



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERA CIVIL**

TEMA:

**“ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS VALORES DEL LÍMITE
LÍQUIDO OBTENIDOS POR COPA DE CASAGRANDE Y
PENETRÓMETRO DE CONO PARA SUELOS GRANULARES DEL
CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”**

Autora: Silvia Maribel Ramírez Maiquiza

Tutora: Ing. Mg. Ruth Lorena Pérez Maldonado

**AMBATO – ECUADOR
Marzo – 2021**

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutora del Trabajo Experimental, previo a la obtención del título de Ingeniera Civil, con el tema: **“ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS VALORES DEL LÍMITE LÍQUIDO OBTENIDOS POR COPA DE CASAGRANDE Y PENETRÓMETRO DE CONO PARA SUELOS GRANULARES DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, elaborado por la Srta. Silvia Maribel Ramírez Maiquiza, portadora de la cédula de ciudadanía: C.I. 1805228465, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente trabajo experimental es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, Marzo 2021

Ing. Mg. Ruth Lorena Pérez Maldonado
TUTORA

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, **Silvia Maribel Ramírez Maiquiza**, con C.I. 1805228465 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Trabajo Experimental con el tema **“ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS VALORES DEL LÍMITE LÍQUIDO OBTENIDOS POR COPA DE CASAGRANDE Y PENETRÓMETRO DE CONO PARA SUELOS GRANULARES DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autora del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Marzo 2021



Silvia Maribel Ramírez Maiquiza
C.I. 180522846-5
AUTORA

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo Experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Marzo 2021



Silvia Maribel Ramírez Maiquiza

C.I. 180522846-5

AUTORA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por la estudiante Silvia Maribel Ramírez Maiquiza de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS VALORES DEL LÍMITE LÍQUIDO OBTENIDOS POR COPA DE CASAGRANDE Y PENETRÓMETRO DE CONO PARA SUELOS GRANULARES DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**.

Ambato, Marzo 2021

Para constancia firman:

Ing. Mg. Fidel Alberto Castro Solorzano
Miembro Calificador

Ing. Mg. Diego Sebastián Chérrez Gavilanes
Miembro Calificador

DEDICATORIA

A mis padres Jorge y Lucia por ser mi fortaleza y confiar siempre en mí, brindándome todo su amor y apoyo incondicional, gracias por sus consejos y ser mi pilar para no rendirme en los días malos y por no escatimar esfuerzos para ayudarme a alcanzar mis sueños, y enseñarme que a pesar de las dificultades siempre hay que esforzarse y trabajar duro.

A mis abuelitos que me han cuidado desde muy pequeña, brindándome su infinito amor y protección todos los días a lo largo de mi vida, impulsándome a ser mejor persona.

A mis hermanas Doménica y Lia porque son parte fundamental de este logro, hemos compartido muchos momentos buenos y malos, junto con mis padres son mi motivo y el motor para seguir luchando día a día.

A mi sobrina Danae que llegó para alegrar mis días, espero que llegues tan lejos como Diosito te lo permite.

Silvy

AGRADECIMIENTO

Primero quiero agradecer a Dios, por permitirme llegar a este punto de mi vida, luego a mis padres porque ellos me han guiado, han llorado y reído conmigo en mis fracasos y triunfos, por ser el pilar para no rendirme durante todo el proceso de mi carrera y apoyarme para culminar la misma.

A mis hermanas por siempre apoyarme en las buenas y las malas, por ser mi fuerza y acompañarme siempre.

A mi madrina Lic. Sonia Guerra por ser la persona que me guio y aconsejo para continuar mis estudios, gracias por confiar en mí y apoyarme.

A mis amigos de universidad Jimmy, Alejo, Julio, Danny, Pao, Liss, Jessy, que son parte importante de este logro, gracias por su apoyo y por haber compartido tantas vivencias, tanto en las aulas como fuera de ellas, los aprecio realmente y les deseo lo mejor en su vida personal y profesional.

A mis docentes por impartirme sus conocimientos y experiencias, formándonos para ser buenos profesionales y a mi tutora Ing. Mg. Lorena Pérez por guiarme durante el desarrollo de mi proyecto y por compartir sus conocimientos como docente.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

A. PÁGINAS PRELIMINARES

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE IMÁGENES	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICAS	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT	xvi

B. CONTENIDO

CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO	1
1.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	1
1.1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.1.2 JUSTIFICACIÓN	3
1.1.3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	5
SUELOS	5
TIPOS PRINCIPALES DE SUELO.....	5
SUELOS GRANULARES	5
MUESTREO DE SUELOS	6
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	6
LÍMITES DE CONSISTENCIA	8
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SÓLIDOS DEL SUELO.....	13

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	14
1.1.4 HIPÓTESIS.....	20
1.2 OBJETIVOS:.....	21
1.2.1 OBJETIVO GENERAL.....	21
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA.	22
DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA	22
TIPO DE INVESTIGACIÓN	22
POBLACIÓN.....	23
MUESTRA.....	24
2.1 MATERIALES Y EQUIPOS	25
2.1.1 MATERIALES	25
2.1.2 EQUIPOS.....	25
❖ EQUIPO PARA DETERMINAR LÍMITES DE ATTERBERG	26
• ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO	26
1. Método copa de Casagrande - AASHTO T 89 2013.....	26
2. Método alternativo Penetrómetro de Cono - BS 1377-2:1990.....	28
• ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO - AASHTO T 90 2013	32
• ENSAYO LÍMITE DE CONTRACCIÓN - AASHTO T 92 2013.....	33
❖ EQUIPO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL - AASHTO T 265 2015.....	34
❖ EQUIPO PARA DETERMINAR LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS - AASHTO T 100 2015.....	35
❖ EQUIPO PARA DETERMINAR LA GRANULOMETRÍA - AASHTO T 88 2013.....	36
2.2 MÉTODOS.....	37
ENSAYOS DE LABORATORIO	37

1. ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL.....	37
2. ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLA	38
3. ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SÓLIDOS	39
4. ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO – COPA DE CASAGRANDE	41
5. ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO – PENETRÓMETRO DE CONO.....	42
6. ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO	44
7. ENSAYO DE LÍMITE DE CONTRACCIÓN	45
2.2.1 PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS	47
2.2.2 PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	48
CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
3.1 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	49
3.1.1 RECOLECCIÓN DE DATOS	49
3.1.2. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO.....	50
3.1.2.1 Análisis granulométrico de las muestras ensayadas.....	50
3.1.2.2 Cuadro de resumen de ensayos de Límites Atterberg.....	52
3.1.2.3 Clasificación de muestras de suelo ensayadas.	54
3.1.2.4 Cuadro de resumen del ensayo de gravedad específica de los sólidos	57
3.1.2.5 Comparación de resultados del límite líquido por Método de Copa de Casagrande y Penetrómetro de Cono	58
3.1.3 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LAS CORRELACIONES.....	59
3.1.3.1 Análisis de la correlación	59
3.1.3.2 Identificación de variables	59
3.1.3.3 Coeficiente de correlación por Método de Mínimos Cuadrados	61

3.1.3.4 Coeficiente de correlación utilizando formulas y gráficas con un software libre.	65
3.1.3.5 Interpretación de la correlación.....	67
3.2 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS.....	68
CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
4.1 CONCLUSIONES.....	70
4.2 RECOMENDACIONES	72

C. MATERIALES DE REFERENCIA

BIBLIOGRAFÍA.....	73
ANEXOS.....	77
Anexo A: Ubicación de la toma de muestras	78
Anexo B: Plano de diseño del Penetrómetro de Cono	80
Anexo C: Ensayos para determinar la clasificación de suelos.....	82
Anexo D: Archivo Fotográfico	203

ÍNDICE DE IMÁGENES

Figura N°1: Curva de distribución granulométrica de un suelo de grano grueso obtenida del análisis de mallas.....	7
Figura N°2: Límites de Atterberg	8
Figura N°3: Equipo de Copa de Casagrande	10
Figura N°4: Esquema del Penetrómetro de Cono Británico	11
Figura N°5: Dispositivo de laminación para límite líquido	12
Figura N°6: Método de Terzaghi, determinar el volumen de la muestra de suelo.....	13
Figura N°7: Carta de Plasticidad de la AASHTO	15
Figura N°8: Carta de Plasticidad de la SUCS	17
Figura N°9: Esquema de la copa de Casagrande	26
Figura N°10: Esquema del medidor de punta	28
Figura N°11: Esquema del cono y del eje principal deslizante.....	29
Figura N°12: Reloj comparador, marca Mitutoyo tipo estándar, serie 2, 2052S-19..	30
Figura N°13: Equipo de Penetrómetro de Cono	31
Figura N°14: Fórmula para covarianza en software libre	65
Figura N°15: Fórmula para determinar coeficiente de correlación en software libre	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1. Límites de tamaños de los componentes del suelo según la clasificación de la ASTM.....	6
Tabla N°2. Tamaño de mallas estándar ASTM	7
Tabla N°3: Valores de Gravedad Especifica de suelos típicos	14
Tabla N°4: Sistema de Clasificación de suelos de la AASHTO.....	16
Tabla N°5: Sistema de Clasificación de Suelos de la SUCS	18
Tabla N°6: Sistema de Clasificación de Suelos de la SUCS	19
Tabla N°7: Parroquias Rurales del Cantón Ambato, Provincia Tungurahua.....	24
Tabla N°8: Ensayos de laboratorio	24
Tabla N°9: Dimensiones de los elementos del eje principal deslizante.....	29
Tabla N°10: Masa recomendada para la muestra de ensayo.....	39
Tabla N°11: Coordenadas de las zonas rurales.....	47
Tabla N° 12: Análisis granulométrico de las muestras ensayadas.....	50
Tabla N° 13: Principales parámetros granulométricos de las muestras ensayadas....	51
Tabla N° 14: Límites de consistencia de los suelos ensayados.....	52
Tabla N° 15: Clasificación de los diferentes tipos de suelo ensayados según SUCS y AASHTO y el contenido humedad	54
Tabla N° 16: Gravedad específica de los suelos ensayados.....	57
Tabla N° 17: Comparación de resultados de límite líquido por los dos métodos.....	58
Tabla N° 18: Identificación de las variables LL - Casagrande y LL - Penetrómetro. 60	
Tabla N° 19: Resumen de cálculos para obtener intervalos de confiables, entre la correlación del Penetrómetro de Cono y Copa de Casagrande.....	61
Tabla N° 20: Interpretación del coeficiente de correlación	67

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica N° 1: Ubicación de las muestras en la Carta de Plasticidad del sistema SUCS	55
Gráfica N° 2: Ubicación de las muestras en la Carta de Plasticidad de sistema AASHTO.....	56
Gráfica N° 3: Correlación entre Límite Líquido Copa de Casagrande vs Límite Líquido Penetrómetro de Cono.....	66

RESUMEN

En la actualidad, en los laboratorios de mecánica de suelos del Ecuador, el método de Copa de Casagrande es el más conocido para determinar el límite líquido del suelo estandarizado por la norma ASTM D4318, mientras que en algunos países usan el Penetrómetro de Cono establecido por la Norma Británica BS 1377-2:1990.

Se realizó un análisis comparativo entre estos métodos y al no contar con el equipo para realizar los ensayos, se diseñó y ensambló en la empresa INDUACCS en Ambato, según las especificaciones de la norma BS 1377-2:1990, luego se realizaron ensayos de prueba que proporcionaron resultados adecuados.

Para los ensayos se tomó muestras de suelo en las 18 parroquias del cantón Ambato, obteniendo un total de 30 especímenes, los cuales se utilizaron para las pruebas de laboratorio, con los resultados se realizó el análisis estadístico comparativo entre los valores del límite líquido obtenidos mediante la Copa de Casagrande y el Penetrómetro de Cono, para este análisis aplicó el método estadístico de mínimos cuadrados.

En base a los resultados y el análisis, se demuestra que el método alternativo usando el Penetrómetro de Cono construido en esta investigación, es aceptable para obtener valores de límite líquido de suelos granulares, también es importante mencionar que los métodos presentan una correlación fuerte positiva ($r = 0.8228$).

Palabra clave: Límite líquido, Copa de Casagrande, Penetrómetro de Cono.

ABSTRACT

Currently, in the soil mechanics laboratories of Ecuador, the Casagrande cup method is the best known to determine the liquid limit of the soils standardized by ASTM D4318, while some countries use the Cone Penetrometer established by British Standard BS 1377-2:1990.

A comparative analysis was carried out between these methods and not having this equipment to perform the tests in the laboratory, was designed and assembled at the INDUACCS company in Ambato, according to the specifications of BS 1377-2:1990 standard, then test trials were conducted that provided adequate results.

For the tests, soil samples were taken in the 18 parishes of Ambato canton, obtaining a total of 30 specimens, which were used for laboratory tests; with the results was made a comparative statistical analysis between the values of the liquid limit obtained by testing the Casagrande cup and the Cone Penetrometer, for this analysis was applied the statistical method of minimum squares.

Based on the results and analysis, it demonstrated that the alternative method using the Cone Penetrometer built in this research, is acceptable to obtain liquid limit values of granular soils, it is also important to mention that the methods have a strong positive correlation ($r = 0.8228$).

Keywords: Liquid Limit, Casagrande cup, Cone penetrometer.

CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO

TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS VALORES DEL LÍMITE LÍQUIDO OBTENIDOS POR COPA DE CASAGRANDE Y PENETRÓMETRO DE CONO PARA SUELOS GRANULARES DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.

1.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

1.1.1 ANTECEDENTES

Para la determinación del límite líquido en los laboratorios de mecánica de suelos se usa el método tradicional Copa de Casagrande, que está normada por la ASTM D4318, pero a esto se han sumado investigaciones para el uso de un método alternativo, bajo la norma británica BS1377-2, que establece para este ensayo la utilización de un Penetrómetro de Cono.

El método original para determinar el límite líquido se sigue usando en países de América, pero en Reino Unido y Europa este método es casi obsoleto [1], en los cuales se ha introducido el uso del Penetrómetro de Cono como el método principal para realizar este ensayo en los diferentes tipos de suelo. Existen diversos tipos de conos como son: cono Sueco, cono de Vasilev, cono de Georgia Institute of Technology, cono Hindú, cono Francés y cono Británico [2].

En algunos países de América en los últimos años se han realizado trabajos de investigación usando el Penetrómetro de Cono, entre ellos, en la Universidad de San Carlos de Guatemala uno de los estudios fue en 2013 sobre la “Aplicabilidad del método del cono para medir límites líquidos y plásticos de suelos de Guatemala” [3], en la Universidad Católica Andrés Bello de Venezuela en 2015 se realizó el estudio para la “Determinación del límite líquido de suelos arcillo arenosos en Venezuela utilizando el mini cono de laboratorio fabricado por ELE” [4], en Colombia en el año 2018, en el “Estudio experimental de clasificación de suelos derivados de cenizas volcánicas en el suroccidente colombiano con el método SUCS, el AASHTO y un

nuevo método de clasificación de suelos”, usaron el Penetrómetro de Cono para determinar los límites líquidos de suelos con baja o nula plasticidad, debido a que el Penetrómetro presenta mayor facilidad de procedimiento en este tipo de suelos en comparación con la Copa de Casagrande [5], estos son algunos de los estudios realizados en países americanos.

En nuestro país se han realizado investigaciones con este nuevo método desde 2007, en la Universidad Técnica Particular de Loja se desarrolló la tesis de grado **“CORRELACIÓN ENTRE ENSAYO CASAGRANDE Y CONO DE PENETRACIÓN”** por Yadira Vannesa Teneda Jaramillo, se realizó los ensayos con el cono Hindú y del Instituto Tecnológico de Georgia, de los cuales se obtuvo resultados favorables, las correlaciones entre Copa de Casagrande y cada uno de los conos es válida ya que el rango del valor r esta entre 0.7 y por tanto se establece que se debería implementar estos ensayos en los laboratorios de la universidad [6].

La segunda investigación fue en el año 2012, en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador en la que se desarrolló el tema de tesis de grado **“DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS MEDIANTE EL USO DEL PENETRÓMETRO CÓNICO”** por Andrés Sebastián Cevallos Luna, la investigación busca implementar nuevas alternativas de ensayo para determinar los límites líquido y plástico mediante el uso del Penetrómetro de Cono mayormente usado en países europeos bajo la norma británica BS1377-2, también uso criterios de diferentes autores que son Muntohar & Hashim, Tao Wei Feng y Lee & Freeman. En base a los resultados obtenidos de los diferentes criterios se estableció que el método es válido y aceptable para la determinación de estos límites, debido a la buena correlación que presentó el conjunto de ensayos realizados, estando el valor de r cercano a 1 [7].

La tercera investigación realizada en el país fue en el año 2019, en la Universidad de Cuenca con el tema de titulación **“APLICABILIDAD DEL PENETRÓMETRO**

CÓNICO EN LA DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO”, desarrollado por David Andrés Arbito Chica, en esta investigación se realizó el diseño y construcción de un cono de penetración que cumple con las dimensiones y peso de acuerdo a la norma británica BS1377-2, mismo que se adaptó al vástago del Penetrómetro de materiales bituminosos que existe en el Laboratorio de Geotecnia y Materiales de la universidad. Los resultados demostraron que es un método aplicable para determinar el límite líquido de los suelos, pues la correlación existente entre los dos métodos es de 99.35%, es una alta relación, pero también es importante mencionar que existe una diferencia entre los dos métodos de 6 a 9 puntos porcentuales [8].

El método del Penetrómetro de Cono Británico que se está investigando no necesariamente va a reemplazar al método tradicional establecido por Casagrande para determinar el límite líquido, sino que más bien se puede usar como método complementario, pues los resultados obtenidos en las investigaciones realizadas en nuestro país usando este equipo, establecen que existe una buena correlación entre los dos métodos y que es válido para realizar ensayos con suelos de nuestra región.

1.1.2 JUSTIFICACIÓN

Los límites Atterberg aún tienen un extenso campo de estudio a pesar de todas las investigaciones ya existentes, pues son de utilidad y amplio uso para la clasificación y determinación de las propiedades de los suelos. Donde se busca mejorar los ensayos tradicionales facilitando el trabajo a los técnicos y garantizar los resultados que se obtienen en los ensayos [9].

Actualmente para determinar el límite líquido del suelo los técnicos especializados en el campo alrededor del mundo usan el método de la Copa de Casagrande mismo que tiene algunos inconvenientes debido a que los resultados obtenidos de los ensayos del mismo suelo varían considerablemente, esto depende mucho del juicio del operador y

para algunos suelos granulares es difícil obtener resultados, esto complica el análisis correcto del suelo en estudio.

En vista que el método de Casagrande presenta las dificultades antes mencionadas, se realizaron diversas investigaciones tanto en países como España, Perú, Colombia, entre otros, donde proponen un método alternativo denominado método del Penetrómetro de Cono, mismo que no es muy conocido, pero está sustentado en la norma británica BS1377-2:1990 [10], donde se establece como método definitivo para determinar el límite líquido del suelo. Es un método basado en la relación entre el contenido de humedad y la penetración de un cono dentro de la muestra de suelo bajo condiciones controladas [11]. Su ventaja principal es que se puede realizar en una gama extensa de suelos, así como reducir los errores humanos durante el procedimiento [6].

En nuestro país el método más usado para determinar el límite líquido en los Laboratorios de Mecánica de Suelos es la copa de Casagrande, mientras que el método del Penetrómetro de Cono estandarizado por la norma Británica (BS 1377:2-90), es casi desconocido, excepto en la Universidad de Particular de Loja donde tienen el equipo para realizar el ensayo, la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (Quito) donde se han realizado algunas investigaciones usando este método y en la Universidad de Cuenca realizaron una adaptación del cono del equipo usando un Penetrómetro para bitúmenes, mismo que presentó resultados aceptables. Pero en la provincia de Tungurahua no se tiene amplio conocimiento del procedimiento para el ensayo, por lo que la presente investigación tiene varias finalidades entre ellas dar a conocer el uso del Penetrómetro de Cono como un método alternativo para realizar el ensayo del límite líquido, así como establecer correlaciones existentes con el método tradicional. Es por ello que para verificar que el método propuesto es confiable, se realiza ensayos del límite líquido con diversos suelos granulares del cantón Ambato, Provincia de Tungurahua, los mismos que se compararan con los resultados obtenidos por el método tradicional Copa de Casagrande.

1.1.3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

SUELOS

Se considera al suelo como un agregado natural de granos minerales, con o sin componentes orgánicos, que se pueden separar por medios mecánicos [12].

TIPOS PRINCIPALES DE SUELO

Los ingenieros civiles en términos generales para describir los tipos suelos usan la siguiente descripción: grava, arena y arcilla. La mayor parte de los suelos naturales se componen de una mezcla de dos o más de estos elementos y pueden contener material orgánico parcial o completamente descompuesto [12].

Siendo así que a las gravas y arenas se les llama suelos de grano grueso y a los limos y arcillas suelos de grano fino. Los métodos para describir los suelos grano grueso difieren de los que son apropiados para los de grano fino, la distinción radica en que se pueden diferenciar las partículas a simple vista [12].

SUELOS GRANULARES

Los materiales de los suelos de grano grueso son fragmentos minerales que pueden identificarse tomando como base el tamaño de las partículas. Aquellas partículas que tienen un tamaño mayor de aproximadamente 5mm se clasifican como gravas. Pero si el tamaño es menor de 5mm, el suelo se describe como arenas, éstas se pueden dividir en gruesa, media o fina. Para fines técnicos en Estados Unidos se ha adaptado la clasificación de la ASTM, que establecen las fronteras entre estos tipos de suelo [12].

Tabla N°1. Límites de tamaños de los componentes del suelo según la clasificación de la ASTM

TIPO	TAMAÑO (En milímetros)
Grava	Mayor de 4.75
Arena Gruesa	de 4.75 a 2.00
Arena media	de 2.00 a 0.425
Arena fina	de 0.425 a 0.075
Finos (Mezcla de limo y arcillas)	Menores de 0.075

Fuente: Libro Ingeniería de Cimientos, Autor: Peck, Hanson y Thornburn [12]

MUESTREO DE SUELOS

Para conocer el suelo se puede obtener dos tipos de muestras: alteradas y no alteradas. Las muestras alteradas se utilizan generalmente para realizar las siguientes pruebas de laboratorio:

- 1) Análisis granulométrico.
- 2) Determinación de los límites líquido y plástico.
- 3) Gravedad específica de los sólidos del suelo.
- 4) Determinación del contenido de humedad.
- 5) Clasificación del suelo. [13]

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

El tamaño de las partículas varía según cada tipo de suelo, para realizar una adecuada clasificación de un suelo, se debe conocer su distribución granulométrica. Siendo así que para un suelo de grano grueso se lo determina por lo general mediante un análisis granulométrico de mallas.

Para el análisis granulométrico de mallas se toma una cantidad medida de suelo seco bien pulverizado y se la pasa por un apilo de mallas con aberturas que van desde el

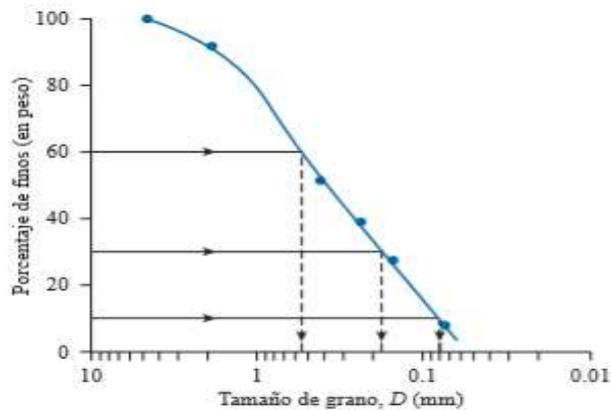
más grande hasta el más pequeño que se disponga en el laboratorio de mecánica de suelos. Se toma el peso de la cantidad de suelo retenido en cada malla y se determina el porcentaje acumulado del suelo que pasa por cada malla. A dicho porcentaje se lo refiere por lo general como porcentaje de finos. [13]

Tabla N°2. Tamaño de mallas estándar ASTM

Malla N°	Abertura (mm)
4	4.750
6	3.350
8	2.360
10	2.000
16	1.180
20	0.850
30	0.600
40	0.425
50	0.300
60	0.250
80	0.180
100	0.150
140	0.106
170	0.088
200	0.075
270	0.053

Fuente: Libro *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones*, Braja M. Das, 7^{ma} Edición [13]

Figura N°1: Curva de distribución granulométrica de un suelo de grano grueso obtenida del análisis de mallas



Fuente: Libro *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones*, Braja M. Das, 7^{ma} Edición [13]

El porcentaje de finos en cada malla, se representa en el gráfico semilogarítmico, estando en el eje de abscisas se coloca el diámetro de las partículas (mm), en escala logarítmica y en las ordenadas el porcentaje de finos, en escala aritmética. A partir de esta curva granulométrica se puede determinar dos parámetros: el coeficiente de uniformidad (C_u) y el coeficiente de curvatura (C_c). Estos se obtienen de la siguiente manera:

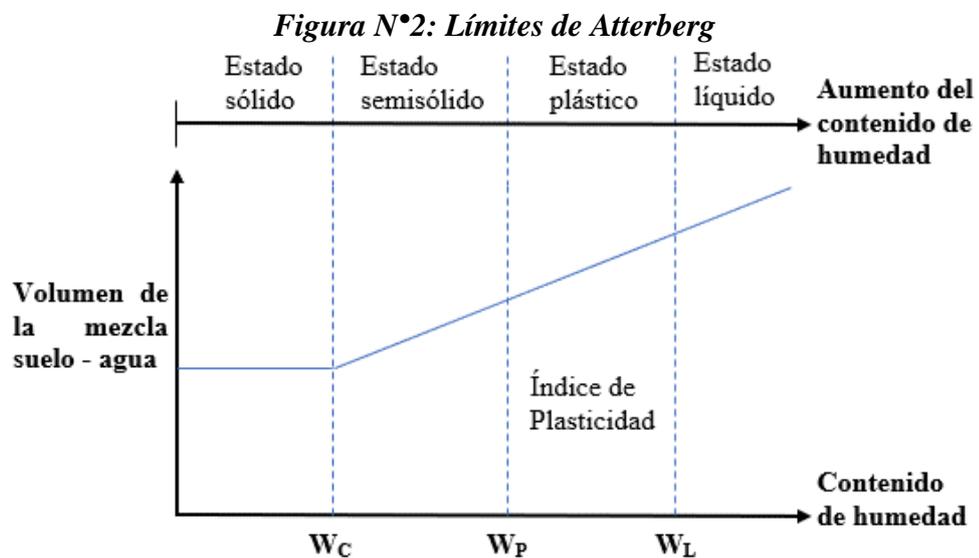
$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}; C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}}$$

Donde D_{10} , D_{30} y D_{60} son diámetros correspondientes al porcentaje de finos que pasa el 10, 30 y 60 por ciento respectivamente.

Es importante determinar los parámetros C_u y C_c de la muestra de suelo adecuadamente, porque se utilizan para la clasificación de suelos según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). [13]

LÍMITES DE CONSISTENCIA

El científico sueco Albert Atterberg (1911) estableció siete límites para los suelos, tres de los cuales siguen siendo de uso generalizado hoy en día: el límite de líquido (W_L), el límite de plástico (W_P) y el límite de contracción (W_C) [14].



Fuente: Libro de Fundamentos de ingeniería de cimentaciones, Braja M. Das, 7^{ma}

Edición [13]

Atterberg estableció una definición para el límite líquido, como el contenido de humedad de un suelo que pasa del estado plástico al líquido y determinó que dicho contenido de humedad coincidía con el que tenía una muestra de suelo colocada en una cápsula de porcelana de 10 o 12cm de diámetro cuando una ranura hecha en la misma se cerraba al golpear la cápsula 25 veces contra la palma de la mano. En 1932 el ingeniero civil austriaco Arthur Casagrande, se dio cuenta de que por la manera de realizar el ensayo se tendrían resultados variables según el operador, siendo así que decidió estandarizar el método y diseñando un equipo en forma de cuchara de bronce donde se coloca la muestra de suelo, se le hace una abertura con un acanalador normalizado y el límite líquido se define como el contenido de humedad a la que la abertura se cierra en una longitud de 13mm al ser golpeada la cuchara 25 veces desde una altura de 1cm sobre una base dura [9].

Para hacer el canal se debe usar un ranurador plano y con la destreza adecuada con una sola pasada suave se puede hacer una ranura apropiada, en suelos arcillosos bien mezclados, sin partículas gruesas. Pero en mezclas no uniformes o con partículas gruesas, los bordes de la ranura se rasgan, cuando esto sucede se debe volver a mezclar el suelo con la espátula, colocándolo de nuevo en la copa y formando la ranura otra vez. En caso de suelos arenosos o con material orgánico no se puede formar la ranura o es difícil hacerlo con el ranurador, por lo cual cuando sea necesario se debe usar la espátula, utilizando el ranurador solo para verificar las dimensiones del surco. También hay ocasiones que se usa el ranurador curvo con sección trapezoidal, que no rebana el suelo, sino que forma una ranura desplazándolo, pero esto hace que se rompa la adherencia entre el suelo y la copa, especialmente en suelos arenosos, haciendo que con los golpes el suelo se deslice y la ranura se cierre rápidamente; aun cuando la muestra no tenga la cantidad de agua adecuada; por tal razón este ranurador no es aconsejable [15] y no controla la altura de la ranura, sin embargo su uso ha persistido en paso de los años, dando esto también diferentes límites líquidos [2]. Esta prueba debe ser realizada en cuartos húmedos, pues un ambiente seco afecta la exactitud de la prueba debido a la evaporación cuando se está remodelando y manipulando la muestra de suelo en la copa, esto puede hacer que el número de golpes se incremente demasiado rápido y los resultados sean erróneos [15].

Figura N°3: Equipo de Copa de Casagrande



Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos, Facultad de Ingeniería Civil, Silvia
Ramírez (Autora)

Actualmente este procedimiento se lo conoce como el método de la Copa de Casagrande, mismo que es usado en diversos países alrededor del mundo. Pero sigue teniendo el inconveniente de que los resultados varían de acuerdo al criterio del operador, así como también este método es más usado con suelos finos y para suelos granulares es difícil obtener el límite líquido. Por lo cual investigadores en el paso de los años empezaron a usar el Penetrómetro de Cono para la determinación del límite de líquido en una amplia gama de suelos, porque tiene una base teórica firme y mantiene un alto grado de independencia del operador [16].

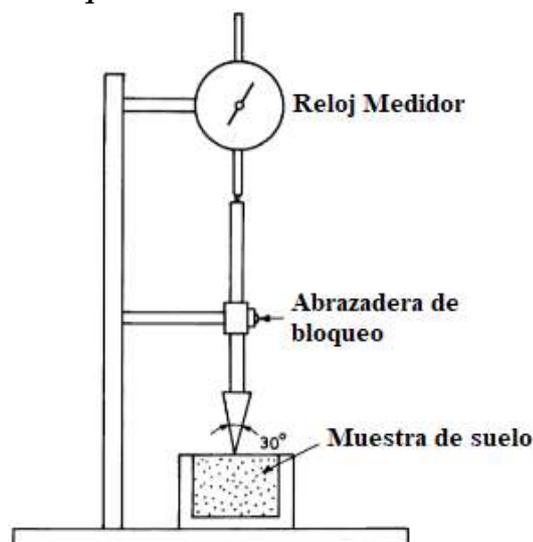
Para este estudio se emplea el Penetrómetro de Cono Británico y nos basaremos en las diversas investigaciones realizadas desde 1975 por la norma británica donde establece que el límite líquido del suelo se puede determinar por el método de la Copa de Casagrande o el Penetrómetro de Cono y la revisión de esta norma en 1990, establece el Penetrómetro de Cono como el método definitivo para determinar el límite líquido. Siendo que este método se considera como el más satisfactorio porque es esencialmente una prueba estática que se basa en la resistencia al corte del suelo, mientras que el método de Copa Casagrande introduce efectos dinámicos [17], esto último es una gran desventaja para los resultados del ensayo; por ello Arthur Casagrande en 1958, propuso cambiar el ensayo dinámico de la copa por una prueba de penetración estática, que eliminaría las dificultades que presenta el dispositivo de límite líquido, con la condición de que esta prueba sea simple y pueda competir con la Copa de Casagrande [18].

En el método del Penetrómetro de Cono, el límite líquido del suelo es el contenido de humedad en el que un cono estándar de 80g y ángulo de 30°, se hunde exactamente 20mm en un recipiente con muestra de suelo húmedo por un período aproximado de 5 segundos [17].. Aunque se ha usado varios tipos de cono, el cono descrito anteriormente es el usado por el Instituto Británico y esta estandarizado en la norma BS 1377-2:1990 [19].

Entre las ventajas de usar el método del Penetrómetro de Cono en lugar de la Copa de Casagrande son las siguientes:

- El método que se utiliza en el ensayo es preferible al que emplea la Copa de Casagrande, pues la prueba es más fácil y rápido de realizar
- Se obtiene resultados que son más reproducibles.
- El procedimiento de la prueba presenta menos sensibilidad al criterio del operador.
- Produce valores de límite líquido más confiables para suelos de baja plasticidad [10] [19], mismo que es difícil de obtener con la Copa de Casagrande por los problemas que se presenta al hacer el surco.

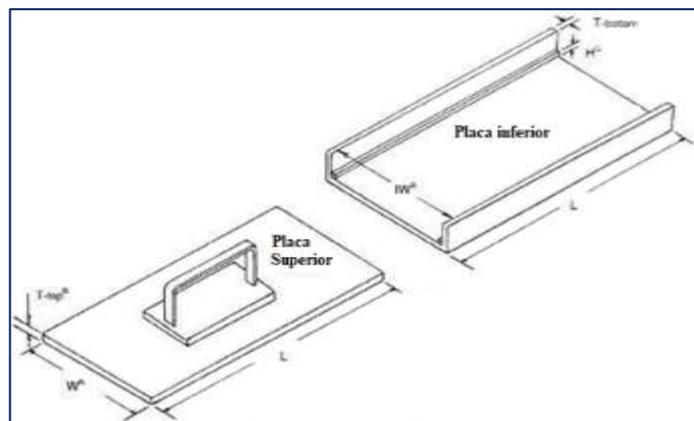
Figura N°4: Esquema del Penetrómetro de Cono Británico



Fuente: Libro de *Principles of testing soils, rocks and concrete*, T.S. Nagaraj [20]

El límite plástico es la representación del contenido de humedad en el cual el suelo cambia de una condición plástica a una semisólida, el método establecido por Atterberg fue enrollar una parte de suelo hasta hacer un cilindro de espesor no especificado, hasta que el rollito se agriete y desmorone, Terzaghi agregó la condición de que el diámetro de los rollos sea de 3mm (1/8in), los rollos se hace usualmente en una hoja de papel seca, para acelerar la pérdida de humedad, también frecuentemente se enrolla sobre una placa de vidrio, hasta que el rollo en dimensión de 3mm justos se desmoronamiento y agrietamiento [15]. Actualmente existe un dispositivo de acrílico para realizar los rollos (Figura), que consiste en colocar papel sin esmaltar en la parte superior e inferior de las placas para evitar que se adhiera elementos externos al suelo durante la laminación, se ubica el suelo en el centro de la placa inferior, posterior se coloca la placa superior en los carriles de desplazamiento, aplicando con fuerza hacia abajo y movimientos de atrás hacia delante de la placa se forma los rollos con las dimensiones antes establecidas [21]. También según algunas investigaciones realizadas con el Penetrómetro de Cono se puede obtener simultáneamente el límite líquido y plástico del suelo ensayado [7], esta alternativa puede ser estudiada en futuras investigaciones.

Figura N°5: Dispositivo de laminación para límite líquido

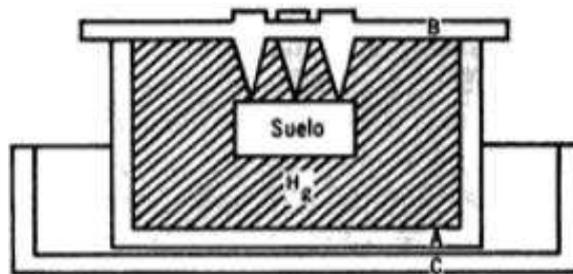


Fuente: Norma ASTM D 4318 [21]

El Límite de contracción corresponde a la frontera entre los estados de consistencia, semisólido a sólido y fue definido por Atterberg como el contenido de agua con el que

el suelo ya no disminuye su volumen al seguirse secando [22]. Este límite se manifiesta de manera visual por un cambio característico en su tono de oscuro a más claro, al irse secando gradualmente. El método original de Albert Atterberg era la realización de mediciones frecuentes tanto de longitud como peso a un mismo cuerpo prismático o barras de suelo, hasta que no haya disminución de longitud [15]. Este método fue modificado por Terzaghi (1925) que sugirió un método más simple, que consiste en medir el peso y el volumen de la muestra totalmente seca, que consiste en colocar en un recipiente de vidrio mercurio y posterior ingresar la muestra de suelo, el volumen de mercurio que se desplazó será el volumen de la muestra, en este método es preciso determinar el peso específico de los sólidos mediante una prueba independiente. La Public Road Administration, de los EE.UU, desarrollo otro método para la determinación del límite de contracción, mismo que no requiere determinar el peso específico de los sólidos. Este procedimiento consiste en remoldar el suelo hasta una consistencia cercana al límite líquido, con este suelo se llena una cápsula de volumen conocido, alisar la superficie con la espátula, la muestra se seca en un horno y el volumen de la muestra seca, se determina con el método del mercurio establecido por Terzaghi [15].

Figura N°6: Método de Terzaghi, determinar el volumen de la muestra de suelo.



Fuente: Libro de Mecánica de suelos - Tomo I, Juárez Badillo [15]

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SÓLIDOS DEL SUELO

La gravedad específica de los sólidos, se denota con G_s , es una propiedad fundamental para la definición de algunas propiedades físicas del suelo [23]. Se define como la

razón entre el peso unitario del material y el peso unitario del agua. Los resultados de la determinación de las gravedades específicas de casi todos los suelos esta entre 2.55 a 2.80. En realidad, este ensayo no es realizado frecuentemente y los valores se toman arbitrariamente, según el tipo de suelo acorde a la tabla N°3 [24].

Tabla N°3: Valores de Gravedad Específica de suelos típicos

Suelo	Gs
Arenas, gravas, materiales de grano grueso.	2.65 - 2.67
Suelos cohesivos, mezclas de arcilla, limo, arena, etc.	2.68 - 2.72

Fuente: Libro *Propiedades Geofísicas del Suelo*, Joseph E. Bowles, [24].

HUMEDAD DEL SUELO

El contenido de agua que presenta un suelo se define como la razón entre el peso del agua y el peso de los sólidos del suelo. Se presenta una distinción entre la determinación del contenido de humedad de las muestras en laboratorio y el que corresponde al valor en el terreno, a este último se denominada humedad natural (W_N). El valor de humedad natural varía según la ubicación de la muestra de suelo, la profundidad del terreno, cercanía de lagos, lluvias, etc. Se debe tener en cuenta que las muestras obtenidas por debajo del nivel de agua permanente probablemente no experimenten cambios en el contenido natural de agua en el paso del tiempo, pero las muestras cercanas a la superficie del terreno el contenido de humedad natural varia por factores climáticos [24].

CLASIFICACIÓN DEL SUELO

En el entorno existe una gran variedad de suelos con diferentes comportamientos y usos, por lo que es necesario tener una buena clasificación, una de las formas es basarse en las propiedades físicas visuales, mientras que el proceso por el que se puede separar un suelo se lo conoce como análisis granulométrico [7]. Actualmente los sistemas principales de clasificación más usados son: 1) Sistema AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) que se usa principalmente

en clasificación de las capas del pavimento de una carretera y 2) Sistema SUCS (Unified Soil Classification System) [13] [25] [26].

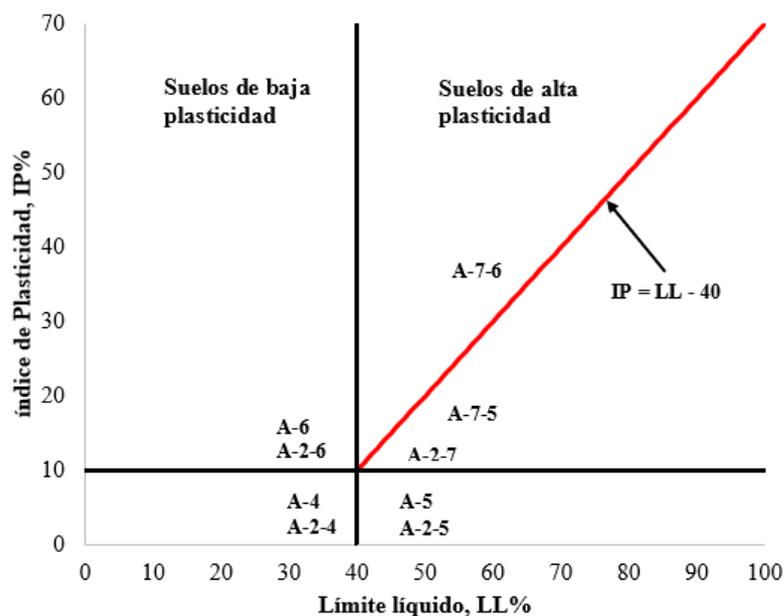
Sistema AASHTO (Association of State Highway and Transportation Officials)

Este sistema fue desarrollado originalmente en la década los veinte por la Oficina de caminos públicos de Estados Unidos para establecer la utilidad de un material para utilizarlo en carreteras, luego fue adaptado en 1945 por Association of State Highway and Transportation Officials, mediante la norma AASHTO M-145 [15].

Según este sistema los suelos se clasifican en ocho grupos principales (A-1 a A-8), con base en la distribución granulométrica, límite líquido e índice de plasticidad. Los suelos que están en los grupos A-1, A-2, A-3 son materiales de grano grueso, aquellos en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7 se consideran como material fino y los del grupo A-8 son turbas, fangos y otros suelos orgánicos [13], mismo que esta detallado en la Tabla N°4.

Para los grupos A-2, A-4, A-5, A-6 y A-7, se usa los valores de límite líquido y el índice de plasticidad, obtenidos de las muestras de suelo ensayadas para determinar el tipo de suelo según los rangos graficados en la carta de plasticidad de la AASHTO.

Figura N°7: Carta de Plasticidad de la AASHTO



Fuente: Norma AASHTO M-145 [27]

Tabla N°4: Sistema de Clasificación de suelos de la AASHTO

Clasificación General	Materiales granulares (35% o menos pasa por el tamiz N°200)							Materiales limoso arcilloso (más del 35% pasa el tamiz N°200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Clasificación de Grupo:	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5(*) A-7-6(*)
Porcentaje que pasa:											
Tamiz N°10 (2mm)	50 máx.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tamiz N°40 (0.425mm)	30 máx.	50 máx.	51 mín.	-	-	-	-	-	-	-	-
Tamiz N°200 (0.075mm)	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características de la fracción que pasa por el tamiz N°40											
Límite líquido (LL)	-	-	-	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad (IP)	6 máx.	6 máx.	No Plástico	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipo de uso del material	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Características de capa y subrasante	Excelente a bueno							Pobre a malo			

* Si IP < LL - 30, es A-7-5

* Si IP > LL - 30, es A-7-6

Fuente: Norma AASHTO M-145 [27]

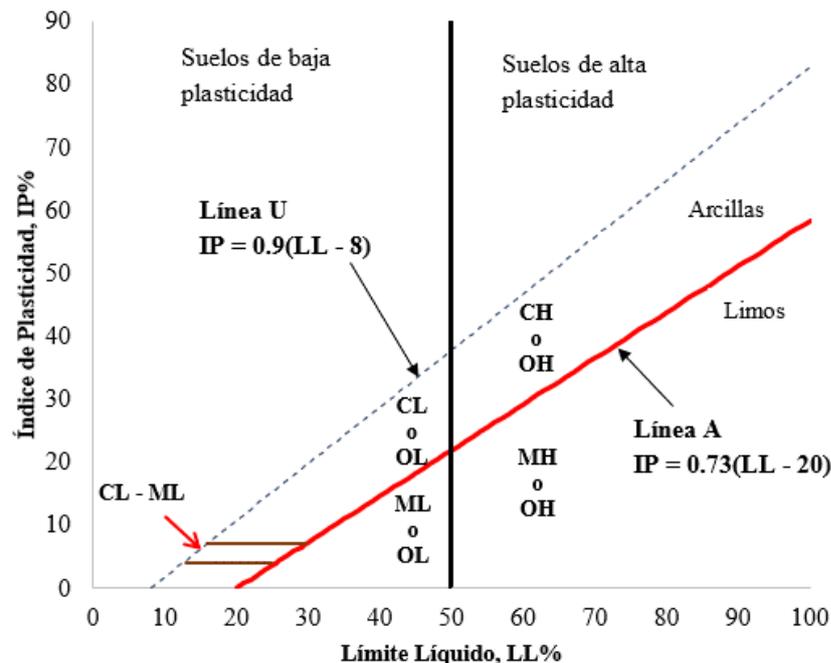
Sistema SUCS (Unified Soil Classification System)

El sistema unificado se desarrolló en los años cuarenta (1942) por Arthur Casagrande para utilizarlo en la construcción de aeropuertos, mismo que fue modificado en 1952 por la Oficina de Reclamos de Estados Unidos y por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Estados Unidos para extender su utilización y en 1969 la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM) la adoptó como método estándar para clasificar suelos que tengan propósito ingenieril, bajo la norma ASTM D-2487-69 [15]. Actualmente este sistema se utiliza para casi todos los trabajos geotécnicos.

El sistema utiliza los siguientes símbolos para su identificación:

- **G:** Grava
- **S:** Arena
- **M:** Limo
- **C:** Arcilla
- **O:** Limos orgánicos y arcilla
- **Pt:** Turba y suelos altamente orgánicos
- **H:** Alta plasticidad
- **L:** Baja plasticidad
- **W:** Bien graduado
- **P:** Mal graduado

Figura N°8: Carta de Plasticidad de la SUCS



Fuente: Norma ASTM D- 2847-93 [28]

Tabla N°5: Sistema de Clasificación de Suelos de la SUCS

CRITERIOS PARA ASIGNAR SÍMBOLOS Y NOMBRES DE GRUPO UTILIZANDO PRUEBAS DE LABORATORIO.			CLASIFICACIÓN DEL SUELO		OBSERVACIONES		
Divisiones principales		Identificación de laboratorio	Símbolos del grupo	Nombres típicos			
SUELOS DE GRANO GRUESO Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Gravas limpias (sin o con pocos finos) Menos de 5% de finos	$C_u \geq 4$ y $1 \leq C_c \leq 3$	GW	Gravas bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} * D_{60}}$	*Gravas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: Grava bien graduada con limo, GW-GM; Grava bien graduada con arcilla, GW-GC; Grava mal graduada con limo, GP-GM; grava mal graduada con arcilla, GP-GC. *Si el suelo contiene $\geq 15\%$ de arena, agregue "con arena" al nombre de grupo.
			$C_u < 4$ y/o $1 > C_c > 3$	GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.		
		Los finos se clasifican como ML o MH (IP < 4)	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.			
		Los finos se clasifican como CL o CH (IP > 7)	GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.			
	ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Arenas limpias (pocos o sin finos)	$C_u \geq 6$ y $1 \leq C_c \leq 3$	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} * D_{60}}$	*Arenas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: Arena bien graduada con limo SW-SM; arena bien graduada con arcilla SW-SC; Arena mal graduada con limo SP-SM; arena mal graduada con arcilla SP-SC. *Si el suelo contiene $\geq 15\%$ de grava, agregue "con grava" al nombre de grupo.
			$C_u < 6$ y/o $1 > C_c > 3$	SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		
		Los finos se clasifican como ML o MH (IP < 4)	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.			
		Los finos se clasifican como CL o CH (IP > 7)	SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.			

Fuente: Norma ASTM D2487-93 [28]

Tabla N°6: Sistema de Clasificación de Suelos de la SUCS

CRITERIOS PARA ASIGNAR SÍMBOLOS Y NOMBRES DE GRUPO UTILIZANDO PRUEBAS DE LABORATORIO			CLASIFICACIÓN DEL SUELO		OBSERVACIONES
Divisiones principales		Identificación de laboratorio	Símbolos del grupo	Nombres típicos	
SUELOS DE GRANO FINO Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200	Limos y arcillas (Límite líquido menor de 50)	Inorgánicos	IP > 7 y se encuentra en o arriba de la línea A	ML Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad.	*Si los límites de Atterberg se encuentran en el área sombreada, el suelo es una arcilla limosa, CL-ML. *Si el suelo contiene > 30% más la malla núm. 200, predominantemente grava, agregue "gravoso" al nombre de grupo. Si IP ≥ 4 y se encuentra en o arriba de la línea "A." Si IP < 4 o se encuentra debajo de la línea "A." Si IP ≥ 4 y se encuentra en o arriba de la línea "A." Si IP se encuentra en o arriba de la línea "A." Si IP se encuentra debajo de la línea "A."
			IP < 4 o se encuentra debajo de la línea A	CL Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.	
		Orgánicos	$\frac{L.L. (Seco en horno)}{L.L. (No secado)} < 0.75$	OL Arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.	
				Limos orgánicos	
	Limos y arcillas (Límite líquido mayor de 50)	Inorgánicos	IP se encuentra en o arriba de la línea A	MH Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.	
			IP o se encuentra debajo de la línea A	CH Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.	
		Orgánicos	$\frac{L.L. (Seco en horno)}{L.L. (No secado)} < 0.75$	OH Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada	
				Limos orgánicos.	
SUELOS MUY ORGÁNICOS	Principalmente materia orgánica, de color oscuro y olor orgánico		PT Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.		

Fuente: Norma ASTM D2487-98 [28]

1.1.4 HIPÓTESIS

Obtener resultados similares de los valores del límite líquido mediante el uso de la copa de Casagrande y Penetrómetro de Cono para suelos granulares y realizar el análisis comparativo.

1.2 OBJETIVOS:

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

- Realizar un análisis estadístico comparativo entre los valores del límite líquido obtenidos mediante el ensayo del Penetrómetro de Cono y la copa de Casagrande.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar y ensamblar un modelo tipo del equipo alternativo para determinar el límite líquido denominado Penetrómetro de Cono, basado en la norma británica BS1377-2:1990.
- Determinar las propiedades físicas (contenido humedad, granulometría, gravedad específica de sólidos y límites Atterberg) de los suelos granulares del cantón Ambato – Provincia de Tungurahua.
- Establecer las correlaciones entre las diferentes propiedades físicas analizadas, comparando los valores obtenidos mediante los dos métodos propuestos.
- Determinar la variación cuantitativa de los valores del límite líquido de las muestras de suelo ensayadas mediante el método del Penetrómetro de Cono y la Copa de Casagrande.
- Realizar la clasificación de los suelos según los sistemas SUCS y AASHTO, utilizando los valores obtenidos mediante los dos métodos propuestos.

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA.

DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

El presente trabajo experimental trata sobre el análisis comparativo entre los valores del límite líquido obtenidos por copa de Casagrande y Penetrómetro de Cono para suelos granulares del cantón Ambato, provincia de Tungurahua, el cual contempla la realización de varios ensayos en laboratorio para determinar las propiedades físicas del suelo, por lo cual se aborda varios tipos de investigación.

TIPO DE INVESTIGACIÓN

Investigación Exploratoria

Este proyecto experimental busca verificar la validez de uso y aplicación de un método alternativo Penetrómetro de Cono, establecido por la norma británica BS1377-2:1990 como el método definitivo para determinar el límite líquido de las muestras de suelo, para esto se compara con los resultados que se obtienen con el método tradicional Copa de Casagrande.

Investigación de Laboratorio

Los ensayos que se realizan en la investigación para determinar límites de Atterberg, contenido humedad, granulometría y gravedad específica de sólidos, se ejecutan con los equipos del Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Técnica de Ambato, usando muestras de suelo extraídas de las parroquias rurales del cantón Ambato.

Investigación Descriptiva

Se describe la realización del ensayo de límite líquido usando el equipo de Penetrómetro de Cono y la comparación e interpretación de los resultados obtenidos en los ensayos con el método alternativo y el tradicional, mismo que es fundamental para que las correlaciones correspondientes sean adecuadas y confiables.

Investigación Explicativa

La investigación tiene como fin hacer un análisis comparativo entre los valores que se obtienen con el método tradicional y el alternativo para determinar el límite líquido del suelo, así también se explica el uso del equipo Penetrómetro de Cono el cual que queda en detalle en un manual, en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Técnica de Ambato.

POBLACIÓN

Al ser un proyecto experimental de análisis de suelos, la población que se usa para esta investigación son las diferentes muestras representativas de suelo extraídas de las parroquias rurales del cantón Ambato, mismos que se utilizan en los ensayos de límite líquido con copa de Casagrande y Penetrómetro de Cono. A continuación, se detalla los tipos de suelo que se van a usar de acuerdo a los dos sistemas de clasificación:

- **Sistema de clasificación SUCS - Suelos de partículas gruesas**
 - Arenas (SW, SP, SM, SC)
- **Sistema de clasificación AASHTO - Suelos de material granular**
 - Grava y arena limo-arcillosa (A-2)
 - Arena fina (A-3)

Tabla N°7: Parroquias Rurales del Cantón Ambato, Provincia Tungurahua

N°	Parroquias
1	Ambatillo
2	Atahualpa
3	Augusto Martínez
4	Constantino Fernández
5	Cunchibamba
6	Huachi Grande
7	Izamba
8	Juan B. Vela
9	Montalvo
10	Pasa
11	Picaihua
12	Pilahuín
13	Quisapincha
14	San Bartolomé de Pinllo
15	San Fernando
16	Santa Rosa
17	Totoras
18	Unamuncho

Fuente: Silvia Ramírez (Autora)

MUESTRA

La recolección de muestras se realiza siguiendo las especificaciones técnicas de los ensayos de laboratorio, mismo que están estandarizados por las normas AASHTO y ASTM. También se usará la norma británica BS 1377, misma que no es muy aplicada en Latinoamérica, pero su uso es fundamental en esta investigación. En la tabla N°9 se enlistan los ensayos que se van a desarrollar.

Tabla N°8: Ensayos de laboratorio

Ensayo	Norma	N° Muestra
Contenido de humedad natural	<ul style="list-style-type: none"> • AASHTO T 265 - 2015 • ASTM D 2216 	30
Gravedad específica de sólidos	<ul style="list-style-type: none"> • AASHTO T 100 - 2015 • ASTM D 854 	30
Granulometría	<ul style="list-style-type: none"> • AASHTO T 88 - 2013 • ASTM D 2487-93 	30
Límite líquido (Copa de Casagrande)	<ul style="list-style-type: none"> • AASHTO T 89 - 2013 • ASTM D 4318 	30
Límite líquido (Penetrómetro de Cono)	<ul style="list-style-type: none"> • BS 1377-2:1990 	30
Límite plástico	<ul style="list-style-type: none"> • AASHTO T 90 - 2013 • ASTM D 4318 	30
Límite de contracción	<ul style="list-style-type: none"> • AASHTO T 92 - 2013 • ASTM D 427 	30

Fuente: Silvia Ramírez (Autora)

2.1 MATERIALES Y EQUIPOS

2.1.1 MATERIALES

Los materiales que se usan para la investigación son los siguientes:

Suelos Granulares

- **Grava**, son acumulaciones sueltas de fragmentos de rocas, se encuentran con mayor o menor proporción de cantos rodados, arenas, limo y arcillas. Sus partículas varían desde 7.62cm hasta 2mm
- **Arena**, son los materiales de grano fino procedentes de denudación de rocas o trituración artificial. Sus partículas varían entre 2mm y 0.05mm de diámetro. Las arenas limpias al secarse no se contraen, no son plásticas y son menos compresibles que las arcillas.

Agua

El agua usada para realizar los ensayos de laboratorio debe ser potable y en cantidad adecuada para que los resultados sean óptimos.

Fundas herméticas

Usada para transportar las muestras de suelo al laboratorio y las protegen contra pérdidas de humedad hasta realizar los ensayos correspondientes.

2.1.2 EQUIPOS

Los equipos utilizados en este proyecto se encuentran disponibles en el laboratorio de Mecánica de Suelos, mismos que permitieron obtener las propiedades físicas (contenido humedad, granulometría, gravedad específica de sólidos y límites de Atterberg) de cada una de las muestras representativas de los suelos granulares de las parroquias rurales del cantón Ambato.

❖ EQUIPO PARA DETERMINAR LÍMITES DE ATTERBERG

Los límites de Atterberg se usan para conocer la plasticidad del suelo, estos son: límite líquido (LL), límite plástico (LP) y límite de contracción (LC), y mediante ellos se puede tener una idea del tipo de suelo en estudio.

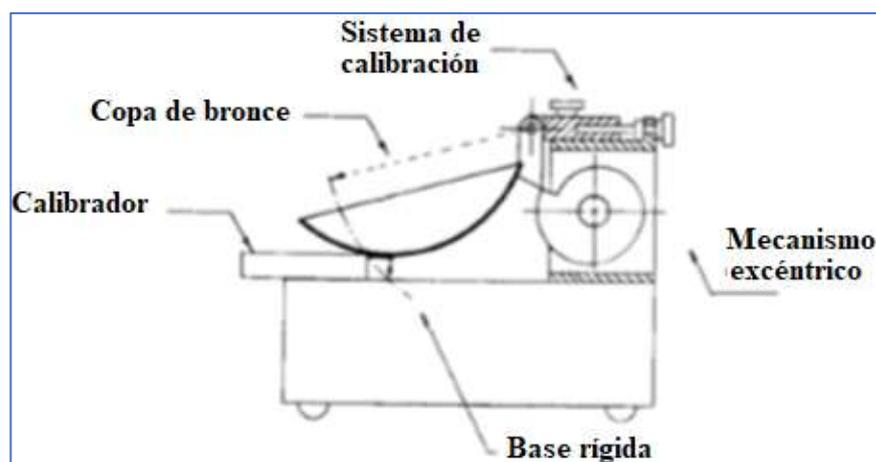
- **ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO**

1. Método copa de Casagrande - AASHTO T 89 2013

Copa de Casagrande

Consiste en una copa de bronce de forma y dimensiones normalizadas, montada sobre una base de material plástico duro, con un dispositivo mecánico lo que permite un golpeo rítmico el cual permite a su vez ajustar la altura de caída, sobre la base a 1 centímetro [29]. Especificaciones: Copa de un radio de 54.1mm, espesor 2mm, altura 27.4mm y caída de 10mm.

Figura N°9: Esquema de la copa de Casagrande



Fuente: ASTM D4318 [21].

Herramienta de calibración

Es parte de la herramienta de ranurado o por separado es una barra de metal con dimensiones de 10 ± 0.2 mm (0.894 ± 0.008 in) de espesor y aproximadamente 50mm (2in) de largo aproximadamente [30].

Herramienta de ranurado

Utilizado para realizar una ranura o corte en el suelo que está en la copa de Casagrande. Normalmente es de acero inoxidable, en forma plana o curva. Se considera un elemento clave en el ensayo [31]. En esta herramienta también se puede incorporar un medidor para el ajuste de altura de caída de la copa [21].

Plato de evaporación

Preferiblemente de porcelana sin esmaltar o plato de mezcla similar, de aproximadamente 115mm (4.5in) de diámetro, también puede servir cualquier recipiente donde se logre la evaporación adecuada en poco tiempo [30].

Espátula

La hoja de la espátula debe ser flexible de 75 a 100mm (3 – 4in) de largo y aproximadamente 20mm (2/4in) de ancho [30].

Recipientes

Deben ser de material resistente a la corrosión y que su masa no cambie con repetidos calentamientos y enfriamientos. Con tapas que ajusten bien, para evitar las pérdidas de humedad de las muestras antes del pesado inicial, luego del proceso de secado evitar la absorción de humedad de la atmósfera y antes de tomar el peso final [32]. Estos recipientes pueden ser de acero inoxidable o aluminio de 2.5cm (1in) de alto por 5cm (2in) de diámetro son las adecuadas. [21]

Balanza electrónica

De acuerdo a la norma AASHTO M231, de clase G1, con sensibilidad de 0.01g y una capacidad mínima de 100g [30].

Placa de vidrio

Debe ser de vidrio translucido lo suficientemente grande que permita trabajar cómodamente con el material y la maniobra sin problemas de la espátula. [32]

Horno de secado

Debe ser termostáticamente controlado y que pueda mantener temperaturas de $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ ($230\pm 9^{\circ}\text{F}$) para secar las muestras [30].

2. Método alternativo Penetrómetro de Cono - BS 1377-2:1990

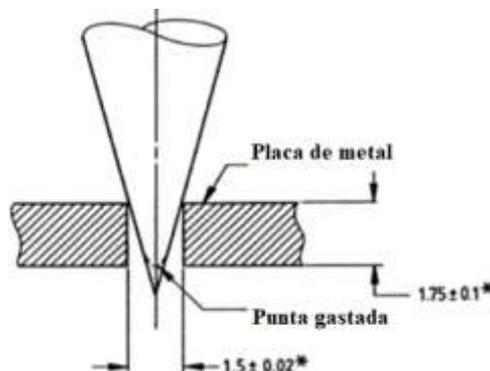
Cono

Debe ser de acero inoxidable o duraluminio con dimensiones de 35mm de largo aproximadamente, una superficie lisa y pulida, con ángulo de $30^{\circ}\pm 1^{\circ}$. Se debe garantizar que la punta permanezca lo suficientemente afilada para los fines de la prueba [10].

Placa de metal

Es una placa perforada de $1.75\pm 1\text{mm}$ de espesor y un orificio de $1.5\pm 0.02\text{mm}$ de diámetro. Sirve para verificar las condiciones de la punta del cono. El cono se reemplazará si después del uso continuo, la punta del cono no se pueda sentir cuando se pasa ligeramente la yema del dedo cuando se empuja la punta del cono a través del orificio [10].

Figura N°10: Esquema del medidor de punta



Fuente: Norma BS 1377-2:90 [10]

Eje principal deslizante

El eje diseñado en este estudio está compuesto por una barra hueca de aluminio, que se acopla en la parte superior a un tornillo de aluminio que tiene una especie de rodela que sirve para colocar pesos adicionales acorde a los fines de la prueba que se vaya a realizar y en la parte inferior se ensambla con el cono antes detallado mediante un tornillo.

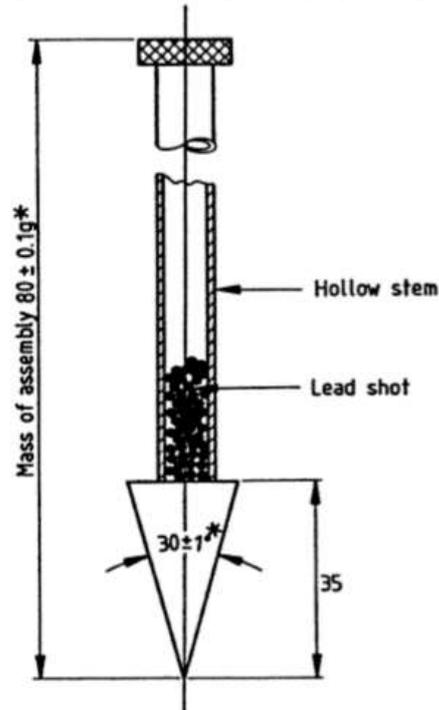
Tabla N°9: Dimensiones de los elementos del eje principal deslizante

Elemento	Dimensiones
Barra hueca de aluminio	<ul style="list-style-type: none">• 30cm de largo• 7.5mm de diámetro
Tornillo de aluminio	<ul style="list-style-type: none">• 3cm de largo• 5mm de diámetro

Fuente: Silvia Ramírez (Autora)

La masa del eje móvil principal y del cono será de $80 \pm 0.1g$ [10].

