

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA

(Creada por Ley N° 25265)



**FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HUANCAMELICA**

TESIS

**“PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE
SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES
ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH”**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

GEOTECNIA

DISCIPLINA:

INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR LOS BACHILLERES:

Bach. BOZA CAPANI, MARISABEL

Bach. MERINO ORTIZ, RODRIGO

HUANCAMELICA - PERÚ

2018



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En el Auditorium de la Facultad de Ciencias de Ingeniería, a los 11 días del mes de diciembre del año 2018, a horas 12:00 m, se reunieron los miembros del Jurado Calificador conformado por los siguientes: **Ing. Carlos GASPAC PACO (PRESIDENTE)**, **Ing. Omar CABALLERO SÁNCHEZ (SECRETARIO)**, **M.Sc. Marco Antonio LÓPEZ BARRANTES (VOCAL)**, designados con Resolución de Consejo de Facultad N° 424-2017-FCI-UNH, de fecha 20 de setiembre del 2017, y ratificados con Resolución de Decano N° 173-2018-FCI-UNH de fecha 06 de diciembre del 2018, a fin de proceder con la calificación de la sustentación del informe final de tesis titulado: "PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH", presentado por los Bachilleres **Rodrigo MERINO ORTIZ y Marisabel BOZA CAPANI**, para optar el **Título Profesional de Ingeniero Civil**; en presencia del **M.Sc. Iván Arturo AYALA BIZARRO** como Asesor del presente trabajo de tesis. Finalizado la evaluación a horas...1:00pm...; se invitó al público presente y los sustentantes abandonar el recinto. Luego de una amplia deliberación por parte de los Jurados, se llegó al siguiente resultado:

Rodrigo MERINO ORTIZ

APROBADO ☒ POR UNANIMIDAD

DESAPROBADO ☐

Marisabel BOZA CAPANI

APROBADO ☒ POR UNANIMIDAD

DESAPROBADO ☐

En señal de conformidad, firmamos a continuación:

Presidente

Secretario

Vocal

Vº Bº Decano

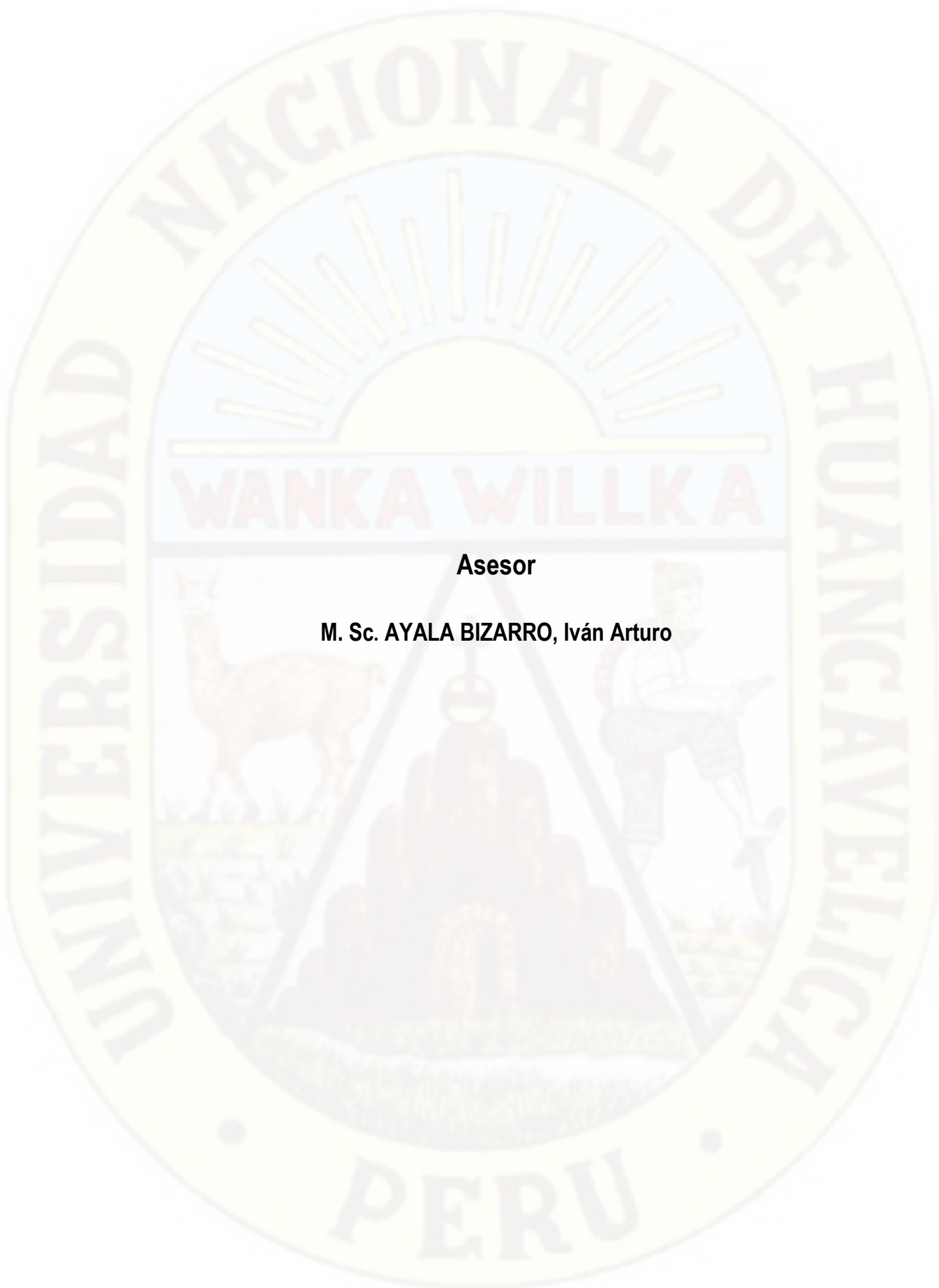
Dedicatoria

A Dios por iluminar y bendecir mi camino, a mis padres, quienes me poyan de manera incondicional en mi formación profesional, a mis hermanos quienes siguen mis pasos con entusiasmo y a mis familiares que siempre apuestan por la educación.

Rodrigo, Merino Ortiz

A Dios quién me dio la oportunidad de la vida, guiarme y bendecirme en mi camino. A mis padres, hermanos, amistades y familiares por el apoyo incondicional y aliento que me enseñaron. A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil - Huancavelica, por impartir sus conocimientos y consejos.

Marisabel, Boza Capani



Asesor

M. Sc. AYALA BIZARRO, Iván Arturo

Agradecimiento

Gratificamos a nuestros padres, hermanos y familiares por el gran apoyo, aliento, sabios consejos como la perseverancia y su gran paciencia que nos brindó para culminar esta investigación.

Asimismo, reconocemos el gran apoyo de la Universidad Nacional de Huancavelica, la Escuela Profesional de Ingeniería Civil – Huancavelica por la viabilidad que se ha dado para llevar a cabo esta investigación, el Laboratorio de Geotécnica, al Técnico Alfredo Mendoza por su paciencia, dedicación y guía durante la ejecución práctica de los ensayos realizados; en la que se ha conseguido diferentes resultados, así como sus análisis correspondientes de dichos resultados. También a los compañeros de tesis, practicantes con quienes compartimos conocimientos y análisis.

Al M. Sc. Iván Arturo Ayala Bizarro, asesor de nuestra investigación por la orientación y guía con sus sabios consejos para llevar a cabo este proyecto de investigación.

Finalmente agradecemos a la parte administrativa y a algunos docentes de la Escuela, ya que, gracias a sus conocimientos compartidos, la viabilidad y oportunidad que nos han sido brindados durante la ejecución de nuestro proyecto de tesis. También a los amigos y compañeros que de alguna otra forma han contribuido en el desarrollo de ésta investigación.

Marisabel, Boza Capani.

Rodrigo, Merino Ortiz.

Huancavelica, noviembre de 2018.

Resumen

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo determinar el desempeño del modelo de inteligencia artificial (Redes Neuronales Artificiales) para predecir los parámetros de resistencia al corte de suelos (ángulo de fricción interna y la cohesión), a partir de sus propiedades físicas (límites de Atterberg, granulometría, humedad, peso específico). Siendo estos parámetros muy importantes y necesarios para conocer las propiedades mecánicas del suelo, es decir, el comportamiento del suelo ante esfuerzos axiales y cortantes; ya que las estructuras de ingeniería civil están fundadas sobre tipo de suelo ideal o adecuado, que son encontradas a diferentes profundidades de su estratigrafía. Para alcanzar el objetivo planteado de la investigación se realizó los ensayos triaxiales no consolidado y no drenado (UU), así mismo, los ensayos básicos como el análisis granulométrico, los límites de Atterberg, el contenido de humedad y la densidad de cada muestra en base a las normas (NTP y ASTM), en la que se extrajo muestras de suelo in situ de 39 puntos representativos. Seguidamente, se realizó el entrenamiento del modelo de Red Neuronal Artificial donde las variables de entrada fueron (sus propiedades físicas) y de salida (parámetros de resistencia al corte); en el que se realizó varias simulaciones haciendo uso de la metodología de propagación inversa (Feed-Forward Backprop), buscando encontrar el error cuadrático medio (MSE). En la que se utilizó el 72% de datos para el entrenamiento del modelo y el 28 % restante para la validez del modelo, usando el software Matlab. Los resultados obtenidos del proyecto de investigación evaluados mediante el análisis estadístico de error medio cuadrático (MSE), se dividen en: Entrenamiento (Training) ($R=0.93927$), Validación ($R=0.99746$), Test ($R=0.96465$), obteniéndose un modelo de Red Neuronal Artificial con ($R=0.95507$); siendo R el coeficiente de determinación R-cuadrado, demostrando de ese modo ser eficaz para predecir los parámetros de resistencia al corte de suelos con un error menor al 5%, proponiéndose como alternativa para el estudio geotécnico, para la planificación, diseño y ejecución de un proyecto de construcción.

Palabras Clave: Parámetros de resistencia al corte, cohesión, ángulo de fricción interna, granulometría, contenido de humedad, densidad, límites de Atterberg, redes neuronales artificiales.

Abstract

The objective of this research work is to determine the performance of the artificial intelligence model (Artificial Neural Networks) to predict the parameters of resistance to soil cutting (internal friction angle and cohesion), based on its physical properties (limits of Atterberg, granulometry, humidity, specific weight). Being these parameters very important and necessary to know the mechanical properties of the soil, that is to say, the behavior of the ground before axial and cutting efforts; since civil engineering structures are based on ideal or suitable type of soil, which are found at different depths of its stratigraphy. To achieve the proposed objective of the research, the triaxial tests were unconsolidated and not drained (UU), as well as the basic tests such as the granulometric analysis, the Atterberg limits, the moisture content and the density of each sample based on to the standards (NTP and ASTM), in which soil samples were taken in situ from 39 representative points. Next, the training of the Artificial Neural Network model where the input variables were (their physical properties) and output (parameters of resistance to the cut) was performed; in which several simulations were made using the methodology of reverse propagation (Feed-Forward Backprop), seeking to find the mean square error (MSE). In which 72% of the data was used for the training of the model and the remaining 28% for the validity of the model, using the Matlab software. The results obtained from the research project evaluated by the statistical analysis of mean square error (MSE), are divided into: Training ($R = 0.93927$), Validation ($R = 0.99746$), Test = ($R = 0.96465$), obtaining a model of Artificial Neural Network with ($R = 0.95507$); being R the coefficient of determination R -squared, demonstrating in this way to be effective to predict the parameters of resistance to the cut of soils with an error less than 5%, being proposed as an alternative for the geotechnical study, for the planning, design and execution of a construction project.

Key words: Parameters of shear strength, cohesion, internal friction angle, granulometry, moisture content, density, Atterberg limits, artificial neural networks.

Índice general

Dedicatoria.....	III
Asesor.....	IV
Agradecimiento	V
Resumen.....	VI
Abstract.....	VII
Índice general.....	VIII
Índice de tablas	XI
Índice de figuras.....	XII
Introducción	XIV
CAPÍTULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1. Descripción del problema.....	1
1.2. Formulación del problema.....	2
1.2.1. Problema general.....	2
1.2.2. Problemas específicos	2
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos	3
1.4. Justificación.....	3
CAPÍTULO II.....	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes	5
2.1.1. Internacional.....	5
2.1.2. Nacional	12
2.1.3. Local.....	15
2.2. Bases teóricas.....	15
2.2.1. Parámetros de resistencia.....	15
2.2.2. Propiedades físicas de los suelos	20
2.2.3. Relación de las propiedades físicas de suelos y los parámetros de resistencia al corte	24
2.2.4. Ensayo en laboratorio	25

2.2.5.	Círculo de Mohr	27
2.2.6.	Redes neuronales artificiales (RNA):	28
2.2.7.	Software Matlab P2015	41
2.2.8.	Neural Network Toolbox	41
2.2.9.	Características dominantes	42
2.2.10.	Construcción de Redes Neuronales (newff)	42
2.2.11.	Simulación de Redes Neuronales	43
2.2.12.	Funciones	44
2.3.	Hipótesis	49
2.4.	Definición de términos	50
2.5.	Identificación operativa de variables e indicadores	52
CAPÍTULO III:		53
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		53
3.1.	Tipo y nivel de investigación	53
3.1.1.	Tipo de investigación	53
3.1.2.	Nivel de investigación	53
3.2.	Método de investigación	54
3.3.	Diseño de investigación	54
3.4.	Población, muestra y muestreo	55
3.4.1.	Población	55
3.4.2.	Muestra	55
3.4.3.	Muestreo	56
3.4.4.	Ámbito de estudio	56
3.5.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	56
3.5.1.	Técnicas de recolección de datos	56
3.5.2.	Instrumentos de investigación	63
3.6.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	64
3.6.1.	Procedimiento de recolección de datos	64
3.6.2.	Procesamiento y análisis de datos	64
CAPÍTULO IV:		66
RESULTADOS		66
4.1.	Presentación de datos	66

4.1.1.	Ensayo de límites de Atterberg	66
4.1.2.	Ensayo de granulometría	73
4.1.3.	Contenido de humedad	82
4.1.4.	Densidad del suelo	83
4.1.5.	Ensayo triaxial de muestra	84
4.2.	Análisis de datos	90
4.2.1.	Selección de datos de ingreso	90
4.2.3.	Resultados Redes Neuronales Artificiales.....	96
4.2.4.	Análisis de correlación	98
4.2.5.	Prueba de Hipótesis	101
CONCLUSIONES		103
RECOMENDACIONES		104
REFERENCIAS		105
Anexos		110

Índice de tablas

Tabla 1: Variación del ángulo de fricción interna según su compacidad	17
Tabla 2 Características de suelos según sus índices de plasticidad	23
Tabla 3 Evolución de las RNA 1970-2000	32
Tabla 4 Clasificación de las RNA de acuerdo al algoritmo de aprendizaje utilizado	33
Tabla 5 Funciones de entrenamiento en MATLAB	43
Tabla 6 Operacionalización de variables	52
Tabla 7 Porción de partículas según el tamaño máximo	58
Tabla 8 Límites de plasticidad de la muestra de Trinchera T-03	68
Tabla 9 Límites de plasticidad de la muestra de Trinchera T-05	70
Tabla 10 Límites de plasticidad de la muestra de Trinchera T-08	71
Tabla 11 Límites de plasticidad de los 39 puntos de estudio.	72
Tabla 12 Masa mínima de la porción de suelo retenida en el tamiz N°4.	73
Tabla 13: Curva granulométrica y clasificación de suelo de la Trinchera T-05, a una profundidad de 5.00m. ..	74
Tabla 14: Curva granulométrica y clasificación de suelo de la Trinchera T-08, a una profundidad de 2.30m. ..	76
Tabla 15: Curva granulométrica y clasificación de suelo de la Trinchera T-10, a una profundidad de 1.50m. ..	78
Tabla 16: Resultados del ensayo de granulometría de las muestras extraídas.	80
Tabla 17: Contenido de humedad en Trinchera T-03 a 2.00 m de profundidad.	82
Tabla 18: Contenido de humedad en trinchera T-05 a 5.00 de profundidad.	82
Tabla 19: Contenido de humedad en trinchera T-08 a 2.30 m de profundidad	82
Tabla 20: Resultados de contenido humedad (%) de cada muestra.	83
Tabla 21: El ángulo de fricción y cohesión de la Trinchera (T-01), a una profundidad 3.40m.....	85
Tabla 22: Ángulo de fricción y cohesión de la Trinchera (T-05), a una profundidad 5.00m.	86
Tabla 23: Ángulo de fricción y cohesión de la Trinchera (T-08), a una profundidad 2.30m.	87
Tabla 24: Ángulo de fricción y cohesión de la Calicata C-04, a una profundidad 1.00m.	88
Tabla 25: Resultados de los ensayos realizados en Equipo Triaxial.....	89
Tabla 26: Resultados obtenidos de cada uno de los tipos de ensayos realizados.....	90
Tabla 27: Datos de entrada (Input)	93
Tabla 28: Comparación de resultados obtenidos con Equipo Triaxial y Red Neuronal (test).	99
Tabla 29: Prueba de correlación de Pearson de (Cohesión de Suelos).....	101
Tabla 30: Prueba de correlación de Pearson de (Ángulo de fricción interna de suelos).....	102

Índice de figuras

Figura 1 Influencia de las características, estados y granulometría del suelo en el ángulo de fricción	17
Figura 2 Contribución de los distintos factores a la envolvente de falla: (ángulo de rozamiento, dilatancia y rotura de partículas sólidas).....	19
Figura 3 Carta de Plasticidad.....	21
Figura 4: Estados de suelo en base al contenido de humedad	21
Figura 5 Ensayo de límite líquido en la Copa de Casagrande.....	22
Figura 6 Ensayo de límite plástico.....	23
Figura 7 Muestra tamizado.....	24
Figura 8 Círculo de Mohr.....	27
Figura 9 Esfuerzos en el plano de falla. Criterio de falla de Mohr Coulomb.....	28
Figura 10 Estructura de una red neuronal artificial. Los pesos están representados por la letra W, y las bias por la letra b.....	29
Figura 11 Morfología de una neurona.....	31
Figura 12 Modelo genérico de una neurona artificial.....	34
Figura 13 Funciones de activación habituales.....	36
Figura 14 Interconexión entre una neurona Presináptica y una neurona postsináptica.....	37
Figura 15 Modelo genérico de una neurona artificial.....	38
Figura 16 Esquema de perceptrón multicapa	40
Figura 17 Representación de puntos de extracción de suelo insitu.....	55
Figura 18 Ensayo de límite líquido de la trinchera N°07, a una profundidad de 0.90m.....	67
Figura 19 Extracción de muestra fluida de ambas partes de distancia de 13 mm, a una profundidad de 1.00m.....	67
Figura 20 Ensayo de límite plástico de la Trinchera N° 06, a una profundidad de 3.70m.....	68
Figura 21 Ensayo de límite plástico de la calicata C – 01, a una profundidad de 0.70m.....	68
Figura 22: Muestra Tamizada de la trinchera T-02, profundidad de 2.90m.....	74
Figura 23: Muestra tamizada de la Calicata C - 02, de una profundidad de 0.70 m.....	74
Figura 24: Ventana de ingreso de datos en Neural Network	94
Figura 25: Características del modelo.....	94
Figura 26: Arquitectura de Redes Neuronales Artificiales	95
Figura 27: Parámetros de entrenamiento del modelo.....	95
Figura 28: Etapa de entrenamiento y la arquitectura de Redes Neuronales Artificiales.....	96
Figura 29: Análisis de regresión para el entrenamiento, validación y prueba.....	97
Figura 30: Correlación de los datos (Cohesión) de entrenamiento y ensayo triaxial.....	98
Figura 31: Correlación de los datos (ángulo de fricción interna) de entrenamiento y ensayo triaxial.....	99

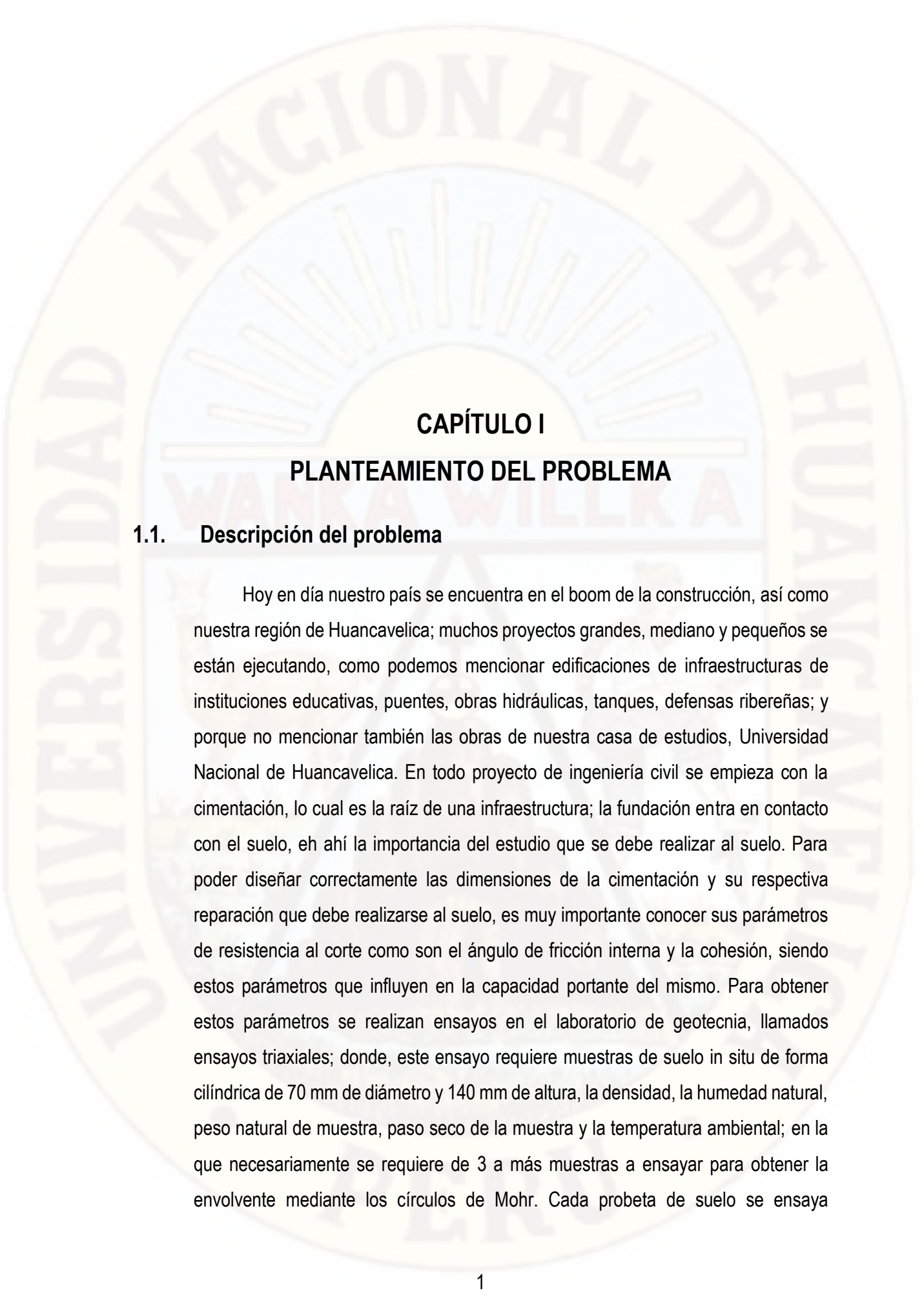
Figura 32: Correlación de los datos de Cohesión en el test, obtenidos mediante Equipo Triaxial vs Redes Neuronales Artificiales. 100

Figura 33: Correlación de los datos de ángulo de fricción interna en el test, obtenidos mediante Equipo Triaxial vs Redes Neuronales Artificiales. 100

Introducción

En el campo del boom de la construcción es necesario e importante el estudio geotécnico de los suelos, ya que reciben las cargas vivas y muertas sin importar en el estado en que se encuentran, los mismos que resisten las solicitaciones climáticas, estáticas y dinámicas. Siendo sus características físicas, mecánicas, su estratigrafía, relación de vacíos, la compacidad, grado de saturación y demás propiedades influyen en la determinación del tipo de cimentación que puede transmitir dichas cargas inducidas, que conllevan al desarrollo en la parte de infraestructura que satisfagan las necesidades, servicios y seguridad de la población. Para ello se deben realizar los ensayos correspondientes que muestren las características mecánicas y físicas del suelo como el ensayo con el Equipo Triaxial, el tamizado, los límites de Atterberg, el ensayo del porcentaje de contenido de humedad, la densidad y otros ensayos avanzados tecnológicamente que profundizan el conocimiento del suelo. Siendo estos ensayos muy indispensables en el campo de la ingeniería geotécnica; sin embargo, realizar estos ensayos son muy costos que originan las limitaciones de realizarlas en envergaduras menores de obra, en especial el ensayo con el Equipo Triaxial que se encuentra escaso en el país, por el mismo costo de dicho equipo con lo que se ensaya el suelo, también por los pasos que se desarrolla en el proceso de ensayo en que se extrae mínimo 5 muestras inalteradas de forma cilíndrica o cubo que se encuentren dentro de la medidas geométricas solicitadas, que se traslada de forma que no se altere sus propiedades físicas, así como realizar el tallado correspondiente obteniéndose una muestra cilíndrica con sus medidas requeridas, una vez puesta en la celda y ensayada a diferentes presiones laterales, se obtienen los círculos de Mohr - Coulomb con los que se trazará el envolvente de falla, el mismo que determinará la cohesión y el ángulo de fricción interna del suelo ensayado. No obstante, no siempre se logra obtener la tangencia de la envolvente de falla con tres o cinco muestras extraídas. De la forma que el tiempo de ensayo triaxial de una muestra cilíndrica es de 30 minutos aproximadamente, por lo que el total de tiempo de ensayo es un promedio de 4 horas o más, pues como el suelo es heterogéneo en un punto de estudio (punto de extracción de muestra inalterada) hace que los círculos de Mohr - Coulomb resulten variables según su (densidad, compacidad) esfuerzo desviador, para lo cual se requiere de mayor cantidad de muestras inalteradas

para lograr el trazo de la envolvente de falla representativa; y por ende los parámetros de corte también. Por estos inconvenientes es necesario de contar con otra modalidad de obtener los parámetros de corte del suelo, de tal manera que sea viable y accesible tanto en parte económica como en el tiempo de ensayo y en la simplicidad de realizar los ensayos básicos como los límites de Atterberg, granulometría, contenido humedad y peso específico que son parte de sus propiedades físicas del suelo. Por ello, esta investigación tuvo el objetivo de construir un modelo de inteligencia artificial llamada Redes Neuronales Artificiales, que se usó como herramienta de programación software Matlab, con la finalidad de predecir los parámetros de resistencia al corte de suelos (ángulo de fricción interna y la cohesión) a partir de sus propiedades físicas (límites de Atterberg, granulometría, humedad, peso específico). Por lo que el modelo de Red Neuronal Artificial tuvo una alta predictibilidad y eficaz de estimar los parámetros de resistencia al corte de suelos con un error mínimo, siendo una alternativa para el estudio geotécnico, la planificación, diseño y ejecución de un proyecto de construcción.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

Hoy en día nuestro país se encuentra en el boom de la construcción, así como nuestra región de Huancavelica; muchos proyectos grandes, mediano y pequeños se están ejecutando, como podemos mencionar edificaciones de infraestructuras de instituciones educativas, puentes, obras hidráulicas, tanques, defensas ribereñas; y porque no mencionar también las obras de nuestra casa de estudios, Universidad Nacional de Huancavelica. En todo proyecto de ingeniería civil se empieza con la cimentación, lo cual es la raíz de una infraestructura; la fundación entra en contacto con el suelo, eh ahí la importancia del estudio que se debe realizar al suelo. Para poder diseñar correctamente las dimensiones de la cimentación y su respectiva reparación que debe realizarse al suelo, es muy importante conocer sus parámetros de resistencia al corte como son el ángulo de fricción interna y la cohesión, siendo estos parámetros que influyen en la capacidad portante del mismo. Para obtener estos parámetros se realizan ensayos en el laboratorio de geotecnia, llamados ensayos triaxiales; donde, este ensayo requiere muestras de suelo in situ de forma cilíndrica de 70 mm de diámetro y 140 mm de altura, la densidad, la humedad natural, peso natural de muestra, peso seco de la muestra y la temperatura ambiental; en la que necesariamente se requiere de 3 a más muestras a ensayar para obtener la envolvente mediante los círculos de Mohr. Cada probeta de suelo se ensaya

aproximadamente 30 minutos, sin incluir el tallado y preparación, por lo tanto, para obtener los parámetros de resistencia al corte de suelo se invierte 3 horas aproximadamente, siendo esto un ensayo no drenado no consolidado (UU). No obstante, estos tipos de ensayo son muy costosos en el mercado local, ya que la Universidad Nacional de Huancavelica es la única institución que cuenta con este tipo de equipos de última generación, por lo tanto, muchas entidades públicas y privadas no lo toman mucha importancia al suelo, siendo este esencial para una buena cimentación y así evitar problemas posteriores a la ejecución de los proyectos. Es más, muchas personas de nuestra localidad desconocen el correcto tratamiento o reparación de los suelos y construyen sus viviendas a la deriva; es así que se observan daños estructurales por la misma falla y/o asentamiento de los suelos. Con un modelo matemático utilizando Redes Neuronales Artificiales, en base a entrenamientos de los datos recolectados de los diferentes suelos, estimaremos los parámetros de resistencia al corte, solamente a partir de sus propiedades básicas; los cuales constan de ensayos sencillos y menos costosos.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál será la variación y correlación de los parámetros de resistencia al corte de suelos a partir de sus propiedades físicas, mediante las Redes Neuronales Artificiales y el Equipo Triaxial en la Universidad Nacional de Huancavelica?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál será la variación y correlación de la cohesión de suelos a partir de sus propiedades físicas, mediante las Redes Neuronales Artificiales y el Equipo Triaxial en la Universidad Nacional de Huancavelica?
- ¿Cuál será la variación y correlación del ángulo de fricción interna de suelos a partir de sus propiedades físicas, mediante las Redes Neuronales Artificiales y el Equipo Triaxial en la Universidad Nacional de Huancavelica?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la variación y correlación de los parámetros de resistencia al corte de suelos a partir de sus propiedades físicas, mediante las Redes Neuronales Artificiales y el Equipo Triaxial en la Universidad Nacional de Huancavelica.

1.3.2. Objetivos específicos

- Definir la variación y correlación de la cohesión de suelos a partir de sus propiedades físicas, mediante las Redes Neuronales Artificiales y el Equipo Triaxial en la Universidad Nacional de Huancavelica
- Establecer la variación y correlación del ángulo de fricción interna de suelos a partir de sus propiedades físicas, mediante las Redes Neuronales Artificiales y el Equipo Triaxial en la Universidad Nacional de Huancavelica.

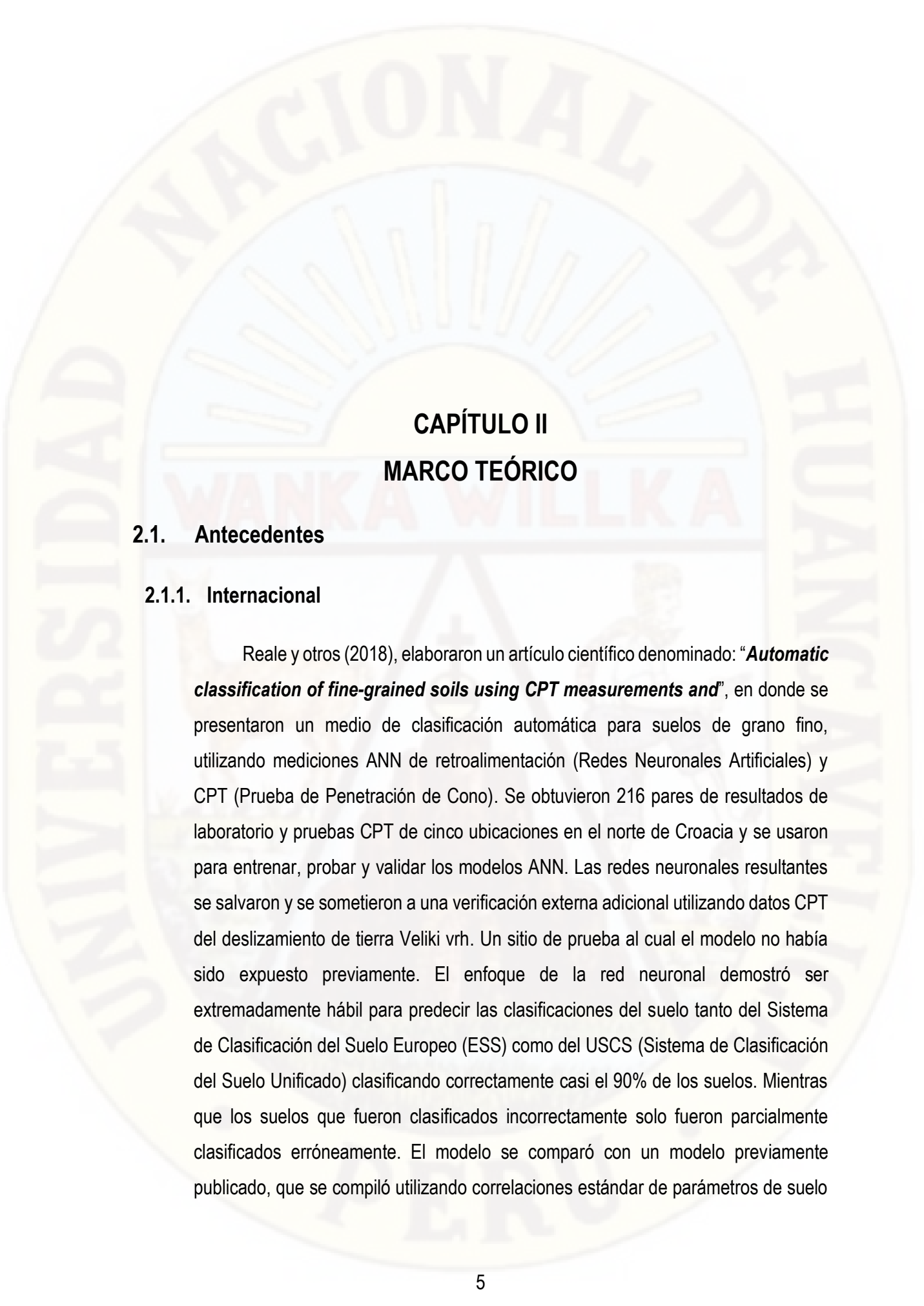
1.4. Justificación

El propósito de esta investigación que realizamos es brindar la accesibilidad o la facilidad de obtener los parámetros de resistencia al corte de suelo como el ángulo de fricción interna y la cohesión del suelo, que podrían ser los que influyen en la determinación de la capacidad portante de la estratigrafía definida en la que va ser fundado las estructuras de ingeniería, la cual es de mucha importancia ya que ahora en estos tiempos están ocurriendo muchas fallas y/o asentamientos de la estructuras fundadas algunas sin que hayan dado un servicio esperado. Dado que, realizar el ensayo con el equipo triaxial para obtener dichos parámetros son costosos de manera que no dan la accesibilidad a proyectistas o personas naturales que hacen edificar obras de pequeña envergadura.

Por esa razón, el propósito de esta investigación es dar la facilidad de acceso al estudio de la resistencia al esfuerzo cortante del suelo mediante el programa Redes Neuronales Artificiales. Siendo más económica y con alta predictibilidad que muestra

confianza de los resultados que se obtendrán ejecutando en un corto tiempo en base a sus propiedades físicas que son propiedades básicas del suelo que se ensayará.

Estos parámetros de resistencia al corte como el ángulo de fricción interna y la cohesión son los parámetros más importantes del suelo que se utilizan en el diseño de la cimentación de las diferentes estructuras de obras de ingeniería.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Internacional

Reale y otros (2018), elaboraron un artículo científico denominado: “***Automatic classification of fine-grained soils using CPT measurements and***”, en donde se presentaron un medio de clasificación automática para suelos de grano fino, utilizando mediciones ANN de retroalimentación (Redes Neuronales Artificiales) y CPT (Prueba de Penetración de Cono). Se obtuvieron 216 pares de resultados de laboratorio y pruebas CPT de cinco ubicaciones en el norte de Croacia y se usaron para entrenar, probar y validar los modelos ANN. Las redes neuronales resultantes se salvaron y se sometieron a una verificación externa adicional utilizando datos CPT del deslizamiento de tierra Veliki vrh. Un sitio de prueba al cual el modelo no había sido expuesto previamente. El enfoque de la red neuronal demostró ser extremadamente hábil para predecir las clasificaciones del suelo tanto del Sistema de Clasificación del Suelo Europeo (ESS) como del USCS (Sistema de Clasificación del Suelo Unificado) clasificando correctamente casi el 90% de los suelos. Mientras que los suelos que fueron clasificados incorrectamente solo fueron parcialmente clasificados erróneamente. El modelo se comparó con un modelo previamente publicado, que se compiló utilizando correlaciones estándar de parámetros de suelo

aceptadas en la industria y mostró una mejora sustancial en términos de coeficiente de correlación, error promedio absoluto y la precisión de la clasificación del suelo de acuerdo con los lineamientos de USCS y ESCS. El estudio confirma el vínculo funcional entre los resultados de CPT, el porcentaje de partículas finas FC, el límite líquido w_L y el índice de plasticidad IP. A medida que la base de datos de capacitación aumenta de tamaño, el enfoque debería hacer que la clasificación del suelo sea más económica, más rápida y menos laboriosa.

Thai y otros (2018), también han elaborado un artículo científico sobre el tema en estudio, titulado: ***“Automatic classification of fine-grained soils using CPT measurements and Artificial Neural Networks”***, donde compararon el rendimiento de cuatro métodos de aprendizaje automático, Optimización de enjambre de partículas - Sistema de inferencia difusa basado en red adaptativa (PANFIS), Algoritmo genético - Sistema de inferencia difusa basado en red adaptativa (GANFIS), Regresión vectorial de soporte (SVR)) y Redes Neuronales Artificiales (ANN), para predecir la fuerza de los suelos blandos. Para este propósito, se han utilizado estudios de casos de 188 muestras de suelo de arcilla plástica tomadas de dos proyectos principales, los puentes Nhat Tan y Cua Dai en Vietnam, para generar entrenamiento y probar conjuntos de datos para construir y validar los modelos. La validación y comparación de los modelos se han llevado a cabo usando RMSE y R. Los resultados muestran que el PANFIS tiene la capacidad de predicción más alta (RMSE = 0.038 y R = 0.601), seguido del GANFIS (RMSE = 0.04 y R = 0.569), SVR (RMSE = 0.044 y R = 0.549), y ANN (RMSE = 0.059 y R = 0.49). Se puede concluir que, de cuatro modelos, el PANFIS indica como una técnica prometedora para la predicción de la fuerza de los suelos blandos.

Khan, Suman y Pavani (2014), realizaron el artículo científico titulada: ***“Prediction of the residual strenght of clay using functional networks”***; con el que predijeron de la resistencia residual de la arcilla a partir de un nuevo modelo de predicción, las redes funcionales (FN); a partir de los procedimientos llegó a las siguientes conclusiones: 1) La red funcional ha sido un herramienta alternativo para predecir la resistencia de la arcilla, mediante la capacitación con los datos disponibles

en la literatura; 2) Con dicho red funcional se desarrolló el primer modelo que incluye cuatro entradas: LL, PL, PI, CF y DPI; y el segundo modelo que incluye dos entradas: CF y DPI con una salida de fr; 3) Basándose en el valor de R y E, los resultados de FN se encontraron mejores que ANN, siendo que el R para el modelo 1 es decir calculado por ANR fue 0.888 0.738 respectivamente, mientras que el valor para FN ha sido 0.914 y 0.898; por lo que sugiere que FN es más eficiente que la RNA; 4) Y al hallar los valores de RMSE para el modelo 1 para el entrenamiento fue 3.624 y la prueba 2.728 para FN ha sido menores que el de la SVM; y 5) Los valores de fricción residual utilizados en este estudio se determinaron mediante un ensayo de cizallamiento de anillo de laboratorio y se consideró el ángulo de fricción medio.

Así mismo, Khanlari, Heidari y Momeni (2012), realizaron la investigación titulado: ***“Prediction of shear strength parameters of soils using artificial neural networks and multivariate regression methods”***, donde estimaron los parámetros de resistencia al cizallamiento del suelo mediante Redes Neuronales Artificiales (RNA) y el Potencial de Regresión Multivariante (RM), llegando a las siguientes conclusiones: 1) En esta investigación se han investigado Redes Neuronales Artificiales y capacidad de Regresión Lineal Multivariable para la predicción de los parámetros de resistencia al corte (C y ϕ) de los suelos. Para la evaluación de los resultados de los métodos, se han utilizado los métodos r, RMSE y MAE y t-test. En esta investigación, dos modelos de ANN, incluyendo MLP y RBF han sido empleados; 2) Los resultados indicaron que el MLP-AAN funcionó mejor que el modelo RBF-AAN. La red que utiliza entradas variadas fue entrenada usando varios algoritmos de entrenamiento. Entre los cinco modelos de RNA para la estimación de ϕ , el modelo de RNA cuyas entradas son $\neq 200$, $\neq 40$, PI y $\neq 4$ es el mejor modelo con r, RMSE, MAE 0.89, 2.26 y 1.92 (grados), respectivamente. Esta arquitectura modelo es la función de activación sigmoide, regla de aprendizaje de Levenberg-Marquardt con neuronas de arquitectura 4-4-1 para capa oculta; 3) El modelo de ANN (iii) es el mejor modelo de RNA para la estimación de la cohesión con r, RMSE, MAE 0,91, 0,019 y 0,025 (Kg / cm²), respectivamente. Las entradas de este modelo fueron $\neq 200$, PI, $\neq 40$ con función de activación sigmoide, regla de aprendizaje de Levenberg-Marquardt y arquitectura de neuronas 3-3-1. De los resultados de este estudio también se puede

inferir que la regla de aprendizaje de Levenberg-Marquardt y la función de activación de Sigmoide han sido las más apropiadas para este problema. Resultados similares con respecto a la función de activación y la regla de aprendizaje han sido obtenidos por Tabari et al. (2011). La regresión lineal multivariada se ha llevado a cabo en cinco modelos tanto para C como para ϕ . Los resultados obtenidos indican que los mejores modelos de estimación de C y ϕ son similares a los que se han seleccionado para los modelos de ANN. Los resultados del mejor modelo MLR para la predicción de ϕ muestran valores de 2,40, 0,88 y 1,96 para RMSE, y MAE, respectivamente; y 4) Además, los resultados para la predicción de C son 0,039, 0,81 y 0,030 (kg/cm²), respectivamente. Las comparaciones del rendimiento de los modelos de RNA y MLR para la estimación de ϕ demostraron que tres modelos de MLR (I, II y V) obtuvieron mejores resultados que los mismos modelos en ANN. El modelo III tiene un rendimiento similar en ambos métodos de RNA y MLR, pero el modelo de ANN IV tiene mejores resultados que el mismo modelo en MLR. Esta comparación para la estimación de C indicó que todos los modelos en ANN tienen un mejor rendimiento que los modelos MLR. Además, una comparación del mejor rendimiento del modelo entre los modelos de RNA y MLR indicó que la RNA era más adecuada para estimar la cohesión, pero para la estimación del ángulo de fricción el uso de los métodos RNA y MLR tiene capacidad aceptable. Desde un punto de vista práctico, debido a la sencillez de estimación de los parámetros de entrada, el uso de estos modelos se sugiere para la estimación de los parámetros de resistencia al corte de los suelos.

Luego Gómez, Sánchez y Ocampo (2012), realizaron el artículo científico titulado: ***“Aplicación de redes neuronales en la clasificación de arcillas”***, donde clasificó las arcillas de diferente procedencia y propiedades mediante algoritmos de redes neuronales, llegando a las siguientes conclusiones: 1) El modelo desarrollado permite clasificar una nueva muestra de arcilla en el grupo al que pertenece con una confianza aproximada del 95 %; 2) Los grupos que el modelo utiliza son los definidos por los expertos; en este sentido el modelo se convierte en un puente que disminuye la incertidumbre en la decisión de asignar el grupo, sin alterar el conocimiento previo disponible; 3) La menor confianza obtenida se relaciona con las muestras rechazadas, quizá por un bajo número de casos en ese estado, lo cual se mejoraría

al ampliar la muestra de entrenamiento; y 4) El estudio de sensibilidad muestra que las variables que definen mejor la clasificación son los límites plástico y líquido.

Monhsen, Habibagahi y Ghahramni (2011), realizaron el artículo científico titulado: ***"Predicting effective stress parameter of unsaturated soils using neural networks"***, donde estimaron la resistencia al corte de suelos no saturados, conociendo el parámetro y su variación con la succión del suelo; cuyo instrumento de recolección de datos fue el modelo de perceptrón multicapa con seis neuronas en la capa de entrada que representan el valor de entrada de aire, el contenido de agua volumétrico en condiciones residuales y saturadas, la pendiente de La curva característica del agua del suelo, la tensión neta de confinamiento y la succión; llegaron a las siguientes conclusiones: 1) La capacidad de la RNA capacitada para predecir los valores objetivo de los datos CW que no se habían encontrado durante el entrenamiento fue probado y los resultados fueron prometedores, que mostraron un buen acuerdo entre la predicción del modelo y la fuerza de cizallamiento real para los datos de entrenamiento y prueba; 2) El análisis de la red indicó que el parámetro v depende fuertemente de la tensión media neta, a causa que es diferente entre los tipos de suelo; y 3) Finalmente, la red entrenada estimó la variación en los valores de v para la arcilla limosa de Shiraz para un rango práctico de succiones.

De igual forma Gunaydin, Gokoglu y Fener (2010), realizaron el artículo científico titulado: ***"Prediction of artificial soil's unconfined compression strength test using statistical analyses and artificial neural networks"***, en el que utilizaron diferentes métodos estadísticos y RNA para la predicción de SCU de suelos sin realizar pruebas de laboratorio. Para ello, se realizaron 85 ensayos de clasificación de UCS y suelo en la arcilla y 10-90% de mezclas de arena, llegando a las siguientes conclusiones: 1) En este trabajo, se examinó el uso de RNAs y modelos estadísticos tradicionales para la predicción de UCS. Se obtuvieron coeficientes de correlación altos ($R^2 = 0,71-0,92$) que dentro de cada grupo (10-100% de arcilla) se obtuvieron para la predicción UCS usando valores de WC de SRA. Sin embargo, todas las muestras se evaluaron sin relación notable entre UCS y las propiedades del índice de suelo de SRA. Los análisis MLR fueron implementados usando propiedades

básicas del suelo como variables independientes para desarrollar modelos para la predicción de UCS. En primer lugar, se utilizó el método de regresión escalonada para obtener el mejor modelo. El mejor modelo del método de regresión escalonada obtenido es el modelo VI ($R^2 = 0,88$). Otros valores de R^2 son 0,87, 0,86 y 0,82, respectivamente; 2) Para consideraciones prácticas todos los modelos son ecuaciones simples y prácticas. En segundo lugar, se utilizó el método de regresión para obtener diferentes modelos. El método de regresión introducido es el modelo I ($R^2 = 0,89$). Sin embargo, dos valores t calculados (DUW y SD) son inferiores a los valores t tabulados, y los valores de Durbin-Watson son inferiores a 1,5 indicando algunas dudas sobre el modelo. El Modelo I no es útil debido a la complejidad e impracticabilidad. Los modelos II-IV de los valores de Durbin-Watson son inferiores a 1,5 que los modelos no son válidos. Además, se desarrollaron cuatro modelos de RNA que tienen un número diferente de parámetros de entrada para la predicción de SCU usando un total de 85 resultados de prueba. Se observó que los mejores resultados se obtuvieron del Modelo II con cinco parámetros de entrada. Los otros modelos que fueron desarrollados para ver los efectos de diferentes propiedades del suelo también produjeron resultados satisfactorios; y 3) Se concluyó de todo lo que aquí se describe que el uso de las propiedades básicas del suelo tales como WC, NUW, DUW, VR, P, SUW, SD, SG y K parece ser razonable en la predicción de UCS. Sin embargo, mientras que SG, K y WC fueron el parámetro más dominante para la predicción de UCS.

También Kumar y Kumar (2008), realizaron el artículo científico titulada: ***“Prediction of residual friction angle of clays using artificial neural network”***, en el que predijeron el ángulo de fricción residual basado en la fracción de arcilla y los límites de Atterberg mediante Modelo de Red Neuronal. Realizaron diferentes análisis de sensibilidad para determinar los parámetros importantes que afectan al ángulo de fricción residual, y sus conclusiones fueron las siguientes: 1) El modelo de ANN con CF y ΔPI como parámetros de entrada es el mejor modelo basado en parámetros estadísticos, coeficiente de correlación y coeficiente de eficiencia, para el conjunto de datos de entrenamiento y prueba; 2) El modelo de ANN desarrollado podría explicar el efecto físico de los insumos en la salida, como se muestra en NID. Se observó e

inferió que los valores de ϕ_r disminuyen con el aumento de los valores ΔPI y CF , conclusiones similares a las expuestas anteriormente por Stark y Eid (1994), Wesley (2003) y Sridharan y Rao (2004); y 3) Basado en análisis de sensibilidad; El coeficiente de correlación de Pearson, el algoritmo de Garson y los enfoques de peso de conexión, se observó que ΔPI es el parámetro de entrada más importante que presenta una ecuación modelo basada en los pesos entrenados de la ANN.

Goktepe Altun y Altintas (2007), realizaron el artículo científico titulada: ***“Shear strength estimation of plastic clays with statistical and neural approaches”***; en el que observaron el desempeño de los métodos basados en la red neuronal artificial y estadística (ANN) sobre el establecimiento de correlaciones entre las propiedades de los índices y los parámetros de resistencia al corte de las arcillas plásticas normalmente consolidadas; cuyos instrumentos de recolección de dato fue el triaxial y la realizaron el análisis estadístico; cuyos resultados fueron: 1) Indican que el modelo basado en ANN es superior en la determinación de las relaciones entre las propiedades del índice y los parámetros de resistencia al corte. Sin embargo, para obtener resultados apropiados, se debe dedicar atención específica cuando se aplican modelos de correlación basados en ANN; 2) El parámetro de ángulo de fricción interna proporcionó una mejor correlación con el índice de plasticidad y el contenido de agua que el parámetro de cohesión; y 3) Indican también, que los modelos basados en ANN son más exitosos con referencia a múltiples modelos basados en la regresión. Además, la selección del algoritmo de aprendizaje es también crucial para el rendimiento del modelo de ANN desarrollado.

Penumadu y Rongda (1999), realizaron el artículo científico titulado: ***“Triaxial compression behavior of sand and gravel using artificial neural networks (ANN)”***, donde describieron el comportamiento de tensión-deformación, cambio de volumen de arena y grava en condiciones de prueba de compresión triaxial, esto fue modelado utilizando redes neuronales artificiales de retroalimentación, llegando a la siguiente conclusión. Se desarrollaron modelos de arena basada en redes neuronales artificiales para modelar el comportamiento de compresión triaxial drenada de la arena bajo presiones bajo (<700 kPa) y de confinamiento alto (700-

68.500 kPa). En el desarrollo de dos modelos de arena se utilizaron un total de 126 ensayos triaxiales para una amplia gama de relaciones de vacío y presiones de confinamiento. Se desarrolló un modelo de RNA para aproximar el comportamiento CIDC de grava basado en 125 pruebas triaxiales. Las simulaciones y predicciones de estos tres modelos coincidieron con los datos experimentales. Se concluye que se obtuvieron capacidades confiables de modelado.

2.1.2. Nacional

Ayala (2016), ha realizado una investigación científica denominado: ***“Predicción de sequías con redes neuronales artificiales y algoritmos genéticos utilizando precipitación por percepción remota”***, en el que determinó el desempeño de la predicción de sequía agrícola regional, mediante el modelo de Redes Neuronales Artificiales tipo NARX, utilizando los índices SPI, SPEI, VCI e Índices Climáticos Globales. Se han determinado 10 regiones homogéneas mediante el análisis regional de frecuencias y L-Momentos, definiendo la región más árida y el índice representativo con su respectiva escala temporal (SPEI 6 meses) que responde al crecimiento y desarrollo de la vegetación en la cuenca con correlación de Pearson igual a 0.58. Las precipitaciones y temperaturas mensuales corresponden a los datos PISCO elaborados por SENAMHI-Perú, con resolución espacial de 0.05°. Para la predicción se han determinado 2 grupos, el primero para la construcción del modelo con 80 % del registro y para la validación del modelo y la hipótesis con el 20 % restante. Los resultados de la predicción han sido satisfactorios aceptándose la hipótesis nula planteada.

Sánchez (2016) elaboró la tesis titulada: ***“Predicción de la distancia cubierta por el Flyrock aplicando las Redes Neuronales Artificiales del Matlab, tajo Ferrobamba-Proyecto minero las Bambas 2015”***, con el que predijo las distancias, cubiertas por el flyrock usando las redes neuronales artificiales del Matlab en el tajo Ferrobamba, en la que definió el comportamiento de las variables determinados mediante el análisis de la sensibilidad, estableció el grado de correlación de las distancias predichas por las redes neuronales del Matlab, mostró que las redes

neuronales que tiene el Matlab fue una herramienta de mayor de predicción a comparación que otros métodos que normalmente se usan; usó el método inductivo y estadístico, utilizó como población los bancos y como muestra han sido los 152 fragmentos con tamaño mayores a 10 centímetros; con los que llegó a las siguientes resultados: 1) realizó la regresión multivariable donde la correlación de las distancias de estudio y de Floyrok resultó un coeficiente $R^2 = 0.09$; 2) el análisis de sensibilidad para las variables RQD, RMR, tuvo una diferencia de distancia negativa, mientras que para el factor de carga y la concentración de la carga lineal obtuvo una diferencia de distancia positiva; con las cuales generó las siguientes conclusiones: 1) se logró estimar las distancias cubiertas por Flyrock, con la utilización de 6 variables independientes; 2) los mejores predictores fueron las redes neuronales con dos capas ocultas y la función sigmoideal gracias a la retropropagación (backpropagation); 3) las distancias que prefijo utilizando redes neuronales artificiales con Matlab tuvo como correlación positiva de $R^2 = 0.98$ la cual muestra una alta correlación y 4) la regresión multivariable y la red neuronal artificial del Matlab, fue un modelo por su coeficiente de determinación más alto, así como es una herramienta superior en predecir a comparación de otros modelos comunes.

Canchari, (2015), ha desarrollado una investigación científica titulada: ***“Redes neuronales artificiales de base radial como herramienta de predicción de la contaminación acústica generado por tránsito vehicular”***, en el que diseñó un modelo metaheurístico basado en redes neuronales artificiales de base radial como herramienta de predicción de la contaminación acústica generado por tránsito vehicular. En la investigación se obtuvo un modelo metaheurístico basado en redes neuronales artificiales de base radial para la predicción de la contaminación sonora generado por tránsito vehicular en áreas urbanas, la percepción de la contaminación acústica es una variable producto de múltiples factores que está relacionado por la densidad de flujo vehicular en una determinada vía, las condiciones topográficas del terreno y las características arquitectónicas existentes; el modelo de redes neuronales artificiales previamente definidas se sometieron al proceso de entrenamiento con variada cantidad de argumentos, determinándose que los mejores

modelos resultantes son aquellas que permiten solamente como ingreso al modelo metaheurístico el flujo vehicular.

Canchari (2015) desarrolló la investigación titulada: ***“Validación de la Precipitación GPM (Global Precipitation Measurement) mediante Redes Neuronales Artificiales de Base Radial”***, donde validó en base a los registros disponibles en las estaciones climatológicas de la cuenca del Rio Cachi, utilizando Redes Neuronales Artificiales de Base Radial; donde los productos validados fueron 3B42 Y 3B43 en la que llegó a los siguientes resultados: 1) la arquitectura de la red neuronal ha sido compuesta por 4 capas de entrada, 18 capa oculta y 1 capa de salida; 2) los registros conseguidos como base datos fueron analizados tomando en cuenta las pruebas de consistencia y homogeneidad, los métodos utilización han sido las pruebas estadísticas de Helmert y la prueba de las secuencias, las cuales se realizaron anualmente, donde el coeficiente de confiabilidad o coeficiente de correlación ha sido 0.98 por Pearson, 0.91 por Kendall y 0.98 por Spearman; con las cuales obtuvo las siguientes conclusiones: 1) la elección de la arquitectura de redes neuronales artificiales dependió de mejores parámetros que evaluó en condiciones de modelo, donde en dicha elección se tomó en base a que genere mejores indicadores de confiabilidad, validez y objetividad; 2) el modelo implementado generó en base a las condiciones topográficas asociadas a un punto (latitud, longitud, altitud) y las precipitaciones registradas del proyecto TRMM, que es el producto de 3B42, que produce las precipitaciones equivalentes a las registradas en las estaciones meteorológicas para cuenca de Rio Cachi.

Díaz (2014) realizó el tesis con título: ***“Sistemas Integral bajo el enfoque de minería de datos y redes neuronales para la predicción y control de la contaminación atmosférica por PM 10 en la ciudad de Chimbote”*** en la que predijo los niveles de contaminación atmosférica producido por PM10 en la ciudad de Chimbote que permitirá a anticiparse a situaciones de riesgo, en la que como objetivos específicos: 1) reunió y organizó la información y requerimientos necesarios para el desarrollo del trabajo en el área de dominio, comprendiendo el funcionamiento de redes neuronales y del Sistema integral; 2) interpretó y procesó la información de

la contaminación atmosférica en la ciudad de Chimbote, estableciendo y estimando las variables, que serán usadas para la implementación del modelo de predicción; 3) estableció un modelo de la red neuronal artificial para estimar los contaminantes atmosféricos PM10; 4) calculó y certificó el modelo de estimación implementado; con los que ha llegado a los siguientes resultados: 1) en todas las preguntas obtuvo respuestas de aceptación significativa, repartidas entre las alternativas "3" y "2" y ninguno resultó las alternativas "1" y "0" que son los niveles más bajos de aceptación; con los que llegó a las siguientes conclusiones: 1) se logró justificar y validar el uso de las variables meteorológicas que han sido definidas, 2) estableció y validó la red neuronal (Perceptrón multicapa), compuesta por una capa de entrada de 09 neuronas, 02 de capas ocultas y la capa de salida de 05 neuronas; 3) donde la capa oculta conformó por 90 neuronas y la segunda de 50 neuronas, en la que la función de activación ha sido la sigmoidea logarítmica, la cual ha sido entrenada mediante método de gradiente descendiente con una velocidad de aprendizaje variable, cuyo resultado tiene en desarrollar predicciones de índices de calidad de aire en tiempo real y a analiza el impacto que causa en la salud de la población.

2.1.3. Local

A nivel local no se encontraron trabajos de investigación relacionados al tema de estudio.

2.2. Bases teóricas

Con respecto a la variable Independiente y sus dimensiones:

2.2.1. Parámetros de resistencia

La resistencia al esfuerzo cortante de una masa de suelo, es la resistencia interna por área unitaria que la masa de suelo ofrece para resistir la falla y el deslizamiento a lo largo de cualquier plano dentro de él. La importancia de entender la naturaleza de estos parámetros es para analizar problemas de la estabilidad del

suelo, tales como la capacidad de carga, estabilidad de taludes y la presión lateral sobre estructuras de retención de tierras (Das, 2001).

Los parámetros de resistencia al corte se ven afectados por diversos factores, como propiedades de las partículas (dureza, forma, rugosidad, nivel de rotura), propiedades de la muestra de ensayo (densidad, tamaño de las partículas, granulometría, fábrica) y nivel de tensiones. Estos factores y sus efectos son analizados a continuación.

2.2.1.1. Ángulo de fricción interna (Φ)

La resistencia al deslizamiento en los contactos entre partículas llamada como la “fricción verdadera” está en función a los minerales que se encuentran en contacto, normalmente se estima constantes y cooperan a la mitad o más de la resistencia máxima. La fricción de deslizamiento entre partículas será menor que el ángulo de fricción corregido por dilatación ya que la rotura de granos es ensayado a altas presiones (Segovia, 2012).

“el ángulo de fricción Interna es la representación matemática del coeficiente de rozamiento en el plano de falla, el cual es un concepto básico de la física: Coeficiente de rozamiento = $\tan \Phi$ ” (Rosales, 2007, pág. 2).

Indica que tiene varios factores entre los más importantes menciona: Tamaño de los granos, forma de los granos, distribución de los tamaños de granos y la densidad (Rosales, 2007).

“La fricción interna actúa en las arenas y proviene de la rugosidad de los granos” (Iriondo, 1993, pág. 85).

El valor del ángulo de fricción interna de los suelos granulares seco (gravas y arenas) dependen de la compactación relativa de las probetas de suelo ensayadas. Terzaghi determinó la variación del ángulo según su compactación relativa en arena informe, así como en arena de buena graduación.

Tabla 1: Variación del ángulo de fricción interna según su compactad

Compacidad relativa	Granos redondeados uniformes	Granos angulosos bien graduada
Suelta	28.5°	34°
Muy compacta	35°	46°

Fuente: (Tamez, 2001).

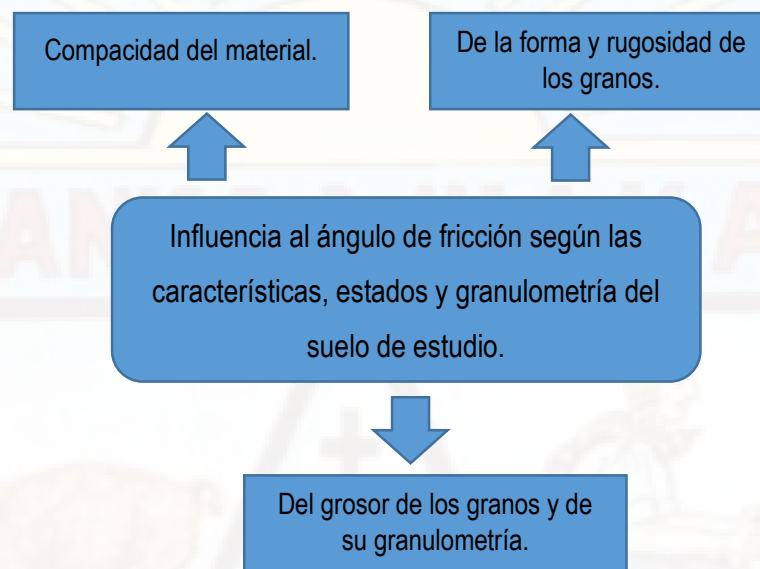


Figura 1 Influencia de las características, estados y granulometría del suelo en el ángulo de fricción

Fuente: Determinación del parámetro de resistencia, ángulo de fricción interna (φ) y su relación con los parámetros densidad relativa (D_r) y relación de vacíos en suelos granulares (e) en suelos granulares (Gonzales, De García, & Ucar, 2014).

