



**UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO”
DE MANABÍ**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de

INGENIERO CIVIL

TEMA:

**CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LOS SUELOS
DISPERSIVOS Y COLAPSABLES DE MANTA, PARA
SOLUCIONES EN OBRAS CIVILES Y VIALES.**

AUTORES:

**FAJARDO COBEÑA SHIRLEY MARIA
VASQUEZ NARANJO LESLIE ELIZABETH**

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Javier Moreira Roca, Mg. Sc.

Manta – Manabí – Ecuador

2015

1. TEMA:

**CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LOS SUELOS
DISPERSIVOS Y COLAPSABLES DE MANTA, PARA
SOLUCIONES EN OBRAS CIVILES Y VIALES.**

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. Javier Moreira Roca, Mg. Sc. Docente de la Carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

CERTIFICA:

Que el presente Proyecto de Investigación Titulado **“CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LOS SUELOS DISPERSIVOS Y COLAPSABLES DE MANTA, PARA SOLUCIONES EN OBRAS CIVILES Y VIALES”**, ha sido exhaustamente revisado.

Las opiniones y conceptos vertidos en este Proyecto de Investigación es fruto del trabajo, perseverancia y originalidad de las egresadas: Fajardo Cobeña Shirley María y Vásquez Naranjo Leslie Elizabeth, siendo de su exclusiva responsabilidad.

Ing. Javier Moreira Roca, Mg. Sc
TUTOR DE TESIS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

DECLARAMOS QUE:

El presente trabajo de investigación denominado **“CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LOS SUELOS DISPERSIVOS Y COLAPSABLES DE MANTA, PARA SOLUCIONES EN OBRAS CIVILES Y VIALES”** ha sido desarrollado en base a una investigación adecuada, respetando los derechos de propiedad de terceros, aplicando las respectivas citas y referencias en este documento. Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Fajardo Cobeña Shirley María
C.I. # 131165834-6

Vásquez Naranjo Leslie Elizabeth
C.I. # 131207493-1

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de tesis primeramente te agradecemos a ti Dios por bendecirnos para llegar hasta donde hemos llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

A la UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI, por facilitarnos la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

A nuestro director de tesis, Ing. Javier Moreira Roca, por su constante y paciente seguimiento y asistencia, compartiendo su tiempo de manera generosa durante el desarrollo del presente trabajo.

Vásquez Naranjo Leslie Elizabeth
Fajardo Cobeña Shirley María

DEDICATORIA

Para triunfar en la vida no es importante llegar primero, para triunfar simplemente hay que llegar. Al culminar uno de mis objetivos la presente tesis a:

Mis padres, Walter Fajardo y María Cobeña Y sobre todo a mi esposo Jorge Pérez, por su comprensión y constante estímulo, recordándome que la perseverancia y el esfuerzo son el camino para lograr los objetivos.

Fajardo Cobeña Shirley María

DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado a mis padres: Naranjo Factos Martha y Vásquez Morejón Sergio, quienes han estado conmigo en toda situación, sus consejos, palabras de ánimo, me ayudaron a no desistir en nada, a luchar con coraje y siempre anteponiendo la humildad; es por eso que hoy dedico este esfuerzo a ustedes que son la base fundamental para que pueda subir un escalón más en esta carrera que aún no termina.

A mis hermanas: Dafne Vásquez, dejó este legado como ejemplo de dedicación y superación, que sirva de espejo para que en un futuro, y Johanna Vásquez por su constante insistencia de progreso y superación.

Mi esposo: Danny Piguave Vera por su comprensión y constante estímulo, recordándome que la perseverancia siempre se llega al éxito.

Vásquez Naranjo Leslie Elizabeth

RESUMEN

El presente trabajo investigativo tiene como propósito caracterizar geotécnicamente los suelos dispersivos y colapsables de Manta, para soluciones en obras civiles y viales, determinando sus propiedades físicas y mecánicas con sus diferentes ensayos en el laboratorio y su comportamiento.

La dinámica de suelos es una disciplina relativamente prolija y necesita un mayor estudio dentro del ámbito de la construcción es de la mayor importancia en Manta ,debido a que esta ciudad crece espontáneamente y es privilegiada por estar ubicada en zona costera y debido a esto emprende un alto desarrollo turístico y poblacional.

Esta investigación se ha desarrollado mediante trabajo en campo, de laboratorio y documental, iniciando con toma de muestras de suelo para luego ser estudiadas mediante ensayos de laboratorio, se elaboró un análisis en base a los resultados obtenidos, así como también conclusiones y recomendaciones.

ABSTRACT

This research work aims to characterize the dispersive geotechnical collapsible floors and Manta, for solutions in civil and road works, determining physical and mechanical with its various laboratory tests and their behavior properties.

The dynamics of soils is a relatively tedious discipline and needs further study in the field of construction is of the utmost importance in Manta , because this city grows spontaneously and is privileged to be located in coastal area and because of this begins a population and high tourism development.

This research was developed through fieldwork, laboratory and documentary , starting with taking of soil samples before being studied through laboratory tests, an analysis was developed based on the results obtained , as well as conclusions and recommend.

INDICE DE CONTENIDO

	PÁGINAS
INTRODUCCIÓN.....	1
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
OBJETIVO GENERAL.....	4
OBJETIVO ESPECIFICO.....	4
HIPOTESIS.....	5

1. CAPITULO I

CARACTERIZACIÓN DEL SUELO

	PÁGINAS
1.1 Fundamentación Teórica.....	6
1.1.1 El Suelo.....	6
1.1.2 Composición del Suelo.....	6
1.1.3 Diferentes Tipos de Suelos.....	8
1.1.4 Características del Suelo.....	10
1.1.5 Clasificación del Suelo.....	10
1.1.5.1 Clasificación según el sistema unificado de suelos (sucs).....	12
1.1.6 Estados de consistencia del suelo.....	14
1.1.6.1 Clasificación de los depósitos sedimentarios del suelo.....	15
1.1.7 Suelos expansivos.....	23
1.1.8 Suelos colapsables.....	23
1.1.8.1 Antecedentes.....	23
1.1.8.2 Concepto.....	24
1.1.8.3 Características de los suelos colapsables.....	26
1.1.8.4 Clases de depósitos.....	27
1.1.8.4.1 Eólicos.....	27
1.1.8.4.2 Aluviales.....	28
1.1.8.4.3 Suelos residuales.....	28
1.1.8.4.4 Suelos compactados.....	28
1.1.8.5 Consolidación de suelos.....	29
1.1.8.5.1 Definición.....	29
1.1.8.5.2 Proceso de consolidación.....	32
1.1.8.5.3 Consecuencia de la consolidación.....	32
1.1.8.5.4 Permeabilidad.....	32

1.1.8.5.5 Velocidad de asentamiento.....	32
1.1.8.5.6 Suelos normalmente consolidados.....	33
1.1.8.6 Método de identificación.....	34
1.1.8.6.1 Método de campo.....	34
1.1.9 Suelos dispersivos.....	39
1.1.9.1 Concepto.....	39
1.1.9.2 Identificación de los suelos dispersivos.....	39
1.1.9.3 Tipos de ensayos de clasificación.....	41
1.1.9.3.1 Ensayo de Crumb.....	41
1.1.9.3.2 Ensayo doble hidrómetro.....	43
1.1.9.3.3 Ensayo Pinhole test.....	45
1.1.9.4 Muestras y ensayos realizados como ejemplos.....	46
1.1.10 Incidencias de los suelos dispersivos y colapsables.....	52
1.1.11 Soluciones técnicas ante presencia de suelos colapsables y dispersivos.....	56

2. CAPITULO II

ESTUDIO DE CAMPO

	PÁGINAS
2.1 Antecedentes.....	61
2.2 Ubicación.....	61
2.3 Modalidad.....	61
2.4 Tipos de investigación.....	61
2.4.1 De campo.....	62
2.4.2 Investigación de laboratorio de suelos.....	62
2.5 Materiales y equipos.....	62
2.5.1 Ensayos de laboratorio.....	62
2.6 Toma de muestras.....	65
2.7 Procedimiento de ensayos del laboratorio.....	72
2.7.1 Ensayo humedad natural.....	72
2.7.2 Ensayo de granulometría.....	75
2.7.3 Ensayos de plasticidad.....	77
2.7.3.1 Límite plástico.....	77
2.7.3.2 Límite líquido.....	79

2.7.4 Ensayo de peso específico.....	81
2.7.5 Ensayo peso volumétrico.....	83
2.7.6 Ensayo de Crumb.....	85
2.7.7 Ensayo pinhole test.....	86
2.7.8 Ensayo de doble hidrómetro.....	89
2.7.9 Ensayo metodológico.....	90
2.7.9.1 Método del límite líquido.....	90

3. CAPITULO III

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN CAMPO

PÁGINAS

3.1 Ensayo de humedad natural.....	91
3.2 Ensayo de granulometría.....	92
3.3 Ensayo de límite líquido.....	93
3.4 Ensayo de límite plástico.....	94
3.5 Ensayo de peso específico.....	95
3.6 Ensayo de peso volumétrico.....	96
3.7 Ensayo de Crumb.....	96
3.8 Ensayo de pinhole test.....	97
3.9 Ensayo de doble hidrómetro.....	98
3.10 Ensayo metodológico e identificación de suelos colapsables.....	99

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES.....	100
RECOMENDACIONES.....	100
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	101
ANEXOS	104

INDICE DE TABLAS

	PAGINAS
Tabla 1.1: Fragmentos minerales del suelo.....	7
Tabla1.2: Propiedades del suelo según su composición.....	8
Tabla 1.3: Clasificación del suelo según su diámetro promedio de grano.....	8
Tabla 1.4: Identificación de los suelos colapsables.....	30
Tabla 1.5: Clasificación de suelos colapsables en función de porcentajes de finos.....	38
Tabla 1.6: Clasificación de suelos colapsables en función del potencial de colapso....	39
Tabla 1.7: Valores para determinar un suelo dispersivo.....	50
Tabla 1.8: Características de los suelos analizados.....	52
Tabla 1.9: Resultados de los ensayos de dispersión.....	53
Tabla 1.10: Condiciones favorables y no favorables de un suelo.....	57
Tabla 2.11: Equipos utilizados en ensayos de humedad natural.....	62
Tabla 2.12: Equipos utilizados en ensayos de granulometría.....	63
Tabla 2.13: Equipos utilizados en ensayos de límite líquido.....	63
Tabla 2.14: Equipos utilizados en ensayos de límite plástico.....	63
Tabla 2.15: Equipos utilizados en ensayos de peso específico.....	64
Tabla 2.16: Equipos utilizados en ensayos de peso volumétrico.....	64
Tabla 2.17: Equipos utilizados en ensayos de pinole test.....	64
Tabla 2.18: Equipos utilizados en ensayos de doble hidrómetro.....	65
Tabla 2.19: Formato de cálculo contenido de humedad.....	74
Tabla 2.20: Formato de cálculo granulometría.....	76
Tabla 2.21: Formato de cálculo Límite líquido y Limite plástico.....	81
Tabla 3.22: Cálculos del porcentaje de humedad natural- Muestra 1.....	91
Tabla 3.23: Cálculos del porcentaje de humedad natural – Muestra 9.....	91
Tabla 3.24: Resultados de la granulometría- Muestra 1.....	92
Tabla 3.25: Resultados de la granulometría- Muestra 9.....	92
Tabla 3.26: Cálculos del límite líquido- Muestra 4.....	93
Tabla 3.27: Cálculos del límite plástico- Muestra 4.....	94
Tabla 3.28: Cálculo de peso específico- Muestra 1.....	95
Tabla 3.29: Cálculo de peso volumétrico- Muestra 1.....	96
Tabla 3.30: Resultados del ensayo de Crumb.....	96
Tabla 3.31: Resultados del ensayo de pinole test- Muestra 1.....	97
Tabla 3.32: Resultado del ensayo del doble hidrómetro- Muestra 1.....	98

Tabla 3.33: Resultados del método del límite líquido.....	99
---	----

INDICE DE FIGURAS

	PAGINAS
Figura 1.0: Componentes del suelo.....	6
Figura 1.1: Arcillas y limo agrietado.....	9
Figura 1.2: Arcilla y limo agrietado.....	9
Figura 1.3: Arcilla y limo agrietado.....	10
Figura 1.4: Sistema Unificado de clasificación de los suelos.....	13
Figura 1.5: Estados de consistencia del suelo.....	14
Figura 1.6: Depósito coluvial.....	16
Figura 1.7: Depósito aluvial.....	17
Figura 1.8: Depósito lacustre.....	18
Figura 1.9: Depósito litoral.....	19
Figura 1.10: Depósito glacial.....	20
Figura 1.11: Características de los depósitos de climas áridos y desérticos.....	21
Figura 1.12: Deposito clima tropical.....	23
Figura 1.13: Textura potencialmente colapsables.....	25
Figura 1.14: Partículas del suelo.....	31
Figura 1.15: Proceso de consolidación	32
Figura 1.16: Variación del volumen durante la consolidación.....	32
Figura 1.17: Pruebas índice para identificación de suelos colapsables.....	36
Figura 1.18: Criterio de recuperación para suelos expansivos y colapsables.....	37
Figura 1.19: Identificación de suelos colapsables.....	38
Figura 1.20: Falla por tubificación en una presa.....	41
Figura 1.21: Falla provocada por filtración del agua.....	41
Figura 1.22: Floculos formados en la superficie del agua.....	42
Figura 1.23: Floculos formados en la superficie del agua.....	42
Figura 1.24: Floculos formados en la superficie del agua.....	43
Figura 1.25: Porcentaje de dispersión.....	44
Figura 1.26: Equipo utilizado en ensayo de doble hidrómetro.....	44
Figura 1.27: Piezas del molde donde es colocado es espécimen para realizar el ensayo	46
Figura 1.28: Piezas del equipo para compactar.....	47

Figura 1.29: Equipo de pinole test.....	47
Figura 1.30: Porcentaje de dispersión.....	50
Figura 2.31: Zonas donde se obtuvieron las muestras.....	61
Figura 2.32: Toma de muestras en la vía interbarrial.....	65
Figura 2.33: Toma de muestras en coliseo tohalli.....	66
Figura 2.34: Toma de muestras en la vía la cultura – interbarrios.....	66
Figura 2.35: Toma de muestras en la gasolinera primax.....	67
Figura 2.36: Toma de muestras en el conector vía circunvalación – san mateo.....	67
Figura 2.37: Toma de muestras en la llegada a san mateo.....	68
Figura 2.38: Toma de muestras en la zona Santiago Arauz.....	68
Figura 2.39: Toma de muestras en san mateo Unidad Educativa Riobamba.....	69
Figura 2.40: Toma de muestras al lado del puente.....	69
Figura 2.41: Toma de muestras en la vía Rocafuerte.....	70
Figura 2.42: Toma de muestras en muelle jaramijó.....	70
Figura 2.43: Toma de muestras en la nueva carretera de la refinería.....	71
Figura 2.44: Toma de muestras en el sector la fabril- Indumaster.....	71
Figura 2.45: Pesado y secado del material.....	72
Figura 2.46: Secado del material.....	73
Figura 2.47: Anotación del peso del material.....	73
Figura 2.48: Secado de muestra.....	75
Figura 2.49: Lavado del material.....	75
Figura 2.50 Tamices utilizados.....	76
Figura 2.51: Tamizado y material homogenizado en casa grande.....	77
Figura 2.52: Material colocado en casa grande.....	77
Figura 2.53: Material colocado en vasos de aluminio.....	78
Figura 2.54: Material enrollado.....	79
Figura 2.55: Material pesado en balanza digital.....	80
Figura 2.56: Pesado de probeta en balanza digital.....	81
Figura 2.57: Dando ligeros movimientos al material.....	82
Figura 2.58: Pesando la probeta con el material.....	82
Figura 2.59: Pesando los terrones.....	83
Figura 2.60: Derritiendo la parafina y envolviendo los terrones con parafina.....	83
Figura 2.61: Sumergiendo los terrones en agua.....	84
Figura 2.62: Material hidratado.....	85

Figura 2.63: Material y equipos.....	86
Figura 2.64: Compactación del espécimen.....	87
Figura 2.65: Perforación del espécimen.....	87
Figura 2.66: Mallas y elementos de ajuste.....	87
Figura 2.67: Dispositivo de Pinhole test.....	88
Figura 3.68: Porcentaje de humedad.....	93
Figura 3.69: Carta de plasticidad.....	95

INTRODUCCIÓN

La Geotecnia es la rama de la ingeniería que se ocupa de la interacción de las construcciones en el terreno. Se trata no solo de una disciplina de Ingeniería Civil, sino también de otras actividades, como la Arquitectura y la Ingeniería Minera, que guardan relación directa con el terreno.

Usualmente, el ingeniero geotécnico se ocupa de estudiar solo los materiales naturales que se encuentren en o cerca de la superficie de la tierra. Los ingenieros civiles denominan a estos materiales térreos como suelo o roca.

En este estudio investigativo tiene como objetivo principal caracterizar geotécnicamente los suelos dispersivos y colapsables de Manta.

Este proyecto de investigación está compuesto de tres capítulos que se detallan a continuación.

En el Capítulo I está el Marco Teórico, cuyas teorías sustentan las variables de investigación, se detallan las respectivas fundamentaciones de autores de libros, textos y otros documentos relevantes al tema de estudio.

En el Capítulo II se describe el estudio de campo, análisis del sitio, ensayos de laboratorio, formulas, cálculos y demás características necesarias para obtener resultados que nos lleve a un análisis.

En el Capítulo III se detallan los resultados y su respectivo análisis en base a los ensayos realizados y a los datos que se obtuvieron. Finalmente, se muestran la bibliografía y anexos.

Problema de Investigación

Antecedente y Justificación del Problema

En el medio ante el desconocimiento del comportamiento geotécnico de suelos dispersivos y colapsables, se vienen ejecutando proyectos que si bien es cierto a corto plazo no generan preocupación, estas obras si están sobre estos tipos de suelos, dicho efecto no se presentaran hasta que no halla la presencia de agua, que es la que generaría cierto grado de incertidumbre de estabilidad y por ende se podría decir que existe cierto grado de riesgo.

En general en todo el mundo, las arcillas expansivas ocasionan daños importantes a las obras tales como: viviendas, pavimentos, etc., lo que ocasiona grandes erogaciones de dinero.

Prácticamente todas las estructuras de ingeniería como edificios, puentes, carreteras, túneles, muros, torres, canales o presas, deben cimentarse sobre la superficie de la tierra o dentro de ella. Para que la estructura se comporte satisfactoriamente debe poseer una cimentación adecuada; lo anterior se refiere a que debe tener seguridad contra la aparición de cualquier falla posible (Lambe, 1996).

Los suelos dispersivos no se identifican con una categorización visual del mismo o con simples ensayo índice de laboratorio, para esto existen ensayos especiales, tantos físicos como químicos.

Los suelos colapsables se caracterizan por humedecimiento. En esta clase particular de suelos meta-estables, el agente externo que desencadena el fenómeno de colapso, es el agua. En estos suelos un incremento de humedad puede provocar una disminución o anulación de las fuerzas que vinculan unas partículas con otras, y por lo tanto cambiar el estado de equilibrio en la estructura del suelo.

En cuanto a los tipos de métodos de identificación propiamente dichos, varios han sido los enfoques que se han propuesto. Estos podrían clasificarse en tres grupos:

Métodos basados en parámetros físicos de identificación de suelos, tales como:

Peso Unitario, Límites de Consistencia, Granulometría, etc.

Métodos basados en ensayos mecánicos, principalmente en ensayos edométricos.

Métodos basados en la magnitud del colapso.

Problema Científico

La presente disertación analiza el comportamiento de los suelos colapsables y dispersivos.

Objeto.

Se busca analizar las propiedades físicas y mecánicas de dichos suelos, buscando su caracterización, para en caso de tener resultados positivos, aplicar soluciones y evitar posibles daños a las estructuras que sobre dicho suelos se asientan, logrando así evitar reparaciones y pérdidas económicas.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

Objetivo General

Analizar los suelos dispersivos y colapsables, determinando sus propiedades geotécnicas con sus diferentes ensayos en el laboratorio y su comportamiento.

Objetivos Específicos

- ♣ Evaluar los parámetros geotécnicos para suelos dispersivos y colapsables.
- ♣ Buscar las incidencias de los suelos dispersivos y colapsables en obras civiles y viales.
- ♣ Analizar las diferentes soluciones técnicas ante la presencia de suelos dispersivos y colapsables para soluciones en obras civiles y viales.
- ♣ Zonificación parcial de una determinada área en el sector urbano no desarrollado de la ciudad de Manta.

HIPOTESIS

Saber identificar los tipos de suelos que no pueden dar un resultado a simple vista y saberlos tratar al momento de un colapso o una dispersidad de los mismos.

VARIABLES

Variable Independiente

Las propiedades físicas de material recopilado en la zona de estudio.

Variable Dependiente

Caracterización de los suelos colapsables y suelos dispersivos.

CAPÍTULO I

1. CARACTERIZACION DEL SUELO

1.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1.1 EL SUELO

Se conoce como suelo la parte superficial de la corteza terrestre, conformada por minerales y partículas orgánicas producidas por la acción combinada del viento, el agua y procesos de desintegración orgánica. Los suelos no siempre son iguales, cambian de un lugar a otro por razones climáticas y ambientales, de igual forma los suelos cambian su estructura, estas variaciones son lentas y graduales excepto las originadas por desastres naturales. (Hector & Caribe, 2011).

La definición de suelo depende del área de interés que se involucra con él. Desde una visión geotécnica, es el material sin consolidar que se encuentra sobre el lecho rocoso. Para la ingeniería civil es el material sobre el que se construye y excava, siendo sus propiedades determinantes para el tipo y características de la obra a construirse. (M.E, 2013).

1.1.2 COMPOSICIÓN DEL SUELO

“El suelo es un sistema heterogéneo y poroso, compuesto por partículas muy pequeñas e independientes, cuyo arreglo determina el volumen del espacio poroso, en el cual se transmite o se retienen el agua y el aire. La separación entre partículas está relacionada con su tamaño. Los suelos se dividen en 3 grupos dependiendo del diámetro promedio de partícula”. (Zamora & Cristancho, 2008)

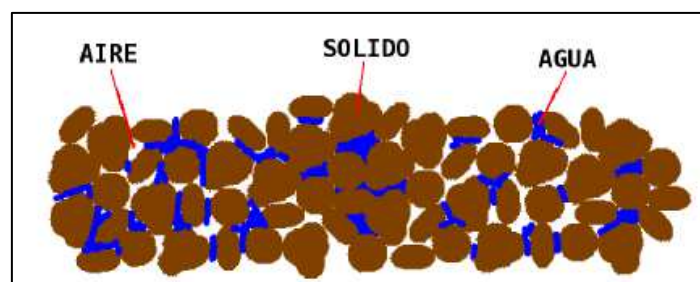


Figura #1.0: Componentes del suelo

Fuente: (Avenza, 2013)

Los autores: (Zamora & Cristancho, 2008), mencionan que el suelo está compuesto de partículas muy pequeñas, las cuales determinan la capacidad que tiene el suelo para transportar o retener el aire o el agua.

En el suelo encontramos materiales procedentes de la roca madre fuertemente alterados, seres vivos y materiales descompuestos procedentes de ellos. Las múltiples transformaciones físicas y químicas que el suelo sufre en su proceso de formación llevan a unos mismos productos finales característicos en todo tipo de suelos: arcillas, hidróxidos, ácidos húmicos, etc.; sin que tenga gran influencia el material originario del que el suelo se ha formado. (Echarri, 1999)

Tabla 1.1: Fragmentos minerales del suelo.

pedruscos	> 256 mm
guijarros	64 a 256 mm
grava	4 a 64 mm
gravilla	2 a 4 mm
arena gruesa	1 a 2 mm
arena	0.2 a 2 mm
arena fina	0.02 a 0.2 mm
limo	0.002 a 0.02 mm
arcilla	< 0.002 mm

Fuente: (Echarri, 1999)

Respecto a su naturaleza química, en principio parecería que no debe haber relación entre tamaño y composición química, pero en un suelo medianamente maduro, se ve que, como resultado de los procesos de formación que originan el suelo, la fracción de las arcillas está formada, principalmente, por silicatos con aluminio y hierro (caolinita, etc.) y las arenas son, sobre todo granos de cuarzo con algunas micas.

El pequeño tamaño de los granos de arcilla hace que esta fracción del suelo tenga una gran superficie por unidad de masa (1 g de arcilla suma de 25 a 900 m² de superficie). Esto tiene importantes consecuencias porque facilita fenómenos que necesitan una gran superficie para producirse, como absorciones, algunas reacciones químicas, retención de agua, etc. Otra propiedad característica de la arcilla es que fluye cuando se encuentra

sometida a presión por lo que las laderas arcillosas tienen deslizamientos con facilidad. (Echarri, 1999)

Tabla 1.2: Propiedades del suelo según su composición

	arenoso	arcilloso	calizo
Permeabilidad	alta	mala	media
Almacenamiento de agua	poco	mucho	poco
Aireación	buena	mala	buena
Nutrientes	pocos	muchos	mucho calcio

Fuente: (Zamora & Cristancho, 2008)

Tabla 1.3. Clasificación del suelo según su diámetro promedio de grano

<i>Suelo</i>	<i>Diámetro de grano (mm)</i>
Arena muy gruesa	2.00 – 1.00
Arena gruesa	1.00 – 0.50
Arena media	0.50 – 0.25
Arena fina	0.25 – 0.10
Arena muy fina	0.01 – 0.05
Limo	0.05 – 0.002
Arcilla	Menores a 0.002

Fuente: (Zamora & Cristancho, 2008)

1.1.3 DIFERENTES TIPOS DE SUELO

Según sus características los autores Thorp, Baldwin y Kellog (1938,1949). Distingue tres órdenes: suelos zonales, intrazonales y azonales, y, en cada uno de ellos, subórdenes y grupos. En esta clasificación se basan las más utilizadas tradicionalmente.

Para comprender más acerca de los componentes del suelo, es necesario que se piense en la capacidad de absorción y la retención del agua.

Según su funcionalidad son:

- **Arcilla:** Con un tamaño inferior a 0,002 mm, es muy compacto, retiene mucha agua y transpira poco, pasando de muy seco a muy húmedo.
- **Limo:** Con un tamaño entre los 0,02 mm y los 0,002 mm, son sedimentos transportados por el agua o por el viento y es un material muy permeable. (Avenza, 2013, p.2)

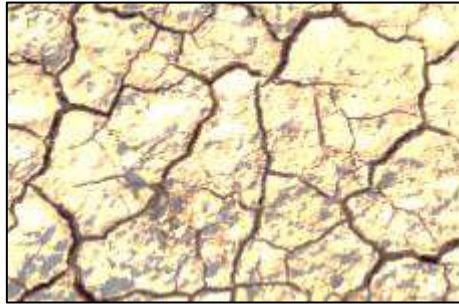


Figura # 1 1: Arcilla y limo agrietado

Fuente: (Avenza, 2013)

- **Arena:** Al ser un elemento suelto no retiene nada de agua, tiene muy poca tenacidad y más permeabilidad que el limo. En ella se puede diferenciar la arena fina, con un tamaño comprendido entre 0,2 mm y 0,02 mm, y la arena gruesa cuyo tamaño está entre 2 mm y 0,2 mm. Avenza, 2013, p.2)



Figura #1.2: Arcilla y limo agrietado

Fuente: (Avenza, 2013)

- **Grava:** Son piedras de diferente tamaño, entre los 2 mm y los 60 mm. Tiene las mismas propiedades que la arena, pero aún más permeable.

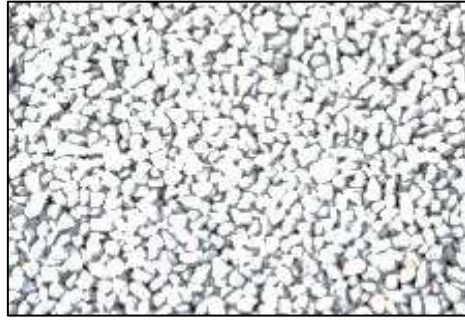


Figura #1.3: Arcilla y limo agrietado

Fuente: (Avenza, 2013)

Es decir, la capacidad de absorción y la retención del agua están muy relacionadas con la porosidad y la permeabilidad. La porosidad, es la cantidad de poros que componen el suelo, por donde es más fácil el transporte del agua y el aire; la permeabilidad es la capacidad del suelo para que ingrese aire y agua en su interior.

1.1.4. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

De acuerdo a las investigaciones observadas, se conoce que los suelos se caracterizan por los siguientes aspectos:

- Los suelos están formados por partículas pequeñas (desde micras a algunos centímetros) e individualizadas que puede considerarse indeformables.
- Entre estas partículas quedan huecos con un volumen total del orden de magnitud del volumen ocupado por ellas (desde la mitad a varias veces superior).
- Un suelo es un sistema multifase (sólida, líquida, gaseosa).
- Los huecos pueden estar llenos de agua (suelos saturados) o con aire y agua (suelos semisaturados), lo que condiciona la respuesta de conjunto del material. En condiciones normales de presión y temperatura, el agua se considera incompresible. (Muelas, 2012, p. 5)

1.1.5. CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

A continuación se presentan los principales tipos de suelos que son utilizados por los ingenieros civiles:

Gravas

Las gravas son acumulaciones sueltas de fragmentos de rocas y que tienen más de dos milímetros de diámetro. Dado el origen, cuando son acarreadas por las aguas las gravas sufren desgaste en sus aristas y son, por lo tanto, redondeadas. Como material suelto suele encontrarse en los lechos, en las márgenes y en los conos de deyección de los ríos, también en muchas depresiones de terrenos rellenados por el acarreo de los ríos y muchos otros lugares a los cuales las gravas han sido retransportadas. Sus partículas varían desde 7062 cm (3”) hasta 2.0 mm. (Villalaz, 2004, p. 21)

Arenas

“Es el nombre que se le da a los materiales de granos finos procedentes de la denudación de las rocas o de su trituración artificial, y cuyas partículas varían entre 2 mm y 0.05 mm de diámetro. El origen y la existencia de las arenas es análoga a la de las gravas: las dos suelen encontrarse juntas en el mismo depósito. La arena de río contiene muy a menudo proporciones relativamente grandes de grava y arcilla. Las arenas estando limpias no se contraen al secarse, no son plásticas, son mucho menos comprensibles que la arcilla y si se aplica una carga en su superficie, se comprimen casi de manera instantánea”. (Villalaz, 2004, p. 22)

Limos

“Son suelos de granos finos con poca o ninguna plasticidad, pudiendo ser limo inorgánico como el producido en canteras, o limo orgánico como el que suele encontrarse en los ríos, siendo en este último caso de características plásticas. El diámetro de las partículas de los limos está comprendido entre 0.05 mm y 0.005 mm. Los limos sueltos y saturados son completamente inadecuados para soportar cargas por medio de zapatas. Su color varía claro a muy oscuro. La permeabilidad de los limos orgánicos es muy baja y su comprensibilidad muy alta”. (Villalaz, 2004, p. 22)

Arcillas

“Se da el nombre de arcilla a las partículas sólidas con diámetro menos de 0.005 mm y cuya masa tiene la propiedad de volverse plástica al ser mezclada con agua. Químicamente es un silicato de alúmina hidratado, aunque en no pocas ocasiones contiene también silicatos de hierro o de magnesio hidratados. La estructura de estos minerales es, generalmente cristalina y complicada, y sus átomos están dispuestos en forma laminar. Algunas entidades consideran como arcillas a las partículas menores a 0.002 mm”. (Villalaz, 2004, p. 22)

Loess

“Son sedimentos eólicos uniformes y cohesivos. Esta cohesión que poseen es debida a un cementante del tipo calcáreo y cuyo color es generalmente castaño claro. El diámetros de las partículas de los loess está comprendido entre 0.01 mm y 0.05 mm. Se distinguen porque presentan agujeros verticales que han sido dejados por raíces extinguidas. Los loess son colapsables, aunque disminuye dicha tendencia al incrementársele su peso volumétrico”. (Villalaz, 2004, p. 25)

1.1.5.1. Clasificación según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUSC)

El autor del sistema de clasificación fue realizado por el ingeniero civil Arthur Casagrande, quien realizó estudio acerca del comportamiento de los suelos y creó diversas técnicas de clasificación de los mismos. Utilizó el siguiente sistema de clasificación propuesto en el año de 1942 como base de referencia para aeropuertos. Menciona (Crespo, 2004, p.88) que “Los suelos de partículas gruesas y los suelos de partículas finas se distinguen mediante el cribado del material por la malla No 200.

Los suelos gruesos corresponden a los retenidos en dicha malla y los finos a los que la pasan, y así el suelo se considera grueso si más del 50% de las partículas del mismo son retenidas en la malla No 200, y fino si más del 50% de sus partículas son menores a dicha malla”.

Sistema USCS de Clasificación de Suelos

IDENTIFICACION EN EL CAMPO		SIMBOLO DEL GRUPO	NOMBRES TIPICOS	CRITERIOS DE CLASIFICACION EN EL LABORATORIO			
SUELOS DE GRANO GRUESO - MAS DE LA MITAD DEL MATERIAL ES RETENIDO POR EL TAMIZ # 200	GRAVAS - MAS DE LA MITAD DE LA FRACCION GRUESA ES RETENIDA POR EL TAMIZ # 4	GRAVAS LIMPIAS (CON POCOS FINOS O SIN ELLOS)	AMPLIA GAMA DE TAMAÑOS Y CANTIDADES APRECIABLES DE TODOS LOS TAMAÑOS INTERMEDIOS	GW	GRAVA BIEN GRADUADA, MEZCLA DE GRAVA Y ARENA CON POCOS FINOS O SIN ELLOS	<p>DETERMINESE LOS PORCENTAJES DE GRAVA Y ARENA A PARTIR DE LA CURVA GRANULOMETRICA SEGUN EL PORCENTAJE DE FINOS (FRACCION QUE PASA POR EL TAMIZ # 200) LOS SUELOS GRUESOS SE CLASIFICAN COMO SIGUE:</p> <p>UTILICESE LA CURVA GRANULOMETRICA PARA IDENTIFICAR LAS FRACCIONES DE SUELO INDICADAS EN LA COLUMNA DE IDENTIFICACION EN EL CAMPO</p> <p>GW, GP, SW, SP GM, GC, SM, SC EMPLO DE SIMBOLOS DOBLES</p> <p>MEIOS DEL 5% MAS DEL 12% 5% AL 12%</p> <p>$C_c = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ MAYOR DE 4 ; $C_c = \frac{(D_{60})^2}{D_{10} \times D_{30}}$ ENTRE 1 Y 3</p> <p>NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS GRANULOMETRICOS DE LAS GW</p> <p>LIMITES DE ATTERBERG POR DEBAJO DE LA LINEA "A" O I_p ENTRE 4 Y 7 ; POR ENCIMA DE LA LINEA "A", CON I_p ENTRE 4 Y 7 ; CASOS LIMITES QUE REQUIEREN EL USO DE SIMBOLOS DOBLES</p> <p>LIMITES DE ATTERBERG POR ENCIMA DE LA LINEA "A" O I_p MAYOR QUE 7</p> <p>$C_c = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ MAYOR DE 6 ; $C_c = \frac{(D_{60})^2}{D_{10} \times D_{30}}$ ENTRE 1 Y 3</p> <p>NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS GRANULOMETRICOS DE LAS SW</p> <p>LIMITES DE ATTERBERG POR DEBAJO DE LA LINEA "A" O I_p MENOR QUE 4 ; POR ENCIMA DE LA LINEA "A", CON I_p ENTRE 4 Y 7 ; CASOS LIMITES QUE REQUIEREN EL USO DE SIMBOLOS DOBLES</p> <p>LIMITES DE ATTERBERG POR ENCIMA DE LA LINEA "A" O I_p MAYOR QUE 7</p>	
		GRAVAS CON FINOS (CANTIDAD APRECIABLE DE FINOS)	FRACCION FINA NO PLASTICA (PARA LA IDENTIFICACION VER EL GRUPO ML, MAS ABAJO)	GP	GRAVAS MAL GRADUADAS, MEZCLAS DE ARENA Y GRAVA CON POCOS FINOS O SIN ELLOS		
		GRAVAS CON FINOS (CANTIDAD APRECIABLE DE FINOS)	FINOS PLASTICOS (PARA IDENTIFICARLOS VER EL GRUPO CL MAS ABAJO)	GM	GRAVAS LIMOSAS, MEZCLAS MAL GRADUADAS DE GRAVA, ARENA Y LIMO		
		GRAVAS CON FINOS (CANTIDAD APRECIABLE DE FINOS)	FINOS PLASTICOS (PARA IDENTIFICARLOS VER EL GRUPO CL MAS ABAJO)	GC	GRAVAS ARCILLOSAS, MEZCLAS MAL GRADUADAS DE GRAVA, ARENA Y ARCILLA		
	ARENAS - MAS DE LA MITAD DE LA FRACCION GRUESA PASA POR EL TAMIZ # 4	ARENAS LIMPIAS (CON POCOS FINOS O SIN ELLOS)	AMPLIA GAMA DE TAMAÑOS Y CANTIDADES APRECIABLES DE TODOS LOS TAMAÑOS INTERMEDIOS	SW	ARENAS BIEN GRADUADAS, ARENAS CON GRAVA, CON POCOS FINOS O SIN ELLOS		
			PREDOMINIO DE UN TAMAÑO O UN TIPO DE TAMAÑO, CON AUSENCIA DE ALGUNOS TAMAÑOS INTERMEDIOS	SP	ARENAS MAL GRADUADAS, ARENAS CON GRAVA, CON POCOS FINOS O SIN ELLOS		
		ARENAS CON FINO (CANTIDAD APRECIABLE DE FINOS)	FINOS NO PLASTICOS (PARA IDENTIFICACION VER EL GRUPO ML MAS ABAJO)	SM	ARENAS LIMOSAS, MEZCLAS DE ARENA Y LIMO MAL GRADUADAS		
			FINOS PLASTICOS (PARA IDENTIFICACION VER EL GRUPO CL MAS ABAJO)	SC	ARENAS ARCILLOSAS, MEZCLAS MAL GRADUADAS DE ARENAS O ARCILLAS		
	METODOS DE IDENTIFICACION PARA LA FRACCION QUE PASA POR EL TAMIZ # 40						
	SUELOS DE GRANO FINO - MAS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA POR EL TAMIZ # 200	LIMOS Y ARCILLAS CON LIMITE LIQUIDO MENOR DE 50	RESISTENCIA EN ESTADO SECO (A LA DISGREGACION)	DILATANCIA (REACCION A LA AGITACION)	TENACIDAD (CONSISTENCIA CERCA DEL LIMITE PLASTICO)		
NULA A LIGERA			RAPIDA A LENTA	NULA	ML	LIMOS INORGANICOS Y ARENAS MUY FINAS, POLVO DE ROCA, ARENAS FINAS LIMOSAS O ARCILLAS CON LIGERA PLASTICIDAD	
MEDIA A ALTA			NULA A MUY LENTA	MEDIA	CL	ARCILLAS INORGANICAS DE PLASTICIDAD BAJA A MEDIA, ARCILLAS CON GRAVA, ARCILLAS ARENOSAS, ARCILLAS LIMOSAS, ARCILLAS MAGRAS	
LIGERA A MEDIA			LENTA	LIGERA	OL	LIMOS ORGANICOS Y ARCILLAS LIMOSAS ORGANICAS DE BAJA PLASTICIDAD	
LIGERA A MEDIA			LENTA A NULA	LIGERA A MEDIA	MH	LIMOS INORGANICOS, SUELOS LIMOSOS O ARENOSOS FINOS MICACEOS O CON DIATOMEAS, LIMOS ELASTICOS	
ALTA A MUY ALTA			NULA	ALTA	CH	ARCILLAS INORGANICAS DE PLASTICIDAD ELEVADA, ARCILLAS GRASAS	
MEDIA A ALTA		NULA A MUY LENTA	LIGERA A MEDIA	OH	ARCILLAS ORGANICAS DE PLASTICIDAD MEDIA A ALTA		
SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS		FACILMENTE IDENTIFICABLES POR SU COLOR, OLOR, SENSACION ESPONJOSA Y FRECUENTEMENTE POR SU TEXTURA FIBROSA	Pt	TURBA Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS			

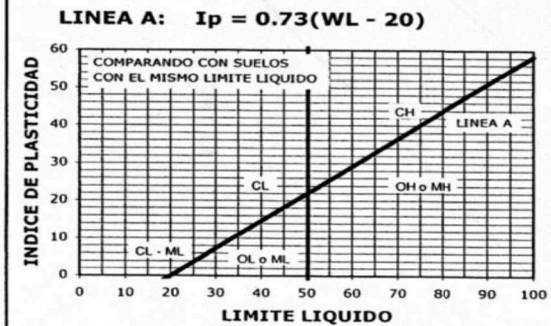


GRAFICO DE PLASTICIDAD PARA LA CLASIFICACION EN LABORATORIO DE SUELOS DE GRANO FINO

Figura # 1.4: Sistema Unificado de clasificación de los suelos (S.U.C.S.) Fuente (Crespo, 2004)

1.1.6. ESTADOS DE CONSISTENCIA DEL SUELO

El suelo está influenciado por la presencia de agua. Frente a este indicador, resulta útil estudiar los estados de consistencia del suelo, los que se presentan de acuerdo a su grado de humedad: líquido, plástico, semisólido y sólido.

- **Líquido:** “La presencia de una cantidad excesiva de agua anula las fuerzas de atracción interarticular que mantenían unido al suelo (cohesión) y lo convierte en una papilla, un líquido viscoso sin capacidad resistente.” (Bañon & Bevia, 2001, p. 9)
- **Plástico:** “El suelo es fácilmente moldeable, presentando grandes deformaciones con la aplicación de esfuerzos pequeños. Su comportamiento es plástico, por lo que no recupera su estado inicial una vez cesado el esfuerzo. No es apto para resistir cargas adicionales” (Bañon & Bevia, 2001, p. 9)
- **Semisólido:** “El suelo deja de ser moldeable, pues se quiebra y resquebraja antes de cambiar de forma. No obstante, no es un sólido puro, ya que disminuye de volumen si continúa perdiendo agua. Comportamiento mecánico aceptable. (Bañon & Bevia, 2001, p. 9)
- **Sólido:** “En este estado el suelo alcanza la estabilidad, ya que en su volumen no varía con los cambios de humedad. El comportamiento mecánico es óptimo”. (Bañon & Bevia, 2001, p. 9)

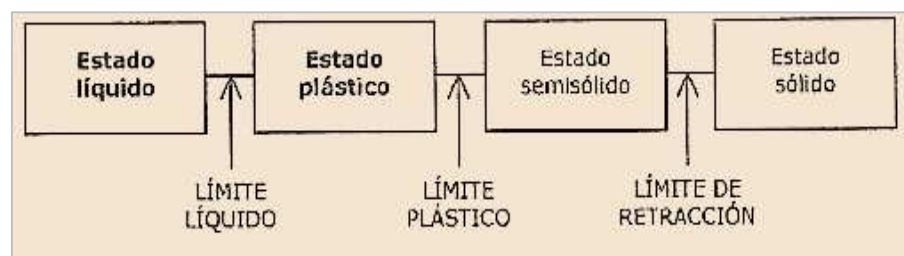


Figura #1.5: Estados de consistencia del suelo

Fuente: (Bañon & Bevia, 2001)

1.1.6.1. Clasificación de los depósitos sedimentarios del suelo.

Los depósitos sedimentarios se forman por la acción de los procesos geomorfológicos y climáticos, debido principalmente al medio de transporte y a la meteorización. Los distintos medios de sedimentación originan una serie de depósitos cuyas características están relacionadas con las condiciones de formación de estos sedimentos. Así, la clasificación de los materiales, granulometría, forma y tamaño, dependen del medio de transporte. Conociendo los factores geomorfológicos y climáticos, es posible prever la disposición y geometría del depósito, propiedades físicas y otros aspectos de interés. (P.A.Ck, 2010)

En función de las relaciones geológicas de los depósitos sedimentarios, estos se clasifican:

- 1-Depósitos coluviales.
- 2-Depósitos aluviales.
- 3-Depósitos lacustres.
- 4-Depósitos litorales.
- 5-Depósitos glaciares.
- 6-Depósitos de climas áridos y desérticos.
- 7-Depósitos evaporíticos.
- 8-Depósitos de climas tropicales.
- 9-Depósitos de origen volcánico.

Depósitos coluviales:

Son materiales transportados por gravedad, la acción del hielo – deshielo y, principalmente, por el agua. Su origen es local, producto de la alteración in situ de las rocas y posterior transporte como derrubios de ladera ó depósitos de soliflucción.