Figura N°11: Esquema del cono y del eje principal deslizante.



Fuente: Norma BS 1377-2:90 [10]

Estructura de soporte

Para la estructura de soporte se puede usar un penetrómetro como el que se usa en las pruebas de materiales bituminosos que cumplan con la norma británica BS2000-49 o norma ASTM.

Para nuestro caso la estructura en la que se apoya el dial, eje móvil y el cono se detalla a continuación:

- Base metálica de 25cm de ancho y largo, una altura de 5cm, de espesor de 6mm, con 4 tornillos niveladores de 3/8in y 2 niveles de burbuja.
- Eje cromado vertical con un dispositivo para deslizamiento manual sujetado con una perilla.

Reloj comparador (Dial Indicator)

El dial usado en el equipo de penetrómetro de cono es un reloj comparador de la marca Mitutoyo, número de identificación 2052S-19 Tipo Estándar, Serie 2, mismo que tiene un marco exterior con un diámetro de 57mm, pasadores de límite y una abrazadera para el marco. El eje del vástago es de acero inoxidable templado de alta resistencia y una punta de contacto de carburo. Tiene un amortiguador que marca y arrastra hacia atrás, esto permitiendo que regrese a su posición inicial, el rango de medición es de 30mm, con 1mm por vuelta de la aguja, una graduación de 0.01mm, lectura del dial de 0-100, exactitud de 0.025mm y una fuerza de medición de 2.5N.

Figura N°12: Reloj comparador, marca Mitutoyo tipo estándar, serie 2, 2052S-19



Fuente: Catálogo Mitutoyo 2019, [33].

Espejo con tubo flexible

Este sirve para el ajuste de la altura del cono, de 5cm de diámetro con un tubo flexible de 10cm de largo y se acopla a la base metálica mediante 2 pernos galvanizados y 1 rodela de 1/4in.

Recipientes

Una o más copas de metal o aluminio de 55 ± 2 mm de diámetro y 40 ± 2 mm de profundidad con el borde paralelo a la base plana.

Cronómetro

Debe ser legible a 1segundo.

Figura N°13: Equipo de Penetrómetro de Cono



Fuente: Silvia Ramírez (Autora)

Detalles ANEXO B

La construcción del equipo se realizó en la empresa INDUACCS, ubicado en el cantón Ambato, cuentan con la certificación de calidad ISO 9001:2013, otorgado por C.I.C.

- **ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO - AASHTO T 90 2013**

Bandeja de evaporación, es de porcelana o similar, con dimensiones de 115mm (9/2in) de diámetro.

Espátula, una espátula o un cuchillo con una hoja de 2cm (3/4in) de ancho y unos 10 a 13cm (3-4in) de largo.

Placa de vidrio, una placa de cristal por lo menos de 30cm (12in) tanto en lo largo y ancho, con un espesor de 1cm (3/8 in).

Recipientes, esto sirven de almacenaje de muestras, con dimensiones de 115mm (9/2in) de diámetro.

Balanza Digital, debe tener una aproximación de 0.1g, con capacidad de 100g.

Botellas de agua, o un recipiente similar para agregar cantidades controlada de agua en la muestra de suelo.

Horno de secado: con termostato, capaz de mantener una temperatura constante de $110^{\circ} + 5^{\circ}\text{C}$, a través de la cámara de secado

Tamiz, para este ensayo se usa el tamiz de malla N°40. [21]

- **ENSAYO LÍMITE DE CONTRACCIÓN - AASHTO T 92 2013**

Plato de evaporación: Debe ser de porcelana una de 115mm (4.5in) y otra de 150mm (6in) de diámetro respectivamente.

Espátulas: Una espátula que tenga una hoja de 76mm (3in) de largo y 20mm (3/4in) de ancho aproximadamente.

Recipiente para contracción: Es de porcelana o de metal Monel (aleación de níquel y cobre) con base plana de 45mm (3/4in) de diámetro y 12.7mm (1/2in) de altura, aproximadamente.

Regla: Es una regla de metal de 100mm o más de longitud aproximadamente.

Recipiente de vidrio: De cristal de Lucita, con las siguientes dimensiones 50mm (2in) de diámetro y 25mm (1in) de altura, con bordes superiores lisos y nivelados paralelos a la base.

Placa de vidrio: Debe tener 3 patas metálicas salientes para sumergir la muestra de suelo moldeado en mercurio.

Probeta graduada: Una probeta de cristal con capacidad de 25ml, graduada a cada 0.2ml.

Balanza: Debe ser tener una sensibilidad de 0.01gramos.

Mercurio: Debe ser suficiente cantidad de mercurio para llenar el vaso de vidrio, hasta que rebose aproximadamente 50cm³. [31]

❖ **EQUIPO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL - AASHTO T 265 2015.**

Balanza: Debe cumplir con los requerimientos de la especificación ASTM D4753. Con una sensibilidad de 0.01g.

Horno secador: Controlado termostáticamente, capaz de mantener una temperatura uniforme de $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por toda la cámara de secado.

Recipientes metálicos: apropiados para ser introducidos al horno, hechos de materiales resistentes a la corrosión y cambio de masa en repetitivos calentamientos, enfriamientos y limpieza.

Accesorios: Espátulas, cuchillos, cucharones, etc., según se requiera.

Equipos de manipulación: guantes, tenazas apropiadas para mover y manipular contenedores calientes después del secado. [34]

❖ EQUIPO PARA DETERMINAR LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS - AASHTO T 100 2015

Picnómetros, o matraz este debe ser un frasco volumétrico con una capacidad mínima de 250ml. Según el tamaño de la muestra a ensayar, se debe tener un picnómetro con capacidad de 2 a 3 veces mayor al volumen total de agua y muestra.

Balanza, con sensibilidad de 0.01g. Cuando se usa el picnómetro de 250ml, la capacidad debe ser de 500g y cuando se usa el picnómetro de 500ml, la capacidad mínima de la balanza debe ser de 1000g.

Horno, capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes hasta $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Bomba de vacío, permite extraer el aire del agua contenido en el picnómetro, si no se dispone en el laboratorio de mecánica de suelos este equipo, usar algún dispositivo que permita hervir el contenido del picnómetro y extraer el aire.

Termómetro, con capacidad suficiente para registrar temperaturas que se presenten en el ensayo. Con precisión de 0.1°C y error máximo de 0.5°C . No emplearse termómetros de inmersión total, este requisito se puede cumplir con un termómetro de precisión de mercurio de uso general o uno termómetro digital con rango de -1°C a 57°C .

Embudo, debe tener una superficie lisa no corrosiva y su cuello de un diámetro inferior al cuello del picnómetro, para que se pueda introducir apropiadamente y al mismo tiempo permita el paso con facilidad de los sólidos del suelo.

Recipientes, los que sean necesarios para colocar el contenido del picnómetro.

Tamiz, usar el tamiz de malla N°4 (4.75mm), [31] [35]

❖ **EQUIPO PARA DETERMINAR LA GRANULOMETRÍA - AASHTO T 88
2013**

Juego de tamices: #4 (4.76mm), #10 (2mm), N°20 (0.45mm), N°40 (0.42mm), N°60 (0.25mm), N°80(0.177mm), N°100 (0.149mm), N°200 (0.074mm), fuente y tapa, todos normados por ASTM.

Balanza de 0.1g de aproximación.

Horno a temperatura constante de 105 C°.

Accesorios: capsula de 25cm de diámetro, brocha. [36]

2.2 MÉTODOS

ENSAYOS DE LABORATORIO

Para la realización de los ensayos se seguirá los siguientes procedimientos, basados en la norma ASTM, AASHTO y BS.

1. ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

Norma: ASTM D-2216-98

Procedimiento [34]

- Anotar el peso del recipiente limpio y seco.
- Seleccionar las muestras que se va a ensayar.
- Colocar la muestra de suelo en el contenedor. Determinar la masa del recipiente y la muestra de suelo usando una balanza y anotar ese valor.
- Colocar el recipiente con la muestra de suelo en el horno de secado, mismo que deberá estar a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$. Es secado suficiente puede ser entre 12 a 16 horas.
- Luego de que el material haya sido secado, retirar el recipiente del horno. Dejar enfriar el material y el recipiente a temperatura ambiente.
- Determinar el peso del recipiente con el material secado usando la balanza y anote el valor.

2. ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLA

Norma: ASTM C – 136 – 01

Procedimiento [37]

- Secar las muestras de suelo a una temperatura de $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$ en el horno.
- Pese una cantidad de muestra seca de acuerdo a la cantidad requerida.
- Colocar la muestra en la malla N°4, cuidando que la fuente este ensamblada a la malla, tapar y sacudir manualmente por al menos 3 a 5 minutos.
- Seleccione los tamices con aberturas adecuadas para obtener información requerida. Armar el juego de tamices en orden de tamaño decreciente de las aberturas desde la parte superior, (N°4, N°10, N°20, N°40, N°60, N°80, N°100, N°200, fuente y tapa).
- Verificar que la fuente este correctamente colocada y verter la muestra que pasó el tamiz N°4 en la malla superior, tapar el tamiz.
- Colocar el juego de mallas en la tamizadora mecánica por un tiempo de 10 a 15 minutos.
- Pesar la cantidad de suelo retenido en cada malla en un recipiente y anotar el valor. Limpiar cuidadosamente cada malla después de retirar la cantidad de suelo retenido.
- Registrar los datos en la tabla de resultados y al final la suma de las masas retenidas en todas las mallas debe ser aproximadamente igual a la masa original de la cantidad tamizada y el porcentaje de error no debe ser mayor que 2%.

3. ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SÓLIDOS

Norma: AASHTO T – 100, ASTM D 854

Procedimiento [35] [38]

Preparación de los especímenes de prueba

Las muestras de prueba pueden ser con tierra húmeda o seca al horno y debe ser representativa de los sólidos totales que pasan el tamiz N°4. Revisar la tabla N° 11 para ver las recomendaciones de la muestra de suelo a usar acorde al tipo de suelo y el tamaño del picnómetro.

Tabla N°10: Masa recomendada para la muestra de ensayo

Tipo de suelo	Masa seca de la muestra (g), picnómetro de 250ml	Masa seca de la muestra (g), picnómetro de 500ml
SP, SP-SM	60 + 10	100 + 10
SP-SC, SM, SC	45 + 10	75 + 10
Limo o arcilla	35 + 10	50 + 10

Fuente: Norma ASTM D 854 [35]

Calibración del picnómetro

Se puede desarrollar una curva de calibración para cualquier picnómetro de la siguiente forma:

- Determinar la masa del picnómetro limpio y seco con exactitud de 0.01g.
- Llenar el picnómetro con agua hasta la marca del aforo, procurando que el nivel de agua sea el correcto.
- Extraer el aire contenido en el agua del picnómetro usando una bomba de aire, por ebullición o en baño maría.
- Dejar que el picnómetro junto con el termómetro alcance un equilibrio térmico, entre 15°C y 30°C, esto durante 3 horas como mínimo.
- Tomar la temperatura del agua a una exactitud de 0.1°C, usar el termómetro equilibrado térmicamente introducirlo hasta la mitad de la profundidad del picnómetro.

- Se debe secar las gotas de agua que puedan existir en el vástago del picnómetro o en el exterior del mismo. Medir y anotar la masa del picnómetro con agua con precisión de 0.01g.
- Reajustar el nivel de agua en cada picnómetro, con el fin de prepararlo para cada calibración y repetir el procedimiento para obtener cinco mediciones independientes.
- Con estos resultados se debe realizar una gráfica del peso del picnómetro más agua (g), en el eje de las ordenadas contra la temperatura en °C, en el eje de las abscisas.

Método del ensayo

- Secar el suelo hasta alcanzar una masa constante en el horno a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, por al menos 24 horas.
- Colocar agua destilada o agua común en el picnómetro hasta unos $\frac{3}{4}$ y usando el embudo poner la muestra de suelo con cuidado y formar una mezcla homogénea (lechada).
- Remover el aire atrapado, conectando el picnómetro a la bomba de vacío o usar el baño maría por al menos 10 minutos, durante este tiempo agitar suavemente la mezcla.
- Llenar el picnómetro con agua desairada y temperatura estabilizada hasta que el fondo del menisco coincida con la marca de calibración en el cuello del picnómetro. Tener cuidado para que no volver a introducir aire.
- Usar papel absorbente para remover con cuidado la humedad interior del cuello del picnómetro, registrar la temperatura y el peso del picnómetro con agua y suelo en la balanza.
- Después agitar el picnómetro con la muestra y trasladar con cuidado el contenido a un recipiente, procurar que todo el suelo se traslade al recipiente, añadiendo agua.
- Secar la muestra en el horno a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, por al menos 24 horas. Transcurrido este tiempo tomar el peso de muestra seca más el recipiente, para calcular la gravedad específica de los sólidos.

4. ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO – COPA DE CASAGRANDE

Norma: AASHTO T – 89, ASTM D – 4318

Procedimiento [21] [38] [30]

- Mezclar la muestra de suelo en una porcelana, ir agregando el contenido de agua hasta alcanzar una consistencia adecuada para que alrededor de 25 golpes se cierre el surco realizado en el equipo de la copa de Casagrande.
- Calibrar la posición de la copa a una altura de 1cm, para ello usar la herramienta de calibración, una barra de metal.
- Usando una espátula colocar parte de la muestra mezclada en la copa, apretando hacia abajo, con una profundidad de 1cm en el punto más profundo, hasta que la superficie este horizontal.
- Realizar un surco en el suelo con el acanalador plano o curvo, sujetar la herramienta de ranurado perpendicularmente contra la superficie de la copa realizando un arco. En suelos donde no se puede realizar el surco con una sola pasada, hacer la ranura con varios movimientos. Si es necesario cortar con una espátula el surco y usar el ranurador para verificar las dimensiones finales.
- Verificar que no haya restos de suelo en la base del surco. Accionar el equipo para que la copa de golpes en la base de goma, hasta que las dos mitades se unan en la parte inferior de la ranura a lo largo de una distancia de 13mm.
- Registrar el número de golpes, necesarios para cerrar el surco. Retirar un trozo de muestra de aproximadamente el ancho de la espátula, de extremo a extremo de la copa, incluido la parte que se unió la ranura y colocar en un recipiente.
- Colocar el recipiente en el horno a temperatura de $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$, por 24 horas.
- Retirar el suelo que sobro en la copa, colocarlo en la porcelana y añadir más agua para que el número de golpes necesarios para cerrar el surco disminuya.
- Repetir el ensayo al menos unas dos a tres veces adicionales, con el suelo restante de la porcelana, con diferentes contenidos de agua.
- Utilizando estos resultados trazar una curva para determinar el contenido de humedad a los 25 golpes, mismo que se establece como el límite líquido de la muestra ensayada. El gráfico se realiza en escala aritmética el porcentaje del contenido de humedad (eje de abscisas) y en escala logarítmica el número de golpes (eje de ordenadas).

5. ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO – PENETRÓMETRO DE CONO

Norma: BS 1377-2:1990

Procedimiento [10]

- Tamizar el suelo que se va a ensayar, usando el tamiz N°40. Pesar aproximadamente 300g de la muestra tamizada.
- Colocar la muestra en una porcelana o en la placa de vidrio y mezclar con agua por al menos 10 minutos con la espátula, para formar una pasta homogénea. Procurar que la primera lectura del Penetrómetro de Cono sea de unos 15mm aproximadamente. Tener en cuenta que los suelos de arcillas de alta plasticidad y los residuales, pueden requerir hasta 40 minutos de mezclado continuo para obtener resultados confiables.
- Llenar el recipiente con la mezcla realizada utilizando la espátula, con cuidado de no atrapar aire durante el proceso. Eliminar el exceso de tierra para obtener una superficie lisa y nivelada.
- Con el Penetrómetro de Cono bloqueado en posición elevada, bajar el conjunto de soporte con cuidado para que solo la punta de cono toque la superficie del suelo. Cuando el cono está en posición correcta, un movimiento ligero marcará la superficie del suelo.
- Tomar la lectura inicial del reloj indicador (Dial) al 0.1mm más cercano, cuando el cono este correctamente ubicado.
- Liberar el cono por un período de 5 ± 1 segundo. Si el equipo no tiene el botón de liberación y bloqueo automático, se debe tener cuidado de no sacudir el equipo durante la operación.
- Una vez bloqueado el cono, tomar la lectura final del reloj indicador (Dial) al 0.1mm más cercano. Registrar la diferencia entre estas lecturas como la medida penetración del cono.
- Levantar el conjunto de soporte y limpiar el cono con cuidado para evitar rayarlo.

- Agregar muestra de tierra humedad en el recipiente, con cuidado de no atrapar aire, alisar la superficie y repetir el proceso para tomar la segunda lectura con el mismo contenido de humedad.

NOTA:

Si la diferencia entre estas dos lecturas de penetración no es mayor a 0.5mm, registrar el promedio de estas como la lectura final de penetración.

Si la segunda penetración es mayor a 0.5mm y menor de 1mm diferente de la primera, realizar una tercera prueba con la misma humedad. Si entre estas pruebas el rango de diferencia no es mayor de 1mm, registrar el promedio de las tres lecturas de penetración como la lectura final.

Si el rango de las lecturas es mayor a 1mm, retirar la muestra humedad del recipiente, mezclar y volver a repetir el proceso hasta obtener resultados consistentes en las lecturas de penetración.

- Cuando se tenga resultados similares de las lecturas, tomar una muestra de aproximadamente 10g del área penetrada por el cono y colocarlo en un recipiente para determinar el contenido de humedad.
- Introducir este recipiente en el horno por lo menos 24 horas a temperatura constante de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Repetir el proceso por lo menos tres veces más, utilizando la misma muestra de suelo a la que se añade nuevos incrementos de agua. La cantidad de agua que se agregue debe ser lo suficiente para obtener lecturas de penetración entre 15mm y 25mm aproximadamente. Para ello proceder desde la muestra más seca a la más húmeda.
- Realizar el gráfico del porcentaje del contenido de humedad contra la penetración del cono para determinar el contenido de humedad a los 20mm de penetración, este valor debe ser un número entero y se lo tomará como el límite líquido de la muestra de suelo.
- El gráfico que relaciona el porcentaje del contenido de humedad (eje de las abscisas) y las lecturas de penetración del cono (eje de las ordenadas), es en escala lineal.

6. ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO

Norma: AASHTO T – 90, ASTM D 4318

Procedimiento [21] [38]

Preparación del espécimen de prueba

- Tomar entre 20g y 30g aproximadamente de la muestra preparada para el ensayo de límite líquido, una vez que se finalice la prueba. Reducir el contenido de agua del suelo hasta llegar a una consistencia en la que se pueda hacer rollos sin pegarse en las manos o en la placa de vidrio.
- Si la muestra está seca al horno, realizar el tamizado de material usando el tamiz N°40 y de la fracción que pasa tomar unos 20g aproximadamente, esta porción mezclarlo con la espátula añadiendo cantidades de agua suficiente hasta alcanzar una consistencia suave y uniforme.

Método de ensayo

- A partir de esta mezcla homogénea, seleccionar porciones de 1.5 a 2g y realizar masas elipsoidales.
- **Método de mano:** enrollar la masa de suelo en la palma de la mano sobre la placa de vidrio o en un pedazo de papel, aplicando suficiente presión para rodar la masa y hacer un hilo de suelo suave de diámetro uniforme en toda su longitud de 3.2mm (1/8in) y cuando llegue a este diámetro el hilo se debe desmoronar o romper, este proceso no debe llevar más de 2 minutos.
- En caso de que el hilo de suelo llegue a 3.2mm de diámetro y este no presente fisuras o signo de desmoronamiento, volver a moldear el suelo con las manos y repetir el proceso.
- Si en el segundo intento el rollo se desmorona antes de llegar a los 3.2mm se tomará como válido este punto de ensayo.
- Repetir el proceso al menos seis veces y colocar en dos recipientes de humedad, 3 porciones en cada una con masa total de 6g.

7. ENSAYO DE LÍMITE DE CONTRACCIÓN

Norma: AASHTO T-92, ASTM D 427

Procedimiento [38] [39]

- Tamizar una muestra representativa de suelo por la malla N°40 y tomar aproximadamente 30g de suelo para realizar el ensayo.
- Mezclar completamente el suelo con la suficiente cantidad de agua en una porcelana hasta obtener una pasta cremosa, La consistencia que tiene la muestra debe ser próximo al del límite líquido. (El procedimiento de mezcla es el mismo del límite líquido.)
- Pesar el recipiente de contracción y recubrir el interior con vaselina, para prevenir que la muestra de suelo se adhiera al recipiente y se forme grietas durante el secado.
- Colocar la pasta de suelo en el recipiente de contracción, el proceso de llenado realizarlo en tres capas, dando golpes suaves sobre una base firme hasta que el suelo fluya dentro del recipiente en cada capa, procurando no dejar vacíos de aire durante el proceso, al terminar enrazar la superficie del suelo con la espátula y registrar el peso del recipiente con el suelo húmedo.
- Introducir el recipiente en el horno a temperatura constante de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por lo menos unas 6 horas, hasta obtener un peso constante. Otra opción es el secado al aire de la muestra lo que evitaría la formación de grietas por la rápida pérdida de humedad.
- Sacar la pastilla de suelo del recipiente y registrar el peso.
- Determinar el volumen del recipiente de contracción (cm^3), primero llenar el recipiente completamente con mercurio hasta que se derrame ligeramente, utilizar la placa de vidrio para enrazar la superficie y quitar el exceso de mercurio. Registrar el peso del recipiente con el mercurio y para obtener el volumen del recipiente se calculará dividiendo solo el peso del mercurio sin recipiente para la densidad del mercurio de $13.53\text{g}/\text{cm}^3$.

- **Determinar el volumen de la pastilla de suelo seco.**
 - ✓ Llenar el recipiente de vidrio con mercurio, previamente colocar este recipiente de vidrio en otro más grande de metal para recoger el mercurio sobrante, con la placa de vidrio hacer presión para que el exceso de mercurio se derrame del recipiente. Registrar el peso del recipiente de vidrio lleno de mercurio.
 - ✓ Retornar el recipiente de vidrio dentro del recipiente de metal y colocar la pastilla de suelo en la superficie de mercurio, tratar de sumergirla completamente ejerciendo presión con la placa de vidrio de tres patas y enrazar la superficie.
 - ✓ Retirar la placa de vidrio y la pastilla de suelo, para registrar el peso del recipiente de vidrio con el mercurio.
 - ✓ Con la diferencia de los pesos anteriores se obtiene el peso del mercurio desplazado por la pastilla de suelo seco.
 - ✓ El volumen de la pastilla de suelo seco se calcula, dividiendo el peso del mercurio desplazado para la densidad del mercurio de 13.53g/cm^3 .
- Si durante el secado el suelo se agrieta en dos o más partes se repetirá el proceso.

2.2.1 PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la investigación se realizará un recorrido por las parroquias rurales del cantón Ambato, para obtener muestras representativas de suelo con los que se llevará a cabo los respectivos ensayos de laboratorio.

En algunas parroquias se tomará dos muestras, para completar 30 muestras.

Tabla N°11: Coordenadas de las zonas rurales

N° Muestra	UBICACIÓN		COORDENADAS WGS84	
	PARROQUIA RURAL	COMUNIDAD / BARRIO	NORTE	ESTE
1	Ambatillo	Centro Parroquial	9863844.8	760773.8
2		Palama	9863296.7	759498.7
3	Atahualpa	Centro Parroquial	9864948.2	766069.3
4	Augusto Martínez	Centro Parroquial	9865153.5	764928.0
5		Samanga	9868901.5	764619.3
6	Constantino Fernández	Centro Parroquial	9867333.4	763072.2
7		San José	9866872.1	762402.8
8	Cunchibamba	Centro Parroquial	9874453.6	768704.6
9		San Pablo	9873478.7	766351.8
10	Huachi Grande	Centro Parroquial	9855419.2	762731.5
11	Izamba	Centro Parroquial	9864096.3	768228.1
12	Juan Benigno Vela	Centro Parroquial	9855992.2	756582.4
13		La Libertad	9854653.0	753183.0
14	Montalvo	Centro Parroquial	9852748.1	763924.8
15	Pasa	Centro Parroquial	9859618.3	752450.6
16		Quindivana	9858330.3	752079.0
17	Picaihua	Centro Parroquial	9858731.9	768824.0
18	Pilahuín	Centro Parroquial	9856959.3	753015.7
19		Chaupiloma	9855341.5	751746.2
20	Quisapincha	Centro Parroquial	9863478.7	757393.9
21		Illagua Grande	9864779.7	754888.2
22	San Bartolomé de Pinllo	Centro Parroquial	9863736.3	762301.4
23		La Esperanza	9863407.0	761723.6
24	San Fernando	Centro Parroquial	9859995.8	750670.5
25		Culac	9860717.0	750272.4
26	Santa Rosa	Centro Parroquial	9858012.5	759993.1
27		Primero de Enero	9856813.2	760099.8
28	Totoras	Centro Parroquial	9854828.3	767314.4
29	Unamuncho	Centro Parroquial	9871649.2	767035.5
30		San José	9870868.0	766580.7

Fuente: Silvia Ramírez (Autora)

En estas muestras de suelo se efectuaron los siguientes ensayos de laboratorio para realizar el análisis comparativo entre los métodos de límite líquido:

1. Contenido de Humedad Natural
2. Granulometría
3. Límites Atterberg
 - 3.1 Límite Líquido (Copa de Casagrande)
 - 3.2 Límite Líquido (Penetrómetro de Cono)
 - 3.3 Límite Plástico
 - 3.4 Límite de Contracción
4. Gravedad Específica de sólidos del suelo

2.2.2 PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

El procedimiento a seguir para procesar y analizar la información se realiza de la siguiente manera:

- Identificación de los tipos de suelo existentes en las zonas de estudio, utilizando los dos sistemas de clasificación SUCS y AASHTO.
- Dar validez de uso al equipo diseñado y ensamblado en esta investigación para determinar el límite líquido.
- Comparar los resultados del método tradicional y el alternativo utilizados para determinar el límite líquido y establecer las variaciones cuantitativas entre estos valores.
- Establecer una ecuación de relación entre el límite líquido determinado por el Penetrómetro de Cono y Copa de Casagrande.
- Realizar las correlaciones entre las propiedades físicas determinadas por los ensayos de laboratorio.

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

3.1.1 RECOLECCIÓN DE DATOS

Para recolectar los datos usados en la investigación, se realizó un muestreo en las parroquias rurales del cantón Ambato, provincia de Tungurahua, para obtener 30 muestras de suelo, se hizo calicatas de 60 x 80cm con una profundidad de entre 50 a 80cm. Estas muestras se trasladaron al laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Técnica de Ambato, en fundas herméticas para conservar la humedad natural.

Con estas 30 muestras se realizaron los ensayos de laboratorio respectivos y los resultados obtenidos se tabularon, mismos que presentan en los siguientes análisis y tablas.

3.1.2. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

3.1.2.1 Análisis granulométrico de las muestras ensayadas

Tabla N° 12: Análisis granulométrico de las muestras ensayadas

N°	% PASA POR CADA TAMIZ (mm)								
	8	10	16	30	40	50	60	100	200
	2.36	2.00	1.18	0.60	0.43	0.30	0.25	0.15	0.08
1	98.90	97.59	89.55	70.01	57.99	51.36	48.49	36.06	18.95
2	99.15	98.10	90.95	75.28	66.83	59.44	55.63	42.85	21.78
3	99.56	99.11	96.35	89.33	85.90	78.64	74.72	58.06	28.33
4	94.26	92.57	85.44	72.60	63.53	57.00	53.69	33.19	12.00
5	93.90	89.56	73.12	56.29	49.95	44.89	42.46	33.64	18.85
6	96.77	91.87	68.72	44.87	37.48	31.86	29.80	22.31	10.68
7	93.31	86.81	67.45	48.95	41.66	35.71	32.70	24.35	9.86
8	98.90	97.59	89.55	70.01	57.99	51.36	48.49	36.06	18.95
9	100.00	99.39	98.48	93.25	86.94	78.80	73.09	54.90	31.82
10	99.96	99.53	97.47	90.97	83.44	74.18	69.08	49.01	17.12
11	99.57	97.13	83.85	67.26	63.31	55.84	53.15	42.35	21.27
12	99.80	99.46	95.73	85.75	82.58	74.21	71.10	57.30	30.96
13	99.40	96.03	82.77	68.39	62.83	55.08	51.65	40.05	21.53
14	99.84	99.68	99.02	96.62	94.42	89.63	87.30	70.96	35.08
15	99.87	99.67	97.49	84.90	78.36	69.55	63.88	45.19	9.38
16	99.96	99.93	99.27	86.10	75.62	68.27	64.89	52.12	25.11
17	99.96	99.53	97.47	90.97	83.44	74.18	69.08	49.01	17.12
18	99.69	99.16	93.19	80.75	76.41	69.60	66.77	54.23	31.54
19	99.14	96.42	84.92	70.82	63.95	57.75	54.07	40.30	20.26
20	99.91	99.83	98.87	86.23	80.33	70.90	67.29	51.69	24.35
21	99.74	99.37	92.31	62.04	46.60	35.64	31.19	18.71	8.12
22	99.94	99.87	99.44	96.96	93.61	88.71	85.39	69.39	36.77
23	99.82	99.63	98.08	91.88	86.23	79.72	75.95	62.38	33.74
24	100.00	99.84	97.69	77.18	65.54	57.37	54.63	43.21	24.94
25	99.61	98.80	86.96	47.09	31.31	23.55	21.15	14.93	7.06
26	99.67	99.46	96.75	89.72	86.43	79.49	76.18	61.63	27.91
27	99.43	96.25	78.93	65.52	61.56	56.59	54.57	44.37	26.23
28	100.00	99.81	99.28	97.41	94.49	89.62	85.88	66.16	32.35
29	96.78	92.69	73.01	50.18	40.51	36.30	34.34	26.64	11.30
30	100.00	99.39	98.44	93.21	86.91	78.78	73.08	54.92	31.88

Fuente: Silvia Ramírez (Autora)

En la tabla N°12, se observa que las 30 muestras de suelo ensayadas son de grano grueso (gravas y arenas), ya que el porcentaje que pasa el tamiz N°200 (0.08mm) es inferior al 50% y a su vez el porcentaje de fracción fina es muy significativa en gran cantidad de muestras de suelo, al ser superior al 20%, proporciona una característica plástica a estas muestras.

Tabla N° 13: Principales parámetros granulométricos de las muestras ensayadas

N° de Muestra	D10 mm	D30 mm	D60 mm	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$	$Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{10} * D_{60}}$
1	0.04	0.12	0.45	12.70	0.94
2	0.03	0.10	0.31	9.35	1.06
3	0.03	0.08	0.16	5.62	1.35
4	0.07	0.14	0.36	5.26	0.79
5	0.03	0.13	0.73	24.14	0.79
6	0.07	0.25	0.97	13.70	0.95
7	0.08	0.22	0.95	12.50	0.66
8	0.04	0.12	0.45	12.98	0.96
9	0.01	0.07	0.18	17.80	2.67
10	0.06	0.11	0.20	3.51	0.93
11	0.03	0.11	0.37	10.59	0.87
12	0.02	0.07	0.17	11.06	2.01
13	0.03	0.11	0.38	13.40	1.11
14	0.03	0.06	0.13	4.24	1.09
15	0.08	0.12	0.23	3.00	0.80
16	0.03	0.09	0.21	6.41	1.12
17	0.06	0.11	0.20	3.51	0.93
18	0.03	0.07	0.20	6.53	0.83
19	0.04	0.11	0.35	9.43	0.98
20	0.04	0.09	0.20	5.70	1.13
21	0.09	0.24	0.58	6.53	1.14
22	0.01	0.06	0.13	9.55	2.05
23	0.01	0.07	0.14	11.22	2.31
24	0.01	0.10	0.34	24.96	1.98
25	0.10	0.40	0.79	7.65	2.01
26	0.04	0.08	0.15	4.16	1.23
27	0.02	0.09	0.39	19.29	1.06
28	0.03	0.07	0.14	5.36	1.41
29	0.07	0.19	0.85	12.38	0.64
30	0.02	0.07	0.18	8.90	1.33

Fuente: Silvia Ramírez (Autora)

En la Tabla N°13, se encuentra resultados del diámetro efectivo D_{10} , diámetro equiparable D_{30} , diámetro dimensional D_{60} , coeficiente de uniformidad C_U y el coeficiente de curvatura C_C . El coeficiente de uniformidad no es muy elevado, indicando que las muestras son poco uniformes, no están bien graduadas. Se debe considerar que estos valores son orientativos, pues muchos de los datos usados para el diámetro efectivo D_{10} , fueron obtenidos mediante extrapolación de los resultados del análisis granulométrico, esto debido al elevado contenido de partículas finas en algunas muestras de suelo.

3.1.2.2 Cuadro de resumen de ensayos de Límites Atterberg

La Tabla N°15, muestra valores de los límites de consistencia de cada una de las muestras ensayadas, los valores del límite líquido están expresados mediante la Copa de Casagrande (LL-CC) oscilando entre el 19% - 40% y con el Penetrómetro de Cono (LL-PC) están en un rango de 25% - 40%, el límite plástico (LP) está entre el 15% - 36%, el índice de plasticidad (IP) varía entre 0% – 13% y el límite de contracción va desde el 17% - 38%.

Tabla N° 14: Límites de consistencia de los suelos ensayados

N° Muestra	UBICACIÓN		Límite Líquido		Límite Plástico	Índice de Plasticidad		Límite de contracción
			Copa Casagrande	Penetrómetro de Cono				
	PARROQUIA RURAL	COMUNIDAD / BARRIO	LL1 - CC	LL2 - PC	LP	IP _{CC1} = LL1- LP	IP _{PC2} = LL2- LP	LC
1	Ambatillo	Centro Parroquial	28.7	30.5	28.1	1	2	28.7
2		Palama	27.4	35.2	23.5	4	12	25.8
3	Atahualpa	Centro Parroquial	21.0	25.0	24.6	NP	NP	19.7
4	Augusto Martínez	Centro Parroquial	19.8	25.0	14.8	5	10	16.6
5		Samanga	29.9	35.3	22.9	7	12	23.5
6	Constantino Fernández	Centro Parroquial	29.4	30.6	23.1	6	8	27.4
7		San José	34.2	36.1	26.0	8	10	32.9
8	Cunchibamba	Centro Parroquial	25.1	31.5	23.4	2	8	21.2
9		San Pablo	27.0	34.7	22.0	5	13	22.7
10	Huachi Grande	Centro Parroquial	25.7	25.0	22.4	3	3	25.8
11	Izamba	Centro Parroquial	27.5	31.3	24.7	3	7	25.7
12	Juan Benigno Vela	Centro Parroquial	23.0	32.0	22.9	NP	9	20.7
13		La Libertad	22.1	26.8	19.8	2	7	21.0
14	Montalvo	Centro Parroquial	25.5	25.0	21.0	5	4	20.9
15	Pasa	Centro Parroquial	38.8	42.4	34.7	4	8	26.6

16		Quindivan a	29.7	33.1	28.0	2	5	31.7
17	Picaihua	Centro Parroquial	20.1	28.2	23.5	NP	5	18.7
18	Pilahuín	Centro Parroquial	26.9	33.8	25.9	1	8	25.8
19		Chaupilo ma	29.1	29.9	22.4	7	7	23.5
20	Quisapi ncha	Centro Parroquial	28.5	30.6	24.3	4	6	27.8
21		Illagua Grande	40.5	41.5	35.9	5	6	38.4
22	San Bartolo mé de Pinllo	Centro Parroquial	26.1	29.3	24.7	1	5	24.8
23		La Esperanza	27.0	30.9	18.6	8	12	26.2
24	San Fernand o	Centro Parroquial	31.7	38.1	29.5	2	9	30.9
25		Culac	36.6	34.2	35.4	1	NP	35.7
26	Santa Rosa	Centro Parroquial	26.9	28.6	26.9	NP	2	26.7
27		Primero de Enero	25.3	32.5	31.0	NP	2	24.8
28	Totoras	Centro Parroquial	24.7	27.3	24.7	NP	3	23.9
29	Unamun cho	Centro Parroquial	33.7	35.3	23.4	10	12	31.3
30		San José	19.8	27.9	19.2	1	9	26.2

Fuente: Silvia Ramírez (Autora)

***NP:** Suelos no plásticos

3.1.2.3 Clasificación de muestras de suelo ensayadas.

Tabla N° 15: Clasificación de los diferentes tipos de suelo ensayados según SUCS y AASHTO y el contenido humedad

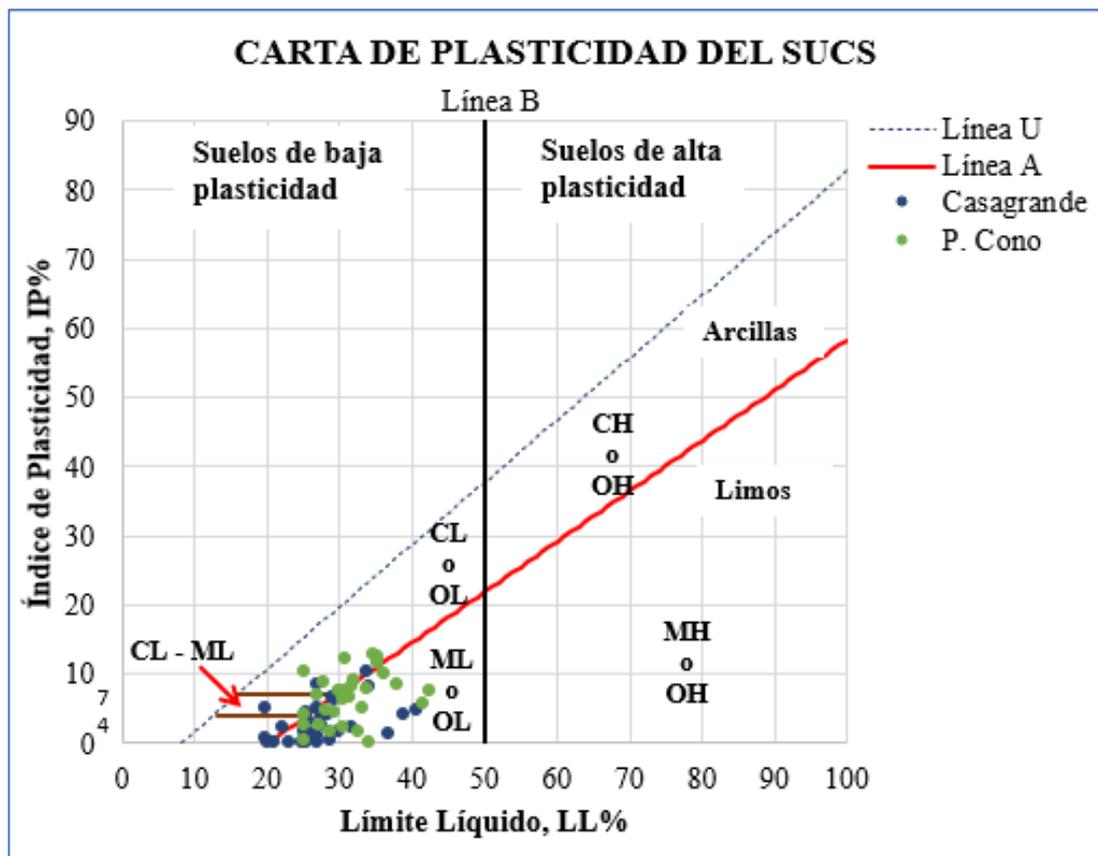
N° Muestra	UBICACIÓN		Clasificación del suelo		Contenido de Humedad Natural
	PARROQUIA RURAL	COMUNIDAD / BARRIO	SUCS	AASHTO	
1	Ambatillo	Centro Parroquial	SM	A-2-4	12.2
2		Palama	SM	A-2-4	15.0
3	Atahualpa	Centro Parroquial	SM	A-2-4	12.6
4	Augusto	Centro Parroquial	SP-SC	A-2-4	17.1
5	Martínez	Samanga	SC-SM	A-2-6	19.4
6	Constantino	Centro Parroquial	SP-SM	A-2-4	22.0
7	Fernández	San José	SP-SM	A-2-4	23.9
8	Cunchibamba	Centro Parroquial	SM	A-2-4	15.8
9		San Pablo	SW-SC	A-2-4	17.8
10	Huachi Grande	Centro Parroquial	SM	A-2-4	13.7
11	Izamba	Centro Parroquial	SP-SM	A-2-4	13.2
12	Juan Benigno	Centro Parroquial	SM	A-2-4	17.7
13	Vela	La Libertad	SC-SM	A-2-4	15.4
14	Montalvo	Centro Parroquial	SC-SM	A-2-4	5.0
15	Pasa	Centro Parroquial	SP-SM	A-2-5	24.4
16		Quindivana	SW-SM	A-2-4	12.6
17	Picaihua	Centro Parroquial	SM	A-2-4	4.0
18	Pilahuín	Centro Parroquial	SM	A-2-4	15.9
19		Chaupiloma	SC-SM	A-2-4	19.5
20	Quisapincha	Centro Parroquial	SP-SM	A-2-4	14.3
21		Illagua Grande	SW-SM	A-2-5	58.4
22	San Bartolomé de Pinllo	Centro Parroquial	SM	A-2-4	14.1
23		La Esperanza	SC	A-2-6	17.1
24	San Fernando	Centro Parroquial	SM	A-2-4	16.8
25		Culac	SM	A-2-4	22.8
26	Santa Rosa	Centro Parroquial	SM	A-2-4	4.2
27		Primero de Enero	SM	A-2-4	23.6
28	Totoras	Centro Parroquial	SM	A-2-4	3.5
29	Unamuncho	Centro Parroquial	SP-SC	A-2-6	9.9
30		San José	SC	A-2-4	7.1

Fuente: Silvia Ramírez (Autora)

En la Tabla N°14, se muestra la clasificación de suelos de las 30 muestras ensayadas, mientras que en la gráfica N°1 y N°2, se representan la ubicación de dichos especímenes en la Carta de Plasticidad del Sistema Unificado de Clasificación de los Suelos (SUCS) y del Sistema de Clasificación AASHTO respectivamente, usando como valor de límite líquido para las muestras el obtenido por el método del Penetrómetro de Cono y la Copa de Casagrande.

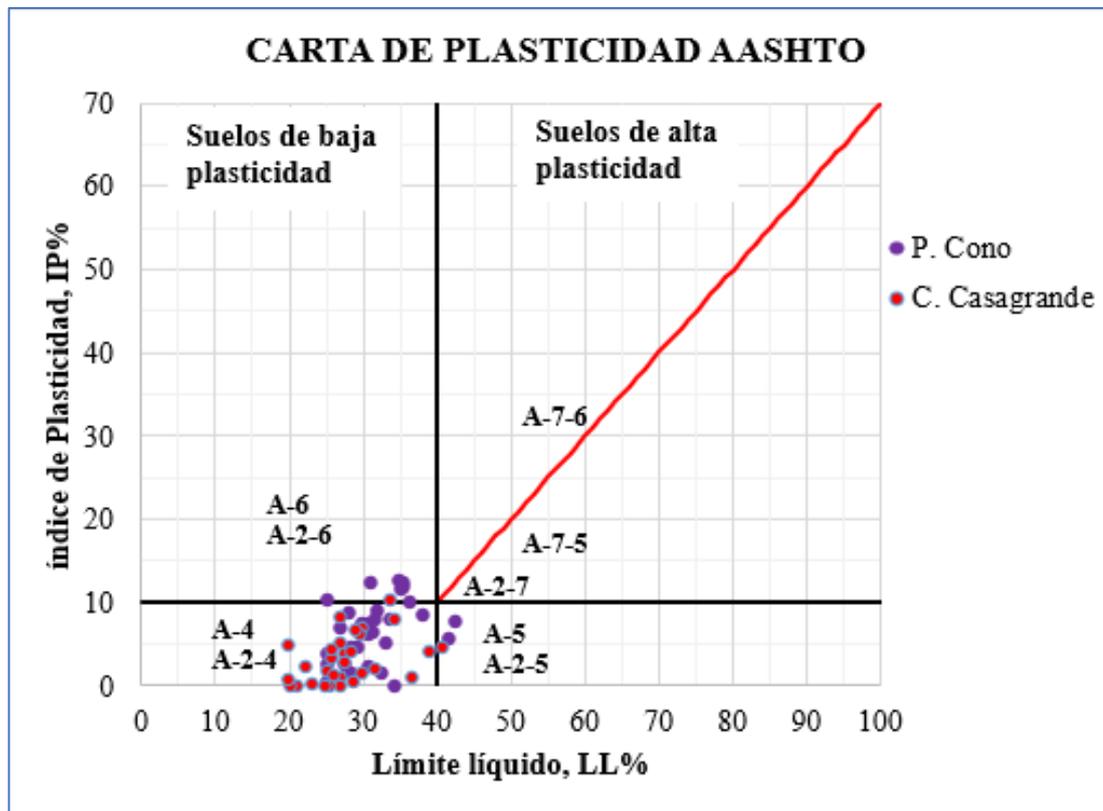
A partir de estos datos, las 30 muestras se clasifican de la siguiente manera: según el Sistema Unificado de Clasificación de los Suelos (SUCS), en su mayoría son Arenas limosas de baja plasticidad y según el Sistema de Clasificación AASHTO, todas las muestras están en el grupo A-2 (específicamente gran cantidad de especímenes en el subgrupo A-2-4), siendo éstas Arenas Arcillosas o Limosas.

Gráfica N° 1: Ubicación de las muestras en la Carta de Plasticidad del sistema SUCS



Fuente: Silvia Ramírez (Autora)

Gráfica N° 2: Ubicación de las muestras en la Carta de Plasticidad de sistema AASHTO



Fuente: Silvia Ramírez (Autora)

3.1.2.4 Cuadro de resumen del ensayo de gravedad específica de los sólidos

La Tabla N°16, recopila información sobre la gravedad específica de las 30 muestras de suelo de las 18 parroquias del cantón Ambato, estos valores oscilan entre 2.62 -272 que son características de suelos granulares. Con los resultados de este ensayo se obtiene los valores de las propiedades índice del suelo.

Tabla N° 16: Gravedad específica de los suelos ensayados

N° de Muestra	UBICACIÓN		Gravedad Específica
	PARROQUIA RURAL	COMUNIDAD/BARRIO	Gs
1	Ambatillo	Centro Parroquial	2.72
2		Palama	2.68
3	Atahualpa	Centro Parroquial	2.69
4	Augusto Martínez	Centro Parroquial	2.65
5		Samanga	2.68
6	Constantino Fernández	Centro Parroquial	2.72
7		San José	2.70
8	Cunchibamba	Centro Parroquial	2.71
9		San Pablo	2.68
10	Huachi Grande	Centro Parroquial	2.69
11	Izamba	Centro Parroquial	2.67
12	Juan Benigno Vela	Centro Parroquial	2.70
13		La Libertad	2.70
14	Montalvo	Centro Parroquial	2.68
15	Pasa	Centro Parroquial	2.72
16		Quindivana	2.70
17	Picaihua	Centro Parroquial	2.63
18	Pilahuín	Centro Parroquial	2.67
19		Chaupiloma	2.62
20	Quisapincha	Centro Parroquial	2.69
21		Illagua Grande	2.71
22	San Bartolomé de Pinllo	Centro Parroquial	2.67
23		La Esperanza	2.68
24	San Fernando	Centro Parroquial	2.67
25		Culac	2.69
26	Santa Rosa	Centro Parroquial	2.68
27		Primero de Enero	2.69
28	Totoras	Centro Parroquial	2.68
29	Unamuncho	Centro Parroquial	2.71
30		San José	2.68

Fuente: Silvia Ramírez (Autora)

3.1.2.5 Comparación de resultados del límite líquido por Método de Copa de Casagrande y Penetrómetro de Cono

Se muestra en la tabla N°17, los resultados del límite líquido que se obtuvieron por el método de Copa de Casagrande y el Penetrómetro de Cono, la diferencia entre esto y el porcentaje de variación.

Tabla N° 17: Comparación de resultados de límite líquido por los dos métodos

N°	PARROQUIA RURAL	LL1 – CC	LL2 – PC	$X_i = LL_{\text{CONO}} - LL_{\text{CASAGRANDE}}$	% VARIACIÓN
		X	Y		
1	Ambatillo	28.7	30.5	1.9	6.5
2		27.4	35.2	7.8	28.3
3	Atahualpa	21.0	25.0	4.0	19.2
4	Augusto	19.8	25.0	5.3	26.6
5	Martínez	29.9	35.3	5.5	18.4
6	Constantino	29.4	30.6	1.2	4.1
7	Fernández	34.2	36.1	1.9	5.7
8	Cunchibamba	25.1	31.5	6.4	25.4
9		27.0	34.7	7.7	28.5
10	Huachi Grande	25.7	25.0	*-0.7	-2.7
11	Izamba	27.5	31.3	3.8	13.9
12	Juan Benigno	23.0	32.0	9.0	39.0
13	Vela	22.1	26.8	4.7	21.5
14	Montalvo	25.5	25.0	*-0.5	-2.0
15	Pasa	38.8	42.4	3.6	9.2
16		29.7	33.1	3.3	11.1
17	Picaihua	20.1	28.2	8.1	40.3
18	Pilahuín	26.9	33.8	6.8	25.4
19		29.1	29.9	0.8	2.6
20	Quisapincha	28.5	30.6	2.1	7.3
21		40.5	41.5	1.0	2.5
22	San Bartolomé de Pinlo	26.1	29.3	3.2	12.4
23		27.0	30.9	4.0	14.7
24	San Fernando	31.7	38.1	6.3	20.0
25		36.6	34.2	*-2.5	-6.7
26	Santa Rosa	26.9	28.6	1.7	6.2
27		25.3	32.5	7.2	28.5
28	Totoras	24.7	27.3	2.6	10.5
29	Unamuncho	33.7	35.3	1.6	4.8
30		19.8	27.9	8.2	41.3

Fuente: Silvia Ramírez (Autora)

**Estos valores tienen variación negativa, debido a que los resultados del límite líquido usando el penetrómetro de cono son menores al obtenido por copa de Casagrande.*

$$\%VARIACIÓN = \frac{VF-VI}{VI} * 100 [40]$$

A partir de la Tabla N°17, se observa que la muestra N°30 es la que tiene el valor máximo de diferencia entre los valores de límite líquido de los dos métodos usados, siendo de 8.2, mismo que representa una variación de humedad del 41.3, siendo también el mayor porcentaje de humedad entre todas las muestras ensayadas.

3.1.3 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LAS CORRELACIONES

3.1.3.1 Análisis de la correlación

Para realizar el análisis comparativo y la correlación entre los dos métodos usados en la determinación del límite líquido (Penetrómetro de Cono y Copa de Casagrande), se debe analizar cada uno de los resultados expresados en porcentajes y obtener su variación cuantitativa, así establecer si existe una buena correlación entre dichos ensayos.

Para este proyecto se utiliza los siguientes métodos de correlación:

- Método de mínimos cuadrados de 2 o 3 variables.
- Método utilizando formulas y gráficas con un software libre.

A continuación, se procede con el análisis de la variación entre estos métodos y mientras más similares sean los resultados, el coeficiente de correlación que se va a tomar será más confiable.

3.1.3.2 Identificación de variables

Se realiza la correlación entre los valores del límite líquido obtenidos mediante la Copa de Casagrande y el Penetrómetro de Cono, estos resultados se obtuvieron mediante ensayos de laboratorio, se identifican en la Tabla N° 18.

Tabla N° 18: Identificación de las variables LL - Casagrande y LL - Penetrómetro

N° Muestra	UBICACIÓN		Límite Líquido	
			Copa Casagrande	Penetrómetro de Cono
	PARROQUIA RURAL	COMUNIDAD / BARRIO	LL1 – CC (%)	LL2 – PC (%)
1	Ambatillo	Centro Parroquial	28.7	30.5
2		Palama	27.4	35.2
3	Atahualpa	Centro Parroquial	21.0	25.0
4	Augusto	Centro Parroquial	19.8	25.0
5	Martínez	Samanga	29.9	35.3
6	Constantino	Centro Parroquial	29.4	30.6
7	Fernández	San José	34.2	36.1
8	Cunchibamba	Centro Parroquial	25.1	31.5
9		San Pablo	27.0	34.7
10	Huachi Grande	Centro Parroquial	25.7	25.0
11	Izamba	Centro Parroquial	27.5	31.3
12	Juan Benigno	Centro Parroquial	23.0	32.0
13	Vela	La Libertad	22.1	26.8
14	Montalvo	Centro Parroquial	25.5	25.0
15	Pasa	Centro Parroquial	38.8	42.4
16		Quindivana	29.7	33.1
17	Picaihua	Centro Parroquial	20.1	28.2
18	Pilahuín	Centro Parroquial	26.9	33.8
19		Chaupiloma	29.1	29.9
20	Quisapincha	Centro Parroquial	28.5	30.6
21		Illagua Grande	40.5	41.5
22	San Bartolomé de Pinllo	Centro Parroquial	26.1	29.3
23		La Esperanza	27.0	30.9
24	San Fernando	Centro Parroquial	31.7	38.1
25		Culac	36.6	34.2
26	Santa Rosa	Centro Parroquial	26.9	28.6
27		Primero de Enero	25.3	32.5
28	Totoras	Centro Parroquial	24.7	27.3
29	Unamuncho	Centro Parroquial	33.7	35.3
30		San José	19.8	27.9

Fuente: Silvia Ramírez (Autora)

3.1.3.3 Coeficiente de correlación por Método de Mínimos Cuadrados

Tabla N° 19: Resumen de cálculos para obtener intervalos de confiabilidad, entre la correlación del Penetrómetro de Cono y Copa de Casagrande.

PARROQUIA RURAL	N°	LL1 – CC X	LL2 – PC Y	X ²	Y ²	X*Y
Ambatillo	1	28.7	30.5	822.1	932.0	875.33
	2	27.4	35.2	752.1	1237.6	964.77
Atahualpa	3	21.0	25.0	440.6	626.4	525.32
Augusto Martínez	4	19.8	25.0	390.6	625.8	494.41
	5	29.9	35.3	891.2	1248.8	1054.93
Constantino Fernández	6	29.4	30.6	864.5	937.4	900.20
	7	34.2	36.1	1168.2	1304.4	1234.44
Cunchibamba	8	25.1	31.5	632.4	995.2	793.31
	9	27.0	34.7	728.3	1202.5	935.84
Huachi Grande	10	25.7	25.0	661.4	626.4	643.66
Izamba	11	27.5	31.3	754.6	978.7	859.36
Juan Benigno Vela	12	23.0	32.0	528.6	1021.4	734.77
	13	22.1	26.8	487.5	719.6	592.30
Montalvo	14	25.5	25.0	651.9	626.4	639.01
Pasa	15	38.8	42.4	1504.6	1795.6	1643.72
	16	29.7	33.1	884.6	1092.6	983.15
Picaihua	17	20.1	28.2	402.6	792.8	564.98
Pilahuín	18	26.9	33.8	724.5	1139.3	908.51
	19	29.1	29.9	847.9	892.4	869.87
Quisapincha	20	28.5	30.6	814.7	938.2	874.29
	21	40.5	41.5	1640.0	1722.3	1680.68
San Bartolomé de Pinlo	22	26.1	29.3	679.4	858.5	763.72
	23	27.0	30.9	726.9	955.6	833.47
San Fernando	24	31.7	38.1	1005.4	1448.3	1206.67
	25	36.6	34.2	1340.2	1166.7	1250.45
Santa Rosa	26	26.9	28.6	722.7	815.8	767.81
	27	25.3	32.5	640.3	1057.6	822.89
Totoras	28	24.7	27.3	611.1	745.8	675.10
Unamuncho	29	33.7	35.3	1136.0	1247.2	1190.32
	30	19.8	27.9	391.0	780.4	552.40
Σ TOTAL	30	831.6	947.6	23846.1	30531.6	26835.7

Fuente: Silvia Ramírez (Autora)

Nomenclatura:

LL1 – CC = Límite Líquido por Copa de Casagrande

LL2 – PC = Límite Líquido por Penetrómetro de Cono

N = Numero de muestras

X = Valores de límite líquido obtenidos por Copa de Casagrande

Y = Valores de límite líquido obtenidos por Penetrómetro de Cono

\bar{X} = Media aritmética de los valores de límite líquido con Copa de Casa Grande

\bar{Y} = Media aritmética de los valores de límite líquido con Penetrómetro de Cono

XY = Producto del LL. por Copa de Casagrande y LL. por Penetrómetro de Cono

ΣX = Sumatoria de los valores del LL. por Copa de Casagrande

ΣY = Sumatoria de los valores del LL. por Penetrómetro de Cono

ΣX^2 = Sumatoria del doble producto del LL. por Copa de Casagrande

ΣY^2 = Sumatoria del doble producto del LL. por Penetrómetro de Cono

ΣXY = Sumatoria del producto del LL. por Copa de Casagrande y LL. por Penetrómetro de Cono

σ_{XY} = Covarianza

r = Coeficiente de Correlación

Media aritmética de los valores de límite líquido con Copa de Casagrande

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} = \frac{831.6}{30}$$

$$\bar{X} = 27.72$$

Media aritmética de los valores de límite líquido con Penetrómetro de Cono

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y}{N} = \frac{947.6}{30}$$

$$\bar{Y} = 31.59$$

Covarianza

$$\sigma_{XY} = \frac{\sum XY}{N} - (\bar{X} * \bar{Y})$$

$$\sigma_{XY} = \frac{26835.7}{30} - (27.72 * 31.59)$$

$$\sigma_{XY} = 18.9415$$

Coefficiente de Correlación

$$r = \frac{\left(\sum XY - \frac{\sum X * \sum Y}{N} \right)^2}{\sqrt{\left(\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{N} \right) \left(\sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{N} \right)}}$$

$$r = \frac{\left(26835.7 - \frac{831.6 * 947.6}{30} \right)^2}{\sqrt{\left(23846.1 - \frac{(831.6)^2}{30} \right) \left(30531.6 - \frac{(947.6)^2}{30} \right)}}$$

$$r = \sqrt{0.6771}$$

$$r = 0.8228$$

La covarianza es positiva por lo tanto el coeficiente de correlación es positivo.

Ecuación de correlación lineal

$$Y = aX + b$$

$$a = \frac{N * \sum XY - \sum X * \sum Y}{N * (\sum X^2) - (\sum X)^2}$$

$$a = \frac{30 * 26835.7 - 831.6 * 947.6}{30 * (23846.1) - (831.6)^2}$$

$$a = 0.7162$$

$$b = \frac{\sum Y - a \sum X}{N}$$

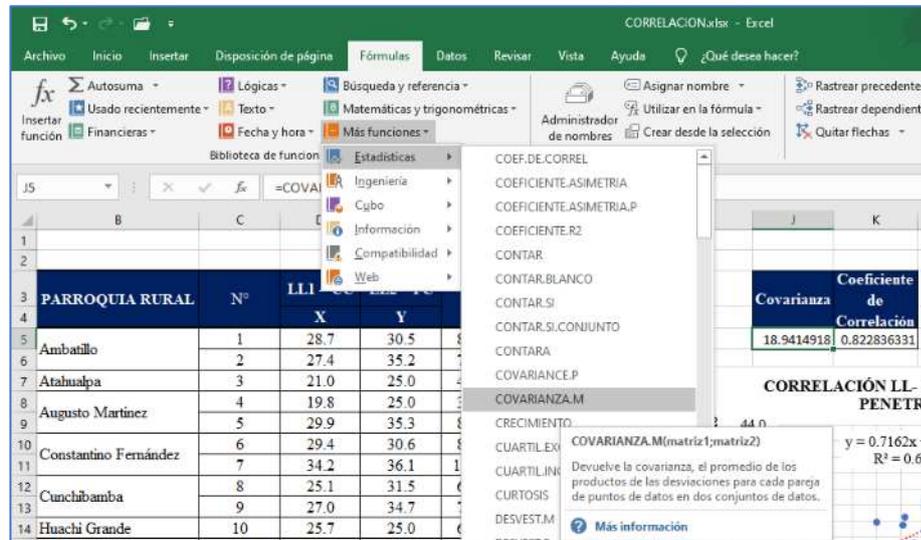
$$b = \frac{947.6 - (0.7058 * 831.6)}{30}$$

$$b = 11.7315$$

$$Y = 0.7162X + 11.7315$$

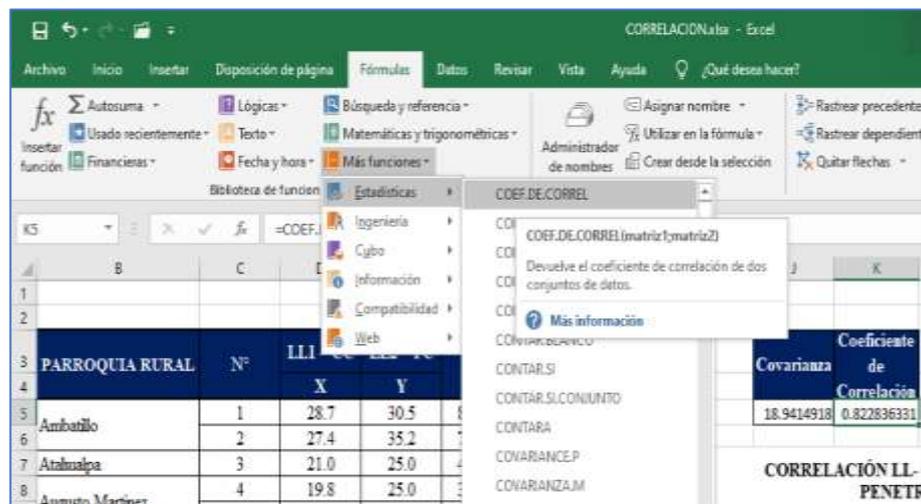
3.1.3.4 Coeficiente de correlación utilizando formulas y gráficas con un software libre.

