

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

**Relación entre el tipo de suelo (SUCS y AASHTO) y el
asentamiento de suelos para determinar asentamientos
diferenciales en cimientos de concreto armado**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor: Bach. Hilker URDANIVIA ROQUE

Asesor: Mg. José German RAMÍREZ MEDRANO

Cerro de Pasco – Perú – 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**Relación entre el tipo de suelo (SUCS y AASHTO) y el
asentamiento de suelos para determinar asentamientos
diferenciales en cimientos de concreto armado**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Ing. Vicente Cesar DÁVILA CÓRDOVA

PRESIDENTE

Mg. Eusebio ROQUE HUAMÁN

MIEMBRO

Ing. Pedro YARASCA CORDOVA

MIEMBRO

DEDICATORIA

A Dios, quien supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en las adversidades.

Para mis queridos padres y hermanos por su apoyo incondicional.

gracias a mis amigos, compañeros y docentes quienes me apoyaron y me enseñaron para lograr mis objetivos.

RECONOCIMIENTO

A los Docente de la Escuela de Ingeniería Civil, los cuales han construido en mi formación profesional, y a mi asesor el cual hizo posible la realización del presente trabajo.

RESUMEN

Este Trabajo de investigación está elaborado con el fin de determinar el valor de asentamientos diferenciales en cimientos de concreto armado en base a clasificación, esfuerzos y deformaciones elásticas de los suelos.

La presente investigación está orientada a realizar un análisis comparativo Para así luego poder determinar una ecuación que asemeja a los resultados obtenidos en gabinete y en laboratorio de mecánica de suelos.

Para este proyecto de investigación no se ha escogido ningún proyecto en específico, donde se presentarán los procedimientos usados para evaluar los asentamientos que sufre cada tipo de suelo en base a la clasificación de suelos mediante el método de SUCS y AASHTO, además se evaluará el asentamiento en base a los esfuerzos y deformaciones elásticas que sufre en base a una carga que se asignara para su evaluación.

En los diversos capítulos de la presente investigación se mencionará los procedimientos para clasificar los suelos mediante el método de SUCS y AASHTO.

En el Capítulo I se presentará el Problema de investigación, en el Capítulo II indicaremos el marco teórico para entender la forma de clasificar el suelo y los procedimientos para determinar los esfuerzos y deformaciones elásticas en el suelo, en el Capítulo III se presentará la metodología y en el Capítulo IV se presentarán los resultados de la presente investigación.

Palabras clave: Asentamiento diferencial mediante SUCS, Asentamiento diferencial mediante AASHTO.

ABSTRACT

This Research Work is prepared in order to determine the value of differential settlements in reinforced concrete foundations based on classification, stresses and elastic deformations of soils.

The present investigation is oriented to carry out a comparative analysis In order to then be able to determine an equation that resembles the results obtained in the cabinet and in the soil mechanics laboratory.

For this research project, no specific project has been chosen, where the procedures used to evaluate the settlements suffered by each type of soil will be presented based on the classification of soils using the SUCS and AASHTO method, in addition the settlement will be evaluated based on the stresses and elastic deformations that it suffers based on a load that will be assigned for evaluation.

In the various chapters of this research, the procedures for classifying soils by the SUCS and AASHTO method will be mentioned.

In Chapter I the Research Problem will be presented, in Chapter II we will indicate the theoretical framework to understand how to classify the soil and the procedures to determine the elastic stresses and deformations in the soil, in Chapter III the methodology will be presented and Chapter IV will present the results of the present investigation.

Keywords: Differential settlement through SUCS, Differential settlement through AASHTO.

INTRODUCCIÓN

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos – SUCS, es un sistema de clasificación de suelos usado en ingeniería y geología para describir la textura y el tamaño de las partículas de un suelo. Este sistema de clasificación puede ser aplicado a la mayoría de los materiales sin consolidar y se representa mediante un símbolo con dos letras, en relación al AASHTO es un órgano que establece normas, publica especificaciones y hace pruebas de protocolos y guías usadas en el diseño y construcción de autopistas en todo los Estados Unidos, estos dos sistemas de clasificación se determinara para buscar una relación entre los esfuerzos y deformaciones que sufre el suelo en base a la relación de las dimensiones del cimiento de concreto armado, estas dimensiones pueden denominarse como las dimensiones propiamente dichas (longitud) y también las cargas que solicita cada estructura en base al análisis estructural.

Antes del proceso de elaboración de la presente tesis, no se ha evidenciado antecedentes de tesis que corresponde a determinar la relación entre la clasificación de suelos y los asentamientos, en la presente tesis se hablara temas como la Ley de Hook, consolidaciones, etc.

INDICE

DEDICATORIA

RECONOCIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

INDICE

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2. DELIMITACION DE LA INVESTIGACION	2
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.3.1. Problema Principal	3
1.3.2. Problemas Específicos.....	3
1.4. FORMULACION DE OBJETIVOS	4
1.4.1. Objetivo General	4
1.4.2. Objetivos Específicos.....	4
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIO.....	6
2.2. BASES TEÓRICAS – CIENTÍFICAS	10
2.2.1. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos	10

2.2.1.1.SUELOS GRUESOS.....	12
2.2.1.2.SUELOS FINOS.	15
2.2.2. Límite de Plasticidad	18
2.2.3. Análisis Granulométrico	22
2.2.3.1.EQUIPOS PARA ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	22
2.2.3.2.LA MUESTRA EN EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	23
2.2.4. Sistema de clasificación AASHTO	24
2.2.5. Elasticidad.....	29
2.3. DEFINICION DE TERMINOS BÁSICOS	30
2.4. FORMULACION DE HIPOTESIS	32
2.4.1. Hipótesis General.....	32
2.4.2. Hipótesis Específicas	32
2.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	32
2.5.1. Variable independiente	32
2.5.2. Variable dependiente	32
2.6. DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES E INDICADORES	33

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	34
3.2. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	34
3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	35
3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	31
3.3.1. Población	35
3.3.2. Muestra	35
3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	36

3.5.1. Análisis Documental	36
3.5.2. Observación De Campo No Experimental	36
3.6. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	36
3.7. TRATAMIENTO ESTADISTICO	37
3.7.1. Grava bien graduada (GW)	37
3.7.2. Grava pobremente Graduada (GP)	38
3.7.3. Grava con Limo (GM)	40
3.7.4. Grava Con Arcilla (GC)	41
3.7.5. Arena bien Graduada (SW)	42
3.7.6. Arena Pobremente Graduada (SP)	44
3.7.7. Arena con Limo (SM)	45
3.7.8. Arena con Arcilla (SC)	46
3.7.9. Clasificación de Suelos mediante AASHTO A-1-A	48
3.7.10. Clasificación de Suelos mediante AASHTO A-1-B	49
3.7.11. Clasificación de Suelos mediante AASHTO A-3	50
3.7.12. Clasificación de Suelos mediante AASHTO A-2-4	52
3.7.13. Clasificación de Suelos mediante AASHTO A-2-5	53
3.7.14. Clasificación de Suelos mediante AASHTO A-2-6	54
3.7.15. Clasificación de Suelos mediante AASHTO A-2-7	56
3.8. SELECCIÓN, VALIDACION Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN	57
3.9. ORIENTACIÓN ÉTICA	58

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO	59
---	----

4.2. PRESENTACIÓN, ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	60
4.2.1.ECUACIONES EN SUELOS MEDIANTE SUCS	60
4.2.1.1. GW	60
4.2.1.2. GP	60
4.2.1.3. GM	61
4.2.1.4. GC.....	61
4.2.1.5. SW	62
4.2.1.6. SP	62
4.2.1.7. SM.....	63
4.2.1.8. SC	63
4.2.2. ECUACIONES EN SUELOS MEDIANTE AASHTO	64
4.2.2.1. A-1-A.....	64
4.2.2.2. A-1-B.....	64
4.2.2.3. A-3.....	65
4.2.2.4. A-2-4	65
4.2.2.5. A-2-5	66
4.2.2.6. A-2-6	66
4.2.2.7. A-2-7	67
4.3.PRUEBA DE HIPÓTESIS	67
4.4.DISCUSIÓN DE RESULTADOS	71

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1: RELACIÓN LIMITE LÍQUIDO, ÍNDICE DE PLASTICIDAD	28
ILUSTRACIÓN 2: VALORES DE E (FUENTE: INGENIERIAMECANICA)	37
ILUSTRACIÓN 3: ASENTAMIENTOS EN GW.....	38
ILUSTRACIÓN 4: ASENTAMIENTO EN SP	39
ILUSTRACIÓN 5: ASENTAMIENTO EN GM.....	41
ILUSTRACIÓN 6: ASENTAMIENTO EN GC	42
ILUSTRACIÓN 7: ASENTAMIENTO EN SW	43
ILUSTRACIÓN 8: ASENTAMIENTO EN SP	45
ILUSTRACIÓN 9: ASENTAMIENTO EN SM	46
ILUSTRACIÓN 10:ASENTAMIENTO EN SC.....	47
ILUSTRACIÓN 11: ASENTAMIENTO EN A-4-1	49
ILUSTRACIÓN 12: ASENTAMIENTO EN A-1-B	50
ILUSTRACIÓN 13: ASENTAMIENTO EN A-3	51
ILUSTRACIÓN 14: ASENTAMIENTO EN A-2-4.....	53
ILUSTRACIÓN 15: ASENTAMIENTO EN A-2-5.....	54
ILUSTRACIÓN 16: ASENTAMIENTO EN A-2-6.....	55
ILUSTRACIÓN 17: ASENTAMIENTO EN A-2-7	57
ILUSTRACIÓN 18: ECUACIÓN EN GW	60
ILUSTRACIÓN 19: ECUACIÓN EN GW	60
ILUSTRACIÓN 20: ECUACIÓN EN GM	61
ILUSTRACIÓN 21: ECUACIÓN EN GC.....	61
ILUSTRACIÓN 22: ECUACIÓN EN SW	62
ILUSTRACIÓN 23: ECUACIÓN EN SP	62
ILUSTRACIÓN 24: ECUACIÓN EN SM.....	63

ILUSTRACIÓN 25: ECUACIÓN EN SC	63
ILUSTRACIÓN 26: ECUACIÓN EN A-1A	64
ILUSTRACIÓN 27: ECUACIÓN EN A-1B	64
ILUSTRACIÓN 28: ECUACIÓN EN A-3	65
ILUSTRACIÓN 29: ECUACIÓN EN A-2-4	65
ILUSTRACIÓN 30: ECUACIÓN EN A-2-5	66
ILUSTRACIÓN 31: ECUACIÓN EN A-2-6	66
ILUSTRACIÓN 32: ECUACIÓN EN A-2-7	67

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: TAMAÑO MÁXIMO DE PARTÍCULAS VS PEO MÍNIMO DE PARTÍCULAS.....	24
TABLA 2: ASENTAMIENTOS EN GW	37
TABLA 3: ASENTAMIENTOS EN GP	38
TABLA 4: ASENTAMIENTOS EN GM.....	40
TABLA 5: ASENTAMIENTOS EN GC	41
TABLA 6: ASENTAMIENTOS EN SW.....	42
TABLA 7: ASENTAMIENTO EN SP	44
TABLA 8: ASENTAMIENTO EN SM	45
TABLA 9: ASENTAMIENTO EN SC	46
TABLA 10: ASENTAMIENTO EN A-4-1	48
TABLA 11: ASENTAMIENTO EN A-1B	49
TABLA 12: ASENTAMIENTO EN A-3.....	50
TABLA 13: ASENTAMIENTO EN A-2-4.....	52
TABLA 14: ASENTAMIENTO EN A-2-5.....	53
TABLA 15: ASENTAMIENTO EN A-2-6.....	54

TABLA 16: ASENTAMIENTO EN A-2-7.....	56
TABLA 17: RESUMEN DE ECUACIONES	67
TABLA 18: CONSTANTE URDANIVIA PARA DIFERENTES TIPOS DE SUELO	70

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y Determinación del problema

La creciente ola de inmigrantes que cada día llegan a las diferentes ciudades del mundo por distintas circunstancias, es un fenómeno difícil de soportar en las diferentes capitales, ya que éstas deben albergar gran cantidad de población en terrenos cada vez más estrechos, vulnerables y desconocidos.

Cuando el ingeniero civil realiza el análisis estructural, solo identifica los esfuerzos y reacciones de la estructura en si (Columnas, vigas, techo, zapata y otros) además realiza el estudio de mecánica de suelos para el diseño de dimensiones de la zapata (solo las dimensiones de la zapata), sin embargo en el reglamento nacional de edificaciones indica realizar la

relación de asentamientos diferenciales en base a las dimensiones y cargas del cimiento para poder determinar si los asentamientos entre cimientos este dentro de lo permitido por dicho reglamento.

El desconocimiento técnico y teórico de los ingenieros civiles hace que se determine o decida por escoger sistemas de construcción diferentes al óptimo. Además, se debe tener en cuenta que una cimentación inadecuada para el tipo de terreno, mal diseñada o calculada se traduce en la posibilidad de que tanto el propio edificio como las viviendas colindantes sufran asientos diferenciales con el consiguiente deterioro de los mismos pudiendo llegar incluso al colapso, estos problemas se deben a que muchas veces los ciudadanos y ciudadanas realizan construcciones sin haber realizado estudios de suelo y sin tener en cuenta la normatividad vigente, razón por la cual el terreno no soporta el peso y tiende a resquebrajarse, flexionarse o hundirse, causando problemas y amenazas para sus habitantes. (Audefroy, 2003).

Con este proyecto de investigación se determinará la relación (Formula o ecuación) entre el tipo de suelo y los asentamientos para determinar los asentamientos diferenciales en cimientos de concreto armado

1.2. Delimitación de la Investigación

- Espacial

El presente trabajo de investigación se desarrollará en la ciudad de Pasco específicamente en el distrito de Chaupimarca.

- Ubicación Política

- Región: Pasco

- Provincia: Pasco
- Distrito: Chaupimarca

- Temporal

Las condiciones climatológicas como la temperatura, velocidad de viento, humedad relativa y las bajas temperaturas no influyen en las propiedades del suelo, estos parámetros tienen diversas variaciones durante todo el año en la ciudad de Pasco, por lo que la presente investigación se desarrolló y evaluó durante los meses de enero de 2019 – agosto de 2019.

- Conceptual

La presente investigación se encuentra enmarcada en el ámbito de la Ingeniería Civil, específicamente en el área de Mecánica de suelos, análisis estructural y diseño sismorresistente.

Además, el presente trabajo de investigación solo comprenderá para estratos que tengan una altura máxima de 15m siempre en cuando no sean suelo tipo roca, ni semi roca.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema Principal.

- ¿Cómo determinamos el asentamiento diferencial en base a la relación entre el tipo y asentamiento del suelo en cimientos de concreto armado?

1.3.2. Problemas Específicos

- ¿Cómo determinamos el asentamiento diferencial clasificando el suelo mediante SUCS en cimientos de concreto armado?

- ¿Cómo determinamos el asentamiento diferencial clasificando el suelo mediante AASHTO en cimientos de concreto armado?

1.4. Formulación de Objetivos

1.4.1. Objetivo General

- Determinar el asentamiento diferencial en base a la relación del tipo y asentamiento del suelo en cimientos de concreto armado.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar el asentamiento diferencial en base a la clasificación del suelo mediante SUCS en cimientos de concreto armado.
- Determinar el asentamiento diferencial en base a la clasificación del suelo mediante AASHTO en cimientos de concreto armado.

1.5. Justificación de la Investigación

- En estructuras de concreto armado, es necesario que en el diseño estructural se conozca los valores de asentamientos diferenciales, estos con la finalidad de cumplir con lo indicado en la norma de concreto armado, cimentaciones y sísmicas de nuestro reglamento nacional de edificaciones, se ha evidenciado en los estudios de pre inversión e inversión de los expedientes técnicos, y en su gran mayoría carece de este tipo de estudio por motivos que en la presente investigación desconocemos, sin embargo en base a las recomendaciones y necesidades que indica nuestro reglamento nacional de edificaciones propondremos en base a diversos análisis y comparaciones una alternativa mas viable para poder determinar el valor del asentamiento diferencial.

1.6. Limitaciones de la Investigación

El presente trabajo de investigación está limitado solo para suelos gruesos (gravas y arenas) y a una profundidad de 8.00 metros como máximo para su evaluación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de Estudio

Zonificación mediante el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) y la capacidad portante del suelo, para viviendas unifamiliares en la expansión urbana del anexo Lucmacucho Alto - Sector Lucmacucho, distrito de Cajamarca.

Autor: Briones Alva, María Emérita, Irigoín Gonzales, Nelson Ulices

La presente tesis tuvo como objetivo zonificar el Anexo Lucmacucho Alto mediante la clasificación de suelos (SUCS) y la capacidad portante del suelo para viviendas unifamiliares en la expansión urbana del sector. Hoy en día las diferentes ciudades experimentan un acelerado proceso de urbanización, cuyos habitantes construyen sus viviendas en zonas

inestables, debido a que no se realizan estudios que garanticen la estabilidad de suelo de fundación; realidad que se vive en el Sector Lucmacucho Alto y situación que se pretende mejorar con la presente tesis, es por ello que se decidió investigar la zonificación del Anexo Lucmacucho Alto. La investigación se basó fundamentalmente en obtener la capacidad portante del suelo existente en la zona, haciendo uso de la fórmula de Terzaghi y los parámetros característicos del suelo, mediante tablas se determinó la cohesión y ángulo de fricción interna de los tipos de suelos, encontrados en función a la clasificación de los suelos mediante el Sistema Unificado de Clasificación de los Suelos (SUCS), en las 17 calicatas distribuidas por el método de la cuadrícula en un área aproximada de 6 hectáreas, considerando además como datos asumidos para el cálculo una profundidad de 1.50 m y un ancho de 0.80 m de cimiento corrido, cimentación más común en la construcción de viviendas unifamiliares. Como resultado se obtuvo que, el suelo de la zona en estudio a una profundidad de 1.50 m presenta una capacidad portante admisible de diseño que varía de 0.19 Kg/cm² a 2.03 Kg/cm², y los siguientes tipos de suelos: Limo arenoso (ML), arcilla ligera arenosa (CL), arena limosa (SM), limo elástico arenoso (MH), arenas arcillosas (SC), arcillas limosas orgánicas con baja plasticidad (OL), suelo orgánico con arena (OH), gravas arcillosas (GC) y arenas densas arenosas (CH).

ABSTRACT This thesis aimed Annex Lucmacucho Alto zoning by classifying soils (USCS) and the bearing capacity for single family homes in the urban expansion of the sector. Today the different cities experiencing rapid urbanization, where people build their houses on

unstable areas, because no studies to ensure the stability of soil foundation are made; reality that exists in the Sector Lucmacucho Alto and situation to be improved with this thesis, which is why we decided to investigate the zoning of Annex Lucmacucho Alto. The research was based primarily on getting the bearing capacity of the existing soil in the area, using the formula of Terzaghi and characteristic soil parameters, using tables cohesion and angle of internal friction of soil types were determined Found according to the classification of soils by the Unified System of Soil Classification (USCS), in the 17 pits distributed by the grid method in an area of approximately 6 hectares, as well as considering data assumed for calculation depth 1.50 m and a width of 0.80 m run foundation, common foundation in the construction of houses. As a result it was found that the soil of the study area to a depth of 1.50 m has an allowable bearing capacity of design ranging from 0.19 Kg / cm² to 2.03 kg / cm², and the following soil types: sandy silt (ML), light sandy clay (CL), silty sand (SM), sandy stretch limo (MH), clayey sands (SC), organic silty clays with low plasticity (OL), organic soil with sand (OH), clayey gravels (GC) thick and sandy arenas (CH).

MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO -MECÁNICAS DE LA SUBRASANTE EN UNA VÍA AFIRMADA DE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL DE LA REGIÓN JUNÍN MEDIANTE LA ESTABILIZACIÓN QUÍMICA CON ÓXIDO DE CALCIO - 2016

La presente investigación parte del problema general ¿Cómo influye la estabilización química mediante la adición de diversos porcentajes de óxido de calcio en el mejoramiento de las propiedades físico – mecánicas

de la subrasante en una vía afirmada de la Red Vial Departamental de la Región Junín?; por consiguiente se formuló el objetivo general: “Determinar la influencia de la estabilización química mediante la adición de diversos porcentajes de óxido de calcio en el mejoramiento de las propiedades físico – mecánicas de la subrasante en una vía afirmada de la Red Vial Departamental de la Región Junín”; y la hipótesis general que debe contrastarse es: “La estabilización química mediante la adición de diversos porcentajes de óxido de calcio influye positivamente mejorando las propiedades físico - mecánicas de la subrasante en una vía afirmada de la Red Vial Departamental de la Región Junín”. El método general de la investigación es el CIENTÍFICO, el tipo de investigación es APLICADA Y TECNOLÓGICA, el nivel de carácter DESCRIPTIVO – EXPLICATIVO, el diseño EXPERIMENTAL y el Enfoque de investigación CUANTITATIVA; que permitió describir y explicar la influencia del óxido de calcio como estabilizante químico de suelos y determinar el óptimo porcentaje de óxido de calcio, además de determinar las mejoras que produce la estabilización química mediante su uso, asimismo analizar y comparar los costos entre la estabilización física y química. La población fue la Red Vial Departamental Ruta JU108, Tramo: C.P. Pariahuanca – C.P. Ojaro, en el Distrito de Pariahuanca y la muestra fue de tipo NO PROBABILÍSTICO, DIRIGIDO O POR CONVENIENCIA, conformado por un grupo de ensayos de mecánica de suelos y procedimientos de Ingeniería; para el efecto se aplicaron las Normas del MTC vigentes, se realizó los estudios de tráfico vehicular y además cuatro calicatas a cielo

abierto para su análisis y experimentación con la adición de diversos porcentajes de óxido de calcio.

Se concluyó que la estabilización química con Óxido de Calcio influye positivamente en las propiedades físico-mecánicas de la subrasante, obteniendo como porcentaje óptimo la adición del 3% de óxido de calcio en peso de suelo, reduciendo el índice de plasticidad de un suelo natural con un IP de 19.08% a un IP de 4.17% posterior a su estabilización, así mismo aumenta significativamente el valor de C.B.R. de un 4.85% para suelo natural a un valor de C.B.R de 15.64% posterior a su estabilización, además se demostró una ventaja económica de la estabilización química con óxido de calcio frente a la estabilización física por el método de combinación de suelos, con una considerable reducción de costos de un 44.41%.

2.2. Bases teóricas – Científicas

2.2.1. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS (Unified Soil Classification System (USCS)) es un sistema de clasificación de suelos usado en ingeniería y geología para describir la textura y el tamaño de las partículas de un suelo. Este sistema de clasificación puede ser aplicado a la mayoría de los materiales sin consolidar y se representa mediante un símbolo con dos letras. Cada letra es descrita debajo (con la excepción de Pt). Para clasificar el suelo hay que realizar previamente una granulometría

del suelo mediante tamizado u otros. También se le denomina clasificación modificada de Casagrande.

Si el suelo tiene entre un 5-12% de finos, pasantes del tamiz #200 se considera que ambas distribuciones de granos tienen un efecto significativo para las propiedades ingenieriles del material. Estaríamos hablando por ejemplo de gravas bien graduadas, pero con limos. En esos casos se recomienda usar doble notación, por ejemplo: GW-GM correspondiente a "grava bien graduada" y "grava con limo"

Si el suelo tiene más del 15% del peso retenido por el tamiz #4 ($R_{\#4} > 15\%$), hay una cantidad significativa de grava, y al sufijo "con grava" se le puede añadir el nombre del grupo, pero el símbolo del grupo no cambia. Por ejemplo, SP-SM con grava se refiere a "Arena pobremente graduada con limo y grava"

Si el suelo tiene entre un 5-12% de finos, pasantes del tamiz #200 se considera que ambas distribuciones de granos tienen un efecto significativo para las propiedades ingenieriles del material. Estaríamos hablando por ejemplo de gravas bien graduadas pero con limos. En esos casos se recomienda usar doble notación, por ejemplo: GW-GM correspondiente a "grava bien graduada" y "grava con limo"

Si el suelo tiene más del 15% del peso retenido por el tamiz #4 ($R_{\#4} > 15\%$), hay una cantidad significativa de grava, y al sufijo "con grava" se le puede añadir el nombre del grupo, pero el

símbolo del grupo no cambia. Por ejemplo, SP-SM con grava se refiere a "Arena pobremente graduada con limo y grava"

El sistema cubre los suelos gruesos y los finos, distinguiendo ambos por el cribado a través de la malla No 200; las partículas gruesas son mayores que dicha malla y las finas menores. Un suelo se considera grueso si más del 50% de sus partículas son gruesas, y fino, si más de la mitad de sus partículas, en peso, son finas.

Se describirán a continuación los diferentes grupos referentes a suelos gruesos.

2.2.1.1. Suelos Gruesos

El símbolo de cada grupo está formado por dos letras mayúsculas, que son las iniciales de los nombres ingleses de los suelos más típicos de ese grupo. El significado es:

- Gravas y suelos en que predominan estas. Símbolo genérico, G (gravel).
- Arenas y suelos arenosos. Símbolo genérico S (sand).

Las gravas y las arenas se separan con la malla No 4, de manera que un suelo pertenece al grupo genérico G, si más del 50% de su fracción gruesa (retenida en la malla No 200) no pasa la malla No 4, y es del grupo genérico S, en caso contrario.

Las gravas y las arenas se subdividen en cuatro tipos.

Grupos GW y SW. Material prácticamente limpio de finos, bien graduado. Símbolo W (well graded). Para cumplir con los requisitos de estos grupos se garantiza en la práctica especificando que el contenido de partículas finas no sea mayor de un 5% en peso.

La graduación se juzga por medio de los coeficientes de uniformidad y curvatura. Para considerar una grava bien graduada se exige que su coeficiente de uniformidad sea mayor que 4; mientras que el de curvatura debe estar comprendido entre 1 y 3. En el caso de las arenas bien graduadas, el coeficiente de uniformidad será mayor que 6, en tanto el de curvatura debe estar entre los mismos límites anteriores.

Grupos GP y SP. Material prácticamente limpio de finos, mal graduado. Símbolo P (poorly graded).

Son de apariencia uniforme o presentan predominio de un tamaño o de un margen de tamaños, faltando algunos intermedios; deben satisfacer los requisitos señalados, en lo referente al contenido de partículas finas (máximo 5%), pero no cumplen los requisitos de graduación indicados para su consideración como bien graduados.

Dentro de esos grupos están comprendidas las gravas uniformes, tales como las que se depositan en los lechos de los ríos, las arenas uniformes, de médanos y playas y

las mezclas de gravas y arenas finas, provenientes de estratos diferentes obtenidas durante un proceso de excavación.

Grupos GM y SM. Material con cantidad apreciable de finos no plásticos. Símbolo M (del sueco mo y mjala).

En estos grupos el contenido de finos afecta las características de resistencia y esfuerzo – deformación y la capacidad de drenaje libre de la fracción gruesa; en la práctica se ha visto que esto ocurre para porcentajes de finos superiores a 12%, en peso, por lo que esa cantidad se toma como frontera inferior de dicho contenido de partículas finas. La plasticidad de los finos en estos grupos varía entre nula y media; es decir, es requisito que los límites de plasticidad localicen a la fracción que pase la malla No 40 abajo de la línea A o bien que su índice de plasticidad sea menor que 4.

Grupos GC y SC. Material con cantidad apreciable de finos plásticos.

Como en el grupo anterior, el contenido de finos debe ser mayor que 12%, en peso, y por las mismas razones expuestas para los grupos GM y SM. Sin embargo, en estos casos, los finos son de media a alta plasticidad; es ahora requisito que los límites de plasticidad sitúen a la fracción que pasa la malla No 40 sobre la línea A,

teniéndose además, la condición que el índice plástico sea mayor que 7.

A los suelos gruesos con contenido de finos comprendido entre 5% y 12%, en peso, el sistema unificado los considera casos de frontera, adjudicándoles un símbolo doble. Por ejemplo, un símbolo GP-GC indica una grava mal graduada, con un contenido entre 5% y 12% de finos plásticos (arcillosos).

Cuando un material no cae claramente dentro de un grupo, deberán usarse también símbolos dobles, correspondientes a casos de frontera. Por ejemplo, el símbolo GW-SW se usará para un material bien graduado, con menos de 5% de finos y formada su fracción gruesa por iguales proporciones de grava y arena.

2.2.1.2. Suelos Finos.

También en este caso el sistema considera a los suelos agrupados, formándose el símbolo de cada grupo por dos letras mayúsculas, escogidas por un criterio similar al usado para los suelos gruesos y dando lugar a las siguientes divisiones:

- Limos inorgánicos, de símbolo genérico M (del sueco mo y mjala)
- Arcillas inorgánicas, de símbolo genérico C (clay)

- Limos y arcillas orgánicas, de símbolo genérico O (organic)

Cada uno de estos tres tipos de suelos se subdividen, según su límite líquido en dos grupos. Si éste es menor de 50%, es decir, si son suelos de compresibilidad baja o media, se añade al símbolo genérico la letra L (low compressibility). Los suelos finos con límite líquido mayor de 50%, o sea los de alta compresibilidad, llevan tras el símbolo genérico la letra H (high compressibility).

Los suelos altamente orgánicos, usualmente fibrosos, tales como turbas y suelos pantanosos, extremadamente compresibles, forman un grupo independiente de símbolo Pt (del inglés peat: turba).

Grupos CL y CH. El grupo CL comprende a la zona sobre la línea A de la carta de plasticidad, definida por $LL < 50\%$ e $IP > 7\%$, donde:

- LL: límite líquido
- IP: índice de plasticidad

El grupo CH corresponde a la zona arriba de la línea A, definida por $LL > 50\%$.

Grupos ML y MH. El grupo ML comprende la zona abajo de la línea A, definida por $LL < 50\%$ y la porción sobre la

línea A con $IP < 4$. El grupo MH corresponde a la zona abajo de la línea A, definida por $LL > 50\%$.

En estos grupos quedan comprendidos los limos típicos inorgánicos y limos arcillosos, los tipos comunes de limos inorgánicos y limos arcillosos. Los tipos comunes de limos inorgánicos y polvo de roca, con $LL < 30\%$, se localizan en el grupo ML. Los depósitos eólicos, del tipo loess, con $25\% < LL < 35\%$ usualmente, caen también en este grupo.

Los suelos finos que caen sobre la línea A y con $4\% < IP < 7\%$ se consideran como casos de frontera, asignándoles el símbolo doble CL-ML.

Grupos OL y OH. Las zonas correspondientes a estos dos grupos son los mismos que la de los grupos ML y MH, respectivamente, si bien los orgánicos están siempre en lugares próximos a la línea A.

Una pequeña adición de materia orgánica coloidal hace que el límite líquido de una arcilla crezca sin apreciable cambio de su índice plástico; esto hace que el suelo se desplace hacia la derecha de plasticidad, pasando una posición más alejada de la línea A.

Grupos Pt. Las pruebas de límites pueden ejecutarse en la mayoría de suelos turbosos, después de un completo remoldeo. El límite líquido de estos suelos puede estar

entre 300% y 500%, quedando su posición en la carta de plasticidad netamente abajo de la línea A; el índice plástico normalmente varía entre 100% y 200%.

2.2.2. Límite de Plasticidad

La plasticidad no es una propiedad permanente sino circunstancial y dependiente del contenido de agua. Una arcilla muy seca puede tener la consistencia de un ladrillo, con plasticidad nula, y esa misma arcilla, con gran cantidad de agua, puede presentar las propiedades de un lodo semilíquido o inclusive, las de una suspensión líquida.

Entre ambos extremos, existe un intervalo del contenido de agua en el que la arcilla se comporta plásticamente. La plasticidad de un suelo exige, para ser expresada en forma conveniente, la utilización de dos parámetros en lugar de uno solo.

Según su contenido de agua en orden decreciente, un suelo susceptible de ser plástico, puede estar en cualquiera de los siguientes estados de consistencia, definidos por Atterberg.

- Estado líquido, con las propiedades y apariencia de una suspensión.
- Estado semilíquido, con las propiedades de un fluido viscoso.
- Estado plástico, en que el suelo se comporta plásticamente.
- Estado semisólido, en el que el suelo tiene la apariencia de un sólido, pero aun disminuye de volumen al estar sujeto a secado.

- Estado sólido, en el que el volumen del suelo no varía con el secado.

Los anteriores estados son fases generales por los que pasa el suelo al irse secando y no existen criterios exactos para distinguir sus fronteras. El establecimiento de estas ha de hacerse en forma puramente convencional.

Atterberg estableció las primeras convenciones para ello, bajo el nombre general de Límites de Consistencia.

La frontera convencional entre los estados semilíquido y plástico fue llamada por Atterberg Límite Líquido. Atterberg lo definió en términos de una técnica de laboratorio que consistía en colocar el suelo remoldeado en una cápsula, formando en él una ranura y en hacer cerrar la ranura golpeando secamente la cápsula contra una superficie dura; el suelo tenía el contenido de agua correspondiente al límite líquido, según Atterberg cuando los bordes inferiores de la ranura se tocaban, sin mezclarse, al cabo de un cierto número de golpes.

La frontera convencional entre los estados plástico y semisólido fue llamada por Atterberg Límite Plástico y también en términos de una manipulación de laboratorio. Atterberg rolaba un fragmento de suelo hasta convertirlo en un cilindro de espesor no especificado; el agrietamiento y desmoronamiento del rollito, en un cierto momento, indicaba que se había alcanzado el límite plástico y el contenido de agua en tal momento era la frontera deseada.

A las fronteras anteriores que definen el intervalo plástico del suelo se les ha llamado Límites de Plasticidad.

Atterberg consideraba que la plasticidad del suelo quedaba determinada por el límite líquido y por la cantidad máxima de una cierta arena, que podía ser agregada al suelo, estando este con el contenido de agua correspondiente al límite líquido, sin que perdiera por completo su plasticidad. Además, encontró que la diferencia entre los valores de los límites de plasticidad, llamada Índice Plástico, se relacionaba fácilmente con la cantidad de arena añadida, siendo de más fácil determinación, por lo que sugirió su uso, en lugar de la arena, como segundo parámetro para definir la plasticidad.

$$I_p = LL - LP$$

Dónde:

- I_p : Índice de Plasticidad
- LL: Límite Líquido
- LP: Límite Plástico

Los elementos esenciales del sistema de clasificación fueron propuestos inicialmente por Arturo Casagrande (1942) y adoptados posteriormente por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos para la construcción de aeropuertos. Actualmente,

este sistema se utiliza con modificaciones mínimas en la mayoría de los países fuera de los Estados Unidos. Dentro de los Estados Unidos el sistema es ampliamente utilizado por organizaciones tales como el Cuerpo de Ingenieros, la Oficina de Reclamos, y con pequeñas modificaciones por la mayoría de las firmas consultoras.

Los suelos se consideran de grano fino cuando más del 50% pasa en tamiz No 200, y son:

- ML, OL o CL: si los límites líquidos son menores que 50%, M= Limo, O= Suelos Orgánicos, C= Arcilla.
- MH, OH o CH: si los límites líquidos son superiores a 50%, H= Alta compresibilidad, L= Baja compresibilidad.

Para poder identificar un suelo fino entonces, es preciso realizar los ensayos de Límites de Plasticidad o Límites de Atterberg.

Los límites líquido y plástico se ejecutan sobre material correspondiente a la fracción menor del Tamiz No 40 de todos los suelos, incluyendo gravas, arenas y suelos finos. Estos límites se utilizan con la Carta de Plasticidad (Cuadro A de Casagrande) para determinar el prefijo M, O ó C, dependiendo de la localización de las coordenadas de plasticidad del suelo dentro de la carta.

Una descripción visual del suelo debe siempre incluirse conjuntamente con el símbolo unificado para complementar la clasificación.

2.2.3. Análisis Granulométrico

El análisis granulométrico tiene por objeto la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo, además describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 75 μm (No.200).

2.2.3.1. Equipos para análisis granulométrico

- Dos balanzas. Una con sensibilidad de 0.01 g para pesar material que pase el tamiz de 2 mm (No.10). Otra con sensibilidad 0.1 % del peso de la muestra, para pesar los materiales retenidos en el tamiz de 2 mm (No.10).
- Tamices de malla cuadrada : 75 mm (3"), 50 mm (2"), 37.5 mm(1-1/2"), 25 mm (1"), 19.0 mm (3/4"), 9.5 mm (3/8"), 4.75 mm (No.4), 2.00 mm (No.10) 850 μm (No.20), 425 μm (No.40), 250 μm (No.60), 106 μm (No.140) y 75 μm (No.200). Se puede usar, como alternativa, una serie de tamices que, al dibujar la gradación, dé una separación uniforme entre los puntos del gráfico; esta serie estará integrada por los siguientes: 75 mm (3"), 37.5 mm (1-1/2"), 19.0 mm (3/4"), 9.5 mm (3/8"), 4.75 mm (No.4), 2.36 mm (No.8), 1.10 mm (No.16), 600 μm (No.30), 300 μm (No.50), 150 μm (No.100), 75 μm (No.200).
- Horno, capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes hasta de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).
- Envases, adecuados para el manejo y secado de las muestras.

- Cepillo y brocha, para limpiar las mallas de los tamices.

2.2.3.2. La muestra en el análisis granulométrico

Según sean las características de los materiales finos de la muestra, el análisis con tamices se hace, bien con la muestra entera, o bien con parte de ella después de separar los finos por lavado. Si la necesidad del lavado no se puede determinar por examen visual, se seca en el horno una pequeña porción húmeda del material y luego se examina su resistencia en seco rompiéndola entre los dedos. Si se puede romper fácilmente y el material fino se pulveriza bajo la presión de aquellos, entonces el análisis con tamices, se puede efectuar sin previo lavado.

Prepárese una muestra para el ensayo como se describe en la preparación de muestras para análisis granulométrico Norma INV E-106, la cual estará constituida por dos fracciones: Una retenida sobre el tamiz de 2 mm (No.10) y otra que pasa dicho tamiz. Ambas fracciones se ensayarán por separado.

El peso del suelo secado al aire y seleccionado para el ensayo, como se indica en la Norma INV E-106, será suficiente para las cantidades requeridas para el análisis mecánico, como sigue:

- Para la porción de muestra retenida en el tamiz de 2 mm (No.10) el peso dependerá del tamaño máximo de las partículas de acuerdo con la Tabla No.1.

Tabla 1: Tamaño máximo de partículas vs peso mínimo de partículas

Diámetro Nominal de las partículas más grandes mm (pulg)	Peso mínimo aproximado de la porción Gramos, g
9.5 (3/8")	500
19.0 (3/4")	1000
25.0 (1")	2000
37.5 (1 1/2")	3000
50.0 (2")	4000
75.0 (3")	5000

- El tamaño de la porción que pasa tamiz de 2 mm (No.10) será aproximadamente de 115 g, para suelos arenosos, y de 65 g para suelos arcillosos y limosos.

