

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**TESIS DE GRADO**

**ESTANDARIZACIÓN ANALÍTICA DE LA METODOLOGÍA DE  
BOUYOCOS PARA LA DETERMINACIÓN TEXTURAL DE SUELOS  
DEL ALTIPLANO BOLIVIANO**

**EDDIE ROBERTO TICONA DELGADO**

**LA PAZ – BOLIVIA**

2019

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**ESTANDARIZACIÓN ANALÍTICA DE LA METODOLOGÍA DE BOUYOCOS PARA LA  
DETERMINACIÓN TEXTURAL DE SUELOS DEL ALTIPLANO BOLIVIANO**

*Tesis de Grado Presentado como requisito  
Para optar el Título de  
Ingeniero Agrónomo*

**Eddie Roberto Ticona Delgado**

**ASESORES**

Ing. Ph.D. Roberto Miranda Casas

Ing. Miguel Angel Lopez

**Tribunal Examinador:**

Ing. Ph.D. Vladimir Orsag

Ing. M.Sc. Eduardo Chillon

Ing. M.Sc. Isidro Callisaya

**Aprobado**

Presidente Tribunal Examinador:



2019

**Dedicatoria:**

A mi madre Valentina

A mi padre Zacarias

A mis hermanos Eddie y Roman.

### **Agradecimientos:**

Quiero agradecer a mi madre Valentina Delgado, por el apoyo incondicional y la confianza en mí, para finalizar esta etapa. A mi padre Zacarias Ticona por inculcarme el valor, en los constantes accionares. A mis hermanos Eddie y Roman por las palabras exactas y las nuevas perspectivas. A mi compañera Rosario por estar presente desde el inicio en esta tesis.

A mis asesores, el Doctor Roberto Mirada por la paciencia y las observaciones precisas, a el Ingeniero Miguel Lopez, por ser y fomentar el ejemplo de un profesional exitoso, además de ser el impulsor y motor de este trabajo de tesis.

A el equipo de revisores por complementar este trabajo con las observaciones respectivas.

Al laboratorio LAFASA por generar un ambiente de amistad y generosidad en un espacio de conocimiento y ciencia, en general gracias de corazón.

# ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	Justificación .....	1
1.2.	Objetivos.....	2
1.2.1.	Objetivo general.....	2
1.2.2.	Objetivos específicos.....	2
1.2.3.	Hipótesis.....	2
2.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1.	Suelo .....	3
2.1.1.	Propiedades del suelo .....	3
2.1.2.	Propiedades químicas .....	4
2.1.3.	Propiedades biológicas .....	4
2.1.4.	Propiedades físicas .....	5
2.1.5.	Densidad real.....	5
2.2.	Textura del suelo .....	5
2.2.1.	Origen de la textura del suelo .....	6
2.2.2.	Determinación de textura .....	7
2.2.3.	Microscopía electrónica de barrido.....	7
2.2.4.	Análisis granulométrico mecánico por tamizado.....	7
2.2.5.	Determinación de textura en laboratorio .....	8
2.2.6.	Determinación de textura en campo .....	8
2.2.7.	Clase textural.....	9
2.2.8.	Texturas francas.....	9
2.2.9.	Textura arenosa.....	9
2.2.10.	Textura limosa.....	9
2.2.11.	Texturas Arcillosas .....	10
2.2.12.	Composición química de las fracciones texturales del suelo.....	10
2.3.	Método de Bouyoucos .....	11
2.3.1.	Principio analítico .....	11
2.3.2.	Hidrómetro de Bouyoucus.....	11
2.3.3.	Velocidad de sedimentación .....	12
2.3.4.	Diagrama textural .....	13
2.3.5.	Ley de Stokes .....	14

2.3.6.	Dispersante.....	15
2.3.7.	Dispersión.....	15
2.3.8.	Floculación.....	16
2.3.9.	Grado de floculación.....	17
2.4.	Método de la pipeta de Robinson.....	17
2.5.	Curva de frecuencia de partículas según su tamaño.....	18
3.	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>19</b>
3.1.	Ubicación del sitio experimental.....	19
3.2.	Materiales.....	19
3.3.	Métodos.....	19
3.3.1.	Fase de gabinete inicial.....	20
3.3.2.	Fase de campo.....	20
3.3.3.	Fase de laboratorio.....	20
3.3.3.1.	Determinación de los parámetros de calidad.....	21
3.3.3.1.1.	Masa de suelo analizado.....	21
3.3.3.1.2.	Solución dispersante.....	21
3.3.3.1.3.	Hexametáfosfato de sodio.....	21
3.3.3.1.4.	Solución de calgon.....	21
3.3.3.1.5.	Solución propuesta.....	22
3.3.3.1.6.	Materia orgánica y presencia de carbonatos.....	22
3.3.3.1.7.	Eliminación de carbonatos.....	22
3.3.4.	Tiempos de Extracción de Datos.....	23
3.3.4.1.	Toma de tiempo 1.....	23
3.3.4.2.	Toma de tiempo 2.....	23
3.3.5.	Combinaciones de los factores de calidad.....	24
3.3.6.	Determinación de curvas granulométricas.....	24
3.3.6.1.	Peso específico.....	32
3.3.7.	Pipeta de Robinson.....	33
3.3.7.1.	Descripción de la metodología utilizada para pipeta de Robinson.....	34
3.3.7.2.	Dispersión.....	34
3.3.7.3.	Separación por sedimentación en fracciones de limo grueso, limo fino y arcilla.	35
3.3.7.4.	Separación de tamizado de las fracciones de arena.....	35
3.3.7.5.	Cálculos.....	36

3.3.8.	Fase de gabinete final .....	37
4.	<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES</b> .....	38
4.1.	<b>Establecer los parámetros de calidad para la determinación de la textura en suelos</b> .....	38
4.1.1.	<b>Cantidad de materia orgánica en los suelos</b> .....	38
4.1.2.	<b>Elección de cantidad de masa óptima</b> .....	39
4.1.3.	<b>Elección de Dispersante optimo</b> .....	40
4.2.	<b>Realización de las curvas granulométricas para suelos de diferentes clases texturales</b> .....	43
4.2.1.	<b>Clases texturales de los suelos</b> .....	43
4.2.2.	<b>Curvas Granulométricas</b> .....	44
4.3.	<b>Costos parciales y tiempos de tomas de datos para los diferentes ensayos</b> .....	46
4.3.1.	<b>Costos parciales por dispersante</b> .....	46
4.3.1.1.	<b>Solución Hexametáfosfato de Sodio</b> .....	46
4.3.1.2.	<b>Solución Calgon</b> .....	47
4.3.1.3.	<b>Solución Propuesta</b> .....	48
4.3.2.	<b>Tiempos de toma de datos</b> .....	49
5.	<b>CONCLUSIONES</b> .....	52
6.	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	54
7.	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	55
8.	<b>ANEXOS</b> .....	58

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Rango de variación de los contenidos de arena, limo y arcilla en las diferentes clases texturales de suelos. Donde: A es arena, L es limo y Y es arcilla. ....	14
<b>Tabla 2.</b> Fases de la Metodología. ....	19
<b>Tabla 3.</b> Fases de la Metodología. ....	19
<b>Tabla 4.</b> Combinaciones del ensayo. ....	24
<b>Tabla 5.</b> Datos de la muestra. ....	26
<b>Tabla 6.</b> Datos análisis hidrométrico. ....	26
<b>Tabla 7.</b> valor de $\alpha$ en función del peso específico del suelo. ....	27
<b>Tabla N° 8.</b> Corrección por temperatura del ensayo. ....	28
<b>Tabla N° 9.</b> Valor efectivo de L en función de la lectura con corrección de menisco. ....	29
<b>Tabla 10.</b> Donde se obtienen los valores de Diámetro de Partícula y el Porcentaje de partículas en suspensión, en función del tiempo de toma de datos. Y con los datos obtenidos se realiza la gráfica de la curva granulométrica para este suelo con su respectivo dispersante y cantidad de masa sometida a experimentación. (Fuente, Elaboración propia). ....	30
<b>Tabla 11.</b> Calculo Peso específico, donde se pueden apreciar los datos para la determinación de este. ....	33
<b>Tabla 12.</b> Tabla de toma de datos. Toma de datos para los pesos de las capsulas. ....	34
<b>Tabla 13.</b> Las fracciones recogidas en cada extracción. ....	35
<b>Tabla 14.</b> Tiempos de extracción por tamaño de partículas y temperatura. ....	37
<b>Tabla 15.</b> Donde se pueden apreciar los puntos de recolección de los suelos y la cantidad de materia orgánica de los mismos. ....	38
<b>Tabla 16.</b> Clase textural de los suelos ensayados. ....	43
<b>Tabla 17.</b> Detalle de precios y cantidades usadas para el Hexametáfosfato de sodio. ....	46
<b>Tabla 18.</b> Detalle de precios y cantidades usadas para el Calgon. ....	47
<b>Tabla 19.</b> Detalle de precios y cantidades usadas para el Calgon. ....	48
<b>Tabla 20.</b> Tiempos Promedio estimados para las distintas texturas encontradas con las curvas Granulométricas con el Dispersantes Propuesto y masa de 50 Gramos. ....	51

## ÍNDICE DE GRAFICOS

<b>Gráfica 1.</b> Curvas de frecuencia de partículas.....	18
<b>Gráfica 2.</b> Curva Granulométrica, en el eje X el Tamaño de Partícula y en el eje Y Porcentaje de partículas en suspensión. ....	31
<b>Gráfica 3.</b> Desviaciones estándar para cada dispersante en contraste con el método de la pipeta, curvas vs modificado. ....	39
<b>Gráfica 4.</b> Porcentajes de arcilla de los suelos sometidos a experimentación con el Dispersantes Propuesto, junto a los porcentajes de arcilla de la pipeta. ....	40
<b>Gráfica 5.</b> Porcentajes de Arcilla obtenidos con la solución Propuesta y la Pipeta.....	41
<b>Gráfica 6.</b> Porcentaje de Arena de los suelos sometidos a experimentación con los diferentes dispersantes, en contraste con los porcentajes de Arena determinados con la Pipeta. ....	41
<b>Gráfica 7.</b> Porcentajes de Arena obtenidos con la solución propuesta y la pipeta.....	42
<b>Gráfica 8.</b> Curva Granulométrica para el Suelo N° 1 con pretratamiento Propuesto (Hidroxido de Sodio – 50 gr). (Fuente, Elaboración propia). ....	44
<b>Gráfica 9.</b> Curvas Granulométricas de los suelos de Textura Media. Sometidos a experimentación bajo el dispersante Propuesta y la Masa de 50 Gramos. ....	45
<b>Gráfica 10.</b> Curvas Granulométricas de los suelos de Textura Gruesa. Sometidos a experimentación bajo el dispersante Propuesto y la Masa de 50 Gramos. (Fuente, Elaboración propia). ....	45
<b>Gráfica 11.</b> En el eje X los costos en Bs y en el eje Y los distintos dispersantes solo en costo de reactivo. ....	49
<b>Gráfica 12.</b> Tiempo estimado para la toma de datos en cuanto a la arcilla + limo, en la practica para la determinacion de textura por Curvas Granulometricas. ....	50
<b>Gráfica 13.</b> Tiempo estimado para la toma de datos en cuanto a la arcilla, en la practica para la determinacion de textura por Curvas Granulometricas.....	50

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Triángulo de las clases texturales del suelo (SSDS, 1993). .....	13
<b>Figura 2.</b> Parámetros de sedimentación de las suspensiones (Carretero, 2008). .....	17

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1 Metodología</b> practica para determinación de curvas granulométricas.....	25
<b>Cuadro 2.</b> Metodología para para la determinación del peso específico. ....	32

## RESUMEN

En el laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía (LAFASA) se realizó el trabajo de tesis “ESTANDARIZACIÓN ANALITICA DE LA METODOLOGIA DE BOUYOUCOS PARA LA DETERMINACION TEXTURAL DE SUELOS DEL ALTIPLANO BOLIVIANO” El presente trabajo realizo la comparación de dispersantes hexametáfosfato, calgon y una solución propuesta. Estos dispersantes se probaron en diferentes tipos de suelos arenosos, francos y arcillas. Con una metodología de curvas granulométricas para la determinación de estas.

Se concluye en base a los resultados de la determinación de Textura con Curvas Granulométricas, que los parámetros de calidad seleccionados en la presente investigación respecto a Masa, Dispersante y Toma de Tiempos son: Masa de suelo sometido a experimentación de 50 g, ya que basándonos en la comparación con la metodología patrón “Pipeta”, tiene mas aproximación con los valores de la misma, con una variación de 2.98 %, mientras que usando los 40 Grs de suelo, se obtiene un promedio de 3.18 % de diferencia.

La determinación de curvas granulométricas toma en cuenta las siguientes correcciones: temperatura, factor de corrección “a”, blanco y menisco. Mas no toma en cuenta el factor de la presión atmosférica

Se realizó un análisis de los costos de experimentación por cada ensayo, determinando de esta forma que el Dispersante más económico y además de ser el mas efectivo al momento de dar resultados, es el La Solución Propuesta en esta Tesis el Hidróxido de Sodio 0.1 M y Calgon en una relación 2:1.

## **1. INTRODUCCIÓN**

La distribución de las fracciones granulométricas en el suelo influye directamente sobre la dinámica del agua, la aireación, prácticas de manejo, permite conocer la resistencia y cohesión de las partículas. Chakraborty et al. (2006) consideran que el análisis granulométrico es una práctica necesaria en las determinaciones físicas del suelo y son frecuentemente utilizada en la clasificación textural; además los contenidos de arena, limo y arcilla sirven de base para estimar las propiedades hidráulicas, son fundamentales para la identificación y clasificación del suelo (Tomasella et al., 2000; Silva dos Santos et al., 2008).

Los métodos frecuentes para análisis granulométricos de suelos son el método de Bouyoucos o hidrómetro y el de pipeta. Según Gee y Or (2002), además de estos métodos existen otros como el sensor de presión, rayos X y difracción de rayos láser; en todos los casos los resultados dependen del método de determinación.

Según Gee y Bauder (1986) el análisis de las partículas del suelo por el método del hidrómetro se basa en la relación que existe entre la velocidad de sedimentación y el diámetro de la partícula de suelo, es fácil de implementar y permite obtener mediciones rápidas y confiables. Según Zobeck (2004) la distribución de tamaño de partícula se refiere a las diferentes clases de partículas que componen el suelo.

Aunque el método de pipeta garantiza una mayor precisión, las complejidades en el montaje de la técnica y el tiempo de medición han limitado su uso. Beuselinck et al. (1998) indican que este método requiere mucho tiempo y mano de obra y los resultados dependen de la técnica utilizada en laboratorio y la precisión del trabajo del analista. León (2001) encontró que el método que más se acerca en precisión al de pipeta es el método de Bouyoucos.

### **1.1. Justificación**

En Bolivia una gran parte de los laboratorios realizan la determinación de la textura con la metodología de Bouyoucos Modificado, que tiene por característica ser una estimación de la textura del suelo, siendo un método resumido y por lo tanto susceptible a tener resultados erróneos.

El laboratorio de análisis de suelos y aguas (LAFASA), de la Facultad de Agronomía busca establecer un método de determinación de Textura, con curvas granulométricas para dar resultados confiables y adecuados para la finalidad que se requiere, de forma más exacta que los métodos de Textura usualmente realizados, ya que con base en estos se toman decisiones.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Establecer la estandarización analítica de la metodología de Bouyoucos para la determinación textural de suelos del altiplano boliviano.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Establecer los parámetros de calidad para la determinación de la textura en suelos.
- Determinar la curva granulométrica adecuada para suelos de diferentes clases texturales.
- Determinar costos parciales y tiempos de realización de diferentes ensayos.

### **1.2.3. Hipótesis**

H0: No existe diferencia en los resultados una vez estandarizando la metodología de Bouyoucos.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Suelo**

Casi todos los suelos se forman a partir de un material original (llamada roca madre), la misma que es sometida a procesos paulatinos y continuos de meteorización y edafización hasta convertirse en partículas cada vez más pequeñas donde los factores biológicos, químicos y físicos, son los principales responsables de estas transformaciones. Otros factores formadores del suelo son: el clima, los organismos vivos, el relieve y el tiempo. Su acción determina la dirección, velocidad y duración de los procesos formadores. (Fassbender & Boremisza, 1994).

La desintegración de la roca sólida en partículas minerales cada vez más finas y la acumulación de materia orgánica en el suelo requieren un tiempo muy largo, por lo común de miles de años. El suelo se forma de manera continua a medida que se va degradando la roca madre. El espesor del suelo varía desde una película delgada hasta más de 3 metros (suelos desarrollados) (Porta, et al, 2003).

#### **2.1.1. Propiedades del suelo**

La consideración de las propiedades de los suelos resulta de su proceso de formación y evolución, donde su conocimiento permitirá elaborar criterios valiosos para su clasificación y para la interpretación de las relaciones suelo-planta (Fassbender & Boremisza, 1994).

Las propiedades del suelo son las que brindan una caracterización exacta sobre su forma física, contenido químico y biológico. Estas propiedades además están determinadas por el tipo de material geológico del que se originan, por la cubierta vegetal, por el tiempo que ha actuado el interperismo (desintegración por agente atmosféricos, por la topografía y por los cambios artificiales resultantes de las actividades humanas a través del tiempo (Hilda, 2010).

Se aprecia también que las propiedades de un suelo están vinculadas con la capacidad que el hombre les da para muchos usos. Las características físicas de un suelo en

condiciones húmedas y secas para las edificaciones, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la retención de nutrimentos de las plantas, etc. están íntimamente conectados con la condición física del suelo (Porta et al., 2003).

La calidad del suelo es variable y los suelos responden de forma distinta conforme las prácticas implementadas sobre él. Se incluyen los elementos de la calidad del suelo; las propiedades físicas, químicas y biológicas inherentes y dinámicas (FAO, 2015).

### **2.1.2. Propiedades químicas**

Las propiedades químicas que posee un suelo son aquellas que permiten reconocer ciertas cualidades del suelo cuando se provocan cambios químicos o reacciones que alteran la composición de esas propiedades y las reacciones químicas que allí suceden además de los 9 diferentes niveles de acción de los mismos. Corresponden fundamentalmente a los contenidos de diferentes sustancias nutricionales importantes como los elementos mayores o macro nutrientes (N, P, C, Ca, Mg, K, S) y los elementos menores o micro nutrientes (Fe, Mn, Cl, Zn, B, Mo), además dentro de estas propiedades se pueden describir por su gran importancia para este sustrato el pH y la Capacidad de Intercambio Catiónica o CIC (Navarro, 2013).

### **2.1.3. Propiedades biológicas**

Las propiedades biológicas están asociadas a la presencia de materia orgánica y de formas de vida animal, tales como microorganismos, lombrices e insectos. Contribuyen a definir su capacidad de uso y su erodabilidad, estas propiedades son muy importantes, ya que está constituida por la microfauna del suelo, como hongos, bacterias, nemátodos, insectos y lombrices, los cuales mejoran las condiciones del suelo acelerando la descomposición y mineralización de la materia orgánica, además que entre ellos ocurren procesos de antagonismo o sinergia que permite un balance entre poblaciones dañinas y benéficas que disminuyen los ataques de plagas a las plantas. (Fassbender & Boremisza, 1994).

La biodiversidad, vocablo que define el abanico de especies que son parte viva del suelo, es fundamental en todo sistema de producción autosustentable. La diversidad de especies presentes en la macro y micro fauna del sistema suelo, conforman un mundo subterráneo que es más amplio y complejo que el sistema natural de superficie, esto revela la complejidad de interrelaciones que allí se suceden y la importancia de implementar prácticas agronómicas que tiendan a su conservación (Ferlini, 2013).

#### **2.1.4. Propiedades físicas**

Las características físicas de un suelo en condiciones húmedas y secas para las edificaciones, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la retención de nutrimentos de las plantas, están íntimamente conectados con la condición física del suelo (Porta et al., 2003).

#### **2.1.5. Densidad real**

La densidad real se determina obteniendo el peso seco de la muestra de suelo y el volumen de los sólidos de la muestra. Eso último se realiza con un aparato denominado picnómetro, y el procedimiento significa la aplicación del principio de Arquímedes. Es decir, determina que volumen de agua desplazan los sólidos al ser sumergidos (Martinez, 2012).

### **2.2. Textura del suelo**

La textura de un suelo es una de las propiedades físicas que da mucha información, se la puede determinar mediante el tacto o el análisis del laboratorio, está determinada por las cantidades de partículas minerales inorgánicas (medidas como porcentajes en peso) de diferentes tamaños (arena, limo y arcilla) que contiene (INCA, 2010).

La proporción y magnitud de muchas reacciones físicas, químicas y biológicas en los suelos están gobernadas por la textura, debido a que ésta determina el tamaño de la superficie sobre la cual ocurren las reacciones, además de la plasticidad, la permeabilidad, la facilidad para trabajar la tierra, la sequedad, la fertilidad y la productividad que varían dependiendo de la región geográfica (Fassbender & Boremisza, 1994).

Las partículas de arena son comparativamente de tamaño grande (0.05-2mm) y, por lo tanto, exponen una superficie pequeña comparada con la expuesta por un peso igual de partículas de arcilla o de limo. La función que ésta tiene en las actividades físicas y químicas de un suelo es casi insignificante, las arenas aumentan el tamaño de los espacios de los poros entre las partículas, facilitando el movimiento del aire y del agua de drenaje. El tamaño de partícula de los limos va de 0.05 a 0.002mm, tiene una velocidad de intemperización más rápida y una liberación de nutrimentos solubles para el crecimiento vegetal mayor que la arena. Los suelos limosos tienen gran capacidad para retener agua disponible para el crecimiento vegetal. Las partículas de limo tienen poca tendencia a reunirse o a adherirse a otras partículas (Buckman y Brady, 1966).

Lo más importante la determinación de textura es su uso en la descripción e identificación, documentación y mapeo de suelos. La textura se ha usado para pronosticar algunas propiedades químicas como la capacidad de intercambio catiónico CIC y algunas propiedades físicas como la retención de humedad, la infiltración. Sin embargo, tanto la naturaleza del mineral del suelo y su estructura, como la textura, influyen mucho sobre dichas propiedades (Forsythe, 1985).