2.2.1.2. Cohesión (C)

Se refiere a la fortaleza, firmeza o la resistencia al corte del suelo cuando no hay la existencia del algún esfuerzo de compresión que actúa sobre dicho suelo. En suelos granulares limpios es normalmente asumido de una cohesión nula (Segovia, 2012).

“Es la capacidad que tienen las partículas de la masa del suelo para permanecer unidas debido a las fuerzas de atracción que se presentan según el porcentaje de humedad” citado por Pachacama (2015) (Suarez, 2009, pág. 32).

“Actúa en las arcillas; es la atracción molecular que mantiene unidas a las partículas” (Iriondo, 1993, pág. 85)

2.2.1.3. **Envolventes de falla**

La resistencia al corte de un material granular está representada por una función lineal. Llamada la envolvente de falla de Morh – Coulomb. Es super importante que saber que los esfuerzos por encima de la envolvente de falla no pueden existir.

$$T = C + \sigma_n \tan \phi \dots \dots \dots 1$$

Donde:

T : Resistencia al corte de suelo

C: Cohesión

ϕ : Angulo de fricción

σ_n : Esfuerzo normal efectivo

Donde la resistencia al corte crece linealmente con la tensión normal y considera al ángulo de fricción y cohesión como constantes de un suelo en estudio. Sin embargo en suelos granulares gruesos se ha visto que la ecuación de Coulomb deja de tener sentido, porque la resistencia al corte está en función a los factores como el ángulo de rozamiento interno en el deslizamiento, la dilatancia y el encaje entre partículas que la componen o la rotura de las partículas sólidas, donde estos producen una curvatura de la envolvente de falla, por lo que tomando en cuenta la envolvente de falla en suelos granulares gruesos considerando la curvatura definidas por autores como Mello (1977), Charles y Watts (1980) y Cea (1993) y otros, utilizaron una función parabólica (Segovia, 2012).

$$T = a\sigma_n^b \dots \dots \dots 2$$

Donde:

T : Resistencia al corte de suelo

a y b : Parámetros de ajuste de curva

σ_n : Esfuerzo normal efectivo

El efecto de la dilatancia en la resistencia del suelo, es cuando unos valores bajos de presión de confinamiento tienden a dilatarse causando un cambio rápido de ángulo de rozamiento interno. Entretanto para un rango de presiones moderado el dominio de la rotura de partículas llega a ser significativo y causa una disminución de la dilatancia, el mismo provocando una reducción del ángulo de fricción de rozamiento. Mientras que para altas presiones de confinamiento la energía de confinamiento adiciona la resistencia tangencial, donde el ángulo de fricción aumentará hasta que se mantenga constante, de manera que se reordenará las partículas por el incremento de la energía de confinamiento (Segovia, 2012).

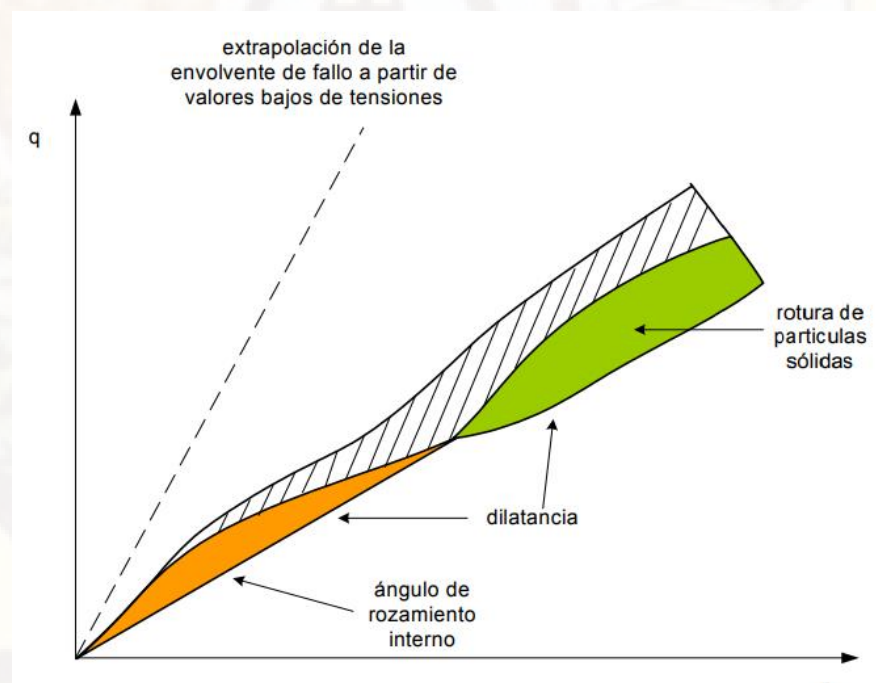


Figura 2 Contribución de los distintos factores a la envolvente de falla: (ángulo de rozamiento, dilatancia y rotura de partículas sólidas).

2.2.2. Propiedades físicas de los suelos

2.2.2.1. Densidad

“Define fundamentalmente como su masa por una unidad de volumen” (Berry & Reid, 1993, pág. 26).

Es el resultado de la relación entre la masa y volumen. En suelos esta propiedad se obtienen bajo las formas de densidad real (D_r) (se conceptua como el peso de las partículas sólidas del suelo relacionado con el volumen que ocupan, sin envolver los espacios que ocupan los poros en dicho volumen) y densidad aparente (D_a) (es la densidad del suelo que se determina incluyendo el espacio ocupado por los poros al calcular el volumen de los suelos, generalmente la densidad aparente varía de 1.0 a 1.7 g/cm³). Los suelos tienen naturalmente diferentes densidades debido a la variabilidad de la textura, de la porosidad y del contenido de materia orgánica (Meléndez, 2012).

2.2.2.2. Humedad natural

“La proporción de agua presente en un elemento de suelo se expresa en términos de contenido de humedad, w ” (Berry & Reid, 1993, pág. 25).

Es la relación en % del peso del agua del espécimen, al peso de los sólidos. El problema es ¿cuál es el peso del agua? para tal efecto debemos señalar que existen varias formas de agua en el suelo, y unas requieren más temperatura y tiempo de secado que otras para ser eliminadas (Duque & Escobar, 2002, pág. 15).

2.2.2.3. Límites de Atterberg

El suelo está compuesto por una cantidad de material fino en un estado natural, por lo que se puede definir su plasticidad que tiene dicha muestra. Gracias a la metodología del sueco Atterberg quien desarrolló dicho estudio para determinar los límites de partículas como el límite líquido, límite plástico y el índice de plasticidad de suelo. En la que descubrió que la plasticidad de las arcillas no tenía una propiedad imborrable, siendo éstas dependientes de su contenido de humedad de agua (Felizzola, 2016).

Es la medición de la plasticidad en laboratorio, es el índice de trabajabilidad. En geotecnia los límites de consistencia determinados por Atterberg son de importancia práctica, porque permite cuantificar la variación de la consistencia de los suelos finos en base a su contenido de agua, esta variación esta relacionada con el contenido de partículas coloidales y tipo de coloides, adicionado el contenido de agua influyen en las propiedades mecánicas e hidráulicas de los suelos finos (Tamez, 2001).

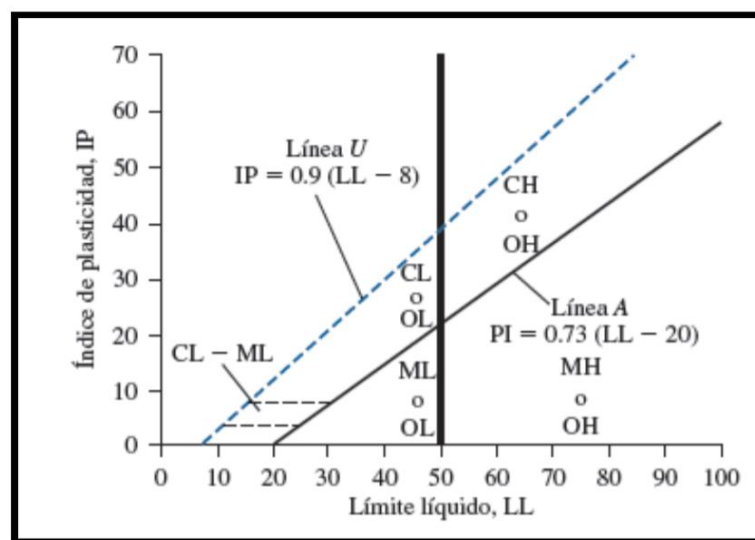


Figura 3 Carta de Plasticidad
Fuente: Braja Das séptima edición. Pag.20

Un suelo plástico podría encontrarse en cualquiera de los estados de consistencia que han sido definidos por Atterberg, en base al contenido de agua que contenga la arcilla, en forma creciente (Felizzola, 2016).

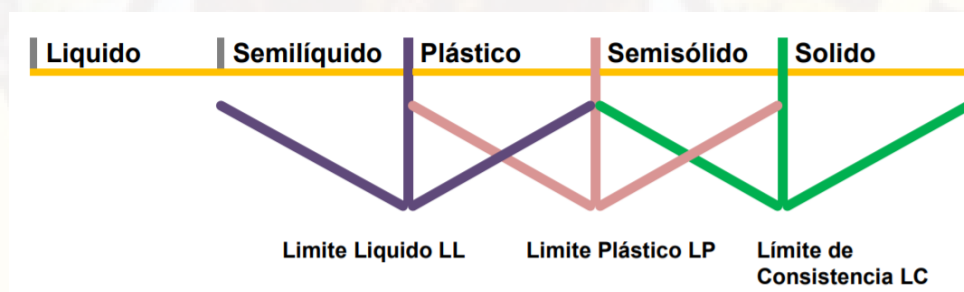


Figura 4: Estados de suelo en base al contenido de humedad
Fuente: Correlación entre los resultados obtenidos en el ensayo de corte directo y el ensayo detriaxial en un suelo arcilloso (Felizzola, 2016).

2.2.2.4. Límite líquido

Se determina en función a su contenido de humedad que es expresado en porcentaje del peso secado en horno. Este límite se muestra cuando el suelo se encuentra entre las fronteras de los estados plásticos y líquidos. Donde su contenido de agua se define como la cantidad necesaria como para que el surco separador de las dos mitades de una pasta de suelo se junte a lo largo de su fondo en un distancia de 13 mm cuando la cuchara ya de deja caer en 25 golpes desde una altura de 1 cm, con una velocidad de dos golpes en dos segundos. Es decir que, es el contenido de humedad que hace que una ranura se cierre en 25 golpes (García, 2015).

Es el contenido de humedad (w) requerido para que la muestra, en el aparato de Casagrande cierre una ranura de $\frac{1}{2}$ " de amplitud, a los 25 golpes generados a la cápsula de bronce, con un ritmo de dos golpes por minuto. Los valores corrientes son: para arcillas 40 a 60%, para limos 25 a 50%; en arenas no se obtienen resultados (Duque & Escobar, 2002).



Figura 5 Ensayo de límite líquido en la Copa de Casagrande.

Fuente (Propia)

2.2.2.5. Límite plástico

Está representado por el contenido de agua expresado en porcentaje del peso seco de suelo que ha sido secado en el horno. Este límite se puede ver cuando el suelo se encuentra en las fronteras de los estados plásticos y semisólidos. Donde su contenido de humedad debería ser el contenido más bajo de agua en la que dicho suelo pueda ser rolado en hilos de 3.2 mm ($1/8$ "

de diámetro y se rompa en pedazos. Es decir, que es la máxima humedad con la que se puede hacer un cilindro o hilos de 3 mm de diámetro (García, 2015).

Es el menor contenido de humedad (W%) para el cual el suelo se deja moldear. Esto se dice cuándo, tomando bolas de suelo húmedo, se pueden formar rollitos de 1/8" sobre una superficie plana, lisa y no absorbente. Sin agrietarse el suelo, no hay LP, y con muchas tampoco se tiene el LP. Los valores típicos entre arenas y arcillas se encuentran entre 5% y 30%. En arenas la prueba no es posible (Duque & Escobar, 2002).



Figura 6 Ensayo de límite plástico.
Fuente (Propia)

2.2.2.6. Índice de plasticidad

Representa el comportamiento de un suelo en estudio en base a su contenido de humedad, por lo que el suelo podrá trabajar de forma que será capaz de resistir deformaciones, solicitaciones sin llegar a una falla o ruptura.

Tabla 2 Características de suelos según sus índices de plasticidad

ÍNDICE DE PLASTICIDAD	CARACTERÍSTICAS
IP > 20	Suelos muy arcillosos
20 > IP > 10	Suelos arcillosos
10 > IP > 4	Suelos pocos arcillosos
IP = 0	Suelos exentos de arcillas

Fuente: MTC (2008)

2.2.2.7. Granulometría

Proceso para determinar la proporción en que participan los granos del suelo, en función de sus tamaños. Esa proporción se llama gradación del suelo. La gradación por tamaños es diferente al término geológico en el cual se alude a los procesos de construcción (agradación) y la destrucción (degradación) del relieve, por fuerzas y procesos tales como tectonismo, vulcanismo, erosión, sedimentación, etc (Duque & Escobar, 2002).

“Una muestra representativa de masa conocida de un suelo se pasa a través de una serie de tamices estándar con aberturas cada vez más pequeñas y luego se mide la masa retenida en cada una de las tamices” (Berry & Reid, 1993, pág. 34).



Figura 7 Muestra tamizado.
Fuente: Propia

2.2.3. Relación de las propiedades físicas de suelos y los parámetros de resistencia al corte

El límite líquido y el índice de plasticidad son las propiedades mecánicas relacionadas con la resistencia al corte en suelos con altos contenidos de esmectita (Suzuki, Tsuzuki, & Yamamoto, 2005).

La resistencia al corte está determinada de acuerdo a sus propiedades de los materiales como la cohesión y su coeficiente de fricción interna, los mismos que dependen directamente de propiedades físicas, químicas y mecánicas, como la distribución de partículas, propiedades hidrológicas, volumétricas, plasticidad,

estructura, contenido de lementos, contenido de materia orgánica y Ph (Salazar & Medina, 2009).

La correlación entre la resitencia al corte directo y las propiedades físicas químicas en suelos con plasticidad, se encontró correlación lineal simple inversa entre el ángulo de fricción y el índice de plasticidad ($r=-0.43$). Esta relación es debido a que el ángulo de fricción aumenta con incrementos en el tamaño de partículas, por el contrario, un índice de plasticidad alto implica la presencia de partículas finas, con un tamaño menor y , por ende, un ángulo de fricción bajo (Salazar & Medina, 2009).

2.2.4. Ensayo en laboratorio

2.1.1.1. Ensayo triaxial

“La prueba de ensayo triaxial es el uno de los métodos más confiables para obtener los parámetros de la resistencia al cortante” (Valerio, 2011, pág. 2).

En un ensayo triaxial, un espécimen cilíndrico de suelo es revestido con una membrana de látex dentro de una cámara a presión. La parte superior e inferior de la muestra tiene discos porosos, las cuales conectan al sistema de drenaje para saturar o drenar el espécimen. Los especímenes normalmente están sujetos a presiones laterales de un líquido, comúnmente agua. El agua de la cámara adquiere presión deseada por la acción de un compresor comunicado. La carga axial es transmitida el espécimen mediante un vástago que atraviesa la parte superior de la cámara (Valerio, 2011).

2.1.1.2. Ensayo consolidado drenado

Es una prueba lenta, su característica fundamental de este ensayo es que los esfuerzo aplicados al espécimen son efectivos. En primer lugar se aplica al suelo una presión hidrostática, permaneciendo abierta la válvula de comunicación con la bureta y permitiendo transcurrir el tiempo necesario para que haya consolidación completo. Un vez que el equilibrio estático interno se haya restablecido o acomodado, todas las fuerzas exteriores actuarán sobre la

fase sólida del suelo. Los ensayos consolidados drenados se utilizan esencialmente en suelos granulares (arenas) sin embargo se pueden aplicar en suelos finos, pero se requiere tiempos prolongados del orden de semanas (Valerio, 2011).

2.1.1.3. Ensayo consolidado no drenado, con medición de presión de poros

“El ensayo CU (Consolidado no drenado) se realiza generalmente con medición de presión de poros o neutra con el fin de determinar los parámetros de “C” y (Φ) en términos de esfuerzos totales y esfuerzos efectivos” (Valerio, 2011, pág. 16).

En este ensayo el espécimen primero se consolida con presión hidrostática, de manera que el esfuerzo llegará a ser efectivo, que actuará sobre la fase sólida del suelo. En este tipo de ensayo es el no permitir ninguna consolidación adicional durante el periodo de aplicación de la carga axial. Donde en la cámara de compresión triaxial se cierra la válvula de salida de las piedras porosas a la bureta (Valerio, 2011).

2.1.1.4. Ensayo no consolidado – no drenado o ensayo rápido (UU)

“El ensayo UU es usualmente llevado sobre especímenes de arcilla, enmarcando la realización del ensayo dentro del concepto de resistencia para suelos cohesivos saturados, en donde se expresan en términos de esfuerzos totales” (Valerio, 2011, pág. 16).

En este tipo de ensayo no se permite en ninguna etapa la consolidación de la muestra. La válvula de comunicación entre el espécimen y la bureta mantiene siempre cerrada impidiendo el drenaje. En primer lugar, se aplica al espécimen una presión hidrostática y de inmediato, se falla el suelo con la aplicación rápida de la carga axial. Este ensayo se lleva a cabo sobre especímenes de arcilla, suelos cohesivos saturados; donde, los resultados se expresaban en términos de esfuerzos totales (Valerio, 2011).

2.2.5. Círculo de Mohr

En un análisis en dos dimensiones, los esfuerzos en un punto pueden ser representados por un elemento infinitamente pequeño sometido a los esfuerzos σ_x , σ_y , y τ_{xy} . Si estos esfuerzos se dibujan en unas coordenadas $\tau - \sigma$, se puede trazar el círculo de Esfuerzos de Mohr. En este círculo se definen los valores de $\sigma_{\text{máximo}}$ (σ_1) y $\sigma_{\text{mínimo}}$ (σ_3), conocidos como esfuerzos principales (Suarez, 2009).

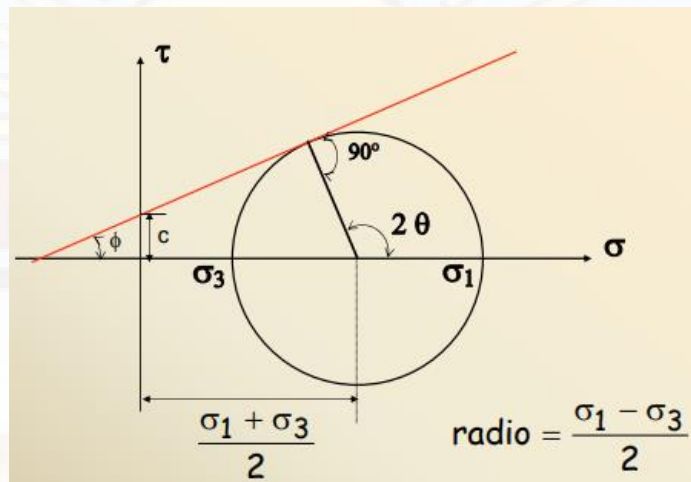


Figura 8 Círculo de Mohr.

Fuente: Teoría de resistencia al corte de suelos (Angelone, 2006).

2.1.1.5. Envolvente de falla

El círculo de Mohr se utiliza para representar o describir la resistencia al cortante de los suelos, utilizando la envolvente de falla Mohr – Coulomb, lo cual equivale a que una combinación crítica de esfuerzos se ha alcanzado. Los esfuerzos por encima de la envolvente de falla no pueden existir (Suarez, 2009).

Es la gráfica que muestra la variación de la resistencia al corte en base a la presión total, obtenida mediante las pruebas triaxiales (UU, CU, CD). El envolvente de resistencia que se obtenga dependerá de la granulometría, plasticidad de la fracción fina, relación de vacíos, grado de saturación, condiciones de drenaje durante la prueba, permeabilidad, compacidad, estado natural de esfuerzos de preconsolidación, velocidad de las deformaciones durante la prueba y el tipo de ensayo a que es sometido (Tamez, 2001).

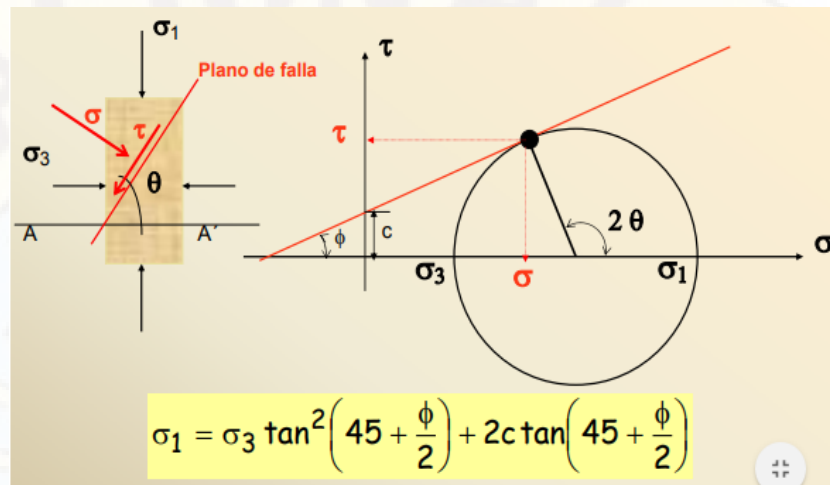


Figura 9 Esfuerzos en el plano de falla. Criterio de falla de Mohr Coulomb.

Fuente: Teoría de resistencia al corte de suelos (Angelone, 2006).

2.2.6. Redes neuronales artificiales (RNA):

“Las Redes Neuronales Artificiales son algoritmos que tratan de aprovechar la capacidad única del cerebro humano para resolver ciertos problemas, utilizando la gran velocidad de ejecución de los sistemas electrónicos” (Lasarte, 2017, pág. 18).

Trata de que el cerebro de un ser vivo es el órgano que procesa la información que es transmitida desde el cuerpo y del exterior, para actuar en consecuencia a partir de reacciones químicas e impulsos eléctricos. Por otro lado, un microprocesador estipula información en forma de electricidad, y la trabaja en base a su programación. Por lo que el cerebro humano puede unirse a un computador compuesto de materia orgánica y desarrollos químicos (Lasarte, 2017).

Nuestro cerebro no es eficiente para solucionar ciertos problemas, como por ejemplo realizar grandes multiplicaciones. No obstante, hay otras clases de problemas que nosotros podemos resolver con mucho más eficiencia de lo que un procesador electrónico puede realizar (Lasarte, 2017).

A diferencia entre nuestro cerebro y un computador digital es la forma de gestionar la información. Donde el cerebro del ser humano posee un sistema de gestión de información muy complejo, no lineal y paralelo. Por lo que tiene la

capacidad de operar simultaneamente a comparacion de los computadores, que tramitan los datos en forma secuencial (Lasarte, 2017).

Existen los bias que están asociados a cada neurona, que son redes que funcionan cuando cada neurona recibe una serie de entradas por medio de las interconexiones, así emitiendo una salida. Donde esta salida es el resultado de la sumatoria de cada entrada multiplicada por el peso de su interconexión, más el bias vinculada a la neurona. Seguidamente se aplica la función de activación para añadir la salida de la neurona (Lasarte, 2017).

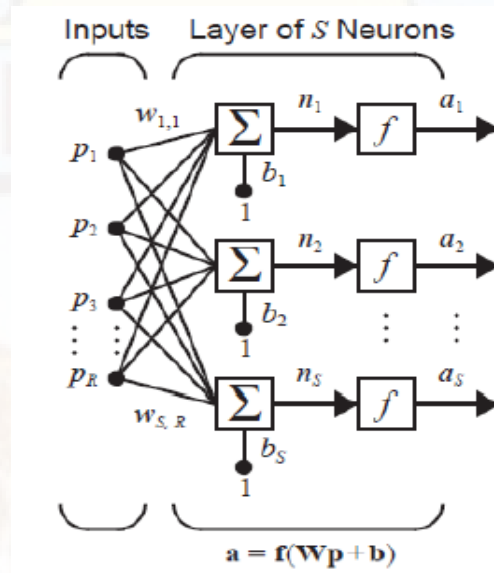


Figura 10 Estructura de una red neuronal artificial. Los pesos están representados por la letra W , y las bias por la letra b .

Fuente: Estructura de red neuronal artificial (Lasarte, 2017).

La RNA es un modelo matemático que emula al sistema neuronal biológico en el procesamiento de la información, y en cuyo símil la integración de procesa y envían información entre sí; la información que se transmite a través de las conexiones de la red se pondera en pesos de importancia modulándose así la intensidad de la relación entre neuronas (Guerrero, Delvasto, & Ernesto, 2012).

Una red neuronal es un sistema que imita el cerebro humano en la transformación de entradas en una o más salidas con un conjunto de neuronas. Para encontrar el modelo más eficiente en este estudio se utilizaron las redes multinivel

siempre hacia adelante (MLFN) y las redes neuronales probabilísticas (PNN). De modo específico, una función tangente hiperbólica se usa como función de activación en las neuronas de la capa oculta para la red MLFN. La neurona de salida emplea la identidad como función de activación, la cual simplemente devuelve la suma ponderada de sus entradas (Gómez, Sánchez, Ocampo, & al, 2012).

2.2.6.1. Características de las Redes Neuronales Artificiales

Las RNA tienen su origen en las redes biológicas de los seres vivos, cuyas características son:

- ✓ **Aprender** : Adquirir conocimiento a partir de la experiencia (datos).
- ✓ **Generalizar** : Posterior al entrenamiento realizado, es posible ingresar datos distintos a los usados durante el aprendizaje. La respuesta obtenida dependerá de la similitud de los datos utilizados en el entrenamiento.
- ✓ **Abstraer** : Tienen la capacidad de extraer o abstraer las características esenciales de las entradas aprendidas, para asimilar a los datos posteriores a ingresar.
- ✓ **Distribución de Memoria** : El conocimiento acumulado por la red se halla distribuido en numerosas conexiones, esto tiene como consecuencia la tolerancia a fallos: una red neuronal es capaz de seguir funcionando adecuadamente a pesar de sufrir lesiones con destrucción de neuronas o sus conexiones, ya que la información se halla distribuida por toda la red, sin embargo en un programa tradicional un pequeño fallo en cualquier punto puede invalidarlo todo y dar un resultado absurdo o no dar ningún resultado.

La aplicabilidad de las RNA tiene que darse en aquellos campos donde el cerebro humano tiene una respuesta adecuada y su implementación puede ser en la forma de hardware o software (Li, 1994).

2.2.6.2. Inspiración biológica

Están basadas en las neuronas de los seres vivos. Las neuronas son células del Sistema Nervioso. Las cuales componen el cuerpo de la célula

o soma, en la que se ubica el núcleo. Donde las dendritas que son ramificaciones nacen del cuerpo y el axón que es una fibra más larga. Las dendritas componen ramificaciones produciendo una red densa, entre tanto, que el axón se expande alrededor de un centímetro generalmente. Donde la conexión lleva el nombre de sinapsis.

Una de las características sobresalientes de la conexión sináptica es la plasticidad: donde tiene la capacidad de cambiar a largo de plazo la intensidad de las conexiones como respuesta a un patrón de simulación. Es decir que la sinapsis causa sustancias químicas transmisoras que ingresan a la dendrita. El mismo que aumenta el potencial eléctrico del cuerpo de la célula, donde ya se envía al axon cuando rebasa su límite dicho impulso eléctrico o potencial de acción llamado como excitadoras y las que disminuyen como inhibidoras. El envío se transmite a través de las ramas del axón finalizando a la sinapsis y liberando transmisores en los cuerpos de los demás neuronas.

Por lo que con esta similitud directa entre la red neuronal artificial y biológica: las señales que ingresan a la sinapsis son los ingresos de la neurona, y son equilibrados a través de los pesos y bias. Por otra parte, la habilidad de aprendizaje es una característica primordial de ambas redes.

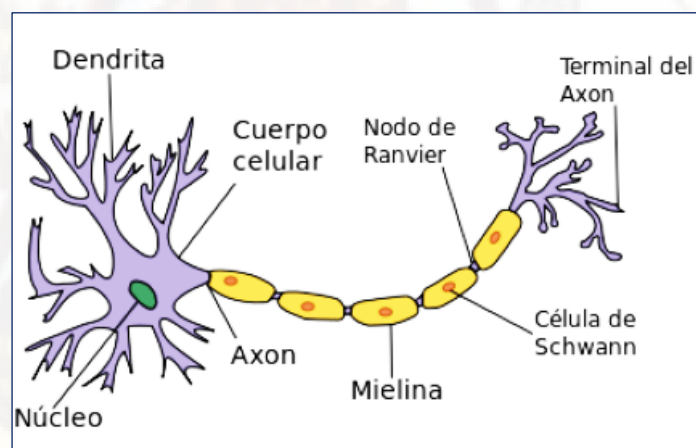


Figura 11 Morfología de una neurona

Fuente: Estructura interna de la neurona (Lasarte, 2017).

Los modelos artificiales de las neuronas biológicas utilizan elementos fundamentales, las cuales se consideran los datos de entrada, los pesos sinápticos, el núcleo de la neurona es representado generalmente mediante un círculo y es optativo considerar el valor de la umbral, la información fluye de acuerdo a la orientación del grafo dirigido; para su funcionamiento, las neuronas artificiales, imitando a las biológicas, se agrupan entre ellos formando un sistema de redes neuronales artificiales, donde el elemento fundamental es la neurona artificial.

2.2.6.3. **Evolución histórica**

La historia de las redes neuronales artificiales inicia desde a principios del siglo XIX, en la Tabla 3 se muestra los diferentes modelos que se crearon desde el año 1910 hasta el año de 1970.

Entre los años de 1970 y 1980 existe poca actividad, centrándose en los modelos de aprendizaje competitivo de las redes neuronales artificiales y la auto-organización. La Tabla 3 contiene la evolución de los modelos de redes neuronales progresivamente tomando en cuenta el año de su creación, desde el año 1970 hasta el año 2000.

Tabla 3 *Evolución de las RNA 1970-2000*

Modelo	Autor - Año
Red neuronal	Ramón y Cajal (1911)
Modelo	McCulloch-Pitts (1943)
Filtros no lineales adaptables	Gabor (1954)
Perceptrón	Rosenblatt (1958)
Adaline	Widrow-Hopf (1960)
Limitaciones Perceptrón	Minsky-Papert (1969)
Resonancia adaptable	Grossberg (1980)
Redes dinámicas	Hopfield (1982)
Mapas auto organizados	kohonen (1982)
Aprendizaje por reforzamiento	Barto (1983)
Aprendizaje por retropropagación	Werbos (1986)
Redes de base radial	1988
Control neuronal con redes estáticas	Narendra (1991)
Control neuronal con redes recurrentes	1994

Caos en redes	1995
Máquinas en vector soporte a	a
Redes pulsadas o impulsadas	1999

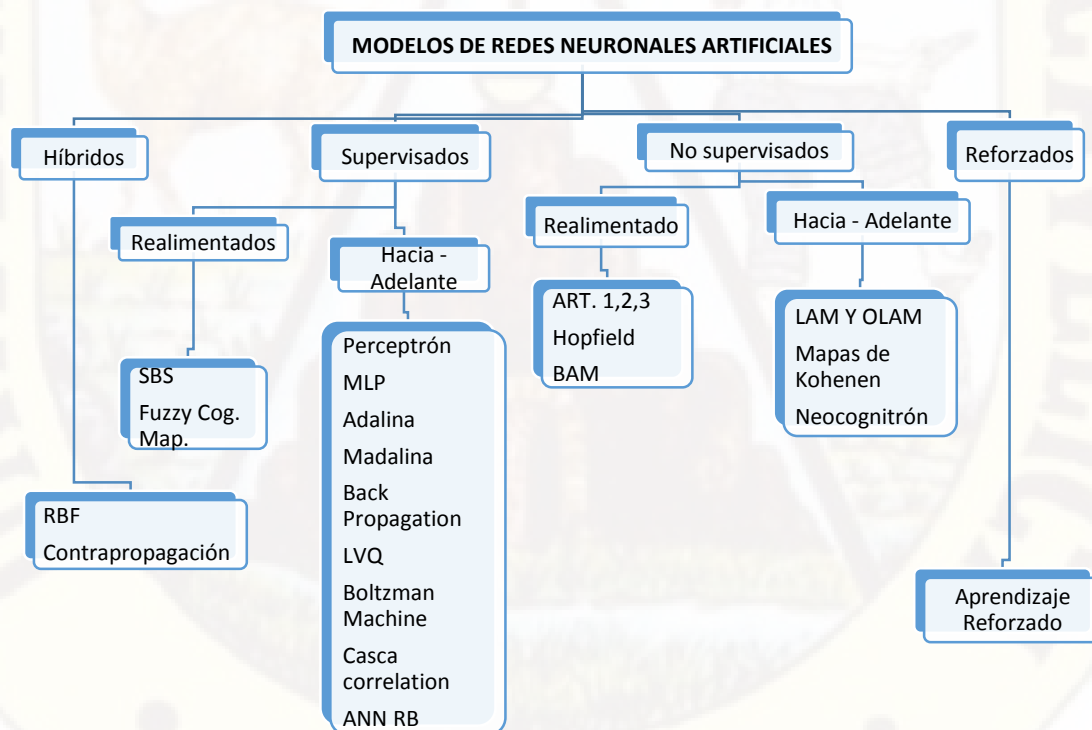
Fuente: (Canchari E. , 2015)

2.2.6.4. Clasificación de las RNA

Dependiendo del modelo de neurona concreto que se utilice, de la arquitectura o topología de conexión, y del algoritmo de aprendizaje, surgirán distintos modelos de redes neuronales.

La clasificación más extendida considera el tipo de aprendizaje o como la red aprende los patrones, se distinguen los siguientes algoritmos: aprendizaje supervisada, no supervisada, competitiva o por refuerzo. Tabla 4 muestra los modelos de redes neuronales artificiales clasificadas teniendo en cuenta el tipo de aprendizaje.

Tabla 4 Clasificación de las RNA de acuerdo al algoritmo de aprendizaje utilizado



Fuente: (Medina, 2009)

2.2.6.5. Modelo genérico de una neurona artificial

Como hemos comentado, una neurona es un procesador elemental tal que a partir de un vector de entrada procedente del exterior o de otras neuronas, proporciona una única respuesta o salida. Figura 12. Modelo genérico de una neurona artificial.

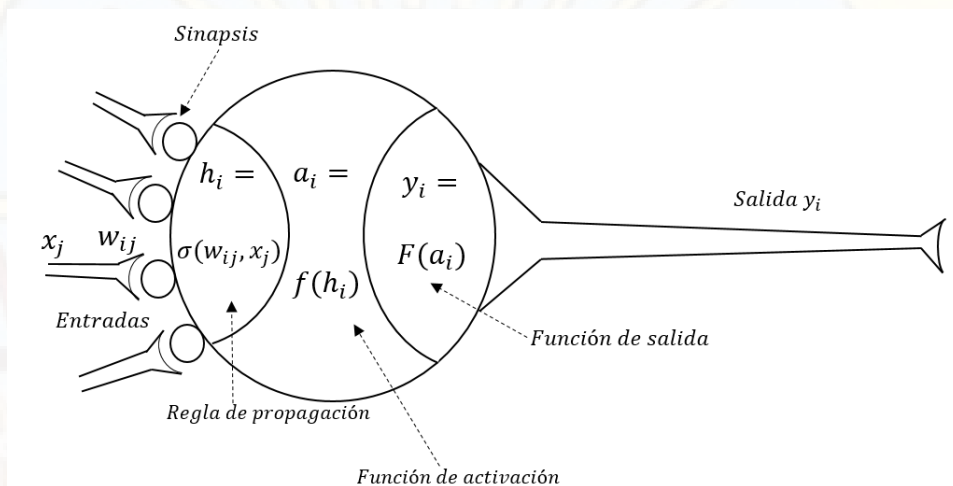


Figura 12 Modelo genérico de una neurona artificial

Los elementos que constituyen dicha neurona son:

- Entradas: $x_i(t)$. Las variables de entrada y salida pueden ser binarias (digitales) o continuas (analógicas) dependiendo del modelo de aplicación.
- Pesos sinápticos: w_{ij} . Representan la intensidad de interacción entre cada neurona presináptica j y la neurona postsináptica i .
- Regla de propagación: $\sigma(w_{ij}, x_j(t))$. Proporciona el valor del potencial postsináptico, $h(t)$, de la neurona i en función de sus pesos y entradas. Es decir

$$h_i(t) = \sigma(w_{ij}, x(t))$$

La función más habitual es de tipo lineal, y se basa en una suma ponderada de las entradas con los pesos sinápticos

$$hi(t) = \sum_j w_{ij}x_j = w_i^T x$$

El peso sináptico w define en este caso la intensidad de interacción entre la neurona presináptica j y la postsináptica i . Dada una entrada positiva, si el peso es positivo tenderá a excitar a la neurona postsináptica, si el peso es negativo tenderá a inhibirla. Así, se habla de sinapsis excitadoras (peso positivo) e inhibidoras (peso negativo).

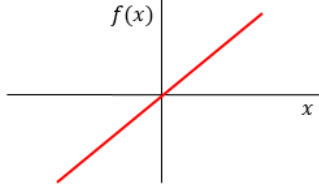
- Función de activación o de transferencia: $fi(ai(t - 1), hi(t))$. Proporciona el estado de activación actual, a , de la neurona i en función de su estado anterior, a , y de su potencial postsináptico actual. Es decir

$$ai(t) = fi(ai(t - 1), hi(t))$$

En muchos modelos de ANS se considera que el estado actual de la neurona no depende de su estado anterior, sino únicamente del actual

$$ai(t) = fi(hi(t))$$

La función de activación f se suele considerar determinista, y en la mayor parte de los modelos es monótona creciente y continua. La forma $y = f(x)$ de las funciones de activación más empleadas en los ANS se muestra en la siguiente tabla, donde x representa el potencial postsináptico e y el estado de activación.

	FUNCIÓN	RANGO	GRÁFICA
Identidad	$y = x$	$[-\infty, +\infty]$	

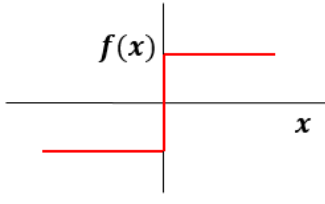
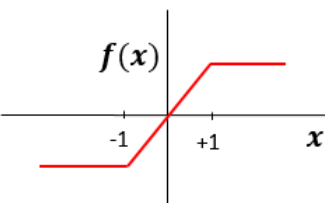
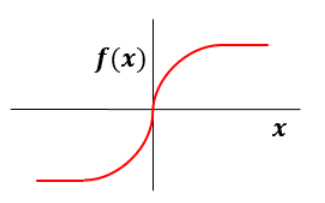
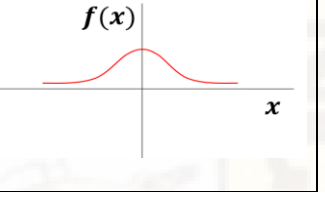
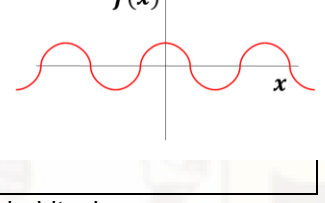
Escalón	$y = \text{sign}(x)$ $y = H(x)$	$\{-1, +1\}$ $\{0, +1\}$	
Lineal y tramos	$y = \begin{cases} -1, & \text{si } x < -1 \\ x, & \text{si } -1 \leq x \leq +1 \\ +1, & \text{si } x > +1 \end{cases}$	$[-1, +1]$	
Sigmoidea	$y = \frac{1}{1 + e^{-x}}$ $y = \text{tgh}(x)$	$[0, +1]$ $[-1, +1]$	
Gaussiana	$y = Ae^{-Bx^2}$	$[0, +1]$	
Sinusoidal	$y = A \sin(\omega x + \varphi)$	$[-1, +1]$	

Figura 13 Funciones de activación habituales

- Función de salida: $Fi(ai(t))$ Proporciona la salida actual, $yi(t)$, de la neurona i en función de su estado de activación actual, $ai(t)$. Muy frecuentemente la función de salida es simplemente la identidad $F(x) = x$, de modo que el estado de activación de la neurona se considera como la propia salida. Es decir

$$yi(t) = Fi(ai(t)) = ai(t)$$

Por tanto, la operación de la neurona i puede expresarse de la siguiente forma:

$$y_i(t) = Fi(fi(ai(t - 1), \sigma i(w_{ij}, x_i(t))))$$

Por último, veamos cómo podría ser la interconexión entre varias neuronas:

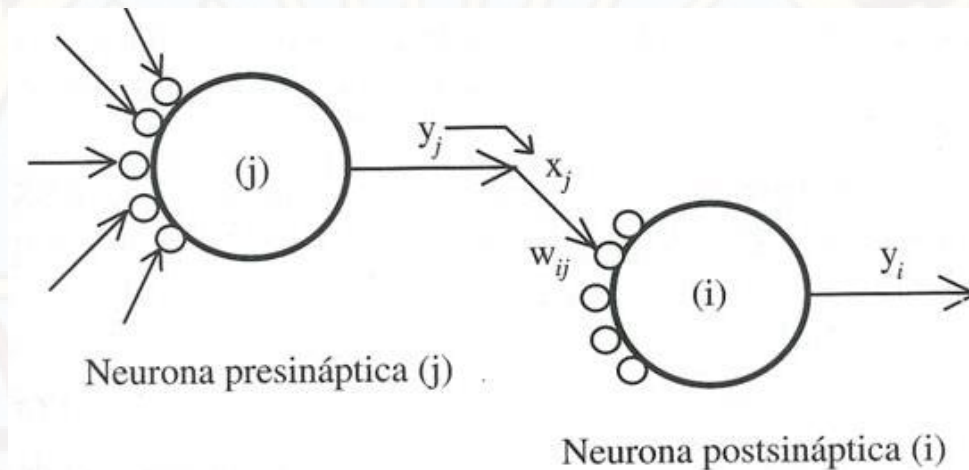


Figura 14 Interconexión entre una neurona Presináptica y una neurona postsináptica.

2.2.6.6. Modelo estándar de neurona artificial.

El punto de vista de los RNA es la computación mediante conjuntos de procesadores sencillos y adaptativos (neuronas), ampliamente conectados y que operan en paralelo. El elemento básico es la neurona artificial (Medina, 2009).

Considerando que la regla de propagación es la suma ponderada y que la función de salida es la identidad, la neurona estándar consiste en:

- Un conjunto de **entradas** $x_i(t)$.
- Unos pesos **sinápticos** w_{ij} asociados a las entradas.
- Una **regla de propagación** $h_i(t) = \sigma i(w_{ij}, x_i(t))$. La más común suele ser $h_i(t) = \sum_j w_{ij} x_j$.
- Una **función de activación** $y_i(t) = fi(h_i(t))$ que representa simultáneamente la salida de la neurona y su estado de activación.

Todos estos elementos quedan recogidos en la siguiente ilustración que pone de manifiesto el modelo considerado.

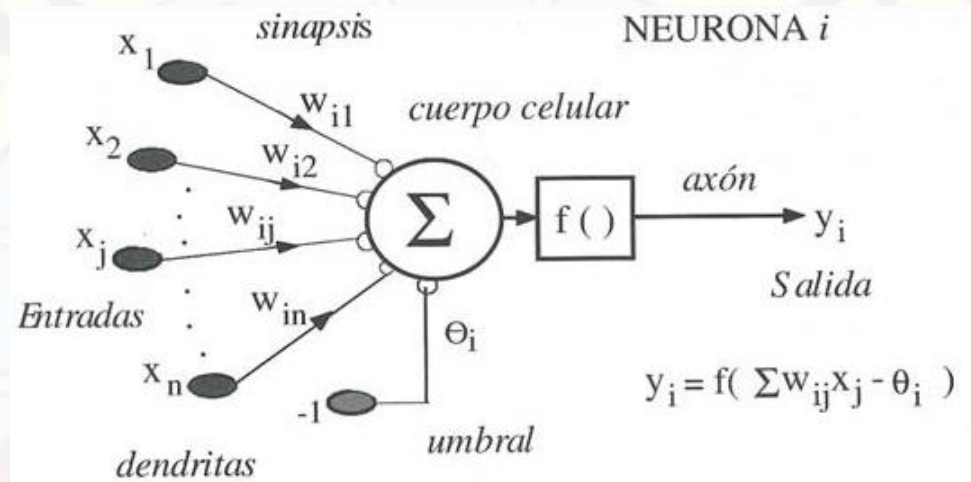


Figura 15 Modelo genérico de una neurona artificial
Fuente: (Medina, 2009)

Con frecuencia se añade al conjunto de pesos de la neurona un parámetro adicional, θ_i , que denominaremos umbral, que se resta del potencial postsináptico, por lo que el argumento de la función de activación queda

$$\sum_j w_{ij} x_j - \theta_i$$

De forma equivalente, si hacemos que los índices i y j comiencen por 0 y definiendo $w_{i0} = \theta_i$ y $x_0 = -1$ (constante) podemos obtener el comportamiento de la neurona a través de:

$$y_i(t) = f_i\left(\sum_{j=0}^n w_{ij} x_j\right)$$

Tan sólo nos quedaría determinar que función de activación tendría la neurona para determinarla por completo. Dichas funciones son las mostradas en la tabla de la Figura 13.

A continuación, mostraremos algunos de los tipos más usuales de neuronas.

2.2.6.6.1. Dispositivos de umbral.

Consideraremos que las entradas son digitales, por ejemplo $x_i = \{0,1\}$, y la función de activación es la escalón $H(\cdot)$ (Heavside), definida entre 0 y 1, se tiene

$$y_i(t) = H\left(\sum_j w_{ij}x_j - \theta_i\right)$$

Como $H(x) = 1$ cuando $x \geq 0$, y $H(x) = 0$ cuando $x < 0$, se tiene

$$y_i = \begin{cases} 1, & \sum w_{ij}x_j \geq \theta_i \\ 0, & \sum w_{ij}x_j < \theta_i \end{cases}$$

Es decir, si el potencial de membrana supera un valor umbral θ_i (umbral de disparo), entonces la neurona se activa, si no lo supera, la neurona no se activa. Este es el modelo de neurona del Perceptrón original o dispositivo de tipo umbral.

McCulloch y Pitts demostraron en 1943 que mediante redes basadas en este modelo de neurona se podía realizar cualquier función lógica.

2.2.6.6.2. Neurona sigmoidea.

Las entradas pueden ser tanto digitales como analógicas y las salidas exclusivamente analógicas. Tomando como función de activación una sigmoidea Figura 13 Funciones de activación habituales la cual se puede definir de las dos formas siguientes en función del intervalo considerado.

$$y = f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}, \text{ con } y \in [0,1]$$

$$y = f(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} = \tanh(x), \text{ con } y \in [-1,1]$$

Este es el modelo usado para el perceptrón multicapa.

2.2.6.7. **Perceptrón multicapa**

“El Perceptrón multicapa es una generalización del Perceptrón simple y surgió como consecuencia de las limitaciones de dicha arquitectura en lo referente al problema de la separabilidad no lineal” (Minisky & Papert, 1969)

Perceptrón multicapa es un aproximador universal, en el sentido de que cualquier función continua en un espacio R_n puede aproximarse con un Perceptrón multicapa, con al menos una capa oculta de neuronas. En la actualidad una de las arquitecturas más utilizadas en la resolución de problemas. Esto es debido, fundamentalmente, a su capacidad como aproximador universal, así como a su fácil uso y aplicabilidad (Pérez, 2013, pág. 15).

Una red perceptrónica de múltiples capas consiste generalmente en capas paralelas de unidades artificiales (neuronas) asociadas por conexiones de un conjunto de neuronas de entrada, una o más capas ocultas y la capa de salida. Cada conexión transmite una señal a una neurona en la siguiente capa a través de un algoritmo de avance. Cada señal se multiplica por el peso de la conexión y se aplica una función de activación sigmoide a la suma de las señales ponderadas y el sesgo a través de este proceso de transición. El número de neuronas en cada capa controla el subíndice de las matrices de peso (Ajdari, Habibagahi, & Ghahramni, 2011).

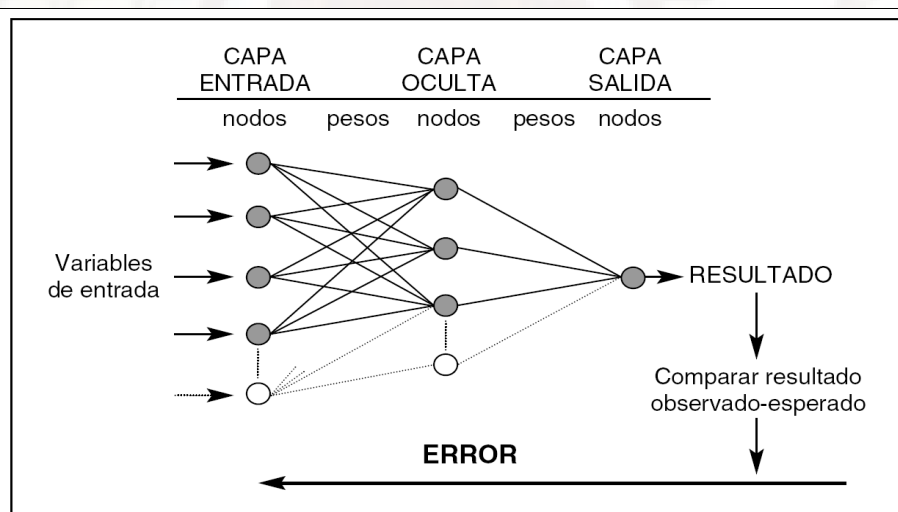


Figura 16 Esquema de perceptrón multicapa

2.2.7. Software Matlab P2015

Matlab viene de la abreviatura de MATrix LABoratory, (“laboratorio de matrices”) es una herramienta de software matemático que ofrece un entorno de desarrollo integrado (IDE) con un lenguaje de programación propio (lenguaje M). Está disponible para las plataformas Unix, Windows, Mac OS X y GNU/Linux. Entre sus prestaciones básicas se hallan: la manipulación de matrices, la representación de datos y funciones, la implementación de algoritmos, la creación de interfaces de usuario (GUI) y la comunicación con programas en otros lenguajes y con otros dispositivos hardware.

El paquete MATLAB dispone de dos herramientas adicionales que expanden sus prestaciones, a saber, Simulink (plataforma de simulación multidominio) y GUIDE (editor de interfaces de usuario - GUI). Además, se pueden ampliar las capacidades de MATLAB con las cajas de herramientas (toolboxes); y las de Simulink con los paquetes de bloques (blocksets).

2.2.8. Neural Network Toolbox

Proporciona algoritmos, modelos entrenados y aplicaciones para crear, entrenar, visualizar y simular redes neurales superficiales y profundas. Puede realizar la clasificación, la regresión, el agrupamiento, la reducción de la dimensionalidad, la predicción de series temporales y el modelado y control de sistemas dinámicos.

Las redes de aprendizaje profundo incluyen redes neuronales convolucionales (algoritmos para aprendizaje profundo) y codificadores automáticos para la clasificación de imágenes, regresión y aprendizaje de rasgos.

La caja de herramientas de redes neuronales extiende el ambiente de aplicación de MATLAB para proporcionar las herramientas para el diseño, la puesta en práctica, la visualización, y la simulación de redes neuronales. Las redes neuronales son herramientas únicamente de gran alcance en usos donde estaría difícil o imposible el análisis formal, por ejemplo, el reconocimiento de patrones y la identificación y el control no lineales del sistema. La caja de herramientas de redes

neuronales proporciona la ayuda comprensiva para muchos paradigmas probados de la red, así como una interfaz gráfica que permite el diseño y manejo de redes. El diseño modular, abierto, y extensible de la caja de herramientas simplifica la creación de funciones y de redes modificadas para requisitos particulares (MathWorks, 2018).

2.2.9. Características dominantes

- Interfaz gráfica (GUI) para crear, entrenar, y simular redes neuronales
- La ayuda para usuario lo más comúnmente posible arquitecturas de red supervisada y no supervisada.
- Un sistema comprensivo de entrenamiento y de funciones de aprendizaje
- Una habitación de los bloques del Simulink, así como la documentación y demostraciones de los usos del sistema de control
- La generación automática de Simulink modelado de los objetos de la red neuronal
- Representación modular de la red, permitiendo un número ilimitado de la entrada que fija capas, e interconexiones de la red
- Funciones pre y de proceso del bias para mejorar el entrenamiento de la red y determinar el funcionamiento de la red
- Rutinas para mejorar la generalización
- Funciones de la visualización para el funcionamiento de la red neuronal.

2.2.10. Construcción de Redes Neuronales (newff)

El primer paso del entrenamiento de una red neuronal es crear la red. La función `newff` crea una red con conexión hacia adelante. Esta función requiere de cuatro parámetros y regresa un objeto del tipo red:

1. La primera entrada es una matriz de $(p-1) \times 2 \times R$ de mínimos y máximos valores por cada uno de los elementos $(p-1)$ del vector de entrada.

2. La segunda entrada es un arreglo con el tamaño de cada capa.
3. La tercera entrada es un arreglo con los nombres de las funciones de transferencia que se van a usar en cada capa.
4. La última entrada contiene el nombre del algoritmo de entrenamiento que se va a utilizar.

2.2.11. Simulación de Redes Neuronales

Simulación (sim)

La función sim simula una red neuronal. La función sim toma la entrada de la red X, y el objeto red net, y regresa la salida de la red Y.

2.2.11.1. Entrenamiento incrementado (adapt)

La función adapt es usada para entrenar redes en el modo de crecimiento (pattern). Esta función toma el objeto red, las entradas y los valores deseados para el entrenamiento, y regresa el objeto red entrenado con los valores de salida y errores de la red para los pesos y bias finales.

2.2.11.2. Entrenamiento Bath (train)

La alternativa para un entrenamiento en crecimiento es el entrenamiento batch, el cual es invocado usando la función train. En el modo batch los pesos y bias de la red son actualizados solo después de haber concluido el entrenamiento en la red.

Algunas de las funciones disponibles para el entrenamiento de tipo Match se listan en la tabla siguiente junto con un tiempo relativo de convergencia.

Tabla 5 Funciones de entrenamiento en MATLAB

FUNTION	TECHNIQUE	TIME	EPOCHS	MFLOPS
TRAINIDX	Variable Learning Rate	57.71	980	2.50
TRAINRP	Rprop	12.95	185	0.56
TRAINSCG	Scaled Conj. Grad	16.06	106	0.70
TRINCGF	Fletcher – Power CG	16.40	81	0.99

TRAINCGP	Polak – Ribière CG	19.16	89	0.75
TRAINCGB	Powell – Beale CG	15.03	74	0.59
TRAIPOSS	One – Step - Secant	18.46	101	0.75
TRAINBFG	BFGS quasi - Newton	10.86	44	1.02
TRAINLM	Levenerg - Marquardt	1.87	6	0.46

Fuente: (MathWorks, 2018)

2.2.12. Funciones

Funciones del análisis

- ERRSURF - superficie del error de la neurona de entrada
- MAXLINLR – máxima tarifa del aprendizaje para una capa lineal

2.2.12.1. *Funciones de inicialización de la capa*

- INITNW - función de la inicialización de la capa de Nguyen-Widrow
- INITWB - función de inicialización de los pesos y del bias

2.2.12.2. *Funciones de aprendizaje*

- LEARNCON - función de aprendizaje diagonal de la conciencia
- LEARNGD - función de aprendizaje del gradiente descendente
- LEARNGDM - función de aprendizaje del gradiente con momentum
- LEARNH - función del aprendizaje de Hebb
- LEARNHD - Hebb con la función de aprendizaje descendente
- LEARNIS - función de aprendizaje del peso de Instar
- LEARNK - función de aprendizaje Kohonen
- LEARNLV1 - función de aprendizaje LVQ1
- LEARNLV2 - función de aprendizaje LVQ2
- LEARNOS - función de aprendizaje de Outstar

- LEARNP - función de aprendizaje del Perceptron
- LEARNPN - función normalizada de aprendizaje del perceptron
- LEARN SOM - función de aprendizaje del mapa de auto-organización
- LEARNWH - regla de aprendizaje de Widrow-Hoff

2.2.12.3. Funciones de la búsqueda de la línea

- SRCHBAC - búsqueda de la vuelta hacia atrás
- SRCHBRE - interpolación de la combinación de la sección de oro y cuadrática de Brent
- SRCHCHA - interpolación cúbica de Charalambous
- SRCHGOL - búsqueda de la sección oro
- SRCHHYB - búsqueda del híbrido bisection/cubic

2.2.12.4. Creación de redes

- RED - crea una red neuronal
- NEWC - crea una capa competitiva
- NEWCF - crea una red conexión hacia adelante backpropagation
- NEWELM - crea una red de Elman backpropagation
- NEWFF - crea una red feed-forward backpropagation
- NEWFFTD - crea una red feed-forward de entrada retrasada backpropagation
- NEWGRNN - diseña una red neuronal generalizada de regresión
- NEWHOP - crea una red recurrente de Hopfield
- NEWLIN - crea una capa lineal
- NEWLIND - diseña una capa lineal
- NEWLVQ - crea una red de cuantización del vector de aprendizaje

- NEWP - crea un perceptron
- NEWPNN - diseña una red probabilística
- NEWRB - diseña una red de base radial
- NEWRBE - diseña una red de base radial exacta
- NEWSOM - crea un mapa de auto-organización

2.2.12.5. Funciones de inicialización de la red

- INITLAY - función de inicialización de la red capa por capa

2.2.12.6. Funciones de error

- MAE - función absoluta del error
- MSE – función cuadrática media del error
- MSEREG – función de regularización de ajuste del error medio
- SSE – función que ajusta la suma del error

2.2.12.7. Funciones para graficar

- HINTONW - gráfico de Hinton de la matriz del peso
- HINTONWB - gráfico de Hinton de la matriz del peso y del vector bias
- PLOTBR – grafica el funcionamiento de la red del diagrama para el entrenamiento bayesian de la regularización
- PLOTES - traza una superficie del error de una sola neurona de entrada
- PLOTPC - traza la línea en diagrama del vector de clasificación del perceptron
- PLOTPV – diagrama de los vectores input/target del perceptron
- PLOTEP - traza una posición del peso-bias respecto a una superficie de error
- PLOTPERF – diagrama del funcionamiento de la red
- PLOTSOM – diagrama del mapa de auto-organización

- PLOTV – diagrama de los vectores de origen como líneas
- PLOTVEC – diagrama de los vectores con diversos colores

2.2.12.8. Funciones de entrenamiento

- TRAINB - entrenamiento con regla de aprendizaje de la hornada del peso y del bias
- TRAINBFG - backpropagation quasi-Newton de BFGS
- TRAINBR - regularización bayesiana
- TRAINC - funciones ascendentes de entrenamiento cíclico
- TRAINCGB - backpropagation conyugal del gradiente de Powell-Beale
- TRAINCGF - backpropagation conyugal del gradiente de Fletcher-Powell
- TRAINCGP - backpropagation conyugal del gradiente de Polak-Ribiere
- TRAINGD - backpropagation de la pendiente del gradiente
- TRAINGDM - pendiente del gradiente con el backpropagation del ímpetu
- TRAINGDA - pendiente del gradiente con el backpropagation adaptativo del l_r
- TRAINGDX - pendiente w/momentum y backpropagation adaptativo del gradiente del l_r
- TRAINLM - backpropagation de Levenberg-Marquardt
- TRAINOSS - backpropagation secante de un solo paso
- TRAINR - funciones ascendentes del entrenamiento w/learning al azar
- TRAINRP - backpropagation resistente (Rprop)
- TRAINS - funciones incrementales del entrenamiento w/learning secuencial
- TRAINSCG - backpropagation conyugal del gradiente descendente

2.2.12.9. Funciones de transferencia

- COMPET - función de transferencia competitiva
- HARDLIM - función de transferencia escalon
- HARDLIMS - función de transferencia de limite simétrica
- LOGSIG - función de transferencia sigmoideal
- POSLIN - función de transferencia lineal positiva
- PURELIN - función de transferencia lineal
- RADBAS - función de transferencia de base radial
- SATLIN - saturación de la función de transferencia lineal
- SATLINS - función de transferencia lineal de saturación simétrica
- SOFTMAX - función de transferencia máxima suave
- TANSIG - función de transferencia sigmoidea de la tangente hiperbólica
- TRIBAS - función de transferencia de base triangular

2.2.12.10. Simulación redes

- SIM - simula una red neuronal
- INIT - inicializa una red neuronal
- ADAP - permite que una red neuronal se adapte
- TRAIN - entrena a una red neuronal
- DISP - exhibe las características de una red neuronal
- EXHIBIT - exhibe el nombre y las características de una variable de la red neuronal

2.2.12.11. Funciones del peso

- DIST - función euclidiana de la distancia del peso

- DOTPROD - función del producto de punto del peso
- MANDIST - función de la distancia de Manhattan del peso
- NEGDIST - función del producto de punto del peso
- NORMPROD - función normalizada del producto de punto del peso

2.2.12.12. Funciones de inicialización de los pesos y bias

- INITCON - función de inicialización diagonal de la conciencia
- INITZERO - función de inicialización a cero de weight/bias
- RANDNC - función de inicialización normalizada de la columna del peso
- RANDNR - función de inicialización normalizada de la fila del peso
- RANDS - función de inicialización simétrica al azar de weight/bias

2.3. Hipótesis

2.3.1. Hipótesis general

Existe adecuada variación y correlación de los parámetros de resistencia al corte de suelos a partir de sus propiedades físicas, mediante las Redes Neuronales Artificiales y el Equipo Triaxial en la Universidad Nacional de Huancavelica.

2.3.2. Hipótesis específicas

- Existe adecuada variación y correlación de la cohesión de suelos a partir de sus propiedades físicas, mediante las Redes Neuronales Artificiales y el Equipo Triaxial en la Universidad Nacional de Huancavelica.
- Existe adecuada variación y correlación del ángulo de fricción interna de suelos a partir de sus propiedades físicas, mediante las Redes Neuronales Artificiales y el Equipo Triaxial en la Universidad Nacional de Huancavelica.