Figura N°14: Fórmula para covarianza en software libre



Fuente: Silvia Ramírez (Autora)

Figura N°15: Fórmula para determinar coeficiente de correlación en software libre



Fuente: Silvia Ramírez (Autora)

Los resultados que se obtienen de covarianza y coeficiente de correlación mediante el software libre son:

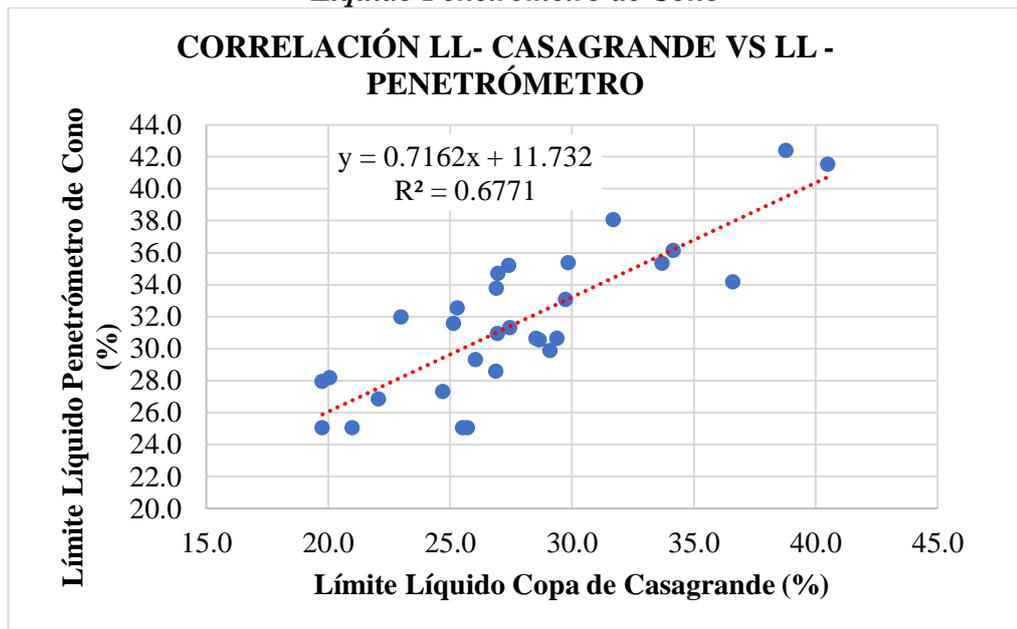
Covarianza = 18.9415

Coeficiente de Correlación (r) = 0.8228

Gráfica de dispersión usando el software libre

En gráfica N°3, se representa los valores del límite líquido por el ensayo de Copa de Casagrande vs Penetrómetro de Cono de las muestras de suelo ensayadas y su respectiva línea de tendencia.

Gráfica N° 3: Correlación entre Límite Líquido Copa de Casagrande vs Límite Líquido Penetrómetro de Cono



Fuente: Silvia Ramírez (Autora)

Datos obtenidos a partir de la gráfica de correlación.

Ecuación Lineal $Y = 0.7162X + 11.732$

Valor de la relación $R^2 = 0.6771$

3.1.3.5 Interpretación de la correlación

Según los resultados de los cálculos de covarianza y el coeficiente de correlación por el método mínimos cuadrados y mediante la utilización de fórmulas y graficas de un software libre se determina los siguientes valores.

- Valor de la Covarianza:
 - ✓ Método de Mínimos Cuadrados: $\sigma_{XY} = 18.9415$
 - ✓ Método del software libre: **Covarianza = 18.9415**

La covarianza de los dos métodos refleja ser el mismo valor, por lo tanto, se dice que el análisis es confiable. Se sabe también que la correlación será positiva pues el signo positivo de la covarianza.

- Valor del coeficiente de correlación:
 - ✓ Método de Mínimos Cuadrados: $r = 0.8228$
 - ✓ Método del software libre: $r = 0.8228$

Tabla N° 20: Interpretación del coeficiente de correlación

Rango	Relación
0.00 - 0.25	Escasa o nula
0.26 - 0.50	Débil
0.51 - 0.75	Entre moderada y fuerte
0.76 - 1.00	Entre fuerte y perfecta

Fuente: R. M. Martínez Ortega, L. C. Tuya Pendás, M. Martínez Ortega y A. Pérez Abreu, «El coeficiente de correlación los rangos,» *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, vol. 8, n° 2, 2009. [41]

Mediante la aplicación del método de mínimos cuadrados y del software libre se obtiene un coeficiente de correlación similar, por lo tanto, este análisis es confiable. El coeficiente de correlación es $r = 0.8228$, mismo que está comprendido entre el rango de 0.76 - 1.00, por lo tanto, la correlación es positiva fuerte, al ser este valor cercano a +1, implica que la relación del límite líquido por Copa de Casagrande (variable X) sobre el límite líquido por Penetrómetro de Cono (variable Y), es estrecha y directa.

De la regresión lineal por Mínimos Cuadrados se obtiene el valor $a = 0.7162$ y el valor $b = 11.7315$, estos valores representan la correlación entre método de Copa de Casagrande y el Penetrómetro de Cono para determinar el límite líquido. Se expresa en la siguiente ecuación:

$$LL_{CONO} = 0.7162 * LL_{CASAGRANDE} + 11.7315$$

De los estudios que se realizaron previamente en el país utilizando el método de Copa de Casagrande y el Penetrómetro de Cono, se evidencia que las fórmulas de correlación presentadas en estudios anteriores con la obtenida en esta investigación tienen poca variación y el porcentaje de correlación que se obtuvo de 82.28%, lo que hay que tener en consideración para futuros estudios.

3.2 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

Posterior al análisis e interpretación de los resultados obtenidos en los ensayos del límite líquido por Copa de Casagrande y Penetrómetro de Cono, se determina que los valores del coeficiente de correlación por los dos métodos analizados son similares y confiables; por esto se propone las siguientes hipótesis:

Ho: Los resultados del límite líquido obtenidos por Penetrómetro de Cono no son similares, ni confiables en relación a los valores encontrados con la Copa de Casagrande, en suelos granulares.

Hi: Los resultados del límite líquido obtenidos por Penetrómetro de Cono son similares y confiables en relación a los valores encontrados con la Copa de Casagrande, en suelos granulares.

De las dos hipótesis establecidas (H_0 , H_1) y según el análisis e interpretación del coeficiente de correlación ($r = 0.8228$), se rechaza la hipótesis nula (H_0) por consiguiente se acepta la hipótesis alternativa (H_1), pues se determinó que los resultados del límite líquido por los dos métodos son similares y confiables para usarlos en suelos granulares.

CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- La investigación ha permitido despejar dudas sobre el uso del Penetrómetro de Cono como método alternativo para determinar el límite líquido en los suelos de nuestro cantón, bajo la Norma Británica BS 1377:1990-2.
- El ensayo más utilizado actualmente para obtener el límite líquido del suelo es la Copa de Casagrande el cual esta normado por la ASTM D4318, en este método tiene gran influencia el criterio del operador y el laboratorio en el cual se realice el ensayo, a diferencia del método de Penetrómetro de Cono que tiene menor influencia el operador de laboratorio, ya que en el procedimiento a seguir no interviene la apreciación del personal que maneja el equipo.
- En la provincia de Tungurahua no se ha realizado estudios de correlación entre estos métodos, partiendo de este indicio se realizó la presente investigación, de igual manera la inexistencia del equipo llevo a realizar su diseño y construcción, tomando en cuenta los requerimientos establecidos en la Norma Británica BS 1377-2:1990, para el cono y el eje móvil.
- Para el diseño del equipo de Penetrómetro de Cono, se realizó una esquematización de lo que constaría en el mismo, así también un plano que con las dimensiones y pesos exactos según sea lo indica la Norma Británica BS 1377-2:1990.
- La covarianza obtenida con entre los dos métodos de análisis es $\sigma_{XY}=18.9415$, por lo tanto, es un resultado confiable y al ser positiva, la correlación también será positiva, el coeficiente de correlación tiene un valor de $r = 0.8228$, estando dentro de un rango de 0.76 – 1.00, entonces se dice que es una correlación

fuerte positiva, determinando así que la copa de Casagrande y el Penetrómetro de Cono son directamente proporcionales.

- El método del Penetrómetro de Cono es un procedimiento válido para la determinación del límite líquido, debido a que los resultados obtenidos entre este método y el método tradicional Copa de Casagrande presentaron una buena correlación, pero no significa que este método reemplazara al método convencional, por lo que debe considerarse como un método complementario.
- En base a las variaciones obtenidas entre los resultados del Penetrómetro de Cono y la Copa de Casagrande, se concluye que el método alternativo de ensayo de suelos usando el equipo diseñado y calibrado en esta investigación, es adecuado para la determinación del límite líquido en suelos granulares.
- De las muestras obtenidas en las 18 parroquias del cantón Ambato, se establece que en su mayoría son arenas limosas de baja plasticidad, según el análisis de los ensayos de laboratorio y las tablas de clasificación de suelos del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y el sistema AASHTO.
- El uso del Penetrómetro de Cono es amplio, por lo que varios autores alrededor del mundo han empleado este equipo para determinar el límite plástico del suelo, usando diferentes pesos en el cono; este puede ser un tema de investigación futura.

4.2 RECOMENDACIONES

- Realizar todos los ensayos de laboratorio aplicando correctamente los procedimientos establecidos por las normas AASHTO, ASTM y BS, detallados en esta investigación, para obtener resultados apropiados y confiables.
- Para el adecuado manejo del Penetrómetro de Cono nivelar el equipo, abrir y cerrar el tornillo liberador del cono con cuidado, para evitar movimientos bruscos en el equipo y no generar errores durante el proceso de prueba, de la misma manera aprender a leer correctamente el reloj comparador (dial), es muy importante ya que la lectura correcta o incorrecta del mismo dará resultados correctos o erróneos, perjudicial los análisis.
- Procurar que, durante el ensayo de límite líquido con el Penetrómetro de Cono, el llenado del recipiente con la muestra húmeda no quede burbujas de aire atrapado, para ello realizar este proceso en capas y dando golpes suaves sobre una franela en una superficie firme, para que se llene los espacios vacíos y se acomoden las partículas correctamente. Con el llenado adecuado los resultados son más fiables.
- Repetir el procedimiento de ensayo con el Penetrómetro de Cono, si las lecturas de los 4 puntos del límite líquido no son cercanos como lo establece la norma BS: 1377-2:1990.
- Realizar nuevamente los ensayos de límite líquido y plástico, cuando los resultados del índice de plasticidad salen negativos, para comprobar si estos valores son fiables y que la clasificación del suelo ensayado sea correcta.
- Sacar correctamente todas las burbujas de aire contenidas en el picnómetro con agua y suelo durante la determinación experimental de la gravedad específica de los sólidos del suelo, ya que la mayor fuente de error en este ensayo es cuando no se extrae todo el aire contenido, mismo que puede generar errores en el peso, dando un menor valor de gravedad específica.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] G. M. Reeves, I. Sims y J. C. Cripps, *Clay materials used in construction*, Londres: Geological Society, 2006.
- [2] C. C. Guerrero Castro y L. G. Cruz Velasco, *Clasificación de suelos finos de Popayán: Basada en la sensibilidad química de los fluidos de poro - suelos derivados de cenizas volcánicas*, Colombia: Universidad del Cauca, 2018.
- [3] S. A. García González, *Aplicabilidad del método del cono para medir los límites líquidos y plásticos de suelos de Guatemala*, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2013.
- [4] Z. A. Varela R, *Determinación del límite líquido de suelos arcillo arenosos en Venezuela utilizando el mini cono de laboratorio fabricado por ELE*, Caracas: Universidad Católica Andrés Bello, 2015.
- [5] C. C. Guerrero Castro y L. G. Cruz Velasco, «Estudio experimental de clasificación de suelos derivados de cenizas volcánicas en el suroccidente colombiano con el método SUCS, el AASHTO y un nuevo método de clasificación de suelos,» *Ingeniería y Desarrollo. Universidad del Norte*, vol. 36, n° 2, pp. 378-397, 2018.
- [6] Y. Teneda, *"Correlación entre el ensayo Casagrande y Cono de Penetración"*, Loja: Universidad Particular de Loja, 2007.
- [7] A. Cevallos, *"Determinación del límite líquido y plástico de los suelos mediante el uso del penetrómetro cónico"*, Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2012.
- [8] D. A. Arbito Chica, *Aplicabilidad del penetrómetro cónico en la determinación del límite líquido*, Cuenca: Universidad de Cuenca, 2019.
- [9] Á. Rabat Blázquez, *"Aplicabilidad del penetrómetro cónico en la determinación del límite líquido en suelos de baja y media plasticidad"*, Alicante: Universidad de Alicante, 2016.

- [10] BS1377-2, "*British Standard Methods of test for soils for civil engineering purposes, Part 2: Classification tests*", London: British Standards Institution, 1990.
- [11] ELE International, «"Análisis de Suelo - Límite Líquido",» Importadora Schiller, Quito, 2017.
- [12] R. B. Peck, W. E. Hanson y T. H. Thornburn, *Ingeniería de cimientos*, México: Limusa, 2004.
- [13] Braja M. Das;, *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones*, Séptima ed., México: Cengage Learning, 2012.
- [14] P. J. Vardanega, B. C. O'Kelly, S. K. Haigh y S. Shimobe, «"Classifying and characterising fine-grained soils using fall cones",» *XVI Danube - European Conference on Geotechnical Engineering*, nº 103, p. 7, 2018.
- [15] E. Juárez Badillo y A. Rico Rodríguez, *Mecánica de Suelos - Tomo I. Fundamento de mecánica de suelos*, México: Limusa, 2005.
- [16] T. M. Evans y D. C. Simpson, «"Innovative data acquisition for the fall cone test in teaching and research",» *Geotechnical Testing Journal*, vol. 38, nº 03, pp. 346-354, 2015.
- [17] C. R. I. Clayton, M. C. Matthews y N. E. Simons, «"Cap. 8 Laboratory testing",» de *Site Investigation Second Edition*, California, USA: Halssted Press, 1982, p. 489.
- [18] A. Casagrande, «Notes on the Design of the Liquid Limit Device,» *Géotechnique*, vol. 8, nº 2, pp. 84-91, 1958.
- [19] DeWayne A. Campbell y Jay W. Blackford, «Fall cone method used to determine the liquid limit of soil,» *Engineering and Research Center*, Agosto, 1984.
- [20] T. S. Nagaraj, *Principles of testing soils, rocks and concrete*, Elsevier Science, 1993.

- [21] ASTM D 4318, Métodos estándar de ensayo para Límite Líquido, Límite de plástico, y el índice de plasticidad de los suelos, ASTM International, 2005.
- [22] M. R. García Pacay, "*Límite líquido en suelos de grano fino, según los métodos de penetrómetro de cono y copa de Casagrande*", Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2017.
- [23] P. L. Berry y D. Reid, Mecánica de Suelos, México: McGraw - Hill, 1983.
- [24] J. E. Bowles, Propiedades geofísicas de los suelos, México: McGraw-Hill, 1982.
- [25] Braja M. Das, Principios de Ingeniería de Cimentaciones, Cuarta ed., México: International Thomson Editores, 2001.
- [26] A. O. Manotoa Santana, "Estudio de la correlación entre los enayos (DCP) penetrómetro dinámico de cono y (CBR) relación de soporte de california en los diferentes tipo de suelos", Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2016.
- [27] AASHTO M 145-91, Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes, Association of State Highway and Transportation Officials, 2008.
- [28] ASTM D-2487, Clasificación de suelos para propósitos de ingeniería (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, SUCS), ASTM International.
- [29] Ing. Arango Vélez A., Manual de laboratorio de mecánica de suelos, 1era ed., Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 1985.
- [30] AASHTO T89-13, Método estandar de prueba para determinar el límite líquido de los suelos, American Association of State and Highway Transportation Officials, 2013.
- [31] W. Á. Botía Diaz, Manual de procedimientos de ensayos de suelos y memoria de calculo, Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Ingeniería, 2015.

- [32] I.N.V.E - 125, Determinación del límite líquido de los suelos, Colombia: Instituto Nacional de Vías .
- [33] Mitutoyo, Catálogo de instrumentos de medición, 2017 - 2019.
- [34] ASTM D 2216-98, Método de prueba estándar para la determinación en laboratorio del contenido de agua (humedad) de suelos y rocas en relación a su masa, ASTM International, 2006.
- [35] ASTM D 854 -02, Método de prueba estándar para gravedad específica de los sólidos del suelo por picnómetro de agua, ASTM International, 2002.
- [36] Ing. Mantilla F., Manual de prácticas de laboratorio de mecánica de suelos, Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 1993.
- [37] ASTM C 136 - 01, Método de Ensayo Normalizado para determinar el Análisis Granulométrico de los Áridos Finos y Gruesos, ASTM International.
- [38] J. E. Bowles, Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil, México: McGraw - Hill, 1981.
- [39] ASTM D 427, Método de prueba estándar para factores de contracción de suelos mediante el método de mercurio, ASTM International.
- [40] M. C. Espinel, A. Bruno y I. Plasencia, «La comprensión de gráficas de porcentaje de variación en situaciones cotidianas,» *UNION. Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, nº 24, pp. 83-102, 2010.
- [41] R. M. Martínez Ortega, L. C. Tuya Pendás, M. Martínez Ortega y A. Pérez Abreu, «El coeficiente de correlación los rangos,» *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, vol. 8, nº 2, 2009.

ANEXOS

Anexo A: Ubicación de la toma de muestras

Anexo B: Plano de diseño del Penetrómetro de Cono

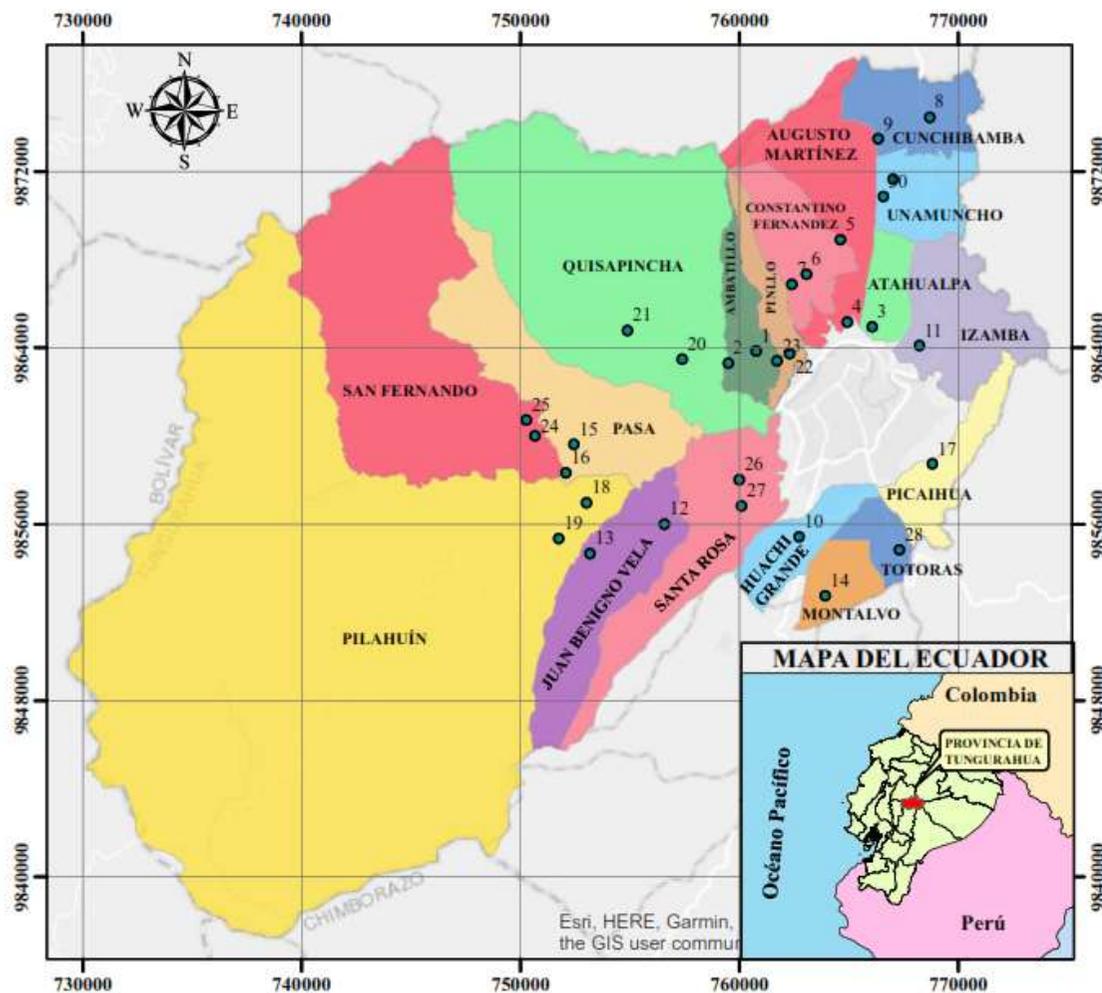
Anexo C: Ensayos para determinar la clasificación de suelos

Anexo D: Archivo Fotográfico

ANEXO A

Ubicación de la Toma de Muestras

Imagen 1. Ubicación georreferenciada de la toma de muestras en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua



N° Muestras	UBICACIÓN		COORDENADAS WGS84	
	PARROQUIA RURAL	COMUNIDAD/BARRIO	NORTE	ESTE
1	Ambatillo	Centro Parroquial	9863844.8	760773.8
2		Palama	9863296.7	759498.7
3	Atahualpa	Centro Parroquial	9864948.2	766069.3
4	Augusto Martínez	Centro Parroquial	9865153.5	764928.0
5		Samanga	9868901.5	764619.3
6	Constantino Fernández	Centro Parroquial	9867333.4	763072.2
7		San José	9866872.1	762402.8
8	Cunchibamba	Centro Parroquial	9874453.6	768704.6
9		San Pablo	9873478.7	766351.8
10	Huachi Grande	Centro Parroquial	9855419.2	762731.5
11	Izamba	Centro Parroquial	9864096.3	768228.1
12	Juan Benigno Vela	Centro Parroquial	9855992.2	756582.4
13		La Libertad	9854653.0	753183.0
14	Montalvo	Centro Parroquial	9852748.1	763924.8
15	Pasa	Centro Parroquial	9859618.3	752450.6
16		Quindivana	9858330.3	752079.0
17	Picañhua	Centro Parroquial	9858731.9	768824.0
18	Pilahuín	Centro Parroquial	9856959.3	753015.7
19		Chaupiloma	9855341.5	751746.2
20	Quisapincha	Centro Parroquial	9863478.7	757393.9
21		Ilagun Grande	9864779.7	754888.2
22	San Bartolomé de Pinlo	Centro Parroquial	9863736.3	762301.4
23		La Esperanza	9863407.0	761723.6
24	San Fernando	Centro Parroquial	9859995.8	750670.5
25		Culac	9860717.0	750272.4
26	Santa Rosa	Centro Parroquial	9858012.5	759993.1
27		Primero de Enero	9856813.2	760099.8
28	Totoras	Centro Parroquial	9854828.3	767314.4
29	Unamuncho	Centro Parroquial	9871649.2	767035.5
30		San José	9870868.0	766580.7

ESCALA GRÁFICA

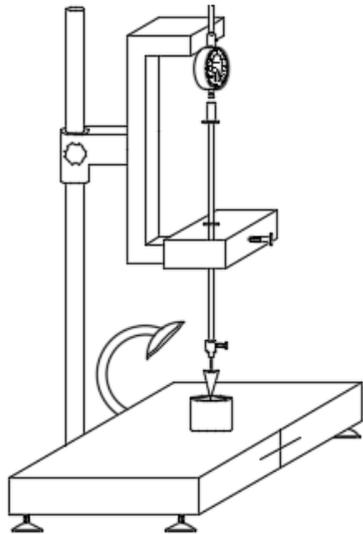


Fuente: Silvia Ramírez (Autora)

ANEXO B

Plano de Diseño del Penetrómetro de Cono

PENETRÓMETRO DE CONO

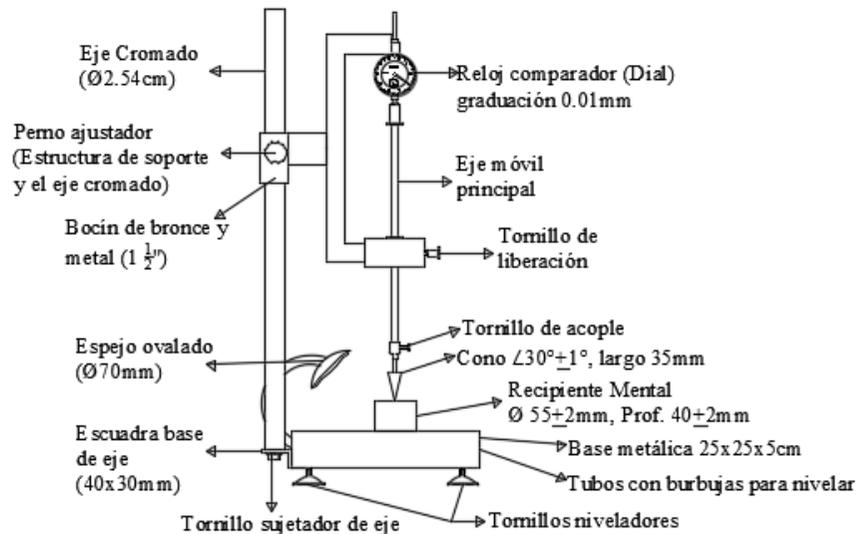


Esc. 1:10

PIEZAS DEL EQUIPO

Eje principal deslizante	Cono	Estructura de soporte		
		Base metálica	Eje cromado	Base de apoyo
		Esc. 1:10		Esc. 1:10

VISTA LATERAL



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
Carrera de Ingeniería Civil

PROYECTO:

PENETRÓMETRO DE CONO

REALIZADO POR:

Silvia Ramirez
Silvia Ramirez
Tesisista

REVISADO POR:

Ing. Lorena Pérez
Tutora

CONTENIDO:

- Isometría
- Medidas de las piezas
- Vista lateral

NORMA:

BS 1377:2-1990

FECHA:

Marzo - 2021

ESCALA:

Indicadas

LAMINA:

1 / 1

ANEXO C

Ensayos para Determinar la Clasificación del Suelo

MUESTRA N°1

Ubicación:

Provincia: Tungurahua

Cantón: Ambato

Parroquia rural: Ambatillo

Sector: Centro Parroquial

Coordenadas UTM: 17M, 760773.8E, 9863844.8N

Descripción de la muestra:

Clasificación SUCS: SM

Clasificación AASHTO: A-2-4



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos

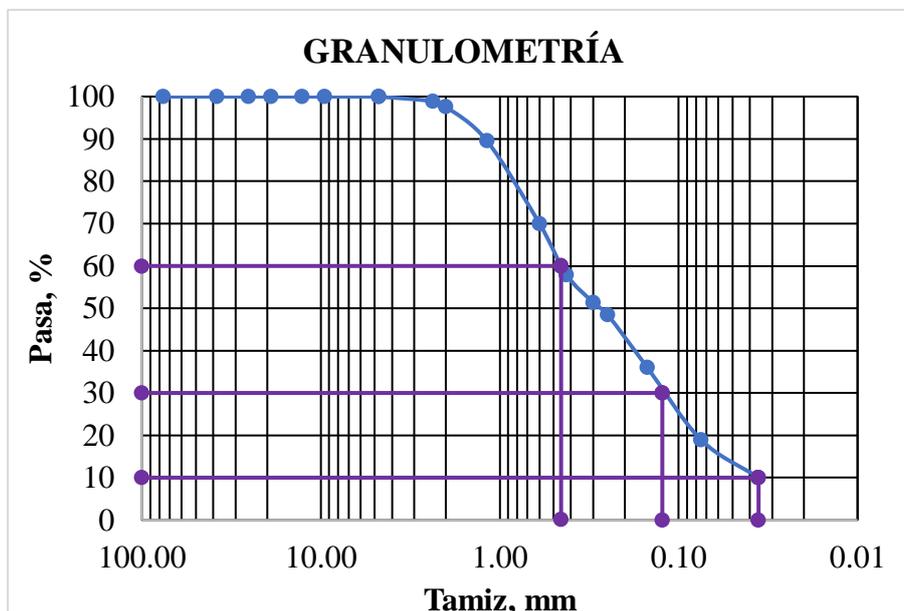


GRANULOMETRÍA

Operador: S.R **Parroquia:** Ambatillo
Cantón: Ambato **Sector:** Centro parroquial
Pozo N°: 1 **Muestra N°:** 1 **Profundidad:** 0.6 m

Tamiz		Peso Retenido Acumulado (g)	Retenido Acumulado (%)	Retenido Parcial (%)	Pasa (%)
N°	mm				
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.530	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Pasa N°4		700.00			
8	2.360	7.60	1.10	1.10	98.90
10	2.000	16.70	2.41	1.31	97.59
16	1.180	72.50	10.45	8.04	89.55
30	0.600	208.10	29.99	19.54	70.01
40	0.425	291.50	42.01	12.02	57.99
50	0.300	337.50	48.64	6.63	51.36
60	0.250	357.40	51.51	2.87	48.49
100	0.150	443.70	63.94	12.44	36.06
200	0.075	562.40	81.05	17.11	18.95
Fuente	0.036	131.50	18.95		
PESO TOTAL		693.90			

COEFICIENTES DEL SUELO	
D10	0.04 mm
D30	0.12 mm
D60	0.45 mm
Coefficiente de uniformidad (Cu)	12.70
Grado de curvatura Cc)	0.94





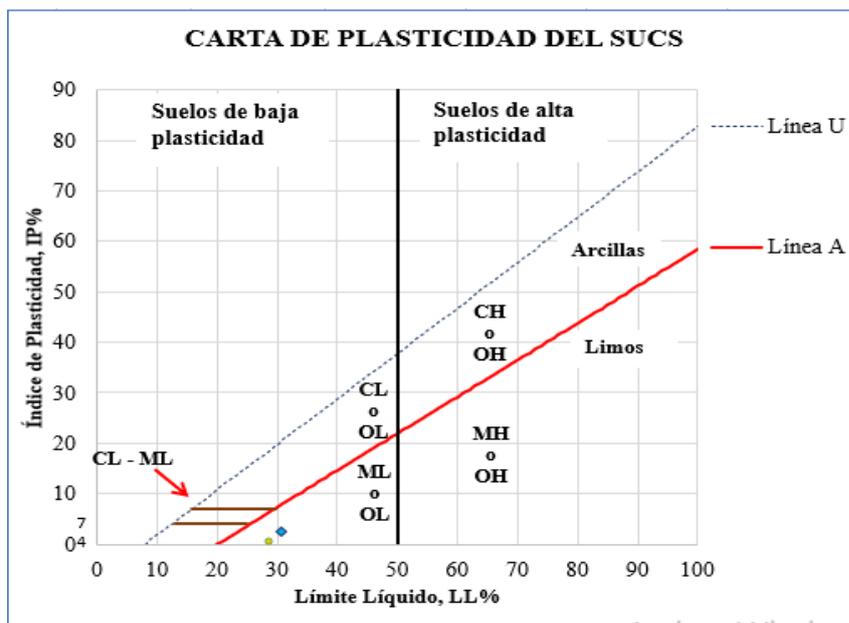
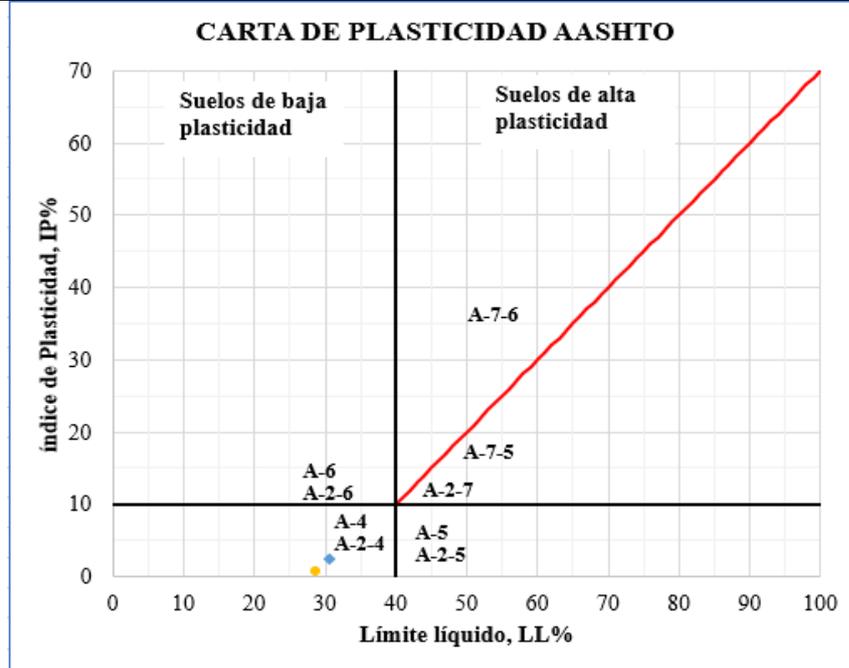
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos



GRANULOMETRÍA

Operador: S.R **Parroquia:** Ambatillo
Cantón: Ambato **Sector:** Centro parroquial
Pozo N°: 1 **Muestra N°:** 1 **Profundidad:** 0.6m

Tipo de suelo según:	
AASHTO:	A-2-4
SUCS:	SM





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos



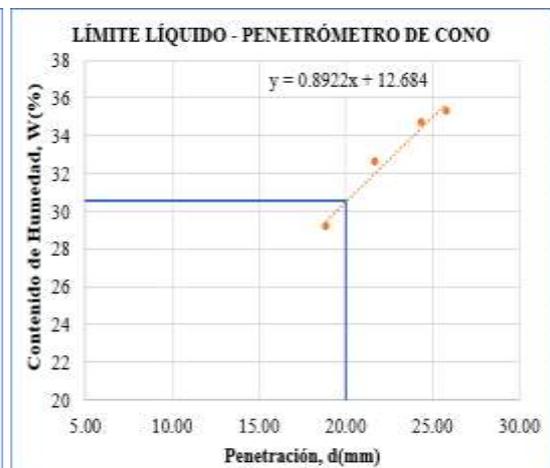
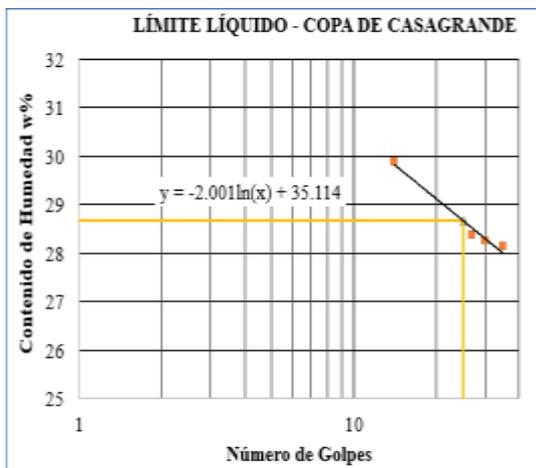
LÍMITES ATTERBERG

Operador: S.R
Cantón: Ambato
Pozo N°: 1
Parroquia: Ambatillo
Sector: Centro parroquial
Muestra N°: 1
Profundidad: 0.6 m

Número de Golpes	Límite Plástico		Límite Líquido												
			Copa de Casagrande								Penetrómetro de Cono				
			35		14		30		27		25.80		24.40		21.70
Penetración (mm)	17	202	8A	78	10	39	2	12	25	64	SR8	SR5	SR1	S6	
Peso de Recipiente (g)	11.3	10.8	10.9	11.5	11.0	11.7	10.9	11.0	10.8	11.2	6.4	6.4	6.4	6.5	
Peso Recipiente + Suelo Húmedo (g)	16.2	16.4	20.7	19.5	18.3	20.5	18.6	20.1	18.0	20.3	20.2	29.7	24.7	18.9	
Peso Recipiente + Suelo Seco (g)	15.1	15.2	18.6	17.7	16.6	18.5	16.9	18.1	16.4	18.3	16.6	23.7	20.2	16.1	
Peso Agua (g)	1.1	1.2	2.1	1.8	1.7	2.0	1.7	2.0	1.6	2.0	3.6	6.0	4.5	2.8	
Peso Muestra Seca (g)	3.8	4.4	7.7	6.2	5.6	6.8	6.0	7.1	5.6	7.1	10.2	17.3	13.8	9.6	
Contenido de Humedad (w%)	28.9	27.3	27.3	29.0	30.4	29.4	28.3	28.2	28.6	28.2	35.3	34.7	32.6	29.2	
Promedio Contenido de Humedad (w _{prom} %)			28.2		29.9		28.3		28.4						
Resultado	28.11		29								31				

Índice de Plasticidad	
IP = WL _(CC) - WP	0.6
IP = WL _(PC) - WP	2.4

Límite de Contracción	
N° Recipiente	4A
Masa de cápsula de contracción (m1)	22.5
Masa de cápsula + Suelo Húmedo (m2)	56.7
Masa de cápsula + Suelo Seco (m3)	48.6
Masa de Agua (m4=m2-m3)	8.1
Masa de Suelo Seco (m5=m3-m1)	26.1
Contenido de Humedad (W% = m4/m5*100)	31.0
Volumen de cápsula (Vi)	19.1
Volumen de Muestra Seca (Vf)	18.5
(Vi - Vf) / m5*100	2.4
Límite de Contracción (Ls = W% - ((Vi - Vf) / m5*γW)*100)	28.7



MUESTRA N°2

Ubicación:

Provincia: Tungurahua

Cantón: Ambato

Parroquia rural: Ambatillo

Sector: Palama

Coordenadas UTM: 17M, 759498.7E, 9863296.7N

Descripción de la muestra:

Clasificación SUCS: SM

Clasificación AASHTO: A-2-4



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos

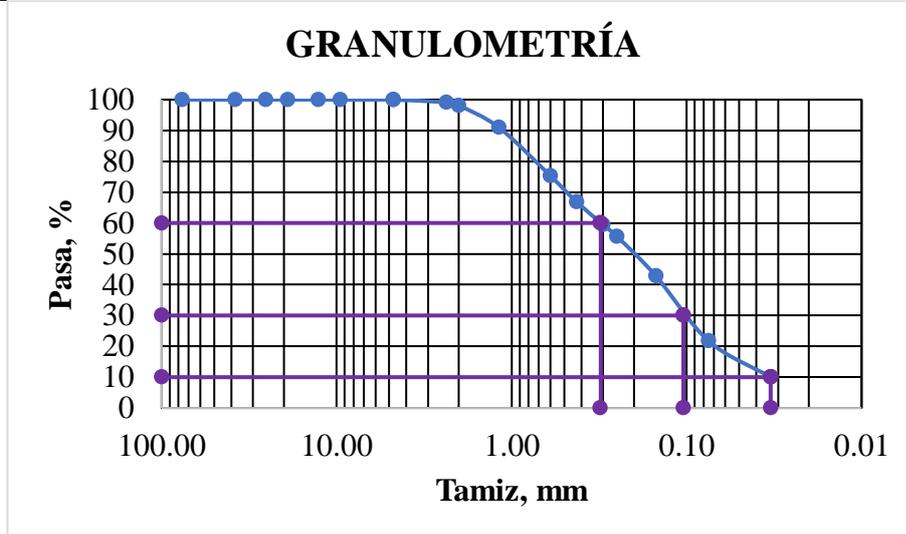


GRANULOMETRÍA

Operador: S.R **Parroquia:** Ambatillo
Cantón: Ambato **Sector:** Centro parroquial
Pozo N°: 2 **Muestra N°:** 2 **Profundidad:** 0.6m

Tamiz		Peso Retenido Acumulado (g)	Retenido Acumulado (%)	Retenido Parcial (%)	Pasa (%)
N°	mm				
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.530	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Pasa N°4		700.00			
8	2.360	8.90	0.85	0.85	99.15
10	2.000	19.90	1.90	1.05	98.10
16	1.180	94.60	9.05	7.15	90.95
30	0.600	258.40	24.72	15.67	75.28
40	0.425	346.70	33.17	8.45	66.83
50	0.300	423.90	40.56	7.39	59.44
60	0.250	463.80	44.37	3.82	55.63
100	0.150	597.30	57.15	12.77	42.85
200	0.075	817.60	78.22	21.08	21.78
Fuente	0.033	227.60	21.78		
PESO TOTAL		1045.20			

COEFICIENTES DEL SUELO	
D10	0.03 mm
D30	0.10 mm
D60	0.31 mm
Coefficiente de uniformidad (Cu)	9.35
Grado de curvatura (Cc)	1.06





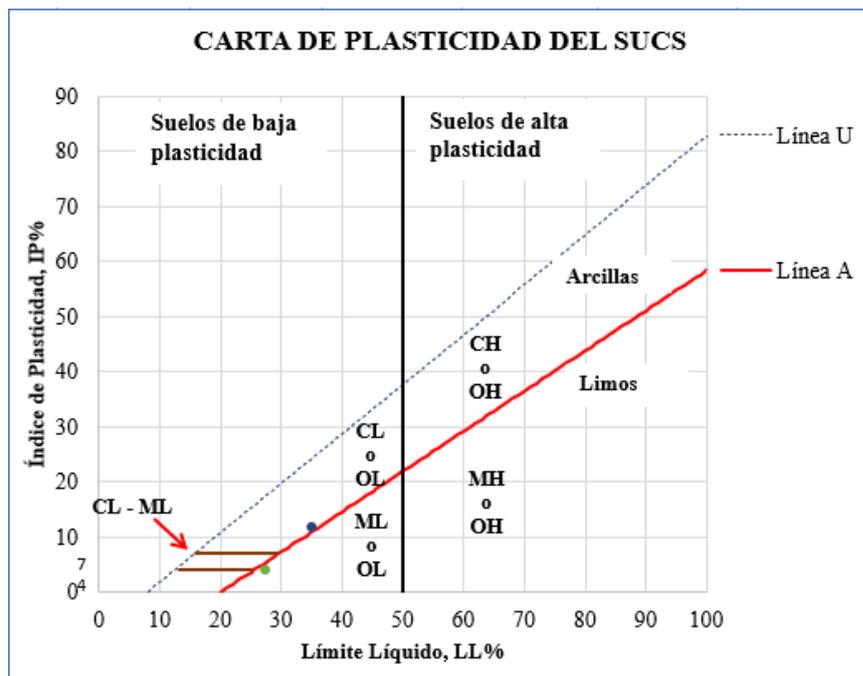
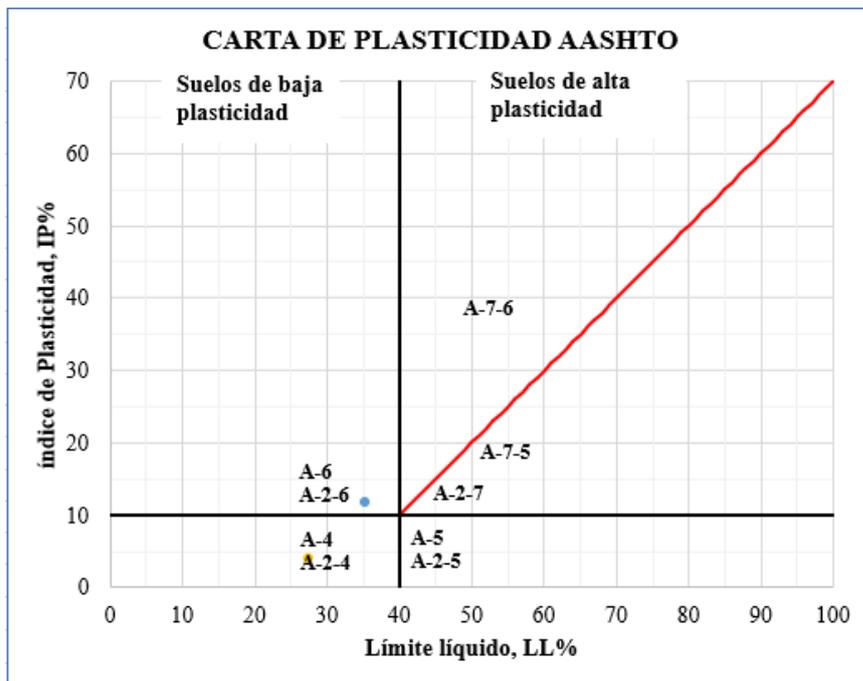
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos



GRANULOMETRÍA

Operador: S.R. Parroquia: Ambatillo
Cantón: Ambato Sector:
Pozo N°: 2 Muestra N°: 2 Profundidad: 0.6 m

Tipo de suelo según:			
AASHTO:	A-2-4	SUCS:	SM





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos



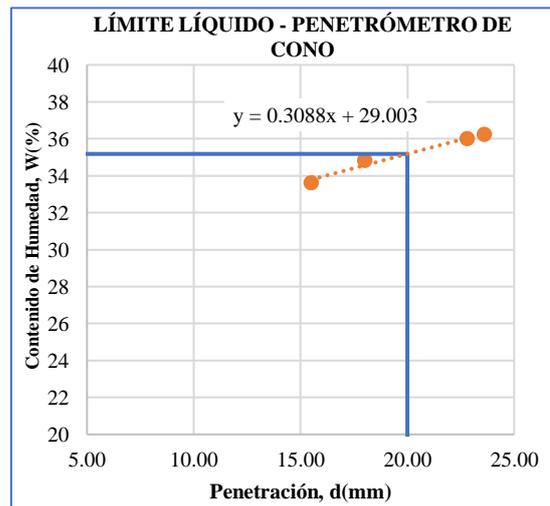
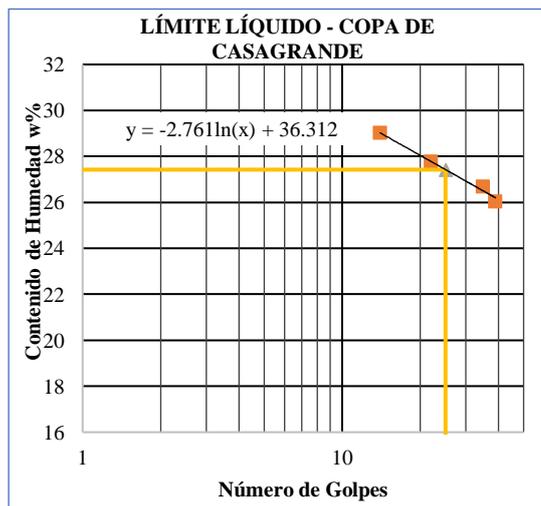
LÍMITES ATTERBERG

Operador: S.R. Parroquia: Ambatillo
Cantón: Ambato Sector: Palama
Pozo N°: 2 Muestra N°: 2 Profundidad: 0.6 m

Número de Golpes	Límite Plástico		Límite Líquido												
			Copa de Casagrande								Penetrómetro de Cono				
			14		39		35		22		22.80		23.60		18.00
N° Recipiente	3	12	79	16	26	75	5	69	38	6	S3	S2	S1	S4	
Peso de Recipiente (g)	10.8	10.6	11.3	11.2	11.2	10.9	11.0	11.5	11.7	10.8	23.0	21.9	22.8	23.1	
Peso Recipiente + Suelo Húmedo (g)	18.7	16.9	24.4	23.9	20.2	20.8	22.2	20.2	22.8	22.7	33.2	41.1	41.4	39.4	
Peso Recipiente + Suelo Seco (g)	17.2	15.7	21.5	21.0	18.3	18.8	19.8	18.4	20.4	20.1	30.5	36.0	36.6	35.3	
Peso Agua (g)	1.5	1.2	2.9	2.9	1.9	2.0	2.4	1.8	2.4	2.6	2.7	5.1	4.8	4.1	
Peso Muestra Seca (g)	6.4	5.1	10.2	9.8	7.1	7.9	8.8	6.9	8.7	9.3	7.5	14.1	13.8	12.2	
Contenido de Humedad (w%)	23.4	23.5	28.4	29.6	26.8	25.3	27.3	26.1	27.6	28.0	36.0	36.2	34.8	33.6	
Promedio Contenido de Humedad (w _{prom} %)			29.0		26.0		26.7		27.8						
Resultado	23.5		27								35				

Índice de Plasticidad	
IP = $W_{L(CC)} - WP$	3.9
IP = $W_{L(PC)} - WP$	11.7

Límite de Contracción	
N° Recipiente	9
Masa de cápsula de contracción (m1)	22.2
Masa de cápsula + Suelo Húmedo (m2)	54.8
Masa de cápsula + Suelo Seco (m3)	47.2
Masa de Agua (m4=m2-m3)	7.6
Masa de Suelo Seco (m5=m3-m1)	25.0
Contenido de Humedad ($W\% = m4/m5*100$)	30.4
Volumen de cápsula (Vi)	19.2
Volumen de Muestra Seca (Vf)	18.1
$(Vi - Vf) / m5*100$	4.6
Límite de Contracción ($L_s = W\% - ((Vi - Vf) / m5*100)$)	25.8



MUESTRA N°3

Ubicación:

Provincia: Tungurahua

Cantón: Ambato

Parroquia rural: Atahualpa

Sector: Centro Parroquial

Coordenadas UTM: 17M, 766069.2E, 9864948.2N

Descripción de la muestra:

Clasificación SUCS: SM

Clasificación AASHTO: A-2-4



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos

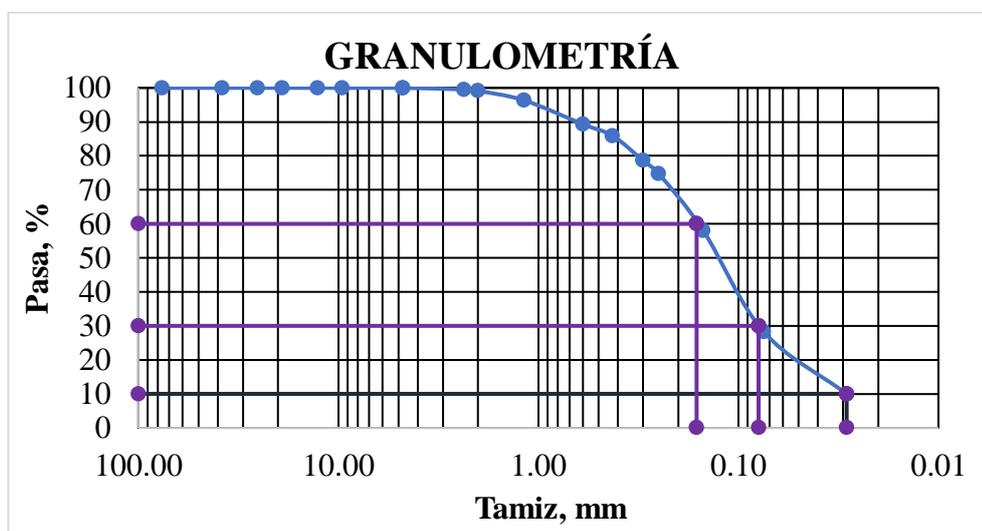


GRANULOMETRÍA

Operador: S.R **Parroquia:** Atahualpa
Cantón: Ambato **Sector:** Centro parroquial
Pozo N°: 3 **Muestra N°:** 3 **Profundidad:** 0.6 m

Tamiz		Peso Retenido Acumulado (g)	Retenido Acumulado (%)	Retenido Parcial (%)	Pasa (%)
N°	mm				
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.530	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Pasa N°4		700.00			
8	2.360	3.10	0.44	0.44	99.56
10	2.000	6.20	0.89	0.44	99.11
16	1.180	25.50	3.65	2.76	96.35
30	0.600	74.60	10.67	7.02	89.33
40	0.425	98.60	14.10	3.43	85.90
50	0.300	149.40	21.36	7.26	78.64
60	0.250	176.80	25.28	3.92	74.72
100	0.150	293.30	41.94	16.66	58.06
200	0.075	501.20	71.67	29.73	28.33
Fuente	0.03	198.10	28.33		
PESO TOTAL		699.30			

COEFICIENTES DEL SUELO	
D10	0.03 mm
D30	0.08 mm
D60	0.16 mm
Coefficiente de uniformidad (Cu)	5.62
Grado de curvatura (Cc)	1.35



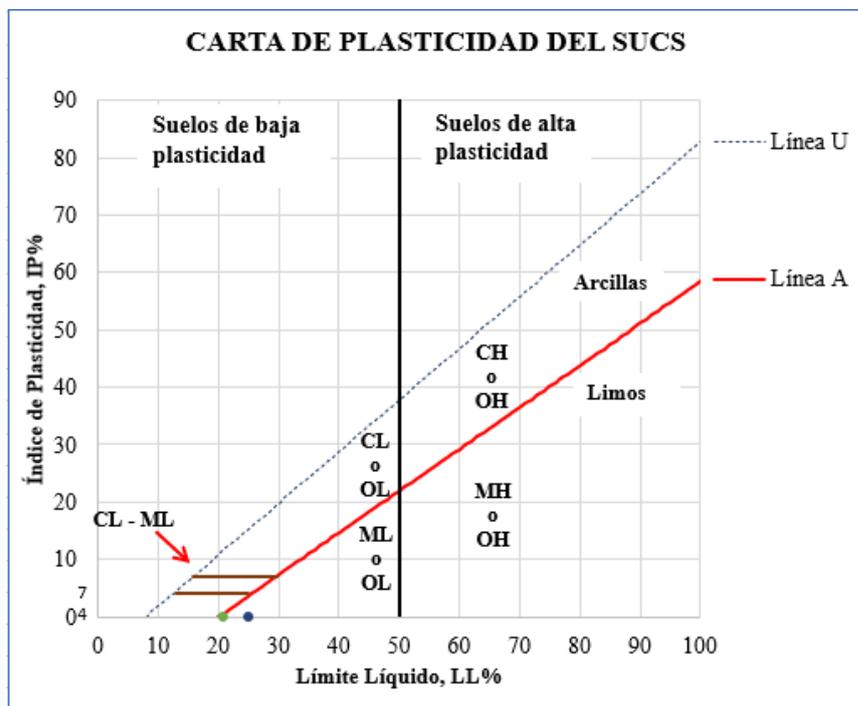
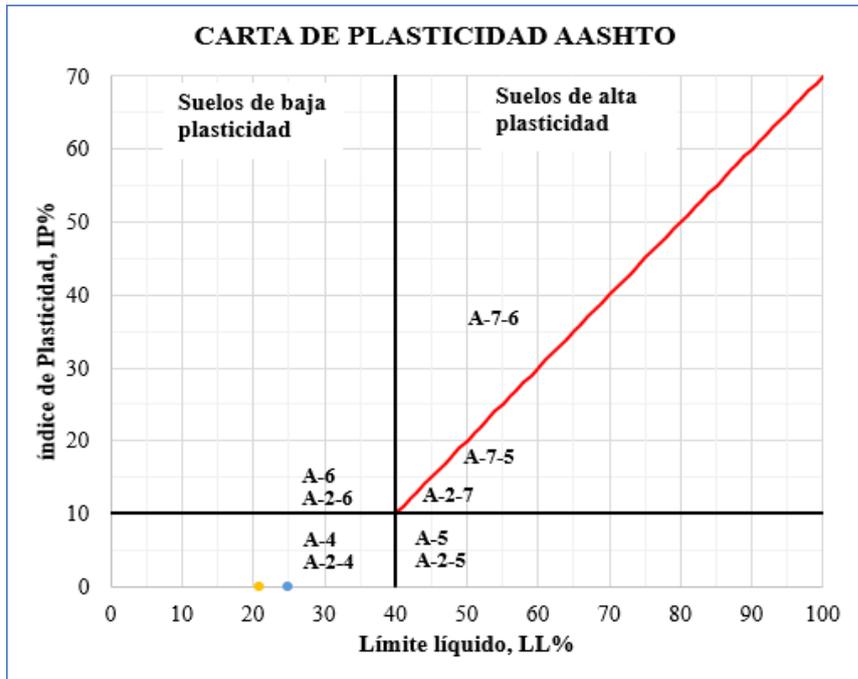


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos
GRANULOMETRÍA



Operador: S.R **Parroquia:** Atahualpa
Cantón: Ambato **Sector:** Centro parroquial
Pozo N°: 3 **Muestra N°:** 3 **Profundidad:** 0.6 m

Tipo de suelo según:			
AASHTO:	A-2-4	SUCS:	SM





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos



LÍMITES ATTERBERG

Operador: S.R.
Cantón: Ambato
Pozo N°: 3

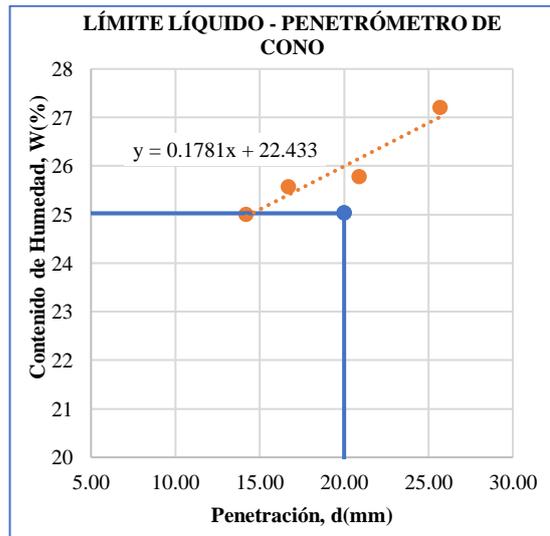
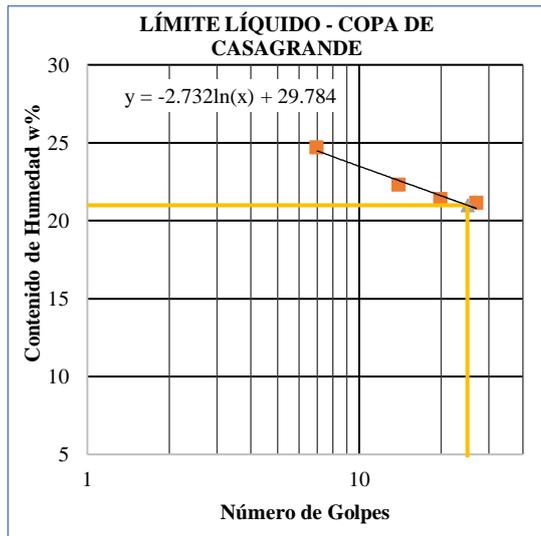
Parroquia: Atahualpa
Sector: Centro parroquial
Muestra N°: 3

Profundidad: 0.6 m

	Límite Plástico		Límite Líquido								Penetrómetro de Cono							
			Copa de Casagrande				20				25.70		20.90		16.70		14.20	
Número de Golpes			7		14		27		20		SR5		SR3		SR9		SR8	
Penetración (mm)											25.70		20.90		16.70		14.20	
N° Recipiente	202	P4	79	10	78	64	38	62	42	68	SR5	SR3	SR9	SR8				
Peso de Recipiente (g)	10.8	10.6	11.3	11.0	11.5	11.2	11.7	11.0	11.9	10.9	6.4	6.5	6.5	6.4				
Peso Recipiente + Suelo Húmedo (g)	18.4	19.2	20.6	20.4	22.5	23.8	20.0	21.0	19.2	20.1	22.3	18.7	23.2	21.9				
Peso Recipiente + Suelo Seco (g)	16.9	17.5	18.8	18.5	20.5	21.5	18.6	19.2	17.9	18.5	18.9	16.2	19.8	18.8				
Peso Agua (g)	1.5	1.7	1.8	1.9	2.0	2.3	1.4	1.8	1.3	1.6	3.4	2.5	3.4	3.1				
Peso Muestra Seca (g)	6.1	6.9	7.5	7.5	9.0	10.3	6.9	8.2	6.0	7.6	12.5	9.7	13.3	12.4				
Contenido de Humedad (w%)	24.6	24.6	24.0	25.3	22.2	22.3	20.3	22.0	21.7	21.1	27.2	25.8	25.6	25.0				
Promedio Contenido de Humedad (w _{prom} %)			24.7		22.3		21.1		21.4									
Resultado	24.61		21				25											

Índice de Plasticidad	
IP = WL _(CC) - WP	-3.6
IP = WL _(FC) - WP	0.4

Límite de Contracción	
N° Recipiente	8
Masa de cápsula de contracción (m1)	22.0
Masa de cápsula + Suelo Húmedo (m2)	54.9
Masa de cápsula + Suelo Seco (m3)	48.7
Masa de Agua (m4=m2-m3)	6.2
Masa de Suelo Seco (m5=m3-m1)	26.7
Contenido de Humedad (W% = m4/m5*100)	23.2
Volumen de cápsula (Vi)	19.0
Volumen de Muestra Seca (Vf)	18.1
(Vi - Vf) / m5*100	3.5
Límite de Contracción (Ls = W% - ((Vi - Vf) / m5*γ _w)*100)	19.7



MUESTRA N°4

Ubicación:

Provincia: Tungurahua

Cantón: Ambato

Parroquia rural: Augusto Martínez

Sector: Centro Parroquial

Coordenadas UTM: 17M, 764928.0E, 9865153.5N

Descripción de la muestra:

Clasificación SUCS: SM

Clasificación AASHTO: A-2-4



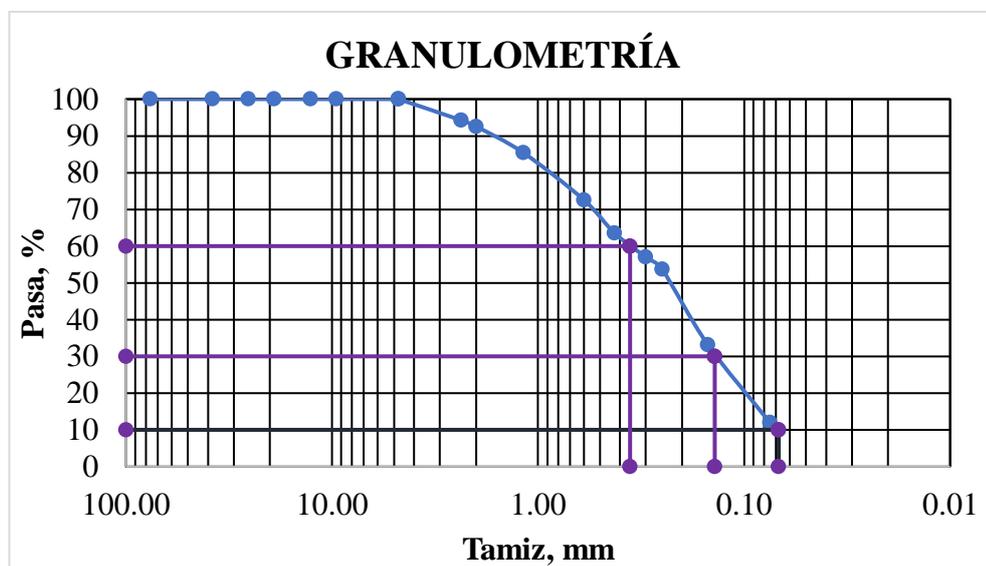
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos
GRANULOMETRÍA



Operador: S.R **Parroquia:** Augusto Martínez
Cantón: Ambato **Sector:** Centro parroquial
Pozo N°: 4 **Muestra N°:** 4 **Profundidad:** 0.6m

Tamiz		Peso Retenido Acumulado (g)	Retenido Acumulado (%)	Retenido Parcial (%)	Pasa (%)
N°	mm				
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.530	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Pasa N°4		700.00			
8	2.360	40.20	5.74	5.74	94.26
10	2.000	52.00	7.43	1.69	92.57
16	1.180	101.90	14.56	7.13	85.44
30	0.600	191.80	27.40	12.84	72.60
40	0.425	255.30	36.47	9.07	63.53
50	0.300	301.00	43.00	6.53	57.00
60	0.250	324.20	46.31	3.31	53.69
100	0.150	467.70	66.81	20.50	33.19
200	0.075	616.00	88.00	21.19	12.00
Fuente	0.07	84.00	12.00		
PESO TOTAL		700.00			

COEFICIENTES DEL SUELO	
D10	0.07 mm
D30	0.14 mm
D60	0.36 mm
Coefficiente de uniformidad (Cu)	5.3
Grado de curvatura (Cc)	0.8