Frecuentemente están asociados a masas inestables. Su composición depende de la roca de la que proceden, estando formados por fragmentos angulares y heterométricos, generalmente de tamaño grueso, englobados en una matriz limo arcillosa. Su espesor suele ser escaso, aunque puede ser muy variable.

La resistencia de estos materiales es baja, sobre todo en la zona de contacto con el sustrato rocoso, y cuando se desarrollan altas presiones intersticiales como consecuencia de lluvias intensas. (P.A.Ck, 2010)

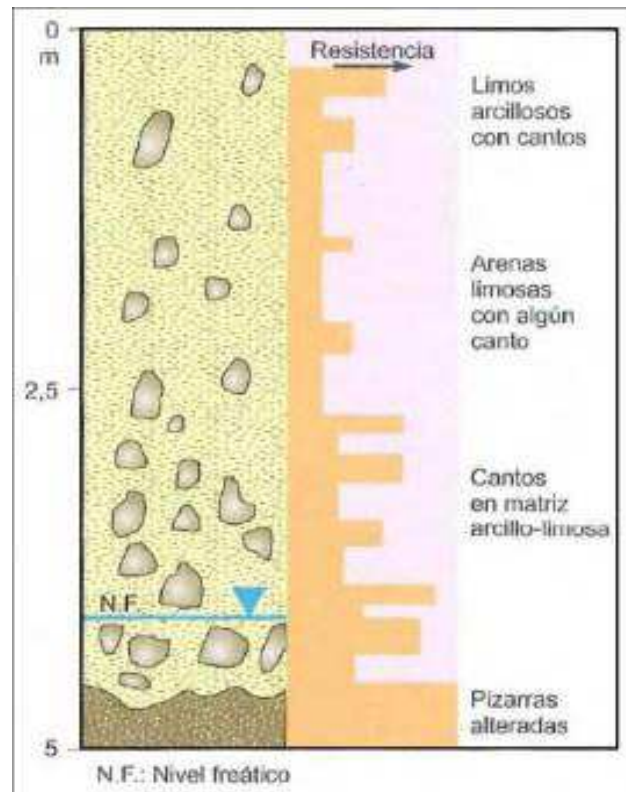


Figura # 1.6: Deposito Coluvial

Fuente: (P.A.Ck, 2010)

Depósitos aluviales:

Son materiales transportados y depositados por el agua. Su tamaño varía desde la arcilla hasta las gravas gruesas, cantos y bloques. Las facies más gruesas presentan bordes redondeados. Se distribuyen en forma estratiforme, con cierta clasificación, variando mucho su densidad. Están muy desarrollados en los climas templados, ocupando cauces y valles fluviales, llanuras y abanicos aluviales, terrazas y paleo cauces.

Son suelos muy aniso trópicos en su distribución, sus propiedades están estrechamente relacionadas con la granulometría. Su continuidad es irregular, pudiendo tener altos contenidos en materia orgánica en determinados medios. La permeabilidad depende de la granulometría y generalmente presentan un nivel freático alto. Los depósitos

aluviales constituyen una fuente de recursos de materiales de construcción, sobre todo como áridos. (P.A.Ck, 2010).

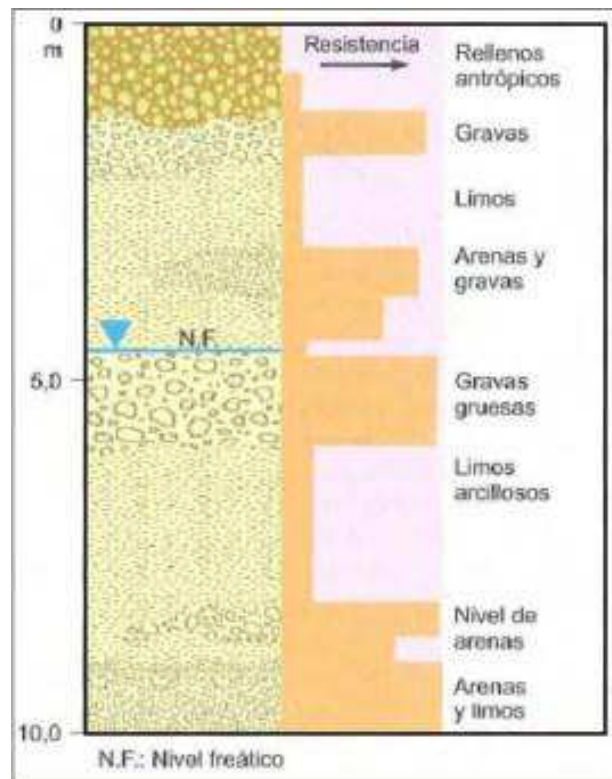


Figura #1.7: Deposito Aluvial

Fuente: (P.A.Ck, 2010)

Depósitos lacustres:

En general son sedimentos de grano fino, predominando los limos y las arcillas. El contenido de materia orgánica puede ser muy alto, sobre todo en zonas pantanosas. Frecuentemente presentan estructuras laminadas en niveles muy finos. En condiciones de agua salada se forman precipitados de sales.

Las principales propiedades están en relación a su alto contenido en materia orgánica, siendo en general suelos muy blandos. También se pueden encontrar arcillas asociadas a estos suelos. (P.A.Ck, 2010).

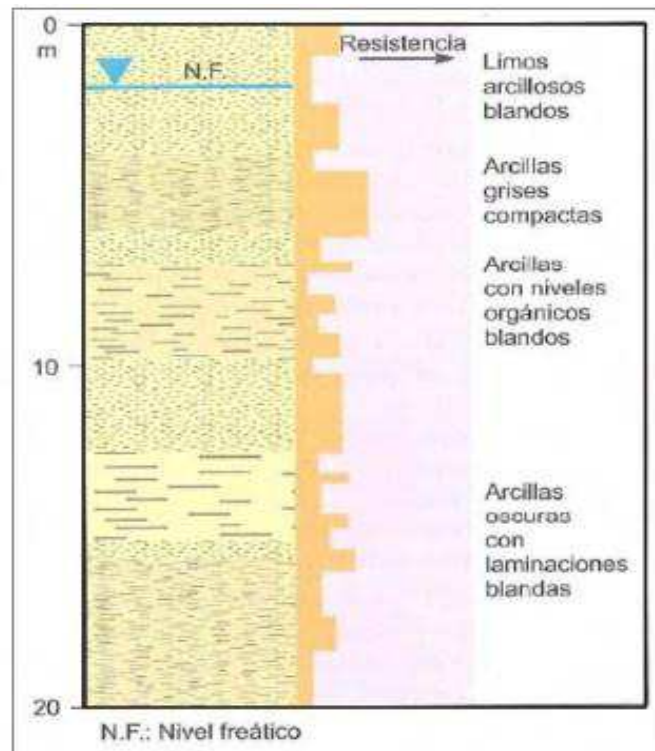


Figura # 1.8: Deposito Lacustre

Fuente: (P.A.Ck, 2010)

Depósitos litorales:

Son materiales formados en la zona intermareal por la acción mixta de ambientes continentales y marinos, influyendo en este caso las corrientes fluviales, el oleaje y las mareas. Predominan las arenas finas y los limos, pudiendo contener abundante materia orgánica y carbonatos. Los sedimentos más finos, los fangos y la materia orgánica son característicos de las zonas de delta y estuario.

En general, la consistencia de materiales es blanda a muy blanda y muy anisotrópica.

Pueden presentar encostramientos, pero la característica principal es su alta compresibilidad.

Otro tipo de depósitos característicos de las zonas litorales son las dunas, con carácter inestable debido a su movilidad. (P.A.Ck, 2010)

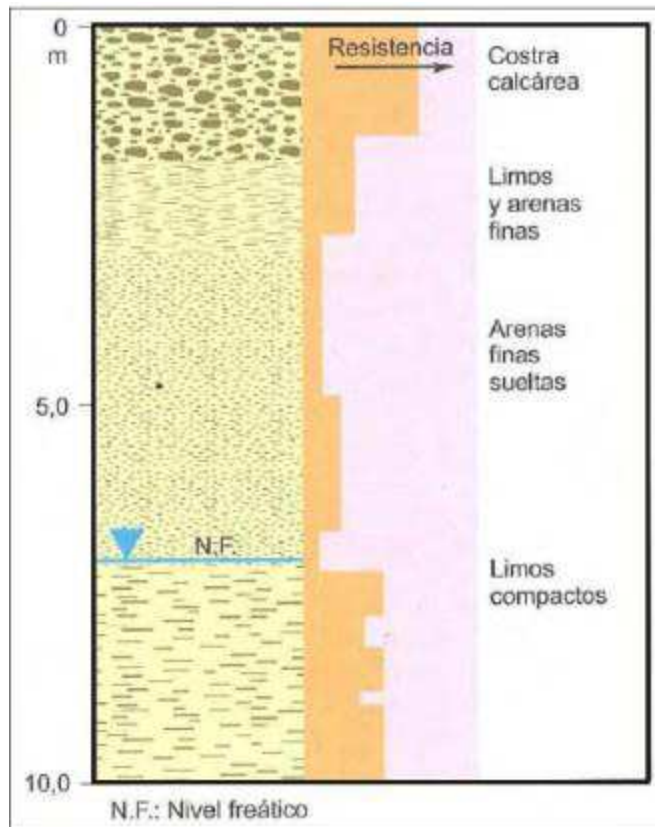


Figura # 1.9: Depósito litoral

Fuente: (P.A.Ck, 2010)

Depósitos glaciares:

Son depósitos transportados y depositados por el hielo o por el agua de deshielo. Están formados por tillitas y morrenas. Su composición es muy heterométrica y la distribución es altamente errática. Los depósitos fluvio-glaciares contienen fracciones desde gravas gruesas a arcillas; están algo clasificadas y su granulometría decrece con la distancia frente al glaciar. Sin embargo, los de origen lacustre-glaciar presentan fracciones más finas, predominando las arcillas y las estructuras laminadas, típicas de las arcillas barbadas.

La heterogeneidad y anisotropía es la característica típica de estos depósitos, pues coexisten desde las arcillas hasta las gravas gruesas y grandes bloques. Al estar la permeabilidad directamente relacionada con la granulometría, estos suelos son muy sensibles a los incrementos de presión intersticial producidos por las lluvias torrenciales

y por el deshielo. En estos depósitos son muy frecuentes los fenómenos de solifluxión y de inestabilidad de laderas. (P.A.Ck, 2010)

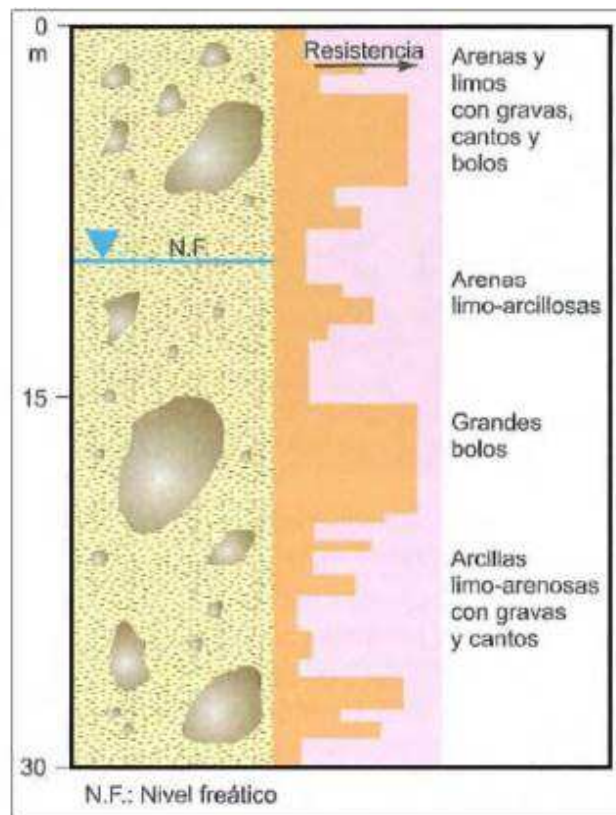


Figura # 1.10: Deposito Glacial

Fuente: (P.A.Ck, 2010)

Depósitos de climas áridos y desérticos:

Los ambientes áridos tienen una serie de implicaciones medioambientales, como la desecación profunda, la acumulación de sales y la alta movilidad de los sedimentos con el viento, los cuales condicionan las propiedades de estos suelos, entre las que destacan:

- Muy bajo contenido de humedad, dando lugar a suelos no saturados, con succiones relativamente altas.
- Bajo contenido en materia orgánica, por lo que los suelos áridos resultan pobres para fines agrícolas.
- Desarrollo de una costra rica en sales; la pérdida de humedad por evaporación en la superficie produce cementaciones por precipitación de sales.

- Muchos suelos áridos tienen un origen eólico, resultando un suelo mal graduado, con una estructura muy suelta. (P.A.Ck, 2010).

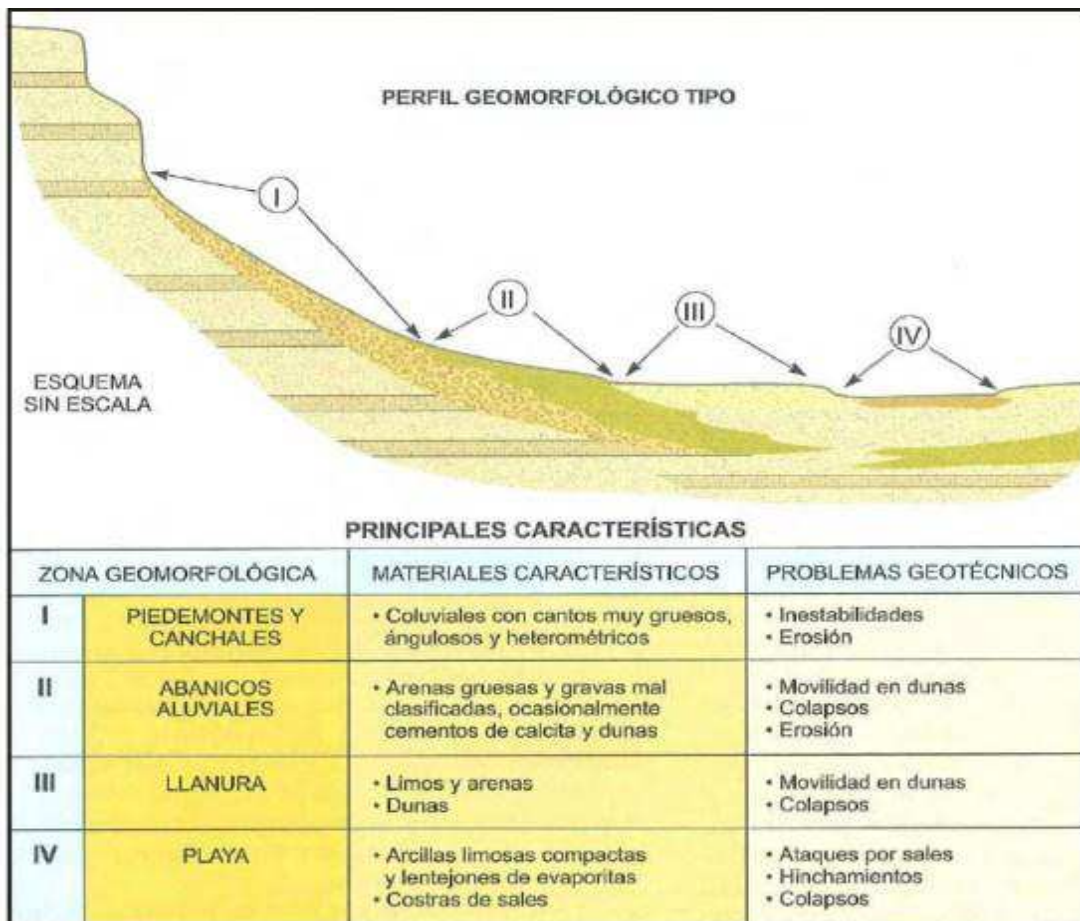


Figura # 1.11: Características de los depósitos de climas áridos y desérticos.

Fuente: (P.A.Ck, 2010)

Depósitos evaporíticos

Estos depósitos están formados por la precipitación química de sales, cloruros o sulfatos, típicos de medios árido o desérticos, lacustres, lagunares y litorales.

Las características comunes a estos depósitos son las siguientes:

- Producen reacciones químicas con los hormigones, que pueden ocasionar su deterioro y destrucción.
- Son fácilmente solubles, sobre todo los cloruros.
- Pueden sufrir cambios de volumen, al pasar las anhidritas a yesos.

- En superficie forman costras.
- Representan un riesgo de hundimiento cuando se producen fenómenos de disolución y calcificación.

Depósitos de climas tropicales

Las condiciones climáticas en regiones tropicales con alta humedad y altas temperaturas determinan una intensa meteorización química, originando suelos residuales muy desarrollados. Su composición mineralógica, su fábrica y las condiciones geoquímicas del medio controlan el comportamiento geotécnico de estos suelos. Cuando se precipitan altos contenidos de hierro y aluminio se forman lateritas. Si las condiciones de drenaje son deficientes pueden formarse los denominados suelos negros, ricos en esmectitas. Si el drenaje es alto se forman las arcillas rojas, ricas en haloysitas.

En los suelos tropicales son frecuentes los encostramientos, con mejores propiedades geotécnicas en superficie que en profundidad. Tienden a formar agregaciones de partículas de arcilla de tamaño de limo y arena, dando resultados en los análisis granulométricos y de plasticidad que no corresponden a su naturaleza arcillosa; son altamente sensibles a la desecación. Los tipos de suelos más representativos son los siguientes:

- Zonas de ladera y de montaña: formación de suelos rojos. Suelos ricos en haloysitas en condiciones de buen drenaje. Cambios de propiedades geotécnicas son la desecación y la agregación de partículas.
- En zonas bajas y llanuras: formación de suelos negros. Predominio de las esmectitas. Problemas de Expansividad y mal drenaje.
- Suelos encostrados: Presentan un buen comportamiento geotécnico. En función del tipo de mineral predominante se forman lateritas (Al), ferricritas (Fe), silcritas (Si), o calcritas (Ca). (P.A.Ck, 2010)

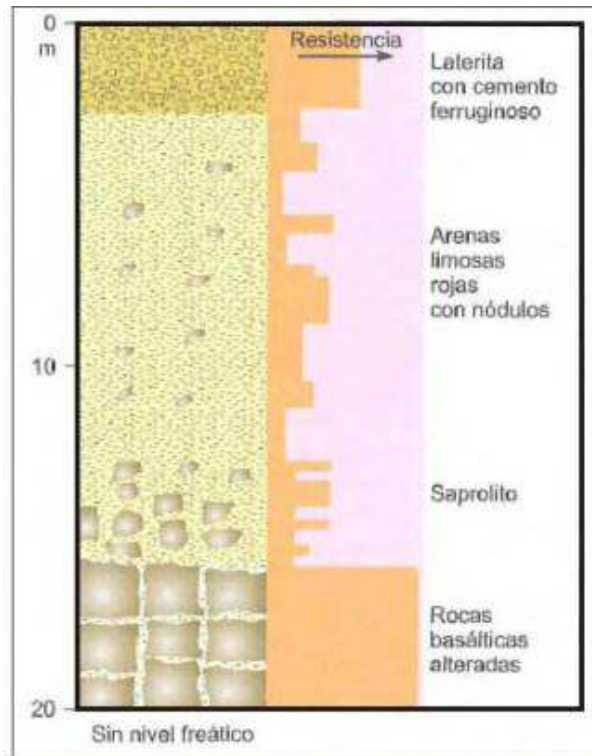


Figura #1.12: Deposito clima Tropical

Fuente: (P.A.Ck, 2010)

Depósitos de origen volcánico:

Los suelos volcánicos pueden ser residuales por alteración de los materiales infra yacentes, resultando depósitos limo-arenosos y arcillas, y transportados como productos de las emisiones volcánicas dando acumulaciones de tipo lacustre o aluvial cuando son transportados por el agua.

Los minerales procedentes de las rocas volcánicas son altamente inestables frente a la meteorización, transformándose rápidamente en productos de alteración y arcillas, abundando las haloysitas, las alófanas (estructura amorfa) y las esmectitas.

El predominio de alguno de estos minerales depende de las condiciones de drenaje y geoquímica del medio. Las arcillas volcánicas tienen a formar fábricas oolíticas y agregaciones de arcilla, dando granulometrías y plasticidades correspondientes a suelos de mayor tamaño. Los suelos esmectíticos son expansivos, con altas plasticidades. Los suelos residuales pueden ser muy susceptibles, comportándose de forma muy inestable frente a rápidos aumentos de la presión intersticial, o cargas cíclicas por terremotos, en cuyo caso se pueden producir deslizamientos y flujos de tierras. (P.A.Ck, 2010)

Otro grupo importante de suelos volcánicos lo forman los depósitos de piroclastos. Están formados por partículas de tamaños variables, desde cenizas (menos de 2 mm) hasta lapilli (2 mm – 64 mm), o fragmentos de mayor tamaño. Se acumulan, en capas estratiformes, según sea la dirección del viento, o dirección de la nube ceniza o colada de piroclastos. Forman estructuras esponjosas de muy baja densidad y alta porosidad. Cuando las cenizas se consolidan o cementan se forman tobas blandas, muy alterables y colapsables frente a cargas relativamente bajas.

Si los piroclastos están aún fundidos en el momento de su sedimentación, se aglomeran formando una toba compacta.

Si durante la depositación y enfriamiento se desarrollan fuertes uniones entre las partículas de estos depósitos por soldamiento o compactación de los productos vítreos, su resistencia aumenta. Cuando una colada de lava, aún incandescente, cubre a uno de estos depósitos piroclásticos, o bien a suelos residuales, se produce la rubefacción de su superficie, originando un suelo rojo compacto denominado almagre. En las regiones volcánicas se puede formar depósitos lacustres, en cuya composición abundan las esmeclitas, la materia orgánica y los restos biogénicos. (P.A.Ck, 2010)

1.1.7. SUELOS EXPANSIVOS

Según (Mesta, 2012) Los suelos expansivos son aquellos que producto de una variación de su contenido de humedad, experimentan un cambio de volumen considerable que trae consigo la afectación de las estructuras que se apoyan en este tipo de suelos.

Se considera expansivo un suelo que manifiesta, ante una modificación de su estado (de tensiones, de humedad, o ambos conjuntamente), un incremento de volumen (caso de que el estado de tensiones así lo permita) como consecuencia de la generación de una tensión vertical en el seno de su estructura interna (tensión llamada de hinchamiento.) (Torrijo & Franchi, 2013)

1.1.8. SUELOS COLAPSABLES

1.1.8.1. ANTECEDENTES

Los suelos Colapsables son suelos no saturados que experimentan un reacomodo de sus partículas y un excesivo decremento de su volumen con o sin aplicaciones de cargas externas. Los problemas de suelos colapsables no se presentan únicamente en ambientes desérticos si no también pueden encontrarse en otros entornos geológicos. (Comisión Nacional del Agua(Mexico), 2007).

Este tipo de suelo tiene mayor importancia en obras hidráulicas que en otras obras civiles, ya que aquellas siempre tienen que interactuar con el agua cuya presencia constituye el problema primordial. Así mismo hay que tomar en cuenta los cambios climatológicos y las condiciones hidrológicas de los diferentes sitios, ya que en zonas áridas se presentan periodos de sequía prolongados que preceden lluvias escasas, pero a veces torrenciales, En zonas húmedas, los depósitos sedimentados producto de inundaciones recientes pueden formar zonas de peligro potencial para periodos de tormentas futuras. Los suelos Colapsables son altamente inestables ante estos fenómenos extremos. (Comisión Nacional del Agua(Mexico), 2007)

1.1.8.2.CONCEPTO

(Dudley & Maswoswe, 2013) Definen como colapso a cualquier disminución rápida de volumen del suelo, producida por el aumento de cualquiera de los siguientes factores. Contenido de humedad (w) ‰ Grado de saturación (S_r) ‰ Tensión media actuante (τ) Tensión de corte (σ).

Los suelos colapsables pueden sufrir una reducción de volumen a la que se presenta un asentamiento si necesidad de aplicarle ninguna carga vertical debido a una saturación sobrevenida.

Este fenómeno puede estar originado por diversas causas según el autor **Dadle, 1970, Maswoswe, 1985**):

- Composición mineralógica con presencia de elementos solubles en agua: el acceso de agua a la estructura del material supondrá un proceso de disolución de parte de la estructura, colapsando el resto para reordenarse hasta alcanzar un grado de empaquetado conforme al estado de tensiones en

que se encuentre el terreno. Se han descrito riesgos y patologías asociadas a procesos de colapso inducidos por disolución en formaciones que alternan arcillas y yesos.

- Textura granular con una estructura soportada por la matriz, en la cual los elementos de la fracción gruesa se encuentran separados y unidos entre ellos por elementos de granulometría fina (puentes o agregados de limos o arcillas) que pueden verse alterados por la saturación del material.

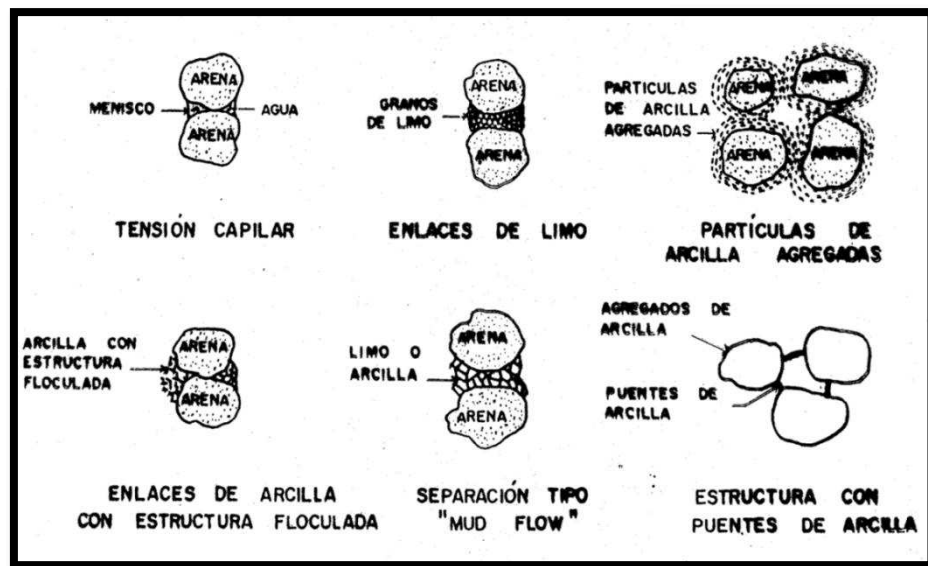


Figura #1. 13: Texturas potencialmente colapsables

Fuente: (Dudley & Maswoswe, 2013)

- Falta de compacidad de determinados suelos, de granulometría muy fina y baja plasticidad (limos): algunas formaciones de limos sedimentados en régimen eólico y bajo clima árido pueden sufrir un proceso de colapso si su humedad supera un determinado límite, por encima del cual las tensiones capilares (que juegan un papel esencial en el mantenimiento del estructura) se desequilibran. Este mismo fenómeno es común al asiento por colapso que manifiesta un relleno antrópico no compactado.
- Fenómenos asociados a procesos de pérdidas de la granulometría más fina (limo, arcilla) por erosión interna o por lavado inducido por un gradiente hidráulico.

Un caso específico del fenómeno de colapso se manifiesta en suelos potencialmente licuables, es decir, susceptibles de sufrir un asiento súbito bajo una carga dinámica (por lo general de tipo sísmico) por modificación de las presiones intersticiales. Este fenómeno afecta esencialmente a suelos granulares de grano medio a fino (arenas finas), de compacidad media a floja y saturadas. (Dudley & Maswoswe, 2013)

1.1.8.3. CARACTERÍSTICAS DE SUELOS COLAPSABLES

Reginatto (1977) señala que, en general, los suelos colapsables presentan una serie de características comunes tales como tales como.

- Estructura macro porosa, con índice de huecos (e), entre relativamente alto, a muy alto.
- Granulometría predominantemente fina, con predominio de fracciones de limos y de arcilla. El tamaño de los granos es generalmente poco distribuido y con los granos más grandes escasamente meteorizados. La mayoría de las veces, la cantidad de la fracción arcilla es relativamente escasa, pero sin embargo, tiene una influencia importante en el comportamiento mecánico de la estructura intergranular. (R.Redolfi, 2007)
- Estructura mal acomodada, con partículas de mayor tamaño separadas por espacios abiertos, y unidas entre sí por acumulaciones o "puentes" de material predominantemente arcilloso. En muchos casos existen cristales de sales solubles insertados en tales puentes o uniones arcillosas. (R.Redolfi, 2007)

Reconociendo por lo tanto que el colapso de la estructura del suelo puede producirse por una variedad de procesos diferentes de la saturación. Reginatto (1977) sugiere que, a esta lista de factores puede agregarse la interacción química entre el líquido saturante y la fracción arcillosa.

A efectos de definir y diferenciar los distintos tipos de colapso Uriel y Serrano (1973,1974) clasifican a los suelos colapsables o desmoronables en:

Grupo I: Suelos en los que tiene lugar un rápido cambio de la relación entre presiones efectivas y las deformaciones sin que se alcance la resistencia última del material.

De acuerdo con esto la causa del colapso es únicamente el cambio de las presiones efectivas. A este grupo pertenecen los limos o arcillas cementadas y las rocas de gran porosidad. Cuando se ensaya a humedad constante, se detecta una notable modificación de su módulo de compresibilidad al alcanzar un cierto valor las presiones efectivas.

Grupo II: Suelos en los que, sin la presencia o cambio de las condiciones que producen el colapso, no hay cambio abrupto en la relación presión-deformación. Tal es el caso de los loess y algunas arcillas que contienen sulfatos. (Comisión Nacional del Agua(Mexico), 2007)

Si se ensayan a humedad constante, la relación tensión-deformaciones es una curva suave y continua y sin agudos quiebros. La saturación produce, sin embargo, un importante cambio volumétrico, debido probablemente a un incremento de la presión de los poros que origina el agotamiento de la resistencia al corte del suelo.

Existen suelos colapsables, que una vez saturados, son altamente compresibles .Esto explica el gran cambio de volumen que sufren estos suelos. A fin de conocer los mejores mecanismos de colapso, se describen a continuación los principales suelos colapsables. (Comisión Nacional del Agua(Mexico), 2007).

1.1.8.4.CLASES DE DEPOSITOS

1.1.8.4.1. DEPOSITOS EOLICOS

Entre todos los tipos de suelo, los depósitos eólicos son los más colapsables, y se distinguen tres tipos .Loess, depósitos costeros y cenizas volcánicas, y todos ellos son transportados por el viento a gran distancia en regiones cálidas.

Los loess. Son partículas de color amarillento, con un tamaño semejante al de la arena de forma redondeada y con una distribución relativamente uniforme. El suelo está compuesto por minerales como el cuarzo, feldespato, calcita o mica junto con la arcilla montmorilonita siendo un material aglutinante, de modo que cuando está seco el suelo presenta una textura relativamente dura. (Comisión Nacional del Agua(Mexico), 2007)

Depósitos Costeros. Los depósitos eólicos también se forman en clima húmedo, a lo largo de las costas de mares y lagos. La intemperización mecánica produce abundantes partículas gruesas que son acarreadas cuando la playa se seca por los vientos costeros durante las horas de marea baja y reposan en playas debido a las acciones de las olas.

Cenizas Volcánicas. También son transportadas por el viento y son pequeños fragmentos de rocas ígneas lanzados por el vapor sobrecalentado y por los gases de los volcanes. Los depósitos de estas cenizas absorben el agua con facilidad y su descomposición es rápida.

1.1.8.4.2. DEPOSITOS ALUVIALES

Son depositados naturalmente por avenidas súbitas o flujos de lodo los cuales se generan en periodo de retorno largo y consisten en materiales sueltos con un alto porcentaje de arcilla. Estos depósitos se van secando y no vuelven a saturarse hasta la siguiente llegada de la avenida por lo tanto son inestables en estado seco. El contenido de arcilla tiene una influencia importante en el comportamiento del suelo, se ha observado que el asentamiento máximo ocurre cuando el porcentaje de arcilla es de doce por ciento de los sólidos y presenta un menor asentamiento cuando las arcillas representan un menor de cinco por ciento y el suelo se expande si dicho porcentaje es mayor que el treinta por ciento. (Comisión Nacional del Agua(Mexico), 2007)

1.1.8.4.3. SUELOS RESIDUALES

Estos suelos pueden estar constituidos por granos de arena y por materiales arcillosos que provienen de cuarzo y feldespatos. Los granos de arena forman una estructura de alma abierta en cuanto a los minerales arcillosos sirven como unión granular entre los primeros .Estando seco el suelo parece ser muy firme, pero una vez saturado, la escasa cantidad de minerales arcillosos, generalmente caolinitas, pierde su capacidad de unir las partículas sólidas de arena. En consecuencia, el suelo se comprime o se colapsa considerablemente.

1.1.8.4.4. SUELOS COMPACTADOS

Estos suelos al humedecerse pueden tener un comportamiento expansivo o colapsables, dependiendo de la carga y del tipo de suelo. En los suelos arenosos o limosos casi

siempre se presenta una tendencia a la reducción de volumen. Para otros suelos, si la carga aplicada es pequeña, los suelos se expanden al saturarse, por lo que se puede definir una carga de expansión es decir una carga de frontera que marque la tendencia al cambio de volumen, si la carga aplicada es mayor que ella los suelos experimentan reducción de volumen. Al ser más plástico el suelo con un mayor contenido de arcilla, la carga de expansión es mayor y el suelo es menos colapsables. (Comisión Nacional del Agua(Mexico), 2007)

Handy 1973 propuso identificar la colapsabilidad de suelo de acuerdo con su contenido de finos y definió para ellos los criterios presentados en la siguiente tabla.

TABLA # 1.4: Identificación de los Suelos Colapsables

CONTENIDO DE FINOS (%)	DESCRIPCIÓN
< 16	ALTAMENTE COLAPSABLE
16 – 24	PROBABLEMENTE COLAPSABLE
24 – 32	MARGINALMENTE COLAPSABLE
>32	NO COLAPSABLE

Fuente: (Torrijo & Franchi, 2013)

Determinados tipos de suelos pueden sufrir una disminución de volumen a la que se asocia un asentamiento sin necesidad de que les sea aplicada ninguna carga vertical, siendo debido el proceso a una saturación sobrevenida. (Torrijo & Franchi, 2013).

1.1.8.5. CONSOLIDACIÓN DE SUELOS

1.1.8.5.1. DEFINICION

La Consolidación es un proceso que se produce en los suelos y consiste en la reducción del volumen total del suelo provocado por la colocación de una carga o el drenaje del terreno. Por su historia geológica el suelo tiene una estructura.

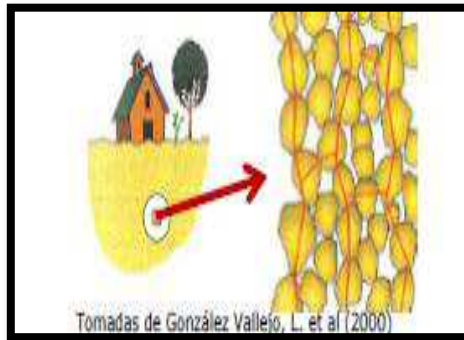


Figura #1. 14: PARTICULAS DEL SUELO

Fuente: Gonzales Vallejo, L (2000)

A efectos prácticos ,tantos las partículas del suelo como el agua son indeformable, de forma que los cambios de volumen o las distorsiones del suelo se deben a una reordenación de sus partículas que giran o se deslizan sobre otra.

Todos los materiales al ser sujeto a cambio en las condiciones de esfuerzo, experimentan deformaciones, que pueden ser o no dependientes del tiempo, las relaciones entre los esfuerzos, deformaciones y el tiempo, varían según el material a analizar. (Poliotti & Sierra)

Las características esfuerzo-deformación-tiempo de un suelo dependerán, no solo del tipo de suelo y su estado de consistencia sino también en la forma en que es cargado, de su ubicación estratigráfica, etc. Es necesario estudiar estas características del suelo, debido a que en general estos sufren deformaciones superiores a las de las estructuras que le transmite la carga y no siempre se produce instantáneamente ante la aplicación misma de la carga.

En la figura # 1.15. Se observa en forma esquemática el fenómeno de la consolidación así como también dos casos famosos de estructuras que sufrieron los efectos del proceso de la consolidación. (Poliotti & Sierra)

Las deformaciones del suelo debido a la aplicación de una carga externa (figura #1.16) son productos de una disminución del volumen total de la masa del suelo y particularmente una reducción del volumen de vacíos, ya que el volumen de solidos es constante, por lo tanto dichas deformaciones son productos de una disminución de la relación de vacíos del suelo. (Poliotti & Sierra)

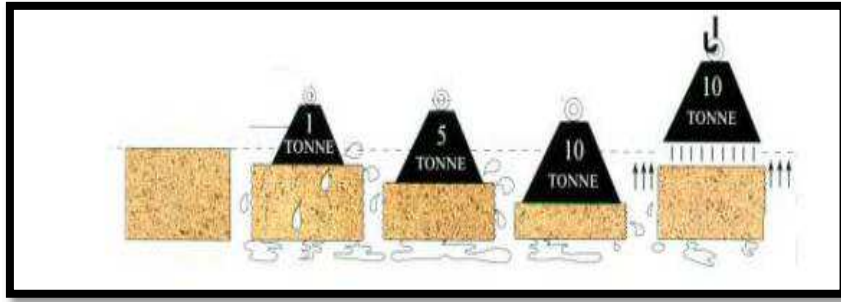


Figura #1.15: .Proceso de Consolidacion.

Fuente: (Poliotti & Sierra)

Cuando un deposito saturado se somete a un incremento de esfuerzos totales, como resultado de cargas externas aplicadas, se produce un exceso de presión neutra. Puesto que el agua no resiste al corte, la presión neutra se disipa mediante un flujo de agua al exterior, cuya velocidad de drenaje depende de la permeabilidad del suelo. (Poliotti & Sierra)

En cambio el depósito se encuentra parcialmente saturado, la situación resulta más compleja debido a la presencia del gas que puede permitir cierta compresión, como se mencionó, sin que se produzca un flujo de agua.

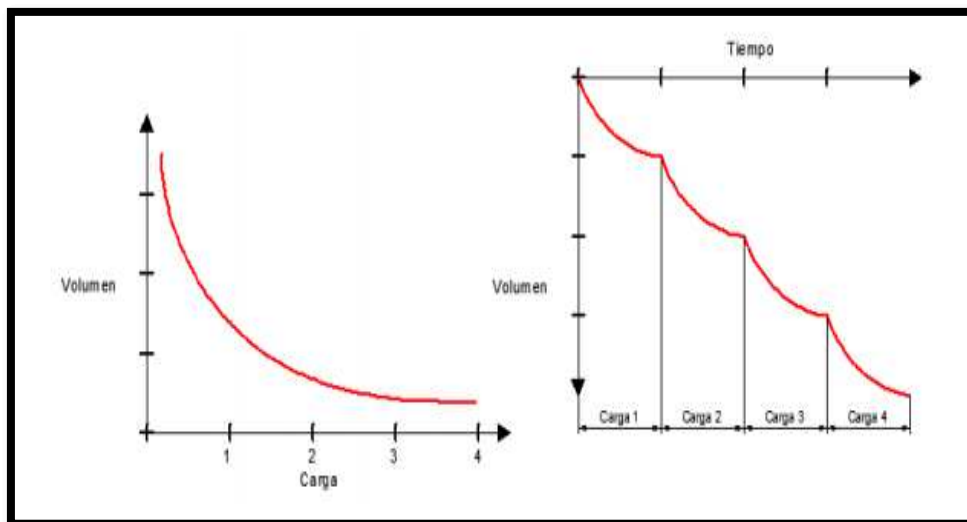


Figura #1.16: Variacion del Volumen durante la Consolidacion.

Fuente: (Poliotti & Sierra)

1.1.8.5.2. Proceso de Consolidación

En suelos saturados:

Compresión: Es la reducción de huecos y un reordenamiento de las partículas hacia una estructura más densa.

Hinchamiento: Aumento de huecos y un reordenamiento de las partículas hacia una estructura más abierta (menos densa).

1.1.8.5.3. Consecuencias de la Consolidación.

- Incremento en el esfuerzo efectivo
- Reducción en el volumen de vacíos
- Reducción en el volumen total
- Asentamientos en el terreno
- Asentamientos en la estructura

1.1.8.5.4. Permeabilidad y Consolidación.

Suelos Arenosos:

(K) alta permeabilidad, el asentamiento ocurre rápidamente, generalmente al final de la construcción.

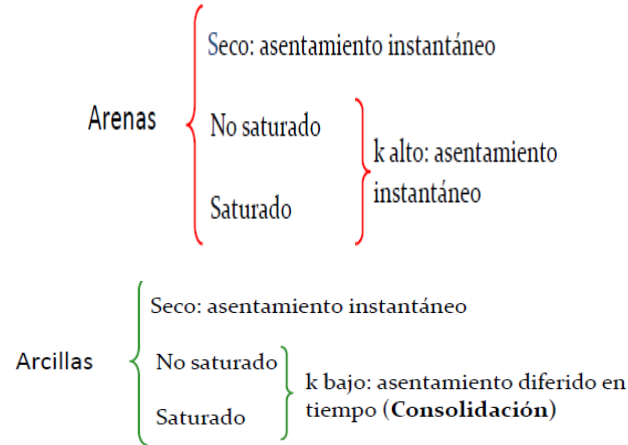
Suelos Arcillosos.

(K) baja permeabilidad, el asentamiento ocurre lentamente, la estructura sigue asentándose durante años después de la construcción.

1.1.8.5.5. Velocidad de Asentamiento en Tipos de Suelo

El tiempo en que se desarrolla el asentamiento depende de:

- Depende de:
 - Carga externa (q)
 - Conductividad hidráulica (k)



- Asentamiento instantáneo: Controlable en tiempo de obra
- Asentamiento diferido: Debe preverse en etapa de proyecto para evitar falla de obra

1.1.8.5.6. Suelos Normalmente Consolidados.

Se dice que un suelo es normalmente Consolidado cuando durante su pasado nunca fue sometido a presiones mayores a las que actualmente experimenta.

Suelos Sobre consolidados.

Un suelo puede estar sobre consolidado por:

- Retirada de mantos de hielo.
- Deseccación por exposición temporal en superficie, En estas condiciones puede formarse una costra superior de desecación (situación típica capa dura arriba, capa blanda abajo).
- Al descender el nivel freático y volver a elevarse, aunque el suelo no llegue a secarse por efecto de la capilaridad.
- Por flujo descendente durante un periodo de tiempo suficientemente prolongado.

1.1.8.6. METODO DE IDENTIFICACION

1.1.8.6.1. METODO DE CAMPO

Se toma una muestra de suelo y se dividen en dos partes, se recortan ambas hasta que tengan una forma regular y un mismo volumen. Se satura una de las 2 con agua y se comparan ambas. Si en la porción saturada se observa una reducción en su volumen el suelo puede ser colapsables.

Propiedades Índice.

Se han desarrollado varios métodos de acuerdo a sus propiedades índices para identificar suelos colapsables.

Relación de vacío: Se define como el coeficiente de colapso K_d A la relación entre e_u y e_o como $K_d = e_u/e_o$ donde e_u es la relación de vacíos en el estado de limite líquido y e_o es la relación de vacíos natural (Denisov, 1951; Northey, 1969).

Considerando este coeficiente el suelo es colapsables si K_d se encuentra entre los límites siguientes:

$$0.05 < K_d < 0.85$$

Limite Líquido. El límite líquido se ha considerado como un indicador importante de la colapsabilidad del suelo. Holtz y Hilf (1961) propusieron una carta que relaciona el límite líquido con el peso específico seco (Figura. #1.17) en la cual se presentan curvas correspondientes a dos valores típicos de la gravedad específica G_s ; cada una de ellas separa dos zonas, una en que los suelos observados tienden a colapsarse y la otra no tienen la tendencia anterior.

