1.314}{14.46\ tan 19.59} = 1.375$$

$$F_{yd} = 1; para\ cualquier\ valor\ de\ \emptyset$$

Factores de inclinación

Los valores de F_{qi}, F_{ci}, F_{yi} un valor de 1 al estar sometidos a una carga vertical.

PASO N°02. Determinación de la capacidad de carga ultima y admisible para una zapata cuadrada de acuerdo a lo propuesto en la metodología de Meyerhof.

Reemplazamos los valores en la ecuación (2):

$$qu = 2.165 * 14.46 * 1.425 * 1.376 * 1 + 1.839 * 1.50 * 6.14 * 1.356 * 1.314 * 1 + 0.5 * 1.839 * 1.50 * 5.09 * 0.60 * 1 * 1$$

$$qu = 95.8\ Ton/m2\ \cong\ \ qu = 9.73\ Kg/cm2$$

$$q_a = \frac{q_u}{F.S} = \frac{9.73\ Kg/cm2}{3} = 3.24\ Kg/cm2$$

❖ CALICATA N°04

Tabla 51.

Resumen de los valores obtenidos para el cálculo de la capacidad de carga ultima

Parámetros y Nomenclatura del suelo		Valores
Peso específico del suelo (γ)		1.827 ton/m3
Angulo de fricción interna ($\emptyset$)		20.05°
Cohesión (c)		1.968 ton/m2
Ancho (B)	Cimiento corrido	0.60m
	Zapata cuadrada	1.50m
Largo (L)	Cimiento corrido	1.00m
	Zapata cuadrada	1.50m
Profundidad de Desplante (Df)	Cimiento corrido	1.20m
	Zapata cuadrada	1.50m
Factor de seguridad ($F.S$)		3.0

Fuente: Elaboración propia

iii) Para cimiento corrido:

$$qu = cN_C F_{cs} F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2}\gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i} \ldots (3) \quad ; q = \gamma * Df$$

PASO N°01. Determinación de los factores de capacidad de carga N_c, N_q y N_Y , los factores de forma, profundidad e inclinación. Donde $e = 2.71828$ y $\pi = 3.1416$.

Factores de capacidad de carga

$$Nq = tan^2\left(45 + \frac{20.05}{2}\right) * 2.71828^{3.1416 \tan 19.59}$$

$$Nq = 6.43$$

$$N_c = \cot 20.05\,(6.43 - 1)$$

$$N_c = 14.88$$

$$N_\gamma = 2(14.88 + 1)tan20.05$$

$$N_\gamma = 5.42$$

Factores de forma

$$F_{cs} = 1 + \frac{6.43}{14.88} * \frac{0.60}{1.00} = 1.259$$

$$F_{qs} = 1 + \frac{0.60}{1.00} * tan19.59 = 1.219$$

$$F_{ys} = 1 + 0.4 * \frac{0.60}{1.00} = 0.76$$

Factores de profundidad

$$\boldsymbol{Si\ \frac{D_f}{B} > 1:}$$

$$\boldsymbol{Para\ \emptyset' > 0:}$$

$$F_{qd} = 1 + 2tan19.59 * (1 - \sin 19.59)^2 * \ tan^{-1}\left(\frac{1.20}{0.60}\right)$$

$$F_{qd} = 1.630$$

$$F_{cd} = 1.630 - \frac{1 - 1.630}{14.88\ tan 19.59} = 1.747$$

$$F_{yd} = 1; para\ cualquier\ valor\ de\ \emptyset$$

Factores de inclinación

Los valores de F_{qi}, F_{ci}, F_{yi} un valor de 1 al estar sometidos a una carga vertical.

PASO N°02. Determinación de la capacidad de carga ultima y admisible para un cimiento corrido de acuerdo a lo propuesto en la metodología de Meyerhof.

Reemplazamos los valores en la ecuación (3):

$$qu = 1.968 * 14.88 * 1.259 * 1.747 * 1 + 1.827 * 1.20 * 6.43 * 1.219 * 1.630 * 1 + 0.5 * 1.827 * 0.60 * 5.42 * 0.76 * 1 * 1$$

$$qu = 94.7\ Ton/m2 \ \cong \quad qu = 9.62\ Kg/cm2$$

$$q_a = \frac{q_u}{F.S} = \frac{9.62\ Kg/cm2}{3} = 3.21\ Kg/cm2$$

ii) Para zapata cuadrada

$$qu = cN_C F_{cs} F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2}\gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i} \ldots (4) \quad ;\ q = \gamma * Df$$

Factores de capacidad de carga

Los factores de capacidad de carga serán los mismos valores obtenidos para el cimiento corrido.

Factores de forma

$$F_{cs} = 1 + \frac{6.14}{14.46} * \frac{1.50}{1.50} = 1.432$$

$$F_{qs} = 1 + \frac{1.50}{1.50} * tan 19.59 = 1.365$$

$$F_{ys} = 1 + 0.4 * \frac{1.50}{1.50} = 0.60$$

Factores de profundidad

$\boldsymbol{Si\ \frac{D_f}{B} > 1}$**:**

$\boldsymbol{Para\ \emptyset' > 0}$**:**

$$F_{qd} = 1 + 2tan19.59 * (1 - \sin 19.59)^2 * \ tan^{-1}\left(\frac{1.50}{1.50}\right)$$

$$F_{qd} = 1.315$$

$$F_{cd} = 1.314 - \frac{1 - 1.315}{14.88\ tan19.59} = 1.373$$

$$F_{yd} = 1; para\ cualquier\ valor\ de\ \emptyset$$

Factores de inclinación

Los valores de F_{qi}, F_{ci}, F_{yi} un valor de 1 al estar sometidos a una carga vertical.

PASO N°02. Determinación de la capacidad de carga ultima y admisible para una zapata cuadrada de acuerdo a lo propuesto en la metodología de Meyerhof.

Reemplazamos los valores en la ecuación (4):

$$qu = 1.968 * 14.88 * 1.432 * 1.373 * 1 + 1.827 * 1.50 * 6.43 * 1.365 * 1.315 * 1 + 0.5 * 1.827 * 1.50 * 5.42 * 0.60 * 1 * 1$$

$$qu = 93.70\ Ton/m2\ \cong\ \ qu = 9.52\ Kg/cm2$$

$$q_a = \frac{q_u}{F.S} = \frac{9.52\ Kg/cm2}{3} = 3.17\ Kg/cm2$$

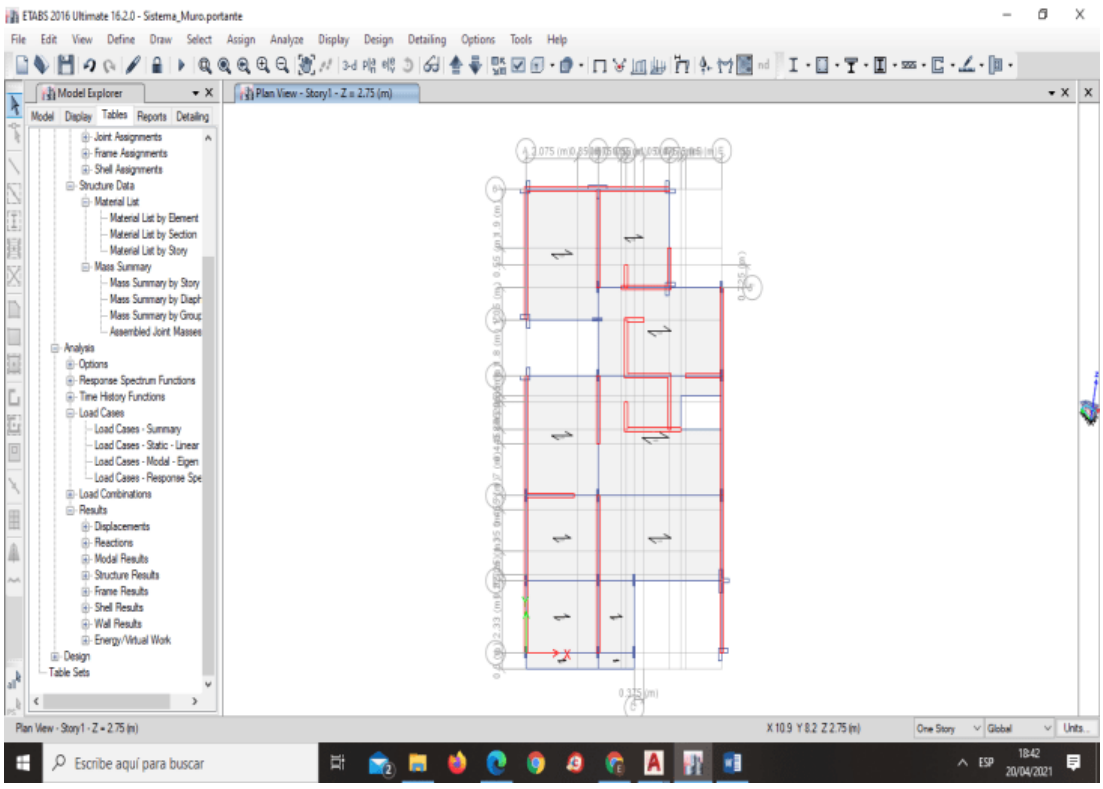
NOTA: Este mismo procedimiento se realizó para determinar la capacidad de carga ultima y admisible de las calicatas N°01 y N°02, aplicando la metodología propuesta por Meyerhof en función de los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio y posterior análisis de la cimentación (Nomenclatura y parámetros de resistencia del suelo), aplicando los factores de capacidad de carga, forma, profundidad e inclinación, obteniendo así los siguientes resultados:

MEYERHOF	PARA UN CIMIENTO CORRIDO			
	Calicata N°01	**Calicata N°02**	**Calicata N°03**	**Calicata N°04**
Qu (Kg/cm2)	9.37 Kg/cm2	10.14 Kg/cm2	9.93 Kg/cm2	9.62 Kg/cm2
Qa (Kg/cm2)	3.12 Kg/cm2	3.43 Kg/cm2	3.31 Kg/cm2	3.21 Kg/cm2
	PARA UNA ZAPATA CUADRADA			
	Calicata N°01	**Calicata N°02**	**Calicata N°03**	**Calicata N°04**
Qu (Kg/cm2)	9.31 Kg/cm2	10.20 Kg/cm2	9.73 Kg/cm2	9.52 Kg/cm2
Qa (Kg/cm2)	3.10 Kg/cm2	3.40 Kg/cm2	3.24 Kg/cm2	3.17 Kg/cm2

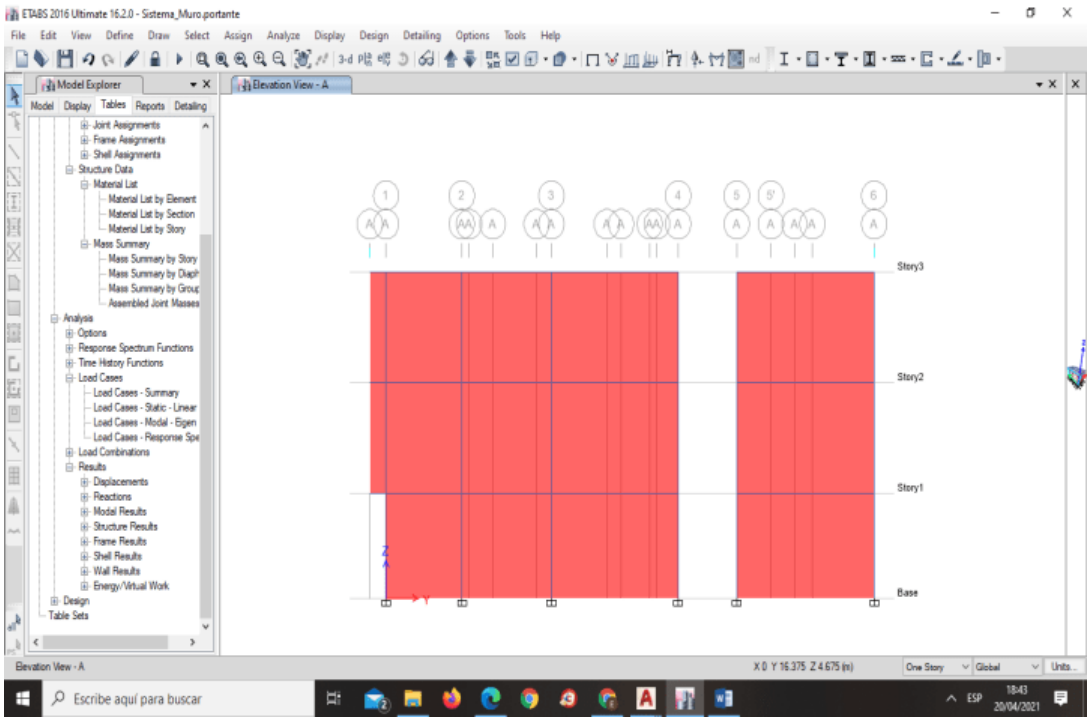
(ANEXO N°09)

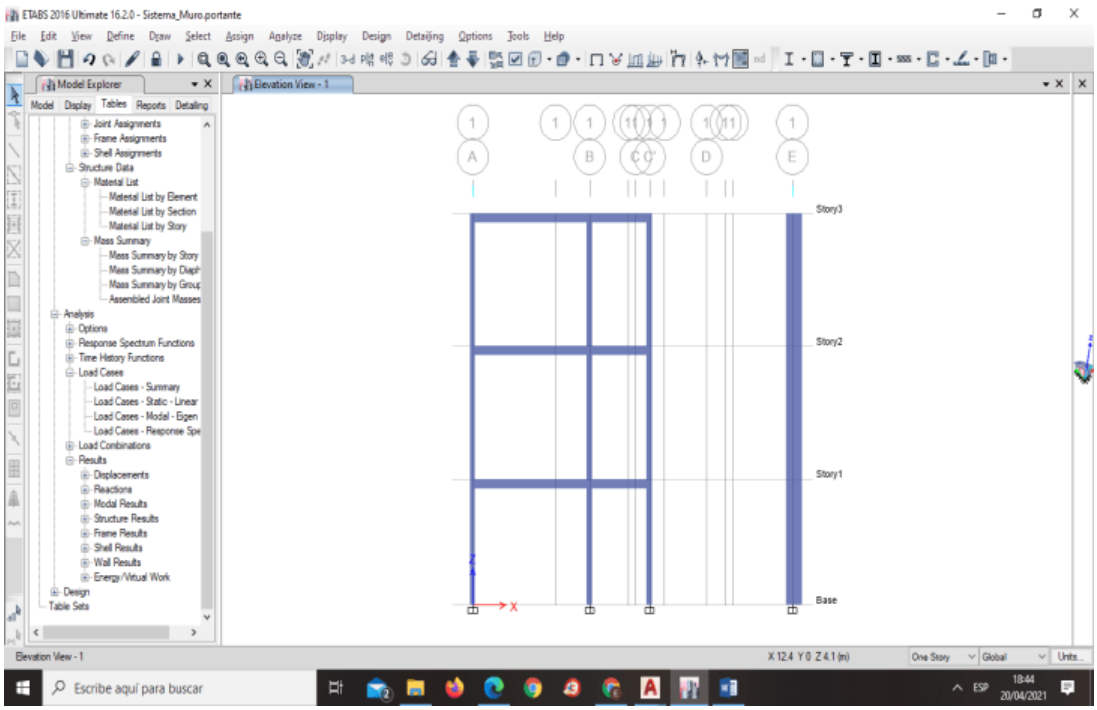
PROCESAMIENTO DE DATOS EN EL SOFTWARE ETABS

Anexo 9.1. Distribución en planta de la edificación de albañilería confinada.