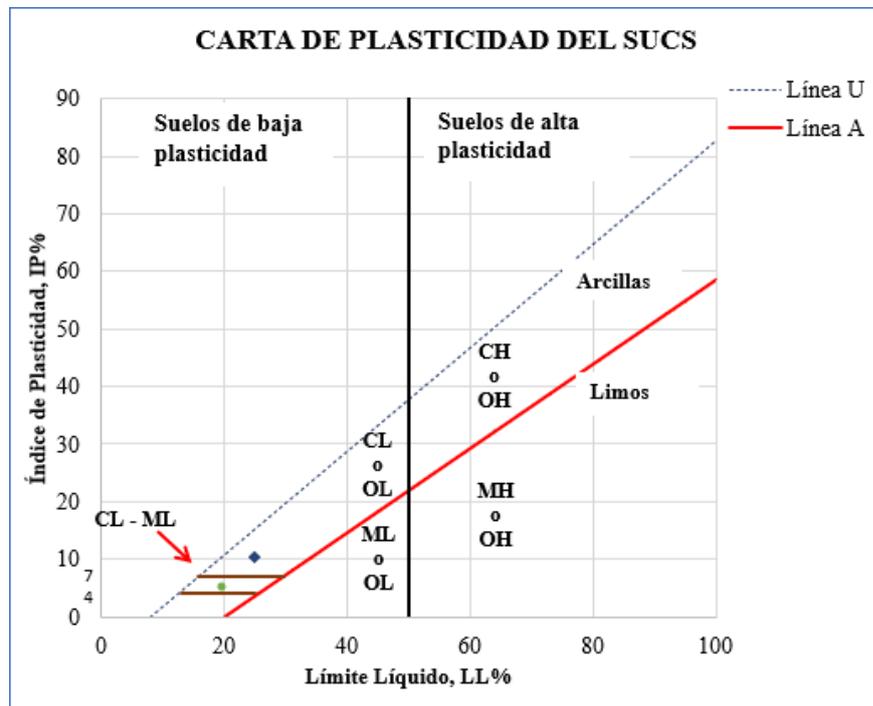
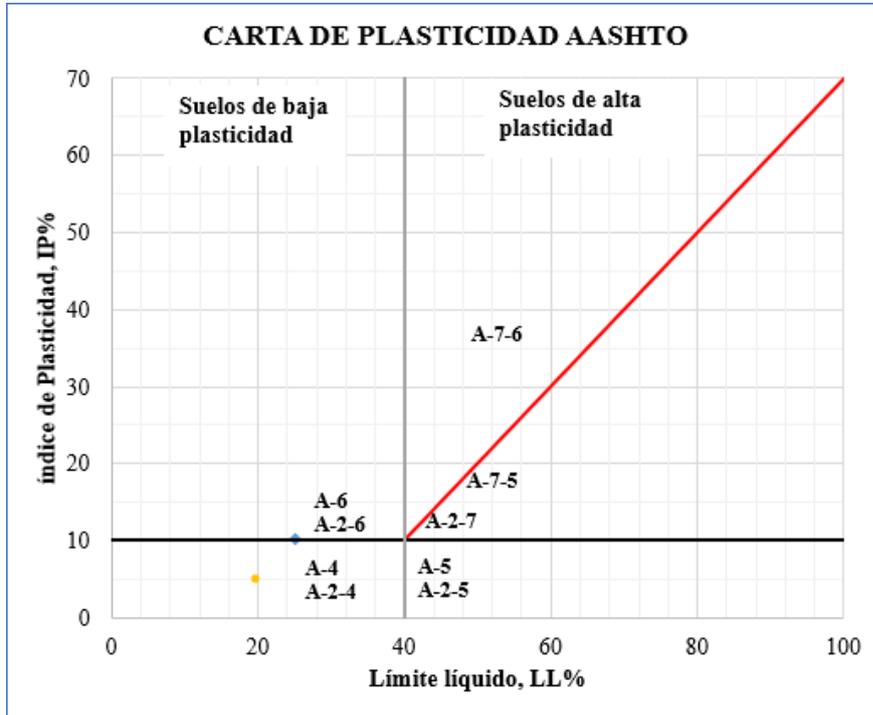


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos
GRANULOMETRÍA



Operador: S.R **Parroquia:** Augusto Martínez
Cantón: Ambato **Sector:** Centro parroquial
Pozo N°: 4 **Muestra N°:** 4 **Profundidad:** 0.6 m

Tipo de suelo según:			
AASHTO:	A-2-4	SUCS:	SP-SC





LÍMITES ATTERBERG

Operador: S.R.
Cantón: Ambato
Pozo N°: 4

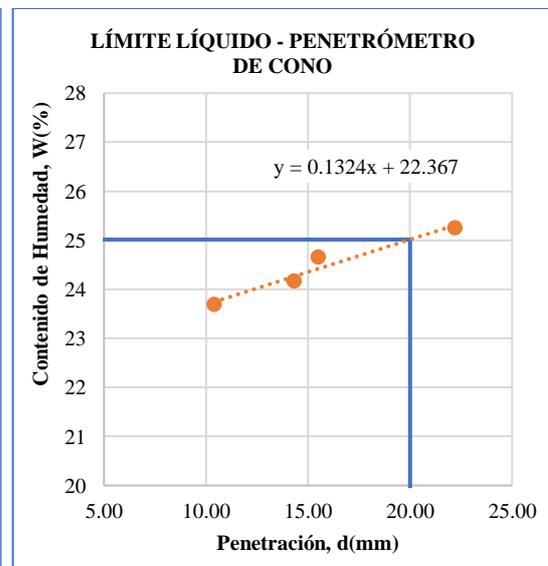
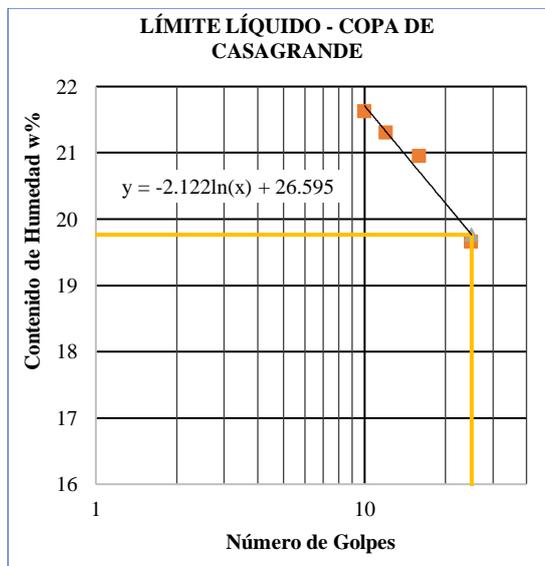
Parroquia: Augusto Martínez
Sector: Centro parroquial
Muestra N°: 4

Profundidad: 0.6 m

Número de Golpes	Límite Plástico		Límite Líquido													
			Copa de Casagrande								Penetrómetro de Cono					
			10		12		16		25		22.20		10.40		15.50	
Penetración (mm)											22.20		10.40		15.50	
N° Recipiente	11	17	S6	S7	S5	S3	90	12	S2	D11	39	10	50	D7		
Peso de Recipiente (g)	9.0	11.3	6.5	14.0	21.6	23.1	11.0	11.0	21.9	7.1	11.7	11.0	11.0	6.0		
Peso Recipiente + Suelo Húmedo (g)	10.2	13.8	20.9	26.1	35.4	38.9	28.3	24.3	34.1	21.0	50.4	34.5	37.3	46.6		
Peso Recipiente + Suelo Seco (g)	10.0	13.5	18.4	23.9	33.0	36.1	25.3	22.0	32.2	18.6	42.6	30.0	32.1	38.7		
Peso Agua (g)	0.2	0.3	2.5	2.2	2.4	2.8	3.0	2.3	1.9	2.4	7.8	4.5	5.2	7.9		
Peso Muestra Seca (g)	1.1	2.2	11.9	9.9	11.4	13.0	14.3	11.0	10.3	11.5	30.9	19.0	21.1	32.7		
Contenido de Humedad (w%)	16.0	13.6	21.0	22.2	21.1	21.5	21.0	20.9	18.4	20.9	25.2	23.7	24.6	24.2		
Promedio Contenido de Humedad (wprom%)			21.6		21.3		20.9		19.6							
Resultado	14.80		20								25					

Índice de Plasticidad	
IP = WL _(CC) - WP	5.0
IP = WL _(PC) - WP	10.2

Límite de Contracción	
N° Recipiente	13
Masa de cápsula de contracción (m1)	22.3
Masa de cápsula + Suelo Húmedo (m2)	58.3
Masa de cápsula + Suelo Seco (m3)	50.0
Masa de Agua (m4=m2-m3)	8.3
Masa de Suelo Seco (m5=m3-m1)	27.7
Contenido de Humedad (W% = m4/m5*100)	30.0
Volumen de cápsula (Vi)	19.1
Volumen de Muestra Seca (Vf)	15.4
(Vi - Vf) / m5*100	13.4
Límite de Contracción (Ls = W% - ((Vi - Vf) / m5*γW)*100)	16.6



MUESTRA N°5

Ubicación:

Provincia: Tungurahua

Cantón: Ambato

Parroquia rural: Augusto Martínez

Sector: Samanga

Coordenadas UTM: 17M, 764619.3E, 9868901.5N

Descripción de la muestra:

Clasificación SUCS: SC-SM

Clasificación AASHTO: A-2-6



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos

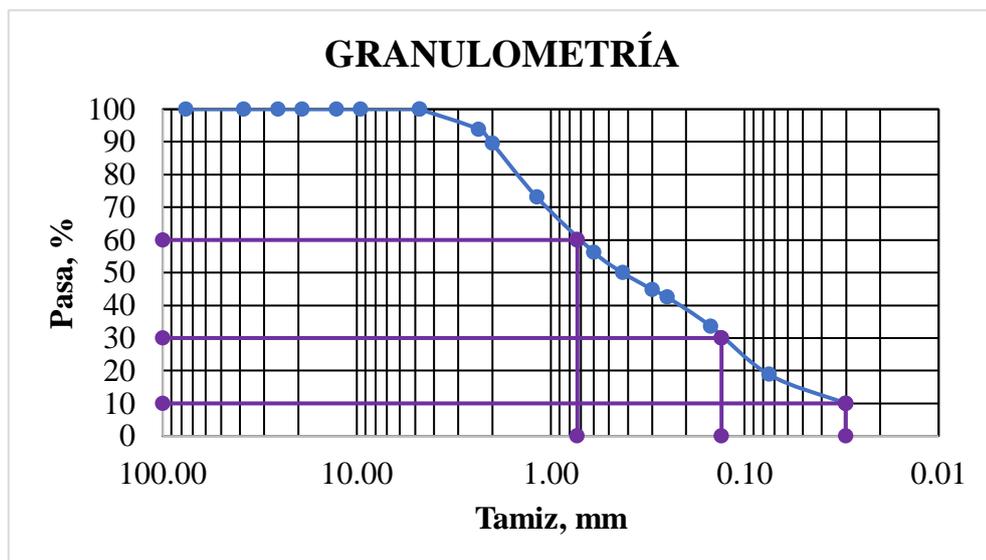


GRANULOMETRÍA

Operador: S.R **Parroquia:** Augusto Martínez
Cantón: Ambato **Sector:** Samanga
Pozo N°: 5 **Muestra N°:** 5 **Profundidad:** 0.6m

Tamiz		Peso Retenido Acumulado (g)	Retenido Acumulado (%)	Retenido Parcial (%)	Pasa (%)
N°	mm				
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.530	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Pasa N°4		700.00			
8	2.360	42.60	6.10	6.10	93.90
10	2.000	72.90	10.44	4.34	89.56
16	1.180	187.70	26.88	16.44	73.12
30	0.600	305.20	43.71	16.83	56.29
40	0.425	349.50	50.05	6.34	49.95
50	0.300	384.80	55.11	5.06	44.89
60	0.250	401.80	57.54	2.43	42.46
100	0.150	463.40	66.36	8.82	33.64
200	0.075	566.70	81.15	14.79	18.85
Fuente	0.030	131.60	18.85		
PESO TOTAL		698.30			

COEFICIENTES DEL SUELO	
D10	0.03 mm
D30	0.13 mm
D60	0.73 mm
Coefficiente de uniformidad (Cu)	24.1
Grado de curvatura Cc)	0.8





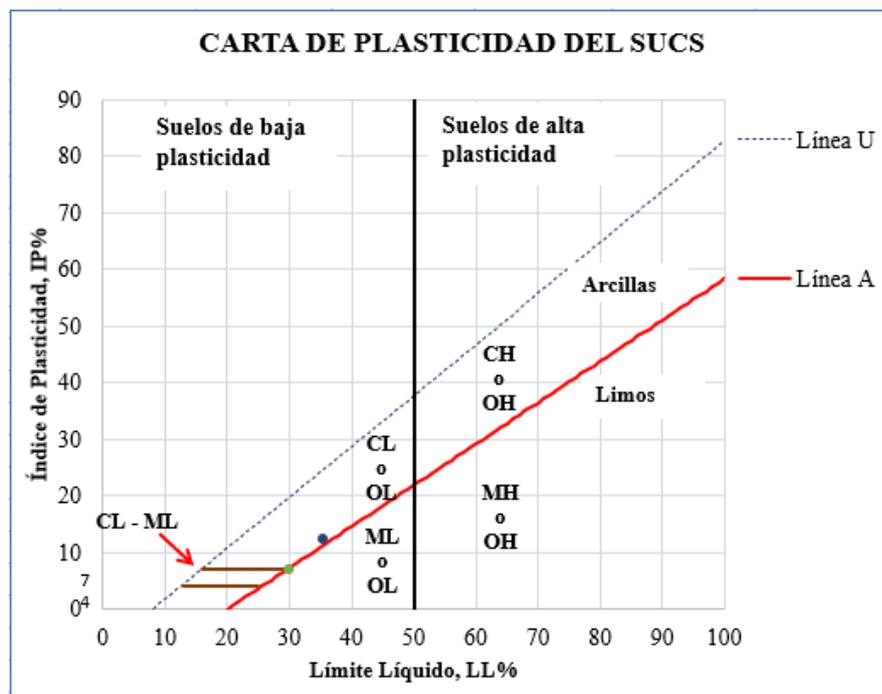
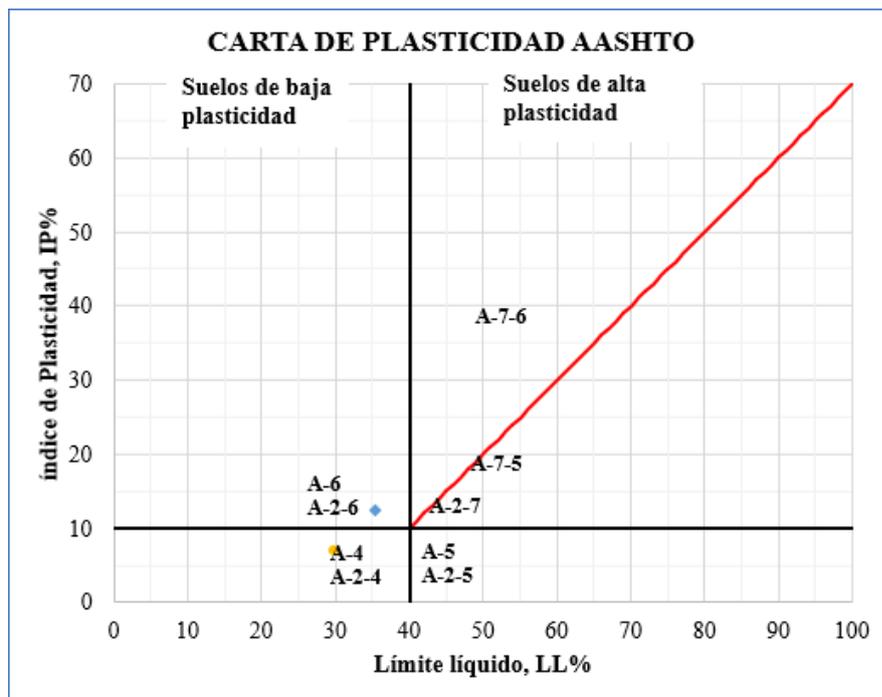
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos



GRANULOMETRÍA

Operador: S.R **Parroquia:** Augusto Martínez
Cantón: Ambato **Sector:** Samanga
Pozo N°: 5 **Muestra N°:** 5 **Profundidad:** 0.6 m

Tipo de suelo según:	
AASHTO:	A-2-6
SUCS:	SC-SM





LÍMITES ATTERBERG

Operador: S.R
Cantón: Ambato
Pozo N°: 5

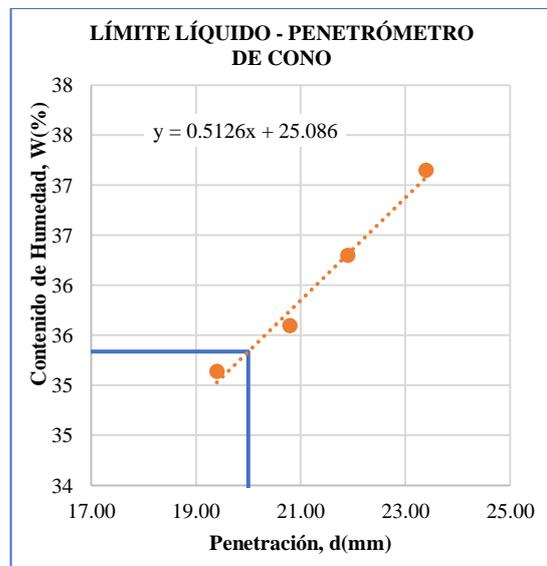
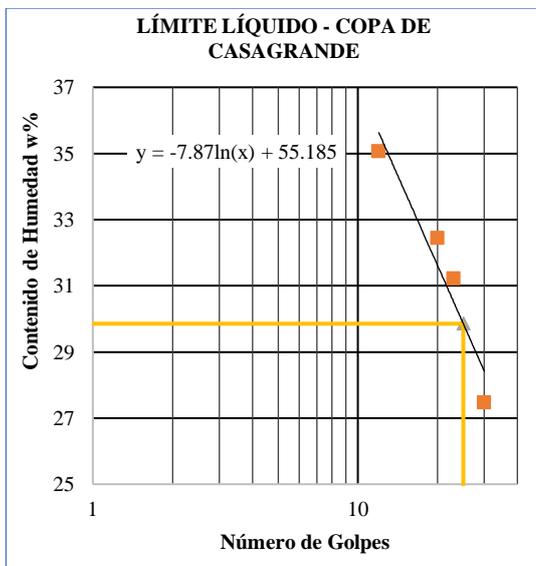
Parroquia: Augusto Martínez
Sector: Samanga
Muestra N°: 5

Profundidad: 0.6 m

Número de Golpes	Límite Plástico		Límite Líquido													
			Copa de Casagrande								Penetrómetro de Cono					
			12		20		23		30		23.40	21.90	20.80	19.40		
Penetración (mm)																
N° Recipiente	17	202	39	50	10	D8	D5	D10	D1	D4	12	75	90	50		
Peso de Recipiente (g)	11.3	10.8	11.7	11.0	11.0	7.8	7.5	7.9	7.8	7.9	11.0	10.9	11.0	11.0		
Peso Recipiente + Suelo Húmedo (g)	16.9	12.5	26.8	27.1	28.2	19.2	22.7	25.9	19.5	25.4	30.2	29.3	35.0	36.0		
Peso Recipiente + Suelo Seco (g)	15.8	12.2	22.9	22.9	24.0	16.4	19.1	21.6	17.0	21.6	25.0	24.4	28.7	29.5		
Peso Agua (g)	1.1	0.3	3.9	4.2	4.2	2.8	3.6	4.3	2.5	3.8	5.2	4.9	6.3	6.5		
Peso Muestra Seca (g)	4.5	1.4	11.2	11.9	13.0	8.6	11.6	13.7	9.2	13.7	14.0	13.5	17.7	18.5		
Contenido de Humedad (w%)	24.4	21.4	34.8	35.3	32.3	32.6	31.0	31.4	27.2	27.7	37.1	36.3	35.6	35.1		
Promedio Contenido de Humedad (wprom%)			35.1		32.4		31.2		27.5							
Resultado	22.9		30								35					

Índice de Plasticidad	
IP = WL _(CC) - WP	6.9
IP = WL _(PC) - WP	12.4

Límite de Contracción	
N° Recipiente	15
Masa de cápsula de contracción (m1)	22.1
Masa de cápsula + Suelo Húmedo (m2)	55.6
Masa de cápsula + Suelo Seco (m3)	47.9
Masa de Agua (m4=m2-m3)	7.7
Masa de Suelo Seco (m5=m3-m1)	25.8
Contenido de Humedad (W% = m4/m5*100)	29.8
Volumen de cápsula (Vi)	18.5
Volumen de Muestra Seca (Vf)	16.9
(Vi - Vf) / m5*100	6.4
Límite de Contracción (Ls = W% - ((Vi - Vf) / m5*γW)*100)	23.5



MUESTRA N°6

Ubicación:

Provincia: Tungurahua

Cantón: Ambato

Parroquia rural: Constantino Fernández

Sector: Centro Parroquial

Coordenadas UTM: 17M, 763072.2E, 9867333.4N

Descripción de la muestra:

Clasificación SUCS: SP-SM

Clasificación AASHTO: A-2-4



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos

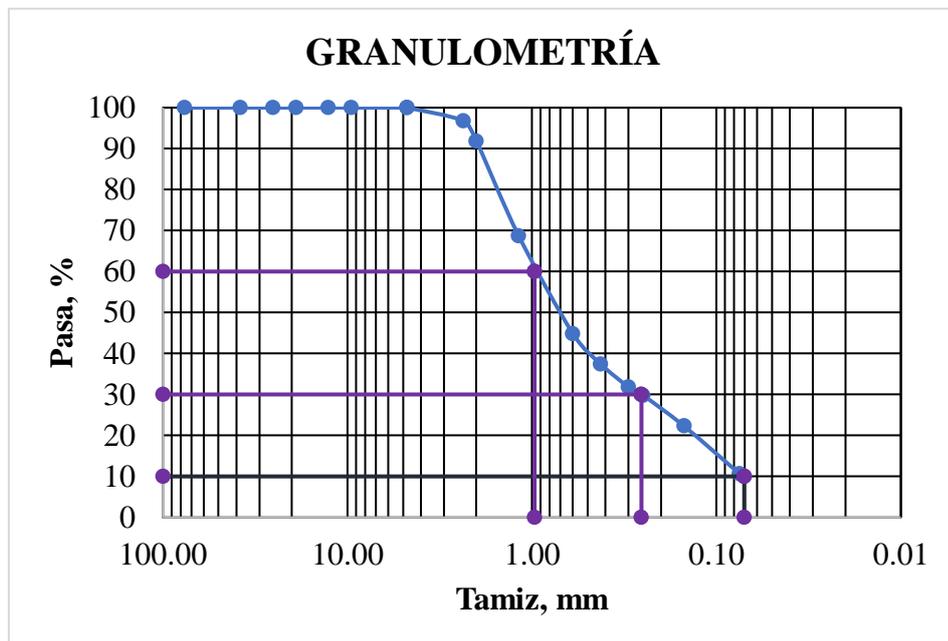


GRANULOMETRÍA

Operador: S.R **Parroquia:** Constantino Fernández
Cantón: Ambato **Sector:** Centro parroquial
Pozo N°: 6 **Muestra N°:** 6 **Profundidad:** 0.6 m

Tamiz		Peso Retenido Acumulado (g)	Retenido Acumulado (%)	Retenido Parcial (%)	Pasa (%)
N°	mm				
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.530	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Pasa N°4		700.00			
8	2.360	22.60	3.23	3.23	96.77
10	2.000	56.90	8.13	4.90	91.87
16	1.180	218.80	31.28	23.14	68.72
30	0.600	385.70	55.13	23.86	44.87
40	0.425	437.40	62.52	7.39	37.48
50	0.300	476.70	68.14	5.62	31.86
60	0.250	491.10	70.20	2.06	29.80
100	0.150	543.50	77.69	7.49	22.31
200	0.075	624.90	89.32	11.64	10.68
Fuente	0.07	74.70	10.68		
PESO TOTAL		699.60			

COEFICIENTES DEL SUELO	
D10	0.07 mm
D30	0.25 mm
D60	0.97 mm
Coefficiente de uniformidad (Cu)	13.7
Grado de curvatura (Cc)	0.9





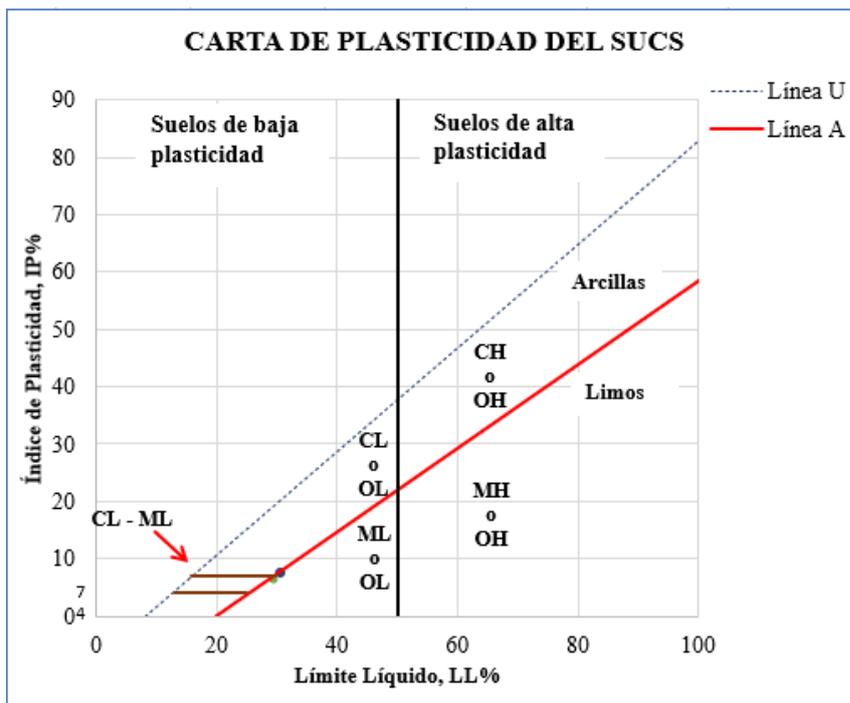
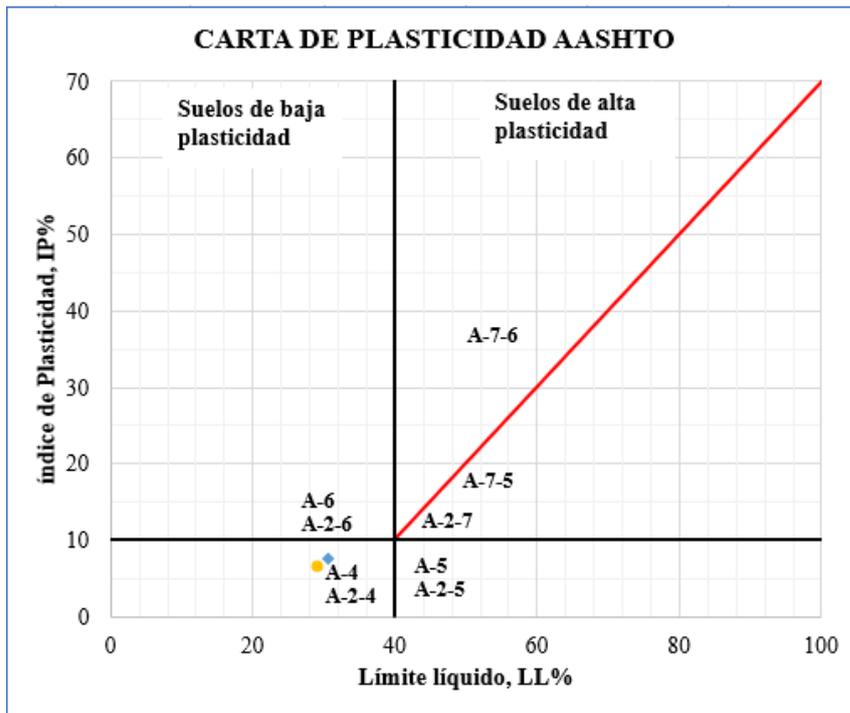
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos



GRANULOMETRÍA

Operador: S.R **Parroquia:** Constantino Fernández
Cantón: Ambato **Sector:** Centro parroquial
Pozo N°: 6 **Muestra N°:** 6 **Profundidad:** 0.6 m

Tipo de suelo según:			
AASHTO:	A-2-4	SUCS:	SP-SM





LÍMITES ATTERBERG

Operador: S.R
Cantón: Ambato
Pozo N°: 6

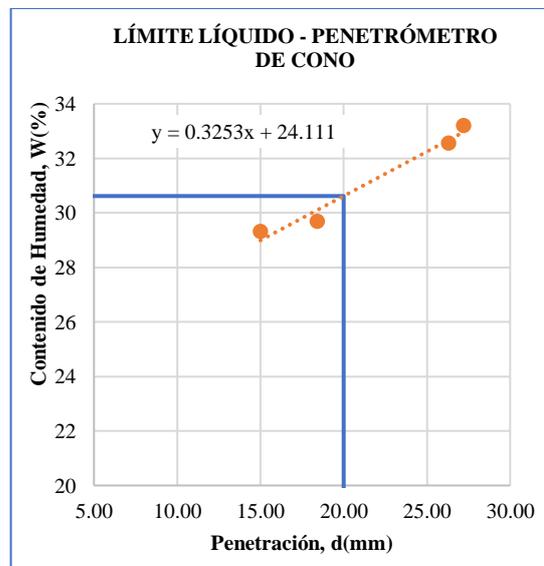
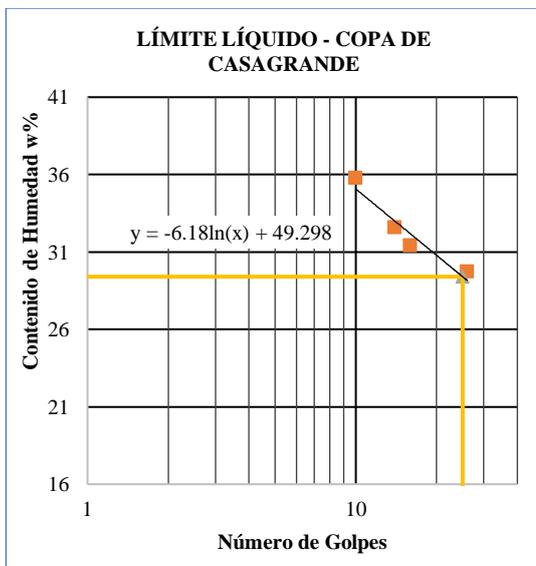
Parroquia: Constantino Fernández
Sector: Centro parroquial
Muestra N°: 6

Profundidad: 0.6 m

Número de Golpes	Límite Plástico		Límite Líquido														
			Copa de Casagrande								Penetrómetro de Cono						
			10		16		26		14		15.00	26.30	18.40	27.20			
Penetración (mm)																	
N° Recipiente	2	3	SR9	SR10	LP2	LP3	SR8	SR7	SR5	SR6	39	10	S6	75			
Peso de Recipiente (g)	11.8	10.7	6.5	6.3	6.4	6.3	6.4	6.5	6.4	6.4	11.7	11.0	6.5	10.9			
Peso Recipiente + Suelo Húmedo (g)	13.4	12.3	17.1	16.2	21.6	22.1	20.0	18.3	19.8	20.7	39.5	27.7	43.6	43.0			
Peso Recipiente + Suelo Seco (g)	13.1	12.0	14.3	13.6	17.9	18.4	17.0	15.5	16.5	17.2	33.2	23.6	35.1	35.0			
Peso Agua (g)	0.3	0.3	2.8	2.6	3.7	3.7	3.0	2.8	3.3	3.5	6.3	4.1	8.5	8.0			
Peso Muestra Seca (g)	1.3	1.3	7.8	7.3	11.5	12.1	10.6	9.0	10.1	10.8	21.5	12.6	28.6	24.1			
Contenido de Humedad (w%)	23.1	23.1	35.9	35.6	32.2	30.6	28.3	31.1	32.7	32.4	29.3	32.5	29.7	33.2			
Promedio Contenido de Humedad (wprom%)			35.8		31.4		29.7		32.5								
Resultado	23.1		29								31						

Índice de Plasticidad	
IP = WL _(CC) - WP	6.3
IP = WL _(PC) - WP	7.5

Límite de Contracción	
N° Recipiente	17
Masa de cápsula de contracción (m1)	22.5
Masa de cápsula + Suelo Húmedo (m2)	56.6
Masa de cápsula + Suelo Seco (m3)	47.6
Masa de Agua (m4=m2-m3)	9.0
Masa de Suelo Seco (m5=m3-m1)	25.1
Contenido de Humedad (W% = m4/m5*100)	35.9
Volumen de cápsula (Vi)	19.5
Volumen de Muestra Seca (Vf)	17.4
(Vi - Vf) / m5*100	8.4
Límite de Contracción (Ls = W% - ((Vi - Vf) / m5*γW)*100)	27.4



MUESTRA N°7

Ubicación:

Provincia: Tungurahua

Cantón: Ambato

Parroquia rural: Constantino Fernández

Sector: San José

Coordenadas UTM: 17M, 762402.8E, 9866872.1N

Descripción de la muestra:

Clasificación SUCS: SP-SM

Clasificación AASHTO: A-2-4



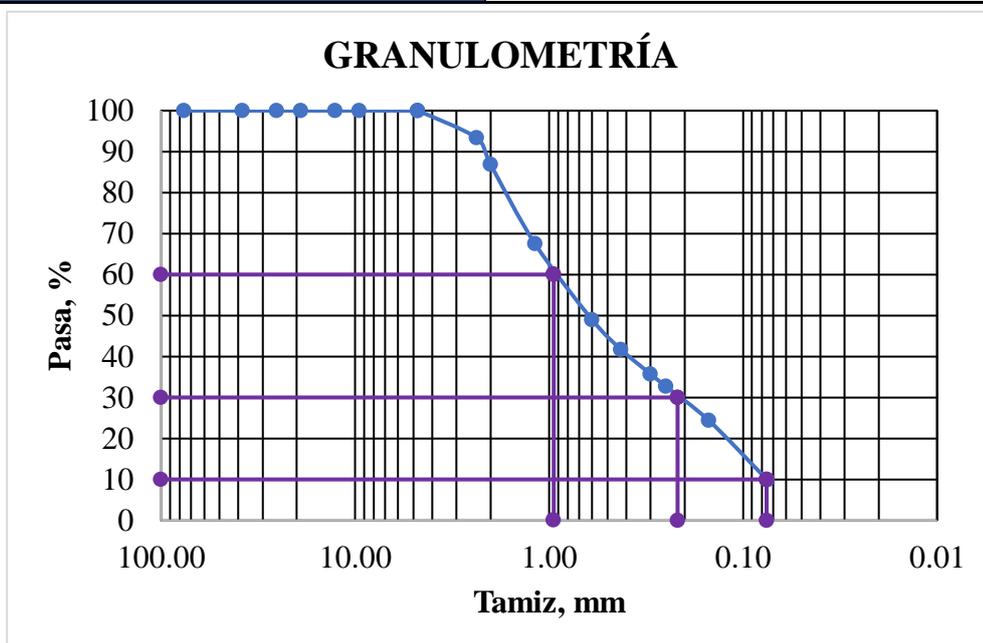
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos
GRANULOMETRÍA



Operador: S.R **Parroquia:** Constantino Fernández
Cantón: Ambato **Sector:** San José
Pozo N°: 7 **Muestra N°:** 7 **Profundidad:** 0.6 m

Tamiz		Peso Retenido Acumulado	Retenido Acumulado	Retenido Parcial	Pasa
N°	mm	(g)	(%)	(%)	(%)
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.530	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Pasa N°4		700.00			
8	2.360	46.70	6.69	6.69	93.31
10	2.000	92.00	13.19	6.49	86.81
16	1.180	227.10	32.55	19.37	67.45
30	0.600	356.10	51.05	18.49	48.95
40	0.425	407.00	58.34	7.30	41.66
50	0.300	448.50	64.29	5.95	35.71
60	0.250	469.50	67.30	3.01	32.70
100	0.150	527.70	75.65	8.34	24.35
200	0.075	628.80	90.14	14.49	9.86
Fuente		68.80	9.86		
PESO TOTAL		697.60			

COEFICIENTES DEL SUELO	
D10	0.08 mm
D30	0.22 mm
D60	0.95 mm
Coefficiente de uniformidad (Cu)	12.50
Grado de curvatura (Cc)	0.66





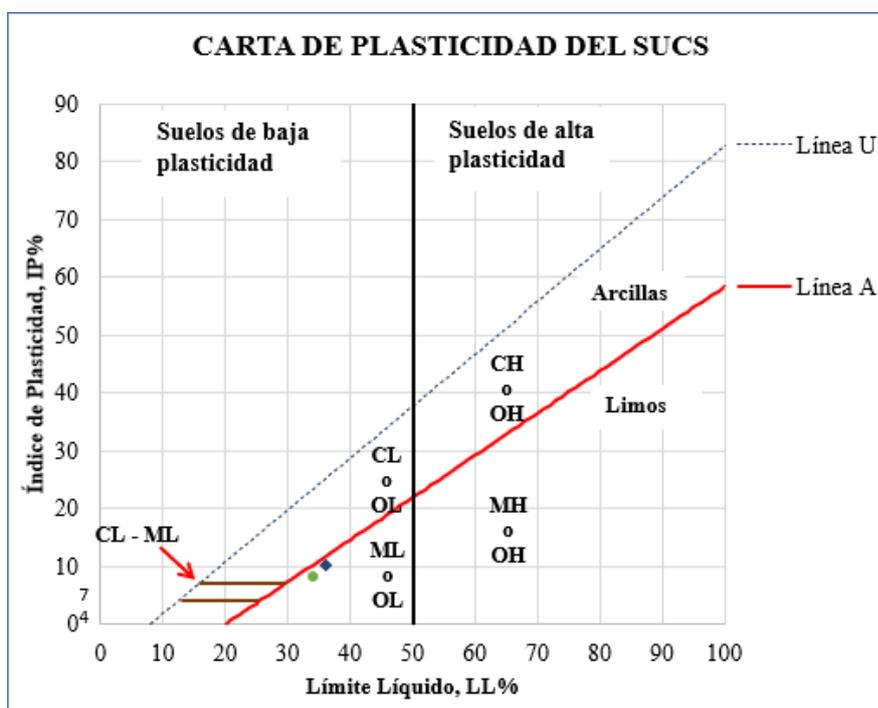
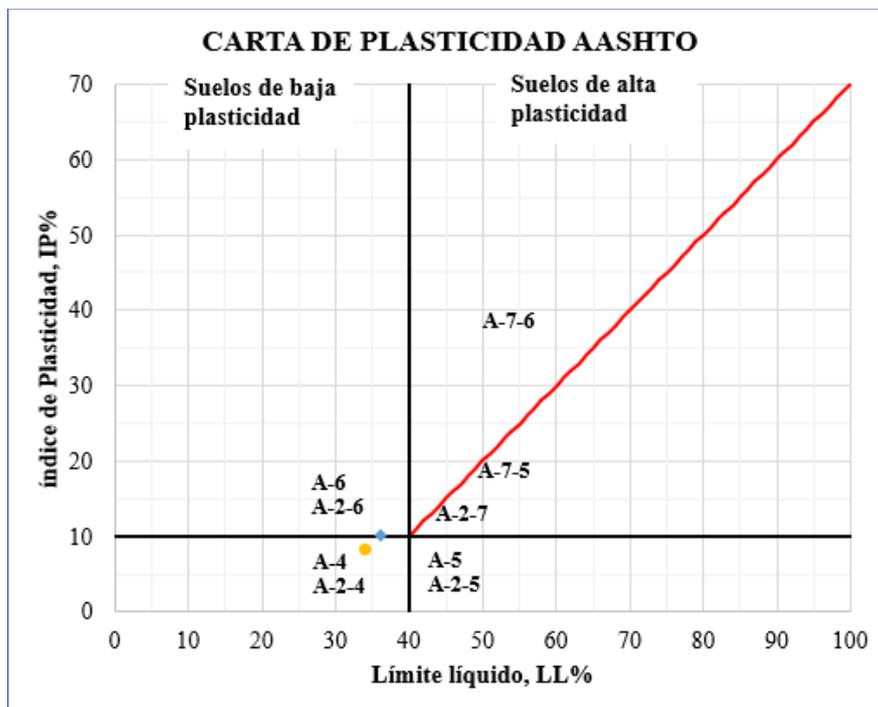
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos



GRANULOMETRÍA

Operador: S.R **Parroquia:** Constantino Fernández
Cánton: Ambato **Sector:** San José
Pozo N°: 7 **Muestra N°:** 7 **Profundidad:** 0.6 m

Tipo de suelo según:			
AASHTO:	A-2-4	SUCS:	SP-SM





LÍMITES ATTERBERG

Operador: S.R.
Cantón: Ambato
Pozo N°: 7

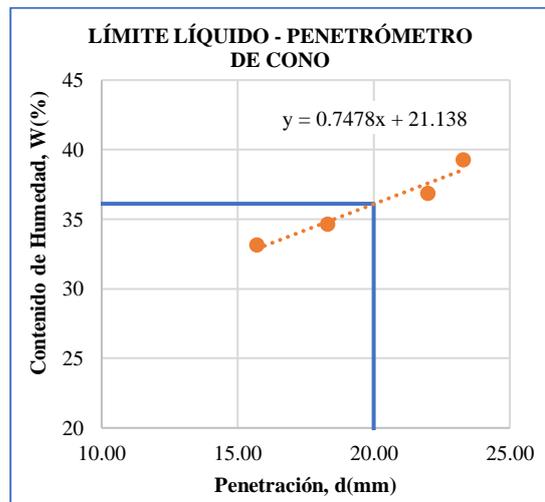
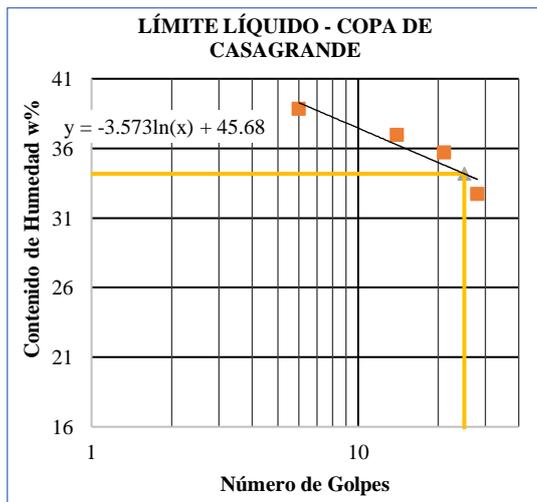
Parroquia: Constantino Fernández
Sector: San José
Muestra N°: 7

Profundidad: 0.6 m

Número de Golpes	Límite Plástico		Límite Líquido								Penetrómetro de Cono			
			Copa de Casagrande											
			6	14	21	28					23.30	22.00	18.30	15.70
Penetración (mm)											75	10	5	39
N° Recipiente	4	5	S3	S4	S1	S5	12	90	S6	S7	75	10	5	39
Peso de Recipiente (g)	10.7	7.4	23.0	23.1	22.8	21.6	11.0	11.0	6.5	14.0	10.9	11.0	11.0	11.7
Peso Recipiente + Suelo Húmedo (g)	16.3	13.0	37.7	38.8	41.4	38.6	24.3	22.8	18.3	25.3	40.7	34.4	32.0	35.0
Peso Recipiente + Suelo Seco (g)	15.2	11.9	33.6	34.4	36.4	34.0	20.8	19.7	15.4	22.5	32.3	28.1	26.6	29.2
Peso Agua (g)	1.2	1.2	4.1	4.4	5.0	4.6	3.5	3.1	2.9	2.8	8.4	6.3	5.4	5.8
Peso Muestra Seca (g)	4.5	4.5	10.6	11.3	13.6	12.4	9.8	8.7	8.9	8.5	21.4	17.1	15.6	17.5
Contenido de Humedad (w%)	26.1	26.0	38.7	38.9	36.8	37.1	35.7	35.6	32.4	32.9	39.3	36.8	34.6	33.1
Promedio Contenido de Humedad (wprom%)			38.8		36.9		35.7		32.7					
Resultado	26.01		34				36							

Índice de Plasticidad	
IP = WL _(CC) - WP	8.2
IP = WL _(PC) - WP	10.1

Límite de Contracción	
N° Recipiente	11
Masa de cápsula de contracción (m1)	22.4
Masa de cápsula + Suelo Húmedo (m2)	54.8
Masa de cápsula + Suelo Seco (m3)	45.0
Masa de Agua (m4=m2-m3)	9.8
Masa de Suelo Seco (m5=m3-m1)	22.6
Contenido de Humedad (W% = m4/m5*100)	43.4
Volumen de cápsula (Vi)	19.2
Volumen de Muestra Seca (Vf)	16.9
(Vi - Vf) / m5*100	10.4
Límite de Contracción (Ls = W% - ((Vi - Vf) / m5*γW)*100)	32.9



MUESTRA N°8

Ubicación:

Provincia: Tungurahua

Cantón: Ambato

Parroquia rural: Cunchibamba

Sector: Centro Parroquial

Coordenadas UTM: 17M, 768704.6E, 9874453.6N

Descripción de la muestra:

Clasificación SUCS: SM

Clasificación AASHTO: A-2-4



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos

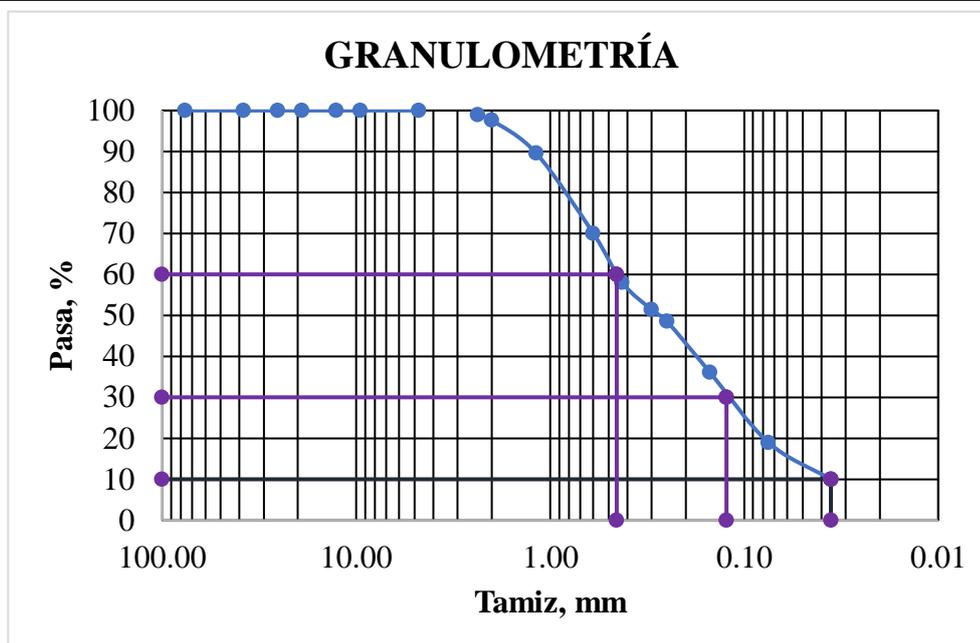


GRANULOMETRÍA

Operador: S.R **Parroquia:** Cunchibamba
Cantón: Ambato **Sector:** Centro parroquial
Pozo N°: 8 **Muestra N°:** 8 **Profundidad:** 0.6 m

Tamiz		Peso Retenido Acumulado (g)	Retenido Acumulado (%)	Retenido Parcial (%)	Pasa (%)
N°	mm				
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.530	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Pasa N°4		700.00			
8	2.360	7.60	1.10	1.10	98.90
10	2.000	16.70	2.41	1.31	97.59
16	1.180	72.50	10.45	8.04	89.55
30	0.600	208.10	29.99	19.54	70.01
40	0.425	291.50	42.01	12.02	57.99
50	0.300	337.50	48.64	6.63	51.36
60	0.250	357.40	51.51	2.87	48.49
100	0.150	443.70	63.94	12.44	36.06
200	0.075	562.40	81.05	17.11	18.95
Fuente	0.036	131.50	18.95		
PESO TOTAL		693.90			

COEFICIENTES DEL SUELO	
D10	0.04 mm
D30	0.12 mm
D60	0.45 mm
Coefficiente de uniformidad (Cu)	13.0
Grado de curvatura (Cc)	1.0





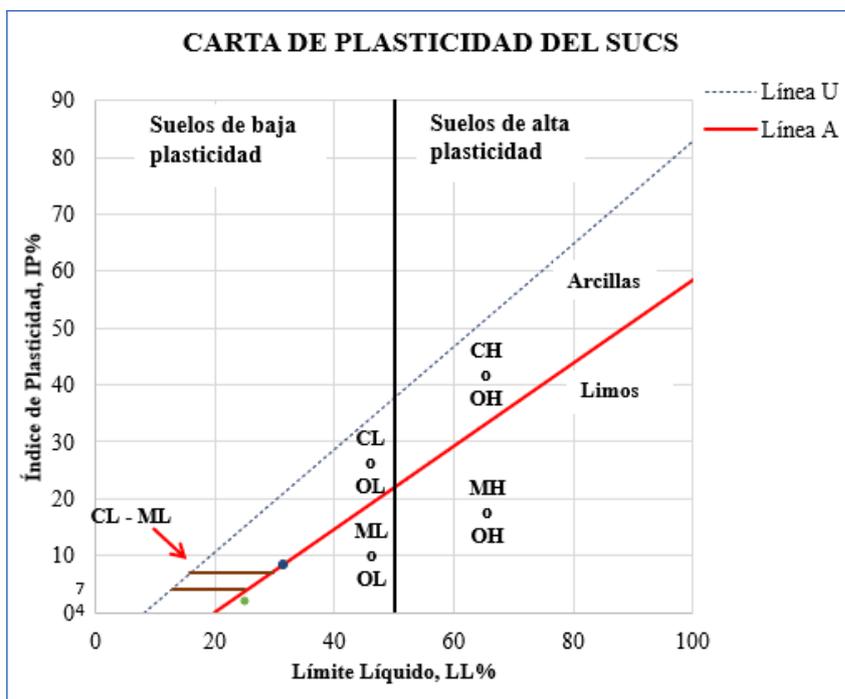
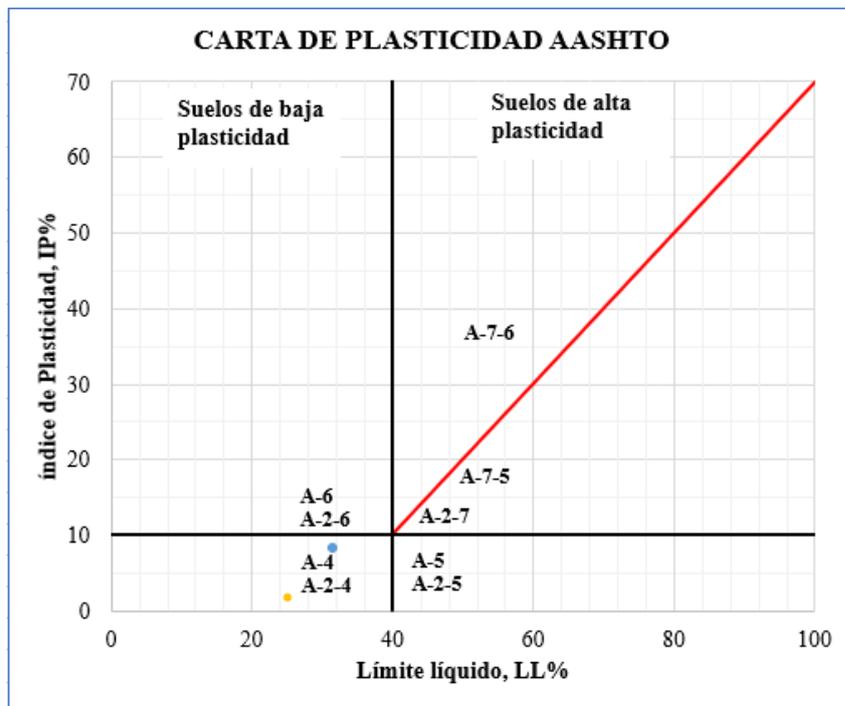
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos



GRANULOMETRÍA

Operador: S.R Parroquia: Cunchibamba
Cantón: Ambato Sector: Centro parroquial
Pozo N°: 8 Muestra N°: 8 Profundidad: 0.6 m

Tipo de suelo según:			
AASHTO:	A-2-4	SUCS:	SM





LÍMITES ATTERBERG

Operador: S.R
Cantón: Ambato
Pozo N°: 8

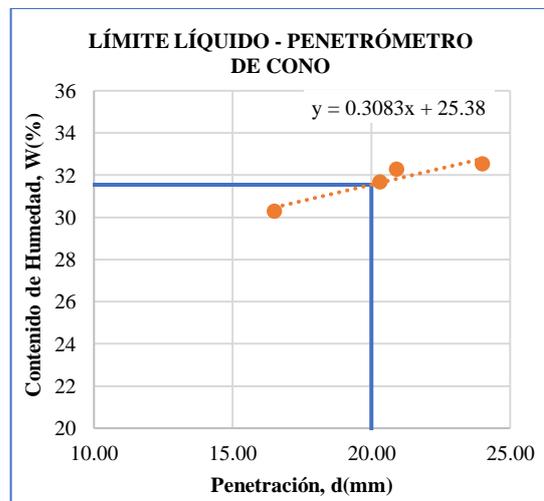
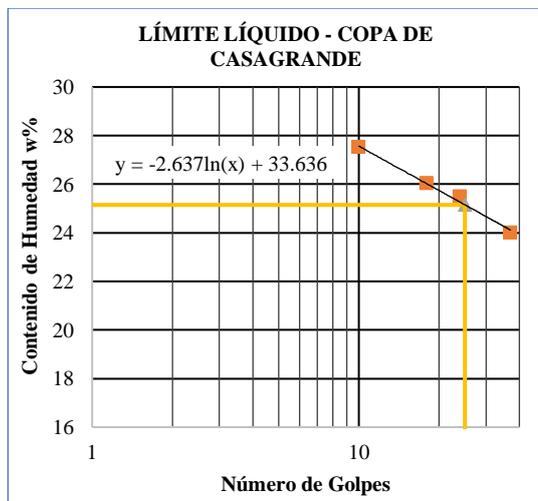
Parroquia: Cunchibamba
Sector: Centro parroquial
Muestra N°: 8

Profundidad: 0.6 m

Número de Golpes	Límite Plástico		Límite Líquido											
			Copa de Casagrande								Penetrómetro de Cono			
Penetración (mm)			24		37		10		18		24.00	20.30	20.90	16.50
N° Recipiente	10	202	12	6	75	90	5	39	SR6	SR10	SR6	SR8	SR5	SR9
Peso de Recipiente (g)	10.6	10.8	11.0	10.8	10.9	11.0	11.0	11.7	6.4	6.3	6.4	6.4	6.4	6.5
Peso Recipiente + Suelo Húmedo (g)	17.5	17.1	26.0	24.4	20.8	22.8	21.7	25.1	18.1	19.3	33.3	22.2	18.7	20.7
Peso Recipiente + Suelo Seco (g)	16.2	15.9	23.0	21.6	18.9	20.5	19.4	22.2	15.7	16.6	26.7	18.4	15.7	17.4
Peso Agua (g)	1.3	1.2	3.0	2.8	1.9	2.3	2.3	2.9	2.4	2.7	6.6	3.8	3.0	3.3
Peso Muestra Seca (g)	5.6	5.1	12.0	10.8	8.0	9.5	8.4	10.5	9.3	10.3	20.3	12.0	9.3	10.9
Contenido de Humedad (w%)	23.2	23.5	25.0	25.9	23.8	24.2	27.4	27.6	25.8	26.2	32.5	31.7	32.3	30.3
Promedio Contenido de Humedad (wprom%)			25.5		24.0		27.5		26.0					
Resultado	23.4		25								32			

Índice de Plasticidad	
IP = WL _(CC) - WP	1.8
IP = WL _(PC) - WP	8.2

Límite de Contracción	
N° Recipiente	16
Masa de cápsula de contracción (m1)	22.1
Masa de cápsula + Suelo Húmedo (m2)	55.5
Masa de cápsula + Suelo Seco (m3)	49.5
Masa de Agua (m4=m2-m3)	6.0
Masa de Suelo Seco (m5=m3-m1)	27.4
Contenido de Humedad (W% = m4/m5*100)	21.9
Volumen de cápsula (Vi)	19.4
Volumen de Muestra Seca (Vf)	19.2
(Vi - Vf) / m5*100	0.7
Límite de Contracción (Ls = W% - ((Vi - Vf) / m5*γW)*100)	21.2



MUESTRA N°9

Ubicación:

Provincia: Tungurahua

Cantón: Ambato

Parroquia rural: Cunchibamba

Sector: San Pablo

Coordenadas UTM: 17M, 766351.8E, 9873478.7N

Descripción de la muestra:

Clasificación SUCS: SW-SC

Clasificación AASHTO: A-2-4



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos

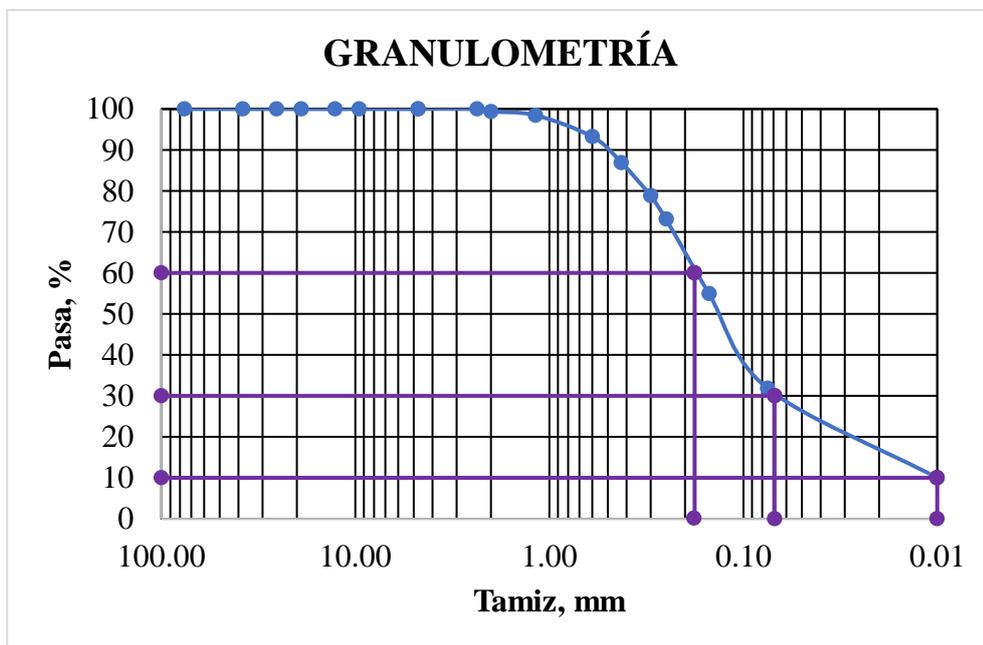


GRANULOMETRÍA

Operador: S.R **Parroquia:** Cunchibamba
Cantón: Ambato **Sector:** San José
Pozo N°: 9 **Muestra N°:** 9 **Profundidad:** 0.6 m

Tamiz		Peso Retenido Acumulado (g)	Retenido Acumulado (%)	Retenido Parcial (%)	Pasa (%)
N°	mm				
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.530	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Pasa N°4		700.00			
8	2.360	0.00	0.00	0.00	100.00
10	2.000	4.25	0.61	0.61	99.39
16	1.180	10.60	1.52	0.91	98.48
30	0.600	47.20	6.75	5.24	93.25
40	0.425	91.30	13.06	6.31	86.94
50	0.300	148.20	21.20	8.14	78.80
60	0.250	188.10	26.91	5.71	73.09
100	0.150	315.20	45.10	18.19	54.90
200	0.075	476.50	68.18	23.08	31.82
Fuente		0.01	222.40	31.82	
PESO TOTAL			698.90		

COEFICIENTES DEL SUELO	
D10	0.01 mm
D30	0.07 mm
D60	0.18 mm
Coefficiente de uniformidad (Cu)	17.8
Grado de curvatura (Cc)	2.7



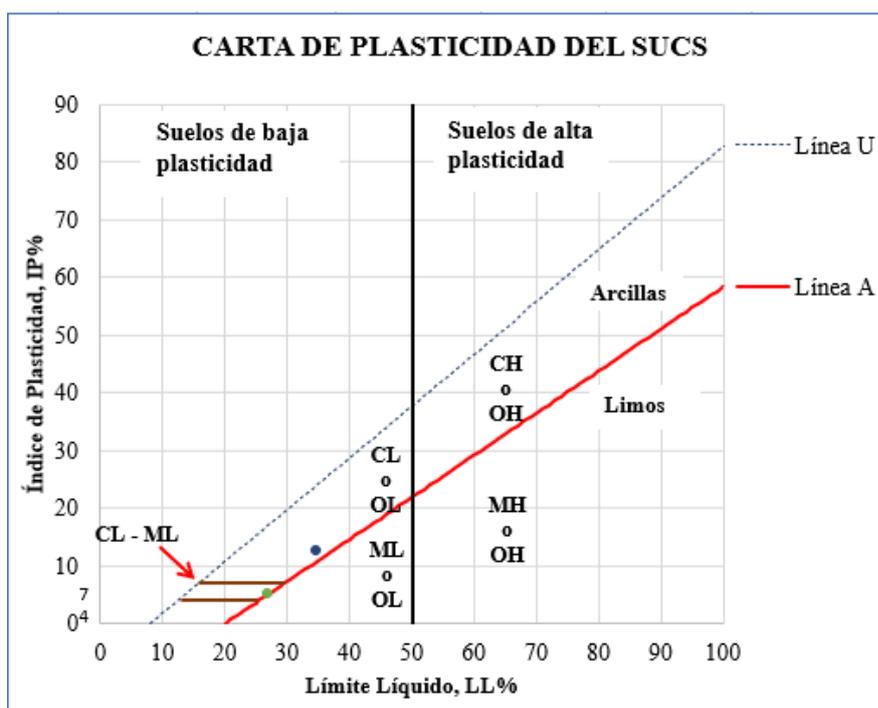
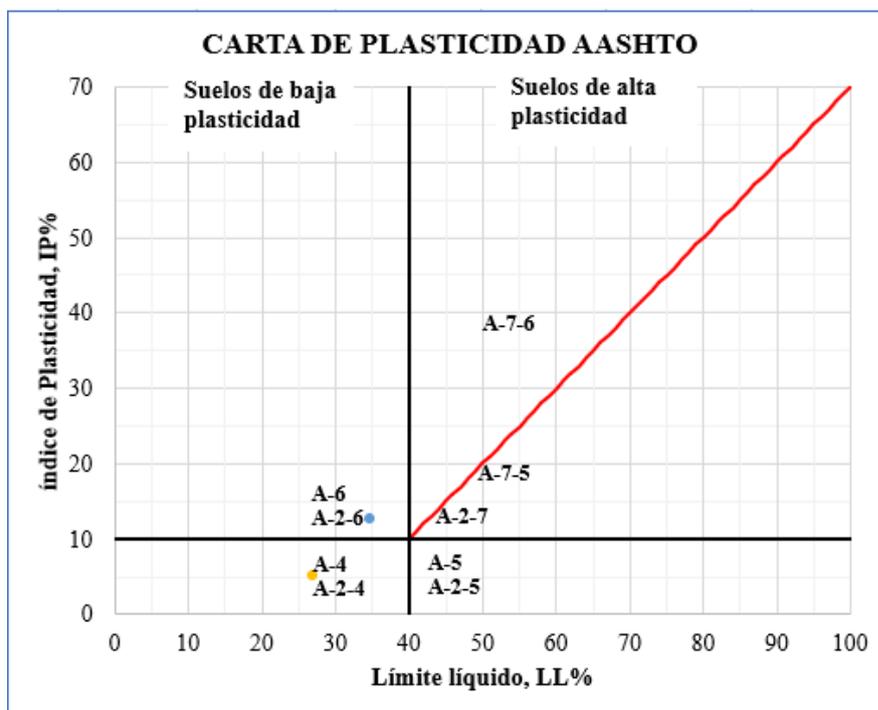