2.2.4. Sistema de clasificación AASHTO

El sistema de clasificación AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) (Designación ASTM D-3282; método AASHTO M145) es uno de los primeros sistemas de clasificación de suelos, desarrollado por Terzaghi y Hogentogler en 1928. Este sistema pasó por varias revisiones y actualmente es usado para propósitos ingenieriles enfocados más en el campo de las carreteras como la construcción de los terraplenes, subrasantes, subbases y bases de las carreteras. Sin embargo es necesario recordar que un suelo que es bueno para el uso de

subrasantes de carreteras puede ser muy pobre para otros propósitos.

Este sistema de clasificación está basado en los resultados de la determinación en laboratorio de la distribución del tamaño de partículas, el límite líquido y el límite plástico.

La evaluación de los suelos dentro de cada grupo se realiza por medio de un índice de grupo, que es un valor calculado a partir de una ecuación empírica. El comportamiento geotécnico de un suelo varía inversamente con su índice de grupo, es decir que un suelo con índice de grupo igual a cero indica que es material “bueno” para la construcción de carreteras, y un índice de grupo igual a 20 o mayor, indica un material “muy malo” para la construcción de carreteras.

Los suelos clasificados dentro los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares de los cuales 35% o menos de las partículas pasan a través del tamiz N° 200. Los suelos que tienen más del 35% de partículas que pasan a través del tamiz N° 200 se clasifican dentro de los grupos de material fino A-4, A-5, A-6 y A-7. Estos suelos son principalmente limo y materiales de tipo arcilla.

El sistema de clasificación AASHTO presenta las siguientes características:

- Características del sistema de clasificación AASHTO (ASTM D-3282).

- Procedimiento de clasificación AASHTO
- Cálculo del índice de grupo

2.2.4.1. Características del sistema de clasificación AASHTO (ASTM D-3282).

Clasifica a los suelos en tres principales categorías:

Suelos granulares. Son suelos cuyo porcentaje que pasa el tamiz N° 200 es menor o igual al 35% del total de la muestra. Estos suelos constituyen los grupos A-1, A-2 y A-3.

- Suelos limo-arcilla o material fino. Son suelos cuyo porcentaje que pasa el tamiz N° 200 es mayor al 35% del total de la muestra. Estos suelos constituyen los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7.
- Suelos orgánicos. Son los suelos que están constituidos principalmente por materia orgánica. Este tipo de suelos constituye el grupo A-8.

Adopta el siguiente rango de tamaño de partículas:

- Cantos rodados. Son fragmentos de roca, usualmente redondeados por abrasión, que son retenidos en el tamiz de 3" (75 mm).
- Grava. Es la fracción que pasa el tamiz de 3" (75 mm) y es retenido en el tamiz N° 10 (2 mm).
- Arena. Es la fracción que pasa el tamiz N° 10 (2 mm) y es retenido en el tamiz N° 200 (0.075 mm).

- El limo y la arcilla. Son partículas que pasan el tamiz N° 200 (0.075 mm).

Establece un rango del índice de plasticidad que diferencia a los suelos limosos de los suelos arcillosos.

- El término limoso es aplicado a la fracción fina del suelo que tiene un índice de plasticidad de 10 o menos.
- El término arcilloso es aplicado cuando la fracción fina tiene un índice de plasticidad de 11 o más.
- Considera solo la porción de suelo que pasa a través del tamiz de 75 mm. Si existieran partículas mayores (guijarros y cantos rodados), estas son excluidas de la muestra de suelo que será clasificado, sin embargo, el porcentaje de ese material debe ser medido y anotado junto con el resultado de la clasificación.

2.2.4.2. Procedimiento de Clasificación AASHTO

- Clasificar el suelo en un grupo o subgrupo, apropiado, o en ambos, de acuerdo con las Tablas 2.7(a) y 2.7(b), a partir de los resultados de los ensayos determinados. Para saber que tabla usar, se necesita conocer, que porcentaje de suelo de la muestra pasa a través del tamiz N° 200, en la parte superior de cada tabla se especifica un porcentaje, que es un requisito que debe cumplir la muestra de suelo para poder utilizar la tabla.
- Una vez elegida la tabla correcta se deben aplicar los datos de los ensayos requeridos de izquierda a derecha mediante

un proceso de eliminación, el primer grupo en que los datos se ajusten adecuadamente es la clasificación correcta. Debido a esto es que en la Tabla 2.7(a), el grupo A-3 va primero que el A-2, esto no quiere decir que el grupo A-3 sea mejor que el A-2.

- La siguiente figura es una forma más fácil y rápida de clasificar aproximadamente los materiales limo-arcillas, en base a los valores de LL y de IP. Todos los valores de los límites de consistencia se presentan como números enteros. Si aparecen números fraccionarios en los informes del ensayo, aproxímelos al número entero más próximo para utilizarlo en la clasificación.

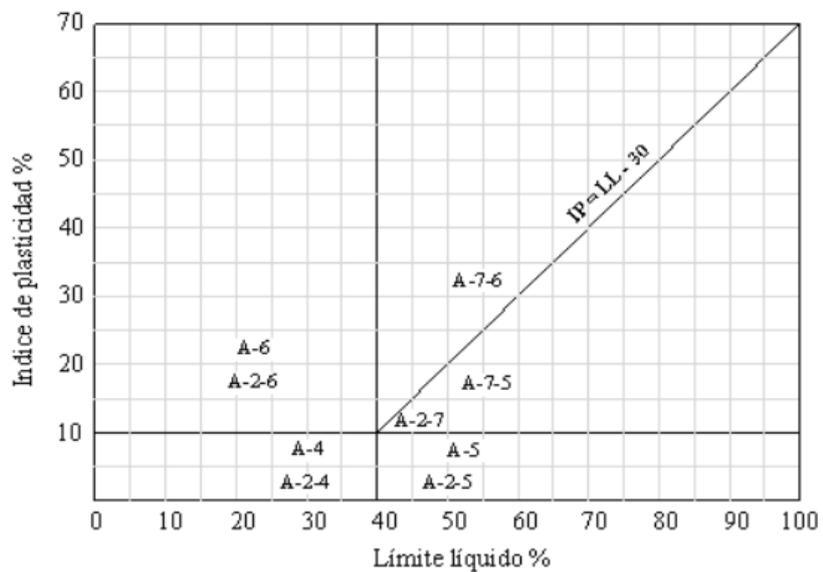


Ilustración 1: Relación Límite líquido, índice de plasticidad

Ilustración anterior: Variación del límite líquido e índice de plasticidad para los suelos de los grupos A-2, A-4, A-5, A-6 y A-7 (Norma ASTM, 2003).

- En la Figura se muestra el gráfico del rango de límite líquido y el índice de plasticidad para suelos que caen dentro de los grupos A-2, A-4, A-5, A-6 y A-7, esto da una aproximación importante para clasificar el suelo. No hay que olvidar que el Suelo A-2 contiene menos del 35% de finos que pasan por el tamiz N° 200, es decir que esta tabla no es solo para material fino.

2.2.5. Elasticidad

El primero de los objetivos de los ensayos triaxiales es proporcionar las características elásticas de la relación tensión-deformación de las arenas limosas de Diagonal Mar. Estas características vienen representadas por el valor de los módulos elásticos que nos dan una idea de la rigidez del material, y que, en la mecánica de los medios continuos, suelen ser dos parámetros, el módulo de Young E y el coeficiente de Poisson ν . No obstante, en mecánica de suelos suele trabajarse con otros dos parámetros elásticos, el módulo volumétrico K y el módulo de corte G, que dividen las deformaciones elásticas o recuperables en una parte volumétrica (cambio de volumen manteniendo la forma) y en una parte distorsional (cambio de forma manteniendo el volumen), respectivamente. Ambos pueden obtenerse a partir de los valores de E y ν tal como se expone a continuación.

$$K = \frac{E}{3(1-2\nu)} \quad G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

Estos cuatro coeficientes elásticos pueden ser calculados utilizando diferenciales de algunas de las variables que se han introducido en el apartado anterior obtenidas a partir de la realización de un ensayo triaxial drenado.

2.3. Definición de Términos Básicos

Asentamiento Diferencial: Los asentamientos diferenciales son los movimientos o desplazamientos relativos de las diferentes partes de una estructura a causa de un asentamiento irregular de la misma, provocados por un desequilibrio de esfuerzos en el suelo.

Cimentaciones: Se denomina cimentación al conjunto de elementos estructurales de una estructura cuya misión es transmitir sus cargas o elementos apoyados en ella al suelo, distribuyéndolas de forma que no superen su presión admisible ni produzcan cargas zonales.

Granulometría: La granulometría es el estudio de la distribución estadística de los tamaños de las partículas de una colección de elementos de un material sólido fraccionado.

Plasticidad: La plasticidad es atribuible al contenido de partículas escamosas de tamaño coloidal presentes en los suelos. En virtud de esto, puede definirse la plasticidad como la propiedad de un material que permite resistir deformaciones rápidas, sin cambiar de volumen y sin agrietarse ni desagregarse.

Elasticidad: Es la propiedad mecánica de los suelos de sufrir deformaciones reversibles cuando se encuentran sujetos a la acción de fuerzas exteriores y de recuperar la forma original si estas fuerzas exteriores se eliminan.

Limite plástico: cuando el suelo pasa de un estado semisólido a un estado plástico.

Suelos Gruesos: Estos suelos están constituidos de partículas con textura granular compuestas de fragmentos de roca y mineral. De acuerdo al sistema de clasificación unificado estas partículas tienen un tamaño comprendido entre 75 y 0.075 mm, que corresponde al tamaño de la grava y arena. Aunque en su mayoría contienen partículas mayores a 0.075 mm también contienen material fino en pequeña cantidad, como conjunto estos suelos tienen mayor resistencia a la erosión.

Suelos Finos: Los suelos finos están constituidos de partículas compuestas de fragmentos diminutos de roca, minerales y minerales de arcilla, con textura granular y en hojuelas. De acuerdo al sistema de clasificación unificado estas partículas tienen un tamaño inferior a 0.075 mm, que corresponden a la categoría del limo y la arcilla, por lo que toda fracción de suelo que pasa el tamiz Nro. 200 es considerado como suelo fino.

Grava bien graduada (GW): Mezclas de grava y arena; pocos o ningún fino.

Grava pobremente Graduada (GP): Mezclas de grava y arena; pocos o ningún fino.

Grava con Limo (GM): Mezclas de grava y limo mal graduadas.

Grava Con Arcilla (GC): Mezclas de grava, arena y arcilla mal graduadas.

Arena bien Graduada (SW): Arenas gravosas; pocos o ningún fino

Arena Pobremente Graduada (SP): Arenas gravosas; pocos o ningún fino.

Arena con Limo (SM): Mezclas de Arena y limo mal graduados.

Arena con Arcilla (SC): Mezclas de Arena y arcilla.

2.4. Formulación de Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

- Al determinar la relación del tipo y el asentamiento del suelo podemos determinar el asentamiento diferencial en cimientos de concreto armado.

2.4.2. Hipótesis Específicas

- Clasificando el Suelo mediante SUCS podemos determinar el asentamiento diferencia en cimientos de concreto armado.
- Clasificando el Suelo mediante AASHTO podemos determinar el asentamiento diferencia en cimientos de concreto armado.

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variable independiente

Factor que influyen en la clasificación de suelos

- Clasificación mediante SUCS
- Clasificación mediante AASHTO

2.5.2. Variable dependiente

- Asentamiento

2.6. Definición Operacional de Variables e indicadores

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES			
VARIABLES	INDICADORES	ÍNDICES	METODOLOGÍA
<p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <p>Clasificación mediante SUCS</p> <p>Clasificación mediante AASHTO</p>	<p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Granulometría - Plasticidad - Elasticidad 	<p>SUCS</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ GW ■ GP ■ GM; ■ GC ■ SW ■ SP ■ SM ■ SC <p>AASHTO</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ A-1 ■ A-2 ■ A-3 	<p>MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN</p> <p>Cuantitativo- Cualitativo de datos estadístico.</p> <p>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN</p> <p>En un diseño de investigación descriptivo.</p> <p>POBLACIÓN: Es todo cimiento de concreto armado.</p>
<p>VARIABLE DEPENDIENTE</p> <p>Asentamiento</p>	<p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cargas - Asentamiento total (d/t). 	<p>$\alpha = d/L$</p> <p>Distorsión angular</p>	<p>MUESTRA:</p> <p>Clasificación SUCS y AASHTO.</p>

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACION

3.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo aplicada porque se enfoca en dar solución a un problema existente, para este caso es determinar la diferencia de asentamientos en estructuras o cimientos de concreto armado.

Es una investigación descriptiva de enfoque mixto. Descriptiva porque describe la situación actual en cálculo de asentamientos. Mixto porque junta tipos de investigación, cualitativa que considera las recomendaciones para el cálculo de asentamientos y cumplimiento del reglamento nacional de edificaciones.

3.2. Métodos de investigación

Cuantitativo-Cualitativo de datos estadístico.

3.3. Diseño de investigación

Diseño de Investigación descriptivo:

En un diseño de investigación descriptivo, nuestra investigación sólo está interesado en describir la situación o caso bajo su estudio de investigación. Es un diseño de investigación basado en la teoría que se crea mediante la recopilación, análisis y presentación de los datos recopilados (estudio de suelos). Al implementar un diseño de investigación en profundidad como este, un investigador puede proporcionar información sobre el porqué y el cómo de la investigación.

3.4. Población y Muestra

3.4.1. Población

La población determinada es todo el cimiento de concreto armado

3.4.2. Muestra

Suelos con Clasificación SUCS

- GW
- GP
- G;
- GC
- SW
- SP
- SM
- SC

Suelos Con Clasificación AASHTO

- A-1
- A-2
- A-3

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Análisis Documental

Mediante esta técnica se han recolectado datos de fuentes secundarias: Libros, boletines, revistas, folletos, y periódicos, dichos datos fueron las fórmulas para determinar los asentamientos, datos como el módulo de elasticidad y otros.

3.5.2. Observación De Campo No Experimental

Se ha utilizado este tipo de recolección con la finalidad de profundizar en el conocimiento de asentamientos el comportamiento del suelo.

3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

De acuerdo al cálculo de asentamiento que se utilizó de manera teórica el cálculo de asentamientos con la siguiente ecuación:

$$\begin{Bmatrix} \Delta\varepsilon_z \\ \Delta\varepsilon_r \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{E_z} & \frac{-2\nu_{rz}}{E_r} \\ \frac{-\nu_{zr}}{E_z} & \frac{(1 - \nu_{rr})}{E_r} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \Delta\sigma_z \\ \Delta\sigma_r \end{Bmatrix}$$

Determinando asentamientos para cada tipo de suelo con una carga permanente de 20 Mpa y un Valor de E en referencia a la siguiente tabla

Tipo de suelo	Nº golpes ensayo SPT, N_{SPT}	Resistencia a compresión simple, q_u (kN/m ²)	Módulo de elasticidad, E (MN/m ²)
Suelos muy flojos o muy blandos	< 10	0 - 80	< 8
Suelos flojos o blandos	10 - 25	80 - 150	8 - 40
Suelos medios	25 - 50	150 - 300	40 - 100
Suelos compactos o duros	50 - Rechazo	300 - 500	100 - 500
Rocas blandas	Rechazo	500 - 5000	500 - 8000
Rocas duras	Rechazo	5000 - 40000	8000 - 15000
Rocas muy duras	Rechazo	> 40000	> 15000

Ilustración 2: Valores de E (Fuente: Ingeniería Mecánica).

3.7. Tratamiento Estadístico

Obteniendo lo siguientes datos y resultados de asentamientos:

3.7.1. Grava bien graduada (GW)

Tabla 2: Asentamientos en GW

Altura (m)	Asentamiento (mm)	Acumulado (mm)
0.1	1.025	1.025
0.2	1.076	2.101
0.3	1.130	3.231
0.4	1.187	4.418
0.5	1.246	5.664
1	1.308	6.972
2	1.373	8.345
3	1.442	9.787
4	1.514	11.301
5	1.590	12.891

10	1.113	14.004
11	0.779	14.783
12	0.545	15.328
13	0.382	15.710
14	0.267	15.977
15	0.187	16.164

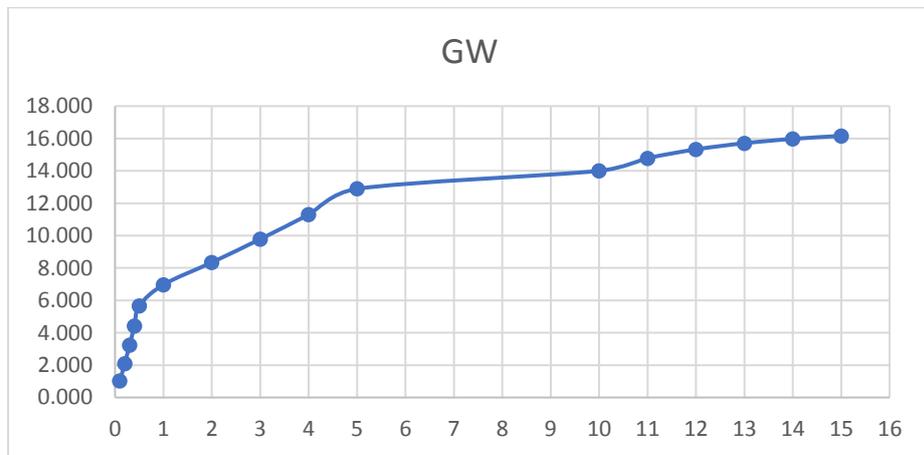


Ilustración 3: Asentamientos en GW

3.7.2. Grava pobremente Graduada (GP)

Tabla 3: Asentamientos en GP

Altura (m)	Asentamiento (mm)	Acumulado (mm)
0.1	1.128	1.128
0.2	1.184	2.312
0.3	1.243	3.555
0.4	1.305	4.860
0.5	1.370	6.230

1	1.439	7.669
2	1.511	9.180
3	1.587	10.767
4	1.666	12.433
5	1.749	14.182
10	1.224	15.406
11	0.857	16.263
12	0.600	16.863
13	0.420	17.283
14	0.294	17.577
15	0.206	17.783

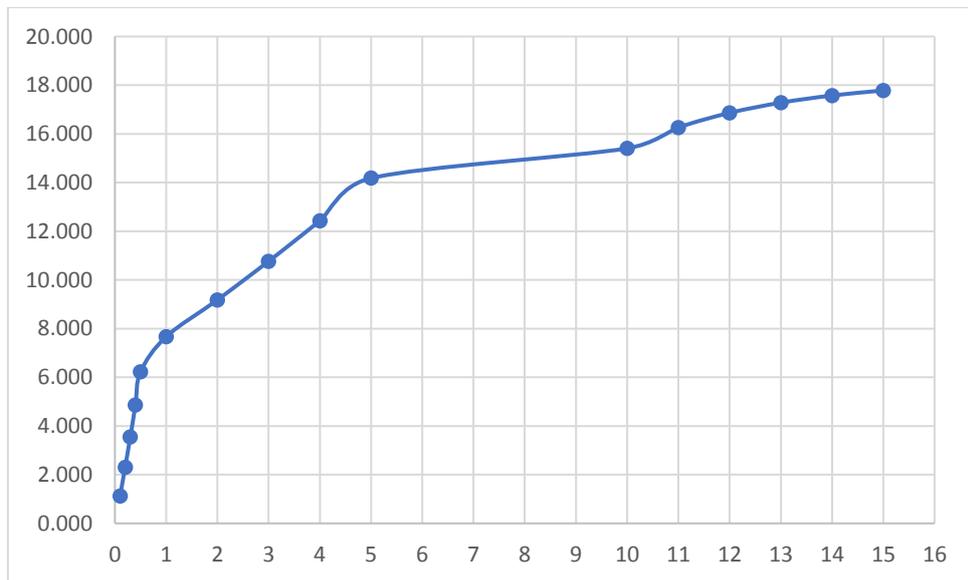


Ilustración 4: Asentamiento en SP

3.7.3. Grava con Limo (GM)

Tabla 4. Asentamientos en GM

Altura (m)	Asentamiento (mm)	Acumulado (mm)
0.1	1.230	1.230
0.2	1.292	2.522
0.3	1.357	3.879
0.4	1.425	5.304
0.5	1.496	6.800
1	1.571	8.371
2	1.650	10.021
3	1.733	11.754
4	1.820	13.574
5	1.911	15.485
10	1.338	16.823
11	0.937	17.760
12	0.656	18.416
13	0.459	18.875
14	0.321	19.196
15	0.225	19.421