### **2.2.1. Origen de la textura del suelo**

Se debe considerar el término la roca madre; donde el suelo tendrá indiscutiblemente una tendencia congénita a ser arcilloso, limoso, arenoso, según que la roca sea arcillosa, limosa, o arenosa, en el caso de rocas sedimentarias y sedimentos, o que sea capaz de producir esos elementos en el curso de su alteración, si se presenta al estado de roca consolidada y coherente. Esta tendencia puede ser favorecida o contrarrestada por la evolución. El humus aparece normalmente con todos los factores que condicionan su naturaleza (vegetación, clima, medio pedológico). El suelo puede entonces enriquecerse con humus cálcico y estabilizarse, o puede descalcificarse y ser lixiviado. En este caso, la proporción de arcilla disminuye en la superficie y aumenta en la profundidad. El humus puede dar lugar a migraciones capaces de transformar radicalmente la textura original, como por ejemplo en la podzolización (Fassbender & Boremisza, 1994).

Mientras se produce esta evolución, la alteración de la roca madre puede continuar, puede enlentecerse y hasta detenerse. Todas estas eventualidades influyen sobre la textura del suelo. Esta depende, por lo tanto, en grados diversos, de la naturaleza de la roca madre y de los procesos de evolución del suelo. En resumen, la textura de un suelo será el resultado de la acción de los factores de formación de suelo y su intensidad de acción. (Rucks, et al, 2004).

La lixiviación en texturas gruesas (suelos arenosos y grava) es más rápida que en texturas finas (suelos arcillosos), con mayor capacidad de retener los contaminantes y prevenir su alcance a aguas subterráneas. Además, otros parámetros dinámicos como permeabilidad, conductividad hidráulica y espacio poroso son dependientes de la textura. El contenido de arcilla está correlacionado con la capacidad de campo, área superficial específica, capacidad de intercambio catiónico influyendo en la adsorción de iones. Para compuestos orgánicos no polares, generalmente no existe correlación entre el contenido de arcilla y la adsorción (Jury, 1989).

### **2.2.2. Determinación de textura**

La textura del suelo es una propiedad física que puede ser determinada mediante el tacto o el análisis del laboratorio.

### **2.2.3. Microscopía electrónica de barrido**

Es un sistema óptico que magnifica objetos pequeños con luz emitida de una fuente artificial, esto hace posible identificar partículas pequeñas y examinar su forma y distribución (Cabrera, 2005).

### **2.2.4. Análisis granulométrico mecánico por tamizado.**

Es el análisis granulométrico que emplea tamices para la separación en tamaños de las partículas del suelo (Hilda, 2010).

La tamización o tamizado es un método físico para separar mezclas, consiste en hacer pasar una mezcla de partículas de diferentes tamaños por un tamiz o cedazo. Las partículas de menor tamaño pasan por los poros del tamiz atravesándolo y las grandes quedan retenidas por el mismo. Es un método muy sencillo utilizado generalmente en

mezclas de sólidos heterogéneos. Los orificios del tamiz suelen ser de diferentes tamaños y se utilizan de acuerdo al tamaño de las partículas de una solución homogénea, que por lo general tiene un color amarillo el cual lo diferencia de lo que contenga la mezcla. Para aplicar el método de la tamización es necesario que las fases se presenten al estado sólido. Se utilizan tamices de metal o plástico, que retienen las partículas de mayor tamaño y dejan pasar las de menor diámetro. Por ejemplo, trozos de mármol mezclados con arena; harina y corcho; sal fina y pedazos de roca, cantos rodados, etc. (Quezada, 2012)

#### **2.2.5. Determinación de textura en laboratorio**

Según Crosara (2015), para el análisis de distribución del tamaño de partículas en el suelo comúnmente se emplean los métodos de Bouyoucus y de la pipeta. El método de Bouyoucus, tiene la ventaja de dar resultados similares a los del método de la pipeta dentro de un tiempo razonable, sin necesidad de pre tratar las muestras ni de largos periodos de reposo, así evitando el pesaje exacto de pequeñas cantidades de sustancia coloidal. Pues estos métodos se basan en la ley de Stokes. Mientras que en el método de la pipeta las muestras de suelo se someten a un pre tratamiento para eliminar la materia orgánica y las sales solubles, en el método de la pipeta requiere eliminación total de estos componentes.

#### **2.2.6. Determinación de textura en campo**

Para conocer la textura de una muestra de suelo en el campo se utiliza el método de textura a mano, la cual consiste en humedecer la muestra y amasarla entre los dedos hasta formar una pasta homogénea. Posteriormente vamos formando una cinta en la que se observa un brillo, si palpamos que la cinta es lisa, escamosa o es áspera. Determinamos que cuando la cinta no se forma y el tacto es áspero abrasivo sin brillo ni cohesión podemos decir que esa muestra es arenosa. Si al tacto es suave formando una cinta no presenta pegajosidad ni plasticidad decimos que es una muestra limosa. Si la cinta que se forma es brillante, plástica y pegajosa según el contenido de humedad esa es una muestra arcillosa (Agromática, 2015).

### **2.2.7. Clase textural**

Según Gisbert et al, (2008), Todas estas clases texturales se agrupan en 4 grandes grupos que poseen características similares:

### **2.2.8. Texturas francas**

Al tener un mayor equilibrio entre sus componentes, gozan de los efectos favorables de las anteriores sin sufrir sus defectos, el estado ideal sería la textura franca y a medida que nos desviamos de ella se van mostrando los inconvenientes derivados. (Chillon, 2007).

Un suelo franco es aquel que la proporción de estas tres partículas es tal, que el suelo no es ni muy liviano un muy pesado. Sin embargo, por lo general los suelos no siempre tienen este equilibrio entre proporción de partículas y, por eso, se habla de suelos franco-arcillosos, franco-limosos, franco-arenosos y franco-arcillo-arenosos (Fournier, 2002).

### **2.2.9. Textura arenosa**

Es la contrapuesta a la arcillosa, pues cuando en superficie hay una textura arenosa los suelos se conocen como ligeros, dada su escasa plasticidad y facilidad de trabajo. Presenta una excelente aireación debido a que las partículas dominantes de gran tamaño facilitan la penetración del aire. Únicamente cuando se producen lluvias intensas se puede producir encharcamiento o escorrentía, momento en el que la erosión laminar es muy importante. La acumulación de materia orgánica es mínima y el lavado de los elementos minerales es elevado y mide 2 mm a 0,05 mm. (Chillon, 2007).

### **2.2.10. Textura limosa**

Presenta carencia de propiedades coloidales formadoras de estructura, formando suelos que se apelmazan con facilidad impidiendo la aireación y la circulación del agua. Es fácil la formación de costras superficiales que impiden la emergencia de las plántulas, su medida es 0,05 a 0,002 mm (Chillon, 2007).

### **2.2.11. Texturas Arcillosas**

Dan suelos plásticos y difíciles de trabajar, es decir, se encharcan, incluso durante días. Retienen gran cantidad de agua y de nutrientes debido a la microporosidad y a su elevada capacidad de intercambio catiónico. Aunque retengan agua en cantidad presentan una permeabilidad baja, salvo que estén bien estructurados y formen un buen sistema de grietas y su medida es menor a 0,002 mm (Chillon, 2007).

### **2.2.12. Composición química de las fracciones texturales del suelo**

Dentro de la composición general de los suelos vemos que varía de acuerdo a la naturaleza de la roca madre y de la meteorización, con los cambios producidos en esta acumulación de materia orgánica. Un factor importante es la movilidad relativa de los distintos elementos que determinan pérdidas diferenciales durante los procesos de meteorización y formación del suelo, Así el cuarzo es el mineral constituyente más abundante en las rocas ígneas y en la mayoría de los suelos, en cambio las bases de Ca, Mg, K y Na estos elementos presentan porcentajes más bajos en los suelos que en las rocas ígneas debido a la separación durante la meteorización. También existe una gran diferencia en la composición mineralógica por que las fracciones de suelo no son uniformes.

Esto se debe a que el cuarzo es dominante en la arena y el limo estas dos fracciones son por lo general inactivas químicamente, tan insolubles para hacer esencialmente nula su asimilación, a muy a largo plazo. Como una excepción tenemos la fracción de algunos limos que contiene minerales de potasio como las micas, las que abandonan el potasio con suficiente rapidez para abastecer en parte las necesidades de la planta. Químicamente las arcillas son silicatos aluminicos que pueden tener F, Mg, Na, K, en su estructura y tienen además capacidad de adsorber y ceder una serie de iones. Esto nos lleva a que las arenas son formadas esencialmente por cuarzo, tengan menor contenido de nutrientes, y que la fracción arcilla tenga más. (Rucks et al., 2004).

### **2.3. Método de Bouyoucos**

Bouyoucos desarrolló un método para determinar el contenido de arcilla, limo y arena este método consiste en la determinación de los porcentajes de arena, limo y arcilla, es una técnica rápida ya que no presenta pretratamientos en la muestra de suelo. Estos se obtienen mediante la separación de las partículas en grados clasificados de acuerdo a su diámetro. Bouyoucos introdujo el uso del hidrómetro para determinar la distribución de tamaños de las partículas de los suelos, al principio, este método se usó para determinar la cantidad de materia coloidal de un suelo. La ventaja que los investigadores reconocieron en este método, fue su rapidez y facilidad de lectura, sin embargo, los resultados se deben al proceso de la sedimentación, la ley de Stokes, y la teoría de la sedimentación. (Forsythe, 1985).

Según (Jaramillo, 1979), el uso del hidrómetro fue introducido por Bouyoucos para determinar la distribución del tamaño de las partículas de los suelos. Posterior sufrió modificaciones el método hechas por varios autores, principalmente por Day, el mismo que ha perfeccionado el método donde se ha podido encontrar concordancia entre los valores del método del hidrómetro y los de la pipeta.

#### **2.3.1. Principio analítico**

Según (Jaramillo, 2002), el principio analítico se basa en dejar sedimentar una muestra de suelo en un medio líquido durante un determinado tiempo, al cabo del cual se cuantifica la cantidad de partículas de un determinado tamaño que hay en suspensión; la medida de estas partículas en suspensión se las realiza directamente en el líquido, por medio de un hidrómetro (que es un densímetro), se hace mención entre clase textural y nombres de los suelos.

#### **2.3.2. Hidrómetro de Bouyoucos**

El uso del hidrómetro en forma general se basa en la velocidad diferencial de sedimentación de las partículas, con base a su tamaño, peso y medio en que se sedimentan. Se emplea un hidrómetro “especialmente calibrado”. La calibración especial se requiere porque conforme las partículas sedimentan, el hidrómetro cambia

“su línea de flotación”, y no flota a una profundidad fija. EL hidrómetro mide los gramos de sólidos en suspensión por litro de agua, en una escala de  $0-60\text{gL}^{-1}$ , con intervalos numerados de 5 en 5 g por litro, e intervalos no numerados; pero que se indican mediante rayas horizontales, de 1g por litro. La sedimentación de las partículas de arena con diferentes tamaños, limo y arcilla ocurre diferencialmente a tiempos  $t_1$ ,  $t_2$ . Durante el proceso se mide la cantidad de sólidos en suspensión, con el hidrómetro. La escala del hidrómetro indica la cantidad de gramos en suspensión por litro de agua (Nuñez, 2006).

### **2.3.3. Velocidad de sedimentación**

La velocidad de sedimentación se basa en una suspensión que está relacionada con el tamaño de las partículas, así como la densidad y la viscosidad del medio de suspensión. El movimiento puede ejercer un efecto significativo, así como la ausencia o presencia de floculación en el sistema (Crespo, 2004)

Gisbert, et al (2008). Las partículas de un suelo se clasifican en elementos gruesos (tamaño de diámetro superior a 2 mm) y elementos finos (tamaño inferior a 2 mm). Estos últimos son los utilizados para definir la textura de un suelo. Siguiendo la terminología establecida por la USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América).

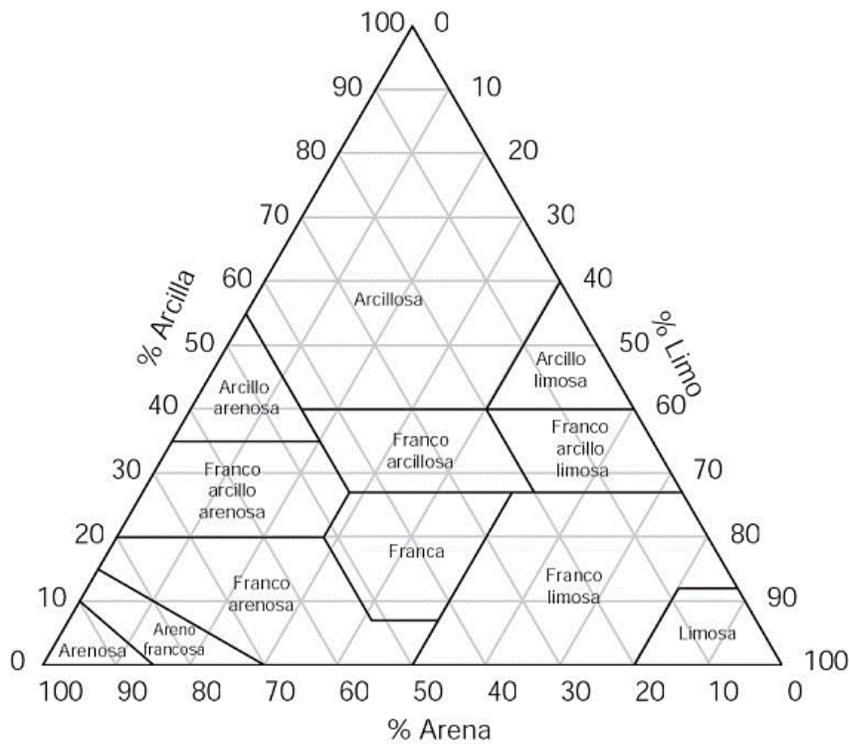
La textura del suelo, varía de unos horizontes a otros, siendo una característica propia de cada uno de ellos por lo que es tan importante el análisis de los diferentes horizontes del suelo uno a uno.

Las partículas de arena son visibles y se pueden percibir con el tacto y al ser grandes condicionan la formación de poros grandes en el suelo y contribuyen así a un rápido movimiento del agua y de los gases, a diferencia de las otras partículas estas no se pueden observar a simple vista. Una forma de clasificar los suelos es según su textura.

### 2.3.4. Diagrama textural

Las relaciones entre los nombres de las clases texturales y la distribución del tamaño de las partículas se muestran en el Figura N° 1, los porcentajes de arena, limo y arcilla se encuentran señalados sobre los tres ejes o catetos del triángulo. La distribución del tamaño de una partícula fina del suelo está representada por un solo punto dentro del diagrama. Cada punto ocupa una de las 12 clases texturales. (Nuñez, 2006).

El Diagrama textural de la USDA es una herramienta para obtener las clases texturales en función de los porcentajes de arena, limo y arcilla.



**Figura 1.** Triángulo de las clases texturales del suelo (SSDS, 1993).

El diagrama textural es un triángulo equilátero, en el que a cada lado de éste se sitúa cada una de las fracciones cuyo valor cero corresponde al 100 de la anterior y su 100 con el cero de la siguiente, siempre según el movimiento de las agujas del reloj. Cada muestra de suelo viene definida por un punto del interior del triángulo. Este punto se obtiene al hacer intersectar dos valores de porcentaje de la fracción de partículas. La

intersección de dichos puntos, se obtiene al trazar una recta desde una fracción textural a la otra fracción en función de los porcentajes (Gisbert et al., 2008).

La nomenclatura utilizada para nombrar las clases texturales ha sido establecida por el USDA (USDA, 1993). Para determinar la clase que le corresponde a un suelo dado, se ubican los porcentajes de arena, limo y arcilla en el respectivo eje del triángulo, se proyecta en él dicho valor, siguiendo la dirección indicada por la flecha, hasta que las tres líneas se intercepten determinando un punto.

<b>Rango porcentaje en el contenido de A, L, Y.</b>			
<b>Clase Textural</b>	<b>Arena</b>	<b>Limo</b>	<b>Arcilla</b>
<b>Arenosa</b>	100-85	15-0	10-0
<b>Franco arenosa</b>	85-43	50-0	20-0
<b>Franca</b>	52-23	50-32	27-7.
<b>Franca limosa</b>	50-0	87-50	27-0
<b>Limosa</b>	20-0	100-80	12-0
<b>Franca arcillosa</b>	45-20	53-15	40-27
<b>Arcillo arenosa</b>	67-45	20-0	55-35
<b>Arcillo limosa</b>	20-0	60-40	60-40
<b>Arcillosa</b>	45-0	40-0	100-40

**Tabla 1.** Rango de variación de los contenidos de arena, limo y arcilla en las diferentes clases texturales de suelos. Donde: A es arena, L es limo y Y es arcilla.

**Fuente:** Soil Survey Division Staff (SSDS, 1993).

### 2.3.5. Ley de Stokes

La Ley de Stokes se refiere a la fuerza de fricción experimentada por objetos esféricos moviéndose en el seno de un fluido viscoso en un régimen laminar de bajos números de Reynolds. Fue derivada en 1851 por George Gabriel Stokes. En general la ley de Stokes se refiere a la velocidad de caída de una esfera dentro de un fluido. Donde consiste en calcular la cantidad de sólido en suspensión a determinados intervalos de tiempo; la densidad se mide con un densímetro conocido como hidrómetro de Bouyoucos. (Valverde, 2007)

La velocidad de sedimentación uniforme de partículas esféricas está regida por la ley de Stokes que se expresa como:

$$v = \frac{2 r^2 (P1 - P2)}{9n}$$

Donde  $v$  es la velocidad final en cm/seg,  $r$  es el radio de las partículas en cm y  $p_1$  y  $p_2$  son las densidades (g/cm<sup>3</sup>) de la fase dispersa y del medio de dispersión respectivamente;  $g$  es la aceleración debida a la gravedad de (980.7 cm/seg<sup>2</sup>) y  $n$  es la velocidad newtoniana del medio de dispersión expresado en poises (g/cm/seg). La ley de Stokes se cumple solo si el movimiento hacia debajo de las partículas no es lo suficientemente rápido como para causar turbulencia. Las partículas más pequeñas no sedimentan a menos que sean centrifugadas.

### **2.3.6. Dispersante**

El agente dispersante genera un efecto de dispersión permite que las partículas en suspensión acuosa se comporten individualmente (no se agrupan) y sedimentan en un medio acuoso, fluido, con velocidad diferencial entre si dependiendo de sus radios, configuración o forma, peso y densidad. El principal objetivo metodológico de un fraccionamiento físico es alcanzar la máxima dispersión del suelo (separación de arena, limo y arcilla) con una mínima alteración de la MO asociada. Esta dispersión puede alcanzarse a través de agitación con agua o con dispersantes químicos (como hexametáfosfato de sodio, HMP, o resina sódica), a través de ultrasonido, o de una combinación de ambos métodos (Herbst, 1993).

### **2.3.7. Dispersión**

Las partículas que se encuentran humectadas por la solución de ligante que las envuelve, El aditivo reduce las interacciones entre las partículas y baja la viscosidad de la base de molienda, lo que permite conseguir cargas más elevadas, lo cual es muy importante para el proceso de la dispersión. En el proceso de dispersión propiamente dicho, los aglomerados se disgregan en agregados más pequeños y en partículas

primarias. Normalmente los agregados ya no pueden dividirse, ya que las partículas primarias están fuertemente unidas por sus superficies límite y es prácticamente imposible separarlas. Todo proceso de dispersión requiere energía para disgregar los aglomerados (Herbst, 1993).

### **2.3.8. Floculación**

La floculación es un proceso físico que contiene una determinada distribución de tamaño de partículas, las más grandes sedimentan rápido. Las muy pequeñas permanecen suspendidas por considerable lapso de tiempo, con el resultado de que no se forma una separación definida entre el sobrenadante y el sedimento, incluso cuando este último se torna evidente, aquél permanece turbio.

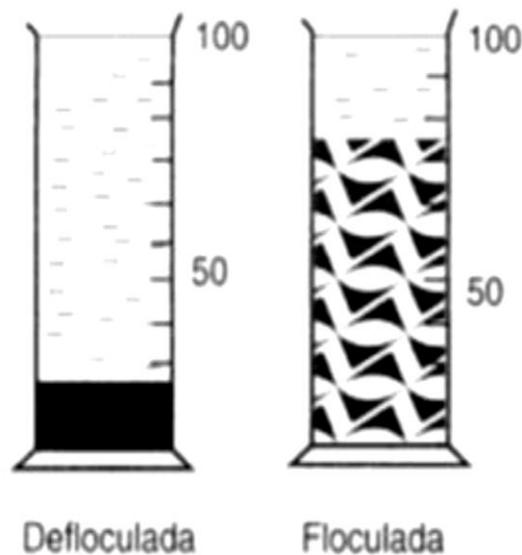
Es el proceso de unir partículas sólidas del suelo entre sí, obteniendo a diferentes mecanismos físico-químicos, aunque es un fenómeno más relacionado con la estructura, tiene gran importancia en la determinación de la textura del suelo. Este fenómeno se presenta muy influenciado por la presencia de cationes polivalentes ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ , etc), los cuales actúan como puente entre las partículas sólidas cargadas negativamente o entre moléculas de agua unidas a la partícula. La floculación puede alterar la determinación de la textura, en el caso de que no se produzca y mantenga la dispersión del suelo durante el tiempo que dure el análisis, debido a que partículas de determinados tamaños se unen entre sí, formando pseudos-agregados de tamaños mayores que, obedeciendo a la ley de Stokes, sedimentan con una velocidad mayor que aquellas a la cual no harían las partículas individuales (Carretero, 2008).

### 2.3.9. Grado de floculación

Un parámetro mejor para comparar sistemas floculados es el grado de floculación que relaciona el volumen de sedimentación de la suspensión floculada,  $F$ , con el volumen de sedimentación de la suspensión con el estado des floculado,  $F$ .

Se expresa:

$$\beta = \frac{f}{f}$$



**Figura 2.** Parámetros de *sedimentación* de las suspensiones (Carretero, 2008).

### 2.4. Método de la pipeta de Robinson

Este método es uno de los más utilizados en la actualidad, su principio está basado en la ley de Stokes, es decir en la diferente velocidad de sedimentación de partículas de distinto diámetro, por lo tanto, el análisis consiste en efectuar extracciones a profundidades y tiempos determinados (Cabrera, 2005).