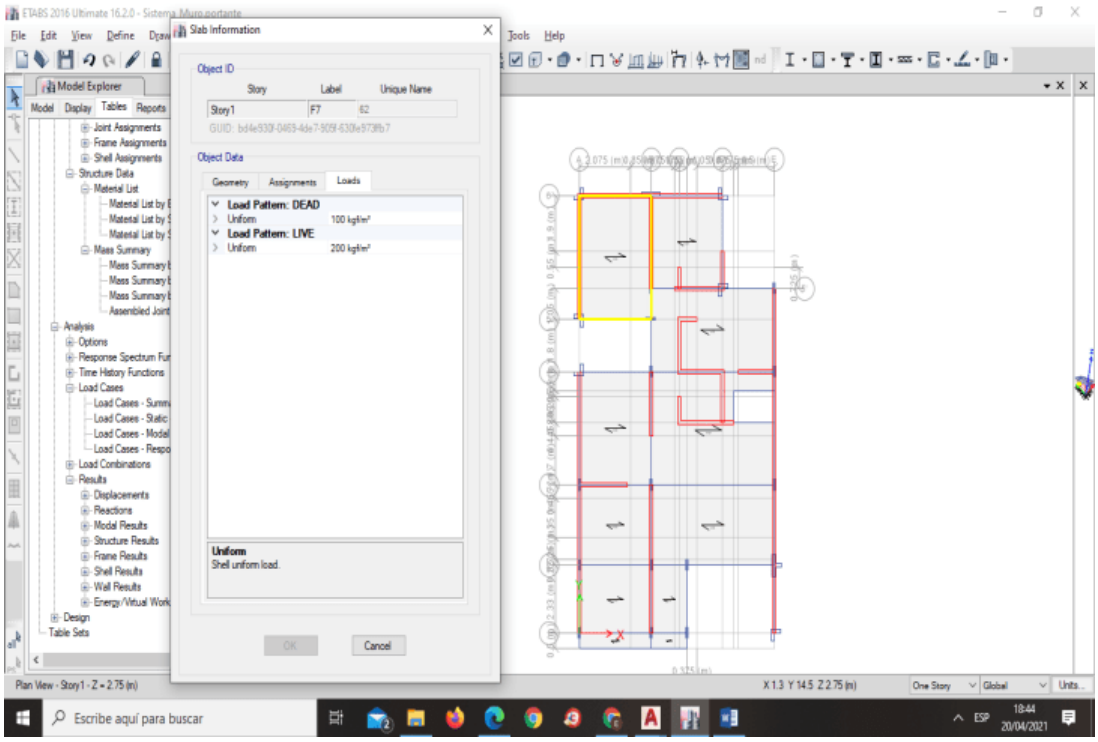


Anexo 9.2. Vista en elevación de la edificación de albañilería confinada

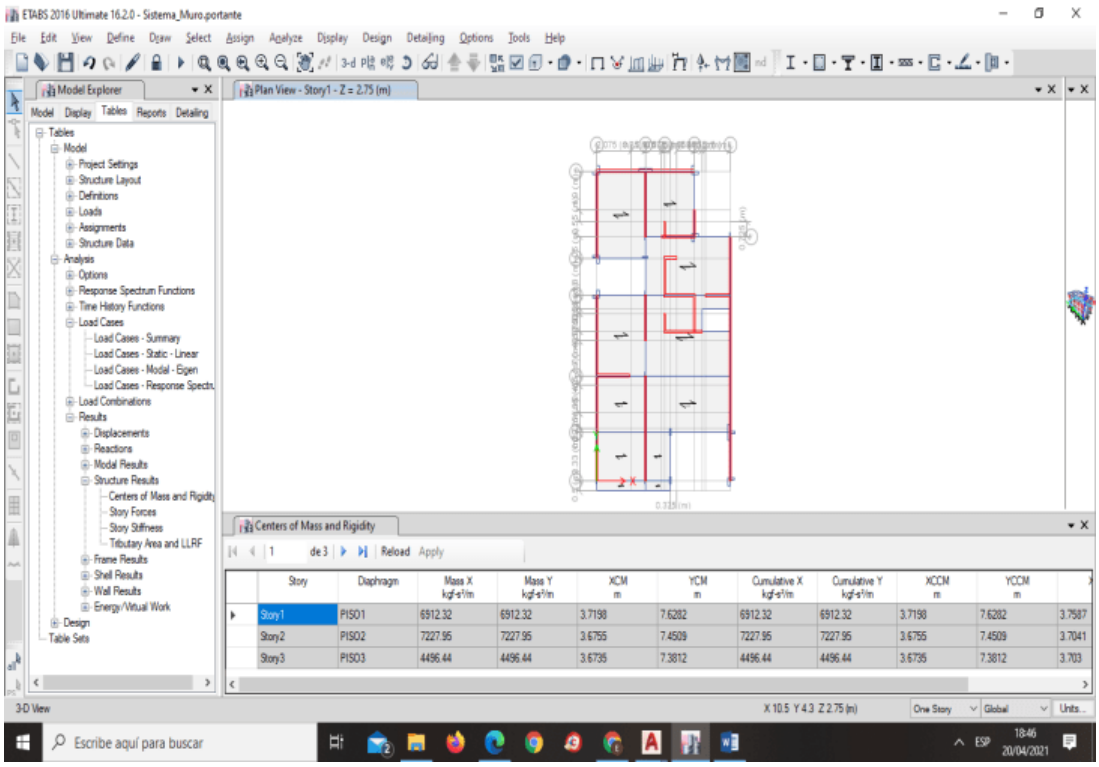




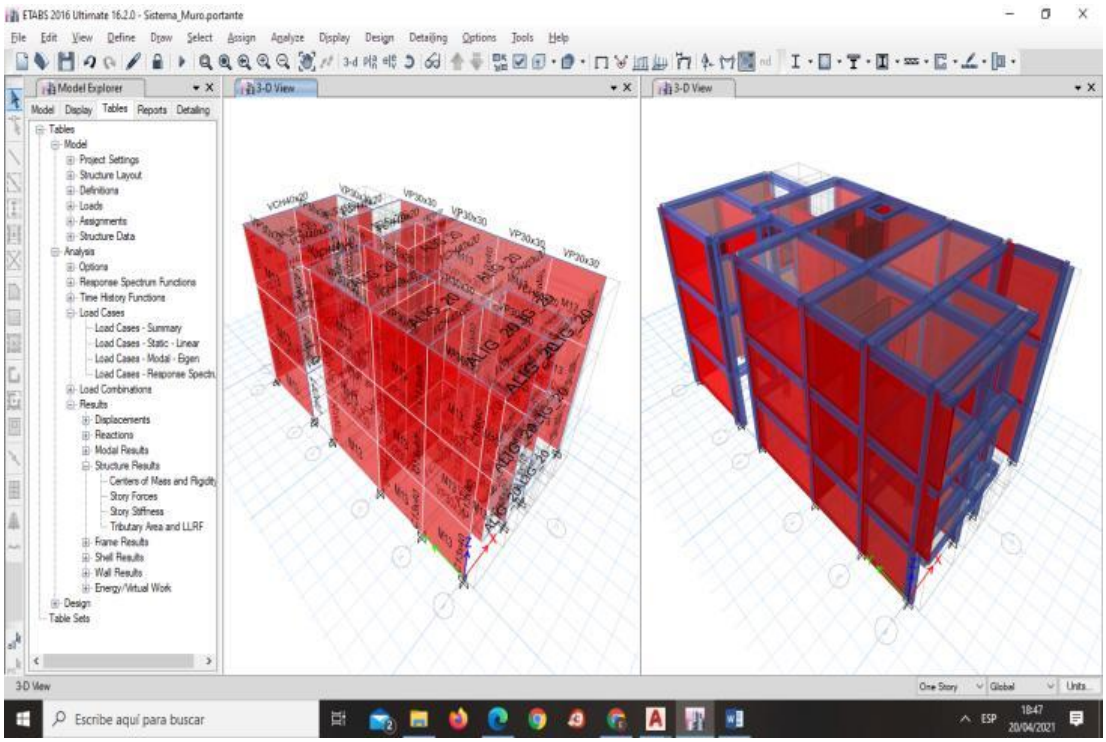
Anexo 9.3. Asignación de cargas y sobrecarga a la edificación de albañilería confinada.



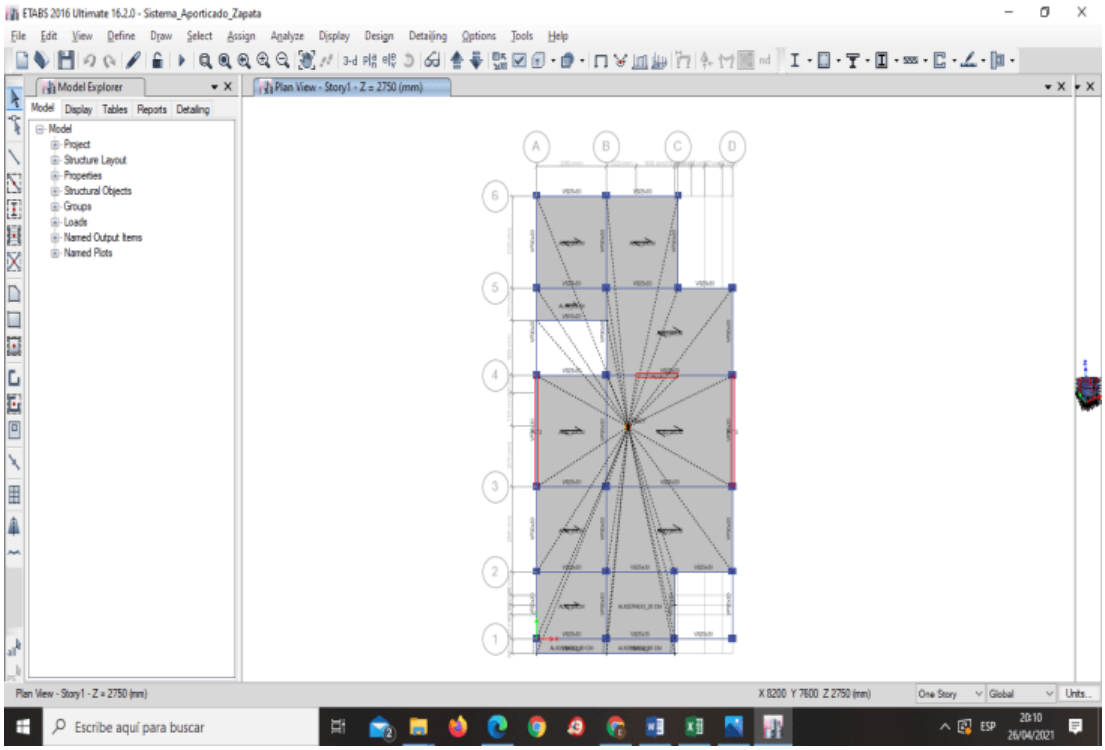
Anexo 9.4. Metrado de cargas por piso de la edificación de albañilería confinada.



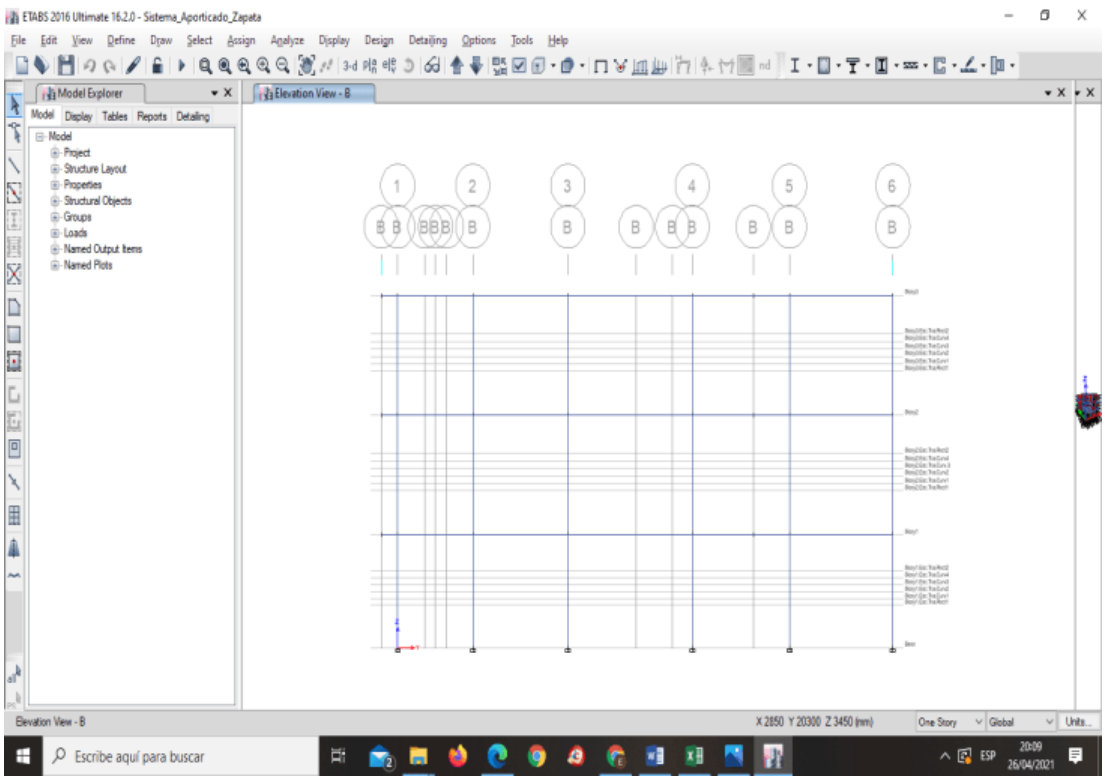
Anexo 9.5. Modelamiento final de la edificación de albañilería confinada con cimiento corrido.



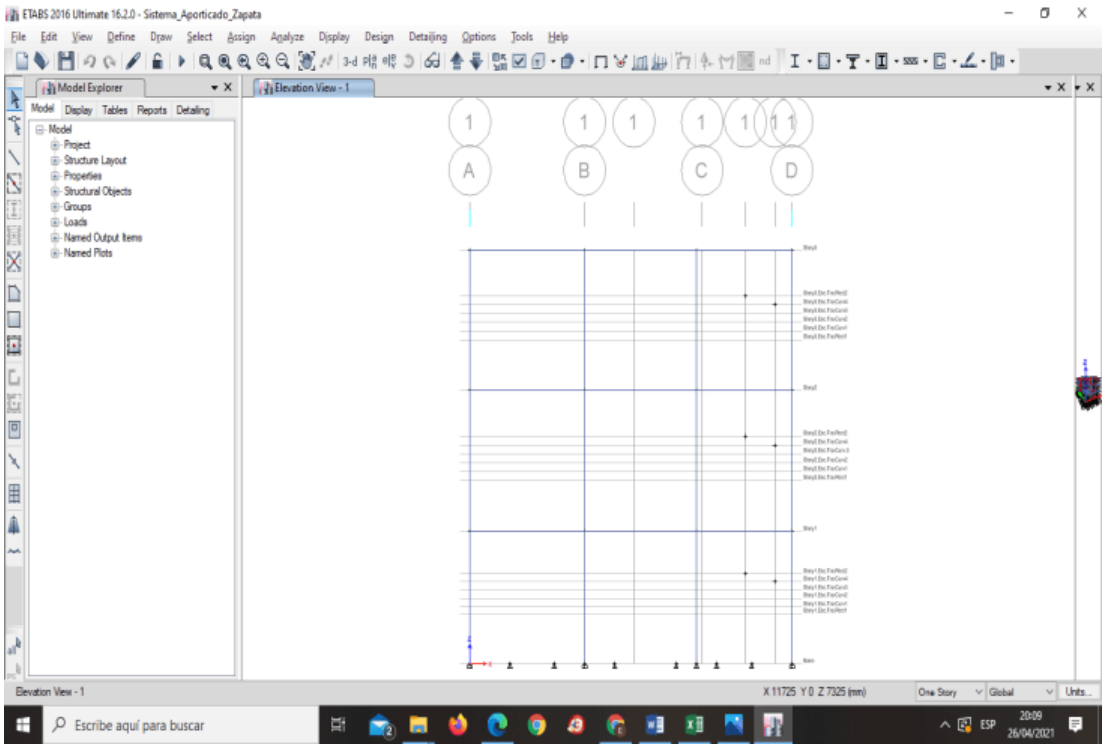
Anexo 9.6. Distribución en planta de la edificación de sistema aporticado.

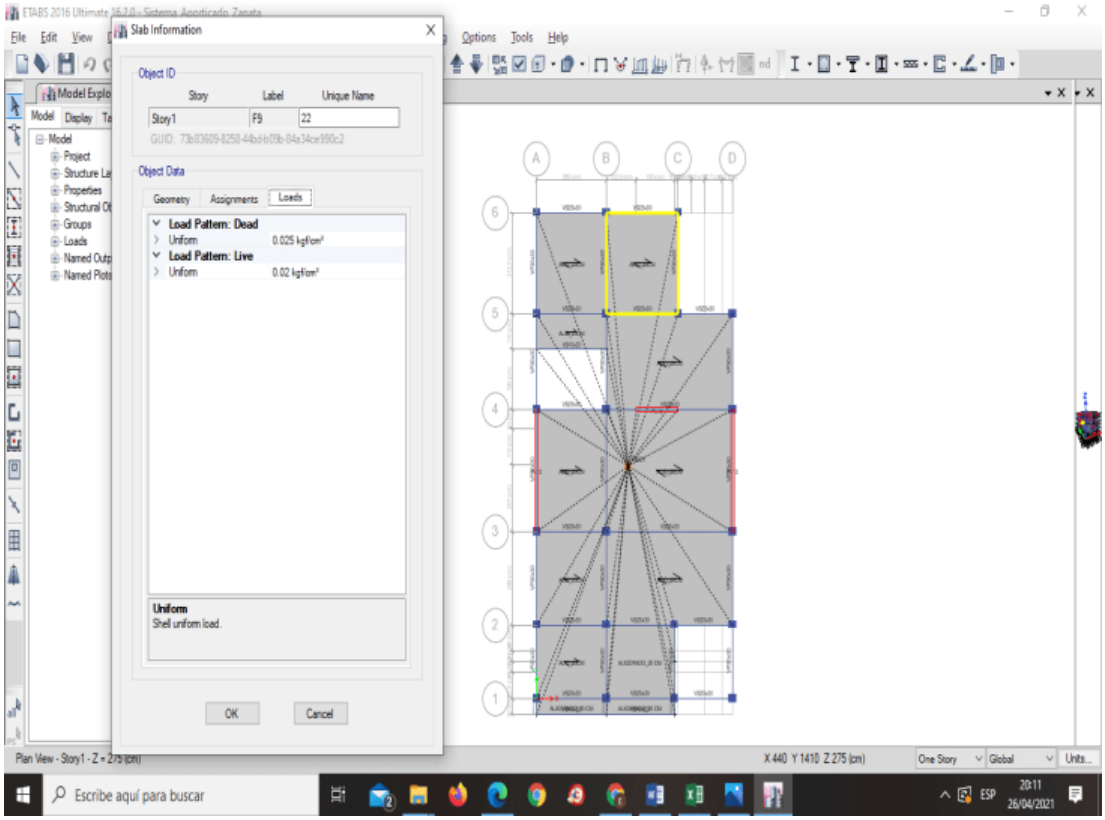


Anexo 9.7. Vista en elevación de la edificación de sistema aporticado.

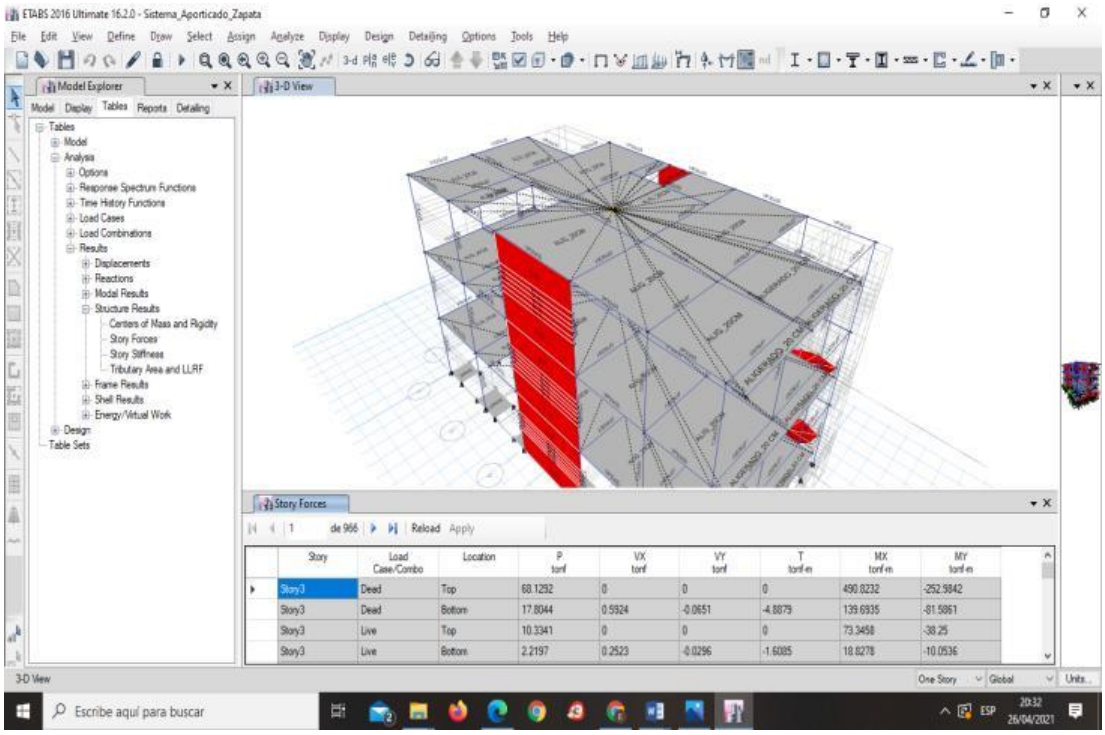


Anexo 9.8. Asignación de cargas y sobrecarga a la edificación.

