

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD,  
LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN  
EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE  
EXPANSIÓN URBANA SANTA BÁRBARA,  
CAJAMARCA, 2022”

Tesis para optar al título profesional de:

**INGENIERA CIVIL**

**Autora:**

Eveling Guiliana Llanos Flores

**Asesor:**

Ing. Henry Josué Villanueva Bazán  
<https://orcid.org/0000-0001-8814-6079>  
Cajamarca - Perú

**JURADO EVALUADOR**

|                           |                              |                |
|---------------------------|------------------------------|----------------|
| Jurado 1<br>Presidente(a) | <b>Katia Carrión Rabanal</b> | <b>204883</b>  |
|                           | Nombre y Apellidos           | Nº Colegiatura |

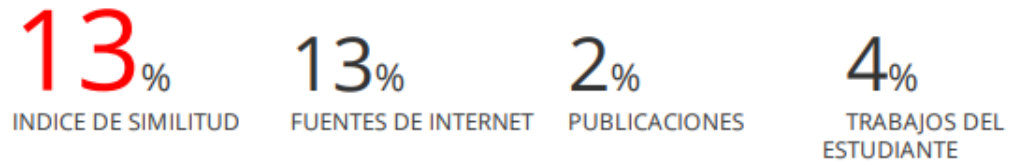
|          |                             |                |
|----------|-----------------------------|----------------|
| Jurado 2 | <b>Hugo Rodríguez Chico</b> | <b>205428</b>  |
|          | Nombre y Apellidos          | Nº Colegiatura |

|          |                            |                |
|----------|----------------------------|----------------|
| Jurado 3 | <b>Jane Álvarez Llanos</b> | <b>78803</b>   |
|          | Nombre y Apellidos         | Nº Colegiatura |

## INFORME DE SIMILITUD

### TESIS

#### INFORME DE ORIGINALIDAD



#### ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

14%

★ [hdl.handle.net](https://hdl.handle.net)

Fuente de Internet

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Apagado

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis padres, por apoyarme incondicionalmente en todos mis sueños y mostrarme el camino hacia la superación, a mis hermanos por alentarme cada día a seguir adelante y celebrar mis logros.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios y a mis familiares, por brindarme su ayuda y compañía en los buenos y malos momentos, por motivarme a ser cada día una mejor persona, no hubiera sido posible culminar con éxito esta etapa de mi vida sin su apoyo.

**TABLA DE CONTENIDO**

|   |    |
|---|----|
| JURADO CALIFICADOR  | 2  |
| INFORME DE SIMILTIUD  | 3  |
| DEDICATORIA   | 4  |
| AGRADECIMIENTO  | 5  |
| TABLA DE CONTENIDO  | 6  |
| ÍNDICE DE TABLAS  | 8  |
| ÍNDICE DE FIGURAS   | 9  |
| RESUMEN   | 10 |
| CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN  | 11 |
| 1.1. Realidad problemática                                      | 11 |
| 1.2. Formulación del problema                                   | 21 |
| 1.3. Objetivos  | 22 |
| 1.4. Hipótesis  | 22 |
| CAPÍTULO II: METODOLOGÍA  | 23 |
| 2.1. Tipo de investigación                                      | 23 |
| 2.2. Población y muestra:                                       | 23 |
| 2.3. Materiales, instrumentos y métodos                         | 25 |
| 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos | 31 |
| 2.5. Procedimiento  | 31 |
| CAPÍTULO III: RESULTADOS  | 35 |

|   |     |
|---|-----|
| CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES   | 42  |
| 4.1.    Discusión:  | 42  |
| 4.2.    Conclusiones:   | 46  |
| REFERENCIAS   | 49  |
| ANEXOS  | 53  |
| ANEXO 01: Protocolos de ensayo de análisis granulométrico mediante tamizado por lavado. | 53  |
| ANEXO 02: Protocolos de ensayo de análisis granulométrico por sifonaje.                 | 73  |
| ANEXO 03: Protocolos de ensayo de límites de plasticidad.                               | 93  |
| ANEXO 04: Protocolos de ensayo de permeabilidad con carga variable.                     | 114 |
| ANEXO 05: Protocolos de ensayo de consolidación unidimensional.                         | 121 |
| ANEXO 06: Resultados de consolidación de suelos.  | 135 |
| ANEXO 07: Panel Fotográfico – Obtención de la muestra estudiada.                        | 170 |
| ANEXO 08: Panel Fotográfico – Ensayo de análisis granulométrico en tamizado por lavado. | 174 |
| ANEXO 09: Panel Fotográfico – Ensayo de análisis granulométrico por sifonaje.           | 175 |
| ANEXO 10: Panel Fotográfico – Ensayo de límites de plasticidad.                         | 176 |
| ANEXO 11: Panel Fotográfico – Ensayo de permeabilidad de carga variable.                | 177 |
| ANEXO 12: Panel Fotográfico – Ensayo de consolidación unidimensional.                   | 178 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1 Correlaciones del coeficiente de compresibilidad .....   | 20 |
| Tabla 2 Coordenadas de calicatas.....  | 24 |
| Tabla 3 Resumen de ubicación de calicatas.....   | 32 |
| Tabla 4 Resumen de ensayos a realizar .....  | 33 |
| Tabla 5 Resultado de las propiedades generales del suelo de cada calicata .....  | 35 |
| Tabla 6 Resumen de los resultados de las propiedades del suelo, coeficiente de compresibilidad y permeabilidad.....                        | 36 |
| Tabla 7 Coeficiente de permeabilidad (k) y coeficiente de compresibilidad (Cc) ..  | 36 |
| Tabla 8 Límite líquido y coeficiente de compresibilidad .....  | 37 |
| Tabla 9 Índice de plasticidad y Coeficiente de compresibilidad.. .....   | 38 |
| Tabla 10 Resultados del Coeficiente de compresibilidad obtenida por distintas fórmulas empíricas en función del límite líquido .....       | 40 |
| Tabla 11 Resultados del Coeficiente de compresibilidad obtenida por distintas fórmulas empíricas en función del Índice de plasticidad..... | 41 |



## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 Diagramas de dispersión y correlación .....   | 21 |
| Figura 2 Determinación de la lotización Arce .....   | 24 |
| Figura 3 Delimitación por lotes de la Manzana A .....  | 25 |
| Figura 4 Etapas del desarrollo de la investigación .....                                     | 33 |
| Figura 5 Correlación del coeficiente de permeabilidad y coeficiente de compresibilidad ..... | 37 |
| Figura 6 Correlación del límite líquido y coeficiente de compresibilidad .....               | 38 |
| Figura 7 Correlación del Índice de plasticidad y coeficiente de compresibilidad ...          | 39 |
| Figura 8 Comparación del coeficiente de compresibilidad vs límite líquido .....              | 40 |
| Figura 9 Comparación del coeficiente de compresibilidad vs Índice de plasticidad .....       | 41 |

## RESUMEN

La investigación tuvo como finalidad determinar las correlaciones entre la permeabilidad, límites de Atterberg y la consolidación de suelos arcillosos para la zona de expansión urbana Santa Bárbara, debido a lo importante que es conocer los asentamientos por consolidación que se producirán en el suelo, ya que la vida de la estructura depende en gran parte del control de los asentamientos. La tesis fue de carácter no experimental tipo aplicativo, se tomó un área de estudio de 5 lotes, en la cual se realizaron 5 calicatas, y se extrajeron 18 muestras representativas, se realizó el ensayo de granulometría por lavado, sifonaje y límites de Atterberg para hacer la clasificación por SUCS, además se efectuó el ensayo de permeabilidad de carga variable y consolidación unidimensional para calcular el coeficiente de permeabilidad y el coeficiente de compresibilidad, las pruebas se desarrollaron teniendo en cuenta las normativas vigentes para los ensayos de mecánica de suelos RNE E 0.50, con los resultados se procedió a determinar las correlaciones, obteniendo como ecuaciones  $Cc=82947*k-0.0603$  y  $Cc=0.0067*LL-0.1742$ , además se verificó que la fórmula planteada por Azzous  $Cc = 0,0046 (LL - 9)$  muestra los valores más cercanos al  $Cc$  real, por tal se concluyó que estas fórmulas representan una ayuda para estimar de forma rápida un valor aproximado del coeficiente de compresibilidad, estas correlaciones solo son aplicables para el lugar investigado, puesto que las propiedades de los suelos son diferentes para cada sitio.

**PALABRAS CLAVES:** Coeficiente de compresibilidad  $Cc$ , coeficiente de permeabilidad  $k$ , límites de Atterberg, Asentamiento, Correlación

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

A nivel mundial es indudable la importancia de la construcción ya que, conforme el tiempo va avanzando, genera un crecimiento poblacional, por lo que se tiene que suplir la demanda por viviendas, asegurando así las mejores condiciones posibles para la calidad de vida de los ciudadanos. Para garantizar el buen diseño y funcionamiento de una vivienda es fundamental realizar previamente un estudio de suelos con el cual se obtiene la información del terreno, permitiendo la identificación de indicios de inestabilidad o movimientos de masa en donde se quiera ejecutar proyectos de construcción.

De lo mencionado, se puede evidenciar en la famosa y turística Torre de Pisa, ubicado en Italia, fue construida en 1173, la cual no está inclinada porque esa fuera la concepción de la construcción, en realidad no se llevó a cabo un adecuado estudio de suelo. En un principio, la obra era vertical, pero con el pasar de los años fue inclinándose debido a que se encuentra ubicada en un suelo inestable, conformado por arena y arcillas, por lo que no es muy compacto, tiende a deformarse y a moverse.

El estudio de suelos, siempre se subdivide en varios aspectos, dentro de los cuales el cálculo de los asentamientos es uno de los fenómenos más estudiados a nivel mundial, pues tiene una gran importancia desde el inicio de las obras hasta muchos años después de finalizada, este se evalúa mediante la teoría de consolidación, que representa en un suelo cohesivo el resultado de la disipación del exceso de presión de poros, generada en él, durante la aplicación de una carga externa. Este proceso genera un problema importante en la ingeniería civil porque puede afectar a las construcciones de diferentes maneras como

asentamientos a causa del peso de la estructura, grietas e inclinación de las construcciones; teniendo como consecuencia pérdidas económicas y en ocasiones humanas.

Para determinar los asentamientos se hace necesario tener parámetros como el coeficiente de compresibilidad, este se obtiene a partir de un ensayo de consolidación el cual suele ser un ensayo largo y costoso. Ante estos factores, diversos investigadores relacionaron algunos parámetros de consolidación, especialmente el coeficiente de compresibilidad, con las propiedades de plasticidad del suelo, como el límite líquido, el límite plástico y el índice de plasticidad.

Al ser el coeficiente de compresibilidad dependiente de la estructura del suelo y de su historia de esfuerzos, convierte a este problema en una investigación específica para cada sitio.

En una entrevista al Ingeniero Arnaldo Carrillo Gil en el año 1989, menciona que, la evidente presencia de fallas y agrietamiento en las edificaciones, en la mayor parte del área central de Lima y distritos aledaños como Rímac, Miraflores y San Isidro se producían por los asentamientos diferenciales, causadas por los suelos expansivos que lo conforman. Estos se producen cuando la sobrepresión que se ejerce sobre el suelo genera la expulsión del agua, causando una disminución del volumen del suelo conocido también como efecto “de consolidación” (Carrillo, 1989, p 11).

Cajamarca, presenta en su mayoría una deficiencia con sus edificaciones, puesto que en los alrededores de la ciudad se viene construyendo estructuras sin un previo estudio de suelos, generando esto que las viviendas sufran asentamientos diferenciales.

A causa de la problemática mencionada muchos autores han realizado investigaciones en esta línea, por ende, se ha realizado una búsqueda de **antecedentes** para la comprensión de la presente investigación:

Calvo y Duran (2013). En su tesis “Determinación del Índice de Compresibilidad e Índice de Expansión de los suelos cohesivos blandos en la zona de Tonsupa en la provincia de Esmeraldas”, empleo como muestra de estudio los suelos de la zona de Tonsupa en la provincia de Esmeraldas – Ecuador, su objetivo fue encontrar correlaciones entre el índice de compresibilidad y algunos parámetros del suelo que obtengan un valor del índice de compresibilidad que sea igual o muy similar al obtenido con el ensayo de consolidación, para que de manera preliminar se pueda conseguir el asentamiento de los suelos. Para el proyecto se realizó tres perforaciones en campo de cinco metros de profundidad cada una para obtener muestras alteradas cada cincuenta centímetros con el Standar Penetration Test (SPT) con las cuales se realizaron ensayos de clasificación del suelo, y muestras inalteradas con tubos Shelby cada metro con las que se llevaron a cabo los ensayos de consolidación y compresión para determinar los diferentes parámetros del suelo, como resultado obtiene que los valores calculados del índice de compresibilidad  $C_c$  real varía de 0.096 a 0.472 y el coeficiente de permeabilidad de  $4.86 \cdot 10^{-8}$  a  $2.71 \cdot 10^{-7}$ , de la misma manera determina que, la correlación que permitió tener valores del índice de compresibilidad más cercanos a los valores reales obtenidos del ensayo de consolidación, fue la correlación del autor Hough en el año de 1957 ( $C_c = 0.3(eo-0.27)$ ), asimismo concluye que el índice de compresibilidad mediante la correlación de Hough sólo permite realizar un cálculo estimado y se recomienda solo para suelos de la zona de Tonsupa que corresponden a arcillas inorgánicas de alta plasticidad del tipo CH de acuerdo con el SUCS, no se podrán utilizar para calcular asentamientos definitivos, (pp. 81-266).

Por su parte Paucar (2019). En su trabajo de titulación denominado “Correlación entre el coeficiente de compresibilidad versus el porcentaje de humedad, relación de vacíos y límite líquido de los suelos del Barrio el Garrochal”, utilizó como muestra los suelos

blandos de la expansión urbana del barrio Garrochal, ubicado en Quito-Ecuador, el objetivo de esta investigación fue realizar la correlación estadística entre el coeficiente de compresibilidad y algunas propiedades índices de los suelos como el límite líquido ( $w_L$ ), humedad ( $w$ ), relación de vacíos ( $e$ ) y la gravedad específica de los sólidos ( $G_s$ ) y compararlo con las correlaciones existentes obtenidas por diversos autores. El estudio se llevó a cabo mediante la obtención de 10 muestras de suelo alteradas e inalteradas que fueron analizadas en el laboratorio para su caracterización física y obtención del coeficiente de compresibilidad utilizando el equipo de consolidación CRS (Constant Rate of Strain consolidation test). Este estudio generó como resultados, ecuaciones que son útiles para el cálculo de asentamientos, las cuales afirma una correlación de tipo lineal de fuerte a perfecta entre el coeficiente de compresibilidad con el límite líquido ( $C_c=0.098W_L$ ),  $R^2=0.86$  y el porcentaje de humedad ( $C_c=0.0011\%w-0.2372$ ), por otro lado, muestra una correlación moderada entre el coeficiente de compresibilidad y la relación de vacíos ( $C_c=0.3977eo$ ). Dando como conclusión que las expresiones de correlación obtenidas en los análisis son bastante similares a las propuestas por varios autores en la bibliografía (pp. 3-9).

Asimismo, Gómez y Pedreros (2019). En su estudio denominado “Determinación del coeficiente de consolidación por distintos métodos en arcillas de la ciudad de Bogotá”, empleo como muestra los suelos arcillosos del sector nororiental de la ciudad de Bogotá - Colombia, el objetivo de esta investigación fue determinar el coeficiente de consolidación y coeficiente de permeabilidad por distintos métodos y comparar los coeficientes obtenidos en laboratorio con las correlaciones tradicionales. Se llevó a cabo mediante la recopilación de 7 estudios de suelos ya realizados por un laboratorio. Se tuvo como resultados, que al utilizar la fórmula empírica que correlaciona el coeficiente de permeabilidad y coeficiente de consolidación, obtiene que coeficiente de permeabilidad varía entre  $10^{-9}$  y  $10^{-8}$  y el

coeficiente de compresibilidad de  $10^{-3}$  a  $10^{-6}$ . Concluyendo así, que se podría usar la fórmula empírica para la obtención de valores confiables del coeficiente de consolidación (pp. 49-99).

De la misma forma Martínez (2016). En su investigación “Correlación entre el límite líquido y el coeficiente de compresibilidad para arcillas de llanura costera”, utilizó como muestra suelos de la expansión urbana de Pereira al norte de Cartagena- Colombia, su objetivo fue verificar la existencia de correlación de tipo lineal entre el coeficiente de compresibilidad como variable dependiente y el límite líquido e índice de plasticidad como variables independientes, a su vez comparar y analizar la correlación estadística obtenida con respecto a las diferentes correlaciones propuestas por distintos autores, para dicho estudio se realizó una serie de perforaciones para muestreo en distintas zonas de la ciudad, las muestras obtenidas fueron sometidas a ensayos de consolidación unidimensional, límites de Atterberg, humedad natural y gravedad específica. Los resultados que consiguió dieron una correlación de  **$C_c=0.0087(LL-10.3)$**  el cual es bastante similar a la propuesta por Terzaghi y Peck (1967) para la correlación del coeficiente de compresibilidad con el límite líquido y en cuanto a la relación del coeficiente de compresibilidad con el índice de plasticidad dada por Nakase y Boekhout (1988), es ligeramente diferente a la expresión de correlación obtenida en la investigación. Por ende, concluyó que el uso de la correlación de Terzaghi y Peck (1967) ( **$C_c=0.009(LL-10)$** ) es fiable en suelos de plasticidad media a baja y debe tenerse mucha precaución para suelos de alta plasticidad, dada la naturaleza y el ambiente geológico de los suelos (pp. 85-99).

Además, Molina et ál. (2012), en su investigación “Determinación de la correlación entre el coeficiente de compresión y propiedades índice en suelos de expansión urbana de Pereira”, tomo como unidad de estudio los suelos de diferentes sitios de la zona de expansión

urbana de la ciudad de Pereira-Colombia, con el objetivo de analizar la compresión (comportamiento esfuerzo-deformación unidimensional) y su relación con parámetros físicos como el Límite Líquido, Gravedad Específica y peso unitario del suelo, además verificar los resultados del cálculo del asentamiento con la ecuación propuesta por la Universidad de Los Andes y realizar ensayos de laboratorio que permitan obtener correlaciones entre Coeficiente de Compresión y valores índices del suelo, el estudio se desarrolló mediante sondeos para recuperación de muestras inalteradas, las muestras extraídas de las perforaciones se transportaron para realizar ensayos de consolidación unidimensional de acuerdo con la norma NTC-1967, con saturación inicial de la muestra y aplicación de esfuerzos entre 100 kPa y 1600 kPa, límites de Atterberg (límite líquido y límite plástico), siguiendo los lineamientos de la norma NTC 4630 sometiendo a la muestra a un secado previo al aire, Gravedad Específica de acuerdo con la norma NTC 1974, y Humedad natural NTC 1495. Los resultados que se obtuvieron fue que el coeficiente de compresibilidad varía de 0.28 a 0.72, con un valor de asentamiento promedio de 0.07 m cuando el suelo es sometido a una carga de  $1.2 \text{ tn/m}^2$ , asimismo las mejores correlaciones entre los valores índices y el coeficiente de compresión del suelo que se presentaron fue entre los variables contenido de humedad natural, peso unitario húmedo del suelo y relación de vacíos, pero al correlacionar el límite líquido y el coeficiente de compresión ( $C_c=0.0091(LL-15)$ ), dicha relación no fue representativa en esta investigación, por lo que concluyeron que es necesario continuar con el desarrollo de la investigación para lograr resultados que correlacionen en forma confiable los valores índices con el coeficiente de compresión (pp. 72-78).

También, Torres (2019). En su tesis “Correlación del límite de contracción y la actividad coloidal en suelos arcillosos, La Victoria – Lambayeque 2019”, tomó un área de



estudio de 3 hectáreas de los suelos arcillosos del distrito la Victoria ubicada en Lambayeque-Perú, con el objetivo de determinar la correlación del límite de contracción y la actividad coloidal en suelos arcillosos. Para la investigación se realizaron 9 calicatas georreferenciadas con coordenadas UTM, en la que se extrajeron 29 muestras representativas del suelo en estudio, en la cual se realizaron los ensayos correspondientes como contenido de humedad, límites de Atterberg, y granulometría por lavado y tamizado, para realizar su clasificación SUCS Y AASTHO. Se realizó el ensayo de granulometría por sedimentación con el hidrómetro, también se determinó el límite de contracción con el método de la parafina y poder así correlacionarla con la actividad, como resultados obtuvo una línea de tendencia polinómica de tercer grado. Concluyendo que al realizar este análisis estadístico de un modelo matemático que relaciona dos variables el límite de contracción y la actividad coloidal es bastante significativa lo cual garantiza una buena confiabilidad de la correlación obtenida, la cual es aplicable para el distrito de La Victoria y se puede emplear para evaluar el suelo arcilloso ya sea para la construcción de edificación, como también en obras viales (pp. 48-97).

En relación a la investigación es necesario conocer los siguientes conceptos fundamentales.

**Arcilla:** Es un tipo de Roca Natural Sedimentaria. Proviene de la descomposición de las Rocas Feldespato, siendo un silicato alumínico hidratado. Puede ser un elemento suelto o puede estar formando una masa en estado sólido, puede ser coherente o incoherente. Es un material terroso de grano generalmente fino y capaz de convertirse en una masa plástica al mezclarse con cierta cantidad de agua, siendo un desafío la construcción sobre arcilla ya que se expanden al humedecerse y contraen al secarse (Calvo y Duran, 2013, p. 18).

**Límites de Atterberg:** Corresponde a los contenidos de agua, en porcentaje, con el que el suelo cambia de un estado semisólido a un plástico y de un sólido a un semisólido se

definen como el límite plástico (LP) y el límite de contracción (LC), respectivamente (Cerro et ál, 2002, p. 32).

**Límite Líquido:** Es determinado con la cazuela de Casagrande y se define como el contenido de humedad con el cual se cierra una ranura de 12.7 mm mediante 25 golpes (Cerro et ál, 2002, p. 32).

**Límite Plástico:** Se define como el contenido de humedad con el cual el suelo se agrieta al formarse un rollito de 3 mm de diámetro (Cerro et ál, 2002, p. 32).

**Asentamiento por consolidación:** En el proceso natural de la deposición, los suelos de grano fino, como los limos y arcillas, quedan sometidos a un proceso de consolidación, en el cual el agua entre las partículas va siendo expulsada por el peso de las capas que se depositan por encima, después de un periodo se alcanza un estado de equilibrio y la compresión termina. Se dice entonces que un suelo está totalmente consolidado cuando su volumen permanece constante bajo la acción de un estado de esfuerzo constante. Un suelo normalmente consolidado es aquel en el cual las condiciones actuales corresponden a su presión de consolidación final o extrema. Cuando un suelo está sometido a una sobrecarga que es inferior a la presión extrema de consolidación que existió en algún momento del pasado, se dice que está pre consolidado. Cuando se presenta un cambio en las condiciones del esfuerzo, se tiene que alcanzar un nuevo estado de equilibrio (Cerro et ál, 2002, p. 32).

**Consolidación:** En suelos cohesivos saturados, el efecto del aumento de la carga consiste en expulsar algo de agua en los poros; a este proceso se le llama consolidación. Se presenta, entonces, una reducción gradual del volumen hasta que se alcanza la presión interna de equilibrio; una reducción de la carga puede causar expansión, cuando el suelo está en estado de saturación. Debe recordarse que se requiere una modificación de la carga para iniciar el proceso y que pueden transcurrir varios años hasta llegar al asentamiento final. Los

suelos más susceptibles suelen ser las arcillas y limos normalmente consolidados y ciertos tipos de rellenos saturados. Las turbas pueden ser altamente compresibles, ocasionando cambios del espesor de los estratos tan grandes como 20% con cargas bastante modestas (Cerro et ál, 2002, p. 32).

**Consolidación unidimensional:** El suelo es un material formado por tres fases diferentes: partículas sólidas, aire y agua. La aplicación de presiones sobre el mismo actúa de diferente manera sobre cada una de las fases y provoca interacciones entre las mismas. Además de la compresión de cada una de las diferentes fases que generalmente tiene efectos muy pequeños en la deformación del suelo, la reducción del volumen de poros por eliminación de aire o agua explican las mayores deformaciones que se producen (Ahumada y Salamanca, 2013, p. 34).

**Coefficiente de consolidación ( $C_v$ ):** Es el valor numérico utilizado en los cálculos de consolidación para determinar el tiempo necesario para que se produzca un porcentaje de consolidación, en una masa de suelo (Gómez y Pedreros, 2019, p. 34).

**Coefficiente de compresibilidad o índice de compresibilidad ( $C_c$ ):** Este coeficiente define las características de esfuerzo-deformación del suelo, y es la pendiente de la parte de la línea recta de la curva de carga (Gómez y Pedreros, 2019, p. 32).

**Permeabilidad:** Es la facultad con la que el agua pasa a través de los poros del suelo.

**Modelo de regresión lineal simple:** El análisis de regresión lineal simple es el más utilizado y el más sencillo de todos. Se trata de estudiar el efecto de una variable independiente sobre una única variable dependiente de la primera. Empleando esta ecuación de regresión lineal simple se puede realizar una estimación basándose en los datos obtenidos.

**Correlaciones del coeficiente de compresibilidad:** La correlación de la plasticidad y la compresibilidad han sido extensamente investigada de lo cual han surgido numerosas expresiones lineales para el coeficiente de compresión en términos del límite líquido y otras propiedades básicas como el índice de plasticidad. En las siguientes tablas se describen las correlaciones halladas por los diferentes autores (Calvo y Duran, 2013, p. 80).

**Tabla 1**

*Correlaciones del coeficiente de compresibilidad.*

| Cc = f (Límite Líquido - LL)        |   |
|-------------------------------------|---|
| Cc = 0,009 (LL-10)                  | Skempton (1944) Arcillas inalteradas        |
| Cc = 0,007 (LL -10)                 | Terzagui y Peck (1967) Arcillas remoldeadas |
| Cc = 0,0046 (LL - 9)                | Azzouz - Arcillas Brasileñas                |
| Cc = f (Índice de Plasticidad - IP) |   |
| Cc = 0,02 + 0,014 ( IP )            | Nacci (1975) Arcillas del Atlántico Norte   |
| Cc = 0,046 + 0,0104 ( IP )          | Nakase (1988)                               |

Nota: La tabla representa las ecuaciones de correlación del coeficiente de compresibilidad propuestas por diferentes autores (Calvo y Duran, 2013, p. 81).

**Correlación:** “En el análisis de correlación se mide la fuerza de la relación lineal entre las dos variables” (Johnson y Kuby, 2016, p. 162).

**Interpretación de la correlación:** “Si, conforme x aumenta, no hay un desplazamiento definido en los valores de y, se dice que no hay correlación, o no hay relación entre x y. Si, conforme x aumenta, hay un desplazamiento en los valores de y, entonces existe una correlación. La correlación es positiva cuando y tiende a aumentar, y negativa cuando y tiende a disminuir. Si los pares ordenados (x, y) tienden a seguir una trayectoria en línea recta, existe una correlación lineal. La precisión del desplazamiento en y conforme x aumenta determina la fuerza de la correlación lineal” (Johnson y Kuby, 2016, p. 136).

Los diagramas de dispersión en la figura 1 muestran estas ideas.

**Figura 1**

*Diagramas de Dispersión y Correlación.*



Nota: El gráfico representa los diagramas de dispersión y correlación. Tomado de Estadística Elemental (p.136.), por R. Johnson y P. Kuby, 2016, Cengage Learning Editores.

Por consiguiente, se realizó dicho estudio, el cual se justificó debido a lo importante que es conocer los asentamientos por consolidación que se producirán en el suelo, ya que la vida de la estructura depende en gran parte del control de los asentamientos, es por eso que en esta investigación se determina una correlación entre la permeabilidad, límites de Atterberg y el coeficiente de compresibilidad en suelos arcillosos de la zona de Santa Bárbara, buscando así que tanto la comunidad académica y profesional, cuente con un mecanismo para la determinación de los asentamientos de una manera práctica y que goce de una alta confiabilidad, además permitirá el desarrollo de futuras investigaciones dado que será de gran utilidad como guía, pues la recolección de esta información está constituida de importantes fuentes y actualizada. Asimismo, los resultados de este trabajo contribuirán directamente con la población ofreciendo ciertos parámetros del terreno, para que así puedan mitigar los riesgos donde se construiría obras futuras.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es la correlación de la permeabilidad, límites de Atterberg y la consolidación en suelos arcillosos para la zona de expansión urbana Santa Bárbara, Cajamarca, 2022?

### 1.3. Objetivos

Esta investigación tiene como objetivo general:

- Determinar las correlaciones entre la permeabilidad, límites de Atterberg y la consolidación de suelos arcillosos para la zona de expansión urbana Santa Bárbara, Cajamarca, 2022.

Objetivos específicos:

- Conocer las propiedades físicas del suelo (granulometría por tamizado y sedimentación, límites de Atterberg) y Calcular la permeabilidad del suelo mediante el ensayo de permeámetro con carga variable.
- Determinar el coeficiente de compresibilidad mediante el ensayo de consolidación unidimensional.
- Analizar la correlación entre la permeabilidad y el coeficiente de compresibilidad, asimismo los límites de Atterberg con el coeficiente de compresibilidad.

### 1.4. Hipótesis

La permeabilidad, límites de Atterberg y la consolidación de suelos arcillosos de la zona de expansión urbana Santa Bárbara presentan una correlación significativamente fuerte entre sus variables, generando ecuaciones lineales, positivas altas.

## CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

Se clasifica de acuerdo a su fin como una investigación tipo aplicada, ya que se basa en aplicar conocimientos teóricos anteriormente adquiridos, por otra parte, por su alcance es correlacional ya que “tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular” (Baptista, Fernández y Hernández, 2014, p. 93).

Además, esta investigación tuvo un enfoque cuantitativo, de acuerdo con Baptista, Fernández y Hernández (2014) este enfoque “utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías” (p. 4)

Presenta un diseño no experimental, Baptista, Fernández y Hernández (2014), definen que: “La investigación no experimental es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para posteriormente analizarlos” (p. 152 ), de igual manera se identificó como medición tipo transversal, pues “Describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado (...) las investigaciones transversales descriptivas son la indagación en la incidencia de las modalidades o niveles de una o más variables en una población” (Baptista, Fernández y Hernández 2014, pp. 154-155).

### 2.2. Población y muestra:

**Población:** Se consideró como población de estudio a la Lotización Arce (0003), Manzana A, que está conformado por 5 lotes cada una aproximadamente de 960 m<sup>2</sup>, del sector Santa Bárbara, distrito de Baños del Inca - provincia de Cajamarca – región de Cajamarca.

**Figura 2**

*Delimitación de la Lotización Arce (0003)-Manzana A, del Sector Santa Bárbara.*



Fuente: Elaboración Propia, 2023

**Muestra:** Para esta investigación el muestreo fue no probabilístico por conveniencia, se consideraron 18 muestras de suelo obtenido de las 5 calitas, se realizó 1 en cada lote de la manzana, estas se calcularon de acuerdo al RNE, Norma E.050, donde menciona que el número de puntos a investigar para las edificaciones tipo III son 1 cada 900 m<sup>2</sup>.

**Tabla 2**

*Coordenadas de calicatas.*

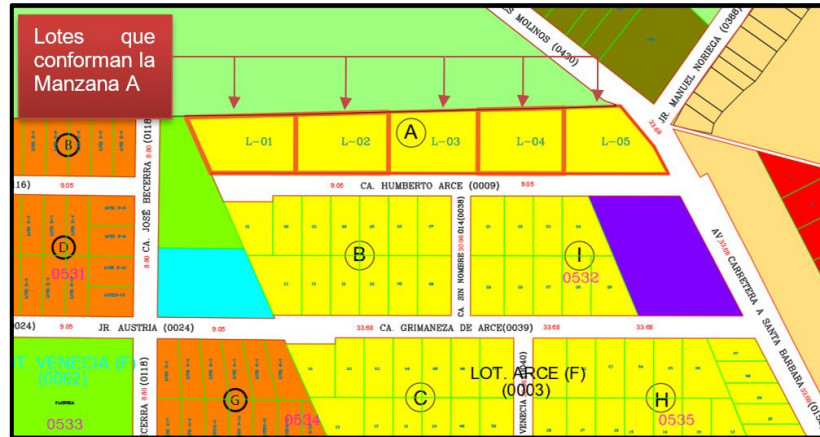
| Calicata | N° de estratos | Coordenadas UTM |            |
|----------|----------------|-----------------|------------|
|          |                | Este            | Norte      |
| C-1      | 4              | 775010.22       | 9210351.21 |
| C-2      | 3              | 775060.67       | 9210340.7  |
| C-3      | 4              | 775099.64       | 9210350.23 |
| C-4      | 4              | 775145.7        | 9210340.18 |
| C-5      | 3              | 775170.05       | 9210348.83 |

Nota: En la tabla se observa las coordenadas UTM de cada una de las calicatas.



**Figura 3**

*Delimitación por lotes de la Manzana A.*



Fuente: Elaborado por la Municipalidad Provincial de Baños del Inca, extraído del Plano Base Referencial Urbano.

### 2.3. Materiales, instrumentos y métodos

En el desarrollo de este trabajo se realizó los siguientes ensayos en laboratorio los cuales se describen a continuación:

#### **Ensayo de límites de plasticidad**

#### **Ensayo de Límite Líquido (ASTM D4318)**

**Material:** Muestra alterada seca de suelo

**Instrumentos:** Balanza, horno, tara, malla N°40, copa de Casagrande, ranurador, espátula, probeta de 100 ml, capsula de porcelana.

### Procedimiento:



Se pesó la muestra de suelo.



En una capsula de porcelana se mezcló el suelo con agua utilizando una espátula hasta obtener una pasta uniforme.



Se colocó una porción de la pasta en la copa de casagrande, se niveló haciendo uso de una espátula hasta obtener un espesor de 1 cm.



En el centro se realizó una ranura con el acanalador de tal manera que la muestra quedó dividida en dos partes iguales.



Se golpeó la copa mediante la manivela a razón de dos golpes por segundo hasta que las dos mitades del suelo se pusieran en contacto en la parte inferior de la ranura.



Con la espátula se retiró la porción del suelo, que se puso en contacto en la parte inferior de la ranura y se colocó en una tara para determinar su contenido de humedad.

### Ensayo de Límite Plástico (ASTM D4318)

**Material:** Muestra alterada seca de suelo

**Instrumentos:** Balanza, horno, tara, malla N°40, espátula, probeta de 100 ml, capsula de porcelana, placa de vidrio.

**Procedimiento:**



A la porción de la mezcla preparada para el límite líquido se agregó suelo seco de tal manera que la pasta baje su contenido de humedad.



Se enrolló la muestra con la mano sobre una placa de vidrio, hasta que se obtuvo cilindros de 3mm de diámetro, luego se colocó en el horno para determinar su contenido de humedad.

**Ensayo de Análisis granulométrico mediante Tamizado por lavado (ASTM D422)**

**Material:** Muestra alterada seca de suelo

**Instrumentos:** Balanza, horno, tara, juego de tamices (mallas N°4, 10, 20, 30, 40, 60, 100, 200).

**Procedimiento:**



Se pesó la muestra seca.



Se colocó la muestra en una tara y se agregó agua y se dejó durante 24 horas.



Se colocó la muestra remojada en la malla N° 200 y se tamizó mediante chorro de agua.



La muestra retenida en la malla N° 200 se retiró en una tara y se colocó en el horno por 24 horas.



Luego de sacar la muestra seca del horno, se pasó la muestra por el juego de tamices, y se procedió a pesar el suelo retenido en cada tamiz.

## Ensayo de Análisis granulométrico mediante Tamizado por sifonaje (ASTM

D422):

**Material:** Muestra alterada seca de suelo, 5ml de defloculante (glicerina), agua.

**Instrumentos:** Dispensador eléctrico, probeta de 5ml y 100 ml, disco de madera con vástago, manguera para sifonear, balanza, horno, tara, juego de tamices (mallas N°10,40,200).

### Procedimiento:



Se pesó la muestra seca, luego se tamizó el material mediante la malla N° 10.



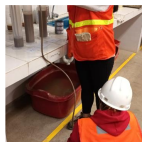
Se pesó el material pasante por la malla N°10 y luego se colocó en el dispersador y se agregó agua y 5 ml de glicerina y se mezcló durante 15 minutos.



Se vació la mezcla del dispersador a una probeta de 100 ml, luego se agregó agua hasta la altura de 20 cm y se agitó durante 1 minuto.



Se dejó reposar la probeta con la muestra durante 30 min considerando que las partículas flotantes son arcillas.



Se colocó el disco de madera hasta donde se encontraba el material sedimentado, luego se sifoneo con la manguera el agua.



Se retió la muestra sedimentada de la probeta y se colocó en una tara, luego se llevó al horno para su respectivo secado.



Se retiró la muestra seca del horno y se tamizó por las mallas N°40 y 200.

### Ensayo de consolidación unidimensional (ASTM D2435):

**Material:** Muestra inalterada de suelo.

**Instrumentos:** Balanza, horno, tara, consolidómetros, papel filtro, piedras porosas.

#### Procedimiento:



Se talló la muestra inalterada usando el recipiente de consolidación.



Se pesó el recipiente de consolidación con muestra y sin muestra.



Se colocó el recipiente de consolidación en el equipo junto con el papel filtro y las piedras porosas.



Luego se procedió a configurar la carga en el equipo del consolidómetro y se anotó las lecturas de las deformaciones.



Se colocó cada aplicación de carga constante por 24 horas y luego se procedió a aumentar la carga sucesivamente.



Al finalizar la aplicación de cargas se retiró el consolidómetro y se procedió a pesar el recipiente de consolidación con el suelo y se llevó al horno para su secado.



Se retiró la muestra seca del horno y se pesó.



Con el resto de material inalterado sobrante se realizó el ensayo de gravedad específica.

### **Ensayo de permeabilidad con carga variable (ASTM D2434):**

**Material:** Muestra alterada seca de suelo.

**Instrumentos:** Balanza, horno, tara, moldes de 4", permeámetro, malla N°4, papel filtro, piedras porosas.

### **Procedimiento:**



Se tamizó la muestra seca por la malla N°4.



se midió el diámetro y altura del molde del permeámetro y el diámetro del tubo de ingreso de agua.



Se armó el equipo del permeámetro, junto con las piedras porosas y papel filtro, asimismo, se llenó el molde con el suelo seco tamizado.



Se procedió a alimentar el equipo con agua hasta saturar la muestra.



Se tomó lectura de la medida de la columna de agua y el tiempo que demora en filtrar el agua .



Se repitió 3 veces el ensayo luego se promedió y se tuvo un resultado del coeficiente de permeabilidad.

## 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

**Técnica de recolección de datos:** Para el desarrollo de esta investigación se usó la técnica de observación directa en cada uno de los ensayos realizados a las muestras de suelo, para obtener sus características.

**Instrumento de recolección:** Se utilizó para este estudio, protocolos de recolección de datos que comprende de cuadros, que se llenaron de acuerdo a los datos obtenidos de los ensayos que se realizaron, cada ensayo tiene un protocolo diferente, los protocolos utilizados son los que se trabaja en el laboratorio de suelos de UPN, las cuales están divididas en dos partes, la primera que es una guía donde se describa el ensayo a realizar, en esta se detalla la norma, los materiales, equipos y procedimiento que se realiza en el ensayo, la segunda parte consta de los datos que se obtiene del ensayo, cada uno de estos protocolos estarán firmados por el tesista, coordinador de laboratorio y asesor de tesis, para evidenciar la validez de confiabilidad de los ensayos.

**Análisis de datos:** Se usó la estadística descriptiva, la cual recopila y analiza un conjunto de datos con la finalidad de reducir y sistematizar cualquier tipo de información, en cuanto al instrumento de análisis de datos se utilizó las hojas de cálculo de Excel, en el cual se organizó y proceso los datos obtenidos de cada uno de los protocolos de recolección de datos mediante tablas y gráficos de una manera más detallada y amigable.

## 2.5. Procedimiento

Consistió inicialmente en realizar una visita a la zona de estudio para verificar la ubicación de las 5 calicatas, haciendo uso de un GPS, luego se efectuó las excavaciones con dimensiones de 1.5 m de ancho, 1.5 m de largo, después se procedió a realizar la extracción de las muestra por cada estrato encontrado en la calicata, cada muestra (alterada e inalterada)

fue transportado en bolsas de plástico sellados al laboratorio de suelos de la Universidad Privada del Norte para realizar los ensayos, el estado de la muestra retirada fue inalterada para realizar el ensayo de consolidación unidimensional y la muestra alterada fue usada para la clasificación de suelos, mediante los ensayos, ensayo de análisis granulométrico mediante tamizado por lavado y por sifonaje, ensayo de límites de Atterberg, asimismo se empleó para realizar el ensayo de permeámetro de carga variable; cada uno de estos ensayos se efectuó siguiendo la norma que indica el RNE E0.50 de Suelos y Cimentaciones, al tener todos los datos requeridos para el análisis se procedió a desarrollar el trabajo en gabinete, que consistió en procesar la información anteriormente obtenida de los ensayos que se encuentran reflejados en los protocolos, mediante tablas y gráficos que ayudaron a tener los datos de forma ordenada y entendible haciendo uso del programa Excel, asimismo se realizó los cálculos de coeficiente de consolidación, coeficiente de permeabilidad, mediante tablas dinámicas que se procesaron en este programa y facilitaron su análisis.

### Tabla 3

*Resumen de ubicación de calicatas.*

| Calicata | Ubicación | Coordenadas UTM |            |
|----------|-----------|-----------------|------------|
|          |           | Este            | Norte      |
| C-1      | Lote 1    | 775010.22       | 9210351.21 |
| C-2      | Lote 2    | 775060.67       | 9210340.7  |
| C-3      | Lote 3    | 775099.64       | 9210350.23 |
| C-4      | Lote 4    | 775145.7        | 9210340.18 |
| C-5      | Lote 5    | 775170.05       | 9210348.83 |

Nota: En la tabla se muestra la ubicación de cada calicata.



**Tabla 4**

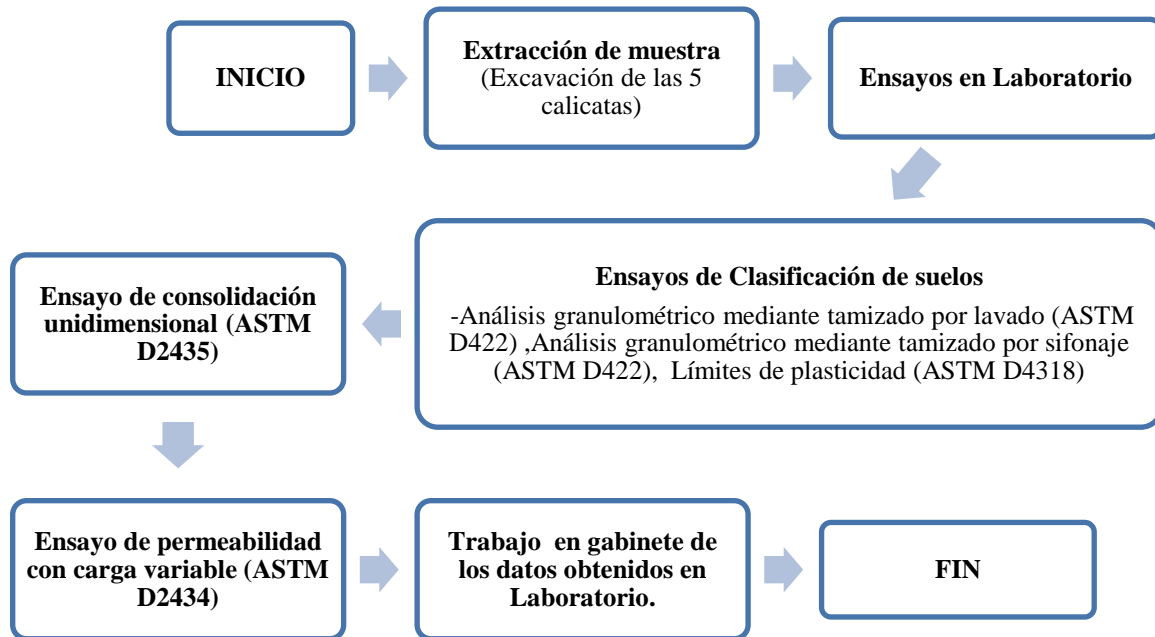
*Resumen de ensayos a realizar.*

| Ensayos a realizar   | Calicata       | Estrato            |
|--|----------------|--------------------|
| Ensayo de Límite Líquido (ASTM D4318)  | C1,C2,C3,C4,C5 | Todos los estratos |
| Ensayo de Límite Plástico (ASTM D4318)                                       | C1,C2,C3,C4,C5 | Todos los estratos |
| Ensayo de Análisis granulométrico mediante Tamizado por lavado (ASTM D422)   | C1,C2,C3,C4,C5 | Todos los estratos |
| Ensayo de Análisis granulométrico mediante Tamizado por sifonaje (ASTM D422) | C1,C2,C3,C4,C5 | Todos los estratos |
| Ensayo de consolidación unidimensional (ASTM D2435)                          | C1,C2,C3,C4,C5 | Último estrato     |
| Ensayo de permeabilidad con carga variable (ASTM D2434)                      | C1,C2,C3,C4,C5 | Último estrato     |

Nota: En la tabla se describe los ensayos que se realizó a cada calicata y estrato.

**Figura 4**

*Etapas del desarrollo de la investigación.*



Fuente: Elaboración Propia, 2023

Para la redacción de la presente investigación se tuvo en cuenta aspectos éticos basados en la referenciación de todas las fuentes que han sido consultadas para que así se pueda salvaguardar la propiedad intelectual de los autores, respecto a las teorías y conocimientos diversos; citándolos apropiadamente y precisando las fuentes bibliográficas bajo el formato APA séptima edición, de modo que no se presentó de ninguna forma plagio, se garantizó la confidencialidad y la no manipulación de la información lo que aseguró la autenticidad de los resultados, finalmente los formatos utilizados en el laboratorio fueron actualizados y visados por el responsable competente.

### CAPÍTULO III: RESULTADOS

Este capítulo acoge los resultados más relevantes que se obtuvieron al realizar los ensayos anteriormente mencionados, donde se analizó la clasificación de suelos, los límites de Atterberg, permeabilidad y consolidación de suelos de cada calicata excavada, con lo cual se pudo efectuar una correlación entre estos parámetros para que se pueda obtener ecuaciones útiles para el cálculo de asentamientos.

**Tabla 5**

*Resultado de las propiedades generales del suelo de cada calicata.*

| CALICATA | ESTRATO | PROFUNDIDAD<br>(m) | LÍMITES |       |       | TIPO DE<br>SUELO<br>SEGÚN<br>SUCS |
|----------|---------|--------------------|---------|-------|-------|-----------------------------------|
|          |         |                    | LL      | LP    | IP    |                                   |
| C-1      | E-1     | 0.3                | 46.05   | 33.66 | 12.39 | ML                                |
|          | E-2     | 0.25               | 46.92   | 32.10 | 14.82 | ML                                |
|          | E-3     | 0.15               | 53.04   | 39.28 | 13.76 | MH                                |
|          | E-4     | 0.4                | 42.80   | 29.31 | 13.49 | ML                                |
| C-2      | E-1     | 0.3                | 49.50   | 27.68 | 27.68 | CL                                |
|          | E-2     | 0.3                | 46.00   | 26.02 | 19.98 | CL                                |
|          | E-3     | 0.8                | 38.85   | 23.85 | 15.00 | CL                                |
| C-3      | E-1     | 0.2                | 51.30   | 32.60 | 18.70 | MH                                |
|          | E-2     | 0.2                | 58.90   | 43.35 | 15.55 | MH                                |
|          | E-3     | 0.4                | 35.30   | 21.62 | 13.68 | CL                                |
|          | E-4     | 0.3                | 43.80   | 21.09 | 22.71 | CL                                |
| C-4      | E-1     | 0.25               | 34.50   | 22.50 | 12.00 | CL                                |
|          | E-2     | 0.2                | 40.00   | 29.42 | 10.58 | ML                                |
|          | E-3     | 0.2                | 51.68   | 31.99 | 19.69 | MH                                |
|          | E-4     | 0.6                | 33.10   | 21.50 | 11.60 | CL                                |
| C-5      | E-1     | 0.3                | 50.40   | 35.86 | 14.54 | MH                                |
|          | E-2     | 0.5                | 36.45   | 22.28 | 14.17 | CL                                |
|          | E-3     | 0.4                | 32.07   | 24.30 | 7.77  | ML                                |

Nota. Los resultados de los ensayos se muestran en el Anexos.

En la tabla 5, se mostraron los resultados del ensayo de límites de Atterberg y el tipo de suelo según SUCS, de las 5 calicatas, todos los ensayos se realizaron bajo el RNE -E 0.50.

**Tabla 6**

*Resumen de los resultados de las propiedades del suelo, coeficiente de compresibilidad y permeabilidad.*

| CALICATA | ESTRATO | GS   | LÍMITES |       |       | PERMEABILIDAD (K) Fórmula Cv | COEFICIENTE DE COMPRESIBILIDAD AD | PERMEABILIDAD (K) Ensayo | ASENTAMIENTO cm |
|----------|---------|------|---------|-------|-------|------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|-----------------|
|          |         |      | LL      | LP    | IP    |                              |                                   |                          |                 |
| C-1      | E-4     | 2.55 | 42.80   | 29.31 | 13.49 | 2.76E-09<br>7.33E-09         | 0.121                             | 2.16E-06                 | 3.000           |
| C-2      | E-3     | 2.64 | 38.85   | 23.85 | 15.00 | 1.32E-08<br>2.72E-09         | 0.086                             | 1.71E-06                 | 2.860           |
| C-3      | E-4     | 2.60 | 43.80   | 21.09 | 22.71 | 1.81E-07<br>7.25E-09         | 0.113                             | 2.13E-06                 | 2.166           |
| C-4      | E-4     | 2.62 | 33.10   | 21.50 | 11.60 | 1.07E-08<br>4.26E-09         | 0.057                             | 1.45E-06                 | 1.706           |
| C-5      | E-3     | 2.58 | 32.07   | 24.30 | 7.77  | 1.15E-09<br>4.74E-09         | 0.033                             | 1.12E-06                 | 0.809           |

Según lo mostrado en la tabla 6, se puede apreciar el coeficiente de compresibilidad (Cc) obtenido del ensayo de consolidación unidimensional. Asimismo, el coeficiente de permeabilidad obtenida en laboratorio, por el ensayo de permeabilidad de carga variable y el coeficiente de permeabilidad obtenida por la fórmula empírica en función del coeficiente de consolidación (Cv), se puede diferir que los valores del coeficiente de permeabilidad (k) obtenida en el laboratorio son mayores  $10^{-6}$  a las que se calcularon teóricamente, que varían de  $10^{-7}$  a  $10^{-9}$ .

**Tabla 7**

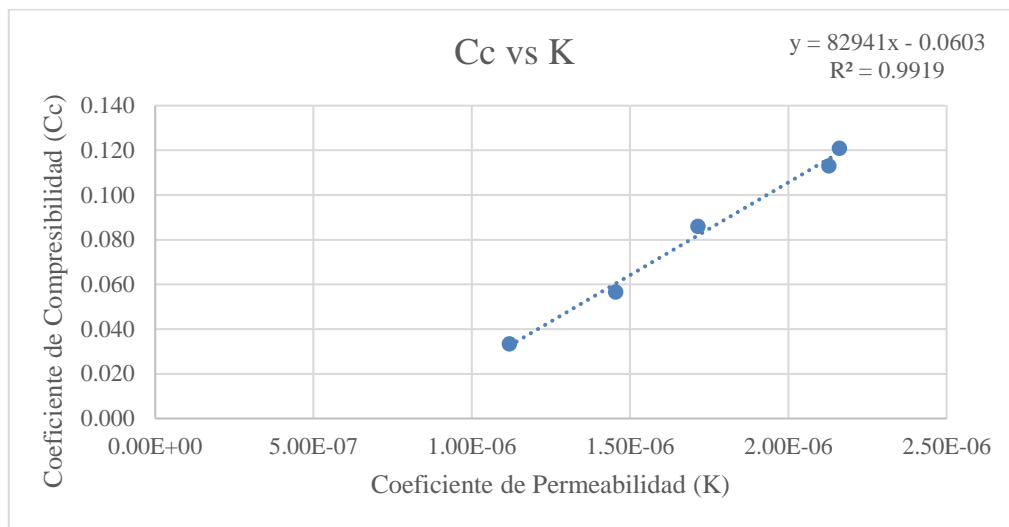
*Coeficiente de permeabilidad (k) y coeficiente de compresibilidad (Cc)*

| DESCRIPCIÓN | PERMEABILIDAD (K) Ensayo | COEFICIENTE DE COMPRESIBILIDAD |
|-------------|--------------------------|--------------------------------|
| C1-E4       | 2.16E-06                 | 0.121                          |
| C2-E3       | 1.71E-06                 | 0.086                          |
| C3-E4       | 2.13E-06                 | 0.113                          |
| C4-E4       | 1.45E-06                 | 0.057                          |
| C5-E3       | 1.12E-06                 | 0.033                          |

En la tabla 7, se puede apreciar que el coeficiente de compresibilidad ( $C_c$ ) presenta una relación directa con el coeficiente de permeabilidad que fue obtenido en laboratorio mediante el ensayo de permeabilidad de carga variable, generando así estos datos una correlación lineal.

**Figura 5**

*Correlación del coeficiente de permeabilidad y coeficiente de compresibilidad.*



En la figura 5, se puede observar que el coeficiente de compresibilidad y coeficiente de permeabilidad tienen un coeficiente de correlación  $R^2 = 0.9919$  lo que indica que la dependencia entre las dos variables es fuerte, generando la ecuación:  $C_c = 82947 * k - 0.0603$ , para suelos arcillosos.

**Tabla 8**

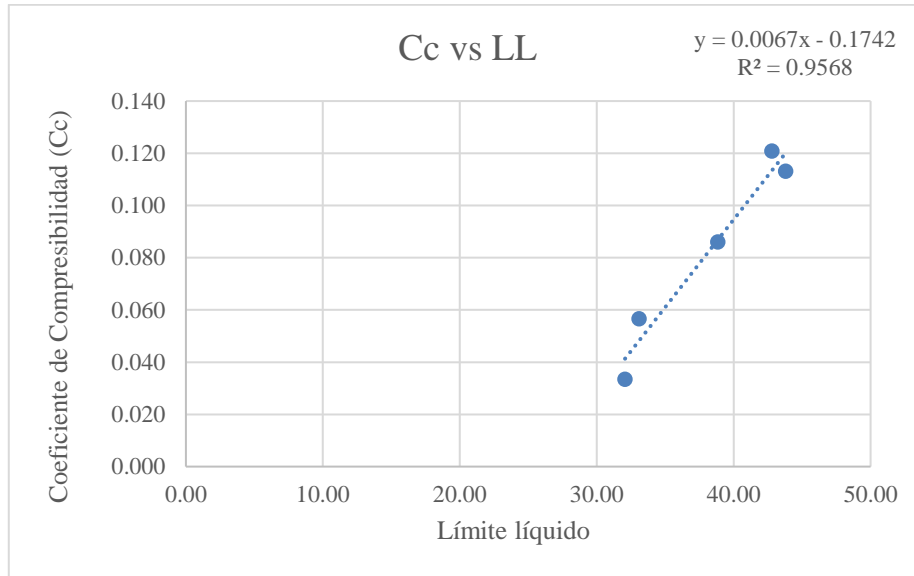
*Límite líquido y coeficiente de compresibilidad*

| DESCRIPCIÓN | LL    | COEFICIENTE DE COMPRESIBILIDAD |
|-------------|-------|--------------------------------|
| C1-E4       | 42.80 | 0.121                          |
| C2-E3       | 38.85 | 0.086                          |
| C3-E4       | 43.80 | 0.113                          |
| C4-E4       | 33.10 | 0.057                          |
| C5-E3       | 32.07 | 0.033                          |

Según lo mostrado en la tabla 8, se puede apreciar que el coeficiente de compresibilidad ( $C_c$ ) presenta una relación directa con el límite líquido, generando así estos datos una correlación lineal.

**Figura 6**

*Correlación del Límite líquido y coeficiente de compresibilidad.*



Como se puede ver en la figura 6, el coeficiente de compresibilidad y el límite líquido tienen un coeficiente de correlación  $R^2 = 0.9568$  lo que indica que la dependencia entre las dos variables es fuerte, generando la ecuación:  $C_c = 0.0067 * LL - 0.1742$ , para suelos arcillosos.

**Tabla 9**

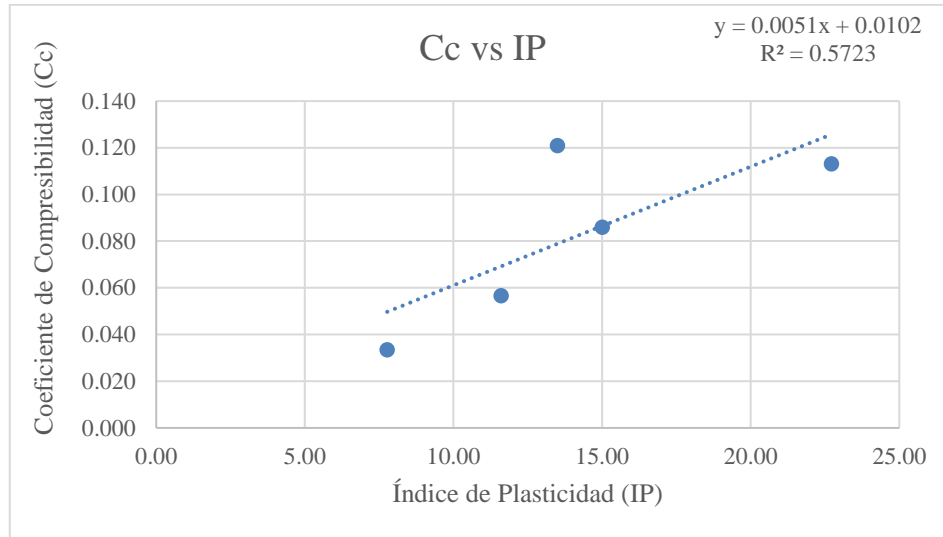
*Índice de plasticidad y Coeficiente de compresibilidad.*

| DESCRIPCIÓN | IP    | COEFICIENTE DE COMPRESIBILIDAD |
|-------------|-------|--------------------------------|
| C1-E4       | 13.49 | 0.121                          |
| C2-E3       | 15.00 | 0.086                          |
| C3-E4       | 22.71 | 0.113                          |
| C4-E4       | 11.60 | 0.057                          |
| C5-E3       | 7.77  | 0.033                          |

En la tabla 9, se puede apreciar que el coeficiente de compresibilidad ( $C_c$ ) presenta una relación directa con el Índice de plasticidad con respecto a la C2, C3, C4, C5, mientras que con la C1 el valor difiere notablemente.

**Figura 7**

*Correlación del índice de plasticidad y coeficiente de compresibilidad.*



De la figura 7, se puede evidenciar que el coeficiente de compresibilidad y índice de plasticidad tienen un coeficiente de correlación  $R^2 = 0.5723$  lo que indica que la dependencia entre las dos variables es baja, esto se debe, que de las 5 calicatas estudiadas una de ellas (C1) no se encuentra dentro de la proyección lineal, generando así que la ecuación:  $C_c = 0.0051 * IP + 0.0102$ , tenga menor confiabilidad.

A continuación, se muestra los valores obtenidos de fórmulas que han planteado diferentes autores a lo largo de los años y que actualmente se usan para un cálculo aproximado del coeficiente de compresibilidad en función del límite líquido.

**Tabla 10**

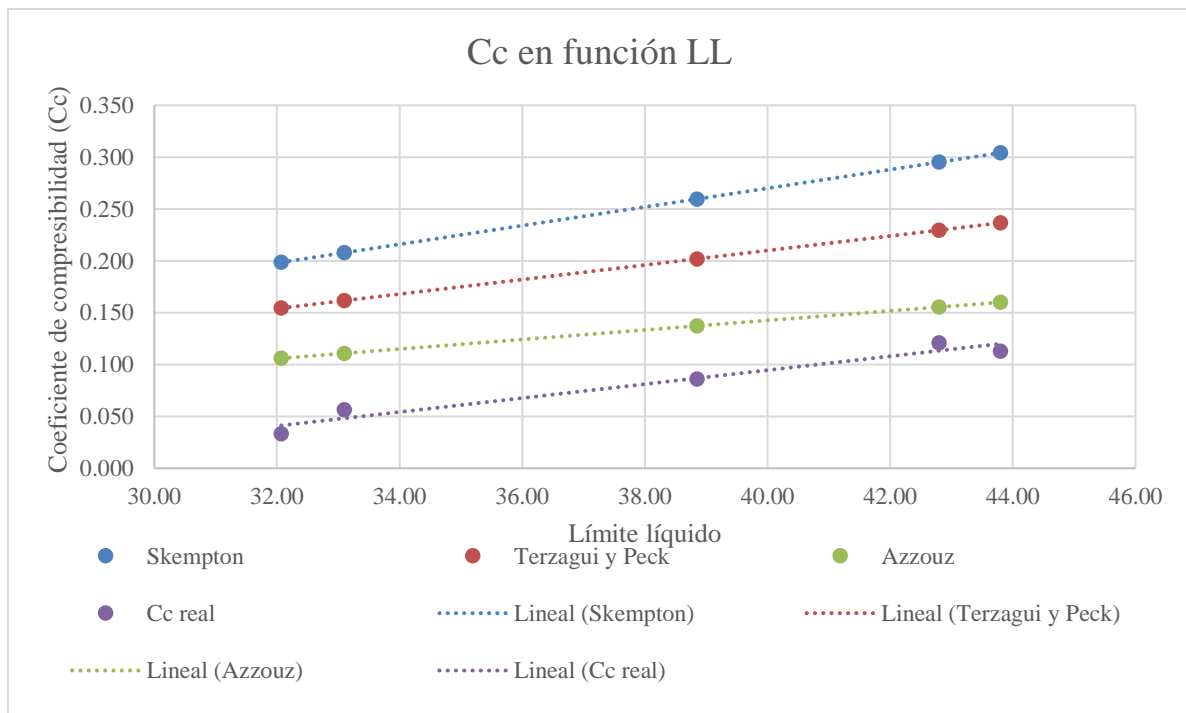
*Resultados del Coeficiente de compresibilidad obtenida por distintas fórmulas empíricas en función del límite líquido.*

| DESCRIPCIÓN | LL    | Cc (Skempton) | Cc (Terzagui y Peck) | Cc (Azzouz) | Cc (Laboratorio) |
|-------------|-------|---------------|----------------------|-------------|------------------|
| C1-E4       | 42.80 | 0.295         | 0.230                | 0.155       | 0.121            |
| C2-E3       | 38.85 | 0.260         | 0.202                | 0.137       | 0.086            |
| C3-E4       | 43.80 | 0.304         | 0.237                | 0.160       | 0.113            |
| C4-E4       | 33.10 | 0.208         | 0.162                | 0.111       | 0.057            |
| C5-E3       | 32.07 | 0.199         | 0.154                | 0.106       | 0.033            |

Se puede evidenciar en la tabla 10, el valor del coeficiente de compresibilidad (Cc) calculado según las fórmulas propuestas por Skempton, Terzagui y Peck, Azzouz y el obtenido en laboratorio.

**Figura 8**

*Comparación del coeficiente de compresibilidad vs límite líquido.*



Según la figura 8, se verifica que los valores más cercanos al coeficiente de compresibilidad real son las que se obtuvieron con la fórmula de Azzouz.



Se aprecia los valores obtenidos de las fórmulas que han propuesto autores para un cálculo aproximado del coeficiente de compresibilidad en función del índice de plasticidad.