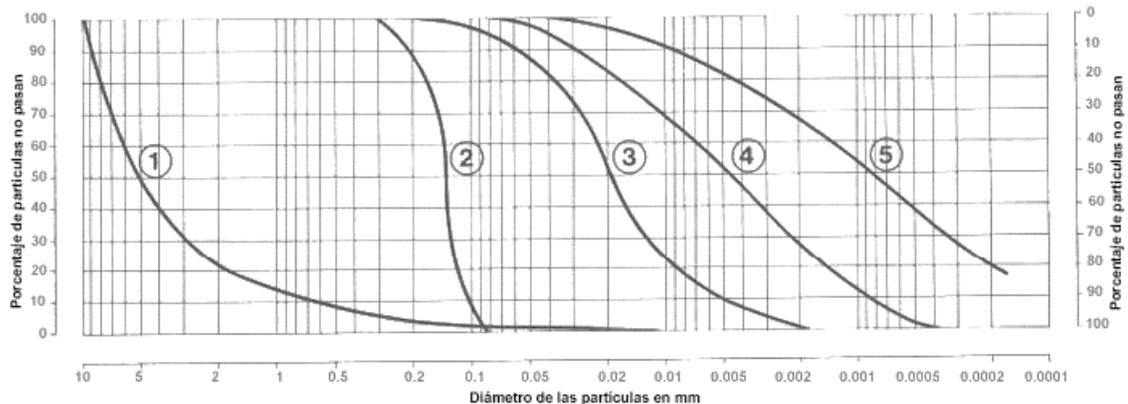
## 2.5. Curva de frecuencia de partículas según su tamaño

El análisis mecánico corriente proporciona los porcentajes de las tres clases de partículas según el tamaño de arena, limo y arcilla, así como el del franco arcilloso. Si esto no es suficiente, algunos laboratorios de suelos pueden hacer un análisis mucho más minucioso y un nuevo desglose de las cantidades relativas de partículas de suelo de un mayor número de clases por tamaño. Los resultados de este tipo de análisis pueden brindarse en forma de un cuadro sencillo en que el peso de cada tamaño de partícula se dé como porcentaje del peso en seco total de la tierra fina de la muestra de suelo, como el que se muestra en el ejemplo (FAO - WEB)

La curva de frecuencia de partículas según su tamaño se traza en un gráfico en que los logaritmos del tamaño de las partículas se muestran en el eje vertical.

**Gráfica 1.** Curvas de frecuencia de partículas.

Según su tamaño para suelos seleccionados, en las que aparecen los resultados del análisis mecánico hasta las partículas más pequeñas de arcilla. 1 Grava y arena (aluvión antiguo), 2 Arena, 3 Limo, 4 Suelo arcilloso calcáreo (marga), 5 Arcilla pesada.



## 2.6. Costo de análisis.

El valor monetario de los recursos que se utilizan para producir un bien o servicio. Es el resultado de la suma de sueldos y salarios, de insumos consumibles durante el periodo, de gastos y servicios generales, del valor financiero de la cuantificación de mobiliario, equipo y otros (Depreciación y amortización) que son necesarios para brindar un servicio. (Suarez, 2012)

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación del sitio experimental

Este estudio se realizó en el laboratorio de la Facultad de Agronomía de Suelos y Agua (LAFASA) dependiente de la Universidad Mayor de San Andrés. El ambiente presentaba una temperatura promedio de 16,8 °C y Humedad relativa promedio de 29,34%.

#### 3.2. Materiales

Material de Laboratorio	Reactivos
• Balanza	• Hexametáfosfato de Sodio
• Termómetro	• Carbonato de Sodio
• Hidrómetro	• Hidróxido de Sodio
• Probetas	• Alcohol isoamílico
• Buretas	
• Vaso de precipitado	
• Varillas	
Material de Campo	Material de Gabinete
• Pico y pala	• Computadora
• Bolsas plásticas	• Cuaderno de registro
• Gps	
• Cámara fotográfica	
• Libreta de apuntes	

**Tabla 2.** Fases de la Metodología.

#### 3.3. Métodos

Para un mejor orden y organización de investigación, se divide el mismo en cuatro fases de trabajo; Gabinete Inicial, Campo, laboratorio, gabinete final.

METODOLOGIA	FASE 1	GABINETE INICIAL
	FASE 2	CAMPO
	FASE 3	LABORATORIO
	FASE 4	GABINETE FINAL

**Tabla 3.** Fases de la Metodología.

### **3.3.1. Fase de gabinete inicial**

En esta fase se realizó la acumulación de información de trabajos precedentes a la determinación de textura por hidrometría, revisando investigaciones, revistas científicas, tesis, etc. Con la información recaudada se toma la decisión de la localización de muestreo de suelos.

Se realizó el cronograma de trabajo, tomando parámetros de tiempo estimados para un buen desarrollo del mismo.

### **3.3.2. Fase de campo**

El tipo de muestreo que se utilizó fue de Zig – Zag, que consistió en líneas cruzadas de 25 a 30 pasos desde cada punto seleccionado de muestreo. Se eliminó la cobertura vegetal y piedras de la superficie en el sitio de muestreo. Marcar en la pala la profundidad de 20 cm y cavar un hueco en forma de “V” del ancho, se tomó un corte de suelo de 2 a 3 centímetros de espesor de la pared del hueco y se deposita en un balde plástico identificado con la profundidad; éste debe estar limpio de impurezas tales como restos de fertilizante, cal, estiércol, cemento, etc. Repetir esta operación en cada uno de los puntos, siguiendo las indicaciones el muestreo en zigzag se recolectan las submuestras y posteriormente se mezclan para obtener cada muestra, de manera que sea representativa, luego se depositó en una bolsa codificada (Menzoda, 2017)

### **3.3.3. Fase de laboratorio**

Una vez centralizadas las muestras de suelo en laboratorio se procedió con la homogenización de los mismos, para su respectivo estudio.

Se realizó el secado de las muestras en las mesas de laboratorio sobre hojas de papel con sus respectivos códigos, de esta forma evitar confusiones entre muestras. Una vez las muestras estas secas, los suelos se tamizan a dos milímetros para hacer la determinación de textura.

De esta forma se inicia con la investigación de los parámetros de calidad.

### **3.3.3.1. Determinación de los parámetros de calidad**

#### **3.3.3.1.1. Masa de suelo analizado**

Las muestras de suelo que pasaron la etapa de tamizado, se toma una masa de 40 g de suelo para el análisis de textura y según Borja se pesan 50 g de suelo de cada suelo previamente seco, molido y tamizado por malla de 2 mm (Andrades, 1993)

#### **3.3.3.1.2. Solución dispersante**

Las aplicaciones de dispersantes se realizan luego del pesado de suelo, ya sea el peso de 50 o 40 gramos. Una vez aplicado el dispersante a la masa de suelo, se procede de forma general a la batidora con  $\frac{3}{4}$  de agua destilada durante 30 minutos.

#### **3.3.3.1.3. Hexametáfosfato de sodio**

Se pesaron 5 gramos de Hexametáfosfato de sodio para la aplicación en seco sobre la cantidad de suelo determinada en el vaso de la agitadora, realizando una mezcla del dispersante con el suelo con ayuda de una varilla y de esta forma hacer homogenización de la muestra previo a pasar a la agitadora.

#### **3.3.3.1.4. Solución de calgon**

Se realizó una solución Hexametáfosfato de Sodio y Carbonato de Sodio, llamado Calgon al 5%, se pesan 40 gramos de Hexametáfosfato de sodio y 10 gramos de carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) en agua y se diluyó a un volumen de 1 litro. (Cochrane, 1993).

De la solución Calgon se aplicó 100 ml a la muestra de suelo sometida a experimentación.

### **3.3.3.1.5. Solución propuesta**

En la combinación de soluciones constituidas por Hidróxido de Sodio 0.1 M y Calgón en una relación 2:1. Aplicando 100 ml de esta solución dispersante al suelo sometido a ensayo (Borja, 2014)

### **3.3.3.1.6. Materia orgánica y presencia de carbonatos**

Para la determinación de textura cantidad de materia orgánica debe ser menor al 5%, en caso de superar el 5 % se debe pasar a la eliminación de la misma, se tienen metodologías como la calcinación, combustión húmeda y tratamiento con agua oxigenada. (Ruiz, 2014).

Previo a la determinación de textura se debe determinar la presencia de carbonatos con un gotero que contenga una solución de ácido clorhídrico al 10%, en caso este genere efervescencia indica la presencia de carbonatos (Cochrane, 1993).

### **3.3.3.1.7. Eliminación de carbonatos**

La eliminación de carbonatos se realiza con una solución de HCL 2N, se debe agregar 10 ml en un matraz con la muestra de suelo, agitar durante una hora hasta que se detenga la reacción, filtrar y lavar con agua destilada, posterior agregar HCL 0.2N en varias porciones hasta detener, lavar con agua destilada para remover los restos de ácido (Martínez, 2012).

### **3.3.4. Tiempos de Extracción de Datos**

Se realizaron dos tomas de tiempo con diferentes intervalos entre si, esto se diferencia por la forma de desarrollo de cálculos y obtención de resultados.

Posterior a la aplicación del dispersante designado a la muestra de suelo se transfiere la solución a una probeta de capacidad de 1 litro. Se afora a un litro con agua destilada y con la varilla se hacen 10 ciclos para mover las partículas de suelo en solución. Una vez culminado los ciclos de remoción se inicia con la marcha del cronometro.

#### **3.3.4.1. Toma de tiempo 1**

Con el hidrómetro se realizó las siguientes tomas, correspondientes a Bouyoucos Modificado de tiempo:

- 40 segundos
- 120 minutos

#### **3.3.4.2. Toma de tiempo 2**

La toma de datos con los que se realizó las curvas granulométricas, se aplica la inserción del hidrómetro en los siguientes tiempos:

1. 40 segundos
2. 60 segundos
3. 3 minutos
4. 10 minutos
5. 30 minutos
6. 60 minutos
7. 90 minutos
8. 2 horas
9. 24 horas

Tiempos fijados en 2da edición del Manual de Métodos Estándares (GEE y BAUDER, 1986).

### 3.3.5. Combinaciones de los factores de calidad

Esta investigación tiene 6 combinaciones diferentes, cada combinación tiene a Masa de suelo analizado, Dispersante y Toma de Tiempo, una de estas combinaciones será seleccionada como la más óptima, dando a conocer sus parámetros de calidad.

MASA DE SUELO	DISPERSANTE	VOLUMEN DE SOLUCION DISPERSANTE	TOMA DE TIEMPO	NUMERO DE COMBINACION	CODIGO DE COMBINACION
50 gr	HEXAMETAFOSFATO	100 ml	Tiempo 1	1	A50HT1
			Tiempo 2	2	A50HT2
	CALGON	100 ml	Tiempo 1	3	A50CT1
			Tiempo 2	4	A50CT2
	HIDROXIDO DE SODIO	100 ml	Tiempo 1	5	A50XT1
			Tiempo 2	6	A50XT2
40 gr	HEXAMETAFOSFATO	100 ml	Tiempo 1	7	A40HT1
			Tiempo 2	8	A40HT2
	CALGON	100 ml	Tiempo 1	9	A40CT1
			Tiempo 2	10	A40CT2
	HIDROXIDO DE SODIO	100 ml	Tiempo 1	11	A40XT1
			Tiempo 2	12	A40XT2

**Tabla 4.** Combinaciones del ensayo posibles del ensayo.

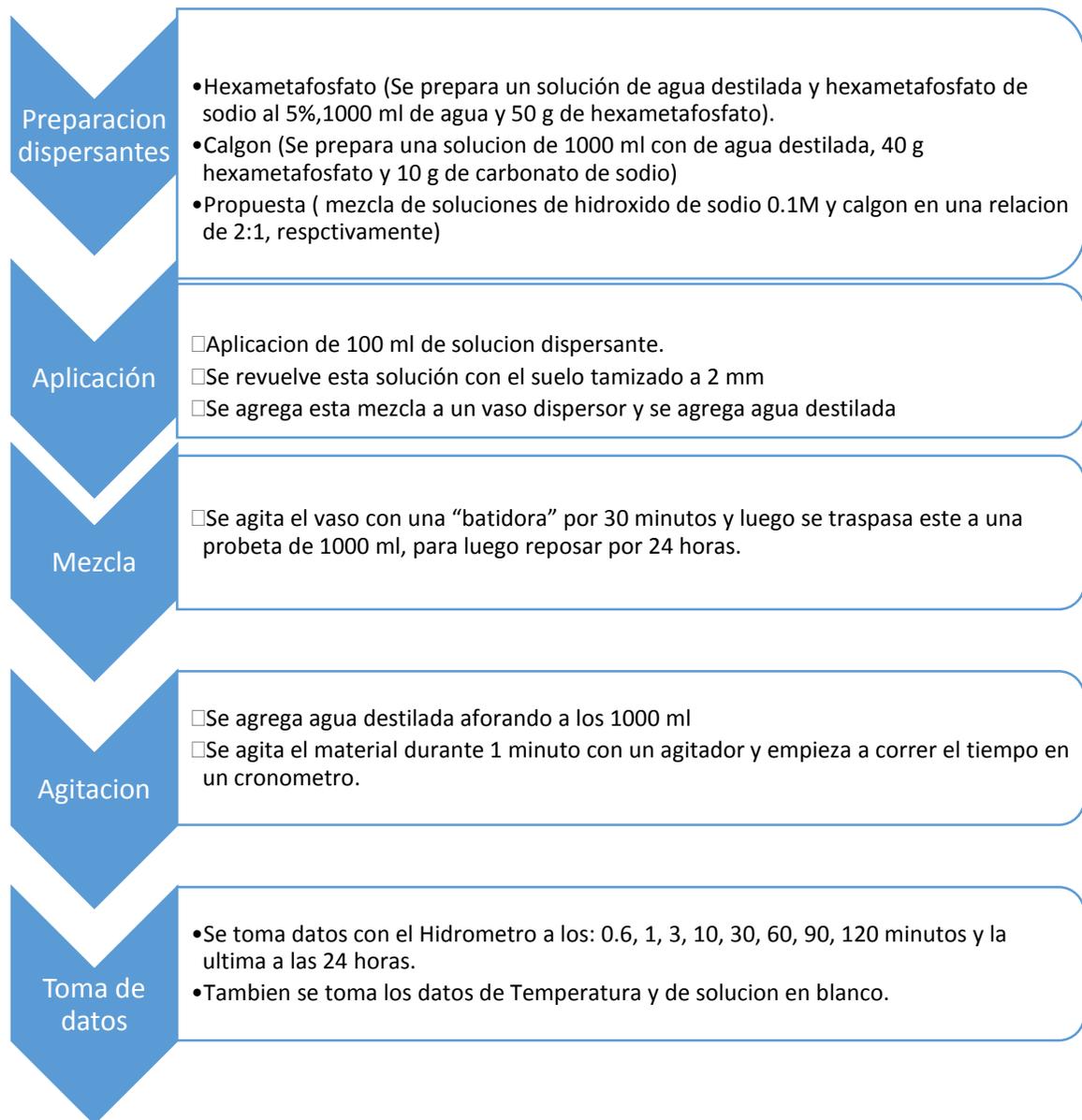
### 3.3.6. Determinación de curvas granulométricas

El análisis hidrométrico se basa en el principio de la sedimentación de granos de suelo en agua. Cuando un espécimen de suelo se dispersa en agua, las partículas se asientan a diferentes velocidades dependiendo de sus formas, tamaños y pesos (Martínez, 2012)

Por simplicidad, se supone que todas las partículas de suelo son esferas y que la velocidad de las partículas se expresa por la ley de Stokes, la que indica que la velocidad de sedimentación de una partícula depende de su diámetro.

Para realizar este ensayo se necesita una muestra del material fino el cual se desea analizar (como mínimo 50 [gr]), agua destilada, hexametáfosfato de sodio, batidora,

probeta (cap. 1000 ml), agitador, cronometro y un densímetro. Una vez que se cuenta con todos los materiales se procede de la siguiente forma:



**Cuadro 1.** Metodología práctica para determinación de curvas granulométricas.

Así, para el ensayo realizado se obtienen los siguientes datos:

<b>Hidrómetro</b>		<b>N°</b>		
<b>Gs de los sólidos</b>				
<b>Peso de suelo</b>		[g]		
<b>Corrección de cero</b>				
<b>Corrección del menisco</b>				
<b>Agente Dispersante</b>				
<b>Cantidad</b>		[g]		

**Tabla 5.** Datos de la muestra

<b>Tiempo</b>		<b>Lectura del</b>		<b>Temperatura</b>	
	unidad	Hidrómetro		°C	
<b>40</b>	seg	-		-	
<b>1</b>	min	-		-	
<b>3</b>	min	-		-	
<b>10</b>	min	-		-	
<b>30</b>	min	-		-	
<b>60</b>	min	-		-	
<b>90</b>	min	-		-	
<b>120</b>	min	-		-	
<b>1440</b>	Min	-		-	

**Tabla 6.** Datos análisis hidrométrico.

Para realización la curva granulométrica se tuvo que obtener el porcentaje de suelo en suspensión y el diámetro de las partículas. Estos se obtienen de las siguientes formulas:

$$R_c = Lect. - C_0 + C_T \quad (1)$$

Donde,

R<sub>c</sub> =lectura corregida del hidrómetro.

Lect =lectura real del hidrómetro.

C<sub>0</sub> =corrección del cero.

C<sub>T</sub> =coeficiente de corrección por temperatura (Tabla 2.4).

$$P = \left( \frac{R_c \cdot a}{W} \right) \cdot 100 \quad (\% \text{ más fino})$$

Donde:

A =factor de corrección aplicado a la lectura del densímetro. (Tabla 2.3)

P =porcentaje de suelo en suspensión.

R =lectura del hidrómetro con la corrección realizada.

W =peso de suelo ensayado

$$R = \text{Lect.} + C_{\text{menisco}}$$

Donde:

R = lectura corregido por menisco.

Lect = lectura real del hidrómetro.

Cmenisco = corrección de menisco.

$$D = K \cdot \sqrt{\frac{L}{t}}$$

Donde,

D = diámetro de las partículas [mm].

K = Determinado de Tabla 2.6

L = L efectivo de acuerdo a R (Tabla 7).

t = tiempo de medición en minutos.

<b>Values of correction factor, <math>\alpha</math>, for diferens specific gravities of soil particles</b>	
<b>Specific Gravity</b>	<b>Correction Factor</b>
2,95	0,94
2,9	0,95
2,85	0,96
2,8	0,97
2,75	0,98
2,7	0,99
2,65	1
2,6	1,01
2,55	1,02
2,5	1,03
2,45	1,05

**Tabla 7.** valor de  $\alpha$  en función del peso específico del suelo

Temperatura [°C]	C <sub>T</sub>
15	-1,10
16	-0,90
17	-0,70
18	-0,50
19	-0,30
20	0,00
21	0,20
22	0,40
23	0,70
24	1,00
25	1,30
26	1,65
27	2,00
28	2,50
29	3,05
30	3,80

**Tabla N° 8.** Corrección por temperatura del ensayo.

HIDROMETER 151H			HIDROMETER 152H		
Actual Hydrometer Reading	Effective Depth, L, cm	Actual Hydrometer Reading	Effective Depth, L, cm	Actual Hydrometer Reading	Effective Depth, L, cm
1,000	16,3	0	16,3	31	11,2
1,001	16,0	1	16,1	32	11,1
1,002	15,8	2	16	33	10,9
1,003	15,5	3	15,8	34	10,7
1,004	15,2	4	15,6	35	10,6
1,005	15,0	5	15,5	36	10,4
1,006	14,7	6	15,3	37	10,2
1,007	14,4	7	15,2	38	10,1
1,008	14,2	8	15	39	9,9
1,009	13,9	9	14,8	40	9,7
1,010	13,7	10	14,7	41	9,6
1,011	13,4	11	14,5	42	9,4
1,012	13,1	12	14,3	43	9,2
1,013	12,9	13	14,2	44	9,1
1,014	12,6	14	14	45	8,9
1,015	12,3	15	13,8	46	8,8
1,016	12,1	16	13,7	47	8,6
1,017	11,8	17	13,5	48	8,4
1,018	11,5	18	13,3	49	8,3
1,019	11,3	19	13,2	50	8,1
1,020	11,0	20	13	51	7,9
1,021	10,7	21	12,9	52	7,8
1,022	10,5	22	12,7	53	7,6
1,023	10,2	23	12,5	54	7,4
1,024	10,0	24	12,4	55	7,3
1,025	9,7	25	12,2	56	7,1
1,026	9,4	26	12,4	57	7
1,027	9,2	27	11,9	58	6,8
1,028	8,9	28	11,7	59	6,6
1,029	8,6	29	11,5	60	6,5
1,030	8,4	30	11,4		
1,031	8,1				
1,032	7,8				
1,033	7,6				
1,034	7,3				
1,035	7,0				
1,036	6,8				
1,037	6,5				
1,038	6,2				

**Tabla N° 9.** Valor efectivo de L en función de la lectura con corrección de menisco

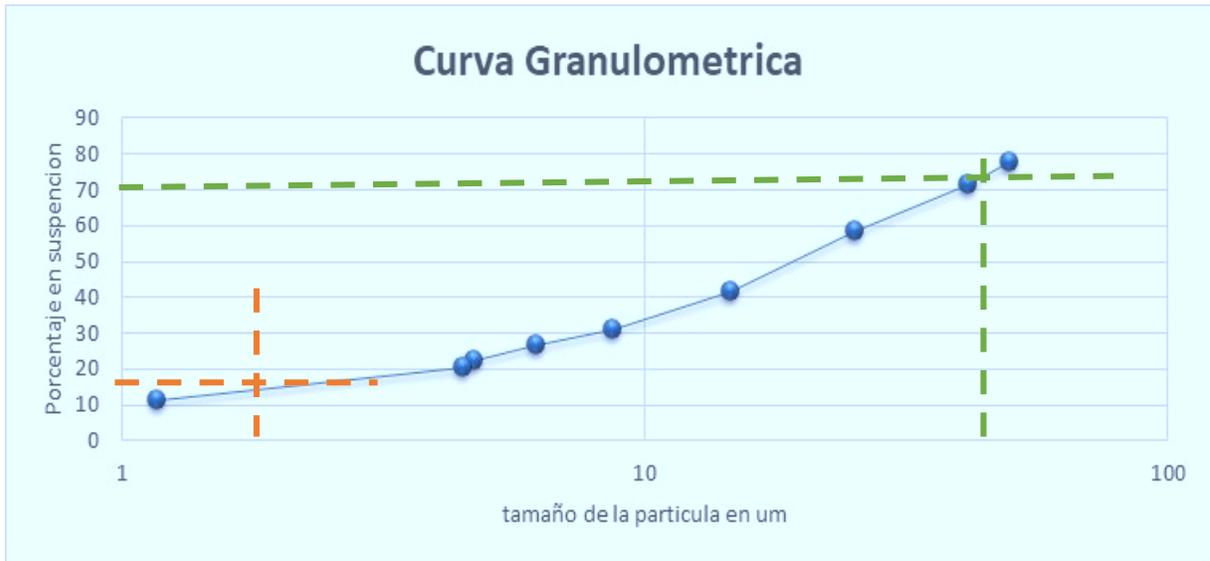
Con estos cálculos se procedió a la realización de una tabla para la realización de las curvas granulométricas, teniendo como resultado a el porcentaje de partículas en suspensión y el tamaño de las partículas, con los mismos se realiza la gráfica que muestra la curva granulométrica.