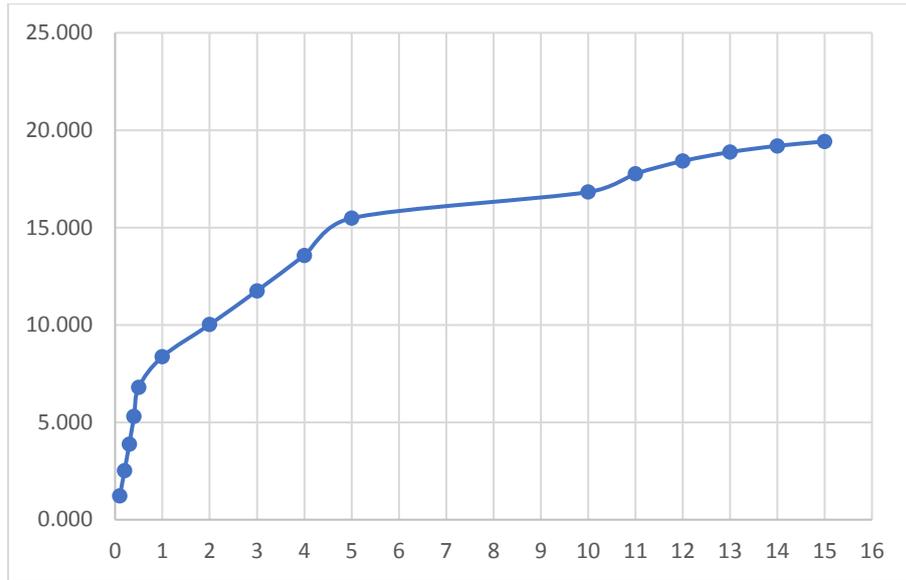


Ilustración 5: Asentamiento en GM

3.7.4. Grava Con Arcilla (GC)

Tabla 5: Asentamientos en GC

Altura (m)	Asentamiento (mm)	Acumulado (mm)
0.1	1.281	1.281
0.2	1.345	2.626
0.3	1.412	4.038
0.4	1.483	5.521
0.5	1.557	7.078
1	1.635	8.713
2	1.717	10.430
3	1.803	12.233
4	1.893	14.126
5	1.988	16.114
10	1.392	17.506

11	0.974	18.480
12	0.682	19.162
13	0.477	19.639
14	0.334	19.973
15	0.234	20.207

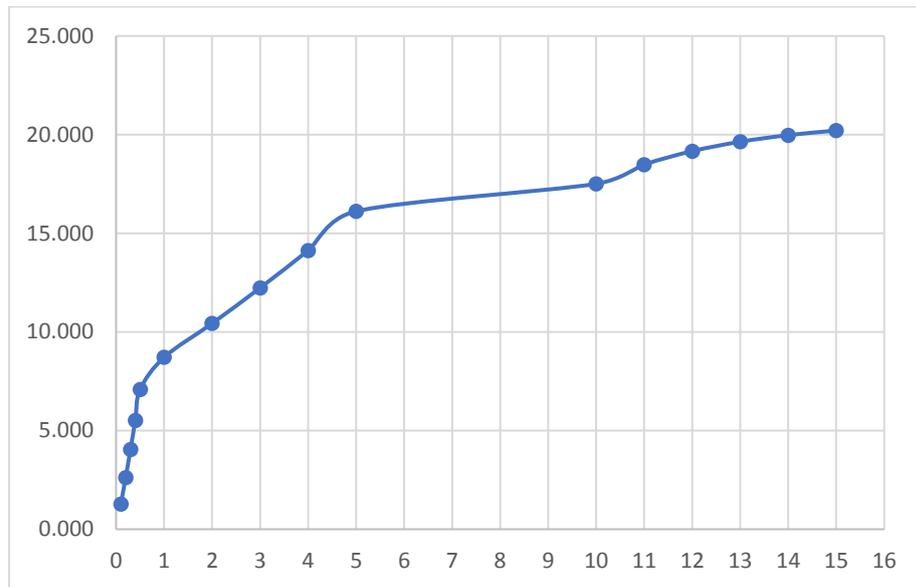


Ilustración 6: Asentamiento en GC

3.7.5. Arena bien Graduada (SW)

Tabla 6: Asentamientos en SW

Altura (m)	Asentamiento (mm)	Acumulado (mm)
0.1	1.076	1.076
0.2	1.130	2.206
0.3	1.187	3.393
0.4	1.246	4.639

0.5	1.308	5.947
1	1.373	7.320
2	1.442	8.762
3	1.514	10.276
4	1.590	11.866
5	1.670	13.536
10	1.169	14.705
11	0.818	15.523
12	0.573	16.096
13	0.401	16.497
14	0.281	16.778
15	0.197	16.975

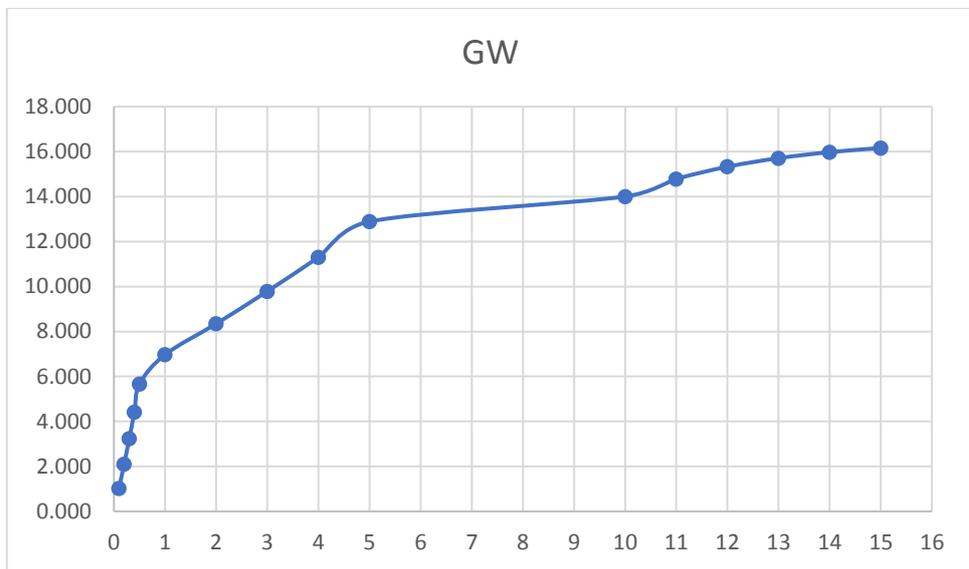


Ilustración 7: Asentamiento en SW

3.7.6. Arena Pobrementemente Graduada (SP)

Tabla 7: Asentamiento en SP

Altura (m)	Asentamiento (mm)	Acumulado (mm)
0.1	1.184	1.184
0.2	1.243	2.427
0.3	1.305	3.732
0.4	1.370	5.102
0.5	1.439	6.541
1	1.511	8.052
2	1.587	9.639
3	1.666	11.305
4	1.749	13.054
5	1.836	14.890
10	1.285	16.175
11	0.900	17.075
12	0.630	17.705
13	0.441	18.146
14	0.309	18.455
15	0.216	18.671

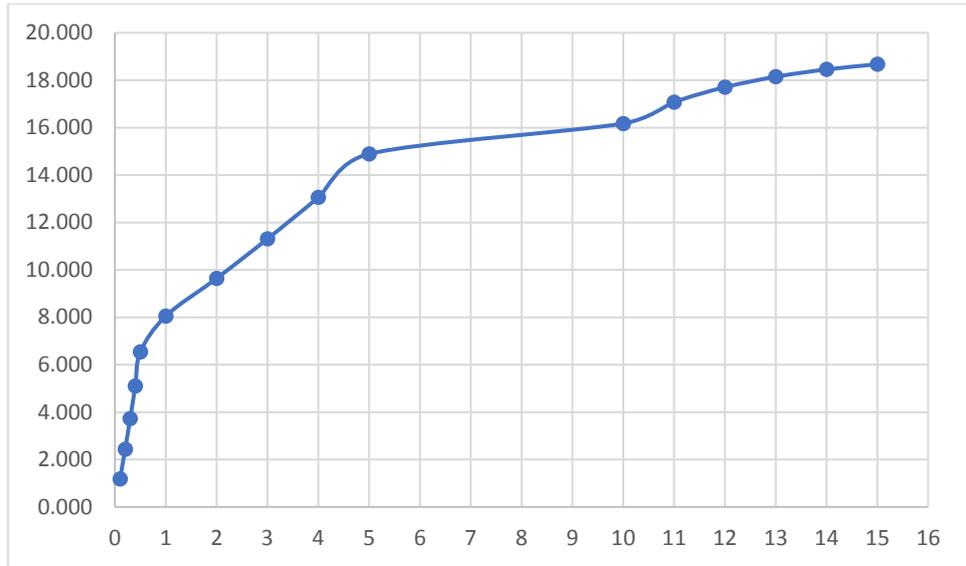


Ilustración 8: Asentamiento en SP

3.7.7. Arena con Limo (SM)

Tabla 8: Asentamiento en SM

Altura (m)	Asentamiento (mm)	Acumulado (mm)
0.1	1.292	1.292
0.2	1.356	2.648
0.3	1.424	4.072
0.4	1.495	5.567
0.5	1.570	7.137
1	1.649	8.786
2	1.731	10.517
3	1.818	12.335
4	1.909	14.244
5	2.004	16.248
10	1.403	17.651

11	0.982	18.633
12	0.687	19.320
13	0.481	19.801
14	0.337	20.138
15	0.236	20.374

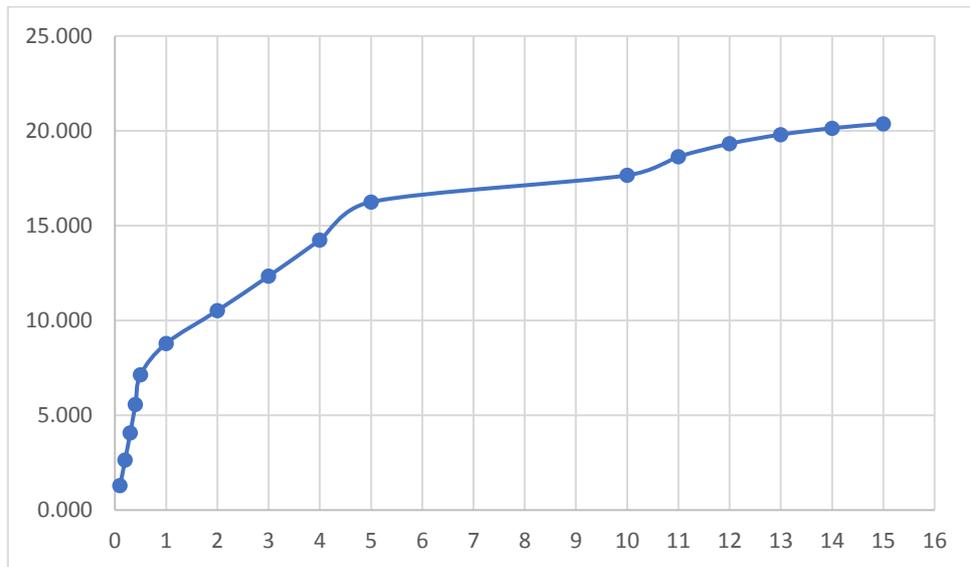


Ilustración 9: Asentamiento en SM

3.7.8. Arena con Arcilla (SC)

Tabla 9: Asentamiento en SC

Altura (m)	Asentamiento (mm)	Acumulado (mm)
0.1	1.345	1.345
0.2	1.413	2.758
0.3	1.484	4.242
0.4	1.558	5.800

0.5	1.636	7.436
1	1.718	9.154
2	1.804	10.958
3	1.894	12.852
4	1.989	14.841
5	2.088	16.929
10	1.462	18.391
11	1.023	19.414
12	0.716	20.130
13	0.501	20.631
14	0.351	20.982
15	0.246	21.228

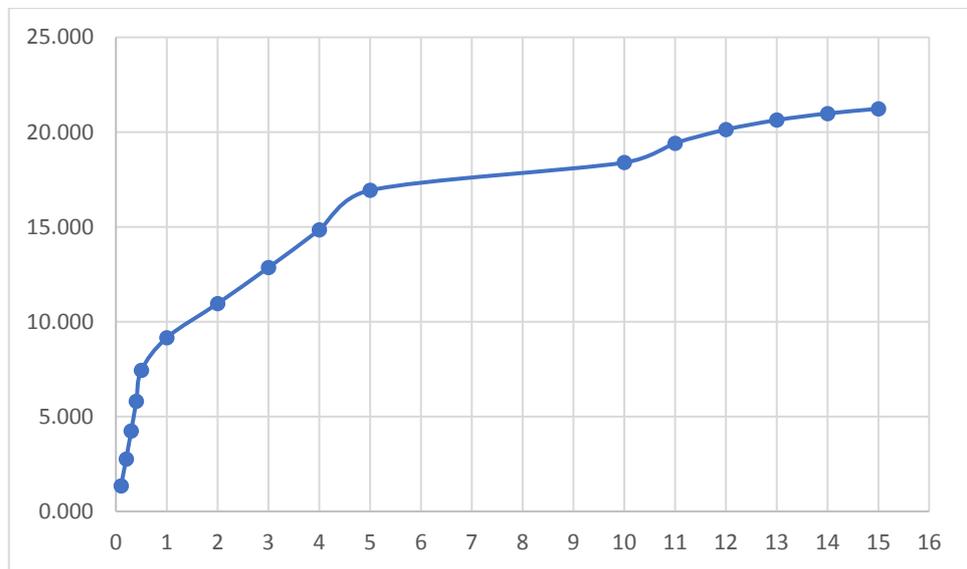


Ilustración 10:Asentaamiento en SC

3.7.9. Clasificación de Suelos mediante AASHTO A-1-A

Tabla 10: Asentamiento en A-1-A

Altura (m)	Asentamiento (mm)	Acumulado (mm)
0.1	1.035	1.035
0.2	1.087	2.122
0.3	1.141	3.263
0.4	1.198	4.461
0.5	1.258	5.719
1	1.321	7.040
2	1.387	8.427
3	1.456	9.883
4	1.529	11.412
5	1.605	13.017
10	1.124	14.141
11	0.787	14.928
12	0.551	15.479
13	0.386	15.865
14	0.270	16.135
15	0.189	16.324

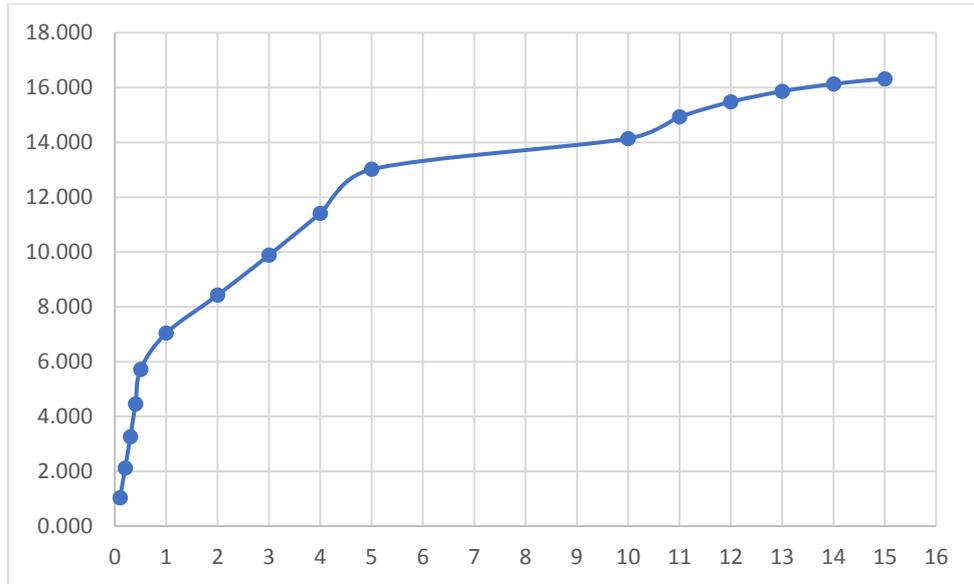


Ilustración 11: Asentamiento en A-1-A

3.7.10. Clasificación de Suelos mediante AASHTO A-1-B

Tabla 11: Asentamiento en A-1-B

Altura (m)	Asentamiento (mm)	Acumulado (mm)
0.1	1.046	1.046
0.2	1.098	2.144
0.3	1.153	3.297
0.4	1.211	4.508
0.5	1.272	5.780
1	1.336	7.116
2	1.403	8.519
3	1.473	9.992
4	1.547	11.539
5	1.624	13.163
10	1.137	14.300

11	0.796	15.096
12	0.557	15.653
13	0.390	16.043
14	0.273	16.316
15	0.191	16.507

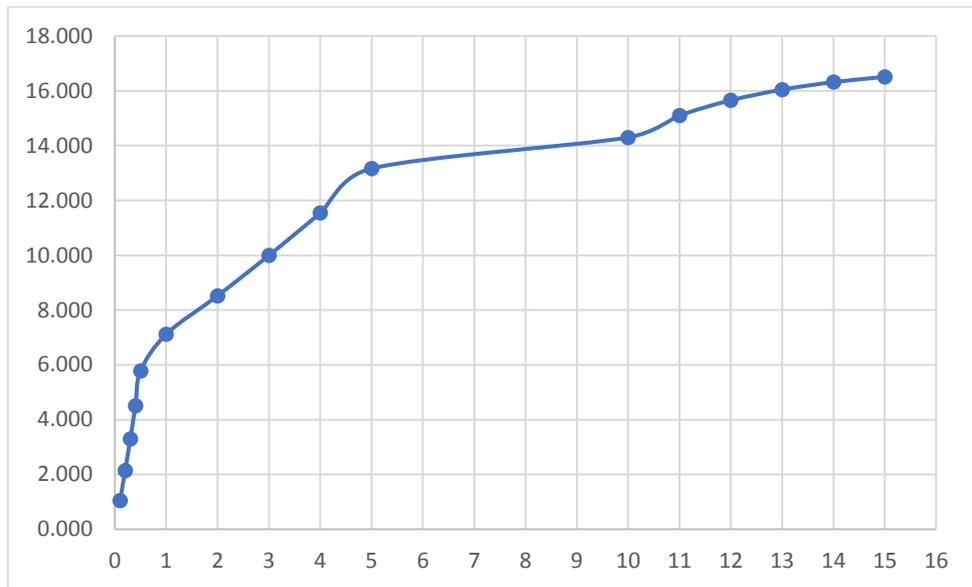


Ilustración 12: Asentamiento en A-1-B

3.7.11. Clasificación de Suelos mediante AASHTO A-3

Tabla 12: Asentamiento en A-3

Altura (m)	Asentamiento (mm)	Acumulado (mm)
0.1	1.056	1.056
0.2	1.109	2.165
0.3	1.164	3.329
0.4	1.222	4.551