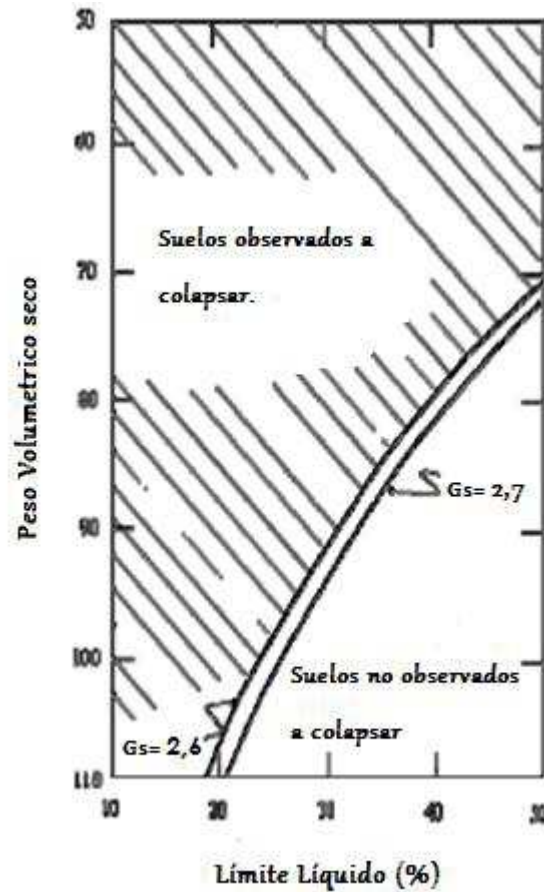


Figura # 1.17: Pruebas índice para identificación de suelos colapsables (Holtz y Hilf, 1961).

Posteriormente, Gibbs y Bara (1962) establecieron un criterio similar a través de las expresiones siguientes:

$$\gamma_d = \frac{162.3}{1 + 0.026 LL}$$

ó

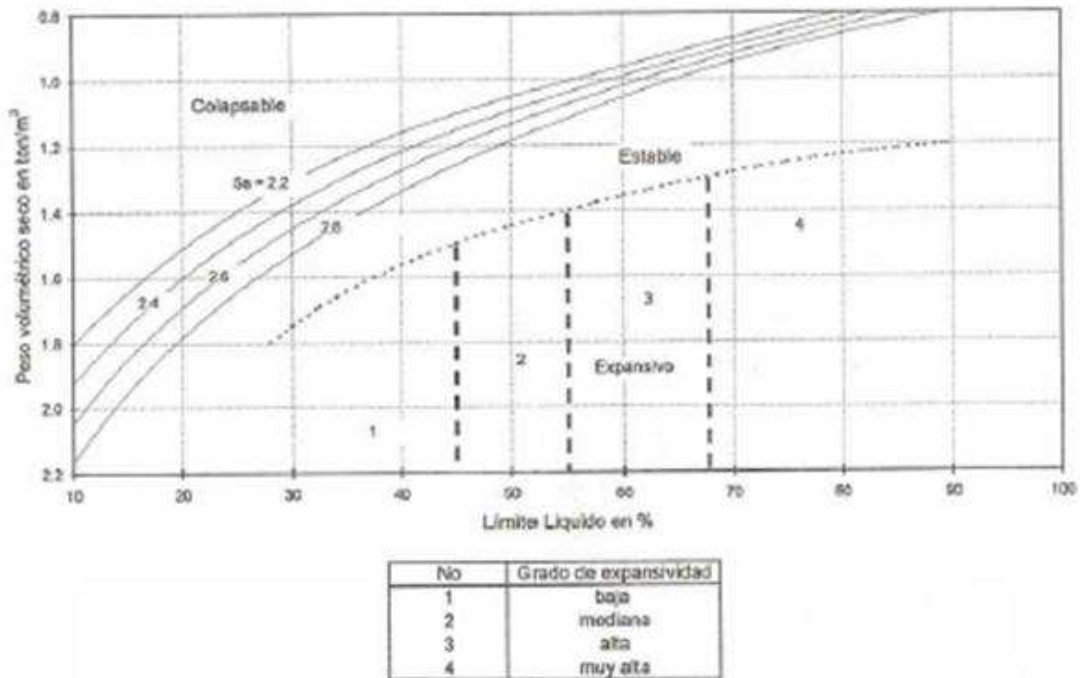
$$\gamma_d = \frac{2.6 LL}{100}$$

Donde:

γ_d = peso volumétrico seco

LL = límite líquido.

En la figura #1.18 se presenta la clasificación unificada para los suelos expansivos y colapsables. Utilizando como parámetros índice de peso volumétrico seco y límite líquido.



Figura# 1.18: Criterio de Recuperación para suelos expansivos y colapsables
Fuente: (Comisión Nacional del Agua(Mexico), 2007)

Límite de Plasticidad: Fedá (1966) establece la siguiente condición para que un suelo sea considerado colapsables:

$$\frac{y_d}{100 G_s} - L_P \geq 0.85$$

Dónde:

LP = límite de plasticidad

IP= índice de plasticidad

Gs=gravedad específica.

Contenidos de finos. Handy (1973) propuso identificar la colapsabilidad de suelo de acuerdo con su contenido de finos y definió para ello los criterios presentados en siguiente tabla:

TABLA # 1.5: Clasificación De Suelos Colapsables En Función De Porcentajes De Finos.

Contenido de finos (%)	Descripción
< 16	Altamente colapsable
16 - 24	Probablemente colapsable
24 - 32	Marginalmente colapsable
> 32	No colapsable

Fuente: (Torrijo & Franchi, 2013)

Prueba de Consolidación

Para una mayor identificación se tiene llevando a cabo una prueba de consolidación. La muestra de suelo, manteniendo su contenido de agua natural, se coloca en el anillo de consolidación. Las cargas se aplican progresivamente hasta alcanzar una presión de 200KPa. Al final de este incremento de carga, se satura la muestra con agua y se le deja por un día. La prueba se continúa hasta alcanzar la carga máxima programada. La curva de compresibilidad que resulta se muestra en la siguiente figura.

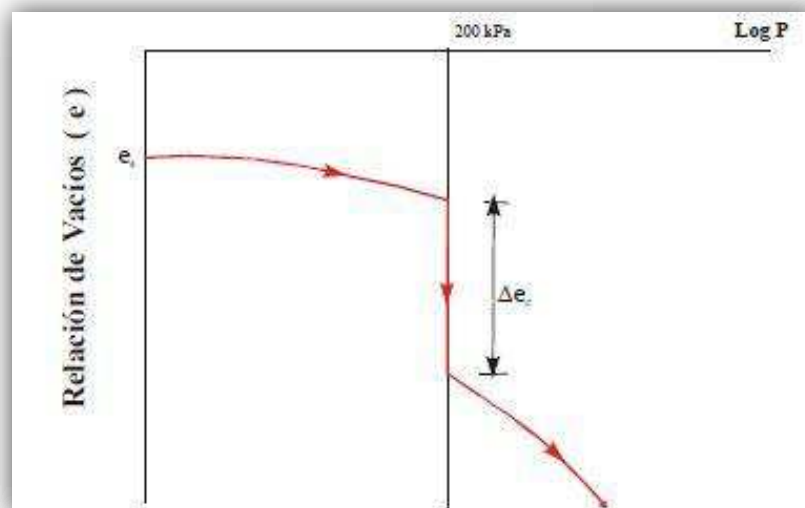


Figura # 1.19: Identificación de suelos colapsables

Fuente: (Comisión Nacional del Agua(Mexico), 2007)

El potencial de colapso se define como.

$$CP = \frac{\Delta l_c}{1 + l_0}$$

Donde Δl_c es el cambio en la relación de vacío durante la saturación y l_0 es la relación de vacíos natural. El potencial de colapso también se define como:

$$CP = \frac{\Delta H_c}{H_0}$$

Donde ΔH_c es el cambio de altura de la muestra durante la saturación y H_0 es la altura inicial de la muestra antes de la saturación. Los suelos se clasifican de acuerdo a la siguiente tabla:

TABLA # 1.6: Clasificación De Suelos Colapsables En Función Del Potencial De Colapso.

CP %	GRADO DEL PROBLEMA
0 - 1	SIN PROBLEMA
1 - 5	PROBLEMA MODERADO
5 - 10	PROBLEMA
10 - 20	PROBLEMA SEVERO
>20	PROBLEMA MUY SEVERO

Fuente: (Comisión Nacional del Agua(Mexico), 2007)

Es importante hacer notar que el potencial de colapso es solamente un indicador relativo de la colapsabilidad de suelo y no puede utilizarse en el cálculo de asentamiento por colapso. Esto se debe a que la deformación de colapso depende en gran medida del nivel de esfuerzo a que está sometido el suelo antes de la saturación como el potencial de colapso es determinado solamente para el nivel de esfuerzo igual a 200KPa, no es válido para estimar el colapso para otros niveles de esfuerzo.

1.1.9. SUELOS DISPERSIVOS

1.1.9.1. CONCEPTO

Las arcillas dispersivas son fácilmente erosionables debido al estado físico-químico de la fracción de la arcilla de un suelo que causa a las partículas individuales de la arcilla a de floclarse (dispersarse) y se rechazan en la presencia del agua relativamente pura. Las arcillas en este estado son altamente erosivas por los bajos gradientes hidráulicos del flujo del agua y en algunos casos por el agua en reposo. Cuando el suelo de arcilla dispersiva es sumergido en agua, la fracción de arcilla tiende a comportarse de manera semejante a las partículas granulares, es decir las partículas de arcilla tienen una atracción mínima de electro-química y fallan hasta adherirse cercanamente o enlazarse con otras partículas de suelo. Así, el suelo de arcilla dispersiva erosiona con la presencia del agua que fluye cuando las plaquetas individuales de la arcilla son partidas y transportadas. Tal erosión puede ser provocada por una filtración inicial a través de la presa, por ejemplo, en las áreas de suelos con alta permeabilidad, especialmente alrededor de los conductos, contra las estructuras de concreto y en los contactos de las cimentaciones, el secado de grietas, el asentamiento diferencial de las fisuras, la saturación del asentamiento de las fisuras, y/o el fracturamiento hidráulico. (GARAY & ALVA, 2010)

1.1.9.2. IDENTIFICACION DE LOS SUELOS DISPERSIVOS

Los suelos dispersivos no pueden ser identificados con una clasificación visual del suelo o con índice de normas de ensayos, tales como el análisis granulométrico o los límites de Atterberg. Por lo tanto, a causa de esto, han sido ideados otros ensayos. Las arcillas deben ser ensayadas por características dispersivas como un procedimiento de rutina realizable durante los estudios para presas de tierra y otras estructuras hidráulicas en las cuales éstas puedan ser empleadas. (GARAY & ALVA, 2010)

Mientras que los ensayos en laboratorio son un camino útil para identificar los suelos dispersivos, también pueden ser determinados por la observación del comportamiento de los suelos en campo.

Por ejemplo:

- La presencia de quebradas profundas y fallas por tubificación en pequeñas presas.
- La erosión en grietas de los caminos.
- La erosión tipo túnel a lo largo de las quebradas.
- las arcillas unidas en roca.
- La presencia de agua nublada en presas pequeñas y charcos de agua luego de la lluvia. (GARAY & ALVA, 2010).



Ejemplo de falla por tubificación en una presa debido a la presencia de suelos dispersivos

Figura # 1.20

Fuente: Hilda Garay, Jorge Alva 2010



Falla provocada por la filtración del agua de una laguna en suelos dispersivos en Orlando, Florida

Figura #1.21

Fuente: Hilda Garay, Jorge Alva 2010

1.1.9.3. TIPOS DE ENSAYOS DE CLASIFICACION

Los ensayos investigados en este trabajo son los llamados ensayos físicos y los que enseguida se indican.

También existen ensayos químicos, los cuales no serán tratados aquí.

- Ensayo de Crumb (USBR 5400-89)
- Ensayo del Doble Hidrómetro (ASTM D 4221-90, USBR 5405-89)D 4647
- Ensayo de Pinhole Test (ASTM D 4647-93, USBR 5410-89) (GARAY & ALVA, 2010).

1.1.9.3.1. Ensayo de Crumb

El ensayo de Emerson Crumb (Emerson, 1967) fue desarrollado como un procedimiento simple para identificar el comportamiento dispersivo en campo, pero ahora es muy frecuentemente usado en el laboratorio. En las Figuras 1.22, 1.23, 1.24 se observa el ensayo de Crumb desarrollado en el laboratorio. (GARAY & ALVA, 2010).

El ensayo consiste en colocar un trozo del suelo en el agua observando la dispersión como el grado de nubosidad del agua.

GRADO1.Ninguna reacción

GRADO2.Reaccion ligera

GRADO3.Reaccion moderada

GRADO4.Reaccion fuerte (GARAY & ALVA, 2010).

En la figura se puede observar los floculo formados en la superficie del agua, podemos decir que el resultado del ensayo es un indicio de las características dispersivas del suelo. Esto es típico en un suelo dispersivo.



Figura # 1.22

Fuente: (GARAY & ALVA, 2010)

En esta foto se aprecian dos tipos de resultados en grados de dispersión. La muestra de la derecha es ligeramente dispersivo de Grado 3 y el de la izquierda no dispersivo de Grado 1.

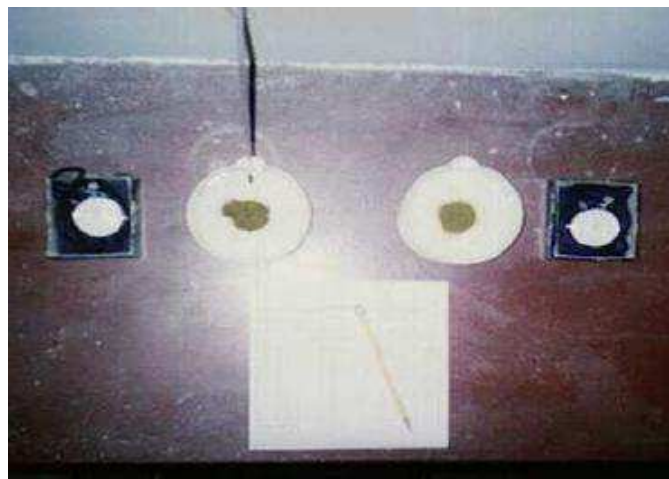


Figura # 1.23

Fuente: (GARAY & ALVA, 2010)

Resultados diferentes en el Ensayo de Crumb.

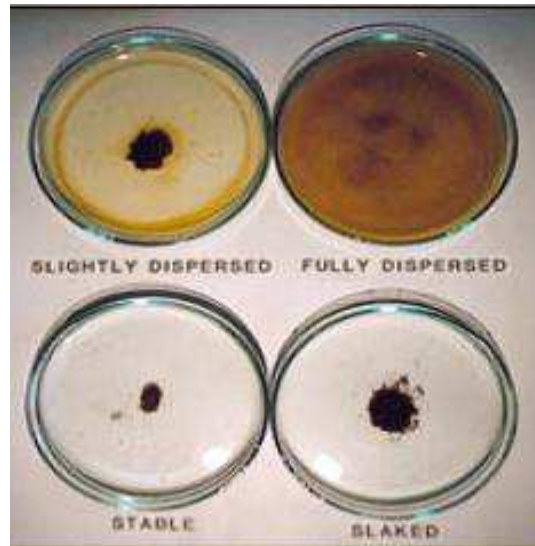


Figura # 1.24

Fuente: (GARAY & ALVA, 2010)

1.1.9.3.2. El Ensayo del Doble Hidrómetro

El ensayo del Servicio de Conservación del Suelo de EEUU, también conocido como Ensayo del Doble Hidrómetro, o el Ensayo de Dispersión en Porcentaje (Norma de la Asociación de Australia, 1980). Este ensayo implica dos ensayos del hidrómetro en suelos tamizados a través de la malla de 2.36 mm. Los ensayos del hidrómetro son conducidos con y sin dispersante. La dispersión en porcentaje es:

$$Q^P \times 100$$

Dónde:

P = porcentaje de suelos más finos que 0.005 mm para el ensayo sin dispersante.

Q = porcentaje de suelos más finos que 0.005 mm para el ensayo con dispersante.

Sherard (1976) señala que los suelos con un porcentaje de dispersión mayor que el 50% son susceptibles a la dispersión y a las fallas de tubificación en presas, y aquellos con un porcentaje de dispersión menor que el 15% no son susceptibles. Ellos también señalaron que existe una buena correlación entre el ensayo de Dispersión en Porcentaje y el Ensayo de Pinhole descrito a continuación. (GARAY & ALVA, 2010).

La interpretación del porcentaje de dispersión es el siguiente:

Menor que el 30% es no dispersivo

Entre 30 a 50% es intermedio

Mayor que 50% es dispersivo

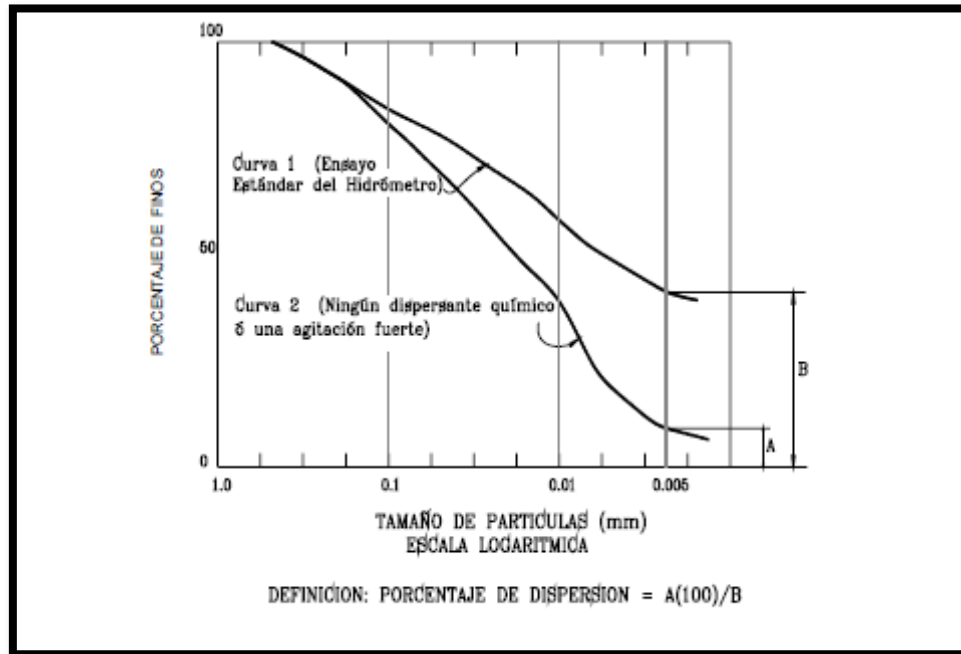


Figura # 1.25

Fuente: (GARAY & ALVA, 2010)



Figura # 1.26: Equipo Utilizado En Ensayo Doble Hidrómetro

Fuente: (GARAY & ALVA 2010).

En la figura# 1.26 se observa varias probetas con muestra, los recipientes del lado derecho son los ensayados sin el de defloculante y sin agitación mecánica.

1.1.9.3.3. El Ensayo de Pinhole

La clasificación de dispersión de Pinhole, conocido también como Ensayo de Pinhole, o Ensayo de Pinhole Sherard (Norma de la Asociación de Australia, 1980). (GARAY & ALVA, 2010).

Este ensayo fue desarrollado por Sherard et al (1976). Un hueco de 1.0 mm de diámetro es perforado en el suelo a ser ensayado, y a través del agujero se pasa agua bajo diferentes cargas y duraciones variables. Las condiciones a simular en el ensayo en el ensayo es de un terraplén con una fisura en el suelo.



Figura # 1.27: Piezas del molde donde es colocado el espécimen para realizar el Ensayo de Pinhole.

Fuente: (GARAY & ALVA, 2010)



Figura # 1.28 Piezas del equipo a utilizar en el ensayo listo para compactar.

Fuente: (GARAY & ALVA, 2010)

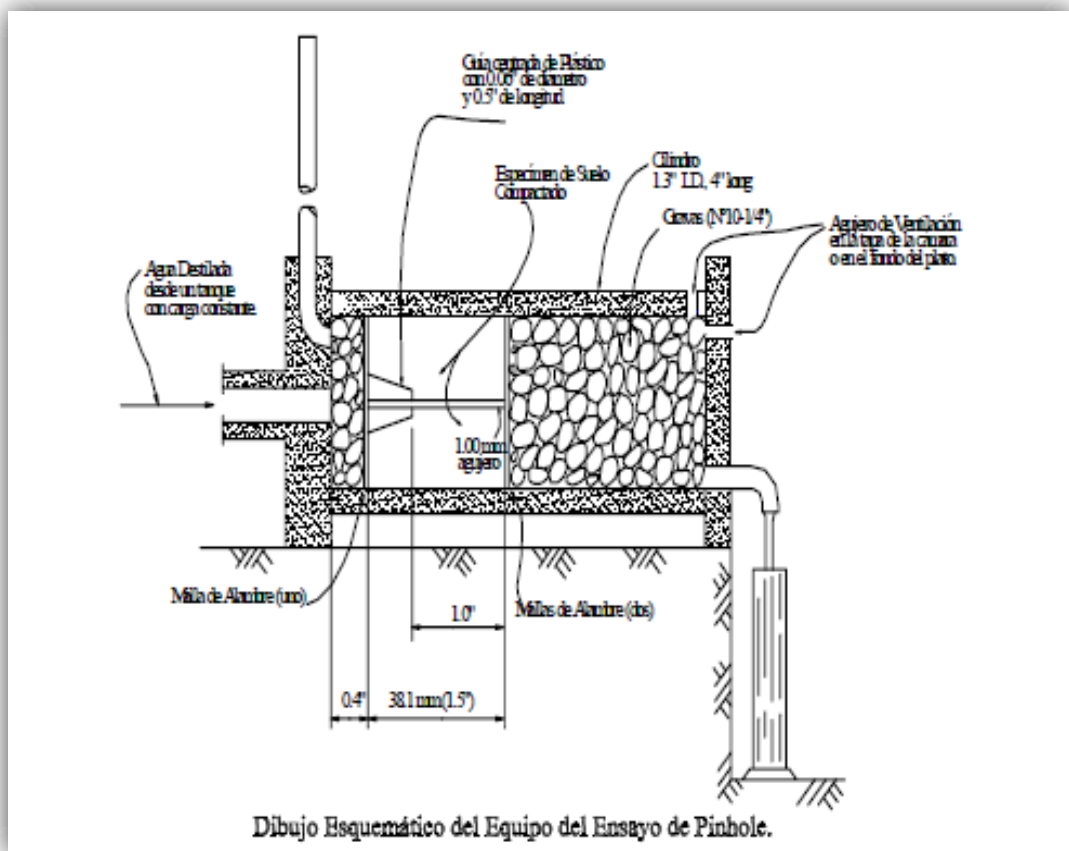


Figura #1.29: Equipo Pinhole Test.

Fuente: (GARAY & ALVA, 2010)

1.1.9.4. MUESTRAS Y ENSAYOS REALIZADOS COMO EJEMPLO

A manera de ejemplo, se presenta una secuela de ensayos que se realizaron en el

Laboratorio Geotécnico del CISMID de la FIC-UNI. (Perú).

La realización de estos ensayos se basa en las Normas ASTM, excepto para el ensayo de Crumb que se rige en una Norma del USBR. En el caso del ensayo de Pinhole, fue necesaria la adquisición de equipo. Se programó ensayos de clasificación de suelos para determinar la composición granulométrica y la plasticidad de las muestras.

Luego se realizaron los ensayos de dispersión. (GARAY & ALVA, 2010).

A continuación se indican las muestras ensayadas:

- a) Muestras de la Laguna de Oxidación de San José-Chiclayo
- b) Muestra de la Cantera de UNICON en Jicamarca-Lima
- c) Muestra del Proyecto Rehabilitación de la Carretera Llo-Desaguadero en Puno
- d) Muestra de la Presa Tinajones en Lambayeque
- e) Muestra de la Presa Cucho quesera en Ayacucho (GARAY & ALVA, 2010)

Los ensayos de dispersión de suelos realizados para determinar las características dispersivas fueron:

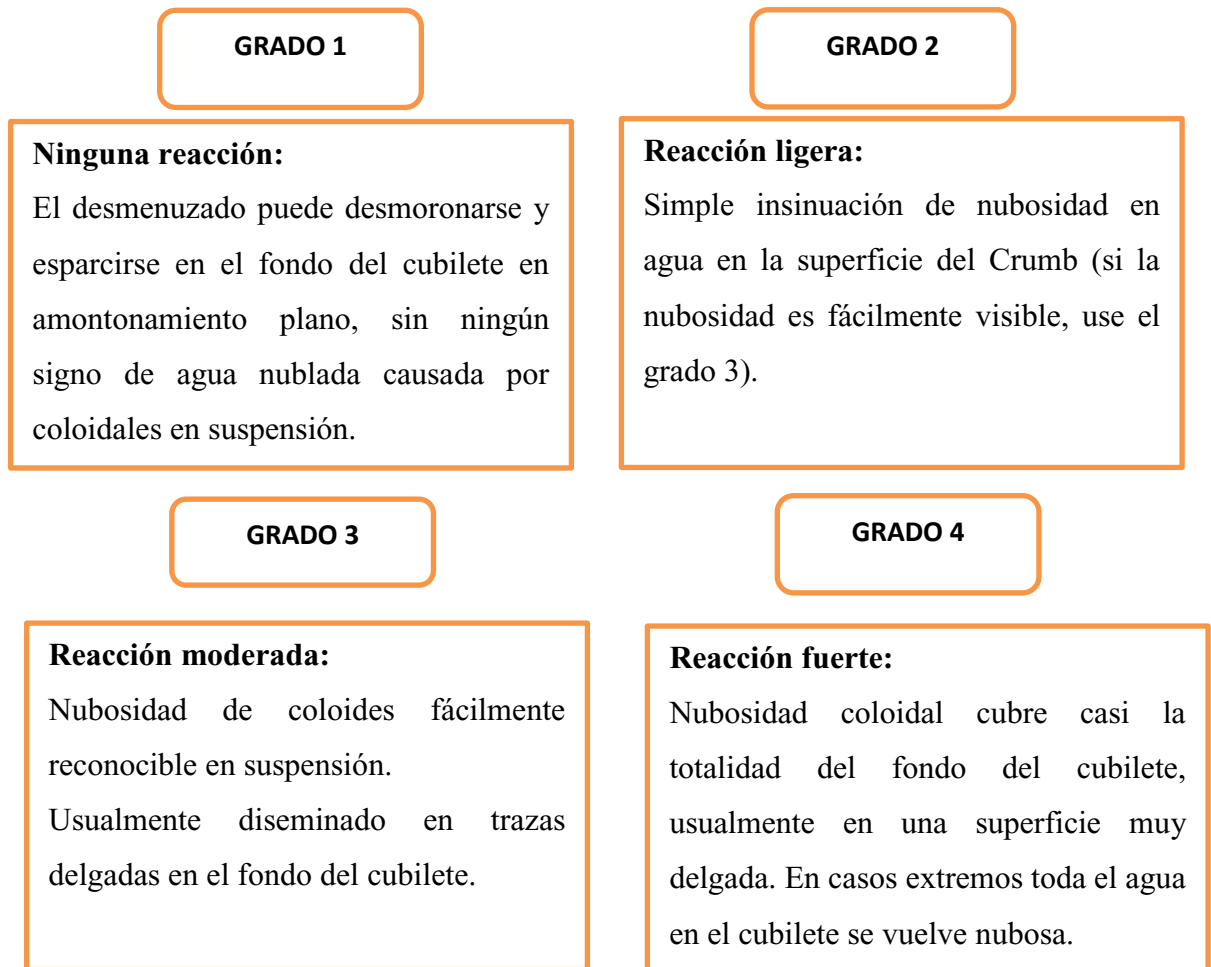
- Ensayo de Crumb,
- Ensayo del Doble Hidrómetro,
- Ensayo del Pinhole.

Ensayo de Crumb (USBR 5400-89)

El ensayo consiste en preparar un espécimen cúbico de 15 mm de lado o eligiendo un suelo Crumb secado al aire de igual volumen (sería preferible usar un suelo Crumb con su humedad natural). El espécimen es colocado cuidadosamente en alrededor de 250 ml de agua destilada. Mientras el suelo Crumb se comienza a hidratar, se observa la tendencia de las partículas coloidales para de flocularse y entrar en suspensión. (GARAY & ALVA, 2010)

La tendencia para que las partículas de arcilla entren en suspensión coloidal es observada después de 5-10 minutos de inmersión, usando la siguiente guía de

interpretación:



Fuente: (GARAY & ALVA, 2010)

Ensayo del Doble Hidrómetro (ASTM D 4221-90)

La distribución del tamaño de partículas es determinada empleando primero el Ensayo Estándar del Hidrómetro en el que el espécimen del suelo es dispersado en agua destilada con una fuerte agitación mecánica y con un dispersante químico. Un ensayo paralelo al hidrómetro es realizado después en un espécimen duplicado, pero sin agitación mecánica y sin dispersante químico.

El “porcentaje de dispersión” es la relación de transformación de las partículas de 0.005 mm de diámetro del segundo ensayo al primero, expresado en porcentaje

El criterio para la evaluación del grado de dispersión usando los resultados del ensayo

del Doble Hidrómetro es:

Tabla # 1.7: Valores para determinar un suelo Dispersivo

PORCENTAJE DE DISPERSIÓN	GRADO DE DISPERSIÓN
<30	No dispersivo
30 a 50	Intermedio
>50	Dispersivo

FUENTE: (GARAY & ALVA, 2010)

Numerosos ensayos deben realizarse porque la dispersividad del suelo puede variar grandemente en distancias cortas dentro de un área de préstamo a lo largo de una alineación de un canal o dentro de un terraplén existente. Existen evidencias que un alto porcentaje de suelos con características dispersivas mostró 30% de dispersión o más, cuando se ensayaron con este método (Sherard y Decker, 1977).

Una variación de este método es llamado Ensayo del Triple Hidrómetro: 1) Ensayo normal del Hidrómetro con dispersante y agitación; 2) Ensayo solamente con agua destilada, 3) Ensayo con agua de río. En la Figura 4 se presenta resultados del ensayo del Doble Hidrómetro.

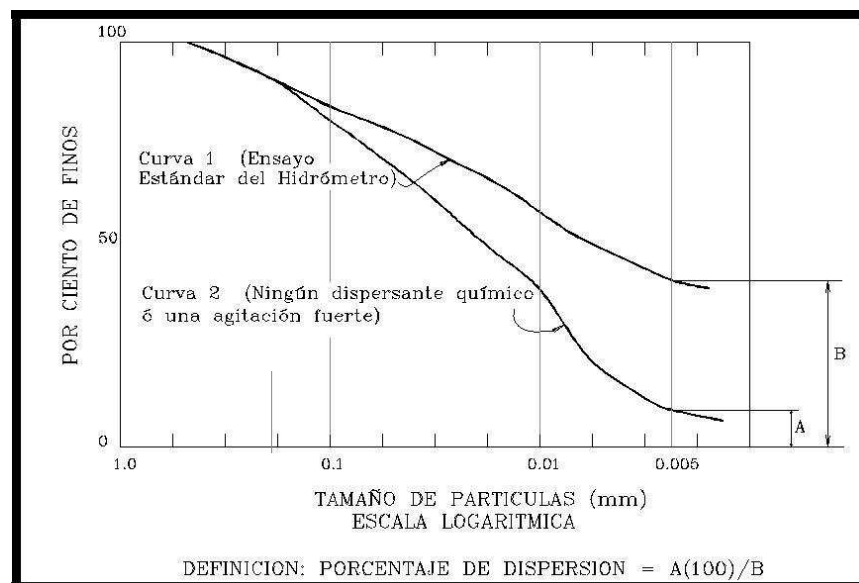


Figura # 1.30

Fuente: HILDA GARAY, JORGE ALVA 2010

Ensayo de Pinhole (ASTM D 4647-93, USBR 5410-90)

El Ensayo del Pinhole fue desarrollado para una medida directa de la erosionabilidad de los suelos de grano fino compactados y consiste en hacer fluir agua a través de un pequeño agujero en un espécimen de suelo donde el flujo de agua a través del Pinhole simula el flujo del agua a través de una grieta u otra estructura. (GARAY & ALVA, 2010)

Un agujero del 1 mm de diámetro es introducido o taladrado a través de un espécimen de suelo cilíndrico de 25 mm de largo por 35 mm de diámetro. Agua destilada es percolada a través del Pinhole bajo una carga de 50, 180 y 380 mm de agua y la velocidad con el efluente y la turbidez quedan registrados. Las cargas de 50, 180 y 380 mm resultan en flujos con velocidades de rangos aproximadamente de 30 a 160 cm/s y con gradientes hidráulicos en rangos aproximadamente desde 2 a 15.

El ensayo fue desarrollado por Sherard et al (1976) y en pocos años se ha convertido en un ensayo físico ampliamente usado. Es importante que el ensayo sea hecho sobre suelo con contenido de humedad natural, porque secándolo podría afectar los resultados. Si el material contiene partículas gruesas de arena o grava, éstas deben ser eliminadas tamizando la muestra a través del tamiz de 2 mm (Nº 10). El contenido de humedad natural debe ser determinado y el contenido de agua deseado para la compactación debe alcanzarse agregando la cantidad de agua requerida (o gradualmente secándolo al aire, si está demasiado mojado). Toda el agua añadida debe ser agua destilada. (GARAY & ALVA, 2010)

RESULTADOS DE ENSAYOS

En la Tabla #1. 8 se muestran los resultados previos a los ensayos para cada una de las muestras investigadas. Con las muestras 4 y 5 no se realizó el ensayo de compactación, debido al poco material con que se contaba para el ensayo.

Tabla # 1.8: Características de los Suelos Analizados

MUESTRA Nº	w (%)	CLASIFICACION SUCS	PESO ESPECIFICO (Gs)	LIMITES DE ATTERBERG			PROCTOR ESTANDAR DE COMPACTACION	
				LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE DE PLASTICIDAD	γ _d	OCH
1	7,93	SC	2,695	35,25	23,56	11,69	1,869	12,80
2	4,93	SC	2,710	37,00	17,91	19,09	1,803	16,00
3	15,81	CL	2,700	27,90	18,04	9,86	1,875	14,00
4	21,12	CL	2,623	32,32	20,30	12,02	----	----
5	16,44	CL	2,710	39,69	18,69	21,00	----	----
6	3,44	CL	2,707	28,32	14,14	14,18	1,883	12,90
7	27,81	CL	2,762	45,40	26,06	19,34	1,527	26,20

Fuente: (GARAY & ALVA, 2010)

En la Tabla # 1.9 se puede apreciar los resultados de dispersión de las muestras indicadas. Cabe mencionar que el Ensayo de Pinhole se realizó con varios tiempos de curado, remodelado al contenido de humedad natural para las muestras 4 y 5, en las que no se contaba con los datos del grado óptimo; para el resto se evaluó al contenido del óptimo sin curar y con tiempos de curado de 24 horas, 48 horas y 7 días. (GARAY & ALVA, 2010)

La nomenclatura empleada para clasificar un suelo dispersivo de acuerdo a la Norma del Ensayo de Pinhole según el Método A y C es la siguiente:

- Dispersivo (D1,D2),
- Dispersivo leve a moderado (ND4,ND3) y
- No dispersivo (ND2, ND1).

Tabla # 1.9: Resultados de los Ensayos de Dispersión

MUESTRA N°	ENSAYO DE CRUMB	ENSAYO DEL DOBLE HIDROMETRO	ENSAYO DE PINHOLE TEST
1	GRADO 2	DISPERSIVO	ND3 ³
			ND4 ⁴
			ND1 ⁵
2	GRADO 1	NO DISPERSIVO	ND1 ³
3	GRADO 3	NO DISPERSIVO	D2 ^{''}
			D2 ³
			ND4 ⁴
			ND4 ⁵
			ND1 ⁶
4	GRADO 3	NO DISPERSIVO	D2 ^{''}
			ND2 ⁴
5	GRADO 1	INTERMEDIA DISPERSION	ND3 ³
6	GRADO 1	INTERMEDIA DISPERSION	ND ^{''}
			ND1 ⁴
			ND1 ⁵
7	GRADO 1	NO DISPERSIVO	ND1 ³

Fuente: (GARAY & ALVA, 2010)

Luego de estos resultados, podemos concluir:

- Las muestras 2 y 7 no son dispersivas
- La dispersión del resto de las muestras varía de ligera a alta
- El tiempo de curado en el estado compactado de los especímenes influye en los resultados del ensayo de Pinhole Test. A un mayor tiempo de curado, el suelo tiende a ser menos dispersivo. (GARAY & ALVA, 2010).

1.1.10. INCIDENCIAS DE LOS SUELOS DISPERSIVOS Y COLAPSABLES

Según la Granulometría y Textura.

Los suelos son favorables (tienen mayor capacidad de carga) cuando la mayoría de sus componentes son gruesos como las rocas, gravas, grava arenosa y grava limosa, grava arenosa arcillosa y arenas gravosas.

Son no favorables (tienen menor capacidad de carga, se deforman) cuando son finos. En esta calificación se encuentran los suelos arenosos, suelos limosos y suelos arcillosos. (Carlos, 2009)

Según el Peso específico.

El peso específico se refiere a cuánto pesa una porción de un tipo de suelo. Nos indica cuanto vacío tiene en su interior; será más pesado mientras menos espacios vacíos tengan. Esto también influye en su estabilidad. Entre mayor sea el peso unitario de un suelo, mejor es la calidad de éste.

Si la mayoría de los componentes del suelo son homogéneos; entonces, el suelo no es favorable, porque tienen muchos vacíos y poco peso unitario. Si el suelo tiene variedad de tamaños; o sea es heterogéneo, el suelo es favorable. (Carlos, 2009)

Según el grado de consolidación o compactación

Los suelos con el tiempo y la exposición a los fenómenos naturales cambian su grado de consolidación haciéndose más compactos (suelos firmes o compactos) o más sueltos (suelos sueltos o blandos), según el proceso que los afecte. Los suelos firmes, compactos, consolidados y de buena calidad para la edificación son duros y difíciles de excavar. Son suelos blandos (no consolidados) y de baja calidad para la edificación, aquellos que son sueltos y fáciles de excavar. Estos suelos no son favorables. También son suelos no aptos para la construcción aquellos suelos que hayan sido arrastrados por el viento o la lluvia; a éstos se le conoce como material de relleno natural. Lo mismo sucede con los suelos sobre rellenos no controlados, es decir cuando el hombre ha cortado con maquinaria pesada un cerro o ladera y los materiales de corte son acumulados al lado sin alcanzar un adecuado grado de compactación. (Carlos, 2009)

Según el grado de saturación de agua

La presencia de agua en el suelo influye en su estabilidad y puede cambiar su capacidad de carga y su comportamiento frente a sismos. La calidad de éste disminuye en función de la cantidad de agua que contiene y del tipo de componentes que predominan. Los suelos gruesos son más estables que los suelos finos ante la presencia de agua. El grado de saturación está influenciado por el nivel de la capa freática. (Carlos, 2009)

Según el nivel freático superficial.

La capa freática es la capa de agua subterránea y su nivel puede cambiar desde lo superficial a lo profundo. Cuando el nivel freático es superficial (a menos de 2 metros de profundidad) en relación a la superficie del suelo, este suelo es malo; pero si es muy profundo, entonces el suelo puede ser más estable y favorable. (Carlos, 2009)

Según la plasticidad, expansibilidad y dispersibilidad.

Son propiedades de suelo que se refieren a la facilidad de cambiar su volumen con la presencia de agua. La mayoría de suelos finos como: limos, arcillas y sus combinaciones, se alteran en contacto con el agua, convirtiéndose en suelos problemáticos o especiales, no aptos para la construcción u obras en general. (Carlos, 2009).

Así tenemos:

La Plasticidad (suelos plásticos)

Es la propiedad por la cual el suelo al humedecerse, disminuye su cohesión, se deforma fácilmente y pierde totalmente su resistencia mecánica o capacidad de carga. Reconocer estos suelos no son favorables para la construcción es muy simple: solo tenemos que humedecerlo y ver si se forma un barro que nos permite hacer trabajos cerámicos, entonces éste es un suelo plástico.

Expansibilidad de suelos (suelos expansivos)

Esta propiedad consiste en el aumento considerable de su volumen a consecuencia de cambios de humedad, así como por la disminución de la carga al extraer suelo por excavación, secado del suelo por incremento de la temperatura. Este fenómeno es propio de los suelos con presencia de arcillas expansivas.

Dispersibilidad de suelos (suelos dispersivos)

Esta propiedad caracteriza a los suelos con contenidos de sales solubles. Consiste en la separación de todos los componentes del suelo a consecuencia de la humedad. El agua es el agente que produce este fenómeno al disolver las sales y forma escamas de suelo que se dispersan lámina tras lámina. Al final el suelo se diluye originando espacios vacíos provocando el hundimiento de la superficie.

Suelos colapsables.

Se les llama así cuando los suelos pierden su estructura y cohesión y sufren una disminución notoria de su volumen como consecuencia de haber recibido una cantidad de agua adicional.

Suelos con material orgánico.

Son aquellos que contienen raíces, carbón, guano u otros materiales de origen orgánico. Son suelos de mala calidad para edificación que deben ser retirados en su totalidad: si se corta el terreno y se les sigue encontrando, entonces no se podrá construir.

Influencia de la topografía en la estabilidad de suelos.

Los terrenos con pendientes pronunciadas son susceptibles a la ocurrencia de fenómenos como: deslizamientos, derrumbes, amplificación sísmica, entre otros. (Carlos, 2009).

Deslizamientos.

Son movimientos de masas de suelos producidos por vibraciones sísmicas o sobrepeso por agua, pueden causar grandes daños a personas o propiedades. Los suelos susceptibles a deslizamientos son aquellos sueltos, descompuestos y saturados de agua que actúa como lubricante, produciendo el deslizamiento. También se pueden producir derrumbes, caídas de rocas, desplazamientos laterales, etc. Los deslizamientos resultan también por corte de taludes al construir carreteras, terrazas y otras obras sin considerar el ángulo de reposo de los materiales. (Carlos, 2009)

Amplificación sísmica.

Se refiere a la mayor duración del periodo de vibración del suelo a consecuencia de un sismo. Un sismo se sentirá con mayor intensidad en aquellos lugares con pendiente

pronunciada debido al fenómeno de rebote o interrupción del deslizamiento de la onda sísmica por efecto topográfico. (Carlos, 2009)

El lugar más seguro para construir es sobre un suelo resistente que cumpla todas las condiciones descritas en la tabla siguiente:

Tabla #1.10: Condiciones favorables y no favorables de un suelo

Criterio utilizado	SUELOS FAVORABLES	SUELOS NO FAVORABLES
	Adecuado para construir	No apto para construir
Granulometría/textura	Gruesas	Finas
Color del suelo	Gris	Rojo, amarillo, blanco.
Forma de las partículas	Angulosas	Redondeadas
Peso unitario	Pesado	Liviano
Granulometría	Varios tamaños	Homogéneo
Preconsolidación	Compacto y firme	Blando o suelto
Nivel freático	Sin agua o profunda	Superficial
Plasticidad	No plástico	Plástico
Expansión	No expansivo	Expansivo
Dispersión	No dispersivo	Dispersivo
Colapsable	Estable	Colapsable
Material orgánico	Sin material orgánico	Con material orgánico

Fuente: (Carlos, 2009)

1.1.11. SOLUCIONES TECNICAS ANTE LA PRESENCIA DE SUELOS COLAPSABLES Y DISPERSIVOS.

SUELOS COLAPSABLES:

Muchos de los fenómenos que determinan el comportamiento de los suelos son complejos y no pueden siempre reducirse a causas puramente mecánicas, sino que muchas veces intervienen factores de otra índole (químicos, ambientales, etc.) provocando un comportamiento singular del terreno. En algunos suelos, estos factores “no mecánicos” tienen una importancia capital y son objeto de un estudio particular. Dicho grupo de suelos es conocido genéricamente como “suelos estructuralmente inestables”. (AVILA, 2015)

Uno de los principales fenómenos que afectan a algunos de estos es el colapso brusco de su estructura intergranular, denominándose a los suelos que se presenten estas características: suelos colapsables. En estas notas se analizarán exclusivamente aquellos suelos en los cuales el colapso es provocado por humedecimiento. (AVILA, 2015)

ALTERNATIVA DE SOLUCION:

- **Método de mejoramiento de las propiedades del suelo por modificación de su granulometría.**

En este apartado se incluyen aquellos métodos de estabilización consistentes en la mezcla y posterior compactación de suelo colapsables con otros materiales (arena, gravas) a efectos de conseguir mayor resistencia y mayor rigidez. Este tipo de estabilización es de amplio uso en la ingeniería vial, en la construcción de bases y sub-bases.