A continuación, mostramos la tabla de cálculos para la determinación de Curvas Granulométricas del Suelo N° 1 con el Dispersante Propuesto (Hidróxido de Sodio).

TIEMPOS	LECTURA	T (C°)	Correccion por Temperatura	Redondeo T(C°)	Gravedad Especifica	MASA DE SUELO	LECTURA BLANCO	Rc	Factor de Correccion a	Rc*a*100	% suelo susp.	k	Lectura Correccion de menisco	L de tabla	L/t	raiz	D (mm)	D (um)	% suelo suspendido
0,66	29	18	-0,5	18	2,34	50	4	24,5	1,07	2612,41	52,25	0,015	30	11,4	17,27	4,16	0,06	63,33	52,25
1	28	18	-0,5	18	2,34	50	4	23,5	1,07	2505,78	50,12	0,015	29	11,5	11,50	3,39	0,05	51,67	50,12
3	24	18	-0,5	18	2,34	50	4	19,5	1,07	2079,27	41,59	0,015	25	12,2	4,07	2,02	0,03	30,73	41,59
10	19	18	-0,5	18	2,34	50	4	14,5	1,07	1546,12	30,92	0,015	20	13	1,30	1,14	0,02	17,37	30,92
30	17	18	-0,5	18	2,34	50	4	12,5	1,07	1332,86	26,66	0,015	18	13,3	0,44	0,67	0,01	10,15	26,66
60	16	18	-0,5	18	2,34	50	4	11,5	1,07	1226,23	24,52	0,015	17	13,5	0,23	0,47	0,01	7,23	24,52
90	15	18	-0,5	18	2,34	50	4	10,5	1,07	1119,60	22,39	0,015	29	11,5	0,13	0,36	0,01	5,45	22,39
120	14	18	-0,5	18	2,34	50	4	9,5	1,07	1012,98	20,26	0,015	15	13,8	0,12	0,34	0,01	5,17	20,26
1342	10	17	-0,7	17	2,34	50	4	5,3	1,07	565,13	11,30	0,016	11	14,5	0,01	0,10	0,00	1,63	11,30

**Tabla 10.** Donde se obtienen los valores de Diámetro de Partícula y el Porcentaje de partículas en suspensión, en función del tiempo de toma de datos. Y con los datos obtenidos se realiza la gráfica de la curva granulométrica para este suelo con su respectivo dispersante y cantidad de masa sometida a experimentación. (Fuente, Elaboración propia).

**Gráfica 2.** Curva Granulométrica, en el eje X el Tamaño de Partícula y en el eje Y Porcentaje de partículas en suspensión.



En el Eje X tenemos al tamaño de partícula y en el eje Y tenemos el porcentaje de partículas en suspensión, en el Eje X junto a las líneas de color naranja que se encuentra en la unidad de 2 um, que intersección con la curva granulométrica, se marca este punto y se determina en el eje Y el porcentaje de Arcilla, correspondiente a las partículas en suspensión de diámetro menor a 2 um que corresponden según las USDA a Arcilla, dando un valor de 12 %. Es el mismo procedimiento que se sigue para la determinación de Limo + Arcilla, en el eje X podemos denotar la línea verde que se encuentra sobre los 50 um de diámetro de partícula que intersección con la curva Granulométrica, en el punto de intersección contrastando con el eje Y se determina el porcentaje de Limo + Arcilla. Ya que están las partículas menores a 50 um de diámetro y corresponden a la Suma del Limo y la Arcilla según la USDA dando un valor de 50 %.

Teniendo los valores de:

Arcilla: 12%

Limo + Arcilla= 50 %

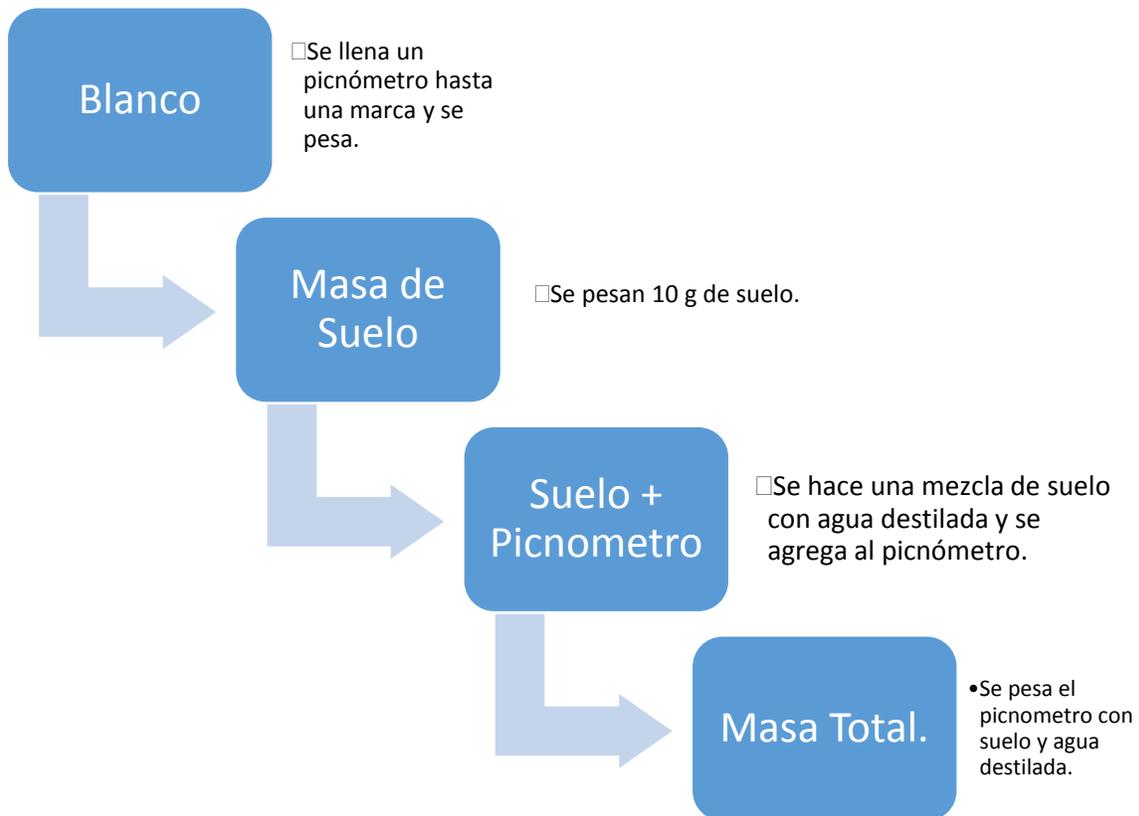
Limo = (Limo + Arcilla) – Arcilla = 50 – 12 = 38 %

Arena= 100 – Arcilla – Limo = 100 – 12 – 38 = 50 %

### 3.3.6.1. Peso específico

El peso específico se define como el cociente entre el peso de un volumen determinado de la muestra, y el peso del agua de este mismo volumen a 4° C. Para determinar el peso específico se necesita una muestra del suelo que se desea analizar, un picnómetro, agua destilada, termómetro, balanza y un horno (Martínez, 2012)

Una vez que se cuenta con todos los implementos necesarios se realiza el siguiente procedimiento:



**Cuadro 2.** Metodología para la determinación del peso específico.

Para realizar los cálculos se utilizan las siguientes formulas:

Donde:

$$V_s = \frac{W_2 + W_3 - W_1}{\gamma_{\text{Agua a } 4^\circ\text{C}}}$$

$$G_s = \frac{(W_3/V_s)}{\gamma_{\text{Agua a } 4^\circ\text{C}}}$$

$$\gamma_d = \frac{W_3}{V_s}$$

$W_1$  = Peso picnometro + agua + suelo (g)

$W_2$  = Peso picnometro + agua (g)

$W_3$  = Peso suelo seco (g)

$V_s$  = Volumen del sólido (g/cm<sup>3</sup>)

$\gamma_d$  = Densidad seca del sólido

$\gamma_{\text{agua a } 4^\circ\text{C}}$  = Densidad del agua a 4°C

$G_s$  = Peso específico de los sólidos

Utilizando este análisis se obtuvieron los siguientes resultados para el ensayo realizado:

DATOS DE CONFECCION	VALOR	UNIDAD
Densidad de Agua $\gamma_{\text{Agua a } 4^\circ\text{C}}$	1	(g/cm <sup>3</sup> )
Peso Picnometro + Agua + Suelo, $W_1$	362,84	(g)
Peso Picnometro + Agua , $W_2$	344,44	(g)
Peso Suelo Seco, $W_3$	30,05	(g)
Temperatura de Agua	23,24	(°C)
Volumen del Sólido $V_s$	11,65	(cm <sup>3</sup> )
Densidad Seca del Sólido, $\gamma_d$	2,57939914	(g/cm <sup>3</sup> )
Gravedad Específica de los Sólidos, $G_s$	2,57939914	--

**Tabla 11.** Calculo Peso específico.

### 3.3.7. Pipeta de Robinson

En la investigación se realizó el análisis de textura por el método de pipeta de Robinson como un método referente y comparativo entre las diferentes técnicas evaluadas en la presente, la pipeta de Robinson esta basada en la metodología descrita en la bibliografía de la universidad de rioja. (2005).

### 3.3.7.1. Descripción de la metodología utilizada para pipeta de Robinson

Se seleccionaron 4 capsulas más 1 para el blanco de dispersante, (esta última puede ser usada en común por varios equipos). Cada capsula es numerada y después lavada con agua y jabón, haciendo los últimos aclarados con agua destilada. Se ponen a continuación a secar en la estufa un mínimo de 12 hr a 110°C. una vez secas se dejan enfriar en el desecador. A partir de este momento es preferible no manipular las capsulas con las manos sino utilizar unas pinzas.

Una vez frias, las capsulas se pasó a pesarlas con la precisión de 0.0001 gr y guardadas en un lugar limpio y seco. Anotando los pesos (taras) en una tabla de este tipo.

Fracción	Limite (mm)	N° Capsula	Tara	Tara+Peso	Peso Fracción	%
Arena	2,00 - 0,05					
Limo Grueso	0,05 - 0,02					
Limo Fino	0,02 - 0,002				*	
Arcilla	$\emptyset < 0,002$				*	
*Estas fracciones acumulan el peso de las inferiores						

**Tabla 12.** Tabla de toma de datos. Toma de datos para los pesos de las capsulas.

### 3.3.7.2. Dispersión

Después de tener los pesos de suelo, el residuo se pasa totalmente a un frasco de litro, procurando que las aguas de recogida no llenen la mitad del frasco. Se añaden, con probeta, 40 ml de este dispersante (Hexametáfosfato sódico) y se agita mecánicamente durante 8 horas.

### 3.3.7.3. Separación por sedimentación en fracciones de limo grueso, limo fino y arcilla.

Terminada la dispersión se paso totalmente el contenido de la botella a una probeta de litro, lavando y enrasando con agua destilada.

Agitamos durante un minuto el contenido de la probeta introducimos la pipeta de Robinson y a los 40" de haber dejado de agitar realizamos la primera extracción succionando hasta que el líquido rebase la llave de la pipeta. En este momento se cerró la llave, sobre una de las capsulas taradas.

Sin enrasar, volvemos a agitar y repetimos la operación para la 2° y 3° extracción, variando solo los tiempos de sedimentación en función de la temperatura del laboratorio según las tablas.

Extracción	Fracción	Incluye	T aprox.	Tamaño (mm)
1°	LG	LG+LF+a	40"	0,05 - 0,02
2°	LF	LF+a	3' a 6'	0,02 - 0,002
3°	Arcilla	a	6 h a 10 h *	$\varnothing < 0,002$

**Tabla 13.** Las fracciones recogidas en cada extracción.

Lavar con agua destilada la pipeta entre cada extracción. Durante la sedimentación la probeta estará sobre una superficie firme y libre de vibraciones o movimientos que alteren el ritmo normal de sedimentación de las partículas.

La introducción de la pipeta en el liquido se efectuara lentamente, sin causar perturbaciones en la sedimentación. Pondremos las capsulas con el liquido a secar en estufa un mínimo de 12 h a 110°C. una vez secas las dejaremos enfriar en el desecador y las pesaremos con precisión de 0.001 gr (Española, 2013).

### 3.3.7.4. Separación de tamizado de las fracciones de arena

El líquido que queda en la probeta se pasa a través de un tamiz de 0.05 mm y se lavo cuidadosamente hasta que el líquido que percole sea claro. El residuo del tamiz se pasa a una capsula y deseca.

Anotamos todos los pesos, restamos las taras y con esos datos efectuamos los cálculos para dar el porcentaje de cada fracción.

### 3.3.7.5. Cálculos

$$P_m = (\text{sumatoria de } A_n + (L - D) * 50$$

$$\% \text{ Pérdida de muestra} = \frac{P_0 - P_m}{P_0} \times 100$$

$$\% \text{ Arena} = \frac{A_n}{P_m} \times 100$$

$$\% \text{ Limo G} = \frac{(LG - LF) \times 50}{P_m} \times 100$$

$$\% \text{ Limo F} = \frac{(LF - A) \times 50}{P_m} \times 100$$

$$\% \text{ Arcilla} = \frac{(A - D) \times 50}{P_m} \times 100$$

P0 = Peso inicial de la muestra (g)

L = Peso de la fracción limo (g)

Pm = Peso de la fracción mineral (g)

D = Peso medio del dispersante (g)

A = Peso de la fracción arcilla (g)

An = peso de cada Fraccion de arena (g)

(\*) Acumula a las inferiores

T° C	Fracción de Arcilla (a) < 0,002		Fracción de LF + a < 0,02	
	Horas	Min	Min	Seg
10	10	23	6	14
11	10	6	6	3
12	9	49	5	54
13	9	34	5	44
14	9	19	5	33
15	9	3	5	27
16	8	51	5	19
17	8	37	5	10
18	8	24	5	3
19	8	12	4	55
20	8	0	4	48
21	7	48	4	41
22	7	37	4	34
23	7	26	4	28
24	7	16	4	33
25	7	6	4	15
26	6	56	4	10
27	6	47	4	4
28	6	37	3	59
29	6	29	3	54
30	6	21	3	48

**Tabla 14.** Tiempos de extracción por tamaño de partículas y temperatura.

### 3.3.8. Fase de gabinete final

En esta fase se procede hacer la interpretación de los resultados ensayados de laboratorio. Con la creación de tablas, curvas granulométricas, y la determinación de la textura de suelos de los suelos de la Primera y Segunda Etapas de laboratorio.

### 3.4. DETERMINACION DE COSTOS

Se realizó una investigación de insumos de laboratorio en La Ciudad de La Paz, como también se evaluó el tiempo de realización y los costos de análisis para cada una de las soluciones sometidas a comparaciones en la presente investigación.

Se realizó una investigación de precio de los reactivos utilizados en la presente tesis, de la cual se tabularon los datos correspondientes para obtener los costos de cada dispersante empleado en la investigación.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1. Establecer los parámetros de calidad para la determinación de la textura en suelos.

#### 4.1.1. Cantidad de materia orgánica en los suelos

Se realizó la determinación de la cantidad de materia orgánica de los suelos sometidos a la experimentación, según Borges, un suelo con materia orgánica superior al 5 % debe ser sometido a un pretratamiento para la eliminación de la misma. También se muestran las comunidades de muestreo de suelo, en Anexo N° 8.6. Se puede ver los puntos de georreferenciación.

Numero	MO(%)	CARBONATOS	MUNICIPIO	COMUNIDAD	COORDENADAS UTM	
					X	Y
1	1,38	NO	LURIBAY	VILACORA	641108	8122852
2	3,53	NO	CHUMA	TIMUSI	515049	8267728
3	3,03	NO	ACHACACHI	1° DE MAYO	541539	8230604
4	3,15	NO	SAPAHQUI	AYAHUAICO	625274	8111618
5	3,15	NO	INTERSALAR	SALINAS	638897	7828092
6	4,11	NO	LURIBAY	MATARA	652469	8103861
7	3,53	NO	ACHACACHI	1° DE MAYO	641746	8230597
8	3,47	NO	CAIROMA	HUMARUTA BAJO	618390	8154540
9	4,55	NO	GUAQUI	GUAQUI	514223	8166533
10	2,84	SI	GUAQUI	JANKHOMARKA	590960	8230879
11	1,76	NO	MECAPACA	TOTORANI	584619	8053408
12	3,69	NO	SORATA	TAIPI LOGENA	541658	8243476
13	3,60	NO	CAIROMA	PUCARANI	615795	7954248
14	0,88	NO	MECAPACA	TOTORA	604857	8157061
15	3,78	NO	COMBAYA	AQUILOBAMBA	524639	8248604
16	2,27	NO	LURIBAY	AUCAMARCA	647601	8109230
17	2,12	NO	AROMA	SICA SICA	634597	8083126
18	0,20	NO	SILALA	SILALA	602874	7565854

**Tabla 15.** Donde se pueden apreciar los puntos de recolección de los suelos y la cantidad de materia orgánica de los mismos.

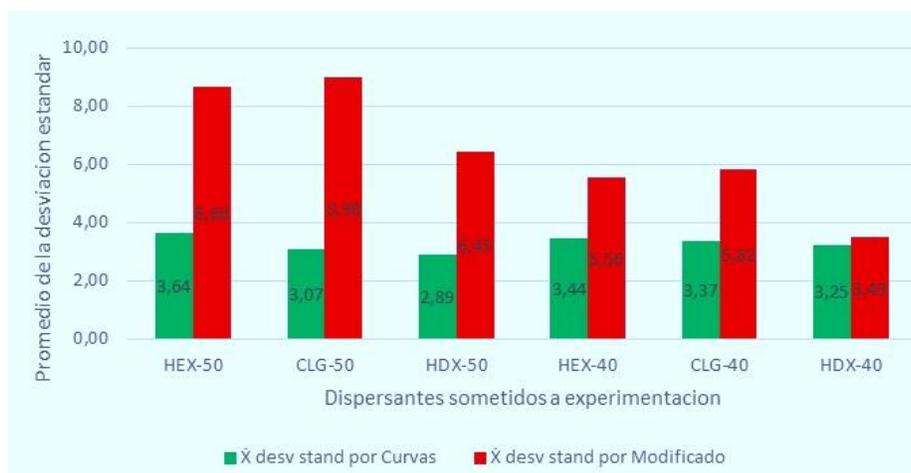
#### 4.1.2. Elección de cantidad de masa óptima

Posterior a la realización de la investigación en laboratorio se tiene como resultado en el Anexo 1. La tabla con los 18 suelos, con sus respectivos porcentajes de Arcillo, Limo y Arena, obtenidos con curvas granulométricas, en función a la cantidad de masa sometida a experimentación y los distintos dispersantes, sujetos a comparación con los resultados obtenidos con la metodología patrón "Pipeta". En el Anexo 2 se muestra la tabla obtenida con la metodología de bouyoucos modificado tomando en cuenta a dos tiempos para la determinación de los porcentajes de Arcilla, Limo y Arena, sometida a comparación con la metodología patrón.

En la siguiente tabla podemos observar los resultados del promedio de las desviaciones estándar de los porcentajes obtenidos tanto con curvas granulométricas (Anexo 3) y bouyoucos modificados (Anexo 4), ambos comparados con los porcentajes determinados con la Pipeta.

Se determina que haciendo la comparación de Masa de suelo y Podemos observar que el Dispersante Propuesta (Hidróxido de Sodio 0.1 M y Calgon en una relación 2:1) con un valor de 2.75 % de diferencia con la metodología patrón, dando la diferencia más mínima en este caso, y valores más elevados que nos dan el hexametáfosfato y el Calgon dan valores de 3.64% y 3.07% respectivamente.

**Gráfica 3.** Desviaciones estándar para cada dispersante en contraste con el método de la pipeta, curvas vs modificado.



Los resultados de los análisis indican que las características de los suelos estudiados con una masa de 40 g de suelo en la determinación de las curvas granulométricas sujetos a comparación con la metodología patrón, dan un valor promedio de 3.35 % tomando en cuenta a los tres dispersantes.

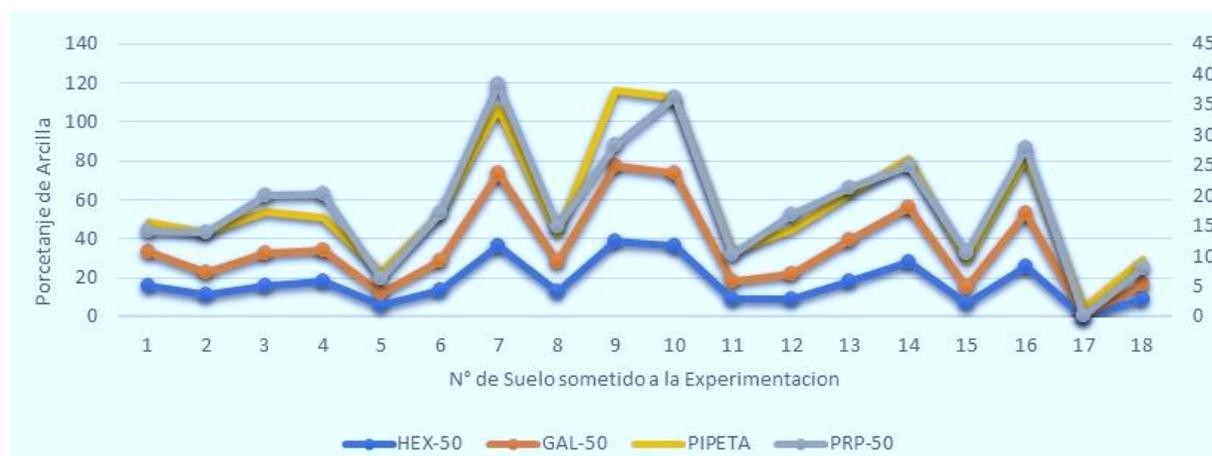
En cuanto a la realización de curvas granulométricas con una masa de 50 g de suelo, se pudo determinar que las desviaciones estándar promedio es 3.2 % en promedio de los dispersantes en comparación de la metodología patrón.