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos
GRANULOMETRÍA



Operador: S.R Parroquia: Cunchibamba
Cantón: Ambato Sector: San José
Pozo N°: 9 Muestra N°: 9 Profundidad: 0.6 m

Tipo de suelo según:			
AASHTO:	A-2-4	SUCS:	SW - SC





LÍMITES ATTERBERG

Operador: S.R.
Cantón: Ambato
Pozo N°: 9

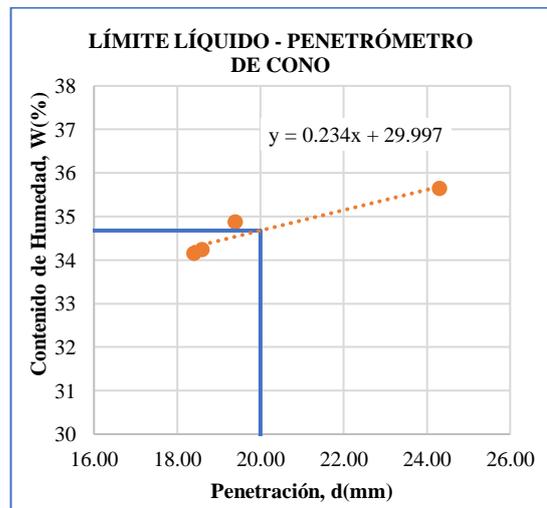
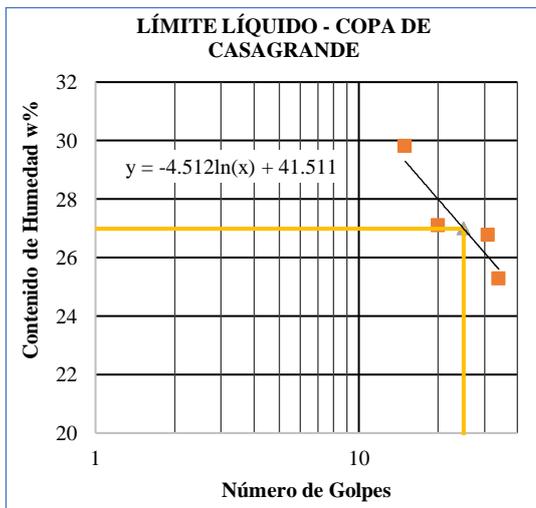
Parroquia: Cunchibamba
Sector: San Pablo
Muestra N°: 9

Profundidad: 0.6 m

Número de Golpes	Límite Plástico		Límite Líquido								Penetrómetro de Cono				
			Copa de Casagrande				Penetrómetro de Cono								
			15	20	31	34					18.60	19.40	18.40	24.30	
Penetración (mm)															
N° Recipiente	202	10	SR9	SR4	SR5	SR7	10	12	75	6	SR1	SR8	SR3	SR2	
Peso de Recipiente (g)	10.8	10.6	6.5	6.7	6.4	6.3	11.0	11.0	10.9	10.8	6.4	6.4	6.5	6.3	
Peso Recipiente + Suelo Húmedo (g)	16.3	16.2	18.5	22.2	19.7	16.5	23.1	22.1	22.6	22.4	26.4	26.9	17.5	18.1	
Peso Recipiente + Suelo Seco (g)	15.3	15.2	15.7	18.7	16.9	14.3	20.5	19.8	20.2	20.1	21.3	21.6	14.7	15.0	
Peso Agua (g)	1.0	1.0	2.8	3.5	2.8	2.2	2.6	2.3	2.4	2.3	5.1	5.3	2.8	3.1	
Peso Muestra Seca (g)	4.5	4.6	9.2	12.0	10.5	8.0	9.5	8.8	9.3	9.3	14.9	15.2	8.2	8.7	
Contenido de Humedad (w%)	22.2	21.7	30.4	29.2	26.7	27.5	27.4	26.1	25.8	24.7	34.2	34.9	34.1	35.6	
Promedio Contenido de Humedad (wprom%)			29.8	27.1	26.8	25.3									
Resultado	22.0		27								35				

Índice de Plasticidad	
IP = WL _(CC) - WP	5.0
IP = WL _(PC) - WP	12.7

Límite de Contracción	
N° Recipiente	4
Masa de cápsula de contracción (m1)	22.5
Masa de cápsula + Suelo Húmedo (m2)	56.7
Masa de cápsula + Suelo Seco (m3)	47.3
Masa de Agua (m4=m2-m3)	9.4
Masa de Suelo Seco (m5=m3-m1)	24.8
Contenido de Humedad (W% = m4/m5*100)	37.9
Volumen de cápsula (Vi)	19.2
Volumen de Muestra Seca (Vf)	15.4
(Vi - Vf) / m5*100	15.2
Límite de Contracción (Ls = W% - ((Vi - Vf) / m5*γW)*100)	22.7



MUESTRA N°10

Ubicación:

Provincia: Tungurahua

Cantón: Ambato

Parroquia rural: Huachi Grande

Sector: Centro Parroquial

Coordenadas UTM: 17M, 762731.5E, 9855419.2N

Descripción de la muestra:

Clasificación SUCS: SM

Clasificación AASHTO: A-2-4



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos

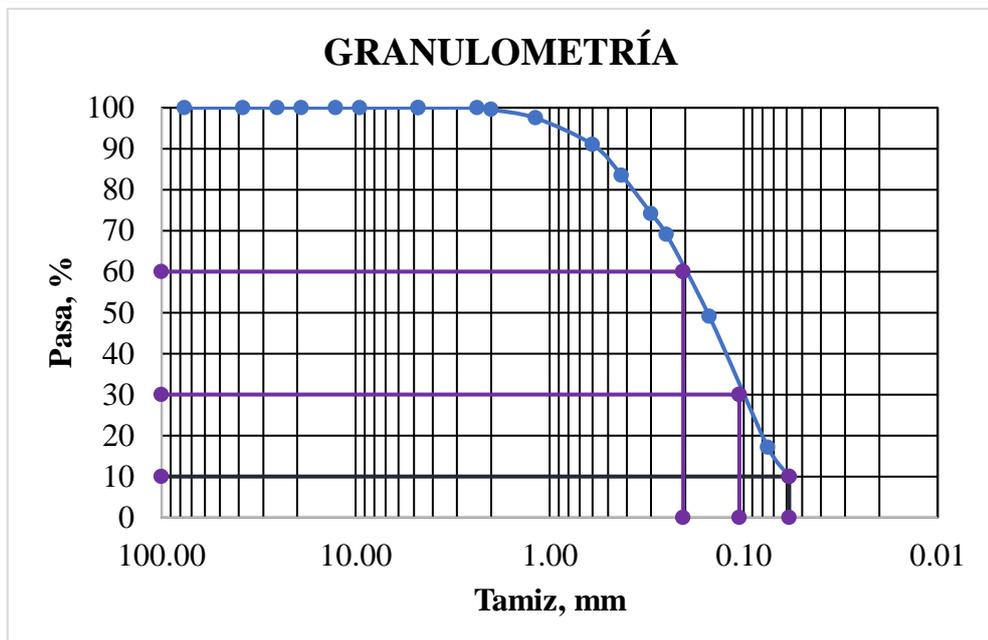


GRANULOMETRÍA

Operador: S.R **Parroquia:** Huachi Grande
Cantón: Ambato **Sector:** Centro parroquial
Pozo N°: 10 **Muestra N°:** 10 **Profundidad:** 0.6 m

Tamiz		Peso Retenido Acumulado (g)	Retenido Acumulado (%)	Retenido Parcial (%)	Pasa (%)
N°	mm				
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.530	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Pasa N°4		700.00			
8	2.360	0.30	0.04	0.04	99.96
10	2.000	3.30	0.47	0.43	99.53
16	1.180	17.70	2.53	2.06	97.47
30	0.600	63.10	9.03	6.50	90.97
40	0.425	115.70	16.56	7.53	83.44
50	0.300	180.40	25.82	9.26	74.18
60	0.250	216.10	30.92	5.11	69.08
100	0.150	356.30	50.99	20.06	49.01
200	0.075	579.20	82.88	31.90	17.12
Fuente	0.06	119.60	17.12		
PESO TOTAL		698.80			

COEFICIENTES DEL SUELO	
D10	0.06 mm
D30	0.11 mm
D60	0.20 mm
Coefficiente de uniformidad (Cu)	3.51
Grado de curvatura (Cc)	0.93



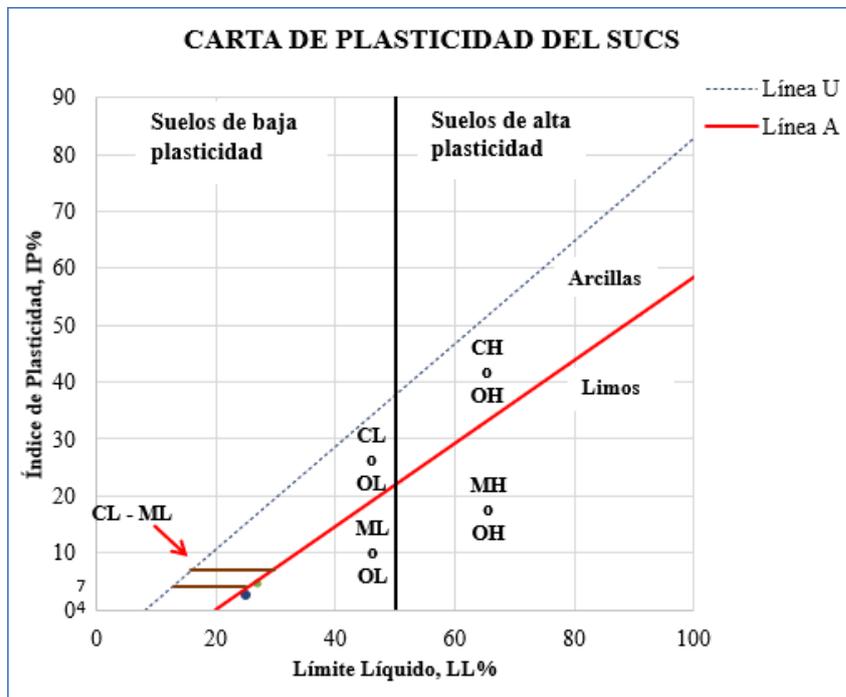
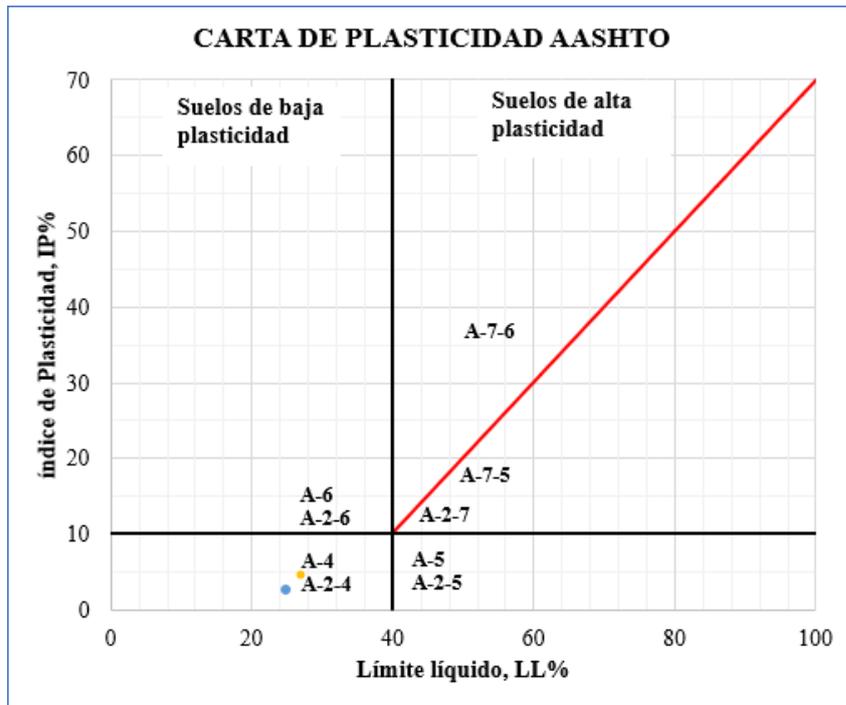


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos
GRANULOMETRÍA



Operador: S.R Parroquia: Huachi Grande
Cantón: Ambato Sector: Centro parroquial
Pozo N°: 10 Muestra N°: 10 Profundidad: 0.6 m

Tipo de suelo según:			
AASHTO:	A-2-4	SUCS:	SM





LÍMITES ATTERBERG

Operador: S.R
Cantón: Ambato
Pozo N°: 10

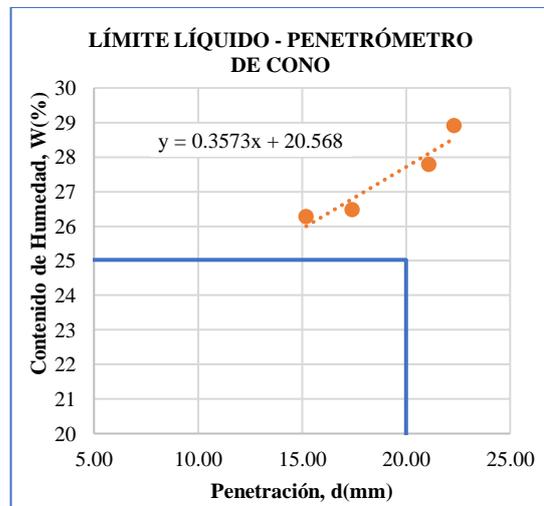
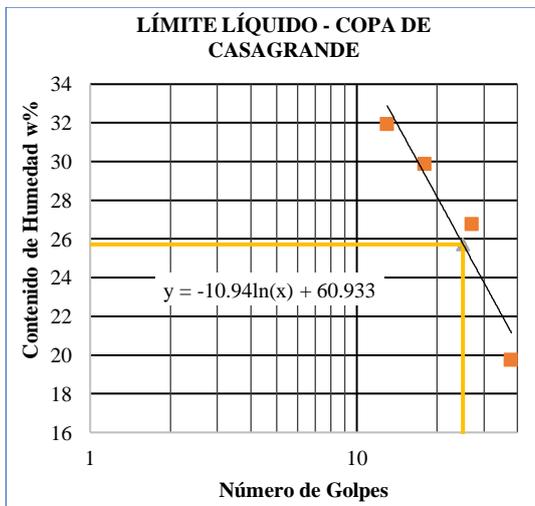
Parroquia: Huachi Grande
Sector: Centro parroquial
Muestra N°: 10

Profundidad: 0.6 m

Número de Golpes	Límite Plástico		Límite Líquido								Penetrómetro de Cono				
			Copa de Casagrande				Penetrómetro de Cono								
			13	18	27	38					22.30	21.10	15.20	17.40	
Penetración (mm)															
N° Recipiente	C2	C4	S3	LP2	12	42	S1	SR10	3A	18	LP2	SR2	LP3	LP5	
Peso de Recipiente (g)	9.2	9.4	23.1	6.4	11.0	11.9	22.8	6.3	11.5	11.5	6.4	6.3	6.3	6.1	
Peso Recipiente + Suelo Húmedo (g)	16.1	16.7	38.9	21.6	24.1	19.7	39.6	19.4	20.1	19.9	22.9	24.7	21.2	27.6	
Peso Recipiente + Suelo Seco (g)	14.8	15.4	35.1	17.9	21.1	17.9	36.1	16.6	18.7	18.5	19.2	20.7	18.1	23.1	
Peso Agua (g)	1.3	1.3	3.8	3.7	3.0	1.8	3.5	2.8	1.4	1.4	3.7	4.0	3.1	4.5	
Peso Muestra Seca (g)	5.6	6.0	12.0	11.5	10.1	6.0	13.3	10.3	7.2	7.0	12.8	14.4	11.8	17.0	
Contenido de Humedad (w%)	23.2	21.7	31.7	32.2	29.7	30.0	26.3	27.2	19.4	20.0	28.9	27.8	26.3	26.5	
Promedio Contenido de Humedad (w _{prom} %)			31.9		29.9		26.8		19.7						
Resultado	22.44		26				25								

Índice de Plasticidad	
IP = WL _(CC) - WP	3.3
IP = WL _(PC) - WP	2.6

Límite de Contracción	
N° Recipiente	8
Masa de cápsula de contracción (m1)	22.0
Masa de cápsula + Suelo Húmedo (m2)	59.5
Masa de cápsula + Suelo Seco (m3)	50.9
Masa de Agua (m4=m2-m3)	8.6
Masa de Suelo Seco (m5=m3-m1)	28.9
Contenido de Humedad (W% = m4/m5*100)	29.8
Volumen de cápsula (Vi)	19.0
Volumen de Muestra Seca (Vf)	17.9
(Vi - Vf) /m5*100	3.9
Límite de Contracción (Ls = W% - ((Vi - Vf) /m5*γW)*100)	25.8



MUESTRA N°11

Ubicación:

Provincia: Tungurahua

Cantón: Ambato

Parroquia rural: Izamba

Sector: Centro Parroquial

Coordenadas UTM: 17M, 768228.1E, 9864096.3N

Descripción de la muestra:

Clasificación SUCS: SP-SM

Clasificación AASHTO: A-2-4



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos

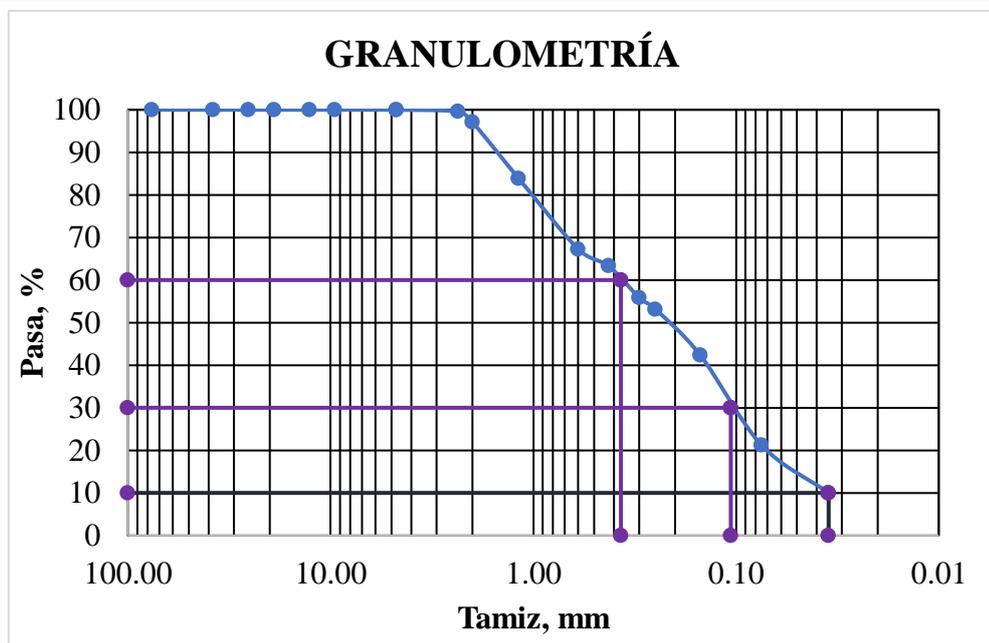


GRANULOMETRÍA

Operador: S.R **Parroquia:** Izamba
Cantón: Ambato **Sector:** Centro parroquial
Pozo N°: 11 **Muestra N°:** 11 **Profundidad:** 0.6 m

Tamiz		Peso Retenido Acumulado (g)	Retenido Acumulado (%)	Retenido Parcial (%)	Pasa (%)
N°	mm				
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.530	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Pasa N°4		700.00			
8	2.360	3.00	0.43	0.43	99.57
10	2.000	20.10	2.87	2.44	97.13
16	1.180	113.00	16.15	13.28	83.85
30	0.600	229.10	32.74	16.59	67.26
40	0.425	256.70	36.69	3.94	63.31
50	0.300	309.00	44.16	7.47	55.84
60	0.250	327.80	46.85	2.69	53.15
100	0.150	403.40	57.65	10.80	42.35
200	0.075	550.90	78.73	21.08	21.27
Fuente	0.03	148.80	21.27		
PESO TOTAL		699.70			

COEFICIENTES DEL SUELO	
D10	0.03 mm
D30	0.11 mm
D60	0.37 mm
Coefficiente de uniformidad (Cu)	10.59
Grado de curvatura (Cc)	0.87





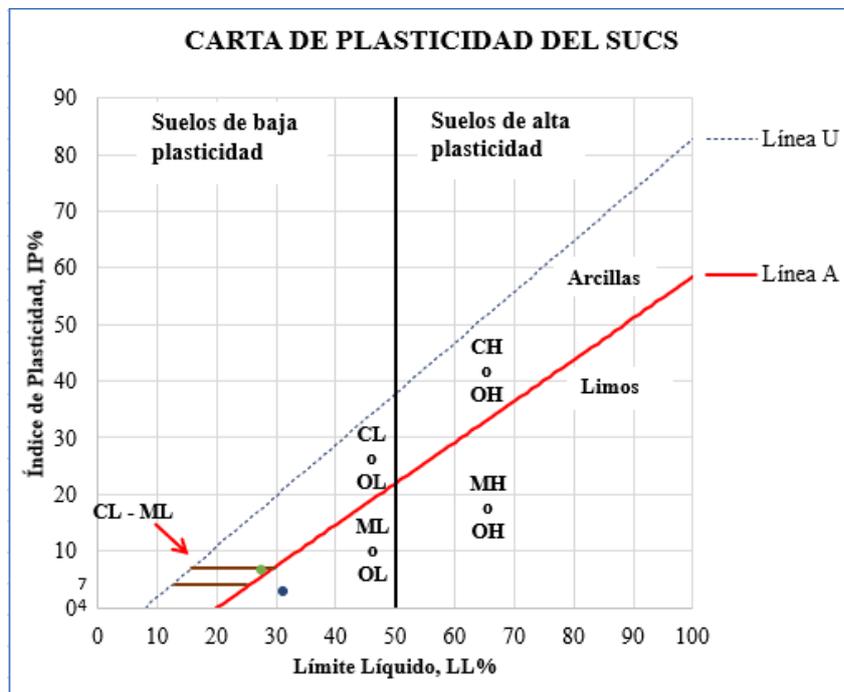
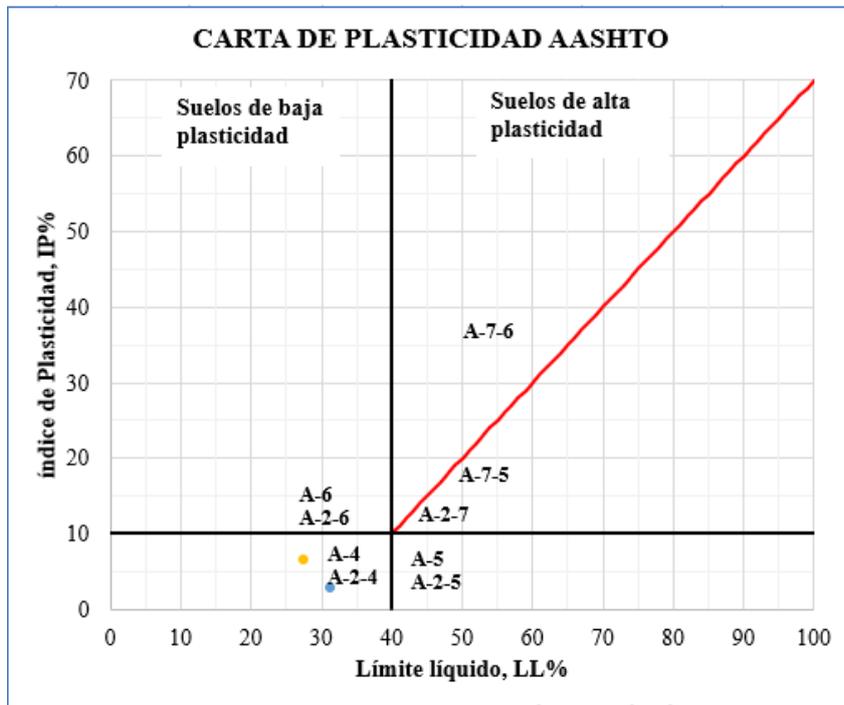
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos



GRANULOMETRÍA

Operador: S.R **Parroquia:** Izamba
Cantón: Ambato **Sector:** Centro parroquial
Pozo N°: 11 **Muestra N°:** 11 **Profundidad:** 0.6 m

Tipo de suelo según:			
AASHTO:	A-2-4	SUCS:	SP - SM





LÍMITES ATTERBERG

Operador: S.R
Cantón: Ambato
Pozo N°: 11

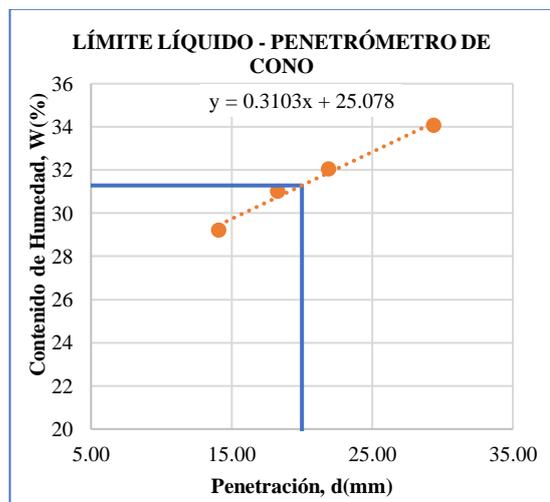
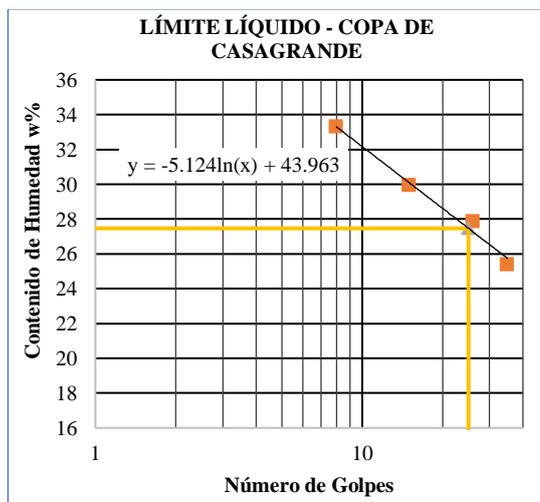
Parroquia: Izamba
Sector: Centro parroquial
Muestra N°: 11

Profundidad: 0.6 m

Número de Golpes	Límite Plástico	Límite Líquido									Penetrómetro de Cono						
		Copa de Casagrande									Penetrómetro de Cono						
		8			15			26			35			29.40	21.90	18.30	14.10
Penetración (mm)																	
N° Recipiente	18 P4	18	62	16	10	17	79	75	3A	SR8	LP7	LP2	LP8				
Peso de Recipiente (g)		10.8	10.6	11.5	11.0	11.2	11.0	11.5	11.3	10.9	11.5	6.4	6.6	6.4	6.4		
Peso Recipiente + Suelo Húmedo (g)		18.3	16.7	20.4	22.1	18.8	18.6	21.2	21.8	20.1	20.6	24.9	30.1	19.5	21.0		
Peso Recipiente + Suelo Seco (g)		16.8	15.5	18.2	19.3	17.1	16.8	19.1	19.5	18.3	18.7	20.2	24.4	16.4	17.7		
Peso Agua (g)		1.5	1.2	2.2	2.8	1.7	1.8	2.1	2.3	1.8	1.9	4.7	5.7	3.1	3.3		
Peso Muestra Seca (g)		6.0	4.9	6.7	8.3	5.9	5.8	7.6	8.2	7.4	7.2	13.8	17.8	10.0	11.3		
Contenido de Humedad (w%)		25.0	24.5	32.8	33.7	28.8	31.0	27.6	28.0	24.3	26.4	34.1	32.0	31.0	29.2		
Promedio Contenido de Humedad (wprom%)				33.3		29.9		27.8		25.4							
Resultado		24.74		27					31								

Índice de Plasticidad	
IP = WL _(CC) - WP	2.7
IP = WL _(PC) - WP	6.5

Límite de Contracción	
N° Recipiente	4
Masa de cápsula de contracción (m1)	22.5
Masa de cápsula + Suelo Húmedo (m2)	56.9
Masa de cápsula + Suelo Seco (m3)	49.2
Masa de Agua (m4=m2-m3)	7.7
Masa de Suelo Seco (m5=m3-m1)	26.7
Contenido de Humedad (W% = m4/m5*100)	28.8
Volumen de cápsula (Vi)	19.2
Volumen de Muestra Seca (Vf)	18.3
(Vi - Vf) / m5*100	3.1
Límite de Contracción (Ls = W% - ((Vi - Vf) / m5*γW)*100)	25.7



MUESTRA N°12

Ubicación:

Provincia: Tungurahua

Cantón: Ambato

Parroquia rural: Juan Benigno Vela

Sector: Centro Parroquial

Coordenadas UTM: 17M, 756582.4E, 9855992.2N

Descripción de la muestra:

Clasificación SUCS: SM

Clasificación AASHTO: A-2-4



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos

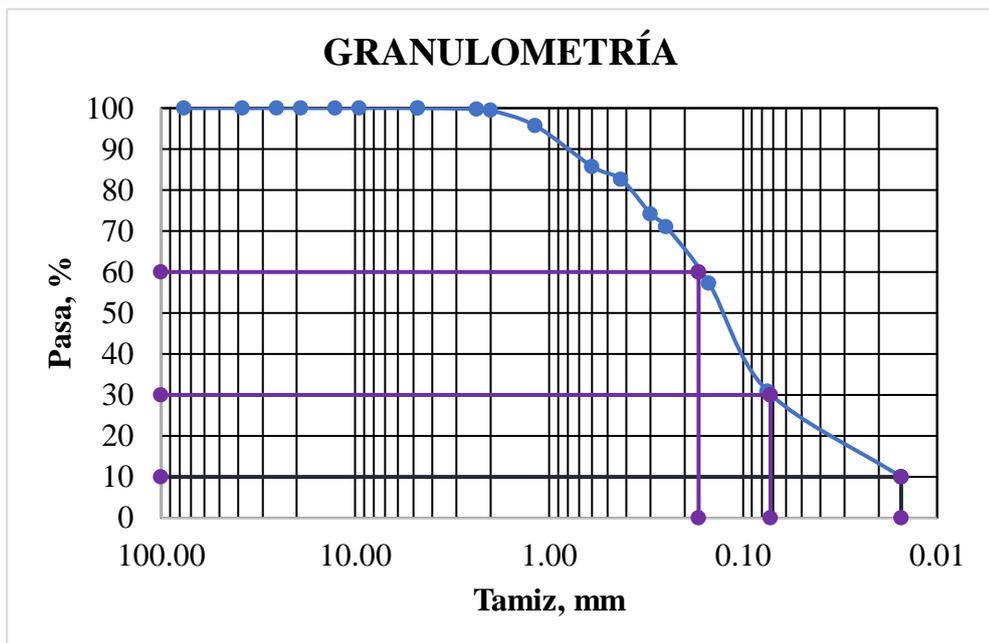


GRANULOMETRÍA

Operador: S.R **Parroquia:** Juan Benigno Vela
Cantón: Ambato **Sector:** Centro parroquial
Pozo N°: 12 **Muestra N°:** 12 **Profundidad:** 0.6m

Tamiz		Peso Retenido Acumulado (g)	Retenido Acumulado (%)	Retenido Parcial (%)	Pasa (%)
N°	mm				
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.530	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Pasa N°4		700.00			
8	2.360	1.40	0.20	0.20	99.80
10	2.000	3.80	0.54	0.34	99.46
16	1.180	29.90	4.27	3.73	95.73
30	0.600	99.70	14.25	9.98	85.75
40	0.425	121.90	17.42	3.17	82.58
50	0.300	180.40	25.79	8.36	74.21
60	0.250	202.20	28.90	3.12	71.10
100	0.150	298.70	42.70	13.79	57.30
200	0.075	483.00	69.04	26.34	30.96
Fuente	0.02	216.60	30.96		
PESO TOTAL		699.60			

COEFICIENTES DEL SUELO	
D10	0.02 mm
D30	0.07 mm
D60	0.17 mm
Coefficiente de uniformidad (Cu)	11.06
Grado de curvatura (Cc)	2.01



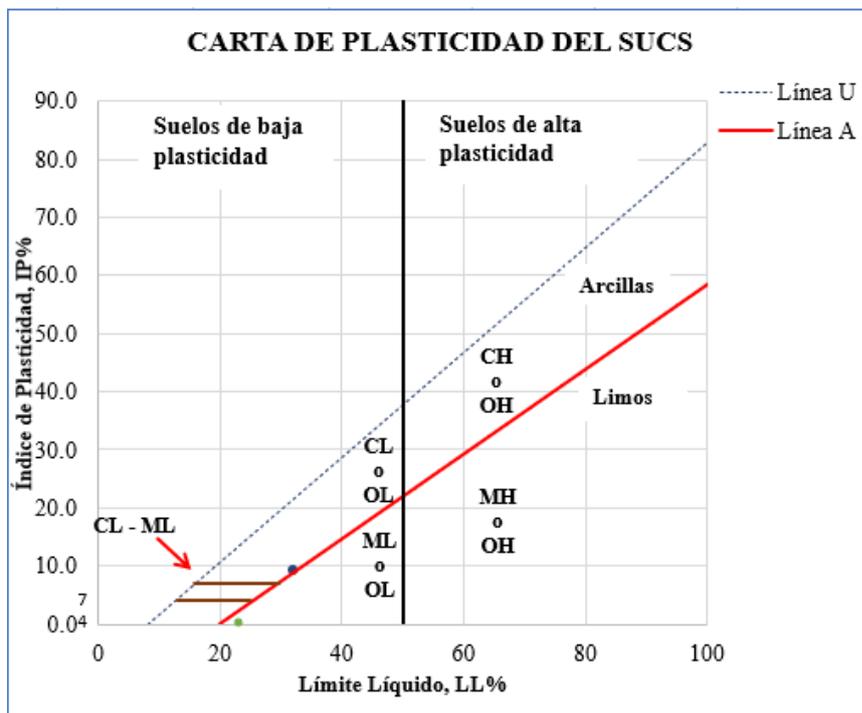
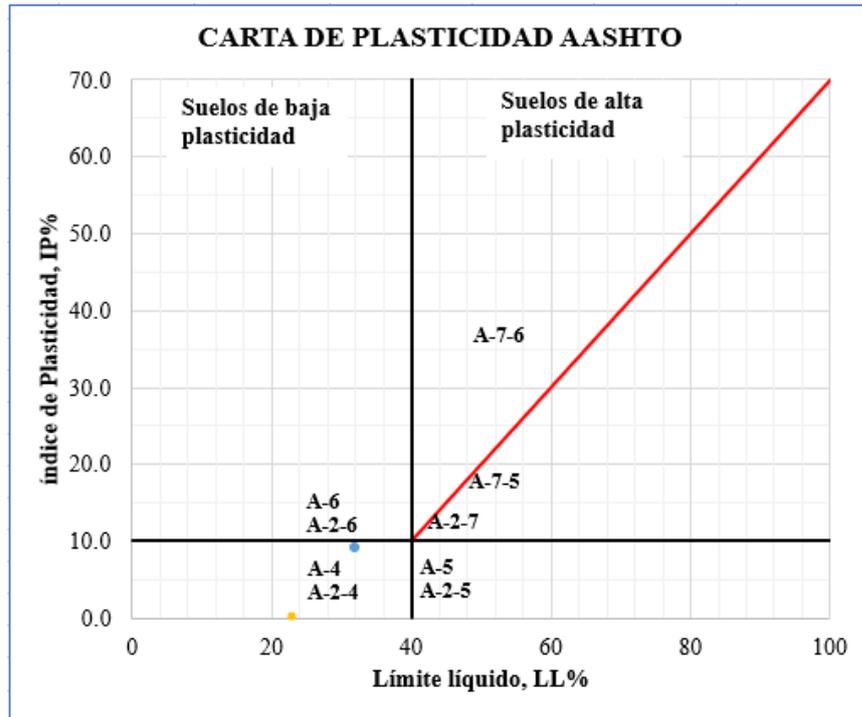


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos
GRANULOMETRÍA



Operador: S.R **Parroquia:** Juan Benigno Vela
Cantón: Ambato **Sector:** Centro parroquial
Pozo N°: 12 **Muestra N°:** 12 **Profundidad:** 0.6 m

Tipo de suelo según:			
AASHTO:	A-2-4	SUCS:	SM





LÍMITES ATTERBERG

Operador: S.R.
Cantón: Ambato
Pozo N°: 12

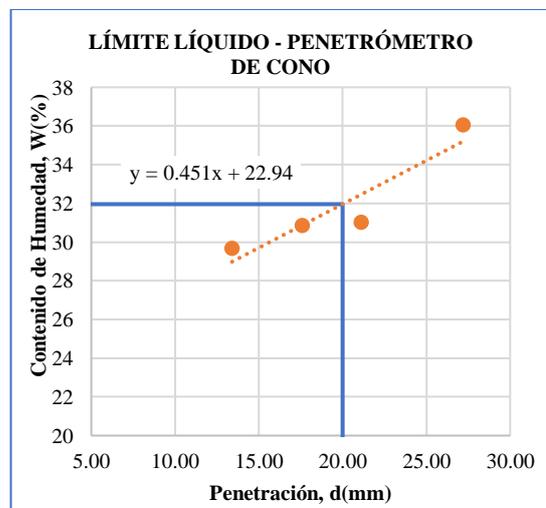
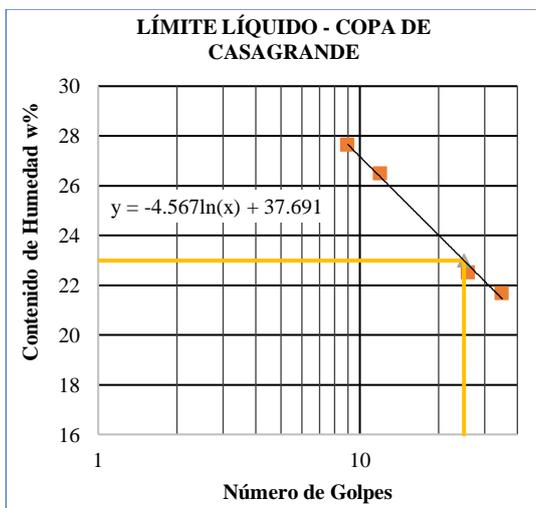
Parroquia: Juan Benigno Vela
Sector: Centro parroquial
Muestra N°: 12

Profundidad: 0.6 m

Número de Golpes	Límite Plástico		Límite Líquido								Penetrómetro de Cono				
			Copa de Casagrande				Penetrómetro de Cono								
			9	12	26	35					17.60	13.40	21.10	27.20	
Penetración (mm)															
N° Recipiente	202	32	S7	SR5	LP5	LP3	LP7	LP9	S4	S3	SR1	S3	S7	S4	
Peso de Recipiente (g)	10.8	5.3	14.0	6.4	6.5	6.3	6.5	6.5	23.1	23.0	6.4	23.0	14.0	23.1	
Peso Recipiente + Suelo Húmedo (g)	17.5	11.0	23.5	17.2	16.3	15.6	13.7	15.6	30.1	29.5	22.1	41.8	30.9	41.6	
Peso Recipiente + Suelo Seco (g)	16.3	9.9	21.5	14.8	14.2	13.7	12.4	13.9	28.9	28.3	18.4	37.5	26.9	36.7	
Peso Agua (g)	1.2	1.1	2.0	2.4	2.1	1.9	1.3	1.7	1.2	1.2	3.7	4.3	4.0	4.9	
Peso Muestra Seca (g)	5.5	4.6	7.5	8.4	7.7	7.4	5.9	7.4	5.8	5.3	12.0	14.5	12.9	13.6	
Contenido de Humedad (w%)	21.8	23.9	26.7	28.6	27.3	25.7	22.0	23.0	20.7	22.6	30.8	29.7	31.0	36.0	
Promedio Contenido de Humedad (w _{prom} %)			27.6		26.5		22.5		21.7						
Resultado	22.9		23				32								

Índice de Plasticidad	
IP = WL _(CC) - WP	0.1
IP = WL _(PC) - WP	9.1

Límite de Contracción	
N° Recipiente	4
Masa de cápsula de contracción (m1)	22.5
Masa de cápsula + Suelo Húmedo (m2)	56.3
Masa de cápsula + Suelo Seco (m3)	49.5
Masa de Agua (m4=m2-m3)	6.8
Masa de Suelo Seco (m5=m3-m1)	27.0
Contenido de Humedad (W% = m4/m5*100)	25.2
Volumen de cápsula (Vi)	19.2
Volumen de Muestra Seca (Vf)	18.0
(Vi - Vf) /m5*100	4.5
Límite de Contracción (Ls = W% - ((Vi - Vf) /m5*γW)*100)	20.7



MUESTRA N°13

Ubicación:

Provincia: Tungurahua

Cantón: Ambato

Parroquia rural: Juan Benigno Vela

Sector: La Libertad

Coordenadas UTM: 17M, 753183.0E, 9854653.0N

Descripción de la muestra:

Clasificación SUCS: SC-SM

Clasificación AASHTO: A-2-4



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos

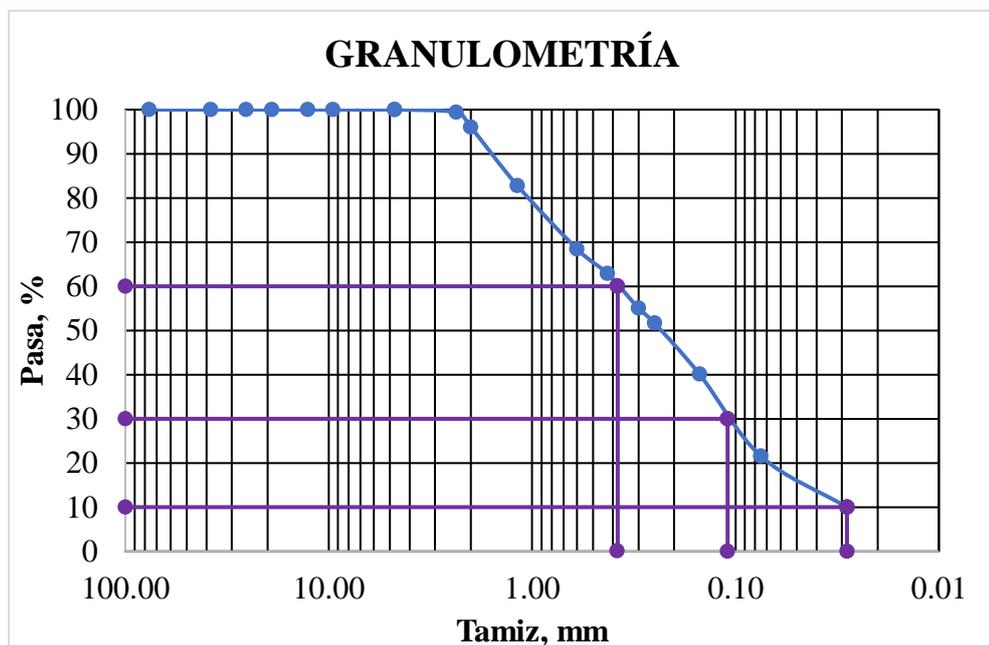


GRANULOMETRÍA

Operador: S.R **Parroquia:** Juan Benigno Vela
Cantón: Ambato **Sector:** La Libertad
Pozo N°: 13 **Muestra N°:** 13 **Profundidad:** 0.6 m

Tamiz		Peso Retenido Acumulado (g)	Retenido Acumulado (%)	Retenido Parcial (%)	Pasa (%)
N°	mm				
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.530	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Pasa N°4		700.00			
8	2.360	4.20	0.60	0.60	99.40
10	2.000	27.70	3.97	3.37	96.03
16	1.180	120.30	17.23	13.26	82.77
30	0.600	220.70	31.61	14.38	68.39
40	0.425	259.50	37.17	5.56	62.83
50	0.300	313.60	44.92	7.75	55.08
60	0.250	337.50	48.35	3.42	51.65
100	0.150	418.50	59.95	11.60	40.05
200	0.075	547.80	78.47	18.52	21.53
Fuente	0.028	150.30	21.53		
PESO TOTAL		698.10			

COEFICIENTES DEL SUELO	
D10	0.03 mm
D30	0.11 mm
D60	0.38 mm
Coefficiente de uniformidad (Cu)	13.4
Grado de curvatura (Cc)	1.1





LÍMITES ATTERBERG

Operador: S.R
Cantón: Ambato
Pozo N°: 13

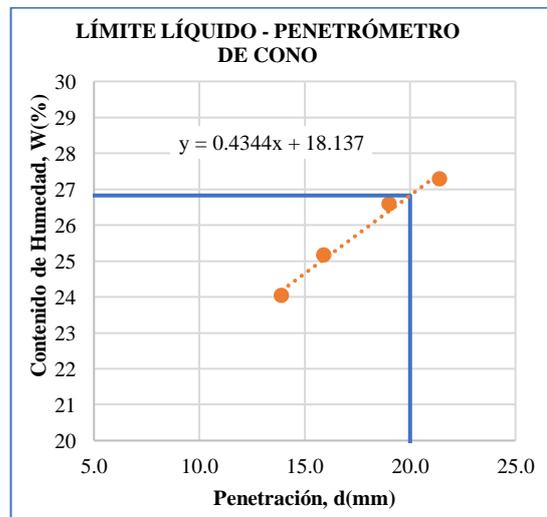
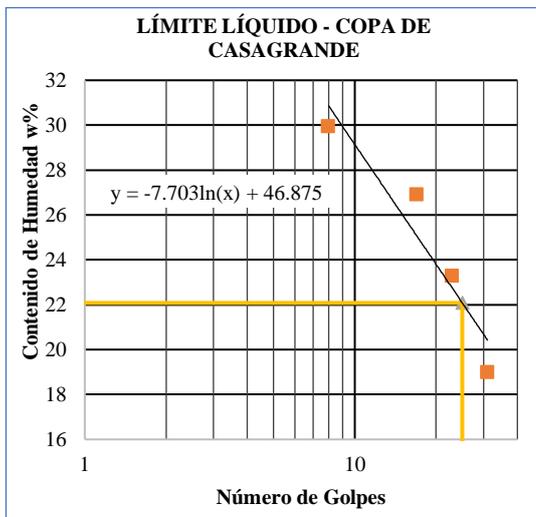
Parroquia: Juan Benigno Vela
Sector: La Libertad
Muestra N°: 13

Profundidad: 0.6 m

Número de Golpes	Límite Plástico		Límite Líquido								Penetrómetro de Cono							
			Copa de Casagrande				Copa de Casagrande				Penetrómetro de Cono							
			8		17		23		31		19.0		21.4		15.9		13.9	
Penetración (mm)																		
N° Recipiente	17	P4	68	42	3	62	75	64	SR4	SR9	SR7	SR10	SR8	SR1				
Peso de Recipiente (g)	10.9	10.6	10.9	11.9	11.5	11.0	10.9	12.2	6.7	6.5	6.3	6.3	6.4	6.4				
Peso Recipiente + Suelo Húmedo (g)	18.3	18.3	24.1	26.9	23.5	25.0	19.3	22.9	13.5	15.4	16.3	17.5	26.3	22.4				
Peso Recipiente + Suelo Seco (g)	17.1	17.0	21.1	23.4	20.9	22.1	17.7	20.9	12.4	14.0	14.2	15.1	22.3	19.3				
Peso Agua (g)	1.2	1.3	3.0	3.5	2.6	2.9	1.6	2.0	1.1	1.4	2.1	2.4	4.0	3.1				
Peso Muestra Seca (g)	6.2	6.4	10.2	11.5	9.4	11.1	6.8	8.7	5.7	7.5	7.9	8.8	15.9	12.9				
Contenido de Humedad (w%)	19.4	20.3	29.4	30.4	27.7	26.1	23.5	23.0	19.3	18.7	26.6	27.3	25.2	24.0				
Promedio Contenido de Humedad (wprom%)			29.9		26.9		23.3		19.0									
Resultado	19.8						22				27							

Índice de Plasticidad	
IP = WL _(CC) - WP	2.2
IP = WL _(PC) - WP	7.0

Límite de Contracción	
N° Recipiente	8
Masa de cápsula de contracción (m1)	22.0
Masa de cápsula + Suelo Húmedo (m2)	56.5
Masa de cápsula + Suelo Seco (m3)	49.7
Masa de Agua (m4=m2-m3)	6.8
Masa de Suelo Seco (m5=m3-m1)	27.7
Contenido de Humedad (W% = m4/m5*100)	24.5
Volumen de cápsula (Vi)	19.0
Volumen de Muestra Seca (Vf)	18.1
(Vi - Vf) / m5*100	3.5
Límite de Contracción (Ls = W% - ((Vi - Vf) / m5*γW)*100)	21.0



MUESTRA N°14

Ubicación:

Provincia: Tungurahua

Cantón: Ambato

Parroquia rural: Montalvo

Sector: Centro Parroquial

Coordenadas UTM: 17M, 763924.8E, 9852748.1N

Descripción de la muestra:

Clasificación SUCS: SC-SM

Clasificación AASHTO: A-2-4



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos

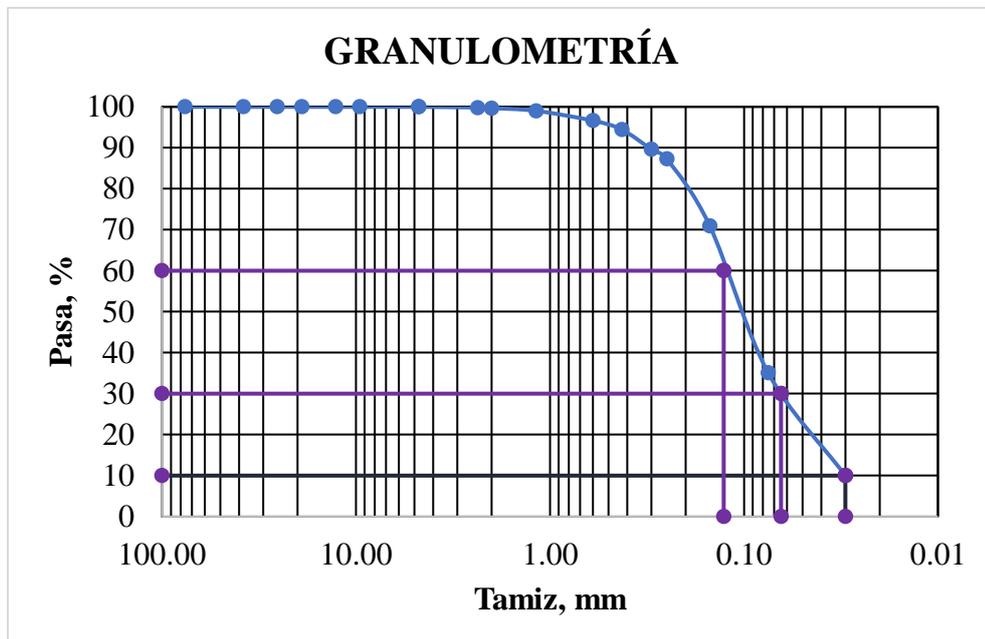


GRANULOMETRÍA

Operador: S.R **Parroquia:** Montalvo
Cantón: Ambato **Sector:** Centro parroquial
Pozo N°: 14 **Muestra N°:** 14 **Profundidad:** 0.6 m

Tamiz		Peso Retenido Acumulado (g)	Retenido Acumulado (%)	Retenido Parcial (%)	Pasa (%)
N°	mm				
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.530	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Pasa N°4		700.00			
8	2.360	1.10	0.16	0.16	99.84
10	2.000	2.20	0.32	0.16	99.68
16	1.180	6.80	0.98	0.66	99.02
30	0.600	23.50	3.38	2.40	96.62
40	0.425	38.80	5.58	2.20	94.42
50	0.300	72.10	10.37	4.79	89.63
60	0.250	88.30	12.70	2.33	87.30
100	0.150	201.90	29.04	16.34	70.96
200	0.075	451.40	64.92	35.88	35.08
Fuente		0.03	243.90	35.08	
PESO TOTAL			695.30		

COEFICIENTES DEL SUELO	
D10	0.03 mm
D30	0.06 mm
D60	0.13 mm
Coefficiente de uniformidad (Cu)	4.2
Grado de curvatura (Cc)	1.1





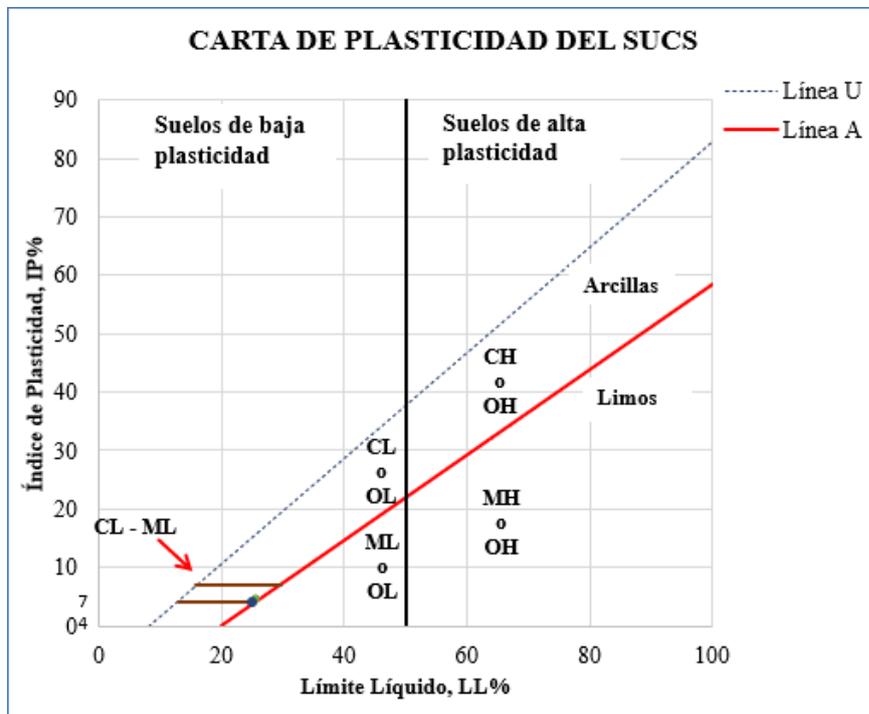
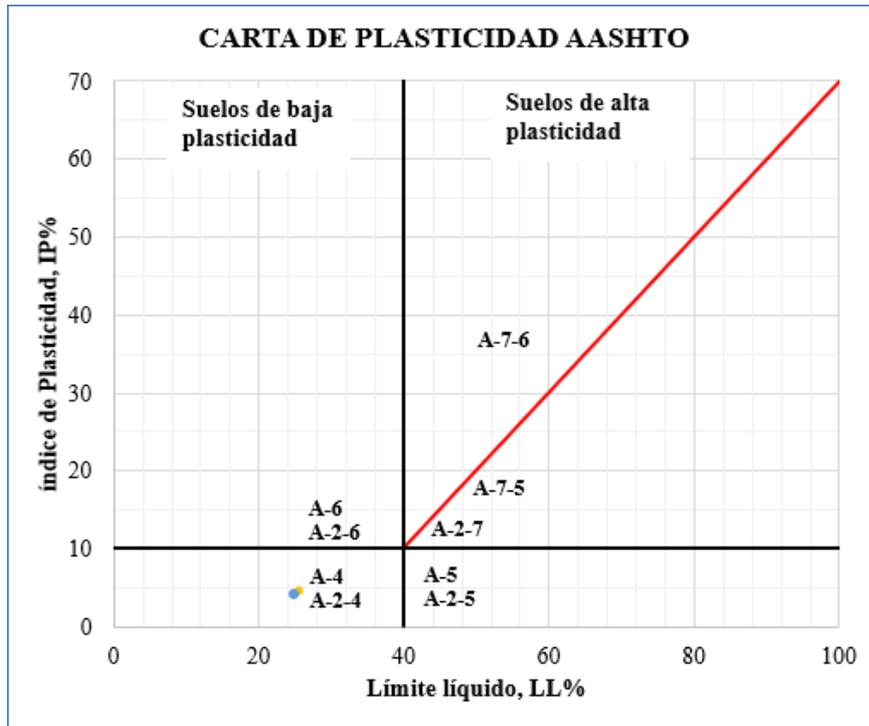
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos



GRANULOMETRÍA

Operador: S.R **Parroquia:** Montalvo
Cantón: Ambato **Sector:** Centro parroquial
Pozo N°: 14 **Muestra N°:** 14 **Profundidad:** 0.6 m

Tipo de suelo según:		
AASHTO:	A-2-4	SUCS: SC-SM





LÍMITES ATTERBERG

Operador: S.R
Cantón: Ambato
Pozo N°: 14

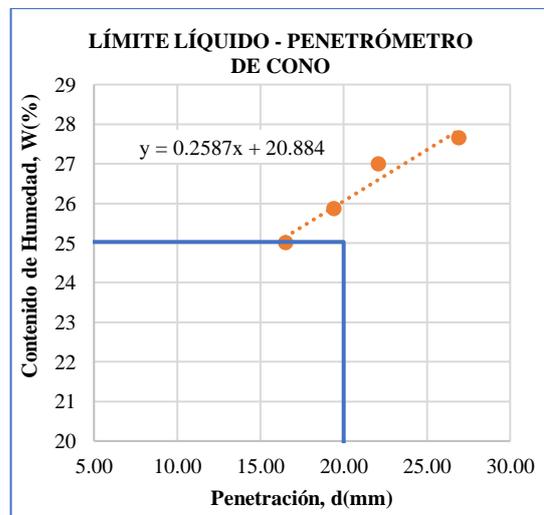
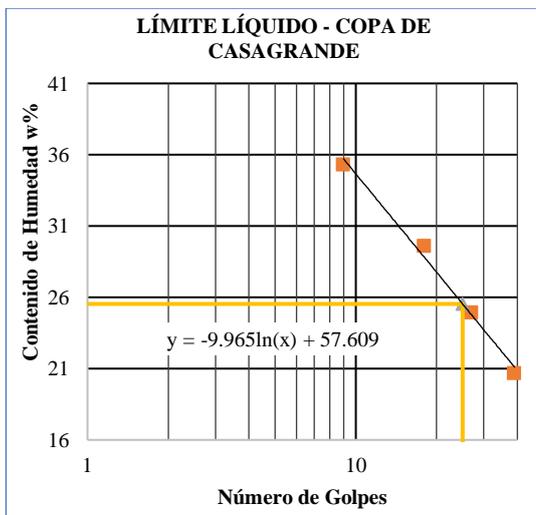
Parroquia: Montalvo
Sector: Centro parroquial
Muestra N°: 14

Profundidad: 0.6 m

Número de Golpes	Límite Plástico	Límite Líquido											
		Copa de Casagrande								Penetrómetro de Cono			
		9		18		27		39					
Penetración (mm)										22.10	26.90	16.50	19.40
N° Recipiente	C1 C3	75 64	LP3 LP7	3 68	5 90	SR5 S6	LP10 SR10						
Peso de Recipiente (g)	9.7 9.8	10.9 12.2	6.3 6.6	11.5 10.9	11.0 11.0	6.4 6.5	6.4 6.3						
Peso Recipiente + Suelo Húmedo (g)	15.2 15.8	20.9 22.9	15.4 16.8	24.8 24.2	19.6 23.5	27.1 22.2	25.4 20.9						
Peso Recipiente + Suelo Seco (g)	14.3 14.7	18.3 20.1	13.3 14.5	22.1 21.6	18.1 21.4	22.7 18.8	21.6 17.9						
Peso Agua (g)	0.9 1.1	2.6 2.8	2.1 2.3	2.7 2.6	1.5 2.1	4.4 3.4	3.8 3.0						
Peso Muestra Seca (g)	4.6 4.9	7.4 7.9	7.0 7.9	10.6 10.7	7.1 10.4	16.3 12.3	15.2 11.6						
Contenido de Humedad (w%)	19.6 22.4	35.1 35.4	30.0 29.1	25.5 24.3	21.1 20.2	27.0 27.6	25.0 25.9						
Promedio Contenido de Humedad (w _{prom} %)		35.3	29.6	24.9	20.7								
Resultado	21.01	26								25			

Índice de Plasticidad	
IP = WL _(CC) - WP	4.5
IP = WL _(PC) - WP	4.0

Límite de Contracción	
N° Recipiente	8
Masa de cápsula de contracción (m1)	22.0
Masa de cápsula + Suelo Húmedo (m2)	58.4
Masa de cápsula + Suelo Seco (m3)	49.9
Masa de Agua (m4=m2-m3)	8.5
Masa de Suelo Seco (m5=m3-m1)	27.9
Contenido de Humedad (W% = m4/m5*100)	30.5
Volumen de cápsula (Vi)	19.0
Volumen de Muestra Seca (Vf)	16.4
(Vi - Vf) /m5*100	9.5
Límite de Contracción (Ls = W% - ((Vi - Vf) /m5*γW)*100)	20.9



MUESTRA N°15

Ubicación:

Provincia: Tungurahua

Cantón: Ambato

Parroquia rural: Pasa

Sector: Centro Parroquial

Coordenadas UTM: 17M, 752450.6E, 9859618.3N

Descripción de la muestra:

Clasificación SUCS: SP-SM

Clasificación AASHTO: A-2-5



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos

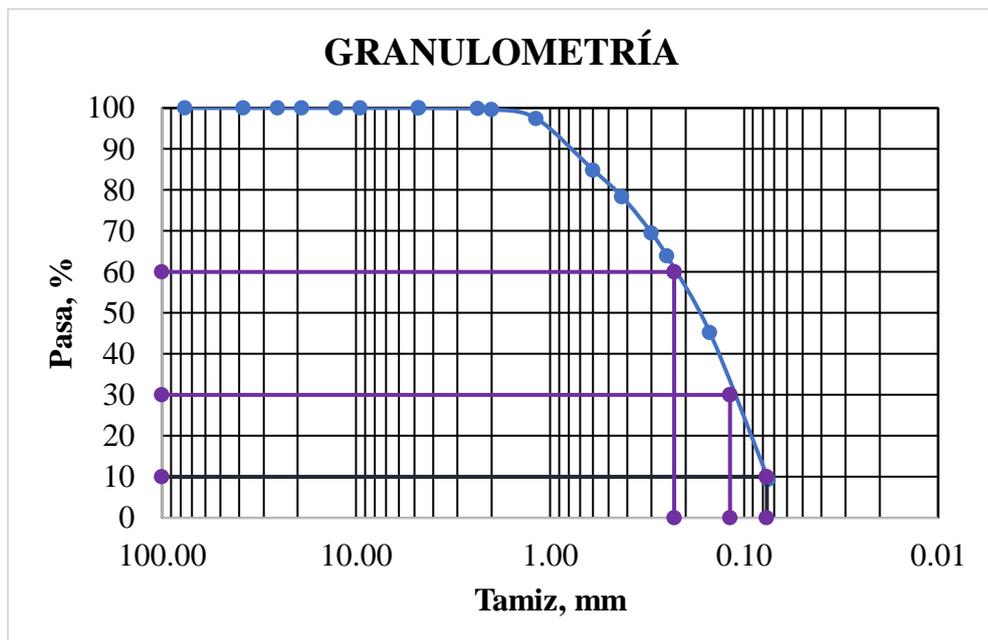


GRANULOMETRÍA

Operador: S.R **Parroquia:** Pasa
Cantón: Ambato **Sector:** Centro parroquial
Pozo N°: 15 **Muestra N°:** 15 **Profundidad:** 0.6 m