- **Método de mejoramiento por medio del reemplazo del suelo colapsable por suelo no colapsable.**

Este tipo de estabilización se realiza principalmente en terrenos con suelos potencialmente colapsables, en los cuales la presencia de cargas adicionales en superficie puede generar asentamientos adicionales ante un incremento de la humedad del suelo. Así, una parte del suelo colapsable superficial, ubicado directamente debajo de las fundaciones, es excavado, extraído y reemplazado por otro material más competente. (AVILA, 2015)

Los materiales generalmente utilizados son los siguientes: el mismo suelo extraído, compactado y eventualmente estabilizado granulométricamente: arena compactada o suelo cemento compactado. La elección del tipo de material está condicionada generalmente por variables técnico económica. Los espesores de estos mantos son variables (1 a 4m) dependiendo del tipo de cargas y de las características del proyecto. Por ejemplo en algunos proyectos, los condicionantes pueden ser los asentamientos diferenciales (edificios), en cambio en otros (canales), no solo

importa disminuir la probabilidad que se produzca el colapso, sino también lograr una capa de suelo más impermeable. Este tipo de metodología ha sido utilizada con éxito en numerosos países y en innumerables tipos de obras. También es frecuente el empleo de esta metodología en forma conjunta con otro tipo de estabilización profunda, cuando se presentan mantos de suelos colapsables profundos y con espesores muy dispares. (AVILA, 2015)

- **Métodos de mejoramiento de las propiedades del suelo por compactación**

Este grupo comprende varias de las metodologías usadas en suelos colapsables para reducir los vacíos, de modo de eliminar la colapsabilidad, reducir la permeabilidad y aumentar la capacidad de carga. Esto se realiza utilizando fuerzas estáticas o dinámicas, o bien a través, de la inyección de lechadas. (AVILA, 2015)

SUELOS DISPERSIVOS

Las arcillas dispersivas son aquellas que por la naturaleza de su mineralogía y la química del agua en los suelos, son susceptibles a la separación de las partículas individuales y a la posterior a través de grietas en el suelo bajo la filtración de flujos.

Estas arcillas erosionan rápidamente en presencia del agua cuando las fuerzas repulsivas que actúan entre las partículas de arcilla exceden a las fuerzas de atracción (Van der Waals) de tal forma que las partículas son progresivamente separadas desde la superficie entrando a una suspensión coloidal. Por esta razón estas arcillas “defloculadas”, “dispersivas” o “erodibles”. Son suelos altamente erosivos a bajos gradientes hidráulicos del flujo de agua, e incluso en algunos casos en agua en reposo. (AVILA, 2015).

ALTERNATIVA DE SOLUCION:

A continuación se mencionaran las diversas soluciones para mitigar el problema de los suelos dispersivos para la construcción y la agricultura según el Autor (AVILA, 2015)

- Este tipo de suelo, padece una destrucción de su estructura, y por tanto al disminuir su porosidad, utilizar el lavado para su corrección no es muy

aconsejable, debido a la deficiencia de su drenaje. La recuperación, por tanto, tiene que ser abordada mediante la eliminación de sodio de cambio (rebajar el pH) aplicando yeso, cal viva, entre otros productos, que reaccionarían con el carbonato sódico, formando carbonato cálcico y sulfato sódico (álcali blanco). Es necesario implantar cultivos, a ser posible de regadío y resistentes a las sales, así como la incorporación de enmiendas orgánicas.

- La enmienda con yeso representa una alternativa adecuada para corregir problemas de suelos dispersivos. La adición de yeso, mediante la disminución del Na intercambiable, produce una recuperación en las condiciones físicas del suelo, repercutiendo en un incremento de la productividad de forraje y posibilitando una mejor utilización del fertilizante por parte del cultivo.
- En la agricultura, se utilizan fertilizantes de bajo contenido sódico y mayor contenido de calcio con fin de abonar el suelo y reducir su salinidad. Si el agua de riego es de baja calidad, se recomienda utilizar bajas dosis de fertilizante pero aplicarlo frecuentemente.
- Cuando se ha identificado la extensión y la profundidad de la zona dispersiva se puede proceder a la remoción del suelo erosionable, siempre que este procedimiento sea económicamente factible.
- Para las carreteras se utiliza una combinación de drenajes, sub-drenajes, pavimentos, impermeables y reglamentos para el uso del agua con el fin de crear una restricción severa del humedecimiento.
- En un terraplén debidamente gradado se puede realizar un “recubrimiento impermeable” este recubrimiento se realiza colocando una capa doble de geotextil impermeable debajo, y geotextil no tejido encima.
- En las laderas con una pendiente <20% se realiza un recubrimiento vegetativo que consiste en sembrar especies vegetales sobre geomalla, diseñada para el efecto, con restricciones laterales en maderas o cañas colocadas paralelamente a la curva de nivel.

CAPITULO II

2. ESTUDIO DE CAMPO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.

2.2 UBICACIÓN

El desarrollo del presente estudio se llevó a cabo en los diferentes sectores de la ciudad de Manta.

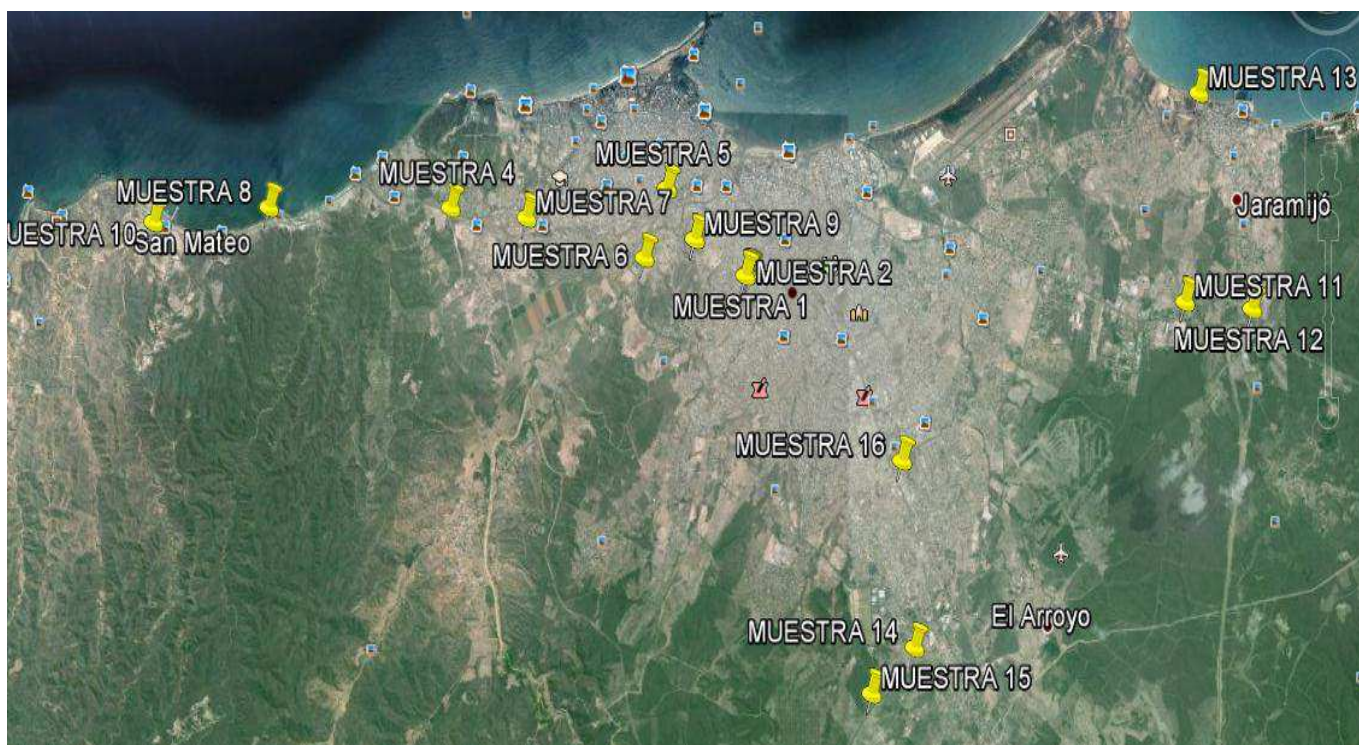


Figura # 2.31: ZONAS DE DONDE SE OBTUVIERON LAS MUESTRAS

AUTORES: Vásquez Leslie Y Fajardo Shirley

2.3 MODALIDAD DE LA INVESTIGACION

La modalidad de esta investigación es de campo, debido que la información obtenida se dio por recopilación de instrumentos de exploración como:

Observación directa e investigativa

Ensayos de laboratorio.

2.4 TIPO DE INVESTIGACION

Para el desarrollo de este estudio se estableció y se aplicó a la investigación el método experimental y el hipotético- deductivo.

2.4.1 De campo

La investigación de campo, fue necesaria en el proceso de observación y la obtención del material situado en los diferentes puntos de la ciudad de Manta, a fin de recopilar muestras que serán analizados en el laboratorio de suelos.

2.4.2 Investigación de Laboratorio de suelos

En esta investigación fue de suma importancia utilizar el laboratorio para realizar los ensayos descritos en la investigación de campo. Para obtener los resultados del material es necesario aplicar los siguientes ensayos:

GRANULOMETRÍA,
 HUMEDAD NATURAL,
 LÍMITES DE ATTERBERG,
 PESO ESPECÍFICO,
 PESO VOLUMÉTRICO,

PINHOLE TEST,
 DOBLE HIDRÓMETRO,
 CRUMB,

2.5 MATERIALES Y EQUIPOS

Se muestra a continuación en las siguientes tablas los materiales utilizados en la investigación de campo, laboratorio de suelos.

2.5.1 Ensayos de Laboratorio

Humedad natural:

Tabla #2.11: Equipos utilizados en ensayo de humedad natural

EQUIPOS	CANTIDAD	OBSERVACION
Formato (datos del muestra)	16	ξ
Horno	1	ξ
Balanza digital	1	ξ
Cuchareta de metal	1	ξ
Taras (vasos de aluminio)	50	ξ

Autores: Vásquez Naranjo Leslie – Fajardo Cobeña Shirley

Granulometría:

Tabla # 2.12: Equipos utilizados en ensayo de granulometría

EQUIPOS	CANTIDAD	OBSERVACION
Formato (datos del muestra)	16	⊘
Cocineta a gas	1	⊘
Horno	1	⊘
Balanza digital	1	⊘
Tamices #4, #10,#40 y #200	5	⊘
Platos de aluminio	10	⊘

Autores: Vásquez Naranjo Leslie – Fajardo Cobeña Shirley

Límites de Attenberg

Límite Líquido:

Tabla #2.13: Equipos utilizados en ensayo de límite líquido

EQUIPOS	CANTIDAD	OBSERVACION
Formato (datos del muestreo)	16	⊘
Capsula de aluminio	1	⊘
Horno	1	⊘
Balanza digital	1	⊘
Espátula	1	⊘
Cuenta gotas	1	⊘
Copa de casa grande	2	⊘
Taras (vasos de aluminio)	50	⊘
Ranurador	1	⊘
Franela	2	⊘

Autores: Vásquez Naranjo Leslie – Fajardo Cobeña Shirley

Límite Plástico:

Tabla # 2.14: Equipos utilizados en ensayo de límite plástico

EQUIPOS	CANTIDAD	OBSERVACION
Formato (datos del muestra)	16	⊘
Horno	1	⊘
Balanza digital y manual	2	⊘
Placa de vidrio	1	⊘
Taras (vasos de aluminio)	35	⊘
Latas para contenido de humedad	30	⊘

Autores: Vásquez Naranjo Leslie – Fajardo Cobeña Shirley

Peso Específico:

Tabla # 2.15: Equipos utilizados en ensayo de peso específico

EQUIPOS	CANTIDAD	OBSERVACION
Formato (datos del muestra)	16	∅
Balanza digital	1	∅
Probeta de 1000 ml	1	∅
Agua destilada	10	∅
Removedor	1	∅

Autores: Vásquez Naranjo Leslie – Fajardo Cobeña Shirley

Peso volumétrico:

Tabla # 2.16: Equipos utilizados en ensayo de peso volumétrico con parafina

EQUIPOS	CANTIDAD	OBSERVACION
Formato (datos del muestra)	16	∅
Balanza digital	1	∅
Balanza manual	1	∅
Parafina	10	∅
Removedor	1	∅
Cocineta a gas	1	∅
Recipiente de aluminio	2	∅
Balde con agua	1	∅
Piola con plomada	1	∅
Cuchareta de aluminio	2	∅

Autores: Vásquez Naranjo Leslie – Fajardo Cobeña Shirley

Pinhole test:

Tabla # 2.17: Equipos utilizados en ensayo de pinole test

EQUIPOS	CANTIDAD	OBSERVACION
Formato (datos del muestra)	16	Δ
Cilindro	1	Δ
Malla metálica	1	Δ
Soporte calibrado	1	Δ
Probeta graduada	1	Δ
Tuberías	1	Δ
Gravilla	1	Δ
Compactador	1	Δ
Tamiz #10	1	Δ
Agua destilada	1	Δ
Espátula	1	Δ
Cronometro	1	Δ

Autores: Vásquez Naranjo Leslie – Fajardo Cobeña Shirley

Doble hidrómetro:

Tabla # 2.18: Equipos utilizados en ensayo de doble hidrómetro

EQUIPOS	CANTIDAD	OBSERVACION
Formato (datos del muestra)	16	Δ
Probeta 1000ml	2	Δ
Hidrómetro	1	Δ
Dispersador	1	Δ
Termómetro	1	Δ
Agitador	1	Δ
Cronometro	1	Δ

Autores: Vásquez Naranjo Leslie – Fajardo Cobeña Shirley

Observación: Los elementos que tienen la simbología (δ) pertenecen al Laboratorio de la Carrera de Ingeniería Civil de la ULEAM y los que tienen esta simbología (Δ) pertenecen al Laboratorio de Suelos de Santa Elena de la UPSE.

2.6 TOMA DE MUESTRAS

En la exploración visual de campo que se tuvo al obtener las muestras para ser llevadas al laboratorio de suelos, se tomaron las muestras en varios sectores de Manta las cuales se detalla:

VÍA INTERBARRIAL – BARRIO 5 DE AGOSTO (3 MUESTRAS)



Figura #2.32: Toma de muestras en la vía interbarrial

Autores: Vásquez Naranjo Leslie – Fajardo Cobeña Shirley

COLISEO TOHALLI – VÍA SPONDYLUS (1 MUESTRA)



Figura #2.33: Toma de muestras en coliseo tohalli
Autores: Vásquez Naranjo Leslie – Fajardo Cobeña Shirley

AVENIDA LA CULTURA – AVENIDA INTERBARRIAL (1 MUESTRA)



Figura # 2.34: Toma de muestras en la vía la cultura - interbarrios
Autores: Vásquez Naranjo Leslie – Fajardo Cobeña Shirley

GASOLINERA PRIMAX – VÍA CIRCUNVALACIÓN (1 MUESTRA)



**Figura # 2.35: Toma de muestras en la gasolinera Primax
Autores: Vásquez Naranjo Leslie – Fajardo Cobeña Shirley**

**CONECTOR VÍA CIRCUNVALACIÓN – SAN MATEO ATRÁS DE MANTA
2000 (1 MUESTRA)**



**Figura # 2.36: Toma de muestras en el conector vía circunvalación –san mateo
Autores: Vásquez Naranjo Leslie – Fajardo Cobeña Shirley**

RUTA DEL SPONDYLUS – LLEGADA A SAN MATEO (1 MUESTRA)



Figura # 2.37: Toma de muestras en la llegada a san mateo
Autores: Vásquez Naranjo Leslie – Fajardo Cobeña Shirley

SANTIAGO ARAUZ – FRENTE ADOQUINES (1 MUESTRA)



Figura #2.38: Toma de muestras en la zona Santiago Arauz
Autores: Vásquez Naranjo Leslie – Fajardo Cobeña Shirley

SAN MATEO – U.E. RIOBAMBA (1 MUESTRA)



Figura # 2.39: Toma de muestras en San mateo U.E. Riobamba
Autores: Vásquez Naranjo Leslie – Fajardo Cobeña Shirley

VÍA ROCAFUERTE – AL LADO DEL PUENTE km 41/2 (1 MUESTRA)



Figura # 2.40: Toma de muestras al lado del puente
Autores: Vásquez Naranjo Leslie – Fajardo Cobeña Shirley

VÍA ROCAFUERTE KM 41/2 (1 MUESTRA)



Figura # 2.41: Toma de muestras en la vía Rocafuerte
Autores: Vásquez Naranjo Leslie – Fajardo Cobeña Shirley

MUELLE JARAMIJO (1 MUESTRA)



Figura #2.42: Toma de muestras en Muelle Jaramijo
Autores: Vásquez Naranjo Leslie – Fajardo Cobeña Shirley

CARRETERA NUEVA DE LA REFINERÍA (2 MUESTRAS)



Figura #2.43: Toma de muestras en la nueva carretera de la refinería

Autores: Vásquez Naranjo Leslie – Fajardo Cobeña Shirley

SECTOR LA FABRIL – DIAGONAL A INDUMASTER (1 MUESTRA).



Figura #2.44: Toma de muestras en sector La fabril - Indumaster

Autores: Vásquez Naranjo Leslie – Fajardo Cobeña Shirley

Las muestras extraídas fueron colocadas en sacos y para identificarlas se colocó sus respectivos detalles, para luego ir llevadas al laboratorio de suelos y por ende hacer sus respectivos ensayos.

2.7 PROCEDIMIENTO DE ENSAYOS DEL LABORATORIO

2.7.1 Ensayo de Humedad Natural

Para determinar el contenido de humedad natural de las muestras de suelos se llevó a cabo lo siguiente.

Procedimiento:

- a.)** Las muestras obtenidas de la extracción de los suelos inalterados se los coloco en costalillos para ser llevados al laboratorio y ser analizados.
- b.)** En el momento se son llevadas al laboratorio se toman 100gr de material para ser pesadas individual respectivamente.



Figura #2.45: Pesando del Material

Fuente: Laboratorio de suelos (Uleam)

- c.)** Estas muestras son llevadas al horno para ser sometidas a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 24 horas.



Figura #2.46: Secado del Material

Fuente: Laboratorio de suelos (Uleam)

- d.) Una vez pasadas las 24 horas se toma las muestras sacadas del horno y se las pesan respectivamente el material seco.

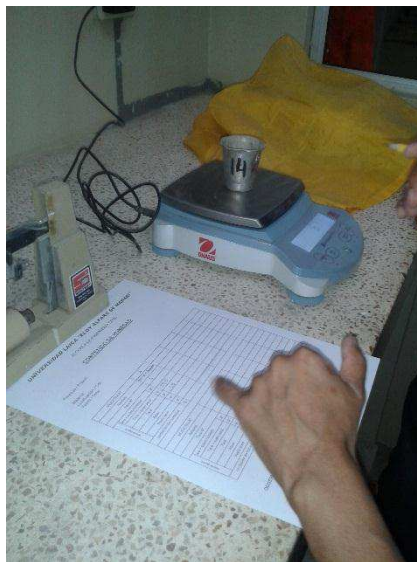


Figura #2.47: Anotación del peso del Material

Fuente: Laboratorio de suelos (Uleam)

- e.) Luego de ser pesadas se efectúan los cálculos correspondientes.

En la tabla #3.23 se muestra los resultados de dichas muestras, con los cálculos correspondientes para hallar el porcentaje de humedad natural de los suelos, del mismo que se obtiene el promedio de las muestras obtenidas, del cual es la siguiente formula:

$$Ww = TWsh - TWss$$

$$Ws = Wsh - T$$

Dónde:

$TWss =$ Tara + peso del suelo seco

$TWsh =$ Tara + peso del suelo húmedo

$Ww =$ peso del agua

$Ws =$ Peso del suelo

Estos resultados permitirán el porcentaje del peso del agua para conocer en qué estado de humedad natural se encuentra los suelos obtenidos.

$$W\% = \frac{Ww}{Ws} * 100$$

Dónde:

$Ww =$ peso del agua

$Ws =$ peso del suelo seco

$W\% =$ porcentaje de humedad

En este procedimiento se optó por realizar 2 muestras, con la finalidad de obtener un promedio de las dos muestras y completar los resultados que se muestran en las tablas # del % de humedad natural de los suelos obtenidos en campo.

Tabla # 2.19 Formato De Cálculo

CONTENIDO DE HUMEDAD					
MUESTRA N°					%
Lugar					
Tara N°					
P e g r s a o m e o s n	Tara + Suelo húmedo	gr.			
	Tara + Suelo seco	gr.			
	Tara	gr.			
	Agua	gr.			
	Suelo seco	gr.			
	Contenido de humedad	%			
					0,00

Autores: Vásquez Naranjo Leslie – Fajardo Cobeña Shirley

2.7.2 Ensayo de Granulometría

Para realizar este ensayo fue de importancia contar con el equipo necesario, del cual se lo adquirió del Laboratorio de Suelos de la carrera de Ingeniería Civil de la ULEAM, el procedimiento fue el siguiente.

Procedimiento:

- a.) De las muestras obtenidas en estado natural se tomó un porcentaje arbitrario de suelo para realizar el ensayo.
- b.) Las muestras fueron secadas en una cocina con estufa para poder realizar el ensayo respectivo y facilitar el tamizado.



Figura #2.48: Secado de la muestra

Fuente: Laboratorio de suelos (Uleam)

- c.) Una vez seco el material respectivo se procedió a tomar 100gr. para realizar el ensayo de granulometría.
- d.) Los 100gr. obtenidos se procedió a lavar por el tamiz # 200 para eliminar el material fino (limo-arcilla).



Figura #2.49: Lavando el Material

Fuente: Laboratorio de suelos (Uleam)

- e.) Se procedió a secar el material que fue retenido en el tamiz# 200.
- f.) Este material se los pasa por el tamiz #4, # 10, #40, #200.



Figura #2.50: Tamices Utilizados

Fuente: Laboratorio de suelos (Uleam)

- g.) Luego se pesó el material que retuvo en cada tamiz, y la diferencia de los 100gr. con la suma de los pesos retenidos en cada tamiz se determina el material que se perdió por el tamiz #200 el cual fue lavado.

Tabla#2.20: Formato De Cálculo

GRANULOMETRIA						
TAMIZ	PESO RETENIDO	PESO ACUMULADO	% RETENIDO	% ACUMULADO	% PASA	ESPECIFICACIONES
4"						
3"						
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"						
1/2"						
3/8"						
4						
8						
10						
16						
30						
40						
50						
100						
P# 200						
200						
TOTALES:						

Autores: Vásquez Naranjo Leslie – Fajardo Cobeña Shirley

2.7.3 Ensayo de Plasticidad

2.7.3.1 Ensayo de Límite Plástico

Procedimiento:

- a.) Tomamos aproximadamente 200gr. de material seco resultante, el cual fue tamizado por el tamiz #40, y se lo mezcló con agua hasta obtener una masa homogénea.



Figura #2.51: Tamizado y material homogenizado en la casa grande

Fuente: Laboratorio de suelos (Uleam)

- b.) El material homogenizado se colocó en la casa grande, tomando en cuenta la cantidad de golpes que recibe la cuchara, hasta que el surco se cierre con el material esparcido. Para este ensayo se utilizó de 30 golpes la primera muestra, de 18 a 22 golpes la segunda muestras y de 9 a 10 golpes la tercera muestra.



Figura #2.52: Material colocado en la casa grande

Fuente: Laboratorio de suelos (Uleam)

- c.) El material que resulto según los golpes de la cuchara se colocaron en 2 vasos de aluminio para ser pesados respectivamente en la balanza digital y obtener los datos para el cálculo correspondiente.



Figura #2.53: Material colocado en vasos de Aluminio

Fuente: Laboratorio de suelos (Uleam)

- d.) Luego estas muestras fueron colocadas en el horno a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 24 horas.
- e.) Después haber pasado las 24 horas las muestras son retiradas del horno y se vuelven a pesar en la balanza para determinar los valores de humedad.

A continuación se detalla las formulas aplicadas en el cálculo:

$$Wms = (Wms + V) - V$$

Dónde:

Wms = Peso de la muestra seca

V = vasija

$$Wp = (Wmh + V) - (Wms + V)$$

Dónde:

Wp = Peso perdido

Wmh = Peso muestra húmeda

W_{ms} = Peso de la muestra seca

V = vasija

$$\%H = W_p/W_{ms}$$

Dónde:

$\%H$ = porcentaje de humedad

W_{ms} = Peso de la muestra seca

W_p = Peso perdido

Estos cálculos fueron realizados de acuerdo al número de golpes aplicados con la Casagrande.

2.7.3.2 Ensayo de Límite Líquido

Procedimiento:

- a.) Con las muestras preparadas de acuerdo con la prueba de límite líquido; en el momento de pasar al estado plástico al semisólido, esta humedad permite enrollar al suelo con la mano hasta que se pierda la humedad.
- b.) Estos pequeños rollos de suelo se lo moldea con los dedos sobre una placa de vidrio liso, con movimientos hacia adelante y hacia atrás hasta obtener un diámetro de 3mm aproximadamente y se forme un rollito hasta el punto que se presente pequeñas grietas.



Figura #2.54: Material enrollado.

Fuente: Laboratorio de suelos (Uleam)

- c.) Todas estas muestras obtenidas fueron colocadas en taras de aluminio para luego ser pesadas respectivamente.
- d.) Luego estas muestras fueron colocadas en el horno a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 24 horas.

- e.) Después haber pasado las 24 horas las muestras son retiradas del horno y se vuelven a pesar en la balanza.



Figura #2.55: Material pesado en la balanza digital

Fuente: Laboratorio de suelos (Uleam)

A continuación se detalla las formulas aplicadas en el cálculo:

$$Wms = (Wms + V) - V$$

Dónde:

Wms = *Peso de la muestra seca*

V = *vasija*

$$Wp = (Wmh + V) - (Wms + V)$$

Dónde:

Wp = *Peso perdido*

Wmh = *Peso muestra húmeda*

Wms = *Peso de la muestra seca*

V = *vasija*

$$\%H = Wp/Wms$$

Dónde

%H = *Porcentaje de humedad*

Wp = *Peso perdido*

$$\%H = Wp/Wms$$

Para conocer el Índice de plasticidad se utiliza la siguiente fórmula:

$$Id = LL - LP$$

Dónde:

Id = Índice de plasticidad

LL = Límite líquido

LP = Límite plástico

Tabla #2.21: Formato de Calculo

LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)					
N° TARA	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD

LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)				
N° TARA	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD
			PROMEDIO	0,00

Autores: Vásquez Naranjo Leslie – Fajardo Cobeña Shirley

2.7.4 Ensayo de Peso Especifico

Procedimiento:

- a.) En este ensayo se tomó 300gr. de muestra para adquirir su peso específico.
- b.) Se procede a pesar la probeta de 500ml.



Figura #2.56: Pesando la probeta en la balanza digital

Fuente: Laboratorio de suelos (Uleam)

- c.) Por consiguiente se le va colocando el agua destilada hasta llegar a la línea de aforo y determinar el peso dado por la balanza.
- d.) Luego se va colocando los 300gr. de material en la probeta y dando ligeros movimientos para que las partículas del material y agua se homogenicen entre sí, hasta la línea de aforo.



Figura #2.57: Dando ligeros movimientos al material

Fuente: Laboratorio de suelos (Uleam)

- e.) Una vez quedado el material mezclado en la probeta se procede a pesarlo en la balanza digital y determinar su peso, para luego hacer los cálculos respectivos en el formulario.

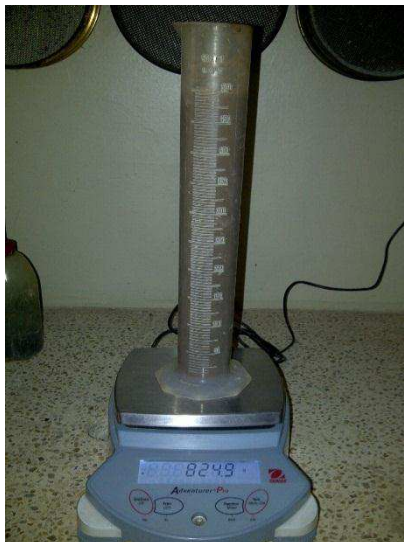


Figura #2.58: Pesando la probeta con el material

Fuente: Laboratorio de suelos (Uleam)

A continuación se detalla las formulas aplicadas en el cálculo:

$$Ge = \frac{ws}{wfw + ws - wf}$$

Dónde:

Ge: Peso específico

Es: Peso del material

Wfw: Peso de la probeta + agua

Wf: Peso de la probeta + agua + material

2.7.5 Ensayo de Peso Volumétrico

Procedimiento:

- a.) Una vez explorado en campo se extrae terrones del mismo suelo a investigar.
- b.) Se procede a pesar el terrón y se anota en la hoja de cálculo su peso respectivo.



Figura #2.59: Pesando los terrones
Fuente: Laboratorio de suelos (Uleam)

- c.) Luego a la parafina se la derrite en la cocineta para que su consistencia sea líquida para poder recubrir a los terrones, se prosigue a pesarlo en la balanza y se obtiene el segundo peso.



Figura #2.60: Derritiendo la parafina y envolviendo a los terrones
Fuente: Laboratorio de suelos (Uleam)

d.) Posteriormente se la pesa bajo el agua por medio de una balanza calibrada y se obtiene su tercer peso.



Figura #2.61: Sumergiendo los terrones en agua
Fuente: Laboratorio de suelos (Uleam)

e.) Se procede a calcular su peso volumétrico.

A continuación se detalla las formulas aplicadas en el cálculo:

$$d = b - a \qquad e = \frac{d}{0.89} \qquad Pu = \frac{a}{b - c - e}$$

Dónde:

- a** = Peso del material en el aire
- b** = Peso del material + parafina
- c** = Peso del material + parafina + agua
- d** = Peso de la parafina utilizada
- e** = Volumen de la parafina utilizada
- Densidad de la parafina = 0.89

2.7.6 Ensayo de Crumb

Procedimiento:

1. Se colocó una muestra de suelo en agua destilada, mientras la muestra se comienza a hidratar.
2. Se observa que las partículas coloidales empiezan a de flocularse durante 24 horas de inmersión, y se tiene como resultado la siguiente interpretación.
 - GRADO1.Ninguna reacción
 - GRADO2.Reaccion ligera
 - GRADO3.Reaccion moderada
 - GRADO4.Reaccion fuerte

En este ensayo se determinó que las muestras obtenidas presentaron grado 1 y grado 2.



Figura #2.62: Material hidratado
Fuente: Laboratorio de suelos (Uleam)

2.7.7 Ensayo de Pinhole Test

Procedimiento:

En la caracterización de Suelos Dispersivos ASTM D4647 hay tres maneras de desarrollar en el laboratorio, a continuación el procedimiento del método A", ya que es la más variada de clasificación.

Clasificación Método A".

- D1-D2 Arcillas dispersivas que fallan rápidamente bajo una cabeza hidráulica de 50mm.
 - ND4-ND3 Arcillas con características bajas o moderadas de dispersión, con cabezas hidráulicas entre 50mm a 180mm.
 - ND1-ND2 Arcilla no dispersiva con baja erosión, cabezas hidráulicas entre 180mm a 1020 mm de presión.
1. Se compacta la probeta de 40mm dentro del cilindro de la prueba, con la muestra restante hallar el contenido de humedad. La compactación se hace con el dispositivo Army, con el cual se deben hacer 12 ascensos con una masa de 0.5kg.
 2. Insertar el cono guía en la parte superior, ejerciendo presión, luego insertar la aguja por el cono y se presiona hasta penetrar la probeta. Se debe realizar unos giros antes de retirar la aguja es necesario para tener un buen orificio.



Figura #2.63: Material y equipos

Fuente: Laboratorio de suelos (Upse)

3. Se ubican 2 mallas en la parte en frente y posterior se agrega el material previamente lavado y luego ubicar las 2 mallas restantes sobre los extremos del

cilindro, ajustar las 2 placas mediante los tornillos y garantizar un cierre hermético del dispositivo.

4. Ubicar el depósito en forma horizontal y acoplarlo al manómetro.



Figura #2.64.: Compactación del Especimen

Fuente: Laboratorio de suelos (Upse)



Figura #2.65: Perforación del Espécimen

Fuente: Laboratorio de suelos (Upse)



Figura2.66: Mallas y Elementos de Ajuste

Fuente: Laboratorio de suelos (Upse)



Figura #2.67: Dispositivo Pinhole

Fuente: Laboratorio de suelos (Upse)

5. Se comienza con una cabeza hidraulica de 50mm de presion,y se registra el tiempo de inicio.Registrar los volumenes de agua recogidos al cabo de dos ,cuatro, cinco, seis , ocho y diez minutos asi como el estado de turbidez del agua.Si al momento de iniciar la prueba no hay indicio de la salida de flujo detener la prueba y revisar la muestra.
6. Empezamos con una cabeza hidraulica de 50mm de presion durante 5 minutos ,si el efluente que ha salido es oscuro y el caudal a estado entre los valores de 1.0 a 1.4m/s la pruba esta completa.
7. Desmontar el aparato y cortar transversalmente la muestra,compare el diametro del orificio,si este es mayor a dos veces que el de la aguja utilizada para abrirla se califica a este suelo como altamente Dispersivo -D1-.
8. Si el efluente que sale de la cabeza de 50 mm es claramente oscuro y su caudal de salida no varia entre 1.0ml/s durante los 5 primeros minutos,adicione 5 minutos mas,si al final del efluente sigue saliendo oscuro detengase y determine el tamaño del agujero,si este supera enb 1.5 veces mas el diametro de la aguja se califica como Arcilla Dispersiva -D2-.
9. Si al terminar los 10 minutos y el efluente es ligeramente oscuroy su caudal es de 0.4 a 0.8ml/s aumente la cabeza hidraulica a 180mm de presion si el afluyente es calramente oscuro y el caudal a aumentado 1.4 .2.7 ml/s,detengase y examine el tamalño del agujero.si este se encuentra entre 1.5 y 2 veces el diametro de la aguja clasifique el suelo como Arcilla Moderadamente Dispersiva - ND4-.

10. Si con la presión de 180mm el afluente sale claro o con algunas partículas y después de 5 minutos continúa con un caudal de 0.4 a 0.8ml/s eleve la presión a 380mm, si el afluente se ha oscurecido y el caudal se ha aumentado entre 1.8 a 3.2ml/s deténgase y clasifique el suelo como Ligeramente Dispersivo –ND-.
11. Si después de 5 minutos y una presión hidráulica de 380mm y el efluente es completamente claro y el caudal es de 1.0 a 1.8 ml/s eleve la presión hidráulica a 1020, si después de los 5 minutos el efluente es ligeramente oscuro y el caudal es mayor a 3.0ml/s clasifique el suelo como No Dispersivo –ND2-.
12. Puede considerarse suelo No Dispersivo ND1 bajo presiones de 1020 mm generalmente tienen un caudal menor que 3.0ml/s y al examinar el agujero este no se ha alargado.

Durante el desarrollo del ensayo se deben de tomar los datos de caudales y tiempos en los cuales los flujos salen o han salido turbios mediante especulación visual clasificar el suelo entre los parámetros que encajan en el método A.

2.7.8 Ensayo de Doble Hidrómetro

Procedimiento:

1. Se toma 60 gr, de muestra que pasa el tamiz # 200, que deberá ser previamente secada en el horno, para luego ser mezclada con 150ml de agua.
2. Se traslada la muestra a la máquina batidora, en cuyo recipiente transferimos la muestra, teniendo cuidado de no perder el material durante el proceso, agregamos agua hasta que alcance $\frac{2}{3}$ del recipiente.
3. Transferimos el contenido del vaso de la batidora en un cilindro de sedimentación, en este caso en una probeta de 1000ml añadimos agua hasta completar los 1000ml.
4. Se debe proveer de otra probeta con la misma cantidad de agua para colocar el hidrómetro y el termómetro.
5. Introducir el agitador con la muestra y agitar la misma. Este proceso se repite hasta que las lecturas del hidrómetro permanezcan estables.
6. Luego se procede a leer cada intervalo de tiempo establecido por las normas pero ya sin agitar las muestras.

2.7.9 Ensayo Metodológico

2.7.9.1 Método de Limite Líquido

Procedimiento:

1. Este método se lo emplea por medio de una fórmula general determinada por el Autor GIBBS Y BARA (1962), la cual es la siguiente:

$$\gamma_d = \frac{2.6 * Ll}{100}$$

Dónde:

γ_d : Peso volumétrico seco

Ll: limite líquido

El cual su parámetro especifica un resultado empírico relacionado con el peso volumétrico seco y su límite líquido de cada muestra obtenida en campo.

Llegando a su determinación que si los suelos tienen un valor mayor > **0,85** no son suelos colapsables.

CAP. ITULO III

3. ANALISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN CAMPO

3.1 ENSAYO DE HUMEDAD NATURAL

Tabla 3.22: Cálculos del porcentaje de humedad natural

MUESTRA N°			1		%
Lugar			Barrio 5 de agosto		
Tara N°			7	14	
P e g r s a o m e o s n	Tara + Suelo húmedo	gr.	59,00	81,70	
	Tara + Suelo seco	gr.	58,20	80,60	
	Tara	gr.	6,50	6,70	
	Agua	gr.	51,70	73,90	
	Suelo seco	gr.	0,80	1,10	
	Contenido de humedad	%	1,55	1,49	

Autores: Vásquez Naranjo Leslie – Fajardo Cobeña Shirley

Tabla #3.23: Cálculos del porcentaje de humedad natural

MUESTRA N°			9		%
Lugar			Zona Santiago Arauz(frente adoquines)		
Tara N°			17	12	
P e g r s a o m e o s n	Tara + Suelo húmedo	gr.	64,40	62,90	
	Tara + Suelo seco	gr.	54,40	53,90	
	Tara	gr.	7,10	6,90	
	Agua	gr.	47,30	47,00	
	Suelo seco	gr.	10,00	9,00	
	Contenido de humedad	%	21,14	19,15	

Autores: Vásquez Naranjo Leslie – Fajardo Cobeña Shirley

Los resultados obtenidos (tabla #3.22) de humedad natural, nos muestran que en el lugar Barrio 5 de Agosto el suelo se encuentra con un porcentaje de humedad de 1,52%. En lo que respecta a la muestra 9 (tabla #3.23) se detalla un porcentaje de humedad de 20,15% lo que indica que el suelo está relativamente húmedo.

En cuanto a los resultados completos que se detallan en el anexo # 1 de los análisis de los suelos encontramos suelos semi-saturado y parcialmente saturado con una humedad promedio de 35%. Estos resultados nos ayudaran a analizar en la tabla de resumen (Anexo #4) el comportamiento de nuestros suelos.

3.2 ENSAYO DE GRANULOMETRIA

**Tabla #3.24: Resultados de la granulométrica – Muestra 1
GRANULOMETRIA (ASTM D422)**

TAMIZ	P. RETENIDO PARCIAL	P. RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICO
GRANULOMETRIA					
4"					
3"					
2 ½"					
2"					
1½"					
1"					
¾"					
½"					
3/8"					
Nº4					
PASA Nº4				100,00	
TOTAL					
SERIE FINA					
Nº4	2,70		2,74	97,26	
8					
10	4,90		4,97	92,28	
16					
20					
30					
40	11,80		11,98	80,31	
50					
60					
100					
200	70,50		71,57	(8,74)	
PASA Nº200	8,60		8,74		
TOTAL	98,50				

Autores: Vásquez Naranjo Leslie – Fajardo Cobeña Shirley

Tabla #:3.25 Resultados de la granulométrica – Muestra 9

TAMIZ	P. RETENIDO PARCIAL	P. RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICO
GRANULOMETRIA					
4"					
3"					
2 ½"					
2"					
1½"					
1"					
¾"					
½"					
3/8"					
Nº4					
PASA Nº4				100	
TOTAL					
SERIE FINA					
Nº4	0,3		0,36	99,64	
8					
10	1,40		1,68	97,96	
16					
20					
30					
40	15,40		18,50	79,46	
50					
60					
100					
200	5,50		6,61	(72,85)	
PASA Nº200	60,63		72,85		
TOTAL	83,23				

Autores: Vásquez Naranjo Leslie – Fajardo Cobeña Shirley

Con los resultados obtenidos del análisis granulométrico (tabla #3.24) se logró deducir que la muestra 1 del Barrio 5 de Agosto corresponde a un suelo de grano fino, con grano grueso fino del grupo de las arenas, debido a que el 97,26% paso el tamiz # 4, el 70,50% fue retenido en el tamiz # 200 y más de la mitad de la muestra pasa por el tamiz # 200.

Por otra parte los datos que se obtuvieron en la muestra 9 del sector Santiago Arauz (tabla #3.25) muestran que tenemos un suelo de grano fino perteneciente a las arenas del material obtenido, que paso el tamiz # 4, el 99,64% fue retenido en el tamiz # 200 y solo el 5,50% paso el tamiz # 200.

Con todas las muestras recopiladas en el Anexo #4 se puede deducir que las partículas que conforman al suelo determinado de los diferentes sectores presentan diferente granulometría donde predomina el material fino (limo-arcilla) con cantidades no excluyentes de arena fina.

3.3 ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO

Tabla 3.26: Cálculos del límite líquido – MUESTRA 4

LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)					
N° TARA	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD
7	30	34,00	27,40	6,50	31,58
15	20	39,80	31,30	6,20	33,86
3	10	46,02	35,20	5,90	36,93

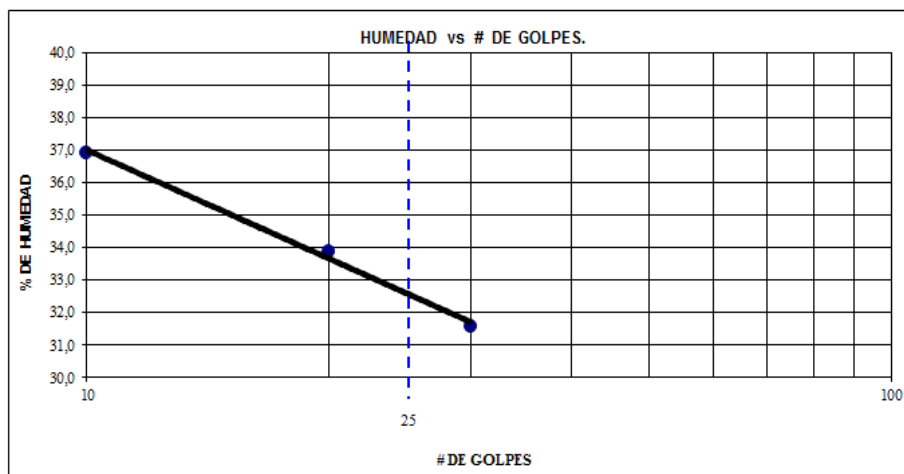


Figura #3.68: Gráfico de porcentaje de humedad
Autores: Vásquez Naranjo Leslie – Fajardo Cobeña Shirley

La tabla #3.26 nos muestra el porcentaje de humedad obtenido del número de golpe realizados con la cuchara casa grande, valores que nos permitirán, mediante una gráfica, interceptar los tres puntos realizados. Esta unión de puntos será interceptada por una línea que partirá desde los 25 golpes, el punto de encuentro servirá de referencia para trazar una recta y determinar cuáles el límite líquido del suelo. Se muestra en el límite líquido del suelo que es de 32,50% lo que nos da a entender que nuestro suelo no puede exceder este porcentaje de humedad ya que pasaría a comportarse como un líquido. Cuando la muestra es sometida a la cuchara casa grande y cierra antes de los 25 golpes en su primera prueba se lo calificara como material no plástico NP.

Los resultados obtenidos del límite líquido de todas las muestras realizadas se muestran en el anexo 1.

3.4 ENSAYO DE LIMITE PLASTICO

Tabla #3.27: Cálculos del Límite Plástico

LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)				
N°	PESO	PESO	PESO	%
TARA	HUMEDO	SECO	TARRO	DE HUMEDAD
T1	10,82	9,70	5,10	24,35
T2	14,60	13,00	6,50	24,62
		PROMEDIO		24,48

Autores: Vásquez Naranjo Leslie – Fajardo Cobeña Shirley

En la tabla #3.27 con los valores de porcentaje de humedad que arrojaron los cálculos se realizó un promedio que nos dio un porcentaje de 24,48%, lo cual nos indica que hasta este porcentaje de humedad nuestro material se comportara como plástico, si reduce este porcentaje se comportara como un semisólido.

Obtenido los límites líquidos y plástico se obtiene por diferencia el índice de plasticidad el cual nos da un valor de 8,02 % que nos indica el rango dentro del cual nuestro suelo se comportara plásticamente.