**Tabla 11**

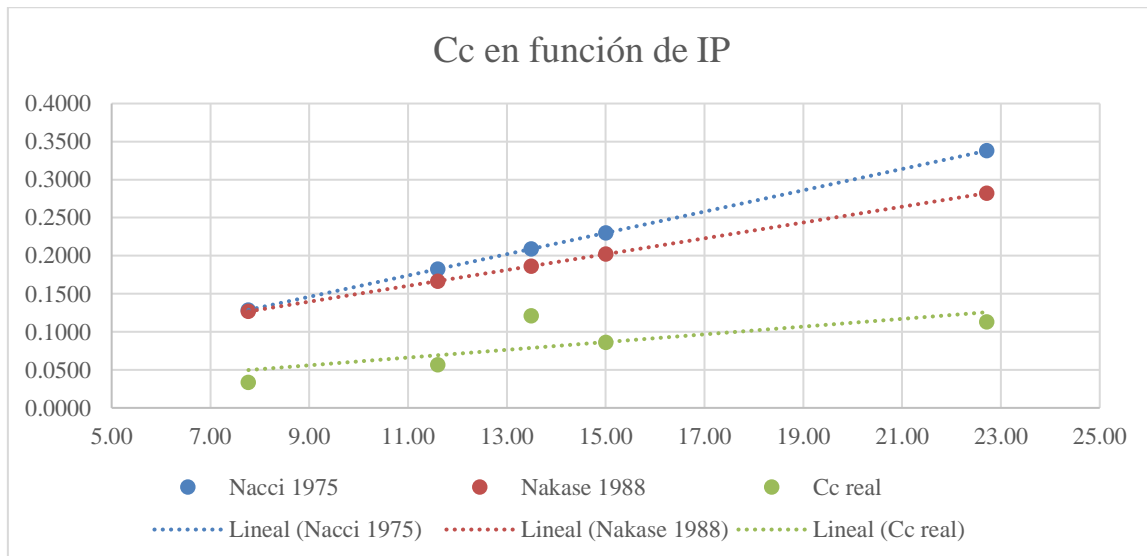
*Resultados del Coeficiente de compresibilidad obtenida por distintas fórmulas empíricas en función del Índice de plasticidad.*

| DESCRIPCIÓN | IP    | C <sub>c</sub> (Nacci 1975) | C <sub>c</sub> (Nakase 1988) | C <sub>c</sub> (Laboratorio) |
|-------------|-------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| C1-E4       | 13.49 | 0.2089                      | 0.1863                       | 0.121                        |
| C2-E3       | 15.00 | 0.2301                      | 0.2021                       | 0.086                        |
| C3-E4       | 22.71 | 0.3380                      | 0.2822                       | 0.113                        |
| C4-E4       | 11.60 | 0.1824                      | 0.1667                       | 0.057                        |
| C5-E3       | 7.77  | 0.1288                      | 0.1268                       | 0.033                        |

Según lo mostrado en la tabla 11, se puede observar el valor del coeficiente de compresibilidad (C<sub>c</sub>) calculado según las fórmulas propuestas por Nacci, Nakase y el obtenido en laboratorio.

**Figura 9**

*Comparación del coeficiente de compresibilidad vs Índice de plasticidad.*



Se puede rescatar de la figura 9, que los valores del coeficiente de compresibilidad real no son cercanos a las que se obtuvieron con la fórmula de Nacci y Nakase.

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión:

Conforme a los resultados anteriormente analizados de la permeabilidad, límites de Atterberg y la consolidación del suelo arcilloso de la expansión urbana Santa Bárbara se muestra:

En la tabla 5, se detalla que, según los ensayos realizados en laboratorio para la clasificación de suelos se obtuvo que la calicata 1, 3 y 4 presentan 4 estratos y la calicata 2 y 5 presentan 3 estratos, según SUCS el tipo de suelo que se muestra son ML, MH y CL, lo cual nos confirma que predominan los suelos arcillosos inorgánicos con presencia de limos de media a alta plasticidad en la expansión urbana Santa Bárbara.

De acuerdo a la tabla 6, se dedujo que el valor del coeficiente de permeabilidad calculado con la fórmula empírica en función del coeficiente de consolidación ( $C_v$ ) varía entre  $10^{-7}$  y  $10^{-9}$  presenta una notoria diferencia en comparación con el valor obtenido mediante el ensayo en laboratorio de permeabilidad de carga variable, que es de  $10^{-6}$ , en este caso se deduce que no es favorable el uso de la fórmula empírica para obtener un valor aproximado del coeficiente de permeabilidad, pese a esto ambos datos se encuentran dentro de los valores típicos de permeabilidad para suelos arcillosos que menciona Braja Das (2014), el cual indica que si el coeficiente de permeabilidad es menor a  $10^{-6}$  corresponde a suelos arcillosos de muy baja permeabilidad (p.122). Además, se presentan los asentamientos que se produciría en el suelo, si este está sometido a una carga de 15 Tn, comprobando que en la zona de estudio está expuesto a asentamientos diferenciales que varían de 0.8 cm a 3 cm, por tal motivo se recomendaría tener en cuenta estos valores para el diseño de cimentaciones.

Según la tabla 7 y la figura 5 se puede verificar que al tener una relación directa el coeficiente de compresibilidad y coeficiente de permeabilidad genera una ecuación de correlación  $C_c = 82947 * k - 0.0603$ , este presenta un coeficiente de correlación  $R^2 = 0.9919$ , ya que la dependencia entre las dos variables es fuerte, se infiere que es conveniente el uso de la ecuación.

La tabla 8 y figura 6 específica, la correlación del coeficiente de compresibilidad y el límite líquido, la ecuación que se propone  $C_c = 0.0067 * LL - 0.1742$ , tiene un coeficiente de correlación  $R^2 = 0.9568$ , lo cual comprueba que la ecuación tiene un ajuste fuerte.

En cuanto a la tabla 9 y la figura 7, se muestra que la correlación del coeficiente de compresibilidad y el índice de plasticidad, presenta un coeficiente de  $R^2 = 0.5723$ , esto evidencia que la dependencia lineal es baja y no se recomendaría el uso de la ecuación  $C_c = 0.0051 * IP + 0.0102$ .

Por otro lado, en la tabla 10 y figura 8, se comprueba que al realizar una comparación de los valores obtenidos del coeficiente de compresibilidad mediante fórmulas empíricas y el obtenido en laboratorio, la fórmula que se recomendaría usar para el cálculo aproximado del coeficiente de compresibilidad es función del límite líquido es la propuesta por el autor Azzouz ( $C_c = 0,0046 (LL - 9)$ ).

Mientras que en la tabla 11 y figura 9, se comprueba que al realizar una comparación de los valores obtenidos del coeficiente de compresibilidad mediante las ecuaciones propuesta por los autores Nacci (1975) y Nakase (1988) que se encuentran en función del índice de plasticidad, los valores no se asemejan a los que se obtuvieron en laboratorio, por lo que, no se sugiere usar estas fórmulas para determinar el coeficiente de compresibilidad en los suelos de la expansión urbana de Santa Bárbara.

El presente estudio tuvo como limitación, la disponibilidad del equipo para realizar el ensayo de consolidación unidimensional ya que la falta de información para la manipulación del equipo, generó contratiempo, puesto que no se tenía un manual de uso y no se había empleado el equipo anteriormente, esto se solucionó al realizar una búsqueda de referencias de otros países donde cuenten con una guía completa del funcionamiento del equipo, además se mostró los factores de influencia en los resultados, en estas se encuentran todas aquellas variables que intervinieron en el proceso, desde la exploración, toma de muestras, la conservación, el transporte de estas y la ejecución de los ensayos de laboratorio, aunque este proceso contó con la supervisión de personal calificado y con equipos calibrados, es bien conocida la influencia en los resultados de ensayos de laboratorio como consecuencia de la preparación y el montaje de las muestras, además cada ensayo tuvo lugar de largas horas de jornada de trabajo.

Asimismo comparando los antecedentes con los resultados obtenidos tenemos según (Calvo y Duran, 2013), en su tesis realizó un estudio de suelos de la zona de Tonsupa en la provincia de Esmeraldas – Ecuador para determinar el Índice de Compresibilidad y coeficiente de permeabilidad, obtuvo como resultado que índice de compresibilidad  $C_c$  real varía de 0.096 a 0.472 y el coeficiente de permeabilidad que varía de  $4.86 \cdot 10^{-8}$  a  $2.71 \cdot 10^{-7}$ , asimismo empleo la correlación de Hough para obtener valores del índice de compresibilidad, los cuales dieron un cálculo aproximado al real (pp. 263-264), también tenemos que Molina et ál. (2012), en su investigación presento que para la zona de expansión urbana de la ciudad de Pereira-Colombia el coeficiente de compresibilidad varía de 0.28 a 0.72 (p. 78), mientras que en esta investigación se ha obtenido que el coeficiente de compresibilidad varía de 0.033 a 0.121 y el coeficiente de permeabilidad de  $1.12 \cdot 10^{-6}$  a  $2.16 \cdot 10^{-6}$ , por ende, comprobamos que, tanto el coeficiente de compresibilidad como el

coeficiente de permeabilidad para suelos arcillosos inorgánicos varían debido a que las propiedades del suelo son diferentes en cada zona y esto depende de la estructura del suelo y de su historia de esfuerzos.

Por otra parte, Martínez (2016). En su investigación propuso una correlación de tipo lineal entre el coeficiente de compresibilidad y el límite líquido  **$C_c=0.0087(LL-10.3)$**  para un suelo de media a baja plasticidad, de igual modo Paucar (2019). En su trabajo de titulación consiguió una correlación de tipo lineal de fuerte a perfecta entre el coeficiente de compresibilidad con el límite líquido ( **$C_c=0.098WL$** ),  **$R^2=0.86$** , de esta manera proponen obtener el valor del coeficiente de compresibilidad que sea igual o similar al del ensayo de consolidación, para que de manera preliminar se consiga el asentamiento de los suelos, asimismo en esta investigación se propone dos ecuaciones una en función del coeficiente de permeabilidad y el coeficiente de compresibilidad  **$C_c=82947*k - 0.0603$** ,  **$R^2 = 0.9919$**  y la otra en función del límite líquido y el coeficiente de compresibilidad  **$C_c=0.0067*LL - 0.1742$** ,  **$R^2 = 0.9568$** , de tal forma se puede comprobar que será de utilidad las ecuaciones de correlación para estimar de forma rápida y aproximada los valores de asentamiento por consolidación.

De esta manera se puede constatar la afirmación que realiza Torres (2019). En su tesis, hace referencia que al realizar un análisis estadístico de un modelo matemático donde relaciona dos variables y se compruebe que es bastante significativa, esta garantiza una buena confiabilidad de la correlación obtenida, la cual es aplicable para cada sitio en específico, que se realizó el estudio, en esta investigación se verificó que las ecuaciones planteadas muestran un coeficiente de correlación de significativamente alta al ser mayor de  **$R^2 = 0.95$** .

Como parte de la implicancia de esta investigación se puede mencionar que en base a los resultados obtenidos en laboratorio y las correlaciones realizadas con los parámetros más importantes del suelo se propusieron ecuaciones en función del límite líquido y permeabilidad las cuales facilitan el cálculo de coeficiente de compresibilidad en los suelos arcillosos de la expansión urbana Santa Bárbara, el cual es un parámetro muy importante para determinar el asentamiento de suelos por consolidación, además que al optar por utilizar las correlaciones, se optimizará el tiempo en la etapa de planeamiento de la obra, por otro lado este estudio también genera conciencia en torno a la importancia de la realización de estudios geotécnicos de calidad para la construcción de edificaciones y otras obras civiles además contribuye en el desarrollo de la ingeniería en el país, con buenas prácticas en los métodos de exploración y en la ejecución de ensayos de laboratorio.

#### **4.2. Conclusiones:**

Al realizar las correlaciones de la permeabilidad y límites de Atterberg se pudo observar que de las ecuaciones propuestas no todas establecieron una relación significativa, es decir al correlacionar el coeficiente de permeabilidad, límite líquido y coeficiente de compresibilidad, esta generó las siguientes ecuaciones  $Cc=82947*k - 0.0603$ ,  $R^2 = 0.9919$  y  $Cc=0.0067*LL - 0.1742$ ,  $R^2 = 0.9568$  con un nivel de confiabilidad fuerte, mientras que al correlacionar el índice de plasticidad con el coeficiente de compresibilidad generó la ecuación  $Cc=0.0051*IP + 0.0102$ ,  $R^2 = 0.5723$  con un nivel de confiabilidad baja, por tal motivo **se rechaza la hipótesis** planteada la cual indicó que existe una correlación significativamente fuerte de la permeabilidad y límites de Atterberg con la consolidación de suelos, esto se puede evidenciar en las figuras 5, 6 y 7 en los cuales se determinan los coeficientes de correlación de las ecuaciones.

Se determinó las correlaciones entre la permeabilidad, límites de Atterberg y la consolidación de suelos, dándonos como resultado las siguientes ecuaciones, en función del coeficiente de permeabilidad tenemos  $Cc=82947*k - 0.0603$ , asimismo en función con el límite líquido  $Cc=0.0067*LL - 0.1742$  y finalmente en función del índice de plasticidad  $Cc=0.0051*IP + 0.0102$ , este último no se recomienda el uso ya que el coeficiente de correlación al ser baja no proporciona la confiabilidad de los valores, de la misma forma al comparar los resultados del coeficiente de compresibilidad real con algunas correlaciones propuestas por los autores Skempton, Azzouz, Terzagui y Peck se verificó que la fórmula planteada por Azzous donde relaciona el coeficiente de compresibilidad y el límite líquido  $Cc = 0,0046 (LL - 9)$  presenta los valores más cercanos, por tal motivo se concluyó que también se puede aplicar esta ecuación para obtener un valor aproximado del Cc para los suelos arcillosos de la zona de expansión urbana santa bárbara.

Se conoció las propiedades físicas del suelo y se calculó el coeficiente de permeabilidad del suelo mediante el ensayo de permeámetro con carga variable, dando como resultado que los suelos predominantes según la clasificación SUCS son arcillas inorgánicas con presencia de limos de media a alta plasticidad, ML, MH y CL, con un coeficiente de permeabilidad que varía de  $1.12*10^{-6}$  a  $2.16*10^{-6}$  confirmando que son suelos de muy baja permeabilidad.

Se determinó el coeficiente de compresibilidad mediante el ensayo de consolidación unidimensional, se concluyó que el Cc varía de 0.033 a 0.121 en los suelos de la zona de expansión urbana Santa Bárbara, asimismo que los valores de asentamiento varían de 0.8 a 3 cm, cuando el suelo está sometido a una carga de 15 Tn.

Se analizó la correlación entre el  $k$  y el  $C_c$ , asimismo los límites de Atterberg (límite líquido e índice de plasticidad) con el  $C_c$ , se concluyó que representan una ayuda para estimar de forma rápida un valor aproximado del  $C_c$ , estas correlaciones solo son aplicables al suelo investigado, ya que las propiedades de estas son diferentes para cada sitio.



## REFERENCIAS

- Ahumada Matos, V. y Salamanca Echeverry, D. (2013). *Evaluación de los parámetros de consolidación con grandes deformaciones en función de las propiedades índices de los suelos de baja plasticidad* [Tesis de pregrado, Universidad de Cartegana]. Repositorio Institucional – Universidad de Cartegana. <https://repositorio.unicartagena.edu.co/handle/11227/248> (consultado el 12 de setiembre 2022).
- Álvarez Quintero, H. A., Duarte Vergara, L. M. y Gallardo Amaya, R. J. (2020). Determinación del índice de compresión a través de las propiedades de plasticidad de los suelos de la ciudad de Ocaña, Norte de Santander. *Revista Colombiana De Tecnologías De Avanzada*, 1(35), 31–37. <https://doi.org/10.24054/16927257.v35.n35.2020.39> (consultado el 12 de setiembre 2022).
- Baptista Lucio, P., Fernández Collado, C. y Hernández Sampieri, R. (2014). Metodología de la investigación (6<sup>a</sup> ed.). McGraw Hill Education. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf> (consultado el 20 de setiembre 2022).
- Braja, D. (2014). Fundamentos de ingeniería geotécnica (4<sup>a</sup> ed.). Cengage Learning Editores. [https://www.academia.edu/37854899/Fundamentos\\_de\\_Ingenieria\\_Geotecnica\\_Braja\\_M\\_Das](https://www.academia.edu/37854899/Fundamentos_de_Ingenieria_Geotecnica_Braja_M_Das) (consultado el 22 de setiembre 2022).
- Calvo Barriga, M. I. y Duran Álvarez, D. J. (2013). *Determinación del índice de compresibilidad e índice de expansión de los suelos cohesivos blandos en la zona de Tonsupa en la provincia de Esmeraldas* [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. Repositorio Institucional – Pontificia Universidad Católica

- del Ecuador. <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/11999> (consultado el 12 de setiembre 2022).
- Cárdenas, N. (15 de noviembre 2019). *¿Cuál es la importancia de realizar un 'estudio de suelo' para construir?*. UTLP, <https://noticias.utpl.edu.ec/cual-es-la-importancia-de-realizar-un-estudio-de-suelo-para-construir> (consultado el 12 de setiembre 2022).
- Carrillo Gil, A. (1989). Los suelos de Lima y la cimentación de viviendas. Geotecnia de los suelos peruanos. *1/2 de Construcción*, 11-13. <https://xdoc.mx/documents/los-suelos-de-lima-y-la-cimentacion-de-viviendas-5de2cd7aa67a1#> (consultado el 22 de setiembre 2022).
- Castillo Restrepo, C. C., Hernández López, E. y Molina Vinasco, G. M. (2012). Determinación de la correlación entre el coeficiente de compresión y propiedades índice en suelos de expansión urbana de Pereira. *Avances Investigación En Ingeniería*, 9(2), 72–79. <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/avances/article/view/2719> (consultado el 12 de setiembre 2022).
- Cerro Arrieta, C. A., Contreras Gamarra, C. R., Guerrero Mulford, G. y Mercado Ferreira, F. H. (2002). *Correlación entre el límite líquido y el índice de compresibilidad en las arcillas del Distrito de Barranquilla* [Tesis de pregrado, Corporación Universitaria de la Costa]. Repositorio Institucional – Corporación Universitaria de la Costa. <https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/3228> (consultado el 12 de setiembre 2022).

CINTAC. (s.f.). *¿Qué importancia tiene la construcción en un país?*.

<https://www.cintac.cl/la-construccion-en-un-pais/> (consultado el 15 de setiembre 2022).

Delsol. (s.f.). *Análisis de regresión*. <https://www.sdelsol.com/glosario/analisis-de-regresion/#:~:text=Modelo%20de%20regresi%C3%B3n%20lineal%20simple,Modelo%20de%20regresi%C3%B3n%20no%20linea>

(consultado el 15 de setiembre 2022).

Duque Escobar, G. y Escobar Potes, C. E. (2016). *Geomecánica*. Universidad Nacional de Colombia.

[https://issuu.com/gonzaloduque-escobar/docs/geomec\\_nica\\_book\\_u.n.\\_de\\_col\\_2020\\_818c85c97b1c7a](https://issuu.com/gonzaloduque-escobar/docs/geomec_nica_book_u.n._de_col_2020_818c85c97b1c7a)

(consultado el 20 de setiembre 2022).

Fisterra. (30 de marzo 2001). *Relación entre variables cuantitativas*. [Guía: Relación entre variables cuantitativas - Fisterra](#) (consultado el 15 de setiembre 2022).

Geoexcavaciones. (s.f.). *La importancia de un estudio de suelos*. [La importancia de un estudio de suelos – Geoexcavaciones](#) (consultado el 15 de setiembre 2022).

Gómez Riveros, L. M. y Pedreros González, S. I. (2019). *Determinación del coeficiente de consolidación por distintos métodos en arcillas de la ciudad de Bogotá* [Tesis de pregrado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Repositorio Institucional

– Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

<https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/22326> (consultado el 22 de setiembre 2022).

Johnson, R. y Kuby, P. (2016). Estadística Elemental (11<sup>a</sup> ed.). Cengage Learning Editores.

[https://issuu.com/cengelatam/docs/estadistica\\_elemental\\_11ed\\_robert\\_johnson](https://issuu.com/cengelatam/docs/estadistica_elemental_11ed_robert_johnson)

(consultado el 22 de setiembre 2022).

Martínez Cepeda, C. A. (2016). Correlación entre el límite líquido y el coeficiente de compresibilidad para arcillas de llanura costera. *Ingenio Magno*, 7(1), 84-100.

<http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/ingeniomagno/article/view/1168>

(consultado el 12 de setiembre 2022).

Ortega, K., Sarmiento, V. y Villegas, A. (2016). La construcción alrededor del mundo

[Archivo PDF]. [Informe-económico-No-84.pdf \(asogravas.org\)](#) (consultado el 15 de

setiembre 2022).

Paucar Fernández, W.F. (2019). *Correlación entre el coeficiente de compresibilidad versus el porcentaje de humedad, relación de vacíos y el límite líquido de los suelos del barrio el Garrochal* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana].

Repositorio Institucional – Universidad Politécnica Salesiana.

<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17100> (consultado el 15 de setiembre

2022).

Torres Lora, L. A. (2019). *Correlación del límite de contracción y la actividad coloidal en suelos arcillosos, La Victoria – Lambayeque 2019* [Tesis de pregrado, Universidad Señor de Sipán]. Repositorio Institucional – Universidad Señor de Sipán.

<https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/6819> (consultado el 12 de

setiembre 2022).

## ANEXOS

### ANEXO 01: Protocolos de ensayo de análisis granulométrico mediante tamizado por lavado.

| LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |
|---|--|
| GUÍA DE ENSAYO  |  |
| <b>ENSAYO:</b>  | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO |
| <b>NORMA:</b>   | ASTM D421  |





  

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO**

**Material:**

Muestra seca aproximadamente 200 gr. Si es material arcillo limoso 500 gr. Si es material granular que contiene finos.


**Equipo:**

- Juego de tamices.
 
- Balanza con aproximación de 0.01 gr.
 
- Estufa con control de temperatura.
 
- Taras.
 

**Procedimiento:**

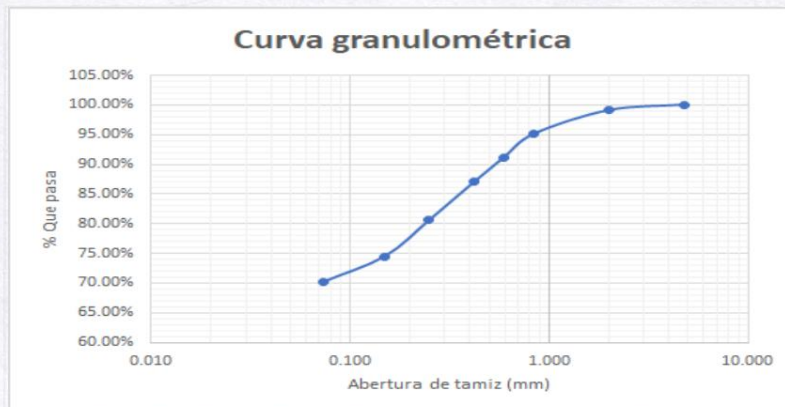
- Secar la muestra

| LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA   |  |
|---|--|
| GUÍA DE ENSAYO  |  |
| ENSAYO:   | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO |
| NORMA:  | ASTM D421  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesarla muestra seca (Ws)</li> <li>• Colocar la muestra en un recipiente, cubrir con agua y dejar durante algunas horas dependiendo del tipo de material.</li> <li>• Tamizar la muestra por la malla N°200 mediante chorro de agua</li> <li>• La muestra retenida en la malla N°200 se retira en un recipiente y se deja secar.</li> <li>• Pasar la muestra seca por el juego de tamices, agitando en forma manual o mediante tamizador.</li> <li>• Determinar los porcentajes de los pesos retenidos en cada tamiz (%RP)</li> </ul> $\%RP = \frac{PRP}{Wt} * 100$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar los porcentajes retenidos acumulados en cada tamiz %RA, para lo cual se sumarán en forma progresiva los %RP, es decir</li> </ul> $\%RA1 = \%RP1$ $\%RA2 = \%RP1 + \%RP2$ $\%RA3 = \%RP1 + \%RP2 + \%RP3, \text{ euc.}$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar los porcentajes acumulados que pasan en cada tamiz</li> </ul> $\% \text{ que pasa } \% \text{ ve qata} = 100\% - \%R. A.$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dibujar la curva granulométrica en escala semilogaritmica, en el eje de las abscisas se registrará la abertura de las mallas en milímetros, y en el eje de las ordenadas se registrará los porcentajes acumulados que pasan en las mallas que se utilizan.</li> </ul> |  |

|  |  |   |                           |                          |                 |
|--|--|---|---------------------------|--------------------------|-----------------|
| <br>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE | <b>LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>   |   |                           |                          |                 |
|  | <b>PROTOCOLO</b>   |   |                           |                          |                 |
|  | <b>ENSAYO:</b>   | ANÁLISIS GRANULOMETRIA MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO |                           |                          |                 |
|  | <b>NORMA:</b>  | ASTM D421   |                           |                          |                 |
| <b>TESIS:</b>  | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |   |                           |                          |                 |
| <b>CALICATA:</b>   | C-1  | <b>ESTRATO:</b>                                     | E-1                       | <b>TIPO DE MATERIAL:</b> | Suelo Arcilloso |
| <b>UBICACIÓN:</b>  | Santa Barbara  |   | <b>COLOR DE MATERIAL:</b> |                          |                 |
| <b>FECHA DE MUESTREO:</b>  | 07/10/2022   | <b>RESPONSABLE:</b>                                 | Eveling G. Llanos Flores  |                          |                 |
| <b>FECHA DE ENSAYO:</b>  | 20/10/2022   | <b>REVISADO POR:</b>                                | Henry Villanueva Bazán    |                          |                 |

Peso de muestra seca; Ws      420      gr

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO |          |               |       |       |            |
|--|----------|---------------|-------|-------|------------|
| Tamiz  | Abertura | Peso Retenido | % RP  | %RA   | % que pasa |
| Nº 4   | 4,76     | 0             | 0     | 0     | 100        |
| Nº10   | 2        | 3,83          | 0,91  | 0,91  | 99,09      |
| Nº20   | 0,84     | 16,80         | 4,00  | 4,91  | 95,09      |
| Nº30   | 0,59     | 16,98         | 4,04  | 8,95  | 91,05      |
| Nº40   | 0,42     | 16,97         | 4,05  | 13,00 | 87,00      |
| Nº60   | 0,25     | 26,94         | 6,41  | 19,41 | 80,59      |
| Nº100  | 0,15     | 26,52         | 6,08  | 25,49 | 74,51      |
| Nº200  | 0,074    | 17,98         | 4,28  | 29,77 | 70,23      |
| Perdida  | Lavado   | 294,96        | 70,23 | 100   | 0          |
| Total  |          | 420           |       |       |            |

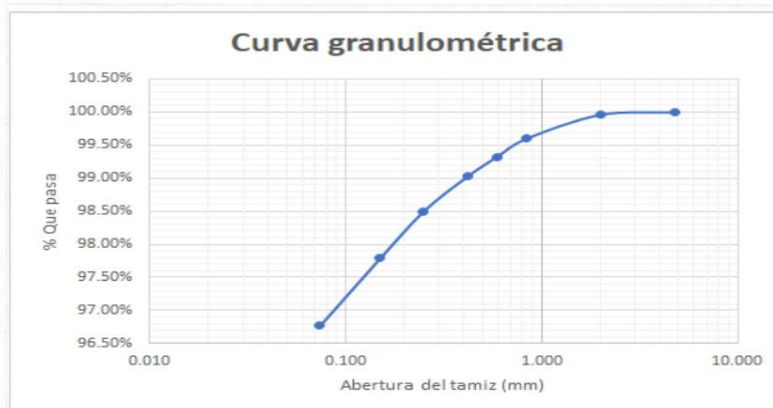


|   |   |   |
|---|---|---|
| <b>OBSERVACIONES:</b>   |   |   |
| NINGUNA   |   |   |
| <b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>   | <b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>   | <b>ASESOR</b>   |
|  |  |  |
| NOMBRE: Eveling G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martínez   | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 20/10/22   | FECHA: 20/10/22   | FECHA: 20/10/22   |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |                    |                                       |
|---|--|--------------------|---------------------------------------|
| PROTOCOLO   |  |                    |                                       |
| ENSAYO:   | ANÁLISIS GRANULOMETRIA MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO  |                    |                                       |
| NORMA:  | ASTM D421  |                    |                                       |
| TESIS:  | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |                    |                                       |
| CALICATA:   | C-1  | ESTRATO:           | E-2 TIPO DE MATERIAL: Suelo Arcilloso |
| UBICACIÓN:  | Santa Barbara  | COLOR DE MATERIAL: |                                       |
| FECHA DE MUESTREO:  | 07/10/22   | RESPONSABLE:       | Eveling G. Llanos Flores              |
| FECHA DE ENSAYO:  | 20/10/22   | REVISADO POR:      | Henry Villanueva Bazán                |

Peso de muestra seca; Ws      450      gr

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO |          |               |       |      |            |
|--|----------|---------------|-------|------|------------|
| Tamiz  | Abertura | Peso Retenido | % RP  | %RA  | % que pasa |
| Nº 4   | 4,76     | 0             | 0     | 0    | 100        |
| Nº10   | 2        | 0,19          | 0,04  | 0,04 | 99,96      |
| Nº20   | 0,84     | 1,62          | 0,36  | 0,40 | 99,60      |
| Nº30   | 0,59     | 1,25          | 0,28  | 0,68 | 99,32      |
| Nº40   | 0,42     | 1,30          | 0,29  | 0,97 | 99,03      |
| Nº60   | 0,25     | 2,38          | 0,53  | 1,50 | 98,50      |
| Nº100  | 0,15     | 3,22          | 0,71  | 2,21 | 97,79      |
| Nº200  | 0,074    | 4,57          | 1,02  | 3,23 | 96,77      |
| Perdida  | Lavado   | 435,47        | 96,77 | 100  | 0          |
| Total  |          | 450,00        |       |      |            |



**OBSERVACIONES:**

NINGUNA

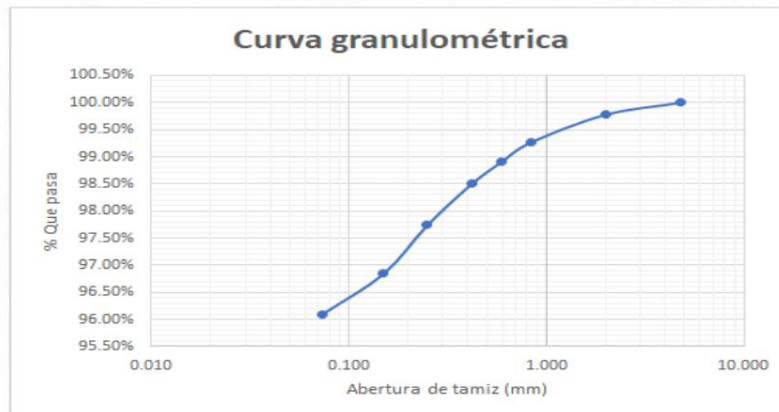
| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO  | ASESOR  |
|---|---|---|
|  |  |  |
| NOMBRE: Eveling G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martínez   | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 20/10/22   | FECHA: 20/10/22   | FECHA: 20/10/22   |

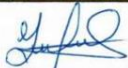
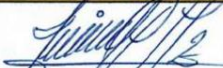



| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |               |                                       |
|---|--|---------------|---------------------------------------|
| PROTOCOLO   |  |               |                                       |
| ENSAYO:   | ANÁLISIS GRANULOMETRIA MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO  |               |                                       |
| NORMA:  | ASTM D421  |               |                                       |
| TESIS:  | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |               |                                       |
| CALICATA:   | C-1  | ESTRATO:      | E-3 TIPO DE MATERIAL: Suelo Arcilloso |
| UBICACIÓN:  | Santa Barbara  |               |                                       |
| FECHA DE MUESTREO:  | 07/10/22   | RESPONSABLE:  | Eveling G. Llanos Flores              |
| FECHA DE ENSAYO:  | 20/10/22   | REVISADO POR: | Henry Villanueva Bazán                |

Peso de muestra seca; Ws      420      gr

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO |          |               |       |      |            |
|--|----------|---------------|-------|------|------------|
| Tamiz  | Abertura | Peso Retenido | % RP  | %RA  | % que pasa |
| Nº 4   | 4,76     | 0             | 0     | 0    | 100        |
| Nº10   | 2        | 0,92          | 0,22  | 0,22 | 99,78      |
| Nº20   | 0,84     | 2,14          | 0,51  | 0,73 | 99,27      |
| Nº30   | 0,59     | 1,56          | 0,37  | 1,10 | 98,90      |
| Nº40   | 0,42     | 1,70          | 0,40  | 1,50 | 98,50      |
| Nº60   | 0,25     | 3,19          | 0,76  | 2,26 | 97,74      |
| Nº100  | 0,15     | 3,78          | 0,90  | 3,16 | 96,84      |
| Nº200  | 0,074    | 3,10          | 0,74  | 3,90 | 96,10      |
| Perdida  | Lavado   | 403,61        | 96,10 | 100  | 0          |
| Total  |          | 420           |       |      |            |

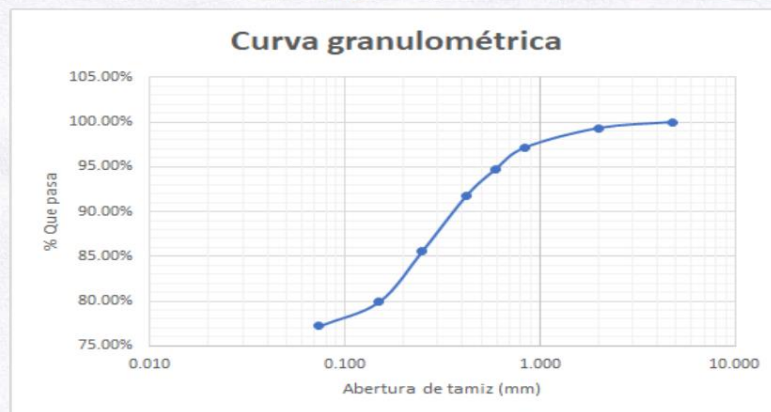


|   |   |   |
|---|---|---|
| <b>OBSERVACIONES:</b><br>NINGUNA  |   |   |
| <b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>   | <b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>   | <b>ASESOR</b>   |
|  |  |  |
| NOMBRE: Eveling G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martínez   | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 20/10/22   | FECHA: 20/10/22   | FECHA: 20/10/22   |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |          |               |                          |                 |
|---|--|----------|---------------|--------------------------|-----------------|
| PROTOCOLO   |  |          |               |                          |                 |
| ENSAYO:   | ANÁLISIS GRANULOMETRIA MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO  |          |               |                          |                 |
| NORMA:  | ASTM D421  |          |               |                          |                 |
| TESIS:  | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |          |               |                          |                 |
| CALICATA:   | C-L  | ESTRATO: | E-4           | TIPO DE MATERIAL:        | Suelo Arcilloso |
| UBICACIÓN:  | Santa Barbara  |          |               | COLOR DE MATERIAL:       |                 |
| FECHA DE MUESTREO:  | 07/10/22   |          | RESPONSABLE:  | Eveling G. Llanos Flores |                 |
| FECHA DE ENSAYO:  | 20/10/22   |          | REVISADO POR: | Henry Villanueva Bazán   |                 |

Peso de muestra seca; Ws      420      gr

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO |          |               |       |       |            |
|--|----------|---------------|-------|-------|------------|
| Tamiz  | Abertura | Peso Retenido | % RP  | %RA   | % que pasa |
| Nº 4   | 4,76     | 0             | 0     | 0     | 100        |
| Nº10   | 2        | 2,81          | 0,67  | 0,67  | 99,33      |
| Nº20   | 0,84     | 9,09          | 2,16  | 2,83  | 97,17      |
| Nº30   | 0,59     | 10,36         | 2,47  | 5,30  | 94,70      |
| Nº40   | 0,42     | 12,33         | 2,94  | 8,24  | 91,76      |
| Nº60   | 0,25     | 25,84         | 6,15  | 14,39 | 85,61      |
| Nº100  | 0,15     | 23,81         | 5,67  | 20,06 | 79,94      |
| Nº200  | 0,074    | 11,40         | 2,71  | 22,77 | 77,23      |
| Perdida  | Lavado   | 324,36        | 77,23 | 100   | 0          |
| Total  |          | 420           |       |       |            |

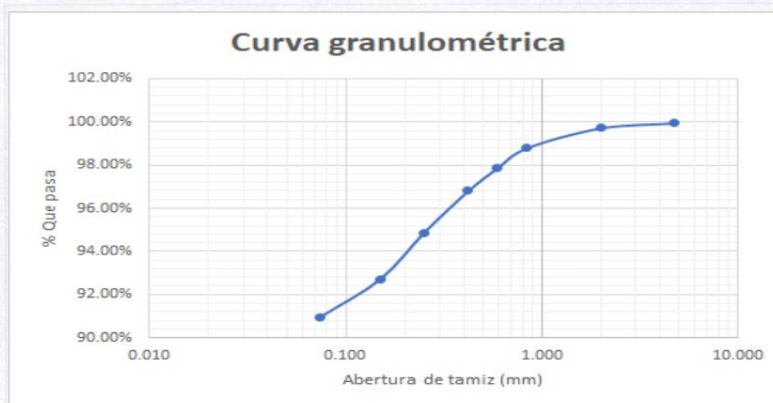


| OBSERVACIONES:  |   |   |
|---|---|---|
| NINGUNA   |   |   |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO  | ASESOR  |
|  |  |  |
| NOMBRE: Eveling G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martínez   | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 20/10/22   | FECHA: 20/10/22   | FECHA: 20/10/22   |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |                          |                          |
|---|--|--------------------------|--------------------------|
| PROTOCOLO   |  |                          |                          |
| <b>ENSAYO:</b>  | ANÁLISIS GRANULOMETRIA MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO  |                          |                          |
| <b>NORMA:</b>   | ASTM D421  |                          |                          |
| <b>TESIS:</b>   | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |                          |                          |
| <b>CALICATA:</b>  | C-2  | <b>ESTRATO:</b>          | E-1                      |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Santa Barbara  | <b>TIPO DE MATERIAL:</b> | Suelo Arcilloso          |
| <b>FECHA DE MUESTREO:</b>                                       | 16/10/22   | <b>RESPONSABLE:</b>      | Eveling G. Llanos Flores |
| <b>FECHA DE ENSAYO:</b>   | 20/10/22   | <b>REVISADO POR:</b>     | Henry Villanueva Bazán   |

Peso de muestra seca; Ws      400      gr

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO |          |               |       |      |            |
|--|----------|---------------|-------|------|------------|
| Tamiz  | Abertura | Peso Retenido | % RP  | %RA  | % que pasa |
| Nº 4   | 4,76     | 0,20          | 0,05  | 0,05 | 99,95      |
| Nº10   | 2        | 0,90          | 0,23  | 0,28 | 99,73      |
| Nº20   | 0,84     | 3,70          | 0,92  | 1,20 | 98,80      |
| Nº30   | 0,59     | 3,80          | 0,95  | 2,15 | 97,85      |
| Nº40   | 0,42     | 4,20          | 1,05  | 3,20 | 96,80      |
| Nº60   | 0,25     | 7,70          | 1,93  | 5,13 | 94,88      |
| Nº100  | 0,15     | 8,60          | 2,15  | 7,28 | 92,73      |
| Nº200  | 0,074    | 7,10          | 1,77  | 9,05 | 90,95      |
| Perdida  | Lavado   | 363,80        | 90,95 | 100  | 0          |
| Total  |          | 400           |       |      |            |

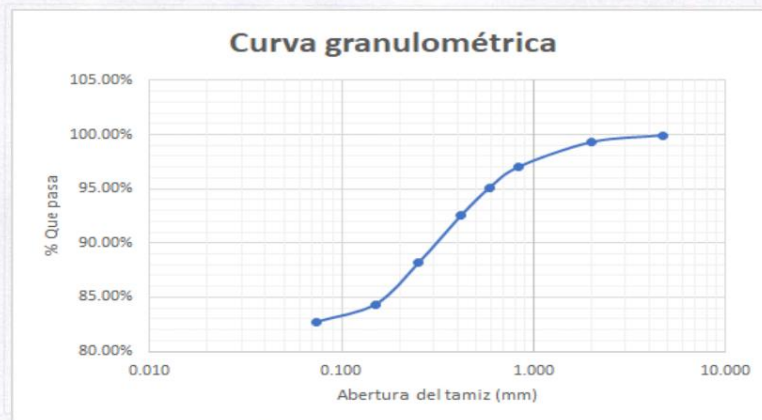


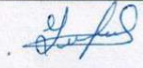

|   |   |   |
|---|---|---|
| <b>OBSERVACIONES:</b><br>NINGUNA  |   |   |
| <b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>   | <b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>   | <b>ASESOR</b>   |
|  |  |  |
| NOMBRE: Eveling G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martinez   | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 20/10/22   | FECHA: 20/10/22   | FECHA: 20/10/22   |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |                           |                          |                 |
|---|--|---------------------------|--------------------------|-----------------|
| PROTOCOLO   |  |                           |                          |                 |
| <b>ENSAYO:</b>  | ANÁLISIS GRANULOMETRIA MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO  |                           |                          |                 |
| <b>NORMA:</b>   | ASTM D421  |                           |                          |                 |
| <b>TESIS:</b>   | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |                           |                          |                 |
| <b>CALICATA:</b>  | C-2  | <b>ESTRATO:</b>           | E-2                      |                 |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Santa Barbara  |                           | <b>TIPO DE MATERIAL:</b> | Suelo Arcilloso |
| <b>FECHA DE MUESTREO:</b>                                       | 16/10/22   | <b>COLOR DE MATERIAL:</b> |                          |                 |
| <b>FECHA DE ENSAYO:</b>   | 20/10/22   | <b>RESPONSABLE:</b>       | Eveling G. Llanos Flores |                 |
|   |  | <b>REVISADO POR:</b>      | Henry Villanueva Bazaín  |                 |

Peso de muestra seca; Ws      400      gr

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO |          |               |       |       |            |
|--|----------|---------------|-------|-------|------------|
| Tamiz  | Abertura | Peso Retenido | % RP  | %RA   | % que pasa |
| Nº 4   | 4,76     | 0,40          | 0,10  | 0,10  | 99,90      |
| Nº10   | 2        | 2,50          | 0,63  | 0,73  | 99,28      |
| Nº20   | 0,84     | 9,00          | 2,25  | 2,98  | 97,03      |
| Nº30   | 0,59     | 7,70          | 1,92  | 4,90  | 95,10      |
| Nº40   | 0,42     | 10,10         | 2,53  | 7,43  | 92,58      |
| Nº60   | 0,25     | 17,70         | 4,42  | 11,85 | 88,15      |
| Nº100  | 0,15     | 15,20         | 3,80  | 15,65 | 84,35      |
| Nº200  | 0,074    | 6,50          | 1,63  | 17,28 | 82,73      |
| Perdida  | Lavado   | 330,90        | 82,72 | 100   | 0          |
| Total  |          | 400           |       |       |            |

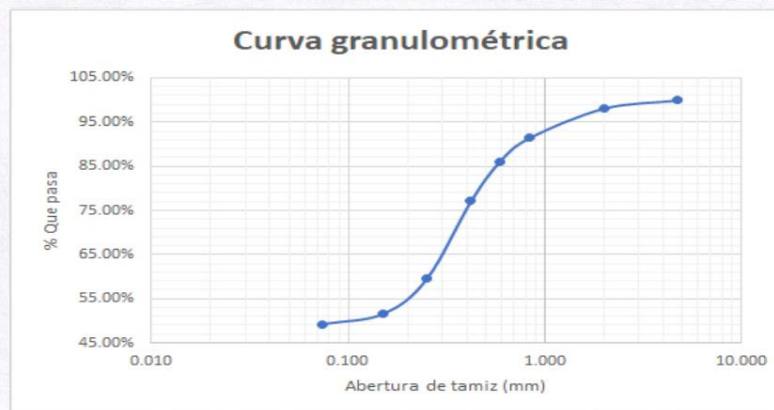


| OBSERVACIONES:  |   |   |
|---|---|---|
| NINGUNA   |   |   |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO  | ASESOR  |
|  |  |  |
| NOMBRE: Eveling G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martinez   | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 20/10/22   | FECHA: 20/10/22   | FECHA: 20/10/22   |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |                      |                           |
|---|--|----------------------|---------------------------|
| PROTOCOLO   |  |                      |                           |
| <b>ENSAYO:</b>  | ANÁLISIS GRANULOMETRIA MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO  |                      |                           |
| <b>NORMA:</b>   | ASTM D421  |                      |                           |
| <b>TESIS:</b>   | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BÁRBARA, CAJAMARCA, 2022 |                      |                           |
| <b>CALICATA:</b>  | C-2  | <b>ESTRATO:</b>      | E-3                       |
| <b>TIPO DE MATERIAL:</b>  | Suelo Arcilloso  |                      |                           |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Santa Barbara  |                      | <b>COLOR DE MATERIAL:</b> |
| <b>FECHA DE MUESTREO:</b>                                       | 16/10/22   | <b>RESPONSABLE:</b>  | Eveling G. Llanos Flores  |
| <b>FECHA DE ENSAYO:</b>   | 20/10/22   | <b>REVISADO POR:</b> | Henry Villanueva Bazán    |

|                          |     |    |
|--------------------------|-----|----|
| Peso de muestra seca; Ws | 400 | gr |
|--------------------------|-----|----|

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO |          |               |       |       |            |
|--|----------|---------------|-------|-------|------------|
| Tamiz  | Abertura | Peso Retenido | % RP  | %RA   | % que pasa |
| Nº 4   | 4,76     | 0,40          | 0,10  | 0,10  | 99,90      |
| Nº10   | 2        | 7,30          | 1,83  | 1,93  | 98,08      |
| Nº20   | 0,84     | 26,50         | 6,62  | 8,55  | 91,45      |
| Nº30   | 0,59     | 21,50         | 5,38  | 13,93 | 86,08      |
| Nº40   | 0,42     | 35,90         | 8,97  | 22,90 | 77,10      |
| Nº60   | 0,25     | 70,50         | 17,63 | 40,53 | 59,48      |
| Nº100  | 0,15     | 31,80         | 7,95  | 48,48 | 51,53      |
| Nº200  | 0,074    | 9,20          | 2,30  | 50,78 | 49,23      |
| Perdida  | Lavado   | 196,90        | 49,22 | 100   | 0          |
| Total  |          | 400           |       |       |            |

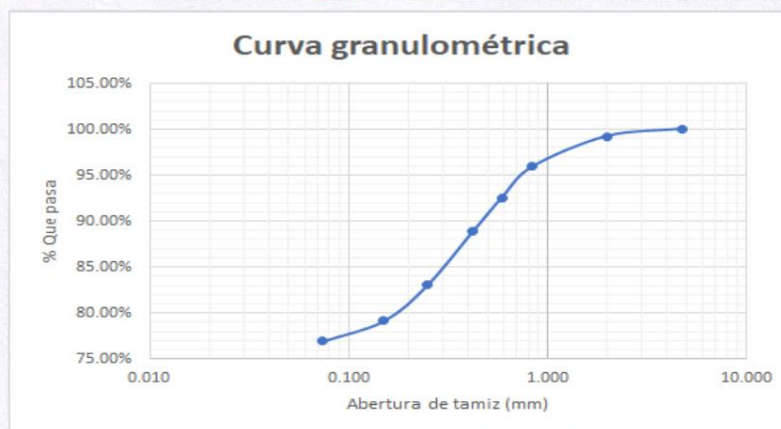


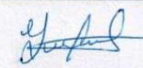
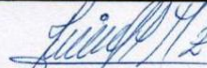

|                                  |                                   |                          |
|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| <b>OBSERVACIONES:</b>            |                                   |                          |
| NINGUNA                          |                                   |                          |
| <b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>    | <b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b> | <b>ASESOR</b>            |
| <i>[Firma]</i>                   | <i>[Firma]</i>                    | <i>[Firma]</i>           |
| NOMBRE: Eveling G. Llanos Flores | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martinez   | NOMBRE: Henry Villanueva |
| FECHA: 20/10/22                  | FECHA: 20/10/22                   | FECHA: 20/10/22          |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |                      |                          |                 |
|---|--|----------------------|--------------------------|-----------------|
| PROTOCOLO   |  |                      |                          |                 |
| <b>ENSAYO:</b>  | ANÁLISIS GRANULOMETRIA MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO  |                      |                          |                 |
| <b>NORMA:</b>   | ASTM D421  |                      |                          |                 |
| <b>TESIS:</b>   | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |                      |                          |                 |
| <b>CALICATA:</b>  | C-3  | <b>ESTRATO:</b>      | E-1                      |                 |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Santa Barbara  |                      | <b>TIPO DE MATERIAL:</b> | Suelo Arcilloso |
| <b>FECHA DE MUESTREO:</b>                                       | 16/10/22   | <b>RESPONSABLE:</b>  | Evelina G. Llanos Flores |                 |
| <b>FECHA DE ENSAYO:</b>   | 21/10/22   | <b>REVISADO POR:</b> | Henry Villanueva Bazán   |                 |

|                          |     |    |
|--------------------------|-----|----|
| Peso de muestra seca; Ws | 345 | gr |
|--------------------------|-----|----|

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO |          |               |       |       |            |
|--|----------|---------------|-------|-------|------------|
| Tamiz  | Abertura | Peso Retenido | % RP  | %RA   | % que pasa |
| Nº 4   | 4,76     | 0             | 0     | 0     | 100        |
| Nº10   | 2        | 2,70          | 0,78  | 0,78  | 99,22      |
| Nº20   | 0,84     | 11,40         | 3,31  | 4,09  | 95,91      |
| Nº30   | 0,59     | 11,60         | 3,36  | 7,45  | 92,55      |
| Nº40   | 0,42     | 12,80         | 3,71  | 11,16 | 88,84      |
| Nº60   | 0,25     | 19,80         | 5,74  | 16,90 | 83,10      |
| Nº100  | 0,15     | 13,60         | 3,94  | 20,84 | 79,16      |
| Nº200  | 0,074    | 7,60          | 2,20  | 23,04 | 76,96      |
| Perdida  | Lavado   | 265,50        | 76,96 | 100   | 0          |
| Total  |          | 345           |       |       |            |

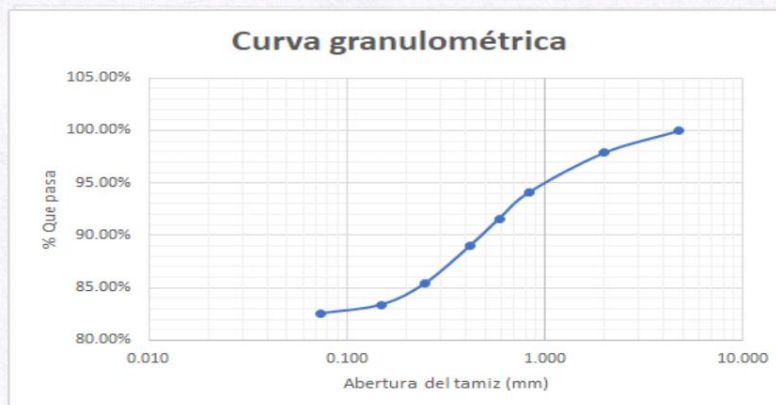


|   |   |   |
|---|---|---|
| <b>OBSERVACIONES:</b>   |   |   |
| NINGUNA   |   |   |
| <b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>   | <b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>   | <b>ASESOR</b>   |
|  |  |  |
| NOMBRE: Evelina G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martinez   | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 21/10/22   | FECHA: 21/10/22   | FECHA: 21/10/22   |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |                      |                          |                          |                 |
|---|--|----------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------|
| PROTOCOLO   |  |                      |                          |                          |                 |
| <b>ENSAYO:</b>  | ANÁLISIS GRANULOMETRIA MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO  |                      |                          |                          |                 |
| <b>NORMA:</b>   | ASTM D421  |                      |                          |                          |                 |
| <b>TESIS:</b>   | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |                      |                          |                          |                 |
| <b>CALICATA:</b>  | C-3  | <b>ESTRATO:</b>      | E-2                      | <b>TIPO DE MATERIAL:</b> | Suelo Arcilloso |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Santa Barbara  |                      |                          |                          |                 |
| <b>FECHA DE MUESTREO:</b>                                       | 16/10/22   | <b>RESPONSABLE:</b>  | Eveling G. Llanos Flores |                          |                 |
| <b>FECHA DE ENSAYO:</b>   | 21/10/22   | <b>REVISADO POR:</b> | Henry Villanueva Bazán   |                          |                 |

Peso de muestra seca; Ws      360      gr

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO |          |               |       |       |            |
|--|----------|---------------|-------|-------|------------|
| Tamiz  | Abertura | Peso Retenido | % RP  | %RA   | % que pasa |
| Nº 4   | 4,76     | 0,20          | 0,06  | 0,06  | 99,94      |
| Nº10   | 2        | 7,50          | 2,08  | 2,14  | 97,86      |
| Nº20   | 0,84     | 13,40         | 3,72  | 5,86  | 94,14      |
| Nº30   | 0,59     | 9,10          | 2,53  | 8,39  | 91,61      |
| Nº40   | 0,42     | 9,30          | 2,58  | 10,97 | 89,03      |
| Nº60   | 0,25     | 12,80         | 3,56  | 14,53 | 85,47      |
| Nº100  | 0,15     | 7,50          | 2,08  | 16,61 | 83,39      |
| Nº200  | 0,074    | 3,00          | 0,83  | 17,44 | 82,56      |
| Perdida  | Lavado   | 297,90        | 82,56 | 100   | 0          |
| Total  |          | 360,00        |       |       |            |

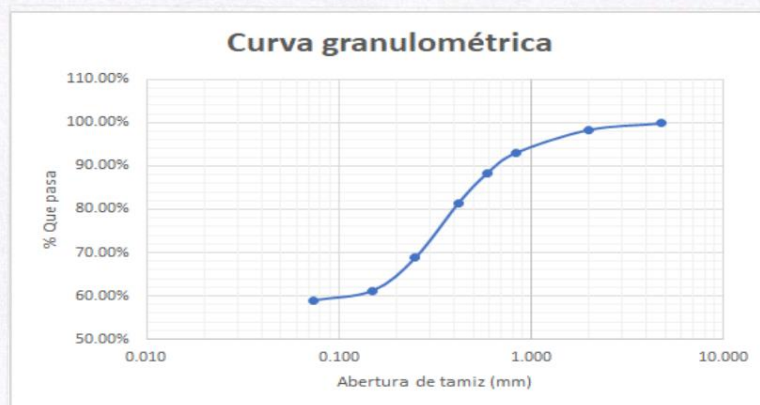


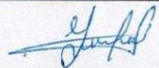
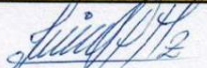

|   |   |   |
|---|---|---|
| <b>OBSERVACIONES:</b>   |   |   |
| NINGUNA   |   |   |
| <b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>   | <b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>   | <b>ASESOR</b>   |
|  |  |  |
| NOMBRE: Eveling G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martinez   | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 21/10/22   | FECHA: 21/10/22   | FECHA: 21/10/22   |

|  |  |                      |                          |                 |
|--|--|----------------------|--------------------------|-----------------|
| <b>LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b> |  |                      |                          |                 |
| <b>PROTOCOLO</b>   |  |                      |                          |                 |
| <b>ENSAYO:</b>   | ANÁLISIS GRANULOMETRIA MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO  |                      |                          |                 |
| <b>NORMA:</b>  | ASTM D421  |                      |                          |                 |
| <b>TESIS:</b>  | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |                      |                          |                 |
| <b>CALICATA:</b>   | C-3  | <b>ESTRATO:</b>      | E-3                      |                 |
| <b>UBICACIÓN:</b>  | Santa Barbara  |                      | <b>TIPO DE MATERIAL:</b> | Suelo Arcilloso |
| <b>FECHA DE MUESTREO:</b>  | 16/10/22   | <b>RESPONSABLE:</b>  | Eveling G. Llanos Flores |                 |
| <b>FECHA DE ENSAYO:</b>  | 21/10/22   | <b>REVISADO POR:</b> | Henry Villanueva Bazán   |                 |

Peso de muestra seca; Ws      340      gr

| Tamiz   | Abertura | Peso Retenido | % RP  | %RA   | % que pasa |
|---------|----------|---------------|-------|-------|------------|
| Nº 4    | 4,76     | 0,30          | 0,09  | 0,09  | 99,91      |
| Nº10    | 2        | 5,10          | 1,50  | 1,59  | 98,41      |
| Nº20    | 0,84     | 18,00         | 5,29  | 6,88  | 93,12      |
| Nº30    | 0,59     | 16,40         | 4,82  | 11,70 | 88,29      |
| Nº40    | 0,42     | 23,20         | 6,82  | 18,52 | 81,47      |
| Nº60    | 0,25     | 43,00         | 12,65 | 31,17 | 68,82      |
| Nº100   | 0,15     | 26,00         | 7,65  | 38,82 | 61,18      |
| Nº200   | 0,074    | 7,60          | 2,24  | 41,06 | 58,94      |
| Perdida | Lavado   | 200,40        | 58,94 | 100   | 0          |
| Total   |          | 340           |       |       |            |



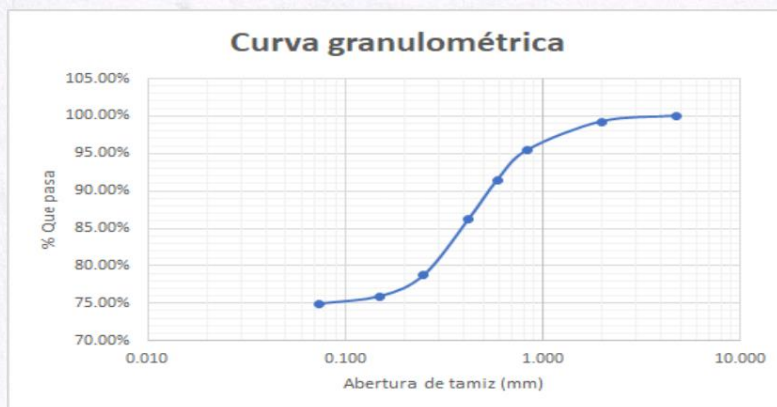
|   |   |   |
|---|---|---|
| <b>OBSERVACIONES:</b>   |   |   |
| NINGUNA   |   |   |
| <b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>   | <b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>   | <b>ASESOR</b>   |
|  |  |  |
| NOMBRE: Eveling G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martinez   | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 21/10/22   | FECHA: 21/10/22   | FECHA: 21/10/22   |

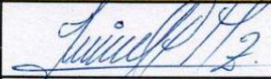


| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |                      |                          |                 |
|---|--|----------------------|--------------------------|-----------------|
| PROTOCOLO   |  |                      |                          |                 |
| <b>ENSAYO:</b>  | ANÁLISIS GRANULOMETRIA MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO  |                      |                          |                 |
| <b>NORMA:</b>   | ASTM D421  |                      |                          |                 |
| <b>TESIS:</b>   | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |                      |                          |                 |
| <b>CALICATA:</b>  | C-3  | <b>ESTRATO:</b>      | E-4                      |                 |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Santa Barbara  |                      | <b>TIPO DE MATERIAL:</b> | Suelo Arcilloso |
| <b>FECHA DE MUESTREO:</b>                                       | 16/10/22   | <b>RESPONSABLE:</b>  | Eveling G. Llanos Flores |                 |
| <b>FECHA DE ENSAYO:</b>   | 21/10/22   | <b>REVISADO POR:</b> | Henry Villanueva Bazán   |                 |

Peso de muestra seca; Ws      330      gr

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO |          |               |       |       |            |
|--|----------|---------------|-------|-------|------------|
| Tamiz  | Abertura | Peso Retenido | % RP  | %RA   | % que pasa |
| Nº 4   | 4,76     | 0             | 0     | 0     | 100        |
| Nº10   | 2        | 2,50          | 0,76  | 0,76  | 99,24      |
| Nº20   | 0,84     | 12,50         | 3,79  | 4,55  | 95,45      |
| Nº30   | 0,59     | 13,20         | 4,00  | 8,55  | 91,45      |
| Nº40   | 0,42     | 17,50         | 5,30  | 13,85 | 86,15      |
| Nº60   | 0,25     | 24,30         | 7,36  | 21,21 | 78,79      |
| Nº100  | 0,15     | 9,40          | 2,85  | 24,06 | 75,94      |
| Nº200  | 0,074    | 3,30          | 1,00  | 25,06 | 74,94      |
| Perdida  | Lavado   | 247,30        | 74,94 | 100   | 0          |
| Total  |          | 330           |       |       |            |

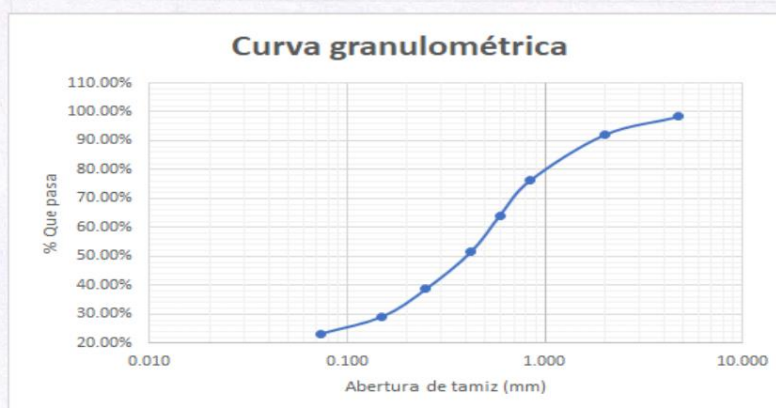


|   |   |   |
|---|---|---|
| <b>OBSERVACIONES:</b>   |   |   |
| NINGUNA   |   |   |
| <b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>   | <b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>   | <b>ASESOR</b>   |
|  |  |  |
| NOMBRE: Eveling G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martinez   | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 21/10/22   | FECHA: 21/10/22   | FECHA: 21/10/22   |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |                      |                          |                 |
|---|--|----------------------|--------------------------|-----------------|
| PROTOCOLO   |  |                      |                          |                 |
| <b>ENSAYO:</b>  | ANÁLISIS GRANULOMETRIA MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO  |                      |                          |                 |
| <b>NORMA:</b>   | ASTM D421  |                      |                          |                 |
| <b>TESIS:</b>   | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |                      |                          |                 |
| <b>CALICATA:</b>  | C-4  | <b>ESTRATO:</b>      | E-1                      |                 |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Santa Barbara  |                      | <b>TIPO DE MATERIAL:</b> | Suelo Arcilloso |
| <b>FECHA DE MUESTREO:</b>                                       | 16/10/22   | <b>RESPONSABLE:</b>  | Eveling G. Llanos Flores |                 |
| <b>FECHA DE ENSAYO:</b>   | 21/10/22   | <b>REVISADO POR:</b> | Henry Villanueva Bazán   |                 |

|                          |     |    |
|--------------------------|-----|----|
| Peso de muestra seca; Ws | 360 | gr |
|--------------------------|-----|----|

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO |          |               |       |       |            |
|--|----------|---------------|-------|-------|------------|
| Tamiz  | Abertura | Peso Retenido | % RP  | %RA   | % que pasa |
| Nº 4   | 4,76     | 5,80          | 1,61  | 1,61  | 98,39      |
| Nº10   | 2        | 22,60         | 6,28  | 7,89  | 92,11      |
| Nº20   | 0,84     | 56,80         | 15,78 | 23,67 | 76,33      |
| Nº30   | 0,59     | 43,80         | 12,17 | 35,84 | 64,17      |
| Nº40   | 0,42     | 45,70         | 12,69 | 48,53 | 51,47      |
| Nº60   | 0,25     | 45,80         | 12,72 | 61,25 | 38,75      |
| Nº100  | 0,15     | 34,50         | 9,58  | 70,83 | 29,17      |
| Nº200  | 0,074    | 21,20         | 5,89  | 76,72 | 23,28      |
| Perdida  | Lavado   | 83,80         | 23,28 | 100   | 0          |
| Total  |          | 360           |       |       |            |


**OBSERVACIONES:**

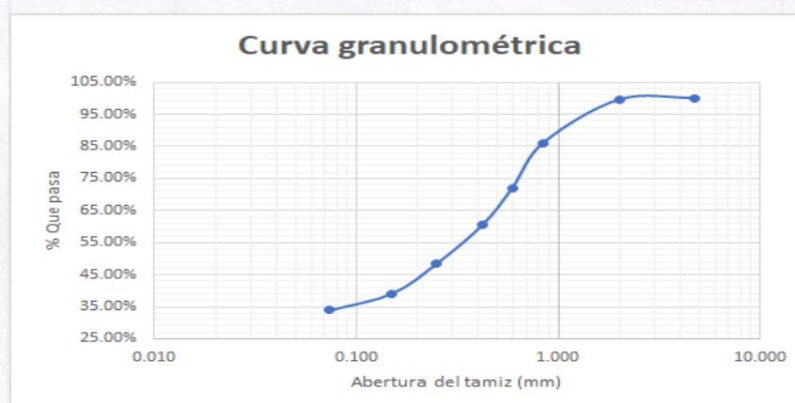
NINGUNA

| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO  | ASESOR  |
|---|---|---|
|  |  |  |
| NOMBRE: Eveling G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martinez   | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 21/10/22   | FECHA: 21/10/22   | FECHA: 21/10/22   |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |                      |                          |                 |
|---|--|----------------------|--------------------------|-----------------|
| PROTOCOLO   |  |                      |                          |                 |
| <b>ENSAYO:</b>  | ANÁLISIS GRANULOMETRIA MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO  |                      |                          |                 |
| <b>NORMA:</b>   | ASTM D421  |                      |                          |                 |
| <b>TESIS:</b>   | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |                      |                          |                 |
| <b>CALICATA:</b>  | C-4  | <b>ESTRATO:</b>      | E-2                      |                 |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Santa Barbara  |                      | <b>TIPO DE MATERIAL:</b> | Suelo Arcilloso |
| <b>FECHA DE MUESTREO:</b>                                       | 16/10/22   | <b>RESPONSABLE:</b>  | Eveling G. Llanos Flores |                 |
| <b>FECHA DE ENSAYO:</b>   | 21/10/22   | <b>REVISADO POR:</b> | Henry Villanueva Bazán   |                 |

|                          |     |    |
|--------------------------|-----|----|
| Peso de muestra seca; Ws | 340 | gr |
|--------------------------|-----|----|