N°	Tamiz		Peso Retenido Acumulado (g)	Retenido Acumulado (%)	Retenido Parcial (%)	Pasa (%)
		mm				
	3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
	1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
	1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
	3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
	1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
	3/8"	9.530	0.00	0.00	0.00	100.00
	4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
	Pasa N°4		700.00			
	8	2.360	0.90	0.13	0.13	99.87
	10	2.000	2.30	0.33	0.20	99.67
	16	1.180	17.50	2.51	2.18	97.49
	30	0.600	105.40	15.10	12.59	84.90
	40	0.425	151.10	21.64	6.55	78.36
	50	0.300	212.60	30.45	8.81	69.55
	60	0.250	252.20	36.12	5.67	63.88
	100	0.150	382.70	54.81	18.69	45.19
	200	0.075	632.70	90.62	35.81	9.38
	Fuente		65.50	9.38		
	PESO TOTAL		698.20			

COEFICIENTES DEL SUELO	
D10	0.08 mm
D30	0.12 mm
D60	0.23 mm
Coefficiente de uniformidad (Cu)	3.0
Grado de curvatura (Cc)	0.8





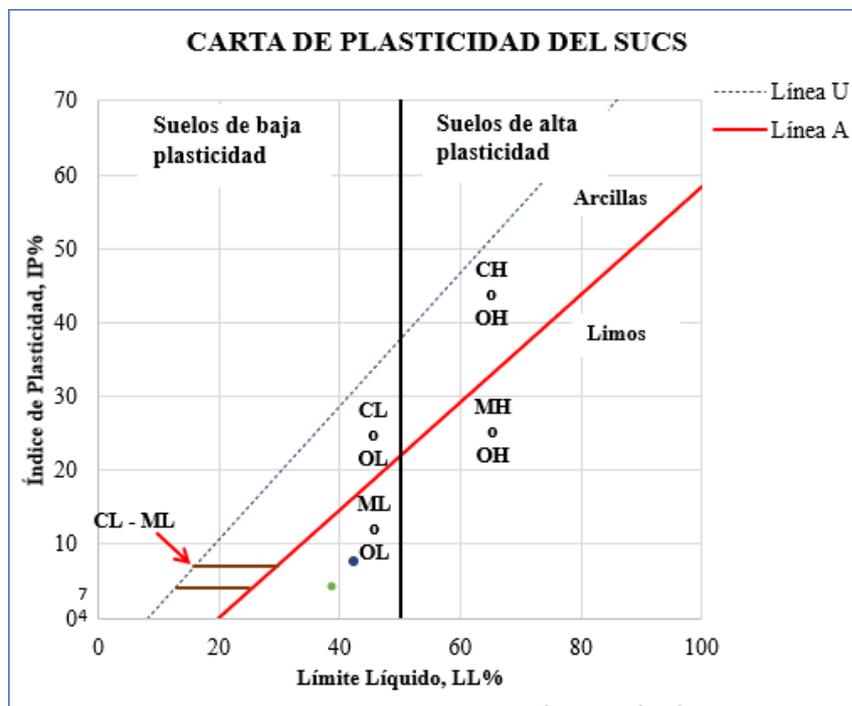
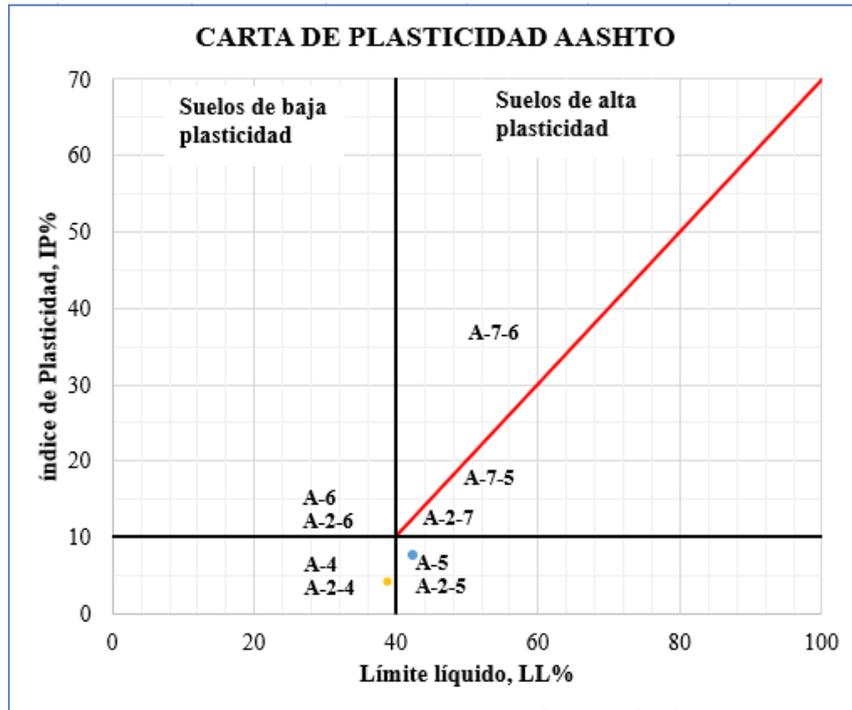
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos



GRANULOMETRÍA

Operador: S.R Parroquia: Pasa
Cantón: Ambato Sector: Centro parroquial
Pozo N°: 15 Muestra N°: 15 Profundidad: 0.6 m

Tipo de suelo según:			
AASHTO:	A-2-5	SUCS:	SP-SM





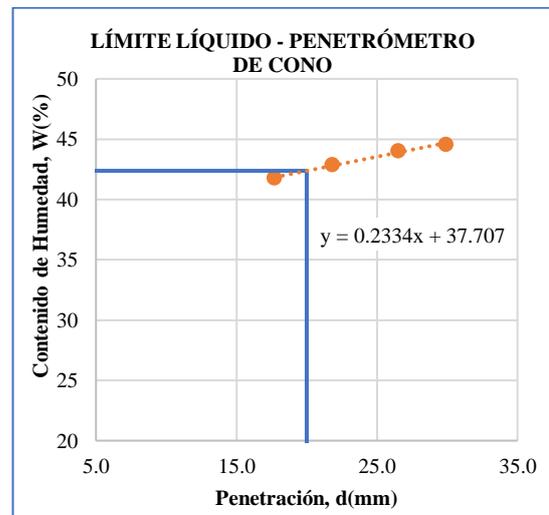
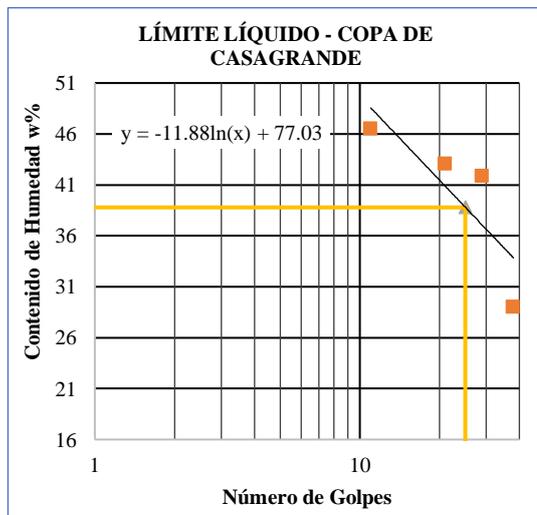
LÍMITES ATTERBERG

Operador: S.R
Cantón: Ambato
Pozo N°: 15
Parroquia: Pasa
Sector: Centro parroquial
Muestra N°: 15
Profundidad: 0.6 m

	Límite Plástico		Límite Líquido								Penetrómetro de Cono			
			Copa de Casagrande				29							
Número de Golpes			11		21		29		38					
Penetración (mm)											29.9	26.5	21.8	17.7
N° Recipiente	31	50	S2	SR4	90	75	SR8	50	D8	SR2	C3	C2	C1	C4
Peso de Recipiente (g)	10.8	6.0	21.9	6.7	11.0	10.9	6.4	11.0	7.8	6.3	9.8	9.2	9.8	9.4
Peso Recipiente + Suelo Húmedo (g)	17.5	14.8	35.1	14.6	23.6	18.9	15.9	27.6	15.5	19.0	23.1	28.5	23.8	22.3
Peso Recipiente + Suelo Seco (g)	15.8	12.5	30.9	12.1	19.8	16.5	13.1	22.7	13.8	16.1	19.0	22.6	19.6	18.5
Peso Agua (g)	1.7	2.3	4.2	2.5	3.8	2.4	2.8	4.9	1.7	2.9	4.1	5.9	4.2	3.8
Peso Muestra Seca (g)	5.0	6.5	9.0	5.4	8.8	5.6	6.7	11.7	6.0	9.8	9.2	13.4	9.8	9.1
Contenido de Humedad (w%)	34.0	35.4	46.7	46.3	43.2	42.9	41.8	41.9	28.3	29.6	44.6	44.0	42.9	41.8
Promedio Contenido de Humedad (w _{prom} %)			46.5		43.0		41.8		29.0					
Resultado	34.69						39				42			

Índice de Plasticidad	
IP = WL _(CC) - WP	4.1
IP = WL _(FC) - WP	7.7

Límite de Contracción	
N° Recipiente	4
Masa de cápsula de contracción (m1)	22.5
Masa de cápsula + Suelo Húmedo (m2)	57.9
Masa de cápsula + Suelo Seco (m3)	49.0
Masa de Agua (m4=m2-m3)	8.9
Masa de Suelo Seco (m5=m3-m1)	26.5
Contenido de Humedad (W% = m4/m5*100)	33.6
Volumen de cápsula (Vi)	19.2
Volumen de Muestra Seca (Vf)	17.3
(Vi - Vf) /m5*100	7.0
Límite de Contracción (Ls = W% - ((Vi - Vf) /m5*γW)*100)	26.6



MUESTRA N°16

Ubicación:

Provincia: Tungurahua

Cantón: Ambato

Parroquia rural: Pasa

Sector: Quindivana

Coordenadas UTM: 17M, 752079.0E, 9858330.3N

Descripción de la muestra:

Clasificación SUCS: SW-SM

Clasificación AASHTO: A-2-4



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos

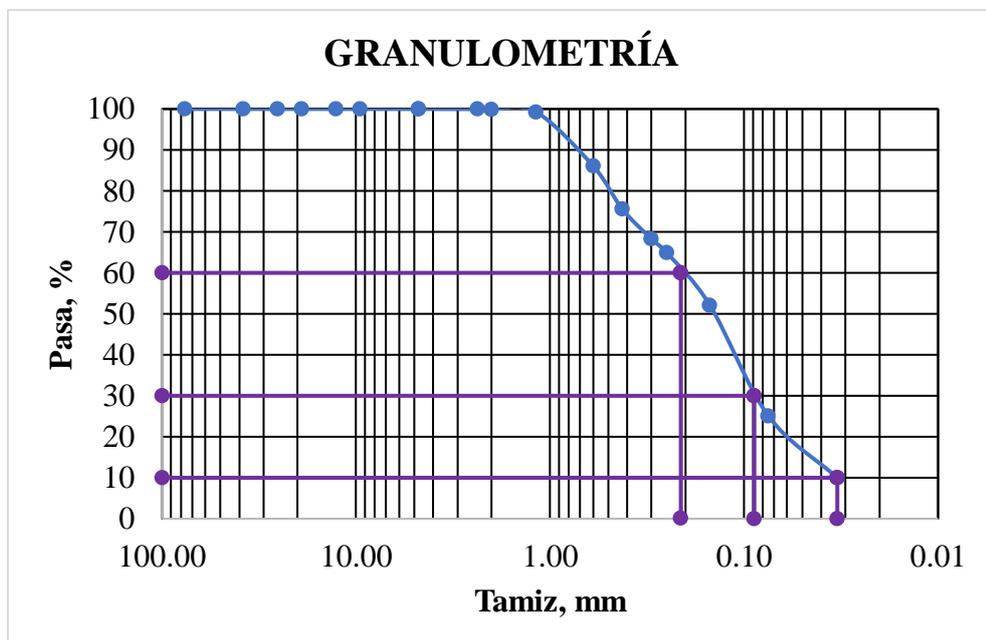


GRANULOMETRÍA

Operador: S.R **Parroquia:** Pasa
Cantón: Ambato **Sector:** Quindivana
Pozo N°: 16 **Muestra N°:** 16 **Profundidad:** 0.6 m

Tamiz		Peso Retenido Acumulado (g)	Retenido Acumulado (%)	Retenido Parcial (%)	Pasa (%)
N°	mm				
	3"	76.200	0.00	0.00	100.00
	1 1/2"	38.100	0.00	0.00	100.00
	1"	25.400	0.00	0.00	100.00
	3/4"	19.050	0.00	0.00	100.00
	1/2"	12.700	0.00	0.00	100.00
	3/8"	9.530	0.00	0.00	100.00
	4	4.750	0.00	0.00	100.00
	Pasa N°4		700.00		
	8	2.360	0.30	0.04	99.96
	10	2.000	0.50	0.07	99.93
	16	1.180	5.10	0.73	99.27
	30	0.600	97.10	13.90	86.10
	40	0.425	170.30	24.38	75.62
	50	0.300	221.70	31.73	68.27
	60	0.250	245.30	35.11	64.89
	100	0.150	334.50	47.88	52.12
	200	0.075	523.20	74.89	25.11
	Fuente	0.03	175.40	25.11	
	PESO TOTAL		698.60		

COEFICIENTES DEL SUELO	
D10	0.03 mm
D30	0.09 mm
D60	0.21 mm
Coefficiente de uniformidad (Cu)	6.4
Grado de curvatura (Cc)	1.1



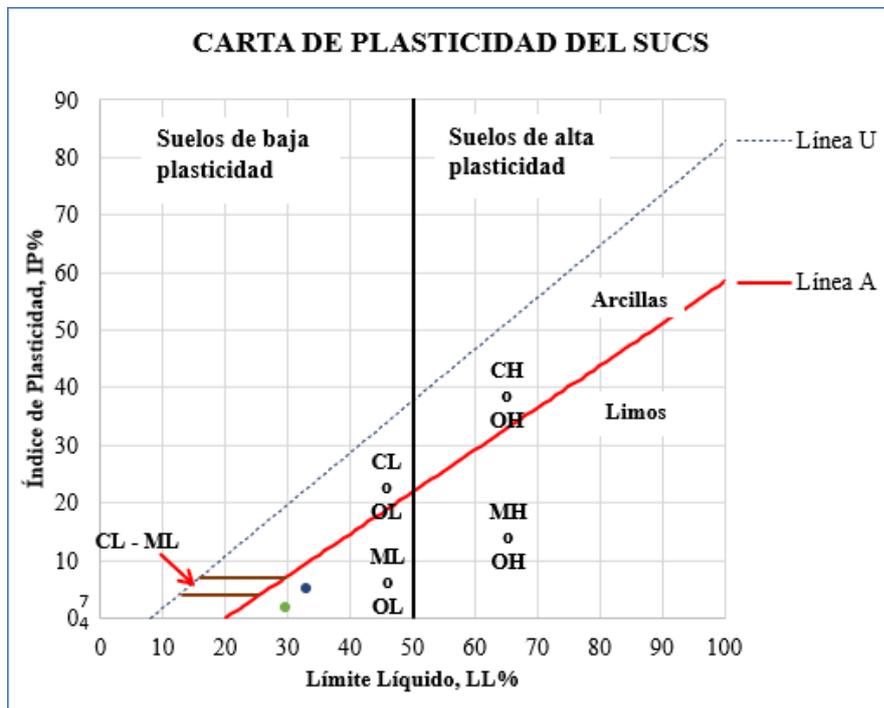
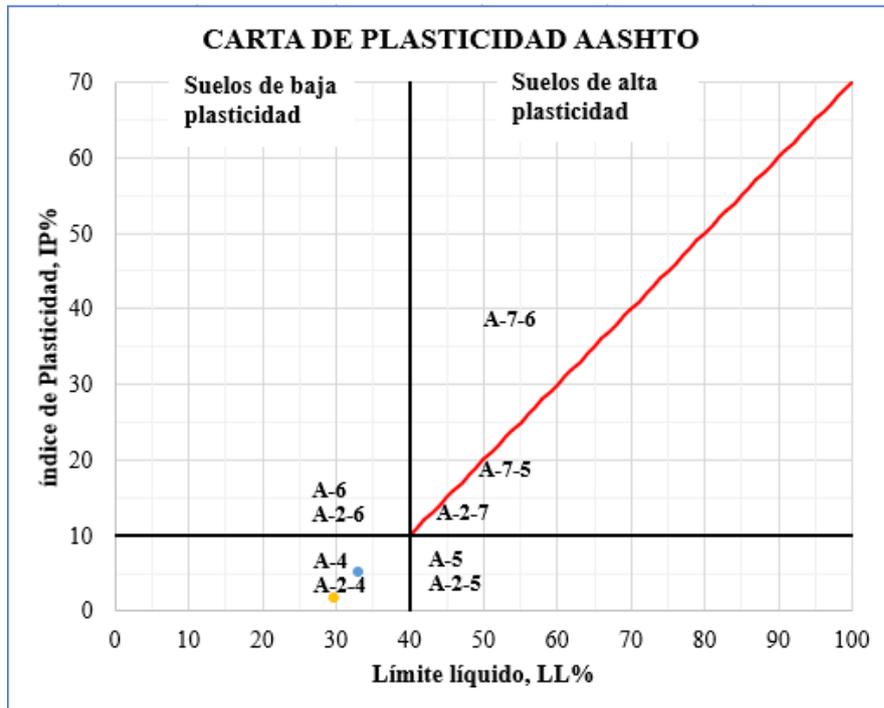


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos
GRANULOMETRÍA



Operador: S.R Parroquia: Pasa
Cantón: Ambato Sector: Quindivana
Pozo N°: 16 Muestra N°: 16 Profundidad: 0.6 m

Tipo de suelo según:			
AASHTO:	A-2-4	SUCS:	SW-SM





LÍMITES ATTERBERG

Operador: S.R
Cantón: Ambato
Pozo N°: 16

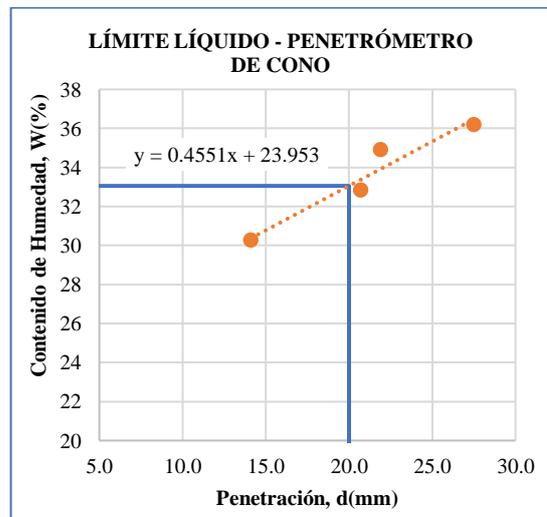
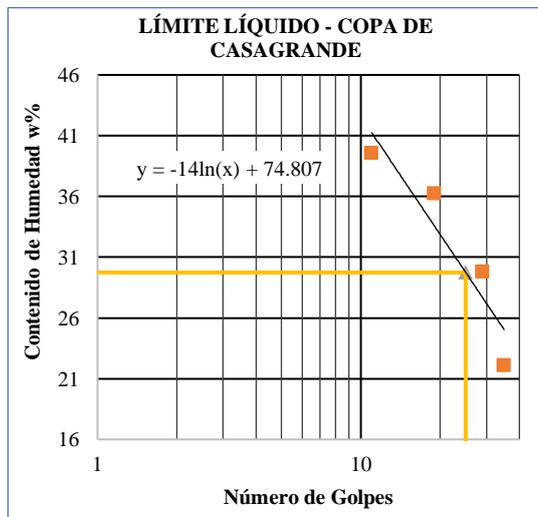
Parroquia: Pasa
Sector: Quindivana
Muestra N°: 16

Profundidad: 0.6 m

Número de Golpes	Límite Plástico		Límite Líquido								Penetrómetro de Cono							
			Copa de Casagrande				Penetrómetro de Cono											
			11		19		29		35		27.5		21.9		20.7		14.1	
Penetración (mm)											27.5		21.9		20.7		14.1	
N° Recipiente	S1	S4	D5	D11	5	38	10	16	S7	SR7	SR1	SR3	SR8	SR7				
Peso de Recipiente (g)	22.9	23.1	7.5	7.1	11.0	11.7	11.0	11.2	14.0	6.5	6.4	6.5	6.4	6.3				
Peso Recipiente + Suelo Húmedo (g)	30.1	29.6	23.7	20.9	22.3	21.1	27.8	24.1	25.7	17.5	27.1	18.1	23.4	21.8				
Peso Recipiente + Suelo Seco (g)	28.5	28.2	19.1	17.0	19.3	18.6	24.0	21.1	23.6	15.5	21.6	15.1	19.2	18.2				
Peso Agua (g)	1.6	1.4	4.6	3.9	3.0	2.5	3.8	3.0	2.1	2.0	5.5	3.0	4.2	3.6				
Peso Muestra Seca (g)	5.6	5.1	11.6	9.9	8.3	6.9	13.0	9.9	9.6	9.0	15.2	8.6	12.8	11.9				
Contenido de Humedad (w%)	28.6	27.5	39.7	39.4	36.1	36.2	29.2	30.3	21.9	22.2	36.2	34.9	32.8	30.3				
Promedio Contenido de Humedad (wprom%)			39.5		36.2		29.8		22.0									
Resultado	28.01		30				33											

Índice de Plasticidad	
IP = WL _(CC) - WP	1.7
IP = WL _(PC) - WP	5.0

Límite de Contracción	
N° Recipiente	9
Masa de cápsula de contracción (m1)	22.2
Masa de cápsula + Suelo Húmedo (m2)	54.1
Masa de cápsula + Suelo Seco (m3)	43.9
Masa de Agua (m4=m2-m3)	10.2
Masa de Suelo Seco (m5=m3-m1)	21.7
Contenido de Humedad (W% = m4/m5*100)	47.0
Volumen de cápsula (Vi)	19.2
Volumen de Muestra Seca (Vf)	15.9
(Vi - Vf) / m5*100	15.3
Límite de Contracción (Ls = W% - ((Vi - Vf) / m5*γW)*100)	31.7



MUESTRA N°17

Ubicación:

Provincia: Tungurahua

Cantón: Ambato

Parroquia rural: Picaihua

Sector: Centro Parroquial

Coordenadas UTM: 17M, 768824.0E, 9858731.9N

Descripción de la muestra:

Clasificación SUCS: SM

Clasificación AASHTO: A-2-4



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos

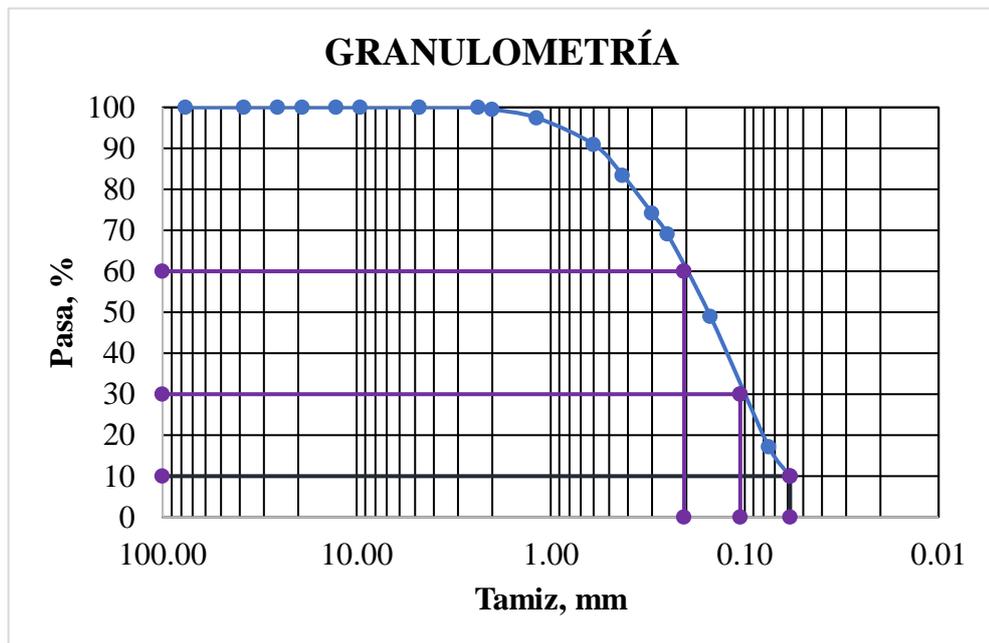


GRANULOMETRÍA

Operador: S.R **Parroquia:** Picaihua
Cantón: Ambato **Sector:** Centro parroquial
Pozo N°: 17 **Muestra N°:** 17 **Profundidad:** 0.6 m

Tamiz		Peso Retenido Acumulado (g)	Retenido Acumulado (%)	Retenido Parcial (%)	Pasa (%)
N°	mm				
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.530	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Pasa N°4		700.00			
8	2.360	0.30	0.04	0.04	99.96
10	2.000	3.30	0.47	0.43	99.53
16	1.180	17.70	2.53	2.06	97.47
30	0.600	63.10	9.03	6.50	90.97
40	0.425	115.70	16.56	7.53	83.44
50	0.300	180.40	25.82	9.26	74.18
60	0.250	216.10	30.92	5.11	69.08
100	0.150	356.30	50.99	20.06	49.01
200	0.075	579.20	82.88	31.90	17.12
Fuente		0.06	119.60	17.12	
PESO TOTAL		698.80			

COEFICIENTES DEL SUELO	
D10	0.06 mm
D30	0.11 mm
D60	0.20 mm
Coefficiente de uniformidad (Cu)	3.5
Grado de curvatura (Cc)	0.9





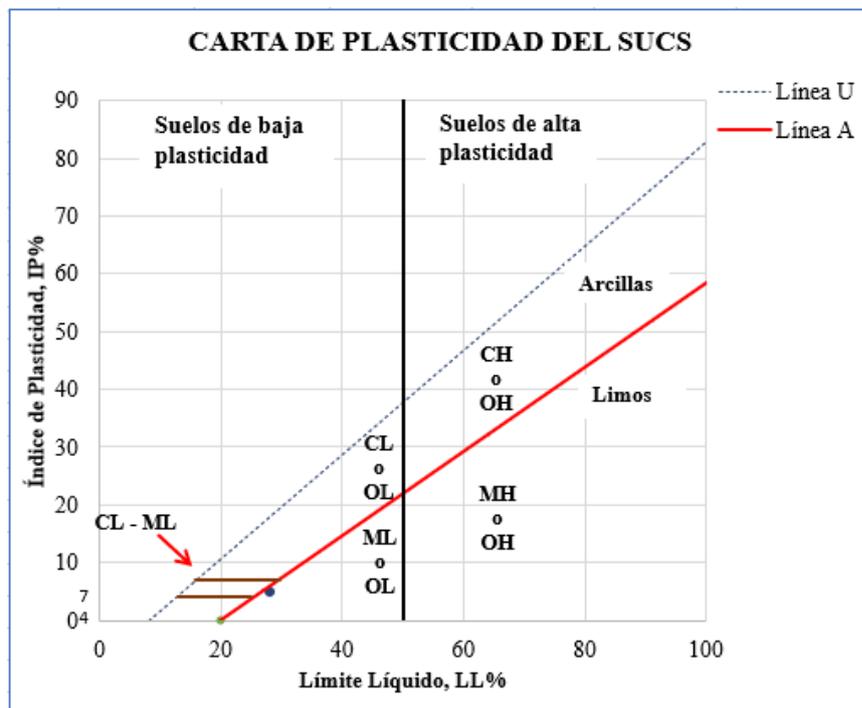
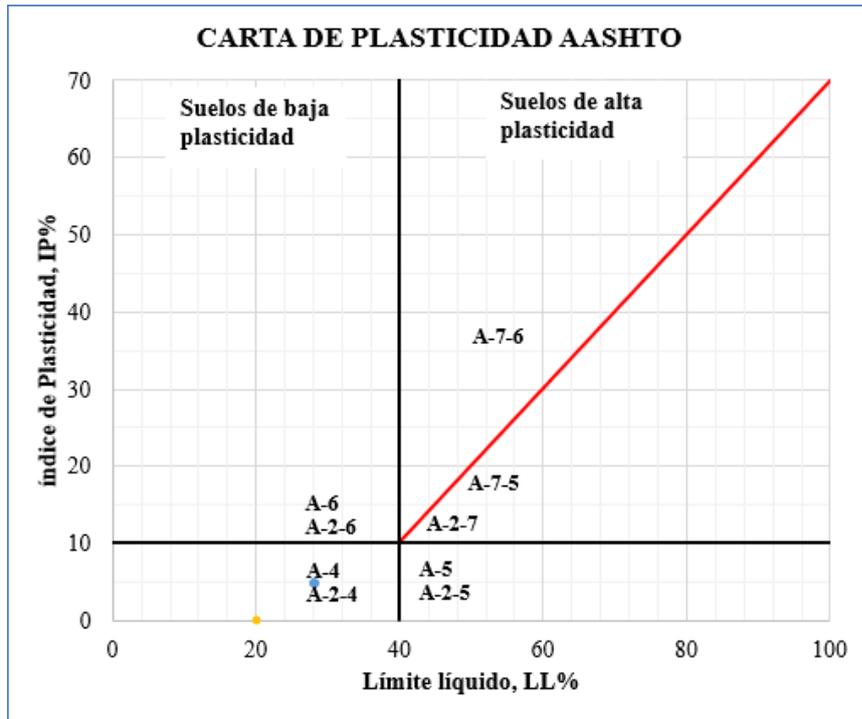
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos



GRANULOMETRÍA

Operador: S.R **Parroquia:** Picaihua
Cantón: Ambato **Sector:** Centro parroquial
Pozo N°: 17 **Muestra N°:** 17 **Profundidad:** 0.6 m

Tipo de suelo según:			
AASHTO:	A-2-4	SUCS:	SM





LÍMITES ATTERBERG

Operador: S.R.
Cantón: Ambato
Pozo N°: 17

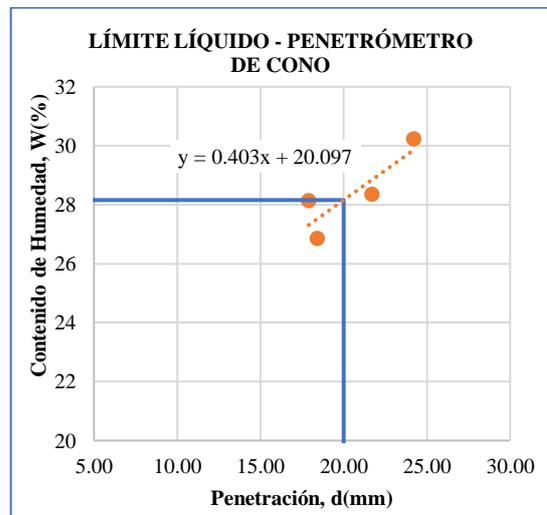
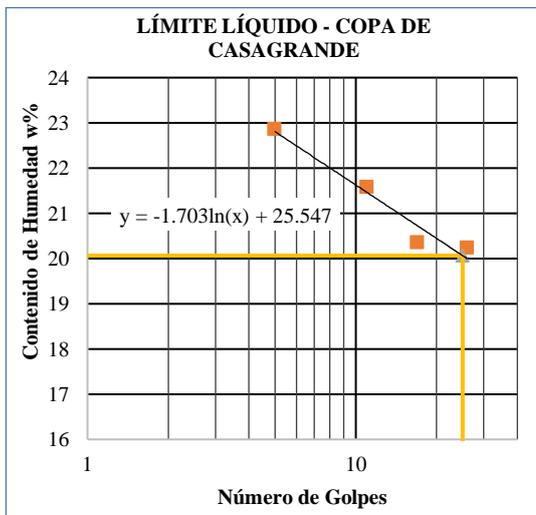
Parroquia: Picaihua
Sector: Centro parroquial
Muestra N°: 17

Profundidad: 0.6 m

Número de Golpes	Límite Plástico		Límite Líquido								Penetrómetro de Cono				
			Copa de Casagrande				Penetrómetro de Cono								
			5	11	17	26					18.40	24.20	21.70	17.90	
Penetración (mm)															
N° Recipiente	18	32	SR6	SR10	SR9	SR3	SR7	SR1	SR4	SR8	S6	SR2	LP7	SR10	
Peso de Recipiente (g)	10.8	5.3	6.4	6.3	6.5	6.5	6.3	6.4	6.7	6.4	6.5	6.3	6.6	6.3	
Peso Recipiente + Suelo Húmedo (g)	19.2	13.2	20.3	20.9	16.0	15.6	16.8	19.0	15.1	17.0	25.4	31.3	29.7	22.7	
Peso Recipiente + Suelo Seco (g)	17.6	11.7	17.7	18.2	14.3	14.0	15.0	16.9	13.7	15.2	21.4	25.5	24.6	19.1	
Peso Agua (g)	1.6	1.5	2.6	2.7	1.7	1.6	1.8	2.1	1.4	1.8	4.0	5.8	5.1	3.6	
Peso Muestra Seca (g)	6.8	6.4	11.3	11.9	7.8	7.5	8.7	10.5	7.0	8.8	14.9	19.2	18.0	12.8	
Contenido de Humedad (w%)	23.5	23.4	23.0	22.7	21.8	21.3	20.7	20.0	20.0	20.5	26.8	30.2	28.3	28.1	
Promedio Contenido de Humedad (wprom%)			22.8		21.6		20.3		20.2						
Resultado	23.48		20								28				

Índice de Plasticidad	
IP = WL(cc) - WP	-3.4
IP = WL(pc) - WP	4.7

Límite de Contracción	
N° Recipiente	9
Masa de cápsula de contracción (m1)	22.2
Masa de cápsula + Suelo Húmedo (m2)	58.2
Masa de cápsula + Suelo Seco (m3)	49.8
Masa de Agua (m4=m2-m3)	8.4
Masa de Suelo Seco (m5=m3-m1)	27.6
Contenido de Humedad (W% = m4/m5*100)	30.4
Volumen de cápsula (Vi)	19.2
Volumen de Muestra Seca (Vf)	16.0
(Vi - Vf) / m5*100	11.7
Límite de Contracción (Ls = W% - ((Vi - Vf) / m5*γW)*100)	18.7



MUESTRA N°18

Ubicación:

Provincia: Tungurahua

Cantón: Ambato

Parroquia rural: Pilahuín

Sector: Centro Parroquial

Coordenadas UTM: 17M, 753015.7E, 9856959.3N

Descripción de la muestra:

Clasificación SUCS: SM

Clasificación AASHTO: A-2-4



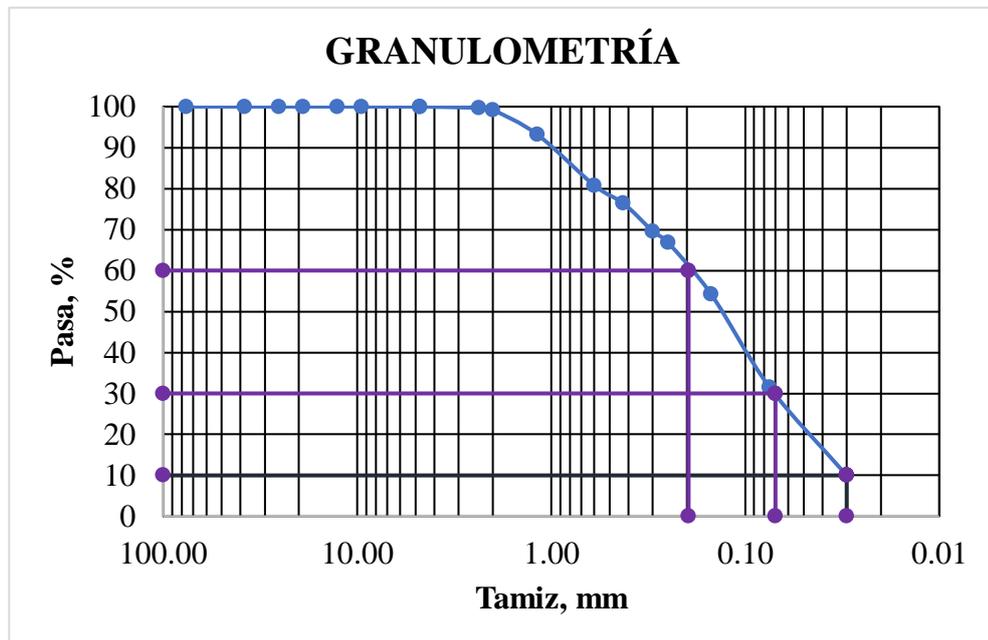
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos
GRANULOMETRÍA



Operador: S.R **Parroquia:** Pilahuín
Cantón: Ambato **Sector:** Centro parroquial
Pozo N°: 18 **Muestra N°:** 18 **Profundidad:** 0.6 m

N°	Tamiz		Peso Retenido Acumulado (g)	Retenido Acumulado (%)	Retenido Parcial (%)	Pasa (%)
		mm				
	3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
	1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
	1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
	3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
	1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
	3/8"	9.530	0.00	0.00	0.00	100.00
	4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Pasa N°4			700.00			
	8	2.360	2.20	0.31	0.31	99.69
	10	2.000	5.90	0.84	0.53	99.16
	16	1.180	47.60	6.81	5.96	93.19
	30	0.600	134.60	19.25	6.00	80.75
	40	0.425	165.00	23.59	4.35	76.41
	50	0.300	212.60	30.40	6.81	69.60
	60	0.250	232.40	33.23	2.83	66.77
	100	0.150	320.10	45.77	12.54	54.23
	200	0.075	478.80	68.46	22.69	31.54
Fuente			0.03	220.60	31.54	
PESO TOTAL			699.40			

COEFICIENTES DEL SUELO	
D10	0.03 mm
D30	0.07 mm
D60	0.20 mm
Coefficiente de uniformidad (Cu)	6.5
Grado de curvatura (Cc)	0.8



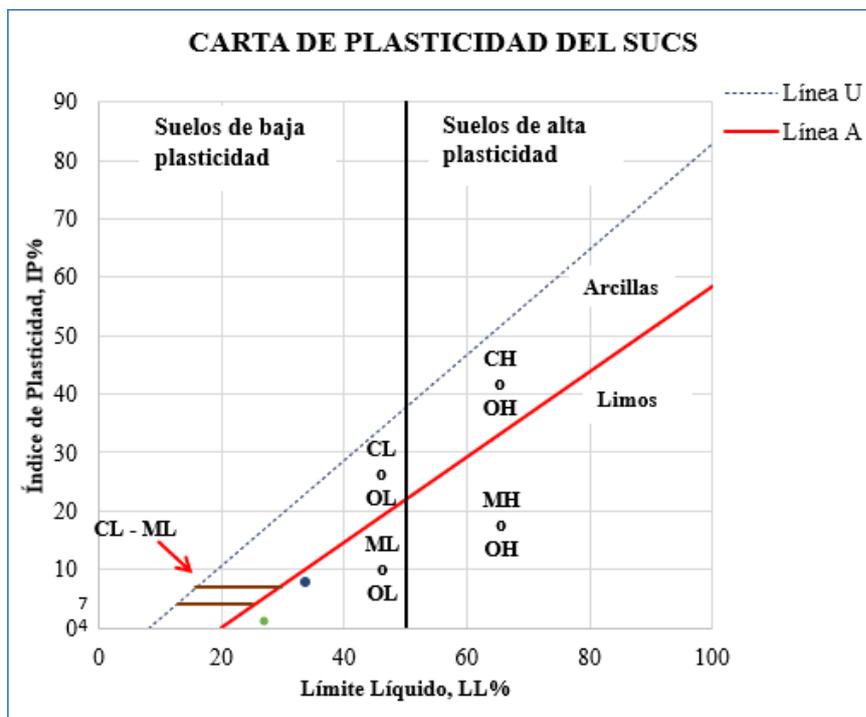
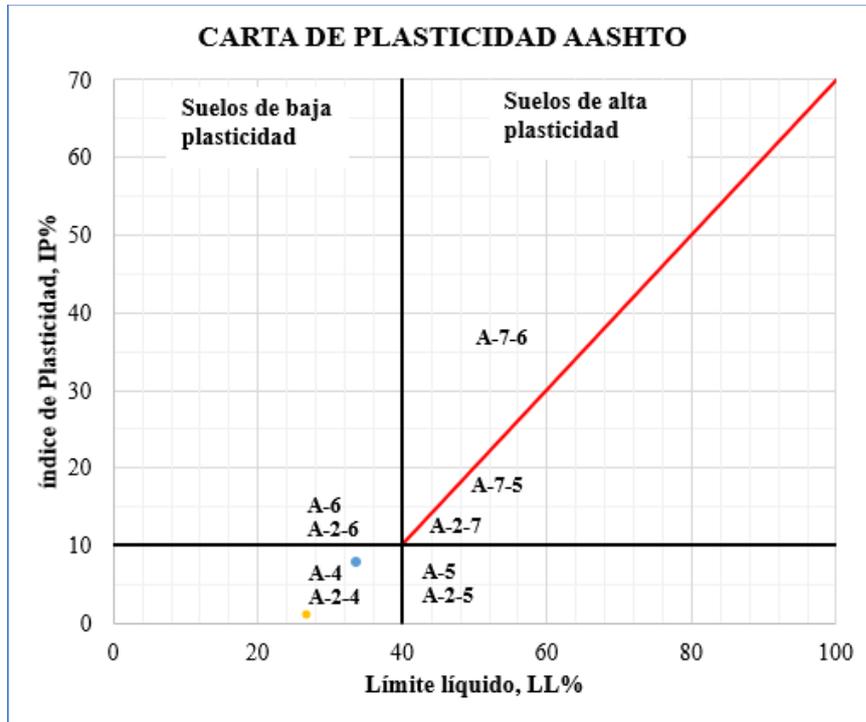


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos
GRANULOMETRÍA



Operador: S.R Parroquia: Pilahuín
Cantón: Ambato Sector: Centro parroquial
Pozo N°: 18 Muestra N°: 18 Profundidad: 0.6 m

Tipo de suelo según:			
AASHTO:	A-2-4	SUCS:	SM





LÍMITES ATTERBERG

Operador: S.R
Cantón: Ambato
Pozo N°: 18

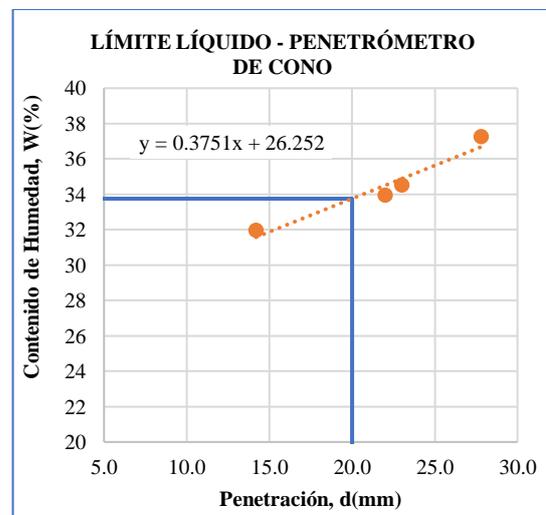
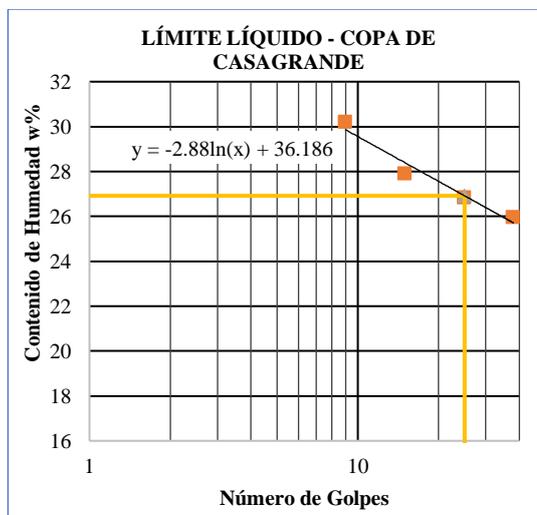
Parroquia: Pilahuín
Sector: Centro parroquial
Muestra N°: 18

Profundidad: 0.6 m

Número de Golpes	Límite Plástico		Límite Líquido								Penetrómetro de Cono			
			Copa de Casagrande				Penetrómetro de Cono							
			9	15	25	38					23.0	27.8	22.0	14.2
Penetración (mm)											23.0	27.8	22.0	14.2
N° Recipiente	12	18	38	78	16	2	17	18	79	10	SR2	S6	SR3	SR6
Peso de Recipiente (g)	10.6	10.8	11.7	11.5	11.2	10.9	11.5	11.5	11.3	11.0	6.3	6.5	6.5	6.4
Peso Recipiente + Suelo Húmedo (g)	18.2	19.2	20.2	22.0	20.3	20.6	19.4	19.2	18.5	21.8	32.8	19.4	21.1	15.9
Peso Recipiente + Suelo Seco (g)	16.7	17.4	18.2	19.6	18.3	18.5	17.7	17.6	17.0	19.6	26.0	15.9	17.4	13.6
Peso Agua (g)	1.5	1.8	2.0	2.4	2.0	2.1	1.7	1.6	1.5	2.2	6.8	3.5	3.7	2.3
Peso Muestra Seca (g)	6.1	6.6	6.5	8.1	7.1	7.6	6.2	6.1	5.7	8.6	19.7	9.4	10.9	7.2
Contenido de Humedad (w%)	24.6	27.3	30.8	29.6	28.2	27.6	27.4	26.2	26.3	25.6	34.5	37.2	33.9	31.9
Promedio Contenido de Humedad (w _{prom} %)			30.2		27.9		26.8		25.9					
Resultado	25.93		27				34							

Índice de Plasticidad	
IP = WL _(CC) - WP	1.0
IP = WL _(PC) - WP	7.8

Límite de Contracción	
N° Recipiente	4
Masa de cápsula de contracción (m1)	22.5
Masa de cápsula + Suelo Húmedo (m2)	56.3
Masa de cápsula + Suelo Seco (m3)	48.3
Masa de Agua (m4=m2-m3)	8.0
Masa de Suelo Seco (m5=m3-m1)	25.8
Contenido de Humedad (W% = m4/m5*100)	31.0
Volumen de cápsula (Vi)	19.2
Volumen de Muestra Seca (Vf)	17.8
(Vi - Vf) /m5*100	5.2
Límite de Contracción (Ls = W% - ((Vi - Vf) /m5*γW)*100)	25.8



MUESTRA N°19

Ubicación:

Provincia: Tungurahua

Cantón: Ambato

Parroquia rural: Pilahuín

Sector: Chaupiloma

Coordenadas UTM: 17M, 751746.2E, 9855341.5N

Descripción de la muestra:

Clasificación SUCS: SC-SM

Clasificación AASHTO: A-2-4



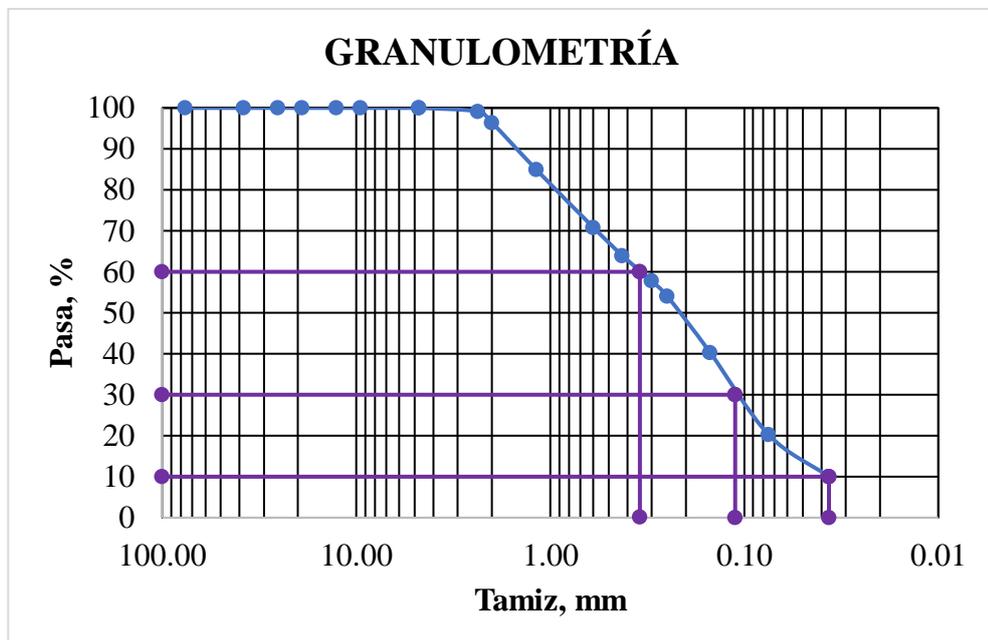
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos
GRANULOMETRÍA



Operador: S.R **Parroquia:** Pilahuín
Cantón: Ambato **Sector:** Chaupiloma
Pozo N°: 19 **Muestra N°:** 19 **Profundidad:** 0.6 m

Tamiz		Peso Retenido Acumulado (g)	Retenido Acumulado (%)	Retenido Parcial (%)	Pasa (%)
N°	mm				
	3"	76.200	0.00	0.00	100.00
	1 1/2"	38.100	0.00	0.00	100.00
	1"	25.400	0.00	0.00	100.00
	3/4"	19.050	0.00	0.00	100.00
	1/2"	12.700	0.00	0.00	100.00
	3/8"	9.530	0.00	0.00	100.00
	4	4.750	0.00	0.00	100.00
Pasa N°4		700.00			
	8	2.360	6.00	0.86	99.14
	10	2.000	25.00	3.58	96.42
	16	1.180	105.30	15.08	84.92
	30	0.600	203.80	29.18	70.82
	40	0.425	251.80	36.05	63.95
	50	0.300	295.10	42.25	57.75
	60	0.250	320.80	45.93	54.07
	100	0.150	417.00	59.70	40.30
	200	0.075	557.00	79.74	20.26
Fuente		0.037	141.50	20.26	
PESO TOTAL			698.50		

COEFICIENTES DEL SUELO	
D10	0.04 mm
D30	0.11 mm
D60	0.35 mm
Coefficiente de uniformidad (Cu)	9.4
Grado de curvatura (Cc)	1.0





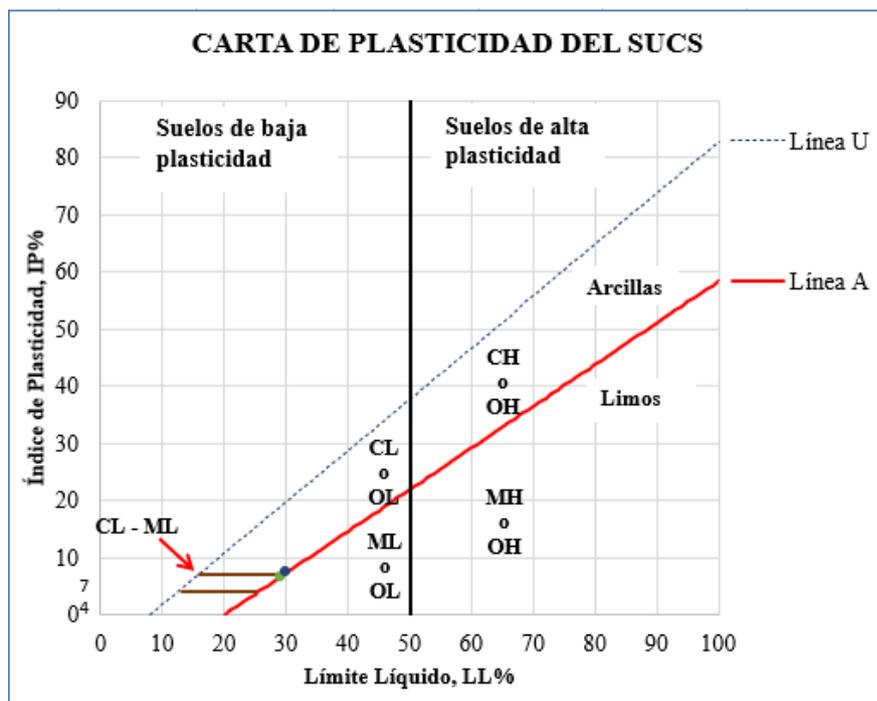
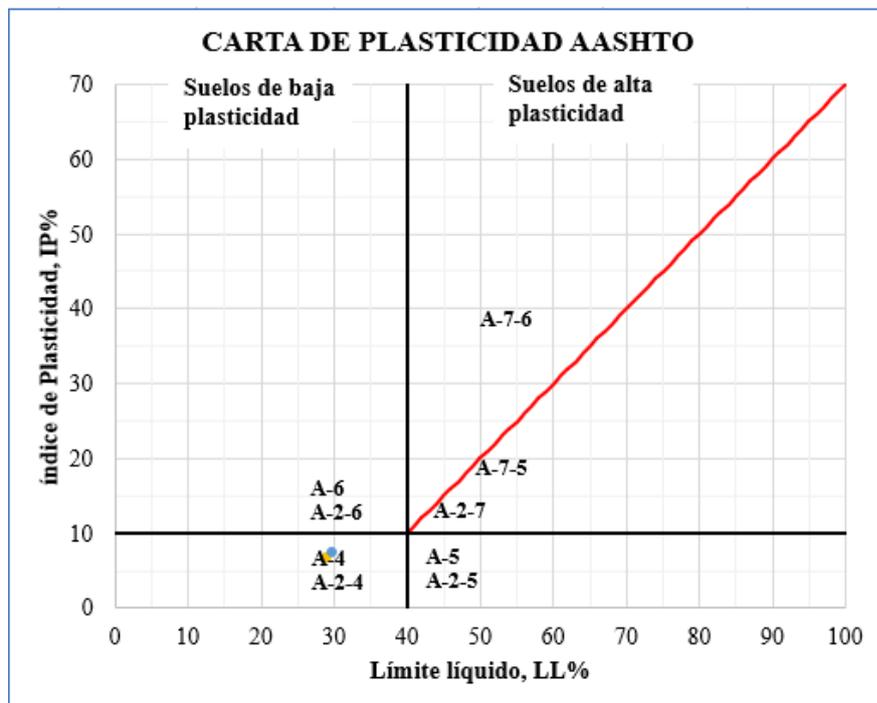
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos



GRANULOMETRÍA

Operador: S.R Parroquia: Pilahuín
Cantón: Ambato Sector: Chaupiloma
Pozo N°: 19 Muestra N°: 19 Profundidad: 0.6 m

Tipo de suelo según:			
AASHTO:	A-2-4	SUCS:	SC - SM





LÍMITES ATTERBERG

Operador: S.R.
Cantón: Ambato
Pozo N°: 19

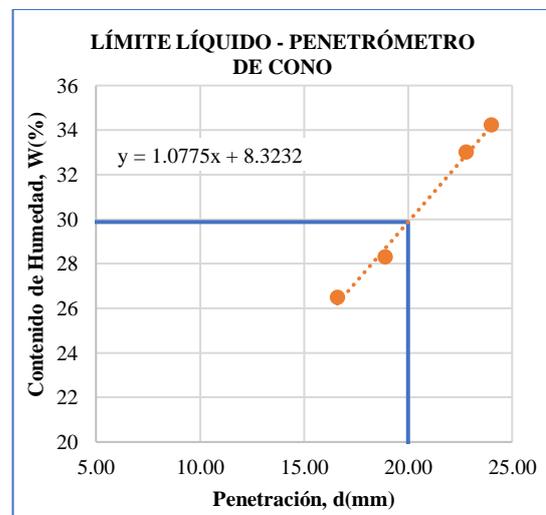
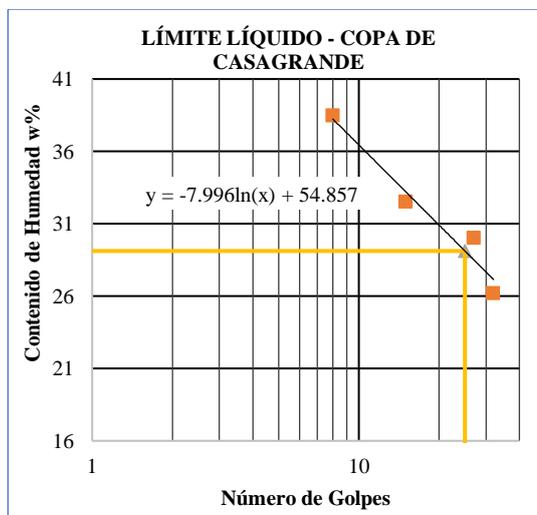
Parroquia: Pilahuín
Sector: Chaupiloma
Muestra N°: 19

Profundidad: 0.6 m

Número de Golpes	Límite Plástico		Límite Líquido								Penetrómetro de Cono			
			Copa de Casagrande				Penetrómetro de Cono							
			8	15	27	32					22.80	16.60	18.90	24.00
Penetración (mm)											SR4	SR6	LP1	LP4
N° Recipiente	50	31	75	38	SR9	SR4	10	12	42	6	SR4	SR6	LP1	LP4
Peso de Recipiente (g)	6.0	10.8	10.9	11.7	6.5	6.3	11.0	11.0	11.9	10.8	6.7	6.4	6.7	6.1
Peso Recipiente + Suelo Húmedo (g)	12.5	16.3	17.7	23.3	11.4	17.7	20.6	20.9	19.0	22.6	20.4	19.3	19.4	26.5
Peso Recipiente + Suelo Seco (g)	11.3	15.3	15.8	20.1	10.2	14.9	18.4	18.6	17.5	20.2	17.0	16.6	16.6	21.3
Peso Agua (g)	1.2	1.0	1.9	3.2	1.2	2.8	2.2	2.3	1.5	2.4	3.4	2.7	2.8	5.2
Peso Muestra Seca (g)	5.3	4.5	4.9	8.4	3.7	8.6	7.4	7.6	5.6	9.4	10.3	10.2	9.9	15.2
Contenido de Humedad (w%)	22.6	22.2	38.8	38.1	32.4	32.6	29.7	30.3	26.8	25.5	33.0	26.5	28.3	34.2
Promedio Contenido de Humedad (w _{prom} %)			38.4		32.5		30.0		26.2					
Resultado	22.4		29				30							

Índice de Plasticidad	
IP = WL _(CC) - WP	6.7
IP = WL _(PC) - WP	7.4

Límite de Contracción	
N° Recipiente	4
Masa de cápsula de contracción (m1)	22.5
Masa de cápsula + Suelo Húmedo (m2)	60.2
Masa de cápsula + Suelo Seco (m3)	52.6
Masa de Agua (m4=m2-m3)	7.6
Masa de Suelo Seco (m5=m3-m1)	30.1
Contenido de Humedad (W% = m4/m5*100)	25.2
Volumen de cápsula (Vi)	19.2
Volumen de Muestra Seca (Vf)	18.6
(Vi - Vf) /m5*100	1.8
Límite de Contracción (Ls = W% - ((Vi - Vf) /m5*γW)*100)	23.5



MUESTRA N°20

Ubicación:

Provincia: Tungurahua

Cantón: Ambato

Parroquia rural: Quisapincha

Sector: Centro Parroquial

Coordenadas UTM: 17M, 757393.9E, 9863478.7N

Descripción de la muestra:

Clasificación SUCS: SP-SM

Clasificación AASHTO: A-2-4



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos

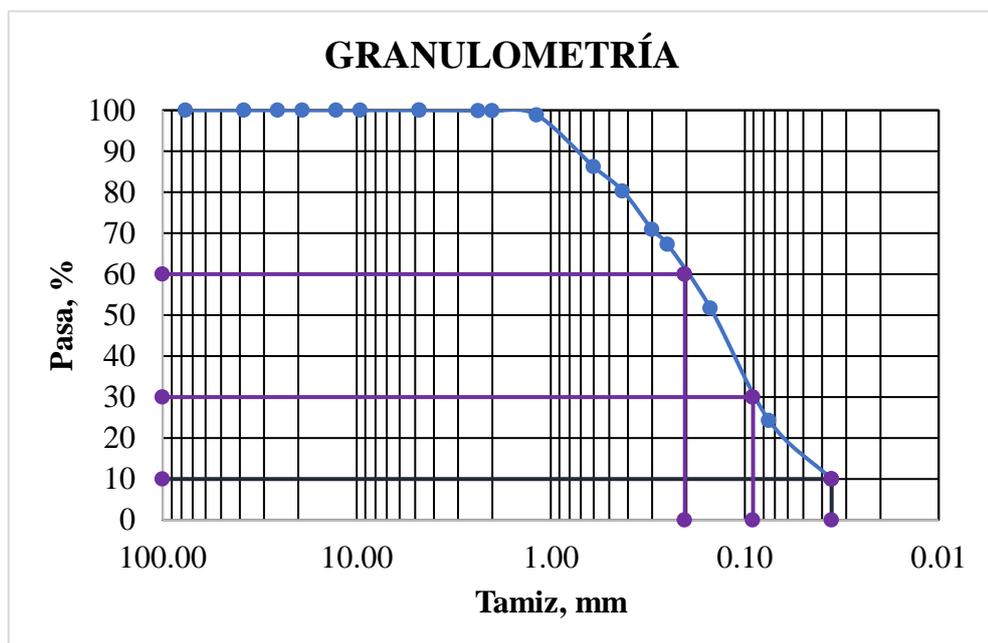


GRANULOMETRÍA

Operador: S.R **Parroquia:** Quisapincha
Cantón: Ambato **Sector:** Centro parroquial
Pozo N°: 20 **Muestra N°:** 20 **Profundidad:** 0.6 m

Tamiz		Peso Retenido Acumulado (g)	Retenido Acumulado (%)	Retenido Parcial (%)	Pasa (%)
N°	mm				
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.530	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Pasa N°4		700.00			
8	2.360	0.60	0.09	0.09	99.91
10	2.000	1.20	0.17	0.09	99.83
16	1.180	7.90	1.13	0.96	98.87
30	0.600	96.20	13.77	12.64	86.23
40	0.425	137.40	19.67	5.90	80.33
50	0.300	203.30	29.10	9.43	70.90
60	0.250	228.50	32.71	3.61	67.29
100	0.150	337.50	48.31	15.60	51.69
200	0.075	528.50	75.65	27.34	24.35
Fuente	0.04	170.10	24.35		
PESO TOTAL		698.60			