Una vez obtenidos los valores de L.L. e I.P. utilizamos estos datos para graficarlos en la carta de plasticidad (figura #3.69). Graficado el punto en la carta nos va a indicar, si es

arcilla sobre la LINEA 'A' y si es limo de bajo de la LINEA 'A'. En este caso se ubicó debajo de la línea y con un límite líquido menor a 50 lo que nos indica que es un suelo ML: limo de baja plasticidad.

El grafico de plasticidad es el siguiente:

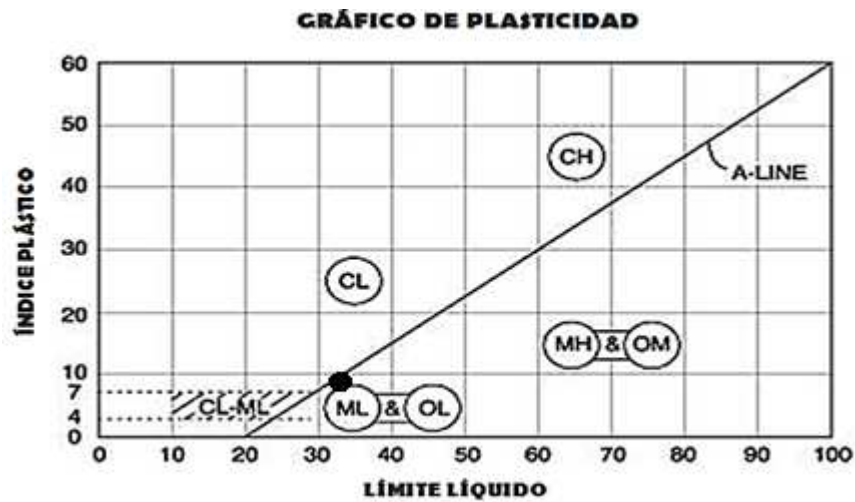


Figura #3.69: Gráfico de Carta de plasticidad
Autores: VASQUEZ LESLIE – FAJARDO SHIRLEY

3.5 ENSAYO PESO ESPECIFICO

Tabla #3.28 Calculo de peso especifico

	GRAMOS
MATERIAL (ws)	300
PESO PROBETA	148,2
PESO PROBETA + AGUA (wfw)	639,6
PESO PROBETA + AGUA + MATERIAL (wf)	828
TOTAL	2,69

Autores: Vásquez Naranjo Leslie – Fajardo Cobeña Shirley

$$Ge = \frac{ws}{wfw + ws - wf}$$

Explicación:

En la tabla #3.28 se puede observar que el total del peso específico es de 2,69gr, el cual se determinó mediante la fórmula indicada.

3.6 ENSAYO PESO VOLUMETRICO

Tabla #3.29 Calculo de Peso Volumétrico

	GRAMOS
PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE	1490,5
PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE + PARAFINA	1786,5
PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE + PARAFINA + AGUA	574,0
DENSIDAD DE PARAFINA	0,89

Autores: Vásquez Naranjo Leslie – Fajardo Cobeña Shirley

$$d = b - a = 296,00$$

$$e = \frac{d}{0,89} = 332,58$$

$$Pv = \frac{a}{b - c - e} = 1,694 \text{ gr/cm}^3$$

Explicación:

En la tabla #3.29 se puede observar que el total del peso volumétrico (Pv) que es de 1,694 gr/cm³, el cual se determinó mediante la fórmula indicada.

3.7 ENSAYO DE CRUMB

Tabla# 3.30: Resultados del ensayo de Crumb

MUESTRAS	UBICACIÓN	TIPO DE SUELO	ENSAYO DE CRUMB
		SUCS	GRADO
MUESTRA 1	BARRIO 5 DE AGOSTO	SP-SM	GRADO 1
MUESTRA 2	BARRIO 5 DE AGOSTO	SP-SM	GRADO 1
MUESTRA 3	BARRIO 5 DE AGOSTO	SP-SM	GRADO 1
MUESTRA 4	COMPLEJO TOHALLI	ML	GRADO 1
MUESTRA 5	AV. LA CULTURA AV. INTERBARRIOS (5 DE JUNIO)	SP-SM	GRADO 1
MUESTRA 6	GASOLINERA PRIMAX	SC	GRADO 1
MUESTRA 7	CONECTOR VIA CIRCUNVALACION	ML	GRADO 1
MUESTRA 8	RUTA SPONDYLUS LLEGADA SAN MATEO	MH	GRADO 2
MUESTRA 9	SANTIAGO ARAUZ	MH	GRADO 2
MUESTRA 10	SAN MATEO U.E.RIOBAMBA	SP-SM	GRADO 1
MUESTRA 11	AL LADO DEL PUENTE	ML	GRADO 2
MUESTRA 12	VIA ROCAFUERTE	ML	GRADO 1
MUESTRA 13	MUELLE JARAMIJO	ML	GRADO 2
MUESTRA 14	VIA REFINERIA CARRETERA 1	SM	GRADO 1
MUESTRA 15	VIA REFINERIA CARRETERA 2	SM	GRADO 1
MUESTRA 16	SITIO INDUMASTER	SM	GRADO 1

3.8 ENSAYO PINHOLE TEST

Tabla #3.31: Resultado del ensayo de Pinhole Test

DETERMINACION DE DISPERSION DE SUELOS - METODO DE PINHOLE TEST (ASTM 4647-93)

UBICACIÓN:

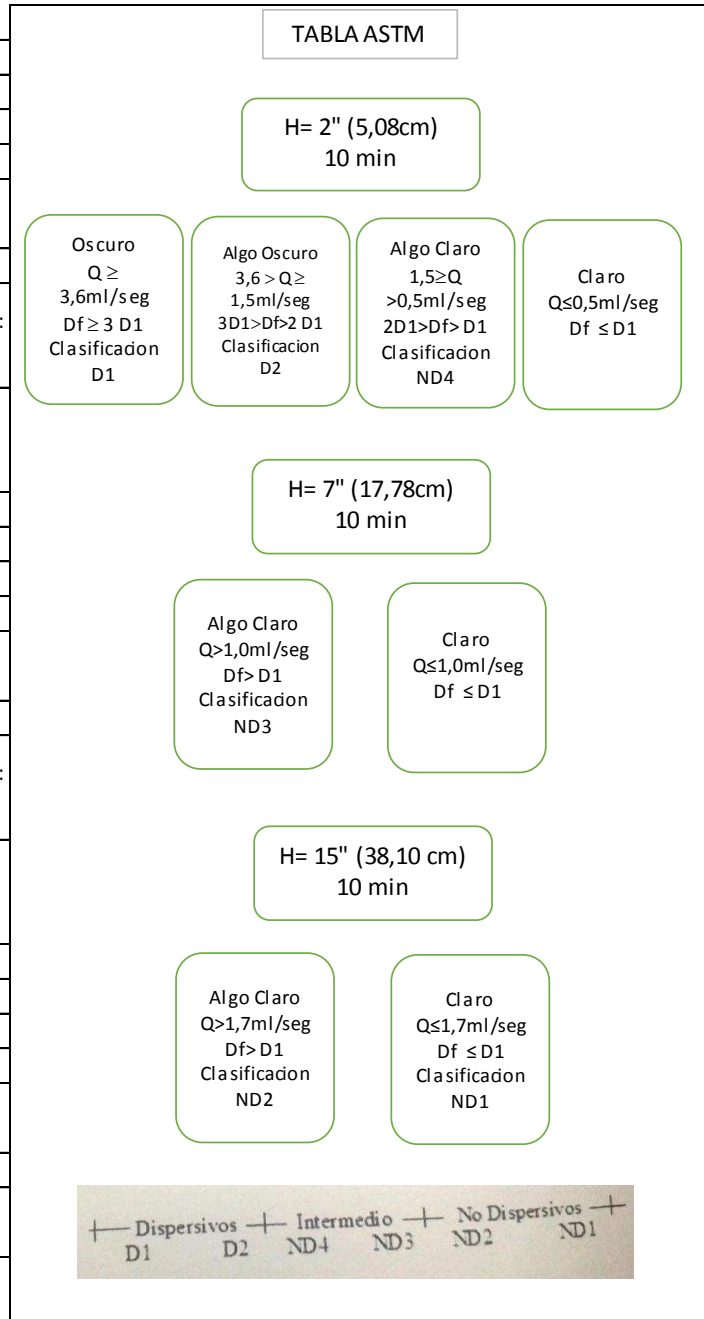
MUESTRA : 1

PROFUNDIDAD: 5

1°		
CARGA HIDRAULICA (H):	5,08	cm
VOLUMEN (V):	98	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,163	ml/seg
CLASIFICACION		
DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	Repetir ensayo con H: 17,78cm	Repetir ensayo con H: 17,78cm

2°		
CARGA HIDRAULICA (H):	17,78	cm
VOLUMEN (V):	200	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,333	ml/seg
CLASIFICACION		
DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	Repetir ensayo con H: 17,78cm	Repetir ensayo con H: 17,78cm

3°		
CARGA HIDRAULICA (H):	38,1	cm
VOLUMEN (V):	413	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,688	ml/seg
CLASIFICACION		
DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	ND1	NO DISPERSIVO



3.9 ENSAYO DOBLE HIDROMETRO

Tabla# 3.32: Resultado del ensayo del Doble Hidrómetro

UBICACIÓN: Barrio 5 de Agosto
 MUESTRA: 1
 PROFUNDIDAD mts: 2

DATOS TECNICOS				
TIPO DE HIDROMETRO	152H	GRAVEDAD ESPECIFICA DEL SUELO	2,56	2,6
AGENTE DISPERSANTE	con dispersante / sin dispersante	FACTOR DE CORRECIÓN (a)	1,01	
PASANTE # 200	100,00%	PESO DEL SUELO (Ws)	50	
CORRECIÓN MENISCO	3	CORRECCION POR CERO (Fz)	3	

TEMPERATURA °C	TIEMPO	LECTURA DEL HIDROMETRO	Rcp	% MAS FINO	RcL	L (cm)	A	D (mm)
26	0,25	48	46,65	94,23	51,00	8,4	0,0129	0,075
26	0,5	44	42,65	86,15	47,00	9,1	0,0129	0,055
26	1	41	39,65	80,09	44,00	9,6	0,0129	0,040
26	2	36	34,65	69,99	39,00	10,4	0,0129	0,029
26	4	31	29,65	59,89	34,00	11,2	0,0129	0,022
26	8	28	26,65	53,83	31,00	11,7	0,0129	0,016
26	15	27	25,65	51,81	30,00	11,9	0,0129	0,011
26	30	25	23,65	47,77	28,00	12,2	0,0129	0,008
25	60	23	21,4	43,23	26,00	12,5	0,0131	0,006
25	120	22	20,4	41,21	25,00	12,7	0,0131	0,004
24	240	20	18,15	36,66	23,00	13	0,0132	0,003
24	480	19	17,15	34,64	22,00	13,2	0,0132	0,002
25	1440	17	15,4	31,11	20,00	13,5	0,0131	0,001
25	2880	15	13,4	27,07	18,00	13,8	0,0131	0,001

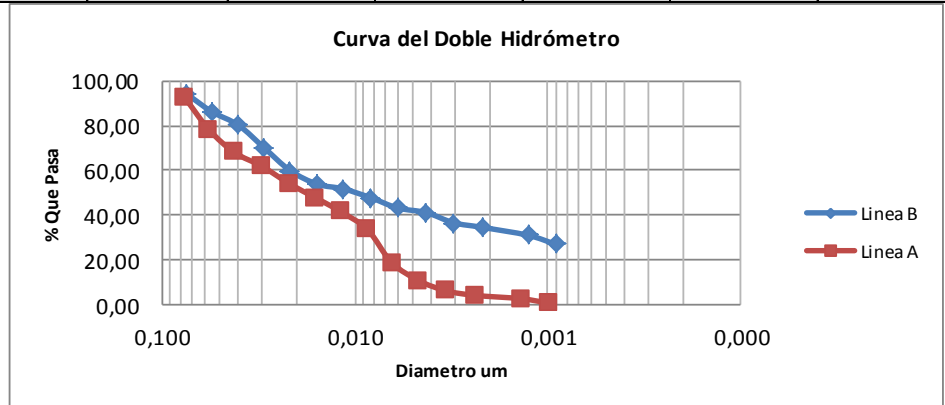
TEMPERATURA °C	TIEMPO	LECTURA DEL HIDROMETRO	Rcp	% MAS FINO	RcL	L (cm)	A	D (mm)
26	0,25	47	45,65	92,21	50,00	8,6	0,0129	0,076
26	0,5	40	38,65	78,07	43,00	9,7	0,0129	0,057
26	1	35	33,65	67,97	38,00	10,6	0,0129	0,042
26	2	32	30,65	61,91	35,00	11,1	0,0129	0,030
26	4	28	26,65	53,83	31,00	11,2	0,0129	0,022
26	8	25	23,65	47,77	28,00	12,2	0,0129	0,016
26	15	22	20,65	41,71	25,00	12,7	0,0129	0,012
26	30	18	16,65	33,63	21,00	13,3	0,0129	0,009
25	60	11	9,4	18,99	14,00	14,5	0,0131	0,006
25	120	7	5,4	10,91	10,00	15,2	0,0131	0,005
24	240	5	3,15	6,36	8,00	15,5	0,0132	0,003
24	480	4	2,15	4,34	7,00	15,6	0,0132	0,002
25	1440	3	1,4	2,83	6,00	15,8	0,0131	0,001
25	2880	2	0,4	0,81	5,00	16,0	0,0131	0,001

$$\% = \frac{A \times 100}{B}$$

$$\% = \frac{11,01 \times 100}{40,56}$$

$$= 27,14 \approx 27,00$$

NO DISPERSIVO



Autores: Vásquez Naranjo Leslie – Fajardo Cobeña Shirley

3.10 ENSAYO METODOLOGICO E IDENTIFICACION DE SUELOS COLAPSABLES

Metodo del Limite Liquido

FORMULA:
$$yd = \frac{2.6 * Ll}{100}$$

Tabla# 3.33: Resultados del Método del Limite Liquido

MUESTRAS	UBICACIÓN	LIMITE LIQUIDO	TOTAL	RESULTADO
		%		
MUESTRA 1	BARRIO 5 DE AGOSTO	*		
MUESTRA 2	BARRIO 5 DE AGOSTO	*		
MUESTRA 3	BARRIO 5 DE AGOSTO	*		
MUESTRA 4	COMPLEJO TOHALLI	32,50	0,85	Suelo estable
MUESTRA 5	AV. LA CULTURA AV. INTERBARRIOS (5 DE JUNIO)	32,99	0,86	No colapsable
MUESTRA 6	GASOLINERA PRIMAX	23,78	0,62	Colapsable
MUESTRA 7	CONECTOR VIA CIRCUNVALACION	36,43	0,95	Colapsable
MUESTRA 8	RUTA SPONDYLUS LLEGADA SAN MATEO	70,63	1,84	No colapsable
MUESTRA 9	SANTIAGO ARAUZ	61,90	1,61	No colapsable
MUESTRA 10	SAN MATEO U.E.RIOBAMBA	53,97	1,40	No colapsable
MUESTRA 11	AL LADO DEL PUENTE	40,03	1,04	No colapsable
MUESTRA 12	VIA ROCAFUERTE	47,20	1,23	No colapsable
MUESTRA 13	MUELLE JARAMIJO	27,03	0,70	Colapsable
MUESTRA 14	VIA REFINERIA CARRETERA 1	*		
MUESTRA 15	VIA REFINERIA CARRETERA 2	*		
MUESTRA 16	SITIO INDUMASTER	*		

Autores: Vásquez Naranjo Leslie – Fajardo Cobeña Shirley

Explicación:

El cual su parámetro específica un resultado empírico relacionado con el peso específico y su límite líquido de cada muestra obtenida en campo.

Llegando a su determinación que si los suelos tienen un valor (> 0,85) no son suelos colapsables.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Los trabajos geomecánicos obtenidos en la presente investigación son basadas a muestras tomadas en condiciones naturales de humedad y densidad, por lo que dicho parámetro pueden variar dependiendo de su estado saturación, consistencia, y compacidad de los suelos.

- El propósito principal de los ensayos presentados es la identificación real de los suelos dispersivos, que son la causa de fallas en presas de tierra y serias erosiones en otras estructuras de tierra.
- De los 16 ensayos físicos analizados, se comprueba que con frecuencia los resultados no concuerdan, y que el ensayo de Pinhole es el más fiable, por ser un ensayo cuantitativo y cualitativo; por lo tanto, es el ensayo físico que modela las condiciones de servicio y evalúa la dispersión.
- Los suelos dispersivos son altamente susceptibles a la tubificación por los procesos de erosión coloidal.
- De los ensayos físicos realizados, se observa que existe una buena correlación entre los ensayos de Pinhole y de Crumb.
- Un suelo con muchas sales hace al suelo dispersarse más fácilmente.

RECOMENDACIONES

- Es recomendable utilizar más de un ensayo para comprobar la dispersividad de un suelo. La opción más simple y económica sería emplear los ensayos de Crumb y de Pinhole Test.
- Se sugiere que los Ensayo de Pinhole se debería realizar en situaciones donde el agua estaría fluyendo (por ejemplo: en el caso de una presa) y el Ensayo de Emerson Crumb para las condiciones quietas, (por ejemplo en reservorios).
- Se recomienda utilizar en presencia de suelos colapsables materiales del mismo suelo extraído, compactado y eventualmente estabilizado granulométricamente:

arena compactada o suelo cemento compactado. La elección del tipo de material está condicionada generalmente por variables técnico económica. Los espesores de estos mantos son variables (1 a 4m) dependiendo del tipo de cargas y de las características del proyecto.

- Para las vías se propone que se utilice una mezcla de drenajes y sub-drenajes para pavimentos impermeables sobre suelos dispersivos.
- En presencia de suelos colapsables es recomendable reducir los vacíos, la permeabilidad y aumentar la capacidad de carga, utilizando fuerzas estáticas o dinámicas, a través de inyección de lechadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AVILA, E. (25 de OCTUBRE de 2015). <http://www.academia.edu/>. Recuperado el 28 de NOVIEMBRE de 2015, de <http://www.academia.edu/>: http://www.academia.edu/17258085/Solucion_a_Suelos_Expansivos_Colapsables_y_Dispersivos
- Bañon, L., & Bevía, J. F. (2001). *Manual de Carreteras* (Vol. I). Universidad de Alicante. Departamento de Ingeniería de la Construcción, Obras Públicas e Infraestructura Urbana: Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A.
- Carlos, C. (03 de 10 de 2009). <http://es.slideshare.net>. Recuperado el 25 de 11 de 2015, de <http://es.slideshare.net/carlosjcamacho>: <http://es.slideshare.net/carlosjcamacho/criterios-para-calificar-los-suelos-con-fines-urbanos>
- Comisión Nacional del Agua(Mexico). (diciembre de 2007). *Geotecnia en suelos Inestables*. Recuperado el 16 de julio de 2015, de Geotecnia en suelos Inestables: <ftp://ftp.conagua.gob.mx/Mapas/libros%20pdf%202007/Geotecnia%20en%20Suelos%20Inestables.pdf>
- Dudley, 1., & Maswoswe, 1. (21 de 05 de 2013). www.estudiosgeotecnicos.info. Recuperado el 19 de 08 de 2015, de <http://www.estudiosgeotecnicos.info/index.php/suelos-expansivos-colapsables/>: <http://www.estudiosgeotecnicos.info/index.php/suelos-expansivos-colapsables/>
- Echarri, L. (09 de octubre de 1999). www.tecnun.es. Recuperado el 20 de enero de 2015, de suelo: <http://www.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/05PrinEcos/110Suelo.htm#POBLACION>
- GARAY, H., & ALVA, J. (06 de 09 de 2010). <http://www.cismid.uni.edu.pe>. Recuperado el 20 de 01 de 2015, de IDENTIFICACION DE SUELOS DISPERSIVOS: http://www.cismid.uni.edu.pe/descargas/a_labgeo/labgeo18_p.pdf
- Hector, G., & Caribe, G. (07 de Noviembre de 2011). salonhogar.net. Recuperado el 02 de Enero de 2015, de El suelo: http://salonhogar.net/Salones/Ciencias/1-3/El_Suelo/El_suelo.htm
- M.E, S. (2013). *¿Que es el suelo y como se forma?* Mexico.
- Martinez, C. (13 de Enero de 2002). *Edafologia: clasificacion de los suelos*. Recuperado el 28 de Enero de 2015, de platea.pntic.mec.es: <http://platea.pntic.mec.es/~cmarti3/CTMA/SUELO/clasif1.htm>

- Mesta, M. (26 de Octubre de 2012). *Suelos Expansivos*. Recuperado el 23 de febrero de 2015, de [https://prezi.com: https://prezi.com/t0f13emxtrnm/suelos-expansivos/](https://prezi.com/t0f13emxtrnm/suelos-expansivos/)
- P.A.Ck, L. A. (04 de 08 de 2010). <https://explorock.wordpress.com>. Recuperado el 23 de 02 de 2015, de Clasificacion de los depositos sedimentarios: <https://explorock.wordpress.com/2010/08/04/depositos-sedimentarios/>
- Poliotti, M., & Sierra, P. (s.f.). *Consolidacion Unidimensional De Suelos*. Recuperado el 15 de noviembre de 2015, de [geologiygeotecnia/Consolidacion%20unidim%20de%20suelos_2011s2.pdf](http://www.fceia.unr.edu.ar/geologiygeotecnia/Consolidacion%20unidim%20de%20suelos_2011s2.pdf): http://www.fceia.unr.edu.ar/geologiygeotecnia/Consolidacion%20unidim%20de%20suelos_2011s2.pdf
- R.Redolfi, D. (2007). <http://www.docentes.unal.edu.co>. Recuperado el 04 de 02 de 2015, de Caracteristicas de suelos colapsables: <http://www.docentes.unal.edu.co/aepazgon/docs/Suelos%20Colapsables.pdf>
- Torrijo, J., & Franchi, J. (21 de Mayo de 2013). *Suelos Metaestables: Suelos Expansivos y colapsables*. Recuperado el 23 de Febrero de 2015, de <http://www.estudiosgeotecnicos.info>: <http://www.estudiosgeotecnicos.info/index.php/suelos-expansivos-colapsables/>
- Zamora, J., & Cristancho, F. (2008). *La Humedad en las propiedades físicas del suelo*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

A

N

E

X

O

S

ANEXO 1

ENSAYO HUMEDAD NATURAL, GRANULOMETRÍA Y LÍMITES DE ATTERBERG

PROYECTO: TESIS

UBICACION: MUESTRA : 1 MATERIAL: SUELO NATURAL

ENSAYOS DE CLASIFICACION

GRANULOMETRÍA (ASTM D422)

TAMIZ	P. RETENIDO PARCIAL	P. RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICO
GRANULOMETRIA					
4"					
3"					
2 ½"					
2"					
1½"					
1"					
¾"					
½"					
3/8"					
Nº4					
PASA Nº4				100,00	
TOTAL					
SERIE FINA					
Nº4	2,70		2,74	97,26	
8					
10	4,90		4,97	92,28	
16					
20					
30					
40	11,80		11,98	80,31	
50					
60					
100					
200	70,50		71,57	(8,74)	
PASA Nº200	8,60		8,74		
TOTAL	98,50				

HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)

Nº TARRO	Nº GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
7	---	59,00	58,20	6,50	1,55	
14	---	81,70	80,60	6,70	1,49	
						1,52

LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)

LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)

P inicial humedo= 100 grms
P inicial seco= 98,50 grms

CLASIFICACION:		HUMEDAD NATURAL:	1,52 %
		LIMITE LIQUIDO:	NP
SUCS	SP-SM	INDICE PLASTICO:	NP
AASTHO	A4		

ENSAYO HUMEDAD NATURAL, GRANULOMETRÍA Y LÍMITES DE ATTERBERG

PROYECTO: TESIS

UBICACION:

MUESTRA : 2

MATERIAL: SUELO NATURAL

ENSAYOS DE CLASIFICACION

GRANULOMETRÍA (ASTM D422)

TAMIZ	P. RETENIDO PARCIAL	P. RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICO
GRANULOMETRIA					
4"					
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
Nº4					
PASA Nº4				100,00	
TOTAL					

SERIE FINA

Nº4	19,00		19,29	80,71	
8					
10	7,20		7,31	73,40	
16					
20					
30					
40	20,80		21,12	52,29	
50					
60					
100					
200	46,00		46,70	(5,59)	
PASA Nº200	5,50		5,59		
TOTAL	98,50				

HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)

Nº TARRO	Nº GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
5	---	74,80	73,70	6,80	1,64	
10	---	72,30	71,40	6,90	1,40	
						1,52

LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)

LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)

P inicial humedo= 100 grms

P inicial seco= 98,50 grms

CLASIFICACION:		HUMEDAD NATURAL:	1,52 %
		LIMITE LIQUIDO:	NP
SUCS	SP-SM	INDICE PLASTICO:	NP
AASTHO	A4		

ENSAYO HUMEDAD NATURAL, GRANULOMETRÍA Y LÍMITES DE ATTERBERG

PROYECTO: TESIS

UBICACION: MUESTRA : 3 MATERIAL: SUELO NATURAL

ENSAYOS DE CLASIFICACION

GRANULOMETRÍA (ASTM D422)

TAMIZ	P. RETENIDO PARCIAL	P. RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICO
GRANULOMETRIA					
4"					
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
Nº4					
PASA Nº4				100,00	
TOTAL					

SERIE FINA

Nº4	0,00		0,00	100,00	
8					
10	0,40		0,41	99,59	
16					
20					
30					
40	2,60		2,68	96,91	
50					
60					
100					
200	92,50		95,17	(1,74)	
PASA Nº200	1,70		1,74		
TOTAL	97,20				

HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)

Nº TARRO	Nº GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
43	---	69,50	66,50	6,30	4,98	
2	---	70,70	70,20	6,70	0,79	
						2,89

LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)

LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)

P inicial humedo= 100 gms

P inicial seco= 97,20 gms

CLASIFICACION:		HUMEDAD NATURAL:	2,89 %
SUCS AASTHO	SP	LIMITE LIQUIDO:	NP
	A4	INDICE PLASTICO:	NP

ENSAYO HUMEDAD NATURAL, GRANULOMETRÍA Y LÍMITES DE ATTERBERG

PROYECTO: TESIS

UBICACION:

MUESTRA :

4

MATERIAL:

SUELO NATURAL

ENSAYOS DE CLASIFICACION

GRANULOMETRÍA (ASTM D422)

TAMIZ	P. RETENIDO PARCIAL	P. RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICO
GRANULOMETRÍA					
4"					
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
N°4					
PASA N°4				100,00	
TOTAL					

SERIE FINA

N°4	1,2		1,26	98,74	
8					
10	1,50		1,58	97,16	
16					
20					
30					
40	2,00		2,10	95,06	
50					
60					
100					
200	37,70		39,61	(55,46)	
PASA N°200	52,79		55,46		
TOTAL	95,19				

P inicial húmedo= 100 gms
P inicial seco= 95,19 gms

CLASIFICACION:	HUMEDAD NATURAL:	5,06 %
	LIMITE LIQUIDO:	32,50 %
SUCS	ML	INDICE PLASTICO:
AASTHO	A-4	8.02

HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)

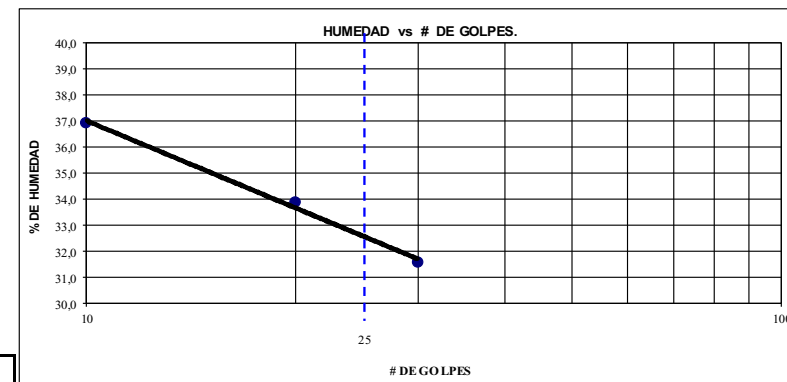
N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
1	---	54,90	52,60	5,20	4,85	
8	---	60,80	58,10	6,80	5,26	
						5,06

LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)

7	30	34,00	27,40	6,50	31,58	
15	20	39,80	31,30	6,20	33,86	
3	10	46,02	35,20	5,90	36,93	

LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)

T1		10,82	9,70	5,10	24,35	
T2		14,60	13,00	6,50	24,62	
						24,48



ENSAYO HUMEDAD NATURAL, GRANULOMETRÍA Y LÍMITES DE ATTERBERG

PROYECTO: TESIS

UBICACION:

MUESTRA :

5

MATERIAL:

SUELO NATURAL

ENSAYOS DE CLASIFICACION

GRANULOMETRÍA (ASTM D422)

TAMIZ	P. RETENIDO PARCIAL	P. RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICO
GRANULOMETRIA					
4"					
3"					
2 ½"					
2"					
1 ½"					
1"					
¾"					
½"					
3/8"					
Nº4					
PASA Nº4				100,00	
TOTAL					

SERIE FINA

Nº4	19,7		22,05	77,95	
8					
10	25,10		28,09	49,86	
16					
20					
30					
40	22,80		25,52	24,34	
50					
60					
100					
200	12,20		13,65	(10,69)	
PASA Nº200	9,55		10,69		
TOTAL	89,35				

P inicial humedo= 100 gms
P inicial seco= 89,35 gms

CLASIFICACION:

SUCS AASHTO	SP- SM A-4	HUMEDAD NATURAL:	11,92 %
		LIMITE LIQUIDO:	32,99 %
		INDICE PLASTICO:	1,01

HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)

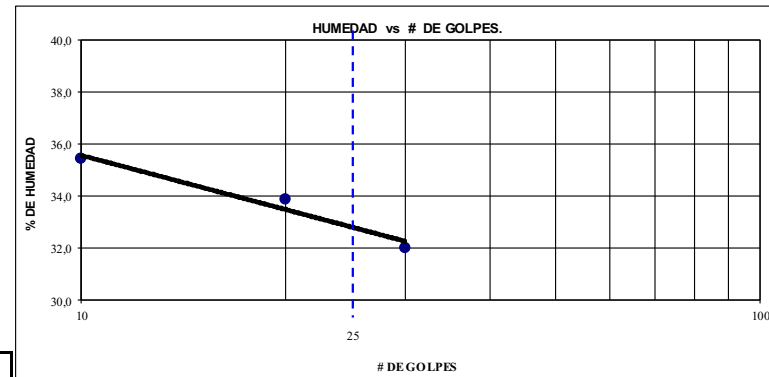
Nº TARRO	Nº GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
20	---	62,60	57,00	7,20	11,24	
19	---	50,70	45,60	5,10	12,59	
						11,92

LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)

18	30	41,50	33,40	8,10	32,02	
19	20	29,70	23,50	5,20	33,88	
OTG	10	33,00	26,20	7,00	35,42	

LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)

1		18,15	15,40	6,70	31,61	
2		14,10	11,90	5,10	32,35	
						31,98



ENSAYO HUMEDAD NATURAL, GRANULOMETRÍA Y LÍMITES DE ATTERBERG

PROYECTO: TESIS

UBICACION:

MUESTRA :

6

MATERIAL:

SUELO NATURAL

ENSAYOS DE CLASIFICACION

GRANULOMETRÍA (ASTM D422)

TAMIZ	P. RETENIDO PARCIAL	P. RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICO
GRANULOMETRIA					
4"					
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
Nº4					
PASA Nº4				100,00	
TOTAL					

SERIE FINA

Nº4	9,9		11,97	88,03	
8					
10	18,20		22,01	66,02	
16					
20					
30					
40	19,20		23,22	42,80	
50					
60					
100					
200	13,40		16,20	(26,60)	
PASA Nº200	21,99		26,60		
TOTAL	82,69				

P inicial humedo= **100** grms
P inicial seco= **82,69** grms

CLASIFICACION:		HUMEDAD NATURAL:	20,93 %
		LIMITE LIQUIDO:	23,78 %
		INDICE PLASTICO:	4,83
SUCS	SC		
AASTHO	A-4		

HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)

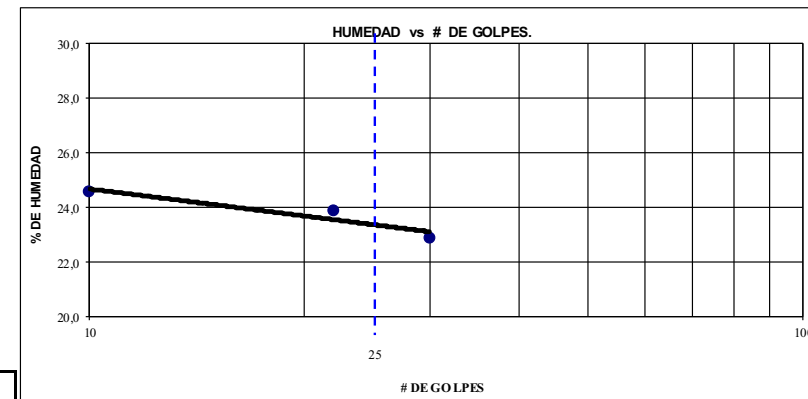
Nº TARRO	Nº GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
4	---	60,50	51,80	6,80	19,33	
11	---	65,30	54,60	7,10	22,53	
						20,93

LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)

100	30	35,40	30,00	6,40	22,88	
101	22	34,60	29,30	7,10	23,87	
102	10	36,60	30,70	6,70	24,58	

LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)

103		16,10	14,35	5,50	19,77	
104		16,90	15,12	5,30	18,13	
						18,95



ENSAYO HUMEDAD NATURAL, GRANULOMETRÍA Y LÍMITES DE ATTERBERG

PROYECTO: TESIS

UBICACION:

MUESTRA : 7

MATERIAL: SUELO NATURAL

ENSAYOS DE CLASIFICACION

GRANULOMETRÍA (ASTM D422)

TAMIZ	P. RETENIDO PARCIAL	P. RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICO
GRANULOMETRIA					
4"					
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
Nº4					
PASA Nº4				100,00	
TOTAL					

SERIE FINA

Nº4	0,5		0,55	99,45	
8					
10	0,80		0,87	98,58	
16					
20					
30					
40	11,50		12,57	86,01	
50					
60					
100					
200	12,20		13,33	(72,68)	
PASA Nº200	66,52		72,68		
TOTAL	91,52				

P inicial humedo= 100 gms
P inicial seco= 91,52 gms

HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)

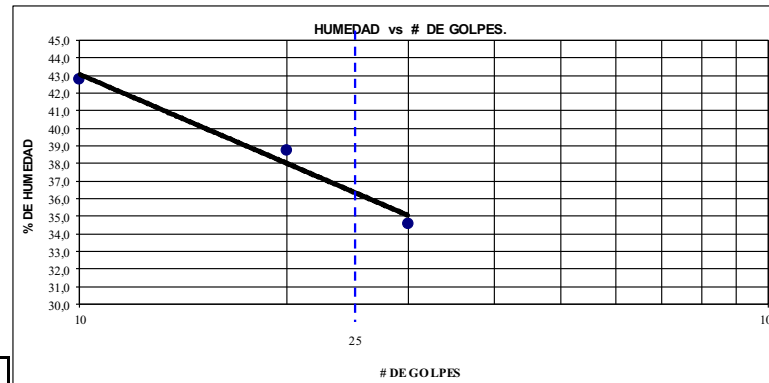
Nº TARRO	Nº GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
6	---	47,00	44,70	5,10	5,81	
15	---	54,80	49,30	6,10	12,73	
						9,27

LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)

11	30	35,90	28,50	7,10	34,58	
2	20	40,00	30,70	6,70	38,75	
6	10	33,70	25,10	5,00	42,79	

LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)

M200		12,30	11,00	6,90	31,71	
M201		12,50	11,00	6,50	33,33	
						32,52



CLASIFICACION:

SUCS
AASTHO

ML
A-4

HUMEDAD NATURAL: 9,27 %
LIMITE LIQUIDO: 36,43 %
INDICE PLASTICO: 3,91

ENSAYO HUMEDAD NATURAL, GRANULOMETRÍA Y LÍMITES DE ATTERBERG

PROYECTO: TESIS

UBICACION:

MUESTRA :

8

MATERIAL:

SUELO NATURAL

ENSAYOS DE CLASIFICACION

GRANULOMETRÍA (ASTM D422)

TAMIZ	P. RETENIDO PARCIAL	P. RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICO
GRANULOMETRIA					
4"					
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
Nº4					
PASA Nº4				100,00	
TOTAL					

SERIE FINA

Nº4	4,7	5,3	94,71	
8				
10	3,50	3,94	90,76	
16				
20				
30				
40	9,30	10,48	80,29	
50				
60				
100				
200	5,40	6,08	(74,21)	
PASA Nº200	65,88	74,21		
TOTAL	88,78			

P inicial humedo= 100 grms

P inicial seco= 88,78 grms

CLASIFICACION:

SUCS
AASTHO

MH
A-7-5

HUMEDAD NATURAL:
LIMITE LIQUIDO:
INDICE PLASTICO:

12,64 %
70,63 %
23,77

HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)

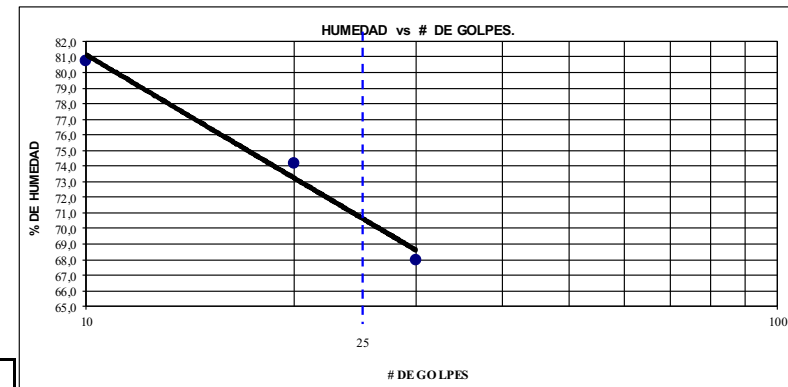
Nº TARRO	Nº GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
3	----	52,70	47,30	5,80	13,01	
18	----	74,90	67,60	8,10	12,27	
						12,64

LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)

14	30	36,00	24,10	6,60	68,00	
20	20	46,22	29,60	7,20	74,20	
10	10	35,20	22,60	7,00	80,77	

LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)

R1		8,76	8,20	7,00	46,67	
R2		9,10	8,30	6,60	47,06	
						46,86



ENSAYO HUMEDAD NATURAL, GRANULOMETRÍA Y LÍMITES DE ATTERBERG

PROYECTO: TESIS

UBICACION: MUESTRA : 9

MATERIAL: SUELO NATURAL

ENSAYOS DE CLASIFICACION

GRANULOMETRÍA (ASTM D422)

TAMIZ	P. RETENIDO PARCIAL	P. RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICO
GRANULOMETRIA					
4"					
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
Nº4					
PASA Nº4				100	
TOTAL					

SERIE FINA

Nº	P. RETENIDO PARCIAL	P. RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA
Nº4	0,3		0,36	99,64
8				
10	1,40		1,68	97,96
16				
20				
30				
40	15,40		18,50	79,46
50				
60				
100				
200	5,50		6,61	(72,85)
PASA Nº200	60,63		72,85	
TOTAL	83,23			

P inicial humedo= 100 gms

P inicial seco= 83,23 gms

CLASIFICACION:

SUCS AASHTO	MH	HUMEDAD NATURAL:	20,15 %
	A-7-5	LIMITE LIQUIDO:	61,90 %
		INDICE PLASTICO:	20,24

HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)

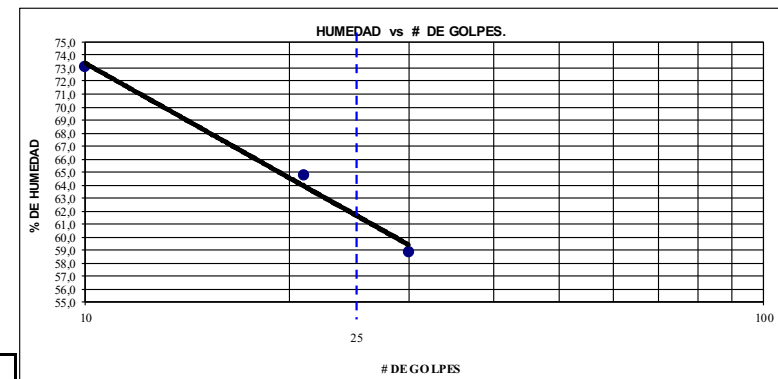
Nº TARRO	Nº GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
C	---	64,40	54,40	7,10	21,14	
L	---	62,90	53,90	6,90	19,15	
						20,15

LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)

Nº	Nº GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD
4	30	34,60	24,30	6,80	58,86
43	21	38,62	26,00	6,50	64,72
8	10	36,50	24,00	6,90	73,10

LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)

Nº	Nº GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	
A1		13,40	11,00	5,20	41,38	
A2		9,90	8,60	5,50	41,94	
						41,66



ENSAYO HUMEDAD NATURAL, GRANULOMETRÍA Y LÍMITES DE ATTERBERG

PROYECTO: TESIS

UBICACION:

MUESTRA : 10

MATERIAL: SUELO NATURAL

ENSAYOS DE CLASIFICACION

GRANULOMETRÍA (ASTM D422)

TAMIZ	P. RETENIDO PARCIAL	P. RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICO
GRANULOMETRIA					
4"					
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
Nº4					
PASA Nº4				100	
TOTAL					

SERIE FINA

Nº4	18,10		19,82	80,18	
8					
10	30,00		32,85	47,33	
16					
20					
30					
40	30,20		33,07	14,26	
50					
60					
100					
200	7,10		7,77	(6,49)	
PASA Nº200	5,92		6,49		
TOTAL	91,32				

P inicial humedo= 100 gms
P inicial seco= 91,32 gms

CLASIFICACION:		HUMEDAD NATURAL:	9,50 %
		LIMITE LIQUIDO:	53,97 %
SUCS	SP-SM	INDICE PLASTICO:	14,58
AASTHO	A4		

HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)

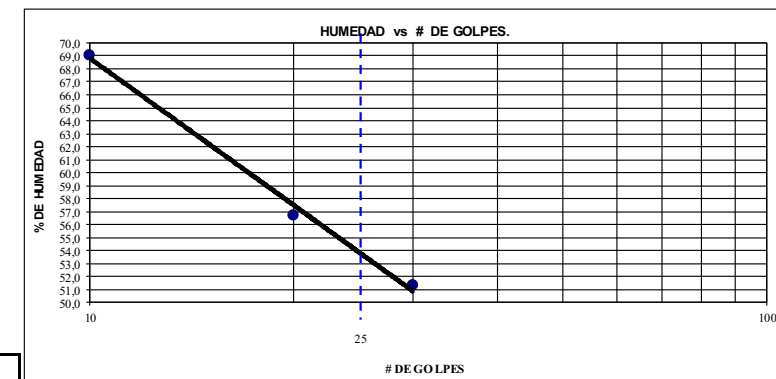
Nº TARRO	Nº GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
C	---	43,10	40,30	7,00	8,41	
L	---	40,60	37,20	5,10	10,59	
						9,50

LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)

21	30	27,50	19,90	5,10	51,35	
12	20	32,65	23,40	7,10	56,75	
16	10	32,60	22,10	6,90	69,08	

LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)

R1		15,80	12,80	5,20	39,47	
R2		16,73	13,90	6,70	39,31	
						39,39



ENSAYO HUMEDAD NATURAL, GRANULOMETRÍA Y LÍMITES DE ATTERBERG

PROYECTO: TESIS

UBICACION:

MUESTRA : 11

MATERIAL: SUELO NATURAL

ENSAYOS DE CLASIFICACION

GRANULOMETRÍA (ASTM D422)

TAMIZ	P. RETENIDO PARCIAL	P. RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICO
GRANULOMETRIA					
4"					
3"					
2 ½"					
2"					
1 ½"					
1"					
¾"					
½"					
⅜"					
Nº4					
PASA Nº4				100,00	
TOTAL					

SERIE FINA

Nº4	0,00		0,00	100,00	
8					
10	0,01		0,01	99,99	
16					
20					
30					
40	0,60		0,65	99,34	
50					
60					
100					
200	28,40		30,64	(68,70)	
PASA Nº200	63,67		68,70		
TOTAL	92,68				