2.4. Definición de términos

- **Suelo**

“Suelo es una delgada capa sobre la corteza terrestre de material que proviene de la desintegración y/o alteración física y/o química de las rocas y de los residuos de las actividades de los seres vivos que sobre ella se asientan” (Crespo, 2004, pág. 18).

- **Suelo cohesivo**

“Los suelos cohesivos son los que poseen cohesión, es decir, la propiedad de atracción intermolecular, como las arcillas” (Crespo, 2004, pág. 26).

- **Suelo no cohesivo**

“Los suelos no cohesivos son los formados por partículas de roca sin ninguna cementación, como la arena y la grava” (Crespo, 2004, pág. 26).

- **Grado de saturación**

“Se denomina grado de saturación de un suelo a la relación entre su volumen de agua y el volumen de sus vacíos” (Juárez & Rico, pág. 28).

- **Humedad**

“Se conoce como contenido de agua o humedad de un suelo, la relación entre el peso de agua contenida en el mismo y el peso de su fase sólida” (Juárez & Rico, pág. 42).

- **Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS)**

Es un sistema cubre los suelos gruesos y los finos, distinguiendo ambos por el cribado a través de la malla 200; las partículas gruesas son mayores que dicha malla y las finas, menores. Un suelo se considera grueso si más del 50%

de sus partículas son gruesas, y fino, si más de la mitad de sus partículas, en peso, son finas (Juárez & Rico).

- **Granulometría**

El conocimiento de la composición granulométrica de un suelo grueso sirve para discernir sobre la influencia que puede tener en la densidad del material compactado. El análisis granulométrico se refiere a la determinación de la cantidad en porciento de los diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo (Crespo, 2004).

- **Teoría de Mohr**

En Mecánica de Suelos, la Teoría de Mohr con líneas de falla curvas se usa hoy en lo referente a muchos problemas de resistencia al esfuerzo cortante en suelos, tales como los que tratan con suelos plásticos pre consolidados o compactados, pero la Teoría de Coulomb, caso especial de la de Mohr, es suficientemente satisfactoria aún en otros muchos problemas, tales como los que se refieren a muchos suelos arenosos y a los suelos plásticos saturados y normalmente consolidados. Dentro de tales lineamientos se desarrolla la presente obra. Muchos autores prefieren dar a este criterio combinado de falla usado en suelos, el nombre de Teoría de Mohr-Coulomb (Juárez & Rico).

- **Plasticidad**

“La plasticidad es la propiedad que presentan los suelos de poder deformarse, hasta cierto límite, sin romperse” (Crespo, 2004, pág. 69).

- **Límite Líquido (LL)**

“El límite líquido se define como el contenido de humedad expresado en por ciento con respecto al peso seco de la muestra, con el cual el suelo cambia del estado líquido al plástico” (Crespo, 2004, pág. 70).

▪ **Límite plástico (LP)**

“El límite plástico se define como el contenido de agua, en porcentaje, con el cual el suelo, al ser enrollado en rollitos de 3.2 mm de diámetro se desmorona. El límite plástico es el límite inferior de la etapa plástica del suelo” (Das, 2001, pág. 29)

2.5. Identificación operativa de variables e indicadores

2.5.1. Identificación operativa de variables

Variable 1: Propiedades físicas

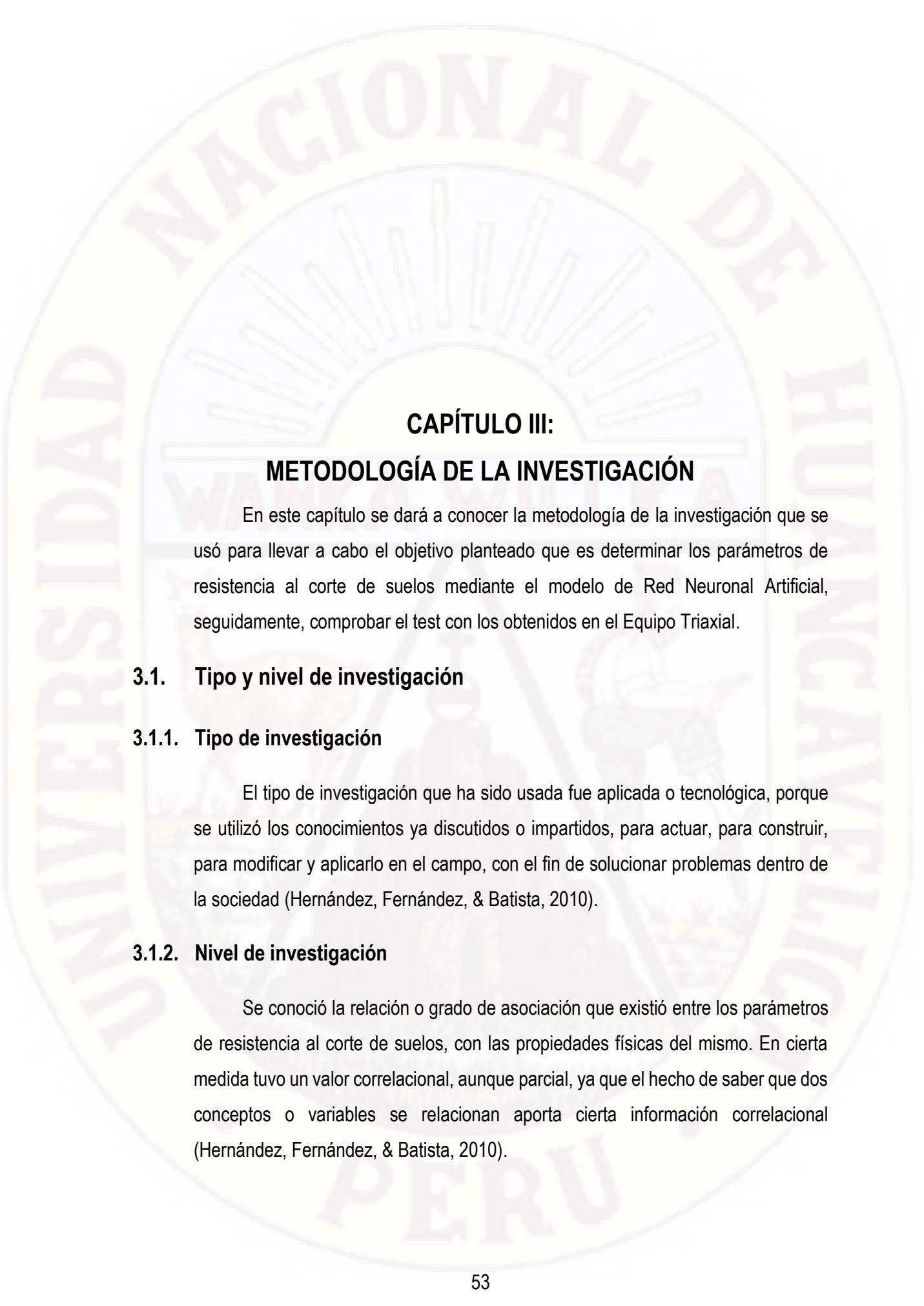
Variable 2: Parámetros de resistencia.

2.5.2. Definición operativa de indicadores

Tabla 6 Operacionalización de variables

Variables	Dimensiones	Indicadores
Variable 1: Propiedades físicas.	▪ Granulometría. ▪ Límites de Atterberg. ▪ Contenido de Humedad. ▪ Densidad.	Indicadores: ▪ -Porcentaje que pasa ▪ -Límite Líquido, Límite plástico, Índice de plasticidad Unidades -Porcentaje (%) -gr/cm³ -gr/cm³
Variable 2: Parámetros de resistencia.	▪ Cohesión. ▪ Angulo de fricción interna.	▪ Plasticidad ▪ Granulometría. Unidades: -Grados (°) -Kpa

Fuente: Propio.



CAPÍTULO III:

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

En este capítulo se dará a conocer la metodología de la investigación que se usó para llevar a cabo el objetivo planteado que es determinar los parámetros de resistencia al corte de suelos mediante el modelo de Red Neuronal Artificial, seguidamente, comprobar el test con los obtenidos en el Equipo Triaxial.

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación que ha sido usada fue aplicada o tecnológica, porque se utilizó los conocimientos ya discutidos o impartidos, para actuar, para construir, para modificar y aplicarlo en el campo, con el fin de solucionar problemas dentro de la sociedad (Hernández, Fernández, & Batista, 2010).

3.1.2. Nivel de investigación

Se conoció la relación o grado de asociación que existió entre los parámetros de resistencia al corte de suelos, con las propiedades físicas del mismo. En cierta medida tuvo un valor correlacional, aunque parcial, ya que el hecho de saber que dos conceptos o variables se relacionan aporta cierta información correlacional (Hernández, Fernández, & Batista, 2010).

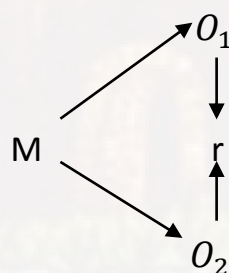
3.2. Método de investigación

Se consideró en el método general el método científico, ya que se “orienta al desarrollo de una investigación cuantitativa” (Córdova, 2014, pág. 78). Asimismo como método específico al descriptivo toda vez que “consiste en describir e interpretar sistemáticamente la relación o correlación entre las variables en un determinado momento” (Córdova, 2014, pág. 80). Por otro lado el método estadístico ya que “consiste en estudiar el comportamiento de algún hecho observado cuantitativamente a través de herramientas estadísticas” (Córdova, 2014, pág. 81).

3.3. Diseño de investigación

En esta presente investigación el diseño de investigación fue de corte transversal; también llamada de estudios descriptivos o correlacionales causales. Donde las mediciones han sido hechas en una sola ocasión (Salinas & Pèrez, 1993).

En la presente investigación se utilizó el diseño Descriptivo Correlacional Simple, porque se basó en la descripción de los resultados de la cohesión y fricción, y en cuánto varía los resultados obtenidos mediante RNA con los resultados del equipo triaxial; también ha sido transversal, porque se realizó el estudio en un determinado tiempo, es decir, la recolección de datos fue en un determinado tiempo o tiempo único (Hernandez, 2014).



Fuente: Propio.

Donde:

M: Muestra

O_1 : Variable 1: Propiedades físicas

O_2 : Variable 2: Parámetros de resistencia

r : Relación entre las dos variables

3.4. Población, muestra y muestreo

3.4.1. Población

La población de estudio fue los suelos que forman las laderas del Campus de la Ciudad universitaria; así como los pies de los taludes, en la Universidad Nacional de Huancavelica.

3.4.2. Muestra

El entorno de estudio fue representado por una muestra de 39 puntos de estudio (extracción de suelo in situ) conformada por calicatas y trincheras, de las cuales se realizó los ensayos correspondientes.



Figura 17 Representación de puntos de extracción de suelo in situ.

Fuente: Propio.

3.4.3. Muestreo

Ha sido determinado por técnica de muestro No probabilístico-Por conveniencia por la proximidad y accesibilidad de los puntos de investigación.

3.4.4. Ámbito de estudio

El área de estudio fue el Campus Universitario de la Universidad Nacional de Huancavelica sede Huancavelica. La muestra de suelo utilizada para llevar a cabo el objetivo de esta investigación, fue extraída de las calicatas exploradas y de las trincheras ubicadas detrás de la Facultad de Enfermería y Educación. Siendo la ubicación geográfica Latitud Sur: 8587458.42, Latitud Este: 504598.04 y Altitud: de 3750.00 m.s.n.m.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Técnicas de recolección de datos

Las principales técnicas que se utilizó en este estudio fueron:

- **Análisis documental:** Se realizó la recopilación de datos recientes al tema de investigación, los cuales fueron revisados de forma analítica e interpretativa.
- **Observación directa e indirecta:** Se registró de cada muestra de suelo extraída, como es; análisis granulométrico, contenido de humedad insitu, densidad, los límites de consistencia.
- **Ensayos en laboratorio y en campo:** Se realizaron en base a las normas NTP 339.133, NTP 339.150, NTP 339.127, NTP 339.127, NTP 339.129, NTP 339.164, ASTM D1586, ASTM D2488, ASTM D2216, ASTM D422, ASTM D4318, ASTM D4767 (Sociedad Americana de Prueba y Materiales).

El procedimiento de recolección de datos en laboratorio se dio mediante los siguientes ensayos:

3.5.1.1. **Determinación del contenido de humedad (ASTM D-2216):**

La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas.

$$W(\%) = \frac{W_w - W_s}{W_s} \times 100 = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Equipos necesarios:

- Horno de secado: termostáticamente controlado, con temperatura de 110 +/- 5.
- Balanzas: con aproximaciones de medida entre 0.1gr a 200 gr.
- Utensilios: espátulas, cuchillos, cucharas, lona para cuarteo, etc.

Procedimientos del ensayo:

- a. Se pesa, pero el recipiente o tara incluyendo su tapa e identificar adecuadamente el recipiente.
- b. Se colocó una muestra representativa de suelo húmedo en la capsula y determinar el peso del contenedor y material húmedo usando una balanza.
- c. Se removió la tapa y se colocó la muestra en el horno dejar secar por 24 horas.
- d. Cuando la muestra se haya secado hasta mostrar un peso constante, donde se determinó el peso seco asegurándose de usar la misma balanza para todas las mediciones de peso.
- e. Se calculó el contenido de humedad "W" que es la diferencia entre el peso del suelo húmedo (W_w) menos el peso de suelo secado en horno (W_s), dicha diferencia se dividió por el peso dela muestra secado en horno (W_s).

3.5.1.2. **Análisis granulométrico de los suelos (método mecánico ASTM D - 422)**

Se determinó la distribución cuantitativa del tamaño de las partículas de un suelo.

Equipos necesarios:

- Juego de tamices 3", 2 ½", 2", 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", N°4, N°10, N°40, N°200.
- Tapa y fondo.
- Horno con control de temperatura
- Balanza de 16 a 20 Kg.
- Balanza de 2310 gr con sensibilidad de 0.1 gr.
- Balanza de 311 gr con sensibilidad de 0.1 gr.
- Bandejas de aluminio o cazoleta.
- Horno con temperatura constante de 100 – 110 °C.

Procedimiento del ensayo:

Para el espécimen se preparó una muestra que estuvo constituida por dos fracciones: Una retenida en el tamiz 4,760 mm (N° 4) y otra que pasa dicho tamiz.

Para ello el peso dependió del tamaño máximo de las partículas de acuerdo con la Tabla 7.

Tabla 7 *Porción de partículas según el tamaño máximo*

Diámetro nominal de las partículas más grandes mm (pulg)	Peso mínimo aproximado de la porción (gr)
9,5 (3 /8")	500
19,6 (¾")	1000

25,7 (1")	2000
37,5 (1 ½")	3000
50,0 (2")	4000
75,0 (3")	5000

Fuente: Ensayo Análisis Granulométrico por Tamizado Norma ASTM D-422
(Ticona, 2014).

El tamaño de la porción que pasa tamiz de 4,760 mm (N° 4) será aproximadamente de 115 g, para suelos arenosos y de 65 g para suelos arcillosos y limosos. Se puede tener una comprobación de los pesos, así como de la completa pulverización de los terrones, pesando la porción de muestra que pasa el tamiz de 4,760 mm (N° 4) y agregándole este valor al peso de la porción de muestra lavada y secada en el horno, retenida en el tamiz de 4,760 mm (N° 4)

a. Análisis por medio de tamizado de la fracción retenida en el tamiz de 4,760 mm (N° 4).

- Se separó la porción de muestra retenida en el tamiz de 4,760 mm (N° 4) en una serie de fracciones usando los tamices de: 75 mm (3"), 50 mm (2"), 38,1 mm (1½"), 25,4 mm (1"), 19,0 mm (¾"), 9,5 mm (3/8"), 4,7 mm (N° 4), o los que sean necesarios dependiendo del tipo de muestra, o de las especificaciones.
- En la operación de tamizado electrónico se movió el tamiz o tamices de un lado a otro y recorriendo circunferencias de forma que la muestra se mantenga en movimiento sobre la malla. Se comprobó al desmontar los tamices que la operación está terminada; cuándo no pasa más del 1 % de la parte retenida al tamizar durante un minuto, operando cada tamiz individualmente. Si quedan partículas apresadas en la malla, se separó con un pincel o cepillo y se reunió con lo retenido en el tamiz. Se determinó el peso de cada fracción en una balanza con una sensibilidad de 0.1 %.

b. Análisis granulométrico de la fracción fina

- El análisis granulométrico de la fracción que pasa el tamiz de 4,760 mm (N° 4) se realizó por tamizado y/o sedimentación. Donde los materiales arenosos que contengan muy poco limo y arcilla, cuyos terrones en estado seco se desintegraron con facilidad, y se pudieron tamizar en seco. Sin embargo, materiales limo-arcillosos, cuyos terrones en estado seco no se pudieron romper con facilidad, por lo que se remojaron por 24 horas.
- Para obtener la curva granulométrica, la fracción de tamaño mayor que el tamiz de 0,074 mm (N° 200) se analizó por tamizado en seco, después del lavado de la muestra previamente sobre el tamiz de 0,074 mm (N° 200) y secado por 24 horas.
- Conociéndose los pesos retenidos en cada una de las mallas se obtiene los porcentajes retenidos parcial y acumulativo, así como los parciales que pasan.
- Trazamos luego la curva granulométrica que es una curva de distribución según el tamaño de los granos en un gráfico a escala semilogarítmica donde las abscisas son la abertura de las mallas y las ordenadas son los porcentajes de material que pasan por dicha malla.
- Dibujando la curva granulométrica resultante se procede a determinar su diámetro efectivo (D_{10}), su coeficiente de cobertura (C_c) y su coeficiente de uniformidad (C_u).

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

3.5.1.3. Límites de Atterberg (ASTM - 4318)

Límites de Atterberg. Originalmente, siete “Límite de Consistencia” de suelos de grano fino definidos por Albert Atterberg. En la práctica actual de la ingeniería, el término generalmente se refiere solo al límite líquido, límite plástico, y en algunas referencias, el límite de contracción.

a) Límite líquido (LL):

El contenido de agua, en porcentaje, de un suelo en un límite arbitrariamente definido entre los estados líquidos y plásticos. Este contenido de agua es definido como el contenido de agua en el cual una porción pequeña de suelo colocada en una copa estándar y cortada por un surco de dimensiones estándar fluirán juntos en la base del surco por una distancia de 13 mm (1/2 pulg.) cuando se somete a 25 golpes a la copa cayendo 10 mm en un aparato estándar de límite líquido operado a una razón de 2 golpes por segundo.

Procedimiento del ensayo:

- La muestra es procesada para remover cualquier material retenido en una malla de 425 μm (N°40).
- El límite líquido es determinado efectuando ensayos en el cual una porción de la muestra es extendida en una copa de bronce, dividida en dos por una herramienta acanaladora, y luego permitidas de fluir juntas por los golpes causados por la caída repetida de la copa en un instrumento mecánico estándar.
- El límite líquido multi-punto, procedimiento A y B, requiere tres o más ensayos sobre un rango de contenidos de agua a ser efectuados y los datos de los ensayos ploteados o calculados para establecer una relación en la cual el límite líquido es determinado.
- El límite líquido de un punto, procedimientos C y D, utiliza los datos de dos ensayos a un contenido de agua multiplicado por un factor de corrección para determinar el límite líquido.

b) Límite plástico (LP):

El contenido de agua, en porcentaje, de un suelo en el límite entre los estados plástico y quebradizo (deleznables). El contenido de agua en el cual un suelo no puede ser más deformado al enrollarlo en 3.2 mm (1/8 pulgadas) en diámetro de hebra sin desmenuzarlo.

Procedimiento del ensayo:

- Es determinado alternativamente presionando y enrollando en una hebra de diámetro de 3.2 mm (1/8 pulg.) una porción pequeña de suelo plástico hasta que su contenido de agua es reducido a un punto en el cual la hebra se desmenuza y no es capaz de ser presionada y reenrollarla.

c) Índice de plasticidad (IP):

El rango de contenido de agua sobre el cual un suelo se compara plásticamente. Numéricamente, es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.

3.5.1.4. Densidad de suelo

Se obtuvo de la división del peso de una probeta de suelo in situ y su volumen determinado de acuerdo a sus medidas geométricas (7 cm de diámetro y 14 cm de altura). Esta probeta ha sido ensayado en el equipo triaxial.

3.5.1.5. Ensayo con el equipo triaxial

Su principal objetivo de ese ensayo es obtener parámetros del suelo y la relación esfuerzo – deformación a través de la determinación del esfuerzo cortante. El resultado que entrega es la más representativa de esfuerzo cortante que sufre una masa de suelo al ser cargada.

Se trata de colocar una muestra cilíndrica de suelo dentro de una membrana, la cual se ubica en una cámara especial o celda y a aquello se aplica una presión igual en todo sentido y dirección en la que en el transcurso se aumenta la presión axial o normal (σ_1), sin modificar la presión lateral aplicada σ_3 , hasta que llega a fallar.

Procedimiento del ensayo:

a) Ensayo triaxial no consolidado y no drenado (CC)

Se extrae y se talla la muestra obteniéndose un molde de suelo con las medidas geométricas solicitadas por el equipo triaxial, se acopla la placa base inferior a la base de la cámara triaxial y se monta la membrana de caucho, dentro

encima de la membrana se coloca las piedras porosas seguidamente se sujeta la celda con las varillas, y se procede a cargar hasta la falla con los drenajes cerrados.

b) Ensayo triaxial consolidado y no drenado (CU)

Se extrae y se talla la muestra obteniéndose un molde de suelo con las medidas geométricas solicitadas por el equipo triaxial, a diferencia de los demás se sujeta la celda con las varillas, y se procede a cargas hasta la falla manteniendo las válvulas abiertas al aplicar dicha presión de confinamiento. Al terminar la consolidación, se cierra la válvula y se aplica la presión axial (σ_1).

c) Ensayo triaxial consolidado y drenado (CD)

Se mantiene la válvula de drenaje abierta todas las fases del ensayo. La presión axial deberá ser aplicada a una velocidad más baja que las anteriores, de modo de evitar que los resultados se vean afectados por la presión de poros.

3.5.2. Instrumentos de investigación

Los principales instrumentos que se utilizará en este estudio serán:

- Guías o manual para cada tipo de ensayo
- Un cuaderno de datos y resultados en laboratorio
- Resultados generados por el equipo triaxial
- Un cuaderno de datos en campo
- Equipo de casa grande
- Equipo de compresión triaxial
- Formato de recolección de muestras retenidas al tamizar

3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

3.6.1. Procedimiento de recolección de datos

Se desarrolló el procedimiento de recolección de datos, de la siguiente manera:

Primero etapa, se revisó bibliografías a nivel local, regional, nacional e internacional todo lo relacionado al tema de investigación.

Segunda etapa, se exploró el lugar de estudio para obtener suelos con propiedades variados que sean posibles para el ensayo con el equipo triaxial, en las cuales se definirá zonas para explorar el subsuelo abriendo calicatas a cielo abierto.

Tercera etapa, se obtuvo muestras con tubo Shell o en bloque para su respectivo ensayo triaxial.

Cuarto etapa, se determinó las propiedades físico mecánicas del suelo en laboratorio como: Límites de Atterberg (Limite líquido, limite plástico e índice de plasticidad), Ensayo de granulometría y contenido de humedad.

Quinto etapa, se obtuvo de los parámetros de resistencia al corte del suelo, cohesión y ángulo de fricción interna mediante pruebas triaxiales.

Sexto etapa, ya teniendo los resultados del laboratorio, se entrenó en un tipo de Red Neuronal Artificial.

Séptimo etapa, discusión y validación de los resultados obtenidos mediante el software utilizando las Redes Neuronales Artificiales con los del Equipo Triaxial.

3.6.2. Procesamiento y análisis de datos

Ensayos en campo

Densidad en campo

Ensayos en laboratorio

Clasificación de suelos-Granulometría

Límites de Atterberg

Contenido de humedad

Ensayos triaxiales:

No consolidado no drenado (UU)

Consolidado no drenado (CU)

Consolidado drenado (CD)

Creación del programa (Software mediante Redes Neuronales Artificial)

Asesoramiento sobre la codificación.

Realización del programa

Medidas de tendencia central, de dispersión y forma, medidas de relación y correlación, la prueba F y análisis de covarianza. (Software):

Matlab R2015a

SPSS vs 24

Microsoft Excel y Word

Software del Equipo Triaxial

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

En el presente capítulo se muestran los resultados y el análisis de acuerdo a la metodología propuesta en el capítulo anterior. Inicia con la obtención de los datos de los ensayos realizados, mediante los equipos que cuenta el laboratorio de Geotécnia I y II de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil - Huancavelica, posteriormente con ellos se procedió al entrenamiento del modelo de Redes Neuronales Artificiales, utilizando el Software MATLAB. Así mismo, la prueba o test con dicho modelo para la comparación de los resultados generados y los resultados obtenidos con el Equipo Triaxial.

4.1. Presentación de datos

Para llevar a cabo esta investigación se realizó los ensayos correspondientes para obtener los resultados de las propiedades físicas y mecánicas del suelo.

4.1.1. Ensayo de límites de Atterberg

4.1.1.1. Ensayo de límite líquido

Se determinó el contenido de agua, en porcentaje, de un suelo en un límite arbitrariamente definido entre los estados líquidos y plásticos. Para lo cual una porción pequeña de suelo se colocó en la Copa de Casa Grande y se cortó con un surco de dimensiones estándar a la base del surco con una distancia de 13 mm (1/2 pulg.). Obteniéndose el contenido de humedad a cantidad de golpes

que se encontraron dentro del rango, (10 a 15, 15 a 20, 20 a 25 y 25 a 30), con los que se obtuvo a 25 golpes mediante una función lineal.



Figura 18 Ensayo de límite líquido de la trinchera N°07, a una profundidad de 0.90m.



Figura 19 Extracción de muestra fluida de ambas partes de distancia de 13 mm, a una profundidad de 1.00m.

4.1.1.2. Ensayo de límite plástico

Se determinó el contenido de agua, en porcentaje, de un suelo en el límite entre los estados plástico y quebradizo. (deleznables). Donde el objetivo fue obtener el contenido de agua de un suelo que no puede ser más deformado al ser enrollado en 3.2 mm (1/8 pulgadas) de diámetro. Solo en la que se presentó solo fisuras, que quiere decir que se encuentra el inicio de ser quebrado.



Figura 20 Ensayo de límite plástico de la Trinchera N° 06, a una profundidad de 3.70m.

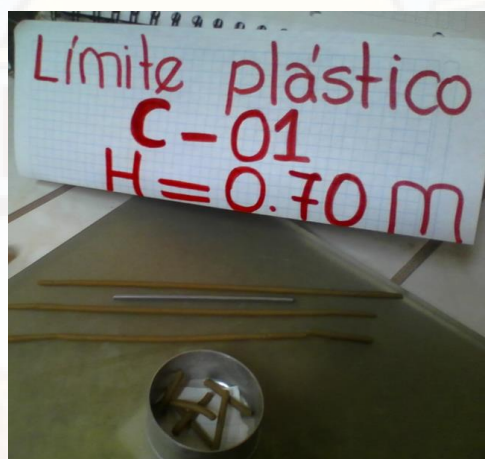


Figura 21 Ensayo de límite plástico de la calicata C – 01, a una profundidad de 0.70m.

4.1.1.3. Índice de plasticidad (IP)

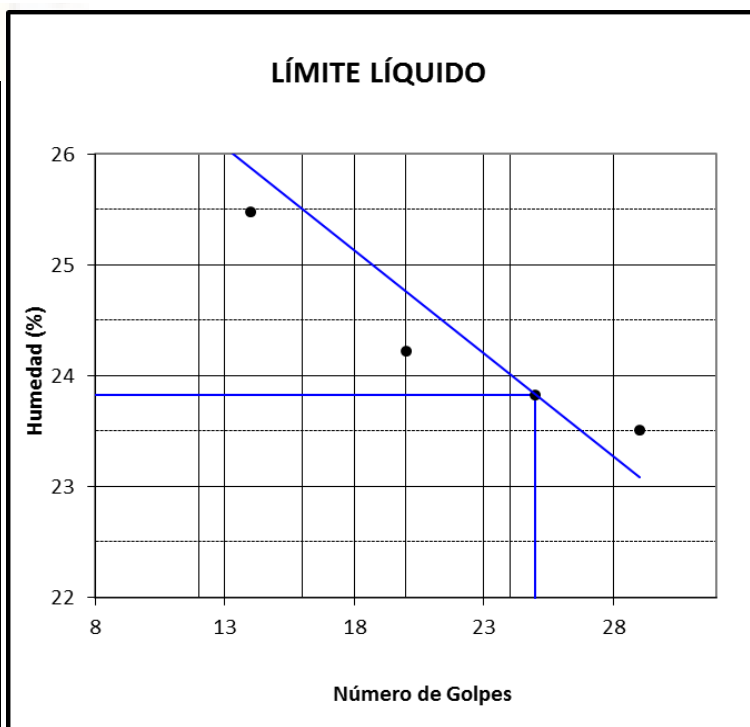
Se expresa como el rango de contenido de agua sobre el cual un suelo se compara plásticamente. Se determinó con la diferencia del límite líquido y el límite plástico. A continuación se muestran algunos ensayos.

Tabla 8 Límites de plasticidad de la muestra de Trinchera T-03.

LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D-4318)	
SOLICITANTES	: Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	: “PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH”

UBICACIÓN	:	E:0504496 -S:8587449-Z:3762
FECHA	:	30/01/2018
SONDAJE	:	Trinchera
MUESTRA	:	T-03
PROFUNDIDAD	:	0.00 - 2.00 m

Muestra	T-03							
Límites de Consistencia	Límite Líquido				Límite Plástico			
Nº de golpes	8	14	20	29	-	-	-	-
Nº Tara (g)	T-05	T-04	T-09	T-05	T-07	T-16	T-01	
Peso suelo húmedo (g)	31.70	23.79	41.03	31.94	5.25	7.27	3.39	
Peso suelo seco (g)	24.86	18.96	33.03	25.86	4.46	6.25	2.91	
Humedad %	27.51	25.47	24.22	23.51	17.71	16.32	16.49	
Límites	23.82				16.84			



Límites de Consistencia	
Límite Líquido	23.82
Límite Plástico	16.84
Índice Plástico	6.98

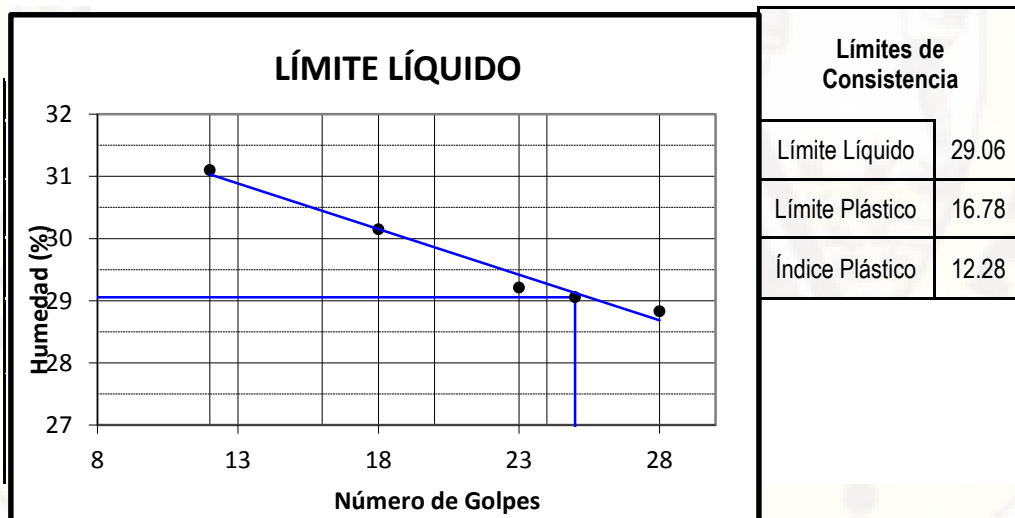
Fuente: Propio.

Tabla 9 Límites de plasticidad de la muestra de Trinchera T-05.

**LÍMITES DE ATTERBERG
(ASTM D-4318)**

SOLICITANTES	:	Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	:	“PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH”
UBICACIÓN	:	E:504502 -N:8587519-Z:3782
FECHA	:	1/02/18
SONDAJE	:	Trinchera
MUESTRA	:	T-05
PROFUNDIDAD	:	0.00 - 5,00 m

Muestra	T-05							
Límites de Consistencia	Límite Líquido				Límite Plástico			
Nº de golpes	12	18	23	28	-	-	-	
Nº Tara (g)	T-06	T-13	T-13	T-12	T-13	T-12	T-16	
Peso suelo húmedo (g)	34.61	35.79	35.43	33.65	3.53	3.56	4.38	
Peso suelo seco (g)	26.40	27.50	27.42	26.12	3.02	3.06	3.74	
Humedad %	31.10	30.15	29.21	28.83	16.89	16.34	17.11	
Límites	29.06				16.78			



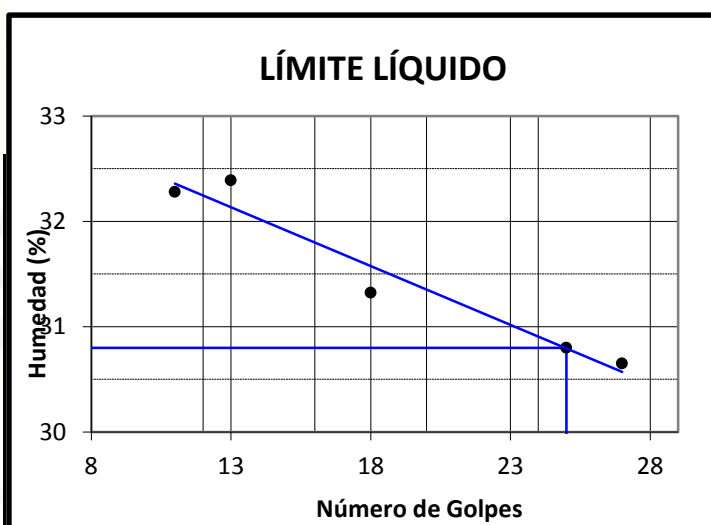
Fuente: Propio.

Tabla 10 Límites de plasticidad de la muestra de Trinchera T-08

**LÍMITES DE ATTERBERG
(ASTM D-4318)**

SOLICITANTES	:	Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	:	"PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	:	E:504550 -N:8587513-Z:3778
FECHA	:	6/02/18
SONDAJE	:	Trinchera
MUESTRA	:	T-08
PROFUNDIDAD	:	0.00 - 2.30 m

Muestra	T-08							
Límites de Consistencia	Límite Líquido				Límite Plástico			
N° de golpes	11	13	18	27	-	-	-	-
N° Tara (g)	T-04	T-10	T-07	T-15	T-05	T-11	T-09	
Peso suelo húmedo (g)	28.44	27.55	29.60	37.81	5.03	5.18	5.40	
Peso suelo seco (g)	21.50	20.81	22.54	28.94	4.32	4.48	4.66	
Humedad %	32.28	32.39	31.32	30.65	16.44	15.63	15.88	
Límites	30.80				15.98			



Límites de Consistencia	
Límite Líquido	30.80
Límite Plástico	15.98
Índice Plástico	14.82

Fuente: Propio.

Resumen de los resultados de Límites de Atterberg:

Tabla 11 Límites de plasticidad de los 39 puntos de estudio.

N°	Muestra	Profundidad (m)	Límites de consistencia		
			límite líquido	límite plástico	Índice de plasticidad
1	T-01	3.4	17.51	16.56	0.94
2	T-02	2.9	20.01	16.19	3.81
3	T-03	2	23.82	16.84	6.98
4	T-04	1.7	24.63	18.31	6.32
5	T-05	5	29.06	16.78	12.28
6	T-06	3.7	28.1	16.3	11.8
7	T-07	0.9	27.47	14.99	12.48
8	T-08	2.3	30.8	15.98	14.82
9	T-09	1.2	25.11	13.62	11.49
10	T-10	1.5	25.56	15.88	9.68
11	T-11	1	31.25	15.38	15.87
12	C-01	0.7	18.59	14.17	4.42
13	C-01	1.4	17.04	13.99	3.05
14	C-01	1.5	21.87	14.7	7.17
15	C-02	0.7	26.96	19.62	7.34
16	C-03	0.5	27.61	17.6	10.01
17	T-12	1.1	26.14	14.74	11.4
18	T-13	5.5	24.17	12.86	11.31
19	C-04	1	24.85	14.58	10.27
20	T-14	1.5	28.82	15.92	12.9
21	CC-01	1	17.94	14.42	3.52
22	CC-01	1.5	No se logró llegar superiores a 25 golpes, solo llegándose a 13 y 12 golpes como máximo siendo a simple vista un suelo arenoso		
23	CC-01	2	18.66	2.26	16.4
24	CC-02	1.5	20.44	13.78	6.66
25	CC-03	1.5	15.74	15.59	0.15
26	CC-04	1.5	26.06	18.54	7.52
27	CC-04	2	27.92	16.84	11.08
28	CC-05	2	23.42	16.47	6.95
29	R-01	3	18.95	15.31	3.64
30	R-02	2.5	22.56	16.06	6.5
31	R-03	0.8	36.4	18.78	17.62
32	R-04	1.1	36.15	20.15	16
33	R-05	5	28.52	17.11	11.41
34	R-06	3	35.54	19.23	16.31
35	CV-01	1.2	34.21	25.5	8.71
36	CV-02	1.6	16.68	15.52	1.16
37	CV-03	1.7	24.96	20.78	4.18
38	TV-01	5.5	24.22	16.67	7.55
39	TV-02	3.1	31.69	19.83	11.86

Fuente: Propio.

4.1.2. Ensayo de granulometría

Se determinó la distribución de los tamaños de las partículas que componen el suelo, a través del tamizado electrónico. Se procedió realizar el ensayo según la norma ASTM D – 422. Obteniéndose los pesos retenidos en cada malla y con ello los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta la malla de 74mm (N°200)

Donde para el tamaño de la porción retenida en el tamiz N° 4, se tomó en cuenta el tamaño máximo de las partículas como se expresa en la tabla (Ticona, 2014).

Tabla 12 Masa mínima de la porción de suelo retenida en el tamiz N°4.

Diámetro Nominal de Partículas más grandes pulg. (mm)	Porción Aproximada de Masa Mínima (g)
3/8" (9,5)	500
3/4" (19,0)	1000
1" (25,4)	2000
1 1/2" (38,1)	3000
2" (50,8)	4000
3" (76,2)	5000

Fuente: Ensayo Análisis Granulométrico por Tamizado Norma ASTM D-422 (Ticona, 2014).

La muestra se obtuvo después del cuarteo secado a 24 horas de acuerdo al diámetro nominal en este caso 1 1/2", obteniéndose un peso de 3kg, que ha sido sumergido en agua en 24 horas, lavado por la malla N°200 y secado a 24 horas.

Ha sido tamizado en dos partes, los retenidos en la malla N°40 con las mallas (1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", 1/4", N°4, N°8, N°10, N°16, N°20, N°30, N°40) y los que han pasado a la malla N°40 con las mallas (N°50, N°60, N°80, N°100, N°200).

Seguidamente en las siguientes tablas en adelante se muestran la curva granulométrica, que determinan porcentajes de finos, arenas y gravas que conforman el suelo estudiado.



Figura 22: Muestra Tamizada de la trinchera T-02, profundidad de 2.90m.



Figura 23: Muestra tamizada de la Calicata C - 02, de una profundidad de 0.70 m.

Resultados:

Tabla 13: Curva granulométrica y clasificación de suelo de la Trinchera T-05, a una profundidad de 5.00m.

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

SOLICITANTES

: Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel
Bach. Merino Ortiz, Rodrigo

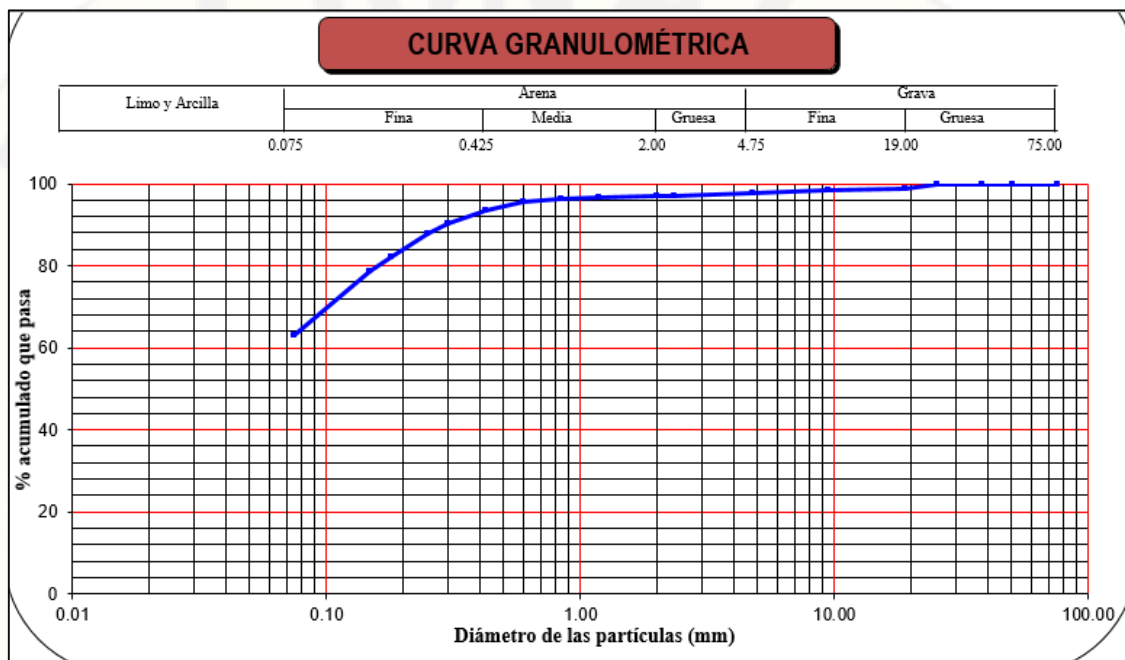
PROYECTO	:	“PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH”
UBICACIÓN	:	E:504502 -N:8587519-Z:3782
FECHA	:	1/02/18

Sondaje	Trinchera		
Muestra	T-05		
Profundidad (m)	0.00 - 5.00 m		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	3 “	76.200	100.00
	2 “	50.300	100.00
	1 ½ “	38.100	100.00
	1 “	25.400	100.00
	¾”	19.050	98.87
	3/8”	9.525	98.58
	Nº 004	4.760	97.68
	Nº 008	2.360	97.06
	Nº 010	2.000	96.92
	Nº 016	1.180	96.51
	Nº 020	0.840	96.22
	Nº 030	0.600	95.44
	Nº 040	0.426	93.52
	Nº 050	0.300	90.20
	Nº 060	0.250	87.71
	Nº 080	0.180	82.21
	Nº 100	0.149	78.50
	Nº 200	0.075	63.19

Clasificación (S.U.C.S.)	CL
Descripción : CL - Sandy lean clay	
Clasificación (AASHTO)	A-6
Descripción (AASHTO)	MALO
Contenido de Humedad (%)	21.28
Límite Líquido (LL) (%)	29.06
Límite Plástico (LP) (%)	16.78
Límite Contracción (LC) (%)	NP
Índice Plástico (IP) (%)	12.28

D ₁₀ (mm)	0.00
D ₃₀ (mm)	0.00
D ₆₀ (mm)	0.00
Cu	0.00
Cc	0.00

% GRAVA	2.32	Gruesa	1.13
		Fina	1.19
% ARENA	34.49	Gruesa	0.76
		Media	3.40
		Fina	30.33
% FINOS	63.19		63.19



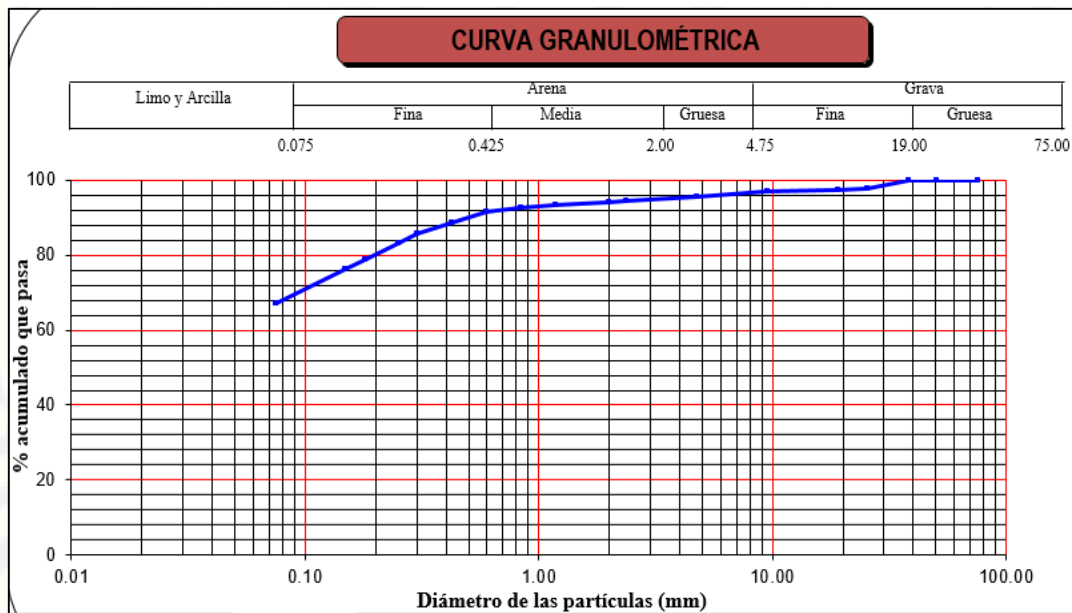
Fuente: Propio.

Tabla 14: Curva granulométrica y clasificación de suelo de la Trinchera T-08, a una profundidad de 2.30m.

ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)						
SOLICITANTES		: Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo				
PROYECTO		: "PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"				
UBICACIÓN		: E:504550 -N:8587513-Z:3778				
FECHA		: 6/02/18				
Sondaje			Trinchera		Clasificación (S.U.C.S.)	CL
Muestra			T-08		Descripción :CL - Sandy lean clay	
Profundidad (m)			0.00 - 2.30 m		Clasificación (AASHTO)	A-6
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	3 "	76.20 0	100.00		Descripción (AASHTO)	MALO
	2 "	50.30 0	100.00		Contenido de Humedad (%)	21.50
	1 ½ "	38.10 0	100.00		Límite Líquido (LL) (%)	30.80

	1 "	25.40 0	97.73	Límite Plástico (LP) (%)	15.98
	¾"	19.05 0	97.33	Límite Contracción (LC) (%)	NP
	3/8"	9.525	96.79	Índice Plástico (IP) (%)	14.82
	Nº 004	4.760	95.53		
	Nº 008	2.360	94.38		
	Nº 010	2.000	94.13		
	Nº 016	1.180	93.20		
	Nº 020	0.840	92.50		
	Nº 030	0.600	91.32		
	Nº 040	0.426	88.44		
	Nº 050	0.300	85.73		
	Nº 060	0.250	83.23		
	Nº 080	0.180	78.87		
	Nº 100	0.149	76.35		
	Nº 200	0.075	67.20		
% GRAVA	4.47	Gruesa	2.67		
		Fina	1.80		
% ARENA	28.33	Gruesa	1.40		
		Media	5.69		
		Fina	21.24		
% FINOS	67.20		67.20		

D ₁₀ (mm)	0.00
D ₃₀ (mm)	0.00
D ₆₀ (mm)	0.00
Cu	0.00
Cc	0.00



Fuente: Propio.

Tabla 15: Curva granulométrica y clasificación de suelo de la Trinchera T-10, a una profundidad de 1.50m.

ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

SOLICITANTES	: Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	: "PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	: E:504534 -N:8587550-Z:3789
FECHA	: 8/02/18

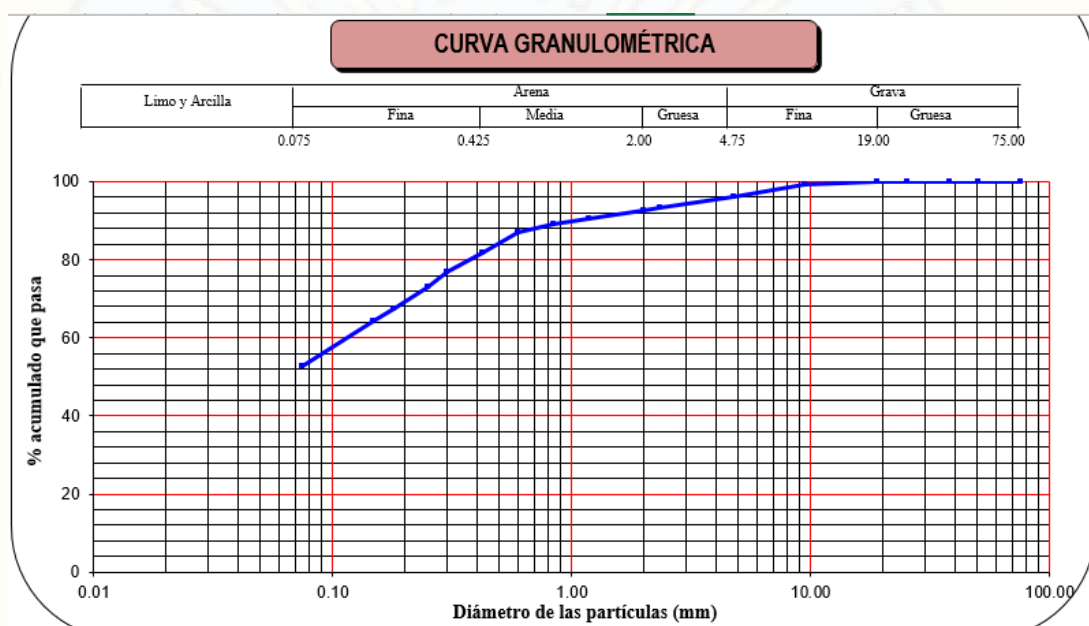
Sondaje			Trinchera
Muestra			T-10
Profundidad (m)			0.00 - 1,50 m
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	3 "	76.200	100.00
	2 "	50.300	100.00
	1 ½ "	38.100	100.00
	1 "	25.400	100.00
	¾"	19.050	100.00
	3/8"	9.525	99.23
	Nº 004	4.760	96.16
	Nº 008	2.360	93.28
	Nº 010	2.000	92.58
	Nº 016	1.180	90.43
	Nº 020	0.840	89.05
	Nº 030	0.600	86.96
	Nº 040	0.426	81.70
	Nº 050	0.300	77.05
	Nº 060	0.250	73.19
	Nº 080	0.180	67.43
	Nº 100	0.149	64.35
	Nº 200	0.075	52.62

Clasificación (S.U.C.S)	CL
Descripción :CL - Sandy lean clay	
Clasificación (AASHTO)	A-4
Descripción (AASHTO)	REGULAR A MALO
Contenido de Humedad(%)	19.99
Límite Líquido (LL) (%)	25.56
Límite Plástico (LP) (%)	15.88
Límite Contracción (LC) (%)	NP
Índice Plástico (IP) (%)	9.68

D ₁₀ (mm)	0.00
D ₃₀ (mm)	0.00
D ₆₀ (mm)	0.12
Cu	0.00
Cc	0.00

% GRAVA	3.84	Gruesa	0.00
		Fina	3.84

% ARENA	43.54	Gruesa	3.58
		Media	10.88
		Fina	29.08
% FINOS	52.62		52.62



Fuente: Propio.

Resumen de los resultados:

Tabla 16: Resultados del ensayo de granulometría de las muestras extraídas.

N°	Muestra	% Grava			%Arena			% Finos	SUCS		ASSTHO	
		Profun.	Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina		Clasificación	Descripción	Clasificación	Descripción
1	T-01	3.4	0.51	0.58	0.75	5.56	42.09	50.51	ML	ML-Sandy silt	A-4	Regular a malo
2	T-02	2.9	0.57	5.42	3.51	6.87	36.04	47.6	SM	SM- Silty sand	A-4	Regular a malo
3	T-03	2	0	5.81	2.14	4.84	29.93	57.28	CL-ML	CL-ML - Sandy silty clay	A-4	Regular a malo
4	T-04	1.7	0	0.23	0.69	5.5	32.2	61.39	CL-ML	CL-ML-Sany silty clay	A-4	Regular a malo
5	T-05	5	1.13	1.19	0.76	3.4	30.33	63.19	CL	CL-Sandy lean clay	A-6	Malo
6	T-06	3.7	0	0.04	0.2	4.74	30.05	64.96	CL	CL-Sandy lean clay	A-6	Malo
7	T-07	0.9	0.55	4.56	4.91	10.47	24.33	55.19	CL	CL-Sandy lean clay	A-6	Malo
8	T-08	2.3	2.67	1.8	1.4	5.69	21.24	67.2	CL	CL-Sandy lean clay	A-6	Malo
9	T-09	1.2	0	4.93	4.87	10.68	26.99	52.53	CL	CL-Sandy lean clay	A-6	Malo
10	T-10	1.5	0	3.84	3.58	10.88	29.08	52.62	CL	CL-Sandy lean clay	A-4	Regular a malo
11	T-11	1	0.83	1.26	0.6	8.24	31.9	57.17	CL	CL-Sandy lean clay	A-6	Malo
12	C-01	0.7	0	1.46	1.51	14.51	47.99	34.53	SM-SC	SC-SM-Silty, clayey Sand	A-2-4	Excelente a bueno
13	C-01	1.4	0	1.22	2.91	11.12	44.36	40.39	SM	SM- Silty sand	A-4	Regular a malo
14	C-01	1.5	1.17	1.78	3.69	11.35	41.78	40.23	SC	SC-Clayey Sand	A-4	Regular a malo
15	C-02	0.7	0	0.11	0.38	12.4	44.32	42.78	SC	Clayey sand	A-4	Regular a malo
16	C-03	0.5	0	0.6	0.48	9.61	32.62	56.69	CL	CL-Sandy lean clay	N-C	N-C
17	T-12	1.1	0	0.04	0.2	6.3	34.02	59.44	CL	CL-Sandy lean clay	A-6	Malo
18	T-13	5.5	0	0.42	0.39	4.51	30.08	64.6	CL	CL-Sandy lean clay	A-6	Malo
19	C-04	1	0	0.46	0.88	10.44	34.74	53.49	CL	CL-Sandy lean clay	N-C	N-C
20	T-14	1.5	0	0.96	1.04	7.4	34.16	56.44	CL	CL-Sandy lean clay	A-6	Malo
21	CC-01	1	1.34	1.39	0.69	9.22	59.07	28.29	SM	SM- Silty sand	A-2-4	Excelente a bueno
22	CC-01	1.5	7.71	12.6	2.76	10.75	40.53	25.63	SM	SM- Silty sand sand with gravel	A-2-4	Excelente a bueno
23	CC-01	2	0	0	0.27	8.07	56.43	35.23	N-C	N-C		
24	CC-02	1.5	4.88	11.5	3.03	10.89	37.23	32.45	SM-SC	SC-SM-Silty, clayey Sand With gravel	A-2-4	Excelente a bueno
25	CC-03	1.5	5.48	10.9	2.28	11.46	40.95	28.93	SM	SM-Silty sand with gravel	A-2-4	Excelente a bueno
26	CC-04	1.5	0.29	0.32	0.28	7.34	51.75	40.01	SC	SC-Clayey Sand	A-4	Regular a malo
27	CC-04	2	0	0	0.09	6.56	53.35	40	SC	SC-Clayey Sand	A-6	Malo
28	CC-05	2	0.55	9.39	4.78	7.34	27.33	50.62	CL-ML	CL-ML-Sany silty clay	A-4	Regular a malo

29	R-01	3	3.28	9.73	3.07	6.77	38.89	38.25	SM	SM-Silty sand	A-4	Regular a malo
30	R-02	2.5	0.36	1.3	1.56	7.54	32.08	57.16	CL-ML	CL-ML - Sandy silty clay	A-4	Regular a malo
31	R-03	0.8	4	11.9	3.74	8.25	47.38	24.77	SC	SC-Clayey Sand with gravel	A-2-6	Regular
32	R-04	1.1	1.21	3.9	2.14	10.72	43.79	38.24	SC	SC-Clayey sand	A-6	Malo
33	R-05	5	4.44	6.48	2.37	6.8	33.27	46.64	SC	SC-Clayey sand	A-6	Malo
34	R-06	3	0.31	2.89	2.7	7.17	22.35	64.58	CL	CL-Sandy lean clay	A-6	Malo
35	CV-01	1.2	0	2.3	2.02	4.95	22.31	68.42	ML	ML-Sandy silt	A-4	Regular a malo
36	CV-02	1.6	0	0	0.12	16.36	55	28.52	SM	SM - Silty sand	A-2-4	Excelente a bueno
37	CV-03	1.7	0	6.66	4.78	10.39	30.76	47.42	SM-SC	SC-SM - Silty, clayey sand	A-4	Regular a malo
38	TV-01	5.5	0	7.29	3.12	5.22	26.34	58.04	CL	CL-Sandy lean clay	A-4	Regular a malo
39	TV-02	3.1	0	1.65	0.86	3.08	19.91	74.5	CL	CL-Lean clay with sand	A-6	Malo

Fuente: Propio.

4.1.3. Contenido de humedad

Para determinar el contenido de humedad del suelo extraído in situ, se puso en 3 a más taras las cuales han sido pesadas como peso húmedo, las mismas que han sido puestas en el horno durante 24 horas, hasta que su peso seco sea constante. En la que se obtuvo mediante la diferencia de (Peso húmedo y Peso seco) y dividido entre el Peso Seco, multiplicada por 100%.

Tabla 17: *Contenido de humedad en Trinchera T-03 a 2.00 m de profundidad.*

CONTENIDO DE HUMEDAD (T-03)			
N° Tara	T-03	T-02	T-05
Peso de SH (g)	48.45	45.25	54.16
Peso de SS (g)	41.00	38.22	45.92
Peso del agua (g)	7.45	7.03	8.24
C. Humedad (g)	18.17	18.39	17.94
C. H. Prom. (%)	18.17		

Tabla 18: *Contenido de humedad en trinchera T-05 a 5.00 de profundidad.*

CONTENIDO DE HUMEDAD (T-05)				
N° Tara	T-01	T-07	T-16	T-09
Peso de SH (g)	44.08	45.95	42.54	48.94
Peso de SS (g)	36.53	38.00	35.00	40.12
Peso del agua (g)	7.55	7.95	7.54	8.82
C.Humedad (g)	20.67	20.92	21.54	21.98
C. H. Prom. (%)	21.28			

Tabla 19: *Contenido de humedad en trinchera T-08 a 2.30 m de profundidad*

CONTENIDO DE HUMEDAD				
N° Tara	T-05	T-14	T-04	T-01
Peso de SH (g)	42.16	43.30	45.37	45.35
Peso de SS (g)	34.71	35.44	37.43	37.43
Peso del agua (g)	7.45	7.86	7.94	7.92
C.Humedad (g)	21.46	22.18	21.21	21.16
C. H. Prom. (%)	21.50			

Tabla 20: Resultados de contenido humedad (%) de cada muestra.

N°	Muestra	Profundidad (m)	Contenido de humedad (%)
1	T-01	3.4	22.43
2	T-02	2.9	21.28
3	T-03	2	18.17
4	T-04	1.7	23.37
5	T-05	5	21.28
6	T-06	3.7	22.38
7	T-07	0.9	19.79
8	T-08	2.3	21.5
9	T-09	1.2	19.27
10	T-10	1.5	19.99
11	T-11	1	24.86
12	C-01	0.7	16.52
13	C-01	1.4	13.29
14	C-01	1.5	16.64
15	C-02	0.7	26.91
16	C-03	0.5	21.09
17	T-12	1.1	20.96
18	T-13	5.5	13
19	C-04	1	21.17
20	T-14	1.5	17.61
21	CC-01	1	20.08
22	CC-01	1.5	20.37
23	CC-01	2	20.46
24	CC-02	1.5	25.00
25	CC-03	1.5	18.64
26	CC-04	1.5	20.27
27	CC-04	2	20.44
28	CC-05	2	18.64
29	R-01	3	18.8
30	R-02	2.5	14.68
31	R-03	0.8	21.94
32	R-04	1.1	22.7
33	R-05	5	17.74
34	R-06	3	17.3
35	CV-01	1.2	21.42
36	CV-02	1.6	16.09
37	CV-03	1.7	17.79
38	TV-01	5.5	17.38
39	TV-02	3.1	15.12

Fuente: Propio.

4.1.4. Densidad del suelo

La densidad de suelo se determinó en función a sus dimensiones geométricas, donde se extrajo una muestra inalterada de aproximadamente de 10cm de diámetro y 30 cm de altura, de ello se tallo hasta obtener las medidas geométricas solicitadas por el equipo triaxial de (7cm de diámetro, 14 cm de altura), la cual dicha muestra

tallada ha sido pesada, obteniéndose el peso in situ. Con ellos se obtuvo la densidad de suelo in situ.

4.1.5. Ensayo triaxial de muestra

En esta investigación se realizó el ensayo no consolidado y no drenado (UU), de muestras inalteradas, usando el equipo triaxial, con la que se obtuvo los parámetros de resistencia al corte de suelos (la cohesión y el ángulo de fricción interna del suelo). El envolvente de falla estará representada mediante los círculos de Mohr-Coulomb de las tres muestras ensayadas. Los envolventes de resistencia al corte varían dependiendo a la relación de vacíos, la granulometría, la plasticidad de la fracción fina, la permeabilidad, la compacidad, el grado de saturación, el estado natural de esfuerzos de pre consolidación; las condiciones de drenaje durante la prueba, la velocidad con la que se deforma la muestra y el tipo de ensayo al que se somete la muestra (UU, CU, CD). Obteniéndose estos los siguientes resultados.

Tabla 21: El ángulo de fricción y cohesión de la Trinchera (T-01), a una profundidad 3.40m.