COEFICIENTES DEL SUELO	
D10	0.04 mm
D30	0.09 mm
D60	0.20 mm
Coefficiente de uniformidad (Cu)	5.7
Grado de curvatura (Cc)	1.1





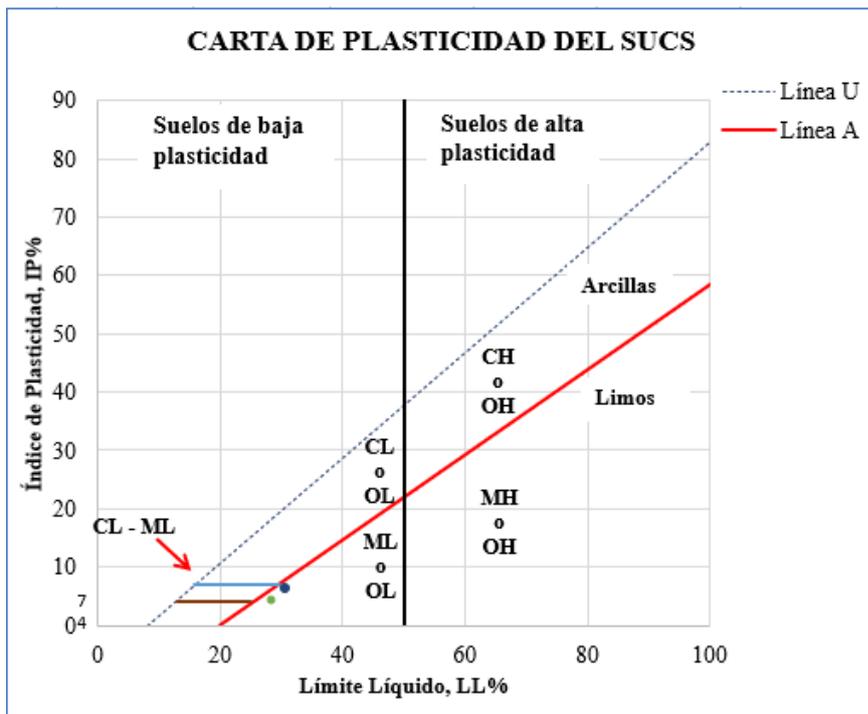
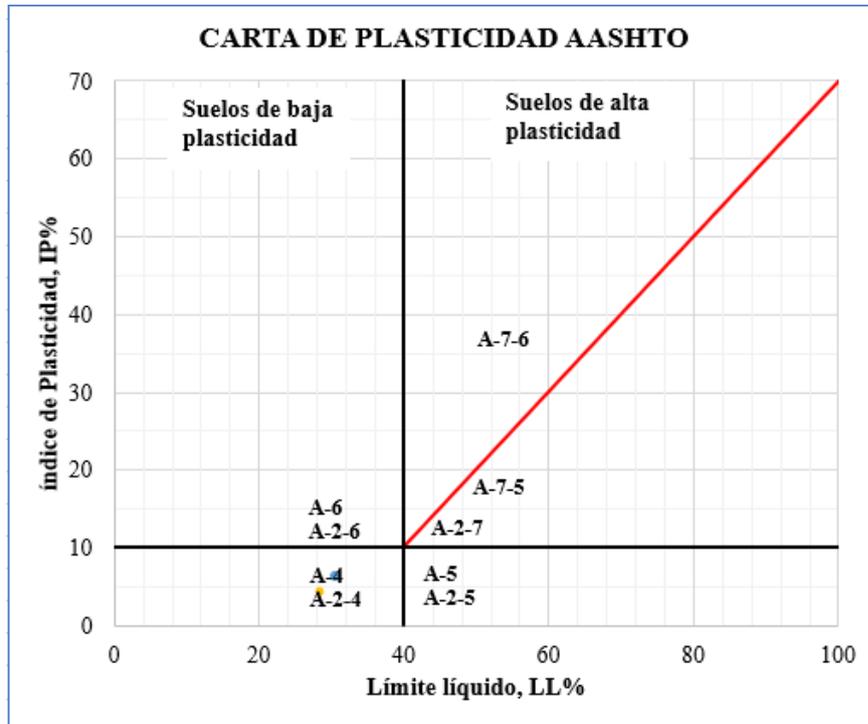
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos



GRANULOMETRÍA

Operador: S.R Parroquia: Quisapincha
Cantón: Ambato Sector: Centro parroquial
Pozo N°: 20 Muestra N°: 20 Profundidad: 0.6 m

Tipo de suelo según:			
AASHTO:	A-2-4	SUCS:	SP-SM





LÍMITES ATTERBERG

Operador: S.R
Cantón: Ambato
Pozo N°: 20

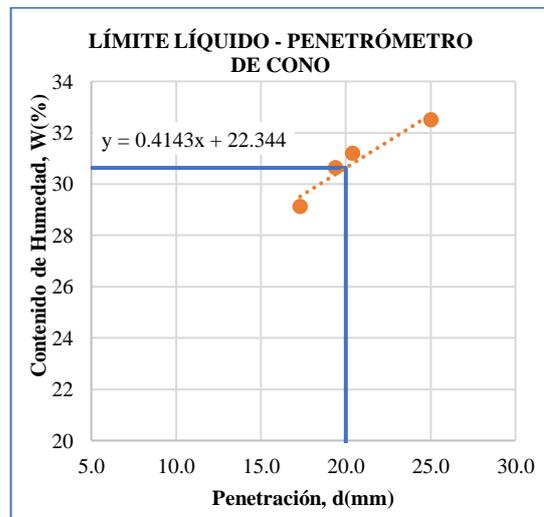
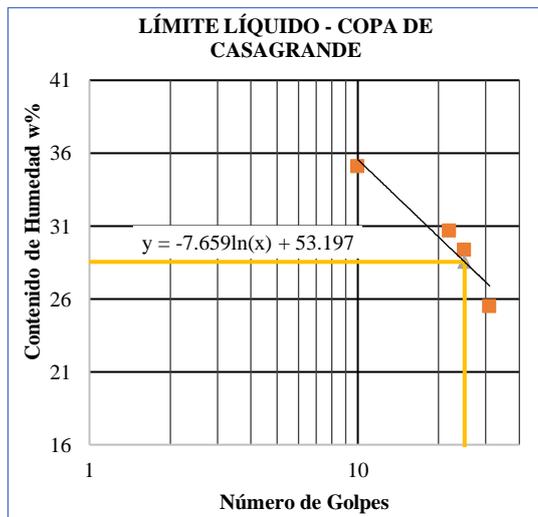
Parroquia: Quisapincha
Sector: Centro parroquial
Muestra N°: 20

Profundidad: 0.6 m

Número de Golpes	Límite Plástico		Límite Líquido								Penetrómetro de Cono			
			Copa de Casagrande				Penetrómetro de Cono							
			10	22	25	31					25.0	20.4	19.4	17.3
Penetración (mm)											LP1	LP3	LP6	LP5
N° Recipiente	P4	12	2	64	78	38	79	10	18	75				
Peso de Recipiente (g)	10.6	10.6	10.9	11.2	11.5	11.7	11.3	11.0	11.5	10.9	6.7	6.3	6.3	6.1
Peso Recipiente + Suelo Húmedo (g)	17.3	18.2	20.5	19.7	18.8	22.7	18.0	19.7	18.9	17.3	27.5	18.5	25.5	16.3
Peso Recipiente + Suelo Seco (g)	16.0	16.7	18.0	17.5	17.1	20.1	16.5	17.7	17.4	16.0	22.4	15.6	21.0	14.0
Peso Agua (g)	1.3	1.5	2.5	2.2	1.7	2.6	1.5	2.0	1.5	1.3	5.1	2.9	4.5	2.3
Peso Muestra Seca (g)	5.4	6.1	7.1	6.3	5.6	8.4	5.2	6.7	5.9	5.1	15.7	9.3	14.7	7.9
Contenido de Humedad (w%)	24.1	24.6	35.2	34.9	30.4	31.0	28.8	29.9	25.4	25.5	32.5	31.2	30.6	29.1
Promedio Contenido de Humedad (wprom%)			35.1		30.7		29.3		25.5					
Resultado	24.3		29				31							

Índice de Plasticidad	
IP = WL _(CC) - WP	4.2
IP = WL _(PC) - WP	6.3

Límite de Contracción	
N° Recipiente	8
Masa de cápsula de contracción (m1)	22.0
Masa de cápsula + Suelo Húmedo (m2)	55.9
Masa de cápsula + Suelo Seco (m3)	47.9
Masa de Agua (m4=m2-m3)	8.0
Masa de Suelo Seco (m5=m3-m1)	25.9
Contenido de Humedad (W% = m4/m5*100)	30.9
Volumen de cápsula (Vi)	19.0
Volumen de Muestra Seca (Vf)	18.2
(Vi - Vf) / m5*100	3.0
Límite de Contracción (Ls = W% - ((Vi - Vf) / m5*γW)*100)	27.8



MUESTRA N°21

Ubicación:

Provincia: Tungurahua

Cantón: Ambato

Parroquia rural: Quisapincha

Sector: Illagua Grande

Coordenadas UTM: 17M, 754888.2E, 9864779.7N

Descripción de la muestra:

Clasificación SUCS: SW-SM

Clasificación AASHTO: A-2-5



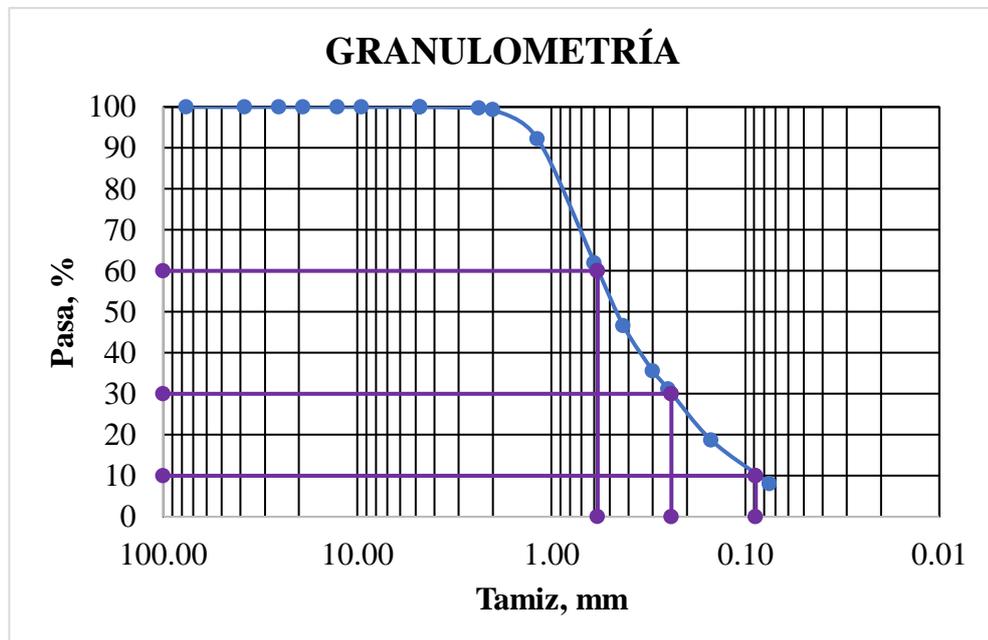
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos
GRANULOMETRÍA



Operador: S.R **Parroquia:** Quisapincha
Cantón: Ambato **Sector:** Illagua Grande
Pozo N°: 21 **Muestra N°:** 21 **Profundidad:** 0.6m

Tamiz		Peso Retenido Acumulado (g)	Retenido Acumulado (%)	Retenido Parcial (%)	Pasa (%)
N°	mm				
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.530	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Pasa N°4		700.00			
8	2.360	1.80	0.26	0.26	99.74
10	2.000	4.40	0.63	0.37	99.37
16	1.180	53.80	7.69	7.07	92.31
30	0.600	265.40	37.96	30.26	62.04
40	0.425	373.40	53.40	15.45	46.60
50	0.300	450.00	64.36	10.96	35.64
60	0.250	481.10	68.81	4.45	31.19
100	0.150	568.40	81.29	12.49	18.71
200	0.075	642.40	91.88	10.58	8.12
Fuente		56.80	8.12		
PESO TOTAL		699.20			

COEFICIENTES DEL SUELO	
D10	0.09 mm
D30	0.24 mm
D60	0.58 mm
Coefficiente de uniformidad (Cu)	6.5
Grado de curvatura Cc)	1.1





LÍMITES ATTERBERG

Operador: S.R.
Cantón: Ambato
Pozo N°: 21

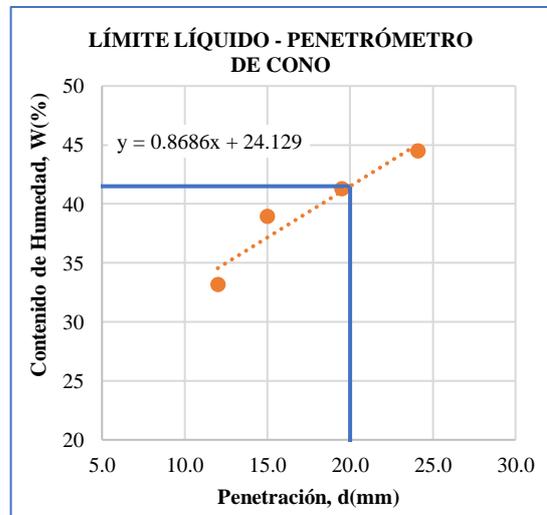
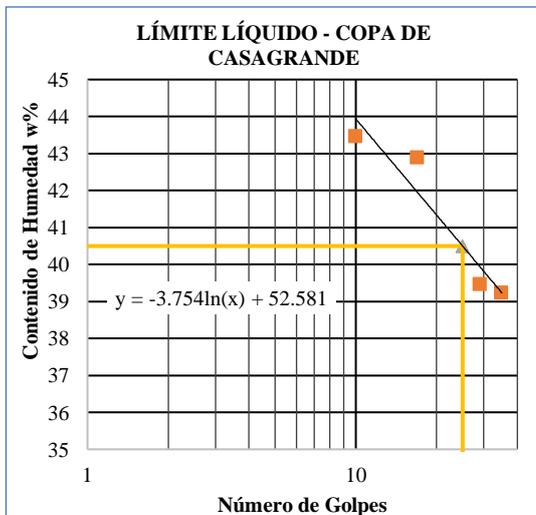
Parroquia: Quisapincha
Sector: Illagua Grande
Muestra N°: 21

Profundidad: 0.6 m

Número de Golpes	Límite Plástico		Límite Líquido								Penetrómetro de Cono					
			Copa de Casagrande				Copa de Casagrande				Penetrómetro de Cono					
			10	17	29	35					24.1	19.5	15.0	12.0		
Penetración (mm)											SR1	S6	SR5	S7		
N° Recipiente	18	202	78	64	18	75	2	38	79	16						
Peso de Recipiente (g)	10.8	10.8	11.5	11.2	11.5	10.9	10.9	11.7	11.3	11.2	6.4	6.5	6.4	14.0		
Peso Recipiente + Suelo Húmedo (g)	16.6	16.0	21.1	19.1	18.1	18.3	16.8	17.1	20.3	19.6	35.3	33.2	29.6	38.1		
Peso Recipiente + Suelo Seco (g)	15.1	14.6	18.2	16.7	16.1	16.1	15.1	15.6	17.8	17.2	26.4	25.4	23.1	32.1		
Peso Agua (g)	1.5	1.4	2.9	2.4	2.0	2.2	1.7	1.5	2.5	2.4	8.9	7.8	6.5	6.0		
Peso Muestra Seca (g)	4.3	3.8	6.7	5.5	4.6	5.2	4.2	3.9	6.5	6.0	20.0	18.9	16.7	18.1		
Contenido de Humedad (w%)	34.9	36.8	43.3	43.6	43.5	42.3	40.5	38.5	38.5	40.0	44.5	41.3	38.9	33.1		
Promedio Contenido de Humedad (w _{prom} %)			43.5		42.9		39.5		39.2							
Resultado	35.86		40								42					

Índice de Plasticidad	
IP = WL _(CC) - WP	4.6
IP = WL _(PC) - WP	5.6

Límite de Contracción	
N° Recipiente	4
Masa de cápsula de contracción (m1)	22.5
Masa de cápsula + Suelo Húmedo (m2)	54.3
Masa de cápsula + Suelo Seco (m3)	44.7
Masa de Agua (m4=m2-m3)	9.6
Masa de Suelo Seco (m5=m3-m1)	22.2
Contenido de Humedad (W% = m4/m5*100)	43.2
Volumen de cápsula (Vi)	19.2
Volumen de Muestra Seca (Vf)	18.1
(Vi - Vf) / m5*100	4.9
Límite de Contracción (Ls = W% - ((Vi - Vf) / m5*γW)*100)	38.4



MUESTRA N°22

Ubicación:

Provincia: Tungurahua

Cantón: Ambato

Parroquia rural: San Bartolomé de Pinlo

Sector: Centro Parroquial

Coordenadas UTM: 17M, 762301.4E, 9863736.3N

Descripción de la muestra:

Clasificación SUCS: SM

Clasificación AASHTO: A-2-4



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos

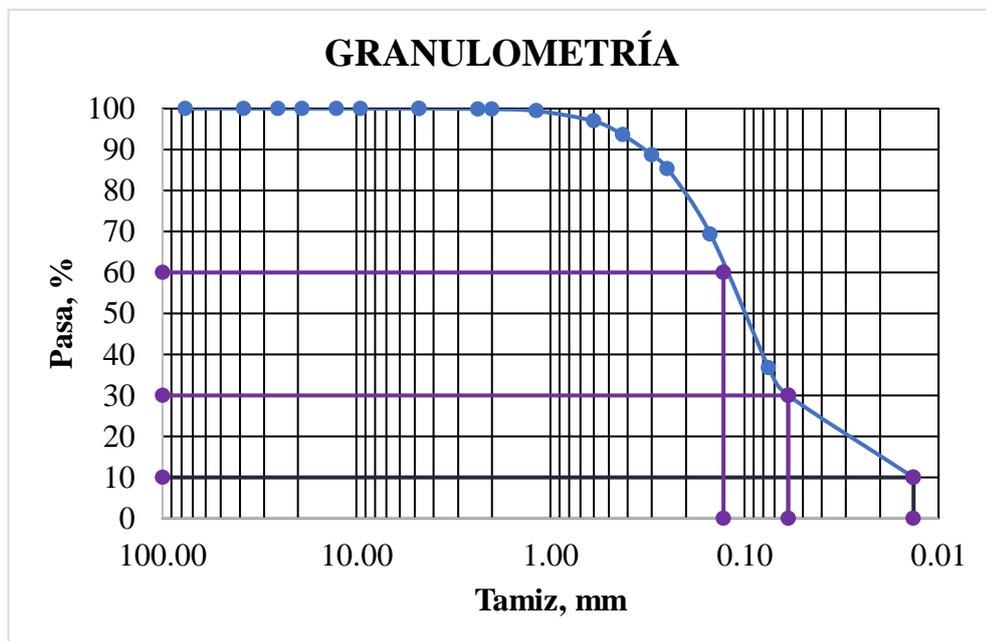


GRANULOMETRÍA

Operador: S.R **Parroquia:** San Bartolomé de Pinllo
Cantón: Ambato **Sector:** Centro parroquial
Pozo N°: 22 **Muestra N°:** 22 **Profundidad:** 0.6 m

Tamiz		Peso Retenido Acumulado (g)	Retenido Acumulado (%)	Retenido Parcial (%)	Pasa (%)
N°	mm				
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.530	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Pasa N°4		700.00			
8	2.360	0.60	0.06	0.06	99.94
10	2.000	1.30	0.13	0.07	99.87
16	1.180	5.60	0.56	0.43	99.44
30	0.600	30.30	3.04	2.48	96.96
40	0.425	63.70	6.39	3.35	93.61
50	0.300	112.60	11.29	4.90	88.71
60	0.250	145.70	14.61	3.32	85.39
100	0.150	305.30	30.61	16.00	69.39
200	0.075	630.70	63.23	32.62	36.77
Fuente		366.80	36.77		
0.01					10.00
PESO TOTAL		997.50			

COEFICIENTES DEL SUELO	
D10	0.01 mm
D30	0.06 mm
D60	0.13 mm
Coefficiente de uniformidad (Cu)	9.55
Grado de curvatura (Cc)	2.05





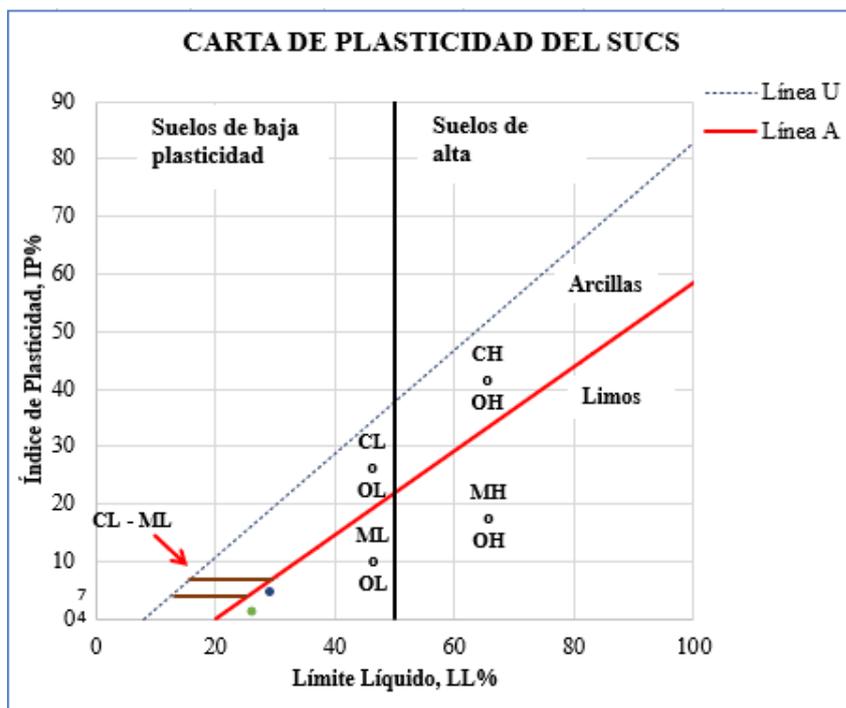
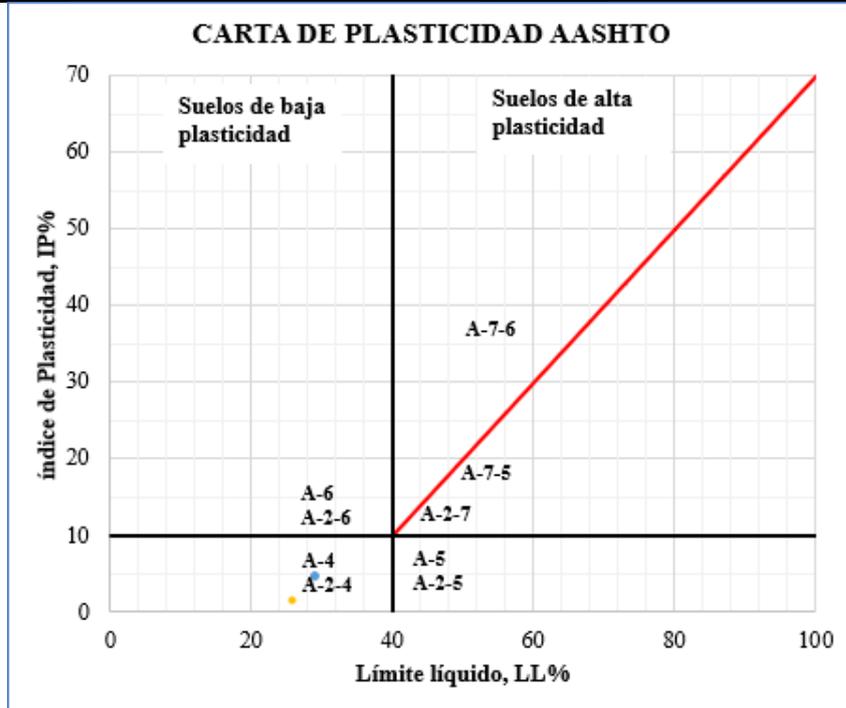
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos



GRANULOMETRÍA

Operador: S.R **Parroquia:** San Bartolomé de Pinllo
Cantón: Ambato **Sector:** Centro parroquial
Pozo N°: 22 **Muestra N°:** 22 **Profundidad:** 0.6 m

Tipo de suelo según:			
AASHTO:	A-2-4	SUCS:	SM





LÍMITES ATTERBERG

Operador: S.R
Cantón: Ambato
Pozo N°: 22

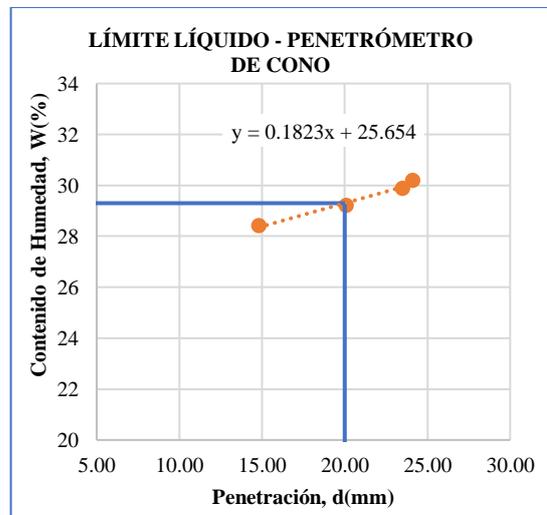
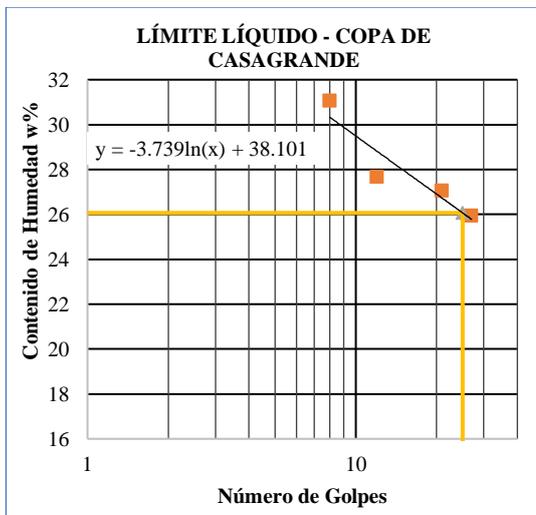
Parroquia: San Bartolomé de Pinllo
Sector: Centro Parroquial
Muestra N°: 22

Profundidad: 0.6 m

Número de Golpes	Límite Plástico		Límite Líquido								Penetrómetro de Cono							
			Copa de Casagrande				Penetrómetro de Cono											
			8	21	12	27												
Penetración (mm)											24.10	14.80	20.10	23.50				
N° Recipiente	202	18	75	18	64	79	38	2	16	78	SR9	LP4	SR6	SR5				
Peso de Recipiente (g)	10.8	10.8	10.9	11.5	11.2	11.3	11.7	10.9	11.2	11.5	6.5	6.1	6.4	6.4				
Peso Recipiente + Suelo Húmedo (g)	15.7	16.0	18.7	18.5	17.5	18.6	19.2	20.0	16.4	18.0	20.3	17.4	24.1	25.1				
Peso Recipiente + Suelo Seco (g)	14.7	15.0	16.9	16.8	16.2	17.0	17.6	18.0	15.3	16.7	17.1	14.9	20.1	20.8				
Peso Agua (g)	1.0	1.0	1.8	1.7	1.3	1.6	1.6	2.0	1.1	1.3	3.2	2.5	4.0	4.3				
Peso Muestra Seca (g)	3.9	4.2	6.0	5.3	5.0	5.7	5.9	7.1	4.1	5.2	10.6	8.8	13.7	14.4				
Contenido de Humedad (w%)	25.6	23.8	30.0	32.1	26.0	28.1	27.1	28.2	26.8	25.0	30.2	28.4	29.2	29.9				
Promedio Contenido de Humedad (w _{prom} %)			31.0		27.0		27.6		25.9									
Resultado	24.7		26				29											

Índice de Plasticidad	
IP = WL _(CC) - WP	1.3
IP = WL _(PC) - WP	4.6

Límite de Contracción	
N° Recipiente	4
Masa de cápsula de contracción (m1)	22.5
Masa de cápsula + Suelo Húmedo (m2)	58.8
Masa de cápsula + Suelo Seco (m3)	50.6
Masa de Agua (m4=m2-m3)	8.2
Masa de Suelo Seco (m5=m3-m1)	28.1
Contenido de Humedad (W% = m4/m5*100)	29.2
Volumen de cápsula (Vi)	19.2
Volumen de Muestra Seca (Vf)	18.0
(Vi - Vf) /m5*100	4.3
Límite de Contracción (Ls = W% - ((Vi - Vf) /m5*γW)*100)	24.8



MUESTRA N°23

Ubicación:

Provincia: Tungurahua

Cantón: Ambato

Parroquia rural: San Bartolomé de Pinlo

Sector: La Esperanza

Coordenadas UTM: 17M, 761723.6E, 9863407.0N

Descripción de la muestra:

Clasificación SUCS: SC

Clasificación AASHTO: A-2-6



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos

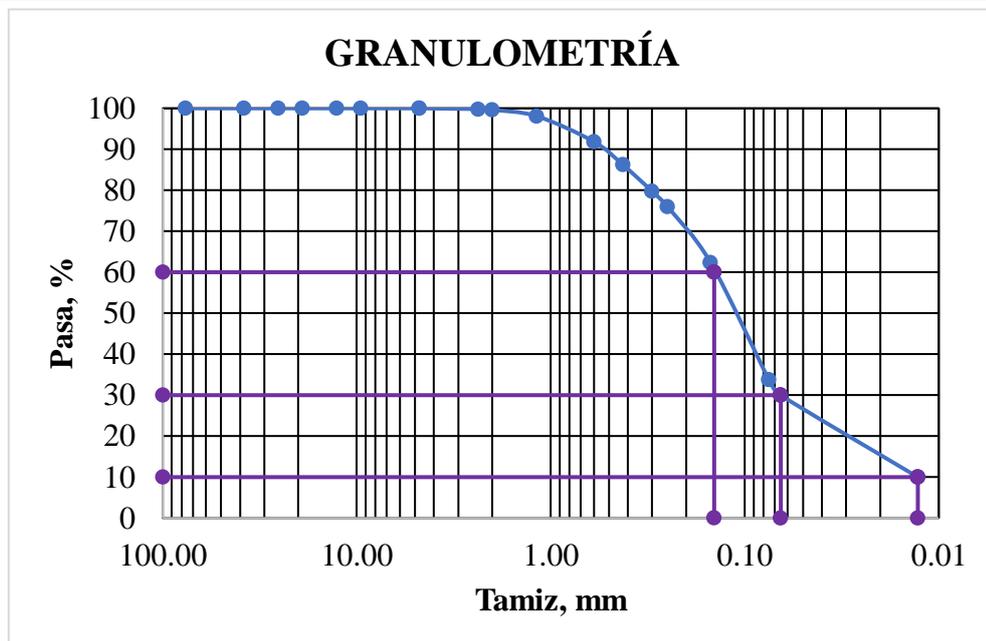


GRANULOMETRÍA

Operador: S.R **Parroquia:** San Bartolomé de Pinllo
Cantón: Ambato **Sector:** La Esperanza
Pozo N°: 23 **Muestra N°:** 23 **Profundidad:** 0.6 m

Tamiz		Peso Retenido Acumulado (g)	Retenido Acumulado (%)	Retenido Parcial (%)	Pasa (%)
N°	mm				
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.530	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Pasa N°4		700.00			
8	2.360	1.80	0.18	0.18	99.82
10	2.000	3.70	0.37	0.19	99.63
16	1.180	19.40	1.92	1.55	98.08
30	0.600	82.20	8.12	6.20	91.88
40	0.425	139.40	13.77	5.65	86.23
50	0.300	205.30	20.28	6.51	79.72
60	0.250	243.50	24.05	3.77	75.95
100	0.150	380.90	37.62	13.57	62.38
200	0.075	670.80	66.26	28.63	33.74
Fuente		341.60	33.74		
0.01					
PESO TOTAL		1012.40			

COEFICIENTES DEL SUELO	
D10	0.01 mm
D30	0.07 mm
D60	0.14 mm
Coefficiente de uniformidad (Cu)	11.2
Grado de curvatura (Cc)	2.3





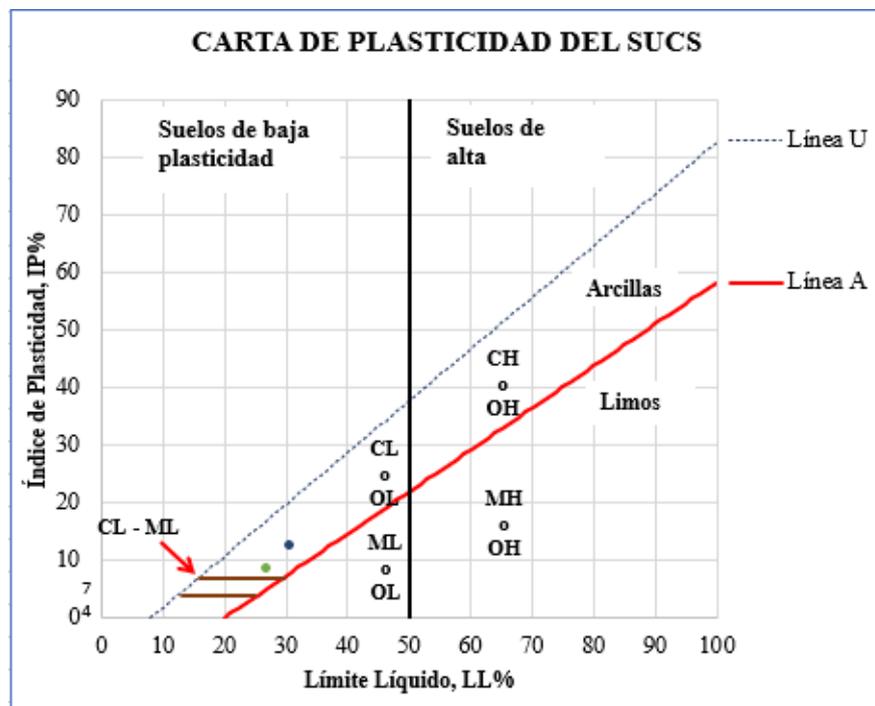
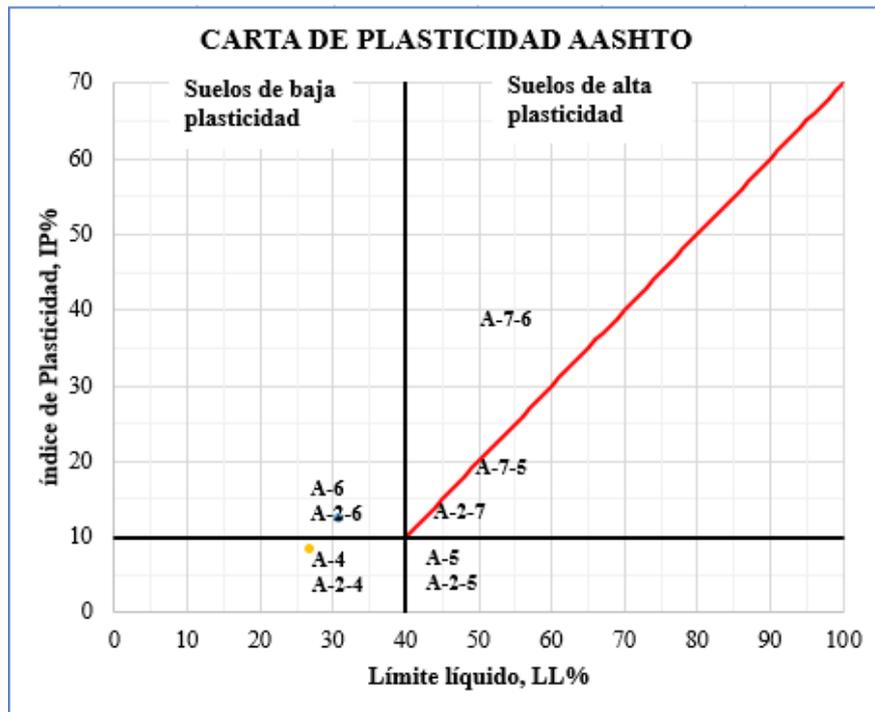
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos



GRANULOMETRÍA

Operador: S.R Parroquia: San Bartolomé de Pinllo
Cantón: Ambato Sector: La Esperanza
Pozo N°: 23 Muestra N°: 23 Profundidad: 0.6 m

Tipo de suelo según:	
AASHTO:	A-2-6
SUCS:	SC





LÍMITES ATTERBERG

Operador: S.R
Cantón: Ambato
Pozo N°: 23

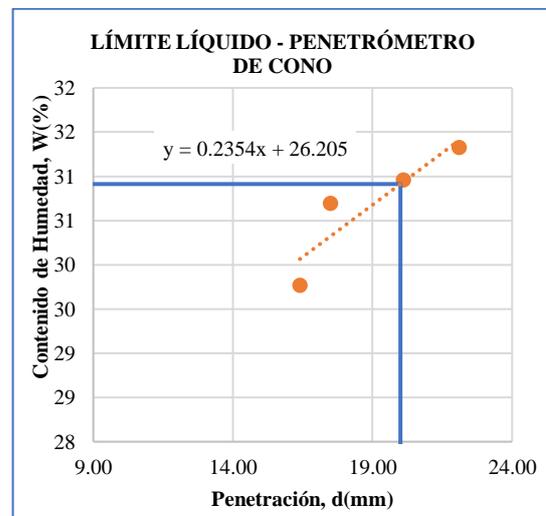
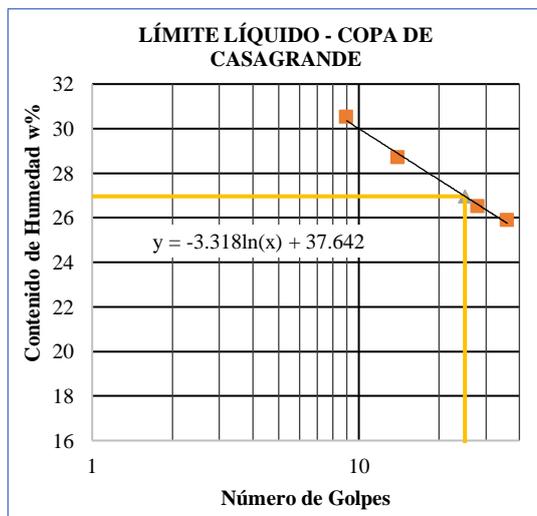
Parroquia: San Bartolomé de Pinllo
Sector: La Esperanza
Muestra N°: 23

Profundidad: 0.6 m

	Límite Plástico		Límite Líquido								Penetrómetro de Cono			
			Copa de Casagrande				Penetrómetro de Cono							
Número de Golpes			9		14		36		28					
Penetración (mm)											22.10	16.40	17.50	20.10
N° Recipiente	P4	18	SR4	SR6	S6	SR5	S2	S1	26	10	SR6	SR10	SR1	S7
Peso de Recipiente (g)	10.6	10.8	6.7	6.4	6.5	6.4	21.9	22.8	11.2	11.0	6.4	6.3	6.4	14.0
Peso Recipiente + Suelo Húmedo (g)	15.7	15.9	13.4	13.4	14.3	14.3	29.9	30.9	18.6	18.4	17.3	17.2	19.6	30.5
Peso Recipiente + Suelo Seco (g)	14.9	15.1	11.8	11.8	12.6	12.5	28.3	29.2	17.0	16.9	14.7	14.7	16.5	26.6
Peso Agua (g)	0.8	0.8	1.6	1.6	1.7	1.8	1.6	1.7	1.6	1.5	2.6	2.5	3.1	3.9
Peso Muestra Seca (g)	4.3	4.3	5.1	5.4	6.1	6.1	6.4	6.4	5.8	5.9	8.3	8.4	10.1	12.6
Contenido de Humedad (w%)	18.6	18.6	31.4	29.6	27.9	29.5	25.1	26.6	27.6	25.4	31.3	29.8	30.7	31.0
Promedio Contenido de Humedad (w _{prom} %)			30.5		28.7		25.9		26.5					
Resultado	18.6		27				31							

Índice de Plasticidad	
IP = WL _(CC) - WP	8.4
IP = WL _(PC) - WP	12.3

Límite de Contracción	
N° Recipiente	9
Masa de cápsula de contracción (m1)	22.2
Masa de cápsula + Suelo Húmedo (m2)	56.1
Masa de cápsula + Suelo Seco (m3)	46.9
Masa de Agua (m4=m2-m3)	9.2
Masa de Suelo Seco (m5=m3-m1)	24.7
Contenido de Humedad (W% = m4/m5*100)	37.2
Volumen de cápsula (Vi)	19.2
Volumen de Muestra Seca (Vf)	16.5
(Vi - Vf) / m5*100	11.1
Límite de Contracción (Ls = W% - ((Vi - Vf) / m5*γ)*100)	26.2



MUESTRA N°24

Ubicación:

Provincia: Tungurahua

Cantón: Ambato

Parroquia rural: San Fernando

Sector: Centro Parroquial

Coordenadas UTM: 17M, 750670.5E, 9859995.8N

Descripción de la muestra:

Clasificación SUCS: SM

Clasificación AASHTO: A-2-4



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos

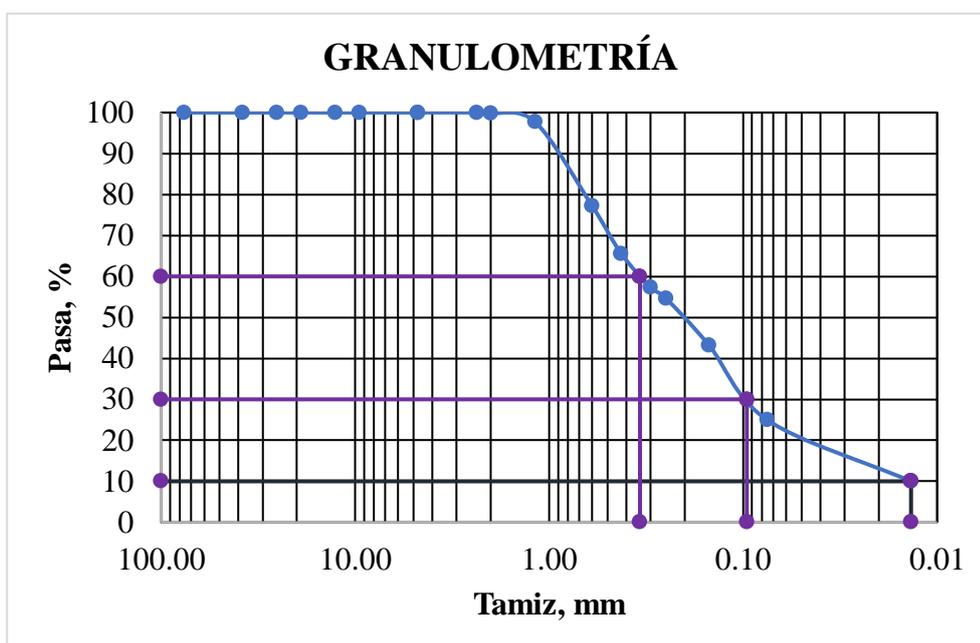


GRANULOMETRÍA

Operador: S.R **Parroquia:** San Fernando
Cantón: Ambato **Sector:** Centro parroquial
Pozo N°: 24 **Muestra N°:** 24 **Profundidad:** 0.6 m

N°	Tamiz		Peso Retenido Acumulado (g)	Retenido Acumulado (%)	Retenido Parcial (%)	Pasa (%)
		mm				
	3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
	1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
	1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
	3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
	1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
	3/8"	9.530	0.00	0.00	0.00	100.00
	4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
	Pasa N°4		700.00			
	8	2.360	0.00	0.00	0.00	100.00
	10	2.000	1.10	0.16	0.16	99.84
	16	1.180	16.10	2.31	2.15	97.69
	30	0.600	159.20	22.82	20.51	77.18
	40	0.425	240.40	34.46	11.64	65.54
	50	0.300	297.40	42.63	8.17	57.37
	60	0.250	316.50	45.37	2.74	54.63
	100	0.150	396.20	56.79	11.42	43.21
	200	0.075	523.60	75.06	18.26	24.94
	Fuente	0.01	174.00	24.94		
	PESO TOTAL		697.60			

COEFICIENTES DEL SUELO	
D10	0.01 mm
D30	0.10 mm
D60	0.34 mm
Coefficiente de uniformidad (Cu)	25.0
Grado de curvatura (Cc)	2.0





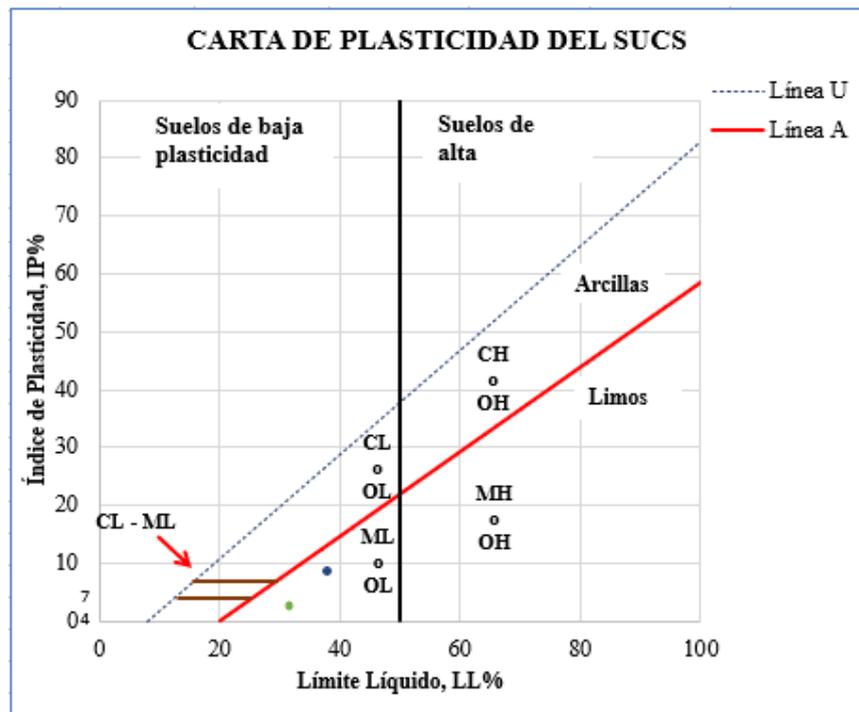
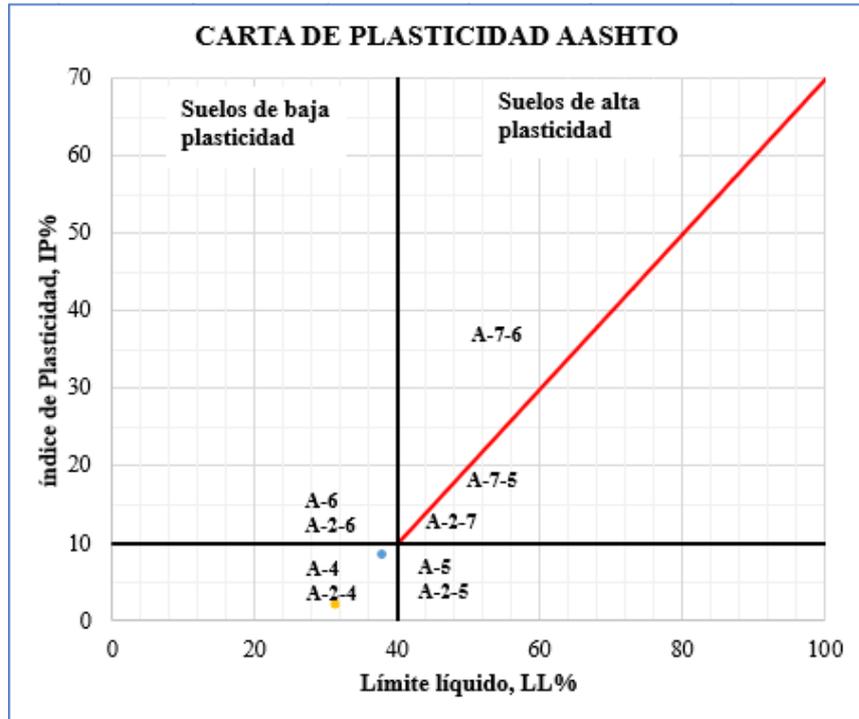
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos



GRANULOMETRÍA

Operador: S.R Parroquia: San Fernando
Cantón: Ambato Sector: Centro parroquial
Pozo N°: 24 Muestra N°: 24 Profundidad: 0.6 m

Tipo de suelo según:			
AASHTO:	A-2-4	SUCS:	SM





LÍMITES ATTERBERG

Operador: S.R
Cantón: Ambato
Pozo N°: 24

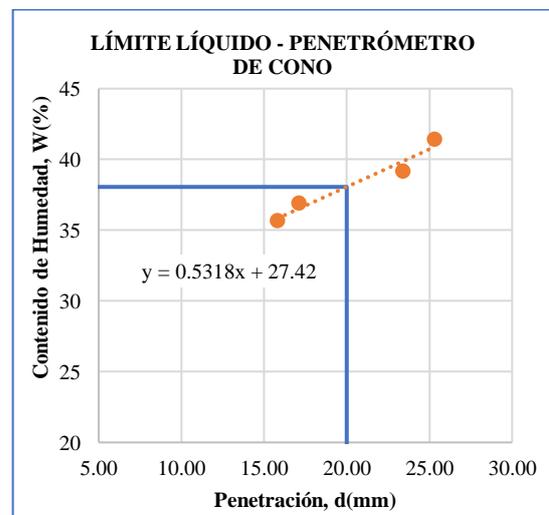
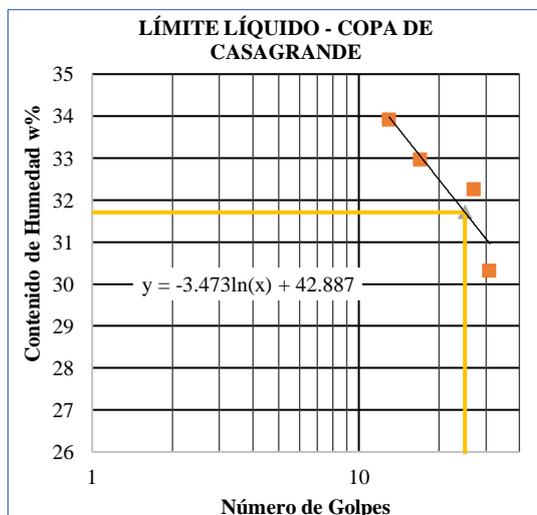
Parroquia: San Fernando
Sector: Centro parroquial
Muestra N°: 24

Profundidad: 0.6 m

Número de Golpes	Límite Plástico		Límite Líquido												
			Copa de Casagrande								Penetrómetro de Cono				
			31		13		27		17		25.30		23.40		17.10
Penetración (mm)	18	17	S6	SR4	SR5	SR6	16	17	62	3A	SR7	SR3	SR4	SR2	
Peso de Recipiente (g)	10.8	10.9	6.5	6.7	6.4	6.4	11.2	11.5	11.0	11.5	6.3	6.5	6.7	6.3	
Peso Recipiente + Suelo Húmedo (g)	19.6	19.2	16.9	15.2	15.4	18.1	19.3	22.3	22.8	24.3	20.3	32.1	28.6	23.8	
Peso Recipiente + Suelo Seco (g)	17.6	17.3	14.5	13.2	13.0	15.3	17.3	19.7	19.9	21.1	16.2	24.9	22.7	19.2	
Peso Agua (g)	2.0	1.9	2.4	2.0	2.4	2.8	2.0	2.6	2.9	3.2	4.1	7.2	5.9	4.6	
Peso Muestra Seca (g)	6.8	6.4	8.0	6.5	6.6	8.9	6.1	8.2	8.9	9.6	9.9	18.4	16.0	12.9	
Contenido de Humedad (w%)	29.4	29.7	29.9	30.8	36.4	31.5	32.8	31.7	32.6	33.3	41.4	39.1	36.9	35.7	
Promedio Contenido de Humedad (w _{prom} %)			30.3		33.9		32.2		33.0						
Resultado	29.55		32								38				

Índice de Plasticidad	
IP = WL _(CC) - WP	2.2
IP = WL _(PC) - WP	8.5

Límite de Contracción	
N° Recipiente	8
Masa de cápsula de contracción (m1)	22.0
Masa de cápsula + Suelo Húmedo (m2)	55.9
Masa de cápsula + Suelo Seco (m3)	47.1
Masa de Agua (m4=m2-m3)	8.8
Masa de Suelo Seco (m5=m3-m1)	25.1
Contenido de Humedad (W% = m4/m5*100)	35.1
Volumen de cápsula (Vi)	19.0
Volumen de Muestra Seca (Vf)	18.0
(Vi - Vf) /m5*100	4.1
Límite de Contracción (Ls = W% - ((Vi - Vf) /m5*γW)*100)	30.9



MUESTRA N°25

Ubicación:

Provincia: Tungurahua

Cantón: Ambato

Parroquia rural: San Fernando

Sector: Culac

Coordenadas UTM: 17M, 750272.4E, 9860717.0N

Descripción de la muestra:

Clasificación SUCS: SM

Clasificación AASHTO: A-2-4



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos

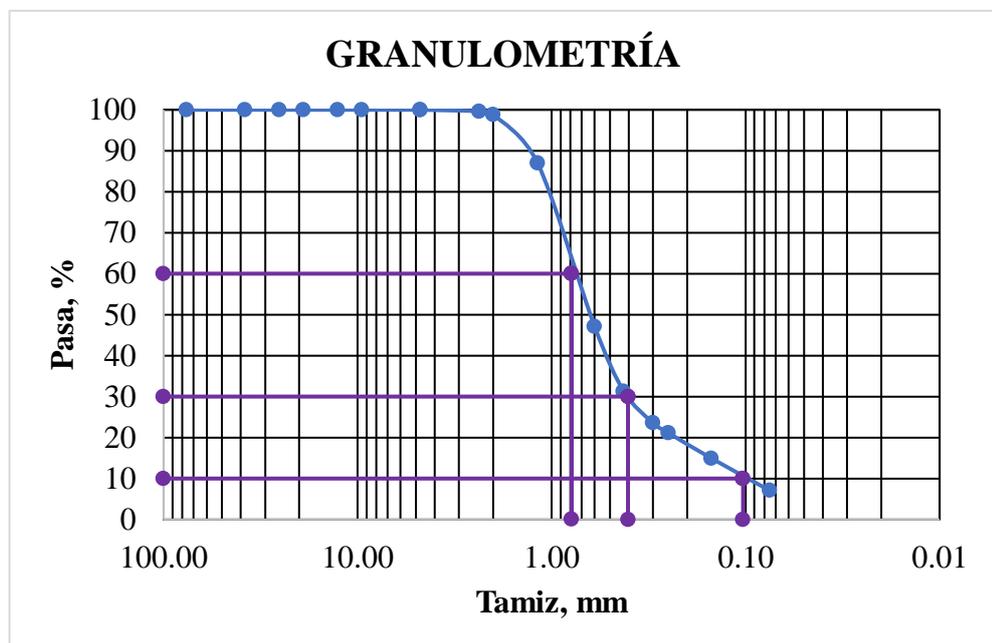


GRANULOMETRÍA

Operador: S.R **Parroquia:** San Fernando
Cantón: Ambato **Sector:** Culac
Pozo N°: 25 **Muestra N°:** 25 **Profundidad:** 0.6 m

N°	Tamiz		Peso Retenido Acumulado (g)	Retenido Acumulado (%)	Retenido Parcial (%)	Pasa (%)
		mm				
	3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
	1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
	1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
	3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
	1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
	3/8"	9.530	0.00	0.00	0.00	100.00
	4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
	Pasa N°4		700.00			
	8	2.360	2.70	0.39	0.39	99.61
	10	2.000	8.40	1.20	0.82	98.80
	16	1.180	91.10	13.04	11.84	86.96
	30	0.600	369.60	52.91	39.87	47.09
	40	0.425	479.80	68.69	15.78	31.31
	50	0.300	534.00	76.45	7.76	23.55
	60	0.250	550.80	78.85	2.41	21.15
	100	0.150	594.20	85.07	6.21	14.93
	200	0.075	649.20	92.94	7.87	7.06
	Fuente		49.30	7.06		
	PESO TOTAL		698.50			

COEFICIENTES DEL SUELO	
D10	0.10 mm
D30	0.40 mm
D60	0.79 mm
Coefficiente de uniformidad (Cu)	7.6
Grado de curvatura (Cc)	2.0





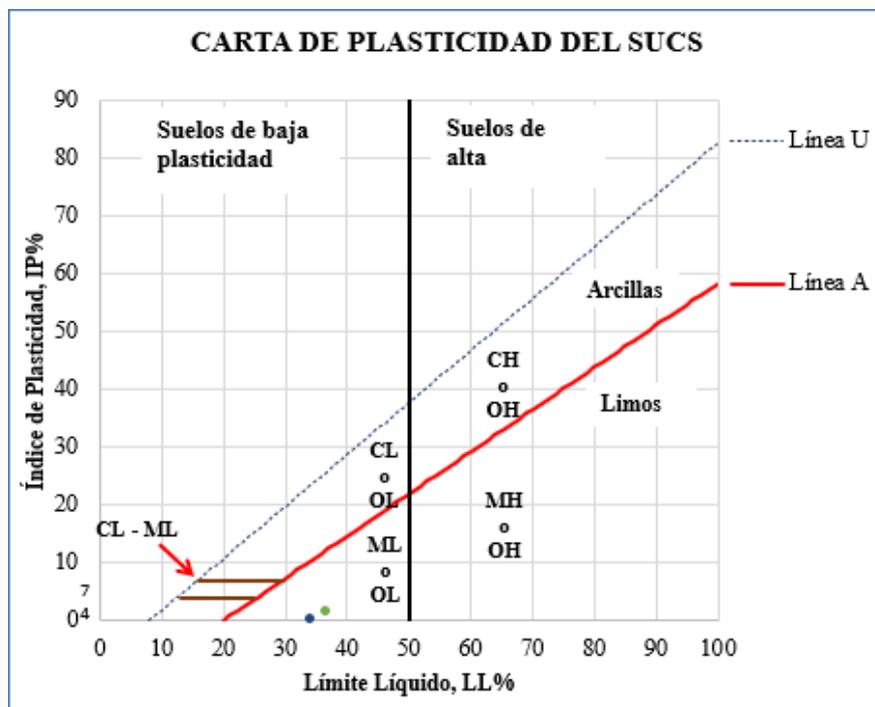
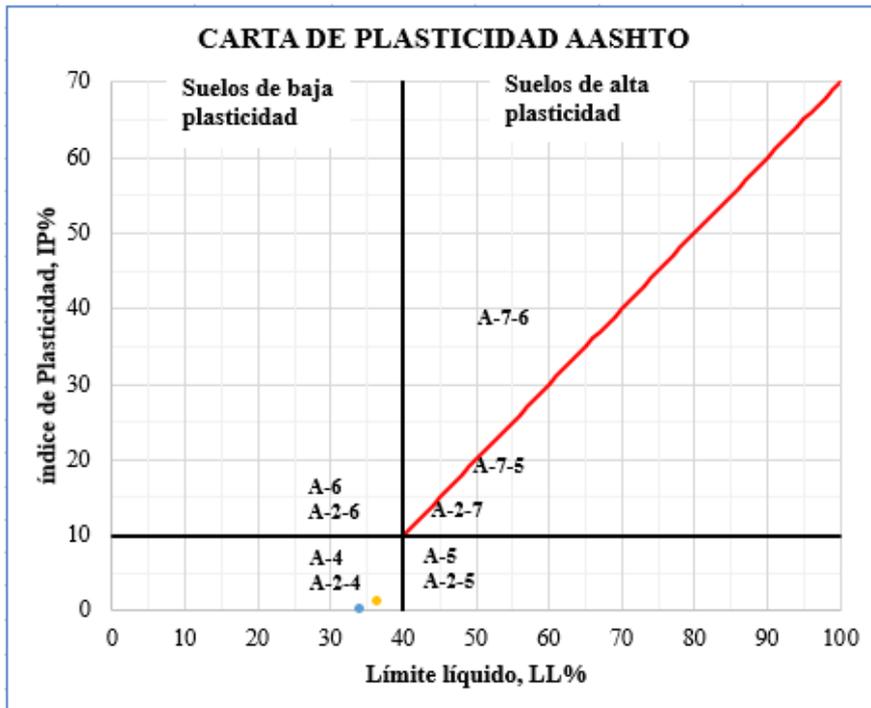
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos



GRANULOMETRÍA

Operador: S.R Parroquia: San Fernando
Cantón: Ambato Sector: Culac
Pozo N°: 25 Muestra N°: 25 Profundidad: 0.6 m

Tipo de suelo según:			
AASHTO:	A-2-4	SUCS:	SM





LÍMITES ATTERBERG

Operador: S.R
Cantón: Ambato
Pozo N°: 25

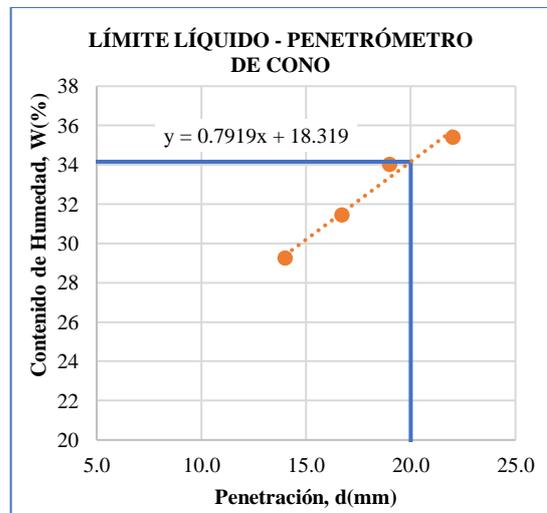
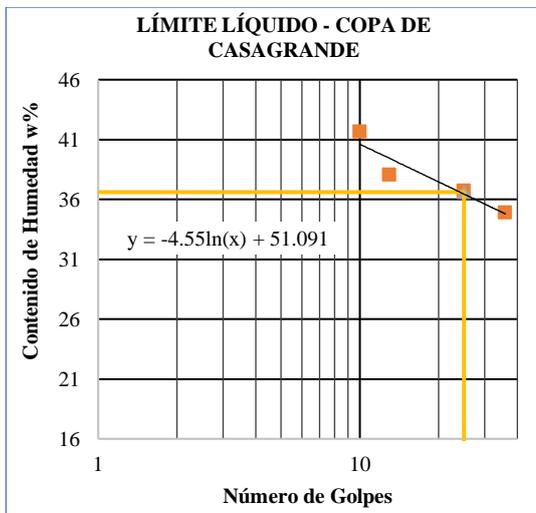
Parroquia: San Fernando
Sector: Culac
Muestra N°: 25