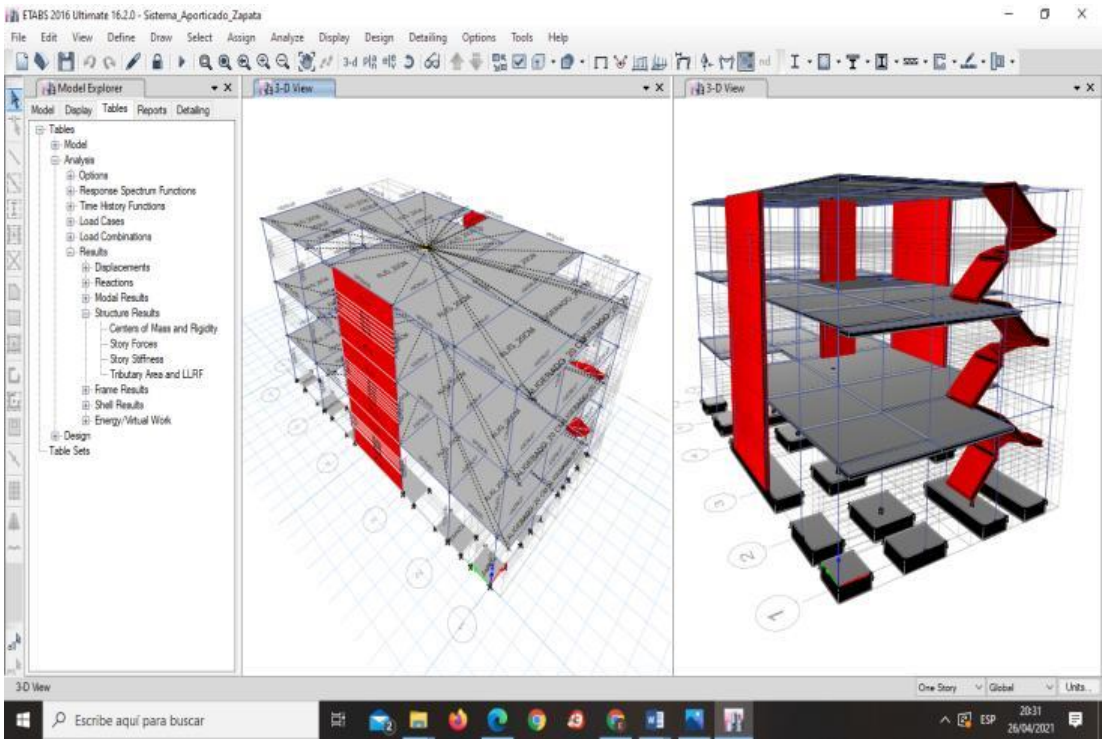




Anexo 9.9. Metrado de cargas por piso de la edificación aporticada.



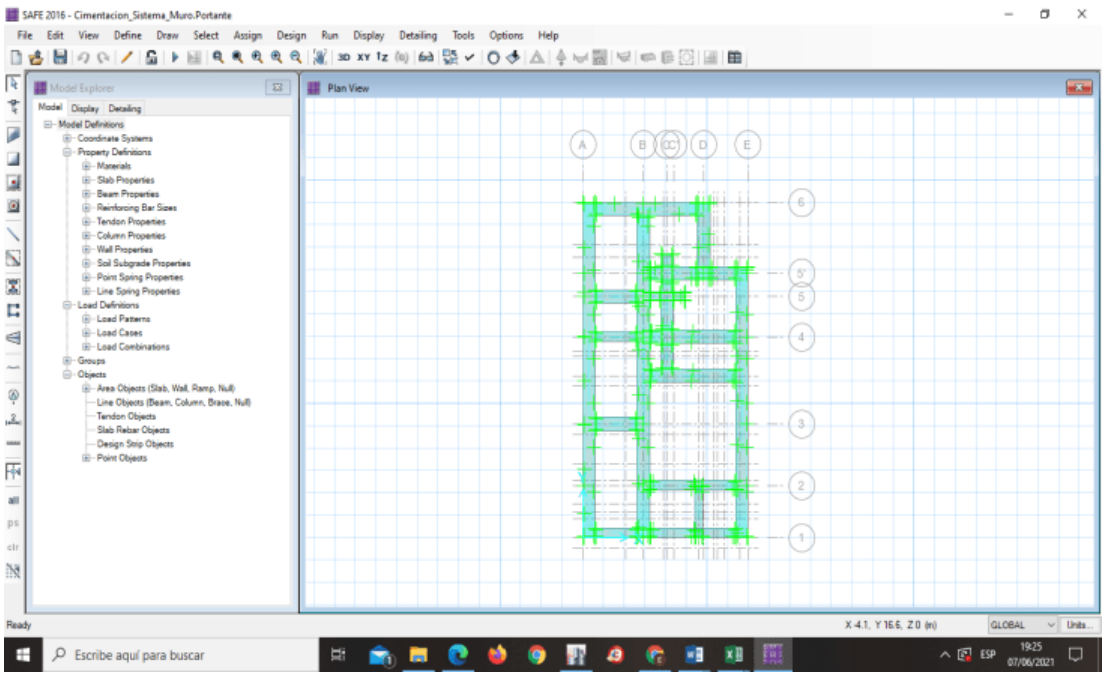
Anexo 9.10. Modelamiento final de la edificación de sistema aporticado con zapata cuadrada.



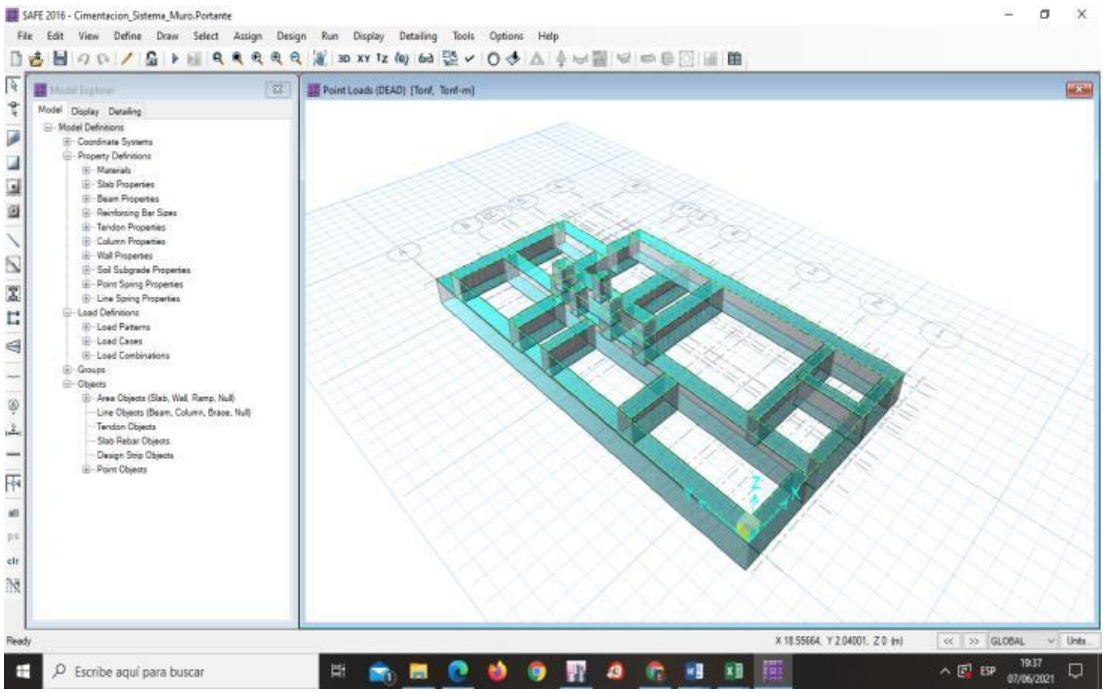
(ANEXO N°10)

PROCESAMIENTO DE DATOS EN EL SOFTWARE SAFE.

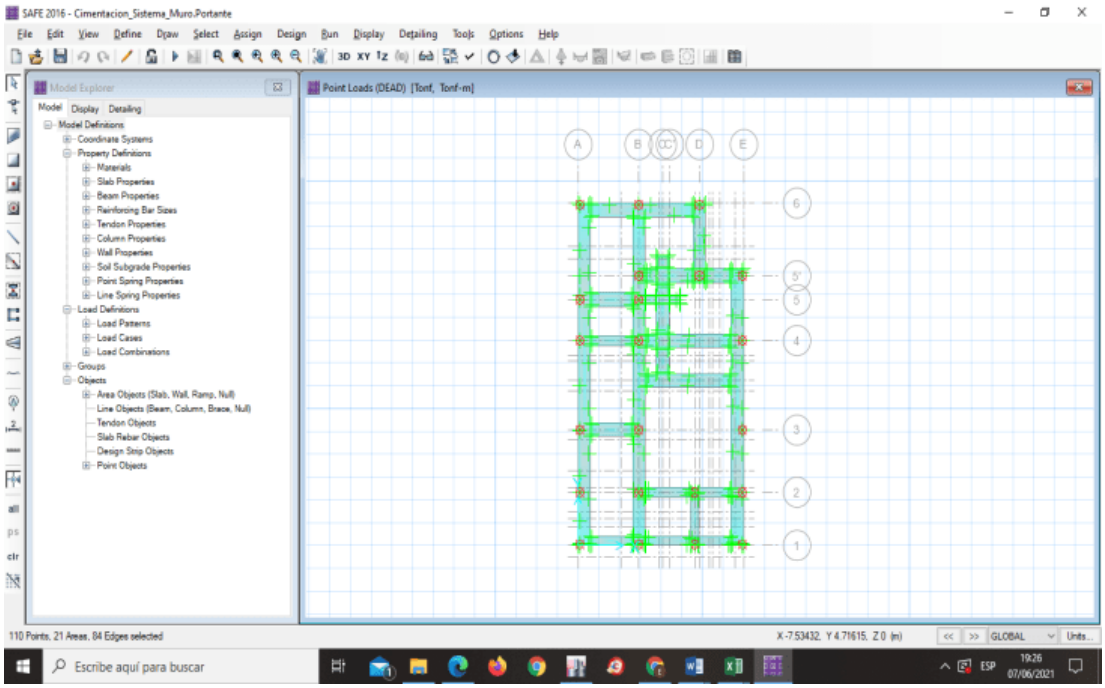
Anexo 10.1. Vista en planta del cimiento corrido para la edificación de muros portantes de albañilería confinada.



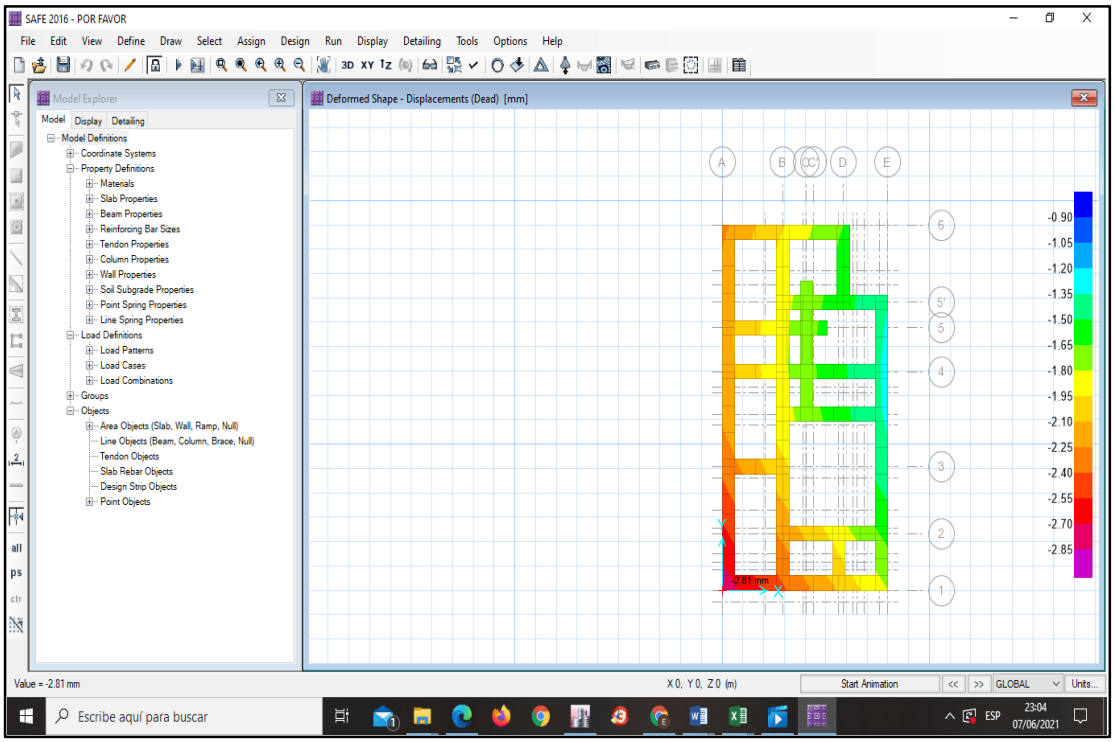
Anexo 10.2. Vista en 3D del cimiento corrido para la edificación de albañilería confinada.



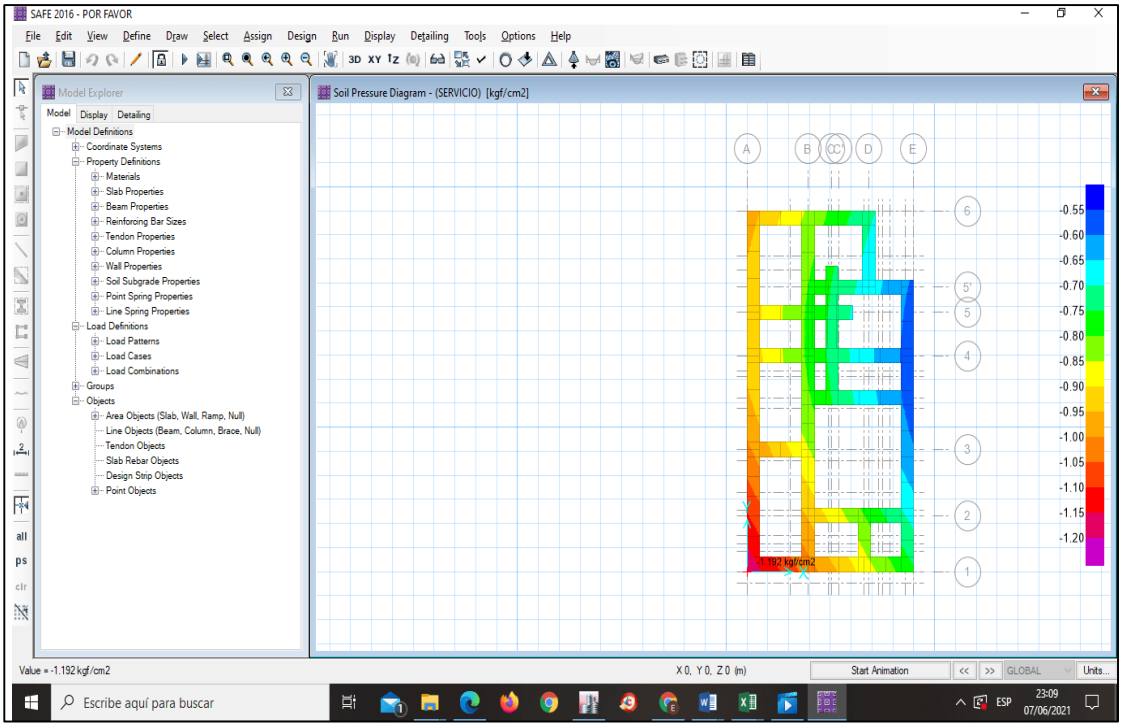
Anexo 10.3. Cargas exportadas desde el software Etabs v.16 al software SAFE v.16.



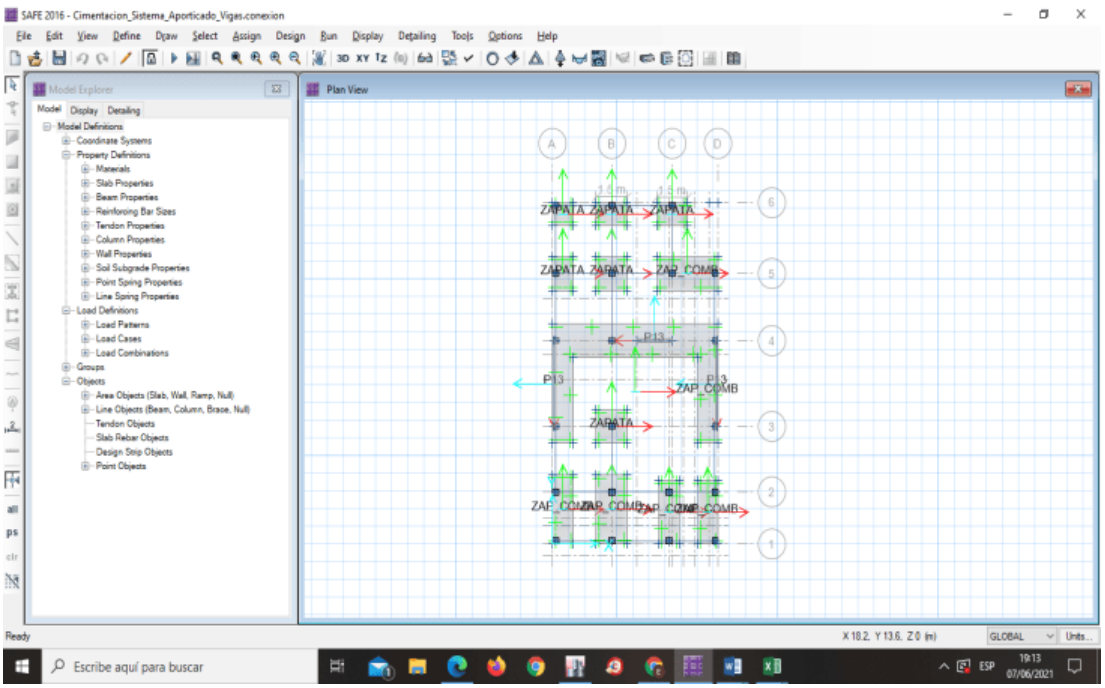
Anexo 10.4. Verificación de los asentamientos para la cimentación corrida.



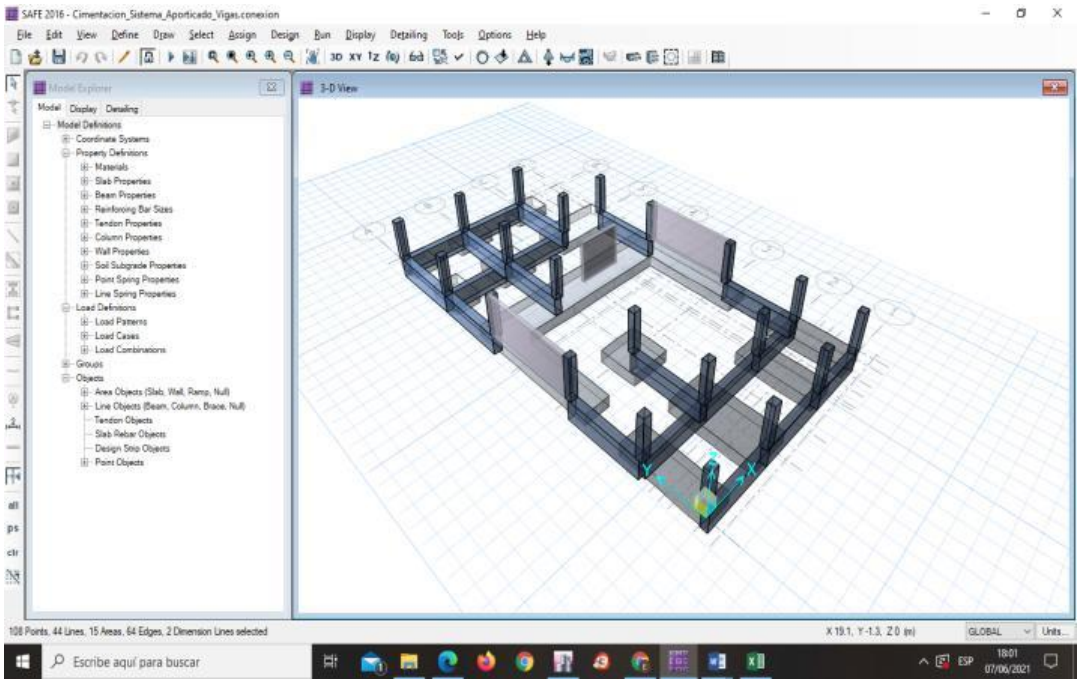
Anexo 10.5. Modelamiento final y verificación del cimiento corrido por capacidad de carga máxima.