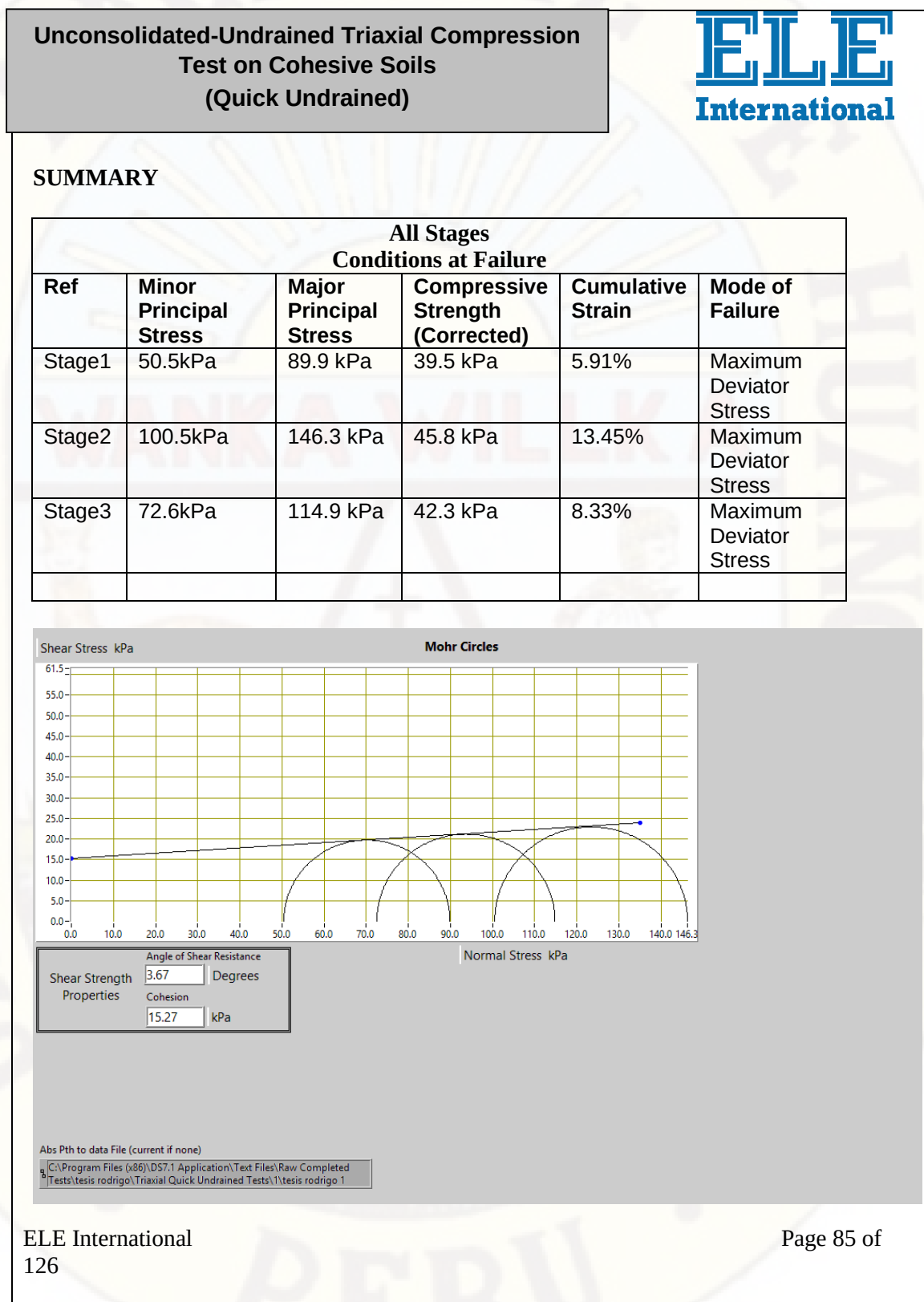


Tabla 22: Ángulo de fricción y cohesión de la Trinchera (T-05), a una profundidad 5.00m.

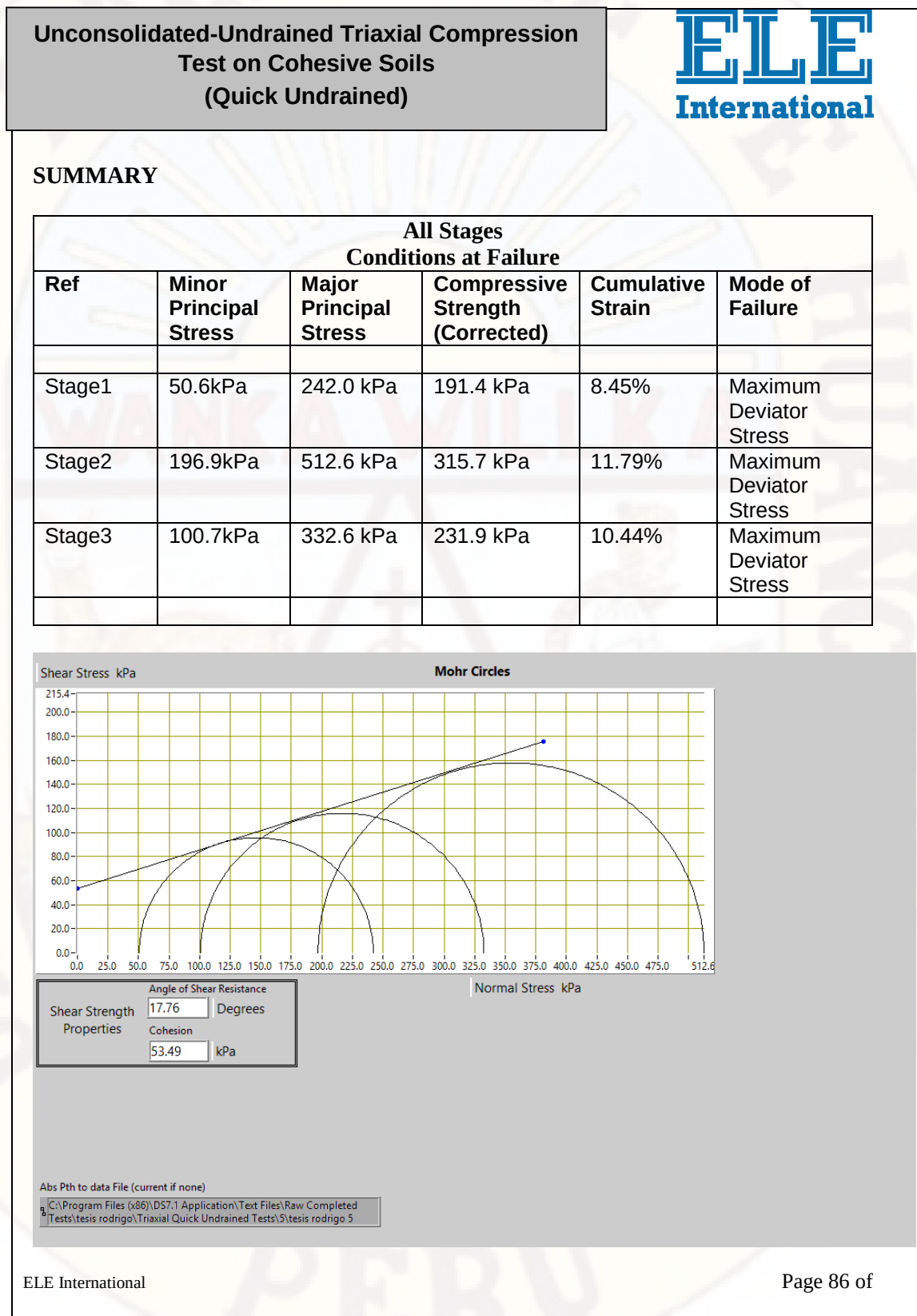


Tabla 23: Ángulo de fricción y cohesión de la Trinchera (T-08), a una profundidad 2.30m.

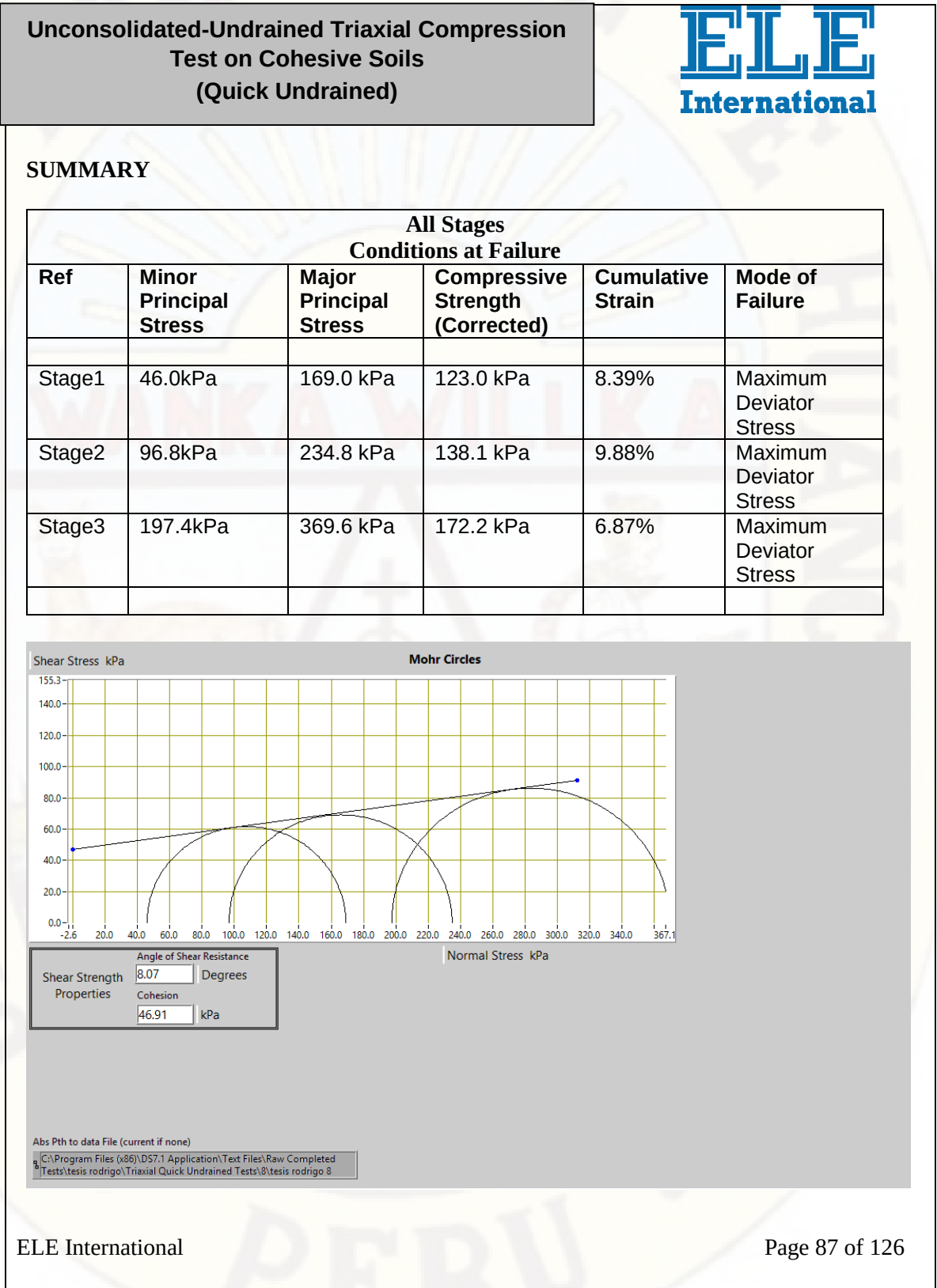


Tabla 24: Ángulo de fricción y cohesión de la Calicata C-04, a una profundidad 1.00m.

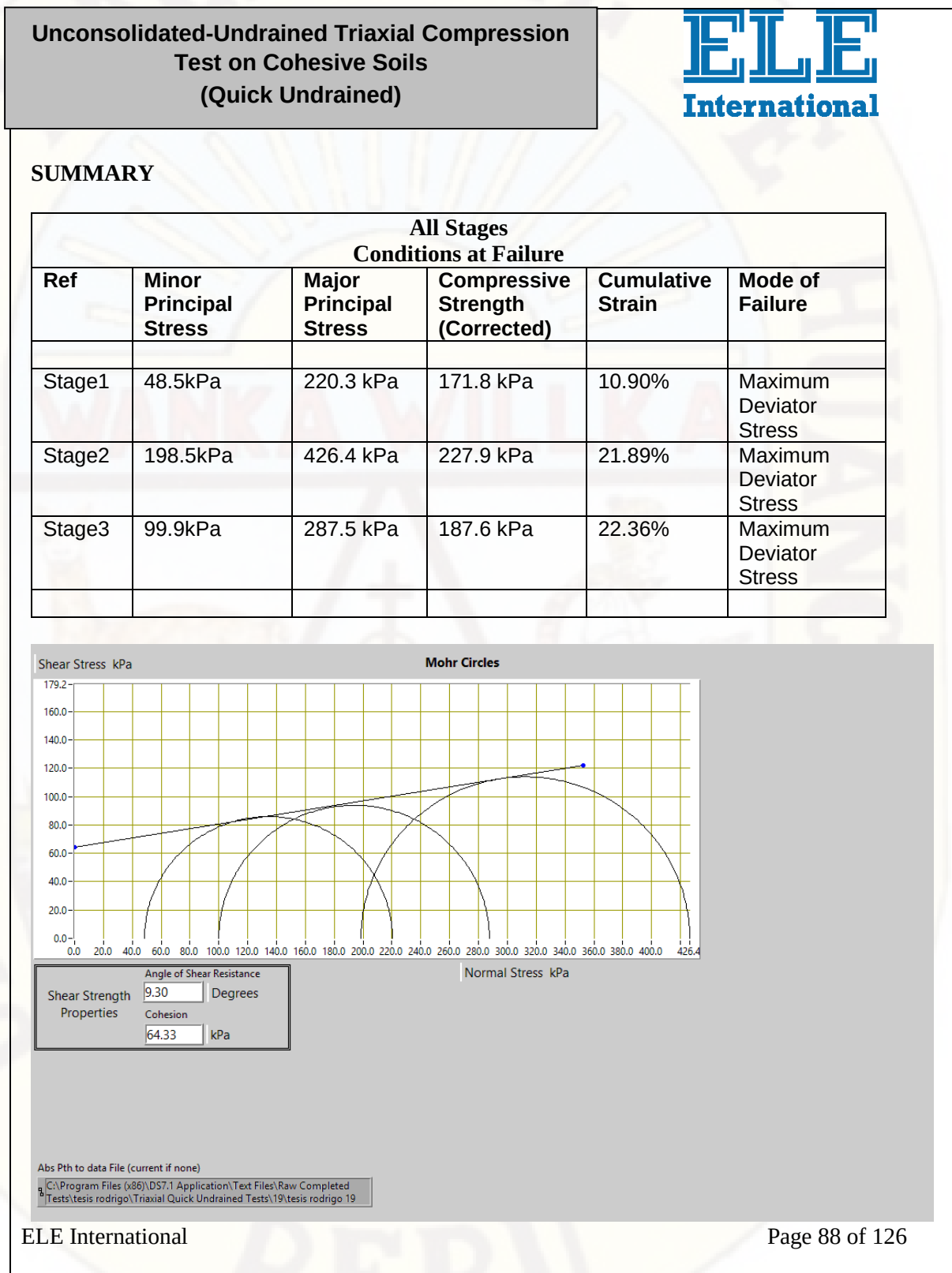


Tabla 25: Resultados de los ensayos realizados en Equipo Triaxial.

N°	Muestra	Profundidad (m)	Ángulo de fricción (°)	cohesión (Kpa)
1	T-01	3.4	3.67	15.27
2	T-02	2.9	9.83	19.68
3	T-03	2	2.14	46.84
4	T-04	1.7	5.76	53.3
5	T-05	5	17.76	53.49
6	T-06	3.7	12.07	47.33
7	T-07	0.9	17.06	56
8	T-08	2.3	8.07	46.91
9	T-09	1.2	13.69	14.38
10	T-10	1.5	5.36	17.74
11	T-11	1	4.17	29.14
12	C-01	0.7	22.32	39.15
13	C-01	1.4	28.2	45.26
14	C-01	1.5	15.83	48.5
15	C-02	0.7	12.88	47.45
16	C-03	0.5	3.69	43.38
17	T-12	1.1	2.32	60.36
18	T-13	5.5	31.51	93.92
19	C-04	1	9.3	64.33
20	T-14	1.5	8.2	73.61
21	CC-01	1	19.54	32.88
22	CC-01	1.5	14.68	31.35
23	CC-01	2	30.44	21
24	CC-02	1.5	20.56	20.72
25	CC-03	1.5	4.94	21.41
26	CC-04	1.5	11.72	21.31
27	CC-04	2	6.67	29.11
28	CC-05	2	4.24	22.96
29	R-01	3	14.8	12.03
30	R-02	2.5	10.09	101.77
31	R-03	0.8	12.15	72.06
32	R-04	1.1	9.56	51.22
33	R-05	5	8.76	73.93
34	R-06	3	14.81	33.22
35	CV-01	1.2	3.2	40.25
36	CV-02	1.6	28.54	6.17
37	CV-03	1.7	5.65	51.34
38	TV-01	5.5	3.23	34.63
39	TV-02	3.1	4.75	79.44

Fuente: Propio.

4.2. Análisis de datos

Con los resultados obtenidos en laboratorio se procedió al entrenamiento del modelo de Red Neuronal Artificial para la predicción de los parámetros de resistencia al corte de suelos. En la que se siguió los siguientes procedimientos.

4.2.1. Selección de datos de ingreso

Se presenta los datos obtenidos de los ensayos respectivos realizados en el laboratorio.

Tabla 26: Resultados obtenidos de cada uno de los tipos de ensayos realizados.

N	Muestra	Contenido de Humedad (%)	Peso específico gr/cm ³	Límites de Consistencia			% Grava		%Arena			%Finas	Ángulo de Fricción (°)	Cohesión (kPa)
				Límite Líquido	Límite Plástico	Índice Plástico	Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina			
1	T-01	22.43	2.04	17.51	16.56	0.94	0.51	0.58	0.75	5.56	42.09	50.51	3.67	15.27
2	T-02	21.29	2.07	20.01	16.19	3.82	0.57	5.42	3.51	6.87	36.04	47.60	9.83	19.68
3	T-03	18.17	2.12	23.82	16.84	6.98	0.00	5.81	2.14	4.84	29.93	57.28	2.14	46.84
4	T-04	23.37	2.01	24.63	18.31	6.32	0.00	0.23	0.69	5.50	32.20	61.39	5.76	53.3
5	T-05	21.28	2.07	29.06	16.78	12.28	1.13	1.19	0.76	3.40	30.33	63.19	17.76	53.49
6	T-06	22.38	2.08	28.10	16.30	11.80	0.00	0.04	0.20	4.74	30.05	64.96	12.07	47.33
7	T-07	19.79	2.02	27.47	14.99	12.48	0.55	4.56	4.91	10.47	24.33	55.19	17.06	56
8	T-08	21.50	1.99	30.80	15.98	14.82	2.67	1.80	1.40	5.69	21.24	67.20	8.07	46.91
9	T-09	19.27	2.14	25.11	13.62	11.49	0.00	4.93	4.87	10.68	26.99	52.53	13.69	14.38
10	T-10	19.99	2.11	25.56	15.88	9.68	0.00	3.84	3.58	10.88	29.08	52.62	5.36	17.74

11	T-11	24.86	1.99	31.25	15.38	15.87	0.83	1.26	0.60	8.24	31.90	57.17	4.17	29.14
12	C-1	16.52	1.88	18.59	14.17	4.42	0.00	1.46	1.51	14.51	47.99	34.53	22.32	39.15
13	C-1	13.29	2.06	17.04	13.99	3.05	0.00	1.22	2.91	11.12	44.36	40.39	28.2	45.26
14	C-1	16.64	2.12	21.87	14.70	7.17	1.17	1.78	3.69	11.35	41.78	40.23	15.83	48.5
15	C-2	26.91	1.93	26.96	19.62	7.34	0.00	0.11	0.38	12.40	44.32	42.78	12.88	47.45
16	C-3	21.09	2.03	27.61	17.60	10.01	0.00	0.60	0.48	9.61	32.62	56.69	3.69	43.38
17	T-12	20.96	2.06	26.14	14.74	11.40	0.00	0.04	0.20	6.30	34.02	59.44	2.32	60.36
18	T-13	13.00	2.16	24.17	12.86	11.31	0.00	0.42	0.39	4.51	30.08	64.60	31.51	93.92
19	C-4	21.17	2.05	24.85	14.58	10.27	0.00	0.46	0.88	10.44	34.74	53.49	9.3	64.33
20	T-14	17.61	2.12	28.82	15.92	12.90	0.00	0.96	1.04	7.40	34.16	56.44	8.2	73.61
21	CC-1	16.72	2.18	17.94	14.42	3.52	1.34	1.39	0.69	9.22	59.07	28.29	19.54	32.88
22	CC-1	16.91	2.05	0	0	0.00	7.71	12.62	2.76	10.75	40.53	25.63	14.68	31.35
23	CC-1	17.04	2.21	18.66	2.26	16.40	0.00	0.00	0.27	8.07	56.43	35.23	30.44	21
24	CC-2	20.00	2.50	20.44	13.78	6.66	4.88	11.52	3.03	10.89	37.23	32.45	20.56	20.72
25	CC-3	18.64	2.13	15.74	15.59	0.15	5.48	10.90	2.28	11.46	40.95	28.93	4.24	22.96
26	CC-4	20.59	1.97	26.06	18.54	7.52	0.29	0.32	0.28	7.34	51.75	40.01	11.72	21.31
27	CC-4	22.78	1.99	27.92	16.84	11.08	0.00	0.00	0.09	6.56	53.35	40.00	6.67	29.11
28	CC-5	18.64	2.13	23.42	16.47	6.95	0.55	9.39	4.78	7.34	27.33	50.62	4.94	21.41
29	TT-1	18.80	2.16	18.95	15.31	3.64	3.28	9.73	3.07	6.77	38.89	38.25	14.8	12.03
30	TT-2	14.68	2.21	22.56	16.06	6.50	0.36	1.30	1.56	7.54	32.08	57.16	10.09	101.77
31	TT-3	21.40	2.08	36.4	18.78	17.62	4.00	11.85	3.74	8.25	47.38	24.77	12.15	72.06
32	TT-4	22.70	2.05	36.15	20.15	16.00	1.21	3.90	2.14	10.72	43.79	38.24	9.56	51.22
33	TT-5	17.74	2.14	28.52	17.11	11.41	4.44	6.48	2.37	6.80	33.27	46.64	8.76	73.93

34	TT-6	17.30	2.09	35.54	19.23	16.31	0.31	2.89	2.70	7.17	22.35	64.58	14.81	33.22
35	CV-1	21.42	1.93	34.21	25.5	8.71	0.00	2.30	2.02	4.95	22.31	68.42	3.2	40.25
36	CV-2	16.09	2.10	16.68	15.52	1.16	0.00	0.00	0.12	16.36	55.00	28.52	28.54	6.17
37	CV-3	17.18	2.13	24.96	20.78	4.18	0.00	6.66	4.78	10.39	30.76	47.41	5.56	51.34
38	TV-1	17.38	2.15	24.22	16.67	7.55	0.00	7.29	3.12	5.22	26.34	58.04	3.23	34.63
39	TV-2	15.12	2.05	31.69	19.83	11.86	0.00	1.65	0.86	3.08	19.91	74.50	4.75	79.44

Fuente: Propio.

De los 39 datos obtenidos, 26 se han utilizado para el entrenamiento en el software Matlab y 10 para el respectivo test.

4.2.2. Arquitectura y etapa de entrenamiento de Redes Neuronales Artificiales

Se consideró 11 datos de entrada, conformados por las propiedades físicas de suelo (Contenido de humedad, peso específico, límites de consistencia y granulometría) y 2 neuronas de salida correspondiente a los parámetros de resistencia al corte de suelos (ángulo de fricción interna y la cohesión).

Tabla 27: Datos de entrada (Input)

Contenido de Humedad (%)		
Peso específico gr/cm ³		
Límites de Consistencia	Límite Líquido	
	Límite Plástico	
	Índice Plástico	
% GRAVA	Gruesa	3" - ¾"
	Fina	¾" - Nº 04
% ARENA	Gruesa	Nº 04 - Nº 10
	Media	Nº 10 - Nº 40
	Fina	Nº 0 - Nº 200
% FINOS		PASA Nº 200

Fuente: Propio.

Para el ingreso de los datos en el software MATLAB se ingresa con el comando "nntool", para abrir la ventana de Data Manager que consiste en el ingreso de los datos de entrenamiento y validación, como muestra en la Figura 24.

En la Tabla 27, se muestra los 11 datos de entrada, con los que se buscó un modelo capaz de ajustarse al tipo de datos que se obtuvo en el laboratorio, en la que, se pudo comprobar que el mejor tipo de Red Neuronal Artificial fue Feed – Forward Backprop, como se puede ver la Figura 25. Donde, los datos de entrada (input data) fueron las 11 propiedades físicas del suelo estudiado y los datos de salida (Tarjet data) fueron los 2 parámetros de resistencia al corte. Así mismo, la función de entrenamiento (Training function) que en siglas es TRAINBFG (backpropagation quasi-Newton de BFGS) han sido los 26 datos obtenidos en el laboratorio tanto los ensayos básicos como los ensayos realizados en el equipo triaxial. Siendo,

LEARNGD (Adaption learning function) la función de aprendizaje y MSE el (Error medio cuadrático).

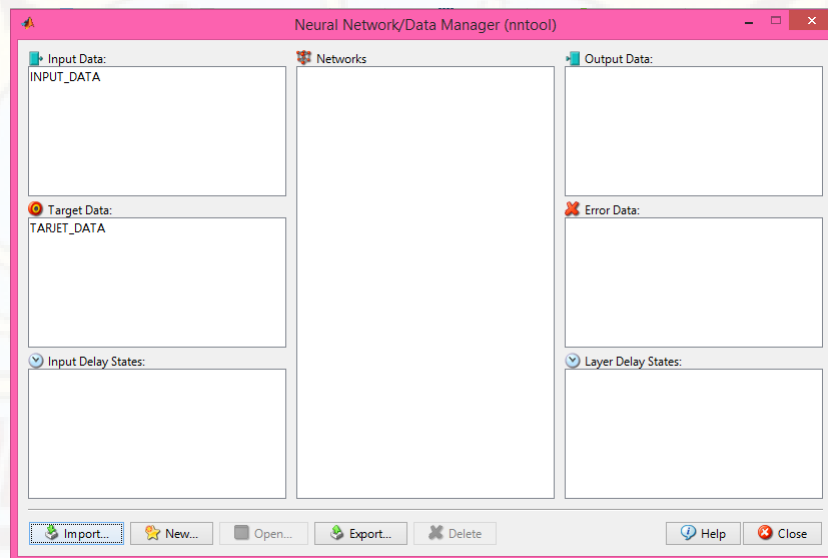


Figura 24: Ventana de ingreso de datos en Neural Network

Fuente: Software Matlab

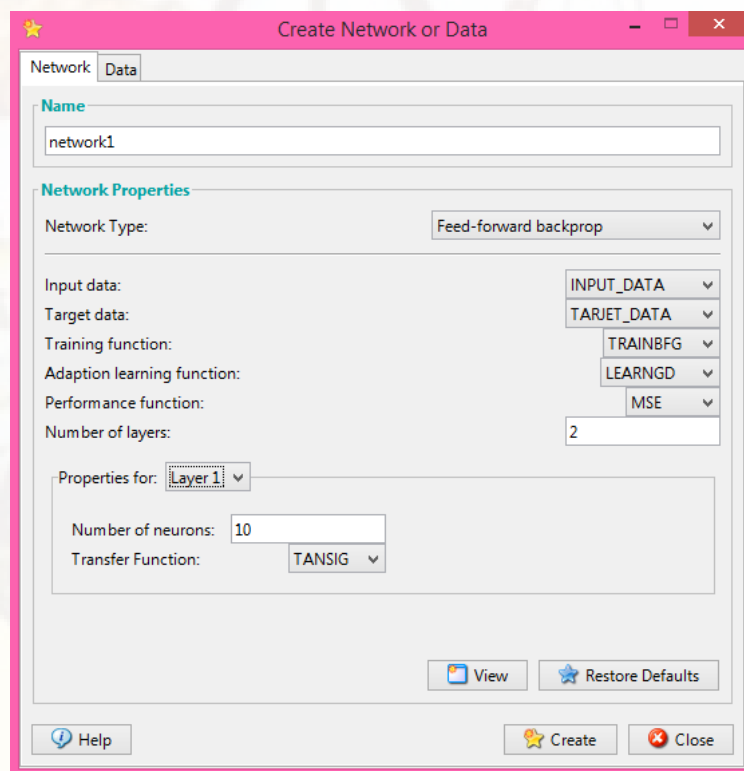


Figura 25: Características del modelo.

Fuente: Software Matlab

La Figura 28, muestra la arquitectura del modelo que mostró un gran desempeño, después de muchas simulaciones que se realizaron, la cual, ha sido obtenida a través del procedimiento ensayo error y sometida a 2229 ciclos de evaluación. De esta manera la Arquitectura de la Red que tuvo un gran desempeño se muestra en la Figura 26. En la que (Input) son los 11 datos de entrada, (Hidden Layer) capa oculta de 10 neuronas, (Output layer) capa de salida de 2 neuronas y (Output) datos de salida. Siendo, TANSIG la (función de transferencia sigmoidea de la tangente hiperbólica).

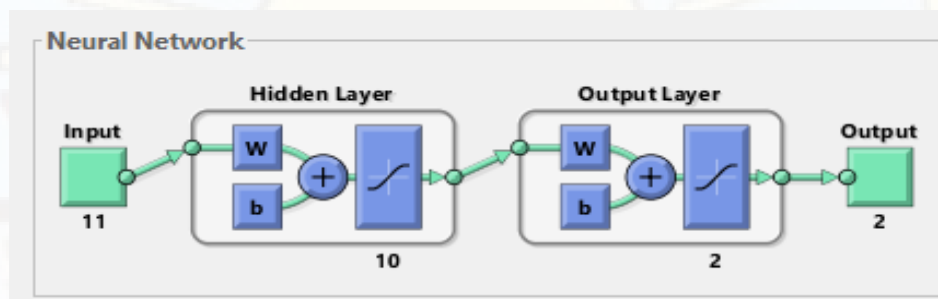


Figura 26: Arquitectura de Redes Neuronales Artificiales

Fuente: Software Matlab

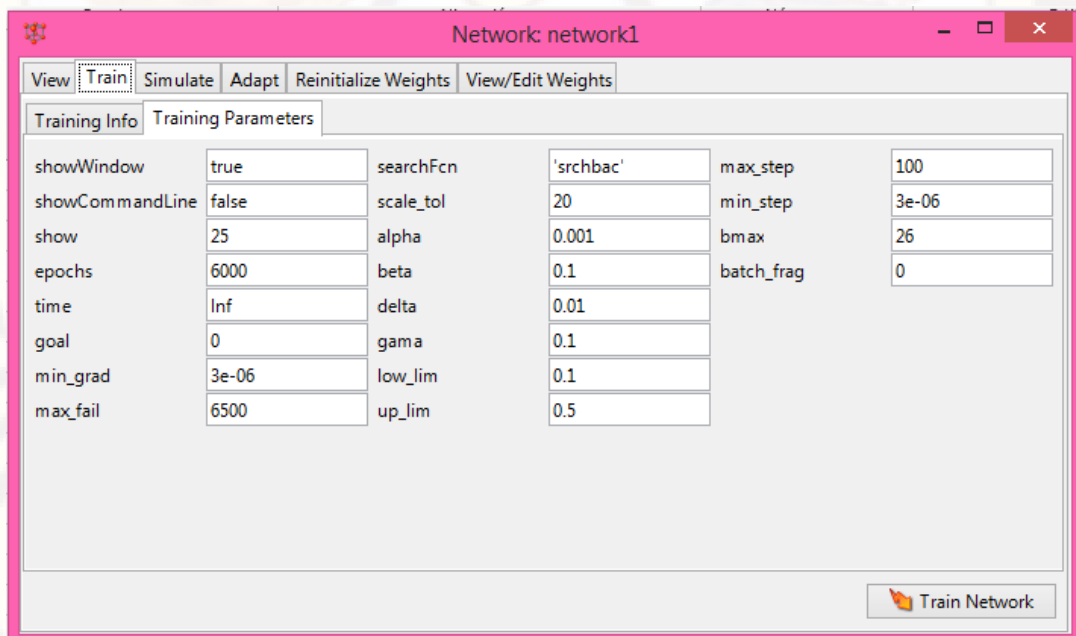


Figura 27: Parámetros de entrenamiento del modelo.

Fuente: Software Matlab

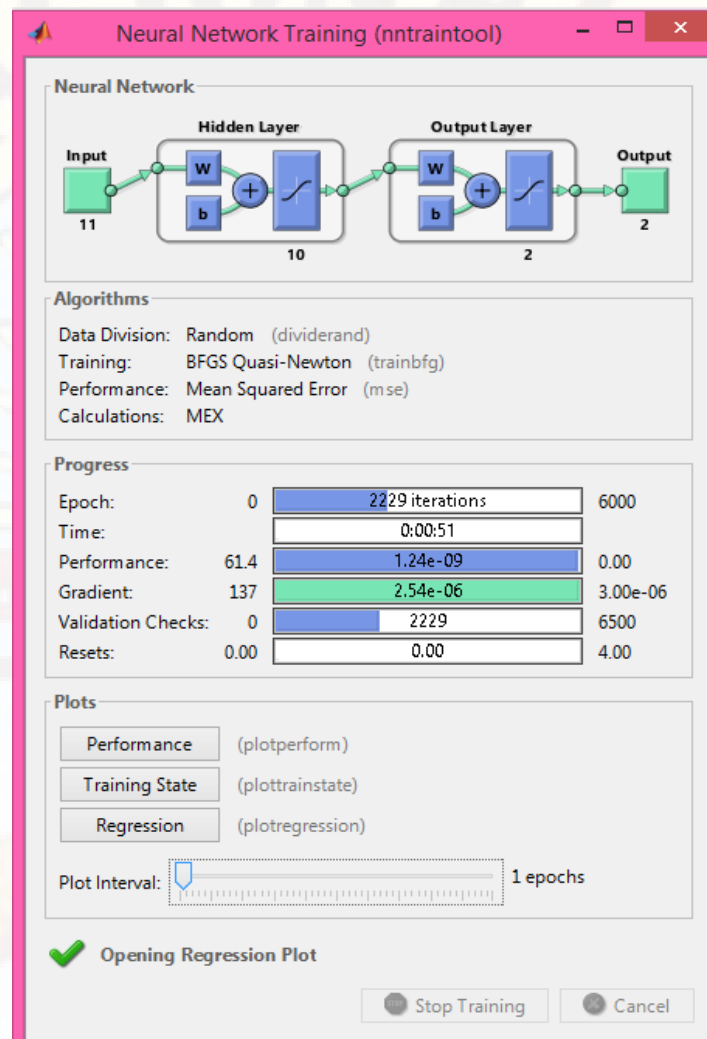


Figura 28: Etapa de entrenamiento y la arquitectura de Redes Neuronales Artificiales.

Fuente: Software Matlab

Obteniéndose una buena correlación en 2229 épocas de entrenamiento, en tiempo de 51 segundos, con un performance de $1.24e-09$ y 2229 verificaciones de validación, como se muestra en la Figura 28.

4.2.3. Resultados Redes Neuronales Artificiales

Los datos de ingreso y salida, son datos obtenidos a través del estudio de suelos en diferentes puntos ubicado en las laderas de la Universidad Nacional de Huancavelica, tanto calicatas y trincheras. Los conjuntos de datos obtenidos se han dividido en 2 grupos (entradas y salidas). El primero que corresponden al 72 % para la construcción del modelo y el segundo del 28 % restante para la validez del modelo.

El entrenamiento se lleva a cabo hasta obtener los coeficientes adecuados de regresión. Por defecto, el entrenamiento, se detiene después de seis incrementos consecutivos en error de validación y el mejor rendimiento se toma de la época o ciclo con el error de validación mínimo. Este procedimiento se aplicó en ciclos grandes, hasta lograr la validación adecuada con los datos del segundo grupo.

La Figura 29, muestra cuatro correlaciones y pertenecen: al entrenamiento (70% del registro), validación (15% del registro), prueba (15% del registro) y el modelo total (100% del registro). Donde el modelo total presenta una buena correlación siendo el entrenamiento (Training) ($R=0.93927$), validación ($R=0.99746$), test ($R=0.96465$) y obteniéndose un modelo de Red Neuronal Artificial con $R=0.95507$ de correlación, que indica una significancia del modelo planteado.

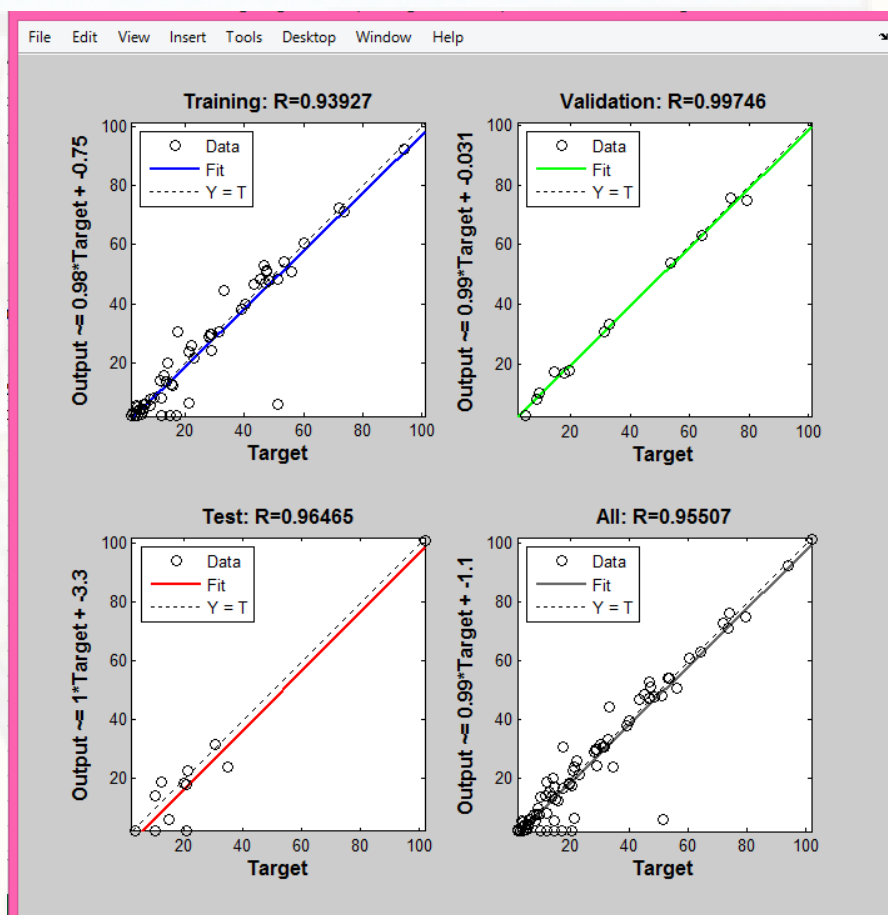


Figura 29: Análisis de regresión para el entrenamiento, validación y prueba.

Fuente: Software Matlab

4.2.4. Análisis de correlación

El diagrama de dispersión de los resultados de la (cohesión) obtenidos con el entrenamiento mediante Redes Neuronales Artificiales (Y_i) y Equipo Triaxial (X_i) se expresan en Figura 30, en la que, la forma de nube de puntos nos informa una correlación lineal positiva. Siendo, el bondad de ajuste o coeficiente de determinación $R^2 = 0.9687$.

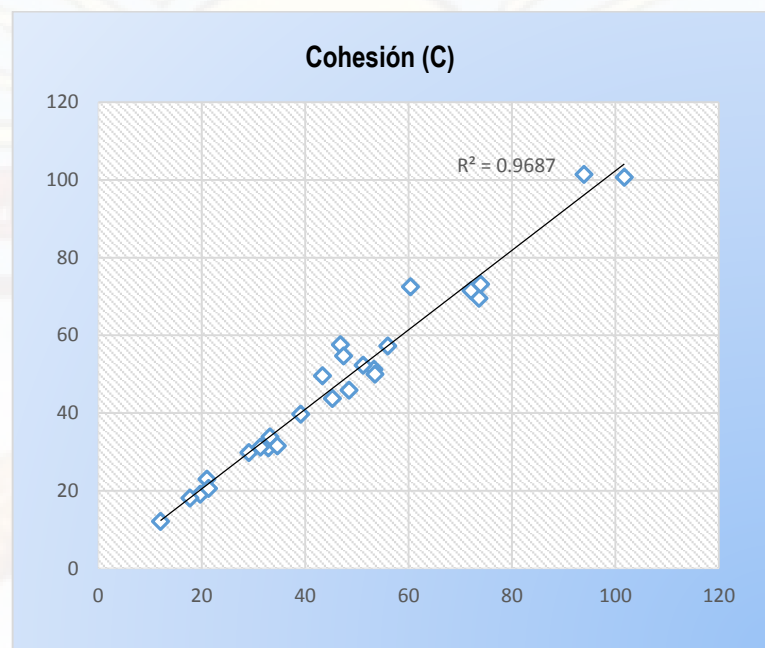


Figura 30: Correlación de los datos (Cohesión) de entrenamiento y ensayo triaxial

Fuente: Propia

Así mismo, en la Figura 31 se muestra la determinación de correlación de los resultados de (ángulo de fricción interna) obtenidos en el entrenamiento con el modelo y el Equipo Triaxial resultó una correlación lineal positiva, siendo el coeficiente de determinación $R^2 = 0.9623$, Figura 31.

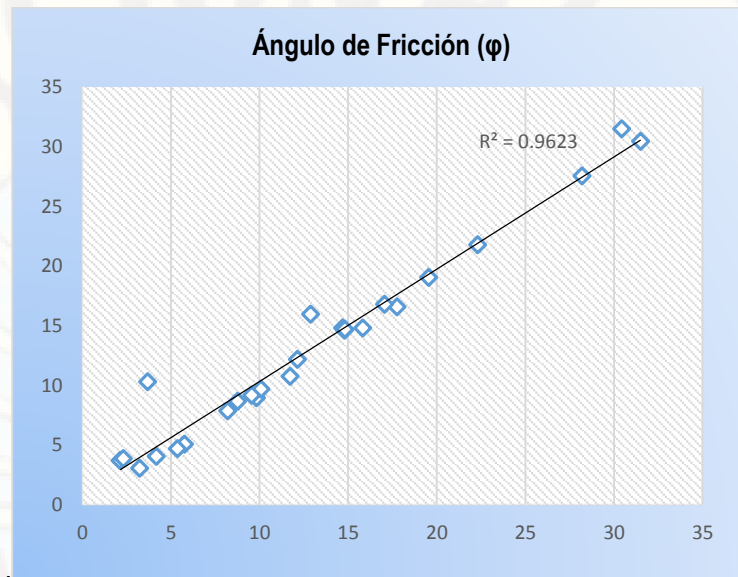


Figura 31: Correlación de los datos (ángulo de fricción interna) de entrenamiento y ensayo triaxial.

Fuente: Propia

Con el modelo obtenido en el entrenamiento se procedió a realizar el test o la prueba con los 10 restantes, en la que se ingresó solo las propiedades físicas del suelo con la finalidad de comprobar la validez y capacidad de predictibilidad del modelo, en lo cual se obtuvo los siguientes resultados Tabla 28. En la que se muestra la comparación de resultados de ángulo de fricción interna y cohesión del suelo obtenidos con el modelo y el Equipo Triaxial.

Tabla 28: Comparación de resultados obtenidos con Equipo Triaxial y Red Neuronal (test).

Ángulo de fricción interna (φ)		Cohesión (C)	
Ensayo Triaxial	RNA	Ensayo Triaxial	RNA
12,07	9,74	47,33	41,24
8,07	10,91	46,91	53,97
13,69	10,64	14,38	17,53
20,56	26,22	20,72	17,07
4,24	4,63	22,96	22,60
4,94	3,22	21,41	25,46
3,20	2,92	40,25	37,36
28,54	28,10	6,17	5,17
5,56	4,86	51,34	46,92
4,75	4,18	79,44	76,02

Fuente: Propio.

La Figura 32 muestra la correlación de los resultados de la cohesión obtenidos tanto con el modelo de Red Neuronal Artificial (Y_i) y el Equipo Triaxial(X_i), donde la bondad de ajuste o coeficiente de terminación $R^2 = 0.9365$. Siendo este una medida de ajuste de los datos observados.

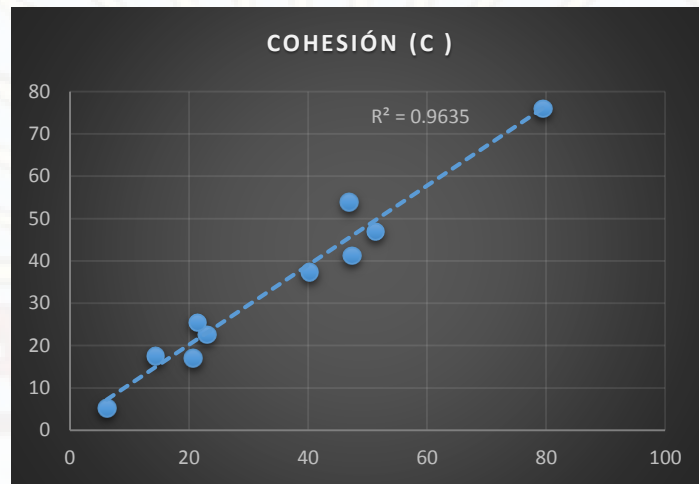


Figura 32: Correlación de los datos de Cohesión en el test, obtenidos mediante Equipo Triaxial vs Redes Neuronales Artificiales.

Así mismo la Figura 33, muestra la correlación de los resultados del test (ángulo de fricción interna) obtenidos tanto con el modelo de Red Neuronal Artificial (Y_i) y el Equipo Triaxial(X_i), donde el bondad de ajuste o coeficiente de terminación $R^2 = 0.9278$.

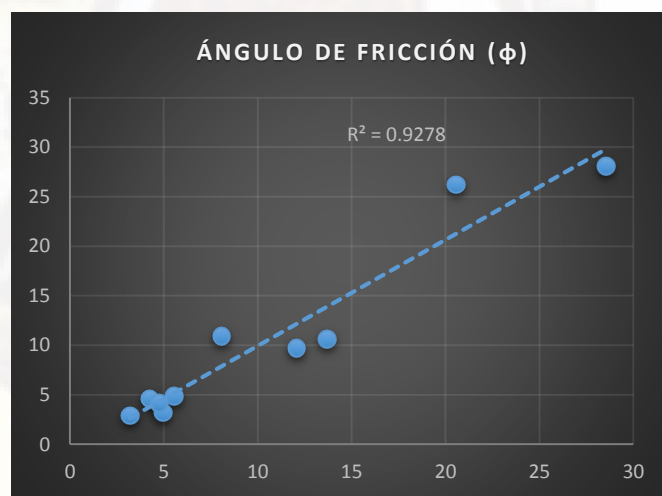


Figura 33: Correlación de los datos de ángulo de fricción interna en el test, obtenidos mediante Equipo Triaxial vs Redes Neuronales Artificiales.

4.2.5. Prueba de Hipótesis

En este trabajo de investigación la hipótesis planteada es:

$H_1: u =$ Existe adecuada variación y correlación de los parámetros de resistencia al corte de suelos a partir de sus propiedades físicas mediante las Redes Neuronales Artificiales y el Equipo Triaxial en la Universidad Nacional de Huancavelica.

$H_0: u \neq$ No existe adecuada variación y correlación de los parámetros de resistencia al corte de suelos a partir de sus propiedades físicas mediante las Redes Neuronales Artificiales y el Equipo Triaxial en la Universidad Nacional de Huancavelica.

Las siguientes tablas presentan la matriz de correlación, en la que se determinó el coeficiente de correlación de Pearson es decir el grado de relación lineal existente entre los resultados de los parámetros de resistencia al corte (ángulo de fricción interna y cohesión de suelos) obtenidos mediante el modelo (Rede Neuronal Artificial) y con el Equipo Triaxial.

Tabla 29: Prueba de correlación de Pearson de (Cohesión de Suelos).

	Cohesión Ensayo Triaxial	Cohesión Redes Neuronales
Cohesión Ensayo Triaxial	Correlación de Pearson	1
	Sig. (bilateral)	,982**
	N	10
Cohesión Redes Neuronales	Correlación de Pearson	,982**
	Sig. (bilateral)	,000
	N	10

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

La Tabla 29 presenta el coeficiente de correlación de Pearson $r = 0.982$ un valor positivo y más próximo a la unidad que al cero, indicándonos una correlación positiva muy alta y estadísticamente significativa, con $p = 0,01 < 0,05$, por lo que se rechaza la

hipótesis nula, con lo que podemos concluir que existe adecuada variación y correlación de la cohesión obtenidas mediante las Redes Neuronales Artificiales y el Equipo Triaxial.

Tabla 30: Prueba de correlación de Pearson de (Ángulo de fricción interna de suelos).

		Ángulo de Fricción Ensayo Triaxial	Ángulo de Fricción Redes Neuronales
Ángulo de Fricción Ensayo Triaxial	Correlación de Pearson	1	,963**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	10	10
Ángulo de Fricción Redes Neuronales	Correlación de Pearson	,963**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	10	10

****.** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Así mismo, la Tabla 30 expresa la correlación de Pearson $r = 0.963$, que representa correlación positiva muy alta y estadísticamente significativa con $p = 0,01 < 0,05$, por lo que se rechaza la hipótesis nula, y se aprueba la hipótesis alterna aceptando que existe adecuada variación y correlación del ángulo de fricción interna obtenidas mediante las Redes Neuronales Artificiales y el Equipo Triaxial.

Por lo tanto, existe adecuada variación y correlación de los parámetros de resistencia al corte de suelos (ángulo de fricción interna y cohesión) a partir de sus propiedades físicas obtenidas tanto con Redes Neuronales Artificiales y el Equipo Triaxial.

CONCLUSIONES

- ✓ La correlación de los datos de cohesión obtenidos mediante Redes Neuronales Artificiales y con el Equipo Triaxial tuvieron una correlación positiva muy alta con coeficiente de correlación de Pearson $r = 0.982$. Y utilizando la estadística inferencial, la medida del nivel de significancia que aporta el resultado en el modelo de Red Neuronal Artificial fue 0,01, demostrando ser menor al nivel de confianza igual a 0,05. Por lo tanto, existe adecuada variación y correlación de la cohesión obtenidas mediante las Redes Neuronales Artificiales y el Equipo Triaxial.
- ✓ La correlación de los datos de ángulo de fricción interna obtenidos mediante Redes Neuronales Artificiales y con el Equipo Triaxial tuvieron una correlación positiva muy alta con coeficiente de correlación de Pearson $r = 0.963$. Y utilizando la estadística inferencial, la medida del nivel de significancia que aporta el resultado en el modelo de Red Neuronal Artificial fue 0,01, demostrando ser menor al nivel de confianza igual a 0,05. Por lo tanto, existe adecuada variación y correlación del ángulo de fricción interna obtenidas mediante las Redes Neuronales Artificiales y el Equipo Triaxial.
- ✓ En este trabajo se realizó los ensayos para la determinación de las propiedades físicas y básicas de los suelos de manera minuciosa, las cuales fueron una herramienta alternativa para predecir los parámetros de resistencia al corte (Cohesión y Ángulo de fricción).
- ✓ Tanto el enfoque de la Red Neuronal como los resultados de los ensayos en el laboratorio indican que las propiedades del suelo influyen en el comportamiento mecánico de los suelos, ya que se ha obtenido una correlación alta mediante la prueba de correlación Pearson, con los resultados del ensayo triaxial y los obtenidos mediante en entrenamiento en el modelo de Red Neuronal.

RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda que este trabajo de investigación se lleve a cabo según la zonificación por tipo de formación geológica que se encuentra el suelo, porque las propiedades físico mecánicas del suelo dependen de su historia geológica, el mismo que influye en el comportamiento de suelo - estructura, la cual conlleva a la toma de decisiones del tipo de cimentación en la fundación de diferentes estructuras de ingeniería.
- ✓ Para obtener mayor ajuste a los datos reales que se obtienen con el Equipo Triaxial, se recomienda trabajar este proyecto de investigación en diferentes lugares de estudio tomando en cuenta que a mayor cantidad de propiedades físicas que determinan al suelo, así como a mayor cantidad de puntos de estudio, se obtendría un mejor tipo de modelo de Red Neuronal Artificial con una adecuada bondad de ajuste y representativa con alta predictibilidad, de tal manera se convertiría en una herramienta de determinación de los parámetros de resistencia al corte de suelos.

REFERENCIAS

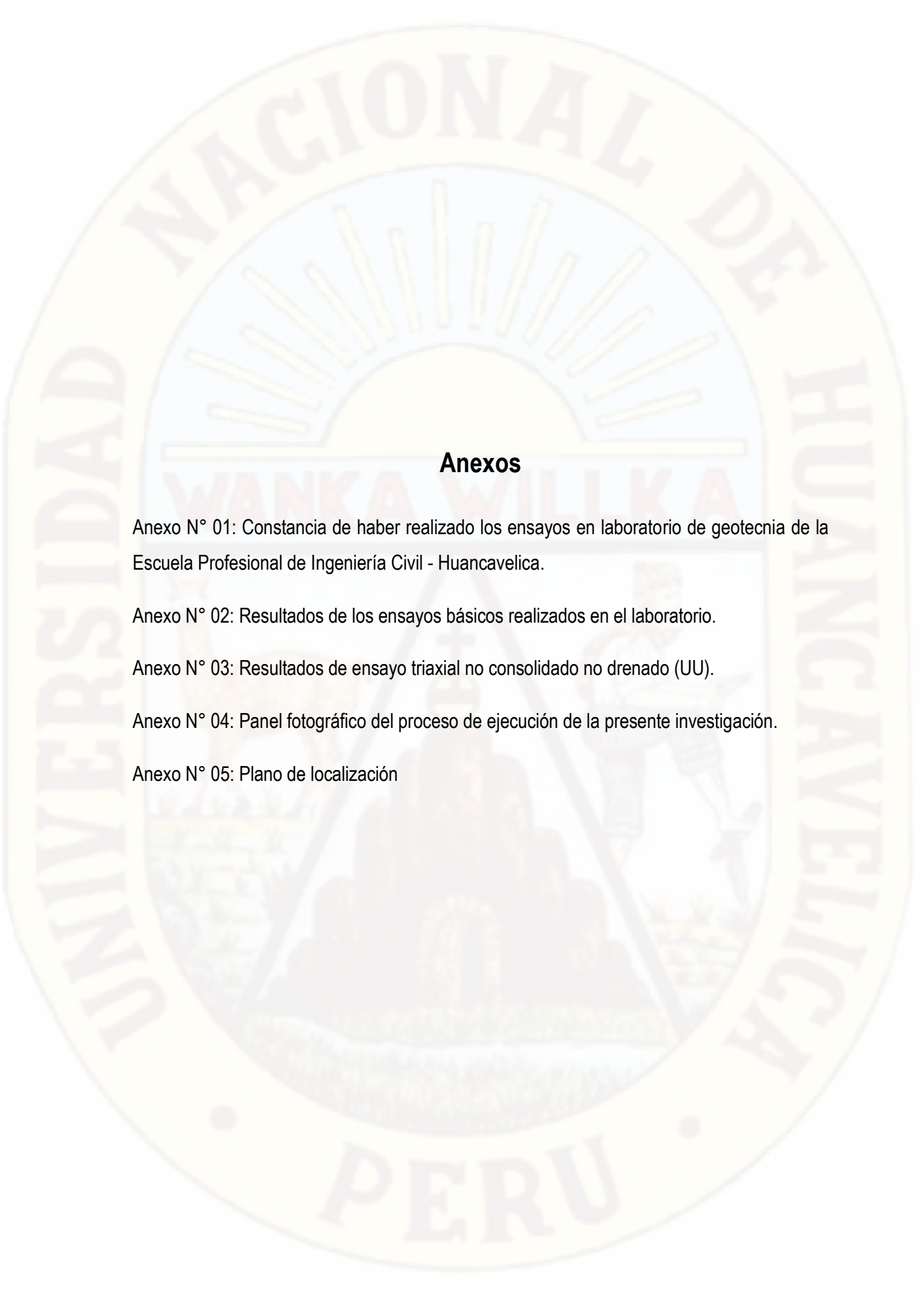
- Ajdari, M., Habibagahi, G., & Ghahramni, A. (2011). *Predicting effective stress parameter of unsaturated soils using neural networks*. Irán.
- Angelone, S. (2006). Geología y Geotécnia. Teoría de resistencia al corte de suelos. 11.
- Armstrong, T. (1999). *Las inteligencias múltiples en el aula*. Argentina: Manantial.
- Ayala, B. I. (2016). *Predicción de sequías con redes neuronales artificiales y algoritmos genéticos utilizando precipitación por percepción remota*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Civil. Sección de Postgrado.
- Ballena, A. (2010). *Habilidades sociales en niños y niñas de cinco años de instituciones educativas de la red N° 4 del distrito Callao*. Lima, Perú: Universidad San Ignacio de Loyola. Facultad de Educación.
- Berry, & Reid. (1993).
- Broomhead, & Lowe. (1988).
- Cabrera, V. (2013). *Desarrollo de habilidades sociales en adolescentes varones de 15 a 18 años del Centro Municipal de Formación Artesanal Huancavilca de la ciudad de Guayaquil - 2012*. Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Psicológicas.
- Campos, S. A., & Vasquez, H. O. (1992). *Seminario taller de Mecánica de suelos y exploración y Geotécnia*. Lima: Universidad Nacional de ingeniería Facultad de Ingeniería Civil, Centro peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de desastres.
- Canchari, E. (2015). *Redes neuronales artificiales de base radial como herramienta de predicción de la contaminación acústica generado por tránsito vehicular*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Civil. Unidad de Postgrado.
- Canchari, G. E. (2015). *Redes neuronales artificiales de base radial como herramienta de predicción de la contaminación acústica generado por tránsito vehicular*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Civil. Unidad de Postgrado.
- Canchari, G. E. (2015). *Validación de la precipitación CPM (Global Precipitation Measurement) mediante Redes Neuronales Artificiales de Base Radial*. Ayacucho, Perú: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil, Unidad de Investigación e Innovación. .
- Casco, S. (2015). *El desarrollo de la inteligencia lingüística y su influencia en la expresión oral de los niños de segundo año de la escuela de educación general básica "General Córdova" de la Parroquia Pishilata, Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua*. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación.
- Cataño, G. (2008). *La potenciación de la inteligencia lingüística de niños y niñas escolarizados entre los 8 y 10 años de edad*. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquía. Facultad de Educación.

- Ccora, M., & Vidal, C. (2013). *Inteligencia lingüística y rendimiento académico en el área de comunicación en los estudiantes del 3° grado de la I.E. N° 36003 Santa Ana - Huancavelica*. Huancavelica, Perú: Universidad Nacional de Huancavelica. Facultad de Educación. Escuela Académico Profesional de Educación Primaria.
- Córdova, I. (2014). *El informe de investigación cuantitativa*. Lima: San Marcos.
- Combs, M., & Slaby, D. (1977). *Social-skills training with children*. New York: University of Georgia, Pennsylvania State University.
- Córdova, I. (2014). *El informe de investigación cuantitativa*. Lima: San Marcos.
- Crespo. (2004).
- Das, B. (2001). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. México: Thomson Learning.
- Díaz, T. S. (2014). *Sistema Integral bajo el enfoque de minería de datos y redes neuronales para la predicción y control de la contaminación atmosférica por PM10 en la ciudad de Chimbote*. Chimbote, Perú.: Universidad Nacional del Santa, Tesis Doctoral.
- Duque, & Escobar. (2002).
- Felizzola, C. R. (2016). *Correlación entre los resultados obtenidos en el ensayo de corte directo y ensayo de triaxial en un suelo arcilloso típico de la zona de la accidental de Bogotá*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de tecnológica.
- García, G. A. (2015). *Determinación de la resistencia de la subrasante incorporando cal estructural en el suelo limo arcilloso de sector 14 Mollepampa de Cajamarca*. Cajamarca, Peru: Universidad Privada del Norte.
- Gardner, H. (1983). *Frames of mind: the theory of multiple intelligences*. New York: BasicBooks.
- Gardner, H. (1993). *Multiple Intelligences: the theory in practice*. New York: BasicBooks.
- Goktepe, B., Altun, S., & Altintas, G. (2007). *Shear strength estimation of plastic clays with statistical and neural approaches*. Turkey.
- Goldstein, A., Sprafkin, R., Gershaw, J., & Klein, P. (1980). *Habilidades sociales y autocontrol en la adolescencia: un programa de enseñanza*. Barcelona, España: Martínez Roca.
- Gómez, Sánchez, Ocampo, & al, e. (2012).
- Gonzales, G., De García, E., & Ucar, N. R. (2014). Determinación del parámetro de resistencia, ángulo de fricción interna (ϕ) y su relación con los parámetros densidad relativa (D_r) y relación de vacíos en suelos granulares (e) en suelos granulares. *Ciencia Ingeniería*, Universidad de los Andes.
- Guerrero, Delvasto, & Ernesto. (2012).
- Gunaydin, O., Gokoglu, A., & Mustafa, F. (2010). *Predicción de la prueba de resistencia a la compresión no confinada del suelo artificial mediante análisis estadísticos y redes neuronales artificiales*. Turkey.
- Hernández, Fernández, & Batista. (2010). *Metodología de la investigación*. México.