Dando lugar a seleccionar una masa de 50 gramos de suelo para la determinación de Curvas granulométricas en la Textura del suelo, ya que presenta menos diferencia en cuanto a la metodología Patrón "Pipeta de Robinson que es utilizada en la Universidad de la Rioja".

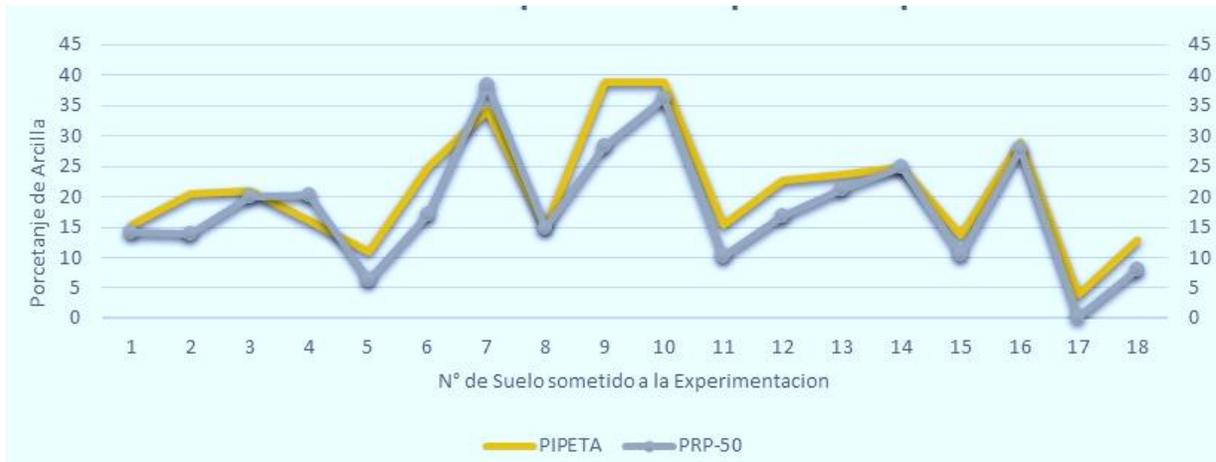
#### 4.1.3. Elección de Dispersante optimo

Teniendo en cuenta que la masa optima es de 50 gramos de suelo, a continuación, se muestran las gráficas de comportamiento de los suelos con los diferentes dispersantes (Hexametáfosfato, Calgon, Solución Propuesta) sometidos a experimentación.

**Gráfica 4.** Porcentajes de arcilla de los suelos sometidos a experimentación con el Dispersantes Propuesto, junto a los porcentajes de arcilla de la pipeta.

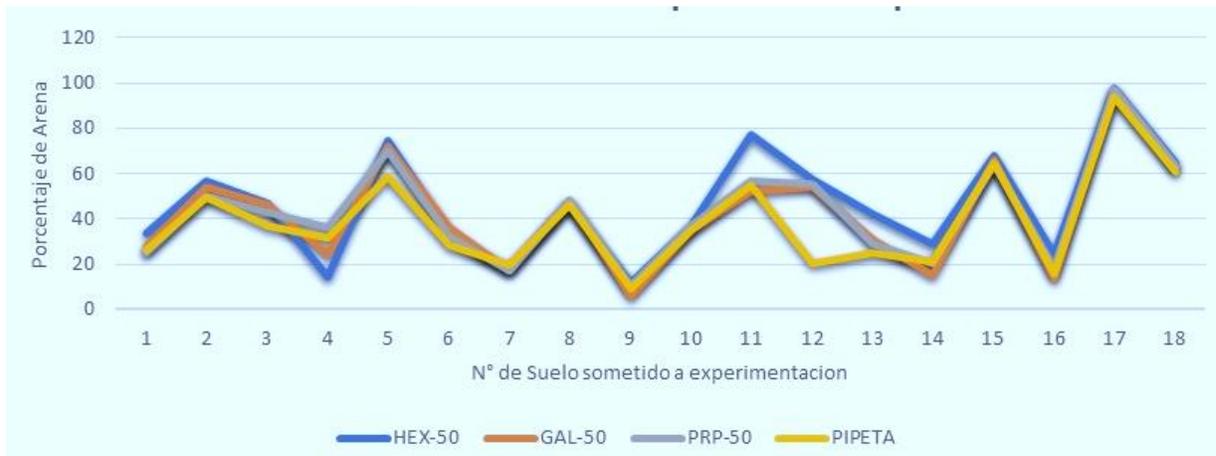


**Gráfica 5.** Porcentajes de Arcilla obtenidos con la solución Propuesta y la Pipeta.

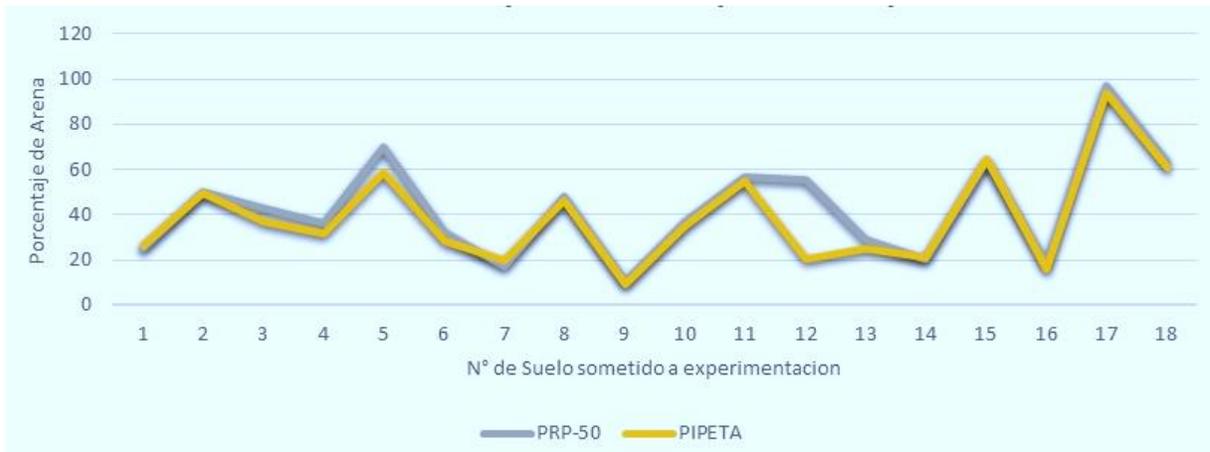


Se puede observar que el comportamiento de los porcentajes de arcilla en la Grafica N° 4, tanto el Hexametafosfato y el Calgon se alejan de la metodología patrón, mientras que en la Grafica N° 5, la Solución Propuesta está más cercana a los porcentajes de la Pipeta.

**Gráfica 6.** Porcentaje de Arena de los suelos sometidos a experimentación con los diferentes dispersantes, en contraste con los porcentajes de Arena determinados con la Pipeta.



**Gráfica 7.** Porcentajes de Arena obtenidos con la solución propuesta y la pipeta.



Se puede notar en la Grafica N° 6, el comportamiento de los porcentajes de arena de todos los dispersantes en contraste con el porcentaje de arena obtenido con la Pipeta, cabe recalcar que si dejamos de lado al Hexametáfosfato y al Calgon, podemos denotar que existe mas relación entre el Dispersante Propuesto y la Pipeta. Ya que como vemos en la Grafica N° 7 y reiteramos el valor ya antes mencionado de la desviación promedio estandar de la solución propuesta en comparación de la pipeta que es de 2.89 % de diferencia.

Por lo tanto, se toma como parámetro de calidad de dispersante a la solución propuesta (Hidróxido de Sodio 0.1 M y Calgon en una relación 2:1) por presentar una menor diferencia con la metodología patrón.

## 4.2. Realización de las curvas granulométricas para suelos de diferentes clases texturales.

### 4.2.1. Clases texturales de los suelos

Con los porcentajes de arena, limo y arcilla se procedió con la determinación de las clases texturales correspondientes a cada suelo con la . Como se muestra en la siguiente tabla.

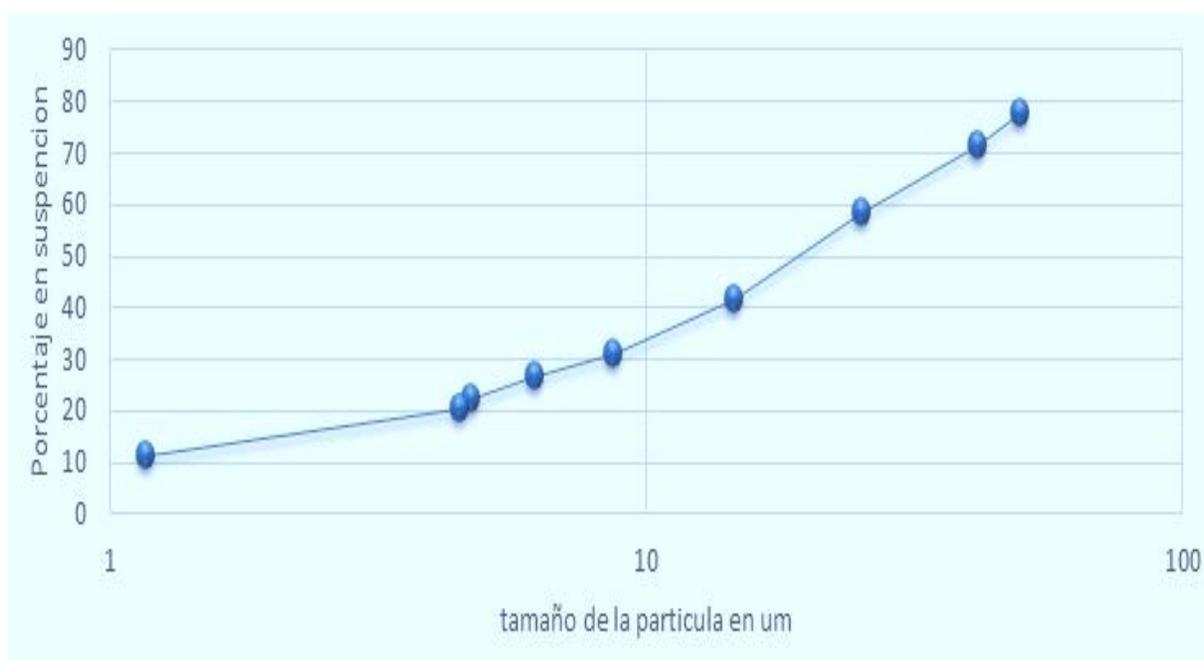
Numero	%			Textura
	A	L	Y	
1	24,94	60,9	14,16	FRANCO LIMOSA
2	50,19	35,91	13,9	FRANCO
3	43	37	20	FRANCO LIMOSA
4	36,5	43,2	20,3	FRANCO
5	69,73	24,02	6,258	FRANCO ARENOSA
6	32	51	17	FRANCO LIMOSA
7	17,41	44,17	38,43	FRANCO ARCILLO LIMOSA
8	48	37	15	FRANCO
9	10,48	61,06	28,46	FRANCO ARCILLO LIMOSA
10	36,8	26,92	36,27	FRANCO ARCILLOSA
11	56,96	32,84	10,2	FRANCO ARENOSA
12	55,63	27,51	16,86	FRANCO ARENOSA
13	29,2	49,67	21,14	FRANCO LIMOSA
14	20,13	54,96	24,91	FRANCO LIMOSA
15	64	25,5	10,5	FRANCO ARENOSA
16	18,2	54,05	27,75	FRANCO ARCILLO LIMOSA
17	97,4	2,3	0,3	ARENOSA
18	63,5	28,5	8	FRANCO ARENOSA

**Tabla 16.** Clase textural de los suelos ensayados.

#### 4.2.2. Curvas Granulométricas

Para la realización de curvas granulométricas se eligió una metodología compleja basada en las prácticas de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, del país de Chile, que toma en cuenta varios parámetros con ser, los tiempos, densidad real del suelo, temperaturas, error de menisco, factores de corrección y corrección del blanco en la solución.

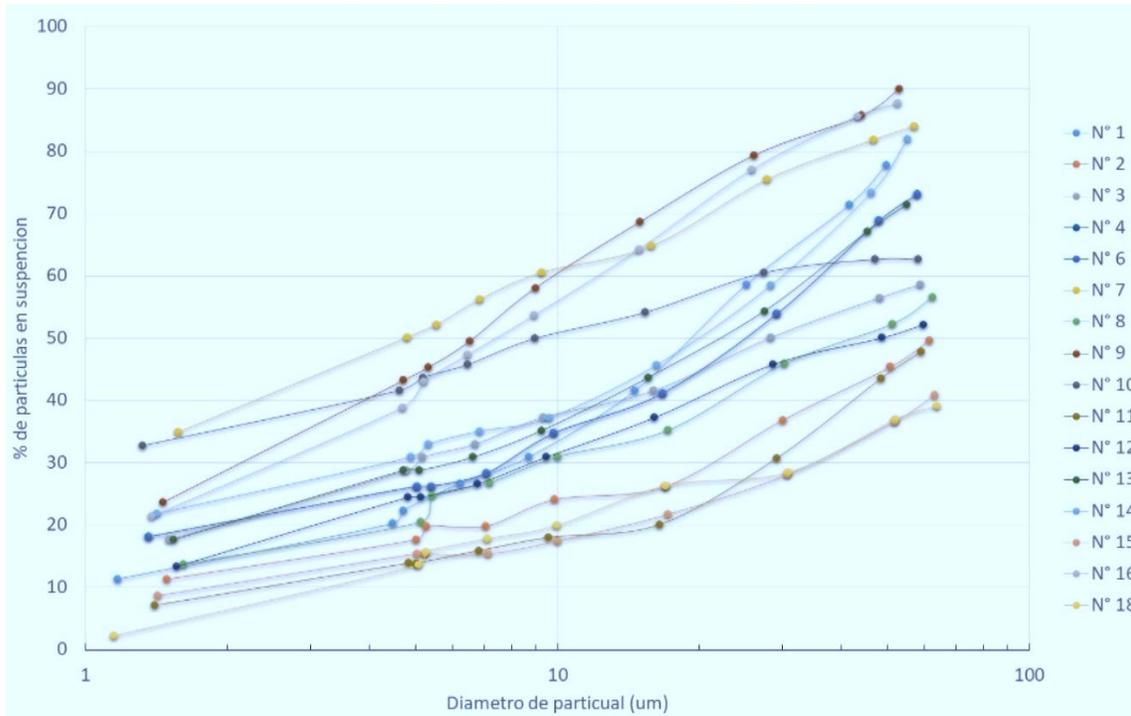
**Gráfica 8.** Curva Granulométrica para el Suelo N° 1 con pretratamiento Propuesto (Hidroxido de Sodio – 50 gr). (Fuente, Elaboración propia).



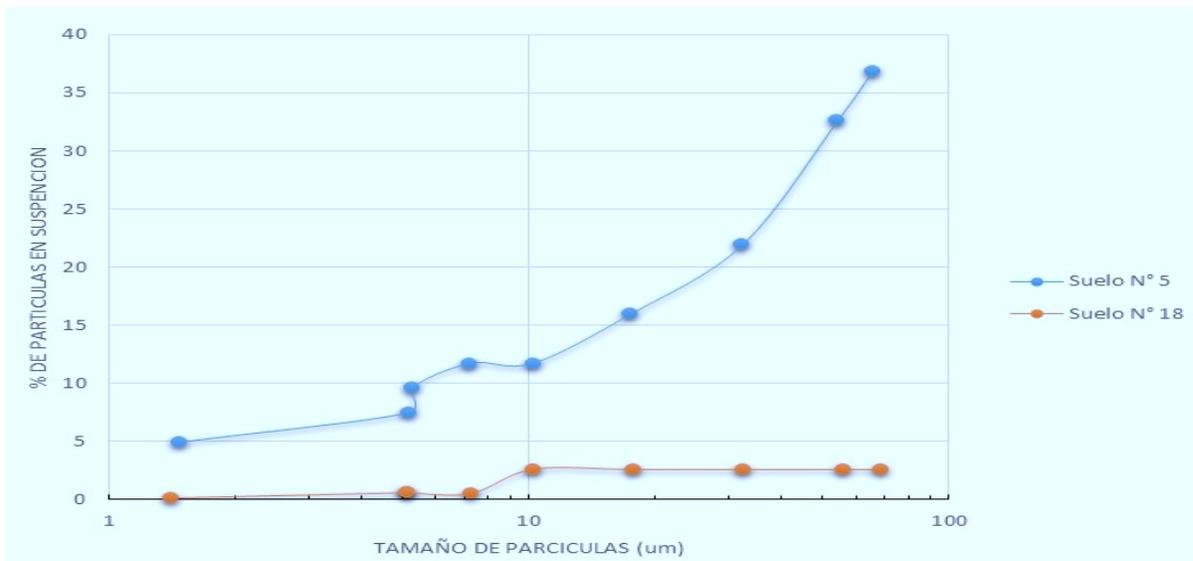
Los resultados de porcentajes determinados con los distintos tipos de masa y dispersantes están en el Anexo 1. Y los datos de la elaboración curvas granulométricas de cada suelo sometido a experimentación están en el Anexo 9 – 23.

A continuación, presentamos las Curvas Granulométricas con Texturas Medias y Gruesas.

**Gráfica 9.** Curvas Granulométricas de los suelos de Textura Media. Sometidos a experimentación bajo el dispersante Propuesta y la Masa de 50 Gramos.



**Gráfica 10.** Curvas Granulométricas de los suelos de Textura Gruesa. Sometidos a experimentación bajo el dispersante Propuesto y la Masa de 50 Gramos. (Fuente, Elaboración propia).



### 4.3. Costos parciales y tiempos de tomas de datos para los diferentes ensayos.

#### 4.3.1. Costos parciales por dispersante

Tomando los parámetros correspondientes de costos en prestación de servicios de un laboratorio se obtiene los siguientes resultados para cada dispersante.

##### 4.3.1.1. Solución Hexametafosfato de Sodio

<b>ANÁLISIS DE COSTOS HEXAMETAFOSFATO</b>					
Actividad: Textura		Numero de hoja:		1	
Unidad: PRECIO UNITARIO POR MUESTRA		Moneda: Bs.			
Descripción		Unid	Cantidad	Precio Product.	Costo Total
<b>1.- INSUMOS Y REACTIVOS</b>					
1.1.	Hexametafosfato	gr	5,0000	3,9000	3,9000
<b>TOTAL INSUMOS Y REACTIVOS</b>					<b>3,90</b>
<b>2.- PERSONAL OPERATIVO</b>					
	ESPECIALISTA	HRH	0,15	75,000	11,25
<b>SUB TOTAL MANO DE OBRA</b>					<b>11,25</b>
<b>3.- EQUIPO DE LABORATORIO Y MATERIALES</b>					
	EQUIPO - % DE LA MANO DE OBRA	%	5	5,00%	0,56
<b>TOTAL EQUIPO Y MATERIAL</b>					<b>0,56</b>
<b>4.- GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS</b>					
	GASTOS GENERALES = % DE 1 + 2 + 3	%	10,00%		1,57
<b>TOTAL GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS</b>					<b>1,57</b>
<b>5.- UTILIDAD</b>					
	UTILIDAD = % DE 1+2+3+4	%	5,50%		
<b>TOTAL UTILIDAD</b>					<b>0,95</b>
<b>6.- IMPUESTOS</b>					
	IMPUESTO IT = % DE 1+2+3+4+5	%	3,09%	3,09%	0,56
<b>TOTAL IMPUESTOS</b>					<b>0,56</b>
<b>TOTAL PRECIO UNITARIO</b>					<b>18,80</b>
<b>TOTAL PRECIO DE APLICACIÓN Bs.</b>					<b>18,80</b>

**Tabla 17.** Detalle de precios y cantidades usadas para el Hexametafosfato de sodio.

#### 4.3.1.2. Solución Calgon

<b>ANÁLISIS DE COSTOS CALGON</b>					
<b>Actividad: Textura</b>		<b>Numero de hoja:</b>		<b>2</b>	
<b>Unidad: PRECIO UNITARIO POR MUESTRA</b>		<b>Moneda: Bs.</b>			
<b>Descripción</b>		<b>Unid</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Product.</b>	<b>Costo Total</b>
<b>1.-</b>	<b>INSUMOS Y REACTIVOS</b>				
	Carbonato de Sodio	gr	1,0000	0,986	0,9860
<b>1.1.</b>	Hexametáfosfato de sodio	gr	4,0000	3,1556	3,1556
<b>TOTAL INSUMOS Y REACTIVOS</b>					<b>4,14</b>
<b>2.-</b>	<b>PERSONAL OPERATIVO</b>				
	ESPECIALISTA	HRH	0,15	75,000	11,25
<b>SUB TOTAL MANO DE OBRA</b>					<b>11,25</b>
<b>3.-</b>	<b>EQUIPO DE LABORATORIO Y MATERIALES</b>				
	EQUIPO - % DE LA MANO DE OBRA	%	5	5,00%	0,56
<b>TOTAL EQUIPO Y MATERIAL</b>					<b>0,56</b>
<b>4.-</b>	<b>GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS</b>				
	GASTOS GENERALES = % DE 1 + 2 + 3	%	10,00%		1,60
<b>TOTAL GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS</b>					<b>1,60</b>
<b>5.-</b>	<b>UTILIDAD</b>				
	UTILIDAD = % DE 1+2+3+4	%	5,50%		
<b>TOTAL UTILIDAD</b>					<b>0,97</b>
<b>6.-</b>	<b>IMPUESTOS</b>				
	IMPUESTO IT = % DE 1+2+3+4+5	%	3,09%	3,09%	0,57
<b>TOTAL IMPUESTOS</b>					<b>0,57</b>
<b>TOTAL PRECIO UNITARIO</b>					<b>19,09</b>
<b>TOTAL PRECIO DE APLICACIÓN Bs.</b>					<b>19,09</b>

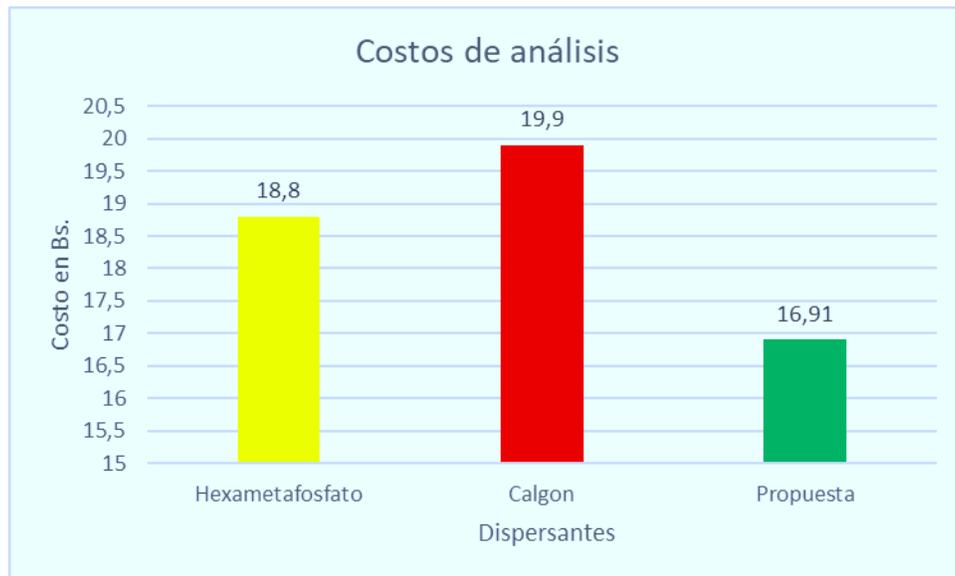
**Tabla 18.** Detalle de precios y cantidades usadas para el Calgon.