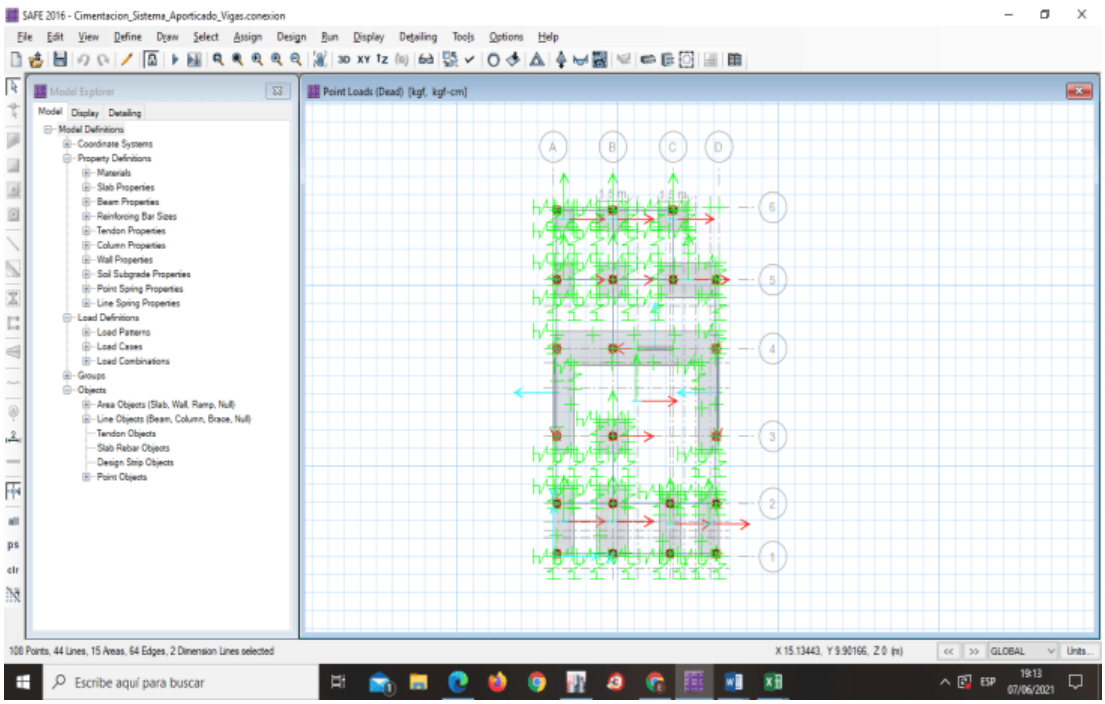
Anexo 10.6. Vista en planta de la cimentación (zapata cuadrada conectadas con vigas de cimentación) para la edificación aporticada.



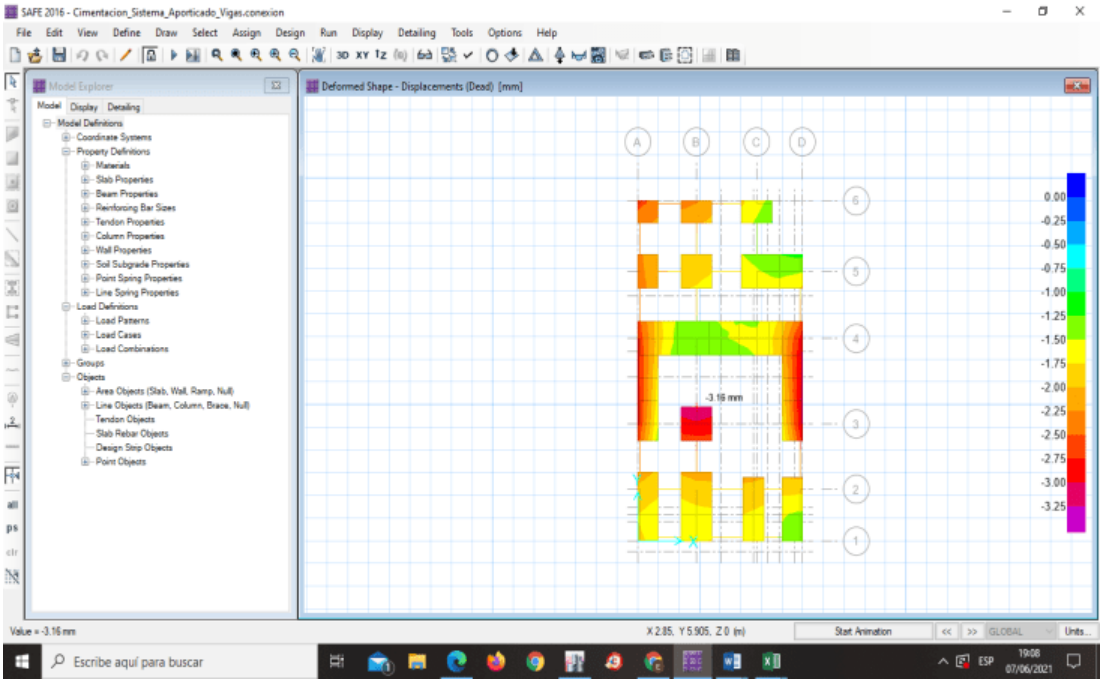
Anexo 10.7. Vista en 3D de la cimentación (zapatas cuadradas conectada con vigas de cimentación) para la edificación aporticada.



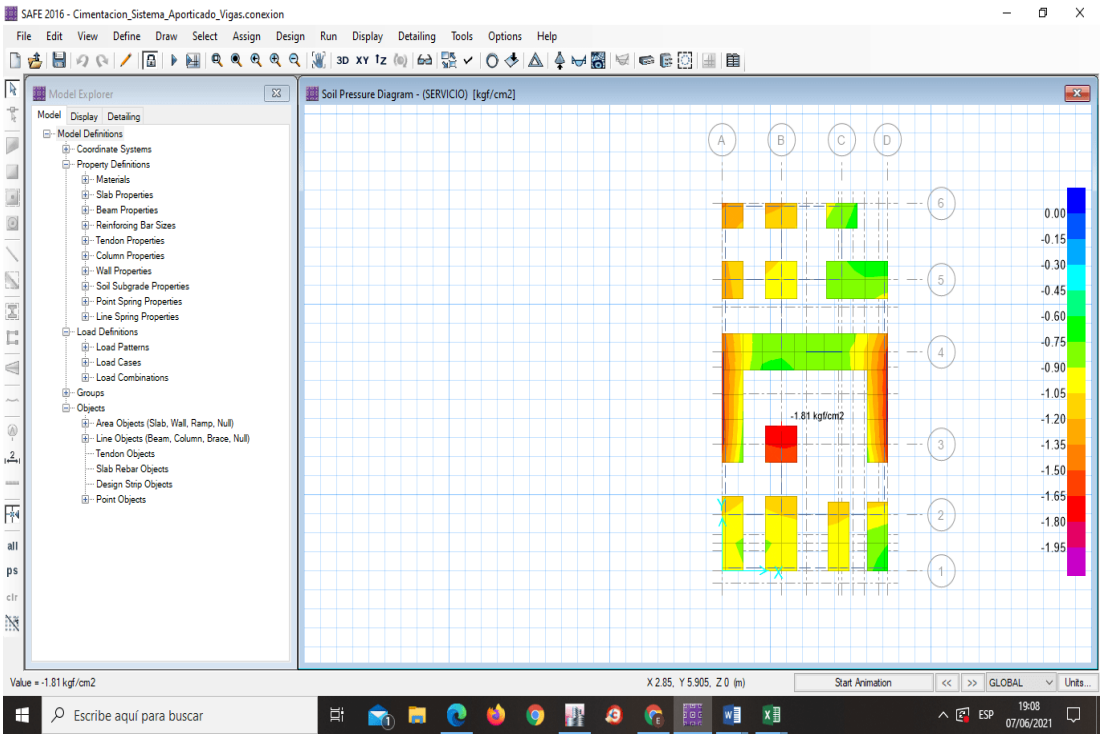
Anexo 10.8. Cargas exportadas desde el software Etabs v.16 al software SAFE v.16.



Anexo 10.9. Verificación de los asentamientos de la cimentación (zapatas cuadradas) para una edificación aporticada.



Anexo 10.10. Modelamiento final y verificación de la cimentación (zapatas cuadradas) por capacidad de carga máxima.



(ANEXO N°11)

RESULTADOS DEL TRABAJO DE LABORATORIO

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
LA PIRAMIDE E.I.R.L.
RUC Nº 20528905511

OF. PRINCIPAL : JR. LAS ORQUIDEAS N° 281-PAUCARBAMBILLA
SUCURSAL: JR. CHAVIN N° 104-PAUCARBAMBA; JR. TUPAC YUPANQUI N° 412 PAUCARBAMBA
TELEFONO 062-515187; CELULAR 962618006, 994880260

TESIS:	"ANÁLISIS GEOTÉCNICO APLICADO AL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA ZONA ALTA DEL CENTRO POBLADO DE JANCAO DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO 2020"	**UBICACIÓN:**	**DEPARTAMENTO :** HUÁNUCO **PROVINCIA:** HUÁNUCO **DISTRITO :** AMARILIS **LUGAR :** CC. PP. DE JANCAO

CALICATA :	C - 01	**TESISTA** :	BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI
MUESTRA :	M-01	**LABORATORISTA** :	BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI
PROFUNDIDAD :	3.00 MTS.	**ING.RESPONSABLE** :	PAUL SHADER ABAL HARO
NIVEL FREATICO :	NO SE ENCONTRO	**FECHA** :	02/11/2020

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

TAMIZ No	DIAMETRO (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	76.200	0.0	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.0	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.0	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	137.0	4.57	4.57	95.43
3/8"	9.525	145.0	4.83	9.40	90.60
No 4	4.760	244.0	8.13	17.53	82.47
No 10	2.000	172.0	5.73	23.27	76.73
No 16	1.300	194.0	6.47	29.73	70.27
No 20	0.840	139.0	4.63	34.37	65.63
No 30	0.590	158.0	5.27	39.63	60.37
No 40	0.426	145.0	4.83	44.47	55.53
No 50	0.297	120.0	4.00	48.47	51.53
No 60	0.250	142.0	4.73	53.20	46.80
No 100	0.149	159.0	5.30	58.50	41.50
No 200	0.074	188.0	6.27	64.77	35.23
CAZOLETA		1057.0	35.23	100.00	0.00

TAMAÑO MAXIMO = 1"

DESCRIPCION DEL SUELO

SUELO DE GRANO GRUESO, MEZCLA DE ARENAS CON ARCILLAS DE COLOR MARRON CREMOSO, TEXTURA ARENOSA, ESTRUCTURA DESMENUZABLE DE CONSISTENCIA DENSA, CON BAJA COHESION, SUELO SEMIPERMEABLE, CON PRESENCIA DE CLASTOS ROCOSOS.

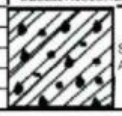
CLASIFICACION SUCS :		**SC**
CLASIFICACION AASHTO :	**A-2**	**A-2-6(1)**

MEZCLA DE ARENAS CON ARCILLAS DE MEDIANA PLASTICIDAD

CARACTERISTICAS DE LA FRACCION QUE PASA LA MALLA Nº 40

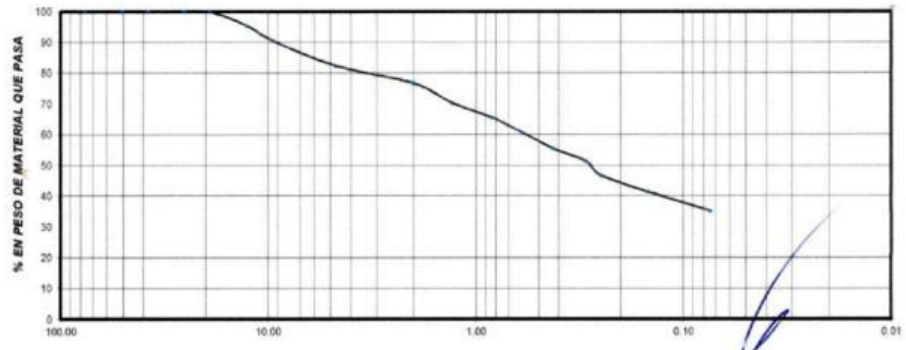
Limite Líquido	=	35.80%
Limite Plástico	=	22.10%
Indice de Plasticidad	=	13.70%

OBSERVACIONES :



SUELO DE GRANO GRUESO MEZCLA DE ARENAS CON ARCILLAS.

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



GRAVAS = 17.53 % ARENAS = 47.23 % FINOS = 35.23 %

TECNICO LABORATORISTA

Paúl Shader Abal Haro
INGENIERO CIVIL
Reg. Colegio de Ingenieros N° 60767

ING. RESPONSABLE

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
LA PIRAMIDE E.I.R.L.
RUC Nº 20528905511

OF. PRINCIPAL : JR. LAS ORQUIDEAS N° 281-PAUCARBAMBILLA
SUCURSAL: JR. CHAVIN N° 104-PAUCARBAMBA; JR. TUPAC YUPANQUI N° 412 PAUCARBAMBA
TELEFONO 062-515187; CELULAR 962618006, 994880260

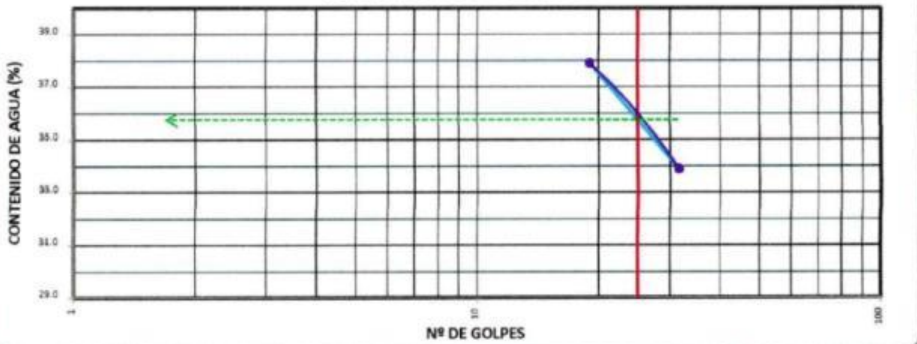
TESIS:	"ANÁLISIS GEOTÉCNICO APLICADO AL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA ZONA ALTA DEL CENTRO POBLADO DE JANCAO DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO 2020"	UBICACIÓN:	DEPARTAMENTO :	HUÁNUCO
			PROVINCIA:	HUÁNUCO
			DISTRITO :	AMARILIS
			LUGAR :	CC. PP. DE JANCAO

CALICATA	: C - 01	TESISTA :	BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI
MUESTRA	: M-01	LABORATORISTA :	BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI
PROFUNDIDAD	: 3.00 MTS.	ING.RESPONSABLE :	PAUL SHADER ABAL HARO
NIVEL FREATICO	: NO SE ENCONTRO	FECHA :	03/11/2020

LIMITES DE CONSISTENCIA

TIPO DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO ASTM - 423				LIMITE PLASTICO ASTM - 424			CONT. DE AGUA ASTM - 2216
	LL	LL	LL	LL	LP	LP	LP	
Tara #	5	6	7	8	1	2	3	4
# de Golpes	17	21	29	34				
Peso suelo hum. + tar (gr.)	19.05	19.22	18.09	19.49	19.42	19.52	19.89	239.00
Peso suelo seco + tar (gr.)	15.10	15.40	14.73	15.87	16.74	16.74	17.43	221.30
Peso de la tara (gr.)	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	22.24
Peso de agua (gr.)	3.95	3.82	3.36	3.62	2.68	2.78	2.46	17.70
Peso del suelo seco (gr.)	10.10	10.40	9.73	10.87	11.74	11.74	12.43	199.06
Contenido de Agua (%)	39.11	36.73	34.53	33.30	22.83	23.68	19.79	8.89

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



LL =	35.80 %	Fw =	18.23	IL =	0.96	% EN PESO QUE PASA EL TAMIZ	
LP =	22.10 %	w =	8.89	Tw =	0.75	No. 200 =	35.23%
IP =	13.70 %	CR =	1.96				

IP = INDICE DE PLASTICIDAD	LL = LIMITE LIQUIDO	w = CONT. NATURAL DE AGUA	Fw = INDICE DE FLUIDEZ
CR = CONSISTENCIA RELATIV	LP = LIMITE PLASTICO	Tw = INDICE DE TENACIDAD.	IL = INDICE DE LIQUIDEZ

CLASIFICACION DE SUELOS

SUCS :	SC	AASHTO :	A-2	/ A-2-6(1)

SUELO DE GRANO GRUESO, MEZCLA DE ARENAS CON ARCILLAS DE COLOR MARRON CREMOSO, TEXTURA ARENOSA, ESTRUCTURA DESMENUZABLE DE CONSISTENCIA DENSA, CON BAJA COHESION, SUELO SEMIPERMEABLE, CON PRESENCIA DE CLASTOS ROCOSOS.

MEZCLA DE ARENAS CON ARCILLAS

OBSERVACIONES PARA EL ENSAYO DE PLASTICIDAD SE HA UTILIZADO SOLAMENTE LA FRACCCION DE SUELO QUE PASAN POR EL TAMIZ DEL Nº 40, SE HA EMPLEADO EL METODO DEL LAVADO

TEC. LABORATORISTA

Paúl Shader Abal Haro
INGENIERO CIVIL
ING. RESPONSABLE

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
"LA PIRAMIDE" E.I.R.L.

RUC N° 20528905511
OF. PRINCIPAL : JR. LAS ORQUIDEAS N° 281-PAUCARBAMBILLA
SUCURSAL: JR. CHAVIN N° 104-PAUCARBAMBA; JR. TUPAC YUPANQUI N° 412 PAUCARBAMBA
TELEFONO 062-515187; CELULAR 962618006, 994880260

TESIS:	"ANÁLISIS GEOTÉCNICO APLICADO AL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA ZONA ALTA DEL CENTRO POBLADO DE JANCAO DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO 2020"	**UBICACIÓN:**	**DEPARTAMENTO :**	HUÁNUCO
			PROVINCIA:	HUÁNUCO
			DISTRITO :	AMARILIS
			LUGAR :	CC. PP. DE JANCAO

CALICATA	:	C - 01	**TESISTA**	:	BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI
MUESTRA	:	M - 01	**LABORATORISTA**	:	BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI
PROFUNDIDAD	:	3.00 MTS.	**ING.RESPONSABLE**	:	PAUL SHADER ABAL HARO
NIVEL FREÁTICO	:	NO SE ENCONTRO	**FECHA**	:	31/10/2020

CONTENIDO DE HUMEDAD ω (%) C-01

MUESTRA		1		
ENSAYO	Nº	1	2	3
Peso del tarro (gr)	gr	24	24	24
Peso del tarro + Peso del suelo húmedo (gr)	gr	166.23	207.79	182.85
Peso del tarro + Peso del suelo seco (gr)	gr	162.31	202.89	178.54
Peso del Agua Contenida (gr)	gr	3.92	4.90	4.31
Peso del suelo seco (gr)	gr	138.31	178.89	154.54
Contenido de Humedad (%) de cada ensayo	%	2.83	2.74	2.79
Contenido de Humedad (%) promedio	%	2.79		

TEC. LABORATORISTA

Paul Shader Abal Haro
INGENIERO CIVIL
Reg. Colegio de Ingenieros N° 60767
ING. RESPONSABLE

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
"LA PIRAMIDE" E.I.R.L.