- Hernandez, S. R. (2014). *Metodología de la Investigación*. México.
- Huerta, R. (2010). *Las inteligencias múltiples y el aprendizaje de las diversas áreas curriculares en los estudiantes del 4° y 5° ciclo de primaria del colegio experimental "Víctor Raúl Oyala Romero" de la Universidad Nacional de Educación, UGEL N° 06 en el 2010*. Lima, Perú: Universidad Nacional de Educación Enrique Valle y Guzmán. Dirección del Instituto de Investigación.
- INEI. (03 de Mayo de 2017). *Sistema de Información Regional para la Toma de Decisiones*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística e Informática: <http://webinei.inei.gob.pe:8080/SIRTOD1/inicio.html#app=db26&d4a2-selectedIndex=1&d9ef-selectedIndex=1>
- Iriondo, H. M. (1993). *Introducción a la Geología. Tercera Edición*. Argentina: Brujas.
- Isep Clínic. (06 de Junio de 2016). *La importancia de las habilidades sociales en los niños*. Obtenido de Psicología clínica y de la salud: <https://isepclinic.es/blog/la-importancia-las-habilidades-sociales-los-ninos/>
- Juárez, & Rico. (s.f.).
- Khan, Suman, S., Pavani, & all, e. (2014). *Prediction of the residual strenght of clay using functional networks*. India.
- Khanlari, Heidari, Momeni, & al, e. (2012). *Predicción de los parámetros de resistencia al corte de suelos utilizando redes neurales artificiales y métodos de regresión multivariante*. Irán.
- Kumar, S. D., & Kumar, B. P. (2008). *Predicción del ángulo de fricción residual de las arcillas utilizando red neuronal artificial*. India.
- Lasarte, Z. E. (2017). *Entrenamiento de una Red Neuronal Hardware desde matlab (Hardware in the Loop)*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Li, E. (1994). Artificial neural networks and their business applications. *Information Management*, 303-313.
- Mamani, A. (2012). *Factor social predominante y desarrollo de habilidades sociales en niños de 8 - 10 años en una escuela del distrito Surquillo noviembre 2012*. Lima, Perú: Escuela de Enfermería Padre Luis Tezza afiliada a la Universidad Ricardo Palma.
- MathWorks. (29 de Mayo de 2018). *Manual en MATLAB Redes Neuronales Artificiales*. Obtenido de Redes Neuronales Artificiales con MATLAB: <https://la.mathworks.com/discovery/redes-neuronales.html>
- Medina, A. (2009). Clasificación Texturas Mediante Redes Neuronales. *Scielo*, 62-65.
- Meléndez, O. G. (2012). *Evaluación de las propiedades físicas de un suelo cultivado con caña de azucar (Saccharum officinarum) bajo la aplicación de biosólidos*. Santiago de Cali: Universidad del Valle, Facultad de ingeniería, programa académico de ingeniería agrícola.
- MINEDU. (2017). *¿Cuánto aprenden nuestros estudiantes? Resultados del ECE 2016 - Huancavelica*. Lima, Perú: Evaluación Censal de Estudiantes (ECE). Ministerio de Educación.

- MINEDU. (2017). *¿Cuánto aprenden nuestros estudiantes? Resultados Nacional de la ECE 2016*. Lima, Perú: Evaluación Censal de Estudiantes. Ministerio de Educación.
- Minisky, & Papert. (1969).
- Penumadu, D., & Zhao2, R. (1999). *Comportamiento de compresión triaxial de arena y grava utilizando redes neuronales artificiales (ANN)*. EE.UU.
- Peres, M. (2008). *Habilidades sociales en adolescentes institucionalizadas para el afrontamiento a su entorno inmediato*. Granada, España: Universidad de Granada.
- Pérez. (2013).
- Reale, C., Gavin, K., Libric, L., & Juric, D. (2018). Automatic classification of fine-grained soils using CPT measurements and. *ELSEVIER*, 207-215.
- Regader, B. (05 de Mayo de 2017). *La teoría de las inteligencias múltiples de Gardner*. Obtenido de Psicología y Mente: <https://psicologiymente.net/inteligencia/teoria-inteligencias-multiples-gardner>
- Rosales. (2007).
- Salazar, L. L., & Medina, G. S. (2009). Relación entre la resistencia al corte directo y propiedades físicas y químicas en algunos suelos de la zona cafetera Colombiana. 16.
- Salinas, & Pérez. (1993). *Metodología de la investigación Científica*. Venezuela.
- Sanchez, S. L. (2016). *Predicción de la distancia cubierta por el Flyrock aplicando las Redes Neuronales Artificiales del Matlab, tajo Ferrobamban-Proyecto minero las Bambas 2015*. Abancay, Perú: Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Facultad de Ingeniería.
- Segovia, H. W. (2012). *Determinación de parámetros de resistencia al corte empleando métodos alternativos en suelos con partículas mayores a 3" de diámetro*. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil.
- Suarez, D. J. (2009). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas Tropicales*. Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander.
- Suzuki, M., Tsuzuki, S., & Yamamoto, T. (2005). Physical and Chemical Index Properties of Residual Strength of Various Soils. 11.
- Tamez, G. E. (2001). *Ingeniería de Cimentaciones. Conceptos básicos de la práctica*. Mexico: COPYRIGHT.
- Thai, B., Hoang, L., Hoang, T., Nyuyen, D., & Tien, D. (2018). Prediction of shear strength of soft soil using machine learning methods. *ELSEVIER*, 181-191.
- Ticona, A. (2014). *Ensayo Análisis Granulométrico por Tamizado Norma ASTM D-422*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil.
- UMC. (07 de mayo de 2017). *Oficina de Medición de la Calidad de Aprendizajes*. Obtenido de Ministerio de Educación: <http://umc.minedu.gob.pe/evaluacion-censal-de-estudiantes-2006-ece-2006/>

- Valerio, S. O. (2011). Ensayos triaxiales para suelos. 11.
- Berry, P., & Reid, D. (1993). *Mecánica de suelos*. Buenos Aires: McCRAW-HELL.
- Cordova, I. (2014). *El Informe de la investigación cuantitativa*. Lima: San Marcos.
- Duque, E., & Escobar, P. (2002). *Mecánica de Suelos*. Manizales: UNIVERSIDAD NACIONAL, SEDE MANIZALES.
- Gómez, J., Sánchez, J., Ocampo, A., & Restrepo, J. (2012). *Aplicación de redes neuronales en la clasificación de arcillas*. EIA, 183-191.
- González, S. O., Guerrero, Z., Delvasto, A., & Ernesto, W. (2012). *Red neuronal artificial para estimar la resistencia a compresión, en concretos fibro reforzados con polipropileno*. Universidad de Manizales, 11-28.
- Gunaydin, O., Gokoglu, A., & Fener, M. (2010). *Prediction of artificial soil's unconfined compression strength test using statistical analyses and artificial neural networks*. Elsevier, 1115-1123.
- Hernández, S., Fernández, C., & Baptista, L. (2010). *Metodología de la investigación*. México: McGRAW-HILL.
- Khanlari, G., Heidari, M., Momeni, A., & Abdilor, Y. (2012). *Prediction of shear strength parameters of soils using artificial neural networks and multivariate regression methods*. Elsevier, 11-18.
- Kumar, D., & Kumar, B. (2008). *Prediction of residual friction angle of clays using artificial neural network*. Elsevier, 142-145.
- Minsky, M., & Papert, S. (1969). *Perceptrons: An introduction to computational geometry*. The MIT Press.
- Pachacama, N. (2015). *Caracterización de canchahuas mediante ensayos triaxiales no consolidados-no drenados(uu) y consolidado no drenado(cu), aplicacion a la estabilidad de taludes*. Sangolqui, Ecuador.
- Penumadu, D., & Rongda, Z. (1999). *Triaxial compression behavior of sand and gravel using artificial neural networks (ANN)*. Elsevier, 207-230.
- Pérez, V. (2013). *Herramienta matlab para la seleccion de entradas y prediccion neuronal de valores de bolsa*. España: Universidad de Sevilla.
- Rosales, R. (2007). *Variación de la cohesión y el ángulo de fricción interna obtenidos por los ensayos de corte directo y triaxial con materiales granulares y arcillosos*. Guatemala.
- Suarez, J. (2009). *Análisi Geotécnico*. U.I.S. Escuela de filosofía.
- Valerio, O. (2011). *Ensayos Triaxiales para suelos*.



Anexos

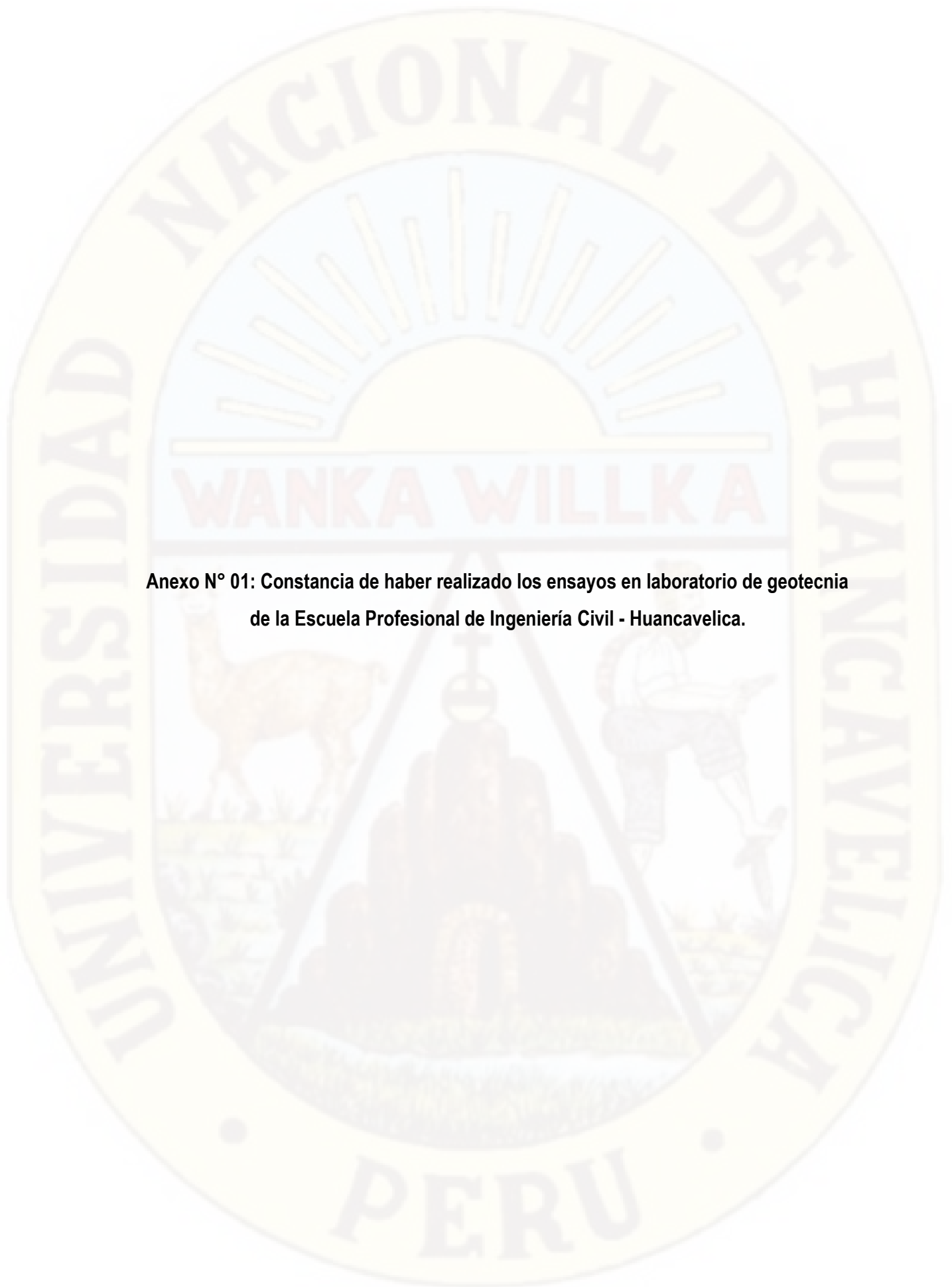
Anexo N° 01: Constancia de haber realizado los ensayos en laboratorio de geotecnia de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil - Huancavelica.

Anexo N° 02: Resultados de los ensayos básicos realizados en el laboratorio.

Anexo N° 03: Resultados de ensayo triaxial no consolidado no drenado (UU).

Anexo N° 04: Panel fotográfico del proceso de ejecución de la presente investigación.

Anexo N° 05: Plano de localización



**Anexo N° 01: Constancia de haber realizado los ensayos en laboratorio de geotecnia
de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil - Huancavelica.**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL HUANCAMELICA
ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EPICH



"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

EL JEFE DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL HUANCAMELICA, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA, otorga la presente:

CONSTANCIA

A: **BOZA CAPANI MARISABEL y MERINO ORTIZ RODRIGO**, bachilleres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil - Huancavelica, Facultad de Ciencias de Ingeniería, Universidad Nacional de Huancavelica, quienes han concluido con el desarrollo los siguientes ensayos en el Laboratorio de Mecánica de Suelo de la EPICH:

- Ensayo con Equipo Triaxial (30 ensayos)
- Granulometría (30 ensayos)
- Límite Líquido (30 ensayos)
- Límite Plástico (30 ensayos)
- Contenido de humedad (30 ensayos)

Durante el periodo de ejecución Enero - Marzo del año 2018, del proyecto de tesis: "PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELO A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH".

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado para fines que estime por conveniente.

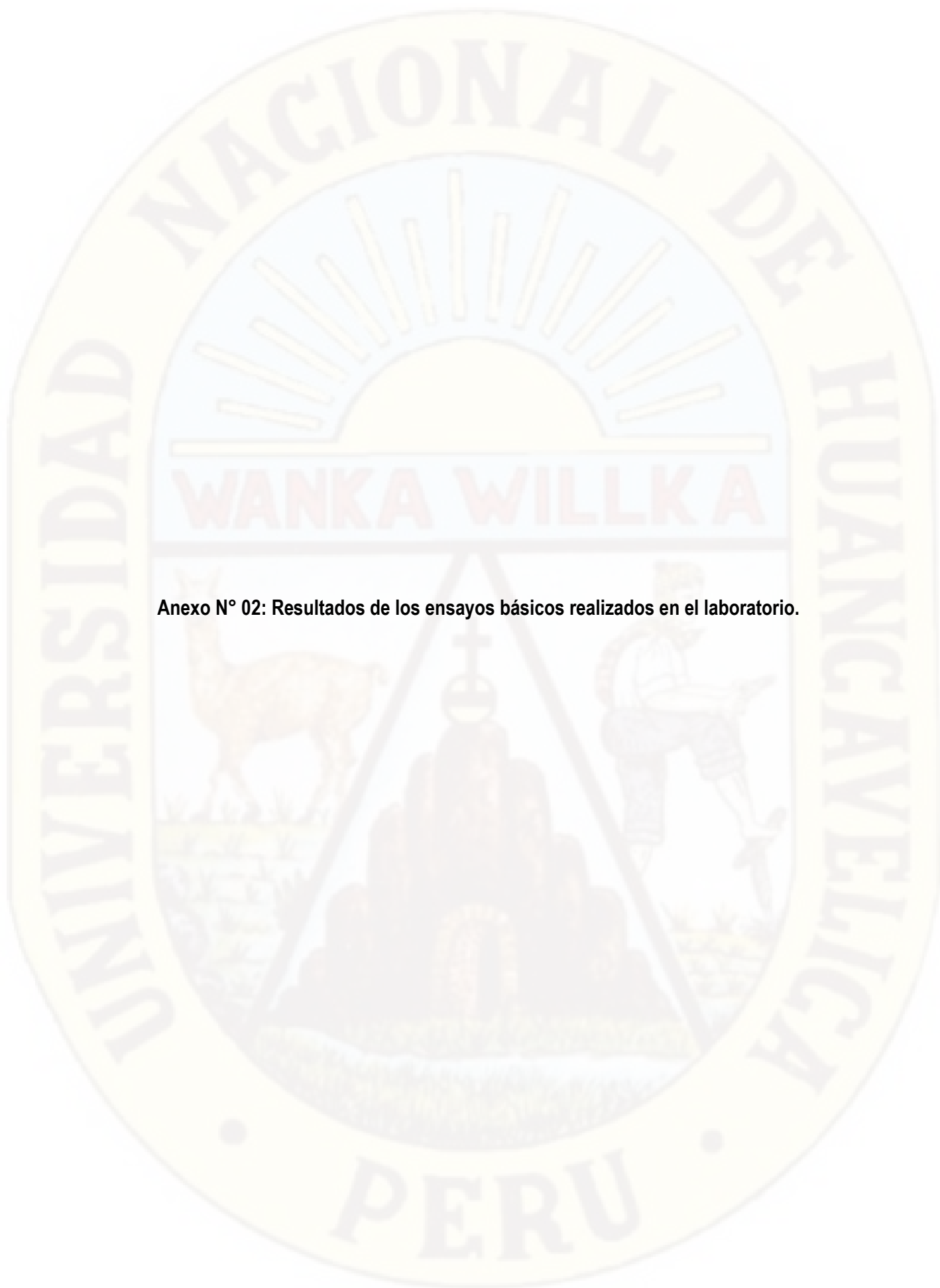
Huancavelica, 15 de Marzo del 2018.

Nº 002-2018

C. C.
Archivo
AP



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL HUANCAMELICA
ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EPICH
Ing. Judith Marín Quintana
JEFE



Anexo N° 02: Resultados de los ensayos básicos realizados en el laboratorio.

**ANÁLISIS MÉCANICO POR TAMIZADO
CONTENIDO DE HUMEDAD
(ASTM D422-2216)**

SOLICITANTES	:	Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	:	"PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	:	E:504507 -S:8587393-Z:3739
FECHA	:	24/01/18
SONDAJE	:	Trinchera
MUESTRA	:	T-01
PROFUNDIDAD	:	0.00 - 3,40 m

Peso suelo seco	3000.00
Peso suelo tamizado	1533.87

CONTENIDO DE HUMEDAD				
N° Tara	T-11	T-12	T-13	T-14
Peso de SH (g)	60.73	72.31	76.20	87.81
Peso de SS (g)	49.80	59.10	62.14	71.52
Peso del agua (g)	10.93	13.21	14.06	16.29
C.Humedad (g)	21.95	22.35	22.63	22.78
C. H. Prom. (%)	22.43			

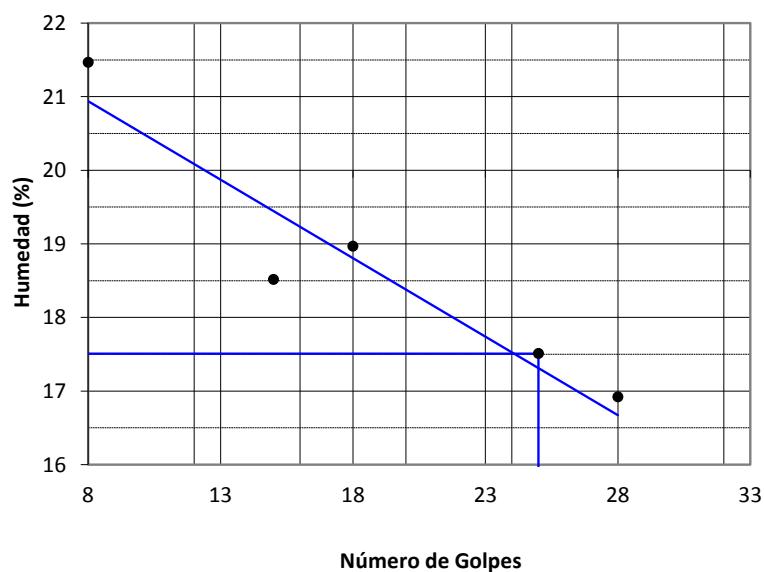
Tamiz (Pulg.)	Peso Retenido (grs)	Porcentaje Parcial re- tenido (%)	Porcentaje Acumulado Retenido (%)	Que pasa (%)
3 "	0.00	0.00	0.00	100.00
2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4 "	15.24	0.51	0.51	99.49
1/2 "	0.00	0.00	0.51	99.49
3/8 "	1.66	0.06	0.56	99.44
1/4 "	9.06	0.30	0.87	99.13
N° 4	6.59	0.22	1.09	98.92
N° 8	19.17	0.64	1.72	98.28
N° 10	3.31	0.11	1.83	98.17
N° 16	18.07	0.60	2.44	97.56
N° 20	14.21	0.47	2.91	97.09
N° 30	34.26	1.14	4.05	95.95
N° 40	100.36	3.35	7.40	92.60
N° 50	196.49	6.55	13.95	86.05
N° 60	98.45	3.28	17.23	82.77
N° 80	199.56	6.65	23.88	76.12
N° 100	212.38	7.08	30.96	69.04
N° 200	555.90	18.53	49.49	50.51
Fondo	49.16			
Finos	1515.29			

LÍMITES DE ATTERBERG

SOLICITANTES	:	Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	:	"PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACION	:	E:504507 -S:8587393-Z:3739
FECHA	:	24/01/18
SONDAJE	:	Trinchera
MUESTRA	:	T-01
PROFUNDIDAD	:	0.00 - 3,40 m

Muestra	T-01				T-01			
Límites de Consistencia	Límite Líquido				Límite Plástico			
N° de golpes	8	15	18	28	-	-	-	-
N° Tara (g)	T-11	T-09	T-15	T-12	T-16	T-17	T-7	
Peso suelo húmedo (g)	31.35	43.21	34.50	34.07	3.70	3.31	4.66	
Peso suelo seco (g)	25.81	36.46	29.00	29.14	3.18	2.84	3.99	
Humedad %	21.46	18.51	18.97	16.92	16.35	16.55	16.79	
Límites	17.51				16.56			

LÍMITE LÍQUIDO



Límites de Consistencia

Límite Líquido	17.51
Límite Plástico	16.56
Índice Plástico	0.94

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

SOLICITANTES	: Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	: "PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	: E:504507 -S:8587393-Z:3739
FECHA	: 24/01/18

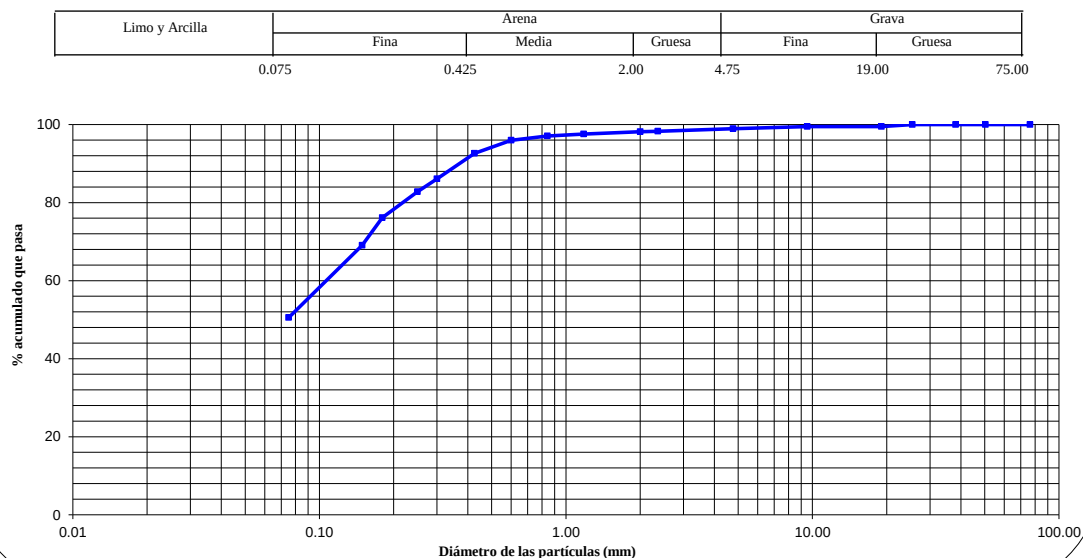
Sondaje	Trinchera	
Muestra	T-01	
Profundidad (m)	0.00 - 3.40 m	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	3"	76.200
	2"	50.300
	1 1/2"	38.100
	1"	25.400
	3/4"	19.050
	3/8"	9.525
	Nº 004	4.760
	Nº 008	2.360
	Nº 010	2.000
	Nº 016	1.180
	Nº 020	0.840
	Nº 030	0.600
	Nº 040	0.426
	Nº 050	0.300
	Nº 060	0.250
	Nº 080	0.180
	Nº 100	0.149
	Nº 200	0.075

Clasificación (S.U.C.S.)	ML
Descripción :	ML - Sandy silt
Clasificación (AASHTO)	A-4
Descripción (AASHTO)	REGULAR A MALO
Contenido de Humedad (%)	22.43
Límite Líquido (LL) (%)	17.51
Límite Plástico (LP) (%)	16.56
Límite Contracción (LC) (%)	NP
Índice Plástico (IP) (%)	0.94

D ₁₀ (mm)	0.00
D ₃₀ (mm)	0.00
D ₆₀ (mm)	0.11
Cu	0.00
Cc	0.00

% GRAVA	1.08	Gruesa	0.51
		Fina	0.58
% ARENA	48.41	Gruesa	0.75
		Media	5.56
		Fina	42.09
% FINOS	50.51		50.51

CURVA GRANULOMÉTRICA



**ANÁLISIS MÉCANICO POR TAMIZADO
CONTENIDO DE HUMEDAD
(ASTM D422-2216)**

SOLICITANTES	:	Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	:	"PARAMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	:	E:0504507 -S:8587393-Z:3739
FECHA	:	25/01/18
SONDAJE	:	Trinchera
MUESTRA	:	T-02
PROFUNDIDAD	:	0.00 - 2,90 m

Peso suelo seco	3000.00
Peso suelo tamizado	1616.89

CONTENIDO DE HUMEDAD				
N° Tara	T-12	T-14	T-11	T-09
Peso de SH (g)	148.04	106.84	105.83	116.86
Peso de SS (g)	122.94	88.14	86.59	96.32
Peso del agua (g)	25.10	18.70	19.24	20.54
C.Humedad (g)	20.42	21.22	22.22	21.32
C. H. Prom. (%)	21.29			

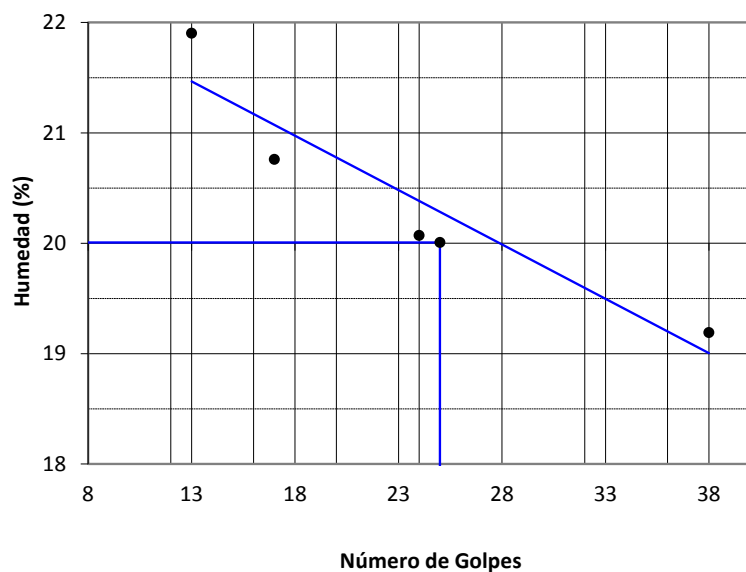
Tamiz (Pulg.)	Peso Retenido (grs)	Porcentaje Parcial re- tenido (%)	Porcentaje Acumulado	
			Retenido (%)	Que pasa (%)
3 "	0.00	0.00	0.00	100.00
2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4 "	17.04	0.57	0.57	99.43
1/2 "	34.52	1.15	1.72	98.28
3/8 "	47.06	1.57	3.29	96.71
1/4 "	53.36	1.78	5.07	94.93
N° 4	27.64	0.92	5.99	94.01
N° 8	85.83	2.86	8.85	91.15
N° 10	19.32	0.64	9.49	90.51
N° 16	50.08	1.67	11.16	88.84
N° 20	25.24	0.84	12.00	88.00
N° 30	43.01	1.43	13.44	86.56
N° 40	87.64	2.92	16.36	83.64
N° 50	140.80	4.69	21.05	78.95
N° 60	111.35	3.71	24.76	75.24
N° 80	200.03	6.67	31.43	68.57
N° 100	130.64	4.35	35.79	64.21
N° 200	498.40	16.61	52.40	47.60
Fondo	44.93			
Finos	1428.04			

LÍMITES DE ATTERBERG

SOLICITANTES	:	Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	:	"PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	:	E:0504507 -S:8587393-Z:3739
FECHA	:	25/01/18
SONDAJE	:	Trinchera
MUESTRA	:	T-02
PROFUNDIDAD	:	0.00 - 2,90 m

Muestra	T-02							
Límites de Consistencia	Límite Líquido				Límite Plástico			
Nº de golpes	13	17	24	38	-	-	-	-
Nº Tara (g)	T-01	T-14	T-16	T-09	T-04	T-10	T-15	
Peso suelo húmedo (g)	38.57	38.16	40.80	26.52	1.91	2.31	4.84	
Peso suelo seco (g)	31.64	31.60	33.98	22.25	1.64	2.01	4.13	
Humedad %	21.90	20.76	20.07	19.19	16.46	14.93	17.19	
Límites	20.01				16.19			

LÍMITE LÍQUIDO



Límites de Consistencia

Límite Líquido	20.01
Límite Plástico	16.19
Índice Plástico	3.81

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

SOLICITANTES	: Tesis: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	: "PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	: E:0504507 -S:8587393-Z:3739
FECHA	: 25/01/18

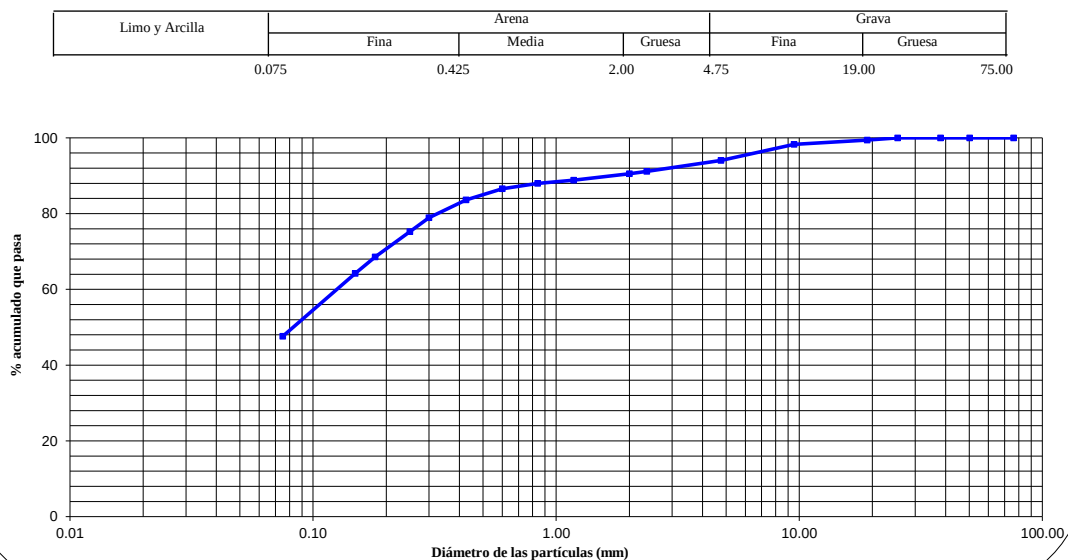
Sondaje	Trinchera	
Muestra	T-02	
Profundidad (m)	0.00 - 2.90 m	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	3"	76.200
	2"	50.300
	1 1/2"	38.100
	1"	25.400
	3/4"	19.050
	3/8"	9.525
	Nº 004	4.760
	Nº 008	2.360
	Nº 010	2.000
	Nº 016	1.180
	Nº 020	0.840
	Nº 030	0.600
	Nº 040	0.426
	Nº 050	0.300
	Nº 060	0.250
	Nº 080	0.180
	Nº 100	0.149
	Nº 200	0.075

Clasificación (S.U.C.S.)	SM
Descripción	SM - Silty sand
Clasificación (AASHTO)	A-4
Descripción (AASHTO)	REGULAR A MALO
Contenido de Humedad (%)	21.29
Límite Líquido (LL) (%)	20.01
Límite Plástico (LP) (%)	16.19
Límite Contracción (LC) (%)	NP
Índice Plástico (IP) (%)	3.81

D ₁₀ (mm)	0.00
D ₃₀ (mm)	0.00
D ₆₀ (mm)	0.13
Cu	0.00
Cc	0.00

% GRAVA	5.99	Gruesa	0.57
		Fina	5.42
% ARENA	46.41	Gruesa	3.51
		Media	6.87
% FINOS	47.60	Fina	36.04
			47.60

CURVA GRANULOMÉTRICA



**ANÁLISIS MÉCANICO POR TAMIZADO
CONTENIDO DE HUMEDAD
(ASTM D422-2216)**

SOLICITANTES	:	Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	:	"PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	:	E:0504496 -S:8587449-Z:3762
FECHA	:	30/01/18
SONDAJE	:	Trinchera
MUESTRA	:	T-03
PROFUNDIDAD	:	0.00 - 2.00 m

Peso suelo seco	3000.00
Peso suelo tamizado	1325.28

CONTENIDO DE HUMEDAD			
N° Tara	T-03	T-02	T-05
Peso de SH (g)	48.45	45.25	54.16
Peso de SS (g)	41.00	38.22	45.92
Peso del agua (g)	7.45	7.03	8.24
C.Humedad (g)	18.17	18.39	17.94
C. H. Prom. (%)	18.17		

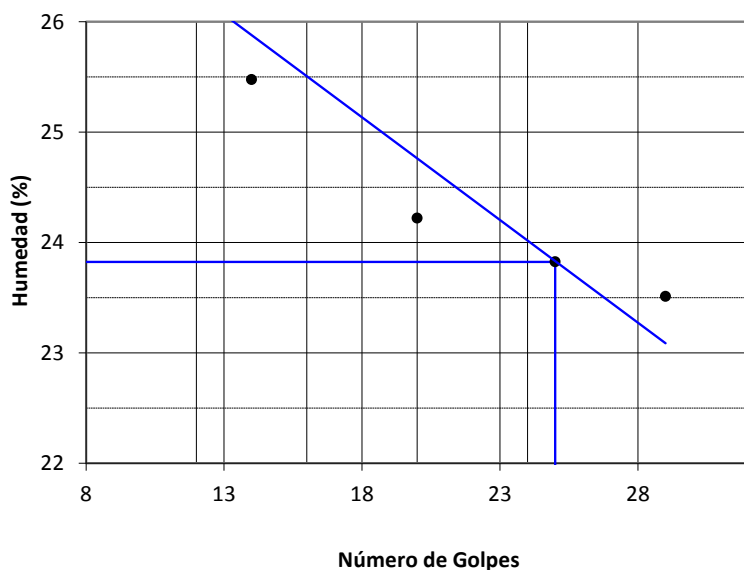
Tamiz (Pulg.)	Peso Retenido (grs)	Porcentaje Parcial re- tenido (%)	Porcentaje Acumulado	
			Retenido (%)	Que pasa (%)
3 "	0.00	0.00	0.00	100.00
2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2 "	82.24	2.74	2.74	97.26
3/8 "	32.56	1.09	3.83	96.17
1/4 "	39.88	1.33	5.16	94.84
N° 4	19.62	0.65	5.81	94.19
N° 8	53.20	1.77	7.58	92.42
N° 10	11.12	0.37	7.95	92.05
N° 16	31.43	1.05	9.00	91.00
N° 20	18.85	0.63	9.63	90.37
N° 30	30.62	1.02	10.65	89.35
N° 40	64.35	2.15	12.80	87.20
N° 50	103.10	3.44	16.23	83.77
N° 60	85.44	2.85	19.08	80.92
N° 80	159.85	5.33	24.41	75.59
N° 100	110.94	3.70	28.11	71.89
N° 200	438.53	14.62	42.72	57.28
Fondo	43.55			
Finos	1718.27			

LÍMITES DE ATTERBERG

SOLICITANTES	:	Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	:	"PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	:	E:0504496 -S:8587449-Z:3762
FECHA	:	30/01/18
SONDAJE	:	Trinchera
MUESTRA	:	T-03
PROFUNDIDAD	:	0.00 - 2.00 m

Muestra	T-03							
Límites de Consistencia	Límite Líquido				Límite Plástico			
Nº de golpes	8	14	20	29	-	-	-	-
Nº Tara (g)	T-05	T-04	T-09	T-05	T-07	T-16	T-01	
Peso suelo húmedo (g)	31.70	23.79	41.03	31.94	5.25	7.27	3.39	
Peso suelo seco (g)	24.86	18.96	33.03	25.86	4.46	6.25	2.91	
Humedad %	27.51	25.47	24.22	23.51	17.71	16.32	16.49	
Límites	23.82				16.84			

LÍMITE LÍQUIDO



Límites de Consistencia

Límite Líquido	23.82
Límite Plástico	16.84
Índice Plástico	6.98

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

SOLICITANTES	: Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	: "PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	: E:0504496 -S:8587449-Z:3762
FECHA	: 30/01/18

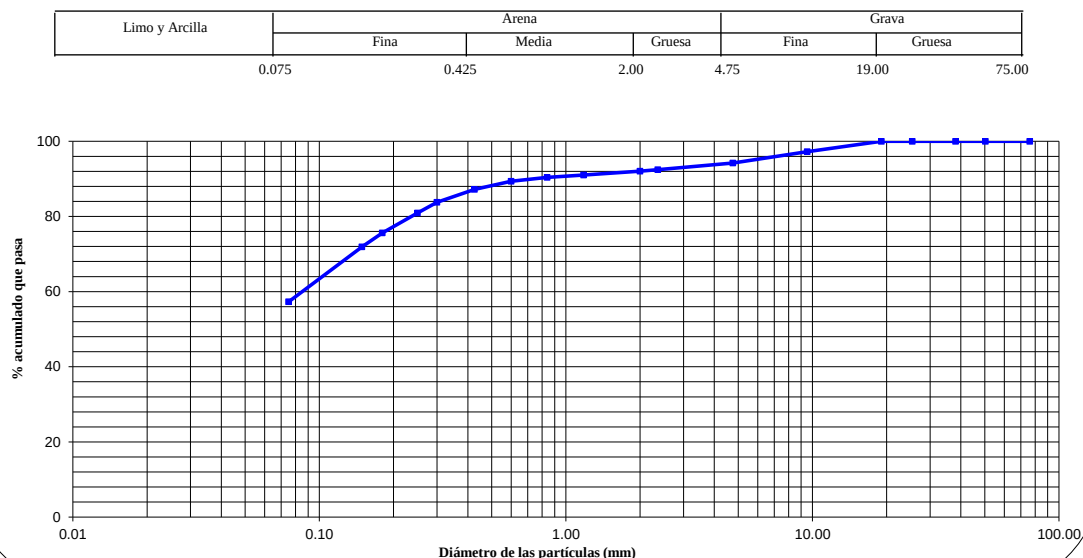
Sondaje	Trinchera	
Muestra	T-03	
Profundidad (m)	0.00 - 2.00 m	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	3"	76.200
	2"	50.300
	1 1/2"	38.100
	1"	25.400
	3/4"	19.050
	3/8"	9.525
	Nº 004	4.760
	Nº 008	2.360
	Nº 010	2.000
	Nº 016	1.180
	Nº 020	0.840
	Nº 030	0.600
	Nº 040	0.426
	Nº 050	0.300
	Nº 060	0.250
	Nº 080	0.180
	Nº 100	0.149
	Nº 200	0.075

Clasificación (S.U.C.S.)	CL-ML
Descripción :	CL-ML - Sandy silty clay
Clasificación (AASHTO)	A-4
Descripción (AASHTO)	REGULAR A MALO
Contenido de Humedad (%)	18.17
Límite Líquido (LL) (%)	23.82
Límite Plástico (LP) (%)	16.84
Límite Contracción (LC) (%)	NP
Índice Plástico (IP) (%)	6.98

D ₁₀ (mm)	0.00
D ₃₀ (mm)	0.00
D ₆₀ (mm)	0.09
Cu	0.00
Cc	0.00

% GRAVA	5.81	Gruesa	0.00
		Fina	5.81
% ARENA	36.91	Gruesa	2.14
		Media	4.84
% FINOS	57.28	Fina	29.93
			57.28

CURVA GRANULOMÉTRICA



**ANÁLISIS MÉCANICO POR TAMIZADO
CONTENIDO DE HUMEDAD
(ASTM D422-2216)**

SOLICITANTES	:	Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	:	"PARAMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	:	E:0504499 -N:8587182-Z:3767
FECHA	:	31/01/18
SONDAJE	:	Trinchera
MUESTRA	:	T-04
PROFUNDIDAD	:	0.00 - 1,70 m

Peso suelo seco	3000.00
Peso suelo tamizado	1223.46

CONTENIDO DE HUMEDAD				
N° Tara	T-05	T-07	T-12	T-01
Peso de SH (g)	33.77	34.87	35.28	30.42
Peso de SS (g)	27.39	28.24	28.58	24.68
Peso del agua (g)	6.38	6.63	6.70	5.74
C.Humedad (g)	23.29	23.48	23.44	23.26
C. H. Prom. (%)	23.37			

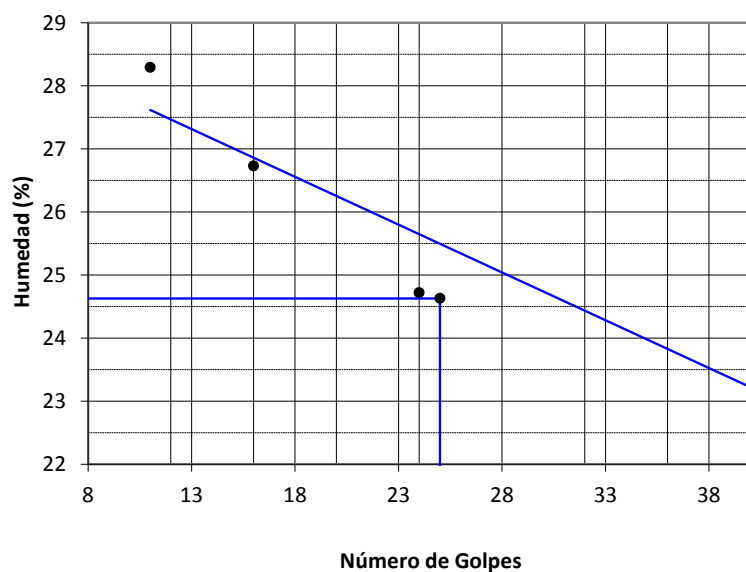
Tamiz (Pulg.)	Peso Retenido (grs)	Porcentaje Parcial re- tenido (%)	Porcentaje Acumulado	
			Retenido (%)	Que pasa (%)
3 "	0.00	0.00	0.00	100.00
2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1/4 "	4.19	0.14	0.14	99.86
N° 4	2.64	0.09	0.23	99.77
N° 8	14.68	0.49	0.72	99.28
N° 10	5.88	0.20	0.91	99.09
N° 16	15.35	0.51	1.42	98.58
N° 20	9.23	0.31	1.73	98.27
N° 30	28.88	0.96	2.70	97.31
N° 40	111.55	3.72	6.41	93.59
N° 50	187.56	6.25	12.67	87.33
N° 60	135.76	4.53	17.19	82.81
N° 80	168.12	5.60	22.79	77.21
N° 100	100.15	3.34	26.13	73.87
N° 200	374.46	12.48	38.62	61.39
Fondo	65.01			
Finos	1841.55			

LÍMITES DE ATTERBERG

SOLICITANTES	:	Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	:	"PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACION	:	E:0504499 -N:8587182-Z:3767
FECHA	:	31/01/18
SONDAJE	:	Trinchera
MUESTRA	:	T-04
PROFUNDIDAD	:	0.00 - 1,70 m

Muestra	T-04							
Límites de Consistencia	Límite Líquido				Límite Plástico			
N° de golpes	11	16	24	44	-	-	-	-
N° Tara (g)	T-10	T-11	T-16	T-01	T-14	T-12	T-13	
Peso suelo húmedo (g)	34.10	38.31	34.16	33.42	5.67	5.95	6.08	
Peso suelo seco (g)	26.58	30.23	27.39	27.17	4.83	4.98	5.15	
Humedad %	28.29	26.73	24.72	23.00	17.39	19.48	18.06	
Límites	24.63				18.31			

LÍMITE LÍQUIDO



Límites de Consistencia

Límite Líquido	24.63
Límite Plástico	18.31
Índice Plástico	6.32

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

SOLICITANTES	: Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	: "PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	: E:0504499 -N:8587182-Z:3767
FECHA	: 31/01/18

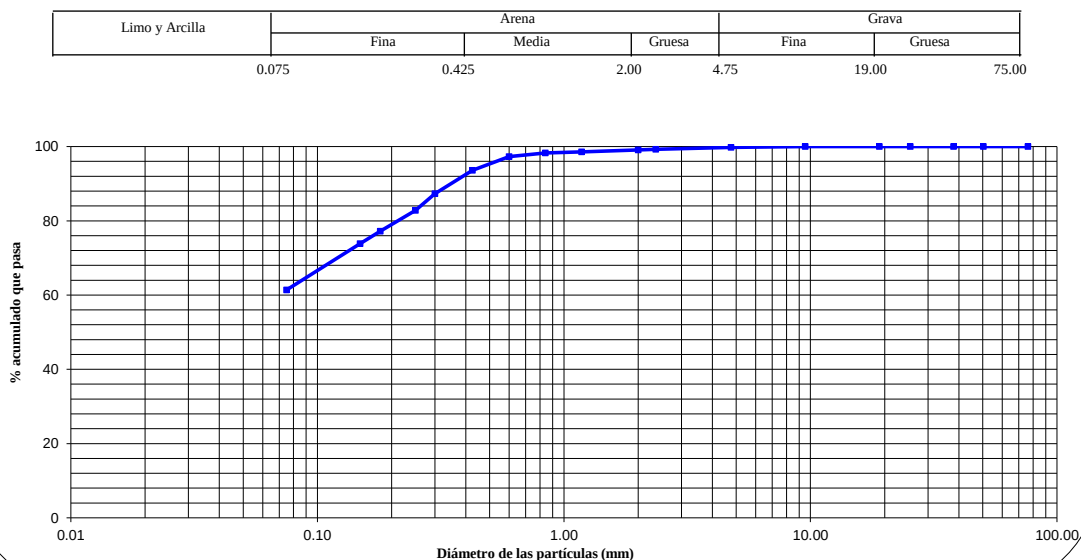
Sondaje	Trinchera	
Muestra	T-04	
Profundidad (m)	0.00 - 1.70 m	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	3"	76.200
	2"	50.300
	1 1/2"	38.100
	1"	25.400
	3/4"	19.050
	3/8"	9.525
	Nº 004	4.760
	Nº 008	2.360
	Nº 010	2.000
	Nº 016	1.180
	Nº 020	0.840
	Nº 030	0.600
	Nº 040	0.426
	Nº 050	0.300
	Nº 060	0.250
	Nº 080	0.180
	Nº 100	0.149
	Nº 200	0.075

Clasificación (S.U.C.S.)	CL-ML
Descripción :	CL-ML - Sandy silty clay
Clasificación (AASHTO)	A-4
Descripción (AASHTO)	REGULAR A MALO
Contenido de Humedad (%)	23.37
Límite Líquido (LL) (%)	24.63
Límite Plástico (LP) (%)	18.31
Límite Contracción (LC) (%)	NP
Índice Plástico (IP) (%)	6.32

D ₁₀ (mm)	0.00
D ₃₀ (mm)	0.00
D ₆₀ (mm)	0.00
Cu	0.00
Cc	0.00

% GRAVA	0.23	Gruesa	0.00
		Fina	0.23
% ARENA	38.39	Gruesa	0.69
		Media	5.50
		Fina	32.20
% FINOS	61.39		61.39

CURVA GRANULOMÉTRICA



**ANÁLISIS MÉCANICO POR TAMIZADO
CONTENIDO DE HUMEDAD
(ASTM D422-2216)**

SOLICITANTES	:	Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	:	"PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	:	E:504502 -N:8587519-Z:3782
FECHA	:	1/02/18
SONDAJE	:	Trinchera
MUESTRA	:	T-05
PROFUNDIDAD	:	0.00 - 5,00 m

Peso suelo seco	3000.00
Peso suelo tamizado	1156.03

CONTENIDO DE HUMEDAD				
N° Tara	T-01	T-07	T-16	T-09
Peso de SH (g)	44.08	45.95	42.54	48.94
Peso de SS (g)	36.53	38.00	35.00	40.12
Peso del agua (g)	7.55	7.95	7.54	8.82
C.Humedad (g)	20.67	20.92	21.54	21.98
C. H. Prom. (%)	21.28			

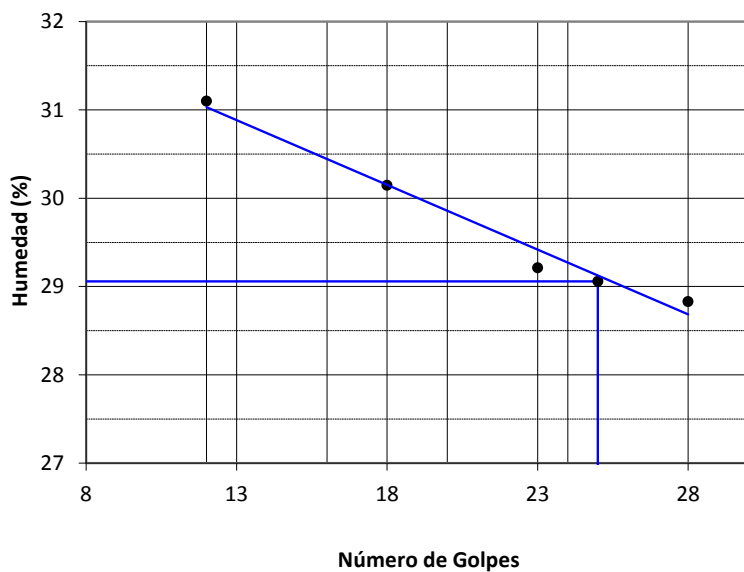
Tamiz (Pulg.)	Peso Retenido (grs)	Porcentaje Parcial re- tenido (%)	Porcentaje Acumulado Retenido (%)	Que pasa (%)
3 "	0.00	0.00	0.00	100.00
2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4 "	34.00	1.13	1.13	98.87
1/2 "	8.65	0.29	1.42	98.58
3/8 "	8.06	0.27	1.69	98.31
1/4 "	11.18	0.37	2.06	97.94
N° 4	7.82	0.26	2.32	97.68
N° 8	18.62	0.62	2.94	97.06
N° 10	4.18	0.14	3.08	96.92
N° 16	12.07	0.40	3.49	96.51
N° 20	8.83	0.29	3.78	96.22
N° 30	23.51	0.78	4.56	95.44
N° 40	57.59	1.92	6.48	93.52
N° 50	99.56	3.32	9.80	90.20
N° 60	74.77	2.49	12.29	87.71
N° 80	164.83	5.49	17.79	82.21
N° 100	111.30	3.71	21.50	78.50
N° 200	459.38	15.31	36.81	63.19
Fondo	51.68			
Finos	1895.65			

LÍMITES DE ATTERBERG

SOLICITANTES	:	Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	:	“PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH”
UBICACIÓN	:	E:504502 -N:8587519-Z:3782
FECHA	:	1/02/18
SONDAJE	:	Trinchera
MUESTRA	:	T-05
PROFUNDIDAD	:	0.00 - 5,00 m

Muestra	T-05							
Límites de Consistencia	Límite Líquido				Límite Plástico			
Nº de golpes	12	18	23	28	-	-	-	
Nº Tara (g)	T-06	T-13	T-13	T-12	T-13	T-12	T-16	
Peso suelo húmedo (g)	34.61	35.79	35.43	33.65	3.53	3.56	4.38	
Peso suelo seco (g)	26.40	27.50	27.42	26.12	3.02	3.06	3.74	
Humedad %	31.10	30.15	29.21	28.83	16.89	16.34	17.11	
Límites	29.06				16.78			

LÍMITE LÍQUIDO



Límites de Consistencia

Límite Líquido	29.06
Límite Plástico	16.78
Índice Plástico	12.28

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

SOLICITANTES	: Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	: "PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	: E:504502 -N:8587519-Z:3782
FECHA	: 1/02/18

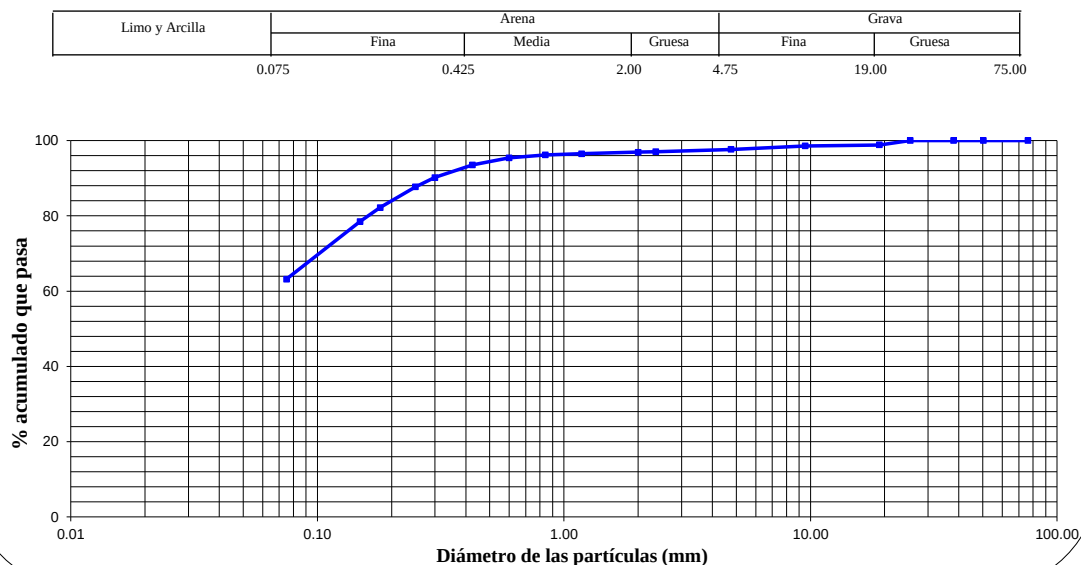
Sondaje	Trinchera	
Muestra	T-05	
Profundidad (m)	0.00 - 5.00 m	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	3"	76.200
	2"	50.300
	1 1/2"	38.100
	1"	25.400
	3/4"	19.050
	3/8"	9.525
	Nº 004	4.760
	Nº 008	2.360
	Nº 010	2.000
	Nº 016	1.180
	Nº 020	0.840
	Nº 030	0.600
	Nº 040	0.426
	Nº 050	0.300
	Nº 060	0.250
	Nº 080	0.180
	Nº 100	0.149
	Nº 200	0.075

Clasificación (S.U.C.S.)	CL
Descripción :	CL - Sandy lean clay
Clasificación (AASHTO)	A-6
Descripción (AASHTO)	MALO
Contenido de Humedad (%)	21.28
Límite Líquido (LL) (%)	29.06
Límite Plástico (LP) (%)	16.78
Límite Contracción (LC) (%)	NP
Índice Plástico (IP) (%)	12.28

D ₁₀ (mm)	0.00
D ₃₀ (mm)	0.00
D ₆₀ (mm)	0.00
Cu	0.00
Cc	0.00

% GRAVA	2.32	Gruesa	1.13
		Fina	1.19
% ARENA	34.49	Gruesa	0.76
		Media	3.40
		Fina	30.33
% FINOS	63.19		63.19

CURVA GRANULOMÉTRICA



**ANÁLISIS MÉCANICO POR TAMIZADO
CONTENIDO DE HUMEDAD
(ASTM D422-2216)**

SOLICITANTES	:	Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	:	"PARAMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	:	E:0504510 -N:8587540-Z:3784
FECHA	:	2/02/18
SONDAJE	:	Trinchera
MUESTRA	:	T-06
PROFUNDIDAD	:	0.00 - 3,70 m

Peso suelo seco	3000.00
Peso suelo tamizado	1063.57

CONTENIDO DE HUMEDAD			
N° Tara	T-10	T-08	T-12
Peso de SH (g)	43.66	42.51	42.11
Peso de SS (g)	35.87	34.75	34.21
Peso del agua (g)	7.79	7.76	7.90
C.Humedad (g)	21.72	22.33	23.09
C. H. Prom. (%)	22.38		

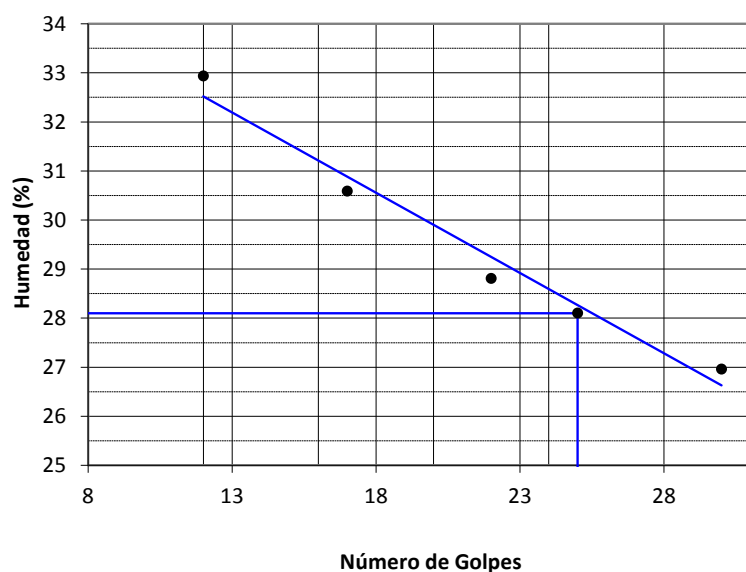
Tamiz (Pulg.)	Peso Retenido (grs)	Porcentaje Parcial re- tenido (%)	Porcentaje Acumulado	
			Retenido (%)	Que pasa (%)
3 "	0.00	0.00	0.00	100.00
2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1/4 "	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	1.26	0.04	0.04	99.96
N° 8	4.70	0.16	0.20	99.80
N° 10	1.40	0.05	0.25	99.75
N° 16	4.36	0.15	0.39	99.61
N° 20	3.73	0.12	0.52	99.49
N° 30	15.26	0.51	1.02	98.98
N° 40	118.80	3.96	4.98	95.02
N° 50	131.65	4.39	9.37	90.63
N° 60	95.02	3.17	12.54	87.46
N° 80	199.76	6.66	19.20	80.80
N° 100	125.52	4.18	23.38	76.62
N° 200	349.62	11.65	35.04	64.96
Fondo	12.49			
Finos	1948.92			

LÍMITES DE ATTERBERG

SOLICITANTES	:	Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	:	"PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	:	E:0504510 -N:8587540-Z:3784
FECHA	:	2/02/18
SONDAJE	:	Trinchera
MUESTRA	:	T-06
PROFUNDIDAD	:	0.00 - 3,70 m

Muestra	T-06							
Límites de Consistencia	Límite Líquido				Límite Plástico			
N° de golpes	12	17	22	30	-	-	-	-
N° Tara (g)	T-14	T-01	T-07	T-08	T-07	T-11	T-10	
Peso suelo húmedo (g)	29.75	40.69	30.27	31.46	3.50	3.34	2.36	
Peso suelo seco (g)	22.38	31.16	23.50	24.78	3.00	2.88	2.03	
Humedad %	32.93	30.58	28.81	26.96	16.67	15.97	16.26	
Límites	28.10				16.30			

LÍMITE LÍQUIDO



Límites de Consistencia

Límite Líquido	28.10
Límite Plástico	16.30
Índice Plástico	11.80

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

SOLICITANTES	: Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	: "PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	: E:0504510 -N:8587540-Z:3784
FECHA	: 2/02/18

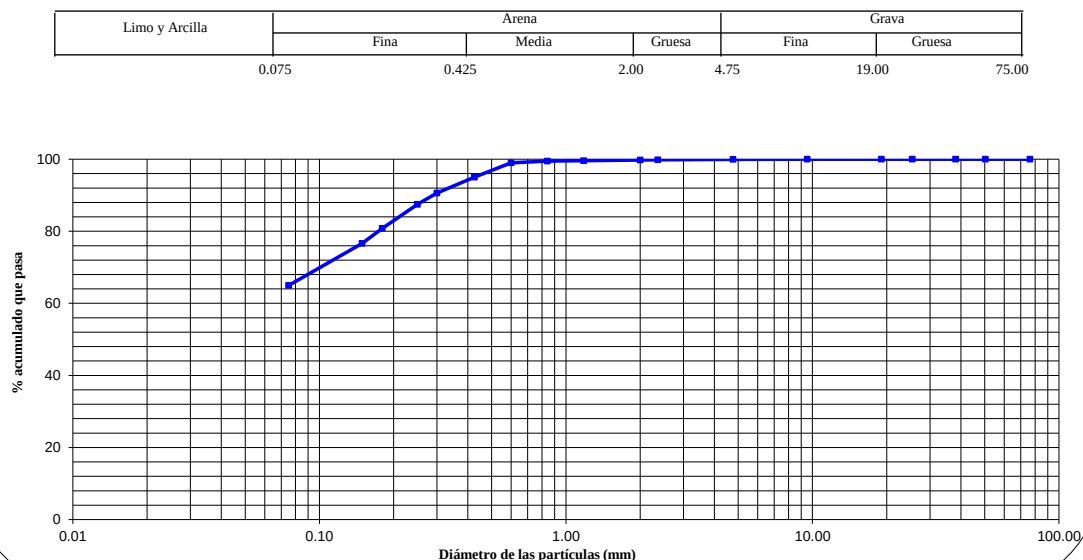
Sondaje	Trinchera	
Muestra	T-06	
Profundidad (m)	0.00 - 3.70 m	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	3"	76.200
	2"	50.300
	1 1/2"	38.100
	1"	25.400
	3/4"	19.050
	3/8"	9.525
	Nº 004	4.760
	Nº 008	2.360
	Nº 010	2.000
	Nº 016	1.180
	Nº 020	0.840
	Nº 030	0.600
	Nº 040	0.426
	Nº 050	0.300
	Nº 060	0.250
	Nº 080	0.180
	Nº 100	0.149
	Nº 200	0.075

Clasificación (S.U.C.S.)	CL
Descripción :	CL - Sandy lean clay
Clasificación (AASHTO)	A-6
Descripción (AASHTO)	MALO
Contenido de Humedad (%)	22.38
Límite Líquido (LL) (%)	28.10
Límite Plástico (LP) (%)	16.30
Límite Contracción (LC) (%)	NP
Índice Plástico (IP) (%)	11.80

D ₁₀ (mm)	0.00
D ₃₀ (mm)	0.00
D ₆₀ (mm)	0.00
Cu	0.00
Cc	0.00

% GRAVA	0.04	Gruesa	0.00
		Fina	0.04
% ARENA	34.99	Gruesa	0.20
		Media	4.74
% FINOS	64.96	Fina	30.05
			64.96

CURVA GRANULOMÉTRICA



**ANÁLISIS MÉCANICO POR TAMIZADO
CONTENIDO DE HUMEDAD
(ASTM D422-2216)**

SOLICITANTES	:	Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	:	"PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	:	E:504534 -N:8587550-Z:3789
FECHA	:	5/02/18
SONDAJE	:	Trinchera
MUESTRA	:	T-07
PROFUNDIDAD	:	0.00 - 0,90 m

Peso suelo seco	3000.00
Peso suelo tamizado	1369.27

CONTENIDO DE HUMEDAD			
N° Tara	T-15	T-09	T-16
Peso de SH (g)	48.99	40.84	48.34
Peso de SS (g)	40.67	34.26	40.38
Peso del agua (g)	8.32	6.58	7.96
C.Humedad (g)	20.46	19.21	19.71
C. H. Prom. (%)	19.79		