### 4.3.1.3. Solución Propuesta

<b>ANÁLISIS DE COSTOS SOLUCION PROPUESTA</b>					
Actividad: Textura			Numero de hoja:		3
Unidad: PRECIO UNITARIO POR MUESTRA			Moneda: Bs.		
Descripción		Unid	Cantidad	Precio Product.	Costo Total
<b>1.- INSUMOS Y REACTIVOS</b>					
1,1	Carbonato de Sodio	gr	0,3000	0,3287	0,3287
1,2	Hidroxido	gr	1,3000	0,9427	0,9427
1,3	Hexametfosfato de sodio	gr	1,3000	1,0519	1,0519
<b>TOTAL INSUMOS Y REACTIVOS</b>					<b>2,32</b>
<b>2.- PERSONAL OPERATIVO</b>					
	ESPECIALISTA	HRH	0,15	75,000	11,25
<b>SUB TOTAL MANO DE OBRA</b>					<b>11,25</b>
<b>3.- EQUIPO DE LABORATORIO Y MATERIALES</b>					
	EQUIPO - % DE LA MANO DE OBRA	%	5	5,00%	0,56
<b>TOTAL EQUIPO Y MATERIAL</b>					<b>0,56</b>
<b>4.- GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS</b>					
	GASTOS GENERALES = % DE 1 + 2 + 3	%	10,00%		1,41
<b>TOTAL GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS</b>					<b>1,41</b>
<b>5.- UTILIDAD</b>					
	UTILIDAD = % DE 1+2+3+4	%	5,50%		
<b>TOTAL UTLIDAD</b>					<b>0,86</b>
<b>6.- IMPUESTOS</b>					
	IMPUESTO IT = % DE 1+2+3+4+5	%	3,09%	3,09%	0,51
<b>TOTAL IMPUESTOS</b>					<b>0,51</b>
<b>TOTAL PRECIO UNITARIO</b>					<b>16,91</b>
<b>TOTAL PRECIO DE APLICACIÓN Bs.</b>					<b>16,91</b>

Tabla 19. Detalle de precios y cantidades usadas para el Calgon.

**Gráfica 11.** En el eje X los costos en Bs y en el eje Y los distintos dispersantes solo en costo de reactivo.



Como podemos observar en Tablas N° 17 – 19, se detallan las cantidades en masa de cada reactivo para determinar el costo por cada dispersante utilizado en la experimentación, el costo más elevado se muestra con el calgon y el mas bajo con la solución Propuesta.

Por lo tanto, ratificamos la selección de la solución propuesta como dispersantes tanto en efectividad en resultados y su factibilidad económica frente a los costos de otros dispersantes. Cabe recalcar que los costos observados en la Grafica N° 11, son solo los costos de reactivos y no así de prestación de servicio en laboratorio.

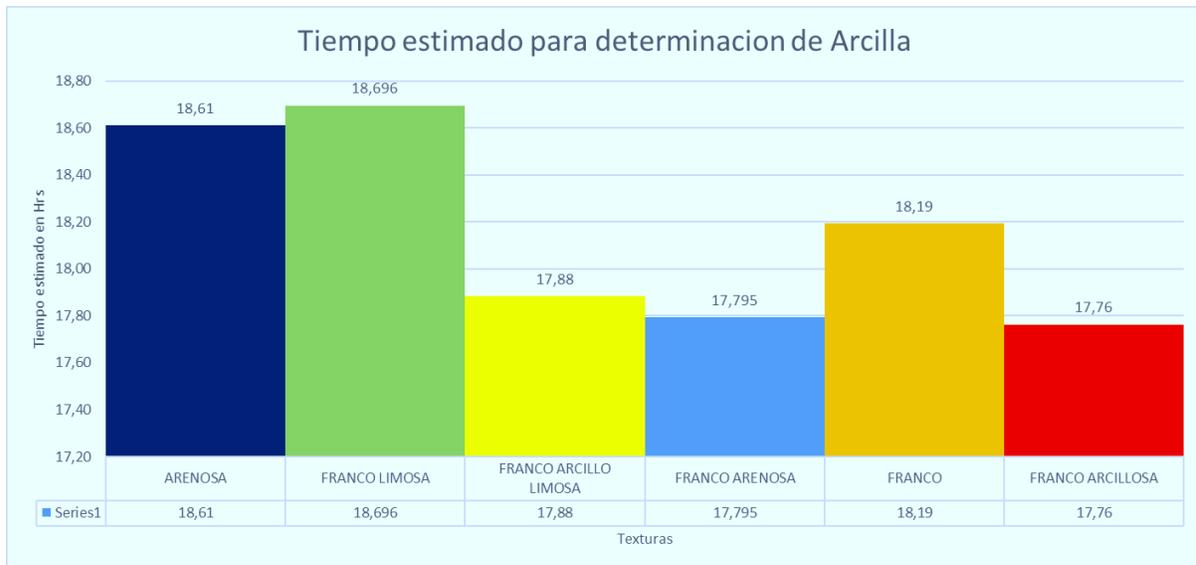
#### **4.3.2. Tiempos de toma de datos**

Se realizaron 10 tomas de tiempo para la determinación de Curvas Granulométrías por ensayo, estos 0.6 – 1 – 3 – 10 – 30 – 60 – 90 – 120 – 1440 minutos.

**Gráfica 12.** Tiempo estimado para la toma de datos en cuanto a la arcilla + limo, en la practica para la determinacion de textura por Curvas Granulometricas.



**Gráfica 13.** Tiempo estimado para la toma de datos en cuanto a la arcilla, en la practica para la determinacion de textura por Curvas Granulometricas.



Con los datos recabados en la investigacion y con con las texturas determinadas en la misma, se pudo obtener los tiempos estimados en la Grafica N° 12 para hacer las medidas con el hidrometro en tanto para la primera lectura que contiene el dato de Arcilla + limo en suspensión, y como tambien el segunda medida que corresponde a la lectura de Arcilla en suspensión en la Grafica N° 13, reduciendo a dos lecturas con

el hidrometro para la determinacion de la textura por medio de Curvas Granulometricas.

<b>PROMEDIO POR CLASE TEXTURAL</b>			
<b>TEXTURA</b>	<b>ARENA (min)</b>	<b>ARCILLA (min)</b>	<b>ARCILLA (hrs)</b>
<b>ARENOSA</b>	0,66	1116,67	18,61
<b>FRANCO LIMOSA</b>	1,07	1121,74	18,696
<b>FRANCO ARCILLO LIMOSA</b>	1,08	1072,94	17,88
<b>FRANCO ARENOSA</b>	1,11	1067,69	17,795
<b>FRANCO</b>	1,17	1091,58	18,19
<b>FRANCO ARCILLOSA</b>	1,54	1065,76	17,76

**Tabla 20.** Tiempos Promedio estimados para las distintas texturas encontradas con las curvas Granulométricas con el Dispersantes Propuesto y masa de 50 Gramos.

Y con los resultados de los mismo, utilizando las Curvas Granulométricas y haciendo una regresión lineal entre el Porcentaje de partículas en suspensión y los tiempos establecidos para esta investigación, se logro establecer los tiempos de toma de datos para la arcilla y la Suma de Acilla y Limo, con las distintas Texturas encontradas en la investigación. Los cálculos en tablas se pueden ver en el Anexo 6, las determinaciones de la Texturas de los 18 suelos se pueden ver en el Anexo 7.

## 5. CONCLUSIONES

Se concluye en base a los resultados de la determinación de Textura con Curvas Granulométricas, que los parámetros de calidad seleccionados en la presente investigación respecto a Masa, Dispersante y Toma de Tiempos son: Masa de suelo sometido a experimentación de 50 g, ya que basándonos en la comparación con la metodología patrón "Pipeta", tiene mas aproximación con los valores de la misma, con una variación de 2.98 %, mientras que usando los 40 Grs de suelo, se obtiene un promedio de 3.18 % de diferencia.

El Dispersante seleccionado dentro de los parámetros de Calidad es La Solución Propuesta (Hidróxido de Sodio 0.1 M y Calgon en una relación 2:1) ya que dentro de la masa de 50 gramos de suelo dio como resultado de variación de la metodología patrón "Pipeta" de 2.82%, mostrando diferencia más baja de los dispersantes utilizados. Los tiempos de tomas de datos para la determinación de textura, dentro de los parámetros de calidad con resultados más cercanos a la metodología patrón son, 0.6 – 1 – 3 – 10 – 30 – 60 – 90 -120 – 1440 minutos, ya que de forma general muestran menos diferencia con la Pipeta, con una diferencia de 3.2% con las Curvas granulométricas ya que con el método de Bouyoucos Modificado que tiene dos tiempos para la toma de datos 0.6 – 120 min, dio una diferencia de 8.4 % con la metodología patrón.

La determinación de curvas granulométricas toma en cuenta las siguientes correcciones: temperatura, factor de corrección "a", blanco y menisco. Mas no toma en cuenta el factor de la presión atmosférica.

Se realizó un total de 108 Curvas Granulométricas para obtener las texturas del suelo, a diferencia de la metodología habitual de Bouyoucos modificado, con las Curvas granulométricas se puede ver el comportamiento de las partículas en suspensión, tomando factores como temperatura, gravedad específica de cada suelo, el blanco, y correcciones por constantes. Dando lugar a un resultado con mas factores involucrados y por lo tanto mas elaborado. Cabe recalcar que este método es volumétrico y el de la pipeta es un método en base a masa.

Se realizó un análisis de los costos de experimentación por cada ensayo, determinando de esta forma que el Dispersante más económico y además de ser el mas efectivo al momento de dar resultados, es el La Solución Propuesta en esta Tesis el Hidróxido de Sodio 0.1 M y Calgon en una relación 2:1.

## 6. RECOMENDACIONES

- Al iniciar el proceso de la experimentación se sugiere hacer un lavado correcto de las probetas ya que si existen residuos de suelo esto puede afectar a los resultados, ya que se trabaja con la determinación de partículas en suspensión.
- Si se trabajan con varias probetas a la vez, se recomienda que estas probetas sean de la misma empresa de fabricación ya que la diferencia de volúmenes es probable y esto puede afectar a los resultados.
- En caso de no tener las posibilidades de realizar la determinación de textura por distintos motivos, se sugiere realizar el Bouyoucos Modificado con toma de datos en dos tiempos, con la Solución Propuesta (Hidróxido de Sodio 0.1 M y Calgon en una relación 2:1), ya que tiene la variación menor en cuanto a la Metodología Patrón, dando un valor de solo 3.60 %.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Darwich, N. 1991. Manual de fertilidad de suelos.
- Etchevehere, P.H. 1976. Normas de reconocimientos de suelos. Dto. De suelos INTA; publicación 152, Castelar.
- Gee, G.W. and J.W. Bauder. 1986. Particle-size analysis. In: Methods of Soil Analysis, Part 1, Physical and Mineralogical Methods. Edited by ASA-SSSA. Cap. 15: 385-411.
- Porta J., Lopez Acevedo M. y Roquero 1994. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ediciones Mundi-Prensa Madrid.
- Soil Survey Staff. 1979. Soil Taxonomy. Agric. Handbook N° 436. USDA
- Mendoza R. 2017. Guía de muestreo de suelos, Universidad Nacional Agraria y Catholic Relief Services, Capítulo tercero. 500 ejemplares.
- Buol, S. , F. Hole,. and R. Mc Cracken, 1973. Soil genesis and classification. 306 p. The Iowa University Press, Ames, Iowa, USA. 360 p.
- Day, P. 1965. Particle fractionation and particle size analysis. p. 565-566 Part 1. In Black, C. A. (ed.). Method of soil analysis. Am. Soc. Agron., Madison, Wisconsin, USA.
- Dewis, J. y F. Freitas, 1970. Métodos físicos y químicos de análisis de suelos y aguas. 252 p. Boletín sobre suelos N° 10. 252 p. FAO, Roma, Italia.
- Gee, G. W. and J. W. Bauder. Particle size analysis. Part 1 p. 383-409. In Klute, A. (ed.). Methods of soil analysis. Am. Soc. Agron. Madison, Wisconsin, USA.
- Maeda, T. , and K. Soma,. 1986. Physical properties. 111 p. In Wada, K. (ed.) Ando soils in Japan.
- Soil Survey Staff. 1998. Keys to Soil Taxonomy. 326 p. 8th. ed. USDA-, Natural Resources Conservation Service, Washington DC, USA.
- Dolores, M. 2008. Extracción secuencial y caracterización fisicoquímica de sustancias húmicas y su efecto sobre el crecimiento del trigo. Tesis Mag.Sc. Michoacán, MX. CIIDIR. 81 p.
- FAO.2011. Ahorra para crecer: La salud del suelo. Consultado 18 ene 2016 disponible en: <http://www.fao.org/3/32e51127-e48e-5fa5-907b-fdb0a0de61a6/i2215s.pdf>
- FAO. 2002. El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura: Los sistemas de tierras y aguas en situación de riesgo. Madrid, ES. Ed. Mundi-Prensa. p. 119-136.
- FAO. 2014. FAOSTAT. Consultado 20 abr. 2017 disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Benier, R. (2003). Técnicas de muestreo de Suelo para el Analisis de la Fertilidad. osorno.

- Biabati, G. (s.f.). El Fósforo en la planta y el suelo.
- Cañez. (2015). Validación de un Método Analítico para la Determinación de Fósforo por Espectrofotometría. Revista de Ciencias Biológicas y de Salud. Vol. XVII (1) , 32-39 p.
- Conti. (1998). Principios de Edafología. Fauba.
- CODEX. (2009). Directrices sobre la terminología analítica (CAC/GL 722009).  
- CHILON, E. 1996. Manual de Edafología, practica de campo y laboratorio. La Paz Bolivia. Editado en la facultad de Agronomía UMSA. 65 – 66 p.
- Duffauet. (2010). Validación de Métodos y determinación de la incertidumbre de la medición. En Aspectos generales de la Validación. Chile.
- EURACHEM/CITAC. (2005). Guide Traceability in Chemical Measurement. A guide to achieving comparable results in chemical measurement. This
- Fernández, L. C. (2006). Manual de técnicas de análisis de suelos. Mexico,D.F.
- INSTITUTO BOLIVIANO DE METROLOGIA. (2018). Curso de validación.
- Instituto de Salud Pública de Chile. (2010). En Validación de métodos y Determinacion de la incertidumbre de la medicion : "Aspectos Generales sobre Validacion de metodos". Santiago de Chile.
- INSTTTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRICOLAS Y PECUARIAS. (2005). Práctica para la conservación del suelo y agua en zonas áridas y semiaridas. San Luis Potosi: Lored Osti.
- Miranda, R. 2004. Introducción a la Geología Agrícola. Facultad de Agronomía. UMSA. La Paz. Bolivia. 15 p.
- Miranda, R.; Caballero, A. 2015. Métodos y análisis del suelo. La Paz. Bolivia. UDIC. UMSA. 84 p.
- Orsag, V. (2010). El recurso suelo Principios para su manejo y conservación. La Paz: Zeus.
- Porras, L. S. (2015). Calibración de dos métodos de diagnóstico de la fertilidad del suelos cultivados con yuca (manihot sculenta) en el tropico humedo de costa rica. Titulo para obter como Licenciado en Ingenieria en Agronomia INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA , 15 p.

- Santos, N. A. (2003). Evaluacion del fosforo extraido con dos soluciones extractoras en 19 suelos del altiplano de Guatemala. Tesis de Grado.Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. 16 p.
- Sanzano, A. (s.f.). Quimica del Suelo-El fosforo.
- Universidad de Magdalena. (2013). Manual de procedimiento Analíticos. Santa Marta: San Pedro Alejandrino.
- Universidad de Magdalena. (2008). Manual de Procedimientos Analiticos de Suelos. Santa Marta.
- Velez, G. A. (2012). Dinamica del Fósforo en el suelo. En el Fósforo elemento indispensable para la vida vegetal . Pereira.31 p.

## 8. ANEXOS

### 8.1. Datos de Porcentaje de Arcilla, Limo y Arena, con las cantidades de Masa y los Dispersantes. Obtenidos con Curvas Granulométricas. (Fuente, Elaboración propia).

	50 Gr									40 Gr									PIPETA		
	HEXA			CALGON			HIDROXIDO			HEXA			CALGON			HIDROXIDO					
	A	L	Y	A	L	Y	A	L	Y	A	L	Y	A	L	Y	A	L	Y	A	L	Y
1	33,5	50,76	15,75	27,65	54,94	17,41	24,94	60,9	14,16	24,13	59,3	16,57	18,39	65,33	16,29	28,74	56,79	14,47	26,3	58,1	15,5
2	57,02	31,65	11,32	54,47	33,88	11,64	50,19	35,91	13,9	57,87	31,11	11,02	59,43	28,41	12,17	60,3	25,9	13,8	49,7	31,3	20,6
3	47	37	16	46	37	17	43	37	20	40	45	15	40	45	15	37	46	17	37,1	40	21,1
4	14,6	66,88	18,52	24,36	59,65	15,99	36,5	43,2	20,3	33,15	50,94	15,91	39,56	46,23	14,21	36,94	43,68	19,38	31,8	51,4	16,1
5	74,75	19,05	6,205	72,14	22,18	5,685	69,73	24,02	6,258	75,69	19,04	5,273	71,18	22,25	6,577	70,61	22,06	7,333	58,7	27,7	11,1
6	34	52,5	13,5	36,5	48,5	15	32	51	17	40	47	13	36	51	13	34	50	16	28,2	49,7	25
7	17,87	45,68	36,45	16,88	46,2	36,92	17,41	44,17	38,43	21,2	44,96	33,84	21,07	42,42	36,51	18,84	42,97	38,2	20	43,9	34,1
8	47	40	13	48	37	15	48	37	15	49	38	13	49	38	13	46	38	16	46,3	38,2	14,8
9	11,6	49,91	38,49	6,109	54,57	39,32	10,48	61,06	28,46	9,217	50,56	40,23	6,501	53,77	39,72	13,4	65,14	21,46	9,1	48,2	38,9
10	37,02	26,73	36,25	34,84	27,48	37,68	36,8	26,92	36,27	42,93	18,4	38,67	32,77	28,93	38,3	32,52	31,03	36,46	34,7	25,2	38,8
11	77,47	13,44	9,083	52,26	38,61	9,124	56,96	32,84	10,2	60,6	32,22	7,183	61,64	29,96	8,406	60,27	31,78	7,959	54,9	30,5	15,3
12	57,65	33,34	9,009	54,37	32,82	12,82	55,63	27,51	16,86	48,01	39,91	12,09	49,18	36,53	14,29	47,7	31,34	20,96	20,3	53,5	22,8
13	42,32	39,25	18,43	31,18	47,87	20,95	29,2	49,67	21,14	36,02	45,33	18,65	38,65	42,32	19,03	34,16	45,39	20,45	25,2	48,2	23,6
14	29,29	42,82	27,89	15,33	56,5	28,17	20,13	54,96	24,91	17,59	53,46	28,95	20,09	51,4	28,51	28,48	44,04	27,49	21	48,7	25
15	68	25	7	66	25,5	8,5	64	25,5	10,5	68	24,5	7,5	65,5	27,5	7	63	27	10	64,4	25	13,6
16	24,13	50,27	25,6	13,89	58,39	27,73	18,2	54,05	27,75	14,69	58,04	27,28	13,88	59,7	26,41	12,56	59,16	28,28	15,8	52,1	29
17	97,6	2,2	0,2	97,4	2,4	0,2	97,4	2,3	0,3	96,9	2,8	0,3	96,9	2,8	0,3	96,9	2,8	0,3	94,1	3,9	3,8
18	65	26	9	63	29	8	63,5	28,5	8	65	27,5	7,5	65	27,5	7,5	65	26	9	61	27,4	12,9

**8.2. Datos de Porcentaje de Arcilla, Limo y Arena, con las cantidades de Masa y los Dispersantes. Obtenidos con Bouyoucos Modificado. (Fuente, Elaboración propia).**