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO |          |               |       |       |            |
|--|----------|---------------|-------|-------|------------|
| Tamiz  | Abertura | Peso Retenido | % RP  | %RA   | % que pasa |
| Nº 4   | 4,76     | 0             | 0     | 0     | 100        |
| Nº10   | 2        | 1,60          | 0,47  | 0,47  | 99,53      |
| Nº20   | 0,84     | 45,80         | 13,47 | 13,94 | 86,06      |
| Nº30   | 0,59     | 47,80         | 14,06 | 28    | 72         |
| Nº40   | 0,42     | 39,10         | 11,50 | 39,50 | 60,50      |
| Nº60   | 0,25     | 40,70         | 11,97 | 51,47 | 48,53      |
| Nº100  | 0,15     | 31,90         | 9,38  | 60,85 | 39,15      |
| Nº200  | 0,074    | 17,70         | 5,21  | 66,06 | 33,94      |
| Perdida  | Lavado   | 115,40        | 33,94 | 100   | 0          |
| Total  |          | 340           |       |       |            |

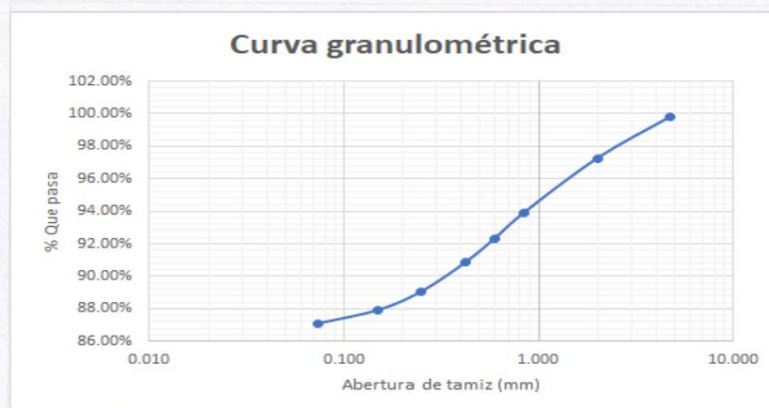


|   |   |   |
|---|---|---|
| <b>OBSERVACIONES:</b>   |   |   |
| NINGUNA   |   |   |
| <b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>   | <b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>   | <b>ASESOR</b>   |
|  |  |  |
| NOMBRE: Eveling G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martinez   | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 21/10/22   | FECHA: 21/10/22   | FECHA: 21/10/22   |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |                      |                          |                 |
|---|--|----------------------|--------------------------|-----------------|
| PROTOCOLO   |  |                      |                          |                 |
| <b>ENSAYO:</b>  | ANÁLISIS GRANULOMETRIA MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO  |                      |                          |                 |
| <b>NORMA:</b>   | ASTM D421  |                      |                          |                 |
| <b>TESIS:</b>   | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |                      |                          |                 |
| <b>CALICATA:</b>  | C-4  | <b>ESTRATO:</b>      | E-3                      |                 |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Santa Barbara  |                      | <b>TIPO DE MATERIAL:</b> | Suelo Arcilloso |
| <b>FECHA DE MUESTREO:</b>                                       | 16/10/22   | <b>RESPONSABLE:</b>  | Eveling G. Llanos Flores |                 |
| <b>FECHA DE ENSAYO:</b>   | 21/10/22   | <b>REVISADO POR:</b> | Henry Villanueva Bazán   |                 |

|                          |     |    |
|--------------------------|-----|----|
| Peso de muestra seca; Ws | 340 | gr |
|--------------------------|-----|----|

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO |          |               |       |       |            |
|--|----------|---------------|-------|-------|------------|
| Tamiz  | Abertura | Peso Retenido | % RP  | %RA   | % que pasa |
| Nº 4   | 4,76     | 0,60          | 0,18  | 0,18  | 99,82      |
| Nº10   | 2        | 8,70          | 2,56  | 2,74  | 97,26      |
| Nº20   | 0,84     | 11,40         | 3,35  | 6,09  | 93,91      |
| Nº30   | 0,59     | 5,50          | 1,62  | 7,71  | 92,29      |
| Nº40   | 0,42     | 4,90          | 1,44  | 9,15  | 90,85      |
| Nº60   | 0,25     | 6,10          | 1,79  | 10,94 | 89,06      |
| Nº100  | 0,15     | 3,90          | 1,15  | 12,09 | 87,91      |
| Nº200  | 0,074    | 2,80          | 0,82  | 12,91 | 87,09      |
| Perdida  | Lavado   | 296,10        | 87,09 | 100   | 0          |
| Total  |          | 340           |       |       |            |

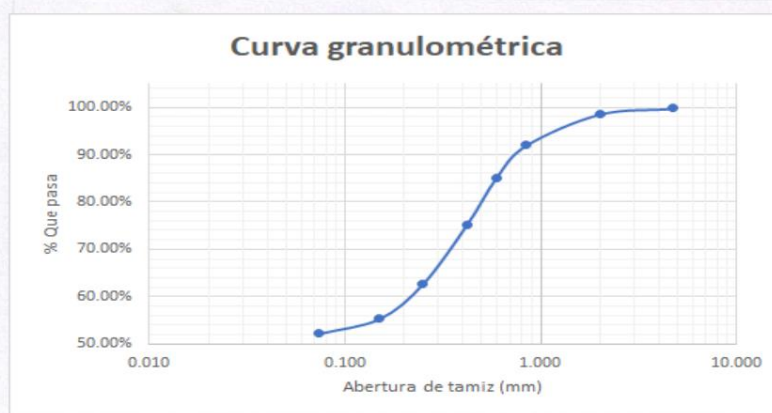


|   |   |   |
|---|---|---|
| <b>OBSERVACIONES:</b>   |   |   |
| NINGUNA   |   |   |
| <b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>   | <b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>   | <b>ASESOR</b>   |
|  |  |  |
| NOMBRE: Eveling G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martinez   | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 21/10/22   | FECHA: 21/10/22   | FECHA: 21/10/22   |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |                           |                          |
|---|--|---------------------------|--------------------------|
| PROTOCOLO   |  |                           |                          |
| <b>ENSAYO:</b>  | ANÁLISIS GRANULOMETRIA MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO  |                           |                          |
| <b>NORMA:</b>   | ASTM D421  |                           |                          |
| <b>TESIS:</b>   | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |                           |                          |
| <b>CALICATA:</b>  | C-4  | <b>ESTRATO:</b>           | E-4                      |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Santa Barbara  | <b>TIPO DE MATERIAL:</b>  | Suelo Arcilloso          |
| <b>FECHA DE MUESTREO:</b>                                       | 16/10/22   | <b>COLOR DE MATERIAL:</b> |                          |
| <b>FECHA DE ENSAYO:</b>   | 21/10/22   | <b>RESPONSABLE:</b>       | Eveling G. Llanos Flores |
|   |  | <b>REVISADO POR:</b>      | Henry Villanueva Bazán   |

Peso de muestra seca; Ws      330      gr

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO |          |               |       |       |            |
|--|----------|---------------|-------|-------|------------|
| Tamiz  | Abertura | Peso Retenido | % RP  | %RA   | % que pasa |
| Nº 4   | 4,76     | 0,80          | 0,24  | 0,24  | 99,76      |
| Nº10   | 2        | 3,90          | 1,18  | 1,42  | 98,58      |
| Nº20   | 0,84     | 21,80         | 6,61  | 8,03  | 91,97      |
| Nº30   | 0,59     | 22,90         | 6,94  | 14,97 | 85,03      |
| Nº40   | 0,42     | 32,20         | 9,76  | 24,73 | 75,27      |
| Nº60   | 0,25     | 41,50         | 12,58 | 37,31 | 62,70      |
| Nº100  | 0,15     | 24,40         | 7,39  | 44,70 | 55,30      |
| Nº200  | 0,074    | 10,30         | 3,12  | 47,82 | 52,18      |
| Perdida  | Lavado   | 172,20        | 52,18 | 100   | 0          |
| Total  |          | 330           |       |       |            |

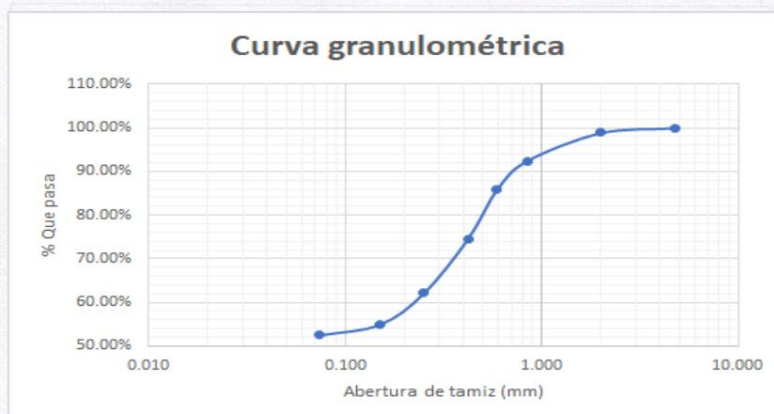


| <b>OBSERVACIONES:</b>   |   |   |
|---|---|---|
| NINGUNA   |   |   |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO  | ASESOR  |
|  |  |  |
| NOMBRE: Eveling G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martinez   | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 21/10/22   | FECHA: 21/10/22   | FECHA: 21/10/22   |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |                          |                          |
|---|--|--------------------------|--------------------------|
| PROTOCOLO   |  |                          |                          |
| <b>ENSAYO:</b>  | ANÁLISIS GRANULOMETRIA MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO  |                          |                          |
| <b>NORMA:</b>   | ASTM D421  |                          |                          |
| <b>TESIS:</b>   | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |                          |                          |
| <b>CALICATA:</b>  | C-5  | <b>ESTRATO:</b>          | E-1                      |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Santa Barbara  | <b>TIPO DE MATERIAL:</b> | Suelo Arcilloso          |
| <b>FECHA DE MUESTREO:</b>                                       | 16/10/22   | <b>RESPONSABLE:</b>      | Eveling G. Llanos Flores |
| <b>FECHA DE ENSAYO:</b>   | 22/10/22   | <b>REVISADO POR:</b>     | Henry Villanueva Bazán   |

Peso de muestra seca; Ws      310      gr

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO |          |               |       |       |            |
|--|----------|---------------|-------|-------|------------|
| Tamiz  | Abertura | Peso Retenido | % RP  | %RA   | % que pasa |
| Nº 4   | 4,76     | 0             | 0     | 0     | 100        |
| Nº10   | 2        | 3,50          | 1,13  | 1,13  | 98,87      |
| Nº20   | 0,84     | 20,00         | 6,45  | 7,58  | 92,42      |
| Nº30   | 0,59     | 20,70         | 6,68  | 14,26 | 85,74      |
| Nº40   | 0,42     | 34,80         | 11,22 | 25,48 | 74,52      |
| Nº60   | 0,25     | 38,50         | 12,42 | 37,90 | 62,10      |
| Nº100  | 0,15     | 22,10         | 7,13  | 45,03 | 54,97      |
| Nº200  | 0,074    | 7,60          | 2,45  | 47,48 | 52,52      |
| Perdida  | Lavado   | 162,80        | 52,52 | 100   | 0          |
| Total  |          | 310           |       |       |            |



**OBSERVACIONES:**

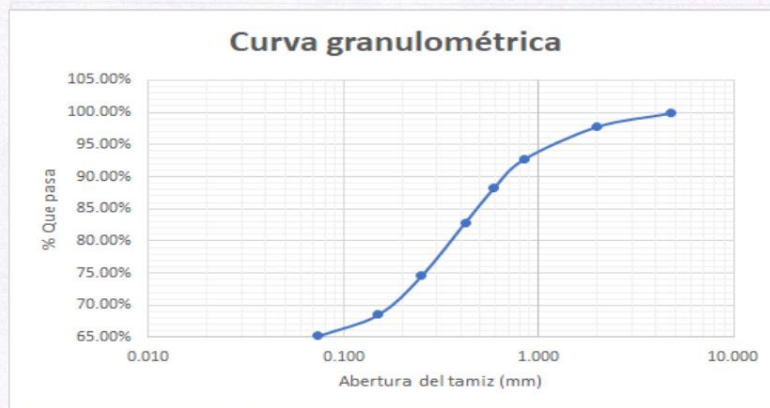
NINGUNA

| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO  | ASESOR  |
|---|---|---|
|  |  |  |
| NOMBRE: Eveling G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martinez   | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 22/10/22   | FECHA: 22/10/22   | FECHA: 22/10/22   |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |                           |                          |
|---|--|---------------------------|--------------------------|
| PROTOCOLO   |  |                           |                          |
| <b>ENSAYO:</b>  | ANÁLISIS GRANULOMETRIA MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO  |                           |                          |
| <b>NORMA:</b>   | ASTM D421  |                           |                          |
| <b>TESIS:</b>   | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |                           |                          |
| <b>CALICATA:</b>  | C-5  | <b>ESTRATO:</b>           | E-2                      |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Santa Barbara  | <b>TIPO DE MATERIAL:</b>  | Suelo Arcilloso          |
| <b>FECHA DE MUESTREO:</b>                                       | 16/10/22   | <b>COLOR DE MATERIAL:</b> |                          |
| <b>FECHA DE ENSAYO:</b>   | 22/10/22   | <b>RESPONSABLE:</b>       | Eveling G. Llanos Flores |
|   |  | <b>REVISADO POR:</b>      | Henry Villanueva Bazán   |

|                          |     |    |
|--------------------------|-----|----|
| Peso de muestra seca; Ws | 316 | gr |
|--------------------------|-----|----|

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO |          |               |       |       |            |
|--|----------|---------------|-------|-------|------------|
| Tamiz  | Abertura | Peso Retenido | % RP  | %RA   | % que pasa |
| Nº 4   | 4,76     | 0,30          | 0,09  | 0,09  | 99,91      |
| Nº10   | 2        | 6,60          | 2,09  | 2,18  | 97,82      |
| Nº20   | 0,84     | 16,10         | 5,10  | 7,27  | 92,72      |
| Nº30   | 0,59     | 14,10         | 4,46  | 11,74 | 88,26      |
| Nº40   | 0,42     | 17,00         | 5,38  | 17,12 | 82,88      |
| Nº60   | 0,25     | 26,30         | 8,32  | 25,44 | 74,56      |
| Nº100  | 0,15     | 19,00         | 6,02  | 31,46 | 68,54      |
| Nº200  | 0,074    | 10,40         | 3,29  | 34,75 | 65,25      |
| Perdida  | Lavado   | 206,20        | 65,25 | 100   | 0          |
| Total  |          | 316           |       |       |            |

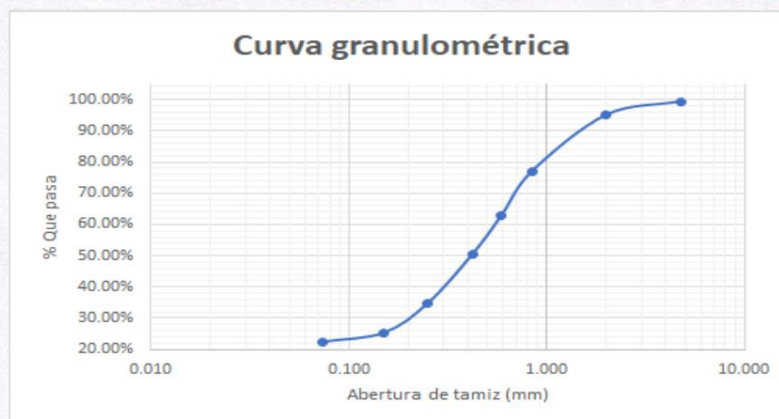


|   |   |   |
|---|---|---|
| <b>OBSERVACIONES:</b>   |   |   |
| NINGUNA   |   |   |
| <b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>   | <b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>   | <b>ASESOR</b>   |
|  |  |  |
| NOMBRE: Eveling G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martinez   | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 22/10/22   | FECHA: 22/10/22   | FECHA: 22/10/22   |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |                      |                          |                 |
|---|--|----------------------|--------------------------|-----------------|
| PROTOCOLO   |  |                      |                          |                 |
| <b>ENSAYO:</b>  | ANÁLISIS GRANULOMETRIA MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO  |                      |                          |                 |
| <b>NORMA:</b>   | ASTM D421  |                      |                          |                 |
| <b>TESIS:</b>   | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |                      |                          |                 |
| <b>CALICATA:</b>  | C-5  | <b>ESTRATO:</b>      | E-3                      |                 |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Santa Barbara  |                      | <b>TIPO DE MATERIAL:</b> | Suelo Arcilloso |
| <b>FECHA DE MUESTREO:</b>                                       | 16/10/22   | <b>RESPONSABLE:</b>  | Eveling G. Llanos Flores |                 |
| <b>FECHA DE ENSAYO:</b>   | 22/10/22   | <b>REVISADO POR:</b> | Henry Villanueva Bazán   |                 |

|                          |     |    |
|--------------------------|-----|----|
| Peso de muestra seca; Ws | 325 | gr |
|--------------------------|-----|----|

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO |          |               |       |       |            |
|--|----------|---------------|-------|-------|------------|
| Tamiz  | Abertura | Peso Retenido | % RP  | %RA   | % que pasa |
| Nº 4   | 4,76     | 2,10          | 0,65  | 0,65  | 99,35      |
| Nº10   | 2        | 13,90         | 4,28  | 4,93  | 95,08      |
| Nº20   | 0,84     | 58,90         | 18,12 | 23,05 | 76,95      |
| Nº30   | 0,59     | 45,70         | 14,06 | 37,11 | 62,89      |
| Nº40   | 0,42     | 40,40         | 12,43 | 49,54 | 50,46      |
| Nº60   | 0,25     | 50,80         | 15,63 | 65,17 | 34,83      |
| Nº100  | 0,15     | 30,70         | 9,45  | 74,62 | 25,38      |
| Nº200  | 0,074    | 9,30          | 2,86  | 77,48 | 22,52      |
| Perdida  | Lavado   | 73,20         | 22,52 | 100   | 0          |
| Total  |          | 325           |       |       |            |



|   |   |   |
|---|---|---|
| <b>OBSERVACIONES:</b>   |   |   |
| NINGUNA   |   |   |
| <b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>   | <b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>   | <b>ASESOR</b>   |
|  |  |  |
| NOMBRE: Eveling G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martínez   | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 22/10/22   | FECHA: 22/10/22   | FECHA: 22/10/22   |



ANEXO 02: Protocolos de ensayo de análisis granulométrico por sifonaje.

| LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |                                      |
|---|--------------------------------------|
| GUÍA DE ENSAYO  |                                      |
| <b>ENSAYO:</b>  | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR SIFONAJE |
| <b>NORMA:</b>   | ASTM D421                            |

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR SIFONAJE**

**Material:**

- Muestra seca
- 5 ml. de defloculante (silicato de sodio)
- Agua

**Equipo:**

- Agitador mecánico
- Probeta de 5 ml.
- Probeta de 100 ml.
- Pisco metálico con vástago
- Manguera para sifonear
- Estufa con control de temperatura


- Tamiz N° 10, N°40, N°200.

- Cápsula de porcelana

**Procedimiento:**

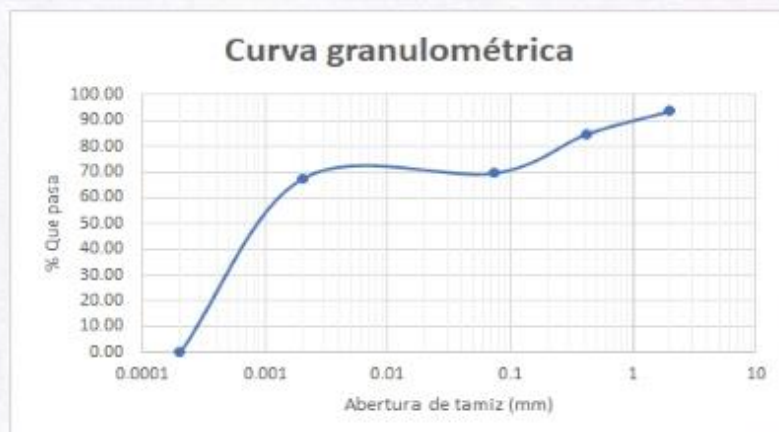
- Secar la muestra
- Pesar la muestra seca ( $W_s$ )

| LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| GUÍA DE ENSAYO   |                                      |
| ENSAYO:  | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR SIFONAJE |
| NORMA:   | ASTM D421                            |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Separar el material mediante la malla N° 10, el material retenido es grava, el material que pasa es arena y arcilla.</li> <li>• Pesar el material retenido en la malla N° 10</li> <li>• Pesar el material que pasa la malla N° 10, colocar en la cápsula de porcelana, agregar agua, 5 ml, de silicato de sodio y mezclar.</li> <li>• Trasladar la muestra a un agitador mecánico y dejar 15 minutos.</li> <li>• Vaciar la mezcla del agitador a una probeta de 1000 ml luego agregar agua hasta una altura de 20 cm, agitar durante 1 minuto.</li> <li>• Dejar reposar la probeta con la muestra durante 15 minutos si se considera que los tamaños de las partículas del limo están comprendidos entre 0.075 mm y 0.005 mm, durante 30 minutos si se considera que los tamaños de las partículas del limo están comprendidos entre 0.075 mm y 0.002 mm, durante 20 minutos si se considera que los tamaños de las partículas del limo están comprendidos entre 0.05 mm y 0.005 mm.</li> <li>• Colocar el disco metálico en la probeta hasta donde se encuentra el material sedimentado, luego sifonear con la manguera el agua con el material que quedado en suspensión.</li> <li>• Sacar la muestra sedimentada, secar en la estufa durante 24 horas a 105 °C.</li> <li>• Pesar la muestra seca (Ws)</li> <li>• Determinar la cantidad de arcilla por diferencias de pesos W arcilla.</li> <li>• La muestra sedimentada seca se tamiza en las mallas N° 40 y N° 200.           <ul style="list-style-type: none"> <li>○ El material retenido en la malla N° 40 es arena gruesa.</li> <li>○ El material que pasa la malla N° 40 y se retiene en la malla N° 200 es arena fina.</li> <li>○ El material que pasa la malla N° 200 es limo.</li> </ul> </li> </ul> |                                      |

|  |  |                                      |                           |                          |                 |
|--|--|--------------------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------|
| <br>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE | <b>LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>   |                                      |                           |                          |                 |
|  | <b>PROTOCOLO</b>   |                                      |                           |                          |                 |
|  | <b>ENSAYO:</b>   | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR SIFONAJE |                           |                          |                 |
|  | <b>NORMA:</b>  | ASTM D421                            |                           |                          |                 |
| <b>TESIS:</b>  | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |                                      |                           |                          |                 |
| <b>CALICATA:</b>   | C-1  | <b>ESTRATO:</b>                      | E-1                       | <b>TIPO DE MATERIAL:</b> | Suelo Arcilloso |
| <b>UBICACIÓN:</b>  | Santa Barbara  |                                      | <b>COLOR DE MATERIAL:</b> |                          |                 |
| <b>FECHA DE MUESTREO:</b>  | 07/10/22   | <b>RESPONSABLE:</b>                  | Eveling G. Llanos Flores  |                          |                 |
| <b>FECHA DE ENSAYO:</b>  | 22/10/22   | <b>REVISADO POR:</b>                 | Henry Villanueva Bazán    |                          |                 |

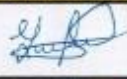


Peso de muestra seca; Ws 110 gr

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR SIFONAJE |            |       |       |       |            |
|--------------------------------------|------------|-------|-------|-------|------------|
| Malla                                | Malla (mm) | P.R.P | % RP  | % RA  | % que pasa |
| Nº10                                 | 2,00       | 6,90  | 6,27  | 6,27  | 93,73      |
| Nº40                                 | 0,42       | 9,71  | 8,83  | 15,10 | 84,90      |
| Nº200                                | 0,074      | 16,70 | 15,18 | 30,28 | 69,72      |
| Limo                                 | 0,002      | 2,33  | 2,12  | 32,40 | 67,60      |
| Arcilla                              | 0,0002     | 74,36 | 67,60 | 100   | 0          |
| Total                                |            | 110   |       |       |            |



**OBSERVACIONES:**

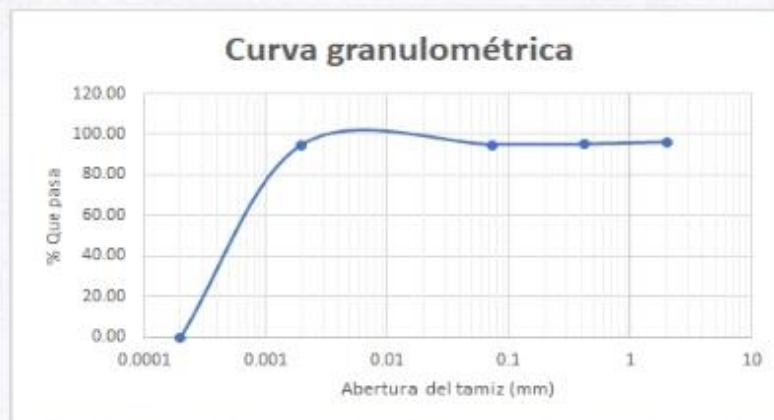
NINGUNA

| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO  | ASESOR  |
|---|---|---|
|  |  |  |
| NOMBRE: Eveling G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Llanos Martinez  | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 22/10/22   | FECHA: 22/10/22   | FECHA: 22/10/22   |


| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |               |                                       |
|---|--|---------------|---------------------------------------|
| PROTOCOLO   |  |               |                                       |
| ENSAYO:   | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR SIFONAJE   |               |                                       |
| NORMA:  | ASTM D421  |               |                                       |
| TESIS:  | CORRELACIÓN ENTRE LA FERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |               |                                       |
| CALICATA:   | C-1  | ESTRATO:      | E-2 TIPO DE MATERIAL: Suelo Arcilloso |
| UBICACIÓN:  | Santa Barbara  |               | COLOR DE MATERIAL:                    |
| FECHA DE MUESTREO:  | 07/10/22   | RESPONSABLE:  | Eveling G. Llanos Flores              |
| FECHA DE ENSAYO:  | 22/10/22   | REVISADO POR: | Henry Villanueva Bazán                |

Peso de muestra seca; Ws 105 gr

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR SIFONAJE |            |       |       |      |            |
|--------------------------------------|------------|-------|-------|------|------------|
| Malla                                | Malla (mm) | P.R.P | % RP  | % RA | % que pasa |
| Nº10                                 | 2,00       | 4,32  | 4,11  | 4,11 | 95,89      |
| Nº40                                 | 0,42       | 1,01  | 0,97  | 5,08 | 94,92      |
| Nº200                                | 0,074      | 0,2   | 0,19  | 5,27 | 94,73      |
| Limo                                 | 0,002      | 0     | 0     | 5,27 | 94,73      |
| Arcilla                              | 0,0002     | 99,47 | 99,73 | 100  | 0          |
| Total                                |            | 105   |       |      |            |

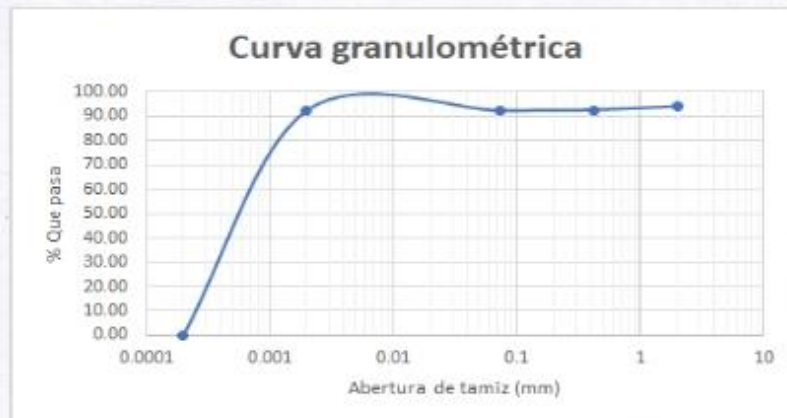


| OBSERVACIONES:<br>NINGUNA   |   |   |
|---|---|---|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO  | ASESOR  |
|  |  |  |
| NOMBRE: Eveling G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Huayta Martínez  | NOMBRE: Henry Villanueva Bazán  |
| FECHA: 22/10/22   | FECHA: 22/10/22   | FECHA: 22/10/22   |

|  |  |                                      |                          |                          |                 |
|--|--|--------------------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------|
| <br>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE | <b>LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>   |                                      |                          |                          |                 |
|  | <b>PROTOCOLO</b>   |                                      |                          |                          |                 |
|  | <b>ENSAYO:</b>   | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR SIFONAJE |                          |                          |                 |
|  | <b>NORMA:</b>  | ASTM D421                            |                          |                          |                 |
| <b>TESIS:</b>  | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |                                      |                          |                          |                 |
| <b>CALICATA:</b>   | C-1  | <b>ESTRATO:</b>                      | E-3                      | <b>TIPO DE MATERIAL:</b> | Suelo Arcilloso |
| <b>UBICACIÓN:</b>  | Santa Barbara  |                                      |                          |                          |                 |
| <b>FECHA DE MUESTREO:</b>  | 07/10/22   | <b>RESPONSABLE:</b>                  | Eveling G. Llanos Flores |                          |                 |
| <b>FECHA DE ENSAYO:</b>  | 22/10/22   | <b>REVISADO POR:</b>                 | Henry Villanueva Bazan   |                          |                 |

Peso de muestra seca; Ws    98    gr

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR SIFONAJE |            |       |       |      |            |
|--------------------------------------|------------|-------|-------|------|------------|
| Malla                                | Malla (mm) | P.R.P | % RP  | % RA | % que pasa |
| Nº10                                 | 2,00       | 5,84  | 5,96  | 5,96 | 94,04      |
| Nº40                                 | 0,42       | 1,43  | 1,46  | 7,42 | 92,58      |
| Nº200                                | 0,074      | 0,27  | 0,27  | 7,69 | 92,31      |
| Limo                                 | 0,002      | 0     | 0     | 7,69 | 92,31      |
| Arcilla                              | 0,0002     | 90,46 | 92,31 | 100  | 0          |
| Total                                |            | 98    |       |      |            |

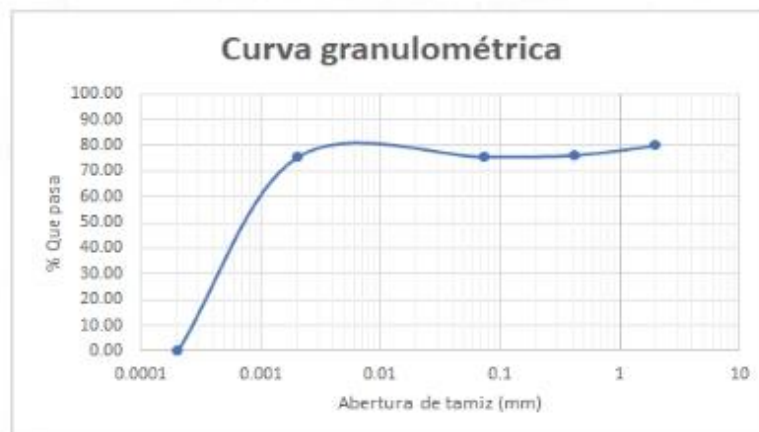


|   |   |   |
|---|---|---|
| <b>OBSERVACIONES:</b>   |   |   |
| NINGUNA   |   |   |
| <b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>   | <b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>   | <b>ASESOR</b>   |
|  |  |  |
| NOMBRE: Eveling G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martinez   | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 22/10/22   | FECHA: 22/10/22   | FECHA: 22/10/22   |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |               |                          |                   |                 |
|---|--|---------------|--------------------------|-------------------|-----------------|
| PROTOCOLO   |  |               |                          |                   |                 |
| ENSAYO:   | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR SIFONAJE   |               |                          |                   |                 |
| NORMA:  | ASTM D421  |               |                          |                   |                 |
| TESIS:  | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |               |                          |                   |                 |
| CALICATA:   | C-1  | ESTRATO:      | E-4                      | TIPO DE MATERIAL: | Suelo Arcilloso |
| UBICACIÓN:  | Santa Barbara  |               | COLOR DE MATERIAL:       |                   |                 |
| FECHA DE MUESTREO:  | 07/10/22   | RESPONSABLE:  | Eveling G. Llanos Flores |                   |                 |
| FECHA DE ENSAYO:  | 22/10/22   | REVISADO POR: | Henry Villanueva Bazán   |                   |                 |


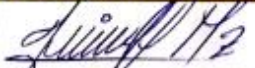
Peso de muestra seca; Ws 110 gr

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR SIFONAJE |            |       |       |       |            |
|--------------------------------------|------------|-------|-------|-------|------------|
| Malla                                | Malla (mm) | P.R.P | % RP  | % RA  | % que pasa |
| Nº10                                 | 2,00       | 22,00 | 20,00 | 20,00 | 80         |
| Nº40                                 | 0,42       | 4,16  | 3,78  | 23,78 | 76,22      |
| Nº200                                | 0,074      | 0,67  | 0,61  | 24,39 | 75,61      |
| Limo                                 | 0,002      | 0,14  | 0,13  | 24,52 | 75,48      |
| Arcilla                              | 0,0002     | 83,03 | 75,48 | 100   | 0          |
| Total                                |            | 110   |       |       |            |



**OBSERVACIONES:**

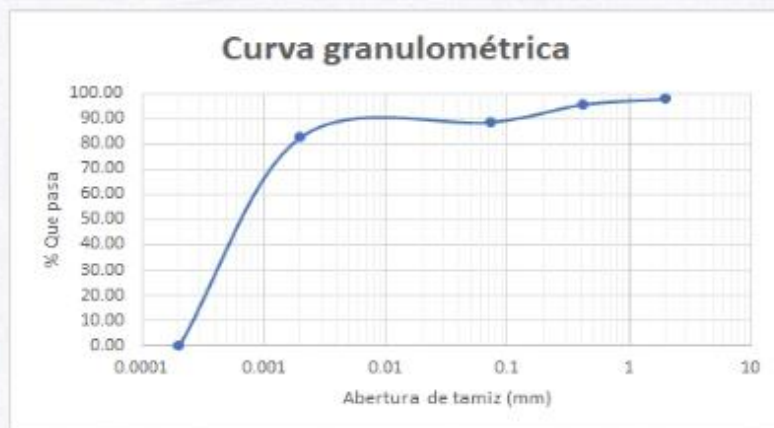
NINGUNA

| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO  | ASESOR                   |
|---|---|--------------------------|
|  |  |                          |
| NOMBRE: Eveling G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martínez   | NOMBRE: Henry Villanueva |
| FECHA: 22/10/22   | FECHA: 22/10/22   | FECHA: 22/10/22          |

|  |               |  |                           |                          |                 |
|--|---------------|--|---------------------------|--------------------------|-----------------|
| <b>LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b> |               |  |                           |                          |                 |
| <b>PROTOCOLO</b>   |               |  |                           |                          |                 |
| <b>ENSAYO:</b>   |               | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR SIFONAJE   |                           |                          |                 |
| <b>NORMA:</b>  |               | ASTM D421  |                           |                          |                 |
| <b>TESIS:</b>  |               | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |                           |                          |                 |
| <b>CALICATA:</b>   | C-2           | <b>ESTRATO:</b>  | E-1                       | <b>TIPO DE MATERIAL:</b> | Suelo Arcilloso |
| <b>UBICACIÓN:</b>  | Santa Barbara |  | <b>COLOR DE MATERIAL:</b> |                          |                 |
| <b>FECHA DE MUESTREO:</b>  | 16/10/22      | <b>RESPONSABLE:</b>  | Eveling G. Llanos Flores  |                          |                 |
| <b>FECHA DE ENSAYO:</b>  | 22/10/22      | <b>REVISADO POR:</b>   | Henry Villanueva Bazán    |                          |                 |

Peso de muestra seca; Ws 90 gr

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR SIFONAJE |            |       |       |       |            |
|--------------------------------------|------------|-------|-------|-------|------------|
| Malla                                | Malla (mm) | P.R.P | % RP  | % RA  | % que pasa |
| Nº10                                 | 2,00       | 1,84  | 2,04  | 2,04  | 97,96      |
| Nº40                                 | 0,42       | 1,90  | 2,11  | 4,15  | 95,84      |
| Nº200                                | 0,074      | 6,30  | 7,00  | 11,15 | 88,84      |
| Limo                                 | 0,002      | 5,30  | 5,89  | 17,04 | 82,96      |
| Arcilla                              | 0,0002     | 74,66 | 82,96 | 100   | 0          |
| Total                                |            | 90    |       |       |            |

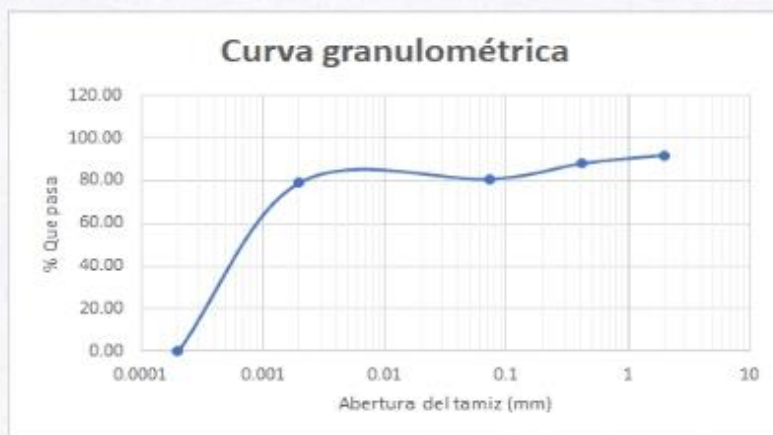


|   |   |   |
|---|---|---|
| <b>OBSERVACIONES:</b>   |   |   |
| NINGUNA   |   |   |
| <b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>   | <b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>   | <b>ASESOR</b>   |
|  |  |  |
| NOMBRE: Eveling G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorgel H. Hays Martinez   | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 22/10/22   | FECHA: 22/10/22   | FECHA: 22/10/22   |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |               |  |                           |                          |                 |
|---|---------------|--|---------------------------|--------------------------|-----------------|
| PROTOCOLO   |               |  |                           |                          |                 |
| <b>ENSAYO:</b>  |               | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR SIFONAJE   |                           |                          |                 |
| <b>NORMA:</b>   |               | ASTM D421  |                           |                          |                 |
| <b>TESIS:</b>   |               | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |                           |                          |                 |
| <b>CALICATA:</b>  | C-2           | <b>ESTRATO:</b>  | E-2                       | <b>TIPO DE MATERIAL:</b> | Suelo Arcilloso |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Santa Barbara |  | <b>COLOR DE MATERIAL:</b> |                          |                 |
| <b>FECHA DE MUESTREO:</b>                                       | 16/10/22      | <b>RESPONSABLE:</b>  | Evelina G. Llanos Flores  |                          |                 |
| <b>FECHA DE ENSAYO:</b>   | 22/10/22      | <b>REVISADO POR:</b>   | Henry Villanueva Bazar    |                          |                 |

Peso de muestra seca; Ws 90 gr

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR SIFONAJE |            |       |       |       |            |
|--------------------------------------|------------|-------|-------|-------|------------|
| Malla                                | Malla (mm) | P.R.P | % RP  | % RA  | % que pasa |
| Nº10                                 | 2.00       | 7,28  | 8,09  | 8,09  | 91,91      |
| Nº40                                 | 0.42       | 3,50  | 3,89  | 11,98 | 88,02      |
| Nº200                                | 0.074      | 6,60  | 7,33  | 19,31 | 80,69      |
| Limo                                 | 0.002      | 1,40  | 1,56  | 20,87 | 79,13      |
| Arcilla                              | 0.0002     | 71,22 | 79,13 | 100   | 0          |
| Total                                |            | 90    |       |       |            |



|   |   |   |
|---|---|---|
| <b>OBSERVACIONES:</b>   |   |   |
| NINGUNA   |   |   |
| <b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>   | <b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>   | <b>ASESOR</b>   |
|  |  |  |
| NOMBRE: Evelina G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martínez   | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 22/10/22   | FECHA: 22/10/22   | FECHA: 22/10/22   |



| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |                    |                          |
|---|--|--------------------|--------------------------|
| PROTOCOLO   |  |                    |                          |
| ENSAYO:   | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR SIFONAJE   |                    |                          |
| NORMA:  | ASTM D421  |                    |                          |
| TESIS:  | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |                    |                          |
| CALICATA:   | C-2  | ESTRATO:           | E-3                      |
| UBICACIÓN:  | Santa Barbara  | TIPO DE MATERIAL:  | Suelo Arcilloso          |
| FECHA DE MUESTREO:  | 16/10/22   | COLOR DE MATERIAL: |                          |
| FECHA DE ENSAYO:  | 22/10/22   | RESPONSABLE:       | Eveling G. Llanos Flores |
|   |  | REVISADO POR:      | Henry Villanueva Bazán   |

Peso de muestra seca; Ws      90      gr

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR SIFONAJE |            |       |       |       |            |
|--------------------------------------|------------|-------|-------|-------|------------|
| Malla                                | Malla (mm) | P.R.P | % RP  | % RA  | % que pasa |
| Nº10                                 | 2,00       | 11,69 | 12,99 | 12,99 | 87,01      |
| Nº40                                 | 0,42       | 10,50 | 11,67 | 24,66 | 75,34      |
| Nº200                                | 0,074      | 24,40 | 27,11 | 51,77 | 48,23      |
| Limo                                 | 0,002      | 5     | 5,55  | 57,32 | 42,68      |
| Arcilla                              | 0,0002     | 38,41 | 42,68 | 100   | 0          |
| Total                                |            | 90    |       |       |            |

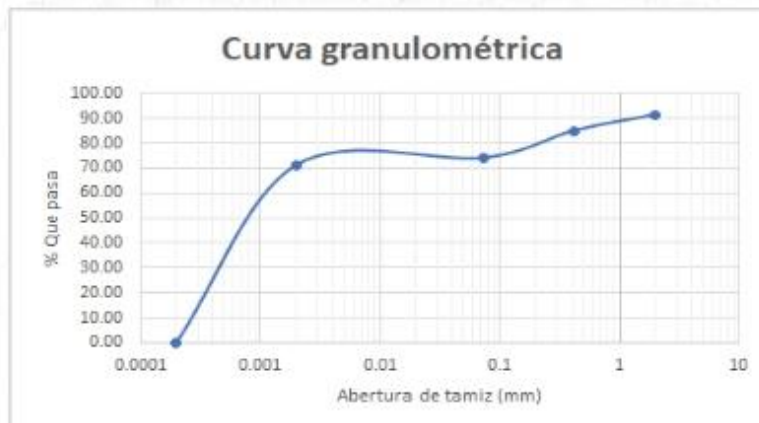


|   |   |   |
|---|---|---|
| <b>OBSERVACIONES:</b>   |   |   |
| NINGUNA   |   |   |
| <b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>   | <b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>   | <b>ASESOR</b>   |
|  |  |  |
| NOMBRE: Eveling G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martinez   | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 22/10/22   | FECHA: 22/10/22   | FECHA: 22/10/22   |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |               |                          |                   |                 |
|---|--|---------------|--------------------------|-------------------|-----------------|
| PROTOCOLO   |  |               |                          |                   |                 |
| ENSAYO:   | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR SIFONAJE   |               |                          |                   |                 |
| NORMA:  | ASTM D421  |               |                          |                   |                 |
| TESIS:  | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |               |                          |                   |                 |
| CALICATA:   | C-3  | ESTRATO:      | E-1                      | TIPO DE MATERIAL: | Suelo Arcilloso |
| UBICACIÓN:  | Santa Barbara  |               | COLOR DE MATERIAL:       |                   |                 |
| FECHA DE MUESTREO:  | 16/10/22   | RESPONSABLE:  | Eveling G. Llanos Flores |                   |                 |
| FECHA DE ENSAYO:  | 24/10/22   | REVISADO POR: | Henry Villanueva Bazán   |                   |                 |

Peso de muestra seca;  $W_s$  90 gr

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR SIFONAJE |            |       |       |       |            |
|--------------------------------------|------------|-------|-------|-------|------------|
| Malla                                | Malla (mm) | P.R.P | % RP  | % RA  | % que pasa |
| Nº10                                 | 2,00       | 7,80  | 8,67  | 8,67  | 91,33      |
| Nº40                                 | 0,42       | 5,71  | 6,34  | 15,01 | 84,99      |
| Nº200                                | 0,074      | 9,87  | 10,97 | 25,98 | 74,02      |
| Limo                                 | 0,002      | 2,58  | 2,86  | 28,84 | 71,16      |
| Arcilla                              | 0,0002     | 64,04 | 71,16 | 100   | 0          |
| Total                                |            | 90    |       |       |            |



**OBSERVACIONES:**

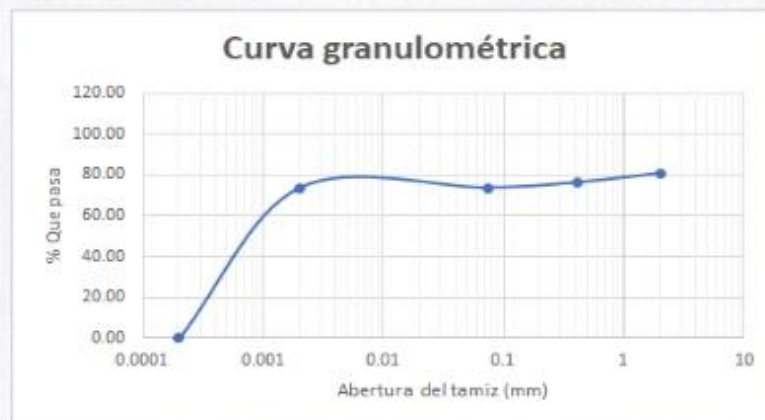
NINGUNA

| RESPONSABLE DEL ENSAYO           | COORDINADOR DE LABORATORIO      | ASESOR                   |
|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------|
|                                  |                                 |                          |
| NOMBRE: Eveling G. Llanos Flores | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Montañez | NOMBRE: Henry Villanueva |
| FECHA: 24/10/22                  | FECHA: 24/10/22                 | FECHA: 24/10/22          |


|  |               |                                      |                          |                          |                 |
|--|---------------|--------------------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------|
| <b>LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>   |               |                                      |                          |                          |                 |
| <b>PROTOCOLO</b>   |               |                                      |                          |                          |                 |
| <b>ENSAYO:</b>   |               | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR SIFONAJE |                          |                          |                 |
| <b>NORMA:</b>  |               | ASTM D421                            |                          |                          |                 |
| <b>TESIS:</b> CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |               |                                      |                          |                          |                 |
| <b>CALICATA:</b>   | C-3           | <b>ESTRATO:</b>                      | E-2                      | <b>TIPO DE MATERIAL:</b> | Suelo Arcilloso |
| <b>UBICACIÓN:</b>  | Santa Barbara |                                      |                          |                          |                 |
| <b>FECHA DE MUESTREO:</b>  | 16/07/22      | <b>RESPONSABLE:</b>                  | Evelina G. Llanos Flores |                          |                 |
| <b>FECHA DE ENSAYO:</b>  | 24/10/22      | <b>REVISADO POR:</b>                 | Henry Villanueva Bazán   |                          |                 |

Peso de muestra seca; Ws    90    gr

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR SIFONAJE |            |       |       |       |            |
|--------------------------------------|------------|-------|-------|-------|------------|
| Malla                                | Malla (mm) | P.R.P | % RP  | % RA  | % que pasa |
| Nº10                                 | 2,00       | 17,50 | 19,44 | 19,44 | 80,56      |
| Nº40                                 | 0,42       | 3,90  | 4,33  | 23,77 | 76,22      |
| Nº200                                | 0,074      | 2,40  | 2,67  | 26,44 | 73,56      |
| Limo                                 | 0,002      | 0,16  | 0,18  | 26,62 | 73,38      |
| Arcilla                              | 0,0002     | 66,04 | 73,38 | 100   | 0          |
| Total                                |            | 90    |       |       |            |



|   |   |   |
|---|---|---|
| <b>OBSERVACIONES:</b>   |   |   |
| NINGUNA   |   |   |
| <b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>   | <b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>   | <b>ASESOR</b>   |
|  |  |  |
| NOMBRE: Evelina G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martinez   | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 24/10/22   | FECHA: 24/10/22   | FECHA: 24/10/22   |

|  |  |                                      |                           |                          |                 |
|--|--|--------------------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------|
| <br>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE | <b>LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>   |                                      |                           |                          |                 |
|  | <b>PROTOCOLO</b>   |                                      |                           |                          |                 |
|  | <b>ENSAYO:</b>   | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR SIFONAJE |                           |                          |                 |
|  | <b>NORMA:</b>  | ASTM D421                            |                           |                          |                 |
| <b>TESIS:</b>  | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |                                      |                           |                          |                 |
| <b>CALICATA:</b>   | C-3  | <b>ESTRATO:</b>                      | E-3                       | <b>TIPO DE MATERIAL:</b> | Suelo Arcilloso |
| <b>UBICACIÓN:</b>  | Santa Barbara  |                                      | <b>COLOR DE MATERIAL:</b> |                          |                 |
| <b>FECHA DE MUESTREO:</b>  | 16/07/22   | <b>RESPONSABLE:</b>                  | Eveling G. Llanos Flores  |                          |                 |
| <b>FECHA DE ENSAYO:</b>  | 24/10/22   | <b>REVISADO POR:</b>                 | Henry Villanueva Bazán    |                          |                 |

Peso de muestra seca; Ws    90    gr

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR SIFONAJE |            |       |       |       |            |
|--------------------------------------|------------|-------|-------|-------|------------|
| Malla                                | Malla (mm) | P.R.P | % RP  | % RA  | % que pasa |
| Nº10                                 | 2,00       | 8,60  | 9,56  | 9,56  | 90,44      |
| Nº40                                 | 0,42       | 11,53 | 12,81 | 22,37 | 77,63      |
| Nº200                                | 0,074      | 20,55 | 22,83 | 45,20 | 54,80      |
| Limo                                 | 0,002      | 1,93  | 2,14  | 47,34 | 52,66      |
| Arcilla                              | 0,0002     | 47,39 | 52,66 | 100   | 0          |
| Total                                |            | 90    |       |       |            |



|   |   |   |
|---|---|---|
| <b>OBSERVACIONES:</b>   |   |   |
| NINGUNA   |   |   |
| <b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>   | <b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>   | <b>ASESOR</b>   |
|  |  |  |
| NOMBRE: Eveling G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martínez   | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 24/10/22   | FECHA: 24/10/22   | FECHA: 24/10/22   |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |               |                                       |
|---|--|---------------|---------------------------------------|
| PROTOCOLO   |  |               |                                       |
| ENSAYO:   | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR SIFONAJE   |               |                                       |
| NORMA:  | ASTM D421  |               |                                       |
| TESIS:  | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |               |                                       |
| CALICATA:   | C-3  | ESTRATO:      | E-4 TIPO DE MATERIAL: Suelo Arcilloso |
| UBICACIÓN:  | Santa Barbara  |               | COLOR DE MATERIAL:                    |
| FECHA DE MUESTREO:  | 16/07/22   | RESPONSABLE:  | Evelina G. Llanos Flores              |
| FECHA DE ENSAYO:  | 24/10/22   | REVISADO POR: | Henry Villanueva Razón                |

Peso de muestra seca; Ws 90 gr

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR SIFONAJE |            |       |       |       |            |
|--------------------------------------|------------|-------|-------|-------|------------|
| Malla                                | Malla (mm) | P.R.P | % RP  | % RA  | % que pasa |
| Nº10                                 | 2,00       | 4,40  | 4,89  | 4,89  | 95,11      |
| Nº40                                 | 0,42       | 12,96 | 14,40 | 19,29 | 80,71      |
| Nº200                                | 0,074      | 10,85 | 12,05 | 31,34 | 68,66      |
| Limo                                 | 0,002      | 3,15  | 3,50  | 34,84 | 65,16      |
| Arcilla                              | 0,0002     | 58,64 | 65,16 | 100   | 0          |
| Total                                |            | 90    |       |       |            |

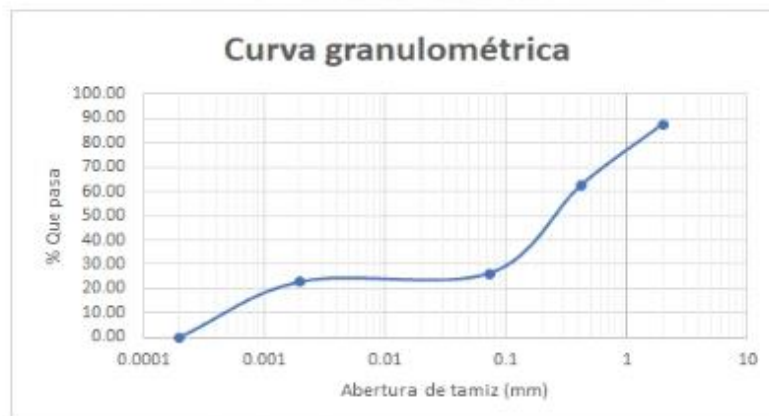


| OBSERVACIONES:<br>NINGUNA   |   |   |
|---|---|---|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO  | ASESOR  |
|  |  |  |
| NOMBRE: Evelina G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martinez   | NOMBRE: Henry Villanueva Razón  |
| FECHA: 24/10/22   | FECHA: 24/10/22   | FECHA: 24/10/22   |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |                      |                           |                          |                 |
|---|--|----------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------|
| <b>PROTOCOLO</b>  |  |                      |                           |                          |                 |
| <b>ENSAYO:</b>  | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR SIFONAJE   |                      |                           |                          |                 |
| <b>NORMA:</b>   | ASTM D421  |                      |                           |                          |                 |
| <b>TESIS:</b>   | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |                      |                           |                          |                 |
| <b>CALICATA:</b>  | C-4  | <b>ESTRATO:</b>      | E-1                       | <b>TIPO DE MATERIAL:</b> | Suelo Arcilloso |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Santa Barbara  |                      | <b>COLOR DE MATERIAL:</b> |                          |                 |
| <b>FECHA DE MUESTREO:</b>                                       | 16/07/22   | <b>RESPONSABLE:</b>  | Eudina G. Llanos Flores   |                          |                 |
| <b>FECHA DE ENSAYO:</b>   | 25/10/22   | <b>REVISADO POR:</b> | Henry Villanueva Buzán    |                          |                 |

Peso de muestra seca; Ws    90    gr

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR SIFONAJE |            |       |       |       |            |
|--------------------------------------|------------|-------|-------|-------|------------|
| Malla                                | Malla (mm) | P.R.P | % RP  | % RA  | % que pasa |
| Nº10                                 | 2,00       | 11,23 | 12,48 | 12,48 | 87,52      |
| Nº40                                 | 0,42       | 22,60 | 25,11 | 37,59 | 62,41      |
| Nº200                                | 0,074      | 32,50 | 36,11 | 73,70 | 26,30      |
| Limo                                 | 0,002      | 3,10  | 3,44  | 77,14 | 22,86      |
| Arcilla                              | 0,0002     | 20,57 | 22,86 | 100   | 0          |
| Total                                |            | 90    |       |       |            |


**OBSERVACIONES:**

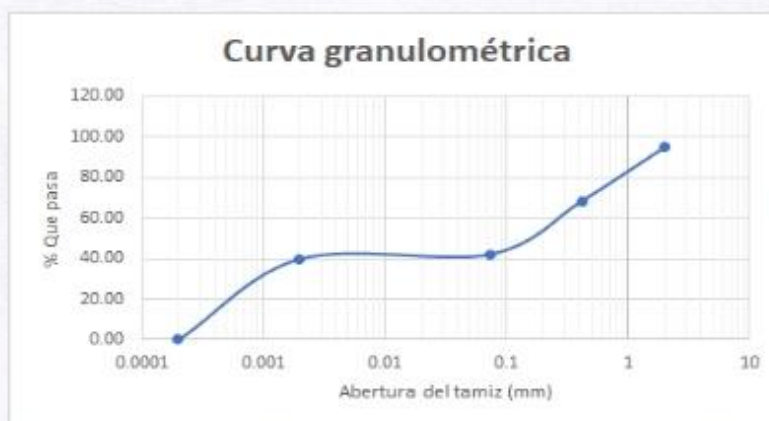
NINGUNA

| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO  | ASESOR  |
|---|---|---|
|  |  |  |
| NOMBRE: Eudina G. Llanos Flores   | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Montez   | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 25/10/22   | FECHA: 25/10/22   | FECHA: 25/10/22   |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |                          |                          |
|---|--|--------------------------|--------------------------|
| PROTOCOLO   |  |                          |                          |
| <b>ENSAYO:</b>  | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR SIFONAJE   |                          |                          |
| <b>NORMA:</b>   | ASTM D421  |                          |                          |
| <b>TESIS:</b>   | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |                          |                          |
| <b>CALICATA:</b>  | C-4  | <b>ESTRATO:</b>          | E-2                      |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Santa Barbara  | <b>TIPO DE MATERIAL:</b> | Suelo Arcilloso          |
| <b>FECHA DE MUESTREO:</b>                                       | 16/07/22   | <b>RESPONSABLE:</b>      | Evelina G. Llanos Flores |
| <b>FECHA DE ENSAYO:</b>   | 25/10/22   | <b>REVISADO POR:</b>     | Henry Villanueva Bazán   |

Peso de muestra seca;  $W_s$       90      gr

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR SIFONAJE |            |       |       |       |            |
|--------------------------------------|------------|-------|-------|-------|------------|
| Malla                                | Malla (mm) | P.R.P | % RP  | % RA  | % que pasa |
| Nº10                                 | 2,00       | 4,68  | 5,20  | 5,20  | 94,80      |
| Nº40                                 | 0,42       | 23,70 | 26,33 | 31,53 | 68,47      |
| Nº200                                | 0,074      | 23,60 | 26,23 | 57,76 | 42,24      |
| Limo                                 | 0,002      | 2,10  | 2,33  | 60,09 | 39,91      |
| Arcilla                              | 0,0002     | 35,92 | 39,91 | 100   | 0          |
| Total                                |            | 90    |       |       |            |

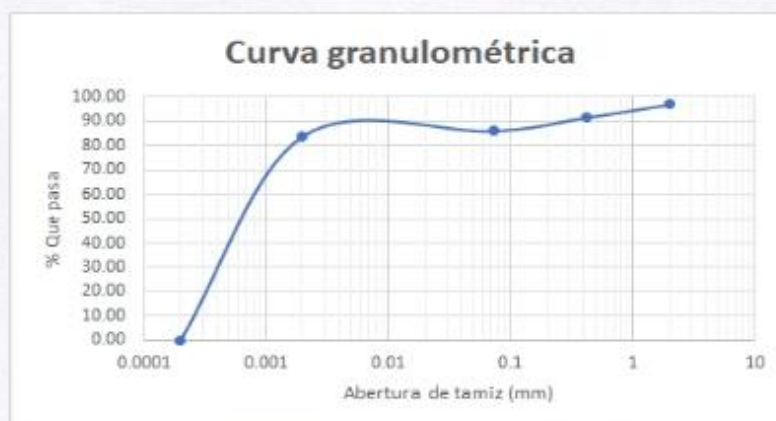


|   |   |   |
|---|---|---|
| <b>OBSERVACIONES:</b><br>NINGUNA  |   |   |
| <b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>   | <b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>   | <b>ASESOR</b>   |
|  |  |  |
| NOMBRE: Evelina G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martinez   | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 25/10/22   | FECHA: 25/10/22   | FECHA: 25/10/22   |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |               |                          |                                   |
|---|--|---------------|--------------------------|-----------------------------------|
| PROTOCOLO   |  |               |                          |                                   |
| ENSAYO:   | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR SIFONAJE   |               |                          |                                   |
| NORMA:  | ASTM D421  |               |                          |                                   |
| TESIS:  | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |               |                          |                                   |
| CALICATA:   | C-4  | ESTRATO:      | F-3                      | TIPO DE MATERIAL: Suelo Arcilloso |
| UBICACIÓN:  | Santa Barbara  |               | COLOR DE MATERIAL:       |                                   |
| FECHA DE MUESTREO:  | 16/07/22   | RESPONSABLE:  | Evelina G. Llanos Flores |                                   |
| FECHA DE ENSAYO:  | 25/10/22   | REVISADO POR: | Henry Villanueva Bazaio  |                                   |

Peso de muestra seca; Ws 90 gr

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR SIFONAJE |            |       |       |       |            |
|--------------------------------------|------------|-------|-------|-------|------------|
| Malla                                | Malla (mm) | P.R.P | % RP  | % RA  | % que pasa |
| Nº10                                 | 2,00       | 2,81  | 3,12  | 3,12  | 96,88      |
| Nº40                                 | 0,42       | 4,80  | 5,33  | 8,45  | 91,54      |
| Nº200                                | 0,074      | 5,00  | 5,56  | 14,01 | 85,99      |
| Limo                                 | 0,002      | 1,90  | 2,11  | 16,12 | 83,88      |
| Arcilla                              | 0,0002     | 75,49 | 83,88 | 100   | 0          |
| Total                                |            | 90    |       |       |            |



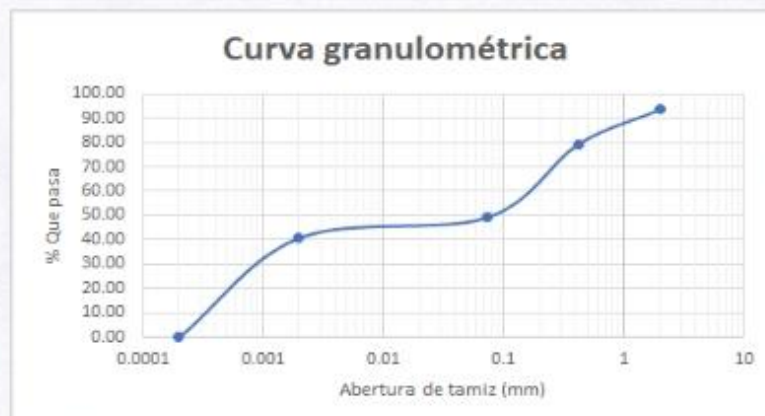
| OBSERVACIONES:  |   |   |
|---|---|---|
| NINGUNA   |   |   |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO  | ASESOR  |
|  |  |  |
| NOMBRE: Evelina G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martinez   | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 25/10/22   | FECHA: 25/10/22   | FECHA: 25/10/22   |




|  |  |                           |                          |
|--|--|---------------------------|--------------------------|
| <b>LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b> |  |                           |                          |
| <b>PROTOCOLO</b>   |  |                           |                          |
| <b>ENSAYO:</b>   | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR SIFONAJE   |                           |                          |
| <b>NORMA:</b>  | ASTM D421  |                           |                          |
| <b>TESIS:</b>  | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |                           |                          |
| <b>CALICATA:</b>   | C-4  | <b>ESTRATO:</b>           | E-4                      |
| <b>UBICACIÓN:</b>  | Santa Barbara  | <b>TIPO DE MATERIAL:</b>  | Suelo Arcilloso          |
| <b>FECHA DE MUESTREO:</b>  | 16/07/22   | <b>COLOR DE MATERIAL:</b> |                          |
| <b>FECHA DE ENSAYO:</b>  | 25/10/22   | <b>RESPONSABLE:</b>       | Evelina G. Llanos Flores |
|  |  | <b>REVISADO POR:</b>      | Henry Villanueva Buzón   |

Peso de muestra seca; Ws    90    gr

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR SIFONAJE |            |       |       |       |            |
|--------------------------------------|------------|-------|-------|-------|------------|
| Malla                                | Malla (mm) | P.R.P | % RP  | % RA  | % que pasa |
| Nº10                                 | 2,00       | 5,76  | 6,40  | 6,40  | 93,60      |
| Nº40                                 | 0,42       | 12,80 | 14,22 | 20,62 | 79,38      |
| Nº200                                | 0,074      | 27,00 | 30,00 | 50,62 | 49,38      |
| Limo                                 | 0,002      | 7,60  | 8,45  | 59,07 | 40,93      |
| Arcilla                              | 0,0002     | 36,84 | 40,93 | 100   | 0          |
| Total                                |            | 90    |       |       |            |



|   |   |   |
|---|---|---|
| <b>OBSERVACIONES:</b>   |   |   |
| NINGUNO   |   |   |
| <b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>   | <b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>   | <b>ASESOR</b>   |
|  |  |  |
| NOMBRE: Evelina G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hays Martínez  | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 25/10/22   | FECHA: 25/10/22   | FECHA: 25/10/22   |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA  |                |  |                           |                          |                 |
|--|----------------|--|---------------------------|--------------------------|-----------------|
| PROTOCOLO  |                |  |                           |                          |                 |
| <br>UNIVERSIDAD<br>PRIVADA<br>DEL NORTE | <b>ENSAYO:</b> | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR SIFONAJE   |                           |                          |                 |
|  | <b>NORMA:</b>  | ASTM D421  |                           |                          |                 |
|  | <b>TESIS:</b>  | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |                           |                          |                 |
| <b>CALICATA:</b>   | C-5            | <b>ESTRATO:</b>  | E-1                       | <b>TIPO DE MATERIAL:</b> | Suelo Arcilloso |
| <b>UBICACIÓN:</b>  | Santa Barbara  |  | <b>COLOR DE MATERIAL:</b> |                          |                 |
| <b>FECHA DE MUESTREO:</b>  | 16/07/22       | <b>RESPONSABLE:</b>  |                           | Eveling G. Llanos Flores |                 |
| <b>FECHA DE ENSAYO:</b>  | 25/10/22       | <b>REVISADO POR:</b>   |                           | Henry Villanueva Bazán   |                 |


|                                 |    |    |
|---------------------------------|----|----|
| <b>Peso de muestra seca; Ws</b> | 90 | gr |
|---------------------------------|----|----|