P inicial humedo= 100 gms

P inicial seco= 92,68 gms

CLASIFICACION:		HUMEDAD NATURAL:	7,90 %
		LIMITE LIQUIDO:	40,03 %
SUCS	ML	INDICE PLASTICO:	6,78
AASTHO	A-5		

HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)

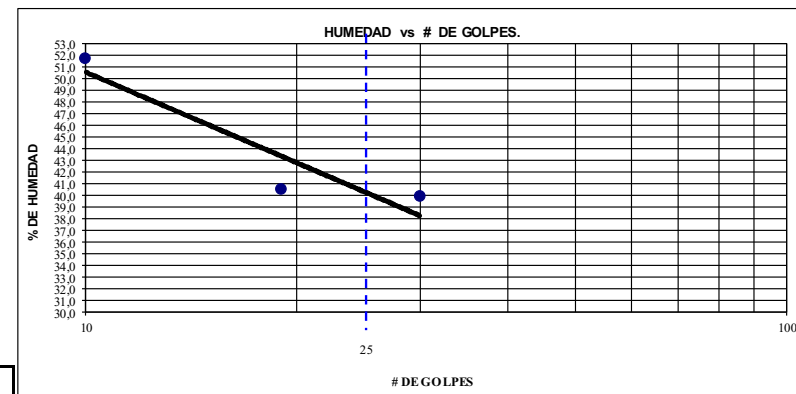
Nº	Nº	PESO	PESO	PESO	%	%
TARRO	GOLPES	HUMEDO	SECO	TARRO	DE HUMEDAD	PROMEDIO
1	---	59,50	55,70	7,00	7,80	
2	---	62,00	57,90	6,60	7,99	
						7,90

LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)

5	30	43,80	33,10	6,30	39,93	
103	19	55,00	41,10	6,80	40,52	
30	10	50,50	35,50	6,50	51,72	

LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)

DT3		16,20	13,50	5,50	33,75	
100		14,10	12,20	6,40	32,76	
						33,25



ENSAYO HUMEDAD NATURAL, GRANULOMETRÍA Y LÍMITES DE ATTERBERG

PROYECTO: TESIS

UBICACION:

MUESTRA: 12

MATERIAL: SUELO NATURAL

ENSAYOS DE CLASIFICACION

GRANULOMETRÍA (ASTM D422)

TAMIZ	P. RETENIDO PARCIAL	P. RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPCFCED
GRANULOMETRIA					
4"					
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
N°4					
PASA N°4				100,00	
TOTAL					

SERIE FINA

N°4	0,20		0,22	99,78	
8					
10	0,50		0,55	99,24	
16					
20					
30					
40	0,60		0,65	98,58	
50					
60					
100					
200	6,60		7,20	(91,39)	
PASA N°200	83,81		91,39		
TOTAL	91,71				

P inicial humedo= 100 gms
P inicial seco= 91,71 gms

CLASIFICACION:

SUCS
AASHTO

ML
A-5

HUMEDAD NATURAL:
LIMITE LIQUIDO:
INDICE PLASTICO:

9,04 %
47,20 %
7,73

HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)

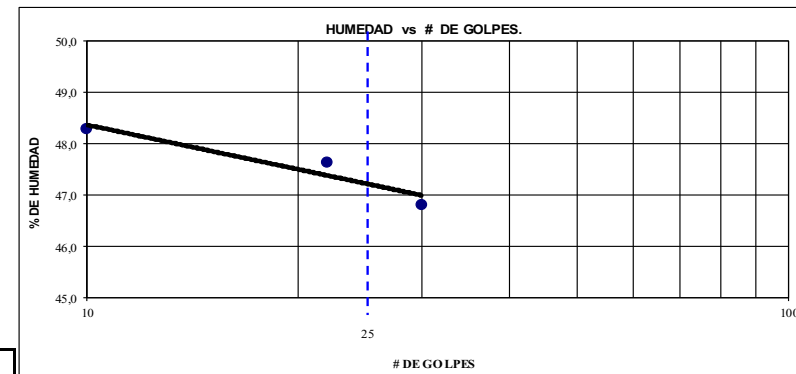
N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
4	---	43,60	40,40	5,40	9,14	
5	---	53,80	49,90	6,30	8,94	
						9,04

LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)

3	30	46,10	33,60	6,90	46,82	
2	22	49,00	35,32	6,60	47,63	
7	10	63,60	45,20	7,10	48,29	

LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)

15		10,20	8,70	4,80	38,46	
1		11,10	9,40	5,20	40,48	
						39,47



ENSAYO HUMEDAD NATURAL, GRANULOMETRÍA Y LÍMITES DE ATTERBERG

PROYECTO:

UBICACION:

MUESTRA :

13

MATERIAL:

SUELO NATURAL

ENSAYOS DE CLASIFICACION

GRANULOMETRÍA (ASTM D422)

TAMIZ	P. RETENIDO PARCIAL	P. RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICO
GRANULOMETRIA					
4"					
3"					
2 ½"					
2"					
1 ½"					
1"					
¾"					
1/2"					
3/8"					
Nº4					
PASA Nº4				100,00	
TOTAL					

SERIE FINA

Nº4	2,50		2,63	97,37	
8					
10	1,00		1,05	96,31	
16					
20					
30					
40	2,40		2,53	93,79	
50					
60					
100					
200	23,30		24,53	(69,26)	
PASA Nº200	65,78		69,26		
TOTAL	94,98				

P inicial humedo= **100** gms
P inicial seco= **94,98** gms

CLASIFICACION:

SUCS
AASHTO

ML
A-4

HUMEDAD NATURAL: **5,29** %
LIMITE LIQUIDO: **27,03** %
INDICE PLASTICO: **4,92**

HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)

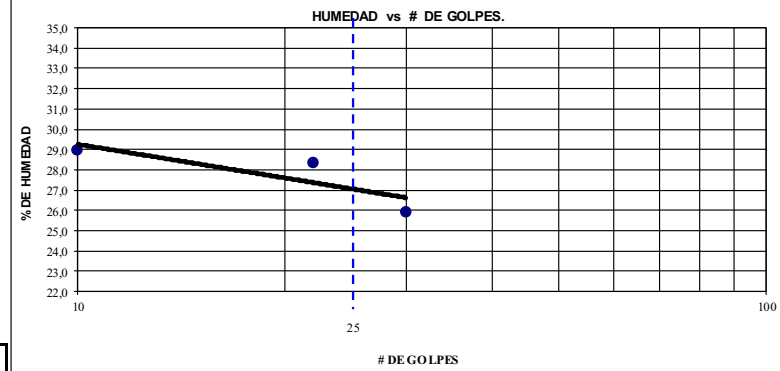
Nº TARRO	Nº GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
7	---	49,60	47,70	7,10	4,68	
9	---	53,10	50,50	6,40	5,90	
						5,29

LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)

6	30	23,70	20,20	6,70	25,93	
4	22	21,70	18,10	5,40	28,35	
5	10	29,00	23,90	6,30	28,98	

LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)

F		49,95	47,80	38,00	21,94	
J		53,00	49,30	32,70	22,29	
						22,11



ENSAYO HUMEDAD NATURAL, GRANULOMETRÍA Y LÍMITES DE ATTERBERG

PROYECTO: TESIS

UBICACION:

MUESTRA : 14

MATERIAL: SUELO NATURAL

ENSAYOS DE CLASIFICACION

GRANULOMETRÍA (ASTM D422)

TAMIZ	P. RETENIDO PARCIAL	P. RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICO
GRANULOMETRIA					
4"					
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
Nº4					
PASA Nº4				100,00	
TOTAL					
SERIE FINA					
Nº4	4,00		4,16	95,84	
8					
10	2,00		2,08	93,76	
16					
20					
30					
40	2,20		2,29	91,47	
50					
60					
100					
200	63,30		65,81	(25,67)	
PASA Nº200	24,69		25,67		
TOTAL	96,19				

HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)

Nº TARRO	Nº GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
10	---	62,00	60,00	7,00	3,77	
11	---	81,80	78,80	6,60	4,16	
						3,96
LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)						
LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)						

P inicial humedo= 100 grms
P inicial seco= 96,19 grms

CLASIFICACION:	HUMEDAD NATURAL:	3,96 %
	LIMITE LIQUIDO:	NP
SUCS	SM	INDICE PLASTICO:
AASTHO	A4	NP

ENSAYO HUMEDAD NATURAL, GRANULOMETRÍA Y LÍMITES DE ATTERBERG

PROYECTO: TESIS

UBICACION: MUESTRA : 15 MATERIAL: SUELO NATURAL

ENSAYOS DE CLASIFICACION

GRANULOMETRÍA (ASTM D422)

TAMIZ	P. RETENIDO PARCIAL	P. RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICO
GRANULOMETRIA					
4"					
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
Nº4					
PASA Nº4				100,00	
TOTAL					
SERIE FINA					
Nº4	13,3		14,43	85,57	
8					
10	6,50		7,05	78,51	
16					
20					
30					
40	34,00		36,90	41,61	
50					
60					
100					
200	25,50		27,68	(13,94)	
PASA Nº200	12,84		13,94		
TOTAL	92,14				

HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)

Nº TARRO	Nº GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
14	---	55,70	51,90	7,00	8,46	
15	---	54,80	51,00	6,80	8,60	
						8,53

LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)

LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)

P inicial humedo= 100 grms
P inicial seco= 92,14 grms

CLASIFICACION:	HUMEDAD NATURAL:	8,53 %
	LIMITE LIQUIDO:	NP
SUCS	SM	NP
AASTHO	A4	NP

ENSAYO HUMEDAD NATURAL, GRANULOMETRÍA Y LÍMITES DE ATTERBERG

PROYECTO: TESIS

UBICACION:

MUESTRA : 16

MATERIAL: SUELO NATURAL

ENSAYOS DE CLASIFICACION

GRANULOMETRÍA (ASTM D422)

TAMIZ	P. RETENIDO PARCIAL	P. RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICO
GRANULOMETRIA					
4"					
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
Nº4					
PASA Nº4				100,00	
TOTAL					
SERIE FINA					
Nº4	8,90		9,15	90,85	
8					
10	2,00		2,06	88,80	
16					
20					
30					
40	11,70		12,03	76,77	
50					
60					
100					
200	56,10		57,67	(19,10)	
PASA Nº200	18,58		19,10		
TOTAL	97,28				

HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)

Nº TARRO	Nº GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
18	----	66,50	65,00	6,50	2,56	
16	----	74,80	72,80	6,70	3,03	
						2,79

LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)

LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)

P inicial humedo= 100 grms
P inicial seco= 97,28 grms

CLASIFICACION:		HUMEDAD NATURAL:	2,79 %
		LIMITE LIQUIDO:	NP
		INDICE PLASTICO:	NP
SUCS	SM		
AASTHO	A4		

CARACTERISTICAS DEL SUELO							
MUESTRA #	% DE GRAVA	% DE ARENA	% DE FINOS	LL	IP	DESCRIPCION	SUCS
1	2,74	88,52	8,74	-	NP	ARENA LIMOSA POBREMENTE GRADADA	SP-SM
2	19,29	75,12	5,59	-	NP	ARENA LIMO GRAVOSA POBREMENTE GRADADA	SP-SM
3	0,00	98,26	1,74	-	NP	ARENA MAL GRADUADA	SP
4	1,26	43,28	55,46	32,5	8,02	MEZCLA DE LIMO Y ARENA MEDIANA PLASTICIDAD BAJA COMPRESIBILIDAD	ML
5	22,05	67,26	10,69	32,99	1,01	ARENA LIMO GRAVOSA MAL GRADADA BAJA PLASTICIDAD	SP-SM
6	11,97	61,43	26,6	23,78	4,83	ARENA ARCILLOSA CON GRAVA BAJA PLASTICIDAD	SC
7	0,55	26,77	72,68	36,43	3,91	LIMO ARENOSO BAJA PLASTICIDAD BAJA COMPRESIBILIDAD	ML
8	5,3	20,49	74,21	70,63	23,77	LIMO ARENOSO ALTA PLASTICIDAD ALTA COMPRESIBILIDAD	MH
9	0,36	26,79	72,85	61,9	20,24	LIMO ARENOSO ALTA PLASTICIDAD ALTA COMPRESIBILIDAD	MH
10	19,82	73,69	6,49	53,97	14,58	ARENA CON MEZCLA DE GRAVA Y LIMO POCO DE FINOS	SP-SM
11	0,00	31,3	68,7	40,03	6,78	LIMO ARENOSO MEDIA PLASTICIDAD BAJA COMPRESIBILIDAD	ML
12	0,22	8,39	91,39	47,2	7,73	LIMO ARENOSO MEDIA PLASTICIDAD BAJA COMPRESIBILIDAD	ML
13	2,63	28,11	69,26	27,03	4,92	LIMO ARENOSO BAJA PLASTICIDAD BAJA COMPRESIBILIDAD	ML
14	4,16	70,17	25,67	-	NP	ARENAS LIMOSA, CON POCA CANTIDAD DE GRAVA, NP	SM
15	14,43	71,63	13,94	-	NP	ARENAS LIMOSA, CON POCA CANTIDAD DE GRAVA, NP	SM
16	9,15	71,75	19,1	-	NP	ARENAS LIMOSA, CON POCA CANTIDAD DE GRAVA, NP	SM

ANEXO 2

UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: TESIS
MATERIAL: SUB-RASANTE
LOCALIZACION - SITIO: BARRIO 5 DE AGOSTO
MUESTRA: 1

PESO ESPECIFICO

	GRAMOS
MATERIAL (ws)	300
PESO PROBETA	148,2
PESO PROBETA + AGUA (wfw)	639,6
PESO PROBETA + AGUA + MATERIAL (wf)	828
PESO ESPECIFICO (Ge) gr/cm³	2,69

$$Ge = \frac{ws}{wfw + ws - wf}$$

LOCALIZACION - SITIO: BARRIO 5 DE AGOSTO
MUESTRA: 2

ENSAYO: PESO ESPECIFICO

	GRAMOS
MATERIAL (ws)	300
PESO PROBETA	148,2
PESO PROBETA + AGUA (wfw)	639,6
PESO PROBETA + AGUA + MATERIAL (wf)	822,5
PESO ESPECIFICO (Ge) gr/cm³	2,56

$$Ge = \frac{ws}{wfw + ws - wf}$$

LOCALIZACION - SITIO: BARRIO 5 DE AGOSTO
MUESTRA: 3

ENSAYO: PESO ESPECIFICO

	GRAMOS
MATERIAL (ws)	300
PESO PROBETA	148,2
PESO PROBETA + AGUA (wfw)	639,6
PESO PROBETA + AGUA + MATERIAL (wf)	829,7
PESO ESPECIFICO (Ge) gr/cm³	2,73

$$Ge = \frac{ws}{wfw + ws - wf}$$

LOCALIZACION - SITIO: COMPLEJO TOHALLI

MUESTRA: 4

ENSAYO: PESO ESPECIFICO

	GRAMOS
MATERIAL (ws)	300
PESO PROBETA	148,2
PESO PROBETA + AGUA (wfw)	639,6
PESO PROBETA + AGUA + MATERIAL (wf)	796,9
PESO ESPECIFICO (Ge) gr/cm³	2,10

$$Ge = \frac{ws}{wfw + ws - wf}$$

LOCALIZACION - SITIO: AV. LA CULTURA AV. INTERBARRIOS (5 DE JUNIO)

MUESTRA: 5

ENSAYO: PESO ESPECIFICO

	GRAMOS
MATERIAL (ws)	300
PESO PROBETA	148,2
PESO PROBETA + AGUA (wfw)	639,6
PESO PROBETA + AGUA + MATERIAL (wf)	804,6
PESO ESPECIFICO (Ge) gr/cm³	2,22

$$Ge = \frac{ws}{wfw + ws - wf}$$

LOCALIZACION - SITIO: GASOLINERA PRIMAX

MUESTRA: 6

ENSAYO: PESO ESPECIFICO

	GRAMOS
MATERIAL (ws)	300
PESO PROBETA	148,2
PESO PROBETA + AGUA (wfw)	639,6
PESO PROBETA + AGUA + MATERIAL (wf)	813,4
PESO ESPECIFICO (Ge) gr/cm³	2,38

$$Ge = \frac{ws}{wfw + ws - wf}$$

LOCALIZACION - SITIO: CONECTOR VIA CIRCUNVALACION (ATRÁS MANTA 2000)

MUESTRA: 7

ENSAYO: PESO ESPECIFICO

	GRAMOS
MATERIAL (ws)	300
PESO PROBETA	148,2
PESO PROBETA + AGUA (wfw)	639,6
PESO PROBETA + AGUA + MATERIAL (wf)	824,9
PESO ESPECIFICO (Ge) gr/cm³	2,62

$$Ge = \frac{ws}{wfw + ws - wf}$$

LOCALIZACION - SITIO: RUTA SPONDYLUS LLEGADA SAN MATEO

MUESTRA: 8

ENSAYO: PESO ESPECIFICO

	GRAMOS
MATERIAL (ws)	300
PESO PROBETA	148,2
PESO PROBETA + AGUA (wfw)	639,6
PESO PROBETA + AGUA + MATERIAL (wf)	821
PESO ESPECIFICO (Ge) gr/cm³	2,53

$$Ge = \frac{ws}{wfw + ws - wf}$$

LOCALIZACION - SITIO: ZONA SANTIAGO ARAUZ (FRENTE ADOQUINES)

MUESTRA: 9

ENSAYO: PESO ESPECIFICO

	GRAMOS
MATERIAL (ws)	300
PESO PROBETA	148,2
PESO PROBETA + AGUA (wfw)	639,6
PESO PROBETA + AGUA + MATERIAL (wf)	821,5
PESO ESPECIFICO (Ge) gr/cm³	2,54

$$Ge = \frac{ws}{wfw + ws - wf}$$

LOCALIZACION - SITIO: SAN MATEO UNIDAD EDUCATIVA RIOBAMBA
MUESTRA: 10

ENSAYO: PESO ESPECIFICO

	GRAMOS
MATERIAL (ws)	300
PESO PROBETA	148,2
PESO PROBETA + AGUA (wfw)	639,6
PESO PROBETA + AGUA + MATERIAL (wf)	817,6
PESO ESPECIFICO (Ge) gr/cm³	2,46

$$Ge = \frac{ws}{wfw + ws - wf}$$

LOCALIZACION - SITIO: AL LADO DEL PUENTE
MUESTRA: 11

ENSAYO: PESO ESPECIFICO

	GRAMOS
MATERIAL (ws)	300
PESO PROBETA	148,2
PESO PROBETA + AGUA (wfw)	639,6
PESO PROBETA + AGUA + MATERIAL (wf)	808,4
PESO ESPECIFICO (Ge) gr/cm³	2,29

$$Ge = \frac{ws}{wfw + ws - wf}$$

LOCALIZACION - SITIO: VIA ROCAFUERTE
MUESTRA: 12

ENSAYO: PESO ESPECIFICO

	GRAMOS
MATERIAL (ws)	300
PESO PROBETA	148,2
PESO PROBETA + AGUA (wfw)	639,6
PESO PROBETA + AGUA + MATERIAL (wf)	800,1
PESO ESPECIFICO (Ge) gr/cm³	2,15

$$Ge = \frac{ws}{wfw + ws - wf}$$

LOCALIZACION - SITIO: MUELLE JARAMIJO

MUESTRA: 13

ENSAYO: PESO ESPECIFICO

	GRAMOS
MATERIAL (ws)	300
PESO PROBETA	148,2
PESO PROBETA + AGUA (wfw)	639,6
PESO PROBETA + AGUA + MATERIAL (wf)	795,5
PESO ESPECIFICO (Ge) gr/cm³	2,08

$$Ge = \frac{ws}{wfw + ws - wf}$$

LOCALIZACION - SITIO: VIA REFINERIA NUEVA CARRETERA 1

MUESTRA: 14

ENSAYO: PESO ESPECIFICO

	GRAMOS
MATERIAL (ws)	300
PESO PROBETA	148,2
PESO PROBETA + AGUA (wfw)	639,6
PESO PROBETA + AGUA + MATERIAL (wf)	818,7
PESO ESPECIFICO (Ge) gr/cm³	2,48

$$Ge = \frac{ws}{wfw + ws - wf}$$

LOCALIZACION - SITIO: VIA REFINERIA NUEVA CARRETERA 2

MUESTRA: 15

ENSAYO: PESO ESPECIFICO

	GRAMOS
MATERIAL (ws)	300
PESO PROBETA	148,2
PESO PROBETA + AGUA (wfw)	639,6
PESO PROBETA + AGUA + MATERIAL (wf)	806,8
PESO ESPECIFICO (Ge) gr/cm³	2,26

$$Ge = \frac{ws}{wfw + ws - wf}$$

LOCALIZACION - SITIO: ZONA INDUMASTER

MUESTRA: 16

ENSAYO: PESO ESPECIFICO

	GRAMOS
MATERIAL (ws)	300
PESO PROBETA	148,2
PESO PROBETA + AGUA (wfw)	639,6
PESO PROBETA + AGUA + MATERIAL (wf)	820,4
PESO ESPECIFICO (Ge) gr/cm³	2,52

$$Ge = \frac{ws}{wfw + ws - wf}$$

UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: TESIS

MATERIAL: SUB-RASANTE

LOCALIZACION - SITIO: BARRIO 5 DE AGOSTO

MUESTRA: 1

PESO VOLUMETRICO

	GRAMOS	
a	PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE	1490,5
b	PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE + PARAFINA	1786,5
c	PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE + PARAFINA + AGUA	574,0
	DENSIDAD DE PARAFINA	0,89

$$d = b - a \quad 296$$

$$e = \frac{d}{0,89} \quad 332,58$$

$$Pu = \frac{a}{b - c - e} \quad 1,694 \quad \text{gr/cm}^3$$

LOCALIZACION - SITIO: BARRIO 5 DE AGOSTO

MUESTRA: 2

ENSAYO:

PESO VOLUMETRICO

		GRAMOS
a	PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE	841,1
b	PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE + PARAFINA	991,2
c	PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE + PARAFINA + AGUA	381,0
	DENSIDAD DE PARAFINA	0,89

$$d = b - a \quad 150,1 \quad Pu = \frac{a}{b - c - e} \quad 1,905 \quad \text{gr/cm}^3$$
$$e = \frac{d}{0,89} \quad 168,65$$

LOCALIZACION - SITIO: BARRIO 5 DE AGOSTO

MUESTRA: 3

ENSAYO:

PESO VOLUMETRICO

		GRAMOS
a	PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE	1963,5
b	PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE + PARAFINA	2217
c	PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE + PARAFINA + AGUA	820,0
	DENSIDAD DE PARAFINA	0,89

$$d = b - a \quad 253,5 \quad Pu = \frac{a}{b - c - e} \quad 1,765 \quad \text{gr/cm}^3$$
$$e = \frac{d}{0,89} \quad 284,83$$

LOCALIZACION - SITIO: COMPLEJO TOHALLI

MUESTRA: 4

ENSAYO:

PESO VOLUMETRICO

		GRAMOS
a	PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE	523,6
b	PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE + PARAFINA	676,2
c	PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE + PARAFINA + AGUA	105,2
	DENSIDAD DE PARAFINA	0,89

$$d = b - a \quad 152,6 \quad Pu = \frac{a}{b - c - e} \quad 1,311 \quad \text{gr/cm}^3$$
$$e = \frac{d}{0,89} \quad 171,46$$

LOCALIZACION - S AV. LA CULTURA AV. INTERBARRIOS (5 DE JUNIO)

MUESTRA: 5

ENSAYO: PESO VOLUMETRICO

		GRAMOS
a	PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE	624,6
b	PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE + PARAFINA	708,7
c	PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE + PARAFINA + AGUA	107,0
	DENSIDAD DE PARAFINA	0,89

$$d = b - a \quad 84,1 \quad Pu = \frac{a}{b - c - e} \quad 1,231 \quad \text{gr/cm}^3$$
$$e = \frac{d}{0,89} \quad 94,49$$

LOCALIZACION - SI GASOLINERA PRIMAX

MUESTRA: 6

ENSAYO: PESO VOLUMETRICO

		GRAMOS
a	PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE	659,7
b	PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE + PARAFINA	747,3
c	PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE + PARAFINA + AGUA	123,6
	DENSIDAD DE PARAFINA	0,89

$$d = b - a \quad 87,57 \quad Pu = \frac{a}{b - c - e} \quad 1,256 \quad \text{gr/cm}^3$$
$$e = \frac{d}{0,89} \quad 98,39$$

LOCALIZACION - SITIO: CONECTOR VIA CIRCUNVALACION (ATRÁS MANTA 2000)

MUESTRA: 7

ENSAYO: PESO VOLUMETRICO

		GRAMOS
a	PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE	528,8
b	PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE + PARAFINA	646,6
c	PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE + PARAFINA + AGUA	155,0
	DENSIDAD DE PARAFINA	0,89

$$d = b - a \quad 117,8 \quad Pu = \frac{a}{b - c - e} \quad 1,472 \quad \text{gr/cm}^3$$
$$e = \frac{d}{0,89} \quad 132,36$$

LOCALIZACION - SITIO: RUTA SPONDYLUS LLEGADA SAN MATEO

MUESTRA: 8

ENSAYO: PESO VOLUMETRICO

		GRAMOS
a	PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE	843,5
b	PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE + PARAFINA	968,7
c	PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE + PARAFINA + AGUA	264,1
	DENSIDAD DE PARAFINA	0,89

$$d = b - a \quad 125,2 \quad Pu = \frac{a}{b - c - e} \quad 1,496 \quad \text{gr/cm}^3$$
$$e = \frac{d}{0,89} \quad 140,67$$

LOCALIZACION ZONA SANTIAGO ARAUZ (FRENTE ADOQUINES)

MUESTRA: 9

ENSAYO: PESO VOLUMETRICO

		GRAMOS
a	PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE	1374,1
b	PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE + PARAFINA	1551,9
c	PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE + PARAFINA + AGUA	595,0
	DENSIDAD DE PARAFINA	0,89

$$d = b - a \quad 177,8 \quad Pu = \frac{a}{b - c - e} \quad 1,815 \quad \text{gr/cm}^3$$
$$e = \frac{d}{0,89} \quad 199,78$$

LOCALIZACION - SITIO: SAN MATEO UNIDAD EDUCATIVA RIOBAMBA

MUESTRA: 10

ENSAYO: PESO VOLUMETRICO

		GRAMOS
a	PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE	2653,4
b	PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE + PARAFINA	3012,0
c	PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE + PARAFINA + AGUA	1040,0
	DENSIDAD DE PARAFINA	0,89

$$d = b - a \quad 358,6 \quad Pu = \frac{a}{b - c - e} \quad 1,691 \quad \text{gr/cm}^3$$
$$e = \frac{d}{0,89} \quad 402,92$$

LOCALIZACION: AL LADO DEL PUENTE

MUESTRA: 11

ENSAYO: PESO VOLUMETRICO

		GRAMOS
a	PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE	776,17
b	PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE + PARAFINA	924,32
c	PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE + PARAFINA + AGUA	263,0
	DENSIDAD DE PARAFINA	0,89

$$d = b - a \quad 148,15 \quad Pu = \frac{a}{b - c - e} \quad 1,568 \quad \text{gr/cm}^3$$
$$e = \frac{d}{0,89} \quad 166,46$$

LOCALIZACION: VIA ROCAFUERTE

MUESTRA: 12

ENSAYO: PESO VOLUMETRICO

		GRAMOS
a	PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE	529,24
b	PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE + PARAFINA	629,1
c	PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE + PARAFINA + AGUA	160,0
	DENSIDAD DE PARAFINA	0,89

$$d = b - a \quad 99,86 \quad Pu = \frac{a}{b - c - e} \quad 1,483 \quad \text{gr/cm}^3$$
$$e = \frac{d}{0,89} \quad 112,20$$

LOCALIZACION - SITIO: MUELLE JARAMIJO

MUESTRA: 13

ENSAYO: PESO VOLUMETRICO

		GRAMOS
a	PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE	2027,9
b	PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE + PARAFINA	2302,2
c	PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE + PARAFINA + AGUA	730,0
	DENSIDAD DE PARAFINA	0,89

$$d = b - a \quad 274,3 \quad Pu = \frac{a}{b - c - e} \quad 1,604 \quad \text{gr/cm}^3$$
$$e = \frac{d}{0,89} \quad 308,20$$

LOCALIZACION : VIA REFINERIA NUEVA CARRETERA 1

MUESTRA: 14

ENSAYO: PESO VOLUMETRICO

		GRAMOS
a	PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE	624,68
b	PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE + PARAFINA	814,13
c	PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE + PARAFINA + AGUA	150,0
	DENSIDAD DE PARAFINA	0,89

$$d = b - a \quad 189,45 \quad Pu = \frac{a}{b - c - e} \quad 1,384 \quad \text{gr/cm}^3$$
$$e = \frac{d}{0,89} \quad 212,87$$

LOCALIZACION - SI VIA REFINERIA NUEVA CARRETERA 2

MUESTRA: 15

ENSAYO: PESO VOLUMETRICO

		GRAMOS
a	PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE	516,7
b	PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE + PARAFINA	563,9
c	PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE + PARAFINA + AGUA	203,0
	DENSIDAD DE PARAFINA	0,89

$$d = b - a \quad 47,2 \quad Pu = \frac{a}{b - c - e} \quad 1,678 \quad \text{gr/cm}^3$$
$$e = \frac{d}{0,89} \quad 53,03$$

LOCALIZACION - SITIO: ZONA INDUMASTER

MUESTRA: 16

ENSAYO: PESO VOLUMETRICO

		GRAMOS
a	PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE	1256,8
b	PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE + PARAFINA	1369,2
c	PESO DEL MATERIAL EN EL AIRE + PARAFINA + AGUA	605,0
	DENSIDAD DE PARAFINA	0,89

$$d = b - a \quad 112,4 \quad Pu = \frac{a}{b - c - e} \quad 1,970 \quad \text{gr/cm}^3$$
$$e = \frac{d}{0,89} \quad 126,29$$

ANEXO 3

DETERMINACION DE DISPERSION DE SUELOS - METODO DE PINHOLE TEST (ASTM 4647-93)

UBICACIÓN:

MUESTRA : 1

PROFUNDIDAD: 5 mts

1°

CARGA HIDRAULICA (H):	5,08	cm
VOLUMEN (V):	98	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,163	ml/seg

CLASIFICACION

DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	Repetir ensayo con H: 17,78cm	Repetir ensayo con H: 17,78cm

2°

CARGA HIDRAULICA (H):	17,78	cm
VOLUMEN (V):	200	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,333	ml/seg

CLASIFICACION

DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	Repetir ensayo con H: 17,78cm	Repetir ensayo con H: 17,78cm

3°

CARGA HIDRAULICA (H):	38,1	cm
VOLUMEN (V):	413	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,688	ml/seg

CLASIFICACION

DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	ND1	NO DISPERSIVO

TABLA ASTM

H= 2" (5,08cm)
10 min

Oscuro
 $Q \geq 3,6$ ml/seg
 $D_f \geq 3$ D1
Clasificacion D1

Algo Oscuro
 $3,6 > Q \geq 1,5$ ml/seg
 $3D1 > D_f > 2$ D1
Clasificacion D2

Algo Claro
 $1,5 \geq Q > 0,5$ ml/seg
 $2D1 > D_f > D1$
Clasificacion ND4

Claro
 $Q \leq 0,5$ ml/seg
 $D_f \leq D1$

H= 7" (17,78cm)
10 min

Algo Claro
 $Q > 1,0$ ml/seg
 $D_f > D1$
Clasificacion ND3

Claro
 $Q \leq 1,0$ ml/seg
 $D_f \leq D1$

H= 15" (38,10 cm)
10 min

Algo Claro
 $Q > 1,7$ ml/seg
 $D_f > D1$
Clasificacion ND2

Claro
 $Q \leq 1,7$ ml/seg
 $D_f \leq D1$
Clasificacion ND1

— Dispersivos — Intermedio — No Dispersivos —
D1 D2 ND4 ND3 ND2 ND1

DETERMINACION DE DISPERSION DE SUELOS - METODO DE PINHOLE TEST (ASTM 4647-93)

UBICACIÓN:

MUESTRA : 2

PROFUNDIDAD: 2 mts

1°

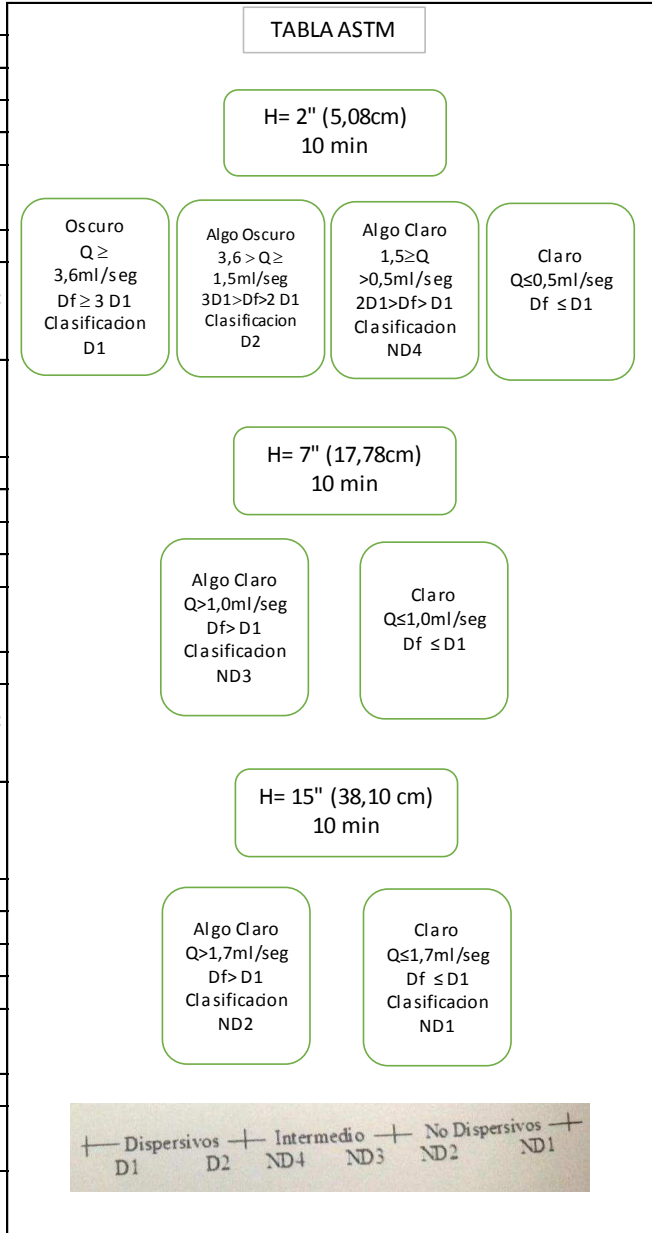
CARGA HIDRAULICA (H):	5,08	cm
VOLUMEN (V):	120	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,200	ml/seg
CLASIFICACION		
DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	Repetir ensayo con H: 17,78cm	Repetir ensayo con H: 17,78cm

2°

CARGA HIDRAULICA (H):	17,78	cm
VOLUMEN (V):	190	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,317	ml/seg
CLASIFICACION		
DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	Repetir ensayo con H: 17,78cm	Repetir ensayo con H: 17,78cm

3°

CARGA HIDRAULICA (H):	38,1	cm
VOLUMEN (V):	250	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,417	ml/seg
CLASIFICACION		
DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	ND1	NO DISPERSIVO



DETERMINACION DE DISPERSION DE SUELOS - METODO DE PINHOLE TEST (ASTM 4647-93)

UBICACIÓN:

MUESTRA : 3

PROFUNDIDAD: 4 mts

1°

CARGA HIDRAULICA (H):	5,08	cm
VOLUMEN (V):	105	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,175	ml/seg

CLASIFICACION

DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	Repetir ensayo con H: 17,78cm	Repetir ensayo con H: 17,78cm

2°

CARGA HIDRAULICA (H):	17,78	cm
VOLUMEN (V):	195	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,325	ml/seg

CLASIFICACION

DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	Repetir ensayo con H: 17,78cm	Repetir ensayo con H: 17,78cm

3°

CARGA HIDRAULICA (H):	38,1	cm
VOLUMEN (V):	410	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,683	ml/seg

CLASIFICACION

DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	ND1	NO DISPERSIVO

TABLA ASTM

H= 2" (5,08cm)
10 min

Oscuro
 $Q \geq 3,6 \text{ ml/seg}$
 $D_f \geq 3 D_1$
Clasificacion D1

Algo Oscuro
 $3,6 > Q \geq 1,5 \text{ ml/seg}$
 $3D_1 > D_f > 2 D_1$
Clasificacion D2

Algo Claro
 $1,5 \geq Q > 0,5 \text{ ml/seg}$
 $2D_1 > D_f > D_1$
Clasificacion ND4

Claro
 $Q \leq 0,5 \text{ ml/seg}$
 $D_f \leq D_1$

H= 7" (17,78cm)
10 min

Algo Claro
 $Q > 1,0 \text{ ml/seg}$
 $D_f > D_1$
Clasificacion ND3

Claro
 $Q \leq 1,0 \text{ ml/seg}$
 $D_f \leq D_1$

H= 15" (38,10 cm)
10 min

Algo Claro
 $Q > 1,7 \text{ ml/seg}$
 $D_f > D_1$
Clasificacion ND2

Claro
 $Q \leq 1,7 \text{ ml/seg}$
 $D_f \leq D_1$
Clasificacion ND1

\leftarrow Dispersivos \leftarrow Intermedio \leftarrow No Dispersivos \leftarrow
 D1 D2 ND4 ND3 ND2 ND1

DETERMINACION DE DISPERSION DE SUELOS - METODO DE PINHOLE TEST (ASTM 4647-93)

UBICACIÓN:

MUESTRA : 4

PROFUNDIDAD: 2 mts

1°

CARGA HIDRAULICA (H):	5,08	cm
VOLUMEN (V):	120	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,200	ml/seg
CLASIFICACION		
DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	Repetir ensayo con H: 17,78cm	Repetir ensayo con H: 17,78cm

2°

CARGA HIDRAULICA (H):	17,78	cm
VOLUMEN (V):	205	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,342	ml/seg
CLASIFICACION		
DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	Repetir ensayo con H: 17,78cm	Repetir ensayo con H: 17,78cm

3°

CARGA HIDRAULICA (H):	38,1	cm
VOLUMEN (V):	415	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,692	ml/seg
CLASIFICACION		
DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	ND1	NO DISPERSIVO

TABLA ASTM

H= 2" (5,08cm)
10 min

Oscuro
 $Q \geq 3,6 > Q \geq 1,5 \text{ml/seg}$
 $D_f \geq 3 D_1$
Clasificacion D1

Algo Oscuro
 $3,6 > Q \geq 1,5 \text{ml/seg}$
 $3D_1 > D_f > 2 D_1$
Clasificacion D2

Algo Claro
 $1,5 \geq Q > 0,5 \text{ml/seg}$
 $2D_1 > D_f > D_1$
Clasificacion ND4

Claro
 $Q \leq 0,5 \text{ml/seg}$
 $D_f \leq D_1$

H= 7" (17,78cm)
10 min

Algo Claro
 $Q > 1,0 \text{ml/seg}$
 $D_f > D_1$
Clasificacion ND3

Claro
 $Q \leq 1,0 \text{ml/seg}$
 $D_f \leq D_1$

H= 15" (38,10 cm)
10 min

Algo Claro
 $Q > 1,7 \text{ml/seg}$
 $D_f > D_1$
Clasificacion ND2

Claro
 $Q \leq 1,7 \text{ml/seg}$
 $D_f \leq D_1$
Clasificacion ND1

+ Dispersivos + Intermedio + No Dispersivos +
 D1 D2 ND4 ND3 ND2 ND1

DETERMINACION DE DISPERSION DE SUELOS - METODO DE PINHOLE TEST (ASTM 4647-93)

UBICACIÓN:

MUESTRA : 5

PROFUNDIDAD: 5 mts

1°

CARGA HIDRAULICA (H):	5,08	cm
VOLUMEN (V):	135	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,225	ml/seg

CLASIFICACION

DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	Repetir ensayo con H: 17,78cm	Repetir ensayo con H: 17,78cm

2°

CARGA HIDRAULICA (H):	17,78	cm
VOLUMEN (V):	223	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,372	ml/seg

CLASIFICACION

DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	Repetir ensayo con H: 17,78cm	Repetir ensayo con H: 17,78cm

3°

CARGA HIDRAULICA (H):	38,1	cm
VOLUMEN (V):	502	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,837	ml/seg

CLASIFICACION

DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	ND1	NO DISPERSIVO

TABLA ASTM

H= 2" (5,08cm)
10 min

Oscuro
 $Q \geq 3,6 > Q \geq 1,5 \text{ ml/seg}$
 $D_f \geq 3 D_1$
Clasificación D1

Algo Oscuro
 $3,6 > Q \geq 1,5 \text{ ml/seg}$
 $3D_1 > D_f > 2 D_1$
Clasificación D2

Algo Claro
 $1,5 \geq Q > 0,5 \text{ ml/seg}$
 $2D_1 > D_f > D_1$
Clasificación ND4

Claro
 $Q \leq 0,5 \text{ ml/seg}$
 $D_f \leq D_1$

H= 7" (17,78cm)
10 min

Algo Claro
 $Q > 1,0 \text{ ml/seg}$
 $D_f > D_1$
Clasificación ND3

Claro
 $Q \leq 1,0 \text{ ml/seg}$
 $D_f \leq D_1$

H= 15" (38,10 cm)
10 min

Algo Claro
 $Q > 1,7 \text{ ml/seg}$
 $D_f > D_1$
Clasificación ND2

Claro
 $Q \leq 1,7 \text{ ml/seg}$
 $D_f \leq D_1$
Clasificación ND1

+ Dispersivos + Intermedio + No Dispersivos +
 D1 D2 ND4 ND3 ND2 ND1

DETERMINACION DE DISPERSION DE SUELOS - METODO DE PINHOLE TEST (ASTM 4647-93)

UBICACIÓN:

MUESTRA : 6

PROFUNDIDAD: 5 mts

1°

CARGA HIDRAULICA (H):	5,08	cm
VOLUMEN (V):	157	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,262	ml/seg
CLASIFICACION		
DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	Repetir ensayo con H: 17,78cm	Repetir ensayo con H: 17,78cm

2°

CARGA HIDRAULICA (H):	17,78	cm
VOLUMEN (V):	245	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,408	ml/seg
CLASIFICACION		
DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	Repetir ensayo con H: 17,78cm	Repetir ensayo con H: 17,78cm

3°

CARGA HIDRAULICA (H):	38,1	cm
VOLUMEN (V):	524	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,873	ml/seg
CLASIFICACION		
DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	ND1	NO DISPERSIVO

TABLA ASTM

H= 2" (5,08cm)
10 min

Oscuro
 $Q \geq 3,6 > Q \geq 1,5 \text{ml/seg}$
 $D_f \geq 3 D_1$
Clasificación D1

Algo Oscuro
 $3,6 > Q \geq 1,5 \text{ml/seg}$
 $3D_1 > D_f > 2 D_1$
Clasificación D2

Algo Claro
 $1,5 \geq Q > 0,5 \text{ml/seg}$
 $2D_1 > D_f > D_1$
Clasificación ND4

Claro
 $Q \leq 0,5 \text{ml/seg}$
 $D_f \leq D_1$

H= 7" (17,78cm)
10 min

Algo Claro
 $Q > 1,0 \text{ml/seg}$
 $D_f > D_1$
Clasificación ND3

Claro
 $Q \leq 1,0 \text{ml/seg}$
 $D_f \leq D_1$

H= 15" (38,10 cm)
10 min

Algo Claro
 $Q > 1,7 \text{ml/seg}$
 $D_f > D_1$
Clasificación ND2

Claro
 $Q \leq 1,7 \text{ml/seg}$
 $D_f \leq D_1$
Clasificación ND1

— Dispersivos — Intermedio — No Dispersivos —
D1 D2 ND4 ND3 ND2 ND1

DETERMINACION DE DISPERSION DE SUELOS - METODO DE PINHOLE TEST (ASTM 4647-93)

UBICACIÓN:

MUESTRA : 7

PROFUNDIDAD: 5 mts

1°

CARGA HIDRAULICA (H):	5,08	cm
VOLUMEN (V):	180	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,300	ml/seg

CLASIFICACION

DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	Repetir ensayo con H: 17,78cm	Repetir ensayo con H: 17,78cm

2°

CARGA HIDRAULICA (H):	17,78	cm
VOLUMEN (V):	267	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,445	ml/seg