	50 Gr									40 Gr									PIPETA		
	HEXA			CALGON			HIDROXIDO			HEXA			CALGON			HIDROXIDO					
	A	L	Y	A	L	Y	A	L	Y	A	L	Y	A	L	Y	A	L	Y	A	L	Y
2	16	52	32	20	48	32	20	54	26	30	42	28	30	42	28	34	42	24	26,3	58,1	15,5
3	44	30	26	42	32	26	46	30	24	56	22	22	54	22	24	56	24	20	49,7	31,3	20,6
4	36	28	36	32	30	38	38	28	34	42	28	30	42	28	30	44	28	28	37,1	40	21,1
6	22	46	32	22	46	32	24	44	32	36	36	28	36	38	26	36	38	26	31,8	51,4	16,1
7	58	24	18	56	26	18	58	27	14	62	21	16	62	19	18	66	19	14	58,7	27,7	11,1
9	26	42	32	22	46	32	26	42	32	38	34	28	36	36	28	38	36	26	28,2	49,7	25
10	12	32	56	10	34	56	14	32	54	28	25	46	28	25	46	30	25	44	20	43,9	34,1
11	38	32	31	38	32	31	40	34	27	46	28	27	48	26	27	49	26	25	46,3	38,2	14,8
13	3	38	60	3	38	60	9	44	48	19	30	51	19	28	53	25	38	37	9,1	48,2	38,9
14	28	22	50	28	22	50	34	20	46	40	16	44	40	16	44	42	20	38	34,7	25,2	38,8
15	46	32	22	46	32	22	48	32	20	56	26	19	54	26	20	58	26	16	54,9	30,5	15,3
16	46	28	26	42	28	30	44	26	30	52	22	26	50	22	28	48	24	28	20,3	53,5	22,8
17	26	38	36	24	38	38	26	40	34	36	32	32	36	32	32	40	32	28	25,2	48,2	23,6
18	14	42	44	12	44	44	16	48	36	28	34	38	28	34	38	32	36	33	21	48,7	25
20	55	20	25	53	24	23	55	24	21	61	18	21	61	20	19	63	20	17	64,4	25	13,6
21	9	44	47	7	46	47	11	46	43	25	36	39	23	38	39	25	38	37	15,8	52,1	29
24	87	4	10	85	4	12	91	2	8	87	4	10	87	2	12	91	2	8	94,1	3,9	3,8
25	52	22	26	52	24	24	56	24	20	60	18	22	60	18	22	62	20	18	61	27,4	12,9

**8.3. Desviaciones estándar para cada dispersante con los Porcentajes de Arena, Limo y Arcilla determinados con Curvas Granulométricas, en contraste con el método de la pipeta. (Fuente, Elaboración propia).**

N° de Suelo	HEXA 50			CALGON 50			HIDROXIDO 50			HEXA 50			CALGON 50			HIDROXIDO 50		
	A	L	Y	A	L	Y	A	L	Y	A	L	Y	A	L	Y	A	L	Y
1	5,09	5,19	0,18	0,96	2,23	1,35	0,96	1,98	0,95	1,54	0,85	0,75	5,60	5,11	0,56	1,72	0,92	0,73
2	5,18	0,25	6,56	3,38	1,83	6,33	0,34	3,26	4,74	5,78	0,14	6,77	6,88	2,05	5,96	7,50	3,82	4,81
3	7,00	2,12	3,61	6,29	2,12	2,90	4,17	2,12	0,78	2,05	3,54	4,31	2,05	3,54	4,31	0,07	4,24	2,90
4	12,16	10,94	1,71	5,26	5,84	0,08	3,33	5,80	2,97	0,96	0,33	0,13	5,49	3,65	1,34	3,64	5,46	2,32
5	11,35	6,12	3,46	9,50	3,91	3,83	7,80	2,61	3,42	12,01	6,13	4,12	8,82	3,86	3,20	8,42	3,99	2,66
6	4,10	1,98	8,13	5,87	0,85	7,07	2,69	0,92	5,66	8,34	1,91	8,49	5,52	0,92	8,49	4,10	0,21	6,36
7	1,51	1,26	1,66	2,20	1,63	1,99	1,83	0,19	3,06	0,85	0,75	0,18	0,76	1,05	1,70	0,82	0,66	2,90
8	0,49	1,27	1,27	1,20	0,85	0,14	1,20	0,85	0,14	1,91	0,14	1,27	1,91	0,14	1,27	0,21	0,14	0,85
9	1,77	1,21	0,29	2,12	4,51	0,30	0,97	9,09	7,38	0,08	1,67	0,94	1,84	3,94	0,58	3,04	11,98	12,33
10	1,64	1,08	1,80	0,10	1,62	0,79	1,49	1,22	1,79	5,82	4,81	0,09	1,36	2,64	0,35	1,54	4,12	1,66
11	15,96	12,06	4,40	1,86	5,74	4,37	1,45	1,66	3,61	4,03	1,22	5,74	4,76	0,38	4,87	3,79	0,90	5,19
12	26,41	14,25	9,75	24,09	14,62	7,06	24,98	18,38	4,20	19,59	9,61	7,58	20,42	12,00	6,02	19,37	15,67	1,30
13	12,10	6,33	3,65	4,23	0,23	1,88	2,82	1,04	1,74	7,65	2,03	3,50	9,51	4,16	3,23	6,33	1,98	2,23
14	5,86	4,16	2,04	4,01	5,51	2,24	0,62	4,43	0,06	2,41	3,36	2,79	0,64	1,91	2,48	5,29	3,30	1,76
15	2,55	0,00	4,67	1,13	0,35	3,61	0,28	0,35	2,19	2,55	0,35	4,31	0,78	1,77	4,67	0,99	1,41	2,55
16	5,89	1,30	2,40	1,35	4,45	0,90	1,69	1,38	0,88	0,79	4,20	1,22	1,36	5,38	1,83	2,29	5,00	0,51
17	2,47	1,20	2,55	2,33	1,06	2,55	2,33	1,13	2,47	1,98	0,78	2,47	1,98	0,78	2,47	1,98	0,78	2,47
18	2,83	0,99	2,76	1,41	1,13	3,46	1,77	0,78	3,46	2,83	0,07	3,82	2,83	0,07	3,82	2,83	0,99	2,76
Σ desv. Est.	124,36	71,72	60,89	77,30	58,47	50,85	60,74	57,18	49,51	81,16	41,87	58,51	82,50	53,34	57,16	73,95	65,58	56,29
X desv. Est.	6,91	3,98	3,38	4,29	3,25	2,82	3,37	3,18	2,75	4,51	2,33	3,25	4,58	2,96	3,18	4,11	3,64	3,13

**8.4. Desviaciones estándar para cada dispersante con los Porcentajes de Arena, Limo y Arcilla determinados con Bouyoucos Modificado, en contraste con el método de la pipeta. (Fuente, Elaboración propia).**

N°	HEXA 50			CALGON 50			HIDROXIDO 50			HEXA 40			CALGON 40			HIDROXIDO 40		
	A	L	Y	A	L	Y	A	L	Y	A	L	Y	A	L	Y	A	L	Y
1	7,28	4,31	11,67	4,45	7,14	11,67	4,45	2,90	7,42	2,62	11,38	8,84	2,62	11,38	8,84	5,44	11,38	6,01
2	4,03	0,92	3,82	5,44	0,49	3,82	2,62	0,92	2,40	4,45	6,58	0,99	3,04	6,58	2,40	4,45	5,16	0,42
3	0,78	8,49	10,54	3,61	7,07	11,95	0,64	8,49	9,12	3,46	8,49	6,29	3,46	8,49	6,29	4,88	8,49	4,88
4	6,93	3,82	11,24	6,93	3,82	11,24	5,52	5,23	11,24	2,97	10,89	8,41	2,97	9,48	7,00	2,97	9,48	7,00
5	0,49	2,62	4,88	1,91	1,20	4,88	0,49	0,49	2,05	2,33	4,74	3,46	2,33	6,15	4,88	5,16	6,15	2,05
6	1,56	5,44	4,95	4,38	2,62	4,95	1,56	5,44	4,95	6,93	11,10	2,12	5,52	9,69	2,12	6,93	9,69	0,71
7	5,66	8,41	15,49	7,07	7,00	15,49	4,24	8,41	14,07	5,66	13,36	8,41	5,66	13,36	8,41	7,07	13,36	7,00
8	5,87	4,38	11,46	5,87	4,38	11,46	4,45	2,97	8,63	0,21	7,21	8,63	1,20	8,63	8,63	1,91	8,63	7,21
9	4,31	7,21	14,92	4,31	7,21	14,92	0,07	2,97	6,43	7,00	12,87	8,56	7,00	14,28	9,97	11,24	7,21	1,34
10	4,74	2,26	7,92	4,74	2,26	7,92	0,49	3,68	5,09	3,75	6,51	3,68	3,75	6,51	3,68	5,16	3,68	0,57
11	6,29	1,06	4,74	6,29	1,06	4,74	4,88	1,06	3,32	0,78	3,18	2,62	0,64	3,18	3,32	2,19	3,18	0,49
12	18,17	18,03	2,26	15,34	18,03	5,09	16,76	19,45	5,09	22,42	22,27	2,26	21,00	22,27	3,68	19,59	20,86	3,68
13	0,57	7,21	8,77	0,85	7,21	10,18	0,57	5,80	7,35	7,64	11,46	5,94	7,64	11,46	5,94	10,47	11,46	3,11
14	4,95	4,74	13,44	6,36	3,32	13,44	3,54	0,49	7,78	4,95	10,39	9,19	4,95	10,39	9,19	7,78	8,98	5,66
15	6,65	3,54	8,06	8,06	0,71	6,65	6,65	0,71	5,23	2,40	4,95	5,23	2,40	3,54	3,82	0,99	3,54	2,40
16	4,81	5,73	12,73	6,22	4,31	12,73	3,39	4,31	9,90	6,51	11,38	7,07	5,09	9,97	7,07	6,51	9,97	5,66
17	5,02	0,07	4,38	6,43	0,07	5,80	2,19	1,34	2,97	5,02	0,07	4,38	5,02	1,34	5,80	2,19	1,34	2,97
18	6,36	3,82	9,26	6,36	2,40	7,85	3,54	2,40	5,02	0,71	6,65	6,43	0,71	6,65	6,43	0,71	5,23	3,61
Σ desv. Est.	94,47	92,07	160,51	104,65	80,33	164,76	66,04	77,07	118,09	89,80	163,48	102,53	84,99	163,34	107,48	105,64	147,79	64,77
X desv. Est.	5,25	5,11	8,92	5,81	4,46	9,15	3,67	4,28	6,56	4,99	9,08	5,70	4,72	9,07	5,97	5,87	8,21	3,60

**8.5. Tiempos de determinación de Arcilla (2um) y de Arcilla + Limo (50um) para los 18 suelos.**

<b>N°</b>	<b>Y + L EN MIN</b>	<b>ARCILLA MIN</b>	<b>ARCILLA EN HORAS</b>	<b>TEXTURA</b>	<b>CLASE</b>
<b>1</b>	0,64	1600,61	26,68	<b>FRANCO LIMOSA</b>	<b>MEDIA</b>
<b>2</b>	1,36	1079,39	17,99	<b>FRANCO</b>	<b>MEDIA</b>
<b>3</b>	1,01	1106,97	18,45	<b>FRANCO LIMOSA</b>	<b>MEDIA</b>
<b>4</b>	0,97	1296,42	21,61	<b>FRANCO</b>	<b>MEDIA</b>
<b>5</b>	1,47	930,67	15,51	<b>FRANCO ARENOSA</b>	<b>GRUESA</b>
<b>6</b>	1,16	1222,79	20,38	<b>FRANCO LIMOSA</b>	<b>MEDIA</b>
<b>7</b>	1,11	1070,23	17,84	FRANCO ARCILLO LIMOSA	<b>MEDIA</b>
<b>8</b>	0,96	892,03	14,87	<b>FRANCO</b>	<b>MEDIA</b>
<b>9</b>	0,83	1122,96	18,72	FRANCO ARCILLO LIMOSA	<b>MEDIA</b>
<b>10</b>	1,54	1065,76	17,76	<b>FRANCO ARCILLOSA</b>	<b>MEDIA</b>
<b>11</b>	1,08	1163,19	19,39	<b>FRANCO ARENOSA</b>	<b>MEDIA</b>
<b>12</b>	1,30	1013,16	16,89	<b>FRANCO ARENOSA</b>	<b>MEDIA</b>
<b>13</b>	0,74	1035,94	17,27	<b>FRANCO LIMOSA</b>	<b>MEDIA</b>
<b>14</b>	1,04	1091,80	18,20	<b>FRANCO LIMOSA</b>	<b>MEDIA</b>
<b>15</b>	1,40	1268,09	21,13	<b>FRANCO ARENOSA</b>	<b>MEDIA</b>
<b>16</b>	0,77	1006,26	16,77	FRANCO ARCILLO LIMOSA	<b>MEDIA</b>
<b>17</b>	0,66	1116,67	18,61	<b>ARENOSA</b>	<b>GRUESA</b>
<b>18</b>	1,28	881,64	14,69	<b>FRANCO ARENOSA</b>	<b>MEDIA</b>

**8.6. Puntos de muestreo y materia orgánica de los suelos sometidos a experimentación.**

<b>Numero</b>	<b>MO(%)</b>	<b>MUNICIPIO</b>	<b>COMUNIDAD</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
1	1,38	LUTIBAY	VILACORA	641108	8122852
2	3,53	Chuma	TIMUSI	515049	8267728
3	3,03	ACHACACHI	1° DE MAYO	541539	8230604
4	3,15	SAPAHUQUI	AYAHUAIICO	625274	8111618
5	3,15	INTERSALAR	Salinas de Garci Mendoza	638897	7828092
6	4,11	LURIBAY	MATARA	652469	8103861
7	3,53	ACHACACHI	1° DE MAYO	641746	8230597
8	3,47	CAIROMA	HUMARUTA BAJO	618390	8154540
9	4,55	GUAQUI	GUAQUI	514223	8166533
10	2,84	ACHACACHI	1° DE MAYO	590960	8230879
11	1,76	MECAPACA	TOTORANI	584619	8053408
12	3,69	SORATA	TAIPI LOGENA	541658	8243476
13	3,60	CAIROMA	PUCARANI	615795	7954248
14	0,88	MECAPACA	TOTORA	604857	8157061
15	3,78	COMBAYA	AQUILOBAMBA	524639	8248604
16	2,27	LURIBAY	AUCAMARCA	647601	8109230
17	2,12	AROMA	SICA SICA	634597	8083126
18	0,20	SILALA	SILALA	602874	7565854

### 8.7. Porcentaje de partículas en suspensión y Diámetro de Partícula – 50 gr - Propuesta – Suelo N° 1.

TIEMPOS	LECTURAS	TEMPERATURA	Corrección por Temperatura	Redondeo Temperatura	Gravedad Especifica	MA SA DE SUELO	LECTURA BLANCO	Rc	Factor de Corrección	Rc*a*100	% suelo suspendido	k	Lectura Corrección de meniscio	L de tabla	L/t	raiz	DIAMETRO mm	DIAMETRO um	% suelo suspendido
0,66	41	18	-0,5	18	2,81	50	4	36,5	1,07	3892,0	77,84	0,013	42	9,4	14,242	3,774	0,050	49,880	77,839
1	38	18	-0,5	18	2,81	50	4	33,5	1,07	3572,1	71,44	0,013	39	9,9	9,900	3,146	0,042	41,586	71,441
3	32	18	-0,5	18	2,81	50	4	27,5	1,07	2932,3	58,65	0,013	33	10,9	3,633	1,906	0,025	25,193	58,646
10	24	18	-0,5	18	2,81	50	4	19,5	1,07	2079,3	41,59	0,013	25	12,2	1,220	1,105	0,015	14,599	41,585
30	19	18	-0,5	18	2,81	50	4	14,5	1,07	1546,1	30,92	0,013	20	13	0,433	0,658	0,009	8,700	30,922
60	17	18	-0,5	18	2,81	50	4	12,5	1,07	1332,9	26,66	0,013	18	13,3	0,222	0,471	0,006	6,223	26,657
90	15	18	-0,5	18	2,81	50	4	10,5	1,07	1119,6	22,39	0,013	29	11,5	0,128	0,357	0,005	4,725	22,392
120	14	18	-0,5	18	2,81	50	4	9,5	1,07	1013,0	20,26	0,013	15	13,8	0,115	0,339	0,004	4,482	20,260
1961	10	17	-0,7	17	2,81	50	4	5,3	1,07	565,1	11,30	0,014	11	14,5	0,007	0,086	0,001	1,171	11,303

### 8.8. Porcentaje de partículas en suspensión y Diámetro de Partícula – 50 gr - Propuesta – Suelo N° 2.

TIEMPOS	LECTURAS	TEMPERATURA	Corrección por Temperatura	Redondeo Temperatura	Gravedad Especifica	MA SA DE SUELO	LECTURA BLANCO	Rc	Factor de Corrección a	Rc*a*100	% suelo suspendido	k	Lectura Corrección de meniscio	L de tabla	L/t	raiz	DIAMETRO mm	DIAMETRO um	% suelo suspendido
0,66	28	17	-0,7	17	2,55	50	4	23,3	1,07	2484,5	49,69	0,015	29	11,5	17,424	4,174	0,062	61,507	49,689
1	26	17	-0,7	17	2,55	50	4	21,3	1,07	2271,2	45,42	0,015	27	11,9	11,900	3,450	0,051	50,830	45,424
3	22	17	-0,7	17	2,55	50	4	17,3	1,07	1844,7	36,89	0,015	23	12,5	4,167	2,041	0,030	30,078	36,894
10	17	17	-0,7	17	2,55	50	4	12,3	1,07	1311,5	26,23	0,015	18	13,3	1,330	1,153	0,017	16,993	26,231
30	16	17	-0,7	17	2,55	50	4	11,3	1,07	1204,9	24,10	0,015	17	13,5	0,450	0,671	0,010	9,885	24,098
60	14	17	-0,7	17	2,55	50	4	9,3	1,07	991,7	19,83	0,015	15	13,8	0,230	0,480	0,007	7,067	19,833
90	14	17	-0,7	17	2,55	50	4	9,3	1,07	991,7	19,83	0,015	29	11,5	0,128	0,357	0,005	5,267	19,833
120	13	17	-0,7	17	2,55	50	4	8,3	1,07	885,0	17,70	0,015	14	14	0,117	0,342	0,005	5,033	17,700
1425	10	17	-0,7	17	2,55	50	4	5,3	1,07	565,1	11,30	0,015	11	14,5	0,010	0,101	0,001	1,486	11,303

### 8.9. Porcentaje de partículas en suspensión y Diámetro de Partícula – 50 gr - Propuesta – Suelo N° 3.

TIEMPOS	LECTURAS	TEMPERATURA	Corrección por Temperatura	Redondeo Temperatura	Gravedad Especifica	MASA DE SUELO	LECTURA BLANCO	Rc	Factor de Corrección a	Rc*a*100	% suelo suspendido	k	Lectura Corrección de meniscio	L de tabla	L/t	raiz	DIAMETRO mm	DIAMETRO um	% suelo suspendido
0,66	32	18	-0,5	18	2,52	50	4	27,5	1,07	2932,3	58,65	0,014	33	10,9	16,515	4,064	0,059	58,780	58,646
1	31	18	-0,5	18	2,52	50	4	26,5	1,07	2825,7	56,51	0,014	32	11,1	11,100	3,332	0,048	48,189	56,513
3	28	18	-0,5	18	2,52	50	4	23,5	1,07	2505,8	50,12	0,014	29	11,5	3,833	1,958	0,028	28,319	50,116
10	24	18	-0,5	18	2,52	50	4	19,5	1,07	2079,3	41,59	0,014	25	12,2	1,220	1,105	0,016	15,976	41,585
30	22	18	-0,5	18	2,52	50	4	17,5	1,07	1866,0	37,32	0,014	23	12,5	0,417	0,645	0,009	9,336	37,320
60	20	18	-0,5	18	2,52	50	4	15,5	1,07	1652,8	33,06	0,014	21	12,9	0,215	0,464	0,007	6,707	33,055
90	19	18	-0,5	18	2,52	50	4	14,5	1,07	1546,1	30,92	0,014	29	11,5	0,128	0,357	0,005	5,170	30,922
120	18	18	-0,5	18	2,52	50	4	13,5	1,07	1439,5	28,79	0,014	19	13,2	0,110	0,332	0,005	4,797	28,790
1373	13	17	-0,7	17	2,52	50	4	8,3	1,07	885,0	17,70	0,015	14	14	0,010	0,101	0,002	1,501	17,700

### 8.10. Porcentaje de partículas en suspensión y Diámetro de Partícula – 50 gr - Propuesta – Suelo N° 4.

TIEMPOS	LECTURAS	TEMPERATURA	Corrección por Temperatura	Redondeo Temperatura	Gravedad Especifica	MA SA DE SUELO	LECTURA BLANCO	Rc	Factor de Corrección	Rc*a*100	% suelo suspendido	k	Lectura Corrección de meniscio	L de tabla	L/t	raiz	DIAMETRO mm	DIAMETRO um	% suelo suspendido
0,66	39	17	-0,7	17	2,46	50	4	34,3	1,07	3657,4	73,15	0,015	40	9,7	14,697	3,834	0,058	57,973	73,148
1	37	17	-0,7	17	2,46	50	4	32,3	1,07	3444,1	68,88	0,015	38	10,1	10,100	3,178	0,048	48,058	68,882
3	30	17	-0,7	17	2,46	50	4	25,3	1,07	2697,7	53,95	0,015	31	11,2	3,733	1,932	0,029	29,218	53,954
10	24	17	-0,7	17	2,46	50	4	19,3	1,07	2057,9	41,16	0,015	25	12,2	1,220	1,105	0,017	16,703	41,159
30	21	17	-0,7	17	2,46	50	4	16,3	1,07	1738,1	34,76	0,015	22	12,7	0,423	0,651	0,010	9,839	34,761
60	18	17	-0,7	17	2,46	50	4	13,3	1,07	1418,2	28,36	0,015	19	13,2	0,220	0,469	0,007	7,093	28,363
90	17	17	-0,7	17	2,46	50	4	12,3	1,07	1311,5	26,23	0,015	29	11,5	0,128	0,357	0,005	5,406	26,231
120	17	17	-0,7	17	2,46	50	4	12,3	1,07	1311,5	26,23	0,015	18	13,3	0,111	0,333	0,005	5,034	26,231
1639	13	18	-0,5	18	2,46	50	4	8,5	1,07	906,3	18,13	0,015	14	14	0,009	0,092	0,001	1,361	18,127