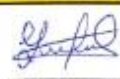


| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR SIFONAJE |            |       |       |       |            |
|--------------------------------------|------------|-------|-------|-------|------------|
| Malla                                | Malla (mm) | P.R.P | % RP  | % RA  | % que pasa |
| Nº10                                 | 2,00       | 17,98 | 19,98 | 19,98 | 80,02      |
| Nº40                                 | 0,42       | 10,10 | 11,22 | 31,20 | 68,80      |
| Nº200                                | 0,074      | 15,80 | 17,56 | 48,76 | 51,24      |
| Limo                                 | 0,002      | 0,80  | 0,88  | 49,64 | 50,36      |
| Arcilla                              | 0,0002     | 45,32 | 50,36 | 100   | 0          |
| Total                                |            | 90    |       |       |            |

### Curva granulométrica



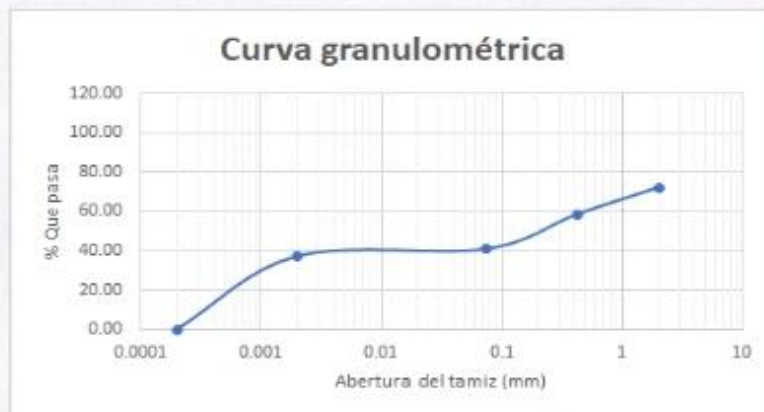
  

| <b>OBSERVACIONES:</b>   |   |   |
|---|---|---|
| NINGUNA   |   |   |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO  | ASESOR  |
|  |  |  |
| NOMBRE: Eveling G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martinez   | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 25/10/22   | FECHA: 25/10/22   | FECHA: 25/10/22   |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |               |                    |                          |                 |
|---|--|---------------|--------------------|--------------------------|-----------------|
| PROTOCOLO   |  |               |                    |                          |                 |
| ENSAYO:   | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR SIFONAJE   |               |                    |                          |                 |
| NORMA:  | ASTM D421  |               |                    |                          |                 |
| TESIS:  | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |               |                    |                          |                 |
| CALICATA:   | C-5  | ESTRATO:      | E-2                | TIPO DE MATERIAL:        | Suelo Arcilloso |
| UBICACIÓN:  | Santa Barbara  |               | COLOR DE MATERIAL: |                          |                 |
| FECHA DE MUESTREO:  | 16/07/22   | RESPONSABLE:  |                    | Eveling G. Llanos Flores |                 |
| FECHA DE ENSAYO:  | 25/10/22   | REVISADO POR: |                    | Henry Villanueva Bazán   |                 |

Peso de muestra seca; Ws 90 gr

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR SIFONAJE |            |       |       |       |            |
|--------------------------------------|------------|-------|-------|-------|------------|
| Malla                                | Malla (mm) | P.R.P | % RP  | % RA  | % que pasa |
| Nº10                                 | 2,00       | 25,09 | 27,88 | 27,88 | 72,12      |
| Nº40                                 | 0,42       | 12,30 | 13,66 | 41,54 | 58,46      |
| Nº200                                | 0,074      | 15,86 | 17,56 | 59,10 | 40,90      |
| Limo                                 | 0,002      | 3,30  | 3,67  | 62,77 | 37,23      |
| Arcilla                              | 0,0002     | 33,51 | 37,23 | 100   | 0          |
| Total                                |            | 90    |       |       |            |

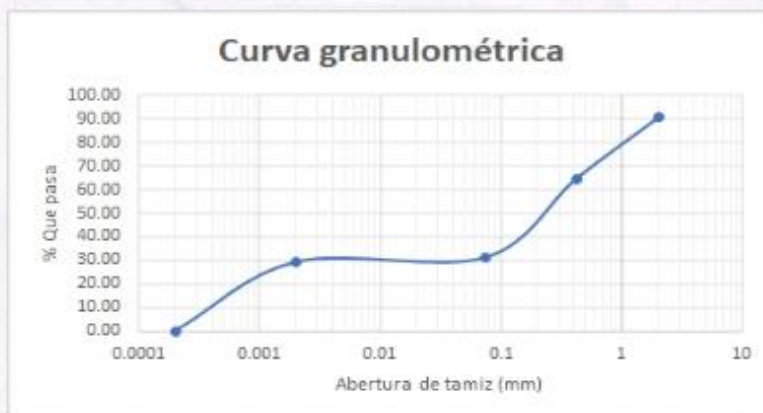


| OBSERVACIONES:<br>NINGUNA   |   |   |
|---|---|---|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO  | ASESOR  |
|  |  |  |
| NOMBRE: Eveling G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Llanos Martinez  | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 25/10/22   | FECHA: 25/10/22   | FECHA: 25/10/22   |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |               |                          |                   |                 |
|---|--|---------------|--------------------------|-------------------|-----------------|
| PROTOCOLO   |  |               |                          |                   |                 |
| ENSAYO:   | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR SIFONAJE   |               |                          |                   |                 |
| NORMA:  | ASTM D421  |               |                          |                   |                 |
| TESIS:  | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |               |                          |                   |                 |
| CALICATA:   | C-5  | ESTRATO:      | E-3                      | TIPO DE MATERIAL: | Suelo Arcilloso |
| UBICACIÓN:  | Santa Barbara  |               | COLOR DE MATERIAL:       |                   |                 |
| FECHA DE MUESTREO:  | 16/07/22   | RESPONSABLE:  | Evelina G. Llanos Flores |                   |                 |
| FECHA DE ENSAYO:  | 25/10/22   | REVISADO POR: | Henry Villanueva Bazán   |                   |                 |

Peso de muestra seca; Ws 90 gr

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR SIFONAJE |            |       |       |       |            |
|--------------------------------------|------------|-------|-------|-------|------------|
| Malla                                | Malla (mm) | P.R.P | % RP  | % RA  | % que pasa |
| Nº10                                 | 2,00       | 8,50  | 9,44  | 9,44  | 90,56      |
| Nº40                                 | 0,42       | 23,30 | 25,89 | 35,33 | 64,67      |
| Nº200                                | 0,074      | 30,10 | 33,45 | 68,78 | 31,22      |
| Limo                                 | 0,002      | 1,70  | 1,89  | 70,67 | 29,33      |
| Arcilla                              | 0,0002     | 26,40 | 29,33 | 100   | 0          |
| Total                                |            | 90    |       |       |            |



| OBSERVACIONES:<br>NINGUNA   |   |   |
|---|---|---|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO  | ASESOR  |
|  |  |  |
| NOMBRE: Evelina G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Huayta Martínez  | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 25/10/22   | FECHA: 25/10/22   | FECHA: 25/10/22   |

ANEXO 03: Protocolos de ensayo de límites de plasticidad.

| LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |                                      |
|---|--------------------------------------|
| GUÍA DE ENSAYO  |                                      |
| <b>ENSAYO:</b>  | LÍMITES DE PLASTICIDAD               |
| <b>NORMA:</b>   | NTP E339.130 – NTP E111 / ASTM D4318 |

**LÍMITES DE PLASTICIDAD**

**A. ENSAYO: LÍMITE LÍQUIDO**

**Material:**

- Suelo seco que pasa la malla N° 40

**Equipo:**


- Malla N° 40

- Copa de Casagrande
- Ranurador o acanalador
- Balanza con aproximación de 0.01 gr

- Estufa con control de temperatura

- Espátula
- Probeta de 100 ml
- Cápsula de porcelana

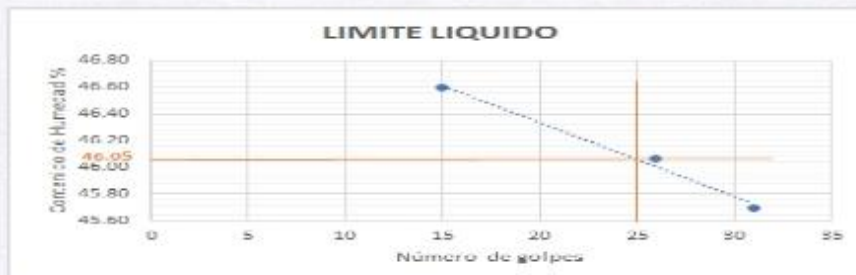
| LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| GUÍA DE ENSAYO   |                                      |
| <b>ENSAYO:</b>   | LÍMITES DE PLASTICIDAD               |
| <b>NORMA:</b>  | NTP E339.130 – NTP E111 / ASTM D4318 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Taras identificadas</li> </ul>  |                                      |
| <b>Procedimiento:</b>  |                                      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>En una cápsula de porcelana mezclar el suelo con agua mediante una espátula hasta obtener una pasta uniforme</li> <li>Colocar una porción de la pasta en la copa de Casagrande, nivelar mediante la espátula hasta obtener un espesor de 1 cm.</li> <li>En el centro hacer una ranura con el acanalador de tal manera que la muestra queda dividida en dos partes</li> <li>Elevar y caer la copa mediante la manivela a razón de 2 caídas por segundo hasta que las dos mitades de suelo se pongan en contacto en la parte inferior de la ranura y a lo largo de 1.27 cm, registrar el número de golpes.</li> <li>Mediante la cápsula retirar la porción de suelo que se ha puesto en contacto en la parte inferior de la ranura y colocarlo en una tara para determinar su contenido de humedad.</li> <li>Retirar el suelo de la copa de Casagrande y colocar en la capsula de porcelana, agregar agua si el número de golpes del ensayo anterior ha sido alto, o agregar suelo si el número de golpes ha sido bajo. (el número de golpes debe estar comprendido entre 6 y 35)</li> <li>Lavar y secar el acanalador</li> <li>Repetir el ensayo mínimo 2 veces</li> </ul> |                                      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Dibujar a curva de fluidez (la recta) en escala semilogarítmica, en el eje de las abscisas se registrará el número de golpes en escala logarítmica, en el eje de ordenadas los contenidos de humedad en escala natural.</li> <li>Determinar la ordenada correspondiente a los 25 golpes en la curva de fluidez, este valor será el límite líquido del suelo.</li> </ul>   |                                      |
| <b>B. LÍMITE PLÁSTICO</b>  |                                      |
| <b>ENSAYO: LÍMITE PLÁSTICO</b>   |                                      |
| <b>Referencias:</b>  |                                      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>ASTM D4318 / NTP E111</li> </ul>  |                                      |
| <b>Material:</b>   |                                      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Una porción de la mezcla preparada para el límite líquido</li> </ul>  |                                      |
| <b>Equipo:</b>   |                                      |

|   |  |                        |
|---|--|------------------------|
| <br>UNIVERSIDAD<br>PRIVADA<br>DEL NORTE  | <b>LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b> |                        |
|   | <b>GUÍA DE ENSAYO</b>  |                        |
|   | <b>ENSAYO:</b>   | LÍMITES DE PLASTICIDAD |
| <b>NORMA:</b>   | NTP E339.130 – NTP E111 / ASTM D4318                                   |                        |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Balanza con aproximación de 0.01 gr.</li> <li>• Estufa</li> <li>• Espátula</li> <li>• Cápsula de porcelana</li> <li>• Placa de vidrio</li> <li>• Taras identificadas</li> </ul> <p><b>Procedimiento</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• A la porción de la mezcla preparada para el límite líquido agregar suelo seco de tal manera que la pasta baje su contenido de humedad.</li> <li>• Enrollar la muestra con la mano sobre una placa de vidrio hasta obtener cilindros de 3 mm de diámetro y que presenten agrietamientos, determinar su contenido de humedad.</li> <li>• Repetir el ensayo una vez más</li> <li>• El límite plástico es el promedio de los 2 valores de contenidos de humedad.</li> </ul> |  |                        |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |                    |                                       |
|---|--|--------------------|---------------------------------------|
| PROTOCOLO   |  |                    |                                       |
| ENSAYO:   | LÍMITES DE PLASTICIDAD   |                    |                                       |
| NORMA:  | ASTM D4318 / NTP E339.130 - NTP E111   |                    |                                       |
| TESIS:  | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |                    |                                       |
| CALICATA:   | C-1  | ESTRATO:           | E-1 TIPO DE MATERIAL: Suelo Arcilloso |
| UBICACIÓN:  | Santa Barbara  | COLOR DE MATERIAL: |                                       |
| FECHA DE MUESTREO:  | 07/10/22   | RESPONSABLE:       | Eveling G. Llanos Flores              |
| FECHA DE ENSAYO:  | 26/10/22   | REVISADO POR:      | Henry Villanueva Bazán                |

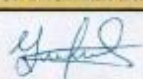
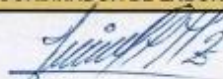

| DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL) |                              |     |       |       |       |
|-----------------------------------|------------------------------|-----|-------|-------|-------|
| ID                                | DESCRIPCIÓN                  | UND | 1     | 2     | 3     |
| A                                 | Identificación de Recipiente | N°  | A-1   | A-2   | A-3   |
| B                                 | Suelo Húmedo + Recipiente    | gr  | 40,56 | 41,46 | 42,57 |
| C                                 | Suelo Seco + Recipiente      | gr  | 36,18 | 36,84 | 37,28 |
| D                                 | Peso de Recipiente           | gr  | 26,38 | 26,81 | 26,66 |
| E                                 | Peso del Agua                | gr  | 4,38  | 4,62  | 4,99  |
| F                                 | Peso Suelo Seco              | gr  | 9,4   | 10,03 | 10,92 |
| G                                 | Número de Golpes             | N   | 15    | 26    | 31    |
| H                                 | Contenido de Humedad         | %   | 46,60 | 46,06 | 45,70 |

| DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP) |                              |     |       |       |
|------------------------------------|------------------------------|-----|-------|-------|
| ID                                 | DESCRIPCIÓN                  | UND | 1     | 2     |
| A                                  | Identificación de Recipiente | N°  | T-1   | T-2   |
| B                                  | Suelo Húmedo + Tara          | gr  | 28,97 | 30,3  |
| C                                  | Suelo Seco + Tara            | gr  | 28,45 | 29,77 |
| D                                  | Peso de Tara                 | gr  | 26,88 | 28,22 |
| E                                  | Peso del Agua                | gr  | 0,52  | 0,53  |
| F                                  | Peso Suelo Seco              | gr  | 1,57  | 1,53  |
| G                                  | Contenido de Humedad         | %   | 33,12 | 34,19 |
| H                                  | Promedio Límite Plástico     |     | 33,66 |       |



OBSERVACIONES:

NINGUNA

| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO  | ASESOR  |
|---|---|---|
|  |  |  |
| NOMBRE: Eveling G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martínez   | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 26/10/22   | FECHA: 26/10/22   | FECHA: 26/10/22   |

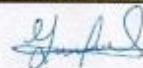



|  |  |                      |                          |
|--|--|----------------------|--------------------------|
| <b>LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b> |  |                      |                          |
| <b>PROTOCOLO</b>   |  |                      |                          |
| <b>ENSAYO:</b>   | LÍMITES DE PLASTICIDAD   |                      |                          |
| <b>NORMA:</b>  | ASTM D4318 / NTP E339.130 – NTP E111   |                      |                          |
| <b>TESIS:</b>  | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |                      |                          |
| <b>CALICATA:</b>   | C-1  | <b>ESTRATO:</b>      | E-2                      |
| <b>TIPO DE MATERIAL:</b>   | Suelo Arcilloso  |                      |                          |
| <b>UBICACIÓN:</b>  | Santa Barbara  |                      |                          |
| <b>FECHA DE MUESTREO:</b>  | 07/10/22   | <b>RESPONSABLE:</b>  | Eveling G. Llanos Flores |
| <b>FECHA DE ENSAYO:</b>  | 26/10/22   | <b>REVISADO POR:</b> | Henry Villanueva Pazán   |

| ID | DESCRIPCIÓN                  | UND | 1     | 2     | 3     |
|----|------------------------------|-----|-------|-------|-------|
| A  | Identificación de Recipiente | N°  | A-1   | A-2   | A-3   |
| B  | Suelo Húmedo + Recipiente    | gr  | 40,48 | 37,86 | 38,94 |
| C  | Suelo Seco + Recipiente      | gr  | 36,51 | 34,51 | 35,31 |
| D  | Peso de Recipiente           | gr  | 28,16 | 27,34 | 27,45 |
| E  | Peso del Agua                | gr  | 3,97  | 3,35  | 3,63  |
| F  | Peso Suelo Seco              | gr  | 8,35  | 7,17  | 7,86  |
| G  | Número de Golpes             | N   | 18    | 27    | 34    |
| H  | Contenido de Humedad         | %   | 47,54 | 46,72 | 46,18 |

| ID | DESCRIPCIÓN                  | UND | 1     | 2     |
|----|------------------------------|-----|-------|-------|
| A  | Identificación de Recipiente | N°  | T-1   | T-2   |
| B  | Suelo Húmedo + Tara          | gr  | 31,05 | 31,66 |
| C  | Suelo Seco + Tara            | gr  | 30,37 | 30,78 |
| D  | Peso de Tara                 | gr  | 28,28 | 28    |
| E  | Peso del Agua                | gr  | 0,68  | 0,88  |
| F  | Peso Suelo Seco              | gr  | 2,09  | 2,78  |
| G  | Contenido de Humedad         | %   | 32,54 | 31,65 |
| H  | Promedio Limite Plástico     |     | 32,10 |       |

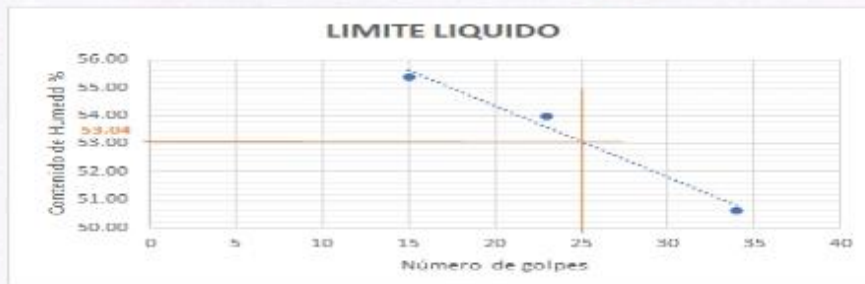


|   |   |   |
|---|---|---|
| <b>OBSERVACIONES:</b>   |   |   |
| NINGUNA   |   |   |
| <b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>   | <b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>   | <b>ASESOR</b>   |
|  |  |  |
| NOMBRE: Eveling G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Llanos Martinez  | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 26/10/22   | FECHA: 26/10/22   | FECHA: 26/10/22   |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |               |                          |                   |                 |
|---|--|---------------|--------------------------|-------------------|-----------------|
| PROTOCOLO   |  |               |                          |                   |                 |
| ENSAYO:   | LÍMITES DE PLASTICIDAD   |               |                          |                   |                 |
| NORMA:  | ASTM D4318 / NTP E339.130 – NTP E111   |               |                          |                   |                 |
| TESIS:  | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |               |                          |                   |                 |
| CALICATA:   | C-1  | ESTRATO:      | E-3                      | TIPO DE MATERIAL: | Suelo Arcilloso |
| UBICACIÓN:  | Santa Barbara  |               | COLOR DE MATERIAL:       |                   |                 |
| FECHA DE MUESTREO:  | 07/10/22   | RESPONSABLE:  | Evelina G. Llanos Flores |                   |                 |
| FECHA DE ENSAYO:  | 26/10/22   | REVISADO POR: | Henry Villanueva Bazán   |                   |                 |

| DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL) |                              |     |       |       |       |
|-----------------------------------|------------------------------|-----|-------|-------|-------|
| ID                                | DESCRIPCIÓN                  | UND | 1     | 2     | 3     |
| A                                 | Identificación de Recipiente | N°  | A-1   | A-2   | A-3   |
| B                                 | Suelo Húmedo + Recipiente    | gr  | 41,3  | 42,5  | 40    |
| C                                 | Suelo Seco + Recipiente      | gr  | 36,62 | 37,14 | 35,54 |
| D                                 | Peso de Recipiente           | gr  | 28,17 | 27,21 | 26,73 |
| E                                 | Peso del Agua                | gr  | 4,68  | 5,36  | 4,46  |
| F                                 | Peso Suelo Seco              | gr  | 8,45  | 9,93  | 8,81  |
| G                                 | Número de Golpes             | N   | 15    | 23    | 34    |
| H                                 | Contenido de Humedad         | %   | 55,38 | 53,98 | 50,62 |

| DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP) |                              |     |       |       |
|------------------------------------|------------------------------|-----|-------|-------|
| ID                                 | DESCRIPCIÓN                  | UND | 1     | 2     |
| A                                  | Identificación de Recipiente | N°  | T-1   | T-2   |
| B                                  | Suelo Húmedo + Tara          | gr  | 30,8  | 30,4  |
| C                                  | Suelo Seco + Tara            | gr  | 29,84 | 29,49 |
| D                                  | Peso de Tara                 | gr  | 23,4  | 23,17 |
| E                                  | Peso del Agua                | gr  | 0,96  | 0,91  |
| F                                  | Peso Suelo Seco              | gr  | 2,44  | 2,32  |
| G                                  | Contenido de Humedad         | %   | 39,34 | 39,22 |
| H                                  | Promedio Límite Plástico     |     | 39,28 |       |



| OBSERVACIONES:  |   |   |
|---|---|---|
| NINGUNA   |   |   |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO  | ASESOR  |
|  |  |  |
| NOMBRE: Evelina G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martínez   | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 26/10/22   | FECHA: 26/10/22   | FECHA: 26/10/22   |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |               |                                       |
|---|--|---------------|---------------------------------------|
| PROTOCOLO   |  |               |                                       |
| ENSAYO:   | LÍMITES DE PLASTICIDAD   |               |                                       |
| NORMA:  | ASTM D4318 / NTP E339.130 - NTP E111   |               |                                       |
| TESIS:  | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |               |                                       |
| CALICATA:   | C-1  | ESTRATO:      | E-4 TIPO DE MATERIAL: Suelo Arcilloso |
| UBICACIÓN:  | Santa Barbara  |               |                                       |
| FECHA DE MUESTREO:  | 07/10/22   | RESPONSABLE:  | Eveling G. Llanos Flores              |
| FECHA DE ENSAYO:  | 26/10/22   | REVISADO POR: | Henry Villanueva Pazán                |

| DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL) |                              |     |       |       |       |
|-----------------------------------|------------------------------|-----|-------|-------|-------|
| ID                                | DESCRIPCIÓN                  | UND | 1     | 2     | 3     |
| A                                 | Identificación de Recipiente | N°  | A-1   | A-2   | A-3   |
| B                                 | Suelo Húmedo + Recipiente    | gr  | 41,99 | 40,75 | 42,05 |
| C                                 | Suelo Seco + Recipiente      | gr  | 37,75 | 36,59 | 38,09 |
| D                                 | Peso de Recipiente           | gr  | 28,25 | 26,85 | 28,22 |
| E                                 | Peso del Agua                | gr  | 4,23  | 4,16  | 3,95  |
| F                                 | Peso Suelo Seco              | gr  | 9,51  | 9,74  | 9,87  |
| G                                 | Número de Golpes             | N   | 19    | 27    | 33    |
| H                                 | Contenido de Humedad         | %   | 44,48 | 42,71 | 40,12 |

| DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP) |                              |     |       |       |
|------------------------------------|------------------------------|-----|-------|-------|
| ID                                 | DESCRIPCIÓN                  | UND | 1     | 2     |
| A                                  | Identificación de Recipiente | N°  | T-1   | T-2   |
| B                                  | Suelo Húmedo + Tara          | gr  | 31,36 | 34,22 |
| C                                  | Suelo Seco + Tara            | gr  | 30,34 | 33,4  |
| D                                  | Peso de Tara                 | gr  | 26,85 | 30,61 |
| E                                  | Peso del Agua                | gr  | 1,02  | 0,82  |
| F                                  | Peso Suelo Seco              | gr  | 3,49  | 2,79  |
| G                                  | Contenido de Humedad         | %   | 29,23 | 29,39 |
| H                                  | Promedio Límite Plástico     |     | 29,31 |       |



| OBSERVACIONES:<br>NINGUNA   |   |   |
|---|---|---|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO  | ASESOR  |
|  |  |  |
| NOMBRE: Eveling G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martínez   | NOMBRE: Henry Villanueva Pazán  |
| FECHA: 26/10/22   | FECHA: 26/10/22   | FECHA: 26/10/22   |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |               |                          |
|---|--|---------------|--------------------------|
| PROTOCOLO   |  |               |                          |
| ENSAYO:   | LÍMITES DE PLASTICIDAD   |               |                          |
| NORMA:  | ASTM D4318 / NTP E339.130 – NTP E111   |               |                          |
| TESIS:  | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |               |                          |
| CALICATA:   | C-2  | ESTRATO:      | E-1                      |
| TIPO DE MATERIAL:   | Suelo Arcilloso  |               |                          |
| UBICACIÓN:  | Santa Barbara  |               |                          |
| FECHA DE MUESTREO:  | 16/10/22   | RESPONSABLE:  | Eveling G. Llanos Flores |
| FECHA DE ENSAYO:  | 27/10/22   | REVISADO POR: | Henry Villanueva Bazán   |

| DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL) |                              |     |       |       |       |
|-----------------------------------|------------------------------|-----|-------|-------|-------|
| ID                                | DESCRIPCIÓN                  | UND | 1     | 2     | 3     |
| A                                 | Identificación de Recipiente | N°  | A-1   | A-2   | A-3   |
| B                                 | Suelo Húmedo + Recipiente    | gr  | 40,1  | 39,88 | 36,77 |
| C                                 | Suelo Seco + Recipiente      | gr  | 36,02 | 33,49 | 33,94 |
| D                                 | Peso de Recipiente           | gr  | 28,03 | 28,43 | 28,31 |
| E                                 | Peso del Agua                | gr  | 4,08  | 2,39  | 2,83  |
| F                                 | Peso Suelo Seco              | gr  | 7,99  | 5,06  | 5,63  |
| G                                 | Número de Golpes             | N   | 14    | 35    | 26    |
| H                                 | Contenido de Humedad         | %   | 51,06 | 47,23 | 50,27 |

| DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP) |                              |     |       |       |
|------------------------------------|------------------------------|-----|-------|-------|
| ID                                 | DESCRIPCIÓN                  | UND | 1     | 2     |
| A                                  | Identificación de Recipiente | N°  | T-1   | T-2   |
| B                                  | Suelo Húmedo + Tara          | gr  | 34,37 | 37,71 |
| C                                  | Suelo Seco + Tara            | gr  | 33,02 | 35,3  |
| D                                  | Peso de Tara                 | gr  | 27,45 | 28,4  |
| E                                  | Peso del Agua                | gr  | 1,55  | 2,01  |
| F                                  | Peso Suelo Seco              | gr  | 5,57  | 7,3   |
| G                                  | Contenido de Humedad         | %   | 27,83 | 27,53 |
| H                                  | Promedio Limite Plástico     |     | 27,68 |       |



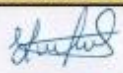
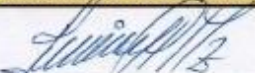

| OBSERVACIONES:  |   |   |
|---|---|---|
| NINGUNA   |   |   |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO  | ASESOR  |
|  |  |  |
| NOMBRE: Eveling G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martinez   | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 27/10/22   | FECHA: 27/10/22   | FECHA: 27/10/22   |

|  |  |                      |                          |
|--|--|----------------------|--------------------------|
| <b>LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b> |  |                      |                          |
| <b>PROTOCOLO</b>   |  |                      |                          |
| <b>ENSAYO:</b>   | LÍMITES DE PLASTICIDAD   |                      |                          |
| <b>NORMA:</b>  | ASTM D4318 / NTP E339.130 - NTP E111   |                      |                          |
| <b>TESIS:</b>  | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |                      |                          |
| <b>CALICATA:</b>   | C-2  | <b>ESTRATO:</b>      | E-2                      |
| <b>TIPO DE MATERIAL:</b>   | Suelo Arcilloso  |                      |                          |
| <b>UBICACIÓN:</b>  | Santa Barbara  |                      |                          |
| <b>COLOR DE MATERIAL:</b>  |  |                      |                          |
| <b>FECHA DE MUESTREO:</b>  | 16/10/22   | <b>RESPONSABLE:</b>  | Evelina G. Llanos Flores |
| <b>FECHA DE ENSAYO:</b>  | 27/10/22   | <b>REVISADO POR:</b> | Henry Villanueva Pazán   |

| DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL) |                              |     |       |       |       |
|-----------------------------------|------------------------------|-----|-------|-------|-------|
| ID                                | DESCRIPCIÓN                  | UND | 1     | 2     | 3     |
| A                                 | Identificación de Recipiente | N°  | A-1   | A-2   | A-3   |
| B                                 | Suelo Húmedo + Recipiente    | gr  | 38,77 | 35,81 | 35    |
| C                                 | Suelo Seco + Recipiente      | gr  | 33,62 | 32,77 | 32,35 |
| D                                 | Peso de Recipiente           | gr  | 28,08 | 26,39 | 27,41 |
| E                                 | Peso del Agua                | gr  | 3,15  | 3,04  | 2,65  |
| F                                 | Peso Suelo Seco              | gr  | 7,54  | 6,38  | 4,94  |
| G                                 | Número de Golpes             | N   | 31    | 26    | 13    |
| H                                 | Contenido de Humedad         | %   | 41,78 | 47,65 | 33,64 |

| DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP) |                              |     |       |       |
|------------------------------------|------------------------------|-----|-------|-------|
| ID                                 | DESCRIPCIÓN                  | UND | 1     | 2     |
| A                                  | Identificación de Recipiente | N°  | T-1   | T-2   |
| B                                  | Suelo Húmedo + Tara          | gr  | 34,43 | 34,69 |
| C                                  | Suelo Seco + Tara            | gr  | 33,16 | 33,32 |
| D                                  | Peso de Tara                 | gr  | 28,31 | 28,02 |
| E                                  | Peso del Agua                | gr  | 1,27  | 1,37  |
| F                                  | Peso Suelo Seco              | gr  | 4,85  | 5,3   |
| G                                  | Contenido de Humedad         | %   | 26,19 | 25,85 |
| H                                  | Promedio Limite Plástico     |     | 26,02 |       |



|   |   |   |
|---|---|---|
| <b>OBSERVACIONES:</b>   |   |   |
| NINGUNA   |   |   |
| <b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>   | <b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>   | <b>ASESOR</b>   |
|  |  |  |
| NOMBRE: Evelina G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martínez   | NOMBRE: Henry Villanueva Pazán  |
| FECHA: 27/10/22   | FECHA: 27/10/22   | FECHA: 27/10/22   |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |                    |                          |
|---|--|--------------------|--------------------------|
| PROTOCOLO   |  |                    |                          |
| ENSAYO:   | LÍMITES DE PLASTICIDAD   |                    |                          |
| NORMA:  | ASTM D4318 / NTP E339.130 - NTP E111   |                    |                          |
| TESIS:  | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |                    |                          |
| CALICATA:   | C-2  | ESTRATO:           | E-3                      |
| UBICACIÓN:  | Santa Barbara  | TIPO DE MATERIAL:  | Suelo Arcilloso          |
| FECHA DE MUESTREO:  | 16/10/22   | COLOR DE MATERIAL: |                          |
| FECHA DE ENSAYO:  | 27/10/22   | RESPONSABLE:       | Eveling G. Llanos Flores |
|   |  | REVISADO POR:      | Henry Villanueva Bazán   |

| ID | DESCRIPCIÓN                  | UND | 1     | 2     | 3     |
|----|------------------------------|-----|-------|-------|-------|
| A  | Identificación de Recipiente | N°  | A-1   | A-2   | A-3   |
| B  | Suelo Húmedo + Recipiente    | gr  | 37,74 | 39,6  | 38,64 |
| C  | Suelo Seco + Recipiente      | gr  | 35,18 | 33,95 | 35,31 |
| D  | Peso de Recipiente           | gr  | 28,2  | 27,13 | 26,78 |
| E  | Peso del Agua                | gr  | 2,56  | 3,65  | 3,33  |
| F  | Peso Suelo Seco              | gr  | 6,98  | 8,82  | 8,53  |
| G  | Número de Golpes             | N   | 35    | 11    | 27    |
| H  | Contenido de Humedad         | %   | 36,68 | 41,38 | 39,04 |

| ID | DESCRIPCIÓN                  | UND | 1     | 2     |
|----|------------------------------|-----|-------|-------|
| A  | Identificación de Recipiente | N°  | T-1   | T-2   |
| B  | Suelo Húmedo + Tara          | gr  | 34,49 | 34,85 |
| C  | Suelo Seco + Tara            | gr  | 33,15 | 32,95 |
| D  | Peso de Tara                 | gr  | 27,43 | 27,18 |
| E  | Peso del Agua                | gr  | 1,34  | 1,4   |
| F  | Peso Suelo Seco              | gr  | 5,72  | 5,77  |
| G  | Contenido de Humedad         | %   | 23,43 | 24,26 |
| H  | Promedio Limite Plástico     |     | 23,85 |       |



|   |   |   |
|---|---|---|
| OBSERVACIONES:  |   |   |
| NINGUNA   |   |   |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO  | ASESOR  |
|  |  |  |
| NOMBRE: Eveling G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martinez   | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 27/10/22   | FECHA: 27/10/22   | FECHA: 27/10/22   |

|  |  |                           |                          |
|--|--|---------------------------|--------------------------|
| <b>LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b> |  |                           |                          |
| <b>PROTOCOLO</b>   |  |                           |                          |
| <b>ENSAYO:</b>   | LÍMITES DE PLASTICIDAD   |                           |                          |
| <b>NORMA:</b>  | ASTM D4318 / NTP E339.130 - NTP E111   |                           |                          |
| <b>TESIS:</b>  | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |                           |                          |
| <b>CALICATA:</b>   | C-3  | <b>ESTRATO:</b>           | E-1                      |
| <b>UBICACIÓN:</b>  | Santa Barbara  | <b>TIPO DE MATERIAL:</b>  | Suelo Arcilloso          |
| <b>FECHA DE MUESTREO:</b>  | 16/10/22   | <b>COLOR DE MATERIAL:</b> |                          |
| <b>FECHA DE ENSAYO:</b>  | 27/10/22   | <b>RESPONSABLE:</b>       | Evelina G. Llanos Flores |
|  |  | <b>REVISADO POR:</b>      | Henry Villanueva Bazán   |

| ID | DESCRIPCIÓN                  | UND | 1     | 2     | 3     |
|----|------------------------------|-----|-------|-------|-------|
| A  | Identificación de Recipiente | N°  | A-1   | A-2   | A-3   |
| B  | Suelo Húmedo + Recipiente    | gr  | 40,41 | 35,57 | 36,87 |
| C  | Suelo Seco + Recipiente      | gr  | 36,34 | 32,93 | 33,78 |
| D  | Peso de Recipiente           | gr  | 29,29 | 27,82 | 27,34 |
| E  | Peso del Agua                | gr  | 3,87  | 2,64  | 3,09  |
| F  | Peso Suelo Seco              | gr  | 7,25  | 3,11  | 6,24  |
| G  | Número de Golpes             | N   | 15    | 24    | 33    |
| H  | Contenido de Humedad         | %   | 53,38 | 51,66 | 49,52 |

| ID | DESCRIPCIÓN                  | UND | 1     | 2     |
|----|------------------------------|-----|-------|-------|
| A  | Identificación de Recipiente | N°  | T-1   | T-2   |
| B  | Suelo Húmedo + Tara          | gr  | 30,19 | 29    |
| C  | Suelo Seco + Tara            | gr  | 29,4  | 28,43 |
| D  | Peso de Tara                 | gr  | 26,95 | 26,7  |
| E  | Peso del Agua                | gr  | 0,79  | 0,57  |
| F  | Peso Suelo Seco              | gr  | 2,45  | 1,73  |
| G  | Contenido de Humedad         | %   | 32,24 | 32,45 |
| H  | Promedio Limite Plástico     |     | 32,60 |       |



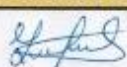

|   |   |   |
|---|---|---|
| <b>OBSERVACIONES:</b>   |   |   |
| NINGUNA   |   |   |
| <b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>   | <b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>   | <b>ASESOR</b>   |
|  |  |  |
| NOMBRE: Evelina G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martínez   | NOMBRE: Henry Villanueva Bazán  |
| FECHA: 27/10/22   | FECHA: 27/10/22   | FECHA: 27/10/22   |

|  |  |                           |                          |
|--|--|---------------------------|--------------------------|
| <b>LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b> |  |                           |                          |
| <b>PROTOCOLO</b>   |  |                           |                          |
| <b>ENSAYO:</b>   | LÍMITES DE PLASTICIDAD   |                           |                          |
| <b>NORMA:</b>  | ASTM D4318 / NTP E339.130 – NTP E111   |                           |                          |
| <b>TESIS:</b>  | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |                           |                          |
| <b>CALICATA:</b>   | C-3  | <b>ESTRATO:</b>           | E-2                      |
| <b>TIPO DE MATERIAL:</b>   | Suelo Arcilloso  |                           |                          |
| <b>UBICACIÓN:</b>  | Santa Barbara  | <b>COLOR DE MATERIAL:</b> |                          |
| <b>FECHA DE MUESTREO:</b>  | 16/10/22   | <b>RESPONSABLE:</b>       | Eveling G. Llanos Flores |
| <b>FECHA DE ENSAYO:</b>  | 27/10/22   | <b>REVISADO POR:</b>      | Henry Villanueva Bazan   |

| ID | DESCRIPCIÓN                  | UND | 1     | 2     | 3     |
|----|------------------------------|-----|-------|-------|-------|
| A  | Identificación de Recipiente | N°  | A-1   | A-2   | A-3   |
| B  | Suelo Húmedo + Recipiente    | gr  | 36,24 | 38,95 | 34,51 |
| C  | Suelo Seco + Recipiente      | gr  | 33,23 | 33,83 | 31,73 |
| D  | Peso de Recipiente           | gr  | 28,25 | 30,63 | 26,87 |
| E  | Peso del Agua                | gr  | 3,01  | 3,08  | 2,78  |
| F  | Peso Suelo Seco              | gr  | 4,98  | 5,22  | 4,86  |
| G  | Número de Golpes             | N   | 17    | 26    | 32    |
| H  | Contenido de Humedad         | %   | 60,44 | 59    | 57,20 |

| ID | DESCRIPCIÓN                  | UND | 1     | 2     |
|----|------------------------------|-----|-------|-------|
| A  | Identificación de Recipiente | N°  | T-1   | T-2   |
| B  | Suelo Húmedo + Tara          | gr  | 30,87 | 30,47 |
| C  | Suelo Seco + Tara            | gr  | 30,08 | 29,76 |
| D  | Peso de Tara                 | gr  | 28,26 | 28,12 |
| E  | Peso del Agua                | gr  | 0,79  | 0,71  |
| F  | Peso Suelo Seco              | gr  | 1,82  | 1,64  |
| G  | Contenido de Humedad         | %   | 43,41 | 43,29 |
| H  | Promedio Limite Plástico     |     | 43,35 |       |



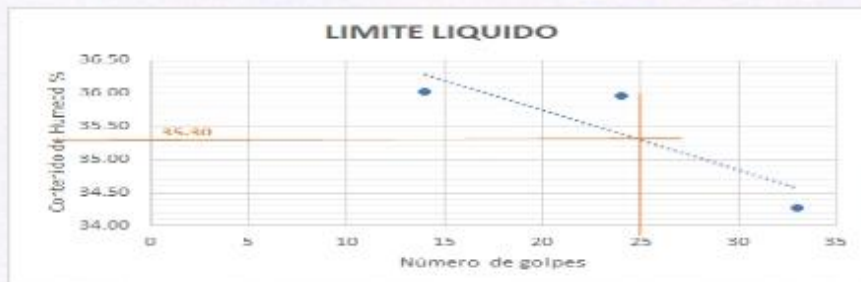
|   |   |   |
|---|---|---|
| <b>OBSERVACIONES:</b>   |   |   |
| NINGUNA   |   |   |
| <b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>   | <b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>   | <b>ASESOR</b>   |
|  |  |  |
| <b>NOMBRE:</b> Eveling G. Llanos Flores   | <b>NOMBRE:</b> Jorge L. Hoyos Martinez  | <b>NOMBRE:</b> Henry Villanueva   |
| <b>FECHA:</b> 27/10/22  | <b>FECHA:</b> 27/10/22  | <b>FECHA:</b> 27/10/22  |



| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |               |                                       |
|---|--|---------------|---------------------------------------|
| PROTOCOLO   |  |               |                                       |
| ENSAYO:   | LÍMITES DE PLASTICIDAD   |               |                                       |
| NORMA:  | ASTM D4318 / NTP E339.130 - NTP E111   |               |                                       |
| TESIS:  | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BÁRBARA, CAJAMARCA, 2022 |               |                                       |
| CALICATA:   | C-3  | ESTRATO:      | E-3 TIPO DE MATERIAL: Suelo Arcilloso |
| UBICACIÓN:  | Santa Barbara  |               | COLOR DE MATERIAL:                    |
| FECHA DE MUESTREO:  | 16/10/22   | RESPONSABLE:  | Evelina G. Llanos Flores              |
| FECHA DE ENSAYO:  | 27/10/22   | REVISADO POR: | Henry Villanueva Bazán                |

| DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL) |                              |     |       |       |       |
|-----------------------------------|------------------------------|-----|-------|-------|-------|
| ID                                | DESCRIPCIÓN                  | UND | 1     | 2     | 3     |
| A                                 | Identificación de Recipiente | N°  | A-1   | A-2   | A-3   |
| B                                 | Suelo Húmedo + Recipiente    | gr  | 39,09 | 36,11 | 36,73 |
| C                                 | Suelo Seco + Recipiente      | gr  | 36,03 | 33,83 | 34,67 |
| D                                 | Peso de Recipiente           | gr  | 27,61 | 27,49 | 28,66 |
| E                                 | Peso del Agua                | gr  | 3,04  | 2,28  | 2,06  |
| F                                 | Peso Suelo Seco              | gr  | 8,44  | 6,34  | 6,01  |
| G                                 | Número de Golpes             | N   | 14    | 24    | 33    |
| H                                 | Contenido de Humedad         | %   | 36,02 | 35,96 | 34,28 |

| DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP) |                              |     |       |       |
|------------------------------------|------------------------------|-----|-------|-------|
| ID                                 | DESCRIPCIÓN                  | UND | 1     | 2     |
| A                                  | Identificación de Recipiente | N°  | T-1   | T-2   |
| B                                  | Suelo Húmedo + Tara          | gr  | 32,54 | 32,06 |
| C                                  | Suelo Seco + Tara            | gr  | 31,38 | 31,42 |
| D                                  | Peso de Tara                 | gr  | 28,24 | 28,48 |
| E                                  | Peso del Agua                | gr  | 0,76  | 0,64  |
| F                                  | Peso Suelo Seco              | gr  | 3,54  | 2,94  |
| G                                  | Contenido de Humedad         | %   | 21,47 | 21,77 |
| H                                  | Promedio Limite Plástico     |     | 21,62 |       |



| OBSERVACIONES:<br>NINGUNA   |   |   |
|---|---|---|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO  | ASESOR  |
|  |  |  |
| NOMBRE: Evelina G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martínez   | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 27/10/22   | FECHA: 27/10/22   | FECHA: 27/10/22   |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |                      |                           |                          |                 |
|---|--|----------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------|
| PROTOCOLO   |  |                      |                           |                          |                 |
| <b>ENSAYO:</b>  | LÍMITES DE PLASTICIDAD   |                      |                           |                          |                 |
| <b>NORMA:</b>   | ASTM D4318 / NTP E339.130 - NTP E111   |                      |                           |                          |                 |
| <b>TESIS:</b>   | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |                      |                           |                          |                 |
| <b>CALICATA:</b>  | C-3  | <b>ESTRATO:</b>      | E-4                       | <b>TIPO DE MATERIAL:</b> | Suelo Arcilloso |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Santa Barbara  |                      | <b>COLOR DE MATERIAL:</b> |                          |                 |
| <b>FECHA DE MUESTREO:</b>                                       | 16/10/22   | <b>RESPONSABLE:</b>  | Evelina G. Llanos Flores  |                          |                 |
| <b>FECHA DE ENSAYO:</b>   | 27/10/22   | <b>REVISADO POR:</b> | Henry Villanueva Bazán    |                          |                 |


| DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL) |                              |     |       |       |       |
|-----------------------------------|------------------------------|-----|-------|-------|-------|
| ID                                | DESCRIPCIÓN                  | UND | 1     | 2     | 3     |
| A                                 | Identificación de Recipiente | N°  | A-1   | A-2   | A-3   |
| B                                 | Suelo Húmedo + Recipiente    | gr  | 37,58 | 37,74 | 36,53 |
| C                                 | Suelo Seco + Recipiente      | gr  | 34,6  | 34,53 | 33,71 |
| D                                 | Peso de Recipiente           | gr  | 27,48 | 27,59 | 27,28 |
| E                                 | Peso del Agua                | gr  | 2,98  | 3,21  | 2,82  |
| F                                 | Peso Suelo Seco              | gr  | 7,12  | 6,94  | 6,43  |
| G                                 | Número de Golpes             | N   | 34    | 12    | 26    |
| H                                 | Contenido de Humedad         | %   | 41,85 | 46,25 | 43,86 |

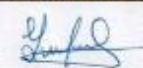


| DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP) |                              |     |       |       |
|------------------------------------|------------------------------|-----|-------|-------|
| ID                                 | DESCRIPCIÓN                  | UND | 1     | 2     |
| A                                  | Identificación de Recipiente | N°  | T-1   | T-2   |
| B                                  | Suelo Húmedo + Tara          | gr  | 32,65 | 32,87 |
| C                                  | Suelo Seco + Tara            | gr  | 31,92 | 32,09 |
| D                                  | Peso de Tara                 | gr  | 28,44 | 28,41 |
| E                                  | Peso del Agua                | gr  | 0,73  | 0,78  |
| F                                  | Peso Suelo Seco              | gr  | 3,48  | 3,68  |
| G                                  | Contenido de Humedad         | %   | 20,98 | 21,20 |
| H                                  | Promedio Limite Plástico     |     | 21,09 |       |

**LÍMITE LÍQUIDO**



| <b>OBSERVACIONES:</b><br>NINGUNA  |   |   |
|---|---|---|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO  | ASESOR  |
|  |  |  |
| NOMBRE: Evelina G. Llanos Flores  | NOMBRE: Josep L. Mondos Morfagos  | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 23/10/22   | FECHA: 27/10/22   | FECHA: 27/10/22   |


| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |               |                          |                   |                 |
|---|--|---------------|--------------------------|-------------------|-----------------|
| PROTOCOLO   |  |               |                          |                   |                 |
| ENSAYO:   | LÍMITES DE PLASTICIDAD   |               |                          |                   |                 |
| NORMA:  | ASTM D4318 / NTP E339.130 - NTP E111   |               |                          |                   |                 |
| TESIS:  | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |               |                          |                   |                 |
| CALICATA:   | C-4  | ESTRATO:      | E-1                      | TIPO DE MATERIAL: | Suelo Arcilloso |
| UBICACIÓN:  | Santa Barbara  |               |                          |                   |                 |
| FECHA DE MUESTREO:  | 16/10/22   | RESPONSABLE:  | Eveling G. Llanos Flores |                   |                 |
| FECHA DE ENSAYO:  | 28/10/22   | REVISADO POR: | Henry Villanueva Bazán   |                   |                 |

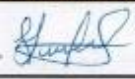


  

| DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL) |                              |     |       |       |       |
|-----------------------------------|------------------------------|-----|-------|-------|-------|
| ID                                | DESCRIPCIÓN                  | UND | 1     | 2     | 3     |
| A                                 | Identificación de Recipiente | N°  | A-1   | A-2   | A-3   |
| B                                 | Suelo Húmedo + Recipiente    | gr  | 40,19 | 39,7  | 37,23 |
| C                                 | Suelo Seco + Recipiente      | gr  | 37,33 | 35,91 | 34,81 |
| D                                 | Peso de Recipiente           | gr  | 29,29 | 27,82 | 27,54 |
| E                                 | Peso del Agua                | gr  | 2,86  | 2,79  | 2,42  |
| F                                 | Peso Suelo Seco              | gr  | 8,04  | 8,09  | 7,27  |
| G                                 | Número de Golpes             | N   | 14    | 27    | 36    |
| H                                 | Contenido de Humedad         | %   | 35,57 | 34,49 | 33,29 |

| DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP) |                              |     |       |       |
|------------------------------------|------------------------------|-----|-------|-------|
| ID                                 | DESCRIPCIÓN                  | UND | 1     | 2     |
| A                                  | Identificación de Recipiente | N°  | T-1   | T-2   |
| B                                  | Suelo Húmedo + Tara          | gr  | 31,72 | 31,73 |
| C                                  | Suelo Seco + Tara            | gr  | 30,84 | 30,81 |
| D                                  | Peso de Tara                 | gr  | 26,95 | 26,7  |
| E                                  | Peso del Agua                | gr  | 0,88  | 0,92  |
| F                                  | Peso Suelo Seco              | gr  | 3,89  | 4,11  |
| G                                  | Contenido de Humedad         | %   | 22,62 | 22,38 |
| H                                  | Promedio Limite Plástico     |     | 22,50 |       |

| <b>OBSERVACIONES:</b>   |   |   |
|---|---|---|
| NINGUNA   |   |   |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO  | ASESOR  |
|  |  |  |
| NOMBRE: Eveling G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martinez   | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 28/10/22   | FECHA: 28/10/22   | FECHA: 28/10/22   |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |                    |                          |
|---|--|--------------------|--------------------------|
| PROTOCOLO   |  |                    |                          |
| ENSAYO:   | LÍMITES DE PLASTICIDAD   |                    |                          |
| NORMA:  | ASTM D4318 / NTP E339.130 – NTP E111   |                    |                          |
| TESIS:  | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |                    |                          |
| CALICATA:   | C-4  | ESTRATO:           | E-2                      |
| UBICACIÓN:  | Santa Bárbara  | TIPO DE MATERIAL:  | Suelo Arcilloso          |
| FECHA DE MUESTREO:  | 16/10/22   | COLOR DE MATERIAL: |                          |
| FECHA DE ENSAYO:  | 28/10/22   | RESPONSABLE:       | Eveling G. Llanos Flores |
|   |  | REVISADO POR:      | Henry Villanueva Bazán   |

| DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL) |                              |     |       |       |       |
|-----------------------------------|------------------------------|-----|-------|-------|-------|
| ID                                | DESCRIPCIÓN                  | UND | 1     | 2     | 3     |
| A                                 | Identificación de Recipiente | N°  | A-1   | A-2   | A-3   |
| B                                 | Suelo Húmedo + Recipiente    | gr  | 38,33 | 42,39 | 39,91 |
| C                                 | Suelo Seco + Recipiente      | gr  | 33,3  | 39    | 36,31 |
| D                                 | Peso de Recipiente           | gr  | 28,25 | 30,65 | 26,87 |
| E                                 | Peso del Agua                | gr  | 3,03  | 3,39  | 3,6   |
| F                                 | Peso Suelo Seco              | gr  | 7,05  | 8,35  | 9,44  |
| G                                 | Número de Golpes             | N   | 11    | 20    | 35    |
| H                                 | Contenido de Humedad         | %   | 42,98 | 40,60 | 38,14 |

| DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP) |                              |     |       |       |
|------------------------------------|------------------------------|-----|-------|-------|
| ID                                 | DESCRIPCIÓN                  | UND | 1     | 2     |
| A                                  | Identificación de Recipiente | N°  | T-1   | T-2   |
| B                                  | Suelo Húmedo + Tara          | gr  | 32,46 | 30,73 |
| C                                  | Suelo Seco + Tara            | gr  | 31,5  | 30,14 |
| D                                  | Peso de Tara                 | gr  | 28,26 | 28,12 |
| E                                  | Peso del Agua                | gr  | 0,96  | 0,59  |
| F                                  | Peso Suelo Seco              | gr  | 3,24  | 2,02  |
| G                                  | Contenido de Humedad         | %   | 29,63 | 29,21 |
| H                                  | Promedio Límite Plástico     |     | 29,42 |       |



| OBSERVACIONES:  |   |   |
|---|---|---|
| NINGUNA   |   |   |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO  | ASESOR  |
|  |  |  |
| NOMBRE: Eveling G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Marín  | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 28/10/22   | FECHA: 28/10/22   | FECHA: 28/10/22   |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |                    |                          |
|---|--|--------------------|--------------------------|
| PROTOCOLO   |  |                    |                          |
| ENSAYO:   | LÍMITES DE PLASTICIDAD   |                    |                          |
| NORMA:  | ASTM D4318 / NTP E339.130 - NTP E111   |                    |                          |
| TESIS:  | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |                    |                          |
| CALICATA:   | C-4  | ESTRATO:           | E-3                      |
| UBICACIÓN:  | Santa Barbara  | TIPO DE MATERIAL:  | Suelo Arcilloso          |
| FECHA DE MUESTREO:  | 16/10/22   | COLOR DE MATERIAL: |                          |
| FECHA DE ENSAYO:  | 28/10/22   | RESPONSABLE:       | Eveling G. Llanos Flores |
|   |  | REVISADO POR:      | Henry Villanueva Bazán   |

| DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL) |                              |     |       |       |       |
|-----------------------------------|------------------------------|-----|-------|-------|-------|
| ID                                | DESCRIPCIÓN                  | UND | 1     | 2     | 3     |
| A                                 | Identificación de Recipiente | N°  | A-1   | A-2   | A-3   |
| B                                 | Suelo Húmedo + Recipiente    | gr  | 41,5  | 40,08 | 40,36 |
| C                                 | Suelo Seco + Recipiente      | gr  | 36,73 | 35,83 | 36,31 |
| D                                 | Peso de Recipiente           | gr  | 27,61 | 27,49 | 28,46 |
| E                                 | Peso del Agua                | gr  | 4,77  | 4,25  | 4,05  |
| F                                 | Peso Suelo Seco              | gr  | 9,12  | 8,34  | 7,85  |
| G                                 | Número de Golpes             | N   | 15    | 36    | 27    |
| H                                 | Contenido de Humedad         | %   | 52,30 | 50,96 | 51,59 |

| DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP) |                              |     |       |       |
|------------------------------------|------------------------------|-----|-------|-------|
| ID                                 | DESCRIPCIÓN                  | UND | 1     | 2     |
| A                                  | Identificación de Recipiente | N°  | T-1   | T-2   |
| B                                  | Suelo Húmedo + Tara          | gr  | 31,12 | 30,88 |
| C                                  | Suelo Seco + Tara            | gr  | 30,42 | 30,3  |
| D                                  | Peso de Tara                 | gr  | 28,24 | 28,48 |
| E                                  | Peso del Agua                | gr  | 0,7   | 0,58  |
| F                                  | Peso Suelo Seco              | gr  | 2,18  | 1,82  |
| G                                  | Contenido de Humedad         | %   | 32,11 | 31,87 |
| H                                  | Promedio Límite Plástico     |     | 31,99 |       |

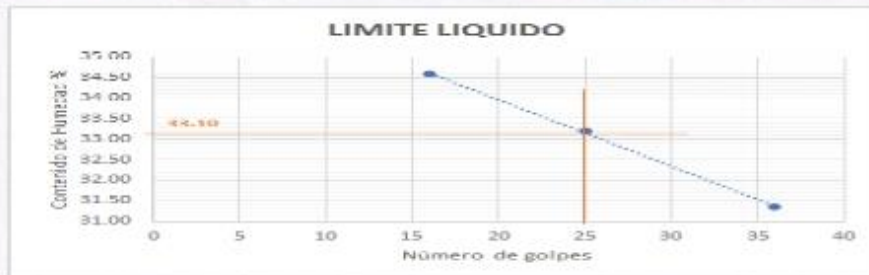


| OBSERVACIONES:<br>NINGUNA   |   |   |
|---|---|---|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO  | ASESOR  |
|  |  |  |
| NOMBRE: Eveling G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martinez   | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 28/10/22   | FECHA: 28/10/22   | FECHA: 28/10/22   |

|  |  |                           |                          |
|--|--|---------------------------|--------------------------|
| <b>LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b> |  |                           |                          |
| <b>PROTOCOLO</b>   |  |                           |                          |
| <b>ENSAYO:</b>   | LÍMITES DE PLASTICIDAD   |                           |                          |
| <b>NORMA:</b>  | ASTM D4318 / NTP E339.130 - NTP E111   |                           |                          |
| <b>TESIS:</b>  | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |                           |                          |
| <b>CALICATA:</b>   | C-4  | <b>ESTRATO:</b>           | E-4                      |
| <b>UBICACIÓN:</b>  | Santa Barbara  | <b>TIPO DE MATERIAL:</b>  | Suelo Arcilloso          |
| <b>FECHA DE MUESTREO:</b>  | 16/10/22   | <b>COLOR DE MATERIAL:</b> |                          |
| <b>FECHA DE ENSAYO:</b>  | 28/10/22   | <b>RESPONSABLE:</b>       | Evelina G. Llanos Flores |
|  |  | <b>REVISADO POR:</b>      | Henry Villanueva Pizaro  |

| ID | DESCRIPCIÓN                  | UND | 1     | 2     | 3     |
|----|------------------------------|-----|-------|-------|-------|
| A  | Identificación de Recipiente | N°  | A-1   | A-2   | A-3   |
| B  | Suelo Húmedo + Recipiente    | gr  | 37,17 | 40,37 | 39,32 |
| C  | Suelo Seco + Recipiente      | gr  | 34,68 | 37,32 | 36,47 |
| D  | Peso de Recipiente           | gr  | 27,48 | 27,59 | 27,28 |
| E  | Peso del Agua                | gr  | 2,49  | 3,03  | 3,03  |
| F  | Peso Suelo Seco              | gr  | 7,2   | 9,73  | 9,19  |
| G  | Número de Golpes             | N   | 16    | 36    | 25    |
| H  | Contenido de Humedad         | %   | 34,58 | 31,35 | 33,14 |

| ID | DESCRIPCIÓN                  | UND | 1     | 2     |
|----|------------------------------|-----|-------|-------|
| A  | Identificación de Recipiente | N°  | T-1   | T-2   |
| B  | Suelo Húmedo + Tara          | gr  | 32,82 | 31,88 |
| C  | Suelo Seco + Tara            | gr  | 32,04 | 31,27 |
| D  | Peso de Tara                 | gr  | 28,44 | 28,41 |
| E  | Peso del Agua                | gr  | 0,78  | 0,61  |
| F  | Peso Suelo Seco              | gr  | 3,6   | 2,86  |
| G  | Contenido de Humedad         | %   | 21,67 | 21,33 |
| H  | Promedio Límite Plástico     |     | 21,50 |       |




|   |   |   |
|---|---|---|
| <b>OBSERVACIONES:</b>   |   |   |
| NINGUNA   |   |   |
| <b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>   | <b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>   | <b>ASESOR</b>   |
|  |  |  |
| NOMBRE: Evelina G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martinez   | NOMBRE: Henry Villanueva Pizaro   |
| FECHA: 28/10/22   | FECHA: 28/10/22   | FECHA: 28/10/22   |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |               |                                       |
|---|--|---------------|---------------------------------------|
| PROTOCOLO   |  |               |                                       |
| ENSAYO:   | LÍMITES DE PLASTICIDAD   |               |                                       |
| NORMA:  | ASTM D4318 / NTP E339.130 - NTP E111   |               |                                       |
| TESIS:  | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |               |                                       |
| CALICATA:   | C-5  | ESTRATO:      | E-1 TIPO DE MATERIAL: Suelo Arcilloso |
| UBICACIÓN:  | Santa Barbara  |               | COLOR DE MATERIAL:                    |
| FECHA DE MUESTREO:  | 16/10/22   | RESPONSABLE:  | Eveling G. Llanos Flores              |
| FECHA DE ENSAYO:  | 28/10/22   | REVISADO POR: | Henry Villanueva Bazán                |

| DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL) |                              |     |       |       |       |
|-----------------------------------|------------------------------|-----|-------|-------|-------|
| ID                                | DESCRIPCIÓN                  | UND | 1     | 2     | 3     |
| A                                 | Identificación de Recipiente | N°  | A-1   | A-2   | A-3   |
| B                                 | Suelo Húmedo + Recipiente    | gr  | 40,75 | 35,94 | 36,1  |
| C                                 | Suelo Seco + Recipiente      | gr  | 35,98 | 32,87 | 33,03 |
| D                                 | Peso de Recipiente           | gr  | 26,85 | 26,87 | 26,73 |
| E                                 | Peso del Agua                | gr  | 4,77  | 3,07  | 3,07  |
| F                                 | Peso Suelo Seco              | gr  | 9,13  | 6     | 6,3   |
| G                                 | Número de Golpes             | N   | 12    | 22    | 35    |
| H                                 | Contenido de Humedad         | %   | 52,25 | 51,17 | 48,73 |

| DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP) |                              |     |       |       |
|------------------------------------|------------------------------|-----|-------|-------|
| ID                                 | DESCRIPCIÓN                  | UND | 1     | 2     |
| A                                  | Identificación de Recipiente | N°  | T-1   | T-2   |
| B                                  | Suelo Húmedo + Tara          | gr  | 30,58 | 31,57 |
| C                                  | Suelo Seco + Tara            | gr  | 29,6  | 30,71 |
| D                                  | Peso de Tara                 | gr  | 26,38 | 28,3  |
| E                                  | Peso del Agua                | gr  | 0,98  | 0,86  |
| F                                  | Peso Suelo Seco              | gr  | 2,72  | 2,41  |
| G                                  | Contenido de Humedad         | %   | 36,03 | 35,68 |
| H                                  | Promedio Límite Plástico     |     | 35,86 |       |

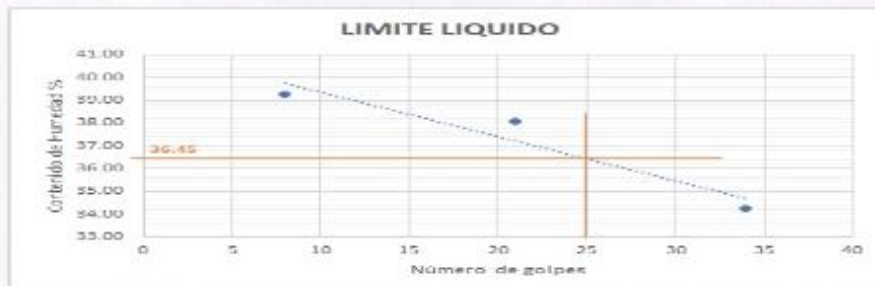


| OBSERVACIONES:<br>NINGUNA   |   |   |
|---|---|---|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO  | ASESOR  |
|  |  |  |
| NOMBRE: Eveling G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martinez   | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 28/10/22   | FECHA: 28/10/22   | FECHA: 28/10/22   |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |                    |                          |
|---|--|--------------------|--------------------------|
| PROTOCOLO   |  |                    |                          |
| ENSAYO:   | LÍMITES DE PLASTICIDAD   |                    |                          |
| NORMA:  | ASTM D4318 / NTP E339.130 - NTP E111   |                    |                          |
| TESIS:  | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |                    |                          |
| CALICATA:   | C-5  | ESTRATO:           | E-2                      |
| UBICACIÓN:  | Santa Barbara  | TIPO DE MATERIAL:  | Suelo Arcilloso          |
| FECHA DE MUESTREO:  | 16/10/22   | COLOR DE MATERIAL: |                          |
| FECHA DE ENSAYO:  | 28/10/22   | RESPONSABLE:       | Eveling G. Llanos Flores |
|   |  | REVISADO POR:      | Henry Villanueva Pazán   |

| DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL) |                              |     |       |       |       |
|-----------------------------------|------------------------------|-----|-------|-------|-------|
| ID                                | DESCRIPCIÓN                  | UND | 1     | 2     | 3     |
| A                                 | Identificación de Recipiente | N°  | A-1   | A-2   | A-3   |
| B                                 | Suelo Húmedo + Recipiente    | gr  | 41,25 | 39    | 38,65 |
| C                                 | Suelo Seco + Recipiente      | gr  | 37,33 | 35,61 | 35,9  |
| D                                 | Peso de Recipiente           | gr  | 28,77 | 26,71 | 27,87 |
| E                                 | Peso del Agua                | gr  | 3,52  | 3,39  | 2,75  |
| F                                 | Peso Suelo Seco              | gr  | 8,96  | 8,9   | 8,03  |
| G                                 | Número de Golpes             | N   | 8     | 21    | 34    |
| H                                 | Contenido de Humedad         | %   | 39,29 | 38,09 | 34,25 |

| DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP) |                              |     |       |       |
|------------------------------------|------------------------------|-----|-------|-------|
| ID                                 | DESCRIPCIÓN                  | UND | 1     | 2     |
| A                                  | Identificación de Recipiente | N°  | T-1   | T-2   |
| B                                  | Suelo Húmedo + Tara          | gr  | 35,78 | 33,04 |
| C                                  | Suelo Seco + Tara            | gr  | 34,86 | 32,25 |
| D                                  | Peso de Tara                 | gr  | 30,65 | 28,77 |
| E                                  | Peso del Agua                | gr  | 0,92  | 0,79  |
| F                                  | Peso Suelo Seco              | gr  | 4,21  | 3,48  |
| G                                  | Contenido de Humedad         | %   | 21,85 | 22,70 |
| H                                  | Promedio Limite Plástico     |     | 22,28 |       |



OBSERVACIONES:

NINGUNA

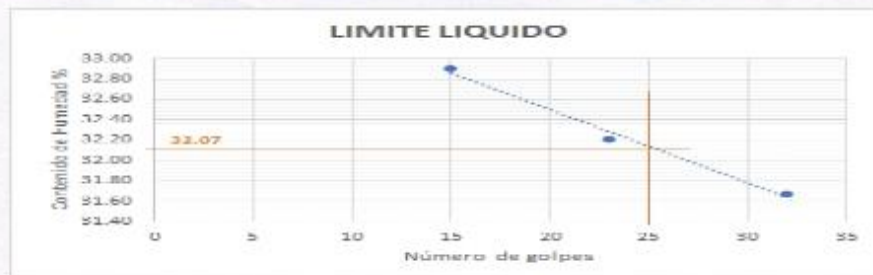
| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO  | ASESOR  |
|---|---|---|
|  |  |  |
| NOMBRE: Eveling G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martinez   | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 28/10/22   | FECHA: 28/10/22   | FECHA: 28/10/22   |



| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |                    |                          |
|---|--|--------------------|--------------------------|
| PROTOCOLO   |  |                    |                          |
| ENSAYO:   | LÍMITES DE PLASTICIDAD   |                    |                          |
| NORMA:  | ASTM D4318 / NTP E339.130 - NTP E111   |                    |                          |
| TESIS:  | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BÁRBARA, CAJAMARCA, 2022 |                    |                          |
| CALICATA:   | C-5  | ESTRATO:           | E-3                      |
| UBICACIÓN:  | Santa Bárbara  | TIPO DE MATERIAL:  | Suelo Arcilloso          |
| FECHA DE MUESTREO:  | 16/10/22   | COLOR DE MATERIAL: |                          |
| FECHA DE ENSAYO:  | 28/10/22   | RESPONSABLE:       | Evelina G. Llanos Flores |
|   |  | REVISADO POR:      | Henry Villanueva Bazán   |

| DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL) |                              |     |       |       |       |
|-----------------------------------|------------------------------|-----|-------|-------|-------|
| ID                                | DESCRIPCIÓN                  | UND | 1     | 2     | 3     |
| A                                 | Identificación de Recipiente | N°  | A-1   | A-2   | A-3   |
| B                                 | Suelo Húmedo + Recipiente    | gr  | 41,63 | 41,89 | 39,06 |
| C                                 | Suelo Seco + Recipiente      | gr  | 38,06 | 38,56 | 36,14 |
| D                                 | Peso de Recipiente           | gr  | 27,21 | 28,22 | 26,92 |
| E                                 | Peso del Agua                | gr  | 3,57  | 3,33  | 2,92  |
| F                                 | Peso Suelo Seco              | gr  | 10,85 | 10,34 | 9,22  |
| G                                 | Número de Golpes             | N   | 15    | 23    | 32    |
| H                                 | Contenido de Humedad         | %   | 32,90 | 32,21 | 31,67 |

| DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP) |                              |     |       |       |
|------------------------------------|------------------------------|-----|-------|-------|
| ID                                 | DESCRIPCIÓN                  | UND | 1     | 2     |
| A                                  | Identificación de Recipiente | N°  | T-1   | T-2   |
| B                                  | Suelo Húmedo + Tara          | gr  | 30,78 | 30,04 |
| C                                  | Suelo Seco + Tara            | gr  | 30,26 | 29,39 |
| D                                  | Peso de Tara                 | gr  | 28,1  | 26,74 |
| E                                  | Peso del Agua                | gr  | 0,52  | 0,65  |
| F                                  | Peso Suelo Seco              | gr  | 2,16  | 2,63  |
| G                                  | Contenido de Humedad         | %   | 24,07 | 24,53 |
| H                                  | Promedio Límite Plástico     |     | 24,30 |       |



|   |   |   |
|---|---|---|
| OBSERVACIONES:  |   |   |
| NINGUNA   |   |   |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO  | ASESOR  |
|  |  |  |
| NOMBRE: Evelina G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martínez   | NOMBRE: Henry Villanueva Bazán  |
| FECHA: 28/10/22   | FECHA: 28/10/22   | FECHA: 28/10/22   |


ANEXO 04: Protocolos de ensayo de permeabilidad con carga variable.

| LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |                                  |
|---|----------------------------------|
| GUÍA DE ENSAYO  |                                  |
| <b>ENSAYO:</b>  | PERMEABILIDAD CON CARGA VARIABLE |
| <b>NORMA:</b>   | ASTM D2434                       |


**PERMEABILIDAD CON CARGA VARIABLE**

**EQUIPOS**


- Horno.