RUC Nº 20528905511

OF. PRINCIPAL: JR. LAS ORQUIDEAS Nº 281-PAUCARBAMBILLA

SUCURSAL: JR. CHAVIN Nº 104-PAUCARBAMBA; JR. TUPAC YUPANQUI Nº 412 PAUCARBAMBA

TELEFONO 062-515187; CELULAR 962618006, 994880260

TESIS:	"ANÁLISIS GEOTÉCNICO APLICADO AL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA ZONA ALTA DEL CENTRO POBLADO DE JANCAO DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO 2020"	**UBICACION:**	DEPARTAMENTO: HUANUCO PROVINCIA: HUANUCO DISTRITO : AMARILIS LUGAR : CC. PP. DE JANCAO

CALICATA	: C - 01	**TESISTA** :	BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI
MUESTRA	: M-01	**LABORATORISTA** :	BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI
PROFUNDIDAD	: 3.00 MTS.	**ING.RESPONSABLE** :	PAUL SHADER ABAL HARO
NIVEL FREÁTICO	: NO SE ENCONTRO	**FECHA** :	nov-20

PERFIL ESTRATIGRAFICO 01

Prof. (m)	Muestra	Descripción del Estrato	SIMBOLOGÍA AASHTO	SIMBOLOGÍA SUCS	SIMBOLOGÍA Gráfico	N.F.
N.T.N. 0.00 0.10	E-01	MATERIAL ORGANICO (TURBA)		PT		NO SE ENCONTRO NIVEL FREÁTICO
1.60	C-01 M-01 E-02	SUELO DE GRANO GRUESO, MEZCLA DE ARENAS CON ARCILLAS DE COLOR MARRON CREMOSO, TEXTURA ARENOSA, ESTRUCTURA DESMENUZABLE DE CONSISTENCIA DENSA, CON BAJA COHESION, SUELO SEMIPERMEABLE, CON PRESENCIA DE CLASTOS ROCOSOS.	A-2	SC		
3.00			A-2-6(1)			

FONDO DE LA EXCAVACION	CARACTERISTICAS:		LIMITES DE CONSISTENCIA	
	GRAVAS	17.53 %	LL=	35.80%
	ARENAS	47.23 %	Lip=	22.10%
	FINOS	35.23 %	IP=	13.70%
	EL SUELO ES ESTABLE Y SECO.			

TEC. LABORATORISTA

INGENIERO CIVIL
Reg. Consejo de Ingenieros Nº 60767

ING. RESPONSABLE

LABORATORIO DE SUELOS,CONCRETO Y ASFALTO
"LA PIRAMIDE" E.I.R.L.
RUC N° 20528905511
OF. PRINCIPAL : JR. LAS ORQUIDEAS N° 281-PAUCARBAMBILLA
SUCURSAL: JR. CHAVIN N° 104-PAUCARBAMBA; JR. TUPAC YUPANQUI N° 412 PAUCARBAMBA
TELEFONO 062-515187; CELULAR 962618006, 994880260

TESIS :	"ANÁLISIS GEOTÉCNICO APLICADO AL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA ZONA ALTA DEL CENTRO POBLADO DE JANCAO DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO 2020"	**UBICACIÓN :**	REGION: HUÁNUCO DEPARTAMENTO: HUÁNUCO PROVINCIA: HUÁNUCO DISTRITO: AMARILIS LUGAR: CC. PP. DE JANCAO

CALICATA :	C-01	**COTA DEL TERRENO :**	1900.00 MSNM
MUESTRA :	M-01	TESISTA :	BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI
PROFUNDIDAD :	3.00 MTS.	LABORATORISTA :	BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI
NIVEL FREÁTICO :	NO SE ENCONTRO	**ING. RESPONSABLE :**	ING. PAUL SHADER ABAL HARO
		FECHA :	4-11-20

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM 3080

ESTADO : Remoldeado (material<tamiz n° 4)
MUESTRA : M-01
CALICATA : C-01

ESPECIMEN N°	I	II	III
DIAMETRO DEL ANILLO (cm)	6.360	6.360	6.360
ALTURA INICIAL DE MUESTRA (cm)	2.160	2.160	2.160
DENSIDAD HUMEDA INICIAL (gr/cm3)	1.669	1.669	1.669
DENSIDAD SECA INICIAL (gr/cm3)	1.629	1.629	1.629
CONTENIDO DE HUMEDAD INICIAL (%)	3.80	3.80	3.80
ALTURA DE LA MUESTRA ANTES DE APLICAR EL ESFUERZO DE CORTE DIRECTO (cm)	2.095	2.055	1.994
ALTURA FINAL DE MUESTRA (cm)	2.072	2.003	1.929
DENSIDAD HUMEDA FINAL (gr/cm3)	1.844	1.887	1.935
DENSIDAD SECA FINAL (gr/cm3)	1.669	1.718	1.737
CONTENIDO DE HUMEDAD FINAL (%)	12.70	10.90	10.40
ESFUERZO NORMAL (kg/cm2)	0.5	1.00	1.50
ESFUERZO DE CORTE MAXIMO (kg/cm2)	0.334	0.534	0.701

ANGULO DE FRICCION INTERNA :	20.15 °
COHESION (kg/cm2) :	0.170

DENSIDAD SECA	1.74	gr/cm3

TEC.LABORATORISTA

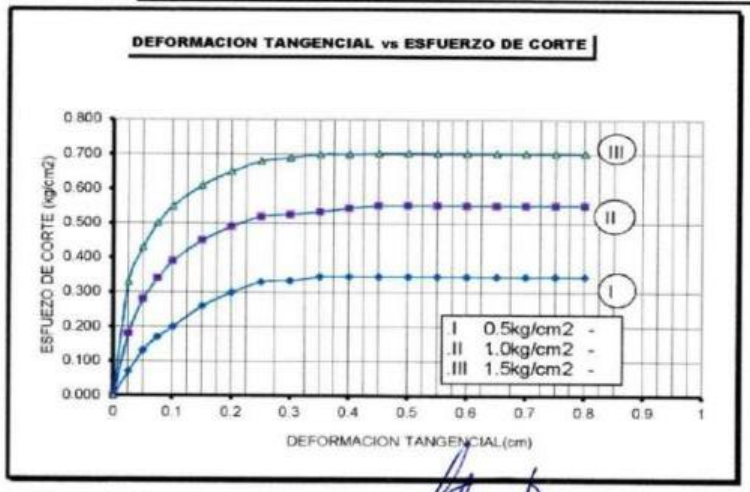
Paúl Shader Abal Haro
INGENIERO CIVIL
Reg. Colegio de Ingenieros N° 60787
ING.RESPONSABLE

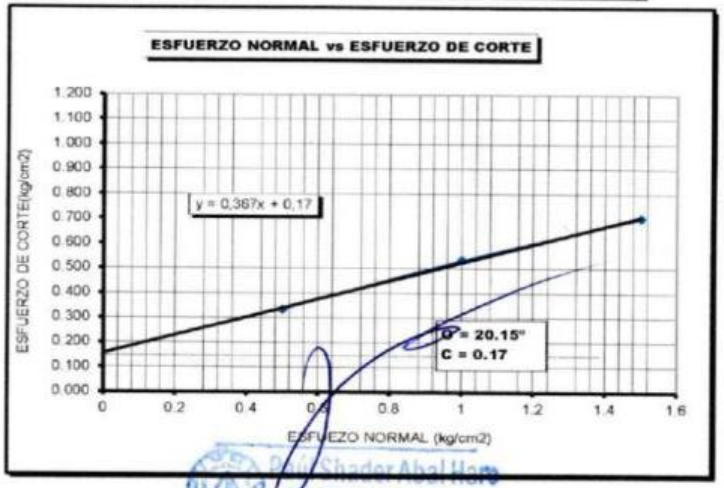
LABORATORIO DE SUELOS,CONCRETO Y ASFALTO
"LA PIRAMIDE" E.I.R.L.

RUC N° 20528905511
OF. PRINCIPAL : JR. LAS ORQUIDEAS N° 281-PAUCARBAMBILLA
SUCURSAL: JR. CHAVIN N° 104-PAUCARBAMBA; JR. TUPAC YUPANQUI N° 412 PAUCARBAMBA
TELEFONO 062-515187; CELULAR 962618006, 994880260

TESIS :	"ANÁLISIS GEOTÉCNICO APLICADO AL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA ZONA ALTA DEL CENTRO POBLADO DE JANCAO DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO 2020"	**UBICACIÓN :**	REGIÓN :	HUÁNUCO
			DEPARTAMENTO :	HUÁNUCO
			PROVINCIA :	HUÁNUCO
			DISTRITO :	AMARILIS
			LOCALIDAD :	CC. PP. DE JANCAO
CALICATA :	C-01	**COTA DEL TERRENO :**	1900.00 MSNM	
MUESTRA :	M-01	**TESISTA**	BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI	
PROFUNDIDAD :	3.00 MTS.	**LABORATORISTA**	BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI	
NIVEL FREÁTICO :	NO SE ENCONTRO	**ING. RESPONSABLE :**	ING. PAUL SHADER ABAL HARO	
		FECHA :	4-11-20	

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
ASTM D3080





TEC.LABORATORISTA

Paul Shader Abal Haro
INGENIERO CIVIL
Reg. Colegio de Ingenieros N° 60787

ING.RESPONSABLE

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
LA PIRAMIDE E.I.R.L.
RUC Nº 20528905511

OF. PRINCIPAL : JR. LAS ORQUIDEAS N° 283-PAUCARBAMBILLA
SUCURSAL: JR. CHAVIN N° 104-PAUCARBAMBA; JR. TUPAC YUPANQUI N° 412 PAUCARBAMBA
TELEFONO 062-515187; CELULAR 962618006, 994880260

TESIS:	"ANÁLISIS GEOTÉCNICO APLICADO AL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA ZONA ALTA DEL CENTRO POBLADO DE JANCAO DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO 2020"	UBICACIÓN:	DEPARTAMENTO : HUÁNUCO PROVINCIA: HUÁNUCO DISTRITO : AMARILIS LUGAR : CC. PP. DE JANCAO

CALICATA	: C - 02	TESISTA	: BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI
MUESTRA	: M-01	LABORATORISTA	: BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI
PROFUNDIDAD	: 3.00 MTS.	ING.RESPONSABLE	: PAUL SHADER ABAL HARO
NIVEL FREÁTICO	: NO SE ENCONTRO	FECHA	: 02/11/2020

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

TAMIZ No	DIAMETRO (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	76.200	0.0	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.0	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.0	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	117.0	3.90	3.90	96.10
3/8"	9.525	146.0	4.87	8.77	91.23
No 4	4.760	160.0	5.33	14.10	85.90
No 10	2.000	152.0	5.07	19.17	80.83
No 16	1.300	150.0	5.00	24.17	75.83
No 20	0.840	186.0	6.20	30.37	69.63
No 30	0.590	188.0	6.27	36.63	63.37
No 40	0.426	201.0	6.70	43.33	56.67
No 50	0.297	176.0	5.87	49.20	50.80
No 60	0.250	220.0	7.33	56.53	43.47
No 100	0.149	141.0	4.70	61.23	38.77
No 200	0.074	162.0	5.40	66.63	33.37
CAZOLETA		1001.0	33.37	100.00	0.00

TAMAÑO MAXIMO = 1"

DESCRIPCION DEL SUELO

SUELO DE GRANO GRUESO, MEZCLA DE ARENAS CON ARCILLAS DE COLOR MARRON, TEXTURA ARENOSA, ESTRUCTURA DESMENUZABLE DE CONSISTENCIA DENSA, CON BAJA COHESION, SUELO SEMIPERMEABLE, CON PRESENCIA DE CLASTOS ROCOSOS.

CLASIFICACION SUCS :	SC	
CLASIFICACION AASHTO :	A-2	A-2-6(0)

MEZCLA DE ARENAS CON ARCILLAS DE MEDIANA PLASTICIDAD

CARACTERISTICAS DE LA FRACCION QUE PASA LA MALLA N° 40

Limite Liquido	=	34.49%
Limite Plastico	=	19.76%
Indice de Plasticidad	=	14.73%

OBSERVACIONES :

SUELO DE GRANO GRUESO MEZCLA DE ARENAS CON ARCILLAS

CURVA DE DISTRIBUCION GRANULOMETRICA

GRAVAS = 14.10 % ARENAS = 52.53 % FINOS = 33.37 %

Paúl Shader Abal Haro
INGENIERO CIVIL
Reg. Colegio de Ingenieros N° 60787

TEC. LABORATORISTA ING. RESPONSABLE

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
LA PIRAMIDE E.I.R.L.
RUC Nº 20528905511

OF. PRINCIPAL : JR. LAS ORQUIDEAS N° 281-PAUCARBAMBILLA
SUCURSAL: JR. CHAVIN N° 104-PAUCARBAMBA; JR. TUPAC YUPANQUI N° 412 PAUCARBAMBA
TELEFONO 062-515187; CELULAR 962618006, 994880260

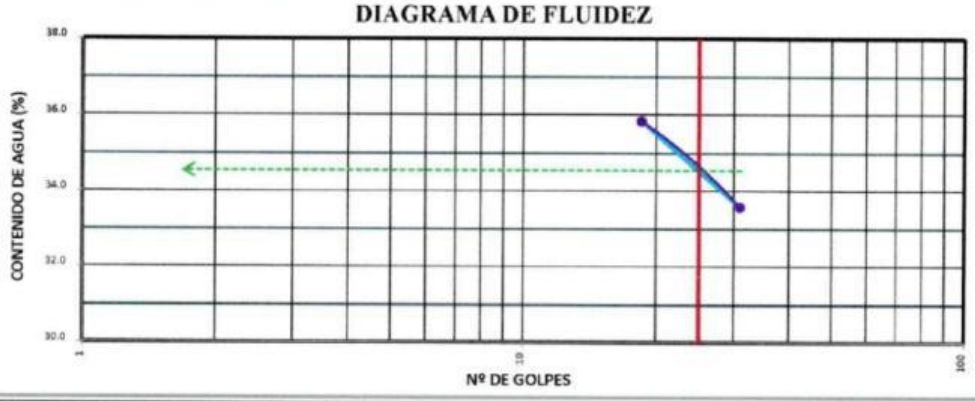
TESIS:	"ANÁLISIS GEOTÉCNICO APLICADO AL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA ZONA ALTA DEL CENTRO POBLADO DE JANCAO DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO 2020"	**UBICACIÓN:**	**DEPARTAMENTO :** HUÁNUCO **PROVINCIA:** HUÁNUCO **DISTRITO :** AMARILIS **LUGAR :** CC. PP. DE JANCAO

CALICATA : C - 02		**TESISTA** :	BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI
MUESTRA : M-01		**LABORATORISTA** :	BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI
PROFUNDIDAD : 3.00 MTS.		**ING.RESPONSABLE** :	PAUL SHADER ABAL HARO
NIVEL FREÁTICO : NO SE ENCONTRO		**FECHA** :	03/11/2020

LÍMITES DE CONSISTENCIA

TIPO DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO ASTM - 423				LIMITE PLASTICO ASTM - 424			CONT. DE AGUA ASTM - 2216
	LL	LL	LL	LL	LP	LP	LP	
Tara #	10	11	12	13	6	7	8	9
# de Golpes	16	21	29	33				
Peso suelo hum. + tar (gr.)	18.72	19.06	18.24	19.02	18.77	18.50	18.98	278.00
Peso suelo seco + tar (gr.)	15.12	15.33	14.86	15.55	16.51	16.15	16.79	258.14
Peso de la tara (gr.)	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	22.24
Peso de agua (gr.)	3.60	3.73	3.38	3.47	2.26	2.35	2.19	19.86
Peso del suelo seco (gr.)	10.12	10.33	9.86	10.55	11.51	11.15	11.79	235.90
Contenido de Agua (%)	35.57	36.11	34.28	32.89	19.64	21.08	18.58	8.42

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



LL =	34.49	%	**Fw =**	10.06	**IL =**	0.77	% EN PESO QUE PASA EL TAMIZ		
LP =	19.76	%	**w =**	8.42	**Tw =**	1.46		**No. 200 =**	33.37%
IP =	14.73	%	**CR =**	1.77					

IP = INDICE DE PLASTICIDAD	LL = LIMITE LIQUIDO	w = CONT. NATURAL DE AGUA	Fw = INDICE DE FLUIDEZ
CR = CONSISTENCIA RELATIV	LP = LIMITE PLASTICO	Tw = INDICE DE TENACIDAD	IL = INDICE DE LIQUIDEZ

CLASIFICACION DE SUELOS

SUCS :	**SC**	**AASHTO :**	**A-2**	/	**A-2-6(0)**

SUELO DE GRANO GRUESO, MEZCLA DE ARENAS CON ARCILLAS DE COLOR MARRON, TEXTURA ARENOSA, ESTRUCTURA DESMENUZABLE DE CONSISTENCIA DENSA, CON BAJA COHESION, SUELO SEMIPERMEABLE, CON PRESENCIA DE CLASTOS ROCOSOS.

MEZCLA ARENAS CON ARCILLAS

OBSERVACIONES PARA EL ENSAYO DE PLASTICIDAD SE HA UTILIZADO SOLAMENTE LA FRACCCION DE SUELO QUE PASAN POR EL TAMIZ DEL Nº 40, SE HA EMPLEADO EL METODO DEL LAVADO

Paúl Shader Abal Haro
INGENIERO CIVIL
Reg. Colegio de Ingenieros Nº 60767

TEC. LABORATORISTA

ING. RESPONSABLE

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
"LA PIRAMIDE" E.I.R.L.
RUC Nº 20528905511
OF. PRINCIPAL : JR. LAS ORQUIDEAS Nº 281-PAUCARBAMBILLA
SUCURSAL: JR. CHAVIN Nº 104-PAUCARBAMBA; JR. TUPAC YUPANQUI Nº 412 PAUCARBAMBA
TELEFONO 062-515187; CELULAR 962618006, 994880260

TESIS:	"ANÁLISIS GEOTÉCNICO APLICADO AL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA ZONA ALTA DEL CENTRO POBLADO DE JANCAO DEL DISTRITO DE AMARILIS. HUÁNUCO 2020"	UBICACIÓN:	DEPARTAMENTO:	HUÁNUCO
			PROVINCIA:	HUÁNUCO
			DISTRITO :	AMARILIS
			LUGAR :	CC. PP. DE JANCAO

CALICATA	:	C - 02	TESISTA	:	BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI
MUESTRA	:	M - 01	LABORATORISTA	:	BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI
PROFUNDIDAD	:	3.00 MTS.	ING.RESPONSABLE	:	PAUL SHADER ABAL HARO
NIVEL FREÁTICO	:	NO SE ENCONTRO	FECHA	:	31/10/2020

CONTENIDO DE HUMEDAD ω (%) C-02

MUESTRA		1		
ENSAYO	Nº	1	2	3
Peso del tarro (gr)	gr	24	24	24
Peso del tarro + Peso del suelo húmedo (gr)	gr	173.25	216.56	190.58
Peso del tarro + Peso del suelo seco (gr)	gr	168.96	211.20	185.86
Peso del Agua Contenida (gr)	gr	4.29	5.36	4.72
Peso del suelo seco (gr)	gr	144.96	187.20	161.86
Contenido de Humedad (%) de cada ensayo	%	2.96	2.86	2.92
Contenido de Humedad (%) promedio	%	2.91		

TEC. LABORATORISTA

Paúl Shader Abal Haro
INGENIERO CIVIL
Reg. Colegio de Ingenieros del Perú
ING. RESPONSABLE

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
"LA PIRAMIDE" E.I.R.L.