0.5	1.283	5.834
1	1.347	7.181
2	1.414	8.595
3	1.485	10.080
4	1.559	11.639
5	1.637	13.276
10	1.146	14.422
11	0.802	15.224
12	0.561	15.785
13	0.393	16.178
14	0.275	16.453
15	0.193	16.646

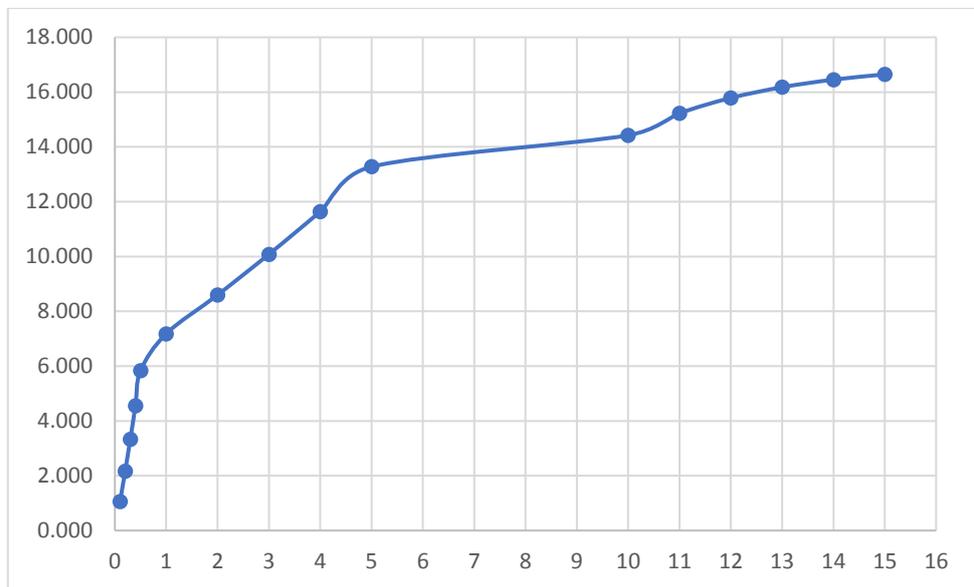


Ilustración 13: Asentamiento en A-3

3.7.12. Clasificación de Suelos mediante AASHTO A-2-4

Tabla 13: Asentamiento en A-2-4

Altura (m)	Asentamiento (mm)	Acumulado (mm)
0.1	1.067	1.067
0.2	1.120	2.187
0.3	1.176	3.363
0.4	1.235	4.598
0.5	1.297	5.895
1	1.362	7.257
2	1.430	8.687
3	1.502	10.189
4	1.577	11.766
5	1.656	13.422
10	1.159	14.581
11	0.811	15.392
12	0.568	15.960
13	0.398	16.358
14	0.279	16.637
15	0.195	16.832

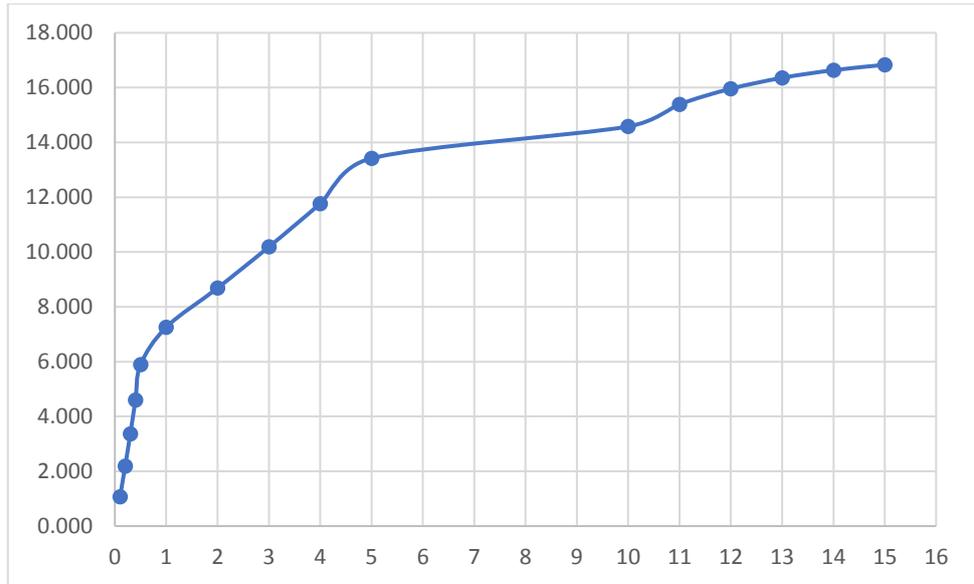


Ilustración 14: Asentamiento en A-2-4

3.7.13. Clasificación de Suelos mediante AASHTO A-2-5

Tabla 14: Asentamiento en A-2-5

Altura (m)	Asentamiento (mm)	Acumulado (mm)
0.1	1.077	1.077
0.2	1.131	2.208
0.3	1.188	3.396
0.4	1.247	4.643
0.5	1.309	5.952
1	1.374	7.326
2	1.443	8.769
3	1.515	10.284
4	1.591	11.875
5	1.671	13.546
10	1.170	14.716

11	0.819	15.535
12	0.573	16.108
13	0.401	16.509
14	0.281	16.790
15	0.197	16.987

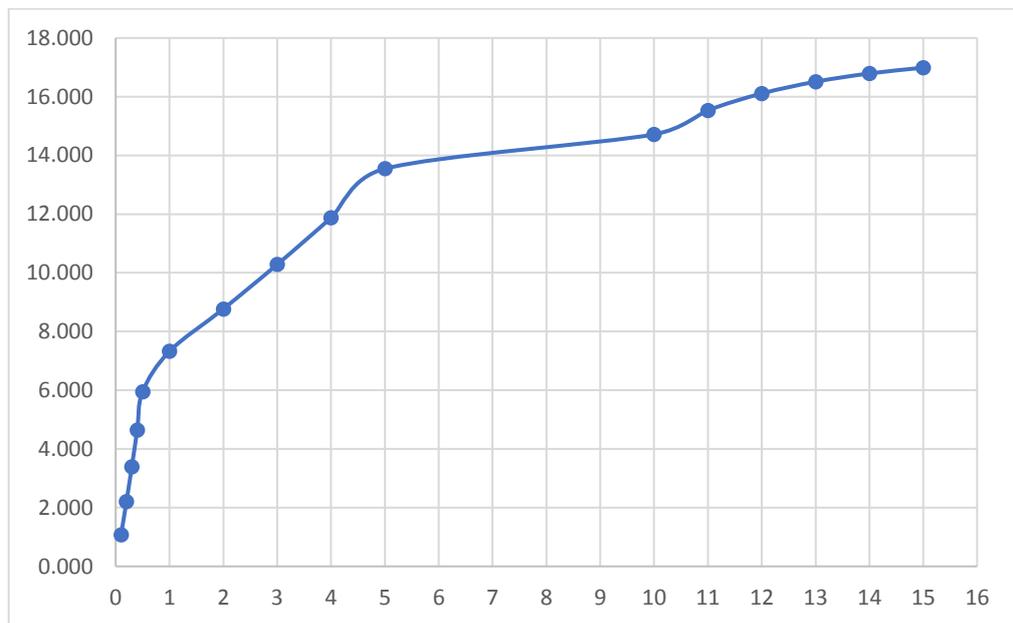


Ilustración 15: Asentamiento en A-2-5

3.7.14. Clasificación de Suelos mediante AASHTO A-2-6

Tabla 15: Asentamiento en A-2-6

Altura (m)	Asentamiento (mm)	Acumulado (mm)
0.1	1.088	1.088
0.2	1.142	2.230
0.3	1.199	3.429
0.4	1.259	4.688

0.5	1.322	6.010
1	1.388	7.398
2	1.457	8.855
3	1.530	10.385
4	1.607	11.992
5	1.687	13.679
10	1.181	14.860
11	0.827	15.687
12	0.579	16.266
13	0.405	16.671
14	0.284	16.955
15	0.199	17.154

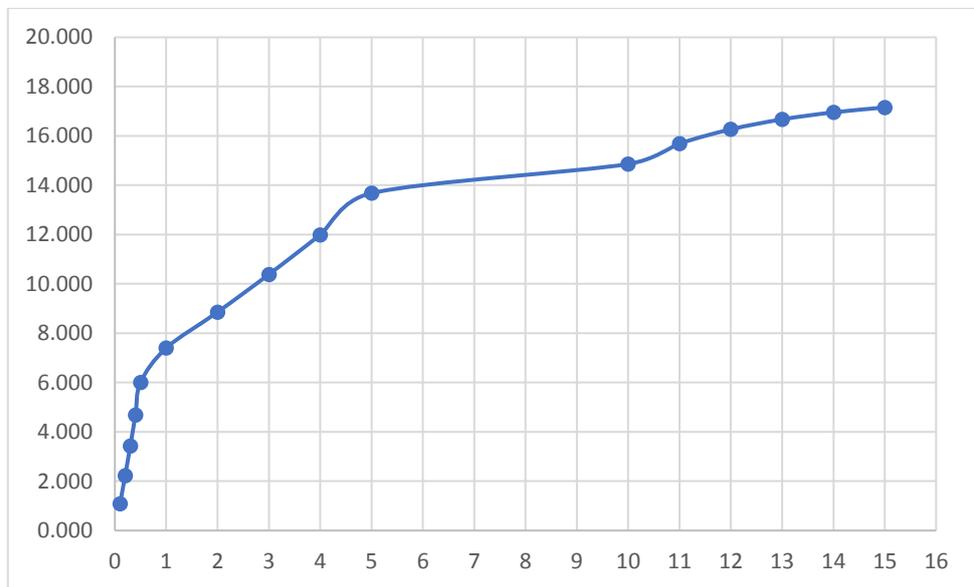


Ilustración 16: Asentamiento en A-2-6

3.7.15. Clasificación de Suelos mediante AASHTO A-2-7

Tabla 16: Asentamiento en A-2-7

Altura (m)	Asentamiento (mm)	Acumulado (mm)
0.1	1.099	1.099
0.2	1.154	2.253
0.3	1.212	3.465
0.4	1.273	4.738
0.5	1.337	6.075
1	1.404	7.479
2	1.474	8.953
3	1.548	10.501
4	1.625	12.126
5	1.706	13.832
10	1.194	15.026
11	0.836	15.862
12	0.585	16.447
13	0.410	16.857
14	0.287	17.144
15	0.201	17.345

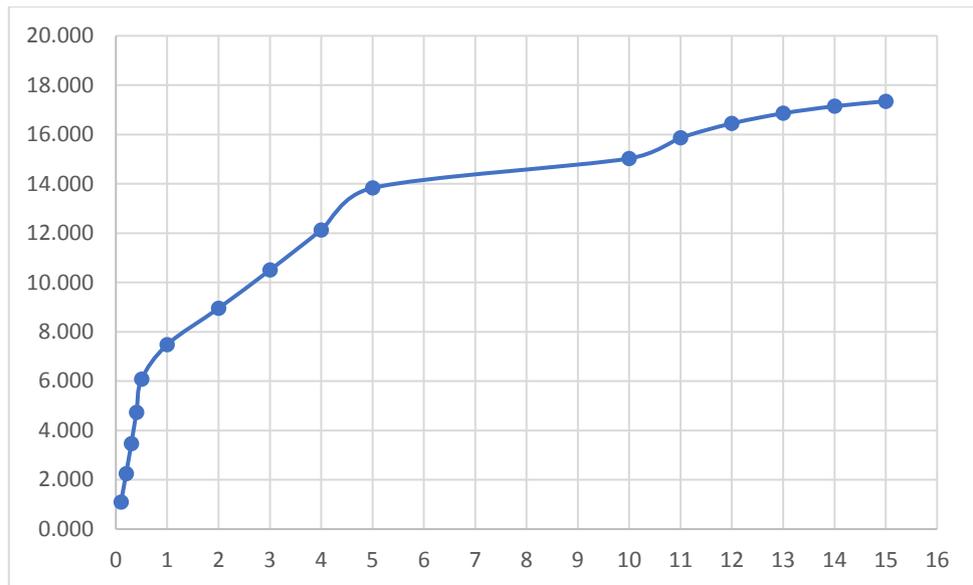


Ilustración 17: Asentamiento en A-2-7

3.8. Selección, Validación y Confiabilidad de los Instrumentos de Investigación

Selección: Los instrumentos de Investigación seleccionados son:

- **Análisis de Contenido**, en la cual se analiza lo referente a las características y propiedades que presentan las variables.
- **Análisis de Documento**, referido al análisis bibliográfico para la elaboración del marco teórico de la presente investigación, según los documentos:
 - SUCS
 - AASHTO
 - Norma E.050 SUELOS Y CIMENTACIONES
 - ASTM
 - Internet, referido a la obtención de información para la investigación.

Validez, los instrumentos seleccionados son válidos debido a que las conclusiones se infieren a partir de los resultados obtenidos los cuales deberán estar dentro de los parámetros indicados por los mismos.

Confiabilidad, Se comprueba la confiabilidad de los instrumentos por la consistencia de sus parámetros en los resultados obtenidos con cada análisis.

3.9. Orientación Ética

La presente investigación se orienta a contribuir en el conocimiento para Determinar Asentamientos Diferenciales en Cimientos de Concreto Armado mediante la clasificación del Suelo por el método de SUCS y AASHTO, lo cual servirá como punto de partida para optimizar el diseño estructural de los cimientos, establecidas dentro de los parámetros según Reglamento Nacional de Edificaciones E-050 Suelo y Cimentaciones, a la vez que brinden mayor seguridad y funcionalidad luego de ocurrido el Asentamiento.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

La presente investigación se realizó entre los meses de enero y agosto del año 2019, en el Distrito de Chaupimarca, Provincia Pasco, Región Pasco

Se inició con la recolección de datos y búsqueda de información sobre el objeto de la investigación, encontrándose escasa bibliografía para determinación de los asentamientos diferenciales en cimientos de concreto armado a base de clasificación, esfuerzos y deformaciones elásticas de los suelos, mediante el método SUCS y AASHTO, asimismo realizar las verificaciones de la distorsión angular producido por el asentamiento diferencial en el reglamento Nacional de Edificaciones E-050 SUELOS Y SEMENTACIONES; Se realizó la extracción de muestra

del suelo luego se procedió con los ensayos de laboratorio y a continuación se procedió al análisis e interpretación de resultados.