- Balanzas, con sensibilidad de 0.01gr



- Piedras porosas
- Malla, de 4".
- Permeámetro.



|  |  |                                  |
|--|--|----------------------------------|
| <br>UNIVERSIDAD<br>PRIVADA<br>DEL NORTE | <b>LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b> |                                  |
|  | <b>GUÍA DE ENSAYO</b>  |                                  |
|  | <b>ENSAYO:</b>   | PERMEABILIDAD CON CARGA VARIABLE |
| <b>NORMA:</b>  | ASTM D2434   |                                  |

**PROCEDIMIENTO**

- medir el diámetro y la altura molde de permeabilidad.
- Añadir a la muestra en el permeámetro.
- Armar el permeámetro colocando las tapas, piedras porosas, papel filtro y sellos de jebes.
- Ajustar la entrada de agua. Abrir el flujo de agua de abajo hacia arriba de modo que se sature el suelo y salga el aire. Medir la altura de la columna de agua (desde el extremo superior de la columna hasta el extremo de salida del agua). Cerrar el flujo de agua por la muestra. Dejar que la bureta se llene hasta la marca de 100cm.
- Preparar las válvulas para el flujo de arriba hacia abajo de la muestra. Abrir el flujo y simultáneamente empezar a medir el tiempo (usando un cronómetro). Tomar lecturas de tiempo de descenso del nivel en la bureta. Repetir el ensayo 3 veces.
- Medir el diámetro de la bureta.

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |                    |                          |
|---|--|--------------------|--------------------------|
| PROTOCOLO   |  |                    |                          |
| ENSAYO:   | PERMEABILIDAD CON CARGA VARIABLE   |                    |                          |
| NORMA:  | ASTM D2434   |                    |                          |
| TESIS:  | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |                    |                          |
| CALICATA:   | C-1  | ESTRATO:           | E-4                      |
| UBICACIÓN:  | Santa Barbara  | TIPO DE MATERIAL:  | Suelo Arcilloso          |
| FECHA DE MUESTREO:  | 07/10/22   | COLOR DE MATERIAL: | Marrón Oscuro            |
| FECHA DE ENSAYO:  | 26/11/22   | RESPONSABLE:       | Eveling G. Llanos Flores |
|   |  | REVISADO POR:      | Henry Villanueva Bazán   |

| CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA         |                 |        |
|---------------------------------------|-----------------|--------|
| Clasificación de Suelo                |                 | HL     |
| Diámetro del equipo                   | cm              | 7.8    |
| Sección transversal del tubo de carga | cm <sup>2</sup> | 0,38   |
| Sección de la muestra                 | cm <sup>2</sup> | 47,78  |
| Longitud de la muestra                | cm              | 15     |
| Volumen de la muestra                 | cm <sup>3</sup> | 716,75 |

| ENSAYO DE PERMEABILIDAD |                       |                     |              |
|-------------------------|-----------------------|---------------------|--------------|
| Nº de Ensayo            | Altura Inicial H1(cm) | Altura Final H2(cm) | Tiempo (seg) |
| 1                       | 97                    | 85,7                | 7200         |
| 2                       | 98                    | 86,2                | 7200         |
| 3                       | 91                    | 79,5                | 7200         |
| PROMEDIO                | 95,33                 | 83,8                | 7200         |

$$k = 2,3 \frac{a.L}{A.\Delta t} \cdot \log. \frac{h1}{h2}$$

DONDE:

- K.- Coeficiente de permeabilidad (cm/seg.)
- a.- Sección transversal del tubo de carga (cm<sup>2</sup>)
- L.- Longitud de la muestra (cm.)
- A.- Sección de la muestra (cm<sup>2</sup>)
- t.- tiempo del ensayo (seg.)
- h1.- Altura del agua al comienzo del ensayo (cm.)
- h2.- Altura del agua finalizado el ensayo (cm.)

| COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD |        |                         |
|------------------------------|--------|-------------------------|
| K                            | cm/seg | 2.16 x 10 <sup>-6</sup> |

| OBSERVACIONES:  |   |   |
|---|---|---|
| NINGUNA   |   |   |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO  | ASESOR  |
|  |  |  |
| NOMBRE: Eveling G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martinez   | NOMBRE: Henry Villanueva Bazán  |
| FECHA: 26/11/22   | FECHA: 26/11/22   | FECHA: 26/11/22   |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |                    |                          |
|---|--|--------------------|--------------------------|
| PROTOCOLO   |  |                    |                          |
| ENSAYO:   | PERMEABILIDAD CON CARGA VARIABLE   |                    |                          |
| NORMA:  | ASTM D2434   |                    |                          |
| TESIS:  | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |                    |                          |
| CALICATA:   | C-2  | ESTRATO:           | E-3                      |
| UBICACIÓN:  | Santa Barbara  | TIPO DE MATERIAL:  | SUELO ARCILLOSO          |
| FECHA DE MUESTREO:  | 16/10/22   | COLOR DE MATERIAL: | PLOMO                    |
| FECHA DE ENSAYO:  | 01/12/22   | RESPONSABLE:       | Eveling G. Llanos Flores |
|   |  | REVISADO POR:      | Henry Villanueva Bazán   |

| CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA         |                 |        |
|---------------------------------------|-----------------|--------|
| Clasificación de Suelo                |                 | CL     |
| Diámetro del equipo                   | cm              | 7,18   |
| Sección transversal del tubo de carga | cm <sup>2</sup> | 0,38   |
| Sección de la muestra                 | cm <sup>2</sup> | 47,78  |
| Longitud de la muestra                | cm              | 13,90  |
| Volumen de la muestra                 | cm <sup>3</sup> | 640,30 |




| ENSAYO DE PERMEABILIDAD |                       |                     |              |
|-------------------------|-----------------------|---------------------|--------------|
| Nº de Ensayo            | Altura Inicial H1(cm) | Altura Final H2(cm) | Tiempo (seg) |
| 1                       | 99                    | 88                  | 7200         |
| 2                       | 98                    | 87,5                | 7200         |
| 3                       | 97                    | 86,7                | 7200         |
| PROMEDIO                | 98                    | 87,4                | 7200         |

$$k = 2,3 \frac{aL}{A \Delta t} \cdot \log \frac{h1}{h2}$$

DONDE:

- K.- Coeficiente de permeabilidad (cm/seg.)
- a.- Sección transversal del tubo de carga (cm<sup>2</sup>)
- L.- Longitud de la muestra (cm.)
- A.- Sección de la muestra (cm<sup>2</sup>)
- t.- tiempo del ensayo (seg.)
- h1.- Altura del agua al comienzo del ensayo (cm.)
- h2.- Altura del agua finalizado el ensayo (cm.)

| COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD |        |                         |
|------------------------------|--------|-------------------------|
| K                            | cm/seg | 1,71 x 10 <sup>-6</sup> |

| OBSERVACIONES:  |   |   |
|---|---|---|
| NINGUNA   |   |   |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO  | ASESOR  |
|  |  |  |
| NOMBRE: Eveling G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martinez   | NOMBRE: Henry Villanueva Bazán  |
| FECHA: 01/12/22   | FECHA: 01/12/22   | FECHA: 01/12/22   |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |                           |                          |
|---|--|---------------------------|--------------------------|
| PROTOCOLO   |  |                           |                          |
| <b>ENSAYO:</b>  | PERMEABILIDAD CON CARGA VARIABLE   |                           |                          |
| <b>NORMA:</b>   | ASTM D2434   |                           |                          |
| <b>TESIS:</b>   | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |                           |                          |
| <b>CALICATA:</b>  | C-3  | <b>ESTRATO:</b>           | E-4                      |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Santa Barbara  | <b>TIPO DE MATERIAL:</b>  | Suelo Arcilloso          |
| <b>FECHA DE MUESTREO:</b>                                       | 16/10/22   | <b>COLOR DE MATERIAL:</b> | Plomo                    |
| <b>FECHA DE ENSAYO:</b>   | 02/12/22   | <b>RESPONSABLE:</b>       | Eveling G. Llanos Flores |
|   |  | <b>REVISADO POR:</b>      | Henry Villanueva Bazán   |

| CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA         |                        |
|---------------------------------------|------------------------|
| Clasificación de Suelo                | CL                     |
| Diámetro del equipo                   | cm 7,8                 |
| Sección transversal del tubo de carga | cm <sup>2</sup> 0,38   |
| Sección de la muestra                 | cm <sup>2</sup> 47,78  |
| Longitud de la muestra                | cm 11,20               |
| Volumen de la muestra                 | cm <sup>3</sup> 535,18 |

| ENSAYO DE PERMEABILIDAD |                       |                     |              |
|-------------------------|-----------------------|---------------------|--------------|
| Nº de Ensayo            | Altura Inicial H1(cm) | Altura Final H2(cm) | Tiempo (seg) |
| 1                       | 98,4                  | 83,5                | 7200         |
| 2                       | 97,8                  | 82                  | 7200         |
| 3                       | 98,7                  | 83,3                | 7200         |
| PROMEDIO                | 98,3                  | 82,93               | 7200         |

$$k = 2,3 \frac{aL}{A \Delta t} \cdot \log \frac{h1}{h2}$$


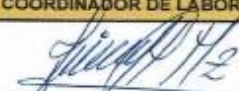

**DONDE:**

- K.- Coeficiente de permeabilidad (cm/seg.)
- a.- Sección transversal del tubo de carga (cm<sup>2</sup>)
- L.- Longitud de la muestra (cm.)
- A.- Sección de la muestra (cm<sup>2</sup>)
- t.- tiempo del ensayo (seg.)
- h1.- Altura del agua al comienzo del ensayo (cm.)
- h2.- Altura del agua finalizado el ensayo (cm.)

| COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD |        |                         |
|------------------------------|--------|-------------------------|
| K                            | cm/seg | 2,13 x 10 <sup>-6</sup> |

| OBSERVACIONES:  |   |   |
|---|---|---|
| NINGUNA   |   |   |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO  | ASESOR  |
|  |  |  |
| NOMBRE: Eveling G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martinez   | NOMBRE: Henry Villanueva Bazán  |
| FECHA: 02/12/22   | FECHA: 02/12/22   | FECHA: 02/12/22   |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |                           |                          |
|---|--|---------------------------|--------------------------|
| PROTOCOLO   |  |                           |                          |
| <b>ENSAYO:</b>  | PERMEABILIDAD CON CARGA VARIABLE   |                           |                          |
| <b>NORMA:</b>   | ASTM D2434   |                           |                          |
| <b>TESIS:</b>   | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |                           |                          |
| <b>CALICATA:</b>  | C-4  | <b>ESTRATO:</b>           | E-4                      |
| <b>TIPO DE MATERIAL:</b>  | Suelo Arcilloso  |                           |                          |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Santa Barbara  | <b>COLOR DE MATERIAL:</b> | Plomo                    |
| <b>FECHA DE MUESTREO:</b>                                       | 16/10/22   | <b>RESPONSABLE:</b>       | Eveling G. Llanos Flores |
| <b>FECHA DE ENSAYO:</b>   | 03/12/22   | <b>REVISADO POR:</b>      | Henry Villanueva Bazán   |

| CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA         |                        |
|---------------------------------------|------------------------|
| Clasificación de Suelo                | CL                     |
| Diámetro del equipo                   | cm 3,8                 |
| Sección transversal del tubo de carga | cm <sup>2</sup> 0,38   |
| Sección de la muestra                 | cm <sup>2</sup> 47,38  |
| Longitud de la muestra                | cm 11,30               |
| Volumen de la muestra                 | cm <sup>3</sup> 559,07 |

| ENSAYO DE PERMEABILIDAD |                       |                     |              |
|-------------------------|-----------------------|---------------------|--------------|
| Nº de Ensayo            | Altura Inicial H1(cm) | Altura Final H2(cm) | Tiempo (seg) |
| 1                       | 97,5                  | 87,1                | 7200         |
| 2                       | 98                    | 87,9                | 7200         |
| 3                       | 99                    | 88,5                | 7200         |
| PROMEDIO                | 98,17                 | 87,83               | 7200         |

$$k = 2,3 \frac{aL}{A \Delta t} \cdot \log \frac{h1}{h2}$$

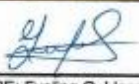
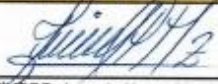

**DONDE:**

- K.- Coeficiente de permeabilidad (cm/seg.)
- a.- Sección transversal del tubo de carga (cm<sup>2</sup>)
- L.- Longitud de la muestra (cm.)
- A.- Sección de la muestra (cm<sup>2</sup>)
- t.- tiempo del ensayo (seg.)
- h1.- Altura del agua al comienzo del ensayo (cm.)
- h2.- Altura del agua finalizado el ensayo (cm.)

| COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD |        |                         |
|------------------------------|--------|-------------------------|
| K                            | cm/seg | 1,45 x 10 <sup>-6</sup> |

| OBSERVACIONES:  |   |   |
|---|---|---|
| NINGUNA   |   |   |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO  | ASESOR  |
|  |  |  |
| NOMBRE: Eveling G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martinez   | NOMBRE: Henry Villanueva Bazán  |
| FECHA: 03/12/22   | FECHA: 03/12/22   | FECHA: 03/12/22   |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |                           |                          |
|---|--|---------------------------|--------------------------|
| PROTOCOLO   |  |                           |                          |
| <b>ENSAYO:</b>  | PERMEABILIDAD CON CARGA VARIABLE   |                           |                          |
| <b>NORMA:</b>   | ASTM D2434   |                           |                          |
| <b>TESIS:</b>   | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |                           |                          |
| <b>CALICATA:</b>  | C-5  | <b>ESTRATO:</b>           | E-3                      |
| <b>TIPO DE MATERIAL:</b>  | Suelo Arcilloso  |                           |                          |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Santa Barbara  | <b>COLOR DE MATERIAL:</b> | Plomo                    |
| <b>FECHA DE MUESTREO:</b>                                       | 16/10/22   | <b>RESPONSABLE:</b>       | Eveling G. Llanos Flores |
| <b>FECHA DE ENSAYO:</b>   | 06/12/22   | <b>REVISADO POR:</b>      | Henry Villanueva Bazán   |

| CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA         |                        |
|---------------------------------------|------------------------|
| Clasificación de Suelo                | ML                     |
| Diámetro del equipo                   | cm 7,8                 |
| Sección transversal del tubo de carga | cm <sup>2</sup> 0,38   |
| Sección de la muestra                 | cm <sup>2</sup> 47,78  |
| Longitud de la muestra                | cm 12,50               |
| Volumen de la muestra                 | cm <sup>3</sup> 597,30 |

| ENSAYO DE PERMEABILIDAD |                       |                     |              |
|-------------------------|-----------------------|---------------------|--------------|
| Nº de Ensayo            | Altura Inicial H1(cm) | Altura Final H2(cm) | Tiempo (seg) |
| 1                       | 98                    | 90,5                | 7200         |
| 2                       | 97                    | 89,5                | 7200         |
| 3                       | 96                    | 88,6                | 7200         |
| PROMEDIO                | 97                    | 89,5                | 7200         |

$$k = 2,3 \frac{a \cdot L}{A \cdot \Delta t} \cdot \log. \frac{h1}{h2}$$

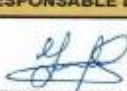


**DONDE:**

- K.- Coeficiente de permeabilidad (cm/seg.)
- a.- Sección transversal del tubo de carga (cm<sup>2</sup>)
- L.- Longitud de la muestra (cm.)
- A.- Sección de la muestra (cm<sup>2</sup>)
- t.- tiempo del ensayo (seg.)
- h1.- Altura del agua al comienzo del ensayo (cm.)
- h2.- Altura del agua finalizado el ensayo (cm.)

| COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD |        |                         |
|------------------------------|--------|-------------------------|
| K                            | cm/seg | 1,12 x 10 <sup>-6</sup> |

| OBSERVACIONES:  |   |   |
|---|---|---|
| NINGUNA   |   |   |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO  | ASESOR  |
|  |  |  |
| NOMBRE: Eveling G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martinez   | NOMBRE: Henry Villanueva Bazán  |
| FECHA: 06/12/22   | FECHA: 06/12/22   | FECHA: 06/12/22   |



ANEXO 05: Protocolos de ensayo de consolidación unidimensional.

|   |  |                              |
|---|--|------------------------------|
|  | <b>LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b> |                              |
|   | <b>GUÍA DE ENSAYO</b>  |                              |
|   | <b>ENSAYO:</b>   | CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL |
| <b>NORMA:</b>   | ASTM D2435   |                              |

**CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL**

**RESUMEN DEL ENSAYO**

La prueba de consolidación unidimensional estándar consiste en comprimir verticalmente un espécimen de material, confinado en un anillo rígido, de acuerdo con una secuencia de cargas establecida de antemano. Para cada incremento de carga, el espécimen sufre una primera deformación, atribuible al proceso de expulsión de agua o aire, que se llama consolidación primaria o hidrodinámica y una segunda deformación debida a fenómenos de flujo plástico en el suelo, cuyos efectos son más notables después de que ha terminado el proceso de consolidación primaria.

La muestra a utilizar para este ensayo será inalterada, se recomienda que el bloque extraído tenga las dimensiones de 30 cm x 30 cm x 30 cm, para que facilite su tallado en el recipiente de consolidación.

Los datos del ensayo de consolidación pueden ser utilizados para desarrollar un estimado de la velocidad y la cantidad de los asentamientos totales y diferenciales de una estructura o un terraplen.

**EQUIPOS**

- Horno



- Balanzas, con sensibilidad de 0.01gr



- Piedras porosas

|  |  |                              |
|--|--|------------------------------|
|  <p>UNIVERSIDAD<br/>PRIVADA<br/>DEL NORTE</p> | <b>LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b> |                              |
|  | <b>GUIA DE ENSAYO</b>  |                              |
|  | <b>ENSAYO:</b>   | CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL |
| <b>NORMA:</b>  | ASTM D2435   |                              |


- 

• Recipiente de consolidación (Cortamuestra)
- 

• Prensa de Consolidación
- 

• Discos porosos
- 

• Piedra de calibración
- 

|  |  |                              |
|--|--|------------------------------|
| <br>UNIVERSIDAD<br>PRIVADA<br>DEL NORTE | <b>LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b> |                              |
|  | <b>GUÍA DE ENSAYO</b>  |                              |
|  | <b>ENSAYO:</b>   | CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL |
| <b>NORMA:</b>  | ASTM D2435   |                              |

**PROCEDIMIENTO**

- Medir el diámetro y la altura y pesar el anillo del recipiente de consolidación.
- Tallar la muestra inalterada usando el recipiente de consolidación (cortador de muestra) sin dañar la muestra, con un regla con borde de filo se enrasará hasta la altura del anillo del recipiente evitando dejar vacíos, la superficie deberá estar altamente pulida.
- Anotar el peso del recipiente de consolidación con la muestra del suelo (Este peso no debe sobrepasar al peso máximo de la piedra de calibración del equipo de consolidación).
- colocar papel de filtro humedecido en los extremos del recipiente de consolidación,
- De los restos del tallado, tomar una muestra representativa a fin de determinar Gs.
- Cargar la prensa de consolidación 5 min antes con una carga de 10 Psi, para esto la válvula de carga marcara en Load y la válvula selectora en Low Load, luego se colocará la válvula de carga y la válvula reguladora en Off y con el regulador vertical de carga se ajustará la carga con la que se dará inicio el ensayo (asegurarse que la compresora de aire este cargada de aire para que pueda cargar a la prensa de consolidación).
- Armar el consolidómetro, colocando una piedra porosa saturada en cada extremo del recipiente. Asegurar el anillo de sujeción de modo que el recipiente de consolidación quede sujeta, colocar la esfera de carga y llevar el consolidómetro sobre el aparato de carga.
- Una vez colocada el consolidometro en el aparato de carga, sin que haga contacto sobre el suelo se procederá a colocar agua hasta que este quede saturada la muestra.
- Ajustar el deformímetro a la altura del marco de carga, el deformímetro tendrá que marcar 0.00 mm antes de iniciar el ensayo, asimismo la pantalla que marca la carga en PSI, tendrá que estar en 0.00.
- Una vez ensamblada el equipo se procederá a asignar la carga con el regulador vertical de carga, para liberal la carga se colocará la válvula selectiva en Low Load y la válvula de carga en Load y se tomara las lecturas de deformación a los 10, 25, 50 segundos y 1, 2, 4, 8, 15, 30 minutos y por último a la 1, 2, 4, 8, y 24 horas, las lecturas se tomarán en ese intervalo de tiempo para cada aplicación de carga es decir que por cada aplicación de carga constante se harán lecturas de 24 horas.
- Se aumentará la carga cada 24 horas hasta que la deformación se mantenga constante.
- Una vez terminado el ensayo se procederá a descargar el equipo colocando la válvula de carga en Off, la válvula selectora no se moverá y se ajustará el regulador de carga a cero PSI, luego se colocará la válvula de carga nuevamente a Load para expulsar el aire.
- Retirar el consolidometro y sacar el recipiente de consolidación con el suelo y pesar.
- Colocar la muestra al horno para determinar el peso seco.

|  |  |                              |
|--|--|------------------------------|
| <br>UNIVERSIDAD<br>PRIVADA<br>DEL NORTE | <b>LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b> |                              |
|  | <b>GUÍA DE ENSAYO</b>  |                              |
|  | <b>ENSAYO:</b>   | CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL |
| <b>NORMA:</b>  | ASTM D2435   |                              |

- Nota: para cargas mayores a 13.89 PSI (95.76 KPA) se trabaja con la válvula selectora en High Load y para cargas menores a 13.89 PSI (95.76 KPA) se trabaja con la válvula selectora en Low Load.  
 Para realizar cada cambio de carga se tiene que asegurar que la válvula de carga y la válvula selectora estén en Off, una vez regulada la nueva carga requerida se procede a colocar la válvula de carga a High Load o a Low Load (dependiendo si la carga es mayor o menor a 13.89 PSI) y la válvula de carga a Load, y se continúa registrando las deformaciones en los intervalos de tiempos.
- Se recomienda aplicar las cargas de (0.125 kg/cm<sup>2</sup>, 0.25 kg/cm<sup>2</sup>, 0.375 kg/cm<sup>2</sup>, 0.5 kg/cm<sup>2</sup>, 0.7 kg/cm<sup>2</sup>, 1 kg/cm<sup>2</sup>, 2 kg/cm<sup>2</sup>, 4 kg/cm<sup>2</sup>, 8 kg/cm<sup>2</sup>).


| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |                           |                         |
|---|--|---------------------------|-------------------------|
| <b>PROTOCOLO</b>  |  |                           |                         |
| <b>ENSAYO:</b>  | CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL   |                           |                         |
| <b>NORMA:</b>   | ASTM D2435   |                           |                         |
| <b>TESIS:</b>   | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |                           |                         |
| <b>CALICATA:</b>  | C-1  | <b>ESTRATO:</b>           | E-4                     |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Santa Barbara  | <b>TIPO DE MATERIAL:</b>  | Suelo Arcilloso         |
| <b>FECHA DE MUESTREO:</b>                                       | 07/10/22   | <b>COLOR DE MATERIAL:</b> | Marrón Oscuro           |
| <b>FECHA DE ENSAYO:</b>   | 07/11/22   | <b>RESPONSABLE:</b>       | Evelina G Llanos Flores |
|   |  | <b>REVISADO POR:</b>      | Henry Villanueva Bazán  |

| PESO DE MUESTRA     |          |          |          |
|---------------------|----------|----------|----------|
| MUESTRA             | INICIAL  | FINAL    | SECA     |
| ANILLO N°           | A-1      |          |          |
| DIAMETRO DEL ANILLO | 6,33 cm  |          |          |
| ALTURA DEL ANILLO   | 2,53 cm  |          |          |
| PESO ANILLO         | 109,49 g |          |          |
| PESO ANILLO + SUELO | 254,97 g | 266,11 g |          |
| PESO SUELO          | 145,48 g | 156,62 g | 134,48 g |

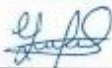


  

| GRAVEDAD ESPECÍFICA Gs    |     |       |  |
|---------------------------|-----|-------|--|
| DESCRIPCIÓN               | UND |       |  |
| PICNÓMETRO                | N°  | 1     |  |
| PESO DEL SUELO SECO       | gr  | 100   |  |
| W1: picnóm. + agua+ suelo | gr  | 308,1 |  |
| W2: picnóm. + agua        | gr  | 768,9 |  |
| Gs                        |     | 2,55  |  |

| PROPIEDADES                   |                    |       |
|-------------------------------|--------------------|-------|
| DESCRIPCIÓN                   | UND                |       |
| GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL SUELO | Gs                 | 2,55  |
| HUMEDAD                       | W%                 | 16,46 |
| PESO UNITARIO DEL AGUA        | gr/cm <sup>3</sup> | 1     |
| ALTURA DE SÓLIDOS Hs          | cm                 | 1,68  |

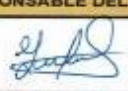


| OBSERVACIONES:  |   |   |
|---|---|---|
| NINGUNA   |   |   |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO  | ASESOR  |
|  |  |  |
| NOMBRE: Evelina G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martinez   | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 07/11/22   | FECHA: 07/11/22   | FECHA: 07/11/22   |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |                    |                          |                   |                 |
|---|--|--------------------|--------------------------|-------------------|-----------------|
| PROTOCOLO   |  |                    |                          |                   |                 |
| ENSAYO:   | CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL   |                    |                          |                   |                 |
| NORMA:  | ASTM D2435   |                    |                          |                   |                 |
| TESIS:  | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |                    |                          |                   |                 |
| CALICATA:   | C-L  | ESTRATO:           | E-4                      | TIPO DE MATERIAL: | Suelo Arcilloso |
| UBICACIÓN:  | Santa Barbara  | COLOR DE MATERIAL: | Marrón Oscuro            |                   |                 |
| FECHA DE MUESTREO:  | 07/10/22   | RESPONSABLE:       | Evelina G. Llanos Flores |                   |                 |
| FECHA DE ENSAYO:  | 07/11/22   | REVISADO POR:      | Henry Villanueva Bazán   |                   |                 |

|    | Tiempo (min) | PRESIÓN: 0,25 Kg/cm <sup>2</sup><br>Deformación E(mm) | PRESIÓN: 0,5 Kg/cm <sup>2</sup><br>Deformación E(mm) | PRESIÓN: 1 Kg/cm <sup>2</sup><br>Deformación E(mm) | PRESIÓN: 2 Kg/cm <sup>2</sup><br>Deformación E(mm) | PRESIÓN: 4 Kg/cm <sup>2</sup><br>Deformación E(mm) |
|----|--------------|---|--|--|--|--|
| 1  | 0.00         | 0   | 0,214  | 0,409  | 0,713  | 1,105  |
| 2  | 0.10         | 0,022   | 0,221  | 0,515  | 0,964  | 1,124  |
| 3  | 0.25         | 0,024   | 0,224  | 0,524  | 0,966  | 1,161  |
| 4  | 0.50         | 0,028   | 0,228  | 0,53   | 0,972  | 1,212  |
| 5  | 1            | 0,036   | 0,237  | 0,539  | 0,978  | 1,255  |
| 6  | 2            | 0,042   | 0,241  | 0,543  | 0,981  | 1,341  |
| 7  | 4            | 0,044   | 0,244  | 0,548  | 0,991  | 1,411  |
| 8  | 8            | 0,054   | 0,254  | 0,559  | 1,014  | 1,486  |
| 9  | 15           | 0,072   | 0,271  | 0,571  | 1,056  | 1,536  |
| 10 | 30           | 0,118   | 0,318  | 0,618  | 1,076  | 1,586  |
| 11 | 60           | 0,168   | 0,369  | 0,671  | 1,09   | 1,673  |
| 12 | 120          | 0,184   | 0,384  | 0,689  | 1,097  | 1,747  |
| 13 | 240          | 0,192   | 0,399  | 0,701  | 1,099  | 1,781  |
| 14 | 480          | 0,208   | 0,405  | 0,706  | 1,105  | 1,805  |
| 15 | 1440         | 0,214   | 0,409  | 0,713  | 1,105  | 1,823  |

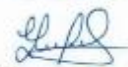
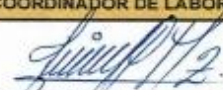

| <b>OBSERVACIONES:</b><br>NINGUNA  |   |   |
|---|---|---|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO  | ASESOR  |
|  |  |  |
| NOMBRE: Evelina G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martinez   | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 07/11/22   | FECHA: 07/11/22   | FECHA: 07/11/2022   |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |                    |                          |
|---|--|--------------------|--------------------------|
| PROTOCOLO   |  |                    |                          |
| ENSAYO:   | CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL   |                    |                          |
| NORMA:  | ASTM D2435   |                    |                          |
| TESIS:  | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |                    |                          |
| CALICATA:   | C-2  | ESTRATO:           | E-3                      |
| UBICACIÓN:  | Santa Barbara  | TIPO DE MATERIAL:  | Suelo Arcilloso          |
| FECHA DE MUESTREO:  | 16/10/22   | COLOR DE MATERIAL: | Plomo                    |
| FECHA DE ENSAYO:  | 14/11/22   | RESPONSABLE:       | Evelina G. Llanos Flores |
|   |  | REVISADO POR:      | Henry Villanueva Bazán   |

| PESO DE MUESTRA     |          |          |         |
|---------------------|----------|----------|---------|
| MUESTRA             | INICIAL  | FINAL    | SECA    |
| ANILLO N°           | A-2      |          |         |
| DIAMETRO DEL ANILLO | 6,33 cm  |          |         |
| ALTURA DEL ANILLO   | 2,53 cm  |          |         |
| PESO ANILLO         | 109,1 g  |          |         |
| PESO ANILLO + SUELO | 249,29 g | 257,56 g |         |
| PESO SUELO          | 140,19 g | 148,46 g | 130,17g |

| GRAVEDAD ESPECÍFICA Gs    |     |       |  |
|---------------------------|-----|-------|--|
| DESCRIPCIÓN               | UND |       |  |
| PICNÓMETRO                | N°  | 1     |  |
| PESO DEL SUELO SECO       | gr  | 100   |  |
| W1: picnóm. + agua+ suelo | gr  | 644,6 |  |
| W2: picnóm. + agua        | gr  | 706,7 |  |
| Gs                        |     | 2,64  |  |

| PROPIEDADES                   |                    |       |
|-------------------------------|--------------------|-------|
| DESCRIPCIÓN                   | UND                |       |
| GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL SUELO | Gs                 | 2,64  |
| HUMEDAD                       | W%                 | 14,05 |
| PESO UNITARIO DEL AGUA        | gr/cm <sup>3</sup> | 1     |
| ALTURA DE SÓLIDOS Hs          | cm                 | 1,57  |

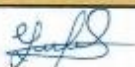
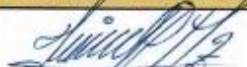

| OBSERVACIONES:<br>NINGUNA   |   |   |
|---|---|---|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO  | ASESOR  |
|  |  |  |
| NOMBRE: Evelina G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Llanos Martinez  | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 14/11/22   | FECHA: 14/11/22   | FECHA: 14/11/22   |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |               |                                       |
|---|--|---------------|---------------------------------------|
| PROTOCOLO   |  |               |                                       |
| ENSAYO:   | CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL   |               |                                       |
| NORMA:  | ASTM D2435   |               |                                       |
| TESIS:  | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |               |                                       |
| CALICATA:   | C-2  | ESTRATO:      | E-3 TIPO DE MATERIAL: Suelo Arcilloso |
| UBICACIÓN:  | Santa Barbara  |               | COLOR DE MATERIAL: Plomo              |
| FECHA DE MUESTREO:  | 16/10/22   | RESPONSABLE:  | Evelina G. Llanos Flores              |
| FECHA DE ENSAYO:  | 14/11/22   | REVISADO POR: | Henry Villanueva Bazán                |

|    | Tiempo (min) | PRESIÓN: 0,25 Kg/cm <sup>2</sup><br>Deformación E(mm) | PRESIÓN: 0,5 Kg/cm <sup>2</sup><br>Deformación E(mm) | PRESIÓN: 1 Kg/cm <sup>2</sup><br>Deformación E(mm) | PRESIÓN: 2 Kg/cm <sup>2</sup><br>Deformación E(mm) | PRESIÓN: 4 Kg/cm <sup>2</sup><br>Deformación E(mm) |
|----|--------------|---|--|--|--|--|
| 1  | 0.00         | 0   | 0,059  | 0,190  | 0,602  | 0,970  |
| 2  | 0.10         | 0,002   | 0,060  | 0,229  | 0,678  | 1,040  |
| 3  | 0.25         | 0,004   | 0,063  | 0,233  | 0,687  | 1,049  |
| 4  | 0.50         | 0,006   | 0,069  | 0,244  | 0,697  | 1,060  |
| 5  | 1            | 0,008   | 0,072  | 0,249  | 0,709  | 1,075  |
| 6  | 2            | 0,010   | 0,079  | 0,259  | 0,725  | 1,105  |
| 7  | 4            | 0,012   | 0,084  | 0,289  | 0,747  | 1,138  |
| 8  | 8            | 0,015   | 0,095  | 0,393  | 0,770  | 1,170  |
| 9  | 15           | 0,020   | 0,110  | 0,450  | 0,806  | 1,221  |
| 10 | 30           | 0,030   | 0,132  | 0,475  | 0,835  | 1,264  |
| 11 | 60           | 0,041   | 0,146  | 0,490  | 0,857  | 1,305  |
| 12 | 120          | 0,054   | 0,166  | 0,513  | 0,875  | 1,334  |
| 13 | 240          | 0,056   | 0,175  | 0,533  | 0,891  | 1,355  |
| 14 | 480          | 0,057   | 0,183  | 0,570  | 0,913  | 1,375  |
| 15 | 1440         | 0,059   | 0,190  | 0,602  | 0,970  | 1,404  |

OBSERVACIONES:

NINGUNA

| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO  | ASESOR  |
|---|---|---|
|  |  |  |
| NOMBRE: Evelina G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martinez   | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 14/11/22   | FECHA: 14/11/22   | FECHA: 14/11/22   |



| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |                    |                          |
|---|--|--------------------|--------------------------|
| PROTOCOLO   |  |                    |                          |
| ENSAYO:   | CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL   |                    |                          |
| NORMA:  | ASTM D2435   |                    |                          |
| TESIS:  | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |                    |                          |
| CALICATA:   | C-3  | ESTRATO:           | E-4                      |
| TIPO DE MATERIAL:   | Suelo Arcilloso  |                    |                          |
| UBICACIÓN:  | Santa Barbara  | COLOR DE MATERIAL: | Plomo                    |
| FECHA DE MUESTREO:  | 16/10/22   | RESPONSABLE:       | Evelina G. Llanos Flores |
| FECHA DE ENSAYO:  | 21/11/22   | REVISADO POR:      | Henry Villanueva Bazán   |

| PESO DE MUESTRA     |          |          |         |
|---------------------|----------|----------|---------|
| MUESTRA             | INICIAL  | FINAL    | SECA    |
| ANILLO N°           | A-1      |          |         |
| DIAMETRO DEL ANILLO | 6,33 cm  |          |         |
| ALTURA DEL ANILLO   | 2,53 cm  |          |         |
| PESO ANILLO         | 109,49 g |          |         |
| PESO ANILLO + SUELO | 252,40 g | 267,56 g |         |
| PESO SUELO          | 142,91 g | 138,07 g | 126,87g |

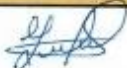
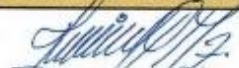

  

| GRAVEDAD ESPECÍFICA Gs    |     |       |  |
|---------------------------|-----|-------|--|
| DESCRIPCIÓN               | UND |       |  |
| PICNÓMETRO                | N°  | 1     |  |
| PESO DEL SUELO SECO       | gr  | 100   |  |
| W1: picnóm. + agua+ suelo | gr  | 644,6 |  |
| W2: picnóm. + agua        | gr  | 706,1 |  |
| Gs                        |     | 2,60  |  |

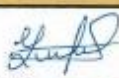


| PROPIEDADES                   |                    |       |
|-------------------------------|--------------------|-------|
| DESCRIPCIÓN                   | UND                |       |
| GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL SUELO | Gs                 | 2,60  |
| HUMEDAD                       | W%                 | 24,59 |
| PESO UNITARIO DEL AGUA        | gr/cm <sup>3</sup> | 1     |
| ALTURA DE SÓLIDOS Hs          | cm                 | 1,55  |

| OBSERVACIONES:  |   |   |
|---|---|---|
| NINGUNA   |   |   |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO  | ASESOR  |
|  |  |  |
| NOMBRE: Evelina G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martinez   | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 21/11/22   | FECHA: 21/11/22   | FECHA: 21/11/22   |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |                    |                          |
|---|--|--------------------|--------------------------|
| PROTOCOLO   |  |                    |                          |
| ENSAYO:   | CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL   |                    |                          |
| NORMA:  | ASTM D2435   |                    |                          |
| TESIS:  | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |                    |                          |
| CALICATA:   | C-3  | ESTRATO:           | E-4                      |
| UBICACIÓN:  | Santa Barbara  | TIPO DE MATERIAL:  | Suelo Arcilloso          |
| FECHA DE MUESTREO:  | 16/10/22   | COLOR DE MATERIAL: | Plomo                    |
| FECHA DE ENSAYO:  | 21/11/22   | RESPONSABLE:       | Evelina G. Llanos Flores |
|   |  | REVISADO POR:      | Henry Villanueva Bazón   |

|    | Tiempo (min) | PRESIÓN: 0.25 Kg/cm <sup>2</sup><br>Deformación E(mm) | PRESIÓN: 0.5 Kg/cm <sup>2</sup><br>Deformación E(mm) | PRESIÓN: 1Kg/cm <sup>2</sup><br>Deformación E(mm) | PRESIÓN: 2Kg/cm <sup>2</sup><br>Deformación E(mm) | PRESIÓN: 4 Kg/cm <sup>2</sup><br>Deformación E(mm) |
|----|--------------|---|--|---|---|--|
| 1  | 0.00         | 0   | 0,184  | 0,341   | 0,892   | 1,300  |
| 2  | 0.10         | 0,080   | 0,228  | 0,477   | 0,909   | 1,375  |
| 3  | 0.25         | 0,090   | 0,235  | 0,499   | 0,923   | 1,407  |
| 4  | 0.50         | 0,100   | 0,243  | 0,505   | 0,949   | 1,448  |
| 5  | 1            | 0,115   | 0,249  | 0,518   | 0,969   | 1,491  |
| 6  | 2            | 0,130   | 0,265  | 0,526   | 1,036   | 1,628  |
| 7  | 4            | 0,142   | 0,283  | 0,544   | 1,091   | 1,712  |
| 8  | 8            | 0,150   | 0,299  | 0,602   | 1,134   | 1,783  |
| 9  | 15           | 0,156   | 0,315  | 0,698   | 1,198   | 1,801  |
| 10 | 30           | 0,159   | 0,319  | 0,751   | 1,229   | 1,816  |
| 11 | 60           | 0,164   | 0,326  | 0,825   | 1,256   | 1,864  |
| 12 | 120          | 0,168   | 0,330  | 0,846   | 1,273   | 1,885  |
| 13 | 240          | 0,171   | 0,335  | 0,855   | 1,281   | 1,905  |
| 14 | 480          | 0,175   | 0,338  | 0,875   | 1,291   | 1,925  |
| 15 | 1440         | 0,184   | 0,341  | 0,892   | 1,300   | 1,940  |

| OBSERVACIONES:<br>NINGUNA   |   |   |
|---|---|---|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO  | ASESOR  |
|  |  |  |
| NOMBRE: Evelina G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martinez   | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 21/11/22   | FECHA: 21/11/22   | FECHA: 21/11/22   |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |                    |                          |
|---|--|--------------------|--------------------------|
| PROTOCOLO   |  |                    |                          |
| ENSAYO:   | CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL   |                    |                          |
| NORMA:  | ASTM D2435   |                    |                          |
| TESIS:  | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |                    |                          |
| CALICATA:   | C-4  | ESTRATO:           | E-4                      |
| UBICACIÓN:  | Santa Barbara  | TIPO DE MATERIAL:  | Suelo Arcilloso          |
| FECHA DE MUESTREO:  | 16/10/22   | COLOR DE MATERIAL: | Plomo                    |
| FECHA DE ENSAYO:  | 28/11/22   | RESPONSABLE:       | Evelina G. Llanos Flores |
|   |  | REVISADO POR:      | Henry Villanueva Bazán   |

| PESO DE MUESTRA     |          |          |          |
|---------------------|----------|----------|----------|
| MUESTRA             | INICIAL  | FINAL    | SECA     |
| ANILLO N°           |          | A-2      |          |
| DIAMETRO DEL ANILLO |          | 6,33 cm  |          |
| ALTURA DEL ANILLO   |          | 2,53 cm  |          |
| PESO ANILLO         |          | 109,1 g  |          |
| PESO ANILLO + SUELO | 251 g    | 260,13 g |          |
| PESO SUELO          | 141,90 g | 151,03 g | 135,17 g |

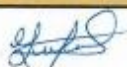


| GRAVEDAD ESPECÍFICA Gs    |     |       |  |
|---------------------------|-----|-------|--|
| DESCRIPCIÓN               | UND |       |  |
| PICNÓMETRO                | N°  | 1     |  |
| PESO DEL SUELO SECO       | gr  | 100   |  |
| W1: picnóm. + agua+ suelo | gr  | 644,6 |  |
| W2: picnóm. + agua        | gr  | 706,5 |  |
| Gs                        |     | 2,62  |  |

| PROPIEDADES                   |                    |       |
|-------------------------------|--------------------|-------|
| DESCRIPCIÓN                   | UND                |       |
| GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL SUELO | Gs                 | 2,62  |
| HUMEDAD                       | W%                 | 11,73 |
| PESO UNITARIO DEL AGUA        | gr/cm <sup>3</sup> | 1     |
| ALTURA DE SÓLIDOS Hs          | cm                 | 1,64  |

| OBSERVACIONES:  |   |   |
|---|---|---|
| NINGUNA   |   |   |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO  | ASESOR  |
|  |  |  |
| NOMBRE: Evelina G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martinez   | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 28/11/22   | FECHA: 28/11/22   | FECHA: 28/11/22   |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |               |                          |                   |                 |
|---|--|---------------|--------------------------|-------------------|-----------------|
| PROTOCOLO   |  |               |                          |                   |                 |
| ENSAYO:   | CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL   |               |                          |                   |                 |
| NORMA:  | ASTM D2435   |               |                          |                   |                 |
| TESIS:  | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |               |                          |                   |                 |
| CALICATA:   | C-4  | ESTRATO:      | E-4                      | TIPO DE MATERIAL: | Suelo Arcilloso |
| UBICACIÓN:  | Santa Barbara  |               | COLOR DE MATERIAL:       | Plomo             |                 |
| FECHA DE MUESTREO:  | 16/10/22   | RESPONSABLE:  | Evelina G. Llanos Flores |                   |                 |
| FECHA DE ENSAYO:  | 28/11/22   | REVISADO POR: | Henry Villanueva Bazán   |                   |                 |

|    | Tiempo (min) | PRESIÓN: 0,25 Kg/cm <sup>2</sup><br>Deformación E(mm) | PRESIÓN: 0,5 Kg/cm <sup>2</sup><br>Deformación E(mm) | PRESIÓN: 1 Kg/cm <sup>2</sup><br>Deformación E(mm) | PRESIÓN: 2 Kg/cm <sup>2</sup><br>Deformación E(mm) | PRESIÓN: 4 Kg/cm <sup>2</sup><br>Deformación E(mm) |
|----|--------------|---|--|--|--|--|
| 1  | 0.00         | 0   | 0,090  | 0,201  | 0,412  | 0,690  |
| 2  | 0.10         | 0,008   | 0,108  | 0,209  | 0,462  | 0,760  |
| 3  | 0.25         | 0,015   | 0,111  | 0,215  | 0,473  | 0,770  |
| 4  | 0.50         | 0,018   | 0,119  | 0,225  | 0,489  | 0,780  |
| 5  | 1            | 0,021   | 0,125  | 0,229  | 0,512  | 0,800  |
| 6  | 2            | 0,024   | 0,135  | 0,232  | 0,538  | 0,814  |
| 7  | 4            | 0,028   | 0,142  | 0,247  | 0,557  | 0,824  |
| 8  | 8            | 0,035   | 0,151  | 0,266  | 0,582  | 0,852  |
| 9  | 15           | 0,043   | 0,160  | 0,298  | 0,599  | 0,878  |
| 10 | 30           | 0,054   | 0,171  | 0,324  | 0,619  | 0,904  |
| 11 | 60           | 0,067   | 0,182  | 0,345  | 0,643  | 0,935  |
| 12 | 120          | 0,078   | 0,186  | 0,374  | 0,664  | 0,965  |
| 13 | 240          | 0,081   | 0,189  | 0,388  | 0,676  | 0,984  |
| 14 | 480          | 0,085   | 0,196  | 0,395  | 0,682  | 0,995  |
| 15 | 1440         | 0,090   | 0,201  | 0,412  | 0,690  | 1,002  |

| OBSERVACIONES:<br>NINGUNA   |   |   |
|---|---|---|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO  | ASESOR  |
|  |  |  |
| NOMBRE: EVELINA G. LLANOS FLORES  | NOMBRE: Jorge L. Hoyos Martinez   | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 05/11/22   | FECHA: 28/11/22   | FECHA: 28/11/22   |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |                    |                          |                                   |
|---|--|--------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| PROTOCOLO   |  |                    |                          |                                   |
| ENSAYO:   | CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL   |                    |                          |                                   |
| NORMA:  | ASTM D2435   |                    |                          |                                   |
| TESIS:  | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |                    |                          |                                   |
| CALICATA:   | C-5  | ESTRATO:           | E-3                      | TIPO DE MATERIAL: Suelo Arcilloso |
| UBICACIÓN:  | Santa Barbara  | COLOR DE MATERIAL: | Plomo                    |                                   |
| FECHA DE MUESTREO:  | 16/10/22   | RESPONSABLE:       | Evelina G. Llanos Flores |                                   |
| FECHA DE ENSAYO:  | 05/12/22   | REVISADO POR:      | Henry Villanueva Bazán   |                                   |

| PESO DE MUESTRA     |          |          |          |
|---------------------|----------|----------|----------|
| MUESTRA             | INICIAL  | FINAL    | SECA     |
| ANILLO N°           | A-1      |          |          |
| DIAMETRO DEL ANILLO | 6,33 cm  |          |          |
| ALTURA DEL ANILLO   | 2,53 cm  |          |          |
| PESO ANILLO         | 109,49 g |          |          |
| PESO ANILLO + SUELO | 247,48 g | 258,87 g |          |
| PESO SUELO          | 138,44 g | 149,38 g | 133,33 g |




  

| GRAVEDAD ESPECÍFICA Gs     |     |       |  |
|----------------------------|-----|-------|--|
| DESCRIPCIÓN                | UND |       |  |
| PICNÓMETRO                 | N°  | 1     |  |
| PESO DEL SUELO SECO        | gr  | 100   |  |
| W1: picnóm. + agua + suelo | gr  | 644,8 |  |
| W2: picnóm. + agua         | gr  | 706,1 |  |
| Gs                         |     | 2,58  |  |

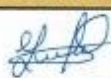
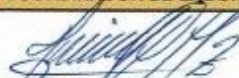

| PROPIEDADES                   |                    |       |
|-------------------------------|--------------------|-------|
| DESCRIPCIÓN                   | UND                |       |
| GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL SUELO | Gs                 | 2,58  |
| HUMEDAD                       | W%                 | 12,04 |
| PESO UNITARIO DEL AGUA        | gr/cm <sup>3</sup> | 1     |
| ALTURA DE SÓLIDOS Hs          | cm                 | 1,64  |

| OBSERVACIONES:  |   |   |
|---|---|---|
| NINGUNA   |   |   |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO  | ASESOR  |
|  |  |  |
| NOMBRE: Evelina G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Llanos Martinez  | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 05/12/22   | FECHA: 05/12/22   | FECHA: 05/12/22   |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |                    |                          |
|---|--|--------------------|--------------------------|
| PROTOCOLO   |  |                    |                          |
| ENSAYO:   | CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL   |                    |                          |
| NORMA:  | ASTM D2435   |                    |                          |
| TESIS:  | CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD, LÍMITES DE ATTERBERG Y LA CONSOLIDACIÓN EN SUELOS ARCILLOSOS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA SANTA BARBARA, CAJAMARCA, 2022 |                    |                          |
| CALICATA:   | C-5  | ESTRATO:           | E-3                      |
| UBICACIÓN:  | Santa Barbara  | TIPO DE MATERIAL:  | Suelo Arcilloso          |
| FECHA DE MUESTREO:  | 16/10/22   | COLOR DE MATERIAL: | Plomo                    |
| FECHA DE ENSAYO:  | 05/12/22   | RESPONSABLE:       | Evelina G. Llanos Flores |
|   |  | REVISADO POR:      | Henry Villanueva Bazán   |

|    | Tiempo (min) | PRESIÓN: 0.25 Kg/cm <sup>2</sup><br>Deformación E(mm) | PRESIÓN: 0.5 Kg/cm <sup>2</sup><br>Deformación E(mm) | PRESIÓN: 1 Kg/cm <sup>2</sup><br>Deformación E(mm) | PRESIÓN: 2 Kg/cm <sup>2</sup><br>Deformación E(mm) | PRESIÓN: 4 Kg/cm <sup>2</sup><br>Deformación E(mm) |
|----|--------------|---|--|--|--|--|
| 1  | 0.00         | 0   | 0,174  | 0,204  | 0,310  | 0,445  |
| 2  | 0.10         | 0,002   | 0,175  | 0,208  | 0,326  | 0,472  |
| 3  | 0.25         | 0,002   | 0,176  | 0,210  | 0,336  | 0,484  |
| 4  | 0.50         | 0,004   | 0,178  | 0,216  | 0,342  | 0,492  |
| 5  | 1            | 0,008   | 0,182  | 0,220  | 0,352  | 0,507  |
| 6  | 2            | 0,016   | 0,184  | 0,230  | 0,357  | 0,518  |
| 7  | 4            | 0,022   | 0,185  | 0,242  | 0,362  | 0,526  |
| 8  | 8            | 0,024   | 0,189  | 0,255  | 0,374  | 0,534  |
| 9  | 15           | 0,034   | 0,195  | 0,273  | 0,388  | 0,556  |
| 10 | 30           | 0,052   | 0,200  | 0,284  | 0,401  | 0,576  |
| 11 | 60           | 0,098   | 0,201  | 0,295  | 0,414  | 0,603  |
| 12 | 120          | 0,148   | 0,202  | 0,303  | 0,427  | 0,620  |
| 13 | 240          | 0,164   | 0,203  | 0,305  | 0,439  | 0,624  |
| 14 | 480          | 0,172   | 0,204  | 0,309  | 0,441  | 0,633  |
| 15 | 1440         | 0,174   | 0,204  | 0,310  | 0,445  | 0,642  |

| OBSERVACIONES:<br>NINGUNA   |   |   |
|---|---|---|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO  | ASESOR  |
|  |  |  |
| NOMBRE: Evelina G. Llanos Flores  | NOMBRE: Jorge L. Llanos Martinez  | NOMBRE: Henry Villanueva  |
| FECHA: 05/12/22   | FECHA: 05/12/22   | FECHA: 05/12/22   |

ANEXO 06: Resultados de consolidación de suelos.