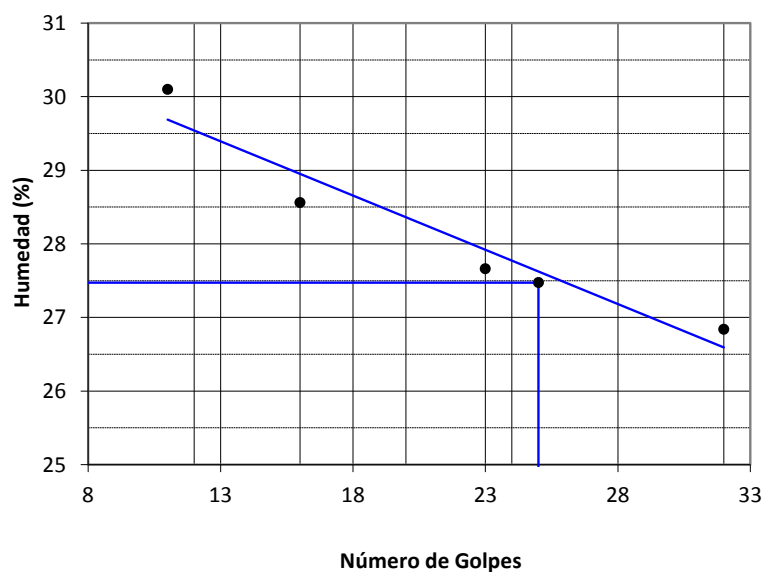
Tamiz (Pulg.)	Peso Retenido (grs)	Porcentaje Parcial re- tenido (%)	Porcentaje Acumulado	
			Retenido (%)	Que pasa (%)
3 "	0.00	0.00	0.00	100.00
2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1 "	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4 "	16.40	0.55	0.55	99.45
1/2 "	22.92	0.76	1.31	98.69
3/8 "	18.79	0.63	1.94	98.06
1/4 "	59.82	1.99	3.93	96.07
N° 4	35.17	1.17	5.10	94.90
N° 8	113.98	3.80	8.90	91.10
N° 10	33.28	1.11	10.01	89.99
N° 16	111.58	3.72	13.73	86.27
N° 20	50.61	1.69	15.42	84.58
N° 30	52.55	1.75	17.17	82.83
N° 40	99.31	3.31	20.48	79.52
N° 50	104.39	3.48	23.96	76.04
N° 60	85.62	2.85	26.81	73.19
N° 80	152.90	5.10	31.91	68.09
N° 100	80.88	2.70	34.61	65.39
N° 200	306.08	10.20	44.81	55.19
Fondo	24.99			
Finos	1655.72			

LÍMITES DE ATTERBERG

SOLICITANTES	:	Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	:	“PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH”
UBICACION	:	E:504534 -N:8587550-Z:3789
FECHA	:	5/02/18
SONDAJE	:	Trinchera
MUESTRA	:	T-07
PROFUNDIDAD	:	0.00 - 0,90 m

Muestra	T-07							
Límites de Consistencia	Límite Líquido				Límite Plástico			
N° de golpes	11	16	23	32	-	-	-	-
N° Tara (g)	T-06	T-01	T-05	T-02	T-15	T-04	T-02	
Peso suelo húmedo (g)	34.19	30.88	33.14	30.58	4.26	4.59	5.09	
Peso suelo seco (g)	26.28	24.02	25.96	24.11	3.71	4.01	4.40	
Humedad %	30.10	28.56	27.66	26.84	14.82	14.46	15.68	
Límites	27.47				14.99			

LÍMITE LÍQUIDO



Límites de Consistencia

Límite Líquido	27.47
Límite Plástico	14.99
Índice Plástico	12.48

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

SOLICITANTES	: Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	: "PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	: E:504534 -N:8587550-Z:3789
FECHA	: 5/02/18

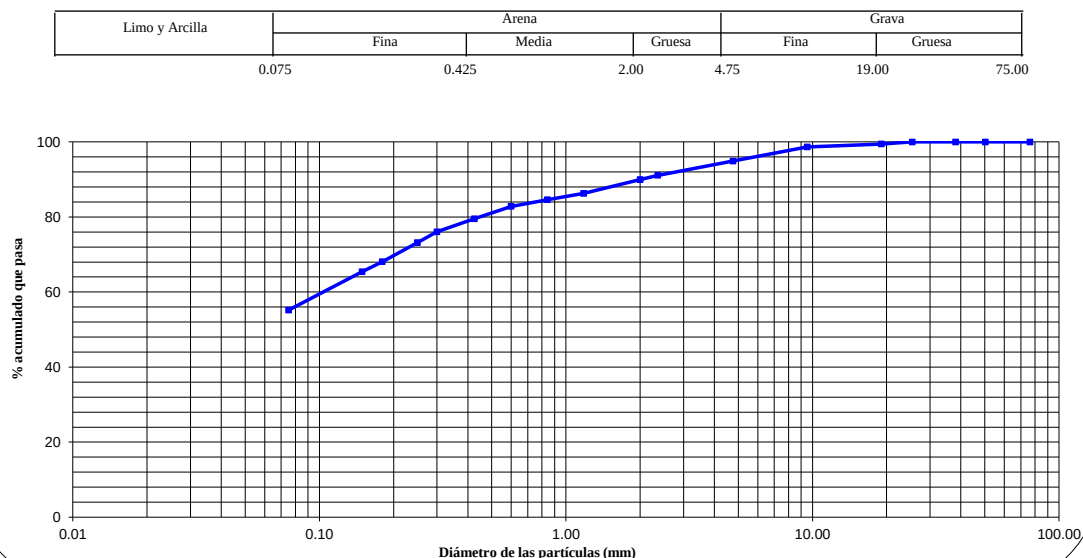
Sondaje	Trinchera	
Muestra	T-07	
Profundidad (m)	0.00 - 0.90 m	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	3"	76.200
	2"	50.300
	1 1/2"	38.100
	1"	25.400
	3/4"	19.050
	3/8"	9.525
	Nº 004	4.760
	Nº 008	2.360
	Nº 010	2.000
	Nº 016	1.180
	Nº 020	0.840
	Nº 030	0.600
	Nº 040	0.426
	Nº 050	0.300
	Nº 060	0.250
	Nº 080	0.180
	Nº 100	0.149
	Nº 200	0.075

S		CL
Clasificación (S.U.C.S.)		CL
Descripción :	CL - Sandy lean clay	
Clasificación (AASHTO)		A-6
Descripción (AASHTO)		MALO
Contenido de Humedad (%)		19.79
Límite Líquido (LL) (%)		27.47
Límite Plástico (LP) (%)		14.99
Límite Contracción (LC) (%)		NP
Índice Plástico (IP) (%)		12.48

D ₁₀ (mm)	0.00
D ₃₀ (mm)	0.00
D ₆₀ (mm)	0.10
Cu	0.00
Cc	0.00

% GRAVA	5.10	Gruesa	0.55
		Fina	4.56
% ARENA	39.71	Gruesa	4.91
		Media	10.47
		Fina	24.33
% FINOS	55.19		55.19

CURVA GRANULOMÉTRICA



**ANÁLISIS MÉCANICO POR TAMIZADO
CONTENIDO DE HUMEDAD
(ASTM D422-2216)**

SOLICITANTES	:	Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	:	"PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	:	E:504550 -N:8587513-Z:3778
FECHA	:	6/02/18
SONDAJE	:	Trinchera
MUESTRA	:	T-08
PROFUNDIDAD	:	0.00 - 2.30 m

Peso suelo seco	3000.00
Peso suelo tamizado	1019.48

CONTENIDO DE HUMEDAD				
N° Tara	T-05	T-14	T-04	T-01
Peso de SH (g)	42.16	43.30	45.37	45.35
Peso de SS (g)	34.71	35.44	37.43	37.43
Peso del agua (g)	7.45	7.86	7.94	7.92
C.Humedad (g)	21.46	22.18	21.21	21.16
C. H. Prom. (%)	21.50			

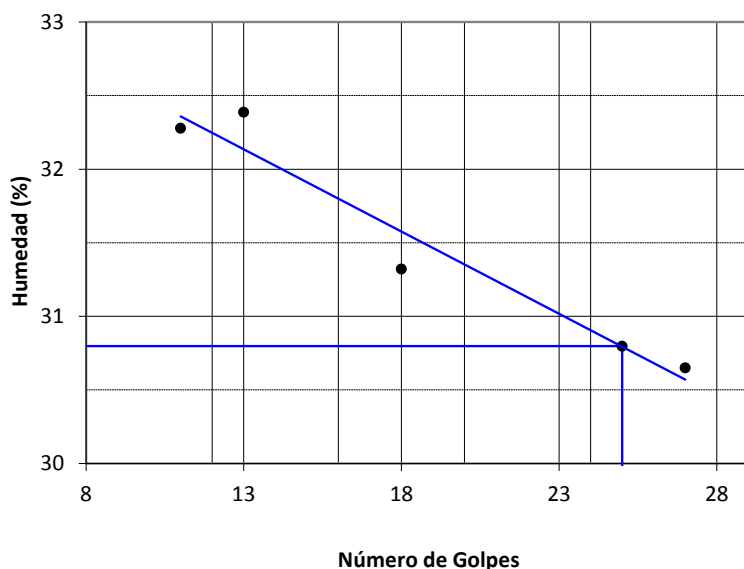
Tamiz (Pulg.)	Peso Retenido (grs)	Porcentaje Parcial re- tenido (%)	Porcentaje Acumulado	
			Retenido (%)	Que pasa (%)
3 "	0.00	0.00	0.00	100.00
2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	68.03	2.27	2.27	97.73
3/4 "	12.07	0.40	2.67	97.33
1/2 "	16.27	0.54	3.21	96.79
3/8 "	10.70	0.36	3.57	96.43
1/4 "	16.93	0.56	4.13	95.87
N° 4	10.21	0.34	4.47	95.53
N° 8	34.39	1.15	5.62	94.38
N° 10	7.58	0.25	5.87	94.13
N° 16	27.85	0.93	6.80	93.20
N° 20	20.87	0.70	7.50	92.50
N° 30	35.41	1.18	8.68	91.32
N° 40	86.55	2.89	11.56	88.44
N° 50	81.20	2.71	14.27	85.73
N° 60	75.04	2.50	16.77	83.23
N° 80	130.81	4.36	21.13	78.87
N° 100	75.46	2.52	23.65	76.35
N° 200	274.75	9.16	32.80	67.20
Fondo	35.36			
Finos	2015.88			

LÍMITES DE ATTERBERG

SOLICITANTES	:	Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	:	"PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	:	E:504550 -N:8587513-Z:3778
FECHA	:	6/02/18
SONDAJE	:	Trinchera
MUESTRA	:	T-08
PROFUNDIDAD	:	0.00 - 2.30 m

Muestra	T-08							
Límites de Consistencia	Límite Líquido				Límite Plástico			
Nº de golpes	11	13	18	27	-	-	-	-
Nº Tara (g)	T-04	T-10	T-07	T-15	T-05	T-11	T-09	
Peso suelo húmedo (g)	28.44	27.55	29.60	37.81	5.03	5.18	5.40	
Peso suelo seco (g)	21.50	20.81	22.54	28.94	4.32	4.48	4.66	
Humedad %	32.28	32.39	31.32	30.65	16.44	15.63	15.88	
Límites	30.80				15.98			

LÍMITE LÍQUIDO



Límites de Consistencia

Límite Líquido	30.80
Límite Plástico	15.98
Índice Plástico	14.82

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

SOLICITANTES	: Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	: "PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	: E:504550 -N:8587513-Z:3778
FECHA	: 6/02/18

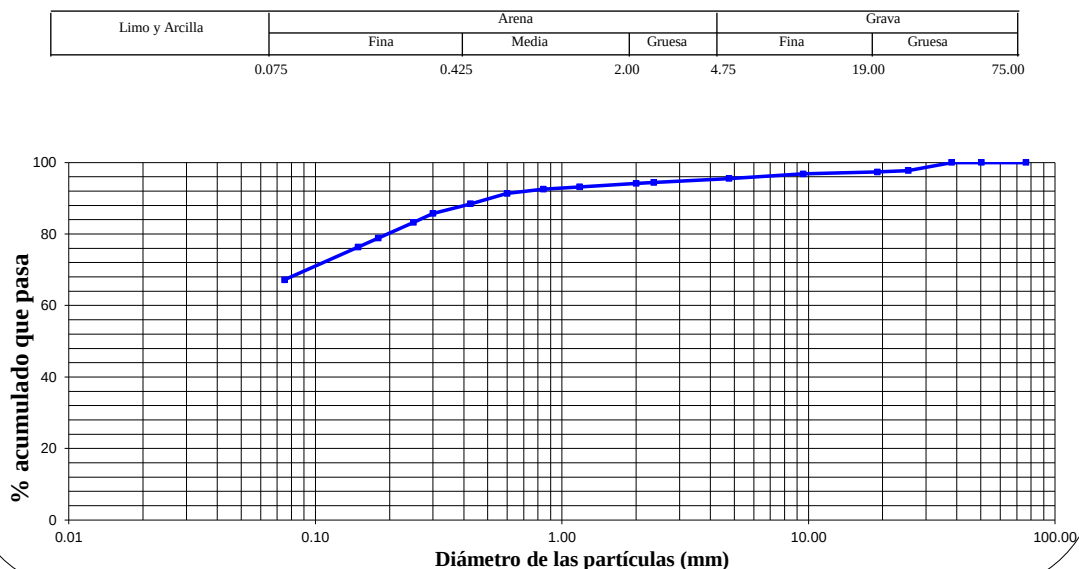
Sondaje	Trinchera	
Muestra	T-08	
Profundidad (m)	0.00 - 2.30 m	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	3"	76.200
	2"	50.300
	1 1/2"	38.100
	1"	25.400
	3/4"	19.050
	3/8"	9.525
	Nº 004	4.760
	Nº 008	2.360
	Nº 010	2.000
	Nº 016	1.180
	Nº 020	0.840
	Nº 030	0.600
	Nº 040	0.426
	Nº 050	0.300
	Nº 060	0.250
	Nº 080	0.180
	Nº 100	0.149
	Nº 200	0.075

Clasificación (S.U.C.S.)	CL
Descripción :	CL - Sandy lean clay
Clasificación (AASHTO)	A-6
Descripción (AASHTO)	MALO
Contenido de Humedad (%)	21.50
Límite Líquido (LL) (%)	30.80
Límite Plástico (LP) (%)	15.98
Límite Contracción (LC) (%)	NP
Índice Plástico (IP) (%)	14.82

D ₁₀ (mm)	0.00
D ₃₀ (mm)	0.00
D ₆₀ (mm)	0.00
Cu	0.00
Cc	0.00

% GRAVA	4.47	Gruesa	2.67
		Fina	1.80
% ARENA	28.33	Gruesa	1.40
		Media	5.69
		Fina	21.24
% FINOS	67.20		67.20

CURVA GRANULOMÉTRICA



**ANÁLISIS MÉCANICO POR TAMIZADO
CONTENIDO DE HUMEDAD
(ASTM D422-2216)**

SOLICITANTES	:	Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	:	"PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	:	E:0504576 -N:8587486-Z:3764
FECHA	:	7/02/18
SONDAJE	:	Trinchera
MUESTRA	:	T-09
PROFUNDIDAD	:	0.00 - 1.20 m

Peso suelo seco	3000.00
Peso suelo tamizado	1471.75

CONTENIDO DE HUMEDAD				
N° Tara	T-05	T-04	T-02	T-10
Peso de SH (g)	45.13	45.72	47.12	46.58
Peso de SS (g)	37.61	38.55	39.35	39.23
Peso del agua (g)	7.52	7.17	7.77	7.35
C.Humedad (g)	19.99	18.60	19.75	18.74
C. H. Prom. (%)	19.27			

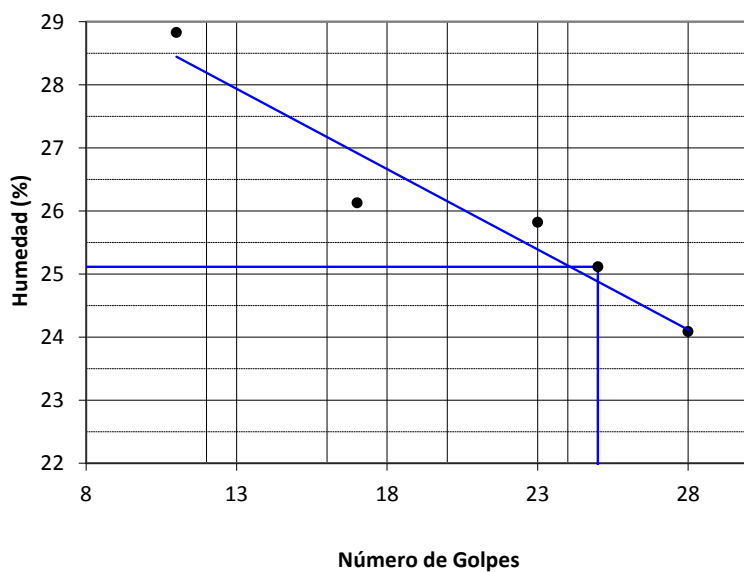
Tamiz (Pulg.)	Peso Retenido (grs)	Porcentaje Parcial re- tenido (%)	Porcentaje Acumulado Retenido (%)	Que pasa (%)
3 "	0.00	0.00	0.00	100.00
2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2 "	37.34	1.24	1.24	98.76
3/8 "	19.91	0.66	1.91	98.09
1/4 "	50.97	1.70	3.61	96.39
N° 4	39.81	1.33	4.93	95.07
N° 8	117.42	3.91	8.85	91.15
N° 10	28.73	0.96	9.81	90.19
N° 16	82.74	2.76	12.56	87.44
N° 20	42.14	1.40	13.97	86.03
N° 30	62.87	2.10	16.06	83.94
N° 40	132.58	4.42	20.48	79.52
N° 50	127.35	4.25	24.73	75.27
N° 60	97.89	3.26	27.99	72.01
N° 80	164.13	5.47	33.46	66.54
N° 100	87.46	2.92	36.38	63.62
N° 200	332.86	11.10	47.47	52.53
Fondo	47.55			
Finos	1575.80			

LÍMITES DE ATTERBERG

SOLICITANTES	:	Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	:	"PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	:	E:0504576 -N:8587486-Z:3764
FECHA	:	7/02/18
SONDAJE	:	Trinchera
MUESTRA	:	T-09
PROFUNDIDAD	:	0.00 - 1.20 m

Muestra	T-09							
Límites de Consistencia	Límite Líquido				Límite Plástico			
Nº de golpes	11	17	23	28	-	-	-	-
Nº Tara (g)	T-02	T-06	T-15	T-05	T-01	T-17	T-3	
Peso suelo húmedo (g)	22.21	28.53	33.72	31.68	5.17	5.38	7.78	
Peso suelo seco (g)	17.24	22.62	26.80	25.53	4.57	4.74	6.81	
Humedad %	28.83	26.13	25.82	24.09	13.13	13.50	14.24	
Límites	25.11				13.62			

LÍMITE LÍQUIDO



Limites de Consistencia

Límite Líquido	25.11
Límite Plástico	13.62
Indice Plástico	11.49

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

SOLICITANTES	: Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	: "PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	: E:0504576 -N:8587486-Z:3764
FECHA	: 7/02/18

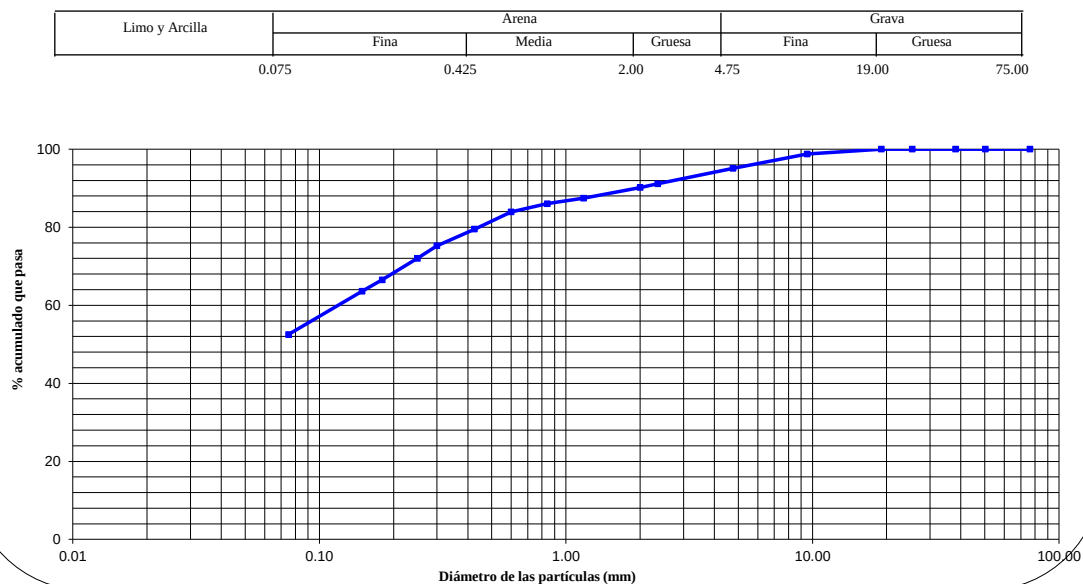
Sondaje	Trinchera	
Muestra	T-09	
Profundidad (m)	0.00 - 1.20 m	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	3"	76.200
	2"	50.300
	1 1/2"	38.100
	1"	25.400
	3/4"	19.050
	3/8"	9.525
	Nº 004	4.760
	Nº 008	2.360
	Nº 010	2.000
	Nº 016	1.180
	Nº 020	0.840
	Nº 030	0.600
	Nº 040	0.426
	Nº 050	0.300
	Nº 060	0.250
	Nº 080	0.180
	Nº 100	0.149
	Nº 200	0.075

Clasificación (S.U.C.S.)	CL
Descripción :	CL - Sandy lean clay
Clasificación (AASHTO)	A-6
Descripción (AASHTO)	MALO
Contenido de Humedad (%)	19.27
Límite Líquido (LL) (%)	25.11
Límite Plástico (LP) (%)	13.62
Límite Contracción (LC) (%)	NP
Índice Plástico (IP) (%)	11.49

D ₁₀ (mm)	0.00
D ₃₀ (mm)	0.00
D ₆₀ (mm)	0.12
Cu	0.00
Cc	0.00

% GRAVA	4.93	Gruesa	0.00
		Fina	4.93
% ARENA	42.54	Gruesa	4.87
		Media	10.68
% FINOS	52.53	Fina	26.99
			52.53

CURVA GRANULOMÉTRICA



**ANÁLISIS MÉCANICO POR TAMIZADO
CONTENIDO DE HUMEDAD
(ASTM D422-2216)**

SOLICITANTES	:	Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	:	"PARAMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	:	E:504534 -N:8587550-Z:3789
FECHA	:	8/02/18
SONDAJE	:	Trinchera
MUESTRA	:	T-10
PROFUNDIDAD	:	0.00 - 1,50 m

Peso suelo seco	3000.00
Peso suelo tamizado	1448.55

CONTENIDO DE HUMEDAD				
N° Tara	T-05	T-04	T-06	T-03
Peso de SH (g)	53.42	55.18	53.67	56.04
Peso de SS (g)	44.90	45.34	44.78	46.93
Peso del agua (g)	8.52	9.84	8.89	9.11
C.Humedad (g)	18.98	21.70	19.85	19.41
C. H. Prom. (%)	19.99			

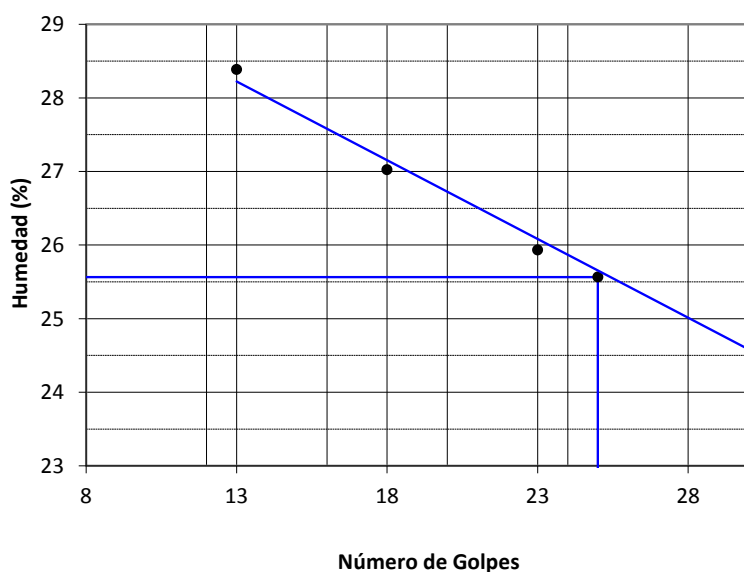
Tamiz (Pulg.)	Peso Retenido (grs)	Porcentaje Parcial re- tenido (%)	Porcentaje Acumulado	
			Retenido (%)	Que pasa (%)
3 "	0.00	0.00	0.00	100.00
2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2 "	23.08	0.77	0.77	99.23
3/8 "	22.72	0.76	1.53	98.47
1/4 "	40.67	1.36	2.88	97.12
N° 4	28.68	0.96	3.84	96.16
N° 8	86.32	2.88	6.72	93.28
N° 10	21.19	0.71	7.42	92.58
N° 16	64.53	2.15	9.57	90.43
N° 20	41.23	1.37	10.95	89.05
N° 30	62.76	2.09	13.04	86.96
N° 40	157.83	5.26	18.30	81.70
N° 50	139.39	4.65	22.95	77.05
N° 60	115.82	3.86	26.81	73.19
N° 80	173.00	5.77	32.57	67.43
N° 100	92.25	3.08	35.65	64.35
N° 200	351.96	11.73	47.38	52.62
Fondo	27.12			
Finos	1578.57			

LÍMITES DE ATTERBERG

SOLICITANTES	:	Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	:	"PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACION	:	E:504534 -N:8587550-Z:3789
FECHA	:	8/02/18
SONDAJE	:	Trinchera
MUESTRA	:	T-10
PROFUNDIDAD	:	0.00 - 1,50 m

Muestra	T-10							
Límites de Consistencia	Límite Líquido				Límite Plástico			
N° de golpes	13	18	23	31	-	-	-	-
N° Tara (g)	T-13	T-06	T-15	T-02	T-07	T-13	T-14	
Peso suelo húmedo (g)	31.39	32.67	33.07	42.19	6.38	6.85	4.60	
Peso suelo seco (g)	24.45	25.72	26.26	33.89	5.52	5.91	3.96	
Humedad %	28.38	27.02	25.93	24.49	15.58	15.91	16.16	
Límites	25.56				15.88			

LÍMITE LÍQUIDO



Límites de Consistencia

Límite Líquido	25.56
Límite Plástico	15.88
Índice Plástico	9.68

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

SOLICITANTES	: Tesis: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	: "PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	: E:504534 -N:8587550-Z:3789
FECHA	: 8/02/18

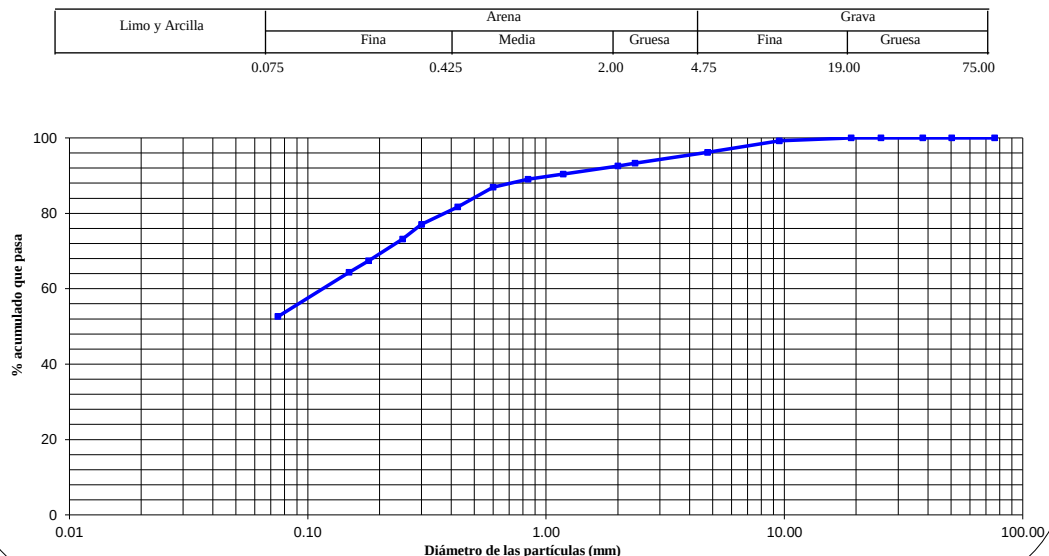
Sondaje	Trinchera	
Muestra	T-10	
Profundidad (m)	0.00 - 1.50 m	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	3"	76.200
	2"	50.300
	1 1/2"	38.100
	1"	25.400
	3/4"	19.050
	3/8"	9.525
	Nº 004	4.760
	Nº 008	2.360
	Nº 010	2.000
	Nº 016	1.180
	Nº 020	0.840
	Nº 030	0.600
	Nº 040	0.426
	Nº 050	0.300
	Nº 060	0.250
	Nº 080	0.180
	Nº 100	0.149
	Nº 200	0.075

Clasificación (S.U.C.S.)	CL
Descripción	CL - Sandy lean clay
Clasificación (AASHTO)	A-4
Descripción (AASHTO)	REGULAR A MALO
Contenido de Humedad (%)	19.99
Límite Líquido (LL) (%)	25.56
Límite Plástico (LP) (%)	15.88
Límite Contracción (LC) (%)	NP
Índice Plástico (IP) (%)	9.68

D ₁₀ (mm)	0.00
D ₃₀ (mm)	0.00
D ₆₀ (mm)	0.12
Cu	0.00
Cc	0.00

% GRAVA	3.84	Gruesa	0.00
		Fina	3.84
% ARENA	43.54	Gruesa	3.58
		Media	10.88
% FINOS	52.62	Fina	29.08
			52.62

CURVA GRANULOMÉTRICA



**ANÁLISIS MÉCANICO POR TAMIZADO
CONTENIDO DE HUMEDAD
(ASTM D422-2216)**

SOLICITANTES	:	Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	:	"PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	:	E:0504510 -N:8587540-Z:3784
FECHA	:	12/02/18
SONDAJE	:	Trinchera
MUESTRA	:	T-11
PROFUNDIDAD	:	0.00 - 1,00 m

Peso suelo seco	3000.00
Peso suelo tamizado	1332.57

CONTENIDO DE HUMEDAD					
N° Tara	T-08	T-14	T-11	T-13	T-12
Peso de SH (g)	54.75	55.17	68.78	69.19	72.42
Peso de SS (g)	44.38	44.43	54.74	54.80	58.01
Peso del agua (g)	10.37	10.74	14.04	14.39	14.41
C.Humedad (g)	23.37	24.17	25.65	26.26	24.84
C. H. Prom. (%)	24.86				

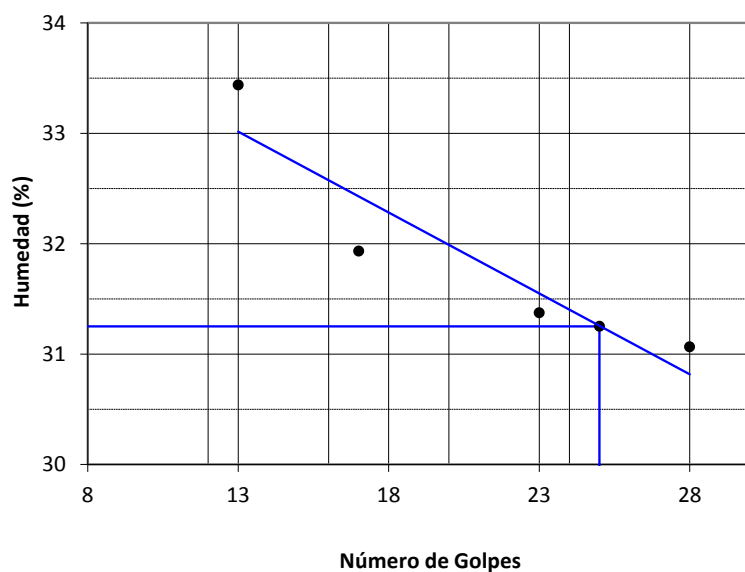
Tamiz (Pulg.)	Peso Retenido (grs)	Porcentaje Parcial re- tenido (%)	Porcentaje Acumulado	
			Retenido (%)	Que pasa (%)
3 "	0.00	0.00	0.00	100.00
2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	24.77	0.83	0.83	99.17
3/4 "	0.00	0.00	0.83	99.17
1/2 "	15.73	0.52	1.35	98.65
3/8 "	3.31	0.11	1.46	98.54
1/4 "	11.02	0.37	1.83	98.17
N° 4	7.76	0.26	2.09	97.91
N° 8	14.03	0.47	2.55	97.45
N° 10	4.10	0.14	2.69	97.31
N° 16	13.42	0.45	3.14	96.86
N° 20	9.28	0.31	3.45	96.55
N° 30	37.15	1.24	4.69	95.31
N° 40	187.48	6.25	10.94	89.07
N° 50	180.47	6.02	16.95	83.05
N° 60	105.61	3.52	20.47	79.53
N° 80	189.68	6.32	26.79	73.21
N° 100	93.58	3.12	29.91	70.09
N° 200	387.57	12.92	42.83	57.17
Fondo	47.61			
Finos	1715.04			

LÍMITES DE ATTERBERG

SOLICITANTES	:	Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	:	"PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACION	:	E:0504510 -N:8587540-Z:3784
FECHA	:	12/02/18
SONDAJE	:	Trinchera
MUESTRA	:	T-11
PROFUNDIDAD	:	0.00 - 1,00 m

Muestra	T-11							
Límites de Consistencia	Límite Líquido				Límite Plástico			
Nº de golpes	13	17	23	28	-	-	-	-
Nº Tara (g)	T-16	T-06	T-02	T-12	T-17	T-05	T-15	
Peso suelo húmedo (g)	34.24	29.50	33.54	35.06	7.51	4.16	4.04	
Peso suelo seco (g)	25.66	22.36	25.53	26.75	6.45	3.64	3.50	
Humedad %	33.44	31.93	31.37	31.07	16.43	14.29	15.43	
Límites	31.25				15.38			

LÍMITE LÍQUIDO



Límites de Consistencia

Límite Líquido	31.25
Límite Plástico	15.38
Índice Plástico	15.87

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

SOLICITANTES	: Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	: "PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	: E:0504510 -N:8587540-Z:3784
FECHA	: 12/02/18

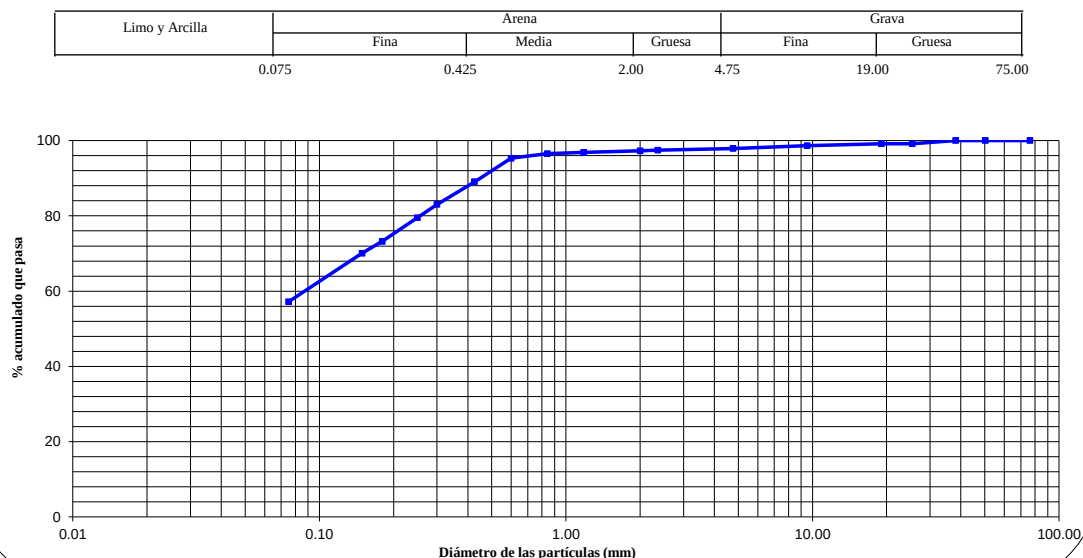
Sondaje	Trinchera	
Muestra	T-11	
Profundidad (m)	0.00 - 1.00 m	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	3"	76.200
	2"	50.300
	1 1/2"	38.100
	1"	25.400
	3/4"	19.050
	3/8"	9.525
	Nº 004	4.760
	Nº 008	2.360
	Nº 010	2.000
	Nº 016	1.180
	Nº 020	0.840
	Nº 030	0.600
	Nº 040	0.426
	Nº 050	0.300
	Nº 060	0.250
	Nº 080	0.180
	Nº 100	0.149
	Nº 200	0.075

Clasificación (S.U.C.S.)	CL
Descripción :	CL - Sandy lean clay
Clasificación (AASHTO)	A-6
Descripción (AASHTO)	MALO
Contenido de Humedad (%)	24.86
Límite Líquido (LL) (%)	31.25
Límite Plástico (LP) (%)	15.38
Límite Contracción (LC) (%)	NP
Índice Plástico (IP) (%)	15.87

D ₁₀ (mm)	0.00
D ₃₀ (mm)	0.00
D ₆₀ (mm)	0.09
Cu	0.00
Cc	0.00

% GRAVA	2.09	Gruesa	0.83
		Fina	1.26
% ARENA	40.75	Gruesa	0.60
		Media	8.24
		Fina	31.90
% FINOS	57.17		57.17

CURVA GRANULOMÉTRICA



**ANÁLISIS MÉCANICO POR TAMIZADO
CONTENIDO DE HUMEDAD
(ASTM D422-2216)**

SOLICITANTES	:	Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	:	"PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	:	E:0504373 -N:8587493-Z:3761
FECHA	:	13/02/18
SONDAJE	:	Calicata
MUESTRA	:	C-01
PROFUNDIDAD	:	0.00 - 0,70 m

Peso suelo seco	3000.00
Peso suelo tamizado	2014.54

CONTENIDO DE HUMEDAD				
N° Tara	T-11	T-16	T-03	T-08
Peso de SH (g)	75.71	106.00	96.96	91.17
Peso de SS (g)	65.05	90.56	83.53	78.22
Peso del agua (g)	10.66	15.44	13.43	12.95
C.Humedad (g)	16.39	17.05	16.08	16.56
C. H. Prom. (%)	16.52			

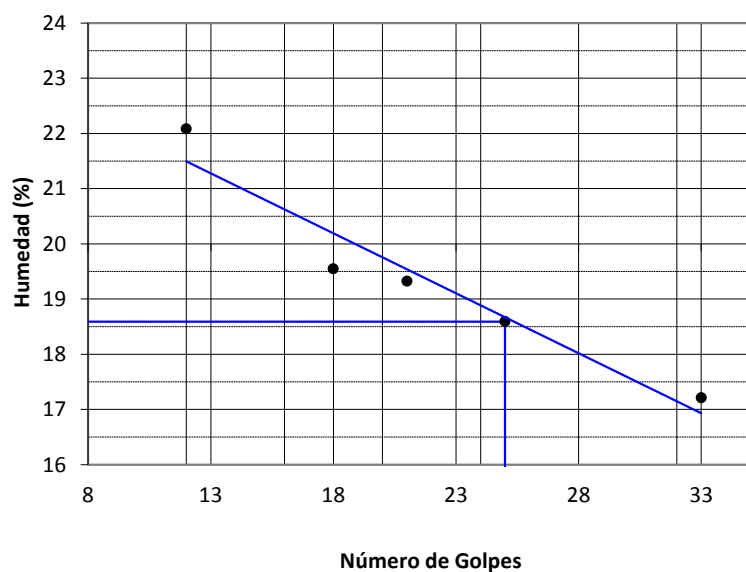
Tamiz (Pulg.)	Peso Retenido (grs)	Porcentaje Parcial re- tenido (%)	Porcentaje Acumulado	
			Retenido (%)	Que pasa (%)
3 "	0.00	0.00	0.00	100.00
2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2 "	4.96	0.17	0.17	99.83
3/8 "	15.02	0.50	0.67	99.33
1/4 "	12.65	0.42	1.09	98.91
N° 4	11.08	0.37	1.46	98.54
N° 8	34.97	1.17	2.62	97.38
N° 10	10.26	0.34	2.96	97.04
N° 16	29.85	1.00	3.96	96.04
N° 20	22.11	0.74	4.70	95.30
N° 30	57.83	1.93	6.62	93.38
N° 40	325.45	10.85	17.47	82.53
N° 50	395.73	13.19	30.66	69.34
N° 60	149.27	4.98	35.64	64.36
N° 80	421.47	14.05	49.69	50.31
N° 100	123.27	4.11	53.80	46.20
N° 200	350.10	11.67	65.47	34.53
Fondo	50.52			
Finos	1035.98			

LÍMITES DE ATTERBERG

SOLICITANTES	:	Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	:	"PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACION	:	E:0504373 -N:8587493-Z:3761
FECHA	:	13/02/18
SONDAJE	:	Calicata
MUESTRA	:	C-01
PROFUNDIDAD	:	0.00 - 0,70 m

Muestra	C-01							
Límites de Consistencia	Límite Líquido				Límite Plástico			
N° de golpes	12	18	21	33	-	-	-	-
N° Tara (g)	T-13	T-12	T-09	T-02	T-06	T-13	T-10	
Peso suelo húmedo (g)	35.16	32.72	34.89	40.39	3.14	3.39	2.67	
Peso suelo seco (g)	28.80	27.37	29.24	34.46	2.76	2.97	2.33	
Humedad %	22.08	19.55	19.32	17.21	13.77	14.14	14.59	
Límites	18.59				14.17			

LÍMITE LÍQUIDO



Límites de Consistencia

Límite Líquido	18.59
Límite Plástico	14.17
Índice Plástico	4.42

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

SOLICITANTES	: Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	: "PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	: E:0504373 -N:8587493-Z:3761
FECHA	: 13/02/18

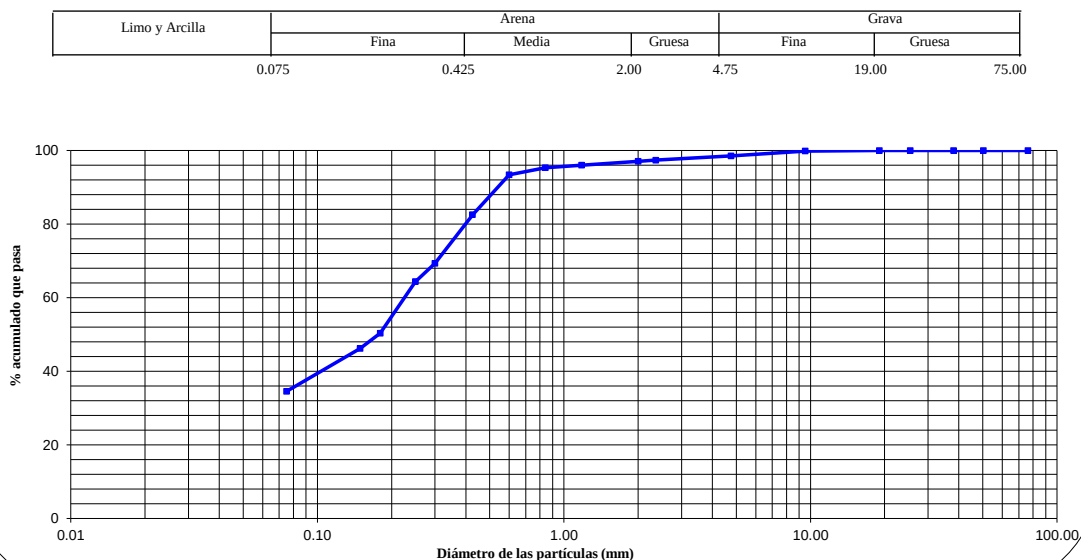
Sondaje	Calicata	
Muestra	C-01	
Profundidad (m)	0.00 - 0.70 m	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	3"	76.200
	2"	50.300
	1 1/2"	38.100
	1"	25.400
	3/4"	19.050
	3/8"	9.525
	Nº 004	4.760
	Nº 008	2.360
	Nº 010	2.000
	Nº 016	1.180
	Nº 020	0.840
	Nº 030	0.600
	Nº 040	0.426
	Nº 050	0.300
	Nº 060	0.250
	Nº 080	0.180
	Nº 100	0.149
	Nº 200	0.075

Clasificación (S.U.C.S.)	SM-SC
Descripción :	SC-SM - Silty, clayey sand
Clasificación (AASHTO)	A-2-4
Descripción (AASHTO)	EXCELENTE A BUENO
Contenido de Humedad (%)	16.52
Límite Líquido (LL) (%)	18.59
Límite Plástico (LP) (%)	14.17
Límite Contracción (LC) (%)	NP
Índice Plástico (IP) (%)	4.42

D ₁₀ (mm)	0.00
D ₃₀ (mm)	0.00
D ₆₀ (mm)	0.23
Cu	0.00
Cc	0.00

% GRAVA	1.46	Gruesa	0.00
		Fina	1.46
% ARENA	64.01	Gruesa	1.51
		Media	14.51
		Fina	47.99
% FINOS	34.53		34.53

CURVA GRANULOMÉTRICA



**ANÁLISIS MÉCANICO POR TAMIZADO
CONTENIDO DE HUMEDAD
(ASTM D422-2216)**

SOLICITANTES	:	Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	:	"PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	:	E:0504373 -N:8587493-Z:3761
FECHA	:	14/02/18
SONDAJE	:	Calicata
MUESTRA	:	C-01
PROFUNDIDAD	:	0.00 - 1,40 m

Peso suelo seco	3000.00
Peso suelo tamizado	1820.29

CONTENIDO DE HUMEDAD					
N° Tara	T-07	T-10	T-05	T-09	T-03
Peso de SH (g)	54.63	55.67	57.65	57.80	57.95
Peso de SS (g)	48.54	49.24	51.01	50.68	50.93
Peso del agua (g)	6.09	6.43	6.64	7.12	7.02
C.Humedad (g)	12.55	13.06	13.02	14.05	13.78
C. H. Prom. (%)	13.29				

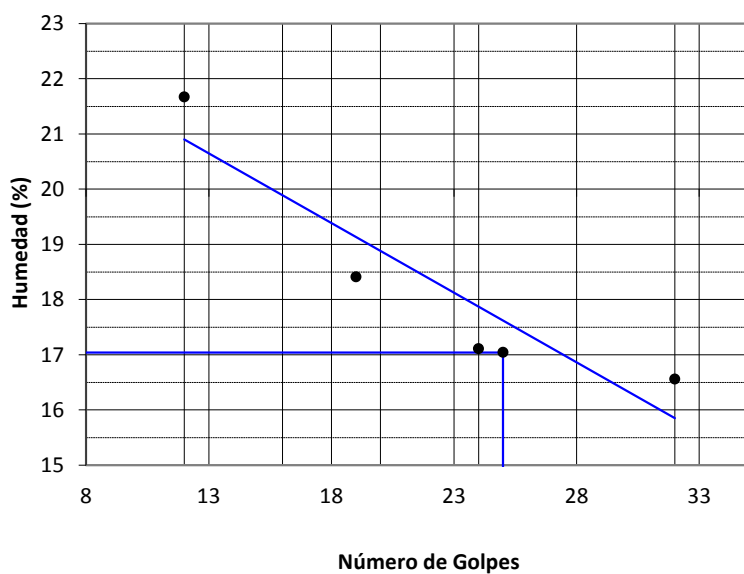
Tamiz (Pulg.)	Peso Retenido (grs)	Porcentaje Parcial re- tenido (%)	Porcentaje Acumulado	
			Retenido (%)	Que pasa (%)
3 "	0.00	0.00	0.00	100.00
2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2 "	5.22	0.17	0.17	99.83
3/8 "	5.33	0.18	0.35	99.65
1/4 "	11.18	0.37	0.72	99.28
N° 4	14.75	0.49	1.22	98.78
N° 8	63.52	2.12	3.33	96.67
N° 10	23.73	0.79	4.12	95.88
N° 16	65.45	2.18	6.31	93.69
N° 20	32.77	1.09	7.40	92.60
N° 30	53.43	1.78	9.18	90.82
N° 40	182.09	6.07	15.25	84.75
N° 50	269.92	9.00	24.25	75.75
N° 60	185.70	6.19	30.44	69.56
N° 80	375.42	12.51	42.95	57.05
N° 100	138.81	4.63	47.58	52.42
N° 200	360.92	12.03	59.61	40.39
Fondo	32.05			
Finos	1211.76			

LÍMITES DE ATTERBERG

SOLICITANTES	:	Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	:	"PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	:	E:0504373 -N:8587493-Z:3761
FECHA	:	14/02/18
SONDAJE	:	Calicata
MUESTRA	:	C-01
PROFUNDIDAD	:	0.00 - 1,40 m

Muestra	C-01							
Límites de Consistencia	Límite Líquido				Límite Plástico			
Nº de golpes	12	19	24	32	-	-	-	-
Nº Tara (g)	T-14	T-16	T-12	T-03	T-16	T-12	T-15	
Peso suelo húmedo (g)	40.03	33.70	40.38	37.10	3.06	3.27	4.59	
Peso suelo seco (g)	32.90	28.46	34.48	31.83	2.70	2.85	4.03	
Humedad %	21.67	18.41	17.11	16.56	13.33	14.74	13.90	
Límites	17.04				13.99			

LÍMITE LÍQUIDO



Límites de Consistencia

Límite Líquido	17.04
Límite Plástico	13.99
Índice Plástico	3.05

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

SOLICITANTES	: Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	: "PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	: E:0504373 -N:8587493-Z:3761
FECHA	: 14/02/18

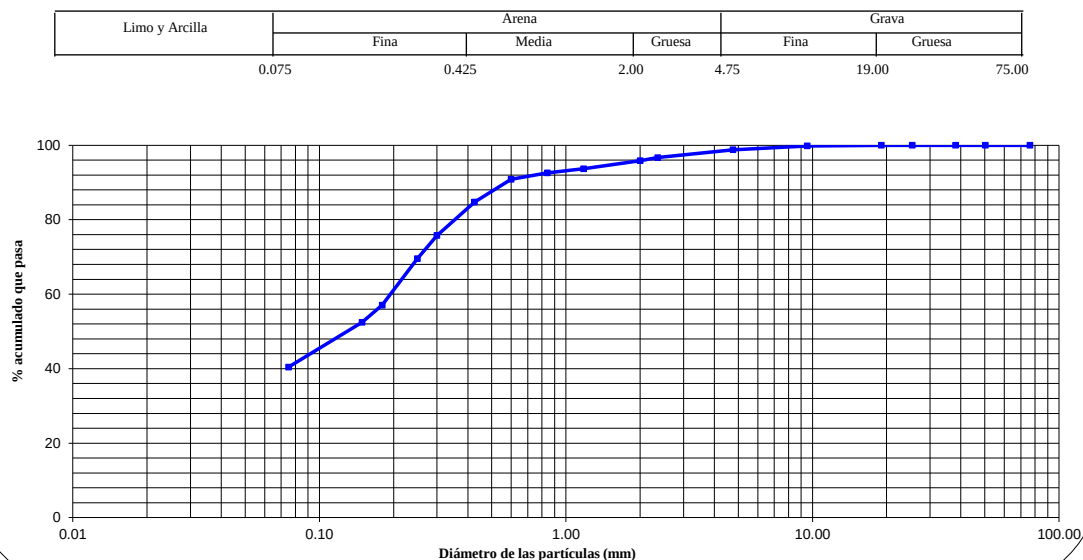
Sondaje	Calicata	
Muestra	C-01	
Profundidad (m)	0.00 - 1.40 m	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	3"	76.200
	2"	50.300
	1 1/2"	38.100
	1"	25.400
	3/4"	19.050
	3/8"	9.525
	Nº 004	4.760
	Nº 008	2.360
	Nº 010	2.000
	Nº 016	1.180
	Nº 020	0.840
	Nº 030	0.600
	Nº 040	0.426
	Nº 050	0.300
	Nº 060	0.250
	Nº 080	0.180
	Nº 100	0.149
	Nº 200	0.075

Clasificación (S.U.C.S.)	SM
Descripción :	SM - Silty sand
Clasificación (AASHTO)	A-4
Descripción (AASHTO)	REGULAR A MALO
Contenido de Humedad (%)	13.29
Límite Líquido (LL) (%)	17.04
Límite Plástico (LP) (%)	13.99
Límite Contracción (LC) (%)	NP
Índice Plástico (IP) (%)	3.05

D ₁₀ (mm)	0.00
D ₃₀ (mm)	0.00
D ₆₀ (mm)	0.19
Cu	0.00
Cc	0.00

% GRAVA	1.22	Gruesa	0.00
		Fina	1.22
% ARENA	58.39	Gruesa	2.91
		Media	11.12
% FINOS	40.39	Fina	44.36
			40.39

CURVA GRANULOMÉTRICA



**ANÁLISIS MÉCANICO POR TAMIZADO
CONTENIDO DE HUMEDAD
(ASTM D422-2216)**

SOLICITANTES	:	Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	:	"PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	:	E:0504373 -N:8587493-Z:3761
FECHA	:	19/02/18
SONDAJE	:	Calicata
MUESTRA	:	C-01
PROFUNDIDAD	:	1,40 - 1,50 m

Peso suelo seco	3000.00
Peso suelo tamizado	1839.37

CONTENIDO DE HUMEDAD				
N° Tara	T-04	T-14	T-13	T-11
Peso de SH (g)	58.37	55.60	60.97	62.53
Peso de SS (g)	50.45	47.44	52.29	53.41
Peso del agua (g)	7.92	8.16	8.68	9.12
C.Humedad (g)	15.70	17.20	16.60	17.08
C. H. Prom. (%)	16.64			

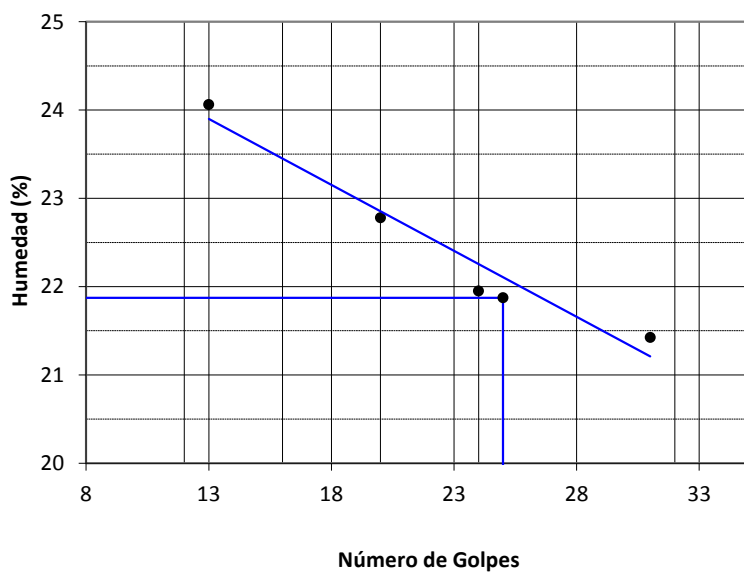
Tamiz (Pulg.)	Peso Retenido (grs)	Porcentaje Parcial re- tenido (%)	Porcentaje Acumulado	
			Retenido (%)	Que pasa (%)
3 "	0.00	0.00	0.00	100.00
2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	35.08	1.17	1.17	98.83
3/4 "	0.00	0.00	1.17	98.83
1/2 "	2.65	0.09	1.26	98.74
3/8 "	5.57	0.19	1.44	98.56
1/4 "	21.91	0.73	2.17	97.83
N° 4	23.36	0.78	2.95	97.05
N° 8	85.83	2.86	5.81	94.19
N° 10	24.86	0.83	6.64	93.36
N° 16	61.41	2.05	8.69	91.31
N° 20	30.76	1.03	9.71	90.29
N° 30	53.68	1.79	11.50	88.50
N° 40	194.55	6.49	17.99	82.01
N° 50	252.97	8.43	26.42	73.58
N° 60	165.67	5.52	31.94	68.06
N° 80	331.51	11.05	42.99	57.01
N° 100	123.14	4.10	47.10	52.90
N° 200	380.25	12.68	59.77	40.23
Fondo	46.17			
Finos	1206.80			

LÍMITES DE ATTERBERG

SOLICITANTES	:	Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	:	"PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	:	E:0504373 -N:8587493-Z:3761
FECHA	:	19/02/18
SONDAJE	:	Calicata
MUESTRA	:	C-01
PROFUNDIDAD	:	1,40 - 1,50 m

Muestra	C-01							
Límites de Consistencia	Límite Líquido				Límite Plástico			
Nº de golpes	13	20	24	31	-	-	-	-
Nº Tara (g)	T-02	T-12	T-16	T-11	T-01	T-06	T-12	
Peso suelo húmedo (g)	32.07	27.22	29.78	28.45	4.19	4.50	4.64	
Peso suelo seco (g)	25.85	22.17	24.42	23.43	3.67	3.92	4.03	
Humedad %	24.06	22.78	21.95	21.43	14.17	14.80	15.14	
Límites	21.87				14.70			

LÍMITE LÍQUIDO



Límites de Consistencia

Límite Líquido	21.87
Límite Plástico	14.70
Índice Plástico	7.17

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

SOLICITANTES	: Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	: "PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	: E:0504373 -N:8587493-Z:3761
FECHA	: 19/02/18

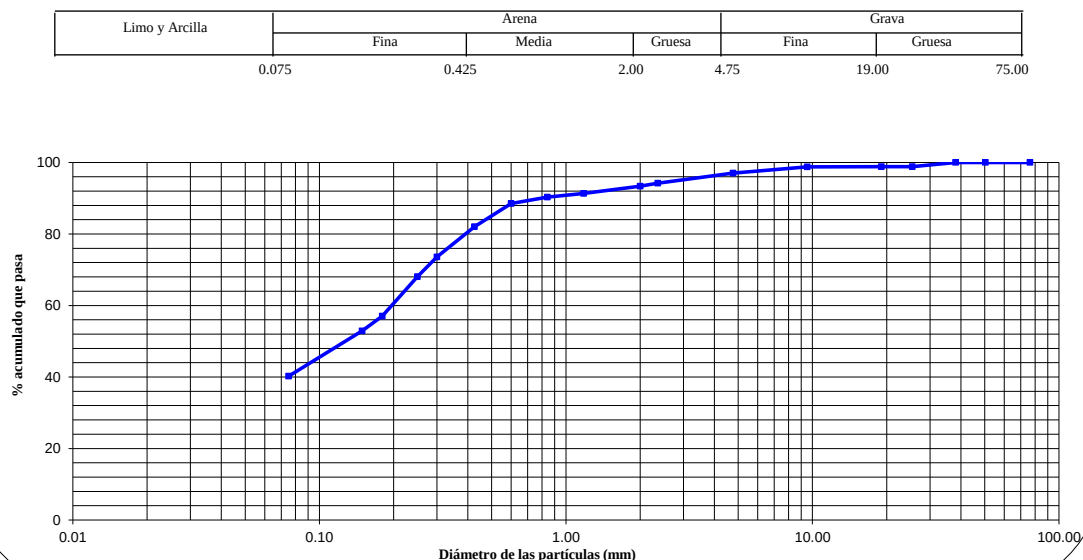
Sondaje	Calicata	
Muestra	C-01	
Profundidad (m)	1,40 - 1,50 m	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	3"	76.200
	2"	50.300
	1 1/2"	38.100
	1"	25.400
	3/4"	19.050
	3/8"	9.525
	Nº 004	4.760
	Nº 008	2.360
	Nº 010	2.000
	Nº 016	1.180
	Nº 020	0.840
	Nº 030	0.600
	Nº 040	0.426
	Nº 050	0.300
	Nº 060	0.250
	Nº 080	0.180
	Nº 100	0.149
	Nº 200	0.075

Clasificación (S.U.C.S.)	SC
Descripción :	SC - Clayey sand
Clasificación (AASHTO)	A-4
Descripción (AASHTO)	REGULAR A MALO
Contenido de Humedad (%)	16.64
Límite Líquido (LL) (%)	21.87
Límite Plástico (LP) (%)	14.70
Límite Contracción (LC) (%)	NP
Índice Plástico (IP) (%)	7.17

D ₁₀ (mm)	0.00
D ₃₀ (mm)	0.00
D ₆₀ (mm)	0.20
Cu	0.00
Cc	0.00

% GRAVA	2.95	Gruesa	1.17
		Fina	1.78
% ARENA	56.82	Gruesa	3.69
		Media	11.35
		Fina	41.78
% FINOS	40.23		40.23

CURVA GRANULOMÉTRICA



**ANÁLISIS MÉCANICO POR TAMIZADO
CONTENIDO DE HUMEDAD
(ASTM D422-2216)**

SOLICITANTES	:	Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	:	"PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	:	E:0504411 -N:8587486-Z:3764
FECHA	:	20/02/18
SONDAJE	:	Calicata
MUESTRA	:	C-02
PROFUNDIDAD	:	0.00 - 0,70 m

Peso suelo seco	3000.00
Peso suelo tamizado	1730.37

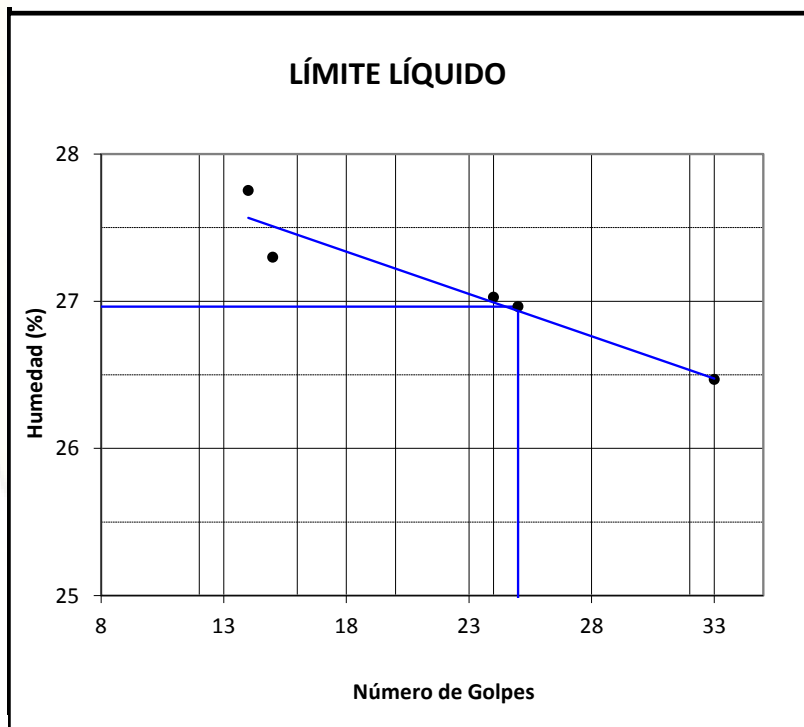
CONTENIDO DE HUMEDAD					
N° Tara	T-08	T-06	T-12	T-03	T-02
Peso de SH (g)	55.60	60.74	56.56	58.11	59.39
Peso de SS (g)	43.84	47.65	44.66	45.40	47.28
Peso del agua (g)	11.76	13.09	11.90	12.71	12.11
C.Humedad (g)	26.82	27.47	26.65	28.00	25.61
C. H. Prom. (%)	26.91				