4.2. Presentación, Análisis e Interpretación de Resultados

4.2.1. Ecuaciones en Suelos mediante SUCS

4.2.1.1. GW

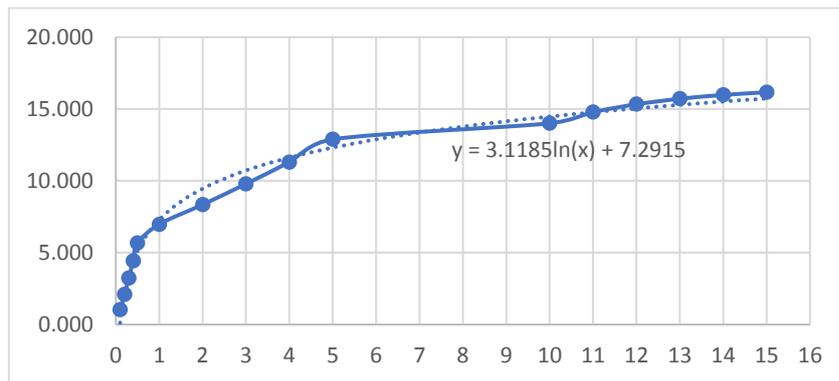


Ilustración 18: Ecuación en GW

4.2.1.2. GP

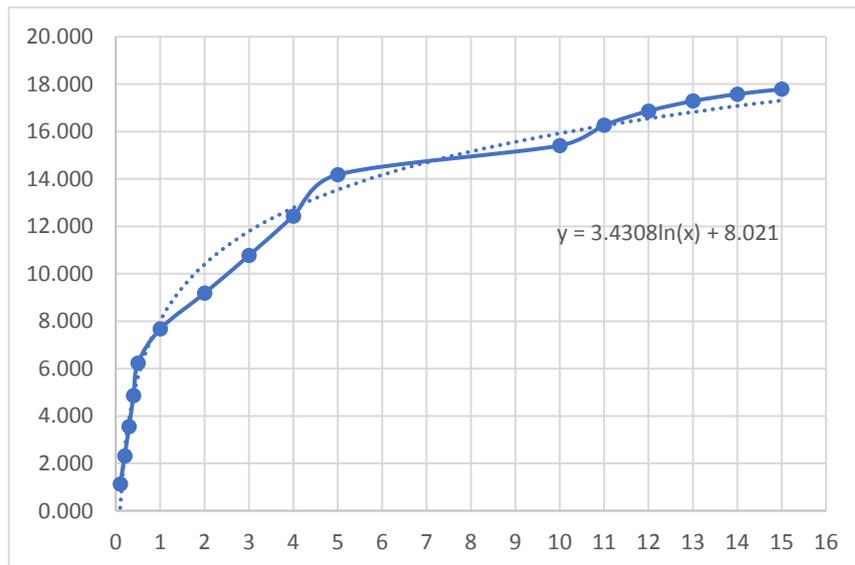


Ilustración 19: Ecuación en GW

4.2.1.3. GM

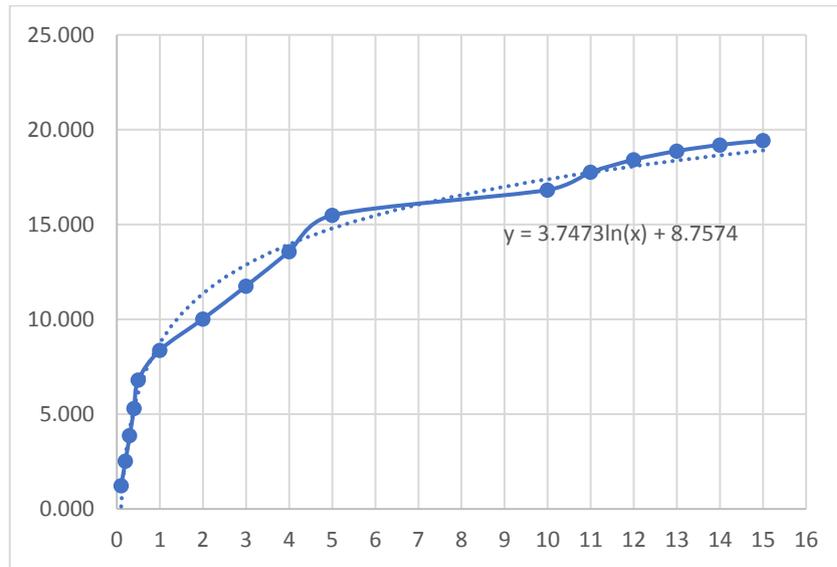


Ilustración 20: Ecuación en GM

4.2.1.4. GC

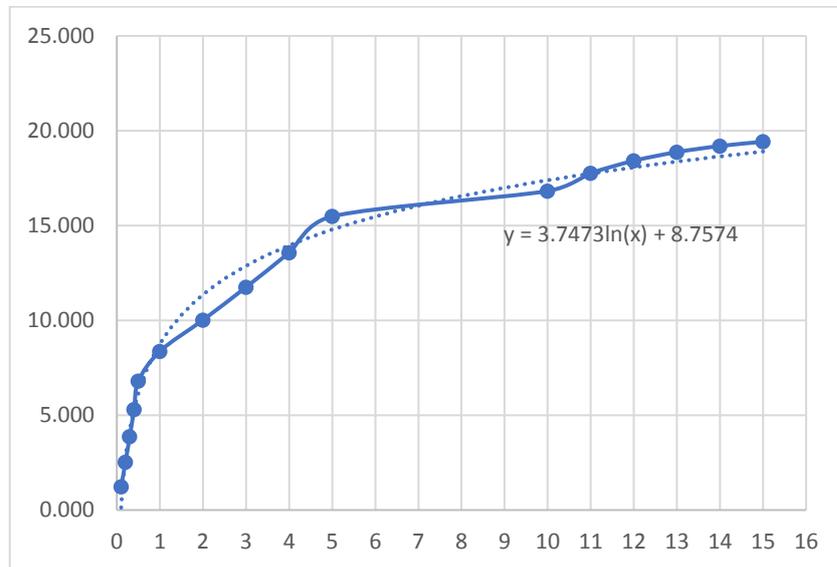


Ilustración 21: Ecuación en GC

4.2.1.5. SW

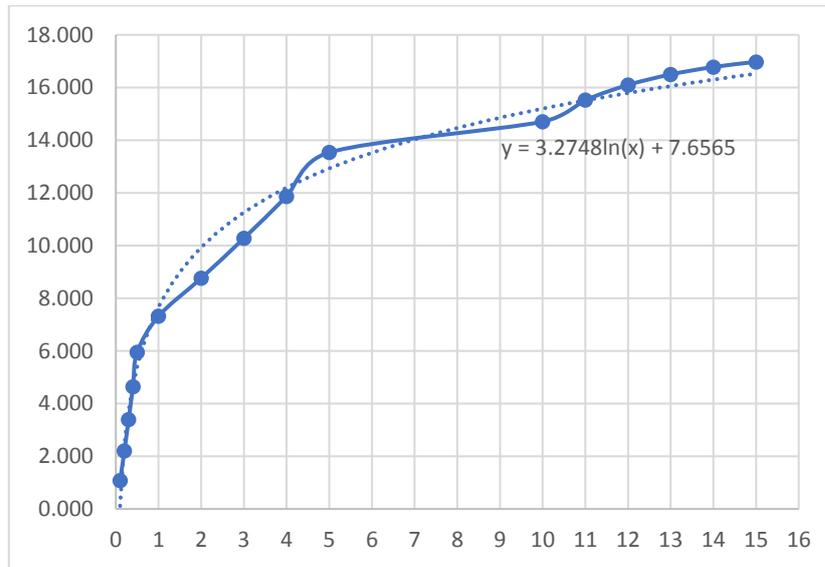


Ilustración 22: Ecuación en SW

4.2.1.6. SP

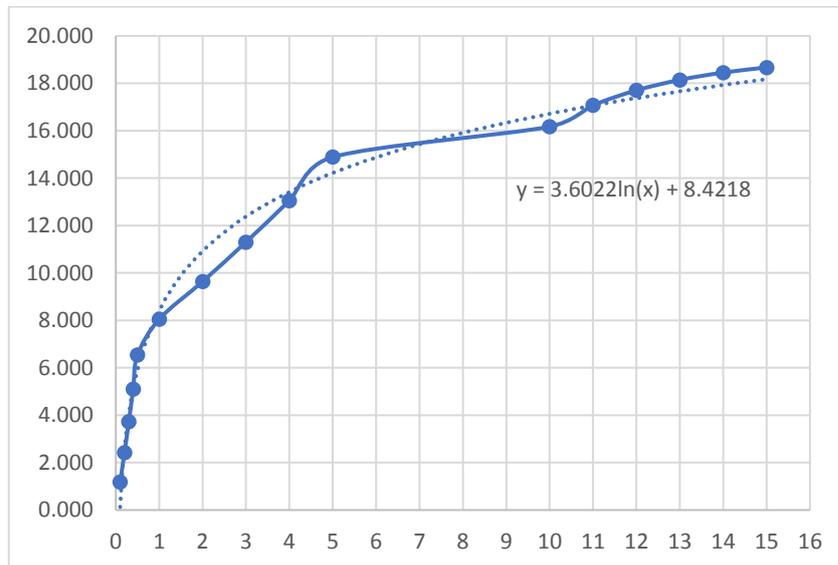


Ilustración 23: Ecuación en SP

4.2.1.7. SM

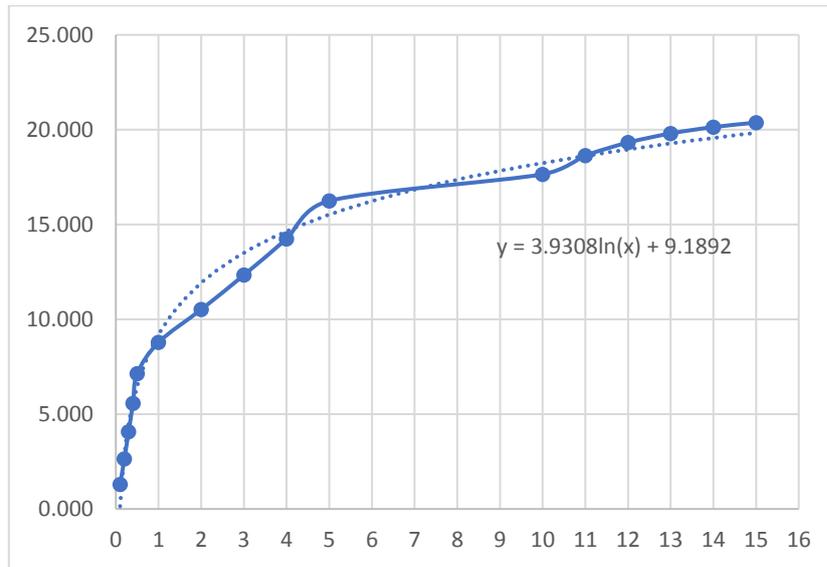


Ilustración 24: Ecuación en SM

4.2.1.8. SC

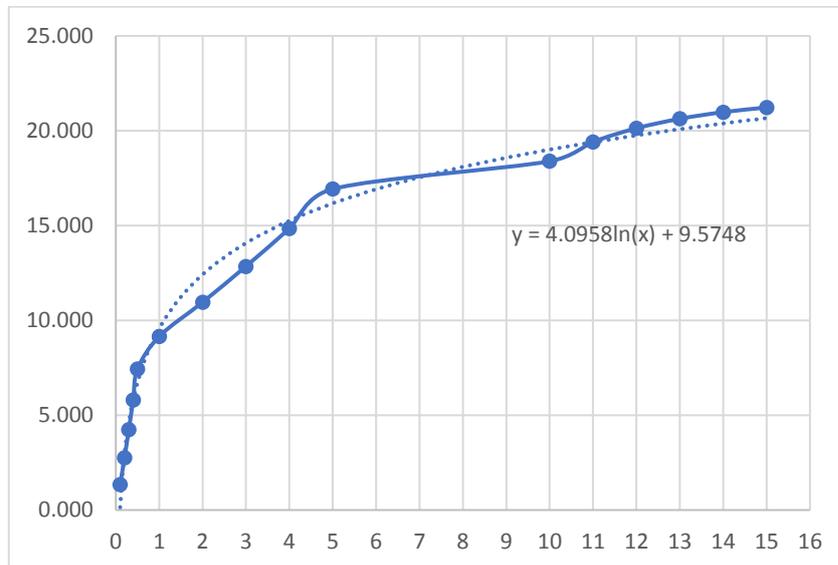


Ilustración 25: Ecuación en SC

4.2.2. Ecuaciones en Suelos mediante AASHTO

4.2.2.1. A-1-A

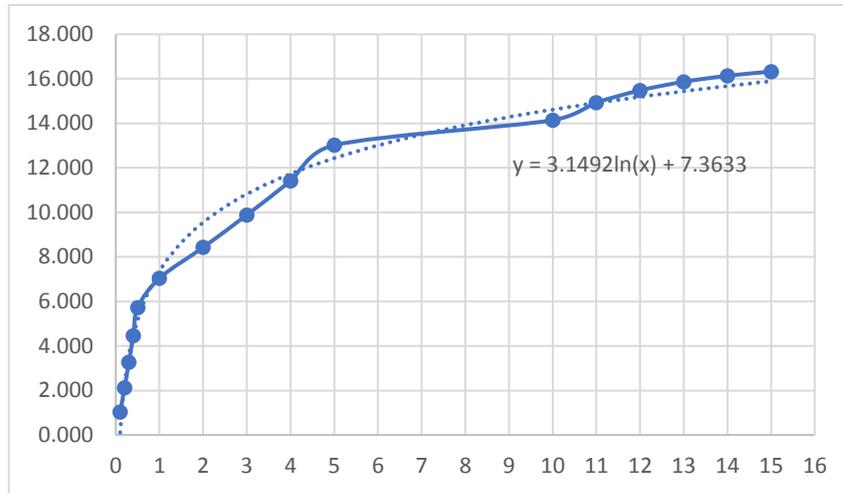


Ilustración 26: Ecuación en A-1-A

4.2.2.2. A-1-B

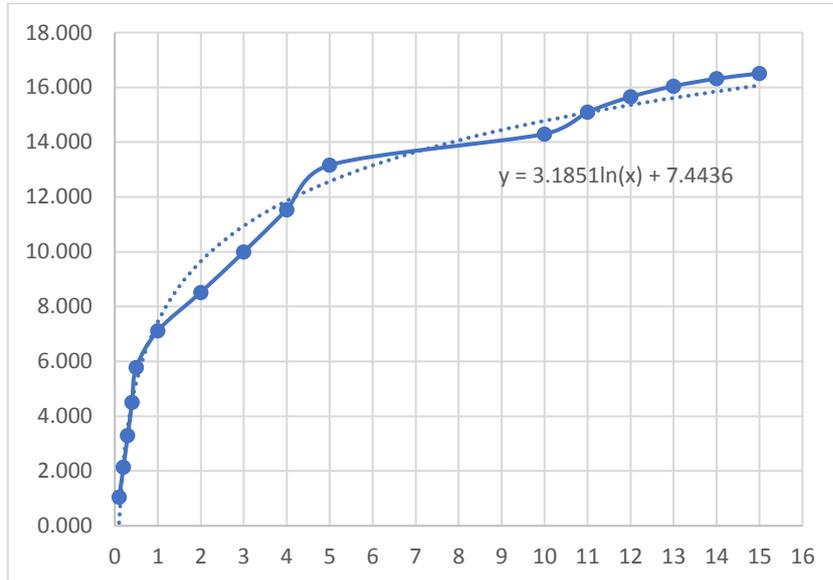


Ilustración 27: Ecuación en A-1-B

4.2.2.3. A-3

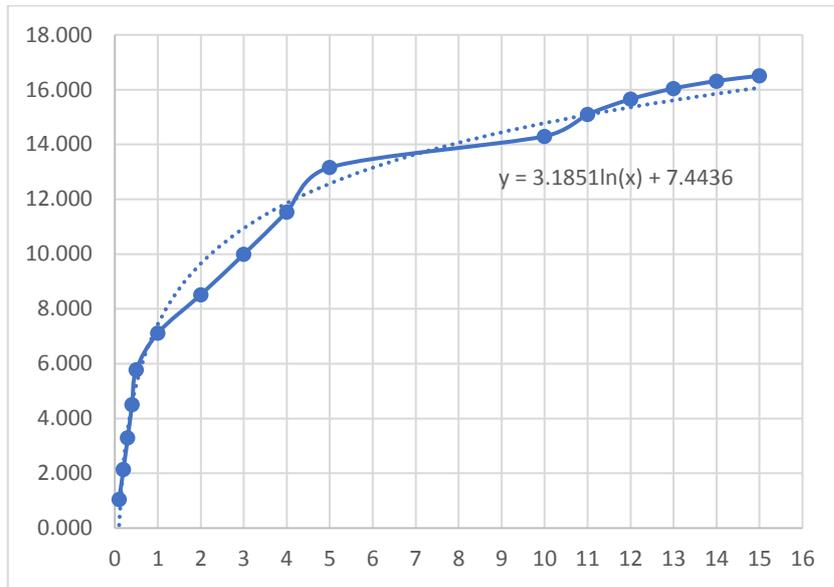


Ilustración 28: Ecuación en A-3

4.2.2.4. A-2-4

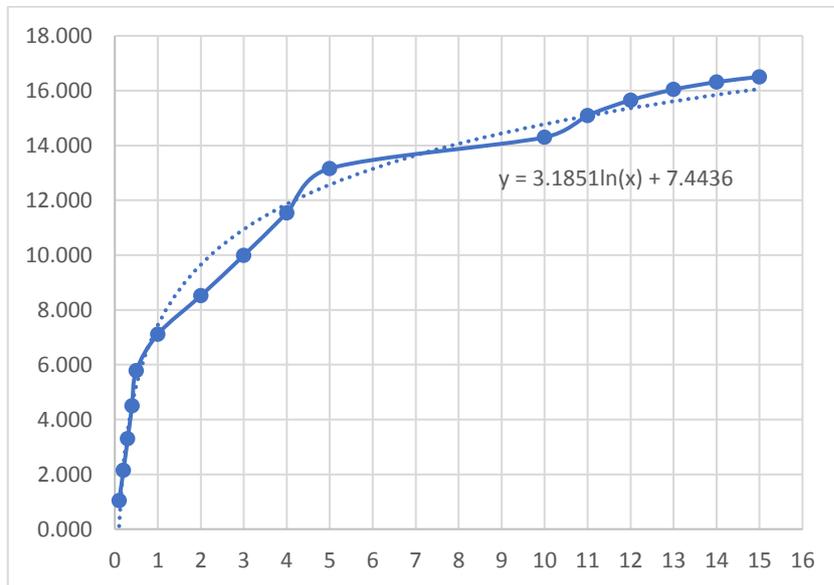


Ilustración 29: Ecuación en A-2-4

4.2.2.5 A-2-5

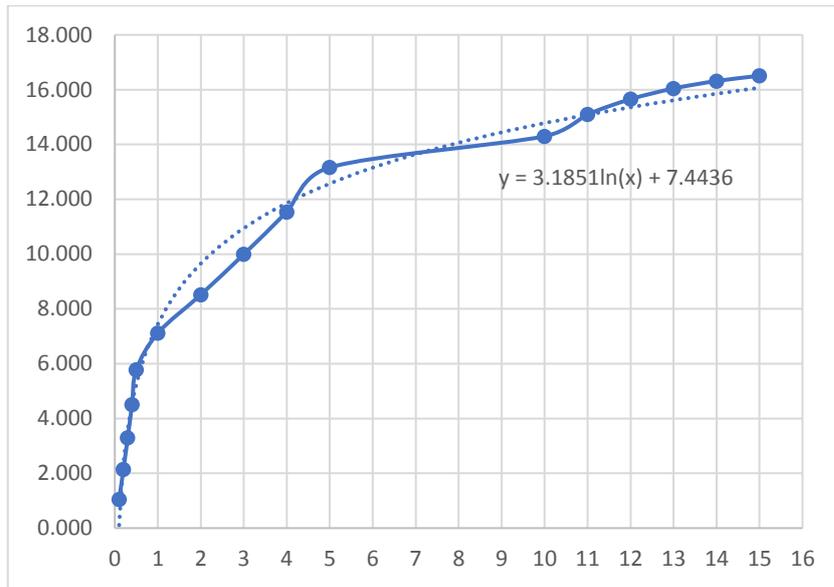


Ilustración 30: Ecuación en A-2-5

4.2.2.6. A-2-6

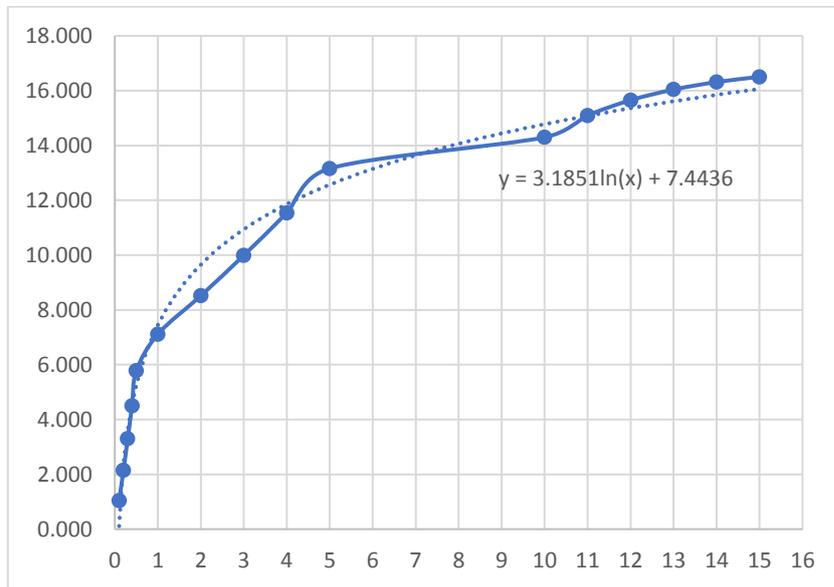


Ilustración 31: Ecuación en A-2-6

4.2.2.7. A-2-7

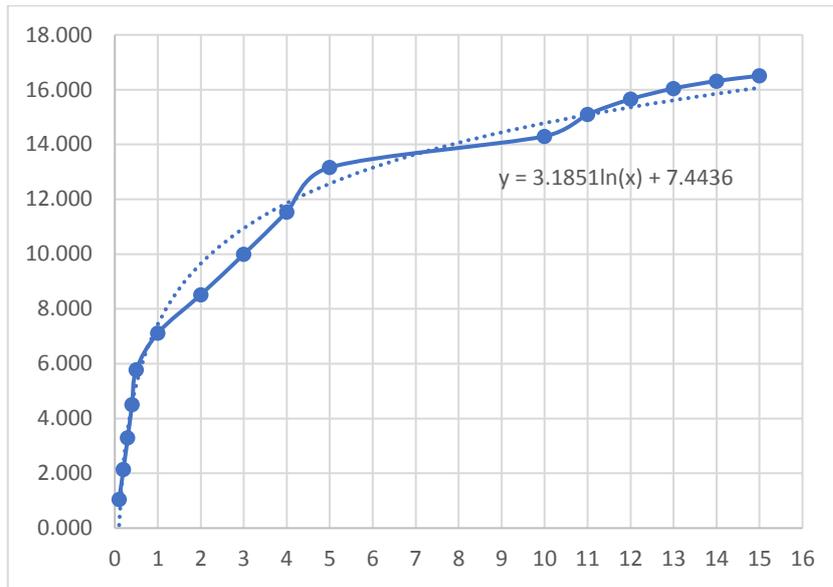


Ilustración 32: Ecuación en A-2-7

4.3. Prueba de Hipótesis

Se ha obtenido las ecuaciones para cada tipo de suelo en base a los datos indicados en el Capítulo 3, siendo:

Tabla 17: Resumen de Ecuaciones

	Constante de Variable 1	Constante
GW	3.1185	7.2915
GP	3.4308	8.021
GM	3.7473	8.7574
GC	3.7473	8.7574
SW	3.2748	7.6565
SP	3.6022	8.4218

SM	3.9308	9.1892
SC	4.0958	9.5748
A-1	3.1492	7.3633
A-1B	3.1851	7.4436
A-3	3.1851	7.4436
A-2-4	3.1851	7.4436
A-2-5	3.1851	7.4436
A-2-6	3.1851	7.4436
A-2-7	3.1851	7.4436

Como se evidencia la constante de la variable x tiene datos que se asemejan, en tal sentido determinaremos el promedio para la ecuación principal siendo el valor de 3.4138.