RUC N° 20528905511

OF. PRINCIPAL : JR. LAS ORQUIDEAS N° 281-PAUCARBAMBILLA
SUCURSAL: JR. CHAVIN N° 104-PAUCARBAMBA; JR. TUPAC YUPANQUI N° 412 PAUCARBAMBA
TELEFONO 062-515187; CELULAR 962618006, 994880260

TESIS:	"ANÁLISIS GEOTÉCNICO APLICADO AL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA ZONA ALTA DEL CENTRO POBLADO DE JANCAO DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO 2020"	**UBICACIÓN:**	**DEPARTAMENTO :** HUÁNUCO **PROVINCIA:** HUÁNUCO **DISTRITO :** AMARILIS **LUGAR :** CC. PP. DE JANCAO

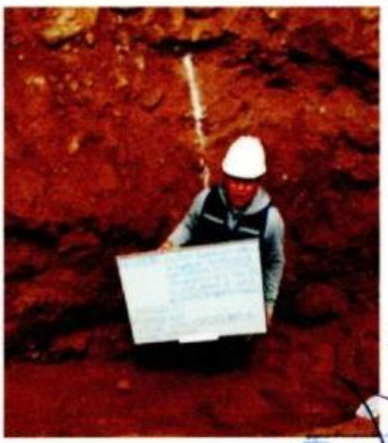
CALICATA :	C - 02	**TESISTA :**	BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI
MUESTRA :	M-01	**LABORATORISTA :**	BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI
PROFUNDIDAD :	3.00 MTS.	**ING.RESPONSABLE :**	PAUL SHADER ABAL HARO
NIVEL FREÁTICO :	NO SE ENCONTRO	**FECHA :**	nov-20

PERFIL ESTRATIGRAFICO 02

Prof. (m)	Muestra	Descripción del Estrato	SIMBOLOGÍA AASHTO	SIMBOLOGÍA SUCS	SIMBOLOGÍA Gráfico	N.F.
N.T.N. 0.00 0.20	E-01	MATERIAL ORGANICO (TURBA)		PT		NO SE ENCONTRO NIVEL FREÁTICO
1.50	C-02 M-01 E-02	SUELO DE GRANO GRUESO. MEZCLA DE ARENAS CON ARCILLAS DE COLOR MARRON, TEXTURA ARENOSA, ESTRUCTURA DESMENUZABLE DE CONSISTENCIA DENSA, CON BAJA COHESION, SUELO SEMIPERMEABLE, CON PRESENCIA DE CLASTOS ROCOSOS	A-2	SC		
3.00			A-2-6(0)			
FONDO DE LA EXCAVACIÓN						

CARACTERISTICAS:		LIMITES DE CONSISTENCIA	
GRAVAS	14.10 %	LL=	34.49%
ARENAS	52.53 %	Llp=	19.76%
FINOS	33.37 %	IP=	14.73%

EL SUELO ES ESTABLE Y SECO



TEC. LABORATORISTA

Paul Shader Abal Haro
INGENIERO CIVIL
Reg. [illegible]

ING. RESPONSABLE

LABORATORIO DE SUELOS,CONCRETO Y ASFALTO
"LA PIRAMIDE" E.I.R.L.
RUC N° 20528905511
OF. PRINCIPAL : JR. LAS ORQUIDEAS N° 281-PAUCARBAMBILLA
SUCURSAL: JR. CHAVIN N° 104-PAUCARBAMBA; JR. TUPAC YUPANQUI N° 412 PAUCARBAMBA
TELEFONO 062-515187; CELULAR 962618006, 994880260

TESIS:	"ANÁLISIS GEOTÉCNICO APLICADO AL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA ZONA ALTA DEL CENTRO POBLADO DE JANCAO DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO 2020"	**UBICACIÓN :**	REGION	HUÁNUCO
			DEPARTAMENTO :	HUÁNUCO
			PROVINCIA	HUÁNUCO
			DISTRITO	AMARILIS
			LUGAR	CC. PP. DE JANCAO

CALICATA :	C-02	**COTA DEL TERRENO :**	1901.50 MSNM
MUESTRA :	M-01	**TESISTA :**	BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI
PROFUNDIDAD :	3.00 MTS.	**LABORATORISTA :**	BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI
NIVEL FREÁTICO:	NO SE ENCONTRO	**ING. RESPONSABLE :**	ING. PAUL SHADER ABAL HARO
		FECHA :	4-11-20

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM 3080

ESTADO : Remoldeado (material<tamiz n° 4)
MUESTRA : M-01
CALICATA : C-02

ESPECIMEN Nº	I	II	III
DIAMETRO DEL ANILLO (cm)	6.000	6.000	6.000
ALTURA INICIAL DE MUESTRA (cm)	2.489	2.489	2.489
DENSIDAD HUMEDA INICIAL (gr/cm3)	1.846	1.846	1.846
DENSIDAD SECA INICIAL (gr/cm3)	1.594	1.594	1.594
CONTENIDO DE HUMEDAD INICIAL (%)	3.81	3.81	3.81
ALTURA DE LA MUESTRA ANTES DE APLICAR EL ESFUERZO DE CORTE DIRECTO (cm)	2.101	2.061	2.000
ALTURA FINAL DE MUESTRA (cm)	2.407	2.338	2.264
DENSIDAD HUMEDA FINAL (gr/cm3)	2.021	2.075	2.137
DENSIDAD SECA FINAL (gr/cm3)	1.634	1.692	1.759
CONTENIDO DE HUMEDAD FINAL (%)	12.71	11.81	10.71
ESFUERZO NORMAL (kg/cm2)	0.5	1.00	1.50
ESFUERZO DE CORTE MAXIMO (kg/cm2)	0.391	0.590	0.764

ANGULO DE FRICCION INTERNA :	20.45 °
COHESION (kg/cm2) :	0.210
DENSIDAD SECA	1.634 gr/cm3

TEC. LABORATORISTA

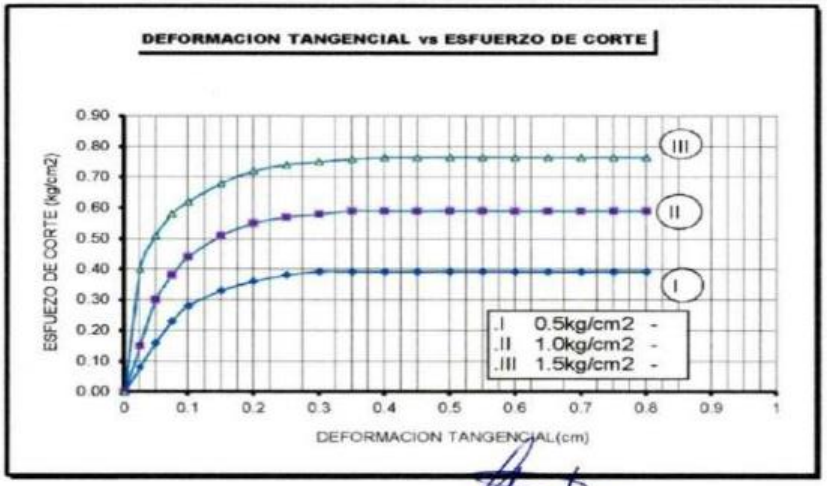
Paúl Shader Abal Haro
INGENIERO CIVIL
ING. RESPONSABLE

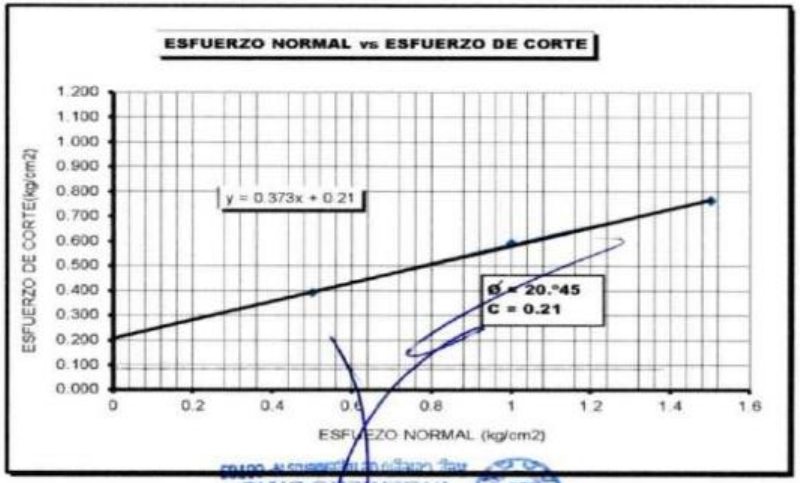
LABORATORIO DE SUELOS,CONCRETO Y ASFALTO
"LA PIRAMIDE" E.I.R.L.

RUC N° 20528905511
OF. PRINCIPAL : JR. LAS ORQUIDEAS N° 281-PAUCARBAMBILLA
SUCURSAL: JR. CHAVIN N° 104-PAUCARBAMBA; JR. TUPAC YUPANQUI N° 412 PAUCARBAMBA
TELEFONO 062-515187; CELULAR 962618006, 994880260

TESIS :	"ANÁLISIS GEOTÉCNICO APLICADO AL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA ZONA ALTA DEL CENTRO POBLADO DE JANCAO DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO 2020"	**UBICACIÓN:**	REGION	HUÁNUCO
			DEPARTAMENTO :	HUÁNUCO
			PROVINCIA :	HUÁNUCO
			DISTRITO	AMARILIS
			LOCALIDAD	: CC. PP. DE JANCAO
CALICATA :	C-02	**COTA DEL TERRENO :**	1901.50 MSNM	
MUESTRA :	M-01	**TESISTA**	BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI	
PROFUNDIDAD :	3.00 MTS.	**LABORATORISTA**	BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI	
NIVEL FREÁTICO:	NO SE ENCONTRO	**ING. RESPONSABLE**	: ING. PAUL SHADER ABAL HARO	
		FECHA	4-11-20	

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
ASTM D3080





TEC.LABORATORISTA

ING.RESPONSABLE

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
LA PIRAMIDE E.I.R.L.
RUC Nº 20528905511

OF. PRINCIPAL : JR. LAS ORQUIDEAS N° 281-PAUCARBAMBILLA
SUCURSAL: JR. CHAVIN N° 104-PAUCARBAMBA; JR. TUPAC YUPANQUI N° 412 PAUCARBAMBA
TELEFONO 062-515187; CELULAR 962618006, 994880260

TESIS:	"ANÁLISIS GEOTÉCNICO APLICADO AL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA ZONA ALTA DEL CENTRO POBLADO DE JANCAO DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO 2020"	**UBICACIÓN:**	**DEPARTAMENTO :** HUÁNUCO **PROVINCIA:** HUÁNUCO **DISTRITO :** AMARILIS **LUGAR :** CC. PP. DE JANCAO

CALICATA	C - 03	**TESISTA**	BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI
MUESTRA	M-01	**LABORATORISTA**	BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI
PROFUNDIDAD	3.00 MTS.	**ING.RESPONSABLE**	PAUL SHADER ABAL HARO
NIVEL FREÁTICO	NO SE ENCONTRO	**FECHA**	02/11/2020

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

TAMIZ No	DIAMETRO (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	76.200	0.0	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.0	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.0	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	104.0	3.47	3.47	96.53
3/8"	9.525	124.0	4.13	7.60	92.40
No 4	4.760	155.0	5.17	12.77	87.23
No 10	2.000	161.0	5.37	18.13	81.87
No 16	1.300	195.0	6.50	24.63	75.37
No 20	0.840	160.0	5.33	29.97	70.03
No 30	0.590	160.0	5.33	35.30	64.70
No 40	0.426	194.0	6.47	41.77	58.23
No 50	0.297	180.0	6.00	47.77	52.23
No 60	0.250	204.0	6.80	54.57	45.43
No 100	0.149	201.0	6.70	61.27	38.73
No 200	0.074	225.0	7.50	68.77	31.23
CAZOLETA		937.0	31.23	100.00	0.00

TAMAÑO MAXIMO = 1"

DESCRIPCION DEL SUELO

SUELO DE GRANO GRUESO MEZCLA DE ARENAS CON ARCILLAS DE COLOR MARRON, TEXTURA ARENOSA, ESTRUCTURA DESMENUZABLE DE CONSISTENCIA DENSA, CON BAJA COHESION, SUELO SEMIPERMEABLE, CON PRESENCIA DE CLASTOS ROCOSOS.

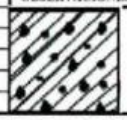
CLASIFICACION SUCS :		**SC**
CLASIFICACION AASHTO :	**A-2**	**A-2-6(0)**

MEZCLA DE ARENAS CON ARCILLAS DE MEDIANA PLASTICIDAD

CARACTERISTICAS DE LA FRACCION QUE PASA LA MALLA N° 40

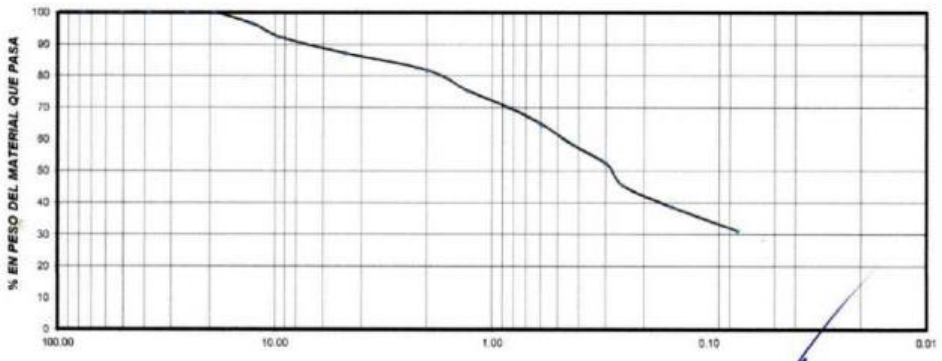
Límite Líquido	=	33.12%
Límite Plástico	=	19.53%
Indice de Plasticidad	=	13.58%

OBSERVACIONES :



SUELO DE GRANO GRUESO MEZCLA DE ARENAS CON ARCILLAS.

CURVA DE DISTRIBUCION GRANULOMÉTRICA



GRAVAS = 12.77 % ARENAS = 56.00 % FINOS = 31.23 %

TEC. LABORATORISTA

Paúl Shader Abal Haro
INGENIERO CIVIL
Reg. Colegio de Ingenieros N° 60767

ING. RESPONSABLE

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
LA PIRAMIDE E.I.R.L.
RUC N° 20528905511

OF. PRINCIPAL : JR. LAS ORQUIDEAS N° 281-PAUCARBAMBILLA
SUCURSAL: JR. CHAVIN N° 104-PAUCARBAMBA; JR. TUPAC YUPANQUI N° 412 PAUCARBAMBA
TELEFONO 062-515187; CELULAR 962618006, 994880260

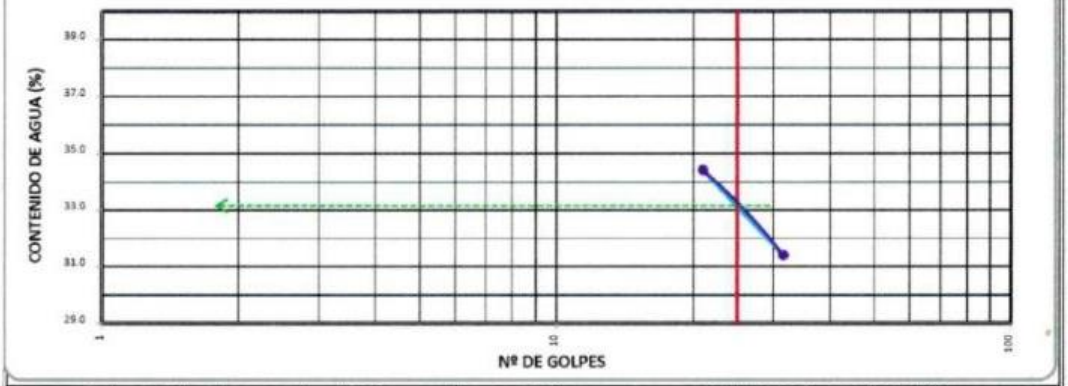
TESIS:	"ANÁLISIS GEOTÉCNICO APLICADO AL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA ZONA ALTA DEL CENTRO POBLADO DE JANCAO DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO 2020"	**UBICACIÓN:**	**DEPARTAMENTO :** HUÁNUCO **PROVINCIA:** HUÁNUCO **DISTRITO :** AMARILIS **LUGAR :** CC. PP. DE JANCAO

CALICATA : C - 03		**TESISTA** :	BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI
MUESTRA : M-01		**LABORATORISTA** :	BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI
PROFUNDIDAD : 3.00 MTS.		**ING.RESPONSABLE** :	PAUL SHADER ABAL HARO
NIVEL FREÁTICO : NO SE ENCONTRO		**FECHA** :	03/11/2020

LÍMITES DE CONSISTENCIA

TIPO DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO ASTM - 423				LIMITE PLASTICO ASTM - 424			CONT. DE AGUA ASTM - 2216
	LL	LL	LL	LL	LP	LP	LP	
Tara #	1	2	3	4	5	6	7	8
# de Golpes	18	24	29	34				
Peso suelo hum. + tar (gr.)	18.79	19.13	18.05	19.20	19.21	19.49	19.63	238.00
Peso suelo seco + tar (gr.)	15.26	15.51	14.87	15.87	17.02	17.08	17.15	219.35
Peso de la tara (gr.)	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	22.24
Peso de agua (gr.)	3.53	3.62	3.18	3.33	2.19	2.41	2.48	18.65
Peso del suelo seco (gr.)	10.26	10.51	9.87	10.87	12.02	12.08	12.15	197.11
Contenido de Agua (%)	34.41	34.44	32.22	30.63	18.22	19.95	20.41	9.46

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



LL =	33.12	%	Fw =	17.02	IL =	0.74	% EN PESO QUE PASA EL TAMIZ		
LP =	19.53	%	w =	9.46	Tw =	0.60		No. 200 =	31.23%
IP =	13.59	%	CR =	1.74					

IP = INDICE DE PLASTICIDAD	LL = LIMITE LIQUIDO	w = CONT. NATURAL DE AGUA	Fw = INDICE DE FLUIDEZ
CR = CONSISTENCIA RELATIV	LP = LIMITE PLASTICO	Tw = INDICE DE TENACIDAD	IL = INDICE DE LIQUIDEZ

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

SUCS :	SC	AASHTO :	A-2 /	A-2-6(0)

SUELO DE GRANO GRUESO, MEZCLA DE ARENAS CON ARCILLAS DE COLOR MARRON, TEXTURA ARENOSA, ESTRUCTURA DESMENUZABLE DE CONSISTENCIA DENSA, CON BAJA COHESION, SUELO SEMIPERMEABLE, CON PRESENCIA DE CLASTOS ROCOSOS

MEZCLA DE ARENAS CON ARCILLAS

OBSERVACIONES PARA EL ENSAYO DE PLASTICIDAD SE HA UTILIZADO SOLAMENTE LA FRACCION DE SUELO QUE PASAN POR EL TAMIZ DEL Nº 40, SE HA EMPLEADO EL METODO DEL LAVADO

Paul Shader Abal Haro
INGENIERO CIVIL
Reg. Colegio de Ingenieros N° 60787

TEC. LABORATORISTA

ING. RESPONSABLE

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
"LA PIRAMIDE" E.I.R.L.
RUC N° 20628905611
OF. PRINCIPAL : JR. LAS ORQUIDEAS N° 281-PAUCARBAMBILLA
SUCURSAL: JR. CHAVIN N° 104-PAUCARBAMBA; JR. TUPAC YUPANQUI N° 412 PAUCARBAMBA
TELEFONO 062-515187; CELULAR 962618006, 994880260

TESIS:	"ANÁLISIS GEOTÉCNICO APLICADO AL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA ZONA ALTA DEL CENTRO POBLADO DE JANCAO DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO 2020"		UBICACIÓN:	DEPARTAMENTO:	HUÁNUCO
				PROVINCIA:	HUÁNUCO
				DISTRITO :	AMARILIS
				LUGAR :	CC. PP. DE JANCAO
CALICATA :	C - 03	TESISTA :		BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI	
MUESTRA :	M - 01	LABORATORISTA :		BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI	
PROFUNDIDAD :	3.00 MTS.	ING.RESPONSABLE :		PAUL SHADER ABAL HARO	
NIVEL FREÁTICO :	NO SE ENCONTRO	FECHA :		31/10/2020	

CONTENIDO DE HUMEDAD ω (%) C-03

MUESTRA		1		
ENSAYO	Nº	1	2	3
Peso del tarro (gr)	gr	24	24	24
Peso del tarro + Peso del suelo húmedo (gr)	gr	170.58	213.23	187.64
Peso del tarro + Peso del suelo seco (gr)	gr	166.45	208.06	183.10
Peso del Agua Contenida (gr)	gr	4.13	5.16	4.54
Peso del suelo seco (gr)	gr	142.45	184.06	159.10
Contenido de Humedad (%) de cada ensayo	%	2.90	2.80	2.86
Contenido de Humedad (%) promedio	%		2.85	

TEC. LABORATORISTA

Paul Shader Abal Haro
INGENIERO CIVIL
Reg. Colegio de Ingenieros del Perú
ING. RESPONSABLE

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
"LA PIRAMIDE" E.I.R.L.