Profundidad: 0.6 m

Número de Golpes	Límite Plástico		Límite Líquido										Penetrómetro de Cono			
			Copa de Casagrande					Penetrómetro de Cono								
			10	13	25	36					22.0	16.7	19.0	14.0		
Penetración (mm)													22.0	16.7	19.0	14.0
N° Recipiente	3	17	SR1	SR7	LP9	LP6	LP5	LP1	LP3	LP10	SR2	SR9	SR3	SR10		
Peso de Recipiente (g)	10.6	10.9	6.4	6.3	6.5	6.3	6.1	6.7	6.3	6.4	6.3	6.5	6.5	6.3		
Peso Recipiente + Suelo Húmedo (g)	16.4	16.2	13.5	15.2	14.7	14.8	15.0	15.3	16.5	17.1	15.1	11.1	13.2	20.0		
Peso Recipiente + Suelo Seco (g)	14.9	14.8	11.4	12.6	12.4	12.5	12.6	13.0	13.8	14.4	12.8	10.0	11.5	16.9		
Peso Agua (g)	1.5	1.4	2.1	2.6	2.3	2.3	2.4	2.3	2.7	2.7	2.3	1.1	1.7	3.1		
Peso Muestra Seca (g)	4.3	3.9	5.0	6.3	5.9	6.2	6.5	6.3	7.5	8.0	6.5	3.5	5.0	10.6		
Contenido de Humedad (w%)	34.9	35.9	42.0	41.3	39.0	37.1	36.9	36.5	36.0	33.8	35.4	31.4	34.0	29.2		
Promedio Contenido de Humedad (w _{prom} %)			41.6		38.0		36.7		34.9							
Resultado	35.4		37					34								

Índice de Plasticidad	
IP = WL _(CC) - WP	1.2
IP = WL _(PC) - WP	-1.2

Límite de Contracción	
N° Recipiente	8
Masa de cápsula de contracción (m1)	22.0
Masa de cápsula + Suelo Húmedo (m2)	53.5
Masa de cápsula + Suelo Seco (m3)	44.3
Masa de Agua (m4=m2-m3)	9.2
Masa de Suelo Seco (m5=m3-m1)	22.3
Contenido de Humedad (W% = m4/m5*100)	41.3
Volumen de cápsula (Vi)	19.0
Volumen de Muestra Seca (Vf)	17.8
(Vi - Vf) /m5*100	5.6
Límite de Contracción (Ls = W% - ((Vi - Vf) /m5*γW)*100)	35.7



MUESTRA N°26

Ubicación:

Provincia: Tungurahua

Cantón: Ambato

Parroquia rural: Santa Rosa

Sector: Centro Parroquial

Coordenadas UTM: 17M, 759993.1E, 9858012.5N

Descripción de la muestra:

Clasificación SUCS: SM

Clasificación AASHTO: A-2-4



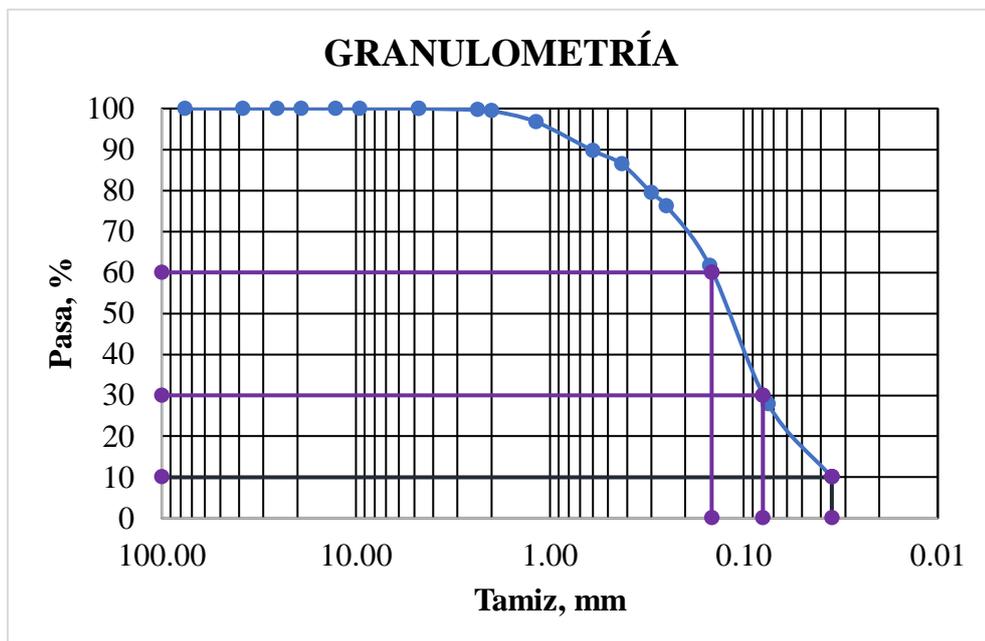
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos
GRANULOMETRÍA



Operador: S.R **Parroquia:** Santa Rosa
Cantón: Ambato **Sector:** Centro parroquial
Pozo N°: 26 **Muestra N°:** 26 **Profundidad:** 0.6 m

N°	Tamiz		Peso Retenido Acumulado (g)	Retenido Acumulado (%)	Retenido Parcial (%)	Pasa (%)
		mm				
	3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
	1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
	1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
	3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
	1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
	3/8"	9.530	0.00	0.00	0.00	100.00
	4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Pasa N°4			700.00			
	8	2.360	2.30	0.33	0.33	99.67
	10	2.000	3.80	0.54	0.21	99.46
	16	1.180	22.70	3.25	2.70	96.75
	30	0.600	71.90	10.28	7.03	89.72
	40	0.425	94.90	13.57	3.29	86.43
	50	0.300	143.50	20.51	6.95	79.49
	60	0.250	166.60	23.82	3.30	76.18
	100	0.150	268.40	38.37	14.55	61.63
	200	0.075	504.30	72.09	33.72	27.91
Fuente		0.04	195.20	27.91		
PESO TOTAL			699.50			

COEFICIENTES DEL SUELO	
D10	0.04 mm
D30	0.08 mm
D60	0.15 mm
Coefficiente de uniformidad (Cu)	4.2
Grado de curvatura (Cc)	1.2





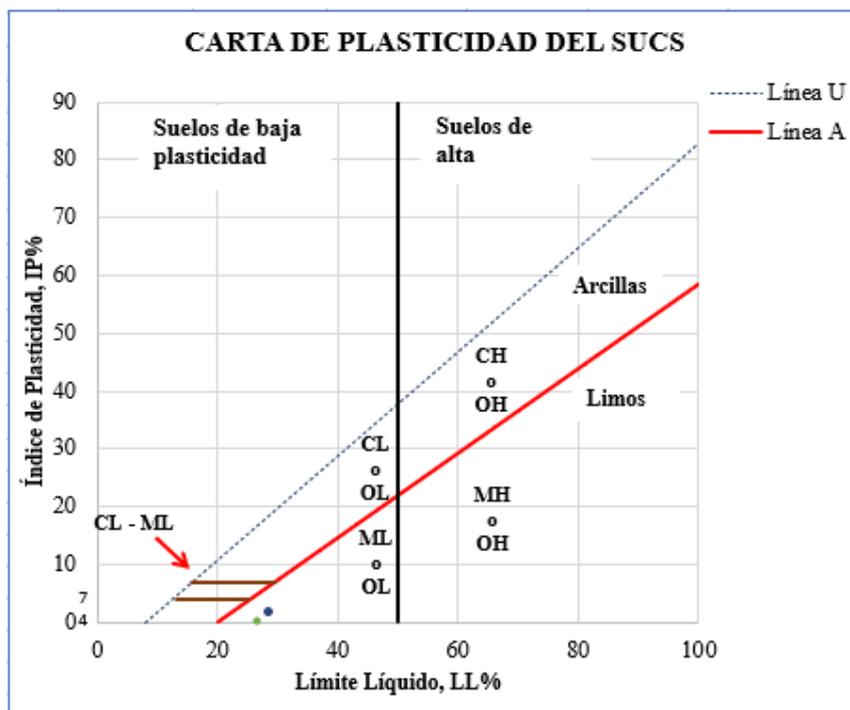
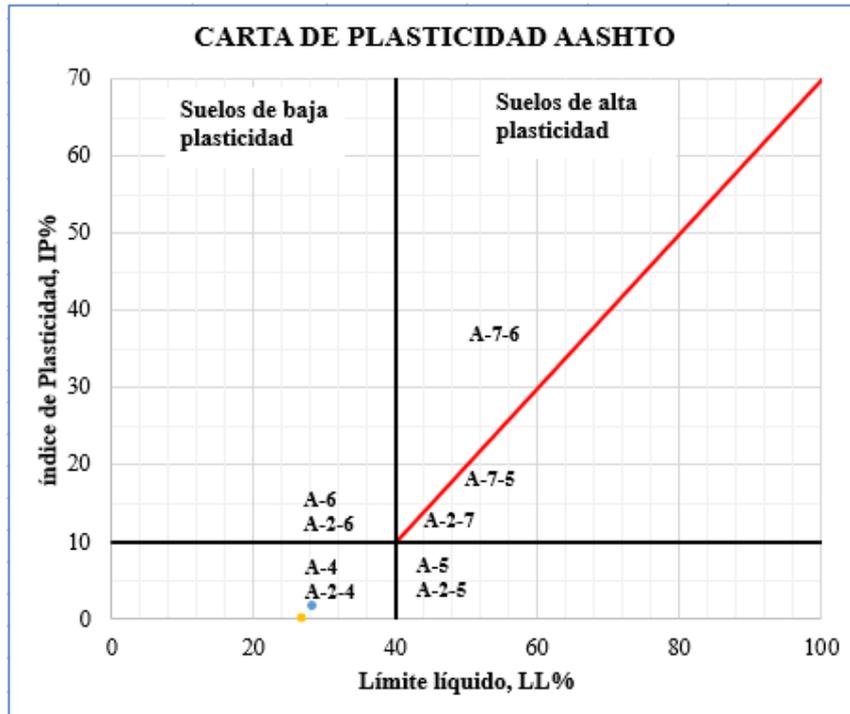
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos



GRANULOMETRÍA

Operador: S.R. Parroquia: Santa Rosa
Cantón: Ambato Sector: Centro parroquial
Pozo N°: 26 Muestra N°: 26 Profundidad: 0.6 m

Tipo de suelo según:			
AASHTO:	A-2-4	SUCS:	SM





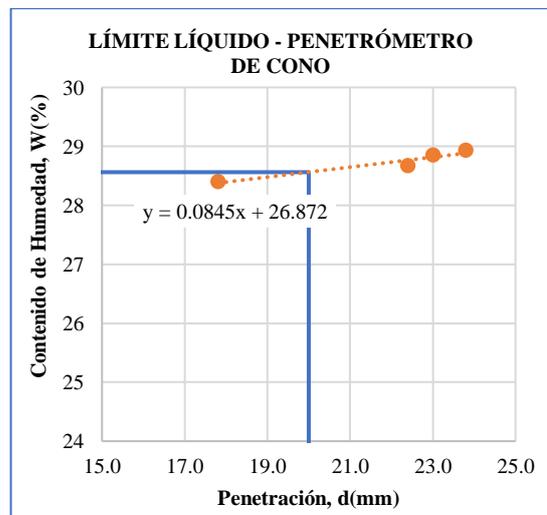
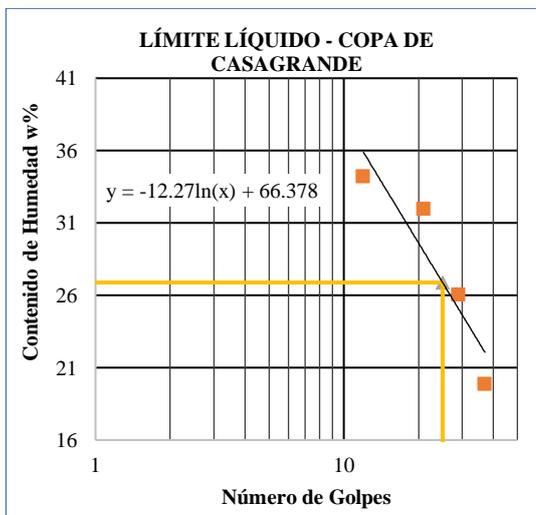
LÍMITES ATTERBERG

Operador: S.R
Cantón: Ambato
Pozo N°: 26
Parroquia: Santa Rosa
Sector: Centro parroquial
Muestra N°: 26
Profundidad: 0.6 m

Número de Golpes	Límite Plástico		Límite Líquido												
			Copa de Casagrande								Penetrómetro de Cono				
			12		21		29		37		17.8		23.0		22.4
Penetración (mm)															
N° Recipiente	G1	G2	10	38	2	D1	LP9	SR1	S7	S1	LP7	SR9	LP8	LP6	
Peso de Recipiente (g)	9.7	9.8	11.0	11.7	10.9	7.8	6.5	6.4	14.0	22.8	6.6	6.5	6.4	6.3	
Peso Recipiente + Suelo Húmedo (g)	17.3	15.5	25.9	22.7	20.3	19.9	18.1	16.1	26.1	40.9	27.4	19.9	24.8	26.8	
Peso Recipiente + Suelo Seco (g)	15.7	14.3	22.1	19.9	18.0	17.0	15.7	14.1	24.1	37.9	22.8	16.9	20.7	22.2	
Peso Agua (g)	1.6	1.2	3.8	2.8	2.3	2.9	2.4	2.0	2.0	3.0	4.6	3.0	4.1	4.6	
Peso Muestra Seca (g)	6.0	4.5	11.1	8.2	7.1	9.2	9.2	7.7	10.1	15.1	16.2	10.4	14.3	15.9	
Contenido de Humedad (w%)	26.7	27.1	34.2	34.1	32.4	31.5	26.1	26.0	19.8	19.9	28.4	28.8	28.7	28.9	
Promedio Contenido de Humedad (wprom%)			34.2		32.0		26.0		19.8						
Resultado	26.89		27				29								

Índice de Plasticidad	
IP = WL _(CC) - WP	0.0
IP = WL _(PC) - WP	1.7

Límite de Contracción	
N° Recipiente	9
Masa de cápsula de contracción (m1)	22.2
Masa de cápsula + Suelo Húmedo (m2)	57.3
Masa de cápsula + Suelo Seco (m3)	48.9
Masa de Agua (m4=m2-m3)	8.4
Masa de Suelo Seco (m5=m3-m1)	26.7
Contenido de Humedad (W% = m4/m5*100)	31.5
Volumen de cápsula (Vi)	19.2
Volumen de Muestra Seca (Vf)	17.9
(Vi - Vf) / m5*100	4.8
Límite de Contracción (Ls = W% - ((Vi - Vf) / m5*γW)*100)	26.7



MUESTRA N°27

Ubicación:

Provincia: Tungurahua

Cantón: Ambato

Parroquia rural: Santa Rosa

Sector: Primero de Enero

Coordenadas UTM: 17M, 760099.8E, 9856813.2N

Descripción de la muestra:

Clasificación SUCS: SM

Clasificación AASHTO: A-2-4



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



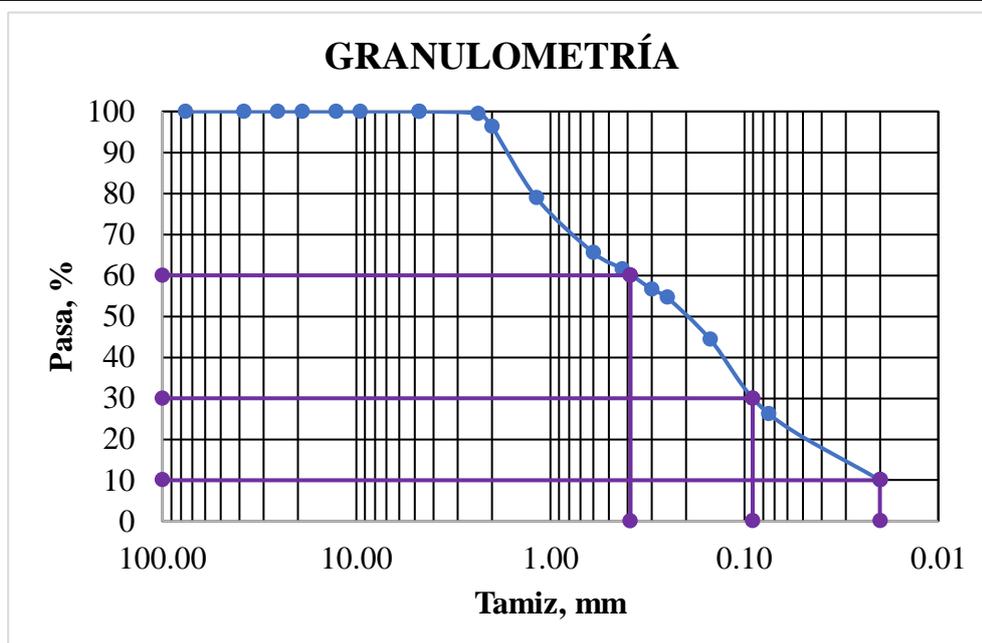
Laboratorio de Mecánica de Suelos

GRANULOMETRÍA

Operador: S.R **Parroquia:** Santa Rosa
Cantón: Ambato **Sector:** Primero de Enero
Pozo N°: 27 **Muestra N°:** 27 **Profundidad:** 0.6 m

N°	Tamiz		Peso Retenido Acumulado (g)	Retenido Acumulado (%)	Retenido Parcial (%)	Pasa (%)
	mm					
	3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
	1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
	1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
	3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
	1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
	3/8"	9.530	0.00	0.00	0.00	100.00
	4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Pasa N°4			700.00			
	8	2.360	4.00	0.57	0.57	99.43
	10	2.000	26.20	3.75	3.18	96.25
	16	1.180	147.20	21.07	17.32	78.93
	30	0.600	240.90	34.48	13.41	65.52
	40	0.425	268.60	38.44	3.96	61.56
	50	0.300	303.30	43.41	4.97	56.59
	60	0.250	317.40	45.43	2.02	54.57
	100	0.150	388.70	55.63	10.20	44.37
	200	0.075	515.40	73.77	18.13	26.23
Fuente			0.020	183.30	26.23	
PESO TOTAL			698.70			

COEFICIENTES DEL SUELO	
D10	0.02 mm
D30	0.09 mm
D60	0.39 mm
Coefficiente de uniformidad (Cu)	19.3
Grado de curvatura (Cc)	1.1



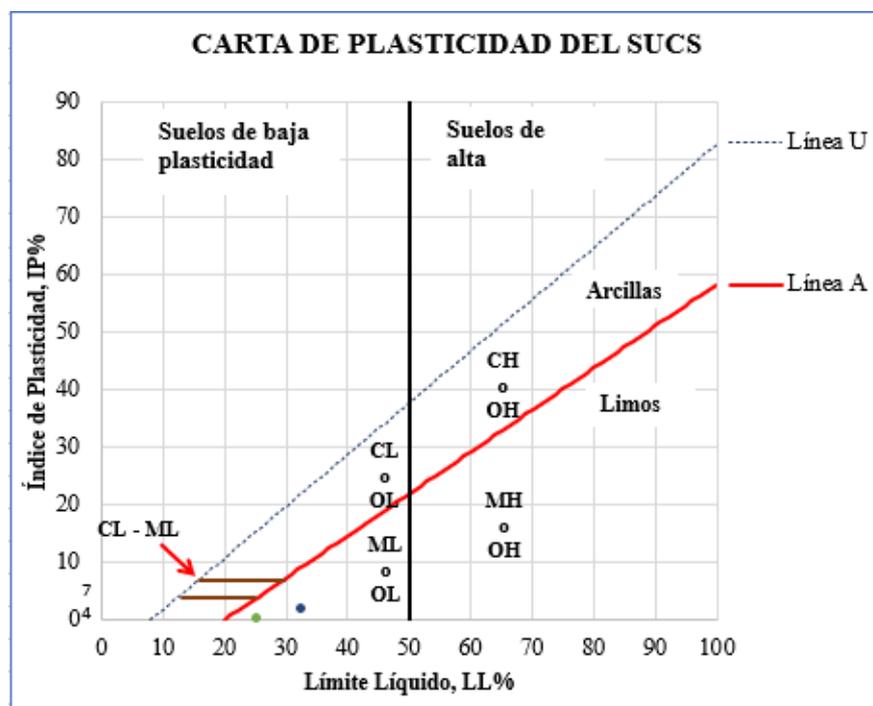
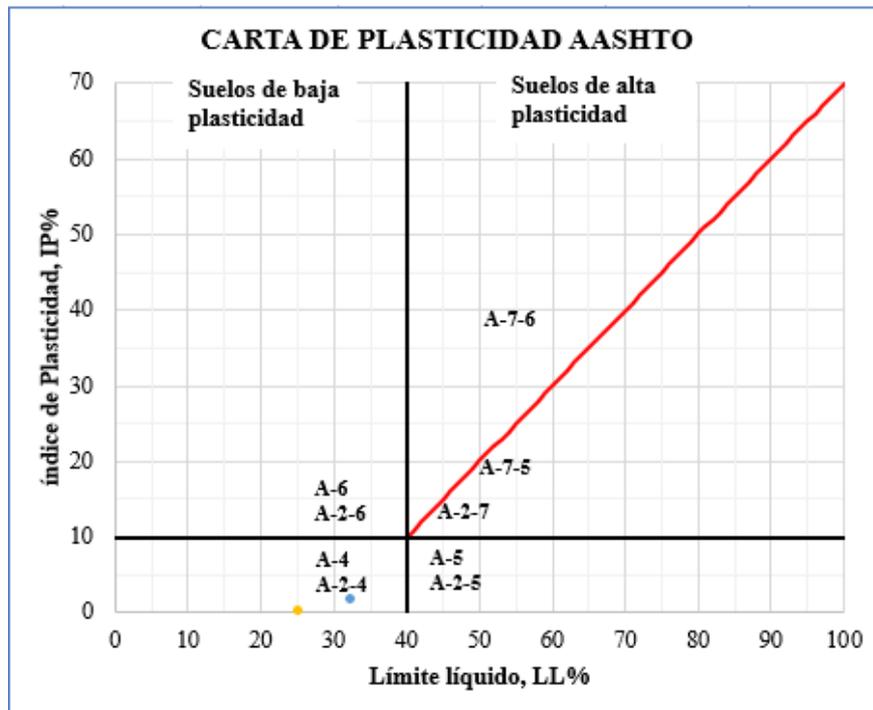


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos
GRANULOMETRÍA



Operador: S.R. Parroquia: Santa Rosa
Cantón: Ambato Sector: Primero de Enero
Pozo N°: 27 Muestra N°: 27 Profundidad: 0.6 m

Tipo de suelo según:			
AASHTO:	A-2-4	SUCS:	SM





LÍMITES ATTERBERG

Operador: S.R.
Cantón: Ambato
Pozo N°: 27

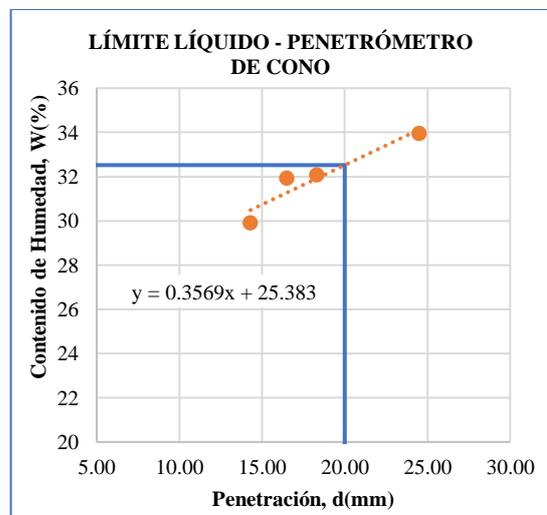
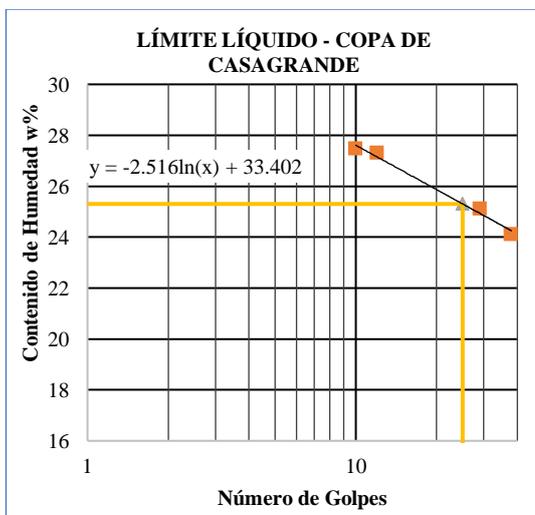
Parroquia: Santa Rosa
Sector: Primero de Enero
Muestra N°: 27

Profundidad: 0.6 m

Número de Golpes	Límite Plástico		Límite Líquido								Penetrómetro de Cono					
			Copa de Casagrande				Penetrómetro de Cono									
			10	12	29	38					14.30	24.50	18.30	16.50		
Penetración (mm)											14.30	24.50	18.30	16.50		
N° Recipiente	12	17	64	78	2	38	SR2	SR10	SR8	SR3	SR6	SR5	S6	SR9		
Peso de Recipiente (g)	10.6	10.9	11.2	11.5	10.9	11.7	6.3	6.3	6.4	6.5	6.4	6.4	6.5	6.5		
Peso Recipiente + Suelo Húmedo (g)	18.3	16.6	23.7	25.0	21.4	24.1	13.6	14.9	15.7	14.2	17.7	21.4	23.8	34.6		
Peso Recipiente + Suelo Seco (g)	16.7	15.1	21.0	22.1	19.1	21.5	12.2	13.1	13.9	12.7	15.1	17.6	19.6	27.8		
Peso Agua (g)	1.6	1.5	2.7	2.9	2.3	2.6	1.4	1.8	1.8	1.5	2.6	3.8	4.2	6.8		
Peso Muestra Seca (g)	6.1	4.2	9.8	10.6	8.2	9.8	5.9	6.8	7.5	6.2	8.7	11.2	13.1	21.3		
Contenido de Humedad (w%)	26.2	35.7	27.6	27.4	28.0	26.5	23.7	26.5	24.0	24.2	29.9	33.9	32.1	31.9		
Promedio Contenido de Humedad (w _{prom} %)			27.5		27.3		25.1		24.1							
Resultado	30.97		26				33									

Índice de Plasticidad	
IP = WL _(CC) - WP	-5.0
IP = WL _(PC) - WP	1.5

Límite de Contracción	
N° Recipiente	9
Masa de cápsula de contracción (m1)	22.2
Masa de cápsula + Suelo Húmedo (m2)	56.5
Masa de cápsula + Suelo Seco (m3)	48.9
Masa de Agua (m4=m2-m3)	7.6
Masa de Suelo Seco (m5=m3-m1)	26.7
Contenido de Humedad (W% = m4/m5*100)	28.5
Volumen de cápsula (Vi)	19.2
Volumen de Muestra Seca (Vf)	18.2
(Vi - Vf) /m5*100	3.7
Límite de Contracción (Ls = W% - ((Vi - Vf) /m5*γW)*100)	24.8



MUESTRA N°28

Ubicación:

Provincia: Tungurahua

Cantón: Ambato

Parroquia rural: Totoras

Sector: Centro Parroquial

Coordenadas UTM: 17M, 767314.4E, 9854828.3N

Descripción de la muestra:

Clasificación SUCS: SM

Clasificación AASHTO: A-2-4



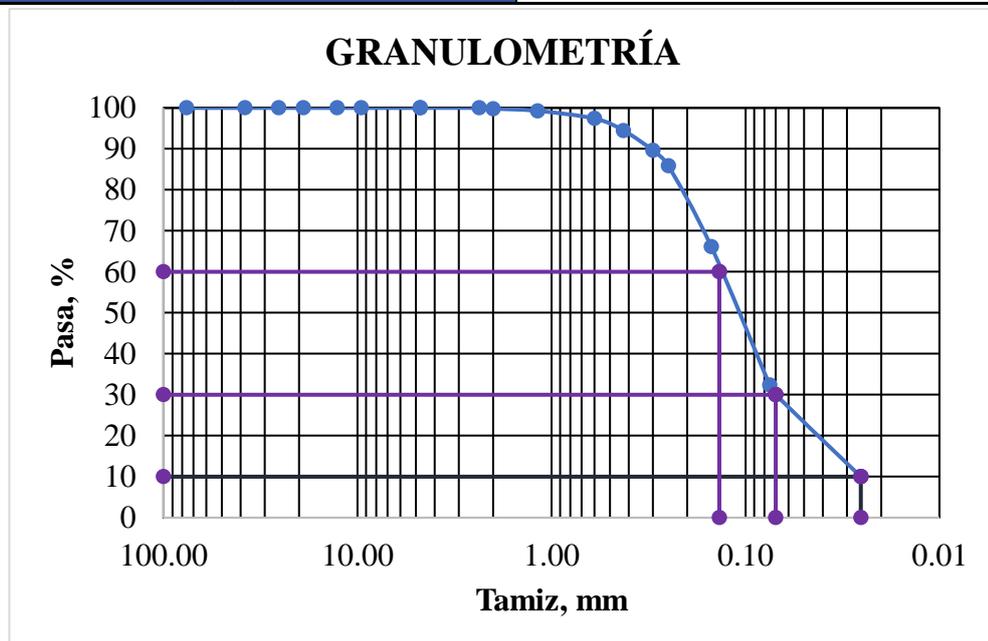
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos
GRANULOMETRÍA



Operador: S.R **Parroquia:** Totoras
Cantón: Ambato **Sector:** Centro parroquial
Pozo N°: 28 **Muestra N°:** 28 **Profundidad:** 0.6 m

N°	Tamiz		Peso Retenido Acumulado (g)	Retenido Acumulado (%)	Retenido Parcial (%)	Pasa (%)
		mm				
	3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
	1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
	1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
	3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
	1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
	3/8"	9.530	0.00	0.00	0.00	100.00
	4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Pasa N°4			700.00			
	8	2.360	0.00	0.00	0.00	100.00
	10	2.000	1.30	0.19	0.19	99.81
	16	1.180	5.00	0.72	0.53	99.28
	30	0.600	18.10	2.59	1.88	97.41
	40	0.425	38.50	5.51	2.92	94.49
	50	0.300	72.50	10.38	4.87	89.62
	60	0.250	98.60	14.12	3.74	85.88
	100	0.150	236.30	33.84	19.72	66.16
	200	0.075	472.40	67.65	33.81	32.35
Fuente		0.07	225.90	32.35		
		0.03				10.00
PESO TOTAL			698.30			

COEFICIENTES DEL SUELO	
D10	0.03 mm
D30	0.07 mm
D60	0.14 mm
Coefficiente de uniformidad (Cu)	5.4
Grado de curvatura (Cc)	1.4



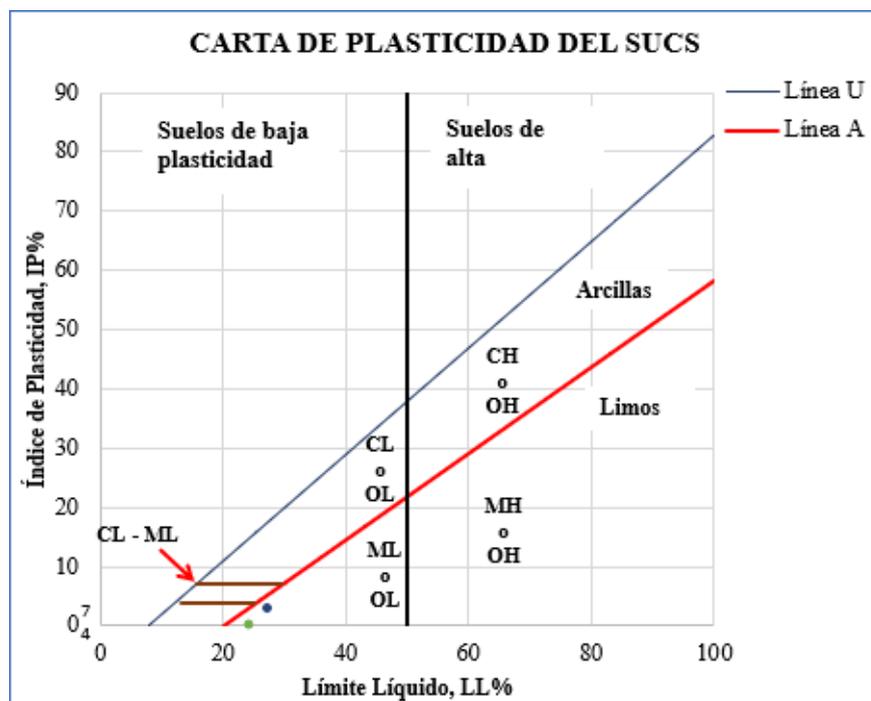
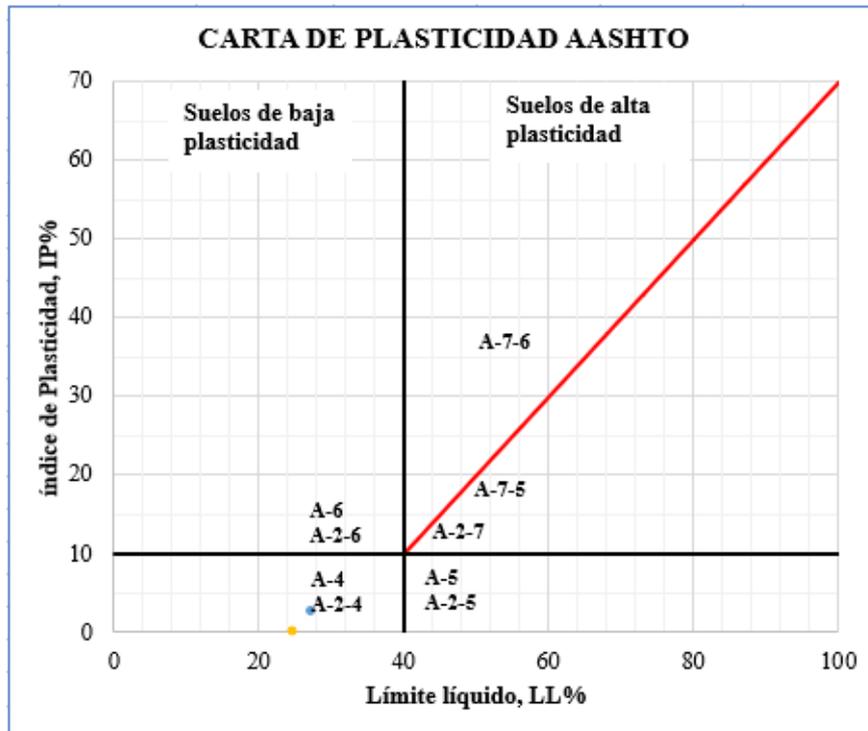


FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos
GRANULOMETRÍA



Operador: S.R Parroquia: Totoras
Cantón: Ambato Sector: Centro parroquial
Pozo N°: 28 Muestra N°: 28 Profundidad: 0.6 m

Tipo de suelo según:			
AASHTO:	A-2-4	SUCS:	SM





LÍMITES ATTERBERG

Operador: S.R
Cantón: Ambato
Pozo N°: 28

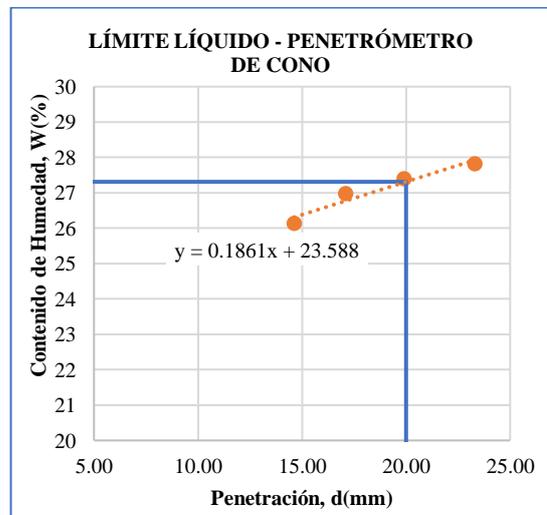
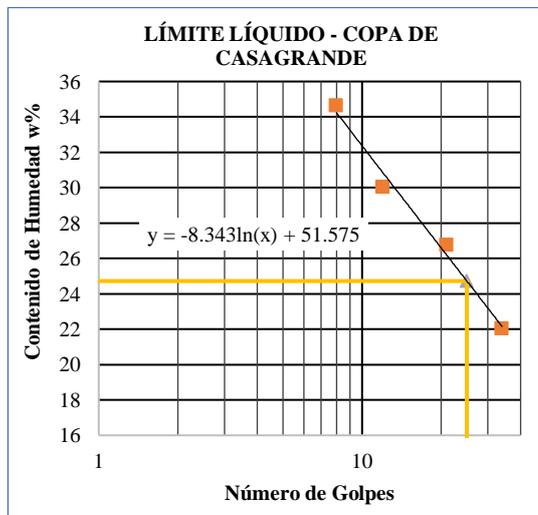
Parroquia: Totoras
Sector: Centro parroquial
Muestra N°: 28

Profundidad: 0.6 m

Número de Golpes	Límite Plástico		Límite Líquido												
			Copa de Casagrande								Penetrómetro de Cono				
			8		12		21		34		23.30		19.90		14.62
Penetración (mm)	12	17	3	2	LP9	16	75	17	LP7	SR5	LP2	SR6	SR7	LP4	
Peso de Recipiente (g)	10.6	10.9	11.5	10.9	6.5	11.2	10.9	11.5	6.6	6.4	6.4	6.4	6.3	6.1	
Peso Recipiente + Suelo Húmedo (g)	21.3	19.8	20.4	19.1	13.1	17.6	21.9	20.9	16.7	17.9	30.3	26.4	20.3	25.4	
Peso Recipiente + Suelo Seco (g)	19.1	18.1	18.1	17.0	11.6	16.1	19.6	18.9	14.9	15.8	25.1	22.1	17.4	21.3	
Peso Agua (g)	2.2	1.7	2.3	2.1	1.5	1.5	2.3	2.0	1.8	2.1	5.2	4.3	2.9	4.1	
Peso Muestra Seca (g)	8.5	7.2	6.6	6.1	5.1	4.9	8.7	7.4	8.3	9.4	18.7	15.7	11.1	15.2	
Contenido de Humedad (w%)	25.9	23.6	34.8	34.4	29.4	30.6	26.4	27.0	21.7	22.3	27.8	27.4	26.1	27.0	
Promedio Contenido de Humedad (w _{prom} %)			34.6		30.0		26.7		22.0						
Resultado	24.75		25				27								

Índice de Plasticidad	
IP = WL _(CC) - WP	0.0
IP = WL _(PC) - WP	2.6

Límite de Contracción	
N° Recipiente	9
Masa de cápsula de contracción (m1)	22.2
Masa de cápsula + Suelo Húmedo (m2)	57.1
Masa de cápsula + Suelo Seco (m3)	49.1
Masa de Agua (m4=m2-m3)	8.0
Masa de Suelo Seco (m5=m3-m1)	26.9
Contenido de Humedad (W% = m4/m5*100)	29.7
Volumen de cápsula (Vi)	19.2
Volumen de Muestra Seca (Vf)	17.6
(Vi - Vf) / m5*100	5.8
Límite de Contracción (Ls = W% - ((Vi - Vf) / m5*γW)*100)	23.9



MUESTRA N°29

Ubicación:

Provincia: Tungurahua

Cantón: Ambato

Parroquia rural: Unamuncho

Sector: Centro Parroquial

Coordenadas UTM: 17M, 767035.5E, 9871649.2N

Descripción de la muestra:

Clasificación SUCS: SP-SC

Clasificación AASHTO: A-2-6



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos

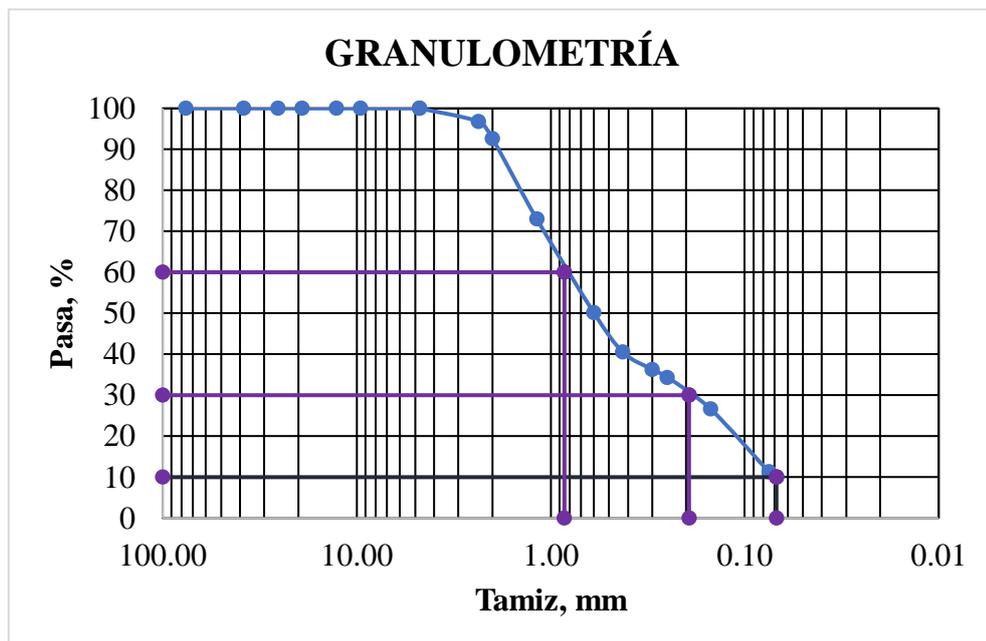


GRANULOMETRÍA

Operador: S.R **Parroquia:** Unamuncho
Cantón: Ambato **Sector:** Centro parroquial
Pozo N°: 29 **Muestra N°:** 29 **Profundidad:** 0.6 m

Tamiz		Peso Retenido Acumulado (g)	Retenido Acumulado (%)	Retenido Parcial (%)	Pasa (%)
N°	mm				
	3"	76.200	0.00	0.00	100.00
	1 1/2"	38.100	0.00	0.00	100.00
	1"	25.400	0.00	0.00	100.00
	3/4"	19.050	0.00	0.00	100.00
	1/2"	12.700	0.00	0.00	100.00
	3/8"	9.530	0.00	0.00	100.00
	4	4.750	0.00	0.00	100.00
Pasa N°4		700.00			
	8	2.360	22.50	3.22	96.78
	10	2.000	51.00	7.31	92.69
	16	1.180	188.40	26.99	73.01
	30	0.600	347.80	49.82	50.18
	40	0.425	415.30	59.49	40.51
	50	0.300	444.70	63.70	36.30
	60	0.250	458.40	65.66	34.34
	100	0.150	512.10	73.36	26.64
	200	0.075	619.20	88.70	11.30
Fuente		0.07	78.90	11.30	
PESO TOTAL			698.10		

COEFICIENTES DEL SUELO	
D10	0.07 mm
D30	0.19 mm
D60	0.85 mm
Coefficiente de uniformidad (Cu)	12.4
Grado de curvatura (Cc)	0.6





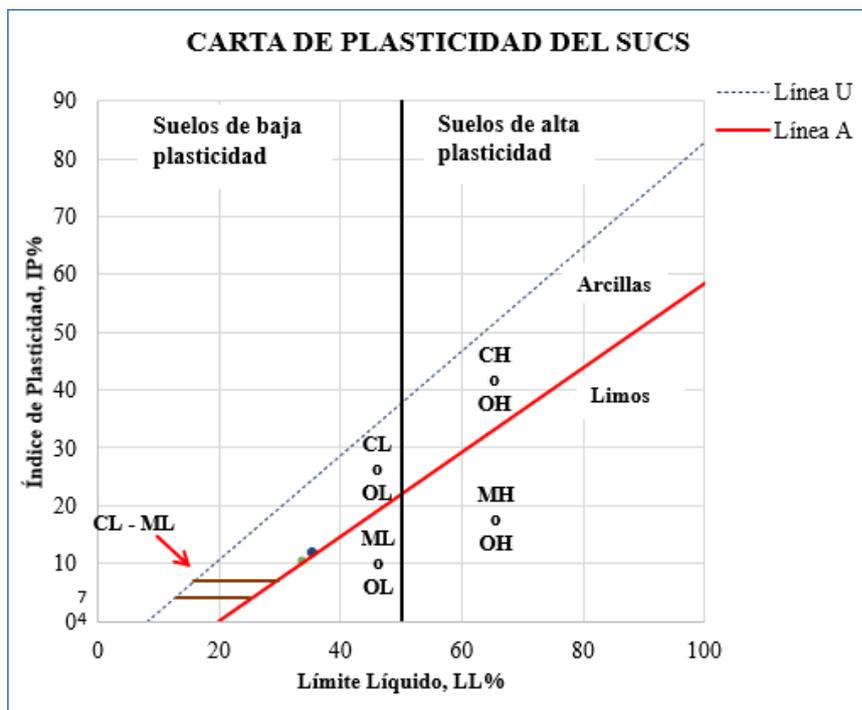
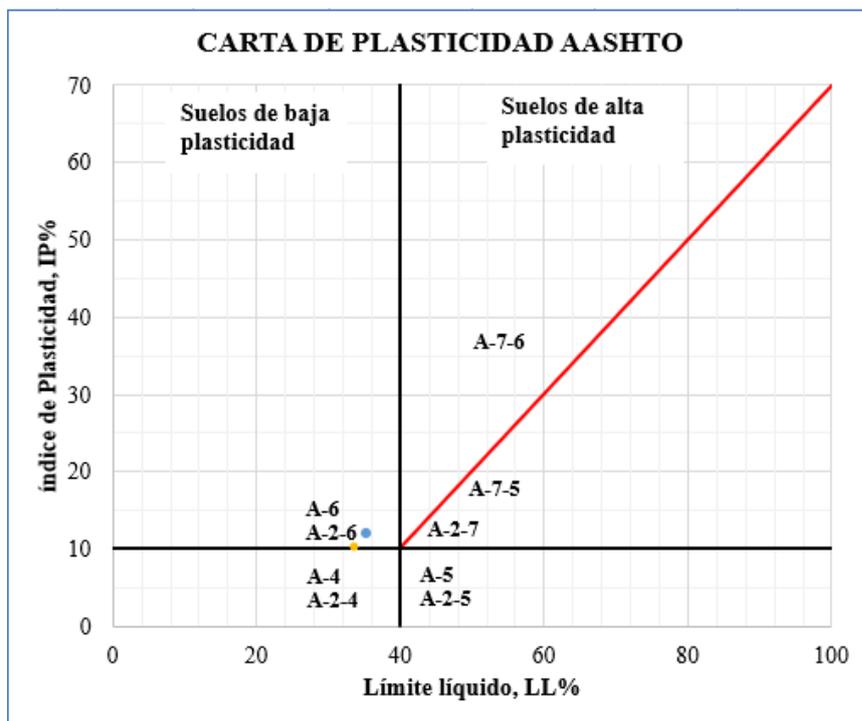
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos



GRANULOMETRÍA

Operador: S.R Parroquia: Unamuncho
Cantón: Ambato Sector: Centro parroquial
Pozo N°: 29 Muestra N°: 29 Profundidad: 0.6 m

Tipo de suelo según:			
AASHTO:	A-2-6	SUCS:	SP-SC





LÍMITES ATTERBERG

Operador: S.R
Cantón: Ambato
Pozo N°: 29

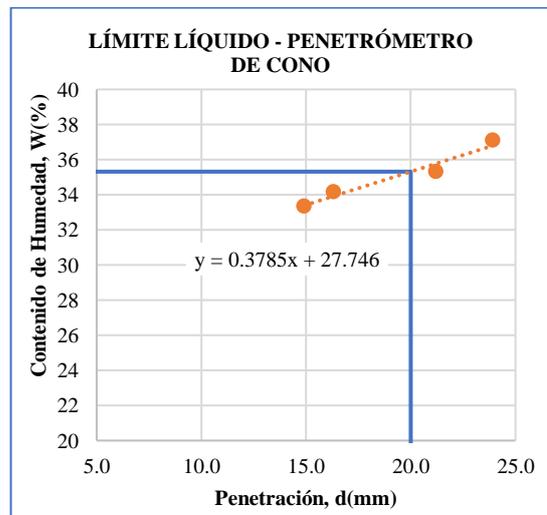
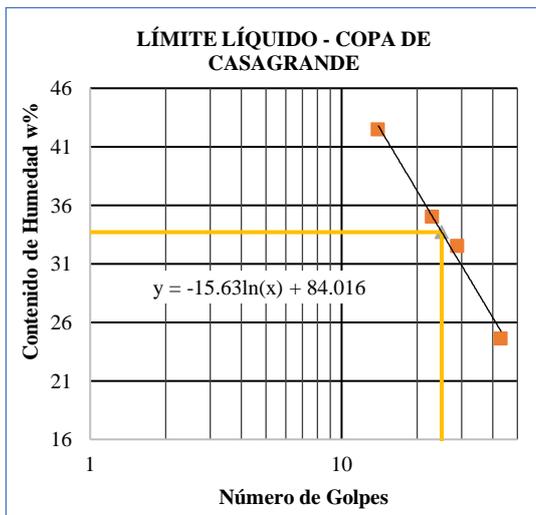
Parroquia: Unamuncho
Sector: Centro parroquial
Muestra N°: 29

Profundidad: 0.6 m

	Límite Plástico		Límite Líquido								Penetrómetro de Cono			
			Copa de Casagrande				Copa de Casagrande				Penetrómetro de Cono			
Número de Golpes			14		23		29		43					
Penetración (mm)											23.9	21.2	16.3	14.9
N° Recipiente	18	S6	39	10	79	75	5	38	SR6	SR9	SR6	SR7	LP9	S5
Peso de Recipiente (g)	10.7	10.4	11.7	11.0	11.3	10.9	11.0	11.7	6.4	6.5	6.4	6.3	6.3	21.6
Peso Recipiente + Suelo Húmedo (g)	12.6	12.6	20.8	20.7	17.8	18.3	19.5	19.1	10.6	11.9	35.6	29.3	28.3	50.0
Peso Recipiente + Suelo Seco (g)	12.2	12.2	18.1	17.8	16.1	16.4	17.4	17.3	9.8	10.8	27.7	23.3	22.7	42.9
Peso Agua (g)	0.4	0.4	2.7	2.9	1.7	1.9	2.1	1.8	0.8	1.1	7.9	6.0	5.6	7.1
Peso Muestra Seca (g)	1.5	1.8	6.4	6.8	4.8	5.5	6.4	5.6	3.4	4.3	21.3	17.0	16.4	21.3
Contenido de Humedad (w%)	24.7	22.2	42.2	42.6	35.4	34.5	32.8	32.1	23.5	25.6	37.1	35.3	34.1	33.3
Promedio Contenido de Humedad (wprom%)			42.4		35.0		32.5		24.6					
Resultado	23.4		34								35			

Índice de Plasticidad	
IP = WL(cc) - WP	10.3
IP = WL(pc) - WP	11.9

Límite de Contracción	
N° Recipiente	30
Masa de cápsula de contracción (m1)	22.0
Masa de cápsula + Suelo Húmedo (m2)	57.3
Masa de cápsula + Suelo Seco (m3)	47.7
Masa de Agua (m4=m2-m3)	9.6
Masa de Suelo Seco (m5=m3-m1)	25.7
Contenido de Humedad (W% = m4/m5*100)	37.4
Volumen de cápsula (Vi)	19.5
Volumen de Muestra Seca (Vf)	18.0
(Vi - Vf) / m5*100	6.1
Límite de Contracción (Ls = W% - ((Vi - Vf) / m5*γW)*100)	31.3



MUESTRA N° 30

Ubicación:

Provincia: Tungurahua

Cantón: Ambato

Parroquia rural: Unamuncho

Sector: Centro Parroquial

Coordenadas UTM: 17M, 766580.7E, 9870868.0N

Descripción de la muestra:

Clasificación SUCS: SC

Clasificación AASHTO: A-2-4



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos

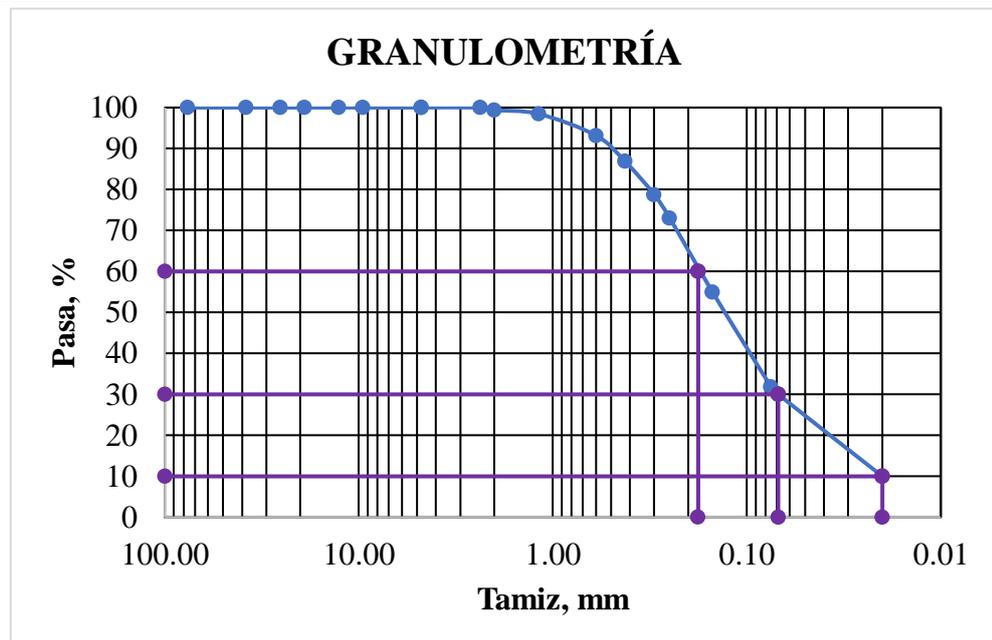


GRANULOMETRÍA

Operador: S.R **Parroquia:** Unamuncho
Cantón: Ambato **Sector:** San José
Pozo N°: 30 **Muestra N°:** 30 **Profundidad:** 0.6 m

N°	Tamiz		Peso Retenido Acumulado (g)	Retenido Acumulado (%)	Retenido Parcial (%)	Pasa (%)
		mm				
	3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
	1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
	1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
	3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
	1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
	3/8"	9.530	0.00	0.00	0.00	100.00
	4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
	Pasa N°4		700.00			
	8	2.360	0.00	0.00	0.00	100.00
	10	2.000	4.25	0.61	0.61	99.39
	16	1.180	10.95	1.56	0.96	98.44
	30	0.600	47.55	6.79	5.23	93.21
	40	0.425	91.65	13.09	6.30	86.91
	50	0.300	148.55	21.22	8.13	78.78
	60	0.250	188.45	26.92	5.70	73.08
	100	0.150	315.55	45.08	18.16	54.92
	200	0.075	476.85	68.12	23.04	31.88
	Fuente	0.07	223.15	31.88		
		0.02				10.00
PESO TOTAL			700.00			

COEFICIENTES DEL SUELO	
D10	0.02 mm
D30	0.07 mm
D60	0.18 mm
Coefficiente de uniformidad (Cu)	8.9
Grado de curvatura (Cc)	1.3





LÍMITES ATTERBERG

Operador: S.R
Cantón: Ambato
Pozo N°: 30

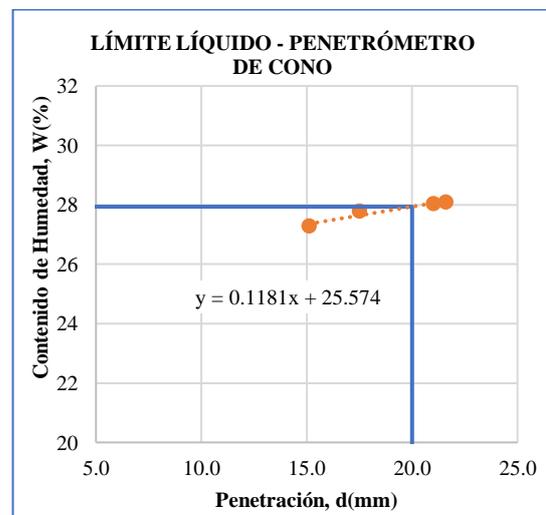
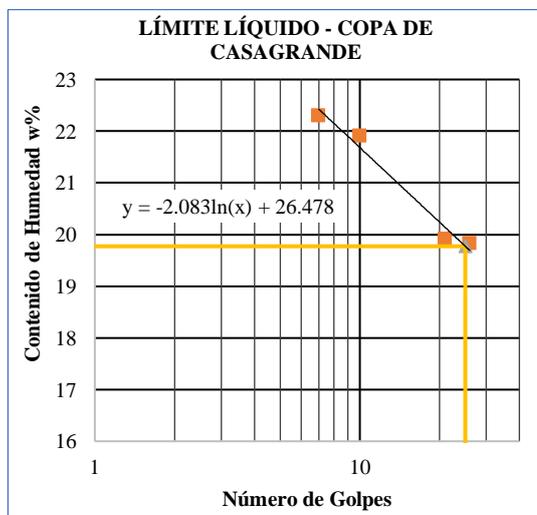
Parroquia: Unamuncho
Sector: San José
Muestra N°: 30

Profundidad: 0.6 m

Número de Golpes	Límite Plástico		Límite Líquido								Penetrómetro de Cono			
			Copa de Casagrande				Penetrómetro de Cono							
	7	21	10	26	15.1	21.0	21.6	17.5						
Penetración (mm)											15.1	21.0	21.6	17.5
N° Recipiente	10	17	6	10	SR2	SR1	SR4	SR3	50	90	SR8	SR9	SR5	SR10
Peso de Recipiente (g)	10.6	11.3	10.8	11.0	6.3	6.4	6.3	6.7	11.0	11.0	6.4	6.5	6.4	6.3
Peso Recipiente + Suelo Húmedo (g)	16.3	16.8	24.2	25.6	17.9	15.8	18.0	20.6	22.4	24.4	31.6	33.9	29.2	27.0
Peso Recipiente + Suelo Seco (g)	15.4	15.9	21.7	23.0	15.9	14.3	15.9	18.1	20.5	22.2	26.2	27.9	24.2	22.5
Peso Agua (g)	0.9	0.9	2.5	2.6	2.0	1.5	2.1	2.5	1.9	2.2	5.4	6.0	5.0	4.5
Peso Muestra Seca (g)	4.8	4.6	10.9	12.0	9.6	7.9	9.6	11.4	9.5	11.2	19.8	21.4	17.8	16.2
Contenido de Humedad (w%)	18.8	19.6	22.9	21.7	20.8	19.0	21.9	21.9	20.0	19.6	27.3	28.0	28.1	27.8
Promedio Contenido de Humedad (w _{prom} %)			22.3		19.9		21.9		19.8					
Resultado	19.2		19.8				28							

Índice de Plasticidad	
IP = WL _(CC) - WP	0.6
IP = WL _(PC) - WP	8.8

Límite de Contracción	
N° Recipiente	2
Masa de cápsula de contracción (m1)	21.3
Masa de cápsula + Suelo Húmedo (m2)	56.0
Masa de cápsula + Suelo Seco (m3)	48.0
Masa de Agua (m4=m2-m3)	8.0
Masa de Suelo Seco (m5=m3-m1)	26.7
Contenido de Humedad (W% = m4/m5*100)	30.0
Volumen de cápsula (Vi)	18.0
Volumen de Muestra Seca (Vf)	16.9
(Vi - Vf) /m5*100	3.8
Límite de Contracción (Ls = W% - ((Vi - Vf) /m5*γW)*100)	26.2



ANEXO D

Archivo Fotográfico

Toma de Muestras

1. Ambatillo		2. Atahualpa	
Centro Parroquial Prof. 60cm	Palama Prof. 60cm	Centro Parroquial Prof. 60cm	
			
3. Augusto Martínez		4. Constantino Fernández	
Centro Parroquial Prof. 60cm	Samanga Prof. 60cm	Centro Parroquial Prof. 60cm	San José Prof. 60cm
			
5. Cunchibamba		6. Huachi Grande	
Centro Parroquial Prof. 60cm	San Pablo Prof. 60cm	Centro Parroquial Prof. 60cm	
			

7. Izamba	8. Juan Benigno Vela	
Centro Parroquial Prof. 60cm	Centro Parroquial Prof. 60cm	La Libertad Prof. 60cm
		
9. Montalvo	10. Pasa	
Centro Parroquial Prof. 60cm	Centro Parroquial Prof. 60cm	Quindivana Prof. 60cm
		
11. Picaihua	12. Pilahuín	
Centro Parroquial Prof. 60cm	Centro Parroquial Prof. 60cm	Chaupiloma Prof. 60cm
		

13. Quisapincha		14. San Bartolomé de Pinllo	
Centro Parroquial Prof. 60cm	Illagua Grande Prof. 60cm	Centro Parroquial Prof. 60cm	La Esperanza Prof. 60cm
			
15. San Fernando		16. Santa Rosa	
Centro Parroquial Prof. 60cm	Culac Prof. 60cm	Centro Parroquial Prof. 60cm	Primero de Enero Prof. 60cm
			
17. Totoras		18. Unamuncho	
Centro Parroquial Prof. 60cm	Centro Parroquial Prof. 60cm	Centro Parroquial Prof. 60cm	San José Prof. 60cm
			

ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

	
<p>Pesar el recipiente y la muestra en la balanza electrónica.</p>	<p>Muestras de suelo para determinar el contenido de humedad.</p>
	
<p>Introduciendo las muestras en el horno, por un lapso de tiempo entre 18 y 24 horas.</p>	

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA



Colocar la muestra de suelo



Tamizando la muestra de suelo seco en la tamizadora mecánica.



Registrar el peso retenido en cada tamiz.



Registrar el peso del material retenido en la fuente.

ENSAYOS DE LÍMITES ATTERBERG

LÍMITE LÍQUIDO (COPA DE CASAGRANDE)



Colocación de la muestra en la copa



Conteo del número de golpes de la copa



Recipientes con muestras para el contenido de humedad

EQUIPO - PENETRÓMETRO DE CONO



LÍMITE LÍQUIDO (PENETRÓMETRO DE CONO)



Colocación de la muestra en el recipiente, dando golpes suaves en la superficie.



Enrazar la punta del cono con la superficie de la muestra, liberar el cono por 5 segundos.



Tomar una porción de muestra, en el área que se penetra el cono.

LÍMITE PLÁSTICO



Mezclar el suelo con agua, hasta llegar una consistencia plástica



Realizar rollos de suelo con la mano o en la placa de vidrio.



Muestras de suelo para determinar límite plástico

LÍMITE DE CONTRACCIÓN



Mezclar el suelo con agua cercana al límite líquido.



Llenar el recipiente de contracción con la pasta de suelo.



Pesar la cápsula de contracción con mercurio.



Determinar el volumen de la pastilla de suelo, colocando en un recipiente de vidrio con mercurio.

ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SÓLIDOS DEL SUELO

	
Peso del picnómetro con agua	Toma de temperatura
	
Registrar el peso del picnómetro con agua y suelo.	Registrar el peso del material contenido en el picnómetro
	
Peso del material seco después de estar 24 horas en el horno.	