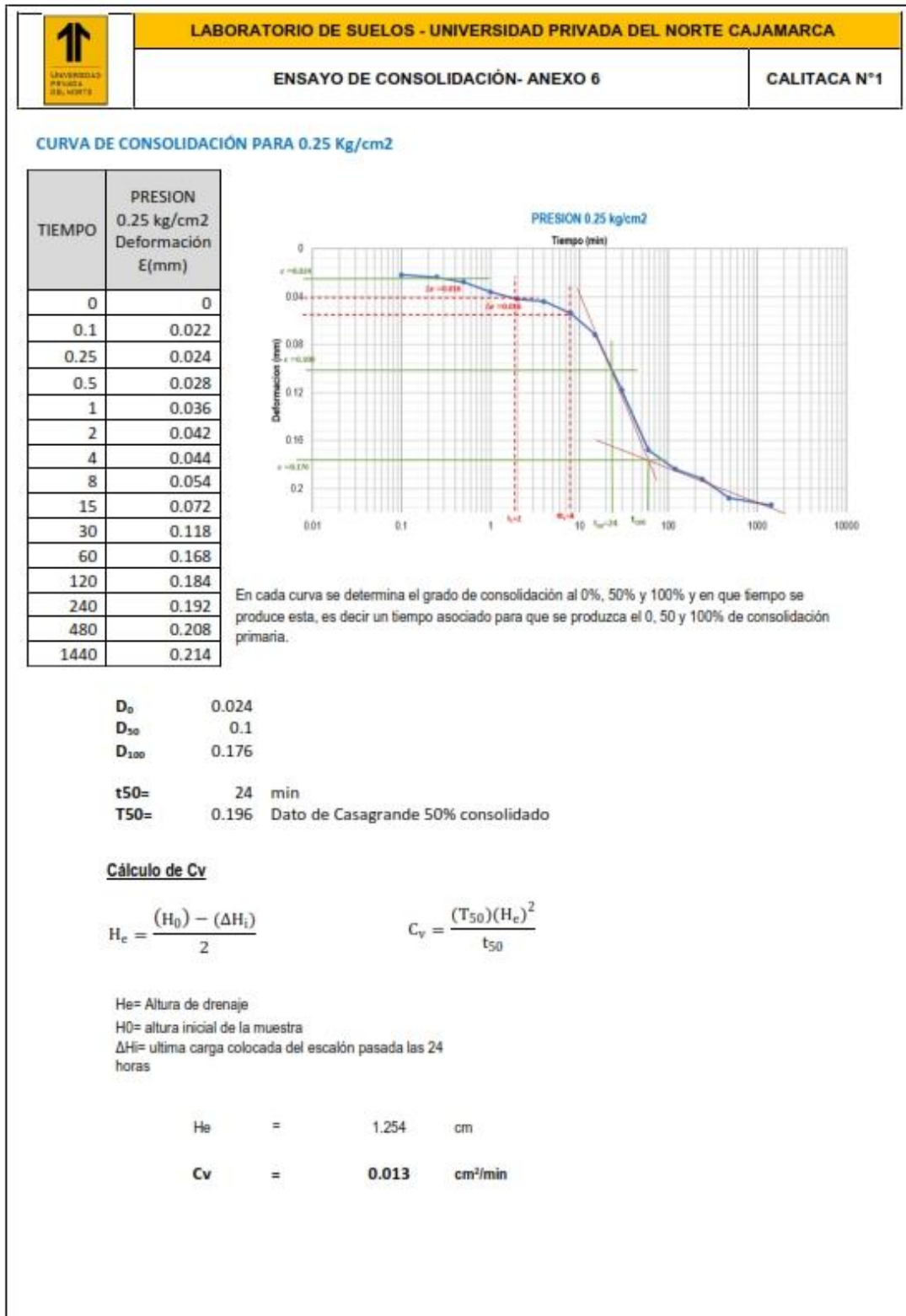
| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |        |                   |  |              |  |
|---|--------|-------------------|--|--------------|--|
| ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN- ANEXO 6                                |        |                   |  | CALITACA N°1 |  |
| <b>DATOS:</b>   |        |                   |  |              |  |
| Número del anillo   | A1     |                   |  |              |  |
| Altura del anillo   | 2.53   | cm                |  |              |  |
| Área del anillo   | 31.47  | cm <sup>2</sup>   |  |              |  |
| Peso del molde  | 109.49 | g                 |  |              |  |
| Peso del molde +suelo (inicial)                                 | 254.97 | g                 |  |              |  |
| Peso del molde +suelo húmedo (final)                            | 266.11 | g                 |  |              |  |
| Peso del suelo en estado natural                                | 145.48 | g                 |  |              |  |
| Peso del suelo húmedo (final)                                   | 156.62 | g                 |  |              |  |
| Peso de la Tara   | 27.53  | g                 |  |              |  |
| Peso del suelo húmedo + tara                                    | 184.15 | g                 |  |              |  |
| Peso del suelo seco + tara                                      | 162.01 | g                 |  |              |  |
| Peso del suelo húmedo (final)                                   | 156.62 | g                 |  |              |  |
| Peso del suelo seco (final)                                     | 134.48 | g                 |  |              |  |
| Peso unitario del agua  | 1.00   | g/cm <sup>3</sup> |  |              |  |
| Diámetro del anillo   | 6.33   | cm                |  |              |  |
| Altura de solidos (H <sub>s</sub> )                             | 1.68   | cm                |  |              |  |
| G <sub>s</sub>  | 2.55   |                   |  |              |  |

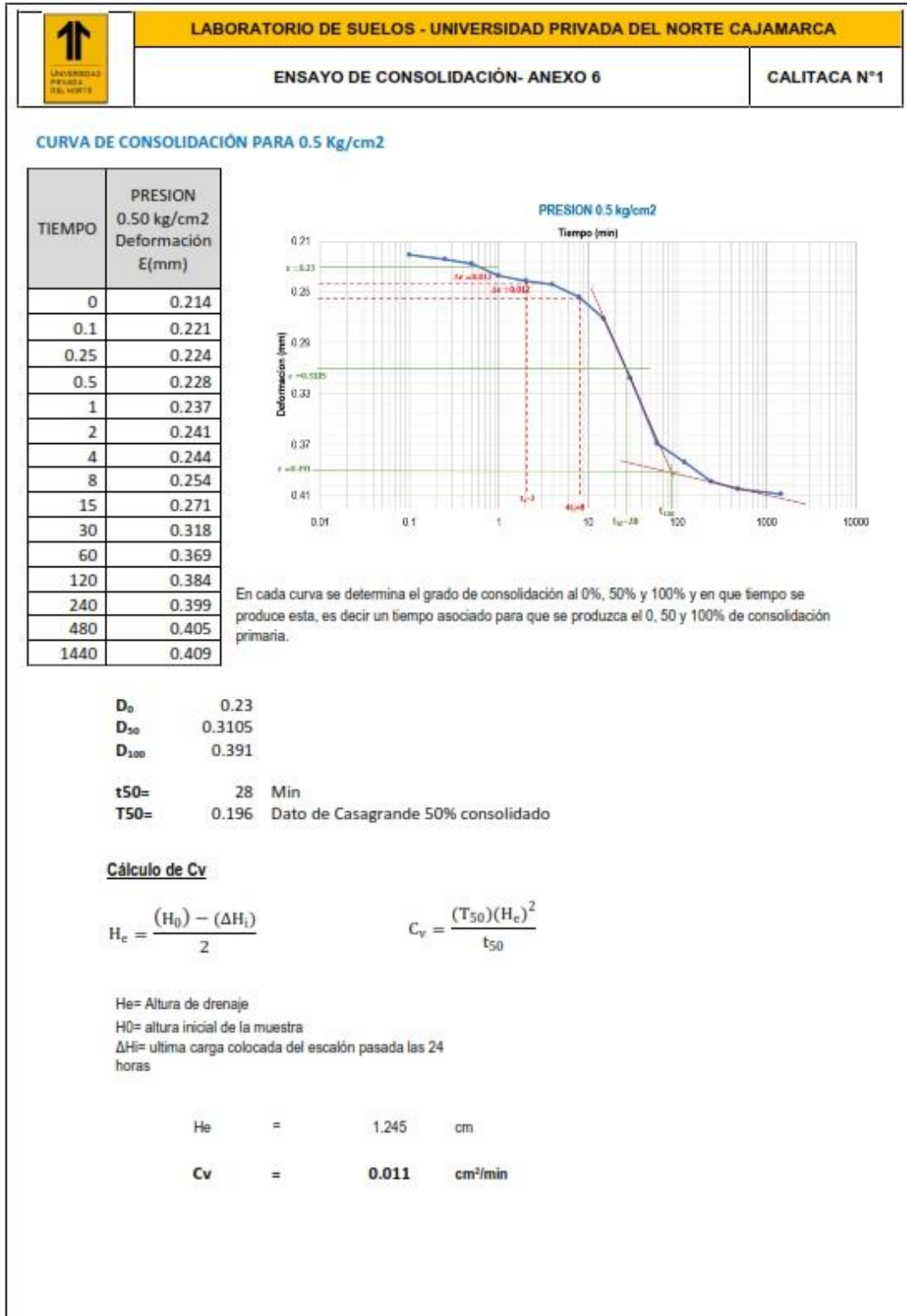
| TIEMPO | PRESION 0.25<br>Kg/cm2<br>Deformación<br>E(mm) | PRESION 0.5<br>Kg/cm2<br>Deformación<br>E(mm) | PRESION 1<br>Kg/cm2<br>Deformación<br>E(mm) | PRESION 2<br>Kg/cm2<br>Deformación<br>E(mm) | PRESION 4<br>Kg/cm2<br>Deformación<br>E(mm) |
|--------|--|---|---|---|---|
| 0      | 0  | 0.214   | 0.409                                       | 0.713                                       | 1.105                                       |
| 0.1    | 0.022  | 0.221   | 0.515                                       | 0.964                                       | 1.124                                       |
| 0.25   | 0.024  | 0.224   | 0.524                                       | 0.966                                       | 1.161                                       |
| 0.5    | 0.028  | 0.228   | 0.53  | 0.972                                       | 1.212                                       |
| 1      | 0.036  | 0.237   | 0.539                                       | 0.978                                       | 1.255                                       |
| 2      | 0.042  | 0.241   | 0.543                                       | 0.981                                       | 1.341                                       |
| 4      | 0.044  | 0.244   | 0.548                                       | 0.991                                       | 1.411                                       |
| 8      | 0.054  | 0.254   | 0.559                                       | 1.014                                       | 1.486                                       |
| 15     | 0.072  | 0.271   | 0.571                                       | 1.056                                       | 1.536                                       |
| 30     | 0.118  | 0.318   | 0.618                                       | 1.076                                       | 1.586                                       |
| 60     | 0.168  | 0.369   | 0.671                                       | 1.09  | 1.673                                       |
| 120    | 0.184  | 0.384   | 0.689                                       | 1.097                                       | 1.747                                       |
| 240    | 0.192  | 0.399   | 0.701                                       | 1.099                                       | 1.781                                       |
| 480    | 0.208  | 0.405   | 0.706                                       | 1.105                                       | 1.805                                       |
| 1440   | 0.214  | 0.409   | 0.713                                       | 1.105                                       | 1.823                                       |

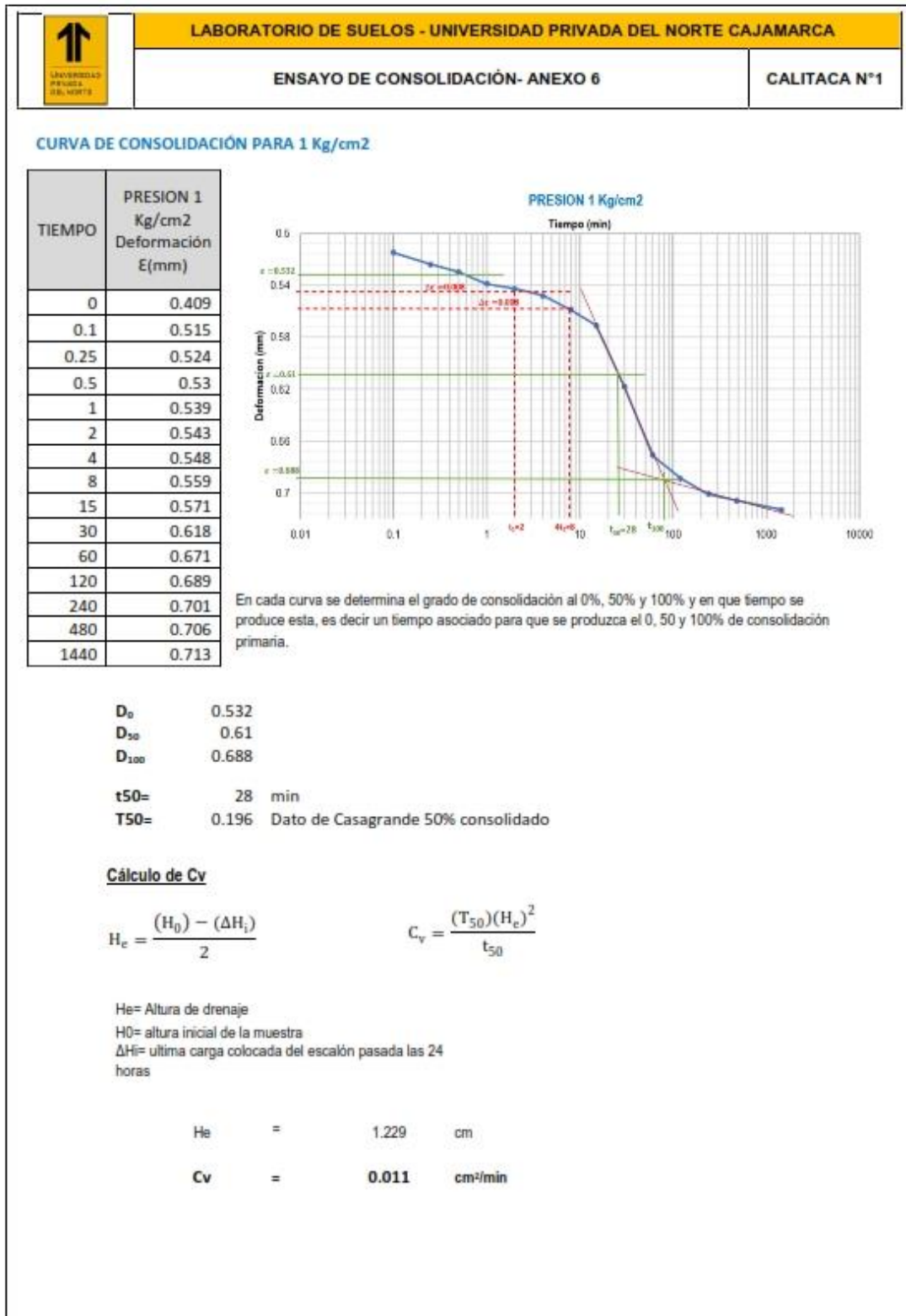
  

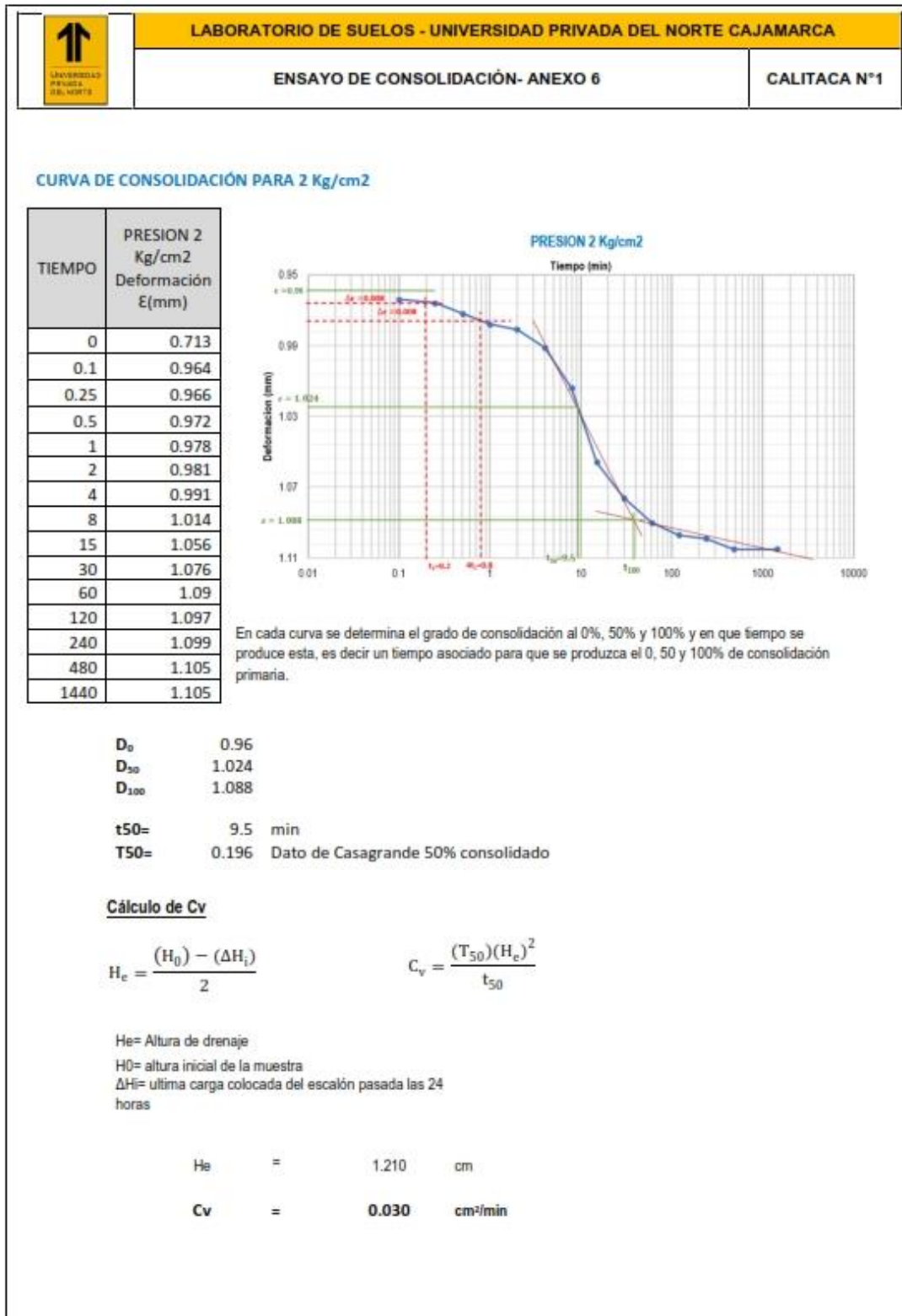
| Carga aplicada<br>Kg/cm2 | Lectura final (cm) | Variación de la altura del espécimen,<br>$\Delta H$ (cm)<br>$\Delta H=L_s-L_{cur}$ | Altura final del espécimen, H <sub>f</sub> (cm)<br>$H=H_i-\Delta H$ | Altura de vacios, H <sub>v</sub> (cm)<br>$H_v=H_i-H_s$ | Relación de vacios final, e<br>$e= H_v/H_s$ | Altura promedio durante la consolidación<br>$(H+H_{i-1})/2$ |
|--------------------------|--------------------|--|---|--|---|---|
| 0                        | 0                  | 0.000  | 2.53  | 0.85   | 0.509733537                                 |   |
| 0.25                     | 0.0214             | 0.021  | 2.51  | 0.83   | 0.496963459                                 | 2.5193  |
| 0.5                      | 0.0409             | 0.041  | 2.49  | 0.81   | 0.485327173                                 | 2.49885   |
| 1                        | 0.0713             | 0.071  | 2.46  | 0.78   | 0.467186501                                 | 2.4739  |
| 2                        | 0.1105             | 0.111  | 2.42  | 0.74   | 0.443794582                                 | 2.4391  |
| 4                        | 0.1823             | 0.182  | 2.35  | 0.67   | 0.40094918                                  | 2.3836  |

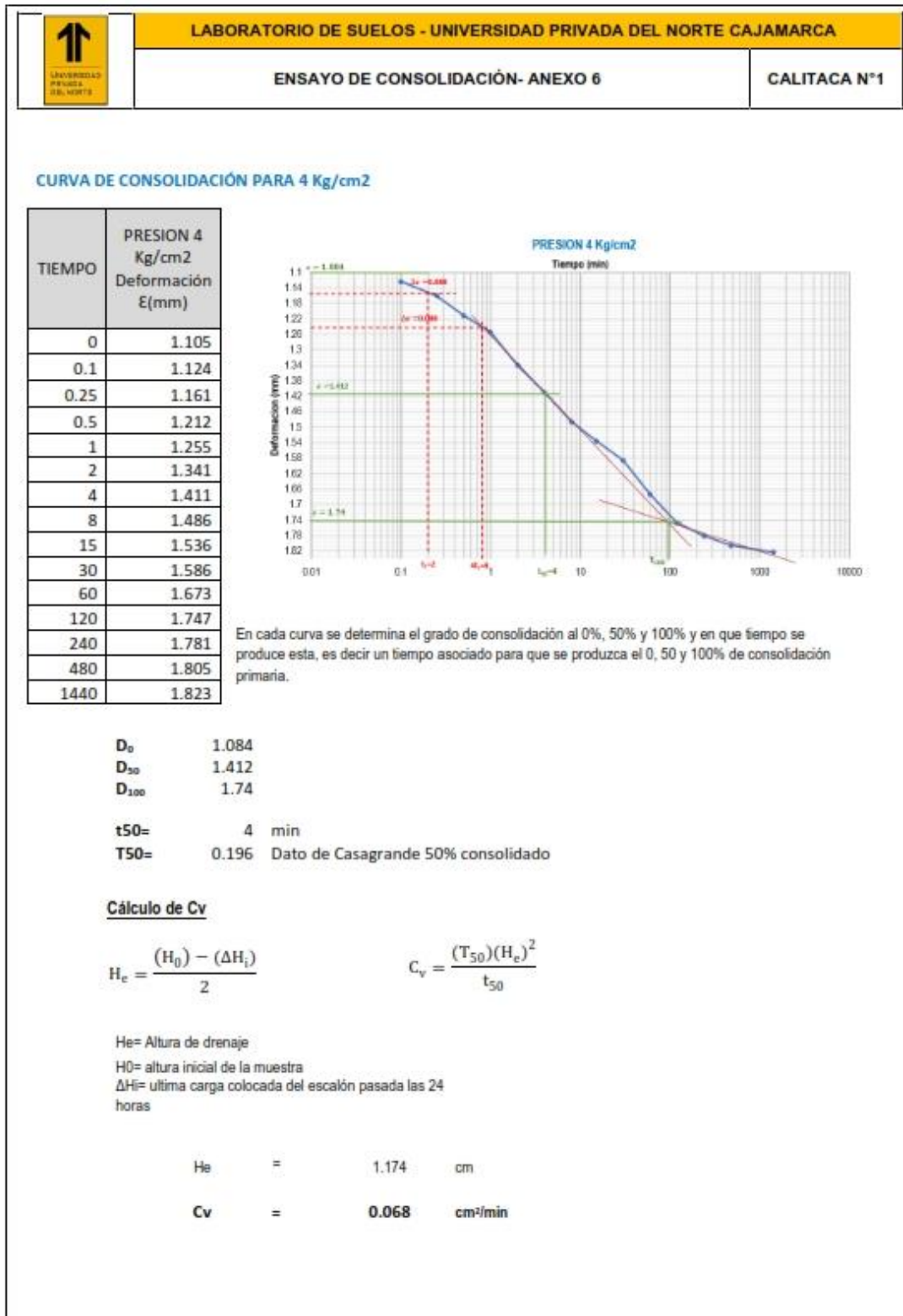













|   |  |
|---|--|
|  | <b>LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b> |
| <b>ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN- ANEXO 6</b>   | <b>CALITACA N°1</b>  |

**CUADRO RESUMEN DE CONSOLIDACIÓN**

| Carga aplicada Kg/cm <sup>2</sup> | Relación de vacíos final, e<br>e= Hv/Hs | a <sub>v</sub><br>cm <sup>2</sup> /kg | m <sub>v</sub><br>cm <sup>2</sup> /kg | C <sub>v</sub><br>cm <sup>2</sup> /min | k<br>cm/seg     |
|-----------------------------------|---|---------------------------------------|---------------------------------------|--|-----------------|
| 0                                 | 0.509734                                | 0.051080                              | 0.033834                              | -                                      | -               |
| 0.25                              | 0.496963                                | 0.046545                              | 0.031093                              | 0.013                                  | 6.53E-09        |
| 0.5                               | 0.485327                                | 0.036281                              | 0.024426                              | 0.011                                  | 4.33E-09        |
| 1                                 | 0.467187                                | 0.023392                              | 0.015943                              | 0.011                                  | <b>2.76E-09</b> |
| 2                                 | 0.443795                                | 0.021423                              | 0.014838                              | 0.030                                  | 7.33E-09        |
| 4                                 | 0.400949                                |                                       |                                       |  |                 |

**FORMULAS:**

$$m_v = \frac{a_v}{1 + e_0}$$

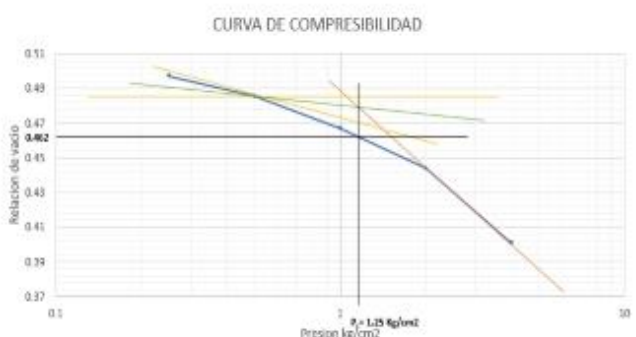
$$a_v = \frac{\Delta e}{\Delta \sigma}$$

$$C_v = \frac{K}{\gamma_w m_v}$$

**CURVA DE COMPRESIBILIDAD**

| Carga aplicada Kg/cm <sup>2</sup> | Relación de vacíos final, e<br>e= Hv/Hs |
|-----------------------------------|---|
| 0                                 | 0.509733537                             |
| 0.25                              | 0.496963459                             |
| 0.5                               | 0.485327173                             |
| 1                                 | 0.467186501                             |
| 2                                 | 0.443794582                             |
| 4                                 | 0.40094918                              |



**DATOS**

|                  |            |
|------------------|------------|
| P <sub>1</sub> = | 1.25       |
| P <sub>2</sub> = | 4          |
| e <sub>1</sub> = | 0.462      |
| e <sub>2</sub> = | 0.40094918 |

$$C_c = \frac{e_1 - e_2}{\log(\sigma_2'/\sigma_1')}$$

**C<sub>c</sub> = 0.121 cm<sup>2</sup>/kg**

**ASENTAMIENTO DEL SUELO CUANDO ESTA SOMETIDO A UNA CARGA DE 15 Ton**

|                    |                          |    |          |
|--------------------|--------------------------|----|----------|
| P=                 | 15 Tn                    | S= | 3.000 cm |
| C <sub>c</sub> =   | 0.121 kg/cm <sup>2</sup> |    | 30.00 mm |
| γ=                 | 2.55                     |    |          |
| H=                 | 0.4 m <sup>2</sup>       |    |          |
| e <sub>0</sub> =   | 0.509733537              |    |          |
| σ' <sub>0</sub> =  | 0.102 kg/cm <sup>2</sup> |    |          |
| Δσ' <sub>0</sub> = | 0.78 kg/cm <sup>2</sup>  |    |          |

$$S = \frac{C_c H}{1 + e_0} \log\left(\frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma'}{\sigma'_0}\right)$$

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |                     |
|---|---------------------|
| <b>ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN- ANEXO 6</b>                         | <b>CALITACA N°2</b> |

**DATOS:**

|                                      |        |                 |
|--------------------------------------|--------|-----------------|
| Número del anillo                    | A2     |                 |
| Altura del anillo                    | 2.53   | cm              |
| Area del anillo                      | 31.47  | cm <sup>2</sup> |
| Peso del molde                       | 109.1  | g               |
| Peso del molde +suelo (inicial)      | 249.29 | g               |
| Peso del molde +suelo húmedo (final) | 257.56 | g               |
| Peso del suelo en estado natural     | 140.19 | g               |
| Peso del suelo húmedo (final)        | 148.46 | g               |
| Peso de la Tara                      | 26.53  | g               |
| Peso del suelo húmedo + tara         | 174.99 | g               |
| Peso del suelo seco + tara           | 156.70 | g               |
| Peso del suelo húmedo (final)        | 148.46 | g               |
| Peso del suelo seco (final)          | 130.17 | g               |

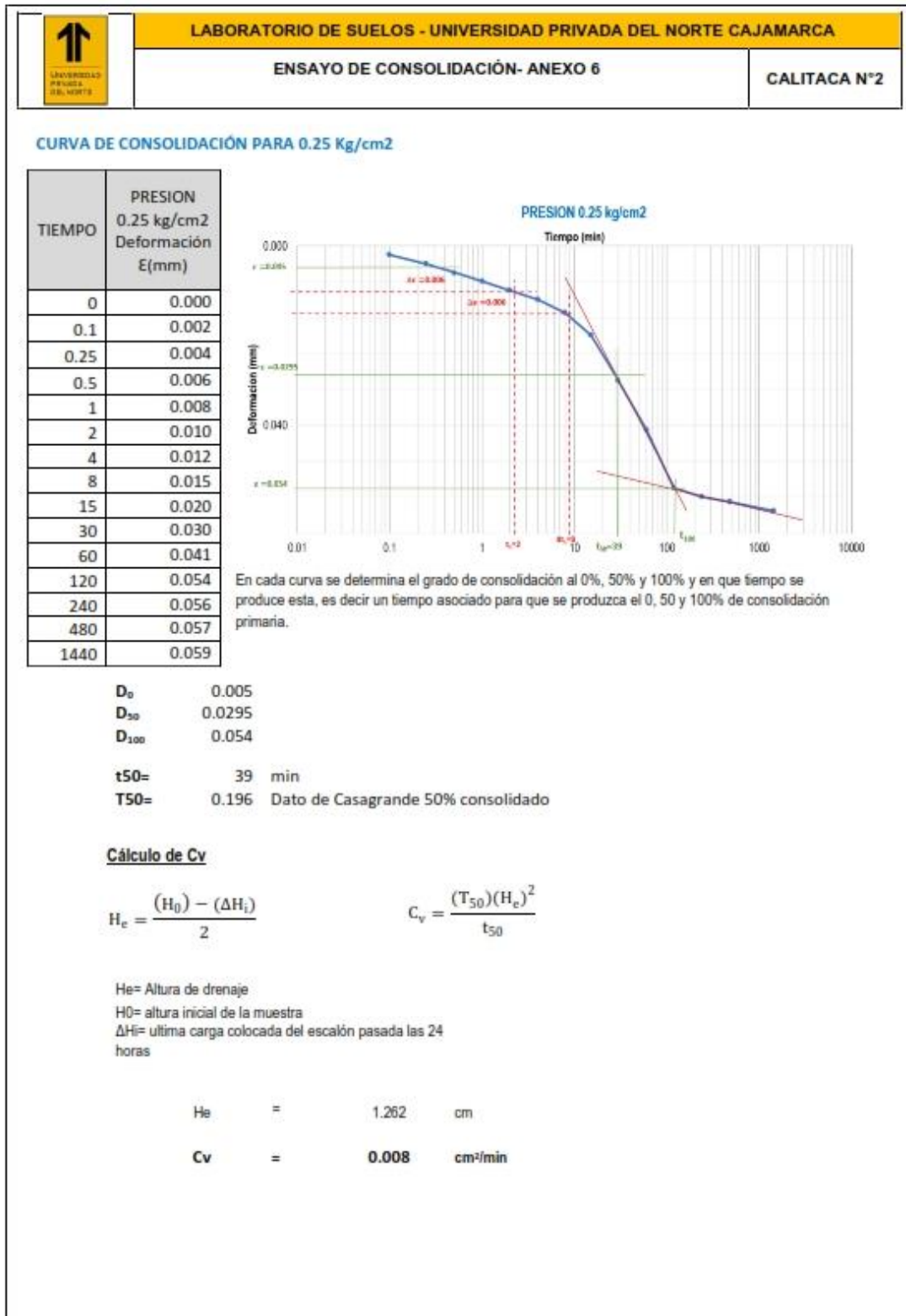
|                        |      |                   |
|------------------------|------|-------------------|
| Peso unitario del agua | 1.00 | g/cm <sup>3</sup> |
| Diámetro del anillo    | 6.33 | cm                |
| Altura de solidos (Hs) | 1.57 | cm                |
| Gs                     | 2.64 |                   |

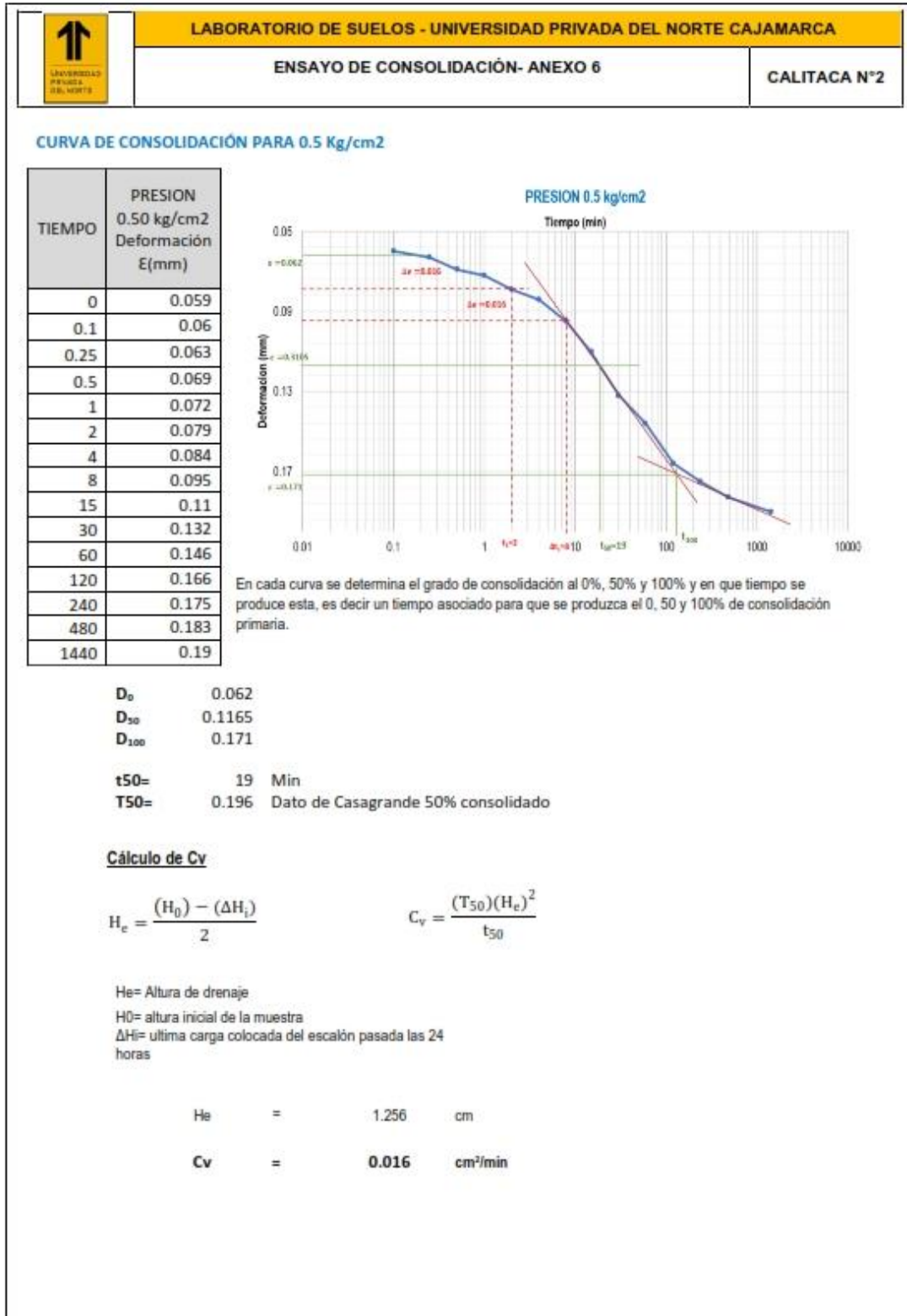
  

| TIEMPO | PRESION 0.25<br>Kg/cm2<br>Deformación<br>E(mm) | PRESION 0.5<br>Kg/cm2<br>Deformación<br>E(mm) | PRESION 1<br>Kg/cm2<br>Deformación<br>E(mm) | PRESION 2<br>Kg/cm2<br>Deformación<br>E(mm) | PRESION 4<br>Kg/cm2<br>Deformación<br>E(mm) |
|--------|--|---|---|---|---|
| 0      | 0.000  | 0.059   | 0.190                                       | 0.602                                       | 0.970                                       |
| 0.1    | 0.002  | 0.060   | 0.229                                       | 0.678                                       | 1.040                                       |
| 0.25   | 0.004  | 0.063   | 0.233                                       | 0.687                                       | 1.049                                       |
| 0.5    | 0.006  | 0.069   | 0.244                                       | 0.697                                       | 1.060                                       |
| 1      | 0.008  | 0.072   | 0.249                                       | 0.709                                       | 1.075                                       |
| 2      | 0.010  | 0.079   | 0.259                                       | 0.725                                       | 1.105                                       |
| 4      | 0.012  | 0.084   | 0.289                                       | 0.747                                       | 1.138                                       |
| 8      | 0.015  | 0.095   | 0.393                                       | 0.770                                       | 1.170                                       |
| 15     | 0.020  | 0.110   | 0.450                                       | 0.806                                       | 1.221                                       |
| 30     | 0.030  | 0.132   | 0.475                                       | 0.835                                       | 1.264                                       |
| 60     | 0.041  | 0.146   | 0.490                                       | 0.857                                       | 1.305                                       |
| 120    | 0.054  | 0.166   | 0.513                                       | 0.875                                       | 1.334                                       |
| 240    | 0.056  | 0.175   | 0.533                                       | 0.891                                       | 1.355                                       |
| 480    | 0.057  | 0.183   | 0.570                                       | 0.913                                       | 1.375                                       |
| 1440   | 0.059  | 0.190   | 0.602                                       | 0.970                                       | 1.404                                       |

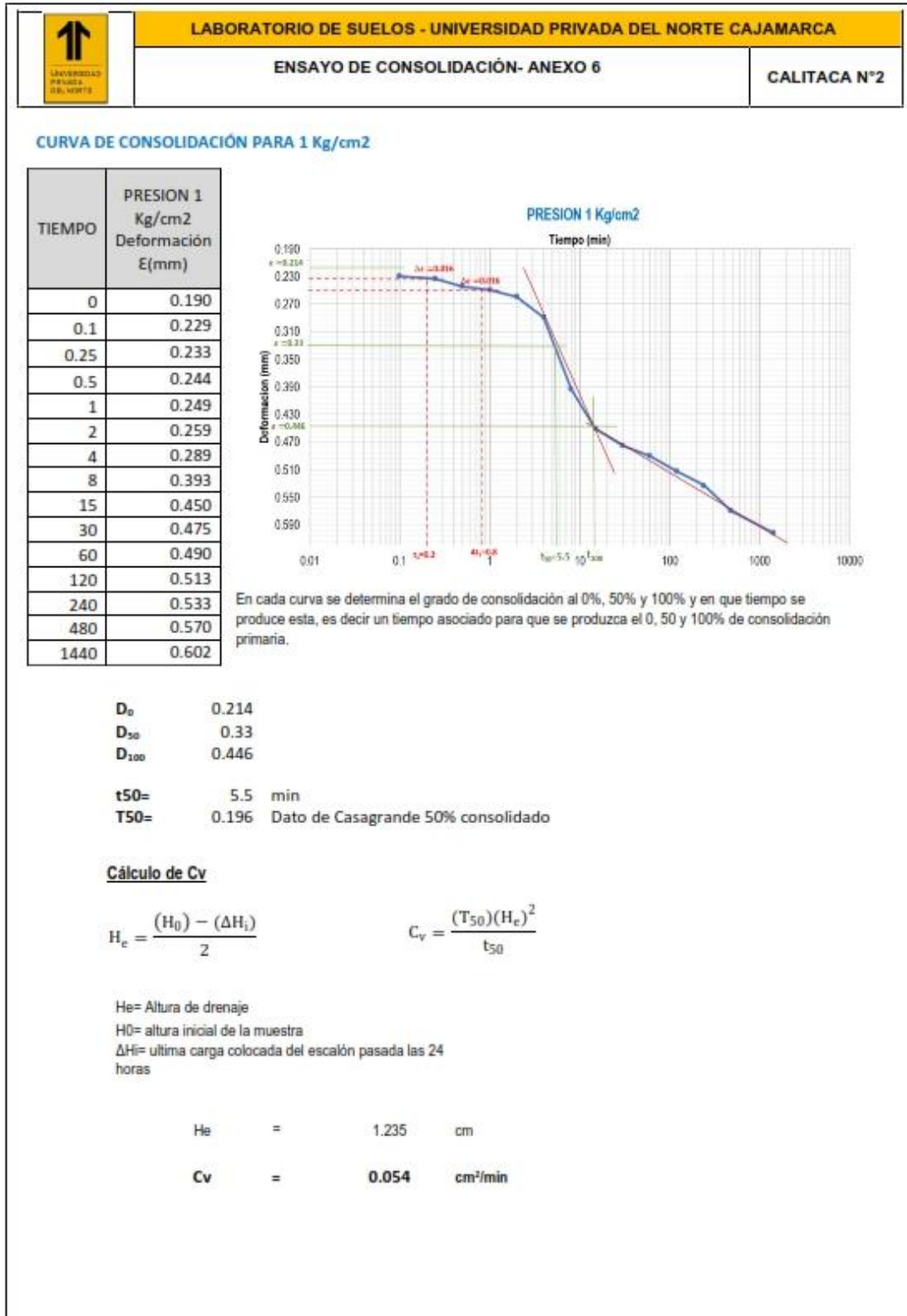
  

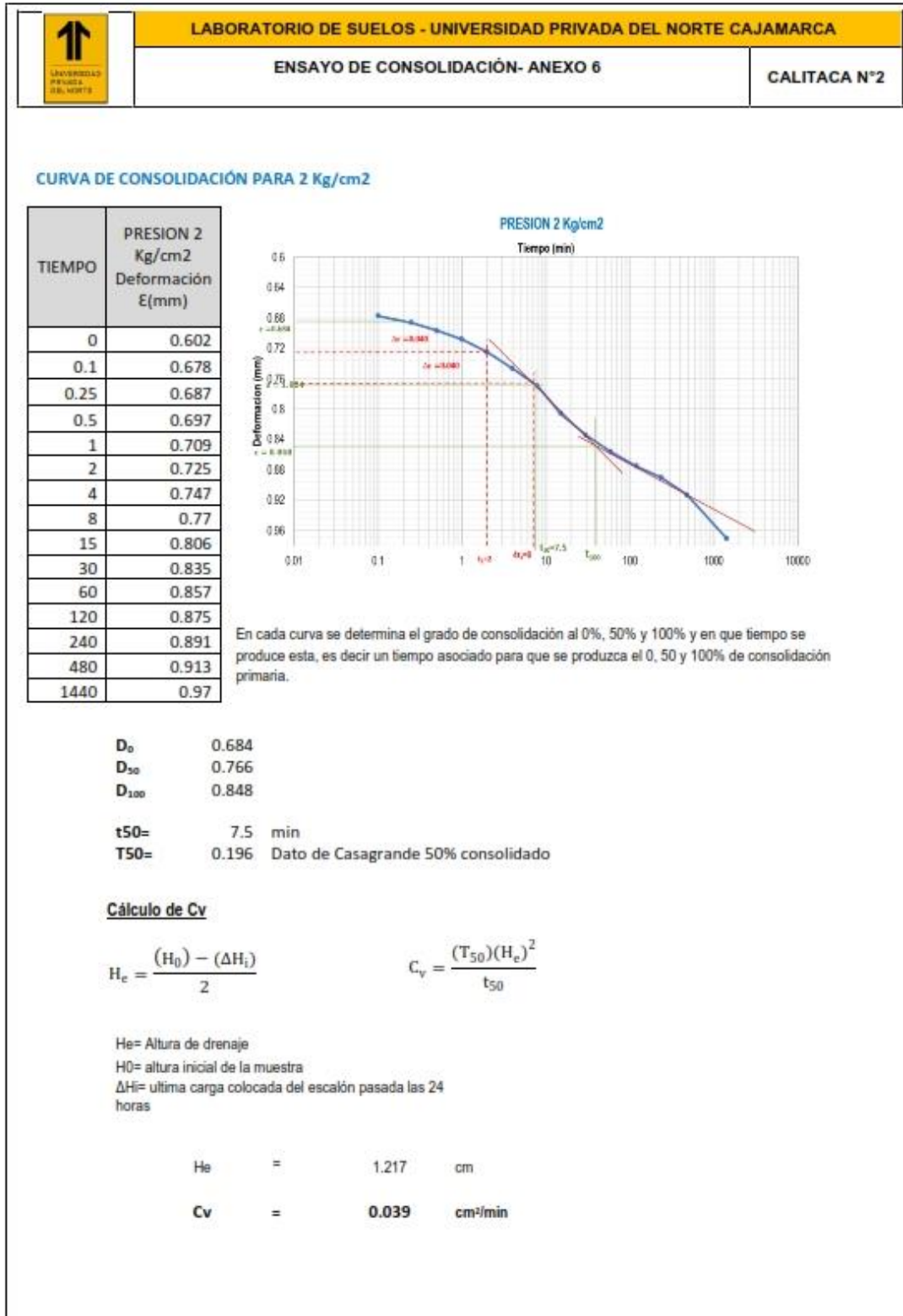
| Carga aplicada<br>Kg/cm2 | Lectura final (cm) | Variación de la altura del espécimen, ΔH (cm)<br>ΔH=L <sub>0</sub> -L <sub>020</sub> | Altura final del espécimen, H <sub>c</sub> (cm)<br>H=H <sub>0</sub> -ΔH | Altura de vacios, H <sub>v</sub> (cm)<br>H <sub>v</sub> =H <sub>0</sub> -H <sub>c</sub> | Relación de vacios final, e<br>e= H <sub>v</sub> /H <sub>c</sub> | Altura promedio durante la consolidación<br>(H+H <sub>c</sub> )/2 |
|--------------------------|--------------------|--|---|---|--|---|
| 0                        | 0                  | 0.000  | 2.53  | 0.96  | 0.614770641  |   |
| 0.25                     | 0.0059             | 0.006  | 2.52  | 0.96  | 0.61100497   | 2.52705   |
| 0.5                      | 0.019              | 0.019  | 2.51  | 0.94  | 0.602643905  | 2.51755   |
| 1                        | 0.0602             | 0.060  | 2.47  | 0.90  | 0.576348035  | 2.4904  |
| 2                        | 0.097              | 0.097  | 2.43  | 0.87  | 0.552860462  | 2.4514  |
| 4                        | 0.1404             | 0.140  | 2.39  | 0.82  | 0.525160444  | 2.4113  |

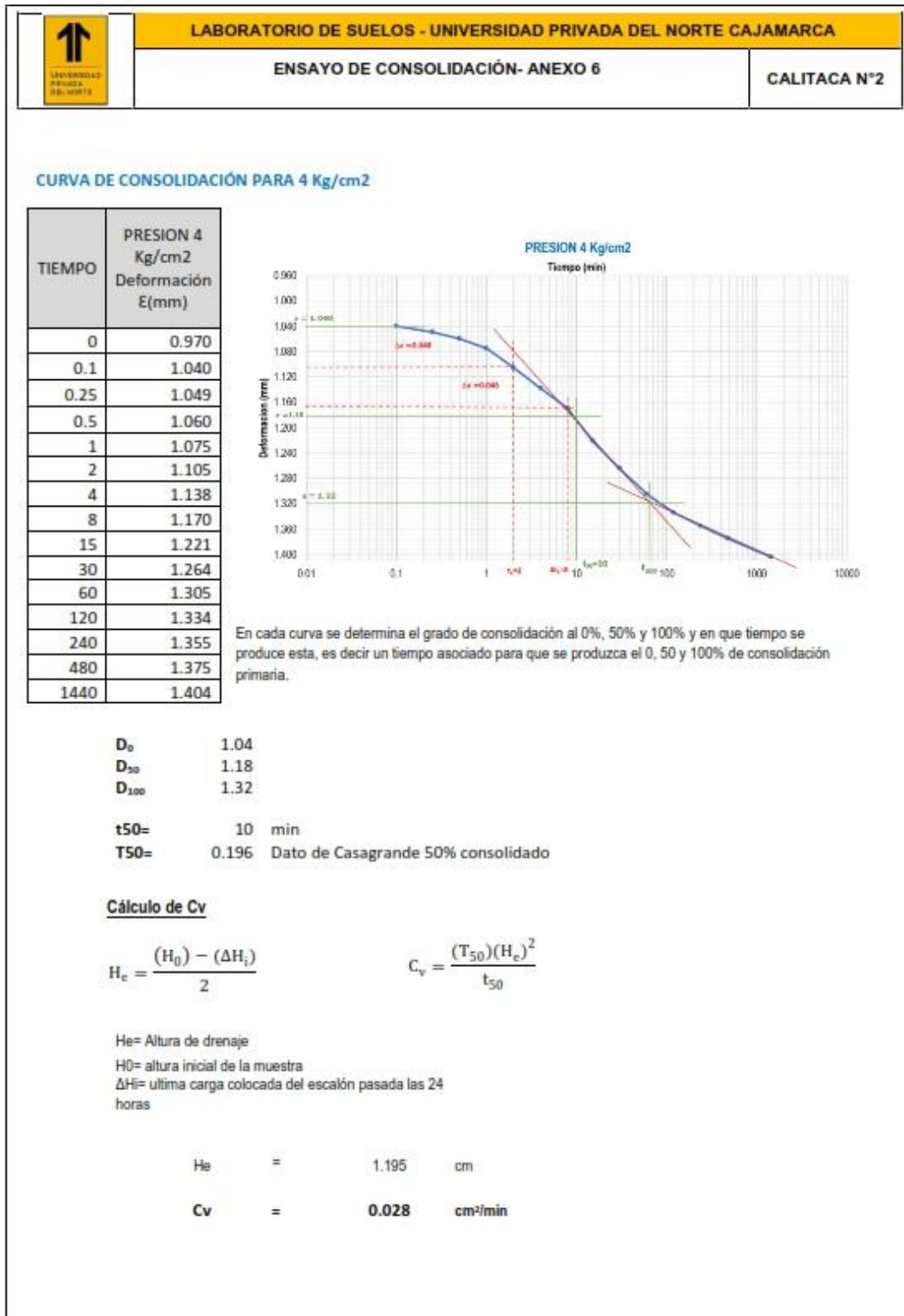













|   |  |
|---|--|
|  | <b>LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b> |
| <b>ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN- ANEXO 6</b>   | <b>GALITACA N°2</b>  |

**CUADRO RESUMEN DE CONSOLIDACIÓN**

| Carga aplicada Kg/cm <sup>2</sup> | Relación de vacíos final, e<br>e= Hv/Hs | a <sub>v</sub><br>cm <sup>2</sup> /kg | m <sub>v</sub><br>cm <sup>2</sup> /kg | C <sub>v</sub><br>cm <sup>2</sup> /min | k<br>cm/seg     |
|-----------------------------------|---|---------------------------------------|---------------------------------------|--|-----------------|
| 0                                 | 0.614771                                | 0.015063                              | 0.009328                              | -                                      | -               |
| 0.25                              | 0.611005                                | 0.033444                              | 0.020760                              | 0.008                                  | <b>2.72E-09</b> |
| 0.5                               | 0.602644                                | 0.052592                              | 0.032816                              | 0.016                                  | 8.72E-09        |
| 1                                 | 0.576348                                | 0.023488                              | 0.014900                              | 0.054                                  | 1.32E-08        |
| 2                                 | 0.552860                                | 0.013850                              | 0.008919                              | 0.039                                  | 5.64E-09        |
| 4                                 | 0.525160                                |                                       |                                       |  |                 |

**FORMULAS:**

$$m_v = \frac{a_v}{1 + e_0}$$

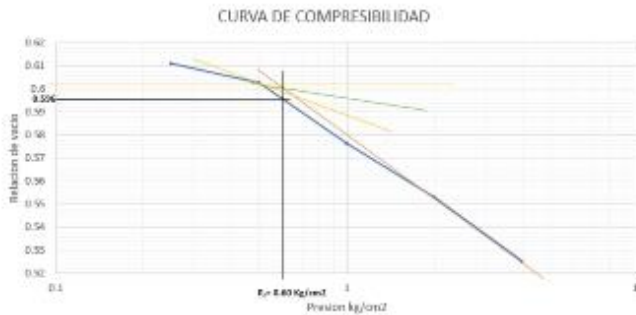
$$a_v = \frac{\Delta e}{\Delta \sigma}$$

$$C_v = \frac{K}{\gamma_w m_v}$$

**CURVA DE COMPRESIBILIDAD**

| Carga aplicada Kg/cm <sup>2</sup> | Relación de vacíos final, e<br>e= Hv/Hs |
|-----------------------------------|---|
| 0                                 | 0.614770641                             |
| 0.25                              | 0.61100497                              |
| 0.5                               | 0.602643905                             |
| 1                                 | 0.576348035                             |
| 2                                 | 0.552860462                             |
| 4                                 | 0.525160444                             |



**DATOS**

|                  |             |
|------------------|-------------|
| P <sub>1</sub> = | 0.6         |
| P <sub>2</sub> = | 4           |
| e <sub>1</sub> = | 0.596       |
| e <sub>2</sub> = | 0.525160444 |

$$C_c = \frac{e_1 - e_2}{\log(\sigma'_2 / \sigma'_1)}$$

**C<sub>c</sub> = 0.086 cm<sup>2</sup>/kg**

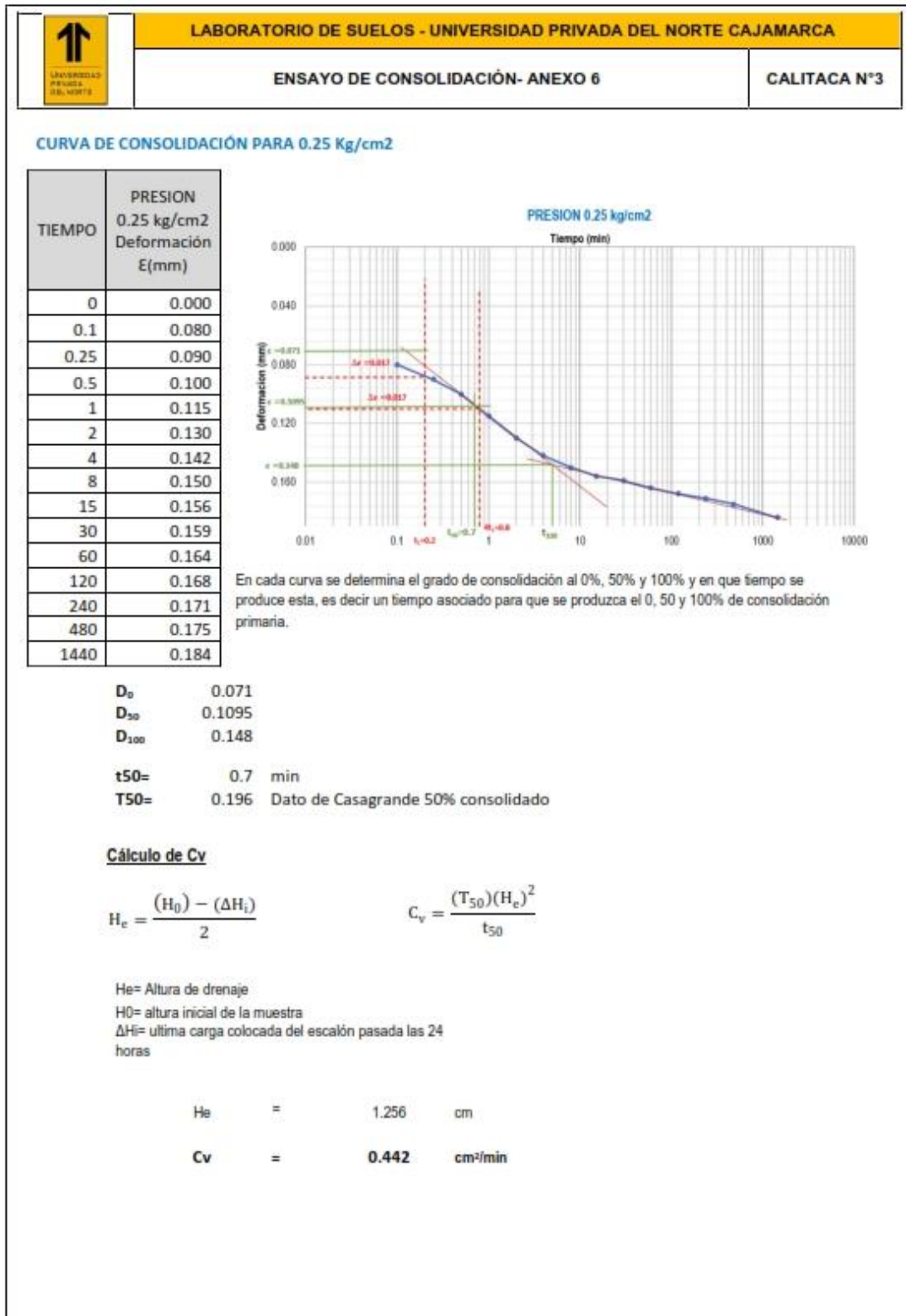
  

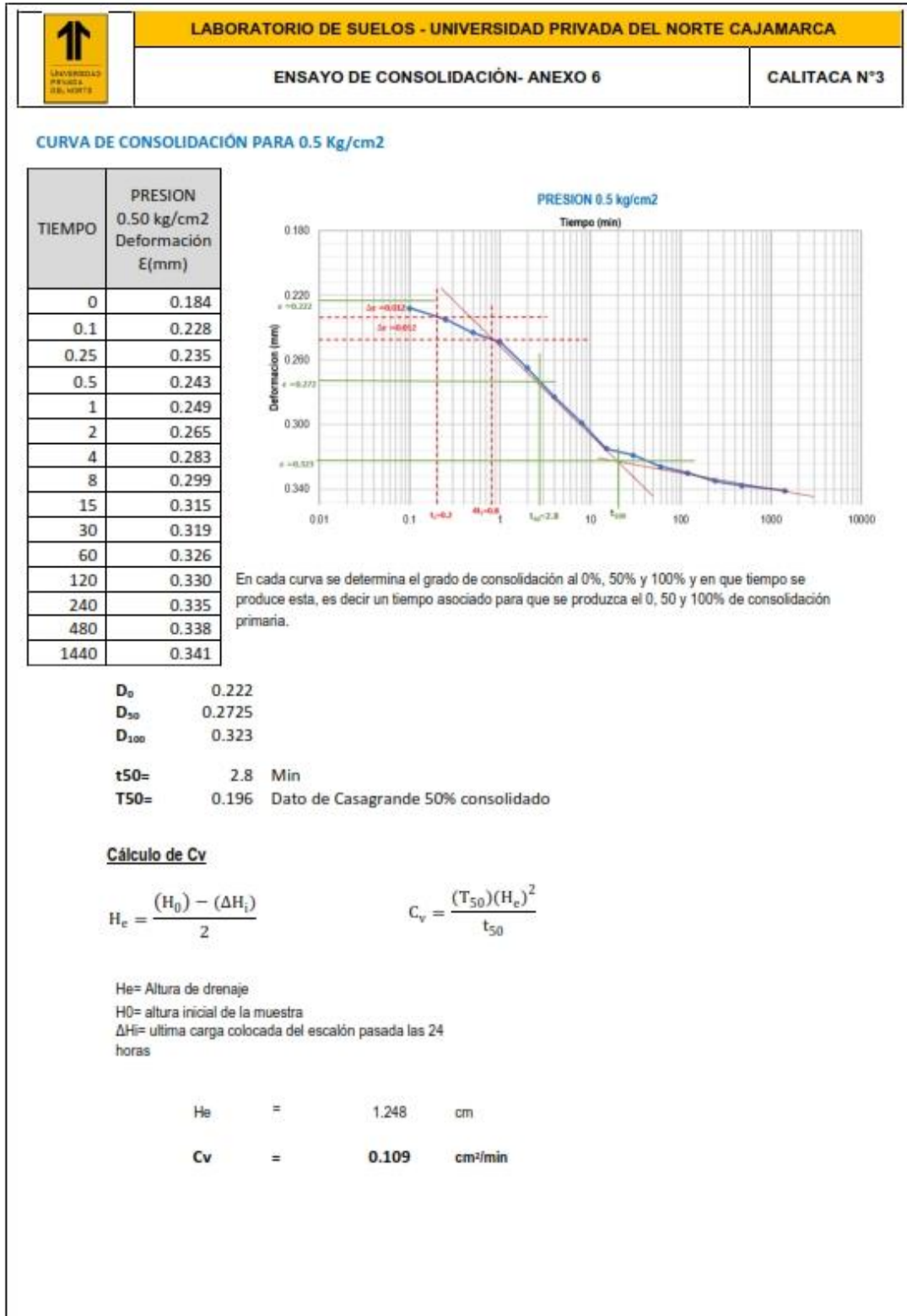
**ASENTAMIENTO DEL SUELO CUANDO ESTA SOMETIDO A UNA CARGA DE 15 Ton**

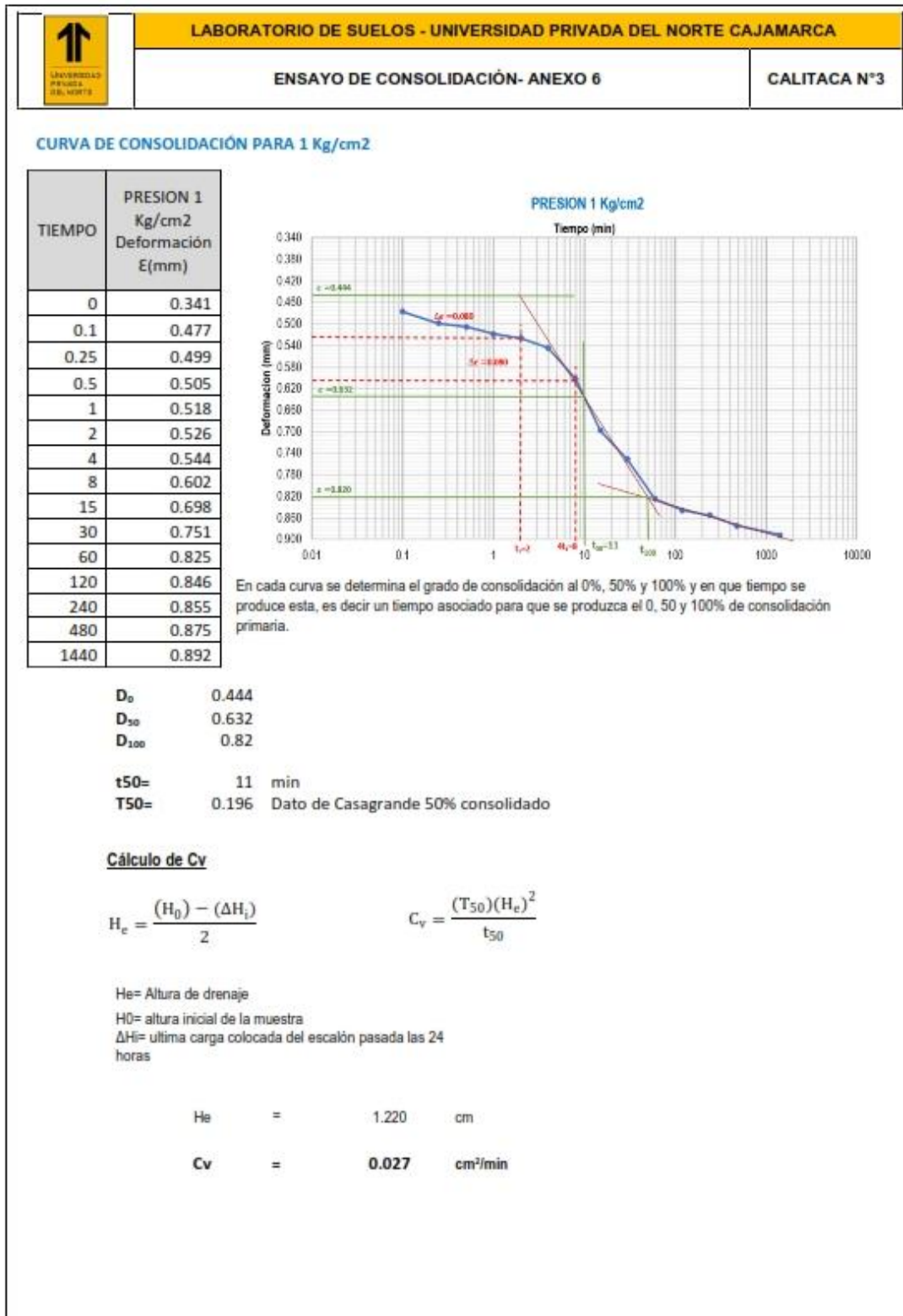
|                    |                           |    |          |
|--------------------|---------------------------|----|----------|
| P=                 | 15 Tn                     | S= | 2.860 cm |
| C <sub>c</sub> =   | 0.086 kg/cm <sup>2</sup>  |    | 28.60 mm |
| y=                 | 2.64                      |    |          |
| H=                 | 0.8 m                     |    |          |
| e <sub>0</sub> =   | 0.61477                   |    |          |
| σ' <sub>0</sub> =  | 0.2112 kg/cm <sup>2</sup> |    |          |
| Δσ' <sub>0</sub> = | 0.78 kg/cm <sup>2</sup>   |    |          |

$$S = \frac{C_c H}{1 + e_0} \log \left( \frac{\sigma'_0 + \Delta \sigma'}{\sigma'_0} \right)$$