RUC N° 20528905511

OF. PRINCIPAL : JR. LAS ORQUIDEAS N° 281-PAUCARBAMBILLA

SUCURSAL: JR. CHAVIN N° 104-PAUCARBAMBA; JR. TUPAC YUPANQUI N° 412 PAUCARBAMBA

TELEFONO 062-515187; CELULAR 962618006, 994880260

TESIS:	"ANÁLISIS GEOTÉCNICO APLICADO AL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA ZONA ALTA DEL CENTRO POBLADO DE JANCAO DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO 2020"	**UBICACIÓN:**	**DEPARTAMENTO :** HUÁNUCO **PROVINCIA:** HUÁNUCO **DISTRITO :** AMARILIS **LUGAR :** CC. PP. DE JANCAO

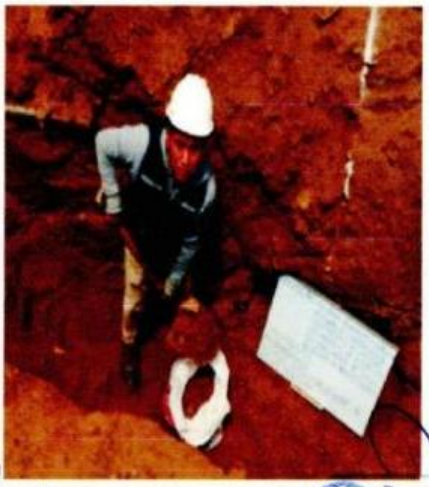
CALICATA :	C - 03	**TESISTA :**	BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI
MUESTRA :	M-01	**LABORATORISTA :**	BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI
PROFUNDIDAD :	3.00 MTS.	**ING.RESPONSABLE :**	PAUL SHADER ABAL HARO
NIVEL FREÁTICO :	NO SE ENCONTRO	**FECHA :**	nov-20

PERFIL ESTRATIGRÁFICO 03

Prof. (m)	Muestra	Descripción del Estrato	SIMBOLO AASHTO	SIMBOLO SUCS	SIMBOLO Gráfico	N.F.
N.T.N. 0.00 0.20	E-01	MATERIAL ORGANICO (TURBA)		PT		NO SE ENCONTRO NIVEL FREÁTICO
1.50	C-03 M-01 E-02	SUELO DE GRANO GRUESO, MEZCLA DE ARENAS CON ARCILLAS DE COLOR MARRON, TEXTURA ARENOSA, ESTRUCTURA DESMENUZABLE DE CONSISTENCIA DENSA, CON BAJA COHESION, SUELO SEMIPERMEABLE, CON PRESENCIA DE CLASTOS ROCOSOS.	A-2	SC		
3.00			A-2-6(0)			
FONDO DE LA EXCAVACION						

CARACTERISTICAS:		LIMITES DE CONSISTENCIA	
GRAVAS	12.77 %	LL=	33.12%
ARENAS	56.00 %	Llp=	19.53%
FINOS	31.23 %	IP=	13.59%

EL SUELO ES ESTABLE Y SECO



TEC. LABORATORISTA

Paul Shader Abal Haro
INGENIERO CIVIL
Reg. Colegio de Ingenieros N° 69776

ING. RESPONSABLE

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
"LA PIRAMIDE" E.I.R.L.

RUC Nº 20528905511

OF. PRINCIPAL : JR. LAS ORQUIDEAS N° 281-PAUCARBAMBILLA

SUCURSAL: JR. CHAVIN N° 104-PAUCARBAMBA; JR. TUPAC YUPANQUI N° 412 PAUCARBAMBA

TELEFONO 062-515187; CELULAR 962618006, 994880260

TESIS:	"ANÁLISIS GEOTÉCNICO APLICADO AL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA ZONA ALTA DEL CENTRO POBLADO DE JANCAO DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO 2020"	**UBICACIÓN:**	**DEPARTAMENTO :** HUÁNUCO **PROVINCIA:** HUÁNUCO **DISTRITO :** AMARILIS **LUGAR :** CC. PP. DE JANCAO

CALICATA	C - 03	**TESISTA**	:	BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI	
MUESTRA	M - 01	**LABORATORISTA**	:	BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI	
PROFUNDIDAD	3.00 MTS.	**ING.RESPONSABLE**	:	PAUL SHADER ABAL HARO	
NIVEL FREÁTICO	NO SE ENCONTRO	**FECHA**	:	03/11/2020	

CÁLCULO DE PESO ESPECÍFICO

ENSAYOS DE LABORATORIO			
1	PESO DEL RECIPIENTE + PESO DE SUELO NATURAL(Wr+Wsn)	2212.00	gr
2	PESO DEL RECIPIENTE + PESO SUELO SECO (Wr+Wss)	1911.00	gr
3	PESO DEL RECIPIENTE (Wr)	72.00	gr
4	VOLUMEN DEL RECIPIENTE (Vr)	1000.00	cm3

RESULTADOS DE LABORATORIO				
A	PESO DEL SUELO NATURAL	=	2140.00	gr
B	PESO DEL SUELO SECO	=	1839.00	gr
C	PESO DEL AGUA	=	301.00	gr
D	PESO ESPECIFICO DEL SUELO NATURAL	=	2.140	gr/cm3,
E	PESO ESPECIFICO DEL SUELO SECO	=	1.839	gr/cm3,
F	HUMEDAD DEL SUELO	=	3.27352	%

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

SUELO DE GRANO GRUESO, MEZCLA DE ARENAS CON ARCILLAS DE COLOR MARRON, TEXTURA ARENOSA, ESTRUCTURA DESMENUZABLE DE CONSISTENCIA DENSA, CON BAJA COHESION, SUELO SEMIPERMEABLE, CON PRESENCIA DE CLASTROS ROCOSOS.

LÍMITE DE PLASTICIDAD		
LL	:	33.12%
LP	:	19.53%
INDICE PLASTICO	:	13.59

CLASIFICACIÓN ASSTHO

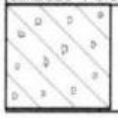
Grupo : A-2

Subgrupo : A-2-6(0)

CLASIFICACIÓN SUCS :

"SC"

SÍMBOLO Y GRÁFICO TIPO DE SUELO



MEZCLA DE ARENAS CON ARCILLAS

TECNICO LABORATORISTA

Paul Shader Abal Haro
INGENIERO CIVIL
Reg. Colegiado

INGENIERO RESPONSABLE

LABORATORIO DE SUELOS,CONCRETO Y ASFALTO
"LA PIRAMIDE" E.I.R.L.
RUC N° 20528905511
OF. PRINCIPAL : JR. LAS ORQUIDEAS N° 281-PAUCARBAMBILLA
SUCURSAL: JR. CHAVIN N° 104-PAUCARBAMBA; JR. TUPAC YUPANQUI N° 412 PAUCARBAMBA
TELEFONO 062-515187; CELULAR 962618006, 994880260

TESIS:	"ANÁLISIS GEOTÉCNICO APLICADO AL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA ZONA ALTA DEL CENTRO POBLADO DE JANCAO DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO 2020"	**UBICACIÓN :**	REGION : HUÁNUCO DEPARTAMENTO : HUÁNUCO PROVINCIA : HUÁNUCO DISTRITO : AMARILIS LUGAR : CC. PP. DE JANCAO

CALICATA :	C-03	**COTA DEL TERRENO :**	1901.60 MSNM
MUESTRA :	M-01	**TESISTA :**	BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI
PROFUNDIDAD :	3.00 MTS.	**LABORATORISTA :**	BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI
NIVEL FREÁTICO :	NO SE ENCONTRO	**ING. RESPONSABLE :**	ING. PAUL SHADER ABAL HARO
		FECHA :	4-11-20

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM 3080

ESTADO : Remoldeado (material<tamiz n° 4)
MUESTRA : 3.00 MTS.
CALICATA : C-03

ESPECIMEN N°	I	II	III
DIAMETRO DEL ANILLO (cm)	6.000	6.000	6.000
ALTURA INICIAL DE MUESTRA (cm)	2.489	2.489	2.489
DENSIDAD HUMEDA INICIAL (gr/cm3)	1.849	1.849	1.849
DENSIDAD SECA INICIAL (gr/cm3)	1.596	1.596	1.596
CONTENIDO DE HUMEDAD INICIAL (%)	3.80	3.80	3.80
ALTURA DE LA MUESTRA ANTES DE APLICAR EL ESFUERZO DE CORTE DIRECTO (cm)	2.101	2.061	2.000
ALTURA FINAL DE MUESTRA (cm)	2.407	2.338	2.264
DENSIDAD HUMEDA FINAL (gr/cm3)	2.024	2.078	2.140
DENSIDAD SECA FINAL (gr/cm3)	1.636	1.694	1.761
CONTENIDO DE HUMEDAD FINAL (%)	12.70	11.80	10.70
ESFUERZO NORMAL (kg/cm2)	0.5	1.00	1.50
ESFUERZO DE CORTE MAXIMO (kg/cm2)	0.385	0.581	0.752

ANGULO DE FRICCION INTERNA :	19.59 °
COHESION (kg/cm2) :	0.220

DENSIDAD SECA	1.636	gr/cm3

TEC.LABORATORISTA

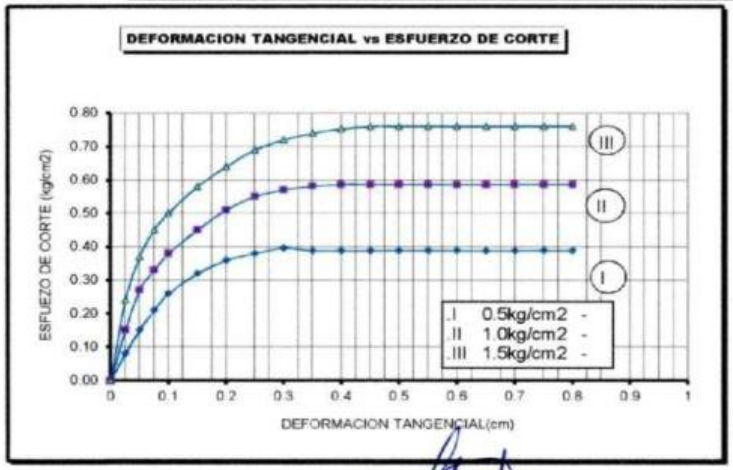
ING. RESPONSABLE

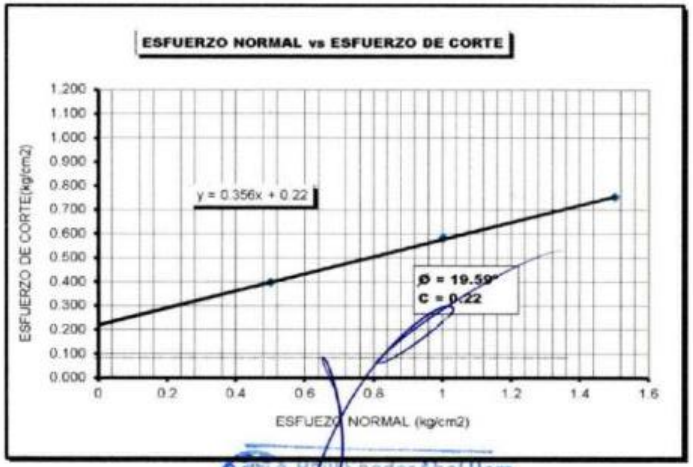
LABORATORIO DE SUELOS,CONCRETO Y ASFALTO
"LA PIRAMIDE" E.I.R.L.

RUC N° 20528905511
OF. PRINCIPAL : JR. LAS ORQUIDEAS N° 281-PAUCARBAMBILLA
SUCURSAL: JR. CHAVIN N° 104-PAUCARBAMBA; JR. TUPAC YUPANQUI N° 412 PAUCARBAMBA
TELEFONO 062-515187; CELULAR 962618006, 994880260

TESIS :	"ANÁLISIS GEOTÉCNICO APLICADO AL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA ZONA ALTA DEL CENTRO POBLADO DE JANCAO DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO 2020"	**UBICACIÓN :**	REGION	HUÁNUCO
			DEPARTAMENTO :	HUÁNUCO
			PROVINCIA :	HUÁNUCO
			DISTRITO	AMARILIS
			LOCALIDAD	CC. PP. DE JANCAO
CALICATA :	C-03	**COTA DEL TERRENO :**	1901.80 MSNM	
MUESTRA :	M-01	**TESISTA**	BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI	
PROFUNDIDAD :	3.00 MTS.	**LABORATORISTA**	BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI	
NIVEL FREÁTICO :	NO SE ENCONTRO	**ING. RESPONSABLE**	ING. PAUL SHADER ABAL HARO	
		FECHA	4-11-20	

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
ASTM D3080





TEC.LABORATORISTA

Paul Shader Abal Haro
INGENIERO CIVIL

ING.RESPONSABLE

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
LA PIRAMIDE E.I.R.L.
RUC Nº 20528905511

OF. PRINCIPAL : JR. LAS ORQUIDEAS N° 281-PAUCARBAMBILLA
SUCURSAL: JR. CHAVIN N° 104-PAUCARBAMBA; JR. TUPAC YUPANQUI N° 412 PAUCARBAMBA
TELEFONO 062-515187; CELULAR 962618006, 994880260

TESIS:	"ANÁLISIS GEOTÉCNICO APLICADO AL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA ZONA ALTA DEL CENTRO POBLADO DE JANCAO DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO 2020"	**UBICACIÓN:**	**DEPARTAMENTO:** HUÁNUCO **PROVINCIA:** HUÁNUCO **DISTRITO :** AMARILIS **LUGAR :** CC. PP. DE JANCAO

CALICATA :	C - 04	**TESISTA** :	BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI
MUESTRA :	M-01	**LABORATORISTA** :	BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI
PROFUNDIDAD :	3.00 MTS.	**ING.RESPONSABLE** :	PAUL SHADER ABAL HARO
NIVEL FREÁTICO :	NO SE ENCONTRO	**FECHA** :	02/11/2020

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

TAMIZ No	DIAMETRO (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	76.200	0.0	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.0	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	185.0	9.25	9.25	90.75
1/2"	12.700	161.0	8.05	17.30	82.70
3/8"	9.525	65.0	3.25	20.55	79.45
No 4	4.760	132.0	6.60	27.15	72.85
No 10	2.000	174.0	8.70	35.85	64.15
No 16	1.300	165.0	8.25	44.10	55.90
No 20	0.840	141.0	7.05	51.15	48.85
No 30	0.590	134.0	6.70	57.85	42.15
No 40	0.426	101.0	5.05	62.90	37.10
No 50	0.297	82.0	4.10	67.00	33.00
No 60	0.250	91.0	4.55	71.55	28.45
No 100	0.149	133.0	6.65	78.20	21.80
No 200	0.074	74.0	3.70	81.90	18.10
CAZOLETA		362.0	18.10	100.00	0.00

TAMAÑO MAXIMO = 1"

DESCRIPCION DEL SUELO

SUELO DE GRANO GRUESO. MEZCLA DE ARENAS CON ARCILLAS DE COLOR MARRON CREMOSO, TEXTURA ARENOSA, ESTRUCTURA DESMENUZABLE DE CONSISTENCIA DENSA, CON BAJA COHESION, SUELO SEMIPERMEABLE, CON PRESENCIA DE CLASTOS ROCOSOS.