CLASIFICACION

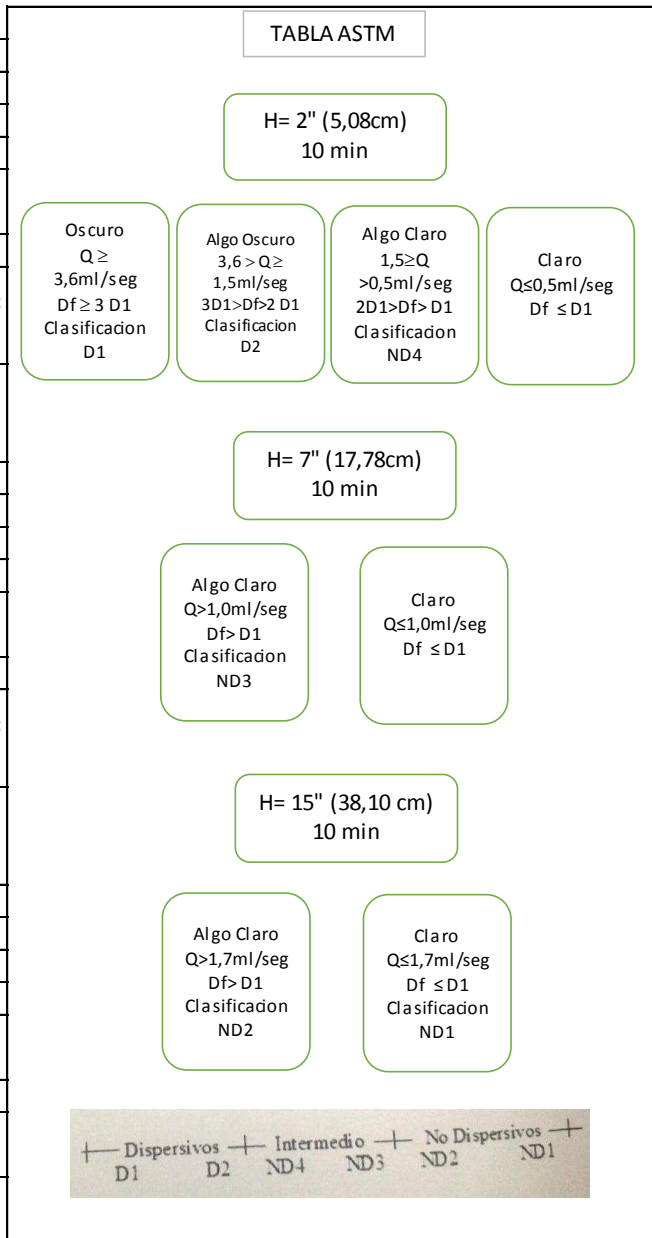
DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	Repetir ensayo con H: 17,78cm	Repetir ensayo con H: 17,78cm

3°

CARGA HIDRAULICA (H):	38,1	cm
VOLUMEN (V):	546	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,910	ml/seg

CLASIFICACION

DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	ND1	NO DISPERSIVO



DETERMINACION DE DISPERSION DE SUELOS - METODO DE PINHOLE TEST (ASTM 4647-93)

UBICACIÓN:

MUESTRA : 8

PROFUNDIDAD: 5 mts

1°

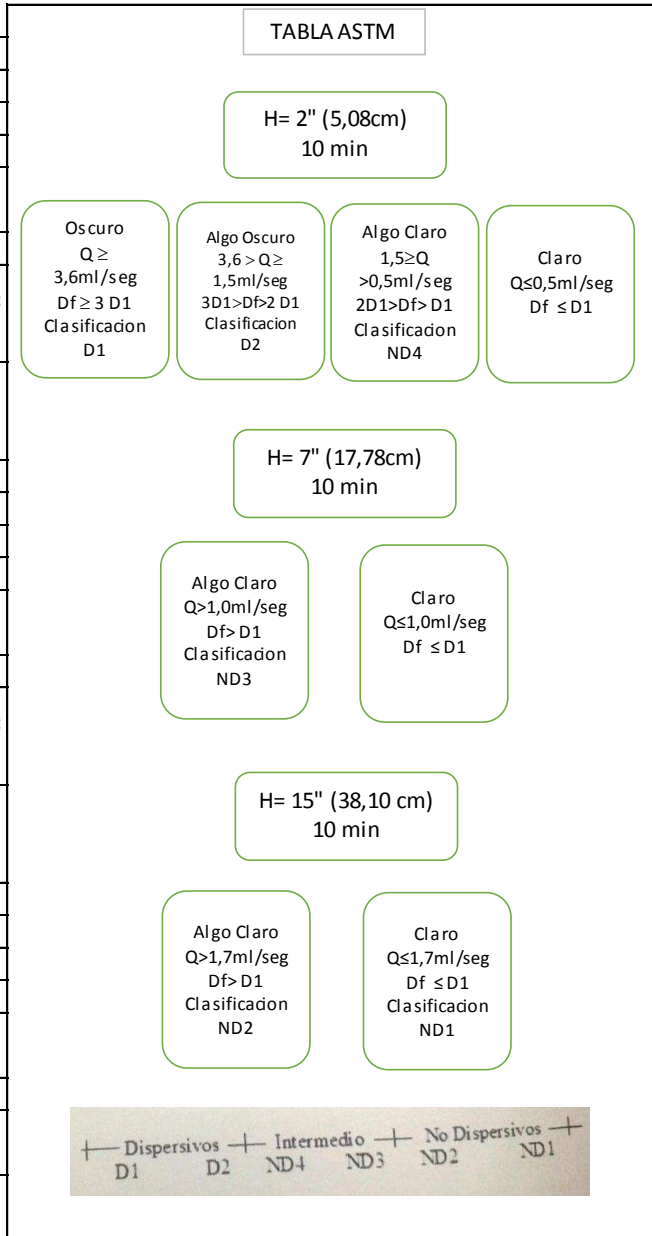
CARGA HIDRAULICA (H):	5,08	cm
VOLUMEN (V):	202	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,337	ml/seg
CLASIFICACION		
DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	Repetir ensayo con H: 17,78cm	Repetir ensayo con H: 17,78cm

2°

CARGA HIDRAULICA (H):	17,78	cm
VOLUMEN (V):	289	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,482	ml/seg
CLASIFICACION		
DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	Repetir ensayo con H: 17,78cm	Repetir ensayo con H: 17,78cm

3°

CARGA HIDRAULICA (H):	38,1	cm
VOLUMEN (V):	568	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,947	ml/seg
CLASIFICACION		
DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	ND1	NO DISPERSIVO



DETERMINACION DE DISPERSION DE SUELOS - METODO DE PINHOLE TEST (ASTM 4647-93)

UBICACIÓN:

MUESTRA : 9

PROFUNDIDAD: 5 mts

1°

CARGA HIDRAULICA (H):	5,08	cm
VOLUMEN (V):	91	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,152	ml/seg
CLASIFICACION		
DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	Repetir ensayo con H: 17,78cm	Repetir ensayo con H: 17,78cm

2°

CARGA HIDRAULICA (H):	17,78	cm
VOLUMEN (V):	185	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,308	ml/seg
CLASIFICACION		
DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	Repetir ensayo con H: 17,78cm	Repetir ensayo con H: 17,78cm

3°

CARGA HIDRAULICA (H):	38,1	cm
VOLUMEN (V):	400	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,667	ml/seg
CLASIFICACION		
DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	ND1	NO DISPERSIVO

TABLA ASTM

H= 2" (5,08cm)
10 min

Oscuro $Q \geq 3,6 > Q \geq 1,5 \text{ ml/seg}$ $D_f \geq 3 D_1$ Clasificación D1	Algo Oscuro $3,6 > Q \geq 1,5 \text{ ml/seg}$ $3D_1 > D_f > 2 D_1$ Clasificación D2	Algo Claro $1,5 \geq Q > 0,5 \text{ ml/seg}$ $2D_1 > D_f > D_1$ Clasificación ND4	Claro $Q \leq 0,5 \text{ ml/seg}$ $D_f \leq D_1$
--	--	--	--

H= 7" (17,78cm)
10 min

Algo Claro $Q > 1,0 \text{ ml/seg}$ $D_f > D_1$ Clasificación ND3	Claro $Q \leq 1,0 \text{ ml/seg}$ $D_f \leq D_1$
--	--

H= 15" (38,10 cm)
10 min

Algo Claro $Q > 1,7 \text{ ml/seg}$ $D_f > D_1$ Clasificación ND2	Claro $Q \leq 1,7 \text{ ml/seg}$ $D_f \leq D_1$ Clasificación ND1
--	---

+ Dispersivos + Intermedio + No Dispersivos +
 D1 D2 ND4 ND3 ND2 ND1

DETERMINACION DE DISPERSION DE SUELOS - METODO DE PINHOLE TEST (ASTM 4647-93)

UBICACIÓN:

MUESTRA : 10

PROFUNDIDAD: 5 mts

1°

CARGA HIDRAULICA (H):	5,08	cm
VOLUMEN (V):	124	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,207	ml/seg

CLASIFICACION

DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	Repetir ensayo con H: 17,78cm	Repetir ensayo con H: 17,78cm

2°

CARGA HIDRAULICA (H):	17,78	cm
VOLUMEN (V):	208	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,347	ml/seg

CLASIFICACION

DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	Repetir ensayo con H: 17,78cm	Repetir ensayo con H: 17,78cm

3°

CARGA HIDRAULICA (H):	38,1	cm
VOLUMEN (V):	236	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,393	ml/seg

CLASIFICACION

DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	ND1	NO DISPERSIVO

TABLA ASTM

H= 2" (5,08cm)
10 min

Oscuro
 $Q \geq 3,6 \text{ ml/seg}$
 $D_f \geq 3 D_1$
Clasificación D1

Algo Oscuro
 $3,6 > Q \geq 1,5 \text{ ml/seg}$
 $3D_1 > D_f > 2 D_1$
Clasificación D2

Algo Claro
 $1,5 \geq Q > 0,5 \text{ ml/seg}$
 $2D_1 > D_f > D_1$
Clasificación ND4

Claro
 $Q \leq 0,5 \text{ ml/seg}$
 $D_f \leq D_1$

H= 7" (17,78cm)
10 min

Algo Claro
 $Q > 1,0 \text{ ml/seg}$
 $D_f > D_1$
Clasificación ND3

Claro
 $Q \leq 1,0 \text{ ml/seg}$
 $D_f \leq D_1$

H= 15" (38,10 cm)
10 min

Algo Claro
 $Q > 1,7 \text{ ml/seg}$
 $D_f > D_1$
Clasificación ND2

Claro
 $Q \leq 1,7 \text{ ml/seg}$
 $D_f \leq D_1$
Clasificación ND1

— Dispersivos — Intermedio — No Dispersivos —
D1 D2 ND4 ND3 ND2 ND1

DETERMINACION DE DISPERSION DE SUELOS - METODO DE PINHOLE TEST (ASTM 4647-93)

UBICACIÓN:

MUESTRA : 11

PROFUNDIDAD: 5 mts

1°

CARGA HIDRAULICA (H):	5,08	cm
VOLUMEN (V):	130	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,217	ml/seg

CLASIFICACION

DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	Repetir ensayo con H: 17,78cm	Repetir ensayo con H: 17,78cm

2°

CARGA HIDRAULICA (H):	17,78	cm
VOLUMEN (V):	215	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,358	ml/seg

CLASIFICACION

DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	Repetir ensayo con H: 17,78cm	Repetir ensayo con H: 17,78cm

3°

CARGA HIDRAULICA (H):	38,1	cm
VOLUMEN (V):	308	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,513	ml/seg

CLASIFICACION

DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	ND1	NO DISPERSIVO

TABLA ASTM

H= 2" (5,08cm)
10 min

Oscuro
 $Q \geq 3,6 \text{ ml/seg}$
 $D_f \geq 3 D_1$
Clasificación D1

Algo Oscuro
 $3,6 > Q \geq 1,5 \text{ ml/seg}$
 $3D_1 > D_f > 2 D_1$
Clasificación D2

Algo Claro
 $1,5 \geq Q > 0,5 \text{ ml/seg}$
 $2D_1 > D_f > D_1$
Clasificación ND4

Claro
 $Q \leq 0,5 \text{ ml/seg}$
 $D_f \leq D_1$

H= 7" (17,78cm)
10 min

Algo Claro
 $Q > 1,0 \text{ ml/seg}$
 $D_f > D_1$
Clasificación ND3

Claro
 $Q \leq 1,0 \text{ ml/seg}$
 $D_f \leq D_1$

H= 15" (38,10 cm)
10 min

Algo Claro
 $Q > 1,7 \text{ ml/seg}$
 $D_f > D_1$
Clasificación ND2

Claro
 $Q \leq 1,7 \text{ ml/seg}$
 $D_f \leq D_1$
Clasificación ND1

— Dispersivos — Intermedio — No Dispersivos —
D1 D2 ND4 ND3 ND2 ND1

DETERMINACION DE DISPERSION DE SUELOS - METODO DE PINHOLE TEST (ASTM 4647-93)

UBICACIÓN:

MUESTRA : 12

PROFUNDIDAD: 5 mts

1°

CARGA HIDRAULICA (H):	5,08	cm
VOLUMEN (V):	94	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,157	ml/seg

CLASIFICACION

DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	Repetir ensayo con H: 17,78cm	Repetir ensayo con H: 17,78cm

2°

CARGA HIDRAULICA (H):	17,78	cm
VOLUMEN (V):	182	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,303	ml/seg

CLASIFICACION

DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	Repetir ensayo con H: 17,78cm	Repetir ensayo con H: 17,78cm

3°

CARGA HIDRAULICA (H):	38,1	cm
VOLUMEN (V):	353	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,588	ml/seg

CLASIFICACION

DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	ND1	NO DISPERSIVO

TABLA ASTM

H= 2" (5,08cm)
10 min

Oscuro
 $Q \geq 3,6 \text{ ml/seg}$
 $D_f \geq 3 D_1$
Clasificacion D1

Algo Oscuro
 $3,6 > Q \geq 1,5 \text{ ml/seg}$
 $3D_1 > D_f > 2 D_1$
Clasificacion D2

Algo Claro
 $1,5 \geq Q > 0,5 \text{ ml/seg}$
 $2D_1 > D_f > D_1$
Clasificacion ND4

Claro
 $Q \leq 0,5 \text{ ml/seg}$
 $D_f \leq D_1$

H= 7" (17,78cm)
10 min

Algo Claro
 $Q > 1,0 \text{ ml/seg}$
 $D_f > D_1$
Clasificacion ND3

Claro
 $Q \leq 1,0 \text{ ml/seg}$
 $D_f \leq D_1$

H= 15" (38,10 cm)
10 min

Algo Claro
 $Q > 1,7 \text{ ml/seg}$
 $D_f > D_1$
Clasificacion ND2

Claro
 $Q \leq 1,7 \text{ ml/seg}$
 $D_f \leq D_1$
Clasificacion ND1

— Dispersivos — Intermedio — No Dispersivos —
D1 D2 ND4 ND3 ND2 ND1

DETERMINACION DE DISPERSION DE SUELOS - METODO DE PINHOLE TEST (ASTM 4647-93)

UBICACIÓN:

MUESTRA : 13

PROFUNDIDAD: 5 mts

1°

CARGA HIDRAULICA (H):	5,08	cm
VOLUMEN (V):	111	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,185	ml/seg

CLASIFICACION

DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	Repetir ensayo con H: 17,78cm	Repetir ensayo con H: 17,78cm

2°

CARGA HIDRAULICA (H):	17,78	cm
VOLUMEN (V):	228	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,380	ml/seg

CLASIFICACION

DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	Repetir ensayo con H: 17,78cm	Repetir ensayo con H: 17,78cm

3°

CARGA HIDRAULICA (H):	38,1	cm
VOLUMEN (V):	409	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,682	ml/seg

CLASIFICACION

DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	ND1	NO DISPERSIVO

TABLA ASTM

H= 2" (5,08cm)
10 min

Oscuro
 $Q \geq 3,6$ ml/seg
 $D_f \geq 3 D_1$
Clasificación D1

Algo Oscuro
 $3,6 > Q \geq 1,5$ ml/seg
 $3D_1 > D_f > 2 D_1$
Clasificación D2

Algo Claro
 $1,5 \geq Q > 0,5$ ml/seg
 $2D_1 > D_f > D_1$
Clasificación ND4

Claro
 $Q \leq 0,5$ ml/seg
 $D_f \leq D_1$

H= 7" (17,78cm)
10 min

Algo Claro
 $Q > 1,0$ ml/seg
 $D_f > D_1$
Clasificación ND3

Claro
 $Q \leq 1,0$ ml/seg
 $D_f \leq D_1$

H= 15" (38,10 cm)
10 min

Algo Claro
 $Q > 1,7$ ml/seg
 $D_f > D_1$
Clasificación ND2

Claro
 $Q \leq 1,7$ ml/seg
 $D_f \leq D_1$
Clasificación ND1

— Dispersivos — Intermedio — No Dispersivos —
D1 D2 ND4 ND3 ND2 ND1

DETERMINACION DE DISPERSION DE SUELOS - METODO DE PINHOLE TEST (ASTM 4647-93)

UBICACIÓN:

MUESTRA : 14

PROFUNDIDAD: 5 mts

1°

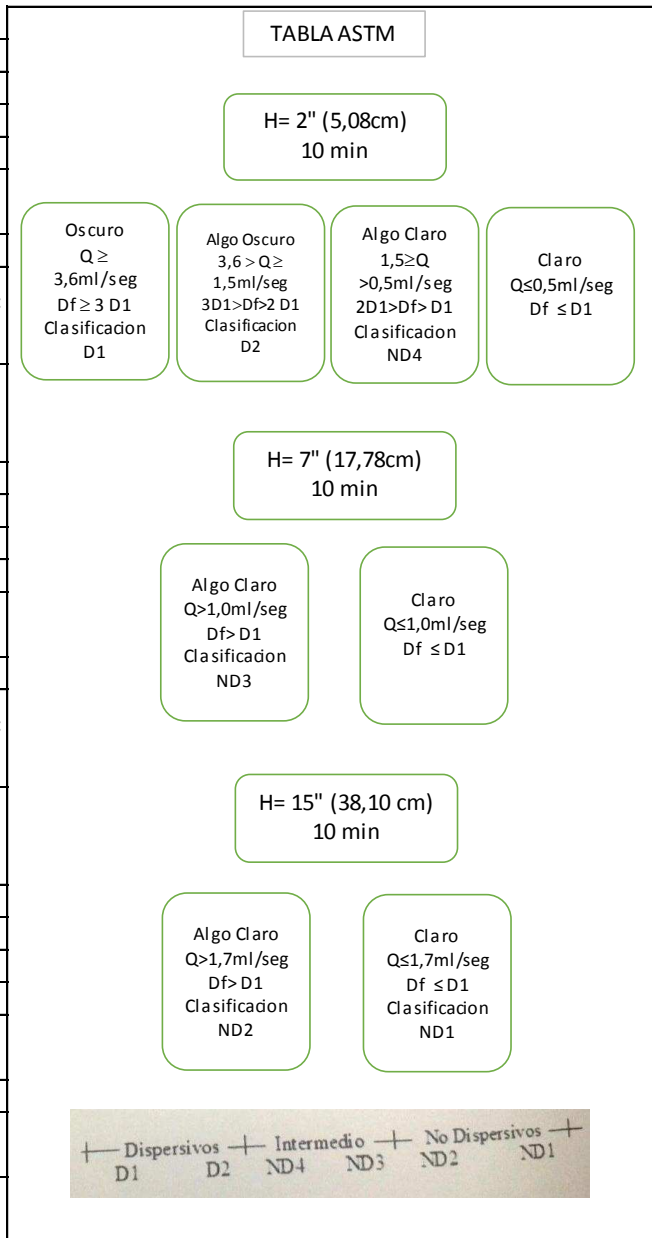
CARGA HIDRAULICA (H):	5,08	cm
VOLUMEN (V):	86	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,143	ml/seg
CLASIFICACION		
DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	Repetir ensayo con H: 17,78cm	Repetir ensayo con H: 17,78cm

2°

CARGA HIDRAULICA (H):	17,78	cm
VOLUMEN (V):	209	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,348	ml/seg
CLASIFICACION		
DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	Repetir ensayo con H: 17,78cm	Repetir ensayo con H: 17,78cm

3°

CARGA HIDRAULICA (H):	38,1	cm
VOLUMEN (V):	276	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,460	ml/seg
CLASIFICACION		
DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	ND1	NO DISPERSIVO



DETERMINACION DE DISPERSION DE SUELOS - METODO DE PINHOLE TEST (ASTM 4647-93)

UBICACIÓN:

MUESTRA : 15

PROFUNDIDAD: 5 mts

1°

CARGA HIDRAULICA (H):	5,08	cm
VOLUMEN (V):	300	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,500	ml/seg
CLASIFICACION		
DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	Repetir ensayo con H: 17,78cm	Repetir ensayo con H: 17,78cm

2°

CARGA HIDRAULICA (H):	17,78	cm
VOLUMEN (V):	420	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,700	ml/seg
CLASIFICACION		
DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	Repetir ensayo con H: 17,78cm	Repetir ensayo con H: 17,78cm

3°

CARGA HIDRAULICA (H):	38,1	cm
VOLUMEN (V):	802	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	1,337	ml/seg
CLASIFICACION		
DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	ND1	NO DISPERSIVO

TABLA ASTM

H= 2" (5,08cm)
10 min

Oscuro
 $Q \geq 3,6 > Q \geq 1,5 \text{ ml/seg}$
 $D_f \geq 3 D_1$
Clasificación D1

Algo Oscuro
 $3,6 > Q \geq 1,5 \text{ ml/seg}$
 $3D_1 > D_f > 2 D_1$
Clasificación D2

Algo Claro
 $1,5 \geq Q > 0,5 \text{ ml/seg}$
 $2D_1 > D_f > D_1$
Clasificación ND4

Claro
 $Q \leq 0,5 \text{ ml/seg}$
 $D_f \leq D_1$

H= 7" (17,78cm)
10 min

Algo Claro
 $Q > 1,0 \text{ ml/seg}$
 $D_f > D_1$
Clasificación ND3

Claro
 $Q \leq 1,0 \text{ ml/seg}$
 $D_f \leq D_1$

H= 15" (38,10 cm)
10 min

Algo Claro
 $Q > 1,7 \text{ ml/seg}$
 $D_f > D_1$
Clasificación ND2

Claro
 $Q \leq 1,7 \text{ ml/seg}$
 $D_f \leq D_1$
Clasificación ND1

— Dispersivos — Intermedio — No Dispersivos —
D1 D2 ND4 ND3 ND2 ND1

DETERMINACION DE DISPERSION DE SUELOS - METODO DE PINHOLE TEST (ASTM 4647-93)

UBICACIÓN:

MUESTRA : 16

PROFUNDIDAD: 5 mts

1°

CARGA HIDRAULICA (H):	5,08	cm
VOLUMEN (V):	250	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,417	ml/seg

CLASIFICACION

DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	Repetir ensayo con H: 17,78cm	Repetir ensayo con H: 17,78cm

2°

CARGA HIDRAULICA (H):	17,78	cm
VOLUMEN (V):	387	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	0,645	ml/seg

CLASIFICACION

DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	Repetir ensayo con H: 17,78cm	Repetir ensayo con H: 17,78cm

3°

CARGA HIDRAULICA (H):	38,1	cm
VOLUMEN (V):	715	ml
TIEMPO (t):	600	seg
CAUDAL(Q):	1,192	ml/seg

CLASIFICACION

DESCRIPCION	CLASIFICACION	IDENTIFICACION
Claro	ND1	NO DISPERSIVO

TABLA ASTM

H= 2" (5,08cm)
10 min

Oscuro
 $Q \geq 3,6$ ml/seg
 $D_f \geq 3 D_1$
Clasificadon D1

Algo Oscuro
 $3,6 > Q \geq 1,5$ ml/seg
 $3D_1 > D_f > 2 D_1$
Clasificadon D2

Algo Claro
 $1,5 \geq Q > 0,5$ ml/seg
 $2D_1 > D_f > D_1$
Clasificadon ND4

Claro
 $Q \leq 0,5$ ml/seg
 $D_f \leq D_1$

H= 7" (17,78cm)
10 min

Algo Claro
 $Q > 1,0$ ml/seg
 $D_f > D_1$
Clasificadon ND3

Claro
 $Q \leq 1,0$ ml/seg
 $D_f \leq D_1$

H= 15" (38,10 cm)
10 min

Algo Claro
 $Q > 1,7$ ml/seg
 $D_f > D_1$
Clasificadon ND2

Claro
 $Q \leq 1,7$ ml/seg
 $D_f \leq D_1$
Clasificadon ND1

— Dispersivos — Intermedio — No Dispersivos —
D1 D2 ND4 ND3 ND2 ND1

ENSAYO DEL DOBLE HIDRÓMETRO

UBICACIÓN: Barrio 5 de Agosto
 MUESTRA: 1
 PROFUNDIDAD mts: 2

DATOS TECNICOS			
TIPO DE HIDROMETRO	152H	GRAVEDAD ESPECIFICA DEL SUELO	2,56 2,6
AGENTE DISPERSANTE	con dispersante / sin dispersante	FACTOR DE CORRECCIÓN (a)	1,01
PASANTE # 200	100,00%	PESO DEL SUELO (Ws)	50
CORRECIÓN MENISCO	3	CORRECIÓN POR CERO (Fz)	3

TEMPERATURA °C	TIEMPO	LECTURA DEL HIDROMETRO	Rcp	% MAS FINO	RcL	L (cm)	A	D (mm)
26	0,25	48	46,65	94,23	51,00	8,4	0,0129	0,075
26	0,5	44	42,65	86,15	47,00	9,1	0,0129	0,055
26	1	41	39,65	80,09	44,00	9,6	0,0129	0,040
26	2	36	34,65	69,99	39,00	10,4	0,0129	0,029
26	4	31	29,65	59,89	34,00	11,2	0,0129	0,022
26	8	28	26,65	53,83	31,00	11,7	0,0129	0,016
26	15	27	25,65	51,81	30,00	11,9	0,0129	0,011
26	30	25	23,65	47,77	28,00	12,2	0,0129	0,008
25	60	23	21,4	43,23	26,00	12,5	0,0131	0,006
25	120	22	20,4	41,21	25,00	12,7	0,0131	0,004
24	240	20	18,15	36,66	23,00	13	0,0132	0,003
24	480	19	17,15	34,64	22,00	13,2	0,0132	0,002
25	1440	17	15,4	31,11	20,00	13,5	0,0131	0,001
25	2880	15	13,4	27,07	18,00	13,8	0,0131	0,001

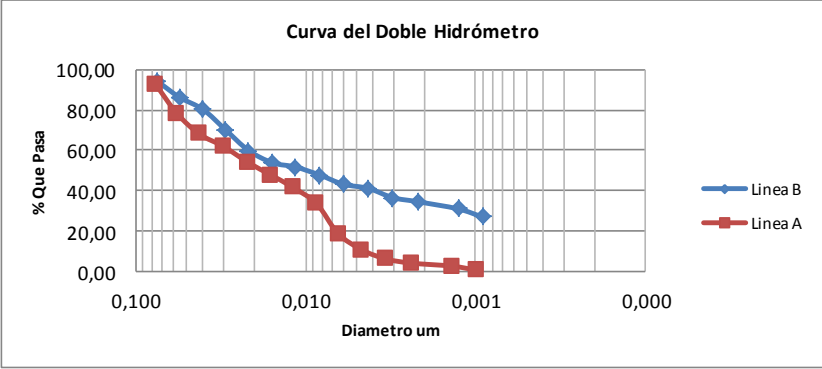
TEMPERATURA °C	TIEMPO	LECTURA DEL HIDROMETRO	Rcp	% MAS FINO	RcL	L (cm)	A	D (mm)
26	0,25	47	45,65	92,21	50,00	8,6	0,0129	0,076
26	0,5	40	38,65	78,07	43,00	9,7	0,0129	0,057
26	1	35	33,65	67,97	38,00	10,6	0,0129	0,042
26	2	32	30,65	61,91	35,00	11,1	0,0129	0,030
26	4	28	26,65	53,83	31,00	11,2	0,0129	0,022
26	8	25	23,65	47,77	28,00	12,2	0,0129	0,016
26	15	22	20,65	41,71	25,00	12,7	0,0129	0,012
26	30	18	16,65	33,63	21,00	13,3	0,0129	0,009
25	60	11	9,4	18,99	14,00	14,5	0,0131	0,006
25	120	7	5,4	10,91	10,00	15,2	0,0131	0,005
24	240	5	3,15	6,36	8,00	15,5	0,0132	0,003
24	480	4	2,15	4,34	7,00	15,6	0,0132	0,002
25	1440	3	1,4	2,83	6,00	15,8	0,0131	0,001
25	2880	2	0,4	0,81	5,00	16,0	0,0131	0,001

$$\% = \frac{A \times 100}{B}$$

$$\% = \frac{11,01 \times 100}{40,56}$$

$$= 27,14 \approx 27,00$$

NO DISPERSIVO



UBICACIÓN: BARRIO 5 DE AGOSTO

MUESTRA: 2

PROFUNDIDAD mts: 2

DATOS TECNICOS				
TIPO DE HIDROMETRO	152H	GRAVEDAD ESPECIFICA DEL SUELO	2,73	2,7
AGENTE DISPERSANTE	-----	FACTOR DE CORRECIÓN (a)	0,99	
PASANTE # 200	100,00%	PESO DEL SUELO (Ws)	50	
CORRECIÓN MENISCO	3	CORRECCION POR CERO (Fz)	4	

TEMPERATURA °C	TIEMPO	LECTURA DEL HIDROMETRO	Rcp	% MAS FINO	Rcl	L (cm)	A	D (mm)
28	0,25	51	49,15	97,32	54,00	7,9	0,0123	0,069
28	0,5	48	46,15	91,38	51,00	8,4	0,0123	0,050
28	1	46	44,15	87,42	49,00	8,6	0,0123	0,036
28	2	45	43,15	85,44	48,00	8,8	0,0123	0,026
26	4	44	41,65	82,47	47,00	8,9	0,0125	0,019
26	8	43	40,65	80,49	46,00	9,1	0,0125	0,013
26	15	40	37,65	74,55	43,00	9,2	0,0125	0,010
26	30	37	34,65	68,61	40,00	9,4	0,0125	0,007
28	60	34	32,15	63,66	37,00	9,7	0,0123	0,005
28	120	33	31,15	61,68	36,00	10,1	0,0123	0,004
26	240	30	27,65	54,75	33,00	10,7	0,0125	0,003
26	480	24	21,65	42,87	27,00	11,1	0,0125	0,002
26	1440	20	17,65	34,95	23,00	11,5	0,0125	0,001
26	2880	16	13,65	27,03	19,00	11,9	0,0125	0,001

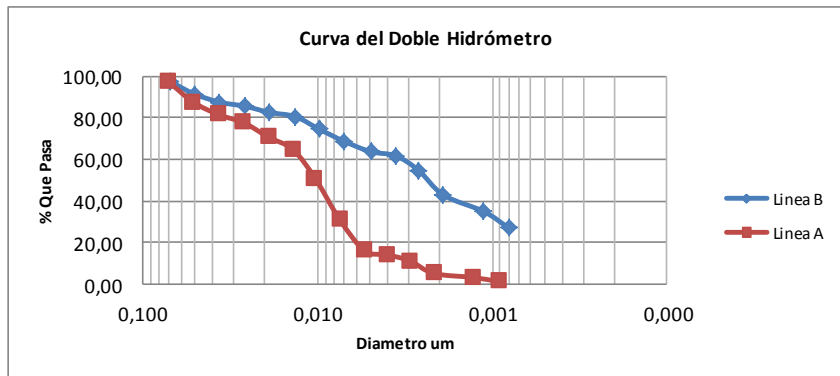
TEMPERATURA °C	TIEMPO	LECTURA DEL HIDROMETRO	Rcp	% MAS FINO	Rcl	L (cm)	A	D (mm)
28	0,25	51	49,15	97,32	54,00	8,3	0,0123	0,071
28	0,5	46	44,15	87,42	49,00	8,6	0,0123	0,051
28	1	43	41,15	81,48	46,00	8,9	0,0123	0,037
28	2	41	39,15	77,52	44,00	9,1	0,0123	0,026
26	4	38	35,65	70,59	41,00	9,2	0,0125	0,019
26	8	35	32,65	64,65	38,00	9,7	0,0125	0,014
26	15	28	25,65	50,79	31,00	10,1	0,0125	0,010
26	30	18	15,65	30,99	21,00	10,6	0,0125	0,007
28	60	10	8,15	16,14	13,00	11,4	0,0123	0,005
28	120	9	7,15	14,16	12,00	12,5	0,0123	0,004
26	240	8	5,65	11,19	11,00	13,3	0,0125	0,003
26	480	5	2,65	5,25	8,00	14,3	0,0125	0,002
26	1440	4	1,65	3,27	7,00	15	0,0125	0,001
26	2880	3	0,65	1,29	6,00	15,5	0,0125	0,001

$$\% = \frac{A \times 100}{B}$$

$$\% = \frac{17,00 \times 100}{62,01}$$

$$= 27,42 \approx 27,00$$

NO DISPERSIVO



UBICACIÓN: BARRIO 5 DE AGOSTO
 MUESTRA: 3
 PROFUNDIDAD mts: 2

DATOS TECNICOS				
TIPO DE HIDROMETRO	152H	GRAVEDAD ESPECIFICA DEL SUELO	2,69	2,7
AGENTE DISPERSANTE	-----	FACTOR DE CORRECIÓN (a)	0,99	
PASANTE # 200	100,00%	PESO DEL SUELO (Ws)	50	
CORRECIÓN MENISCO	3	CORRECCION POR CERO (Fz)	4	

TEMPERATURA °C	TIEMPO	LECTURA DEL HIDROMETRO	Rcp	% MAS FINO	RcL	L (cm)	A	D (mm)
26	0,25	50	47,65	94,35	53,00	8,1	0,0125	0,0712
26	0,5	44	41,65	82,47	47,00	9,1	0,0125	0,0533
26	1	41	38,65	76,53	44,00	9,6	0,0125	0,0387
26	2	36	33,65	66,63	39,00	10,4	0,0125	0,0285
26	4	31	28,65	56,73	34,00	11,2	0,0125	0,0209
26	8	25	22,65	44,85	28,00	12,2	0,0125	0,0154
26	15	22	19,65	38,91	25,00	12,7	0,0125	0,0115
26	30	20	17,65	34,95	23,00	12,9	0,0125	0,0082
26	60	19	16,65	32,97	22,00	13	0,0125	0,0058
26	120	18	15,65	30,99	21,00	13,2	0,0125	0,0041
26	240	17	14,65	29,01	20,00	13,3	0,0125	0,0029
26	480	15	12,65	25,05	18,00	13,5	0,0125	0,0021
25	1440	13	10,4	20,59	16,00	13,8	0,0127	0,0012
25	2880	11	8,4	16,63	14,00	14,5	0,0127	0,0009

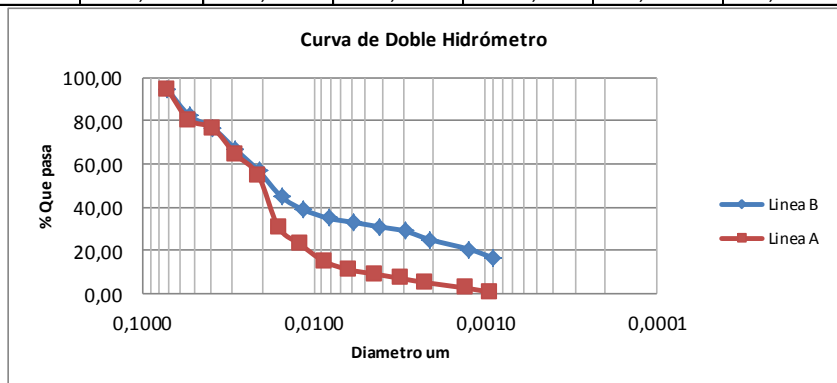
TEMPERATURA °C	TIEMPO	LECTURA DEL HIDROMETRO	Rcp	% MAS FINO	RcL	L (cm)	A	D (mm)
26	0,25	50	47,65	94,35	53,00	8,1	0,0125	0,0712
26	0,5	43	40,65	80,49	46,00	9,2	0,0125	0,0536
26	1	41	38,65	76,53	44,00	9,6	0,0125	0,0387
26	2	35	32,65	64,65	38,00	10,6	0,0125	0,0288
26	4	30	27,65	54,75	33,00	11,4	0,0125	0,0211
26	8	18	15,65	30,99	21,00	13,3	0,0125	0,0161
26	15	14	11,65	23,07	17,00	14	0,0125	0,0121
26	30	10	7,65	15,15	13,00	14,7	0,0125	0,0088
26	60	8	5,65	11,19	11,00	15	0,0125	0,0063
26	120	7	4,65	9,21	10,00	15,2	0,0125	0,0044
26	240	6	3,65	7,23	9,00	15,3	0,0125	0,0032
26	480	5	2,65	5,25	8,00	15,5	0,0125	0,0022
25	1440	4	1,4	2,77	7,00	15,6	0,0127	0,0013
25	2880	3	0,4	0,79	6,00	15,8	0,0127	0,0009

$$\% = \frac{A \times 100}{B}$$

$$\% = \frac{9,85 \times 100}{32,97}$$

$$= 29,88 \approx 30,00$$

NO DISPERSIVO



UBICACIÓN: COMPLEJO TOHALLI
 MUESTRA: 4
 PROFUNDIDAD mts: 3

DATOS TECNICOS				
TIPO DE HIDROMETRO	152H	GRAVEDAD ESPECIFICA DEL SUELO	2,69	2,7
AGENTE DISPERSANTE	-----	FACTOR DE CORRECIÓN (a)	0,99	
PASANTE # 200	100,00%	PESO DEL SUELO (Ws)	50	
CORRECIÓN MENISCO	3	CORRECCION POR CERO (Fz)	3	

TEMPERATURA °C	TIEMPO	LECTURA DEL HIDROMETRO	Rcp	% MAS FINO	RcL	L (cm)	A	D (mm)
28	0,25	50	49,15	97,32	53,00	8,1	0,0123	0,0700
28	0,5	48	47,15	93,36	51,00	8,4	0,0123	0,0504
28	1	44	43,15	85,44	47,00	9,1	0,0123	0,0371
28	2	41	40,15	79,50	44,00	9,6	0,0123	0,0269
28	4	38	37,15	73,56	41,00	10,1	0,0123	0,0195
28	8	36	35,15	69,60	39,00	10,4	0,0123	0,0140
28	15	28	27,15	53,76	31,00	11,7	0,0123	0,0109
28	30	26	25,15	49,80	29,00	12,0	0,0123	0,0078
28	60	23	22,15	43,86	26,00	12,5	0,0123	0,0056
26	120	22	20,65	40,89	25,00	12,7	0,0125	0,0041
26	240	20	18,65	36,93	23,00	13,0	0,0125	0,0029
26	480	17	15,65	30,99	20,00	13,5	0,0125	0,0021
26	1440	15	13,65	27,03	18,00	13,8	0,0125	0,0012
26	2880	11	9,65	19,11	14,00	14,5	0,0125	0,0009

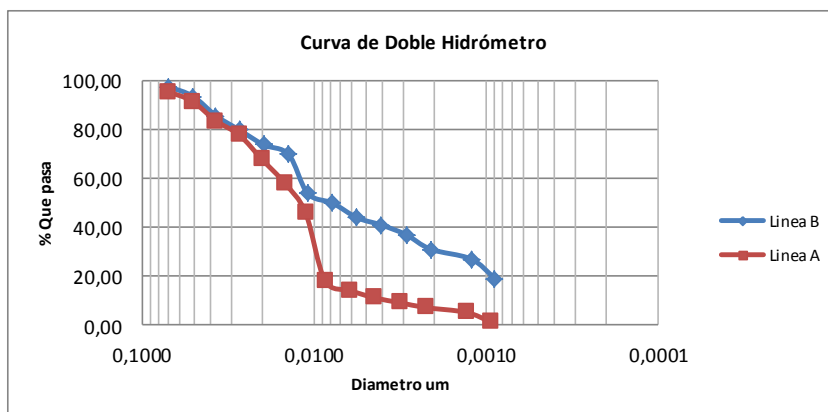
TEMPERATURA °C	TIEMPO	LECTURA DEL HIDROMETRO	Rcp	% MAS FINO	RcL	L (cm)	A	D (mm)
28	0,25	49	48,15	95,34	52,00	8,3	0,0123	0,0709
28	0,5	47	46,15	91,38	50,00	8,6	0,0123	0,0510
28	1	43	42,15	83,46	46,00	9,2	0,0123	0,0373
28	2	40	39,15	77,52	43,00	9,7	0,0123	0,0271
28	4	35	34,15	67,62	38,00	10,6	0,0123	0,0200
28	8	30	29,15	57,72	33,00	11,4	0,0123	0,0147
28	15	24	23,15	45,84	27,00	12,4	0,0123	0,0112
28	30	10	9,15	18,12	13,00	14,7	0,0123	0,0086
28	60	8	7,15	14,16	11,00	15	0,0123	0,0062
26	120	7	5,65	11,19	10,00	15,2	0,0125	0,0044
26	240	6	4,65	9,21	9,00	15,3	0,0125	0,0032
26	480	5	3,65	7,23	8,00	15,5	0,0125	0,00225
26	1440	4	2,65	5,25	7,00	15,6	0,0125	0,00130
26	2880	2	0,65	1,29	5,00	16	0,0125	0,00093

$$\% = \frac{A \times 100}{B}$$

$$\% = \frac{11,95 \times 100}{41,50}$$

$$= 28,80 \approx 29,00$$

NO DISPERSIVO



UBICACIÓN: AV. LA CULTURA-AV. INTERBARRIOS

MUESTRA: 5

PROFUNDIDAD mts: 2

DATOS TECNICOS				
TIPO DE HIDROMETRO	152H	GRAVEDAD ESPECIFICA DEL SUELO	2,69	2,7
AGENTE DISPERSANTE	-----	FACTOR DE CORRECIÓN (a)	0,99	
PASANTE # 200	100,00%	PESO DEL SUELO (Ws)	50	
CORRECIÓN MENISCO	3	CORRECCION POR CERO (Fz)	4	

TEMPERATURA °C	TIEMPO	LECTURA DEL HIDROMETRO	Rcp	% MAS FINO	RcL	L (cm)	A	D (mm)
25	0,25	49	46,4	91,87	52,00	8,3	0,0127	0,073
25	0,5	45	42,4	83,95	48,00	8,9	0,0127	0,054
25	1	41	38,4	76,03	44,00	9,6	0,0127	0,039
25	2	36	33,4	66,13	39,00	10,4	0,0127	0,029
25	4	32	29,4	58,21	35,00	11,1	0,0127	0,021
25	8	29	26,4	52,27	32,00	11,5	0,0127	0,015
25	15	26	23,4	46,33	29,00	12,0	0,0127	0,011
25	30	23	20,4	40,39	26,00	12,5	0,0127	0,008
25	60	20	17,4	34,45	23,00	13,0	0,0127	0,006
26	120	18	15,65	30,99	21,00	13,3	0,0125	0,004
26	240	16	13,65	27,03	19,00	13,7	0,0125	0,003
26	480	14	11,65	23,07	17,00	14,0	0,0125	0,002
26	1440	13	10,65	21,09	16,00	14,2	0,0125	0,001
26	2880	12	9,65	19,11	15,00	14,3	0,0125	0,001