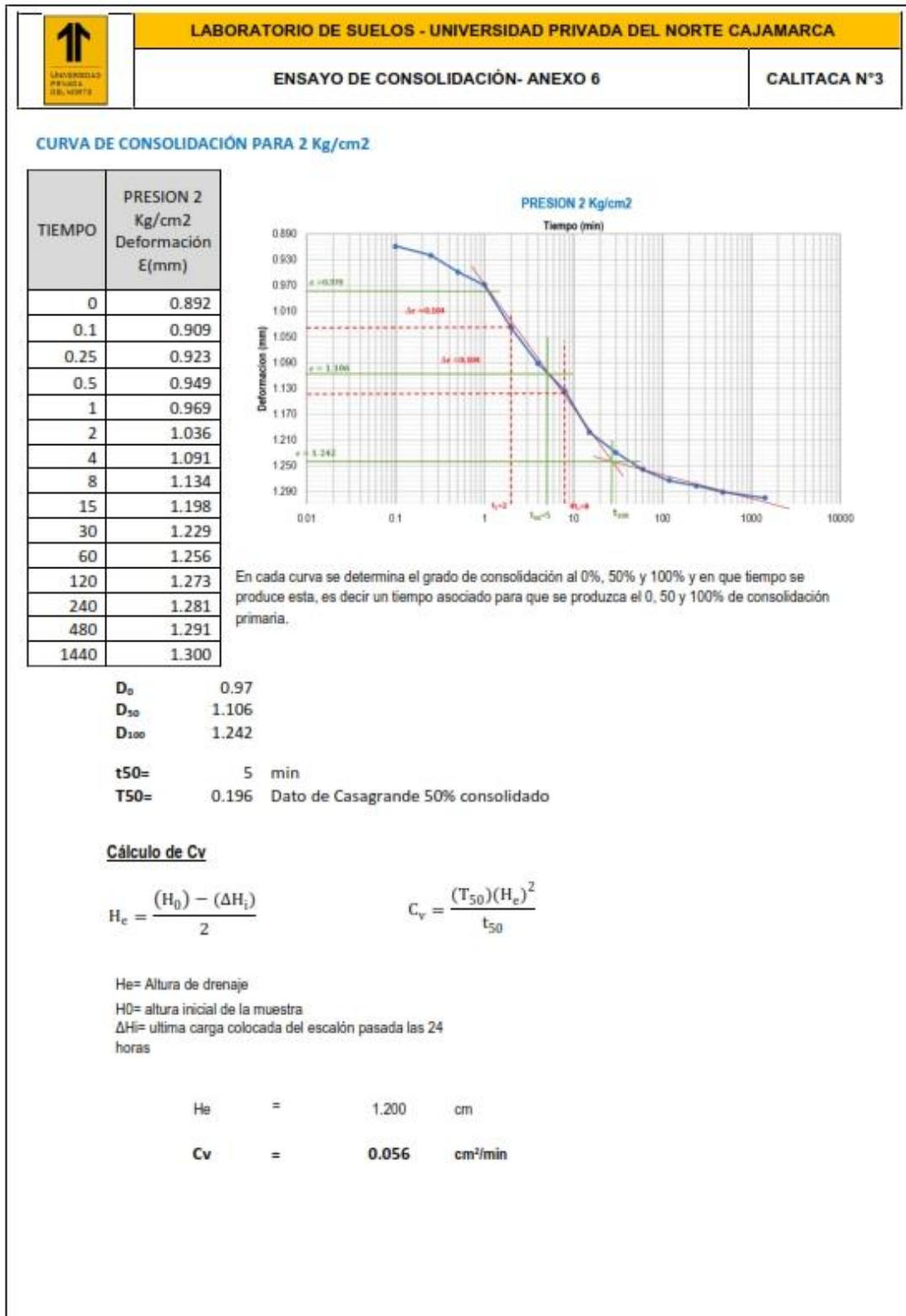
| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA  |  |   |   |   |  |   |  |   |   |   |  |   |                                  |          |                               |          |                 |             |                              |          |                            |          |                               |          |                             |          |   |                        |                        |                     |         |                        |         |       |        |       |       |       |             |         |       |      |       |       |       |           |        |   |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
|--|--|---|---|---|--|---|--|---|---|---|--|---|----------------------------------|----------|-------------------------------|----------|-----------------|-------------|------------------------------|----------|----------------------------|----------|-------------------------------|----------|-----------------------------|----------|---|------------------------|------------------------|---------------------|---------|------------------------|---------|-------|--------|-------|-------|-------|-------------|---------|-------|------|-------|-------|-------|-----------|--------|---|-------|-------|-------|-------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN- ANEXO 6   |  |   |   | CALITACA N°3  |  |   |  |   |   |   |  |   |                                  |          |                               |          |                 |             |                              |          |                            |          |                               |          |                             |          |   |                        |                        |                     |         |                        |         |       |        |       |       |       |             |         |       |      |       |       |       |           |        |   |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| <b>DATOS:</b>  |  |   |   |   |  |   |  |   |   |   |  |   |                                  |          |                               |          |                 |             |                              |          |                            |          |                               |          |                             |          |   |                        |                        |                     |         |                        |         |       |        |       |       |       |             |         |       |      |       |       |       |           |        |   |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Número del anillo</td><td>A1</td></tr> <tr><td>Altura del anillo</td><td>2.53 cm</td></tr> <tr><td>Area del anillo</td><td>31.47 cm<sup>2</sup></td></tr> <tr><td>Peso del molde</td><td>109.49 g</td></tr> <tr><td>Peso del molde +suelo (inicial)</td><td>252.40 g</td></tr> <tr><td>Peso del molde +suelo húmedo (final)</td><td>267.56 g</td></tr> <tr><td>Peso del suelo en estado natural</td><td>142.91 g</td></tr> <tr><td>Peso del suelo húmedo (final)</td><td>158.07 g</td></tr> <tr><td>Peso de la Tara</td><td>27.53 g</td></tr> <tr><td>Peso del suelo húmedo + tara</td><td>185.60 g</td></tr> <tr><td>Peso del suelo seco + tara</td><td>154.40 g</td></tr> <tr><td>Peso del suelo húmedo (final)</td><td>158.07 g</td></tr> <tr><td>Peso del suelo seco (final)</td><td>126.87 g</td></tr> </table>  | Número del anillo                              | A1  | Altura del anillo   | 2.53 cm   | Area del anillo  | 31.47 cm <sup>2</sup>   | Peso del molde                                 | 109.49 g  | Peso del molde +suelo (inicial)   | 252.40 g  | Peso del molde +suelo húmedo (final)                             | 267.56 g  | Peso del suelo en estado natural | 142.91 g | Peso del suelo húmedo (final) | 158.07 g | Peso de la Tara | 27.53 g     | Peso del suelo húmedo + tara | 185.60 g | Peso del suelo seco + tara | 154.40 g | Peso del suelo húmedo (final) | 158.07 g | Peso del suelo seco (final) | 126.87 g | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Peso unitario del agua</td><td>1.00 g/cm<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Diámetro del anillo</td><td>6.33 cm</td></tr> <tr><td>Altura de solidos (Hs)</td><td>1.55 cm</td></tr> <tr><td>Gs</td><td>2.60</td></tr> </table> | Peso unitario del agua | 1.00 g/cm <sup>3</sup> | Diámetro del anillo | 6.33 cm | Altura de solidos (Hs) | 1.55 cm | Gs    | 2.60   |       |       |       |             |         |       |      |       |       |       |           |        |   |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Número del anillo  | A1   |   |   |   |  |   |  |   |   |   |  |   |                                  |          |                               |          |                 |             |                              |          |                            |          |                               |          |                             |          |   |                        |                        |                     |         |                        |         |       |        |       |       |       |             |         |       |      |       |       |       |           |        |   |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Altura del anillo  | 2.53 cm  |   |   |   |  |   |  |   |   |   |  |   |                                  |          |                               |          |                 |             |                              |          |                            |          |                               |          |                             |          |   |                        |                        |                     |         |                        |         |       |        |       |       |       |             |         |       |      |       |       |       |           |        |   |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Area del anillo  | 31.47 cm <sup>2</sup>                          |   |   |   |  |   |  |   |   |   |  |   |                                  |          |                               |          |                 |             |                              |          |                            |          |                               |          |                             |          |   |                        |                        |                     |         |                        |         |       |        |       |       |       |             |         |       |      |       |       |       |           |        |   |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Peso del molde   | 109.49 g                                       |   |   |   |  |   |  |   |   |   |  |   |                                  |          |                               |          |                 |             |                              |          |                            |          |                               |          |                             |          |   |                        |                        |                     |         |                        |         |       |        |       |       |       |             |         |       |      |       |       |       |           |        |   |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Peso del molde +suelo (inicial)  | 252.40 g                                       |   |   |   |  |   |  |   |   |   |  |   |                                  |          |                               |          |                 |             |                              |          |                            |          |                               |          |                             |          |   |                        |                        |                     |         |                        |         |       |        |       |       |       |             |         |       |      |       |       |       |           |        |   |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Peso del molde +suelo húmedo (final)   | 267.56 g                                       |   |   |   |  |   |  |   |   |   |  |   |                                  |          |                               |          |                 |             |                              |          |                            |          |                               |          |                             |          |   |                        |                        |                     |         |                        |         |       |        |       |       |       |             |         |       |      |       |       |       |           |        |   |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Peso del suelo en estado natural   | 142.91 g                                       |   |   |   |  |   |  |   |   |   |  |   |                                  |          |                               |          |                 |             |                              |          |                            |          |                               |          |                             |          |   |                        |                        |                     |         |                        |         |       |        |       |       |       |             |         |       |      |       |       |       |           |        |   |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Peso del suelo húmedo (final)  | 158.07 g                                       |   |   |   |  |   |  |   |   |   |  |   |                                  |          |                               |          |                 |             |                              |          |                            |          |                               |          |                             |          |   |                        |                        |                     |         |                        |         |       |        |       |       |       |             |         |       |      |       |       |       |           |        |   |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Peso de la Tara  | 27.53 g  |   |   |   |  |   |  |   |   |   |  |   |                                  |          |                               |          |                 |             |                              |          |                            |          |                               |          |                             |          |   |                        |                        |                     |         |                        |         |       |        |       |       |       |             |         |       |      |       |       |       |           |        |   |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Peso del suelo húmedo + tara   | 185.60 g                                       |   |   |   |  |   |  |   |   |   |  |   |                                  |          |                               |          |                 |             |                              |          |                            |          |                               |          |                             |          |   |                        |                        |                     |         |                        |         |       |        |       |       |       |             |         |       |      |       |       |       |           |        |   |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Peso del suelo seco + tara   | 154.40 g                                       |   |   |   |  |   |  |   |   |   |  |   |                                  |          |                               |          |                 |             |                              |          |                            |          |                               |          |                             |          |   |                        |                        |                     |         |                        |         |       |        |       |       |       |             |         |       |      |       |       |       |           |        |   |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Peso del suelo húmedo (final)  | 158.07 g                                       |   |   |   |  |   |  |   |   |   |  |   |                                  |          |                               |          |                 |             |                              |          |                            |          |                               |          |                             |          |   |                        |                        |                     |         |                        |         |       |        |       |       |       |             |         |       |      |       |       |       |           |        |   |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Peso del suelo seco (final)  | 126.87 g                                       |   |   |   |  |   |  |   |   |   |  |   |                                  |          |                               |          |                 |             |                              |          |                            |          |                               |          |                             |          |   |                        |                        |                     |         |                        |         |       |        |       |       |       |             |         |       |      |       |       |       |           |        |   |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Peso unitario del agua   | 1.00 g/cm <sup>3</sup>                         |   |   |   |  |   |  |   |   |   |  |   |                                  |          |                               |          |                 |             |                              |          |                            |          |                               |          |                             |          |   |                        |                        |                     |         |                        |         |       |        |       |       |       |             |         |       |      |       |       |       |           |        |   |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Diámetro del anillo  | 6.33 cm  |   |   |   |  |   |  |   |   |   |  |   |                                  |          |                               |          |                 |             |                              |          |                            |          |                               |          |                             |          |   |                        |                        |                     |         |                        |         |       |        |       |       |       |             |         |       |      |       |       |       |           |        |   |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Altura de solidos (Hs)   | 1.55 cm  |   |   |   |  |   |  |   |   |   |  |   |                                  |          |                               |          |                 |             |                              |          |                            |          |                               |          |                             |          |   |                        |                        |                     |         |                        |         |       |        |       |       |       |             |         |       |      |       |       |       |           |        |   |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Gs   | 2.60   |   |   |   |  |   |  |   |   |   |  |   |                                  |          |                               |          |                 |             |                              |          |                            |          |                               |          |                             |          |   |                        |                        |                     |         |                        |         |       |        |       |       |       |             |         |       |      |       |       |       |           |        |   |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>TIEMPO</th> <th>PRESION 0.25<br/>Kg/cm2<br/>Deformación<br/>E(mm)</th> <th>PRESION 0.5<br/>Kg/cm2<br/>Deformación<br/>E(mm)</th> <th>PRESION 1<br/>Kg/cm2<br/>Deformación<br/>E(mm)</th> <th>PRESION 2<br/>Kg/cm2<br/>Deformación<br/>E(mm)</th> <th>PRESION 4<br/>Kg/cm2<br/>Deformación<br/>E(mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0.000</td><td>0.184</td><td>0.341</td><td>0.892</td><td>1.300</td></tr> <tr><td>0.1</td><td>0.080</td><td>0.228</td><td>0.477</td><td>0.909</td><td>1.375</td></tr> <tr><td>0.25</td><td>0.090</td><td>0.235</td><td>0.499</td><td>0.923</td><td>1.407</td></tr> <tr><td>0.5</td><td>0.100</td><td>0.243</td><td>0.505</td><td>0.949</td><td>1.448</td></tr> <tr><td>1</td><td>0.115</td><td>0.249</td><td>0.518</td><td>0.969</td><td>1.491</td></tr> <tr><td>2</td><td>0.130</td><td>0.265</td><td>0.526</td><td>1.036</td><td>1.628</td></tr> <tr><td>4</td><td>0.142</td><td>0.283</td><td>0.544</td><td>1.091</td><td>1.712</td></tr> <tr><td>8</td><td>0.150</td><td>0.299</td><td>0.602</td><td>1.134</td><td>1.783</td></tr> <tr><td>15</td><td>0.156</td><td>0.315</td><td>0.698</td><td>1.198</td><td>1.801</td></tr> <tr><td>30</td><td>0.159</td><td>0.319</td><td>0.751</td><td>1.229</td><td>1.816</td></tr> <tr><td>60</td><td>0.164</td><td>0.326</td><td>0.825</td><td>1.256</td><td>1.864</td></tr> <tr><td>120</td><td>0.168</td><td>0.330</td><td>0.846</td><td>1.273</td><td>1.885</td></tr> <tr><td>240</td><td>0.171</td><td>0.335</td><td>0.855</td><td>1.281</td><td>1.905</td></tr> <tr><td>480</td><td>0.175</td><td>0.338</td><td>0.875</td><td>1.291</td><td>1.925</td></tr> <tr><td>1440</td><td>0.184</td><td>0.341</td><td>0.892</td><td>1.300</td><td>1.940</td></tr> </tbody> </table> |  |   |   |   |  | TIEMPO  | PRESION 0.25<br>Kg/cm2<br>Deformación<br>E(mm) | PRESION 0.5<br>Kg/cm2<br>Deformación<br>E(mm)   | PRESION 1<br>Kg/cm2<br>Deformación<br>E(mm)                             | PRESION 2<br>Kg/cm2<br>Deformación<br>E(mm)   | PRESION 4<br>Kg/cm2<br>Deformación<br>E(mm)                      | 0   | 0.000                            | 0.184    | 0.341                         | 0.892    | 1.300           | 0.1         | 0.080                        | 0.228    | 0.477                      | 0.909    | 1.375                         | 0.25     | 0.090                       | 0.235    | 0.499   | 0.923                  | 1.407                  | 0.5                 | 0.100   | 0.243                  | 0.505   | 0.949 | 1.448  | 1     | 0.115 | 0.249 | 0.518       | 0.969   | 1.491 | 2    | 0.130 | 0.265 | 0.526 | 1.036     | 1.628  | 4 | 0.142 | 0.283 | 0.544 | 1.091 | 1.712       | 8     | 0.150 | 0.299 | 0.602 | 1.134 | 1.783 | 15 | 0.156 | 0.315 | 0.698 | 1.198 | 1.801 | 30 | 0.159 | 0.319 | 0.751 | 1.229 | 1.816 | 60 | 0.164 | 0.326 | 0.825 | 1.256 | 1.864 | 120 | 0.168 | 0.330 | 0.846 | 1.273 | 1.885 | 240 | 0.171 | 0.335 | 0.855 | 1.281 | 1.905 | 480 | 0.175 | 0.338 | 0.875 | 1.291 | 1.925 | 1440 | 0.184 | 0.341 | 0.892 | 1.300 | 1.940 |
| TIEMPO   | PRESION 0.25<br>Kg/cm2<br>Deformación<br>E(mm) | PRESION 0.5<br>Kg/cm2<br>Deformación<br>E(mm)   | PRESION 1<br>Kg/cm2<br>Deformación<br>E(mm)                             | PRESION 2<br>Kg/cm2<br>Deformación<br>E(mm)   | PRESION 4<br>Kg/cm2<br>Deformación<br>E(mm)                      |   |  |   |   |   |  |   |                                  |          |                               |          |                 |             |                              |          |                            |          |                               |          |                             |          |   |                        |                        |                     |         |                        |         |       |        |       |       |       |             |         |       |      |       |       |       |           |        |   |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 0  | 0.000  | 0.184   | 0.341   | 0.892   | 1.300  |   |  |   |   |   |  |   |                                  |          |                               |          |                 |             |                              |          |                            |          |                               |          |                             |          |   |                        |                        |                     |         |                        |         |       |        |       |       |       |             |         |       |      |       |       |       |           |        |   |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 0.1  | 0.080  | 0.228   | 0.477   | 0.909   | 1.375  |   |  |   |   |   |  |   |                                  |          |                               |          |                 |             |                              |          |                            |          |                               |          |                             |          |   |                        |                        |                     |         |                        |         |       |        |       |       |       |             |         |       |      |       |       |       |           |        |   |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 0.25   | 0.090  | 0.235   | 0.499   | 0.923   | 1.407  |   |  |   |   |   |  |   |                                  |          |                               |          |                 |             |                              |          |                            |          |                               |          |                             |          |   |                        |                        |                     |         |                        |         |       |        |       |       |       |             |         |       |      |       |       |       |           |        |   |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 0.5  | 0.100  | 0.243   | 0.505   | 0.949   | 1.448  |   |  |   |   |   |  |   |                                  |          |                               |          |                 |             |                              |          |                            |          |                               |          |                             |          |   |                        |                        |                     |         |                        |         |       |        |       |       |       |             |         |       |      |       |       |       |           |        |   |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 1  | 0.115  | 0.249   | 0.518   | 0.969   | 1.491  |   |  |   |   |   |  |   |                                  |          |                               |          |                 |             |                              |          |                            |          |                               |          |                             |          |   |                        |                        |                     |         |                        |         |       |        |       |       |       |             |         |       |      |       |       |       |           |        |   |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 2  | 0.130  | 0.265   | 0.526   | 1.036   | 1.628  |   |  |   |   |   |  |   |                                  |          |                               |          |                 |             |                              |          |                            |          |                               |          |                             |          |   |                        |                        |                     |         |                        |         |       |        |       |       |       |             |         |       |      |       |       |       |           |        |   |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 4  | 0.142  | 0.283   | 0.544   | 1.091   | 1.712  |   |  |   |   |   |  |   |                                  |          |                               |          |                 |             |                              |          |                            |          |                               |          |                             |          |   |                        |                        |                     |         |                        |         |       |        |       |       |       |             |         |       |      |       |       |       |           |        |   |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 8  | 0.150  | 0.299   | 0.602   | 1.134   | 1.783  |   |  |   |   |   |  |   |                                  |          |                               |          |                 |             |                              |          |                            |          |                               |          |                             |          |   |                        |                        |                     |         |                        |         |       |        |       |       |       |             |         |       |      |       |       |       |           |        |   |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 15   | 0.156  | 0.315   | 0.698   | 1.198   | 1.801  |   |  |   |   |   |  |   |                                  |          |                               |          |                 |             |                              |          |                            |          |                               |          |                             |          |   |                        |                        |                     |         |                        |         |       |        |       |       |       |             |         |       |      |       |       |       |           |        |   |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 30   | 0.159  | 0.319   | 0.751   | 1.229   | 1.816  |   |  |   |   |   |  |   |                                  |          |                               |          |                 |             |                              |          |                            |          |                               |          |                             |          |   |                        |                        |                     |         |                        |         |       |        |       |       |       |             |         |       |      |       |       |       |           |        |   |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 60   | 0.164  | 0.326   | 0.825   | 1.256   | 1.864  |   |  |   |   |   |  |   |                                  |          |                               |          |                 |             |                              |          |                            |          |                               |          |                             |          |   |                        |                        |                     |         |                        |         |       |        |       |       |       |             |         |       |      |       |       |       |           |        |   |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 120  | 0.168  | 0.330   | 0.846   | 1.273   | 1.885  |   |  |   |   |   |  |   |                                  |          |                               |          |                 |             |                              |          |                            |          |                               |          |                             |          |   |                        |                        |                     |         |                        |         |       |        |       |       |       |             |         |       |      |       |       |       |           |        |   |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 240  | 0.171  | 0.335   | 0.855   | 1.281   | 1.905  |   |  |   |   |   |  |   |                                  |          |                               |          |                 |             |                              |          |                            |          |                               |          |                             |          |   |                        |                        |                     |         |                        |         |       |        |       |       |       |             |         |       |      |       |       |       |           |        |   |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 480  | 0.175  | 0.338   | 0.875   | 1.291   | 1.925  |   |  |   |   |   |  |   |                                  |          |                               |          |                 |             |                              |          |                            |          |                               |          |                             |          |   |                        |                        |                     |         |                        |         |       |        |       |       |       |             |         |       |      |       |       |       |           |        |   |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 1440   | 0.184  | 0.341   | 0.892   | 1.300   | 1.940  |   |  |   |   |   |  |   |                                  |          |                               |          |                 |             |                              |          |                            |          |                               |          |                             |          |   |                        |                        |                     |         |                        |         |       |        |       |       |       |             |         |       |      |       |       |       |           |        |   |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Carga aplicada<br/>Kg/cm2</th> <th>Lectura final (cm)</th> <th>Variación de la altura del espécimen, ΔH (cm)<br/>ΔH=L<sub>0</sub>-L<sub>0(t)</sub></th> <th>Altura final del espécimen, H<sub>t</sub> (cm)<br/>H=H<sub>0</sub>-ΔH</th> <th>Altura de vacios, H<sub>v</sub> (cm)<br/>H<sub>v</sub>=H<sub>t</sub>-H<sub>s</sub></th> <th>Relación de vacios final, e<br/>e= H<sub>v</sub>/H<sub>s</sub></th> <th>Altura promedio durante la consolidación<br/>(H+H<sub>t</sub>)/2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0.000</td><td>2.53</td><td>0.98</td><td>0.631669632</td><td></td></tr> <tr><td>0.25</td><td>0.0184</td><td>0.018</td><td>2.51</td><td>0.96</td><td>0.619802944</td><td>2.5208</td></tr> <tr><td>0.5</td><td>0.0341</td><td>0.034</td><td>2.50</td><td>0.95</td><td>0.609677563</td><td>2.50375</td></tr> <tr><td>1</td><td>0.0892</td><td>0.089</td><td>2.44</td><td>0.89</td><td>0.574141991</td><td>2.46835</td></tr> <tr><td>2</td><td>0.13</td><td>0.130</td><td>2.40</td><td>0.85</td><td>0.5478289</td><td>2.4204</td></tr> <tr><td>4</td><td>0.194</td><td>0.194</td><td>2.34</td><td>0.79</td><td>0.506553463</td><td>2.368</td></tr> </tbody> </table>  |  |   |   |   |  | Carga aplicada<br>Kg/cm2  | Lectura final (cm)                             | Variación de la altura del espécimen, ΔH (cm)<br>ΔH=L <sub>0</sub> -L <sub>0(t)</sub> | Altura final del espécimen, H <sub>t</sub> (cm)<br>H=H <sub>0</sub> -ΔH | Altura de vacios, H <sub>v</sub> (cm)<br>H <sub>v</sub> =H <sub>t</sub> -H <sub>s</sub> | Relación de vacios final, e<br>e= H <sub>v</sub> /H <sub>s</sub> | Altura promedio durante la consolidación<br>(H+H <sub>t</sub> )/2 | 0                                | 0        | 0.000                         | 2.53     | 0.98            | 0.631669632 |                              | 0.25     | 0.0184                     | 0.018    | 2.51                          | 0.96     | 0.619802944                 | 2.5208   | 0.5   | 0.0341                 | 0.034                  | 2.50                | 0.95    | 0.609677563            | 2.50375 | 1     | 0.0892 | 0.089 | 2.44  | 0.89  | 0.574141991 | 2.46835 | 2     | 0.13 | 0.130 | 2.40  | 0.85  | 0.5478289 | 2.4204 | 4 | 0.194 | 0.194 | 2.34  | 0.79  | 0.506553463 | 2.368 |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Carga aplicada<br>Kg/cm2   | Lectura final (cm)                             | Variación de la altura del espécimen, ΔH (cm)<br>ΔH=L <sub>0</sub> -L <sub>0(t)</sub> | Altura final del espécimen, H <sub>t</sub> (cm)<br>H=H <sub>0</sub> -ΔH | Altura de vacios, H <sub>v</sub> (cm)<br>H <sub>v</sub> =H <sub>t</sub> -H <sub>s</sub> | Relación de vacios final, e<br>e= H <sub>v</sub> /H <sub>s</sub> | Altura promedio durante la consolidación<br>(H+H <sub>t</sub> )/2 |  |   |   |   |  |   |                                  |          |                               |          |                 |             |                              |          |                            |          |                               |          |                             |          |   |                        |                        |                     |         |                        |         |       |        |       |       |       |             |         |       |      |       |       |       |           |        |   |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 0  | 0  | 0.000   | 2.53  | 0.98  | 0.631669632  |   |  |   |   |   |  |   |                                  |          |                               |          |                 |             |                              |          |                            |          |                               |          |                             |          |   |                        |                        |                     |         |                        |         |       |        |       |       |       |             |         |       |      |       |       |       |           |        |   |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 0.25   | 0.0184   | 0.018   | 2.51  | 0.96  | 0.619802944  | 2.5208  |  |   |   |   |  |   |                                  |          |                               |          |                 |             |                              |          |                            |          |                               |          |                             |          |   |                        |                        |                     |         |                        |         |       |        |       |       |       |             |         |       |      |       |       |       |           |        |   |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 0.5  | 0.0341   | 0.034   | 2.50  | 0.95  | 0.609677563  | 2.50375   |  |   |   |   |  |   |                                  |          |                               |          |                 |             |                              |          |                            |          |                               |          |                             |          |   |                        |                        |                     |         |                        |         |       |        |       |       |       |             |         |       |      |       |       |       |           |        |   |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 1  | 0.0892   | 0.089   | 2.44  | 0.89  | 0.574141991  | 2.46835   |  |   |   |   |  |   |                                  |          |                               |          |                 |             |                              |          |                            |          |                               |          |                             |          |   |                        |                        |                     |         |                        |         |       |        |       |       |       |             |         |       |      |       |       |       |           |        |   |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 2  | 0.13   | 0.130   | 2.40  | 0.85  | 0.5478289  | 2.4204  |  |   |   |   |  |   |                                  |          |                               |          |                 |             |                              |          |                            |          |                               |          |                             |          |   |                        |                        |                     |         |                        |         |       |        |       |       |       |             |         |       |      |       |       |       |           |        |   |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 4  | 0.194  | 0.194   | 2.34  | 0.79  | 0.506553463  | 2.368   |  |   |   |   |  |   |                                  |          |                               |          |                 |             |                              |          |                            |          |                               |          |                             |          |   |                        |                        |                     |         |                        |         |       |        |       |       |       |             |         |       |      |       |       |       |           |        |   |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |

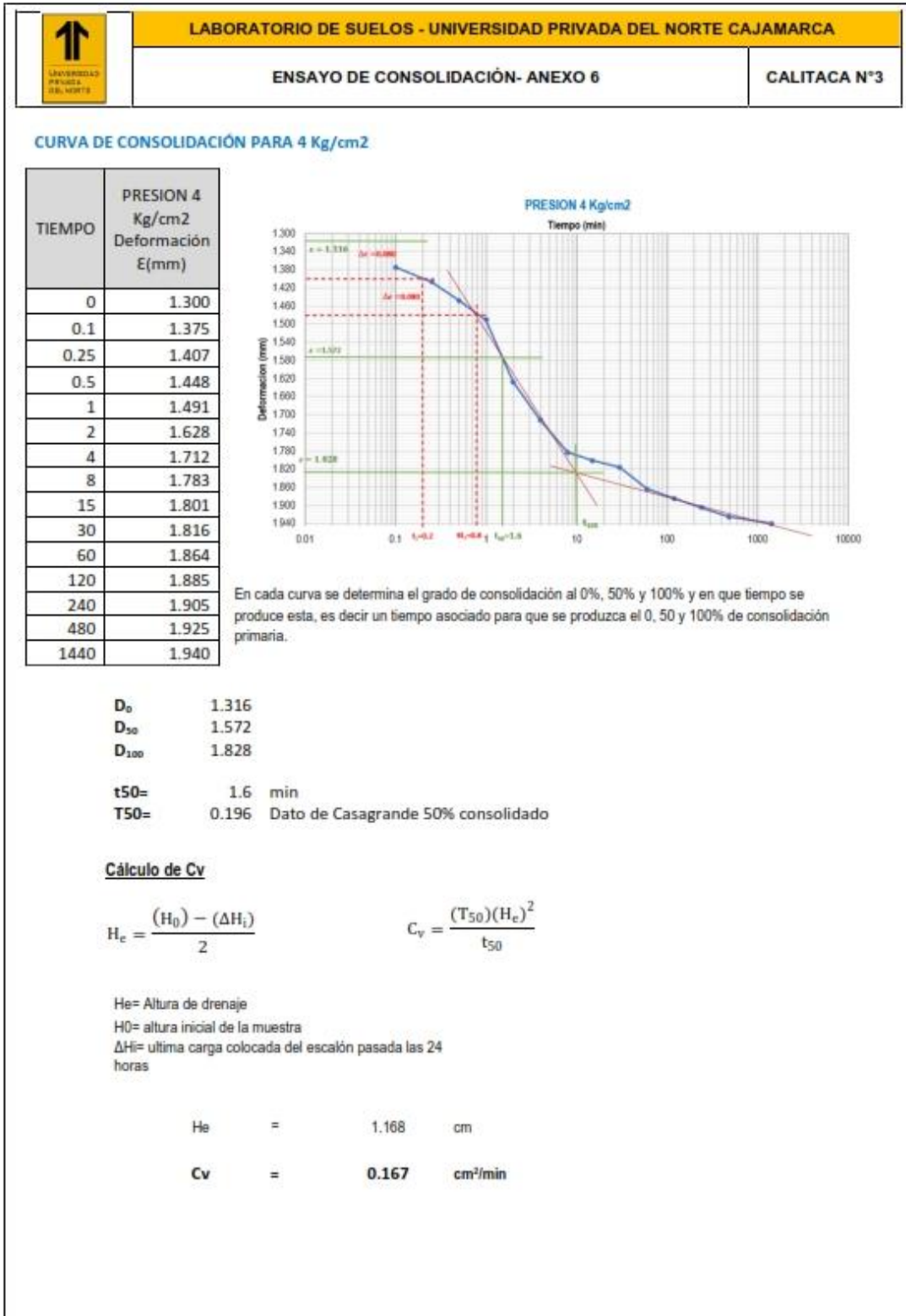


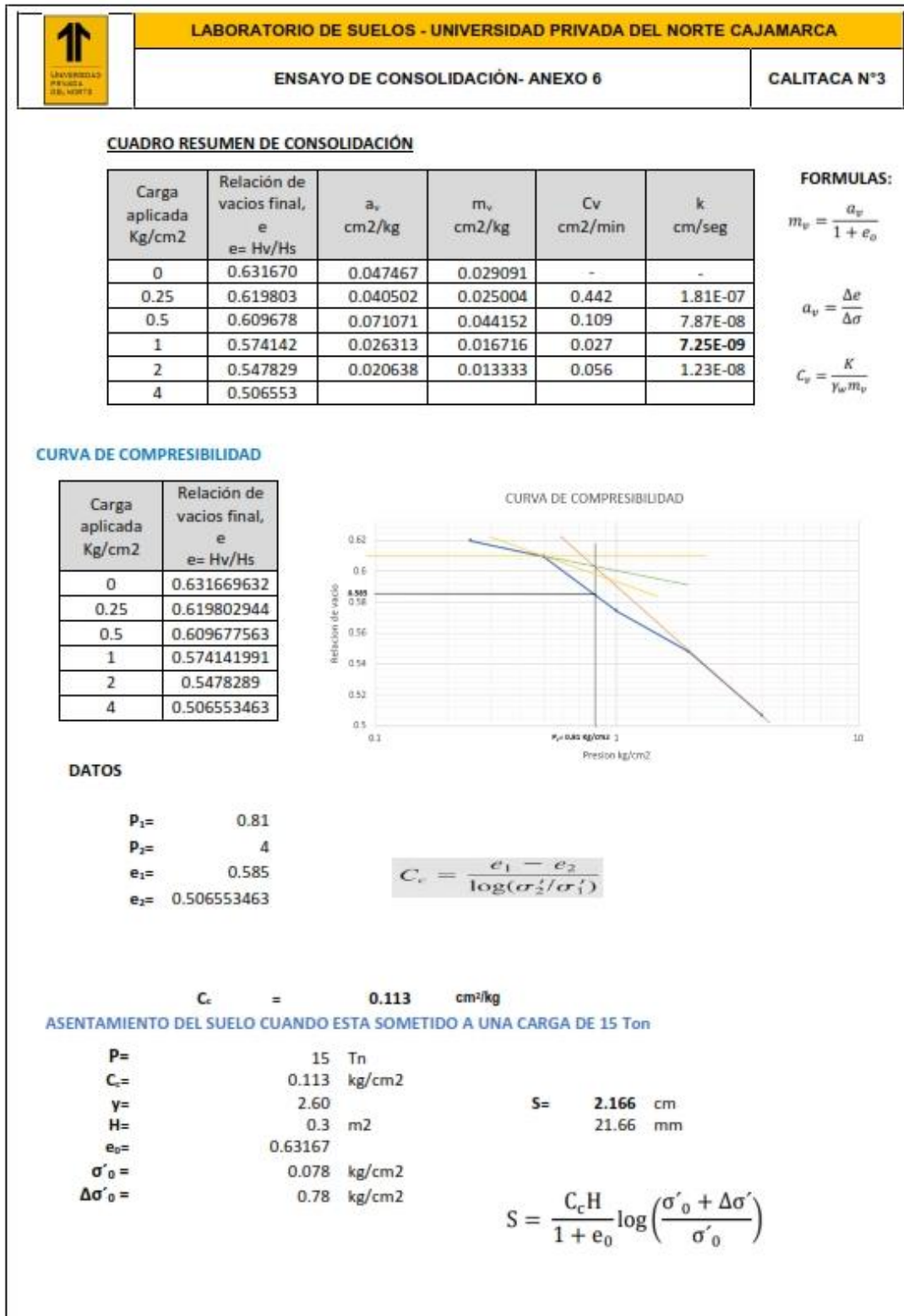





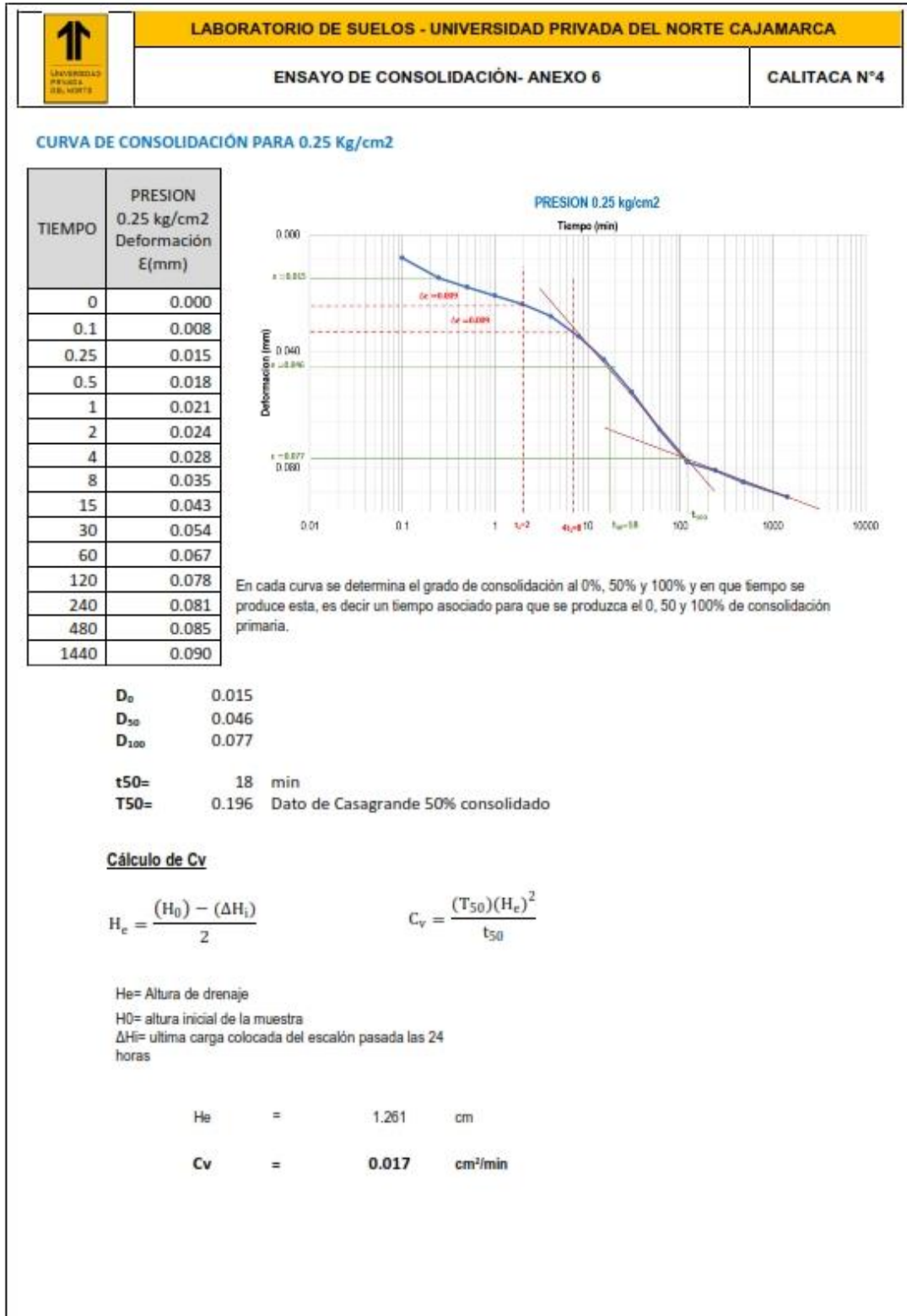


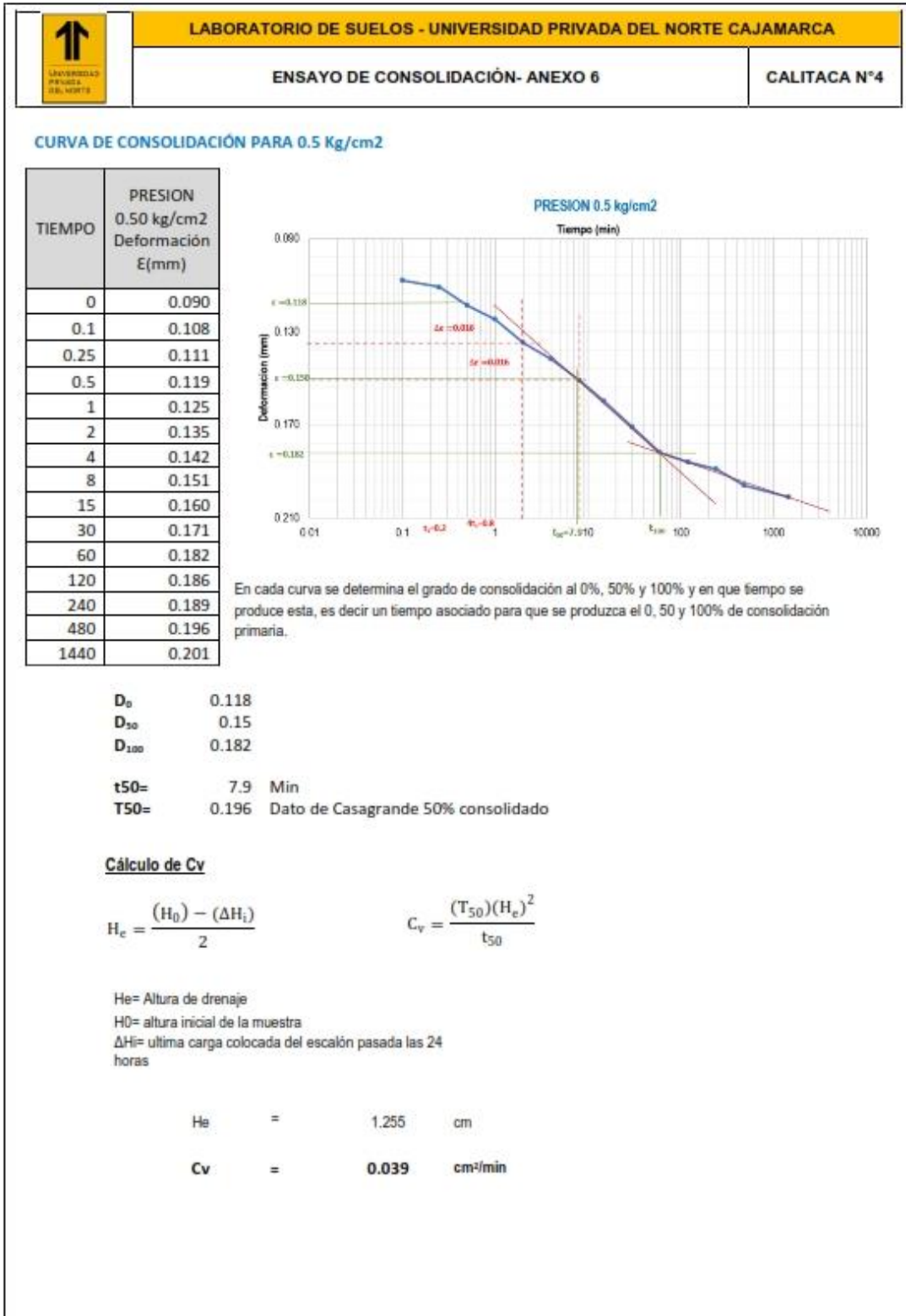


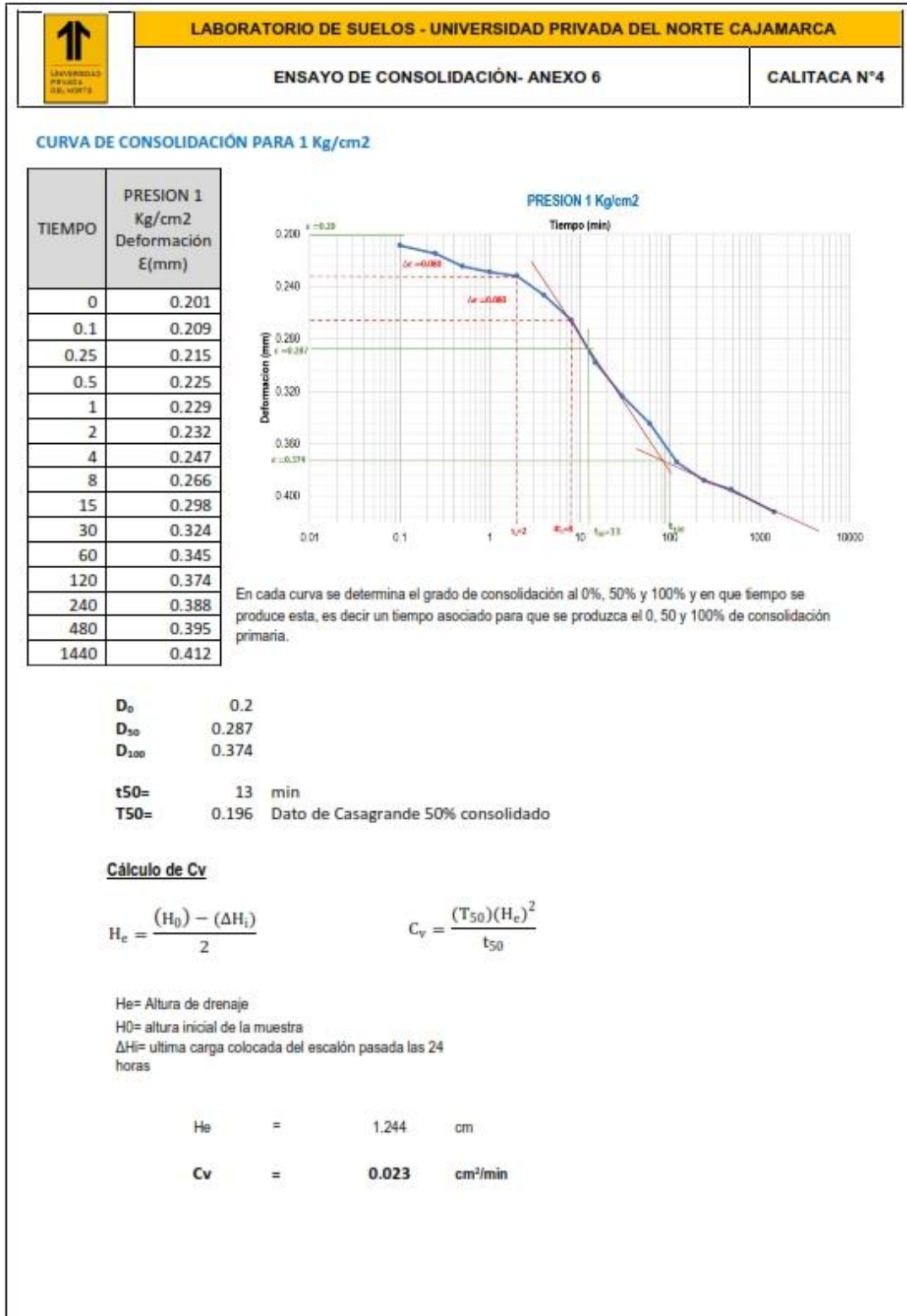


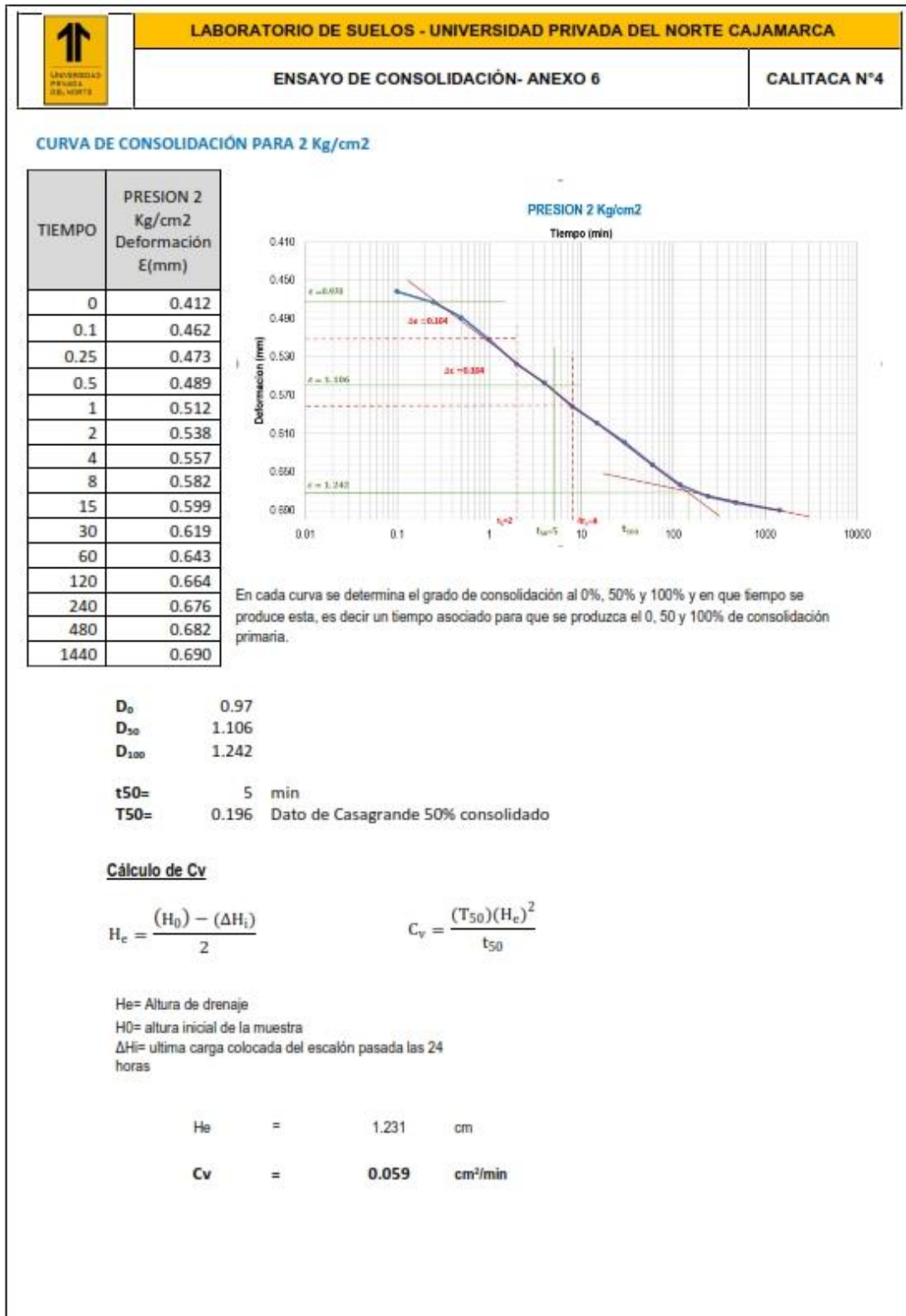


| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA  |  |   |   |   |   |   |  |   |                 |                |       |       |                                 |             |       |                                      |        |       |                                  |        |             |                               |        |        |                 |       |       |                              |         |       |                            |        |       |                               |             |         |                             |        |       |  |                        |             |                   |                     |        |       |                        |       |             |        |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
|--|--|---|---|---|---|---|--|---|-----------------|----------------|-------|-------|---------------------------------|-------------|-------|--------------------------------------|--------|-------|----------------------------------|--------|-------------|-------------------------------|--------|--------|-----------------|-------|-------|------------------------------|---------|-------|----------------------------|--------|-------|-------------------------------|-------------|---------|-----------------------------|--------|-------|--|------------------------|-------------|-------------------|---------------------|--------|-------|------------------------|-------|-------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <br>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE   | <b>ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN- ANEXO 6</b>        |   |   |   |   |   |  |   |                 |                |       |       |                                 |             |       |                                      |        |       |                                  |        |             |                               |        |        |                 |       |       |                              |         |       |                            |        |       |                               |             |         |                             |        |       |  |                        |             |                   |                     |        |       |                        |       |             |        |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| <b>CALITACA N°4</b>  |  |   |   |   |   |   |  |   |                 |                |       |       |                                 |             |       |                                      |        |       |                                  |        |             |                               |        |        |                 |       |       |                              |         |       |                            |        |       |                               |             |         |                             |        |       |  |                        |             |                   |                     |        |       |                        |       |             |        |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| <b>DATOS:</b>  |  |   |   |   |   |   |  |   |                 |                |       |       |                                 |             |       |                                      |        |       |                                  |        |             |                               |        |        |                 |       |       |                              |         |       |                            |        |       |                               |             |         |                             |        |       |  |                        |             |                   |                     |        |       |                        |       |             |        |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Número del anillo</td><td>A2</td><td></td></tr> <tr><td>Altura del anillo</td><td>2.53</td><td>cm</td></tr> <tr><td>Area del anillo</td><td>31.47</td><td>cm<sup>2</sup></td></tr> <tr><td>Peso del molde</td><td>109.1</td><td>g</td></tr> <tr><td>Peso del molde +suelo (inicial)</td><td>251.00</td><td>g</td></tr> <tr><td>Peso del molde +suelo húmedo (final)</td><td>260.13</td><td>g</td></tr> <tr><td>Peso del suelo en estado natural</td><td>141.90</td><td>g</td></tr> <tr><td>Peso del suelo húmedo (final)</td><td>151.03</td><td>g</td></tr> <tr><td>Peso de la Tara</td><td>26.53</td><td>g</td></tr> <tr><td>Peso del suelo húmedo + tara</td><td>177.56</td><td>g</td></tr> <tr><td>Peso del suelo seco + tara</td><td>161.70</td><td>g</td></tr> <tr><td>Peso del suelo húmedo (final)</td><td>151.03</td><td>g</td></tr> <tr><td>Peso del suelo seco (final)</td><td>135.17</td><td>g</td></tr> </table>  | Número del anillo                              | A2  |   | Altura del anillo   | 2.53  | cm  | Area del anillo  | 31.47   | cm <sup>2</sup> | Peso del molde | 109.1 | g     | Peso del molde +suelo (inicial) | 251.00      | g     | Peso del molde +suelo húmedo (final) | 260.13 | g     | Peso del suelo en estado natural | 141.90 | g           | Peso del suelo húmedo (final) | 151.03 | g      | Peso de la Tara | 26.53 | g     | Peso del suelo húmedo + tara | 177.56  | g     | Peso del suelo seco + tara | 161.70 | g     | Peso del suelo húmedo (final) | 151.03      | g       | Peso del suelo seco (final) | 135.17 | g     | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Peso unitario del agua</td><td>1.00</td><td>g/cm<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Diámetro del anillo</td><td>6.33</td><td>cm</td></tr> <tr><td>Altura de solidos (Hs)</td><td>1.64</td><td>cm</td></tr> <tr><td>Gs</td><td>2.62</td><td></td></tr> </table> | Peso unitario del agua | 1.00        | g/cm <sup>3</sup> | Diámetro del anillo | 6.33   | cm    | Altura de solidos (Hs) | 1.64  | cm          | Gs     | 2.62  |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Número del anillo  | A2   |   |   |   |   |   |  |   |                 |                |       |       |                                 |             |       |                                      |        |       |                                  |        |             |                               |        |        |                 |       |       |                              |         |       |                            |        |       |                               |             |         |                             |        |       |  |                        |             |                   |                     |        |       |                        |       |             |        |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Altura del anillo  | 2.53   | cm  |   |   |   |   |  |   |                 |                |       |       |                                 |             |       |                                      |        |       |                                  |        |             |                               |        |        |                 |       |       |                              |         |       |                            |        |       |                               |             |         |                             |        |       |  |                        |             |                   |                     |        |       |                        |       |             |        |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Area del anillo  | 31.47  | cm <sup>2</sup>   |   |   |   |   |  |   |                 |                |       |       |                                 |             |       |                                      |        |       |                                  |        |             |                               |        |        |                 |       |       |                              |         |       |                            |        |       |                               |             |         |                             |        |       |  |                        |             |                   |                     |        |       |                        |       |             |        |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Peso del molde   | 109.1  | g   |   |   |   |   |  |   |                 |                |       |       |                                 |             |       |                                      |        |       |                                  |        |             |                               |        |        |                 |       |       |                              |         |       |                            |        |       |                               |             |         |                             |        |       |  |                        |             |                   |                     |        |       |                        |       |             |        |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Peso del molde +suelo (inicial)  | 251.00   | g   |   |   |   |   |  |   |                 |                |       |       |                                 |             |       |                                      |        |       |                                  |        |             |                               |        |        |                 |       |       |                              |         |       |                            |        |       |                               |             |         |                             |        |       |  |                        |             |                   |                     |        |       |                        |       |             |        |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Peso del molde +suelo húmedo (final)   | 260.13   | g   |   |   |   |   |  |   |                 |                |       |       |                                 |             |       |                                      |        |       |                                  |        |             |                               |        |        |                 |       |       |                              |         |       |                            |        |       |                               |             |         |                             |        |       |  |                        |             |                   |                     |        |       |                        |       |             |        |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Peso del suelo en estado natural   | 141.90   | g   |   |   |   |   |  |   |                 |                |       |       |                                 |             |       |                                      |        |       |                                  |        |             |                               |        |        |                 |       |       |                              |         |       |                            |        |       |                               |             |         |                             |        |       |  |                        |             |                   |                     |        |       |                        |       |             |        |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Peso del suelo húmedo (final)  | 151.03   | g   |   |   |   |   |  |   |                 |                |       |       |                                 |             |       |                                      |        |       |                                  |        |             |                               |        |        |                 |       |       |                              |         |       |                            |        |       |                               |             |         |                             |        |       |  |                        |             |                   |                     |        |       |                        |       |             |        |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Peso de la Tara  | 26.53  | g   |   |   |   |   |  |   |                 |                |       |       |                                 |             |       |                                      |        |       |                                  |        |             |                               |        |        |                 |       |       |                              |         |       |                            |        |       |                               |             |         |                             |        |       |  |                        |             |                   |                     |        |       |                        |       |             |        |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Peso del suelo húmedo + tara   | 177.56   | g   |   |   |   |   |  |   |                 |                |       |       |                                 |             |       |                                      |        |       |                                  |        |             |                               |        |        |                 |       |       |                              |         |       |                            |        |       |                               |             |         |                             |        |       |  |                        |             |                   |                     |        |       |                        |       |             |        |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Peso del suelo seco + tara   | 161.70   | g   |   |   |   |   |  |   |                 |                |       |       |                                 |             |       |                                      |        |       |                                  |        |             |                               |        |        |                 |       |       |                              |         |       |                            |        |       |                               |             |         |                             |        |       |  |                        |             |                   |                     |        |       |                        |       |             |        |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Peso del suelo húmedo (final)  | 151.03   | g   |   |   |   |   |  |   |                 |                |       |       |                                 |             |       |                                      |        |       |                                  |        |             |                               |        |        |                 |       |       |                              |         |       |                            |        |       |                               |             |         |                             |        |       |  |                        |             |                   |                     |        |       |                        |       |             |        |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Peso del suelo seco (final)  | 135.17   | g   |   |   |   |   |  |   |                 |                |       |       |                                 |             |       |                                      |        |       |                                  |        |             |                               |        |        |                 |       |       |                              |         |       |                            |        |       |                               |             |         |                             |        |       |  |                        |             |                   |                     |        |       |                        |       |             |        |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Peso unitario del agua   | 1.00   | g/cm <sup>3</sup>   |   |   |   |   |  |   |                 |                |       |       |                                 |             |       |                                      |        |       |                                  |        |             |                               |        |        |                 |       |       |                              |         |       |                            |        |       |                               |             |         |                             |        |       |  |                        |             |                   |                     |        |       |                        |       |             |        |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Diámetro del anillo  | 6.33   | cm  |   |   |   |   |  |   |                 |                |       |       |                                 |             |       |                                      |        |       |                                  |        |             |                               |        |        |                 |       |       |                              |         |       |                            |        |       |                               |             |         |                             |        |       |  |                        |             |                   |                     |        |       |                        |       |             |        |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Altura de solidos (Hs)   | 1.64   | cm  |   |   |   |   |  |   |                 |                |       |       |                                 |             |       |                                      |        |       |                                  |        |             |                               |        |        |                 |       |       |                              |         |       |                            |        |       |                               |             |         |                             |        |       |  |                        |             |                   |                     |        |       |                        |       |             |        |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Gs   | 2.62   |   |   |   |   |   |  |   |                 |                |       |       |                                 |             |       |                                      |        |       |                                  |        |             |                               |        |        |                 |       |       |                              |         |       |                            |        |       |                               |             |         |                             |        |       |  |                        |             |                   |                     |        |       |                        |       |             |        |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>TIEMPO</th> <th>PRESION 0.25<br/>Kg/cm2<br/>Deformación<br/>E(mm)</th> <th>PRESION 0.5<br/>Kg/cm2<br/>Deformación<br/>E(mm)</th> <th>PRESION 1<br/>Kg/cm2<br/>Deformación<br/>E(mm)</th> <th>PRESION 2<br/>Kg/cm2<br/>Deformación<br/>E(mm)</th> <th>PRESION 4<br/>Kg/cm2<br/>Deformación<br/>E(mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0.000</td><td>0.090</td><td>0.201</td><td>0.412</td><td>0.690</td></tr> <tr><td>0.1</td><td>0.008</td><td>0.108</td><td>0.209</td><td>0.462</td><td>0.760</td></tr> <tr><td>0.25</td><td>0.015</td><td>0.111</td><td>0.215</td><td>0.473</td><td>0.770</td></tr> <tr><td>0.5</td><td>0.018</td><td>0.119</td><td>0.225</td><td>0.489</td><td>0.780</td></tr> <tr><td>1</td><td>0.021</td><td>0.125</td><td>0.229</td><td>0.512</td><td>0.800</td></tr> <tr><td>2</td><td>0.024</td><td>0.135</td><td>0.232</td><td>0.538</td><td>0.814</td></tr> <tr><td>4</td><td>0.028</td><td>0.142</td><td>0.247</td><td>0.557</td><td>0.824</td></tr> <tr><td>8</td><td>0.035</td><td>0.151</td><td>0.266</td><td>0.582</td><td>0.852</td></tr> <tr><td>15</td><td>0.043</td><td>0.160</td><td>0.298</td><td>0.599</td><td>0.878</td></tr> <tr><td>30</td><td>0.054</td><td>0.171</td><td>0.324</td><td>0.619</td><td>0.904</td></tr> <tr><td>60</td><td>0.067</td><td>0.182</td><td>0.345</td><td>0.643</td><td>0.935</td></tr> <tr><td>120</td><td>0.078</td><td>0.186</td><td>0.374</td><td>0.664</td><td>0.965</td></tr> <tr><td>240</td><td>0.081</td><td>0.189</td><td>0.388</td><td>0.676</td><td>0.984</td></tr> <tr><td>480</td><td>0.085</td><td>0.196</td><td>0.395</td><td>0.682</td><td>0.995</td></tr> <tr><td>1440</td><td>0.090</td><td>0.201</td><td>0.412</td><td>0.690</td><td>1.002</td></tr> </tbody> </table> |  | TIEMPO  | PRESION 0.25<br>Kg/cm2<br>Deformación<br>E(mm)                          | PRESION 0.5<br>Kg/cm2<br>Deformación<br>E(mm)   | PRESION 1<br>Kg/cm2<br>Deformación<br>E(mm)                             | PRESION 2<br>Kg/cm2<br>Deformación<br>E(mm)   | PRESION 4<br>Kg/cm2<br>Deformación<br>E(mm)                      | 0   | 0.000           | 0.090          | 0.201 | 0.412 | 0.690                           | 0.1         | 0.008 | 0.108                                | 0.209  | 0.462 | 0.760                            | 0.25   | 0.015       | 0.111                         | 0.215  | 0.473  | 0.770           | 0.5   | 0.018 | 0.119                        | 0.225   | 0.489 | 0.780                      | 1      | 0.021 | 0.125                         | 0.229       | 0.512   | 0.800                       | 2      | 0.024 | 0.135  | 0.232                  | 0.538       | 0.814             | 4                   | 0.028  | 0.142 | 0.247                  | 0.557 | 0.824       | 8      | 0.035 | 0.151 | 0.266 | 0.582 | 0.852 | 15 | 0.043 | 0.160 | 0.298 | 0.599 | 0.878 | 30 | 0.054 | 0.171 | 0.324 | 0.619 | 0.904 | 60 | 0.067 | 0.182 | 0.345 | 0.643 | 0.935 | 120 | 0.078 | 0.186 | 0.374 | 0.664 | 0.965 | 240 | 0.081 | 0.189 | 0.388 | 0.676 | 0.984 | 480 | 0.085 | 0.196 | 0.395 | 0.682 | 0.995 | 1440 | 0.090 | 0.201 | 0.412 | 0.690 | 1.002 |
| TIEMPO   | PRESION 0.25<br>Kg/cm2<br>Deformación<br>E(mm) | PRESION 0.5<br>Kg/cm2<br>Deformación<br>E(mm)                                       | PRESION 1<br>Kg/cm2<br>Deformación<br>E(mm)                             | PRESION 2<br>Kg/cm2<br>Deformación<br>E(mm)   | PRESION 4<br>Kg/cm2<br>Deformación<br>E(mm)                             |   |  |   |                 |                |       |       |                                 |             |       |                                      |        |       |                                  |        |             |                               |        |        |                 |       |       |                              |         |       |                            |        |       |                               |             |         |                             |        |       |  |                        |             |                   |                     |        |       |                        |       |             |        |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 0  | 0.000  | 0.090   | 0.201   | 0.412   | 0.690   |   |  |   |                 |                |       |       |                                 |             |       |                                      |        |       |                                  |        |             |                               |        |        |                 |       |       |                              |         |       |                            |        |       |                               |             |         |                             |        |       |  |                        |             |                   |                     |        |       |                        |       |             |        |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 0.1  | 0.008  | 0.108   | 0.209   | 0.462   | 0.760   |   |  |   |                 |                |       |       |                                 |             |       |                                      |        |       |                                  |        |             |                               |        |        |                 |       |       |                              |         |       |                            |        |       |                               |             |         |                             |        |       |  |                        |             |                   |                     |        |       |                        |       |             |        |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 0.25   | 0.015  | 0.111   | 0.215   | 0.473   | 0.770   |   |  |   |                 |                |       |       |                                 |             |       |                                      |        |       |                                  |        |             |                               |        |        |                 |       |       |                              |         |       |                            |        |       |                               |             |         |                             |        |       |  |                        |             |                   |                     |        |       |                        |       |             |        |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 0.5  | 0.018  | 0.119   | 0.225   | 0.489   | 0.780   |   |  |   |                 |                |       |       |                                 |             |       |                                      |        |       |                                  |        |             |                               |        |        |                 |       |       |                              |         |       |                            |        |       |                               |             |         |                             |        |       |  |                        |             |                   |                     |        |       |                        |       |             |        |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 1  | 0.021  | 0.125   | 0.229   | 0.512   | 0.800   |   |  |   |                 |                |       |       |                                 |             |       |                                      |        |       |                                  |        |             |                               |        |        |                 |       |       |                              |         |       |                            |        |       |                               |             |         |                             |        |       |  |                        |             |                   |                     |        |       |                        |       |             |        |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 2  | 0.024  | 0.135   | 0.232   | 0.538   | 0.814   |   |  |   |                 |                |       |       |                                 |             |       |                                      |        |       |                                  |        |             |                               |        |        |                 |       |       |                              |         |       |                            |        |       |                               |             |         |                             |        |       |  |                        |             |                   |                     |        |       |                        |       |             |        |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 4  | 0.028  | 0.142   | 0.247   | 0.557   | 0.824   |   |  |   |                 |                |       |       |                                 |             |       |                                      |        |       |                                  |        |             |                               |        |        |                 |       |       |                              |         |       |                            |        |       |                               |             |         |                             |        |       |  |                        |             |                   |                     |        |       |                        |       |             |        |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 8  | 0.035  | 0.151   | 0.266   | 0.582   | 0.852   |   |  |   |                 |                |       |       |                                 |             |       |                                      |        |       |                                  |        |             |                               |        |        |                 |       |       |                              |         |       |                            |        |       |                               |             |         |                             |        |       |  |                        |             |                   |                     |        |       |                        |       |             |        |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 15   | 0.043  | 0.160   | 0.298   | 0.599   | 0.878   |   |  |   |                 |                |       |       |                                 |             |       |                                      |        |       |                                  |        |             |                               |        |        |                 |       |       |                              |         |       |                            |        |       |                               |             |         |                             |        |       |  |                        |             |                   |                     |        |       |                        |       |             |        |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 30   | 0.054  | 0.171   | 0.324   | 0.619   | 0.904   |   |  |   |                 |                |       |       |                                 |             |       |                                      |        |       |                                  |        |             |                               |        |        |                 |       |       |                              |         |       |                            |        |       |                               |             |         |                             |        |       |  |                        |             |                   |                     |        |       |                        |       |             |        |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 60   | 0.067  | 0.182   | 0.345   | 0.643   | 0.935   |   |  |   |                 |                |       |       |                                 |             |       |                                      |        |       |                                  |        |             |                               |        |        |                 |       |       |                              |         |       |                            |        |       |                               |             |         |                             |        |       |  |                        |             |                   |                     |        |       |                        |       |             |        |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 120  | 0.078  | 0.186   | 0.374   | 0.664   | 0.965   |   |  |   |                 |                |       |       |                                 |             |       |                                      |        |       |                                  |        |             |                               |        |        |                 |       |       |                              |         |       |                            |        |       |                               |             |         |                             |        |       |  |                        |             |                   |                     |        |       |                        |       |             |        |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 240  | 0.081  | 0.189   | 0.388   | 0.676   | 0.984   |   |  |   |                 |                |       |       |                                 |             |       |                                      |        |       |                                  |        |             |                               |        |        |                 |       |       |                              |         |       |                            |        |       |                               |             |         |                             |        |       |  |                        |             |                   |                     |        |       |                        |       |             |        |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 480  | 0.085  | 0.196   | 0.395   | 0.682   | 0.995   |   |  |   |                 |                |       |       |                                 |             |       |                                      |        |       |                                  |        |             |                               |        |        |                 |       |       |                              |         |       |                            |        |       |                               |             |         |                             |        |       |  |                        |             |                   |                     |        |       |                        |       |             |        |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 1440   | 0.090  | 0.201   | 0.412   | 0.690   | 1.002   |   |  |   |                 |                |       |       |                                 |             |       |                                      |        |       |                                  |        |             |                               |        |        |                 |       |       |                              |         |       |                            |        |       |                               |             |         |                             |        |       |  |                        |             |                   |                     |        |       |                        |       |             |        |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Carga aplicada<br/>Kg/cm2</th> <th>Lectura final (cm)</th> <th>Variación de la altura del espécimen, ΔH (cm)<br/>ΔH=L<sub>o</sub>-L<sub>o'</sub></th> <th>Altura final del espécimen, H<sub>c</sub> (cm)<br/>H=H<sub>o</sub>-ΔH</th> <th>Altura de vacios, H<sub>v</sub> (cm)<br/>H<sub>v</sub>=H<sub>o</sub>-H<sub>c</sub></th> <th>Relación de vacios final, e<br/>e= H<sub>v</sub>/H<sub>c</sub></th> <th>Altura promedio durante la consolidación<br/>(H+H<sub>c</sub>)/2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0.000</td><td>2.53</td><td>0.89</td><td>0.543258935</td><td></td></tr> <tr><td>0.25</td><td>0.009</td><td>0.009</td><td>2.52</td><td>0.88</td><td>0.537769081</td><td>2.5255</td></tr> <tr><td>0.5</td><td>0.0201</td><td>0.020</td><td>2.51</td><td>0.87</td><td>0.530998261</td><td>2.51545</td></tr> <tr><td>1</td><td>0.0412</td><td>0.041</td><td>2.49</td><td>0.85</td><td>0.518127604</td><td>2.49935</td></tr> <tr><td>2</td><td>0.069</td><td>0.069</td><td>2.46</td><td>0.82</td><td>0.501170055</td><td>2.4749</td></tr> <tr><td>4</td><td>0.1002</td><td>0.100</td><td>2.43</td><td>0.79</td><td>0.482138561</td><td>2.4454</td></tr> </tbody> </table>  |  | Carga aplicada<br>Kg/cm2  | Lectura final (cm)  | Variación de la altura del espécimen, ΔH (cm)<br>ΔH=L <sub>o</sub> -L <sub>o'</sub>     | Altura final del espécimen, H <sub>c</sub> (cm)<br>H=H <sub>o</sub> -ΔH | Altura de vacios, H <sub>v</sub> (cm)<br>H <sub>v</sub> =H <sub>o</sub> -H <sub>c</sub> | Relación de vacios final, e<br>e= H <sub>v</sub> /H <sub>c</sub> | Altura promedio durante la consolidación<br>(H+H <sub>c</sub> )/2 | 0               | 0              | 0.000 | 2.53  | 0.89                            | 0.543258935 |       | 0.25                                 | 0.009  | 0.009 | 2.52                             | 0.88   | 0.537769081 | 2.5255                        | 0.5    | 0.0201 | 0.020           | 2.51  | 0.87  | 0.530998261                  | 2.51545 | 1     | 0.0412                     | 0.041  | 2.49  | 0.85                          | 0.518127604 | 2.49935 | 2                           | 0.069  | 0.069 | 2.46   | 0.82                   | 0.501170055 | 2.4749            | 4                   | 0.1002 | 0.100 | 2.43                   | 0.79  | 0.482138561 | 2.4454 |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Carga aplicada<br>Kg/cm2   | Lectura final (cm)                             | Variación de la altura del espécimen, ΔH (cm)<br>ΔH=L <sub>o</sub> -L <sub>o'</sub> | Altura final del espécimen, H <sub>c</sub> (cm)<br>H=H <sub>o</sub> -ΔH | Altura de vacios, H <sub>v</sub> (cm)<br>H <sub>v</sub> =H <sub>o</sub> -H <sub>c</sub> | Relación de vacios final, e<br>e= H <sub>v</sub> /H <sub>c</sub>        | Altura promedio durante la consolidación<br>(H+H <sub>c</sub> )/2                       |  |   |                 |                |       |       |                                 |             |       |                                      |        |       |                                  |        |             |                               |        |        |                 |       |       |                              |         |       |                            |        |       |                               |             |         |                             |        |       |  |                        |             |                   |                     |        |       |                        |       |             |        |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 0  | 0  | 0.000   | 2.53  | 0.89  | 0.543258935   |   |  |   |                 |                |       |       |                                 |             |       |                                      |        |       |                                  |        |             |                               |        |        |                 |       |       |                              |         |       |                            |        |       |                               |             |         |                             |        |       |  |                        |             |                   |                     |        |       |                        |       |             |        |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 0.25   | 0.009  | 0.009   | 2.52  | 0.88  | 0.537769081   | 2.5255  |  |   |                 |                |       |       |                                 |             |       |                                      |        |       |                                  |        |             |                               |        |        |                 |       |       |                              |         |       |                            |        |       |                               |             |         |                             |        |       |  |                        |             |                   |                     |        |       |                        |       |             |        |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 0.5  | 0.0201   | 0.020   | 2.51  | 0.87  | 0.530998261   | 2.51545   |  |   |                 |                |       |       |                                 |             |       |                                      |        |       |                                  |        |             |                               |        |        |                 |       |       |                              |         |       |                            |        |       |                               |             |         |                             |        |       |  |                        |             |                   |                     |        |       |                        |       |             |        |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 1  | 0.0412   | 0.041   | 2.49  | 0.85  | 0.518127604   | 2.49935   |  |   |                 |                |       |       |                                 |             |       |                                      |        |       |                                  |        |             |                               |        |        |                 |       |       |                              |         |       |                            |        |       |                               |             |         |                             |        |       |  |                        |             |                   |                     |        |       |                        |       |             |        |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 2  | 0.069  | 0.069   | 2.46  | 0.82  | 0.501170055   | 2.4749  |  |   |                 |                |       |       |                                 |             |       |                                      |        |       |                                  |        |             |                               |        |        |                 |       |       |                              |         |       |                            |        |       |                               |             |         |                             |        |       |  |                        |             |                   |                     |        |       |                        |       |             |        |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 4  | 0.1002   | 0.100   | 2.43  | 0.79  | 0.482138561   | 2.4454  |  |   |                 |                |       |       |                                 |             |       |                                      |        |       |                                  |        |             |                               |        |        |                 |       |       |                              |         |       |                            |        |       |                               |             |         |                             |        |       |  |                        |             |                   |                     |        |       |                        |       |             |        |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |

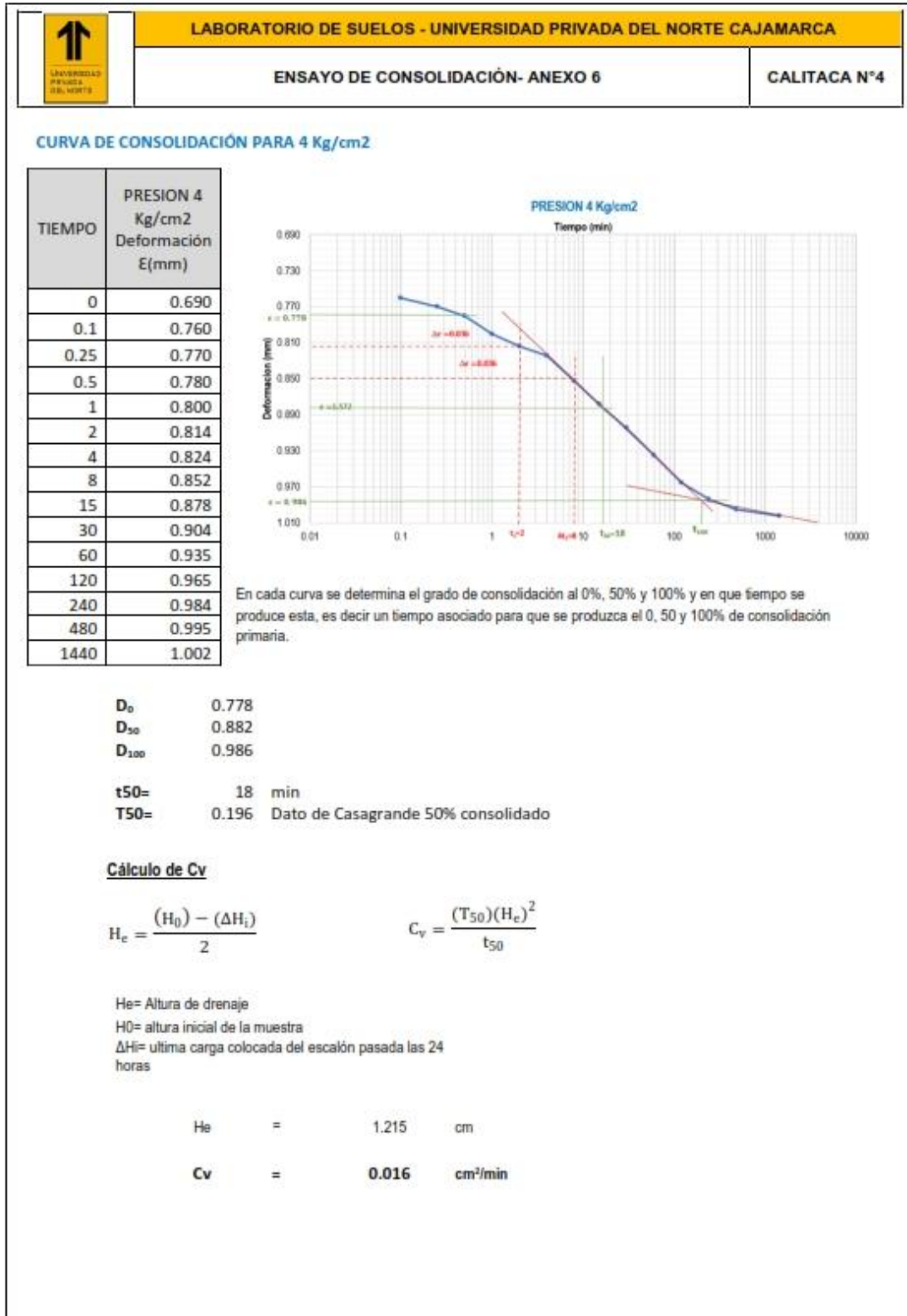


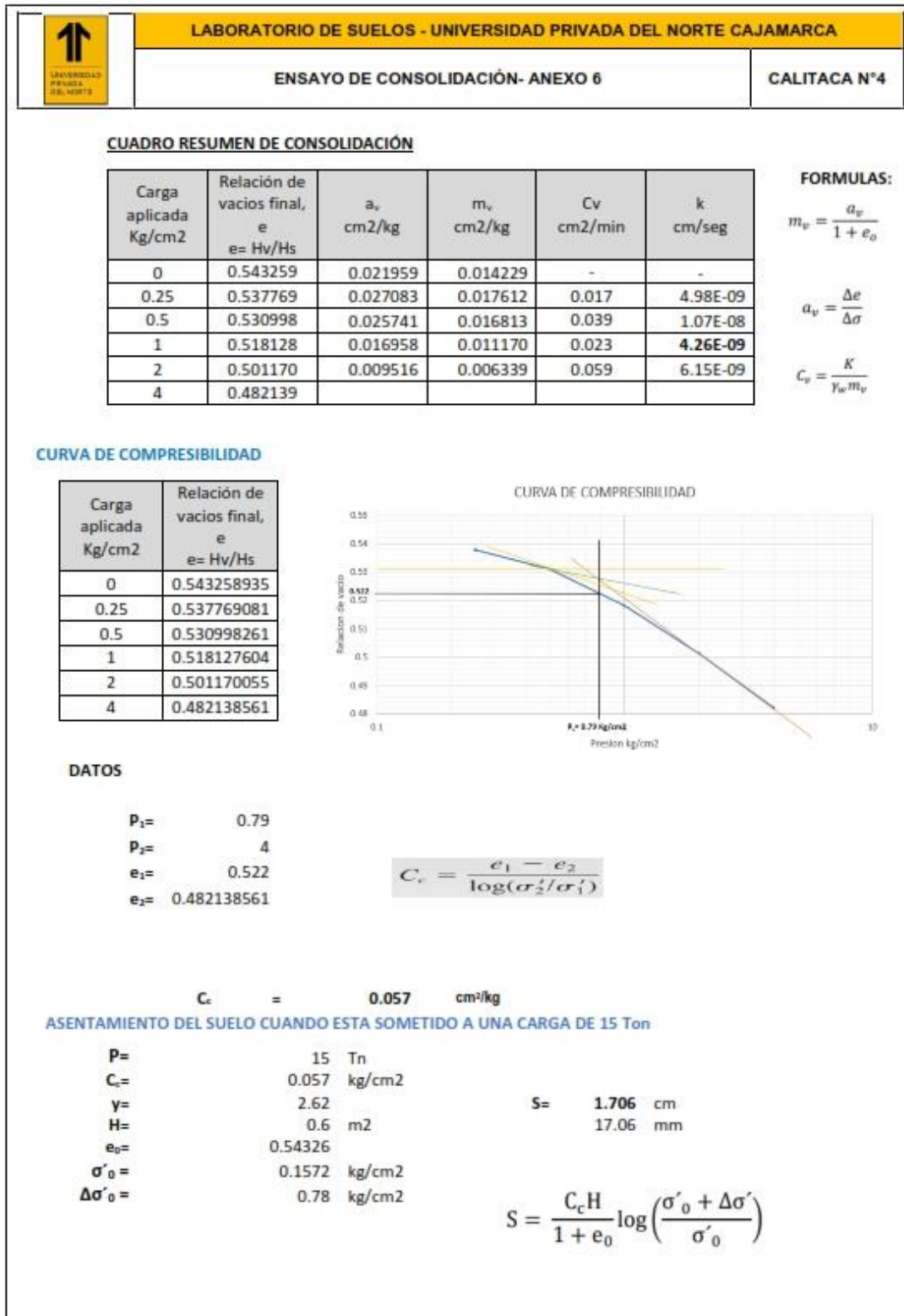




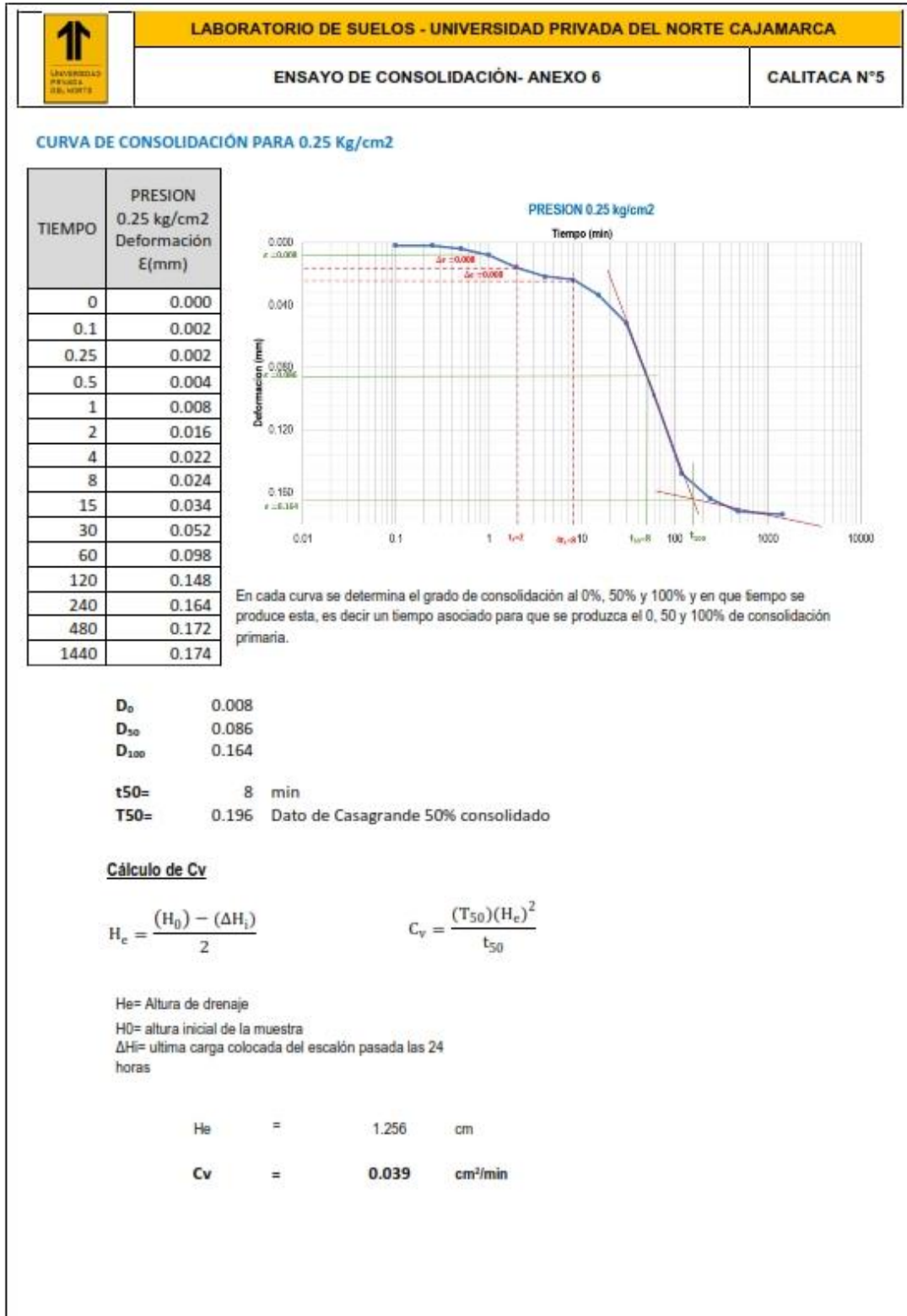


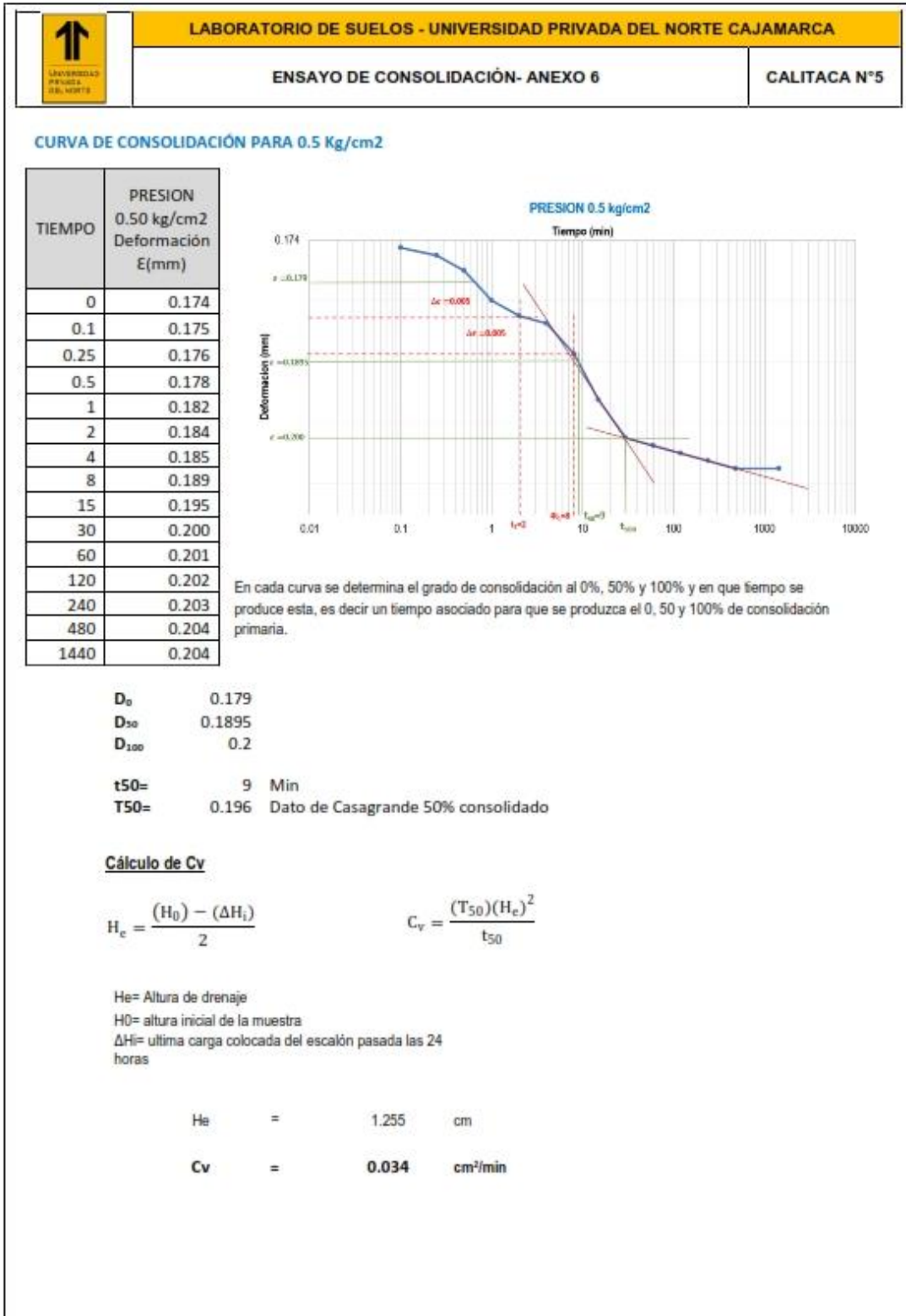


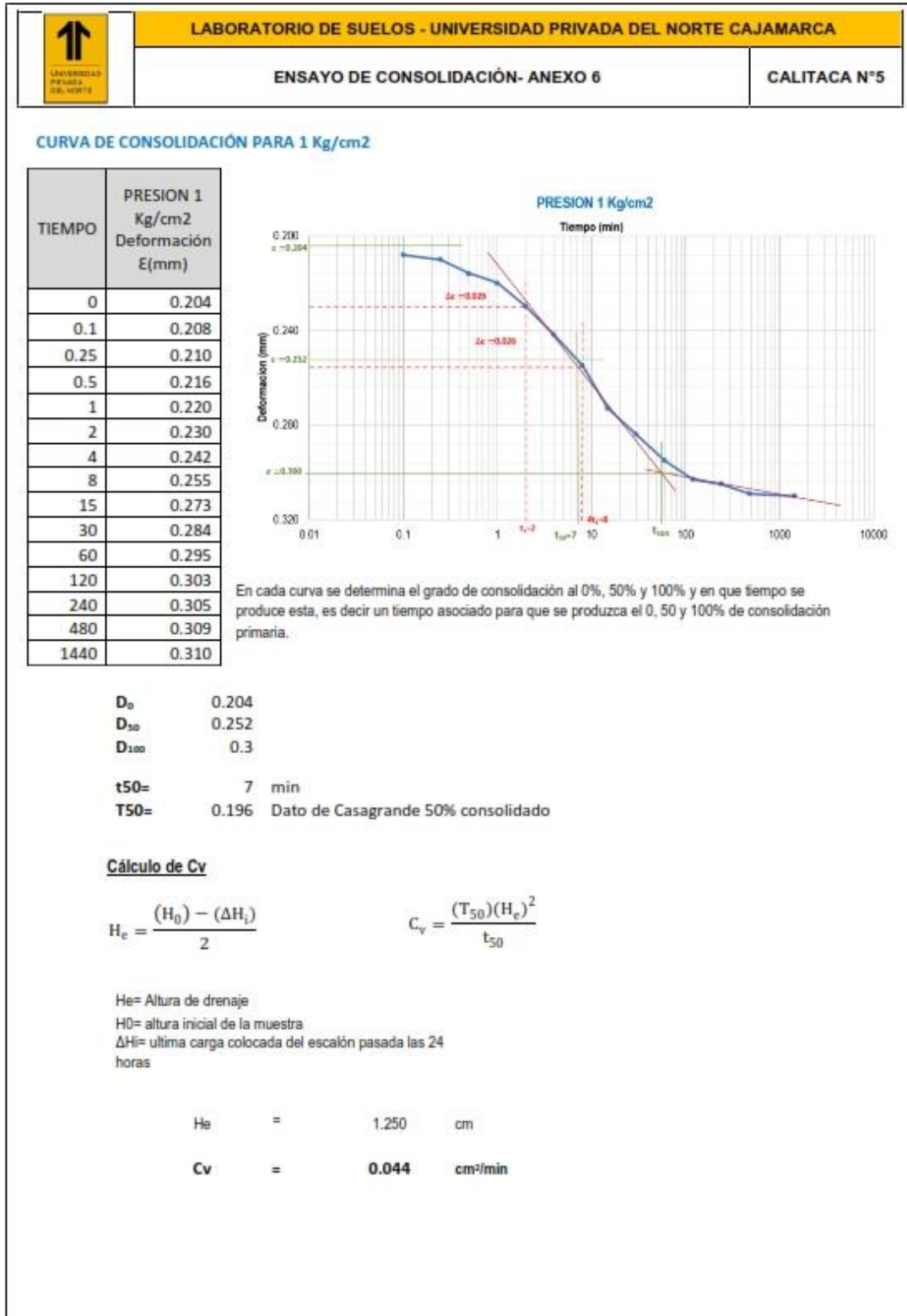


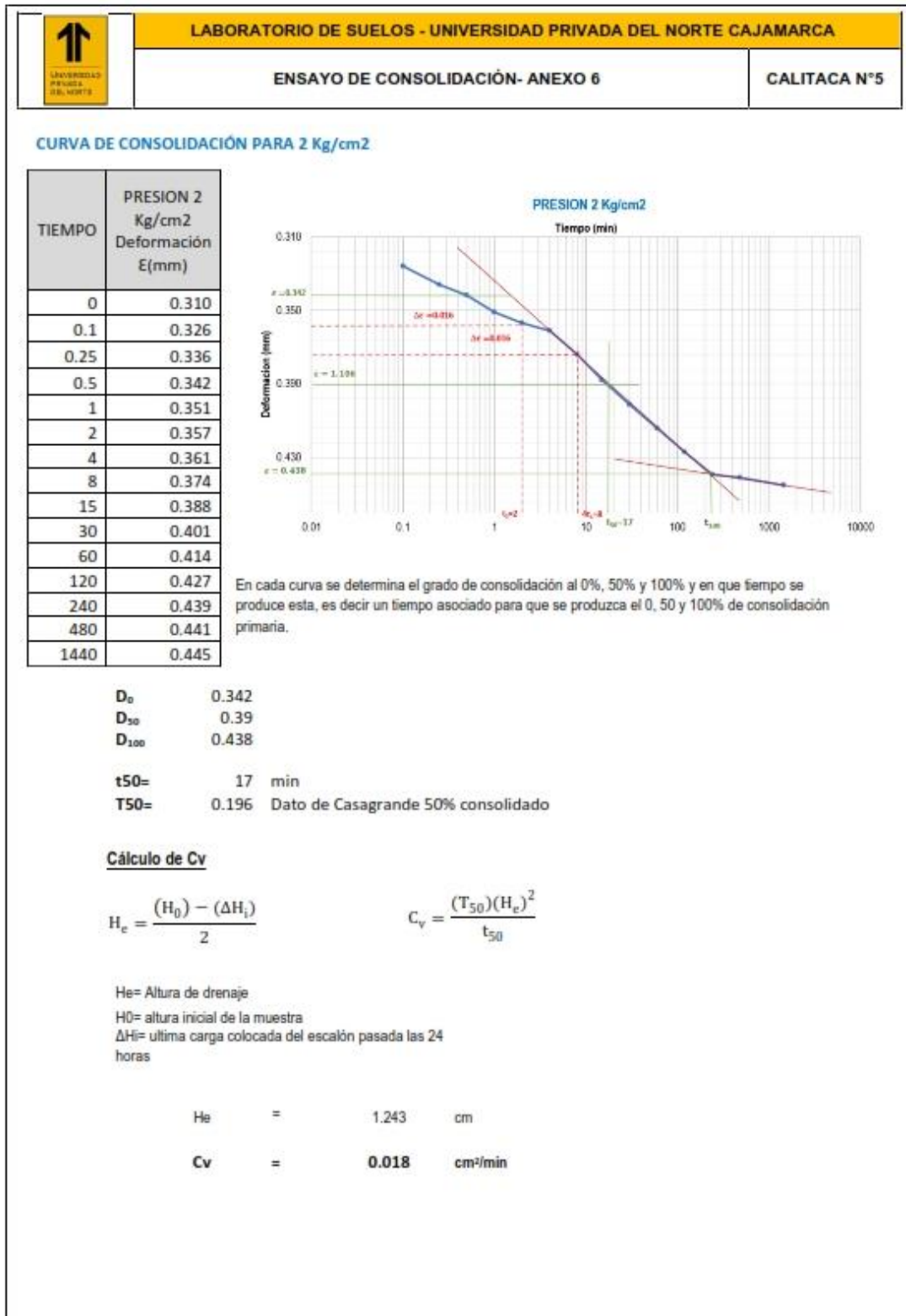


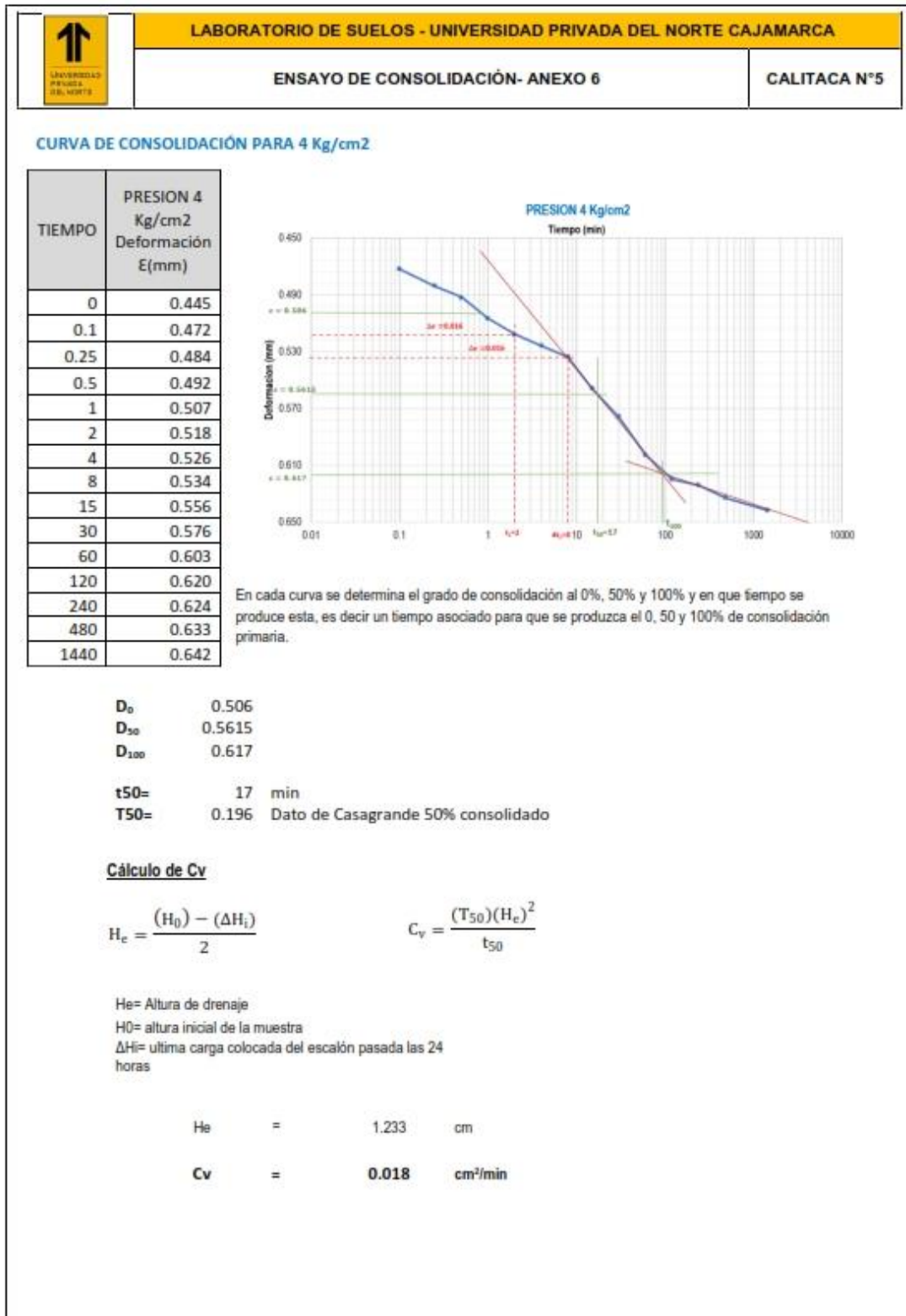
| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA  |  |   |   |   |  |  |  |   |   |   |  |  |                                 |        |       |                                      |        |             |                                  |        |        |                               |        |      |                 |        |       |                              |        |      |                            |             |        |                               |        |       |                             |        |             |  |                        |        |                   |                     |       |            |                        |      |        |       |       |       |             |         |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
|--|--|---|---|---|--|--|--|---|---|---|--|--|---------------------------------|--------|-------|--------------------------------------|--------|-------------|----------------------------------|--------|--------|-------------------------------|--------|------|-----------------|--------|-------|------------------------------|--------|------|----------------------------|-------------|--------|-------------------------------|--------|-------|-----------------------------|--------|-------------|--|------------------------|--------|-------------------|---------------------|-------|------------|------------------------|------|--------|-------|-------|-------|-------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN- ANEXO 6   |  |   |   | CALITACA N°5  |  |  |  |   |   |   |  |  |                                 |        |       |                                      |        |             |                                  |        |        |                               |        |      |                 |        |       |                              |        |      |                            |             |        |                               |        |       |                             |        |             |  |                        |        |                   |                     |       |            |                        |      |        |       |       |       |             |         |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| <b>DATOS:</b>  |  |   |   |   |  |  |  |   |   |   |  |  |                                 |        |       |                                      |        |             |                                  |        |        |                               |        |      |                 |        |       |                              |        |      |                            |             |        |                               |        |       |                             |        |             |  |                        |        |                   |                     |       |            |                        |      |        |       |       |       |             |         |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Número del anillo</td><td>A1</td><td></td></tr> <tr><td>Altura del anillo</td><td>2.53</td><td>cm</td></tr> <tr><td>Area del anillo</td><td>31.47</td><td>cm<sup>2</sup></td></tr> <tr><td>Peso del molde</td><td>109.49</td><td>g</td></tr> <tr><td>Peso del molde +suelo (inicial)</td><td>247.98</td><td>g</td></tr> <tr><td>Peso del molde +suelo húmedo (final)</td><td>258.87</td><td>g</td></tr> <tr><td>Peso del suelo en estado natural</td><td>138.49</td><td>g</td></tr> <tr><td>Peso del suelo húmedo (final)</td><td>149.38</td><td>g</td></tr> <tr><td>Peso de la Tara</td><td>27.53</td><td>g</td></tr> <tr><td>Peso del suelo húmedo + tara</td><td>176.91</td><td>g</td></tr> <tr><td>Peso del suelo seco + tara</td><td>160.86</td><td>g</td></tr> <tr><td>Peso del suelo húmedo (final)</td><td>149.38</td><td>g</td></tr> <tr><td>Peso del suelo seco (final)</td><td>133.33</td><td>g</td></tr> </table>   | Número del anillo                              | A1  |   | Altura del anillo   | 2.53   | cm   | Area del anillo                                | 31.47   | cm <sup>2</sup>   | Peso del molde  | 109.49   | g  | Peso del molde +suelo (inicial) | 247.98 | g     | Peso del molde +suelo húmedo (final) | 258.87 | g           | Peso del suelo en estado natural | 138.49 | g      | Peso del suelo húmedo (final) | 149.38 | g    | Peso de la Tara | 27.53  | g     | Peso del suelo húmedo + tara | 176.91 | g    | Peso del suelo seco + tara | 160.86      | g      | Peso del suelo húmedo (final) | 149.38 | g     | Peso del suelo seco (final) | 133.33 | g           | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Peso unitario del agua</td><td>1.00</td><td>g/cm<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Diámetro del anillo</td><td>6.33</td><td>cm</td></tr> <tr><td>Altura de solidos (Hs)</td><td>1.64</td><td>cm</td></tr> <tr><td>Gs</td><td>2.58</td><td></td></tr> </table> | Peso unitario del agua | 1.00   | g/cm <sup>3</sup> | Diámetro del anillo | 6.33  | cm         | Altura de solidos (Hs) | 1.64 | cm     | Gs    | 2.58  |       |             |         |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Número del anillo  | A1   |   |   |   |  |  |  |   |   |   |  |  |                                 |        |       |                                      |        |             |                                  |        |        |                               |        |      |                 |        |       |                              |        |      |                            |             |        |                               |        |       |                             |        |             |  |                        |        |                   |                     |       |            |                        |      |        |       |       |       |             |         |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Altura del anillo  | 2.53   | cm  |   |   |  |  |  |   |   |   |  |  |                                 |        |       |                                      |        |             |                                  |        |        |                               |        |      |                 |        |       |                              |        |      |                            |             |        |                               |        |       |                             |        |             |  |                        |        |                   |                     |       |            |                        |      |        |       |       |       |             |         |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Area del anillo  | 31.47  | cm <sup>2</sup>   |   |   |  |  |  |   |   |   |  |  |                                 |        |       |                                      |        |             |                                  |        |        |                               |        |      |                 |        |       |                              |        |      |                            |             |        |                               |        |       |                             |        |             |  |                        |        |                   |                     |       |            |                        |      |        |       |       |       |             |         |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Peso del molde   | 109.49   | g   |   |   |  |  |  |   |   |   |  |  |                                 |        |       |                                      |        |             |                                  |        |        |                               |        |      |                 |        |       |                              |        |      |                            |             |        |                               |        |       |                             |        |             |  |                        |        |                   |                     |       |            |                        |      |        |       |       |       |             |         |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Peso del molde +suelo (inicial)  | 247.98   | g   |   |   |  |  |  |   |   |   |  |  |                                 |        |       |                                      |        |             |                                  |        |        |                               |        |      |                 |        |       |                              |        |      |                            |             |        |                               |        |       |                             |        |             |  |                        |        |                   |                     |       |            |                        |      |        |       |       |       |             |         |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Peso del molde +suelo húmedo (final)   | 258.87   | g   |   |   |  |  |  |   |   |   |  |  |                                 |        |       |                                      |        |             |                                  |        |        |                               |        |      |                 |        |       |                              |        |      |                            |             |        |                               |        |       |                             |        |             |  |                        |        |                   |                     |       |            |                        |      |        |       |       |       |             |         |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Peso del suelo en estado natural   | 138.49   | g   |   |   |  |  |  |   |   |   |  |  |                                 |        |       |                                      |        |             |                                  |        |        |                               |        |      |                 |        |       |                              |        |      |                            |             |        |                               |        |       |                             |        |             |  |                        |        |                   |                     |       |            |                        |      |        |       |       |       |             |         |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Peso del suelo húmedo (final)  | 149.38   | g   |   |   |  |  |  |   |   |   |  |  |                                 |        |       |                                      |        |             |                                  |        |        |                               |        |      |                 |        |       |                              |        |      |                            |             |        |                               |        |       |                             |        |             |  |                        |        |                   |                     |       |            |                        |      |        |       |       |       |             |         |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Peso de la Tara  | 27.53  | g   |   |   |  |  |  |   |   |   |  |  |                                 |        |       |                                      |        |             |                                  |        |        |                               |        |      |                 |        |       |                              |        |      |                            |             |        |                               |        |       |                             |        |             |  |                        |        |                   |                     |       |            |                        |      |        |       |       |       |             |         |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Peso del suelo húmedo + tara   | 176.91   | g   |   |   |  |  |  |   |   |   |  |  |                                 |        |       |                                      |        |             |                                  |        |        |                               |        |      |                 |        |       |                              |        |      |                            |             |        |                               |        |       |                             |        |             |  |                        |        |                   |                     |       |            |                        |      |        |       |       |       |             |         |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Peso del suelo seco + tara   | 160.86   | g   |   |   |  |  |  |   |   |   |  |  |                                 |        |       |                                      |        |             |                                  |        |        |                               |        |      |                 |        |       |                              |        |      |                            |             |        |                               |        |       |                             |        |             |  |                        |        |                   |                     |       |            |                        |      |        |       |       |       |             |         |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Peso del suelo húmedo (final)  | 149.38   | g   |   |   |  |  |  |   |   |   |  |  |                                 |        |       |                                      |        |             |                                  |        |        |                               |        |      |                 |        |       |                              |        |      |                            |             |        |                               |        |       |                             |        |             |  |                        |        |                   |                     |       |            |                        |      |        |       |       |       |             |         |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Peso del suelo seco (final)  | 133.33   | g   |   |   |  |  |  |   |   |   |  |  |                                 |        |       |                                      |        |             |                                  |        |        |                               |        |      |                 |        |       |                              |        |      |                            |             |        |                               |        |       |                             |        |             |  |                        |        |                   |                     |       |            |                        |      |        |       |       |       |             |         |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Peso unitario del agua   | 1.00   | g/cm <sup>3</sup>   |   |   |  |  |  |   |   |   |  |  |                                 |        |       |                                      |        |             |                                  |        |        |                               |        |      |                 |        |       |                              |        |      |                            |             |        |                               |        |       |                             |        |             |  |                        |        |                   |                     |       |            |                        |      |        |       |       |       |             |         |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Diámetro del anillo  | 6.33   | cm  |   |   |  |  |  |   |   |   |  |  |                                 |        |       |                                      |        |             |                                  |        |        |                               |        |      |                 |        |       |                              |        |      |                            |             |        |                               |        |       |                             |        |             |  |                        |        |                   |                     |       |            |                        |      |        |       |       |       |             |         |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Altura de solidos (Hs)   | 1.64   | cm  |   |   |  |  |  |   |   |   |  |  |                                 |        |       |                                      |        |             |                                  |        |        |                               |        |      |                 |        |       |                              |        |      |                            |             |        |                               |        |       |                             |        |             |  |                        |        |                   |                     |       |            |                        |      |        |       |       |       |             |         |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Gs   | 2.58   |   |   |   |  |  |  |   |   |   |  |  |                                 |        |       |                                      |        |             |                                  |        |        |                               |        |      |                 |        |       |                              |        |      |                            |             |        |                               |        |       |                             |        |             |  |                        |        |                   |                     |       |            |                        |      |        |       |       |       |             |         |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>TIEMPO</th> <th>PRESION 0.25<br/>Kg/cm2<br/>Deformación<br/>E(mm)</th> <th>PRESION 0.5<br/>Kg/cm2<br/>Deformación<br/>E(mm)</th> <th>PRESION 1<br/>Kg/cm2<br/>Deformación<br/>E(mm)</th> <th>PRESION 2<br/>Kg/cm2<br/>Deformación<br/>E(mm)</th> <th>PRESION 4<br/>Kg/cm2<br/>Deformación<br/>E(mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0.000</td><td>0.174</td><td>0.204</td><td>0.310</td><td>0.445</td></tr> <tr><td>0.1</td><td>0.002</td><td>0.175</td><td>0.208</td><td>0.326</td><td>0.472</td></tr> <tr><td>0.25</td><td>0.002</td><td>0.176</td><td>0.210</td><td>0.336</td><td>0.484</td></tr> <tr><td>0.5</td><td>0.004</td><td>0.178</td><td>0.216</td><td>0.342</td><td>0.492</td></tr> <tr><td>1</td><td>0.008</td><td>0.182</td><td>0.220</td><td>0.351</td><td>0.507</td></tr> <tr><td>2</td><td>0.016</td><td>0.184</td><td>0.230</td><td>0.357</td><td>0.518</td></tr> <tr><td>4</td><td>0.022</td><td>0.185</td><td>0.242</td><td>0.361</td><td>0.526</td></tr> <tr><td>8</td><td>0.024</td><td>0.189</td><td>0.255</td><td>0.374</td><td>0.534</td></tr> <tr><td>15</td><td>0.034</td><td>0.195</td><td>0.273</td><td>0.388</td><td>0.556</td></tr> <tr><td>30</td><td>0.052</td><td>0.200</td><td>0.284</td><td>0.401</td><td>0.576</td></tr> <tr><td>60</td><td>0.098</td><td>0.201</td><td>0.295</td><td>0.414</td><td>0.603</td></tr> <tr><td>120</td><td>0.148</td><td>0.202</td><td>0.303</td><td>0.427</td><td>0.620</td></tr> <tr><td>240</td><td>0.164</td><td>0.203</td><td>0.305</td><td>0.439</td><td>0.624</td></tr> <tr><td>480</td><td>0.172</td><td>0.204</td><td>0.309</td><td>0.441</td><td>0.633</td></tr> <tr><td>1440</td><td>0.174</td><td>0.204</td><td>0.310</td><td>0.445</td><td>0.642</td></tr> </tbody> </table> |  |   |   |   |  | TIEMPO   | PRESION 0.25<br>Kg/cm2<br>Deformación<br>E(mm) | PRESION 0.5<br>Kg/cm2<br>Deformación<br>E(mm)                                       | PRESION 1<br>Kg/cm2<br>Deformación<br>E(mm)   | PRESION 2<br>Kg/cm2<br>Deformación<br>E(mm)   | PRESION 4<br>Kg/cm2<br>Deformación<br>E(mm)                      | 0  | 0.000                           | 0.174  | 0.204 | 0.310                                | 0.445  | 0.1         | 0.002                            | 0.175  | 0.208  | 0.326                         | 0.472  | 0.25 | 0.002           | 0.176  | 0.210 | 0.336                        | 0.484  | 0.5  | 0.004                      | 0.178       | 0.216  | 0.342                         | 0.492  | 1     | 0.008                       | 0.182  | 0.220       | 0.351  | 0.507                  | 2      | 0.016             | 0.184               | 0.230 | 0.357      | 0.518                  | 4    | 0.022  | 0.185 | 0.242 | 0.361 | 0.526       | 8       | 0.024 | 0.189 | 0.255 | 0.374 | 0.534 | 15 | 0.034 | 0.195 | 0.273 | 0.388 | 0.556 | 30 | 0.052 | 0.200 | 0.284 | 0.401 | 0.576 | 60 | 0.098 | 0.201 | 0.295 | 0.414 | 0.603 | 120 | 0.148 | 0.202 | 0.303 | 0.427 | 0.620 | 240 | 0.164 | 0.203 | 0.305 | 0.439 | 0.624 | 480 | 0.172 | 0.204 | 0.309 | 0.441 | 0.633 | 1440 | 0.174 | 0.204 | 0.310 | 0.445 | 0.642 |
| TIEMPO   | PRESION 0.25<br>Kg/cm2<br>Deformación<br>E(mm) | PRESION 0.5<br>Kg/cm2<br>Deformación<br>E(mm)                                       | PRESION 1<br>Kg/cm2<br>Deformación<br>E(mm)   | PRESION 2<br>Kg/cm2<br>Deformación<br>E(mm)   | PRESION 4<br>Kg/cm2<br>Deformación<br>E(mm)                      |  |  |   |   |   |  |  |                                 |        |       |                                      |        |             |                                  |        |        |                               |        |      |                 |        |       |                              |        |      |                            |             |        |                               |        |       |                             |        |             |  |                        |        |                   |                     |       |            |                        |      |        |       |       |       |             |         |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 0  | 0.000  | 0.174   | 0.204   | 0.310   | 0.445  |  |  |   |   |   |  |  |                                 |        |       |                                      |        |             |                                  |        |        |                               |        |      |                 |        |       |                              |        |      |                            |             |        |                               |        |       |                             |        |             |  |                        |        |                   |                     |       |            |                        |      |        |       |       |       |             |         |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 0.1  | 0.002  | 0.175   | 0.208   | 0.326   | 0.472  |  |  |   |   |   |  |  |                                 |        |       |                                      |        |             |                                  |        |        |                               |        |      |                 |        |       |                              |        |      |                            |             |        |                               |        |       |                             |        |             |  |                        |        |                   |                     |       |            |                        |      |        |       |       |       |             |         |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 0.25   | 0.002  | 0.176   | 0.210   | 0.336   | 0.484  |  |  |   |   |   |  |  |                                 |        |       |                                      |        |             |                                  |        |        |                               |        |      |                 |        |       |                              |        |      |                            |             |        |                               |        |       |                             |        |             |  |                        |        |                   |                     |       |            |                        |      |        |       |       |       |             |         |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 0.5  | 0.004  | 0.178   | 0.216   | 0.342   | 0.492  |  |  |   |   |   |  |  |                                 |        |       |                                      |        |             |                                  |        |        |                               |        |      |                 |        |       |                              |        |      |                            |             |        |                               |        |       |                             |        |             |  |                        |        |                   |                     |       |            |                        |      |        |       |       |       |             |         |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 1  | 0.008  | 0.182   | 0.220   | 0.351   | 0.507  |  |  |   |   |   |  |  |                                 |        |       |                                      |        |             |                                  |        |        |                               |        |      |                 |        |       |                              |        |      |                            |             |        |                               |        |       |                             |        |             |  |                        |        |                   |                     |       |            |                        |      |        |       |       |       |             |         |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 2  | 0.016  | 0.184   | 0.230   | 0.357   | 0.518  |  |  |   |   |   |  |  |                                 |        |       |                                      |        |             |                                  |        |        |                               |        |      |                 |        |       |                              |        |      |                            |             |        |                               |        |       |                             |        |             |  |                        |        |                   |                     |       |            |                        |      |        |       |       |       |             |         |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 4  | 0.022  | 0.185   | 0.242   | 0.361   | 0.526  |  |  |   |   |   |  |  |                                 |        |       |                                      |        |             |                                  |        |        |                               |        |      |                 |        |       |                              |        |      |                            |             |        |                               |        |       |                             |        |             |  |                        |        |                   |                     |       |            |                        |      |        |       |       |       |             |         |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 8  | 0.024  | 0.189   | 0.255   | 0.374   | 0.534  |  |  |   |   |   |  |  |                                 |        |       |                                      |        |             |                                  |        |        |                               |        |      |                 |        |       |                              |        |      |                            |             |        |                               |        |       |                             |        |             |  |                        |        |                   |                     |       |            |                        |      |        |       |       |       |             |         |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 15   | 0.034  | 0.195   | 0.273   | 0.388   | 0.556  |  |  |   |   |   |  |  |                                 |        |       |                                      |        |             |                                  |        |        |                               |        |      |                 |        |       |                              |        |      |                            |             |        |                               |        |       |                             |        |             |  |                        |        |                   |                     |       |            |                        |      |        |       |       |       |             |         |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 30   | 0.052  | 0.200   | 0.284   | 0.401   | 0.576  |  |  |   |   |   |  |  |                                 |        |       |                                      |        |             |                                  |        |        |                               |        |      |                 |        |       |                              |        |      |                            |             |        |                               |        |       |                             |        |             |  |                        |        |                   |                     |       |            |                        |      |        |       |       |       |             |         |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 60   | 0.098  | 0.201   | 0.295   | 0.414   | 0.603  |  |  |   |   |   |  |  |                                 |        |       |                                      |        |             |                                  |        |        |                               |        |      |                 |        |       |                              |        |      |                            |             |        |                               |        |       |                             |        |             |  |                        |        |                   |                     |       |            |                        |      |        |       |       |       |             |         |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 120  | 0.148  | 0.202   | 0.303   | 0.427   | 0.620  |  |  |   |   |   |  |  |                                 |        |       |                                      |        |             |                                  |        |        |                               |        |      |                 |        |       |                              |        |      |                            |             |        |                               |        |       |                             |        |             |  |                        |        |                   |                     |       |            |                        |      |        |       |       |       |             |         |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 240  | 0.164  | 0.203   | 0.305   | 0.439   | 0.624  |  |  |   |   |   |  |  |                                 |        |       |                                      |        |             |                                  |        |        |                               |        |      |                 |        |       |                              |        |      |                            |             |        |                               |        |       |                             |        |             |  |                        |        |                   |                     |       |            |                        |      |        |       |       |       |             |         |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 480  | 0.172  | 0.204   | 0.309   | 0.441   | 0.633  |  |  |   |   |   |  |  |                                 |        |       |                                      |        |             |                                  |        |        |                               |        |      |                 |        |       |                              |        |      |                            |             |        |                               |        |       |                             |        |             |  |                        |        |                   |                     |       |            |                        |      |        |       |       |       |             |         |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 1440   | 0.174  | 0.204   | 0.310   | 0.445   | 0.642  |  |  |   |   |   |  |  |                                 |        |       |                                      |        |             |                                  |        |        |                               |        |      |                 |        |       |                              |        |      |                            |             |        |                               |        |       |                             |        |             |  |                        |        |                   |                     |       |            |                        |      |        |       |       |       |             |         |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Carga aplicada<br/>Kg/cm2</th> <th>Lectura final (cm)</th> <th>Variación de la altura del espécimen, ΔH (cm)<br/>ΔH=L<sub>o</sub>-L<sub>o'</sub></th> <th>Altura final del espécimen, H<sub>o</sub> (cm)<br/>H<sub>o</sub>=H<sub>o</sub>-ΔH</th> <th>Altura de vacios, H<sub>v</sub> (cm)<br/>H<sub>v</sub>=H<sub>o</sub>-H<sub>s</sub></th> <th>Relación de vacios final, e<br/>e= H<sub>v</sub>/H<sub>s</sub></th> <th>Altura promedio durante la consolidación<br/>(H<sub>o</sub>+H<sub>o'</sub>)/2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0.000</td><td>2.53</td><td>0.89</td><td>0.540670083</td><td></td></tr> <tr><td>0.25</td><td>0.0174</td><td>0.017</td><td>2.51</td><td>0.87</td><td>0.53007417</td><td>2.5213</td></tr> <tr><td>0.5</td><td>0.0204</td><td>0.020</td><td>2.51</td><td>0.87</td><td>0.528247289</td><td>2.5111</td></tr> <tr><td>1</td><td>0.031</td><td>0.031</td><td>2.50</td><td>0.86</td><td>0.521792307</td><td>2.5043</td></tr> <tr><td>2</td><td>0.0445</td><td>0.045</td><td>2.49</td><td>0.84</td><td>0.51357134</td><td>2.49225</td></tr> <tr><td>4</td><td>0.0642</td><td>0.064</td><td>2.47</td><td>0.82</td><td>0.501574818</td><td>2.47565</td></tr> </tbody> </table>  |  |   |   |   |  | Carga aplicada<br>Kg/cm2   | Lectura final (cm)                             | Variación de la altura del espécimen, ΔH (cm)<br>ΔH=L <sub>o</sub> -L <sub>o'</sub> | Altura final del espécimen, H <sub>o</sub> (cm)<br>H <sub>o</sub> =H <sub>o</sub> -ΔH | Altura de vacios, H <sub>v</sub> (cm)<br>H <sub>v</sub> =H <sub>o</sub> -H <sub>s</sub> | Relación de vacios final, e<br>e= H <sub>v</sub> /H <sub>s</sub> | Altura promedio durante la consolidación<br>(H <sub>o</sub> +H <sub>o'</sub> )/2 | 0                               | 0      | 0.000 | 2.53                                 | 0.89   | 0.540670083 |                                  | 0.25   | 0.0174 | 0.017                         | 2.51   | 0.87 | 0.53007417      | 2.5213 | 0.5   | 0.0204                       | 0.020  | 2.51 | 0.87                       | 0.528247289 | 2.5111 | 1                             | 0.031  | 0.031 | 2.50                        | 0.86   | 0.521792307 | 2.5043   | 2                      | 0.0445 | 0.045             | 2.49                | 0.84  | 0.51357134 | 2.49225                | 4    | 0.0642 | 0.064 | 2.47  | 0.82  | 0.501574818 | 2.47565 |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| Carga aplicada<br>Kg/cm2   | Lectura final (cm)                             | Variación de la altura del espécimen, ΔH (cm)<br>ΔH=L <sub>o</sub> -L <sub>o'</sub> | Altura final del espécimen, H <sub>o</sub> (cm)<br>H <sub>o</sub> =H <sub>o</sub> -ΔH | Altura de vacios, H <sub>v</sub> (cm)<br>H <sub>v</sub> =H <sub>o</sub> -H <sub>s</sub> | Relación de vacios final, e<br>e= H <sub>v</sub> /H <sub>s</sub> | Altura promedio durante la consolidación<br>(H <sub>o</sub> +H <sub>o'</sub> )/2 |  |   |   |   |  |  |                                 |        |       |                                      |        |             |                                  |        |        |                               |        |      |                 |        |       |                              |        |      |                            |             |        |                               |        |       |                             |        |             |  |                        |        |                   |                     |       |            |                        |      |        |       |       |       |             |         |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 0  | 0  | 0.000   | 2.53  | 0.89  | 0.540670083  |  |  |   |   |   |  |  |                                 |        |       |                                      |        |             |                                  |        |        |                               |        |      |                 |        |       |                              |        |      |                            |             |        |                               |        |       |                             |        |             |  |                        |        |                   |                     |       |            |                        |      |        |       |       |       |             |         |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 0.25   | 0.0174   | 0.017   | 2.51  | 0.87  | 0.53007417   | 2.5213   |  |   |   |   |  |  |                                 |        |       |                                      |        |             |                                  |        |        |                               |        |      |                 |        |       |                              |        |      |                            |             |        |                               |        |       |                             |        |             |  |                        |        |                   |                     |       |            |                        |      |        |       |       |       |             |         |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 0.5  | 0.0204   | 0.020   | 2.51  | 0.87  | 0.528247289  | 2.5111   |  |   |   |   |  |  |                                 |        |       |                                      |        |             |                                  |        |        |                               |        |      |                 |        |       |                              |        |      |                            |             |        |                               |        |       |                             |        |             |  |                        |        |                   |                     |       |            |                        |      |        |       |       |       |             |         |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 1  | 0.031  | 0.031   | 2.50  | 0.86  | 0.521792307  | 2.5043   |  |   |   |   |  |  |                                 |        |       |                                      |        |             |                                  |        |        |                               |        |      |                 |        |       |                              |        |      |                            |             |        |                               |        |       |                             |        |             |  |                        |        |                   |                     |       |            |                        |      |        |       |       |       |             |         |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 2  | 0.0445   | 0.045   | 2.49  | 0.84  | 0.51357134   | 2.49225  |  |   |   |   |  |  |                                 |        |       |                                      |        |             |                                  |        |        |                               |        |      |                 |        |       |                              |        |      |                            |             |        |                               |        |       |                             |        |             |  |                        |        |                   |                     |       |            |                        |      |        |       |       |       |             |         |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
| 4  | 0.0642   | 0.064   | 2.47  | 0.82  | 0.501574818  | 2.47565  |  |   |   |   |  |  |                                 |        |       |                                      |        |             |                                  |        |        |                               |        |      |                 |        |       |                              |        |      |                            |             |        |                               |        |       |                             |        |             |  |                        |        |                   |                     |       |            |                        |      |        |       |       |       |             |         |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |    |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |














|   |  |
|---|--|
|  | <b>LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b> |
| <b>ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN- ANEXO 6</b>   | <b>CALITACA N°5</b>  |

**CUADRO RESUMEN DE CONSOLIDACIÓN**

| Carga aplicada Kg/cm2 | Relación de vacíos final, e<br>e= Hv/Hs | a <sub>v</sub><br>cm2/kg | m <sub>v</sub><br>cm2/kg | C <sub>v</sub><br>cm2/min | k<br>cm/seg     |
|-----------------------|---|--------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------|
| 0                     | 0.540670                                | 0.042384                 | 0.027510                 | -                         | -               |
| 0.25                  | 0.530074                                | 0.007308                 | 0.004776                 | 0.039                     | 3.02E-09        |
| 0.5                   | 0.528247                                | 0.012910                 | 0.008448                 | 0.034                     | 4.74E-09        |
| 1                     | 0.521792                                | 0.008221                 | 0.005402                 | 0.044                     | 3.86E-09        |
| 2                     | 0.513571                                | 0.005998                 | 0.003963                 | 0.018                     | <b>1.15E-09</b> |
| 4                     | 0.501575                                | 0.125394                 |                          |                           |                 |

**FORMULAS:**

$$m_v = \frac{a_v}{1 + e_0}$$


$$a_v = \frac{\Delta e}{\Delta \sigma}$$

$$C_v = \frac{K}{\gamma_w m_v}$$

**CURVA DE COMPRESIBILIDAD**

| Carga aplicada Kg/cm2 | Relación de vacíos final, e<br>e= Hv/Hs |
|-----------------------|---|
| 0                     | 0.540670083                             |
| 0.25                  | 0.53007417                              |
| 0.5                   | 0.528247289                             |
| 1                     | 0.521792307                             |
| 2                     | 0.51357134                              |
| 4                     | 0.501574818                             |



**DATOS**

|                  |             |
|------------------|-------------|
| P <sub>1</sub> = | 0.98        |
| P <sub>2</sub> = | 4           |
| e <sub>1</sub> = | 0.522       |
| e <sub>2</sub> = | 0.501574818 |

$$C_c = \frac{e_1 - e_2}{\log(\sigma_2'/\sigma_1')}$$

**C<sub>c</sub> = 0.033 cm<sup>2</sup>/kg**

**ASENTAMIENTO DEL SUELO CUANDO ESTA SOMETIDO A UNA CARGA DE 15 Ton**

|                    |               |    |          |
|--------------------|---------------|----|----------|
| P=                 | 15 Tn         | S= | 0.809 cm |
| C <sub>c</sub> =   | 0.033 kg/cm2  |    | 8.09 mm  |
| γ=                 | 2.58          |    |          |
| H=                 | 0.4 m2        |    |          |
| e <sub>0</sub> =   | 0.54067       |    |          |
| σ' <sub>0</sub> =  | 0.1032 kg/cm2 |    |          |
| Δσ' <sub>0</sub> = | 0.78 kg/cm2   |    |          |

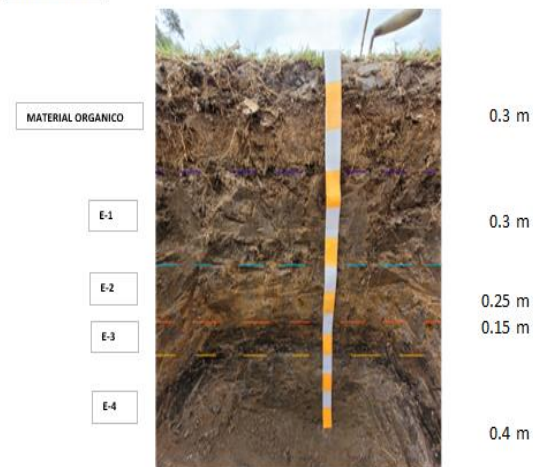
$$S = \frac{C_c H}{1 + e_0} \log\left(\frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma'}{\sigma'_0}\right)$$

ANEXO 07: Panel Fotográfico – Obtención de la muestra estudiada.

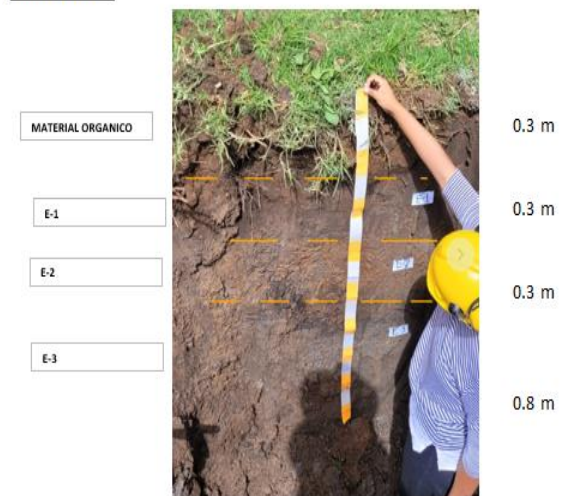


**Foto N° 1:** Ubicación de zona estudiada – **Foto N° 2:** Excavación de calicatas.  
Lotización Arce.

**CALICATA 1**



**CALICATA 2**



**Foto N° 3:** Perfil de la Calicata 1.

**Foto N° 4:** Perfil de la Calicata 2.

**CALICATA 3**

MATERIAL ORGANICO

E-1

E-2

E-3

E-4



**Foto N° 5:** Perfil de la Calicata 3.

**CALICATA 4**

0.3 m

0.2 m

0.2 m

0.4 m

0.3 m

MATERIAL ORGANICO

E-1

E-2

E-3

E-4

0.25 m

0.25 m

0.2 m

0.2 m

0.6 m



**Foto N° 6:** Perfil de la Calicata 4.

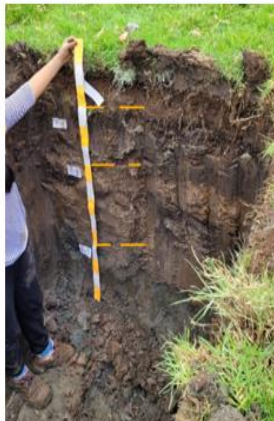
**CALICATA 5**

MATERIAL ORGANICO

E-1

E-2

E-3



**Foto N° 7:** Perfil de la Calicata 5.

0.3 m

0.3 m

0.5 m

0.4 m



**Foto N° 8:** Identificación de calicata.



**Foto N° 9:** Identificación de cada estrato.



**Foto N° 10:** Medición de estrato.



**Foto N° 11:** Extracción de muestra altera para estudio de suelos.



**Foto N° 12:** Tallado de muestra inalterada en bloque.



**Foto N° 13:** Protección de la muestra inalterada.



**Foto N° 14:** Obtención y encapsulado de muestra inalterada.



**Foto N° 15:** Codificación de muestra inalterada.



**Foto N° 16:** Transporte de muestra del suelo estudiado.

ANEXO 08: Panel Fotográfico – Ensayo de análisis granulométrico en tamizado por lavado.



**Foto N° 1:** Muestra de suelo sumergido en agua.



**Foto N° 2:** Juego de tamices para granulometría.

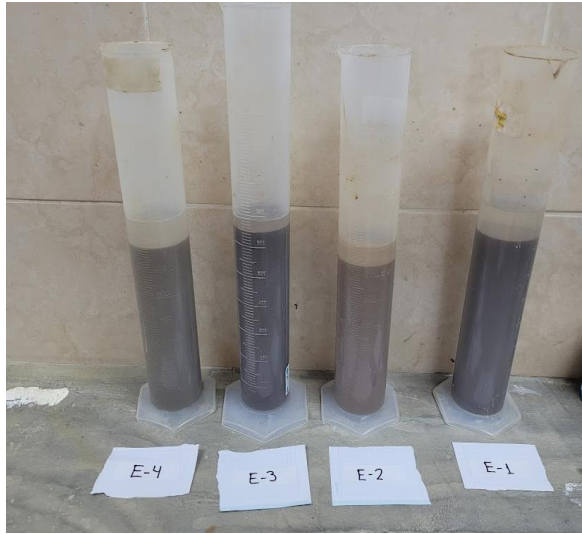


**Foto N° 3:** Tamizado por lavado con la malla N°200.



**Foto N° 4:** Muestra de la C-1 con agua

ANEXO 09: Panel Fotográfico – Ensayo de análisis granulométrico por sifonaje.



**Foto N° 1:** Respo de la muestra para sedimentación.



**Foto N° 2:** Mezcla de la muestra con agua.



**Foto N° 3:** Material sedimentado, antes de llevar al horno.



**Foto N° 4:** Sifonaje de muestra sedimentada.

**ANEXO 10: Panel Fotográfico – Ensayo de límites de plasticidad.**



**Foto N° 1:** Ensayo de límite líquido.



**Foto N° 2:** Muestra en forma de cilindros que presentan agrietamientos.



**Foto N° 3:** Muestra nivelada en la copa de Casagrande.



**Foto N° 4:** Ensayo de límite plástico



ANEXO 11: Panel Fotográfico – Ensayo de permeabilidad de carga variable.



**Foto N° 1:** Muestra de suelo colocado en el permeámetro.



**Foto N° 2:** Equipo de permeabilidad ensamblado.



**Foto N° 3:** Armado del equipo de permeabilidad.



**Foto N° 4:** Ensayo de permeabilidad de carga variable

ANEXO 12: Panel Fotográfico – Ensayo de consolidación unidimensional.



**Foto N° 1:** Ensayo de consolidación unidimensional.



**Foto N° 2:** Tallado de la muestra para el ensayo.



**Foto N° 3:** Armado del molde de consolidación con la muestra.



**Foto N° 4:** Muestra preparada para determinar la gravedad específica.