CLASIFICACION SUCS :		**SC**
CLASIFICACION AASHTO :	**A-2**	**A-2-6(0)**

ARENA ARCILLAS

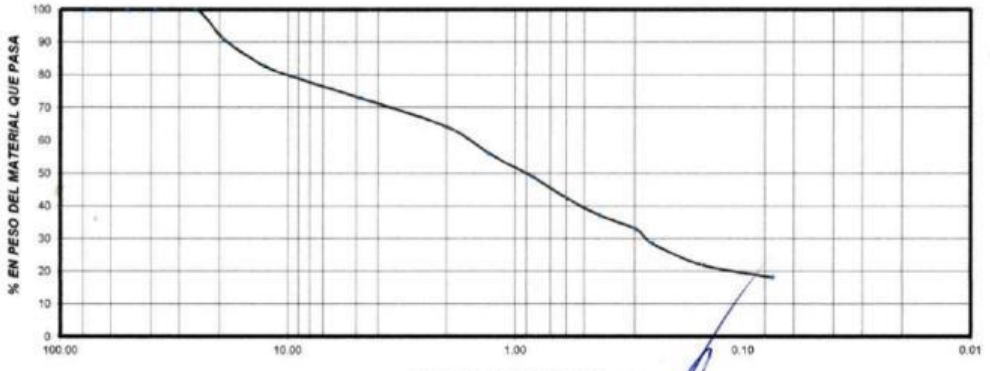
CARACTERISTICAS DE LA FRACCION QUE PASA LA MALLA N° 40

Límite Líquido	-	32.86%
Límite Plástico	-	19.52%
Indice de Plasticidad	-	13.34%

OBSERVACIONES :

SUELO DE GRANO GRUESO MEZCLA DE ARENAS CON ARCILLAS

CURVA DE DISTRIBUCION GRANULOMÉTRICA



GRAVAS = 27.15 % ARENAS = 54.75 % FINOS = 18.10 %

Paúl Shader Abal Haro
INGENIERO CIVIL
Reg. Colegio de Ingenieros N° 68765

TECNICO LABORATORISTA ING. RESPONSABLE

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
LA PIRAMIDE E.I.R.L.
RUC Nº 20528905511

OF. PRINCIPAL : JR. LAS ORQUIDEAS N° 281-PAUCARBAMBILLA
SUCURSAL: JR. CHAVIN N° 104-PAUCARBAMBA; JR. TUPAC YUPANQUI N° 412 PAUCARBAMBA
TELEFONO 062-515187; CELULAR 962618006, 994880260

TESIS:	"ANÁLISIS GEOTÉCNICO APLICADO AL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA ZONA ALTA DEL CENTRO POBLADO DE JANCAO DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO 2020"	**UBICACIÓN:**	**DEPARTAMENTO :** HUÁNUCO **PROVINCIA:** HUÁNUCO **DISTRITO :** AMARILIS **LUGAR :** CC. PP. DE JANCAO

CALICATA : C - 04		**TESISTA** :	BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI
MUESTRA : M-01		**LABORATORISTA** :	BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI
PROFUNDIDAD : 3.00 MTS.		**ING.RESPONSABLE** :	PAUL SHADER ABAL HARO
NIVEL FREÁTICO : NO SE ENCONTRO		**FECHA** :	03/11/2020

LÍMITES DE CONSISTENCIA

TIPO DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO ASTM - 423				LIMITE PLASTICO ASTM - 424			CONT. DE AGUA ASTM - 2216
	LL	LL	LL	LL	LP	LP	LP	
Tara #	5	6	7	8	9	10	11	12
# de Golpes	16	25	29	33				
Peso suelo hum. + tar (gr.)	20.14	20.25	20.68	19.52	16.94	17.80	16.95	275.00
Peso suelo seco + tar (gr.)	15.94	16.25	17.05	16.58	14.89	15.86	14.96	254.00
Peso de la tara (gr.)	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	22.24
Peso de agua (gr.)	4.20	4.00	3.63	2.94	2.05	1.94	1.99	21.00
Peso del suelo seco (gr.)	10.94	11.25	12.05	11.58	9.89	10.86	9.96	231.76
Contenido de Agua (%)	36.39	35.56	30.12	25.39	20.73	17.86	19.98	9.06

DIAGRAMA DE FLUIDEZ

LL =	32.86	%	Fw =	51.32	IL =	0.78	% EN PESO QUE PASA EL TAMIZ		
LP =	19.52	%	w =	9.06	Tw =	0.26		No. 200 =	18.10%
IP =	13.34	%	CR =	1.78					

IP = INDICE DE PLASTICIDAD	LL = LIMITE LIQUIDO	w = CONT. NATURAL DE AGUA	Fw = INDICE DE FLUIDEZ
CR = CONSISTENCIA RELATIV	LP = LIMITE PLASTICO	Tw = INDICE DE TENACIDAD	IL = INDICE DE LIQUIDEZ

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

SUCS :	**SC**	**AASHTO :**	**A-2-6(0)**

SUELO DE GRANO GRUESO, MEZCLA DE ARENAS CON ARCILLAS DE COLOR MARRON CREMOSO, TEXTURA ARENOSA, ESTRUCTURA DESMENUZABLE DE CONSISTENCIA DENSA, CON BAJA COHESION, SUELO SEMIPERMEABLE, CON PRESENCIA DE CLASTOS ROCOSOS.

MEZCLA DE ARENAS CON ARCILLAS

OBSERVACIONES PARA EL ENSAYO DE PLASTICIDAD SE HA UTILIZADO SOLAMENTE LA FRACCION DE SUELO QUE PASAN POR EL TAMIZ DEL Nº 40, SE HA EMPLEADO EL METODO DEL LAVADO

TEC. LABORATORISTA

Paúl Shader Abal Haro
INGENIERO CIVIL
ING. RESPONSABLE

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
"LA PIRAMIDE" E.I.R.L.
RUC Nº 20528905511
OF. PRINCIPAL : JR. LAS ORQUIDEAS Nº 281-PAUCARBAMBILLA
SUCURSAL: JR. CHAVIN Nº 804-PAUCARBAMBA; JR. TUPAC YUPANQUI Nº 412 PAUCARBAMBA
TELEFONO 062-515187; CELULAR 962618046, 994880260

TESIS:	"ANÁLISIS GEOTÉCNICO APLICADO AL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA ZONA ALTA DEL CENTRO POBLADO DE JANCAO DEL DISTRITO DE AMARILIS. HUÁNUCO 2020"	**UBICACIÓN:**	**DEPARTAMENTO :** HUÁNUCO **PROVINCIA:** HUÁNUCO **DISTRITO :** AMARILIS **LUGAR :** CC. PP. DE JANCAO

CALICATA	:	C - 04	**TESISTA**	:	BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI
MUESTRA	:	M - 01	**LABORATORISTA**	:	BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI
PROFUNDIDAD	:	3.00 MTS.	**ING.RESPONSABLE**	:	PAUL SHADER ABAL HARO
NIVEL FREÁTICO	:	NO SE ENCONTRO	**FECHA**	:	31/10/2020

CONTENIDO DE HUMEDAD ω (%) C-04

MUESTRA		1		
ENSAYO	Nº	1	2	3
Peso del tarro (gr)	gr	24	24	24
Peso del tarro + Peso del suelo húmedo (gr)	gr	167.36	209.20	184.10
Peso del tarro + Peso del suelo seco (gr)	gr	163.47	204.34	179.82
Peso del Agua Contenida (gr)	gr	3.89	4.86	4.28
Peso del suelo seco (gr)	gr	139.47	180.34	155.82
Contenido de Humedad (%) de cada ensayo	%	2.79	2.70	2.75
Contenido de Humedad (%) promedio	%		2.74	

TEC. LABORATORISTA

Paul Shader Abal Haro
INGENIERO CIVIL
Reg. Colegio de Ingenieros del Perú

ING. RESPONSABLE

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
"LA PIRAMIDE" E.I.R.L.

RUC N° 20528905511

OF. PRINCIPAL : JR. LAS ORQUIDEAS N° 281-PAUCARBAMBILLA

SUCURSAL: JR. CHAVIN N° 104-PAUCARBAMBA; JR. TUPAC YUPANQUI N° 412 PAUCARBAMBA

TELEFONO 062-515187; CELULAR 962618006, 994880360

TESIS:	"ANÁLISIS GEOTÉCNICO APLICADO AL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA ZONA ALTA DEL CENTRO POBLADO DE JANCAO DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO 2020"	**UBICACIÓN:**	**DEPARTAMENTO :** HUÁNUCO **PROVINCIA:** HUÁNUCO **DISTRITO :** AMARILIS **LUGAR :** CC. PP. DE JANCAO

CALICATA : C - 04	**TESISTA** :		BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI
MUESTRA : M-01	**LABORATORISTA** :		BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI
PROFUNDIDAD : 3.00 MTS.	**ING.RESPONSABLE** :		PAUL SHADER ABAL HARO
NIVEL FREÁTICO: NO SE ENCONTRO	**FECHA** :		nov-20

PERFIL ESTRATIGRÁFICO 04

Prof. (m)	Muestra	Descripción del Estrato	SIMBOLO AASHTO	SIMBOLO SUCS	SIMBOLO Gráfico	N.F.
N.T.N. 0.00	E-01	MATERIAL ORGANICO (TURBA)		PT		NO SE ENCONTRO NIVEL FREÁTICO
0.30						
1.50	C-04 M-01 E-02	SUELO DE GRANO GRUESO, MEZCLA DE ARENAS CON ARCILLAS DE COLOR MARRON CREMOSO. TEXTURA ARENOSA, ESTRUCTURA DESMENUZABLE DE CONSISTENCIA DENSA, CON BAJA COHESION, SUELO SEMIPERMEABLE, CON PRESENCIA DE CLASTOS ROCOSOS.	A-2	SC		
3.00			A-2-6(0)			
FONDO DE LA EXCAVACION		**CARACTERISTICAS:**	**LIMITES DE CONSISTENCIA**			
		GRAVAS 8.10 %	LL= 32.86%			
		ARENAS 50.00 %	Lip= 19.52%			
		FINOS 41.90 %	IP= 13.34%			
		EL SUELO ES ESTABLE Y SECO.				

TEC. LABORATORISTA

Paúl Shader Abal Haro
INGENIERO CIVIL
Reg. Colegio de Ingenieros N° 60767

ING. RESPONSABLE

LABORATORIO DE SUELOS,CONCRETO Y ASFALTO
"LA PIRAMIDE" E.I.R.L.
RUC N° 20528905511
OF. PRINCIPAL : JR. LAS ORQUIDEAS N° 281-PAUCARBAMBILLA
SUCURSAL: JR. CHAVIN N° 104-PAUCARBAMBA; JR. TUPAC YUPANQUI N° 412 PAUCARBAMBA
TELEFONO 062-515187; CELULAR 962618006, 994880260

TESIS:	"ANÁLISIS GEOTÉCNICO APLICADO AL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA ZONA ALTA DEL CENTRO POBLADO DE JANCAO DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO 2020"	**UBICACIÓN :**	REGION : HUÁNUCO DEPARTAMENTO: HUÁNUCO PROVINCIA : HUÁNUCO DISTRITO : AMARILIS LUGAR : CC. FP. DE JANCAO

CALICATA :	C-04	**COTA DEL TERRENO** :	1900.30 MSNM
MUESTRA :	M-01	**TESISTA** :	BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI
PROFUNDIDAD :	3.00 MTS.	**LABORATORISTA** :	BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI
NIVEL FREATICO :	NO SE ENCONTRO	**ING. RESPONSABLE** :	ING. PAUL SHADER ABAL HARO
		FECHA :	4-11-20

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM 3080

ESTADO : Remoldeado (materialctamiz n° 4)
MUESTRA : 3.00 MTS.
CALICATA : M-01

ESPECIMEN Nº	I	II	III
DIAMETRO DEL ANILLO (cm)	6.000	6.000	6.000
ALTURA INICIAL DE MUESTRA (cm)	2.476	2.476	2.476
DENSIDAD HUMEDA INICIAL (gr/cm3)	1.885	1.885	1.885
DENSIDAD SECA INICIAL (gr/cm3)	1.637	1.637	1.637
CONTENIDO DE HUMEDAD INICIAL (%)	3.87	3.87	3.87
ALTURA DE LA MUESTRA ANTES DE APLICAR EL ESFUERZO DE CORTE DIRECTO (cm)	2.103	2.063	2.002
ALTURA FINAL DE MUESTRA (cm)	2.396	2.327	2.253
DENSIDAD HUMEDA FINAL (gr/cm3)	2.060	2.114	2.176
DENSIDAD SECA FINAL (gr/cm3)	1.677	1.735	1.802
CONTENIDO DE HUMEDAD FINAL (%)	12.77	11.87	10.77
ESFUERZO NORMAL (kg/cm2)	0.5	1.00	1.50
ESFUERZO DE CORTE MAXIMO (kg/cm2)	0.383	0.578	0.748

ANGULO DE FRICCION INTERNA :	20.05 °
COHESION (kg/cm2) :	0.200

DENSIDAD SECA	1.677	gr/cm3

Paúl Shader Abal Haro
INGENIERO CIVIL
Reg. Colegio de Ingenieros N° 167703

TEC.LABORATORISTA

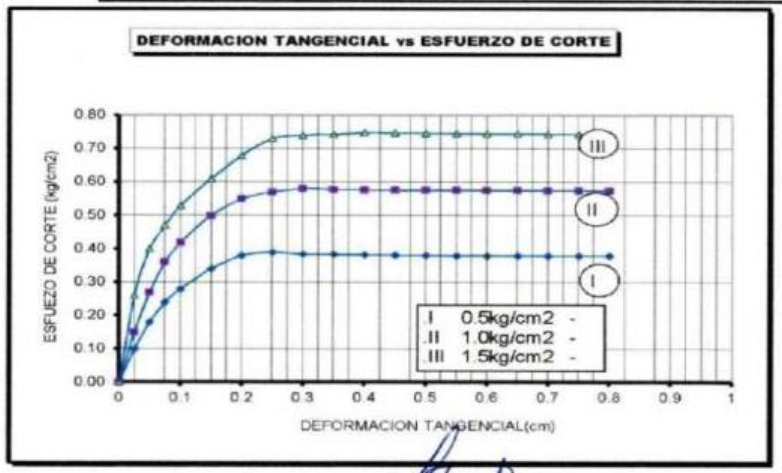
ING.RESPONSABLE

LABORATORIO DE SUELOS,CONCRETO Y ASFALTO
"LA PIRAMIDE" E.I.R.L.

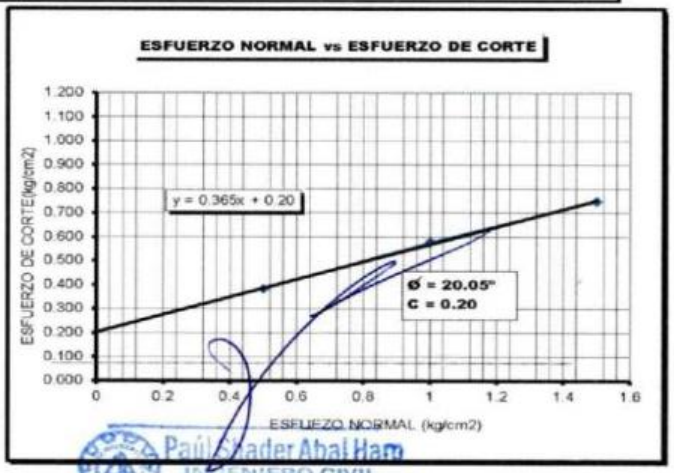
RUC N° 20528905511
OF. PRINCIPAL : JR. LAS ORQUIDEAS N° 281-PAUCARBAMBILLA
SUCURSAL: JR. CHAVIN N° 104-PAUCARBAMBA; JR. TUPAC YUPANQUI N° 412 PAUCARBAMBA
TELEFONO 062-515187; CELULAR 962618006, 994880260

TESIS:	"ANÁLISIS GEOTÉCNICO APLICADO AL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA ZONA ALTA DEL CENTRO POBLADO DE JANCAO DEL DISTRITO DE AMARILIS, HUÁNUCO 2020"	**UBICACIÓN :**	**REGION**	HUÁNUCO
			DEPARTAMENTO :	HUÁNUCO
			PROVINCIA :	HUÁNUCO
			DISTRITO	AMARILIS
			LOCALIDAD	CC. PP. DE JANCAO
CALICATA :	C-04	**COTA DEL TERRENO :**	1900.30 MSNM	
MUESTRA :	M-01	**TESISTA**	BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI	
PROFUNDIDAD :	3.00 MTS.	**LABORATORISTA**	BACH. ING. EDWARD HENRY SOSA CORI	
NIVEL FREATICO :	NO SE ENCONTRO	**ING. RESPONSABLE :**	ING. PAUL SHADER ABAL HARO	
		FECHA :	4-11-20	

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
ASTM D3080



TEC.LABORATORISTA



Paúl Shader Abal Haro
INGENIERO CIVIL
Reg. Colegio de Ingenieros N° 69765

ING.RESPONSABLE

(ANEXO N°12)

CONSTANCIA DEL TRABAJO DE LABORATORIO

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
"LA PIRAMIDE" E.I.R.L.
RUC Nº 20528905511
OF. PRINCIPAL : JR. LAS ORQUIDEAS N° 281-PAUCARBAMBILLA
SUCURSAL: JR. CHAVIN N° 104-PAUCARBAMBA; JR. TUPAC YUPANQUI N° 412 PAUCARBAMBA
TELEFONO 062-515187; CELULAR 962019306, 994880260

"Año de la Universalización de la Salud"

HACE CONSTAR

Que el Bach. Ing. SOSA CORI, EDWARD HENRY identificado con DNI N° 72647443, perteneciente a la Facultad de Ingeniería de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad de Huánuco ha realizado los ensayos de laboratorio de las muestras extraídas en la zona de estudio para su investigación titulada "ANÁLISIS GEOTECNICO APLICADO AL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA ZONA ALTA DEL CENTRO POBLADO DE JANCAO DEL DISTRITO DE AMARILIS– HUÁNUCO 2020" en el laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto La Pirámide E.I.R.L, para fines de optar el título profesional de Ingeniera Civil.

El tesista ha realizado los siguientes ensayos de mecánica de suelos:

- Análisis Granulométrico
- Contenido de Humedad
- Peso específico
- Límite Liquido y Plástico
- Corte directo

Se expide la presente para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 20 de noviembre de 2020

Paúl Shader Abal Haro
INGENIERO CIVIL
Reg. Colegio de Ingenieros Nº 63787

RESPONSABLE DEL LABORATORIO: ING.PAUL SHADER ABAL HARO

(ANEXO N°13)

PANEL FOTOGRÁFICO

Foto 01. *Identificación de la zona de estudio – Zona alta del C.P.M. Jancao.*

Foto 02. *Ubicación y trazado de los puntos a investigar (calicatas) distribuidas estratégicamente, con un área de trazado de 1.50m *1.50m, lo cual equivale a 2.25m2.*

Foto 03. *Excavación de la calicata C-01, posterior extracción de las muestras.*

Foto 04. *Excavación de la calicata C-02, posterior extracción de las muestras.*

Foto 05. *Excavación de la calicata C-03, posterior extracción de la muestra.*

Foto 06. *Excavación de la calicata C-04, posterior extracción de la muestra.*

Foto 07. *Pesado y registro de la muestra húmeda natural del suelo para determinar el contenido de humedad.*

Foto 08. *Secado de las muestras en el horno durante 24h a una temperatura de 110 °C para determinar el contenido de humedad.*

Foto 09. *Procedimiento del cuarteo de la muestra, previo al desarrollo del ensayo de análisis granulométrico.*

Foto 10. *Muestras obtenidas de las calicatas C-01, C-02, C-03 y C-04 luego de haber realizado el cuarteo respectivo.*

Foto 11. *Previamente a la ejecución del ensayo de análisis granulométrico, se realizó el triturado de la muestra a partir del cuarteo, en el cual una vez separados los dos cuartos diagonalmente opuestos, se escogió la muestra a tamizar (5 kg).*

Foto 12. *Pesado de la muestra a tamizar.*

Foto 13. *Serie de tamices ordenado progresivamente (Ensayo de análisis granulométrico por tamizado).*

Foto 14. *Ensayo de análisis granulométrico de la muestra del suelo por cada calicata.*

Foto 15. *Pesado de la muestra retenida en cada tamiz y posterior registro de los datos en la ficha de recolección de datos.*

Foto 16. *Granulometría de la muestra.*

Foto 17. *Determinación del límite líquido y plástico del suelo, conforme a lo establecido en la Norma técnica peruana (NTP).*

Foto 18. *Determinación del límite líquido de la muestra.*

Foto 19. *Recolección, pesado y secado de la muestra en el horno por 24h a una temperatura de 110°C.*

Foto 20. *Determinación del límite plástico de la muestra.*

Foto 21. *Pesado y secado de la muestra en el horno eléctrico por 24h a una temperatura de 110°C.*

Foto 22. *Determinación del peso específico de la muestra.*

Foto 23. *Determinación del ensayo de corte directo de la muestra.*