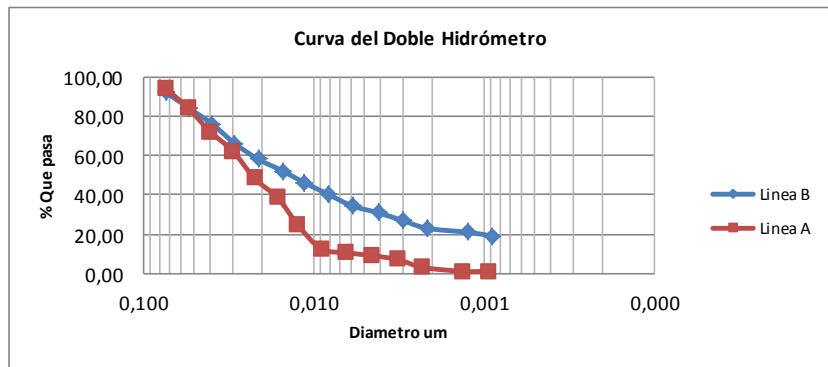
TEMPERATURA °C	TIEMPO	LECTURA DEL HIDROMETRO	Rcp	% MAS FINO	RcL	L (cm)	A	D (mm)
25	0,25	49	47,4	93,85	52,00	8,3	0,0127	0,073
25	0,5	44	42,4	83,95	47,00	9,1	0,0127	0,054
25	1	38	36,4	72,07	41,00	10,1	0,0127	0,040
25	2	33	31,4	62,17	36,00	10,9	0,0127	0,030
25	4	26	24,4	48,31	29,00	12,1	0,0127	0,022
25	8	21	19,4	38,41	24,00	12,9	0,0127	0,016
25	15	14	12,4	24,55	17,00	14,0	0,0127	0,012
25	30	8	6,4	12,67	11,00	15	0,0127	0,009
25	60	7	5,4	10,69	10,00	15,2	0,0127	0,006
26	120	6	4,65	9,21	9,00	15,3	0,0125	0,004
26	240	5	3,65	7,23	8,00	15,5	0,0125	0,003
26	480	3	1,65	3,27	6,00	15,8	0,0125	0,002
26	1440	2	0,65	1,29	5,00	16	0,0125	0,001
26	2880	2	0,65	1,29	5,00	16	0,0125	0,001

$$\% = \frac{A \times 100}{B}$$

$$\% = \frac{9,93 \times 100}{34,16}$$

$$= 29,07 \approx 29,00$$

NO DISPERSIVO



UBICACIÓN: GASOLINERA PRIMAX

MUESTRA: 6

PROFUNDIDAD mts: 2

DATOS TECNICOS				
TIPO DE HIDROMETRO	152H	GRAVEDAD ESPECIFICA DEL SUELO	2,62	2,6
AGENTE DISPERSANTE	-----	FACTOR DE CORRECIÓN (a)	1,01	
PASANTE # 200	100,00%	PESO DEL SUELO (Ws)	50	
CORRECIÓN MENISCO	3	CORRECCION POR CERO (Fz)	3	

TEMPERATURA °C	TIEMPO	LECTURA DEL HIDROMETRO	Rcp	% MAS FINO	RcL	L (cm)	A	D (mm)
26	0,25	50	48,65	98,27	53,00	7,9	0,0129	0,073
26	0,5	48	46,65	94,23	51,00	8,4	0,0129	0,053
26	1	46	44,65	90,19	49,00	8,8	0,0129	0,038
26	2	41	39,65	80,09	44,00	9,6	0,0129	0,028
26	4	36	34,65	69,99	39,00	10,4	0,0129	0,021
26	8	32	30,65	61,91	35,00	11,1	0,0129	0,015
26	15	28	26,65	53,83	31,00	11,7	0,0129	0,011
27	30	26	24,9	50,30	29,00	12,0	0,0128	0,008
27	60	23	21,9	44,24	26,00	12,5	0,0128	0,006
27	120	20	18,9	38,18	23,00	13,0	0,0128	0,004
27	240	19	17,9	36,16	22,00	13,2	0,0128	0,003
27	480	16	14,9	30,10	19,00	13,7	0,0128	0,002
27	1440	13	11,9	24,04	16,00	14,2	0,0128	0,0013
27	2880	12	10,9	22,02	15,00	14,3	0,0128	0,0009

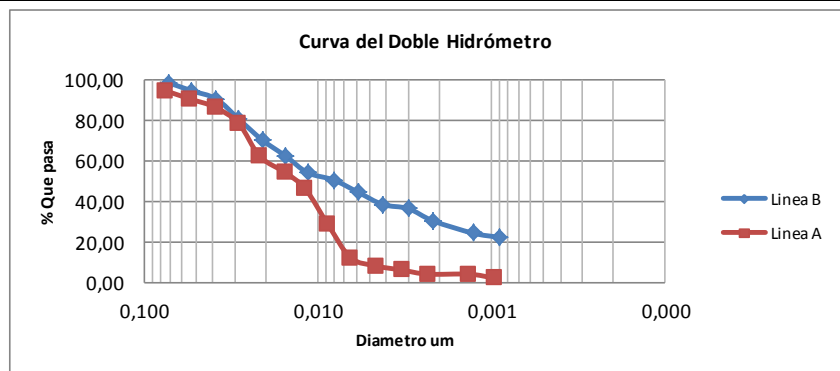
TEMPERATURA °C	TIEMPO	LECTURA DEL HIDROMETRO	Rcp	% MAS FINO	RcL	L (cm)	A	D (mm)
26	0,25	48	46,65	94,23	51,00	8,4	0,0129	0,075
26	0,5	46	44,65	90,19	49,00	8,8	0,0129	0,054
26	1	44	42,65	86,15	47,00	9,1	0,0129	0,039
26	2	40	38,65	78,07	43,00	9,7	0,0129	0,028
26	4	32	30,65	61,91	35,00	11,1	0,0129	0,021
26	8	28	26,65	53,83	31,00	11,2	0,0129	0,015
26	15	24	22,65	45,75	27,00	12,4	0,0129	0,012
27	30	15	13,9	28,08	18,00	13,8	0,0128	0,009
27	60	7	5,9	11,92	10,00	15,2	0,0128	0,006
27	120	5	3,9	7,88	8,00	15,5	0,0128	0,005
27	240	4	2,9	5,86	7,00	15,6	0,0128	0,003
27	480	3	1,9	3,84	6,00	15,8	0,0128	0,002
27	1440	3	1,9	3,84	6,00	15,8	0,0128	0,001
27	2880	2	0,9	1,82	5,00	16	0,0128	0,001

$$\% = \frac{A \times 100}{B}$$

$$\% = \frac{9,70 \times 100}{39,01}$$

$$= 24,87 \approx 25,00$$

NO DISPERSIVO



UBICACIÓN: CONECTOR VIA CIRCUNVALACION ATRAZ MANTA 2000

MUESTRA: 7

PROFUNDIDAD mts: 2

DATOS TECNICOS				
TIPO DE HIDROMETRO	152H	GRAVEDAD ESPECIFICA DEL SUELO	2,53	2,5
AGENTE DISPERSANTE	-----	FACTOR DE CORRECIÓN (a)	1,04	
PASANTE # 200	100,00%	PESO DEL SUELO (Ws)	50	
CORRECIÓN MENISCO	3	CORRECCION POR CERO (Fz)	3	

TEMPERATURA °C	TIEMPO	LECTURA DEL HIDROMETRO	Rcp	% MAS FINO	RcL	L (cm)	A	D (mm)
24	0,25	49	47,15	98,07	52,00	8,1	0,0137	0,078
24	0,5	48	46,15	95,99	51,00	8,3	0,0137	0,056
24	1	46	44,15	91,83	49,00	8,8	0,0137	0,041
24	2	42	40,15	83,51	45,00	9,4	0,0137	0,030
24	4	36	34,15	71,03	39,00	10,4	0,0137	0,022
24	8	31	29,15	60,63	34,00	11,2	0,0137	0,016
24	15	26	24,15	50,23	29,00	12,0	0,0137	0,012
26	30	22	20,65	42,95	25,00	12,7	0,0133	0,009
26	60	19	17,65	36,71	22,00	13,2	0,0133	0,006
26	120	17	15,65	32,55	20,00	13,5	0,0133	0,004
26	240	15	13,65	28,39	18,00	13,8	0,0133	0,003
26	480	14	12,65	26,31	17,00	14,0	0,0133	0,002
26	1440	13	11,65	24,23	16,00	14,2	0,0133	0,001
26	2880	12	10,65	22,15	15,00	14,3	0,0133	0,001

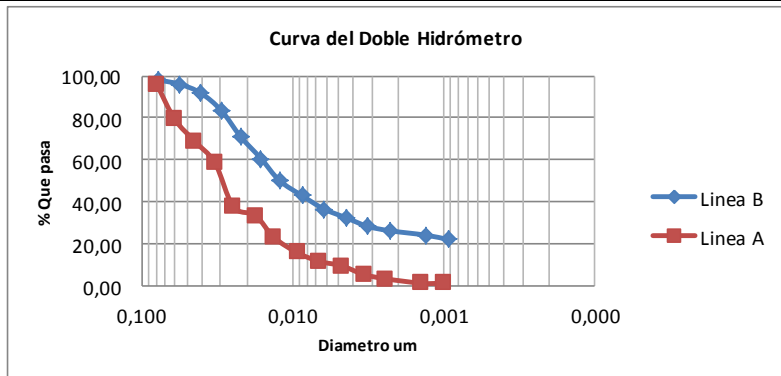
TEMPERATURA °C	TIEMPO	LECTURA DEL HIDROMETRO	Rcp	% MAS FINO	RcL	L (cm)	A	D (mm)
24	0,25	48	46,15	95,99	51,00	8,4	0,0137	0,079
24	0,5	40	38,15	79,35	43,00	9,7	0,0137	0,060
24	1	35	33,15	68,95	38,00	10,6	0,0137	0,045
24	2	30	28,15	58,55	33,00	11,4	0,0137	0,033
24	4	20	18,15	37,75	23,00	13	0,0137	0,025
24	8	18	16,15	33,59	21,00	13,3	0,0137	0,018
24	15	13	11,15	23,19	16,00	14,2	0,0137	0,013
26	30	9	7,65	15,91	12,00	14,8	0,0133	0,009
26	60	7	5,65	11,75	10,00	15,2	0,0133	0,007
26	120	6	4,65	9,67	9,00	15,3	0,0133	0,005
26	240	4	2,65	5,51	7,00	15,6	0,0133	0,003
26	480	3	1,65	3,43	6,00	15,8	0,0133	0,002
26	1440	2	0,65	1,35	5,00	16	0,0133	0,001
26	2880	2	0,65	1,35	5,00	16	0,0133	0,001

$$\% = \frac{A \times 100}{B}$$

$$\% = \frac{10,00 \times 100}{34,26}$$

$$= 29,19 \approx 29,00$$

NO DISPERSIVO



UBICACIÓN: RUTA SPONDYLUS LLEGADA A SAN MATEO
 MUESTRA: 8
 PROFUNDIDAD mts: 2

DATOS TECNICOS				
TIPO DE HIDROMETRO	152H	GRAVEDAD ESPECIFICA DEL SUELO	2,54	2,6
AGENTE DISPERSANTE	-----	FACTOR DE CORRECIÓN (a)	1,04	
PASANTE # 200	100,00%	PESO DEL SUELO (Ws)	50	
CORRECIÓN MENISCO	3	CORRECIÓN POR CERO (Fz)	3	

TEMPERATURA °C	TIEMPO	LECTURA DEL HIDROMETRO	Rcp	% MAS FINO	Rcl	L (cm)	A	D (mm)
24	0,25	49	47,15	98,07	52,00	8,3	0,0132	0,076
24	0,5	47	45,15	93,91	50,00	8,6	0,0132	0,055
24	1	41	39,15	81,43	44,00	9,6	0,0132	0,041
24	2	36	34,15	71,03	39,00	10,4	0,0132	0,030
24	4	31	29,15	60,63	34,00	11,2	0,0132	0,022
24	8	28	26,15	54,39	31,00	11,7	0,0132	0,016
24	15	27	25,15	52,31	30,00	11,9	0,0132	0,012
23	30	25	22,9	47,63	28,00	12,2	0,0134	0,009
23	60	23	20,9	43,47	26,00	12,5	0,0134	0,006
23	120	22	19,9	41,39	25,00	12,7	0,0134	0,004
24	240	20	18,15	37,75	23,00	13,0	0,0132	0,003
24	480	19	17,15	35,67	22,00	13,2	0,0132	0,0022
24	1440	17	15,15	31,51	20,00	13,5	0,0132	0,0013
24	2880	15	13,15	27,35	18,00	13,8	0,0132	0,0009

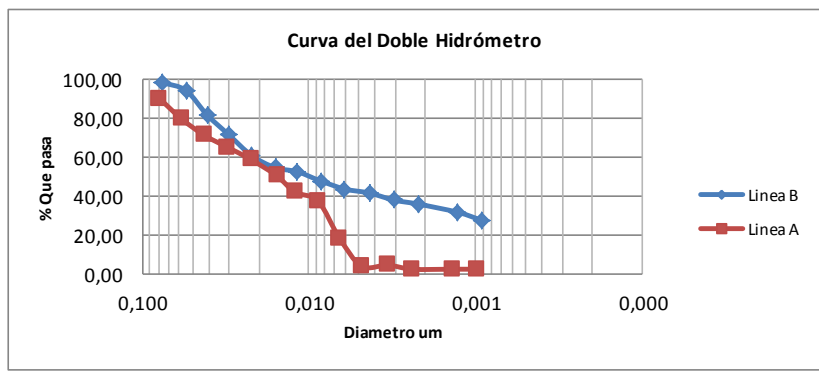
TEMPERATURA °C	TIEMPO	LECTURA DEL HIDROMETRO	Rcp	% MAS FINO	Rcl	L (cm)	A	D (mm)
24	0,25	45	43,15	89,75	48,00	8,9	0,0132	0,079
24	0,5	40	38,15	79,35	43,00	9,7	0,0132	0,058
24	1	36	34,15	71,03	39,00	10,4	0,0132	0,043
24	2	33	31,15	64,79	36,00	10,9	0,0132	0,031
24	4	30	28,15	58,55	33,00	11,4	0,0132	0,022
24	8	26	24,15	50,23	29,00	11,2	0,0132	0,016
24	15	22	20,15	41,91	25,00	12,7	0,0132	0,012
23	30	20	17,9	37,23	23,00	13	0,0134	0,009
23	60	11	8,9	18,51	14,00	14,5	0,0134	0,007
23	120	4	1,9	3,95	7,00	15,6	0,0134	0,005
24	240	4	2,15	4,47	7,00	15,6	0,0132	0,003
24	480	3	1,15	2,39	6,00	15,8	0,0132	0,002
24	1440	3	1,15	2,39	6,00	15,8	0,0132	0,001
24	2880	3	1,15	2,39	6,00	15,8	0,0132	0,001

$$\% = \frac{A \times 100}{B}$$

$$\% = \frac{9,88 \times 100}{41,21}$$

$$= 23,97 \approx 24,00$$

NO DISPERSIVO



UBICACIÓN: SANTIAGO ARAUZ
 MUESTRA: 9
 PROFUNDIDAD mts: 2

DATOS TECNICOS				
TIPO DE HIDROMETRO	152H	GRAVEDAD ESPECIFICA DEL SUELO	2,46	2,5
AGENTE DISPERSANTE	-----	FACTOR DE CORRECIÓN (a)	1,04	
PASANTE # 200	100,00%	PESO DEL SUELO (Ws)	50	
CORRECIÓN MENISCO	3	CORRECCION POR CERO (Fz)	4	

TEMPERATURA °C	TIEMPO	LECTURA DEL HIDROMETRO	Rcp	% MAS FINO	RcL	L (cm)	A	D (mm)
26	0,25	50	47,65	99,11	53,00	8,1	0,0125	0,071
26	0,5	49	46,65	97,03	52,00	8,3	0,0125	0,051
26	1	47	44,65	92,87	50,00	8,6	0,0125	0,037
26	2	44	41,65	86,63	47,00	9,1	0,0125	0,027
26	4	40	37,65	78,31	43,00	9,7	0,0125	0,019
26	8	36	33,65	69,99	39,00	10,4	0,0125	0,014
26	15	32	29,65	61,67	35,00	11,1	0,0125	0,011
26	30	28	25,65	53,35	31,00	11,7	0,0125	0,008
26	60	21	18,65	38,79	24,00	12,9	0,0125	0,006
26	120	18	15,65	32,55	21,00	13,3	0,0125	0,004
26	240	15	12,65	26,31	18,00	13,8	0,0125	0,003
26	480	13	10,65	22,15	16,00	14,2	0,0125	0,002
25	1440	12	9,4	19,55	15,00	14,3	0,0127	0,001
25	2880	11	8,4	17,47	14,00	14,5	0,0127	0,001

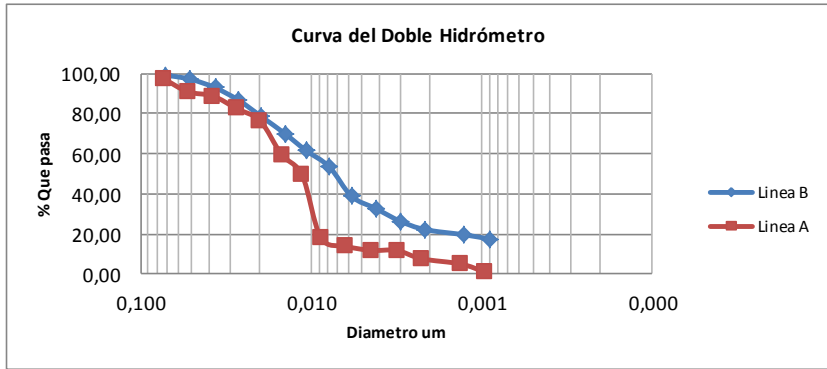
TEMPERATURA °C	TIEMPO	LECTURA DEL HIDROMETRO	Rcp	% MAS FINO	RcL	L (cm)	A	D (mm)
26	0,25	48	46,65	97,03	51,00	8,4	0,0125	0,072
26	0,5	45	43,65	90,79	48,00	8,9	0,0125	0,053
26	1	44	42,65	88,71	47,00	9,1	0,0125	0,038
26	2	41	39,65	82,47	44,00	9,6	0,0125	0,027
26	4	38	36,65	76,23	41,00	10,1	0,0125	0,020
26	8	30	28,65	59,59	33,00	11,4	0,0125	0,015
26	15	25	23,65	49,19	28,00	12,2	0,0125	0,011
26	30	10	8,65	17,99	13,00	14,7	0,0125	0,009
26	60	8	6,65	13,83	11,00	15	0,0125	0,006
26	120	7	5,65	11,75	10,00	15,2	0,0125	0,004
26	240	7	5,65	11,75	10,00	15,2	0,0125	0,003
26	480	5	3,65	7,59	8,00	15,5	0,0125	0,002
25	1440	4	2,4	4,99	7,00	15,6	0,0127	0,001
25	2880	2	0,4	0,83	5,00	16	0,0127	0,001

$$\% = \frac{A \times 100}{B}$$

$$\% = \frac{11,05 \times 100}{39,95}$$

$$= 27,66 \approx 28,00$$

NO DISPERSIVO



UBICACIÓN: SAN MATEO U. E. RIOBAMBA
 MUESTRA: 10
 PROFUNDIDAD mts: 2

DATOS TECNICOS				
TIPO DE HIDROMETRO	152H	GRAVEDAD ESPECIFICA DEL SUELO	2,65	2,7
AGENTE DISPERSANTE	-----	FACTOR DE CORRECIÓN (a)	0,99	
PASANTE # 200	100,00%	PESO DEL SUELO (Ws)	50	
CORRECIÓN MENISCO	3	CORRECCION POR CERO (Fz)	3	

TEMPERATURA °C	TIEMPO	LECTURA DEL HIDROMETRO	Rcp	% MAS FINO	RcL	L (cm)	A	D (mm)
28	0,25	48	47,15	93,36	51,00	8,4	0,0123	0,071
28	0,5	46	45,15	89,40	49,00	8,8	0,0123	0,052
28	1	41	40,15	79,50	44,00	9,6	0,0123	0,038
28	2	35	34,15	67,62	38,00	10,6	0,0123	0,028
28	4	30	29,15	57,72	33,00	11,4	0,0123	0,021
26	8	27	25,65	50,79	30,00	11,9	0,0125	0,015
26	15	26	24,65	48,81	29,00	12,0	0,0125	0,011
26	30	25	23,65	46,83	28,00	12,2	0,0125	0,008
25	60	23	21,4	42,37	26,00	12,5	0,0127	0,006
25	120	22	20,4	40,39	25,00	12,7	0,0127	0,004
24	240	20	18,15	35,94	23,00	13,0	0,0128	0,003
24	480	19	17,15	33,96	22,00	13,2	0,0128	0,0021
25	1440	17	15,4	30,49	20,00	13,5	0,0127	0,0012
25	2880	14	12,4	24,55	17,00	14,0	0,0127	0,0009

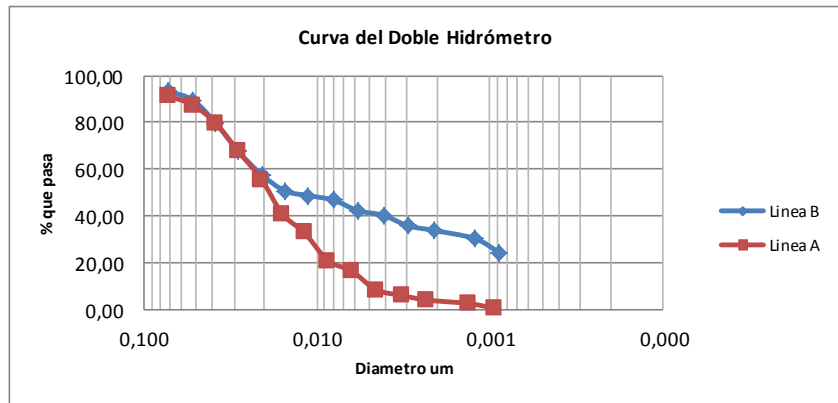
TEMPERATURA °C	TIEMPO	LECTURA DEL HIDROMETRO	Rcp	% MAS FINO	RcL	L (cm)	A	D (mm)
28	0,25	47	46,15	91,38	50,00	8,6	0,0123	0,072
28	0,5	45	44,15	87,42	48,00	8,9	0,0123	0,052
28	1	41	40,15	79,50	44,00	9,6	0,0123	0,038
28	2	35	34,15	67,62	38,00	10,6	0,0123	0,028
28	4	29	28,15	55,74	32,00	11,5	0,0123	0,021
26	8	22	20,65	40,89	25,00	12,7	0,0125	0,016
26	15	18	16,65	32,97	21,00	13,3	0,0125	0,012
26	30	12	10,65	21,09	15,00	14,3	0,0125	0,009
25	60	10	8,4	16,63	13,00	14,7	0,0127	0,006
25	120	6	4,4	8,71	9,00	15,5	0,0127	0,005
24	240	5	3,15	6,24	8,00	15,6	0,0128	0,003
24	480	4	2,15	4,26	7,00	15,8	0,0128	0,002
25	1440	3	1,4	2,77	6,00	16,0	0,0127	0,001
25	2880	2	0,4	0,79	5,00	16,0	0,0127	0,001

$$\% = \frac{A \times 100}{B}$$

$$\% = \frac{9,89 \times 100}{41,95}$$

$$= 23,58 \approx 24,00$$

NO DISPERSIVO



UBICACIÓN: AL LADO DEL PUENTE
 MUESTRA: 11
 PROFUNDIDAD mts: 3

DATOS TECNICOS				
TIPO DE HIDROMETRO	152H	GRAVEDAD ESPECIFICA DEL SUELO	2,66	2,7
AGENTE DISPERSANTE	-----	FACTOR DE CORRECIÓN (a)	0,99	
PASANTE # 200	100,00%	PESO DEL SUELO (Ws)	50	
CORRECIÓN MENISCO	3	CORRECCION POR CERO (Fz)	3	

TEMPERATURA °C	TIEMPO	LECTURA DEL HIDROMETRO	Rcp	% MAS FINO	RcL	L (cm)	A	D (mm)
26	0,25	51	49,65	98,31	54,00	7,9	0,0125	0,070
26	0,5	49	47,65	94,35	52,00	8,3	0,0125	0,051
26	1	45	43,65	86,43	48,00	8,9	0,0125	0,037
26	2	37	35,65	70,59	40,00	10,2	0,0125	0,028
26	4	31	29,65	58,71	34,00	11,2	0,0125	0,021
26	8	28	26,65	52,77	31,00	11,7	0,0125	0,015
26	15	27	25,65	50,79	30,00	11,9	0,0125	0,011
26	30	25	23,65	46,83	28,00	12,2	0,0125	0,008
24	60	23	21,15	41,88	26,00	12,5	0,0128	0,006
24	120	21	19,15	37,92	24,00	12,9	0,0128	0,004
24	240	20	18,15	35,94	23,00	13,0	0,0128	0,003
24	480	19	17,15	33,96	22,00	13,2	0,0128	0,002
24	1440	17	15,15	30,00	20,00	13,5	0,0128	0,001
24	2880	13	11,15	22,08	16,00	14,2	0,0128	0,001

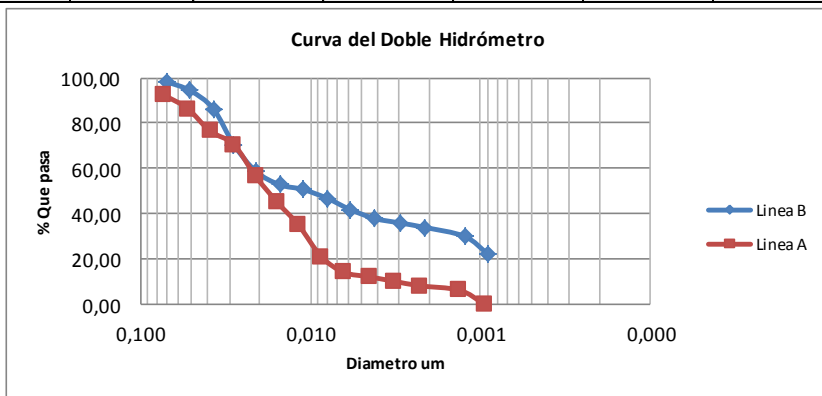
TEMPERATURA °C	TIEMPO	LECTURA DEL HIDROMETRO	Rcp	% MAS FINO	RcL	L (cm)	A	D (mm)
26	0,25	48	46,65	92,37	51,00	8,4	0,0125	0,072
26	0,5	45	43,65	86,43	48,00	8,9	0,0125	0,053
26	1	40	38,65	76,53	43,00	9,7	0,0125	0,039
26	2	37	35,65	70,59	40,00	10,2	0,0125	0,028
26	4	30	28,65	56,73	33,00	11,4	0,0125	0,021
26	8	24	22,65	44,85	27,00	12,4	0,0125	0,016
26	15	19	17,65	34,95	22,00	13,2	0,0125	0,012
26	30	12	10,65	21,09	15,00	14,3	0,0125	0,009
24	60	9	7,15	14,16	12,00	14,8	0,0128	0,006
24	120	8	6,15	12,18	11,00	15	0,0128	0,005
24	240	7	5,15	10,20	10,00	15,2	0,0128	0,003
24	480	6	4,15	8,22	9,00	15,3	0,0128	0,002
24	1440	5	3,15	6,24	8,00	15,5	0,0128	0,001
24	2880	2	0,15	0,30	5,00	16	0,0128	0,001

$$\% = \frac{A \times 100}{B}$$

$$\% = \frac{12,15 \times 100}{40,00}$$

$$= 30,38 \approx 30,00$$

NO DISPERSIVO



UBICACIÓN: VIA ROCAFUERTE
 MUESTRA: 12
 PROFUNDIDAD mts: 3

DATOS TECNICOS				
TIPO DE HIDROMETRO	152H	GRAVEDAD ESPECIFICA DEL SUELO	2,53	2,5
AGENTE DISPERSANTE	-----	FACTOR DE CORRECIÓN (a)	1,04	
PASANTE # 200	100,00%	PESO DEL SUELO (Ws)	50	
CORRECIÓN MENISCO	3	CORRECCION POR CERO (Fz)	4	

TEMPERATURA °C	TIEMPO	LECTURA DEL HIDROMETRO	Rcp	% MAS FINO	RcL	L (cm)	A	D (mm)
27	0,25	50	47,9	99,63	53,00	8,1	0,0132	0,075
27	0,5	48	45,9	95,47	51,00	8,4	0,0132	0,054
27	1	45	42,9	89,23	48,00	8,9	0,0132	0,039
27	2	41	38,9	80,91	44,00	9,6	0,0132	0,029
27	4	36	33,9	70,51	39,00	10,4	0,0132	0,021
27	8	28	25,9	53,87	31,00	11,7	0,0132	0,016
27	15	27	24,9	51,79	30,00	11,9	0,0132	0,012
27	30	25	22,9	47,63	28,00	12,2	0,0132	0,008
26	60	23	20,65	42,95	26,00	12,5	0,0133	0,006
26	120	22	19,65	40,87	25,00	12,7	0,0133	0,004
26	240	20	17,65	36,71	23,00	13,0	0,0133	0,003
26	480	19	16,65	34,63	22,00	13,2	0,0133	0,002
26	1440	17	14,65	30,47	20,00	13,5	0,0133	0,0013
26	2880	15	12,65	26,31	18,00	13,8	0,0133	0,0009

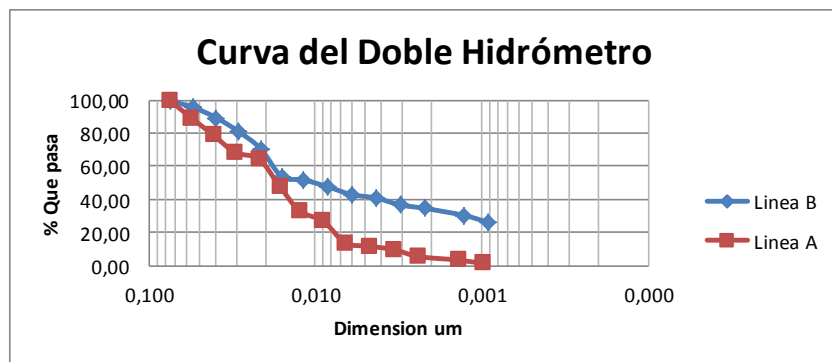
TEMPERATURA °C	TIEMPO	LECTURA DEL HIDROMETRO	Rcp	% MAS FINO	RcL	L (cm)	A	D (mm)
27	0,25	50	47,9	99,63	53,00	8,1	0,0132	0,075
27	0,5	45	42,9	89,23	48,00	8,9	0,0132	0,056
27	1	40	37,9	78,83	43,00	9,7	0,0132	0,041
27	2	35	32,9	68,43	38,00	10,6	0,0132	0,030
27	4	33	30,9	64,27	36,00	10,9	0,0132	0,022
27	8	25	22,9	47,63	28,00	12,2	0,0132	0,016
27	15	18	15,9	33,07	21,00	13,3	0,0132	0,012
27	30	15	12,9	26,83	18,00	13,8	0,0132	0,009
26	60	9	6,65	13,83	12,00	14,8	0,0133	0,007
26	120	8	5,65	11,75	11,00	15	0,0133	0,005
26	240	7	4,65	9,67	10,00	15,2	0,0133	0,003
26	480	5	2,65	5,51	8,00	15,5	0,0133	0,002
26	1440	4	1,65	3,43	7,00	15,6	0,0133	0,001
26	2880	3	0,65	1,35	6,00	15,8	0,0133	0,001

$$\% = \frac{A \times 100}{B}$$

$$\% = \frac{10,82 \times 100}{40,87}$$

$$= 27,47 \approx 27,00$$

NO DISPERSIVO



UBICACIÓN: MUELLE JARAMIJO
 MUESTRA: 13
 PROFUNDIDAD mts: 2

DATOS TECNICOS				
TIPO DE HIDROMETRO	152H	GRAVEDAD ESPECIFICA DEL SUELO	2,48	2,5
AGENTE DISPERSANTE	-----	FACTOR DE CORRECIÓN (a)	1,04	
PASANTE # 200	100,00%	PESO DEL SUELO (Ws)	50	
CORRECIÓN MENISCO	3	CORRECCION POR CERO (Fz)	3	

TEMPERATURA °C	TIEMPO	LECTURA DEL HIDROMETRO	Rcp	% MAS FINO	RcL	L (cm)	A	D (mm)
27	0,25	48	46,9	97,55	51,00	8,4	0,0132	0,077
27	0,5	44	42,9	89,23	47,00	9,1	0,0132	0,056
27	1	41	39,9	82,99	44,00	9,6	0,0132	0,041
27	2	36	34,9	72,59	39,00	10,4	0,0132	0,030
27	4	31	29,9	62,19	34,00	11,2	0,0132	0,022
27	8	28	26,9	55,95	31,00	11,7	0,0132	0,016
27	15	27	25,9	53,87	30,00	11,9	0,0132	0,012
27	30	25	23,9	49,71	28,00	12,2	0,0132	0,008
26	60	23	21,65	45,03	26,00	12,5	0,0133	0,006
26	120	22	20,65	42,95	25,00	12,7	0,0133	0,004
26	240	20	18,65	38,79	23,00	13,0	0,0133	0,003
26	480	19	17,65	36,71	22,00	13,2	0,0133	0,002
27	1440	17	15,9	33,07	20,00	13,5	0,0132	0,001
27	2880	15	13,9	28,91	18,00	13,8	0,0132	0,001

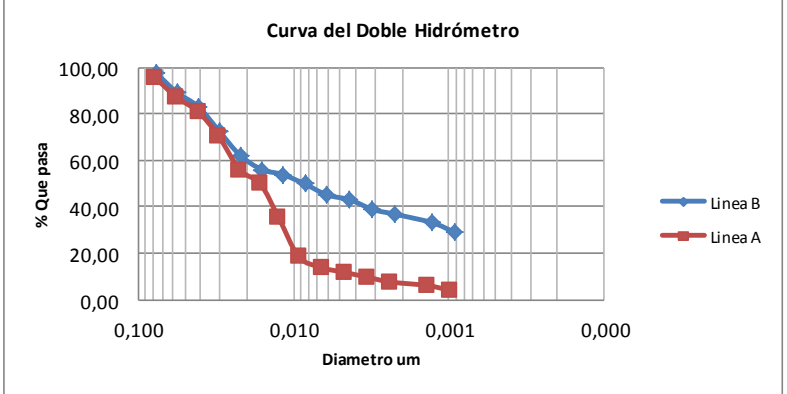
TEMPERATURA °C	TIEMPO	LECTURA DEL HIDROMETRO	Rcp	% MAS FINO	RcL	L (cm)	A	D (mm)
27	0,25	47	45,9	95,47	50,00	8,6	0,0132	0,077
27	0,5	43	41,9	87,15	46,00	9,2	0,0132	0,057
27	1	40	38,9	80,91	43,00	9,7	0,0132	0,041
27	2	35	33,9	70,51	38,00	10,6	0,0132	0,030
27	4	28	26,9	55,95	31,00	11,3	0,0132	0,022
27	8	25	23,9	49,71	28,00	12,2	0,0132	0,016
27	15	18	16,9	35,15	21,00	13,3	0,0132	0,012
27	30	10	8,9	18,51	13,00	14,7	0,0132	0,009
26	60	8	6,65	13,83	11,00	15	0,0133	0,007
26	120	7	5,65	11,75	10,00	15,2	0,0133	0,005
26	240	6	4,65	9,67	9,00	15,3	0,0133	0,003
26	480	5	3,65	7,59	8,00	15,5	0,0133	0,002
27	1440	4	2,9	6,03	7,00	15,6	0,0132	0,001
27	2880	3	1,9	3,95	6,00	15,8	0,0132	0,001

$$\% = \frac{A \times 100}{B}$$

$$\% = \frac{11,80 \times 100}{42,90}$$

$$= 27,51 \approx 28,00$$

NO DISPERSIVO



UBICACIÓN: VIA REFINERIA CARRETERA 1
 MUESTRA: 14
 PROFUNDIDAD mts:

DATOS TECNICOS				
TIPO DE HIDROMETRO	152H	GRAVEDAD ESPECIFICA DEL SUELO	2,52	2,5
AGENTE DISPERSANTE	-----	FACTOR DE CORRECIÓN (a)	1,04	
PASANTE # 200	100,00%	PESO DEL SUELO (Ws)	50	
CORRECIÓN MENISCO	3	CORRECCION POR CERO (Fz)	4	

TEMPERATURA °C	TIEMPO	LECTURA DEL HIDROMETRO	Rcp	% MAS FINO	RcL	L (cm)	A	D (mm)
27	0,25	50	47,9	99,63	53,00	8,1	0,0132	0,075
27	0,5	47	44,9	93,39	50,00	8,6	0,0132	0,055
27	1	39	36,9	76,75	42,00	9,9	0,0132	0,042
28	2	35	33,15	68,95	38,00	10,6	0,0130	0,030
28	4	32	30,15	62,71	35,00	11,1	0,0130	0,022
26	8	28	25,65	53,35	31,00	11,7	0,0133	0,016
26	15	27	24,65	51,27	30,00	11,9	0,0133	0,012
26	30	25	22,65	47,11	28,00	12,2	0,0133	0,008
25	60	22	19,4	40,35	25,00	12,7	0,0135	0,006
25	120	21	18,4	38,27	24,00	12,9	0,0135	0,004
24	240	20	17,15	35,67	23,00	13,0	0,0137	0,003
24	480	19	16,15	33,59	22,00	13,2	0,0137	0,002
24	1440	17	14,15	29,43	20,00	13,5	0,0137	0,0013
24	2880	11	8,15	16,95	14,00	14,5	0,0137	0,0010

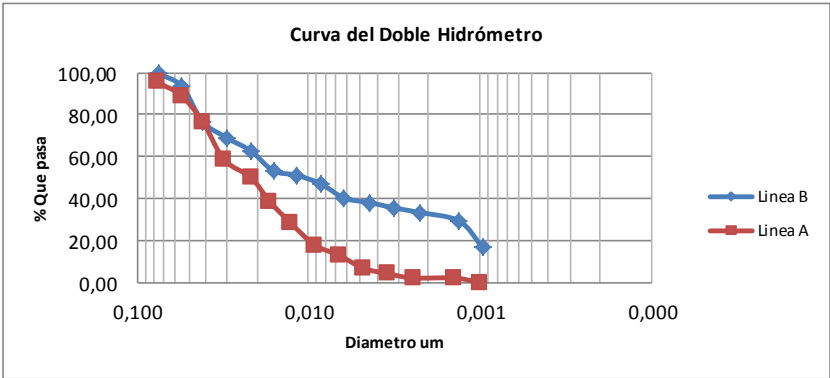
TEMPERATURA °C	TIEMPO	LECTURA DEL HIDROMETRO	Rcp	% MAS FINO	RcL	L (cm)	A	D (mm)
27	0,25	48	45,9	95,47	51,00	8,4	0,0132	0,077
27	0,5	45	42,9	89,23	48,00	8,9	0,0132	0,056
27	1	39	36,9	76,75	42,00	9,9	0,0132	0,042
28	2	30	28,15	58,55	33,00	11,4	0,0130	0,031
28	4	26	24,15	50,23	29,00	11,2	0,0130	0,022
26	8	21	18,65	38,79	24,00	12,9	0,0133	0,017
26	15	16	13,65	28,39	19,00	13,7	0,0133	0,013
26	30	11	8,65	17,99	14,00	14,3	0,0133	0,009
25	60	9	6,4	13,31	12,00	14,8	0,0135	0,007
25	120	6	3,4	7,07	9,00	15,3	0,0135	0,005
24	240	5	2,15	4,47	8,00	15,5	0,0137	0,003
24	480	4	1,15	2,39	7,00	15,6	0,0137	0,002
24	1440	4	1,15	2,39	7,00	15,6	0,0137	0,001
24	2880	3	0,15	0,31	6,00	15,8	0,0137	0,001

$$\% = \frac{A \times 100}{B}$$

$$\% = \frac{12,00 \times 100}{39,96}$$

$$= 30,03 \approx 30,00$$

NO DISPERSIVO



ANEXO 4

TABLA RESUMEN DE ESTUDIOS DE CAMPO Y DE ENSAYOS DE LABORATORIO

MUESTRAS	UBICACIÓN	GRANULOMETRIA (% QUE PASA)				HUMEDAD NATURAL	LIMITES DE ATTERBERG			TIPO DE SUELO	PESO ESPECIFICO	PESO VOLUMETRICO
		TAMIZ # 4	TAMIZ # 10	TAMIZ # 40	TAMIZ P. # 200		LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE PLASTICO			
		%	%	%	%		%	%	%			
MUESTRA 1	BARRIO 5 DE AGOSTO	97,26	92,28	80,31	8,74	1,52	-	-	NP	SP-SM	2,69	1,69
MUESTRA 2	BARRIO 5 DE AGOSTO	80,71	73,40	52,29	5,59	1,52	-	-	NP	SP-SM	2,56	1,91
MUESTRA 3	BARRIO 5 DE AGOSTO	100,00	99,59	96,91	1,74	2,89	-	-	NP	SP	2,73	1,77
MUESTRA 4	COMPLEJO TOHALLI	98,74	97,16	95,06	55,46	5,06	32,50	24,48	8,02	ML	2,10	1,31
MUESTRA 5	AV. LA CULTURA AV. INTERBARRIOS (5 DE JUNIO)	77,95	49,86	24,34	10,69	11,92	32,99	31,98	1,01	SP-SM	2,22	1,23
MUESTRA 6	GASOLINERA PRIMAX	88,03	66,02	42,80	26,60	20,92	23,78	18,95	4,83	SC	2,38	1,26
MUESTRA 7	CONECTOR VIA CIRCUNVALACION	99,45	98,58	86,01	72,68	9,27	36,43	32,52	3,91	ML	2,62	1,47
MUESTRA 8	RUTA SPONDYLUS LLEGADA SAN MATEO	94,71	90,76	80,29	74,21	12,64	70,63	46,86	23,77	MH	2,53	1,50
MUESTRA 9	SANTIAGO ARAUZ	99,64	97,96	79,46	72,85	20,15	61,90	41,66	20,24	MH	2,54	1,82
MUESTRA 10	SAN MATEO U.E.RIOBAMBA	80,18	47,33	14,26	6,49	9,50	53,97	39,39	14,58	SP-SM	2,46	1,69
MUESTRA 11	AL LADO DEL PUENTE	100,00	99,99	99,34	68,70	7,90	40,03	33,25	6,78	ML	2,29	1,57
MUESTRA 12	VIA ROCAFUERTE	99,78	99,24	98,58	91,39	9,04	47,20	39,47	7,73	ML	2,15	1,48
MUESTRA 13	MUELLE JARAMIJO	97,37	96,31	93,79	69,26	5,29	27,03	22,11	4,92	ML	2,08	1,60
MUESTRA 14	VIA REFINERIA CARRETERA 1	95,84	93,76	91,47	25,67	3,96	-	-	NP	SM	2,48	1,38
MUESTRA 15	VIA REFINERIA CARRETERA 2	85,57	78,51	41,61	13,94	8,53	-	-	NP	SM	2,26	1,68
MUESTRA 16	SITIO INDUMASTER	90,85	88,80	76,77	19,10	2,87	-	-	NP	SM	2,52	1,97

SUELOS DISPERSIVOS			SUELOS COLAPSABLES
CRUMB	PINHOLE TEST	DOBLE HIDROMETRO	LIMITE LIQUIDO
Grado	Nomenclatura	%	Metodologia
GRADO 1	ND1	27,14	-
Ninguna reaccion	No Dispersivo	<30 No dispersivo	
GRADO 1	ND1	27,42	-
Ninguna reaccion	No Dispersivo	<30 No dispersivo	
GRADO 1	ND1	29,88	-
Ninguna reaccion	No Dispersivo	<30 No dispersivo	
GRADO 1	ND1	28,80	Suelo estable
Ninguna reaccion	No Dispersivo	<30 No dispersivo	
GRADO 1	ND1	29,07	No colapsable
Ninguna reaccion	No Dispersivo	<30 No dispersivo	
GRADO 1	ND1	24,87	Colapsable
Ninguna reaccion	No Dispersivo	<30 No dispersivo	
GRADO 1	ND1	29,19	Colapsable
Ninguna reaccion	No Dispersivo	<30 No dispersivo	
GRADO 2	ND1	23,97	No colapsable
Reaccion Ligera	No Dispersivo	<30 No dispersivo	
GRADO 2	ND1	27,66	No colapsable
Reaccion Ligera	No Dispersivo	<30 No dispersivo	
GRADO 1	ND1	23,58	No colapsable
Ninguna reaccion	No Dispersivo	<30 No dispersivo	
GRADO 2	ND1	30,38	No colapsable
Reaccion Ligera	No Dispersivo	<30 No dispersivo	
GRADO 1	ND1	26,47	No colapsable
Ninguna reaccion	No Dispersivo	<30 No dispersivo	
GRADO 2	ND1	27,51	Colapsable
Reaccion Ligera	No Dispersivo	<30 No dispersivo	
GRADO 1	ND1	30,03	-
Ninguna reaccion	No Dispersivo	<30 No dispersivo	
GRADO 1	ND1	23,32	-
Ninguna reaccion	No Dispersivo	<30 No dispersivo	
GRADO 1	ND1	27,38	-
Ninguna reaccion	No Dispersivo	<30 No dispersivo	