Tamiz (Pulg.)	Peso Retenido (grs)	Porcentaje Parcial re- tenido (%)	Porcentaje Acumulado Retenido (%)	Que pasa (%)
3 "	0.00	0.00	0.00	100.00
2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1/4 "	1.30	0.04	0.04	99.96
N° 4	2.08	0.07	0.11	99.89
N° 8	7.91	0.26	0.38	99.62
N° 10	3.44	0.11	0.49	99.51
N° 16	15.23	0.51	1.00	99.00
N° 20	14.43	0.48	1.48	98.52
N° 30	62.33	2.08	3.56	96.44
N° 40	280.07	9.34	12.89	87.11
N° 50	279.13	9.30	22.20	77.80
N° 60	196.26	6.54	28.74	71.26
N° 80	340.50	11.35	40.09	59.91
N° 100	146.80	4.89	44.98	55.02
N° 200	366.99	12.23	57.22	42.78
Fondo	13.90			
Finos	1283.53			

LÍMITES DE ATTERBERG

SOLICITANTES	:	Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	:	"PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	:	E:0504411 -N:8587486-Z:3764
FECHA	:	20/02/18
SONDAJE	:	Calicata
MUESTRA	:	C-02
PROFUNDIDAD	:	0.00 - 0,70 m

Muestra	C-02							
Límites de Consistencia	Límite Líquido				Límite Plástico			
Nº de golpes	14	15	24	33	-	-	-	-
Nº Tara (g)	T-02	T-14	T-04	T-05	T-10	T-16	T-13	
Peso suelo húmedo (g)	28.68	36.98	36.05	28.00	4.00	3.11	4.17	
Peso suelo seco (g)	22.45	29.05	28.38	22.14	3.34	2.60	3.49	
Humedad %	27.75	27.30	27.03	26.47	19.76	19.62	19.48	
Límites	26.96				19.62			



Límites de Consistencia	
Límite Líquido	26.96
Límite Plástico	19.62
Índice Plástico	7.34

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

SOLICITANTES	: Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	: "PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	: E:0504411 -N:8587486-Z:3764
FECHA	: 20/02/18

Sondaje	Calicata	
Muestra	C-02	
Profundidad (m)	0.00 - 0.70 m	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	3"	76.200
	2"	50.300
	1 1/2"	38.100
	1"	25.400
	3/4"	19.050
	3/8"	9.525
	Nº 004	4.760
	Nº 008	2.360
	Nº 010	2.000
	Nº 016	1.180
	Nº 020	0.840
	Nº 030	0.600
	Nº 040	0.426
	Nº 050	0.300
	Nº 060	0.250
	Nº 080	0.180
	Nº 100	0.149
	Nº 200	0.075

Clasificación (S.U.C.S.)	SC
Descripción :	SC - Clayey sand
Clasificación (AASHTO)	A-4
Descripción (AASHTO)	REGULAR A MALO
Contenido de Humedad (%)	26.91
Límite Líquido (LL) (%)	26.96
Límite Plástico (LP) (%)	19.62
Límite Contracción (LC) (%)	NP
Índice Plástico (IP) (%)	7.34

D ₁₀ (mm)	0.00
D ₃₀ (mm)	0.00
D ₆₀ (mm)	0.18
Cu	0.00
Cc	0.00

% GRAVA	0.11	Gruesa	0.00
		Fina	0.11
% ARENA	57.10	Gruesa	0.38
		Media	12.40
		Fina	44.32
% FINOS	42.78		42.78

CURVA GRANULOMÉTRICA



**ANÁLISIS MÉCANICO POR TAMIZADO
CONTENIDO DE HUMEDAD
(ASTM D422-2216)**

SOLICITANTES	:	Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	:	"PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	:	E:0504473 -N:8587434-Z:3755
FECHA	:	21/02/18
SONDAJE	:	Calicata
MUESTRA	:	C-03
PROFUNDIDAD	:	0.00 - 0,50 m

Peso suelo seco	3000.00
Peso suelo tamizado	1336.58

CONTENIDO DE HUMEDAD					
N° Tara	T-06	T-08	T-12	T-02	T-03
Peso de SH (g)	57.84	59.33	58.59	58.39	59.92
Peso de SS (g)	47.84	49.14	48.66	48.01	49.20
Peso del agua (g)	10.00	10.19	9.93	10.38	10.72
C.Humedad (g)	20.90	20.74	20.41	21.62	21.79
C. H. Prom. (%)	21.09				

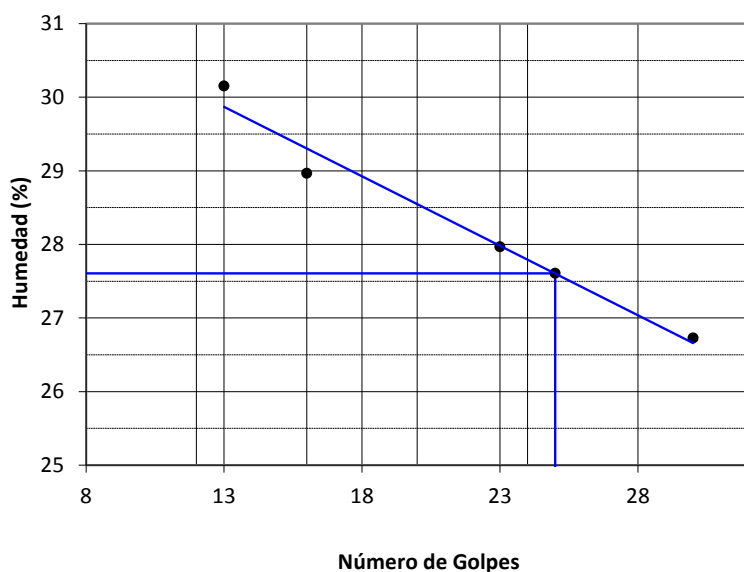
Tamiz (Pulg.)	Peso Retenido (grs)	Porcentaje Parcial re- tenido (%)	Porcentaje Acumulado	
			Retenido (%)	Que pasa (%)
3 "	0.00	0.00	0.00	100.00
2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2 "	7.73	0.26	0.26	99.74
3/8 "	1.90	0.06	0.32	99.68
1/4 "	6.57	0.22	0.54	99.46
N° 4	1.75	0.06	0.60	99.40
N° 8	11.11	0.37	0.97	99.03
N° 10	3.28	0.11	1.08	98.92
N° 16	10.06	0.34	1.41	98.59
N° 20	6.00	0.20	1.61	98.39
N° 30	41.04	1.37	2.98	97.02
N° 40	231.13	7.70	10.69	89.31
N° 50	142.39	4.75	15.43	84.57
N° 60	131.63	4.39	19.82	80.18
N° 80	209.00	6.97	26.79	73.21
N° 100	106.20	3.54	30.33	69.67
N° 200	389.37	12.98	43.31	56.69
Fondo	37.42			
Finos	1700.84			

LÍMITES DE ATTERBERG

SOLICITANTES	:	Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	:	"PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	:	E:0504473 -N:8587434-Z:3755
FECHA	:	21/02/18
SONDAJE	:	Calicata
MUESTRA	:	C-03
PROFUNDIDAD	:	0.00 - 0,50 m

Muestra	C-03							
Límites de Consistencia	Límite Líquido				Límite Plástico			
Nº de golpes	13	16	23	30	-	-	-	-
Nº Tara (g)	T-10	T-04	T-08	T-01	T-02	T-03	T-05	
Peso suelo húmedo (g)	24.95	24.31	27.50	26.98	4.50	4.88	4.52	
Peso suelo seco (g)	19.17	18.85	21.49	21.29	3.83	4.15	3.84	
Humedad %	30.15	28.97	27.97	26.73	17.49	17.59	17.71	
Límites	27.61				17.60			

LÍMITE LÍQUIDO



Límites de Consistencia

Límite Líquido	27.61
Límite Plástico	17.60
Índice Plástico	10.01

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

SOLICITANTES	: Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	: "PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	: E:0504473 -N:8587434-Z:3755
FECHA	: 21/02/18

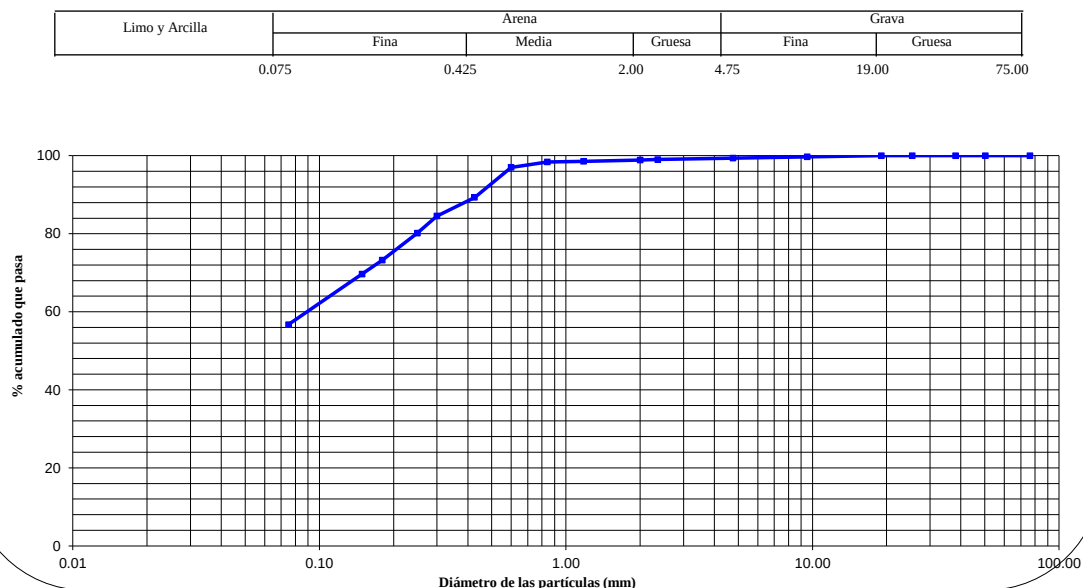
Sondaje	Calicata	
Muestra	C-03	
Profundidad (m)	0.00 - 0.50 m	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	3"	76.200
	2"	50.300
	1 1/2"	38.100
	1"	25.400
	3/4"	19.050
	3/8"	9.525
	Nº 004	4.760
	Nº 008	2.360
	Nº 010	2.000
	Nº 016	1.180
	Nº 020	0.840
	Nº 030	0.600
	Nº 040	0.426
	Nº 050	0.300
	Nº 060	0.250
	Nº 080	0.180
	Nº 100	0.149
	Nº 200	0.075

Clasificación (S.U.C.S.)	CL
Descripción :	CL - Sandy lean clay
Clasificación (AASHTO)	N-C
Descripción (AASHTO)	
Contenido de Humedad (%)	21.09
Límite Líquido (LL) (%)	27.61
Límite Plástico (LP) (%)	17.60
Límite Contracción (LC) (%)	NP
Índice Plástico (IP) (%)	10.01

D ₁₀ (mm)	0.00
D ₃₀ (mm)	0.00
D ₆₀ (mm)	0.09
Cu	0.00
Cc	0.00

% GRAVA	0.60	Gruesa	0.00
		Fina	0.60
% ARENA	42.71	Gruesa	0.48
		Media	9.61
		Fina	32.62
% FINOS	56.69		56.69

CURVA GRANULOMÉTRICA



**ANÁLISIS MÉCANICO POR TAMIZADO
CONTENIDO DE HUMEDAD
(ASTM D422-2216)**

SOLICITANTES	:	Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	:	"PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	:	E:0504469 -N:8587428-Z:3755
FECHA	:	22/02/18
SONDAJE	:	Trinchera
MUESTRA	:	T-12
PROFUNDIDAD	:	0.00 - 1,10 m

Peso suelo seco	3000.00
Peso suelo tamizado	1240.80

CONTENIDO DE HUMEDAD					
N° Tara	T-13	T-16	T-11	T-06	T-10
Peso de SH (g)	53.03	54.40	56.71	54.42	50.39
Peso de SS (g)	43.72	45.03	46.79	45.01	41.79
Peso del agua (g)	9.31	9.37	9.92	9.41	8.60
C.Humedad (g)	21.29	20.81	21.20	20.91	20.58
C. H. Prom. (%)	20.96				

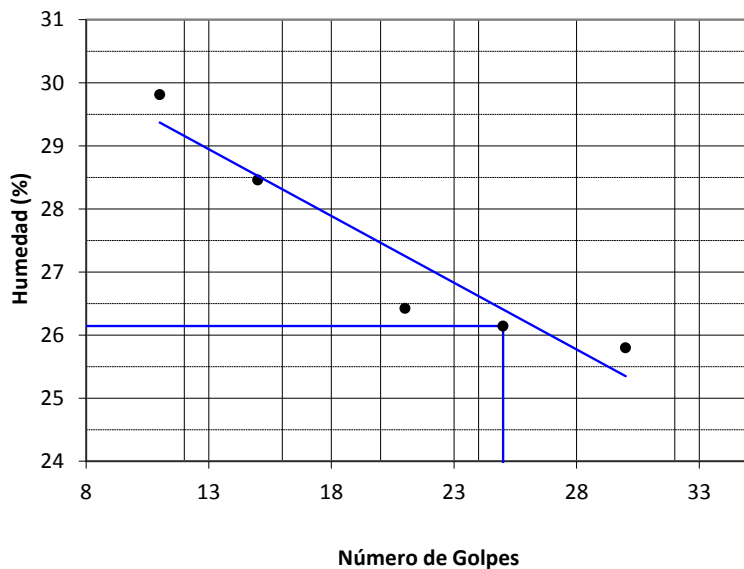
Tamiz (Pulg.)	Peso Retenido (grs)	Porcentaje Parcial re- tenido (%)	Porcentaje Acumulado	
			Retenido (%)	Que pasa (%)
3 "	0.00	0.00	0.00	100.00
2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1/4 "	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	1.08	0.04	0.04	99.96
N° 8	4.08	0.14	0.17	99.83
N° 10	1.99	0.07	0.24	99.76
N° 16	5.20	0.17	0.41	99.59
N° 20	3.09	0.10	0.51	99.49
N° 30	24.63	0.82	1.34	98.66
N° 40	155.97	5.20	6.53	93.47
N° 50	169.81	5.66	12.20	87.81
N° 60	135.12	4.50	16.70	83.30
N° 80	240.09	8.00	24.70	75.30
N° 100	132.71	4.42	29.13	70.87
N° 200	342.99	11.43	40.56	59.44
Fondo	24.04			
Finos	1783.24			

LÍMITES DE ATTERBERG

SOLICITANTES	:	Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	:	"PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACION	:	E:0504469 -N:8587428-Z:3755
FECHA	:	22/02/18
SONDAJE	:	Trinchera
MUESTRA	:	T-12
PROFUNDIDAD	:	0.00 - 1,10 m

Muestra	T-12							
Límites de Consistencia	Límite Líquido				Límite Plástico			
N° de golpes	11	15	21	30	-	-	-	-
N° Tara (g)	T-05	T-03	T-11	T-07	T-08	T-11	T-14	
Peso suelo húmedo (g)	23.95	19.59	19.76	22.92	4.23	4.57	3.85	
Peso suelo seco (g)	18.45	15.25	15.63	18.22	3.69	4.01	3.33	
Humedad %	29.81	28.46	26.42	25.80	14.63	13.97	15.62	
Límites	26.14				14.74			

LÍMITE LÍQUIDO



Límites de Consistencia

Límite Líquido	26.14
Límite Plástico	14.74
Índice Plástico	11.40

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

SOLICITANTES	: Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	: "PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	: E:0504469 -N:8587428-Z:3755
FECHA	: 22/02/18

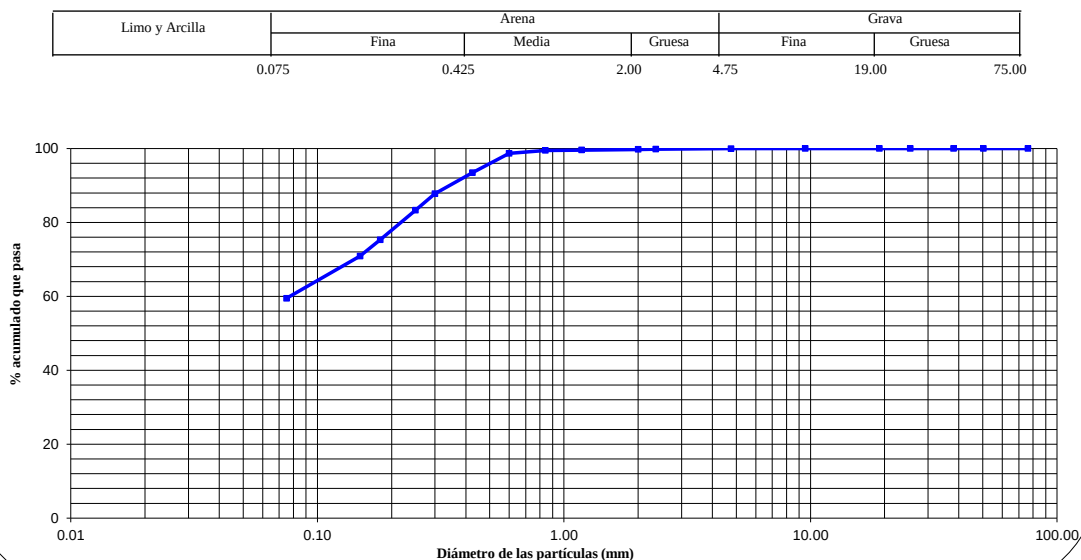
Sondaje	Trinchera	
Muestra	T-12	
Profundidad (m)	0.00 - 1.10 m	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	3"	76.200
	2"	50.300
	1 1/2"	38.100
	1"	25.400
	3/4"	19.050
	3/8"	9.525
	Nº 004	4.760
	Nº 008	2.360
	Nº 010	2.000
	Nº 016	1.180
	Nº 020	0.840
	Nº 030	0.600
	Nº 040	0.426
	Nº 050	0.300
	Nº 060	0.250
	Nº 080	0.180
	Nº 100	0.149
	Nº 200	0.075

Clasificación (S.U.C.S.)	CL
Descripción :	CL - Sandy lean clay
Clasificación (AASHTO)	A-6
Descripción (AASHTO)	MALO
Contenido de Humedad (%)	20.96
Límite Líquido (LL) (%)	26.14
Límite Plástico (LP) (%)	14.74
Límite Contracción (LC) (%)	NP
Índice Plástico (IP) (%)	11.40

D ₁₀ (mm)	0.00
D ₃₀ (mm)	0.00
D ₆₀ (mm)	0.08
Cu	0.00
Cc	0.00

% GRAVA	0.04	Gruesa	0.00
		Fina	0.04
% ARENA	40.52	Gruesa	0.20
		Media	6.30
		Fina	34.02
% FINOS	59.44		59.44

CURVA GRANULOMÉTRICA



**ANÁLISIS MÉCANICO POR TAMIZADO
CONTENIDO DE HUMEDAD
(ASTM D422-2216)**

SOLICITANTES	:	Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	:	"PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	:	E:0504469 -N:8587421-Z:3752
FECHA	:	23/02/18
SONDAJE	:	Trinchera
MUESTRA	:	T-13
PROFUNDIDAD	:	0.00 - 5.50

Peso suelo seco	3000.00
Peso suelo tamizado	1071.80

CONTENIDO DE HUMEDAD					
N° Tara	T-06	T-03	T-02	T-08	T-12
Peso de SH (g)	56.61	53.79	56.69	57.91	54.61
Peso de SS (g)	50.60	47.92	49.59	50.55	48.76
Peso del agua (g)	6.01	5.87	7.10	7.36	5.85
C.Humedad (g)	11.88	12.25	14.32	14.56	12.00
C. H. Prom. (%)	13.00				

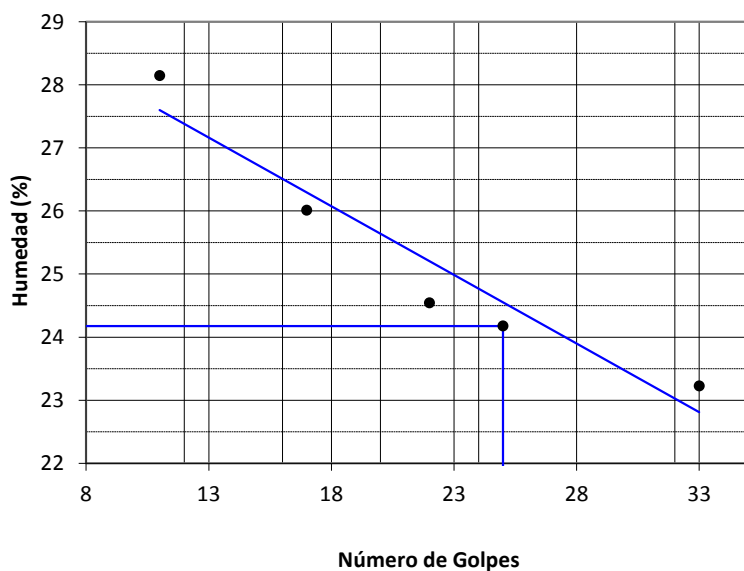
Tamiz (Pulg.)	Peso Retenido (grs)	Porcentaje Parcial re- tenido (%)	Porcentaje Acumulado	
			Retenido (%)	Que pasa (%)
3 "	0.00	0.00	0.00	100.00
2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8 "	5.86	0.20	0.20	99.80
1/4 "	3.14	0.10	0.30	99.70
N° 4	3.73	0.12	0.42	99.58
N° 8	9.05	0.30	0.73	99.27
N° 10	2.53	0.08	0.81	99.19
N° 16	11.36	0.38	1.19	98.81
N° 20	9.51	0.32	1.51	98.49
N° 30	22.94	0.76	2.27	97.73
N° 40	91.45	3.05	5.32	94.68
N° 50	104.27	3.48	8.79	91.21
N° 60	85.67	2.86	11.65	88.35
N° 80	186.65	6.22	17.87	82.13
N° 100	127.00	4.23	22.11	77.89
N° 200	398.82	13.29	35.40	64.60
Fondo	9.82			
Finos	1938.02			

LÍMITES DE ATTERBERG

SOLICITANTES	:	Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	:	“PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH”
UBICACIÓN	:	E:0504469 -N:8587421-Z:3752
FECHA	:	23/02/18
SONDAJE	:	Trinchera
MUESTRA	:	T-13
PROFUNDIDAD	:	0.00 - 5.50

Muestra	T-13							
Límites de Consistencia	Límite Líquido				Límite Plástico			
N° de golpes	11	17	22	33	-	-	-	-
N° Tara (g)	T-02	T-16	T-12	T-09	T-06	T-12	T-01	T-02
Peso suelo húmedo (g)	27.82	25.34	31.06	34.01	3.05	3.70	7.33	-
Peso suelo seco (g)	21.71	20.11	24.94	27.60	2.72	3.27	6.47	-
Humedad %	28.14	26.01	24.54	23.22	12.13	13.15	13.29	-
Límites	24.17				12.86			

LÍMITE LÍQUIDO



Límites de Consistencia

Límite Líquido	24.17
Límite Plástico	12.86
Índice Plástico	11.32

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

SOLICITANTES	: Testistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	: "PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	: E:0504469 -N:8587421-Z:3752
FECHA	: 23/02/18

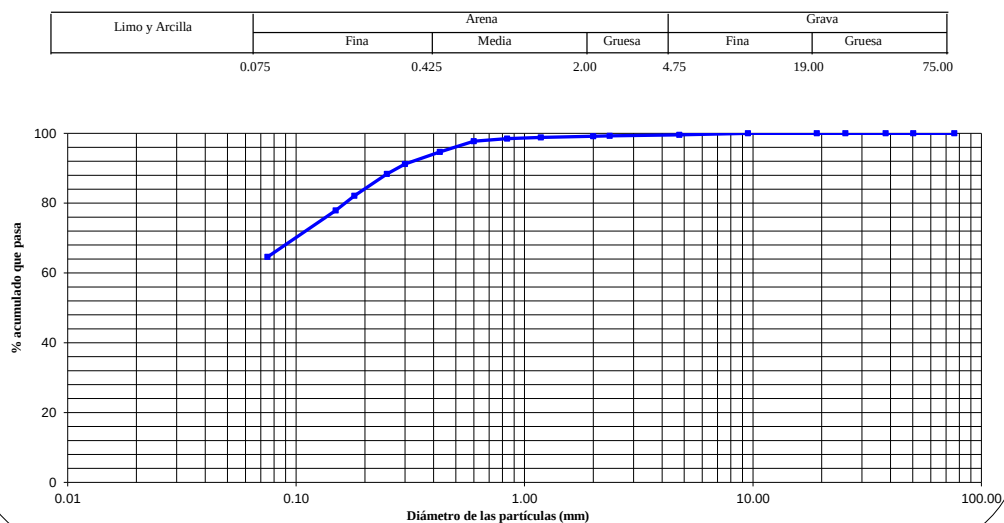
Sondaje	Trinchera	
Muestra	T-13	
Profundidad (m)	0.00 - 5.50	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	3"	76.200
	2"	50.300
	1 1/2"	38.100
	1"	25.400
	3/4"	19.050
	3/8"	9.525
	Nº 004	4.760
	Nº 008	2.360
	Nº 010	2.000
	Nº 016	1.180
	Nº 020	0.840
	Nº 030	0.600
	Nº 040	0.426
	Nº 050	0.300
	Nº 060	0.250
	Nº 080	0.180
	Nº 100	0.149
	Nº 200	0.075

Clasificación (S.U.C.S.)	CL
Descripción :	CL - Sandy lean clay
Clasificación (AASHTO)	A-6
Descripción (AASHTO)	MALO
Contenido de Humedad (%)	13.00
Límite Líquido (LL) (%)	24.17
Límite Plástico (LP) (%)	12.86
Límite Contracción (LC) (%)	NP
Índice Plástico (IP) (%)	11.32

D ₁₀ (mm)	0.00
D ₃₀ (mm)	0.00
D ₆₀ (mm)	0.00
Cu	0.00
Cc	0.00

% GRAVA	0.42	Gruesa	0.00
		Fina	0.42
% ARENA	34.98	Gruesa	0.39
		Media	4.51
		Fina	30.08
% FINOS	64.60		64.60

CURVA GRANULOMÉTRICA



**ANÁLISIS MÉCANICO POR TAMIZADO
CONTENIDO DE HUMEDAD
(ASTM D422-2216)**

SOLICITANTES	:	Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	:	"PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	:	E:0504449 -N:8587431-Z:3753
FECHA	:	26/02/18
SONDAJE	:	Calicata
MUESTRA	:	C-04
PROFUNDIDAD	:	0.00 - 1,00 m

Peso suelo seco	3000.00
Peso suelo tamizado	1429.80

CONTENIDO DE HUMEDAD			
N° Tara	T-01	T-15	
Peso de SH (g)	56.79	55.50	
Peso de SS (g)	47.40	45.30	
Peso del agua (g)	9.40	10.20	
C.Humedad (g)	19.82	22.52	
C. H. Prom. (%)	21.17		

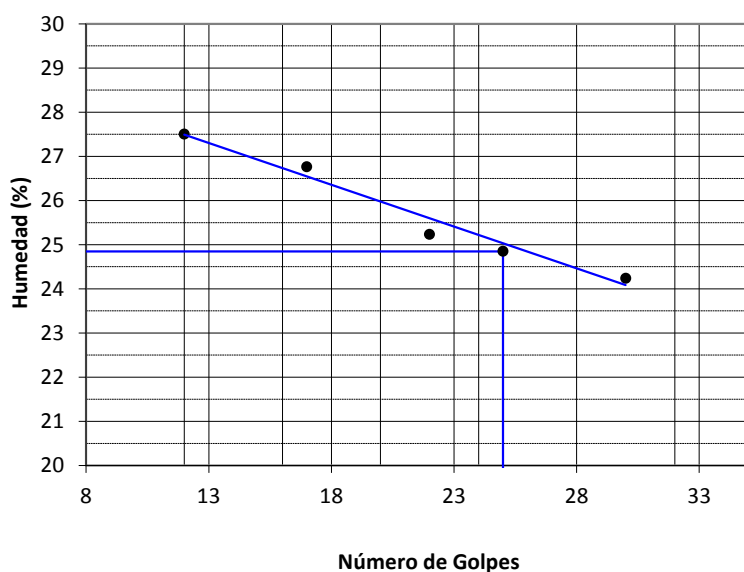
Tamiz (Pulg.)	Peso Retenido (grs)	Porcentaje	Porcentaje Acumulado	
		Parcial re- tenido (%)	Retenido (%)	Que pasa (%)
3 "	0.00	0.00	0.00	100.00
2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2 "	4.61	0.15	0.15	99.85
3/8 "	1.01	0.03	0.19	99.81
1/4 "	3.97	0.13	0.32	99.68
N° 4	4.07	0.14	0.46	99.54
N° 8	20.28	0.68	1.13	98.87
N° 10	6.16	0.21	1.34	98.66
N° 16	14.33	0.48	1.81	98.19
N° 20	9.06	0.30	2.12	97.88
N° 30	43.53	1.45	3.57	96.43
N° 40	246.20	8.21	11.77	88.23
N° 50	172.35	5.75	17.52	82.48
N° 60	153.11	5.10	22.62	77.38
N° 80	217.61	7.25	29.88	70.12
N° 100	133.51	4.45	34.33	65.67
N° 200	365.47	12.18	46.51	53.49
Fondo	34.53			
Finos	1604.73			

LÍMITES DE ATTERBERG

SOLICITANTES	:	Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	:	"PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	:	E:0504449 -N:8587431-Z:3753
FECHA	:	26/02/18
SONDAJE	:	Calicata
MUESTRA	:	C-04
PROFUNDIDAD	:	0.00 - 1,00 m

Muestra	C-04							
Límites de Consistencia	Límite Líquido				Límite Plástico			
Nº de golpes	12	17	22	30	-	-	-	-
Nº Tara (g)	T-14	T-06	T-15	T-13	T-17	T-15	T-09	
Peso suelo húmedo (g)	23.18	25.53	28.94	23.89	2.90	3.57	3.12	
Peso suelo seco (g)	18.18	20.14	23.11	19.23	2.53	3.12	2.72	
Humedad %	27.50	26.76	25.23	24.23	14.62	14.42	14.71	
Límites	24.85				14.58			

LÍMITE LÍQUIDO



Límites de Consistencia

Límite Líquido	24.85
Límite Plástico	14.58
Índice Plástico	10.27

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

SOLICITANTES	: Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	: "PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	: E:0504449 -N:8587431-Z:3753
FECHA	: 26/02/18

Sondaje	Calicata	
Muestra	C-04	
Profundidad (m)	0.00 - 1.00 m	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	3"	76.200
	2"	50.300
	1 1/2"	38.100
	1"	25.400
	3/4"	19.050
	3/8"	9.525
	Nº 004	4.760
	Nº 008	2.360
	Nº 010	2.000
	Nº 016	1.180
	Nº 020	0.840
	Nº 030	0.600
	Nº 040	0.426
	Nº 050	0.300
	Nº 060	0.250
	Nº 080	0.180
	Nº 100	0.149
	Nº 200	0.075

Clasificación (S.U.C.S.)	CL
Descripción :	CL - Sandy lean clay
Clasificación (AASHTO)	N-C
Descripción (AASHTO)	
Contenido de Humedad (%)	21.17
Límite Líquido (LL) (%)	24.85
Límite Plástico (LP) (%)	14.58
Límite Contracción (LC) (%)	NP
Índice Plástico (IP) (%)	10.27

D ₁₀ (mm)	0.00
D ₃₀ (mm)	0.00
D ₆₀ (mm)	0.11
Cu	0.00
Cc	0.00

% GRAVA	0.46	Gruesa	0.00
		Fina	0.46
% ARENA	46.05	Gruesa	0.88
		Media	10.44
		Fina	34.74
% FINOS	53.49		53.49

CURVA GRANULOMÉTRICA



**ANÁLISIS MÉCANICO POR TAMIZADO
CONTENIDO DE HUMEDAD
(ASTM D422-2216)**

SOLICITANTES	:	Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	:	“PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH”
UBICACIÓN	:	E:0504469-N:8587428-Z:3755
FECHA	:	27/02/18
SONDAJE	:	Trinchera
MUESTRA	:	T-14
PROFUNDIDAD	:	0.00 - 1,50 m

Peso suelo seco	3000.00
Peso suelo tamizado	1348.54

CONTENIDO DE HUMEDAD				
N° Tara	T-12	T-03	T-09	T-02
Peso de SH (g)	46.65	53.05	51.82	55.58
Peso de SS (g)	39.39	45.40	43.75	47.63
Peso del agua (g)	7.27	7.65	8.07	7.95
C.Humedad (g)	18.45	16.85	18.45	16.69
C. H. Prom. (%)	17.61			

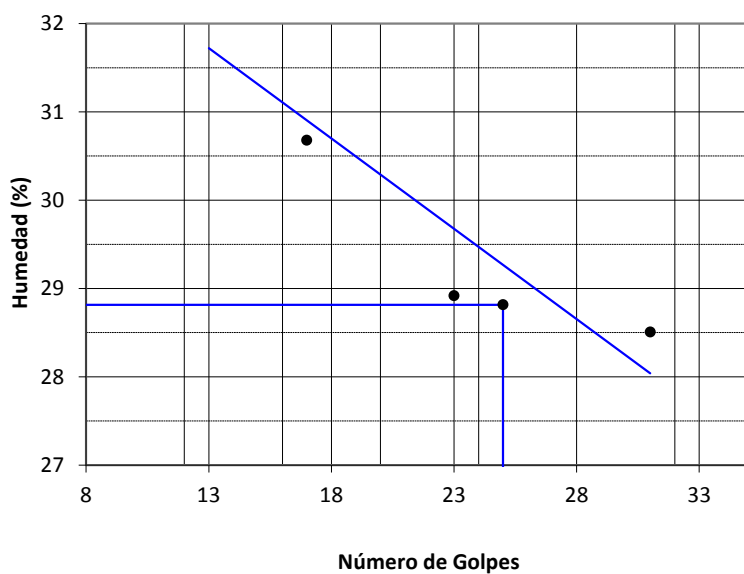
Tamiz (Pulg.)	Peso Retenido (grs)	Porcentaje Parcial re- tenido (%)	Porcentaje Acumulado	
			Retenido (%)	Que pasa (%)
3 "	0.00	0.00	0.00	100.00
2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1 "	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2 "	4.29	0.14	0.14	99.86
3/8 "	10.47	0.35	0.49	99.51
1/4 "	8.88	0.30	0.79	99.21
N° 4	5.13	0.17	0.96	99.04
N° 8	22.17	0.74	1.70	98.30
N° 10	8.92	0.30	2.00	98.00
N° 16	28.17	0.94	2.93	97.07
N° 20	24.62	0.82	3.76	96.25
N° 30	40.64	1.35	5.11	94.89
N° 40	128.61	4.29	9.40	90.60
N° 50	131.66	4.39	13.79	86.21
N° 60	143.34	4.78	18.56	81.44
N° 80	225.37	7.51	26.08	73.92
N° 100	114.32	3.81	29.89	70.11
N° 200	410.13	13.67	43.56	56.44
Fondo	41.82			
Finos	1693.28			

LÍMITES DE ATTERBERG

SOLICITANTES	:	Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	:	"PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACION	:	E:0504469-N:8587428-Z:3755
FECHA	:	27/02/18
SONDAJE	:	Trinchera
MUESTRA	:	T-14
PROFUNDIDAD	:	0.00 - 1,50 m

Muestra	T-14							
Límites de Consistencia	Límite Líquido				Límite Plástico			
N° de golpes	13	17	23	31	-	-	-	-
N° Tara (g)	T-16	T-05	T-13	T-10	T-03	T-02	T-07	
Peso suelo húmedo (g)	23.14	24.96	27.55	28.94	6.62	5.43	6.14	
Peso suelo seco (g)	17.50	19.10	21.37	22.52	5.68	4.68	5.33	
Humedad %	32.23	30.68	28.92	28.51	16.55	16.03	15.20	
Límites	28.82				15.92			

LÍMITE LÍQUIDO



Límites de Consistencia

Límite Líquido	28.82
Límite Plástico	15.92
Índice Plástico	12.89

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

SOLICITANTES	: Tesistas: Bach. Boza Capani, Marisabel Bach. Merino Ortiz, Rodrigo
PROYECTO	: "PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH"
UBICACIÓN	: E:0504469-N:8587428-Z:3755
FECHA	: 27/02/18

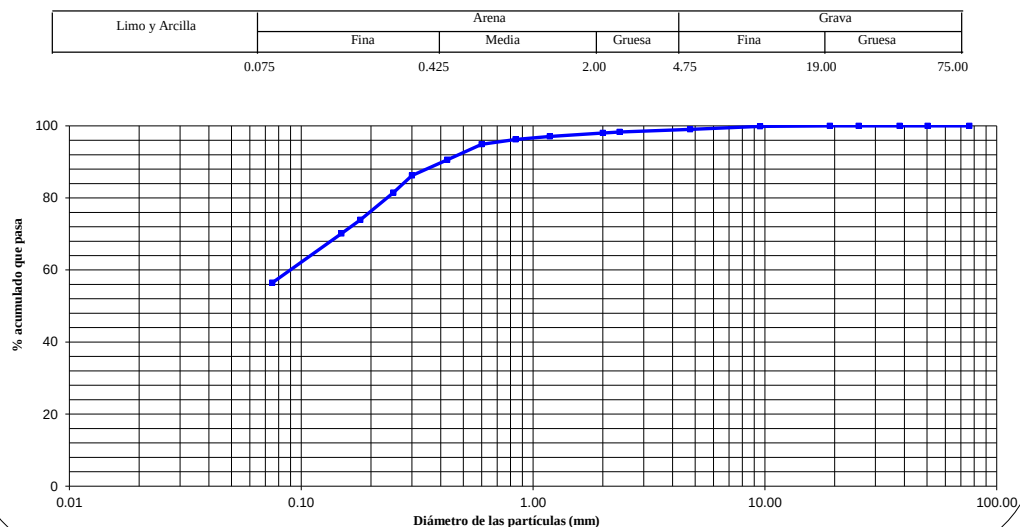
Sondaje	Trinchera	
Muestra	T-14	
Profundidad (m)	0.00 - 1.50 m	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	3"	76.200
	2"	50.300
	1 1/2"	38.100
	1"	25.400
	3/4"	19.050
	3/8"	9.525
	Nº 004	4.760
	Nº 008	2.360
	Nº 010	2.000
	Nº 016	1.180
	Nº 020	0.840
	Nº 030	0.600
	Nº 040	0.426
	Nº 050	0.300
	Nº 060	0.250
	Nº 080	0.180
	Nº 100	0.149
	Nº 200	0.075

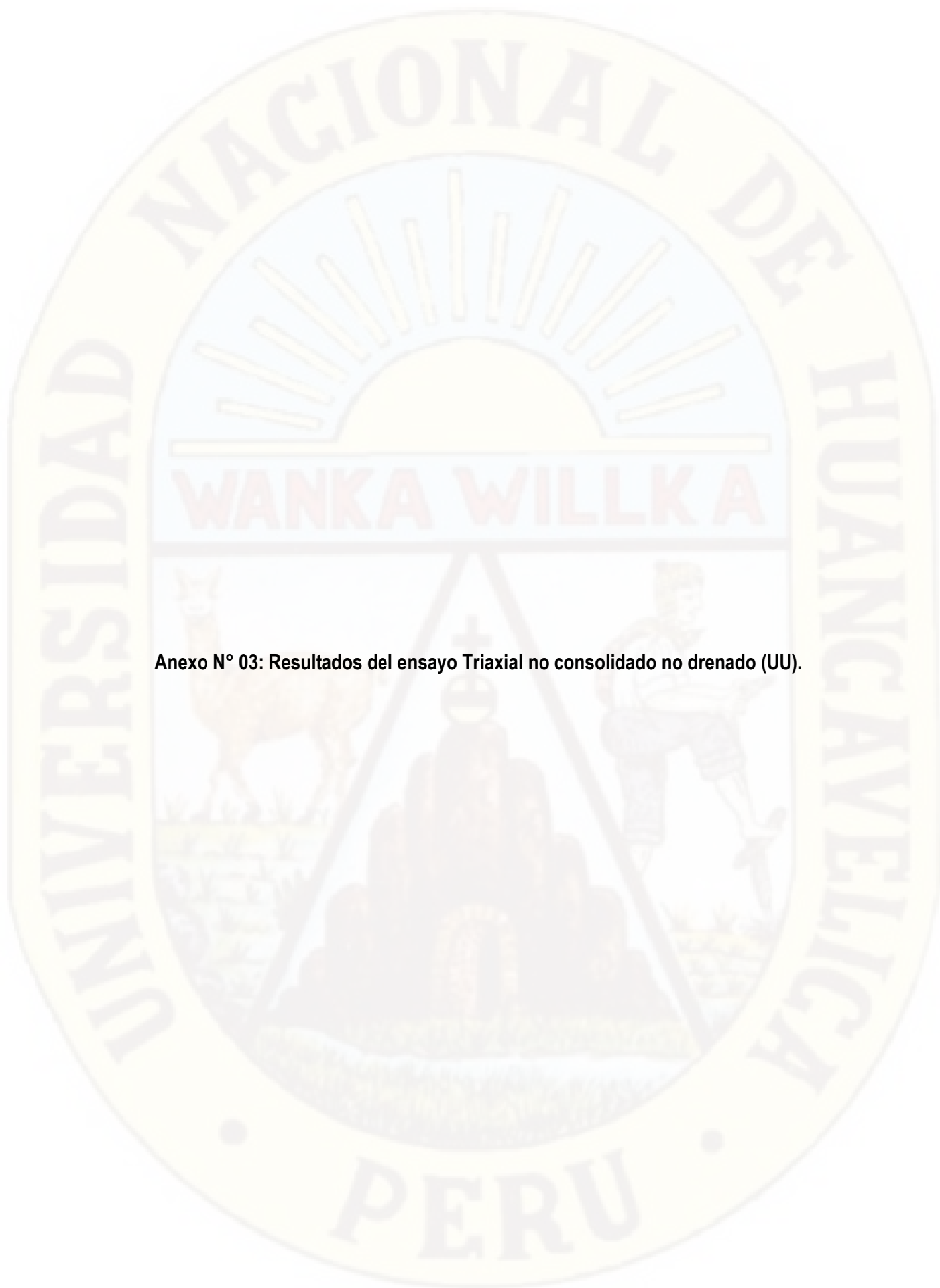
Clasificación (S.U.C.S.)	CL
Descripción :	CL - Sandy lean clay
Clasificación (AASHTO)	A-6
Descripción (AASHTO)	MALO
Contenido de Humedad (%)	17.61
Límite Líquido (LL) (%)	28.82
Límite Plástico (LP) (%)	15.92
Límite Contracción (LC) (%)	NP
Índice Plástico (IP) (%)	12.89

D ₁₀ (mm)	0.00
D ₃₀ (mm)	0.00
D ₆₀ (mm)	0.09
Cu	0.00
Cc	0.00

% GRAVA	0.96	Gruesa	0.00
		Fina	0.96
% ARENA	42.60	Gruesa	1.04
		Media	7.40
		Fina	34.16
% FINOS	56.44		56.44

CURVA GRANULOMÉTRICA



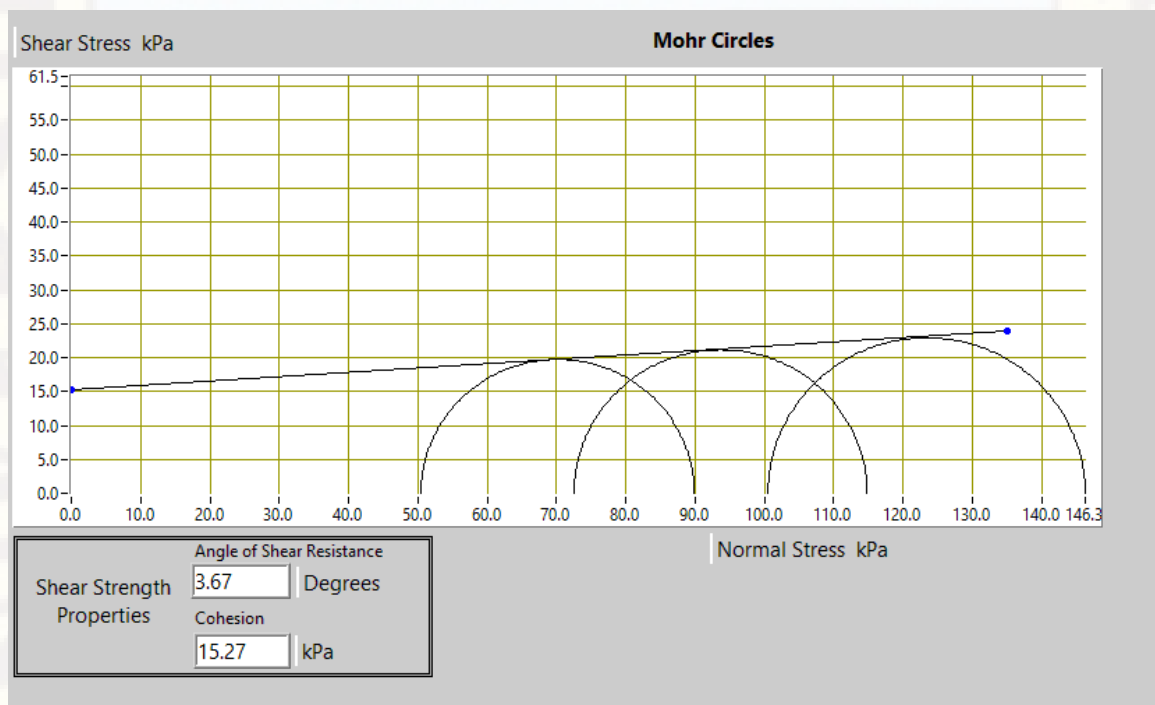


Anexo N° 03: Resultados del ensayo Triaxial no consolidado no drenado (UU).

Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils (Quick Undrained)

SUMMARY

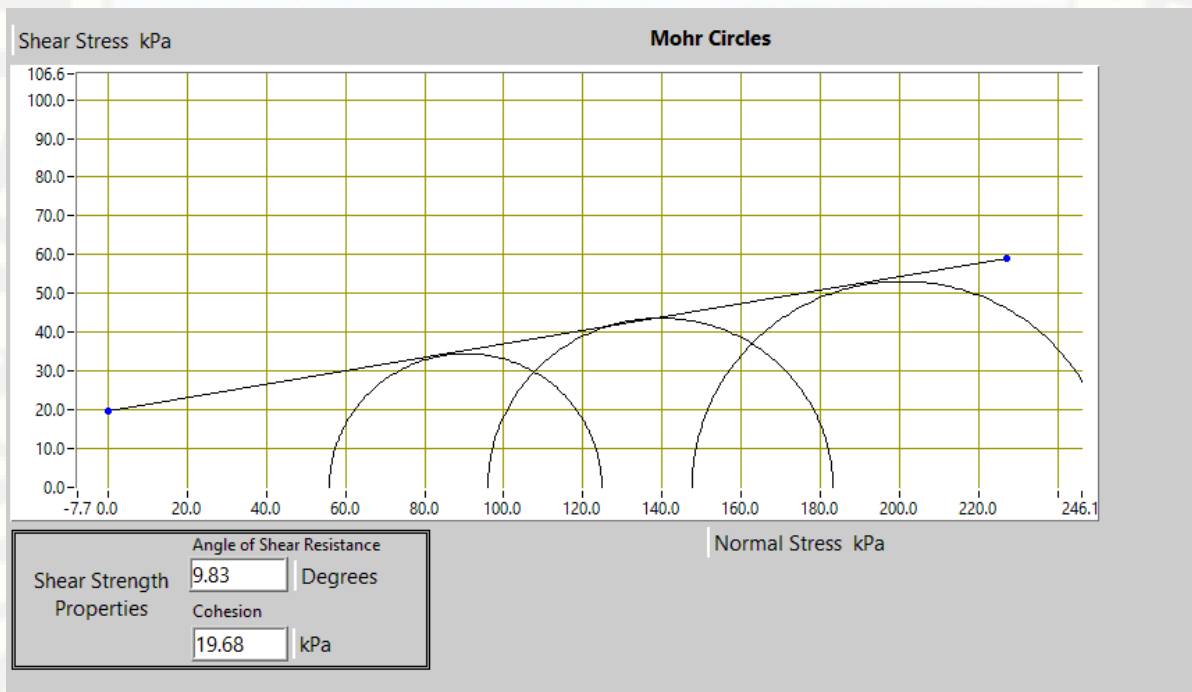
All Stages Conditions at Failure						
Ref	Minor Principal Stress	Major Principal Stress	Compressive Strength (Corrected)	Cumulative Strain	Mode of Failure	
Stage1	50.5kPa	89.9 kPa	39.5 kPa	5.91%	Maximum Deviator Stress	
Stage2	100.5kPa	146.3 kPa	45.8 kPa	13.45%	Maximum Deviator Stress	
Stage3	72.6kPa	114.9 kPa	42.3 kPa	8.33%	Maximum Deviator Stress	



Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils (Quick Undrained)

SUMMARY

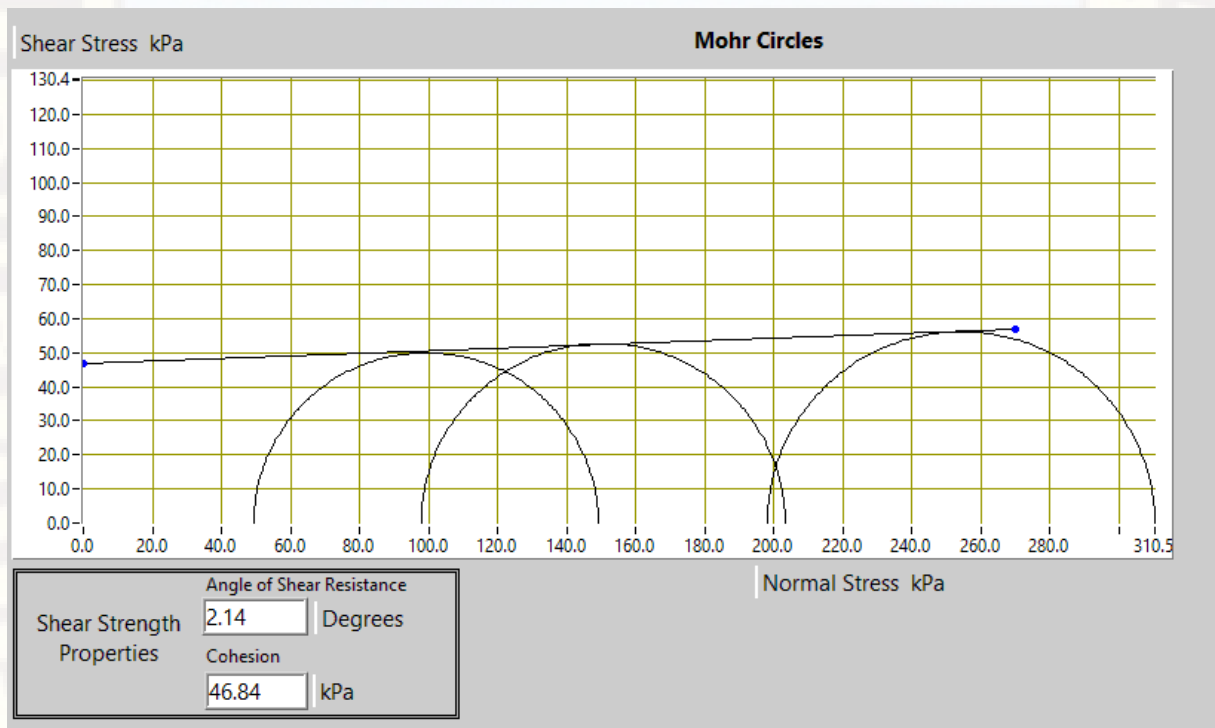
All Stages Conditions at Failure						
Ref	Minor Principal Stress	Major Principal Stress	Compressive Strength (Corrected)	Cumulative Strain	Mode of Failure	
Stage1	96.0kPa	183.2 kPa	87.2 kPa	12.88%	Maximum Deviator Stress	
Stage2	147.6kPa	253.8 kPa	106.2 kPa	17.78%	Maximum Deviator Stress	
Stage3	55.9kPa	124.8 kPa	68.9 kPa	10.47%	Maximum Deviator Stress	



Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils (Quick Undrained)

SUMMARY

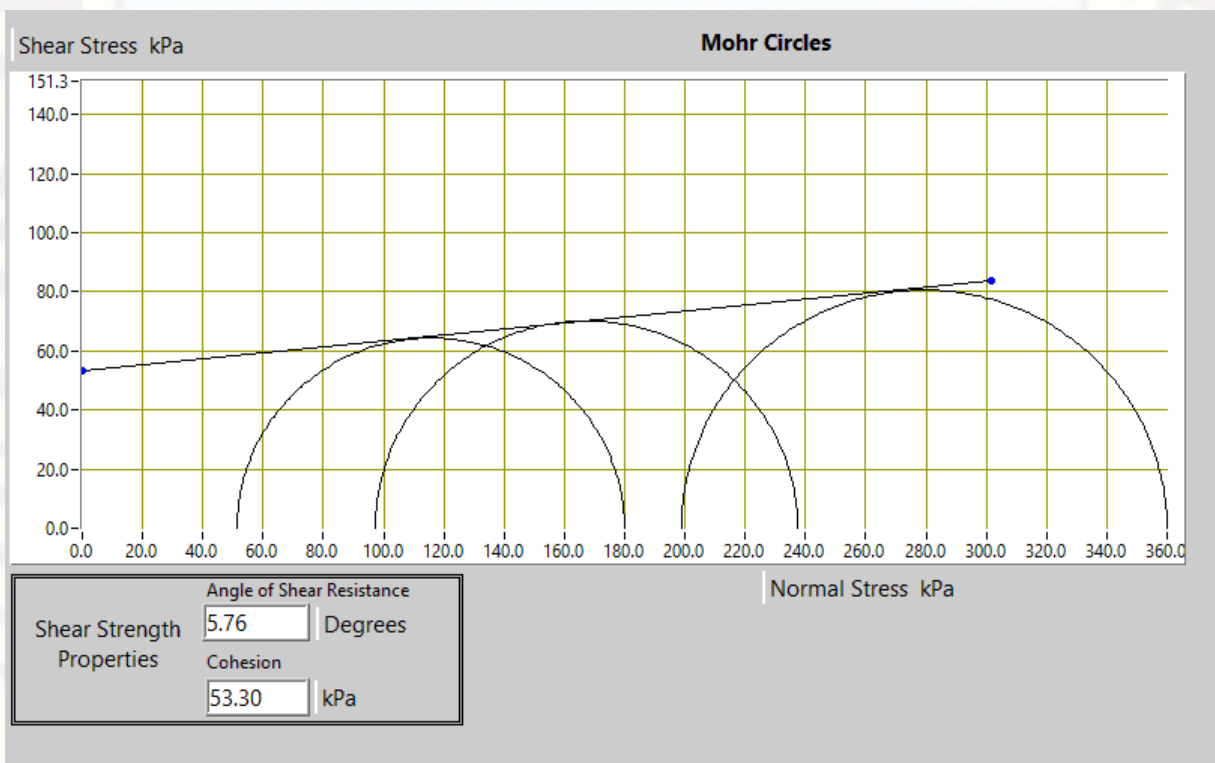
All Stages Conditions at Failure					
Ref	Minor Principal Stress	Major Principal Stress	Compressive Strength (Corrected)	Cumulative Strain	Mode of Failure
Stage1	49.4kPa	149.2 kPa	99.8 kPa	21.53%	Maximum Deviator Stress
Stage2	97.9kPa	203.4 kPa	105.4 kPa	11.36%	Maximum Deviator Stress
Stage3	198.2kPa	310.5 kPa	112.2 kPa	15.39%	Maximum Deviator Stress



Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils (Quick Undrained)

SUMMARY

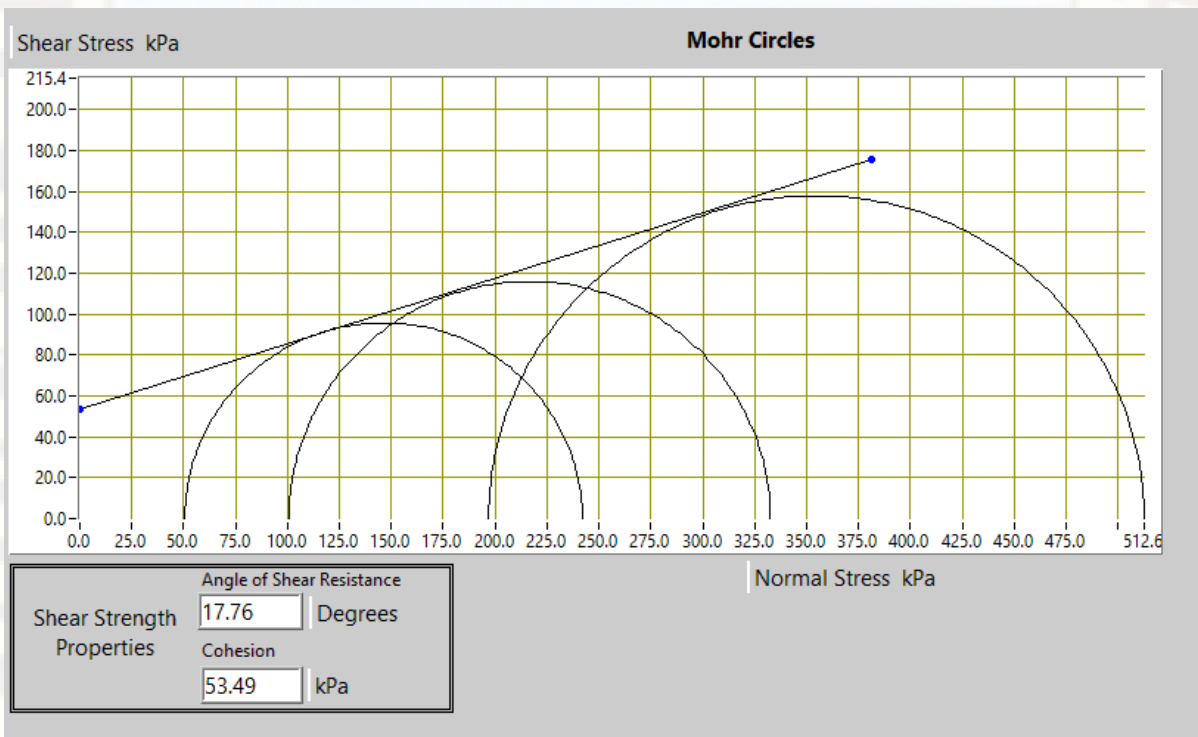
All Stages Conditions at Failure					
Ref	Minor Principal Stress	Major Principal Stress	Compressive Strength (Corrected)	Cumulative Strain	Mode of Failure
Stage1	51.4kPa	180.0 kPa	128.6 kPa	10.40%	Maximum Deviator Stress
Stage2	97.3kPa	237.4 kPa	140.1 kPa	8.34%	Maximum Deviator Stress
Stage3	198.9kPa	360.0 kPa	161.1 kPa	11.91%	Maximum Deviator Stress



Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils (Quick Undrained)

SUMMARY

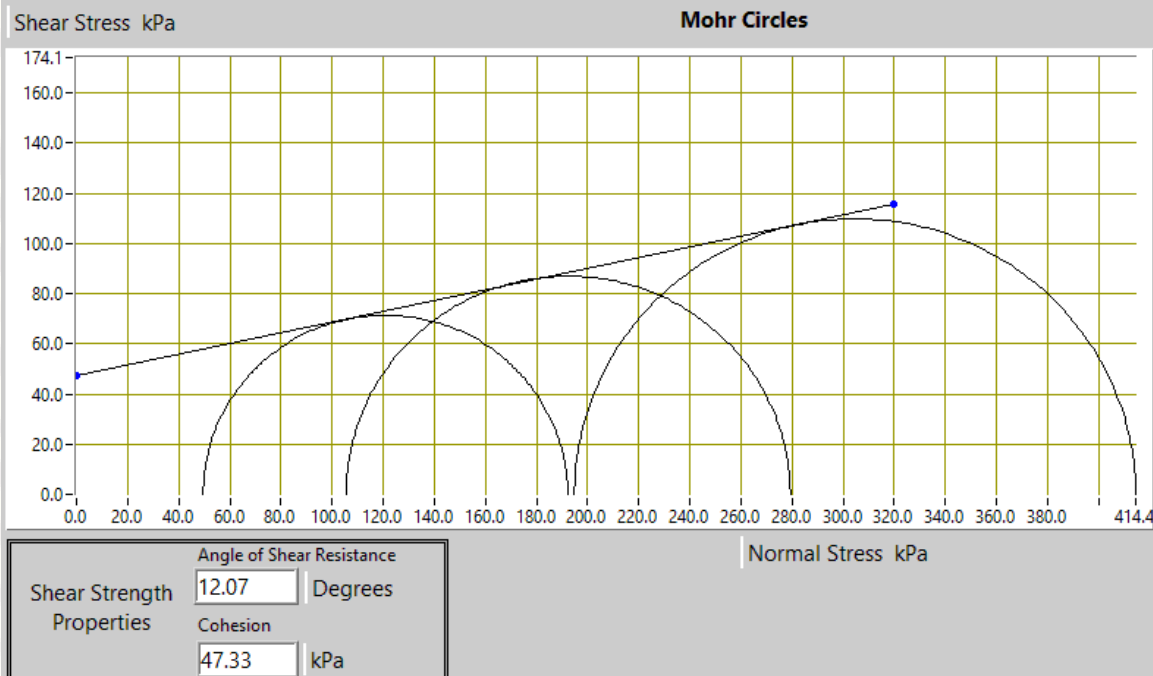
All Stages Conditions at Failure						
Ref	Minor Principal Stress	Major Principal Stress	Compressive Strength (Corrected)	Cumulative Strain	Mode of Failure	
Stage1	50.6kPa	242.0 kPa	191.4 kPa	8.45%	Maximum Deviator Stress	
Stage2	196.9kPa	512.6 kPa	315.7 kPa	11.79%	Maximum Deviator Stress	
Stage3	100.7kPa	332.6 kPa	231.9 kPa	10.44%	Maximum Deviator Stress	



Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils (Quick Undrained)

SUMMARY

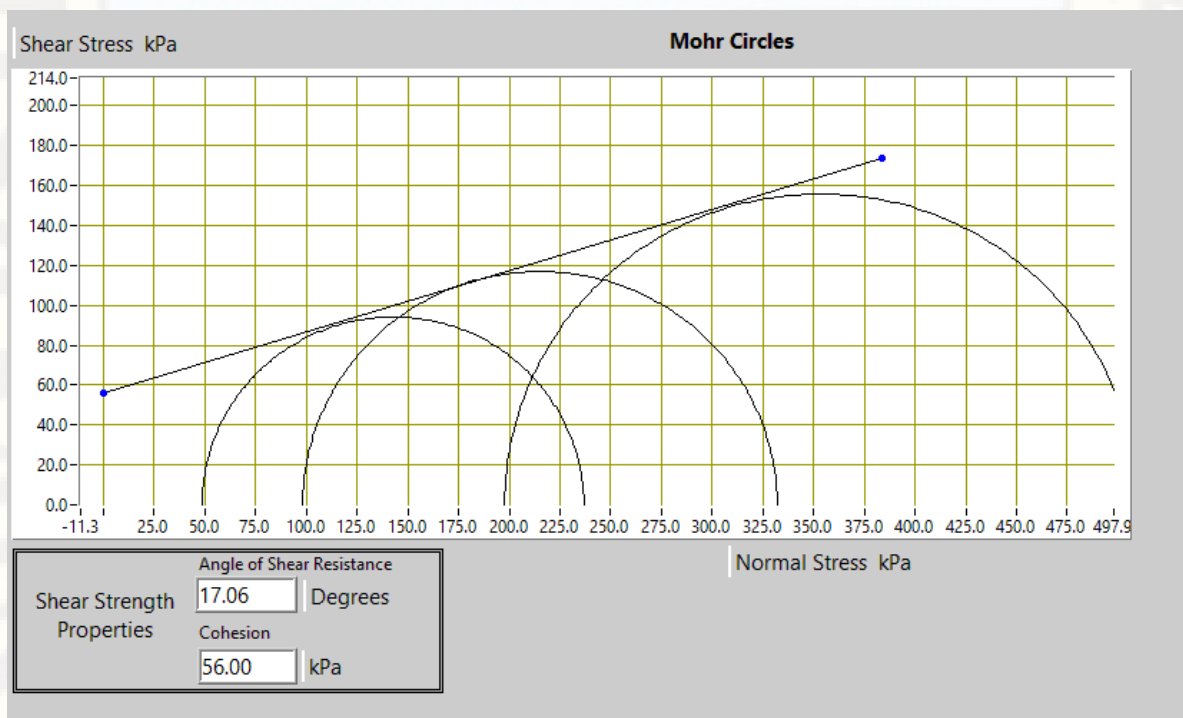
All Stages Conditions at Failure					
Ref	Minor Principal Stress	Major Principal Stress	Compressive Strength (Corrected)	Cumulative Strain	Mode of Failure
Stage1	49.6kPa	192.2 kPa	142.6 kPa	5.38%	Maximum Deviator Stress
Stage2	105.5kPa	279.3 kPa	173.8 kPa	5.41%	Maximum Deviator Stress
Stage3	194.8kPa	414.4 kPa	219.6 kPa	6.42%	Maximum Deviator Stress



Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils (Quick Undrained)

SUMMARY

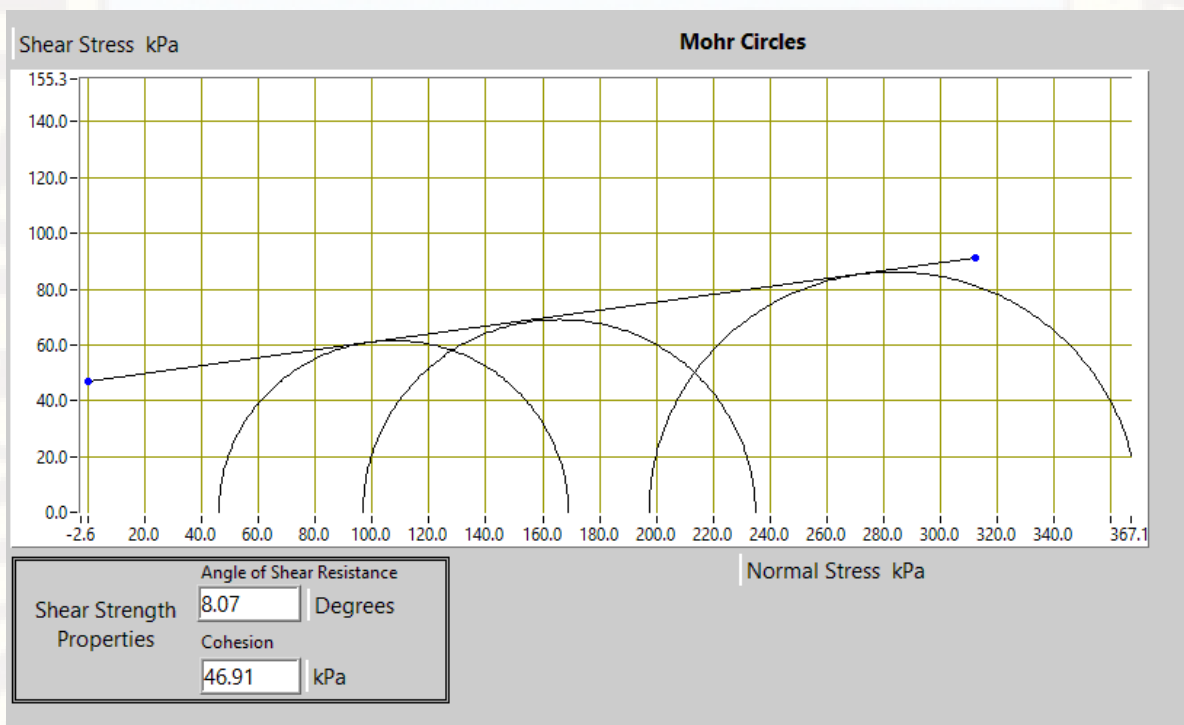
All Stages Conditions at Failure					
Ref	Minor Principal Stress	Major Principal Stress	Compressive Strength (Corrected)	Cumulative Strain	Mode of Failure
Stage1	48.6kPa	236.8 kPa	188.1 kPa	1.40%	Maximum Deviator Stress
Stage2	197.7kPa	509.2 kPa	311.5 kPa	2.88%	Maximum Deviator Stress
Stage3	98.2kPa	332.0 kPa	233.8 kPa	2.39%	Maximum Deviator Stress



Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils (Quick Undrained)

SUMMARY

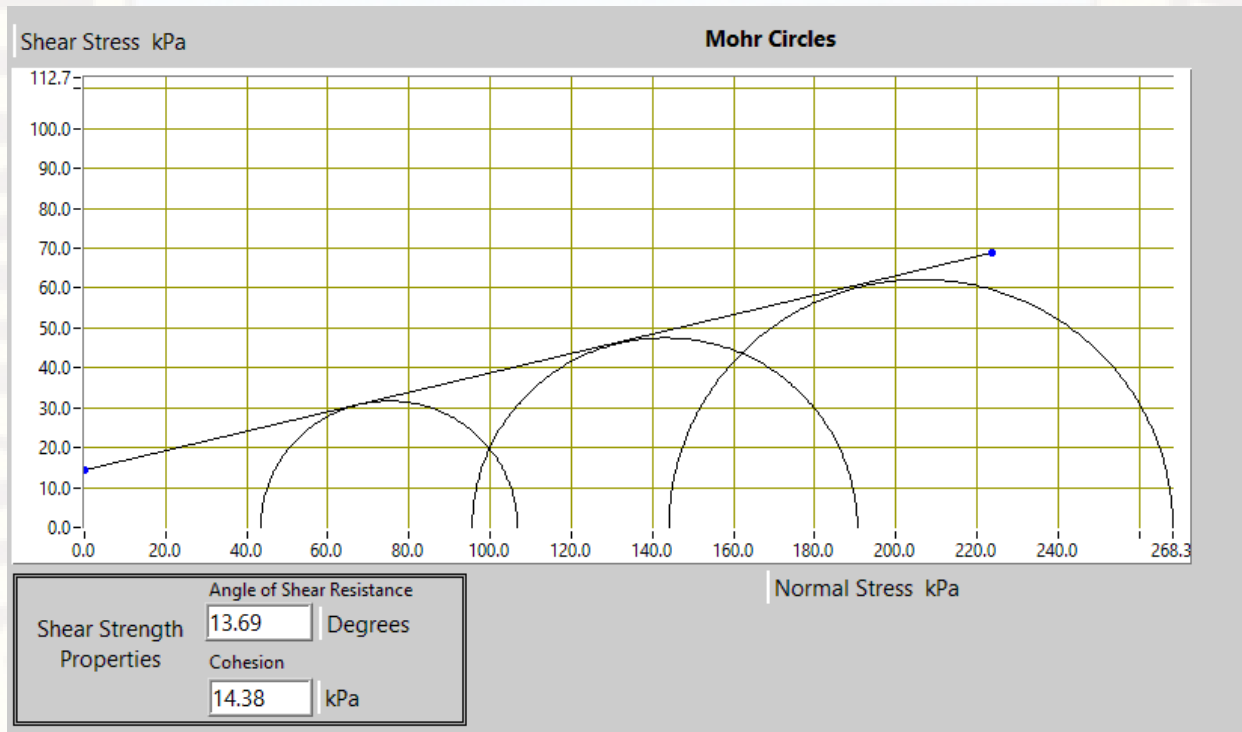
All Stages Conditions at Failure						
Ref	Minor Principal Stress	Major Principal Stress	Compressive Strength (Corrected)	Cumulative Strain	Mode of Failure	
Stage1	46.0kPa	169.0 kPa	123.0 kPa	8.39%	Maximum Deviator Stress	
Stage2	96.8kPa	234.8 kPa	138.1 kPa	9.88%	Maximum Deviator Stress	
Stage3	197.4kPa	369.6 kPa	172.2 kPa	6.87%	Maximum Deviator Stress	



Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils (Quick Undrained)

SUMMARY

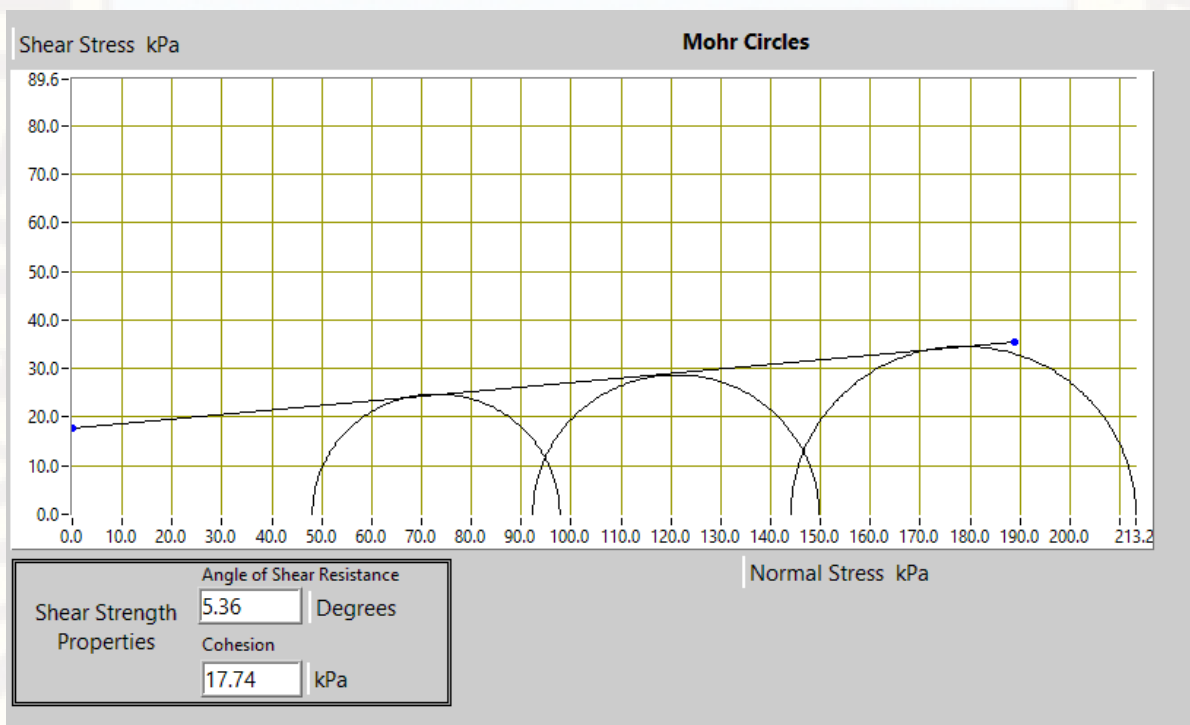
All Stages Conditions at Failure					
Ref	Minor Principal Stress	Major Principal Stress	Compressive Strength (Corrected)	Cumulative Strain	Mode of Failure
Stage1	43.4kPa	106.8 kPa	63.3 kPa	16.32%	Maximum Deviator Stress
Stage2	95.6kPa	190.6 kPa	95.0 kPa	14.78%	Maximum Deviator Stress
Stage3	144.1kPa	268.3 kPa	124.2 kPa	10.98%	Maximum Deviator Stress



Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils (Quick Undrained)

SUMMARY

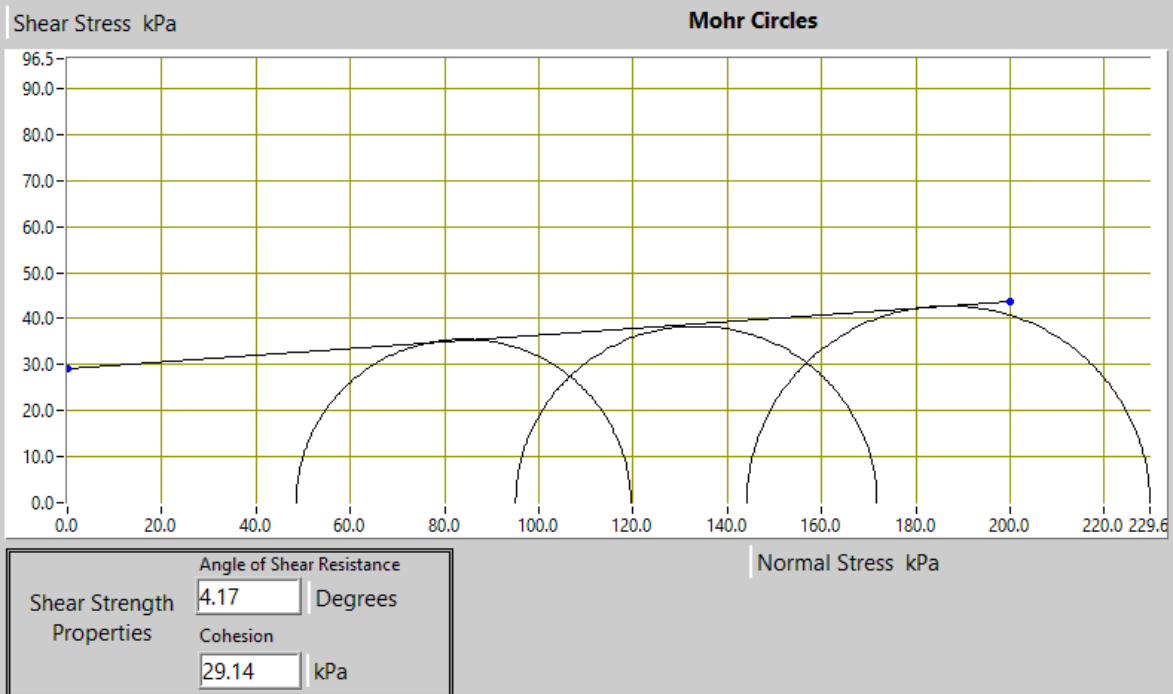
All Stages Conditions at Failure						
Ref	Minor Principal Stress	Major Principal Stress	Compressive Strength (Corrected)	Cumulative Strain	Mode of Failure	
Stage1	48.1kPa	97.7 kPa	49.6 kPa	8.36%	Maximum Deviator Stress	
Stage2	144.1kPa	213.2 kPa	69.1 kPa	11.35%	Maximum Deviator Stress	
Stage3	92.3kPa	149.7 kPa	57.4 kPa	5.87%	Maximum Deviator Stress	



Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils (Quick Undrained)

SUMMARY

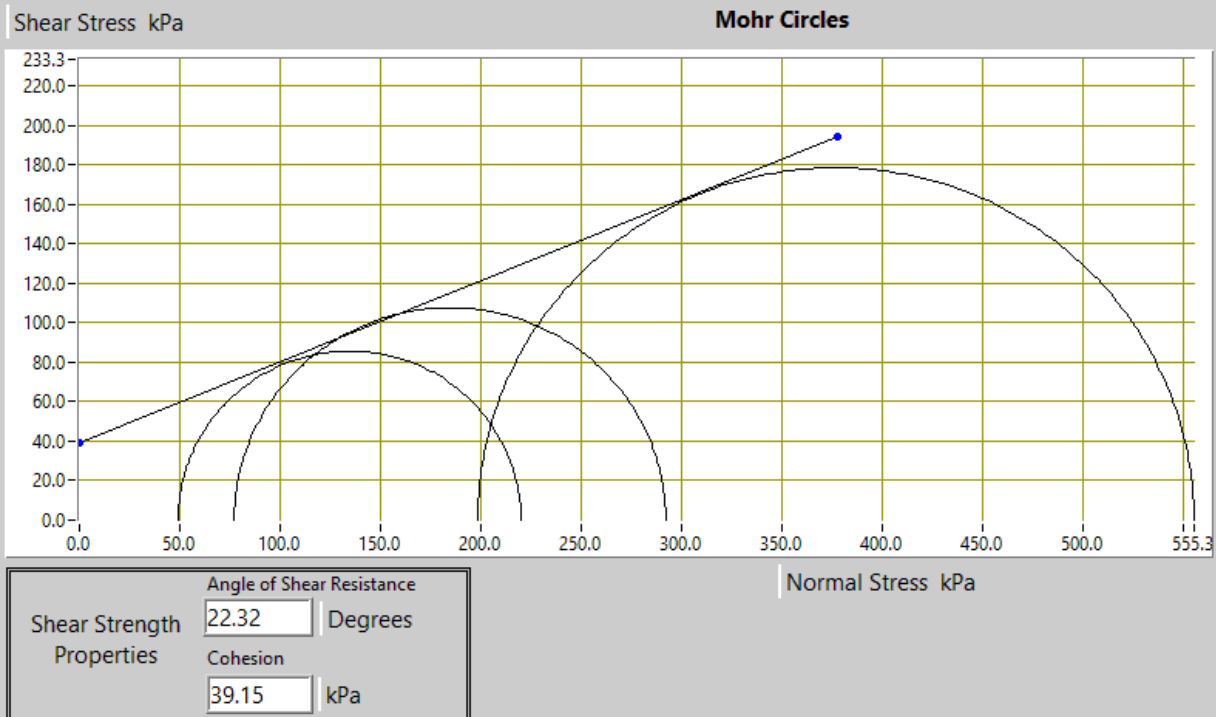
All Stages Conditions at Failure						
Ref	Minor Principal Stress	Major Principal Stress	Compressive Strength (Corrected)	Cumulative Strain	Mode of Failure	
Stage1	48.5kPa	119.5 kPa	71.0 kPa	12.91%	Maximum Deviator Stress	
Stage2	95.1kPa	171.7 kPa	76.7 kPa	15.90%	Maximum Deviator Stress	
Stage3	144.1kPa	229.6 kPa	85.5 kPa	14.36%	Maximum Deviator Stress	



Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils (Quick Undrained)

SUMMARY

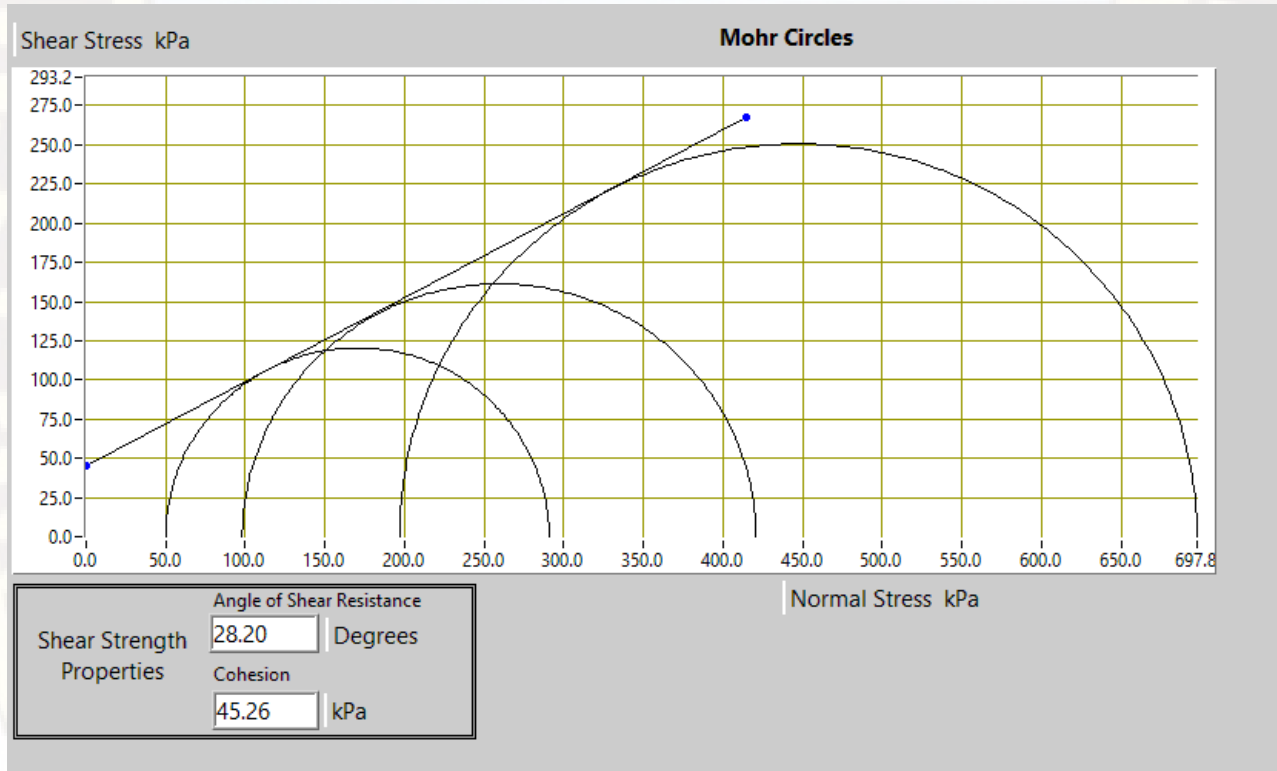
All Stages Conditions at Failure					
Ref	Minor Principal Stress	Major Principal Stress	Compressive Strength (Corrected)	Cumulative Strain	Mode of Failure
Stage1	49.2kPa	220.1 kPa	171.0 kPa	6.97%	Maximum Deviator Stress
Stage2	77.1kPa	292.1 kPa	215.0 kPa	14.85%	Maximum Deviator Stress
Stage3	198.5kPa	555.3 kPa	356.8 kPa	15.83%	Maximum Deviator Stress



Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils (Quick Undrained)

SUMMARY

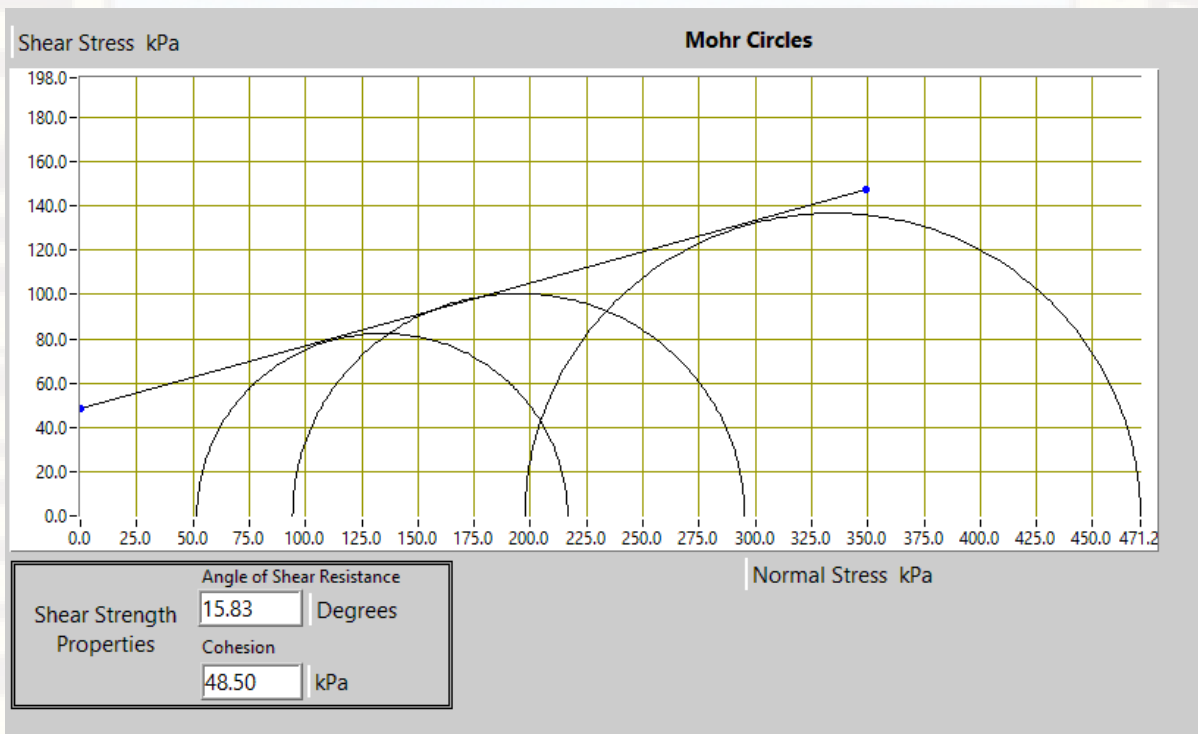
All Stages Conditions at Failure					
Ref	Minor Principal Stress	Major Principal Stress	Compressive Strength (Corrected)	Cumulative Strain	Mode of Failure
Stage1	50.1kPa	290.8 kPa	240.7 kPa	10.35%	Maximum Deviator Stress
Stage2	98.1kPa	420.7 kPa	322.6 kPa	11.98%	Maximum Deviator Stress
Stage3	196.8kPa	697.8 kPa	501.0 kPa	13.01%	Maximum Deviator Stress



Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils (Quick Undrained)

SUMMARY

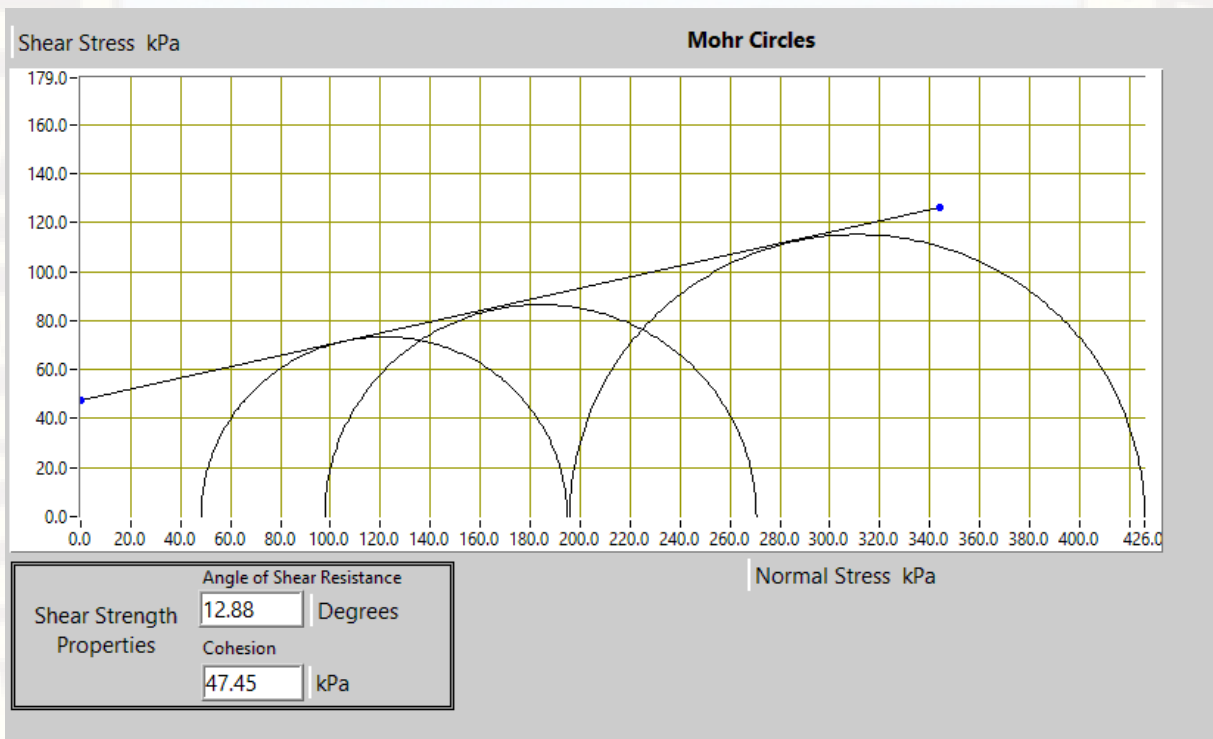
All Stages Conditions at Failure					
Ref	Minor Principal Stress	Major Principal Stress	Compressive Strength (Corrected)	Cumulative Strain	Mode of Failure
Stage1	94.3kPa	295.2 kPa	200.9 kPa	13.86%	Maximum Deviator Stress
Stage2	197.7kPa	471.2 kPa	273.5 kPa	15.32%	Maximum Deviator Stress
Stage3	51.8kPa	216.5 kPa	164.8 kPa	10.34%	Maximum Deviator Stress



Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils (Quick Undrained)

SUMMARY

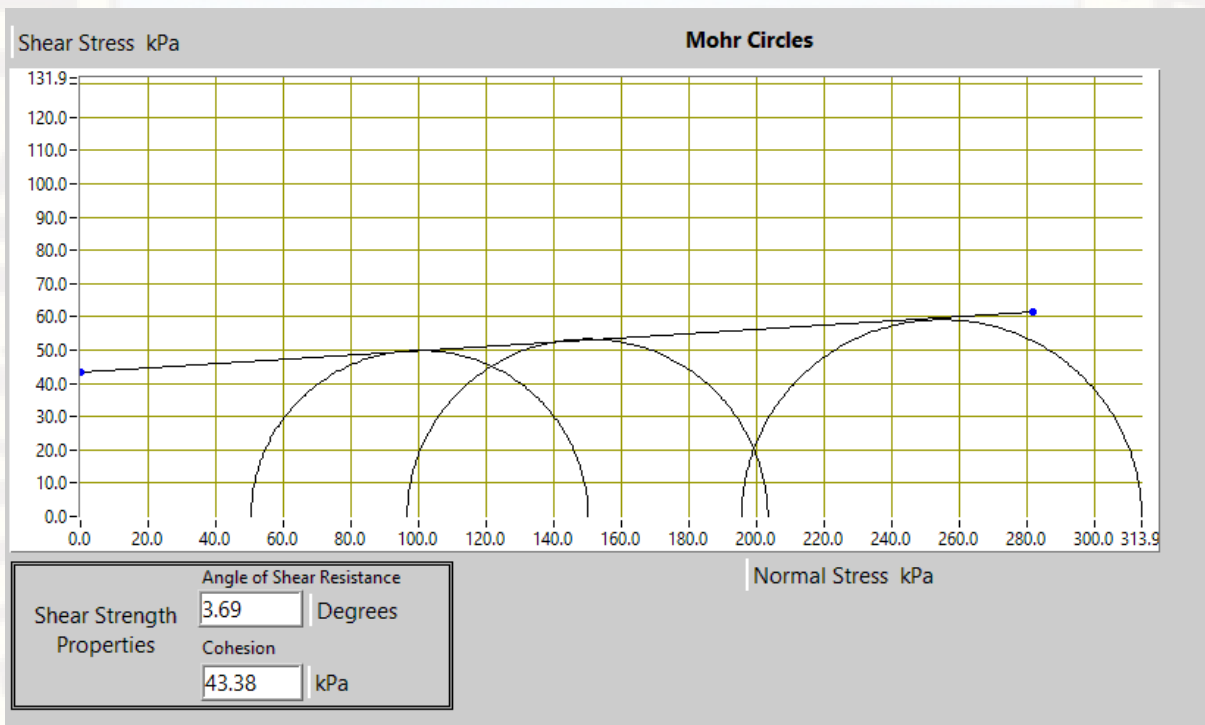
All Stages Conditions at Failure						
Ref	Minor Principal Stress	Major Principal Stress	Compressive Strength (Corrected)	Cumulative Strain	Mode of Failure	
Stage1	48.3kPa	194.8 kPa	146.5 kPa	8.97%	Maximum Deviator Stress	
Stage2	195.9kPa	426.0 kPa	230.1 kPa	10.40%	Maximum Deviator Stress	
Stage3	97.7kPa	270.5 kPa	172.9 kPa	15.92%	Maximum Deviator Stress	



Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils (Quick Undrained)

SUMMARY

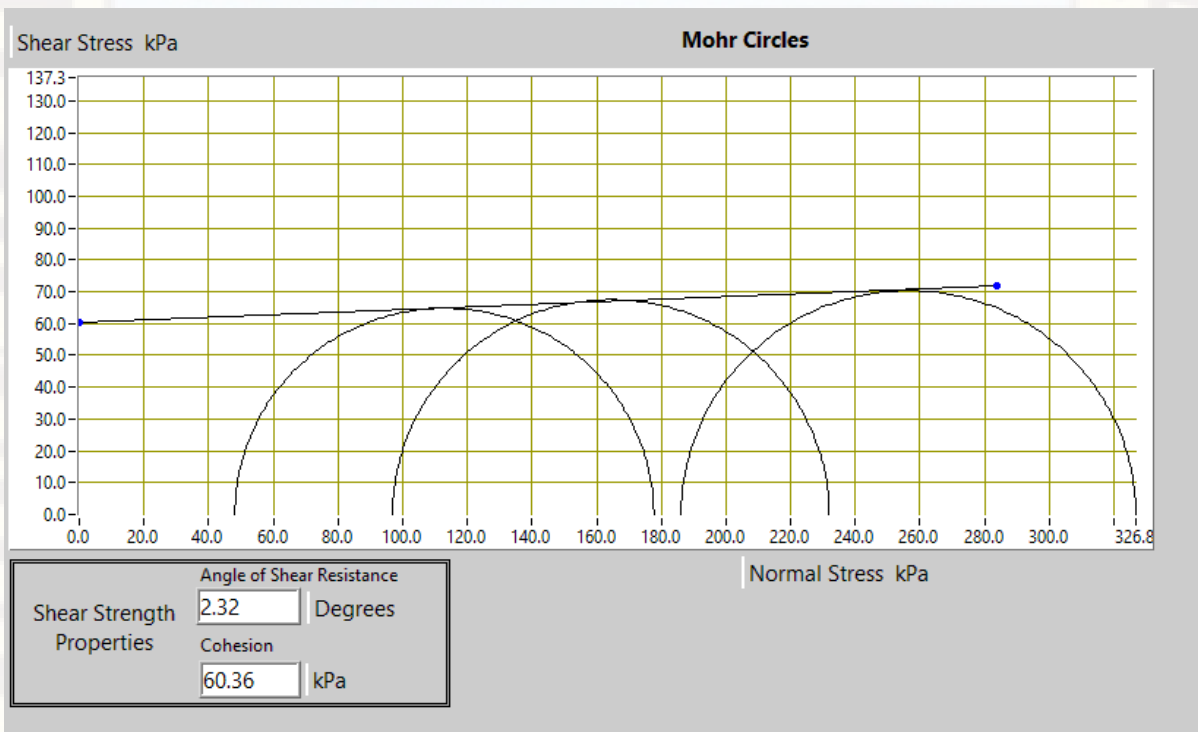
All Stages Conditions at Failure						
Ref	Minor Principal Stress	Major Principal Stress	Compressive Strength (Corrected)	Cumulative Strain	Mode of Failure	
Stage1	50.5kPa	150.2 kPa	99.7 kPa	12.43%	Maximum Deviator Stress	
Stage2	96.6kPa	203.3 kPa	106.7 kPa	7.38%	Maximum Deviator Stress	
Stage3	195.6kPa	313.9 kPa	118.3 kPa	16.81%	Maximum Deviator Stress	



Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils (Quick Undrained)

SUMMARY

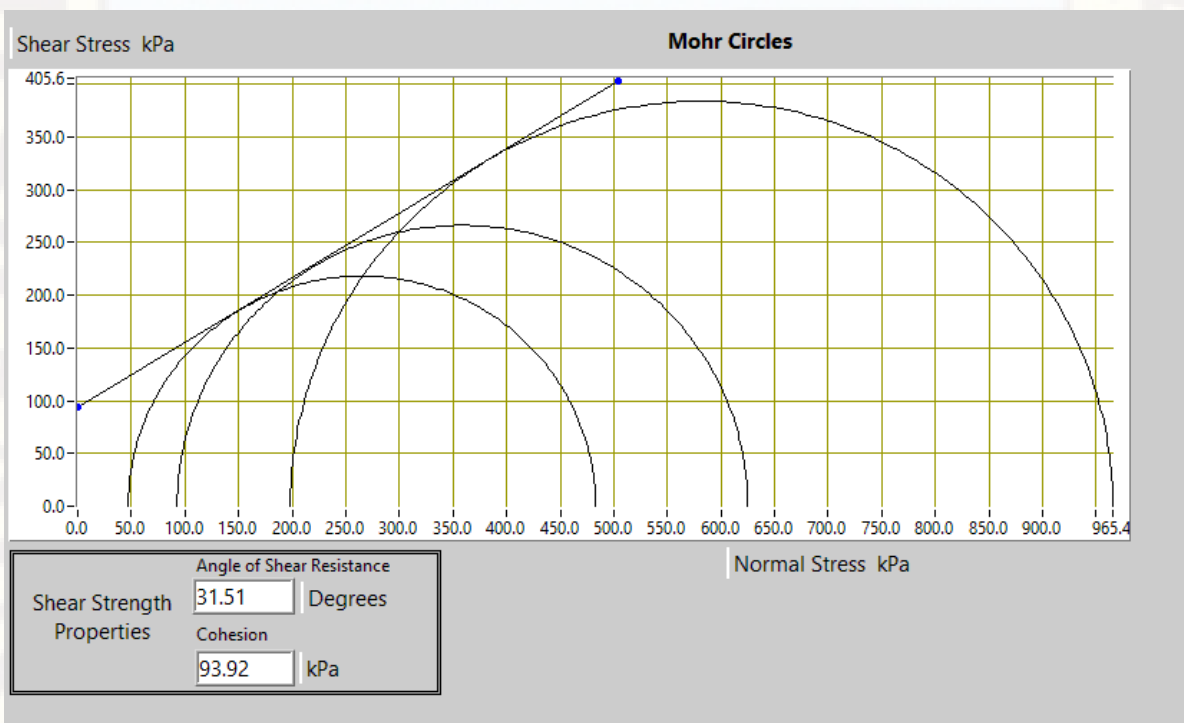
All Stages Conditions at Failure					
Ref	Minor Principal Stress	Major Principal Stress	Compressive Strength (Corrected)	Cumulative Strain	Mode of Failure
Stage1	48.1kPa	177.7 kPa	129.6 kPa	7.95%	Maximum Deviator Stress
Stage2	96.9kPa	231.9 kPa	135.0 kPa	7.41%	Maximum Deviator Stress
Stage3	186.1kPa	326.8 kPa	140.7 kPa	8.36%	Maximum Deviator Stress



Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils (Quick Undrained)

SUMMARY

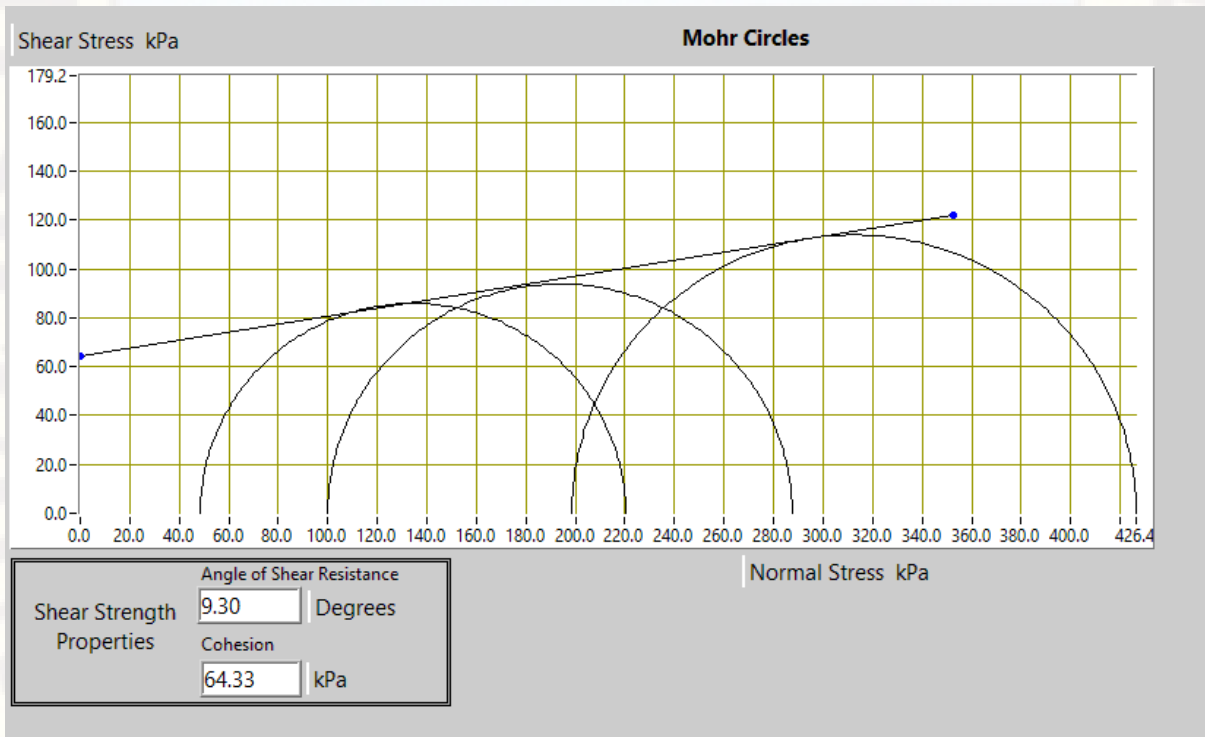
All Stages Conditions at Failure					
Ref	Minor Principal Stress	Major Principal Stress	Compressive Strength (Corrected)	Cumulative Strain	Mode of Failure
Stage1	47.0kPa	482.9 kPa	435.9 kPa	8.35%	Maximum Deviator Stress
Stage2	92.7kPa	625.0 kPa	532.2 kPa	4.40%	Maximum Deviator Stress
Stage3	198.2kPa	965.4 kPa	767.2 kPa	7.35%	Maximum Deviator Stress



Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils (Quick Undrained)

SUMMARY

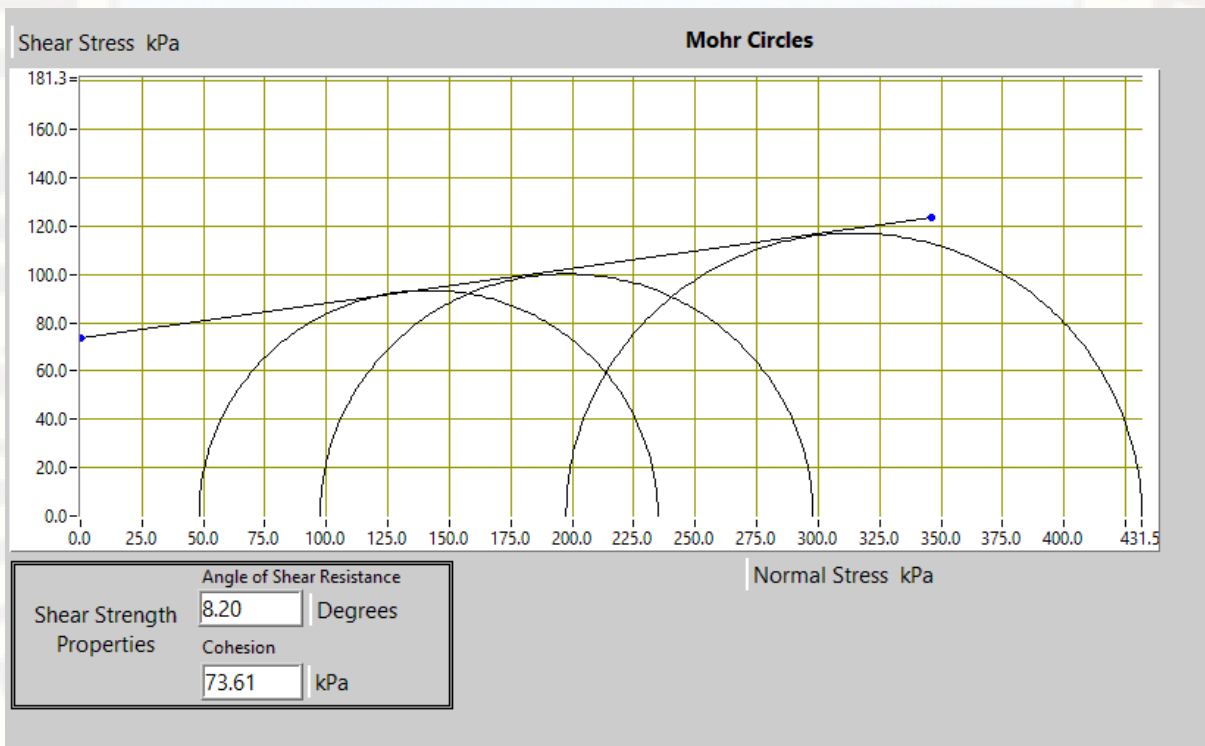
All Stages Conditions at Failure						
Ref	Minor Principal Stress	Major Principal Stress	Compressive Strength (Corrected)	Cumulative Strain	Mode of Failure	
Stage1	48.5kPa	220.3 kPa	171.8 kPa	10.90%	Maximum Deviator Stress	
Stage2	198.5kPa	426.4 kPa	227.9 kPa	21.89%	Maximum Deviator Stress	
Stage3	99.9kPa	287.5 kPa	187.6 kPa	22.36%	Maximum Deviator Stress	



Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils (Quick Undrained)

SUMMARY

All Stages Conditions at Failure						
Ref	Minor Principal Stress	Major Principal Stress	Compressive Strength (Corrected)	Cumulative Strain	Mode of Failure	
Stage1	48.1kPa	234.8 kPa	186.6 kPa	11.98%	Maximum Deviator Stress	
Stage2	197.4kPa	431.5 kPa	234.0 kPa	14.77%	Maximum Deviator Stress	
Stage3	97.4kPa	297.8 kPa	200.3 kPa	6.38%	Maximum Deviator Stress	





Anexo N° 04: Panel fotográfico del proceso de ejecución de la presente investigación.



Foto 1: Perfil estratigráfico de la Trinchera T-10. De la cual se extrajo muestras inalteradas.



Foto 2: Extracción de muestra para el realizar el análisis granulométrico de la calicata C-02, a 1.50m de profundidad.



Foto 3 Perfil estratigráfico de la C-01, a 1.50m de profundidad.



Foto 4: Extracción de muestra inalterada de la Calicata C-04, para realizar el ensayo Triaxial a 1.00 m de profundidad.



Foto 5 Análisis granulométrico de la calicata C-02 a 1.50 m de profundidad.



Foto 6 Ensayo con el equipo triaxial en el laboratorio. Se visualiza la falla de la muestra por corte.

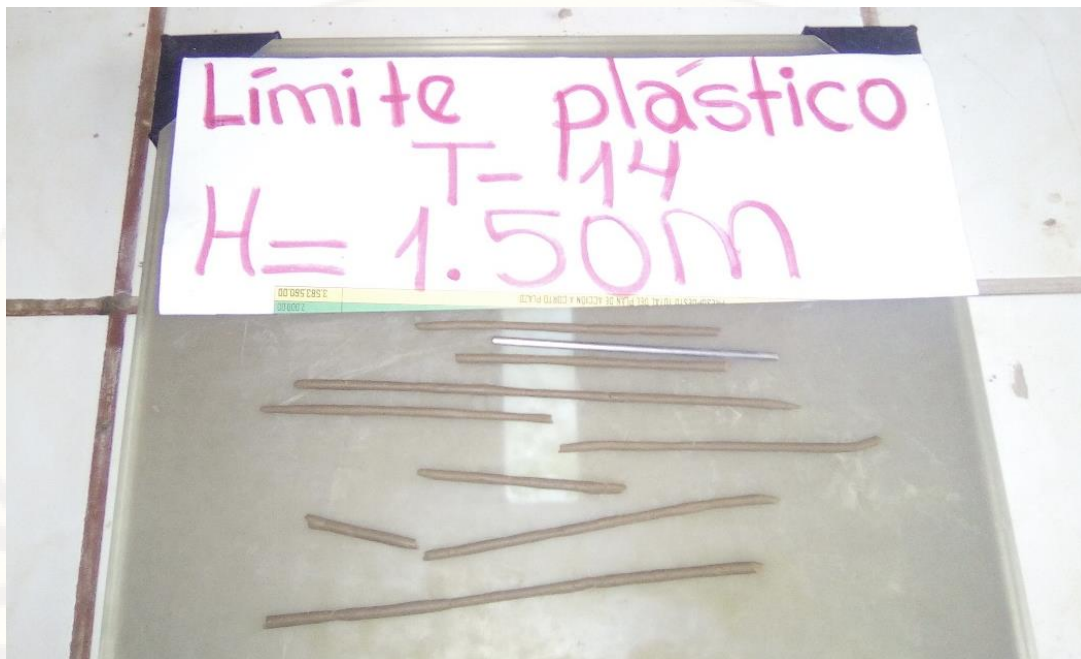


Foto 7 Ensayo de límite plástico de la muestra extraída de la trinchera T-14. a 1.50 m de profundidad.



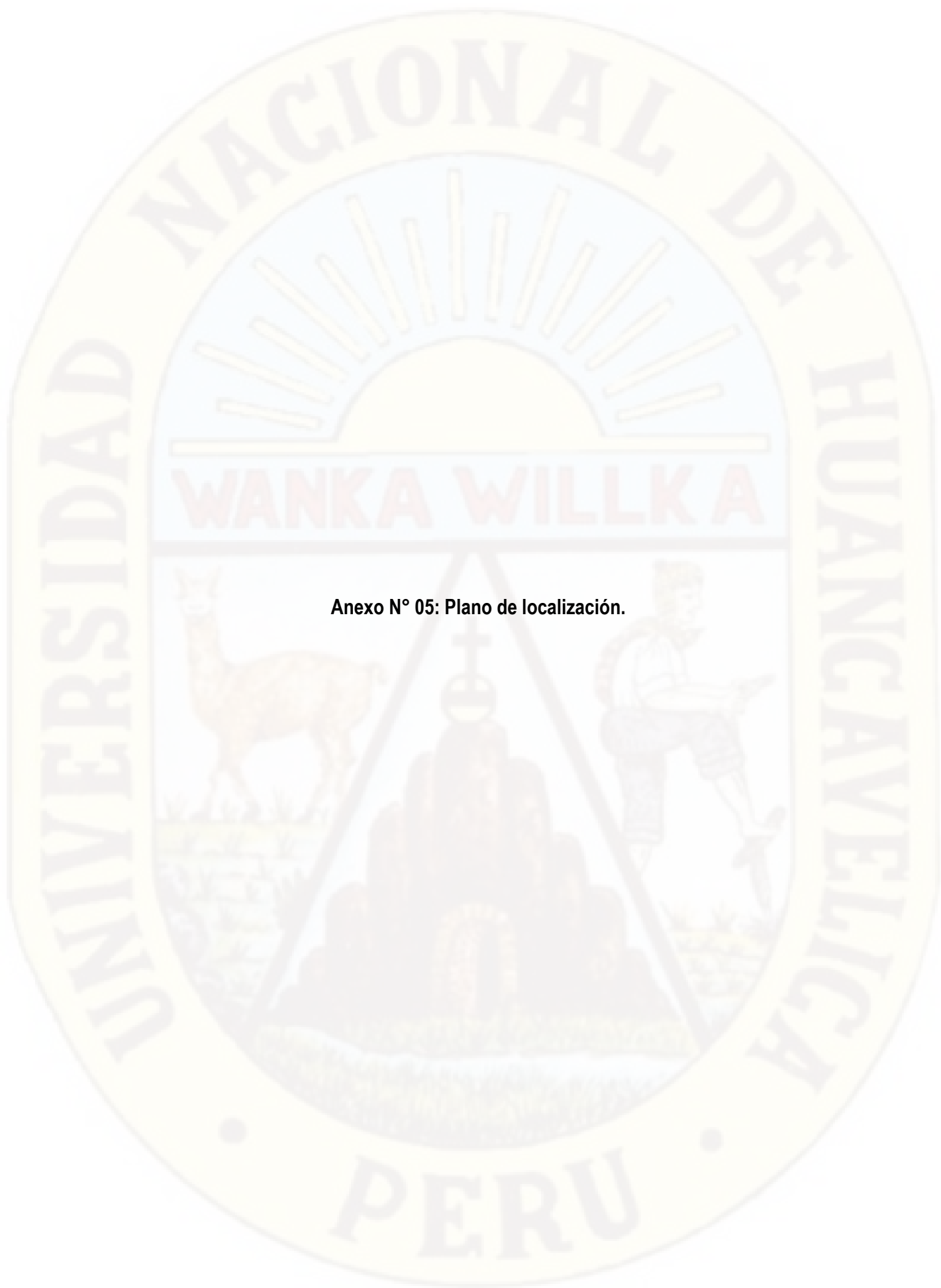
Foto 8 Ensayo de límite líquido de la muestra extraída de la T-11. a 1.00 m de profundidad.



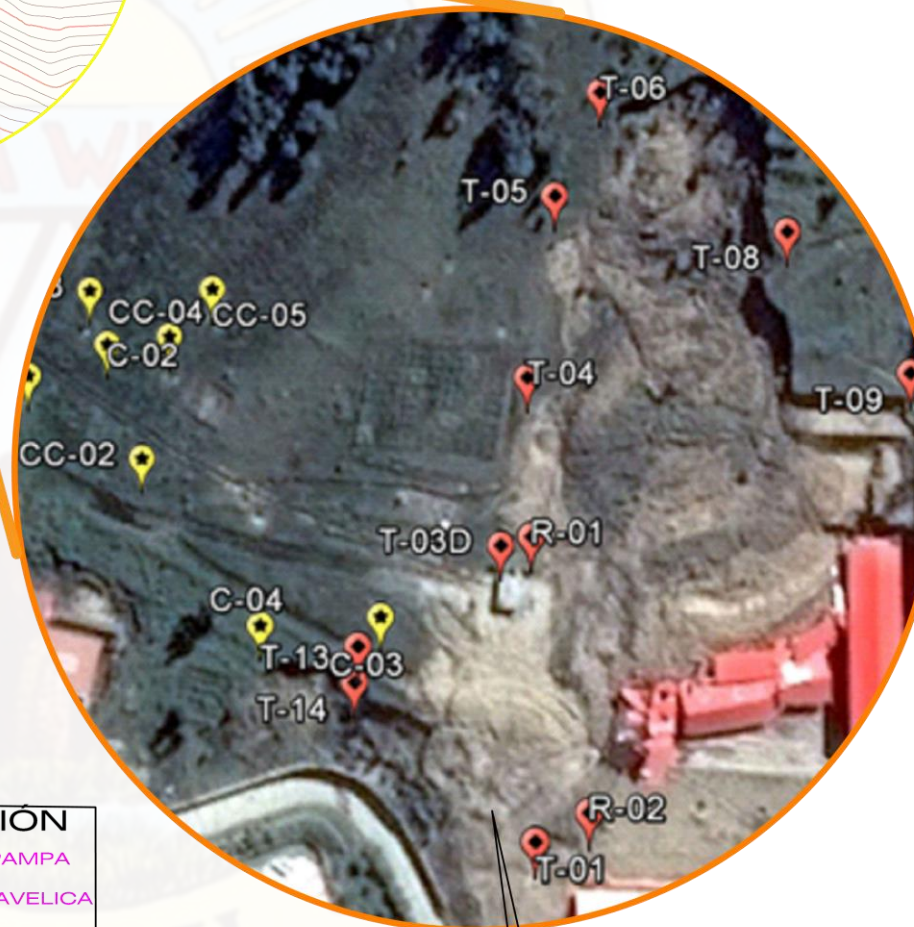
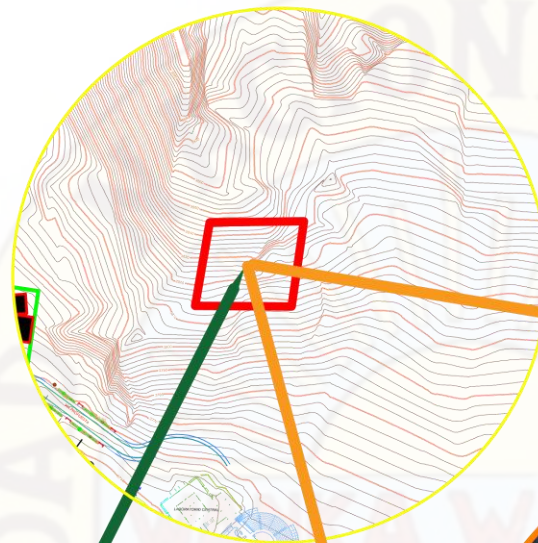
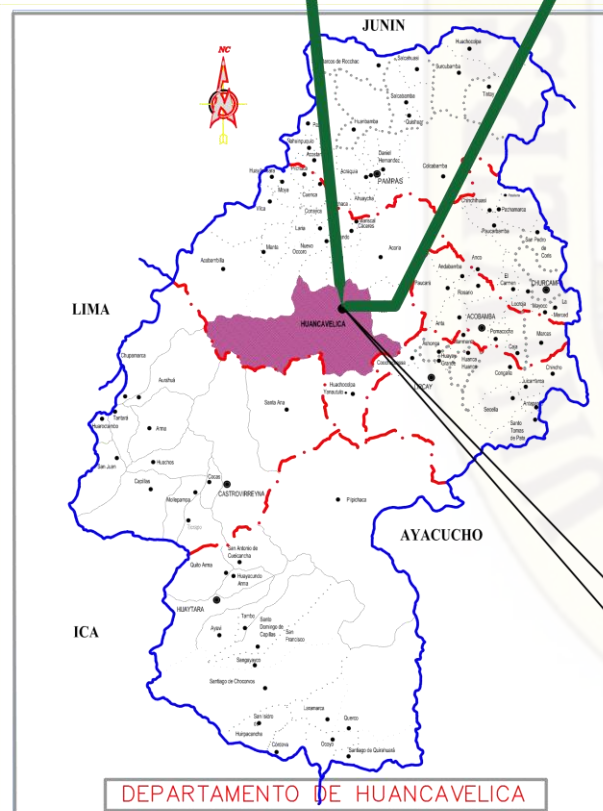
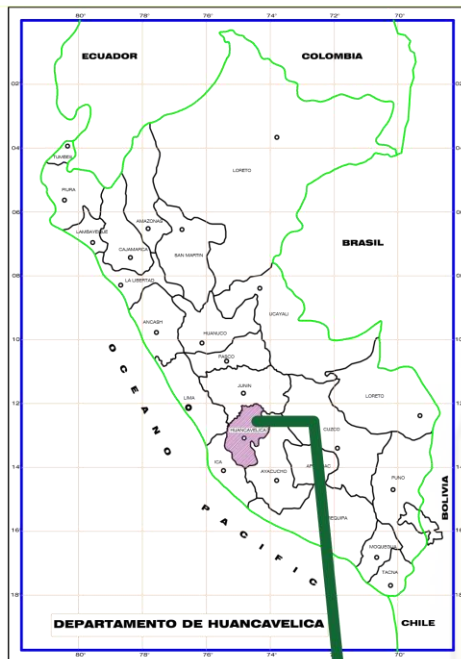
Foto 9 Muestras deformadas o falladas por compresión Triaxial, y su profundidad de extracción.



Foto 10 Muestras deformadas o falladas, las cuales han sido sometidas a compresión Triaxial.



Anexo N° 05: Plano de localización.



LOCALIZACIÓN

SECTOR: PATURPAMPA

DISTRITO: HUANCAMELICA

PROVINCIA: HUANCAMELICA

REGIÓN: HUANCAMELICA

UBICACIÓN

ESCALA 1 / 2000

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE CIVIL-HUANCAMELICA



CATEDRA:
INFORME FINAL DE TESIS

ASESOR:
M. SC. IVAN A. AYALA BIZARRO

INVESTIGADORES

- BOZA CAPANI, Marisabel
- MERINO ORTIZ, Rodrigo

EQUIPO TECNICO:

TESISTAS

PROYECTO:

"PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH "

PLANO:
UBICACIÓN DEL LUGAR DE ESTUDIO

LÁMINA:
PU

CIRCUNSCRIPCIÓN:
DEPARTAMENTO: HUANCAMELICA
PROVINCIA: HUANCAMELICA
DISTRITO: HUANCAMELICA
SECTOR: PATURPAMPA-UNH

FECHA:
OCTUBRE - 2019

ESCALA:
INDICADA