Por lo tanto, el valor de la ecuación es la siguiente:

$$\text{Asentamiento} = 3.4138(z)x\text{Valor que depnde del tipo de suelo}$$

Donde el valor de z, es la altura de suelo en la que se desea determinar el asentamiento acumulado.

Sin embargo, para la constante se ha determinado en base a esfuerzos, modulo de elasticidad y áreas constantes, por lo que determinaremos el verdadero valor de la constante la que denominaremos como Constante Urdanivia (U), siendo para GW.

$$7.2915 \text{ mm} = \frac{7.2915 \text{ mm} * \sigma * 100 \text{ Mpa} * (1 - \nu)}{20 \text{ Mpa} * E * (1 - 0.3)}$$

Entiendo un resultado de la ecuación es la siguiente:

$$7.2915 \text{ mm} = \frac{52.082 \text{ mm} * \sigma * (1 - \nu)}{E}$$

$$\text{Constante} = \frac{52.082 \text{ mm} * \sigma * (1 - \nu)}{E}$$

$$\text{Constante} = \frac{U * \sigma * (1 - \nu)}{E}$$

Donde:

- U = constante Urdanivia (depende del tipo de suelo)
- σ = Esfuerzo producido por el cimiento
- E = Modulo de elasticidad
- ν = relación de poissón

para ello se presenta en la siguiente tabla los valores de la constante

Urdanivia

para utilizar en el cálculo de asentamiento que depende del tipo de suelo,

siendo:

Tabla 18: Constante Urdanivia (U) para diferentes tipos de suelo

Tipo de Suelo	Constante Urdanivia (U)
GW	52.082
GP	57.293
GM	62.553
GC	62.553
SW	54.689
SP	60.156
SM	65.637
SC	68.391
A-1A	52.595
A-1B	53.169
A-3	53.169
A-2-4	53.169
A-2-5	53.169
A-2-6	53.169
A-2-7	53.169

Por lo tanto, determinaos la ecuación general para poder determinar los asentamientos en cimientos de concreto armado, siendo

$$Asentamiento = 3.4138(z) * \frac{U * \sigma * (1 - \nu)}{E}$$

Donde:

- U = constante Urdanivia (depende del tipo de suelo)
- σ = Esfuerzo producido por el cimiento
- E = Modulo de elasticidad
- ν = relación de poisson
- z = Altura

4.4. Discusión de Resultados

Según los resultados obtenidos mediante la clasificación de los suelos por el método SUCS y AASHTO se determinó una ecuación que nos permite calcular el asentamiento diferencial en cimentaciones de concreto armado a menor costo y tiempo; también nos permite hacer las verificaciones de los límites permisibles de la distorsión angular según el Reglamento Nacional de Edificaciones E-050 SUELOS Y CIMENTACIONES para diferentes estructuras; debido a que estas, deben seguir su funcionamiento luego de haber ocurrido asentamientos diferenciales y evitar pérdidas de materiales y de vidas humanas durante la falla de la estructura.

CONCLUSIONES

Durante la construcción de diversos tipos de edificaciones ya sean edificios, puentes u otros, a medida que las cargas de columnas o pilares se sitúan sobre las cimentaciones, éstas se asientan. Si los cimientos se apoyan sobre roca o suelos muy duros, los asentamientos pueden ser muy insignificantes; sin embargo, si se trata de suelos ordinarios el asentamiento puede ser distinto ya que puede variar de acuerdo al tipo de suelo, al valor del módulo de elasticidad del suelo, la forma y dimensiones del cimiento. Gran parte del asentamiento puede producirse durante la construcción y después de ella. En otros casos, los asentamientos se producen muy lentamente y prosiguen durante varios años, después de concluida la construcción. Cuando se evalúa la mayoría de expediente técnicos de edificaciones en la región de pasco el 100% de ellos no cuenta con estudios de asentamientos antes de la construcción, más aun cuando en el reglamento nacional de edificaciones indica que es un estudio necesario para la verificación de estructuras, es por ello nuestra preocupación para determinar dicho asentamiento en base a los estudios de suelo es por ello que determinamos una ecuación general para determinar el asentamiento hasta una altura de 15 metros, por tenemos como conclusión general que al determinar el tipo de suelo podemos determinar el asentamiento en los suelos para decepcionar cimientos de concreto armado.

Como conclusiones secundarias podemos indicar lo siguiente:

- El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos – SUCS, es un sistema de clasificación de suelos usado en ingeniería y geología para describir la textura y el tamaño de las partículas de un suelo. Para este proyecto

de investigación no solo ha sido un sistema que nos ayuda a clasificar el suelo y determinar la estructura, textura y tamaño de las partículas de suelo, nos ha ayudado a determinar en base a sus características el asentamiento en una estructura de concreto armado lo que nos ayuda a determinar el asentamiento diferencia en base a la ecuación principal de este proyecto de investigación por ello podemos concluir que al determinar y clasificar mediante SUCS podemos determinar el asentamiento diferencia en estructuras de concreto armado.

- La American Association of State Highway Officials adoptó EL sistema de clasificación de suelos (AASHTO M 145), en el que los suelos se agrupan en función de su comportamiento como capa de soporte o asiento del firme. Es el sistema más utilizado en la clasificación de suelos en carreteras y vías, es por ello que en este proyecto de investigación se ha planteado que para estructuras viales ya sea por ejemplo el de puentes necesitamos conocer los valores de asentamiento en relación al suelo es por ello que mediante la clasificación AASHTO se puede determinar el asentamiento en estructuras de concreto armado, con la formula general y la constante de Urdanivia el cual fue determinada en esta tesis, por ello al determinar y clasificar los suelos mediante AASHTO podemos determinar el asentamiento en cimientos de concreto armado.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar nuevas investigaciones que definan el comportamiento del asentamiento en diferentes tipos de suelos con la finalidad de cumplir con los mismos estudios para la entrega de expedientes técnicos de edificaciones.
- Se recomienda contar con asesoría permanente por parte del ingeniero responsable del estudio, con el propósito de evaluar y aprobar todos los procedimientos de diseño en el análisis estructural del cimiento y del casco, teniendo siempre en cuenta el asentamiento de los suelos ya que estos no son tomados en cuenta desde la elaboración de estudios de pre inversión, inversión e inclusive en la ejecución del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA:

- ALVA HURTADO JORGE. (2006). Análisis de estabilidad de taludes. Universidad Nacional de Ingeniería.
- ASTM (American Society for Testing and Materials). (1997). "Annual Book of ASTM Standards", Vol. 04.08, "Soil and Rock; Dimension Stone, Synthetics".
- BELLIDO, NARVAEZ S. (1960), Geología del cuadrángulo de Atico. Carta Geológica Nacional, Bol. No. 2 de la Serie A.
- BOWLES JOSEPH E. (1997). Foundation Analysis and Design. Fifth Edition. McGraw Hill.
- DANKHE, G.L. (1976). Citado en Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P. (1998). Metodología de la investigación. (segunda edición). México, D.F.: McGraw Hill de México. Capítulo 13, pp. 385-454.
- GEOING CONSULTORES S.A.C. (2010). Ampliación de capacidad instalada de 200 TMD a 350 TMD - Planta de Beneficio Belén, Diseño del depósito de relaves N° 5.
- GEOING CONSULTORES S.A.C. (2010). Planta de Beneficio Belén, Relavera 5 – Fase I, Reporte de Construcción.

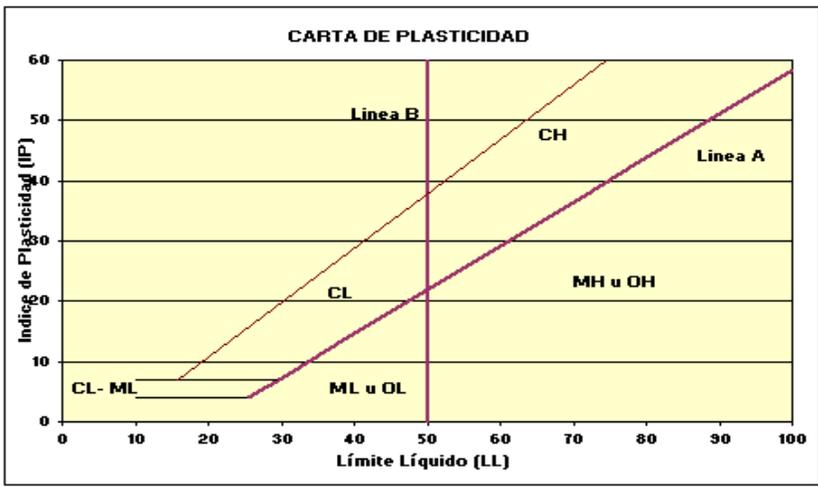
ANEXOS

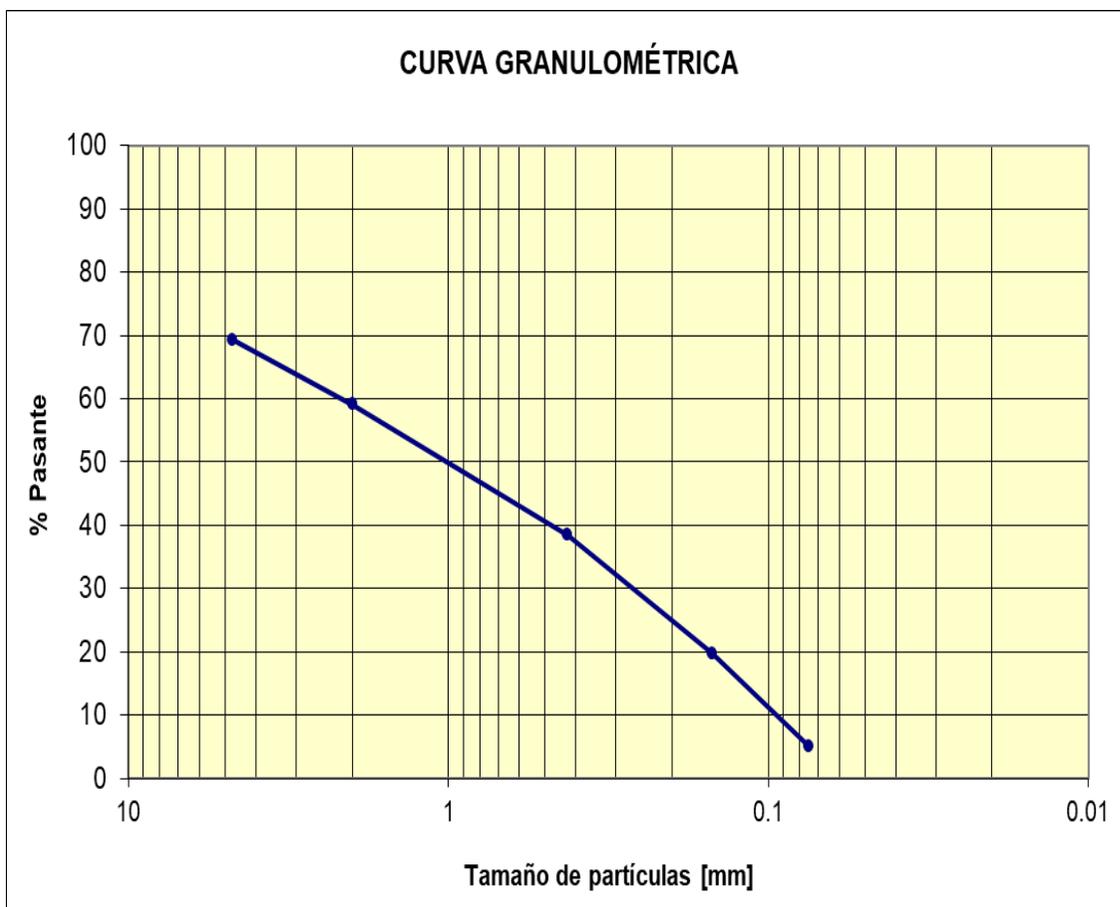
MATRIZ DE CONSISTENCIA

RELACIÓN ENTRE EL TIPO DE SUELO (SUCS Y AASHTO) Y EL ASENTAMIENTO DE SUELOS PARA DETERMINAR ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES EN CIMIENTOS DE CONCRETO ARMADO.			
<p>Problema General. ¿Cómo determinamos el asentamiento diferencial en base a la relación entre el tipo y asentamiento del suelo en cimientos de concreto armado?</p>	<p>Objetivo General. Determinar el asentamiento diferencial en base a la relación del tipo y asentamiento del suelo en cimientos de concreto armado.</p>	<p>Hipótesis General. Al determinar la relación del tipo y el asentamiento del suelo podemos determinar el asentamiento diferencial en cimientos de concreto armado.</p>	<p style="text-align: center;">MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN</p> <p>Cuantitativo-Cualitativo de datos estadístico.</p> <p style="text-align: center;">DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN</p> <p>En un diseño de investigación descriptivo.</p> <p>POBLACIÓN: Es todo cimiento de concreto armado.</p> <p>MUESTRA: Clasificación SUCS y AASHTO.</p>
<p>Problemas Específicos. 1.- Cómo determinamos el asentamiento diferencial clasificando el suelo mediante SUCS en cimientos de concreto armado? 2.- Cómo determinamos el asentamiento diferencial clasificando el suelo mediante AASHTO en cimientos de concreto armado?</p>	<p>Objetivos Específicos. 1.- Determinar el asentamiento diferencial en base a la clasificación del suelo mediante SUCS en cimientos de concreto armado. 2.- Determinar el asentamiento diferencial en base a la clasificación del suelo mediante AASHTO en cimientos de concreto armado.</p>	<p>Hipótesis Específicas. 1.- Clasificando el Suelo mediante SUCS podemos determinar el asentamiento diferencia en cimientos de concreto armado. 2.- Clasificando el Suelo mediante AASHTO podemos determinar el asentamiento diferencia en cimientos de concreto armado.</p>	<p>POBLACIÓN: Es todo cimiento de concreto armado.</p> <p>MUESTRA: Clasificación SUCS y AASHTO.</p>

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS UNIFICADO "S.U.C.S."

DIVISIONES PRINCIPALES		Símbolos del Grupo	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO					
SUELOS DE GRANO GRUESO	GRAVAS	Gravas limpias	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	<p>Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue:</p> <p><5%>GW,GP,SW,SP.</p> <p>>12%>GM,GC,SM,SC.</p> <p>5 al 12%>casos límite que requieren usar doble símbolo.</p>	Cu=D60/D10>4 Cc=(D30)²/D10xD60 entre 1 y 3			
		(sin o con pocos finos)	GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.		No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW.			
		Gravas con finos (apreciable cantidad de finos)	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP <4. Encima de línea A con IP entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo.			
			GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.					
	ARENAS	Arenas limpias	(pocos o sin finos)	SW		Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	Cu=D60/D10>6 Cc=(D30)²/D10xD60 entre 1 y 3		
			SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW.			
		Arenas con finos (apreciable cantidad de finos)	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP <4. Los límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de símbolo doble.			
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.					
			SUELOS DE GRANO FINO	Limos y arcillas:			ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plásticidad.	
				Límite líquido menor de 50			CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.	
Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200	Limos y arcillas:		OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.					
	Límite líquido mayor de 50	MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.						
		CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.						
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.						
Suelos muy orgánicos		PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.						





Plasticidad (arcillas) o compacidad (limos):

Baja: $LL < 30$

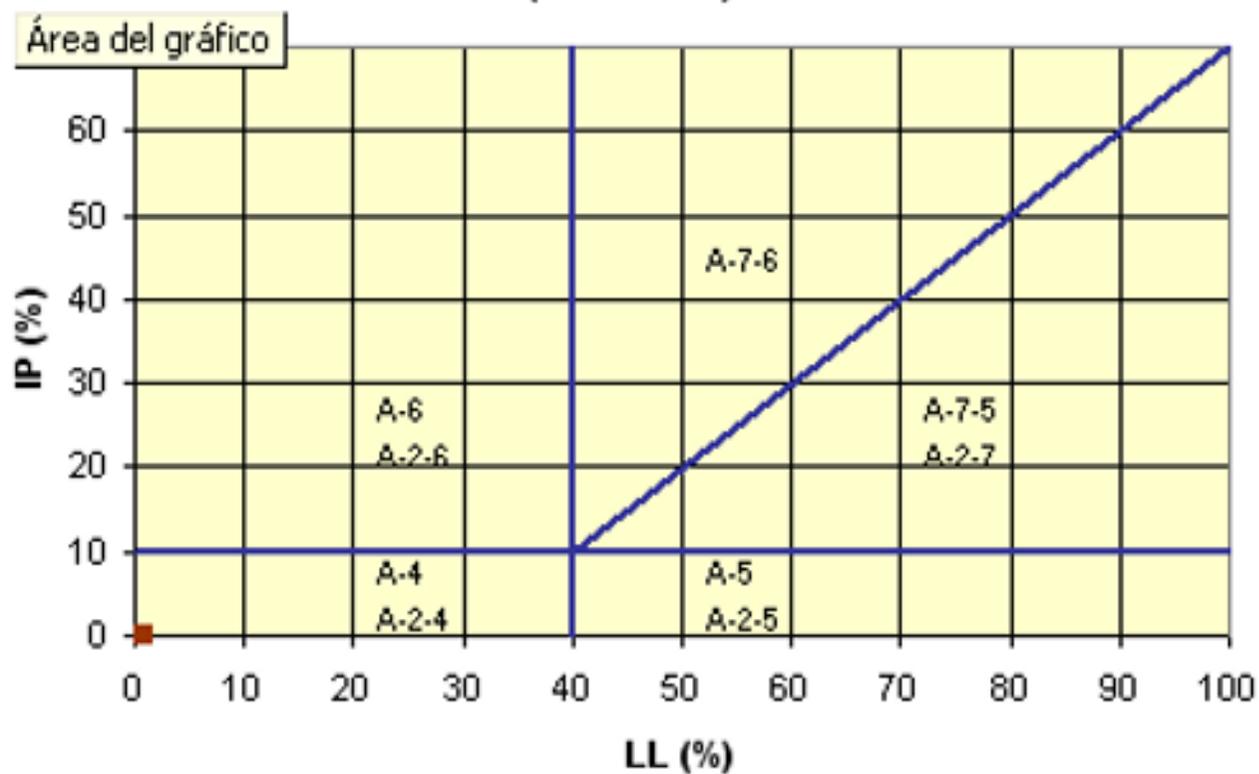
Media: $30 < LL < 50$

Alta: $LL > 50$

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS AASHTO

Clasificación General	Materiales granulares (35% o menos pasa por el tamiz N° 200)							Materiales limoso arcilloso (más del 35% pasa el tamiz N° 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Grupo:	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Porcentaje que pasa: N° 10 (2mm)	50 máx	-	-	-				-			
N° 40 (0,425mm)	30 máx	50 máx	51 mín	-				-			
N° 200 (0,075mm)	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx				36 mín			
Características de la fracción que pasa po el tamiz N° 40											
Límite líquido	-	-	-	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín (2)
Índice de plasticidad	6 máx		NP (1)	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
Constituyentes principales	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Características como subgrado	Excelente a bueno							Pobre a malo			

Clasificación fracción limoso-arcillosa (AAHSTO)



No plástico

El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor al LL menos 30

El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL menos 30

(1):

(2):

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO TAMIZADO

<p>* Proyecto: TESIS</p> <p>* Localización del Proyecto: CHAUPIMANRCA - PASCO</p> <p>* Descripción del Suelo: GRAVA BIEN GRADUADO (GW)</p> <p>* Realizado por: HILKER URDANIVIA ROQUE</p>	<p>* Perforación N°.001</p> <p>* Profundidad de Muestra: 0.80 m</p> <p>* Muestra N°.001</p>
---	---



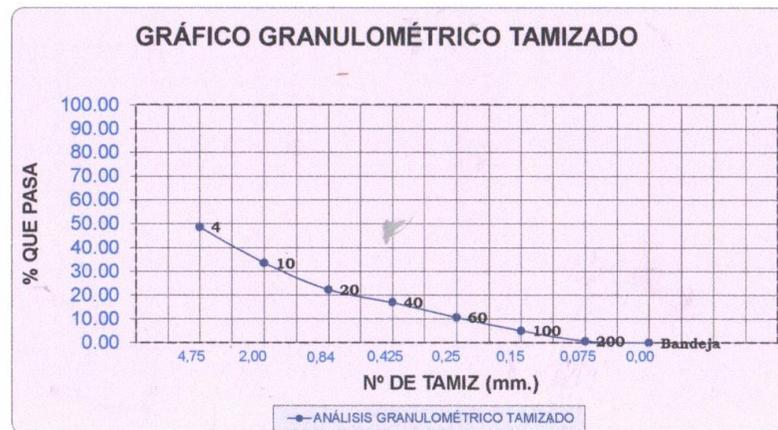
$$Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}}$$

Cc = 2.5
Cu = 32.7

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

PESO DEL RECIPIENTE	PESO DEL RECIPIENTE + PESO DE LA MUESTRA SECA	PESO DE LA MUESTRA SECA
Wr	Wr + Ws	Ws
421.2	1093.8	672.6

TAMIZ N°	DIÁMETRO (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.750	345.2	51.32	51.32	48.68
10	2.000	102.3	15.21	66.53	33.47
20	0.840	75.3	11.20	77.73	22.27
40	0.425	35.8	5.32	83.05	16.95
60	0.250	42.6	6.33	89.38	10.62
100	0.150	37.5	5.58	94.96	5.04
200	0.075	29.4	4.37	99.33	0.67
Bandeja	0.000	4.5	0.67		0.00
TOTAL	—	672.60	100.00		—



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO TAMIZADO

<p>* Proyecto: TESIS</p> <p>* Localización del Proyecto: CHAUPIMANRCA - PASCO</p> <p>* Descripción del Suelo: GRAVA POBREMENTE GRADUADO (GP)</p> <p>* Realizado por: HILKER URDANVIA ROQUE</p>	<p>* Calicata N°.001</p> <p>* Profundidad de Muestra: 1.45 m</p> <p>* Muestra N°.002</p>
--	--



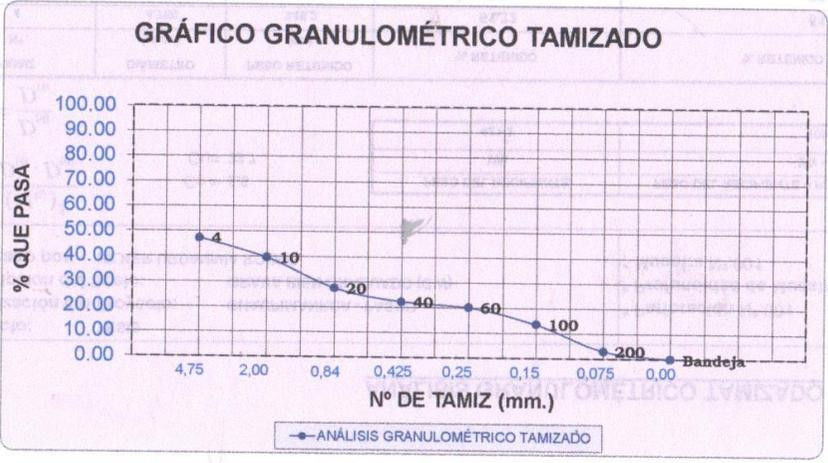
$$Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}}$$

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

Cc = 15.4
Cu = 0.67

PESO DEL RECIPIENTE	PESO DEL RECIPIENTE + PESO DE LA MUESTRA SECA	PESO DE LA MUESTRA SECA
Wr	Wr + Ws	Ws
421.2	1227.3	806.1

TAMIZ N°	DIÁMETRO (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.750	425.1	52.74	52.74	47.26
10	2.000	62.5	7.75	60.49	39.51
20	0.840	97.2	12.06	72.55	27.45
40	0.425	42.5	5.27	77.82	22.18
60	0.250	16.8	2.08	79.90	20.10
100	0.150	52.3	6.49	86.39	13.61
200	0.075	86.5	10.61	97.00	3.00
Bandeja	0.000	24.2	3.00		0.00
TOTAL		806.10	100.00		



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO TAMIZADO



<p>* Proyecto: TESIS</p> <p>* Localización del Proyecto: CHAUPIMANRCA - PASCO</p> <p>* Descripción del Suelo: GRAVA LIMOSO (GM)</p> <p>* Realizado por: HILKER URDANIVIA ROQUE</p>	<p>* Calicata N°.002</p> <p>* Profundidad de Muestra: .60 m</p> <p>* Muestra N°.001</p>
--	---

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}}$$

Cc =

Cu =

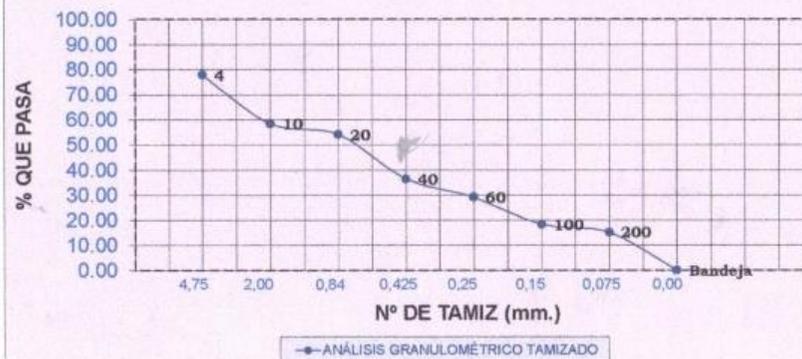
$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Ip = 3.6

PESO DEL RECIPIENTE	PESO DEL RECIPIENTE + PESO DE LA MUESTRA SECA	PESO DE LA MUESTRA SECA
Wr	Wr + Ws	Ws
421.2	1010.4	589.2

TAMIZ N°	DIÁMETRO (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.750	130.9	22.22	22.22	77.78
10	2.000	114.0	19.35	41.56	58.44
20	0.840	25.3	4.29	45.86	54.14
40	0.425	104.5	17.74	63.59	36.41
60	0.250	42.5	7.21	70.81	29.19
100	0.150	64.2	10.90	81.70	18.30
200	0.075	18.3	3.11	84.81	15.19
Bandeja	0.000	89.5	15.19		0.00
TOTAL	—	589.20	100.00		—

GRÁFICO GRANULOMÉTRICO TAMIZADO



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO TAMIZADO

* Proyecto: TESIS * Localización del Proyecto: CHAUPIMANRCA - PASCO * Descripción del Suelo: GRAVA ARCILLOSA (GC) * Realizado por: HILKER URDANIVIA ROQUE	* Calicata N°.003 * Profundidad de Muestra: 0.90 m * Muestra N°.001
--	---



$$Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}}$$

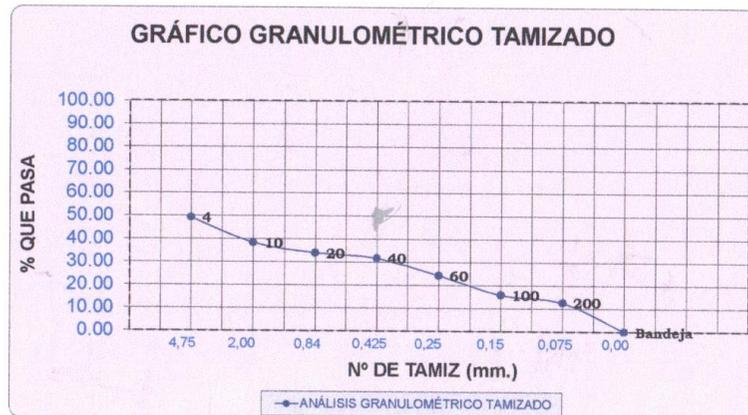
Cc =

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

Cu = 13.5

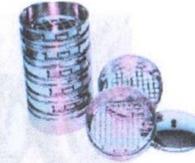
PESO DEL RECIPIENTE	PESO DEL RECIPIENTE + PESO DE LA MUESTRA SECA	PESO DE LA MUESTRA SECA
Wr	Wr + Ws	Ws
421.2	994.5	573.3

TAMIZ N°	DIÁMETRO (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.750	290.9	50.74	50.74	49.26
10	2.000	63.2	11.02	61.77	38.23
20	0.840	25.3	4.41	66.18	33.82
40	0.425	12.5	2.18	68.36	31.64
60	0.250	42.5	7.41	75.77	24.23
100	0.150	48.2	8.41	84.18	15.82
200	0.075	18.3	3.19	87.37	12.63
Bandeja	0.000	72.4	12.63		0.00
TOTAL	—	573.30	100.00		—



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO TAMIZADO

* Proyecto: TESIS	* Localización del Proyecto: CHAUPIMANRCA - PASCO	* Calicata N°.004
* Descripción del Suelo: ARENA BIEN GRADUADO (SW)		* Profundidad de Muestra: 0.60 m
* Realizado por: HILKER URDANIVIA ROQUE		* Muestra N°.001



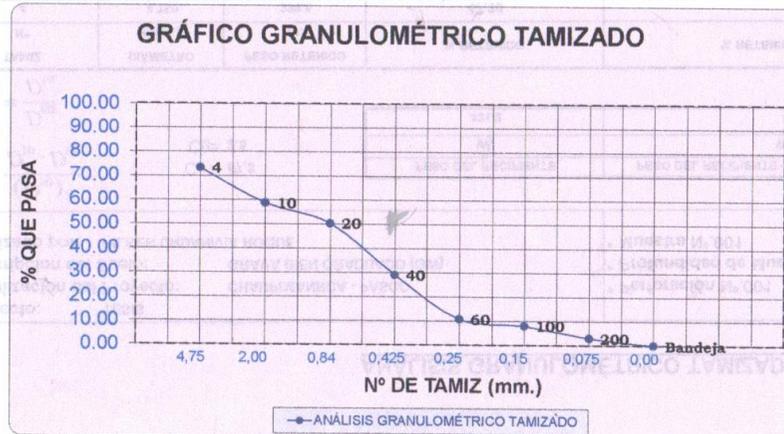
$$Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}}$$

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

Cc = 2.7
Cu = 39.4
Ip =

PESO DEL RECIENTE	PESO DEL RECIENTE + PESO DE LA MUESTRA SECA	PESO DE LA MUESTRA SECA
Wr	Wr + Ws	Ws
421.2	888.5	467.3

TAMIZ N°	DIÁMETRO (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.750	125.0	26.75	26.75	73.25
10	2.000	67.8	14.51	41.26	58.74
20	0.840	39.4	8.43	49.69	50.31
40	0.425	99.7	21.34	71.03	28.97
60	0.250	85.2	18.23	89.26	10.74
100	0.150	12.5	2.67	91.93	8.07
200	0.075	23.9	5.11	97.05	2.95
Bandeja	0.000	13.8	2.95		0.00
TOTAL	—	467.30	100.00		



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO TAMIZADO

<p>* Proyecto: TESIS</p> <p>* Localización del Proyecto: CHALUPIMANRICA - PASCO</p> <p>* Descripción del Suelo: ARENA FORTEMENTE GRADUADO (SP)</p> <p>* Realizado por: MILKER URDANVIA ROQUE</p>	<p>* Calicata N°.005</p> <p>* Profundidad de Muestra: 1.10 m</p> <p>* Muestra N°.001</p>
--	--



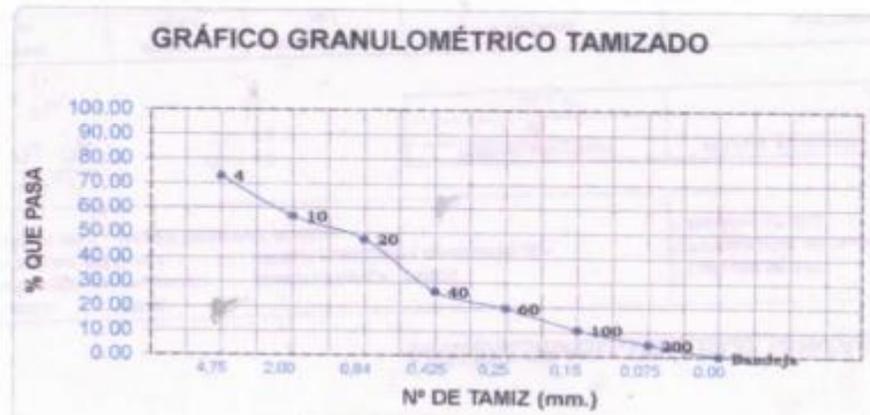
$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}} \quad C_c = 17.5$$

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad C_u = 2.11$$

$$I_p = \dots$$

PESO DEL RECIPIENTE	PESO DEL RECIPIENTE + PESO DE LA MUESTRA SECA	PESO DE LA MUESTRA SECA
W _r	W _r + W _s	W _s
421.2	906.2	484.0

TAMIZ Nº	DIÁMETRO (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.750	130.8	27.02	27.02	72.98
10	2.000	75.9	16.30	43.33	56.67
20	0.840	48.2	9.94	53.27	47.33
40	0.425	102.1	21.14	73.86	26.20
60	0.250	32.0	6.61	80.41	19.59
100	0.150	42.5	8.78	89.19	10.81
200	0.075	28.9	5.97	95.17	4.83
Barredaja	0.000	23.4	4.83		0.00
TOTAL	—	484.00	100.00		



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO TAMIZADO



* Proyecto: TESIS * Localización del Proyecto: CHAUPIMARCA - PASCO * Descripción del Suelo: ARENA LIMOSO (SM) * Realizado por: HILKER URDANVIA ROQUE	* Calicata N°.006 * Profundidad de Muestra: 0.60 m * Muestra N°.001
---	---

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \cdot D_{10}}$$

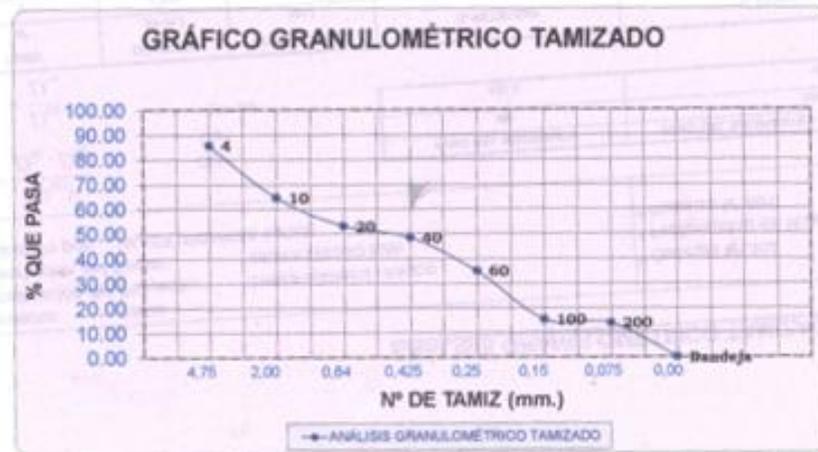
$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

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

Ip = 1.8

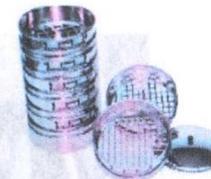
PESO DEL RECIPIENTE	PESO DEL RECIPIENTE + PESO DE LA MUESTRA SECA	PESO DE LA MUESTRA SECA
W _r	W _r + W _s	W _s
421.2	1136.3	714.1

TAMIZ N°	DIÁMETRO (mm.)	PESO RETENIDO (gr.)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.750	102.8	14.38	14.38	85.65
10	2.000	100.3	21.05	35.40	64.60
20	0.840	82.6	11.56	46.96	53.05
40	0.425	32.9	4.58	51.51	48.49
60	0.250	36.7	13.34	65.05	34.95
100	0.150	140.2	19.63	84.68	15.32
200	0.075	10.3	1.43	86.11	13.89
Bandeja	0.000	96.3	13.89		0.00
TOTAL	—	714.18	100.00		—



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO TAMIZADO

<p>* Proyecto: TESIS</p> <p>* Localización del Proyecto: CHAUPIMANRCA - PASCO</p> <p>* Descripción del Suelo: ARENA ARCILLOSA (SC)</p> <p>* Realizado por: HILKER URDANIVIA ROQUE</p>	<p>* Calicata N°.007</p> <p>* Profundidad de Muestra: 1.40 m</p> <p>* Muestra N°.001</p>
---	--



$$Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}}$$

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

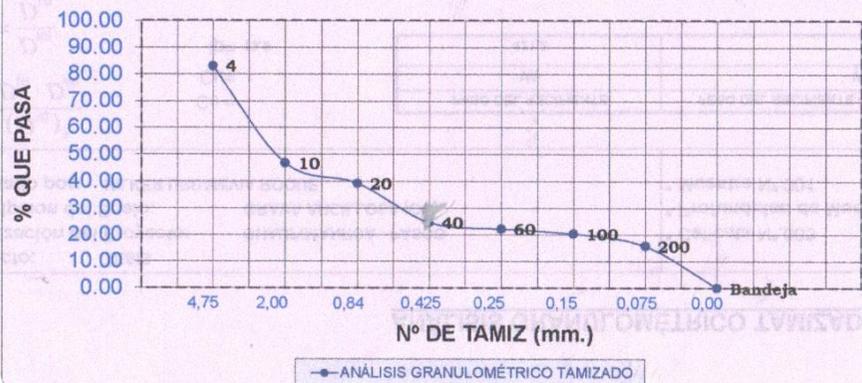
Cc =
Cu =

Ip = 35.2

PESO DEL RECIPIENTE	PESO DEL RECIPIENTE + PESO DE LA MUESTRA SECA	PESO DE LA MUESTRA SECA
Wr	Wr + Ws	Ws
421.2	982.0	560.8

TAMIZ Nº	DIÁMETRO (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.750	95.2	16.98	16.98	83.02
10	2.000	203.5	36.29	53.26	46.74
20	0.840	42.5	7.58	60.84	39.16
40	0.425	82.3	14.68	75.52	24.48
60	0.250	12.8	2.28	77.80	22.20
100	0.150	10.5	1.87	79.67	20.33
200	0.075	25.8	4.60	84.27	15.73
Bandeja	0.000	88.2	15.73	100.00	0.00
TOTAL	—	560.80	100.00	—	—

GRÁFICO GRANULOMÉTRICO TAMIZADO



ENSAYOS DE CALCULOS DE ASENTAMIENTO DIFERENCIAL

PARA SUELOS GRUESOS

		
<p>FOTO N° 001</p>	<p>FOTO N° 002</p>	<p>FOTO N° 003</p>