### 8.11. Porcentaje de partículas en suspensión y Diámetro de Partícula – 50 gr - Propuesta – Suelo N° 5.

TIEMPOS	LECTURAS	TEMPERATURA	Corrección por Temperatura	Redondeo Temperatura	Gravedad Especifica	MASA DE SUELO	LECTURA BLANCO	Rc	Factor de Corrección	Rc*a*100	% suelo suspendido	k	Lectura Corrección de meniscio	L de tabla	L/t	raiz	DIAMETRO mm	DIAMETRO um	% suelo suspendido
0,66	22	17	-0,7	17	2,47	50	4	17,3	1,07	1844,7	36,89	0,015	23	12,5	18,939	4,352	0,066	65,623	36,894
1	20	17	-0,7	17	2,47	50	4	15,3	1,07	1631,4	32,63	0,015	21	12,9	12,900	3,592	0,054	54,159	32,628
3	15	17	-0,7	17	2,47	50	4	10,3	1,07	1098,3	21,97	0,015	16	13,7	4,567	2,137	0,032	32,223	21,966
10	12	18	-0,5	18	2,47	50	4	7,5	1,07	799,7	15,99	0,015	13	14,2	1,420	1,192	0,017	17,492	15,994
30	10	18	-0,5	18	2,47	50	4	5,5	1,07	586,5	11,73	0,015	11	14,5	0,483	0,695	0,010	10,205	11,729
60	10	18	-0,5	18	2,47	50	4	5,5	1,07	586,5	11,73	0,015	11	14,5	0,242	0,492	0,007	7,216	11,729
90	9	18	-0,5	18	2,47	50	4	4,5	1,07	479,8	9,60	0,015	29	11,5	0,128	0,357	0,005	5,247	9,597
120	8	18	-0,5	18	2,47	50	4	3,5	1,07	373,2	7,46	0,015	9	14,8	0,123	0,351	0,005	5,155	7,464
1574	7	17	-0,7	17	2,47	50	4	2,3	1,07	245,2	4,90	0,015	8	15	0,010	0,098	0,001	1,472	4,905

## 8.12. Porcentaje de partículas en suspensión y Diámetro de Partícula – 50 gr - Propuesta – Suelo N° 6.

TIEMPOS	LECTURAS	TEMPERATURA	Corrección por Temperatura	Redondeo Temperatura	Gravedad Específica	MASA DE SUELO	LECTURA BLANCO	Rc	Factor de Corrección	Rc*a*100	% suelo suspendido	k	Lectura Corrección de menisco	L de tabla	L/t	raiz	DIAMETRO mm	DIAMETRO um	% suelo suspendido
0,66	38	17,4	-0,62	17	2,18	50	4	33,38	1,07	3559,3	71,19	0,016	39	9,9	15,000	3,873	0,063	63,230	71,186
1	37	17,4	-0,62	17	2,18	50	4	32,38	1,07	3452,6	69,05	0,016	38	10,1	10,100	3,178	0,052	51,885	69,053
3	31	17,4	-0,62	17	2,18	50	4	26,38	1,07	2812,9	56,26	0,016	32	11,1	3,700	1,924	0,031	31,404	56,257
10	25	17,4	-0,62	17	2,18	50	4	20,38	1,07	2173,1	43,46	0,016	26	12	1,200	1,095	0,018	17,884	43,462
30	22	17,4	-0,62	17	2,18	50	4	17,38	1,07	1853,2	37,06	0,016	23	12,5	0,417	0,645	0,011	10,538	37,064
60	20	17,5	-0,6	18	2,18	50	4	15,4	1,07	1642,1	32,84	0,016	21	12,9	0,215	0,464	0,007	7,385	32,842
90	18	17,5	-0,6	18	2,18	50	4	13,4	1,07	1428,8	28,58	0,016	29	11,5	0,128	0,357	0,006	5,693	28,577
120	17	17,6	-0,58	18	2,18	50	4	12,42	1,07	1324,3	26,49	0,016	18	13,3	0,111	0,333	0,005	5,302	26,487
1388	12	17,1	-0,68	17	2,18	50	4	7,32	1,07	780,5	15,61	0,016	13	14,2	0,010	0,101	0,002	1,651	15,610

### 8.13. Porcentaje de partículas en suspensión y Diámetro de Partícula – 50 gr - Propuesta – Suelo N° 7.

TIEMPOS	LECTURAS	TEMPERATURA	Corrección por Temperatura	Redondeo Temperatura	Gravedad Específica	MASA DE SUELO	LECTURA BLANCO	Rc	Factor de Corrección	Rc*a*100	% suelo suspendido	k	Lectura Corrección de menisco	L de tabla	L/t	raiz	DIAMETRO mm	DIAMETRO um	% suelo suspendido
0,66	44	17,5	-0,6	18	2,27	50	4	39,4	1,07	4201,2	84,02	0,016	45	8,9	13,485	3,672	0,057	57,062	84,024
1	43	17,5	-0,6	18	2,27	50	4	38,4	1,07	4094,6	81,89	0,016	44	9,1	9,100	3,017	0,047	46,875	81,891
3	40	17,5	-0,6	18	2,27	50	4	35,4	1,07	3774,7	75,49	0,016	41	9,6	3,200	1,789	0,028	27,797	75,493
10	35	17,5	-0,6	18	2,27	50	4	30,4	1,07	3241,5	64,83	0,016	36	10,4	1,040	1,020	0,016	15,847	64,830
30	33	17,5	-0,6	18	2,27	50	4	28,4	1,07	3028,3	60,57	0,016	34	10,7	0,357	0,597	0,009	9,280	60,565
60	31	17,4	-0,62	17	2,27	50	4	26,38	1,07	2812,9	56,26	0,016	32	11,1	0,185	0,430	0,007	6,856	56,257
90	29	17,9	-0,52	18	2,27	50	4	24,48	1,07	2610,3	52,21	0,016	29	11,5	0,128	0,357	0,006	5,555	52,206
120	28	18,1	-0,48	18	2,27	50	4	23,52	1,07	2507,9	50,16	0,016	29	11,5	0,096	0,310	0,005	4,810	50,158
1309	21	17,3	-0,64	17	2,27	50	4	16,36	1,07	1744,5	34,89	0,016	22	12,7	0,010	0,098	0,002	1,570	34,889

### 8.14. Porcentaje de partículas en suspensión y Diámetro de Partícula – 50 gr - Propuesta – Suelo N° 8.

TIEMPOS	LECTURAS	TEMPERATURA	Corrección por Temperatura	Redondeo Temperatura	Gravedad Específica	MASA DE SUELO	LECTURA BLANCO	Rc	Factor de Corrección	Rc*a*100	% suelo suspendido	k	Lectura Corrección de menisco	L de tabla	L/t	raiz	DIAMETRO mm	DIAMETRO um	% suelo suspendido
0,66	31	18,1	-0,48	18	2,34	50	4	26,52	1,07	2827,8	56,56	0,015	32	11,1	16,818	4,101	0,062	62,491	56,556
1	29	18,1	-0,48	18	2,34	50	4	24,52	1,07	2614,5	52,29	0,015	30	11,4	11,400	3,376	0,051	51,449	52,291
3	26	18,1	-0,48	18	2,34	50	4	21,52	1,07	2294,7	45,89	0,015	27	11,9	3,967	1,992	0,030	30,349	45,893
10	21	18,1	-0,48	18	2,34	50	4	16,52	1,07	1761,5	35,23	0,015	22	12,7	1,270	1,127	0,017	17,172	35,230
30	19	18,2	-0,46	18	2,34	50	4	14,54	1,07	1550,4	31,01	0,015	20	13	0,433	0,658	0,010	10,031	31,008
60	17	18,4	-0,42	18	2,34	50	4	12,58	1,07	1341,4	26,83	0,015	18	13,3	0,222	0,471	0,007	7,174	26,828
90	16	18,5	-0,4	19	2,34	50	4	11,6	1,07	1236,9	24,74	0,015	29	11,5	0,128	0,357	0,005	5,423	24,738
120	14	18,7	-0,36	19	2,34	50	4	9,64	1,07	1027,9	20,56	0,015	15	13,8	0,115	0,339	0,005	5,145	20,558
1274	11	17,8	-0,54	18	2,34	50	4	6,46	1,07	688,8	13,78	0,015	12	14,3	0,011	0,106	0,002	1,614	13,776

### 8.15. Porcentaje de partículas en suspensión y Diámetro de Partícula – 50 gr - Propuesta – Suelo N° 9.

TIEMPOS	LECTURAS	TEMPERATURA	Corrección por Temperatura	Redondeo Temperatura	Gravedad Específica	MASA DE SUELO	LECTURA BLANCO	Rc	Factor de Corrección	Rc*a*100	% suelo suspendido	k	Lectura Corrección de menisco	L de tabla	L/t	raiz	DIAMETRO mm	DIAMETRO um	% suelo suspendido
0,66	47	16,6	-0,78	17	2,51	50	4	42,22	1,07	4501,9	90,04	0,015	48	8,4	12,727	3,568	0,053	53,181	90,038
1	45	16,6	-0,78	17	2,51	50	4	40,22	1,07	4288,6	85,77	0,015	46	8,8	8,800	2,966	0,044	44,221	85,772
3	42	16,6	-0,78	17	2,51	50	4	37,22	1,07	3968,7	79,37	0,015	43	9,2	3,067	1,751	0,026	26,105	79,375
10	37	16,6	-0,78	17	2,51	50	4	32,22	1,07	3435,6	68,71	0,015	38	10,1	1,010	1,005	0,015	14,981	68,712
30	32	16,7	-0,76	17	2,51	50	4	27,24	1,07	2904,6	58,09	0,015	33	10,9	0,363	0,603	0,009	8,986	58,092
60	28	16,7	-0,76	17	2,51	50	4	23,24	1,07	2478,1	49,56	0,015	29	11,5	0,192	0,438	0,007	6,526	49,561
90	26	16,8	-0,74	17	2,51	50	4	21,26	1,07	2266,9	45,34	0,015	29	11,5	0,128	0,357	0,005	5,329	45,339
120	25	16,9	-0,72	17	2,51	50	4	20,28	1,07	2162,4	43,25	0,015	26	12	0,100	0,316	0,005	4,714	43,249
1408	16	16,1	-0,88	16	2,51	50	4	11,12	1,07	1185,7	23,71	0,015	17	13,5	0,010	0,098	0,001	1,460	23,714

### 8.16. Porcentaje de partículas en suspensión y Diámetro de Partícula – 50 gr - Propuesta – Suelo N° 10.

TIEMPOS	LECTURAS	TEMPERATURA	Corrección por Temperatura	Redondeo Temperatura	Gravedad Específica	MASA DE SUELO	LECTURA BLANCO	Rc	Factor de Corrección	Rc*a*100	% suelo suspendido	k	Lectura Corrección de menisco	L de tabla	L/t	raiz	DIAMETRO mm	DIAMETRO um	% suelo suspendido
0,66	34	17,5	-0,6	18	2,51	50	4	29,4	1,07	3134,9	62,70	0,015	35	10,6	16,061	4,008	0,058	58,138	62,698
1	34	17,5	-0,6	18	2,51	50	4	29,4	1,07	3134,9	62,70	0,015	35	10,6	10,600	3,256	0,047	47,231	62,698
3	33	17,5	-0,6	18	2,51	50	4	28,4	1,07	3028,3	60,57	0,015	34	10,7	3,567	1,889	0,027	27,397	60,565
10	30	17,5	-0,6	18	2,51	50	4	25,4	1,07	2708,4	54,17	0,015	31	11,2	1,120	1,058	0,015	15,353	54,168
30	28	17,7	-0,56	18	2,51	50	4	23,4	1,07	2499,4	49,99	0,015	29	11,5	0,383	0,619	0,009	8,982	49,988
60	26	17,8	-0,54	18	2,51	50	4	21,4	1,07	2288,3	45,77	0,015	27	11,9	0,198	0,445	0,006	6,461	45,765
90	25	17,9	-0,52	18	2,51	50	4	20,4	1,07	2183,8	43,68	0,015	29	11,5	0,128	0,357	0,005	5,186	43,675
120	24	18	-0,5	18	2,51	50	4	19,5	1,07	2079,3	41,59	0,015	25	12,2	0,102	0,319	0,005	4,626	41,585
1636	20	17,2	-0,66	17	2,51	50	4	15,3	1,07	1635,7	32,71	0,015	21	12,9	0,008	0,089	0,001	1,324	32,714

### 8.17. Porcentaje de partículas en suspensión y Diámetro de Partícula – 50 gr - Propuesta – Suelo N° 11.

TIEMPOS	LECTURAS	TEMPERATURA	Corrección por Temperatura	Redondeo Temperatura	Gravedad Específica	MASA DE SUELO	LECTURA BLANCO	Rc	Factor de Corrección	Rc*a*100	% suelo suspendido	k	Lectura Corrección de menisco	L de tabla	L/t	raiz	DIAMETRO mm	DIAMETRO um	% suelo suspendido
0,66	27	17,6	-0,58	18	2,62	50	4	22,42	1,07	2390,6	47,81	0,014	28	11,7	17,727	4,210	0,059	59,088	47,812
1	25	17,6	-0,58	18	2,62	50	4	20,42	1,07	2177,4	43,55	0,014	26	12	12,000	3,464	0,049	48,615	43,547
3	19	17,6	-0,58	18	2,62	50	4	14,42	1,07	1537,6	30,75	0,014	20	13	4,333	2,082	0,029	29,214	30,752
10	14	17,6	-0,58	18	2,62	50	4	9,42	1,07	1004,4	20,09	0,014	15	13,8	1,380	1,175	0,016	16,486	20,089
30	13	17,7	-0,56	18	2,62	50	4	8,44	1,07	899,9	18,00	0,014	14	14	0,467	0,683	0,010	9,587	17,999
60	12	17,8	-0,54	18	2,62	50	4	7,46	1,07	795,5	15,91	0,014	13	14,2	0,237	0,486	0,007	6,827	15,909
90	11	18	-0,5	18	2,62	50	4	6,5	1,07	693,1	13,86	0,014	29	11,5	0,128	0,357	0,005	5,017	13,862
120	11	18,1	-0,48	18	2,62	50	4	6,52	1,07	695,2	13,90	0,014	12	14,3	0,119	0,345	0,005	4,845	13,904
1566	8	17,2	-0,66	17	2,62	50	4	3,34	1,07	356,1	7,12	0,014	9	14,8	0,009	0,097	0,001	1,403	7,123

### 8.18. Porcentaje de partículas en suspensión y Diámetro de Partícula – 50 gr - Propuesta – Suelo N° 12.

TIEMPOS	LECTURAS	TEMPERATURA	Corrección por Temperatura	Redondeo Temperatura	Gravedad Específica	MASA DE SUELO	LECTURA BLANCO	Rc	Factor de Corrección	Rc*a*100	% suelo suspendido	k	Lectura Corrección de menisco	L de tabla	L/t	raiz	DIAMETRO mm	DIAMETRO um	% suelo suspendido
0,66	29	17,9	-0,52	18	2,54	50	4	24,48	1,07	2610,3	52,21	0,014	30	11,4	17,273	4,156	0,060	59,756	52,206
1	28	17,9	-0,52	18	2,54	50	4	23,48	1,07	2503,6	50,07	0,014	29	11,5	11,500	3,391	0,049	48,758	50,073
3	26	17,9	-0,52	18	2,54	50	4	21,48	1,07	2290,4	45,81	0,014	27	11,9	3,967	1,992	0,029	28,636	45,808
10	22	17,9	-0,52	18	2,54	50	4	17,48	1,07	1863,9	37,28	0,014	23	12,5	1,250	1,118	0,016	16,075	37,278
30	19	18	-0,5	18	2,54	50	4	14,5	1,07	1546,1	30,92	0,014	20	13	0,433	0,658	0,009	9,465	30,922
60	17	17,9	-0,52	18	2,54	50	4	12,48	1,07	1330,7	26,61	0,014	18	13,3	0,222	0,471	0,007	6,769	26,615
90	16	17,9	-0,52	18	2,54	50	4	11,48	1,07	1224,1	24,48	0,014	29	11,5	0,128	0,357	0,005	5,140	24,482
120	16	17,9	-0,52	18	2,54	50	4	11,48	1,07	1224,1	24,48	0,014	17	13,5	0,113	0,335	0,005	4,823	24,482
1284	11	16,9	-0,72	17	2,54	50	4	6,28	1,07	669,6	13,39	0,015	12	14,3	0,011	0,106	0,002	1,560	13,393

### 8.19. Porcentaje de partículas en suspensión y Diámetro de Partícula – 50 gr - Propuesta – Suelo N° 13.

TIEMPOS	LECTURAS	TEMPERATURA	Corrección por Temperatura	Redondeo Temperatura	Gravedad Especifica	MA SA DE SUELO	LECTURA BLANCO	Rc	Factor de Corrección a	Rc*a*100	% suelo suspendido	k	Lectura Corrección de meniscio	L de tabla	L/t	raiz	DIAMETRO mm	DIAMETRO um	% suelo suspendido
0,66	38	18	-0,5	18	2,57	50	4	33,5	1,07	3572,1	71,44	0,014	39	9,9	15,000	3,873	0,055	55,186	71,441
1	36	18	-0,5	18	2,57	50	4	31,5	1,07	3358,8	67,18	0,014	37	10,2	10,200	3,194	0,046	45,508	67,176
3	30	18	-0,5	18	2,57	50	4	25,5	1,07	2719,0	54,38	0,014	31	11,2	3,733	1,932	0,028	27,532	54,381
10	25	18	-0,5	18	2,57	50	4	20,5	1,07	2185,9	43,72	0,014	26	12	1,200	1,095	0,016	15,609	43,718
30	21	18	-0,5	18	2,57	50	4	16,5	1,07	1759,4	35,19	0,014	22	12,7	0,423	0,651	0,009	9,271	35,188
60	19	18	-0,5	18	2,57	50	4	14,5	1,07	1546,1	30,92	0,014	20	13	0,217	0,465	0,007	6,633	30,922
90	18	18	-0,5	18	2,57	50	4	13,5	1,07	1439,5	28,79	0,014	29	11,5	0,128	0,357	0,005	5,093	28,790
120	18	18	-0,5	18	2,57	50	4	13,5	1,07	1439,5	28,79	0,014	19	13,2	0,110	0,332	0,005	4,726	28,790
1276	13	16,9	-0,72	17	2,57	50	4	8,28	1,07	882,9	17,66	0,015	14	14	0,011	0,105	0,002	1,534	17,658

## 8.20. Porcentaje de partículas en suspensión y Diámetro de Partícula – 50 gr - Propuesta – Suelo N° 14.

TIEMPOS	LECTURAS	TEMPERATURA	Corrección por Temperatura	Redondeo Temperatura	Gravedad Especifica	MASA DE SUELO	LECTURA BLANCO	Rc	Factor de Corrección	Rc*a*100	% suelo suspendido	k	Lectura Corrección de menisco	L de tabla	L/t	raiz	DIAMETRO mm	DIAMETRO um	% suelo suspendido
0,66	43	17,6	-0,58	18	2,42	50	4	38,42	1,07	4096,7	81,93	0,015	44	9,1	13,788	3,713	0,055	55,304	81,934
1	39	17,6	-0,58	18	2,42	50	4	34,42	1,07	3670,2	73,40	0,015	40	9,7	9,700	3,114	0,046	46,387	73,403
3	32	17,6	-0,58	18	2,42	50	4	27,42	1,07	2923,8	58,48	0,015	33	10,9	3,633	1,906	0,028	28,390	58,475
10	26	17,6	-0,58	18	2,42	50	4	21,42	1,07	2284,0	45,68	0,015	27	11,9	1,190	1,091	0,016	16,247	45,680
30	22	17,7	-0,56	18	2,42	50	4	17,44	1,07	1859,6	37,19	0,015	23	12,5	0,417	0,645	0,010	9,614	37,192
60	21	17,7	-0,56	18	2,42	50	4	16,44	1,07	1753,0	35,06	0,015	22	12,7	0,212	0,460	0,007	6,852	35,060
90	20	17,8	-0,54	18	2,42	50	4	15,46	1,07	1648,5	32,97	0,015	29	11,5	0,128	0,357	0,005	5,324	32,970
120	19	18	-0,5	18	2,42	50	4	14,5	1,07	1546,1	30,92	0,015	20	13	0,108	0,329	0,005	4,902	30,922
1599	15	16,7	-0,76	17	2,42	50	4	10,24	1,07	1091,9	21,84	0,015	16	13,7	0,009	0,093	0,001	1,416	21,838

### 8.21. Porcentaje de partículas en suspensión y Diámetro de Partícula – 50 gr - Propuesta – Suelo N° 15.

TIEMPOS	LECTURAS	TEMPERATURA	Corrección por Temperatura	Redondeo Temperatura	Gravedad Específica	MASA DE SUELO	LECTURA BLANCO	Rc	Factor de Corrección	Rc*a*100	% suelo suspendido	k	Lectura Corrección de menisco	L de tabla	L/t	raiz	DIAMETRO mm	DIAMETRO um	% suelo suspendido
0,66	24	16,4	-0,82	16	2,57	50	4	19,18	1,07	2045,1	40,90	0,015	25	12,2	18,485	4,299	0,063	63,042	40,903
1	22	16,4	-0,82	16	2,57	50	4	17,18	1,07	1831,9	36,64	0,015	23	12,5	12,500	3,536	0,052	51,842	36,638
3	18	16,4	-0,82	16	2,57	50	4	13,18	1,07	1405,4	28,11	0,015	19	13,2	4,400	2,098	0,031	30,757	28,107
10	15	16,4	-0,82	16	2,57	50	4	10,18	1,07	1085,5	21,71	0,015	16	13,7	1,370	1,170	0,017	17,163	21,710
30	13	16,4	-0,82	16	2,57	50	4	8,18	1,07	872,2	17,44	0,015	14	14	0,467	0,683	0,010	10,017	17,445
60	12	16,5	-0,8	17	2,57	50	4	7,2	1,07	767,7	15,35	0,015	13	14,2	0,237	0,486	0,007	7,127	15,355
90	12	16,5	-0,8	17	2,57	50	4	7,2	1,07	767,7	15,35	0,015	29	11,5	0,128	0,357	0,005	5,236	15,355
120	12	16,6	-0,78	17	2,57	50	4	7,22	1,07	769,9	15,40	0,015	13	14,2	0,118	0,344	0,005	5,039	15,397
1558	9	15,8	-0,94	16	2,57	50	4	4,06	1,07	432,9	8,66	0,015	10	14,7	0,009	0,097	0,001	1,424	8,658

## 8.22. Porcentaje de partículas en suspensión y Diámetro de Partícula – 50 gr - Propuesta – Suelo N° 16.

C	LECTURAS	TEMPERATURA	Corrección por Temperatura	Redondeo Temperatura	Gravedad Específica	MASA DE SUELO	LECTURA BLANCO	Rc	Factor de Corrección	Rc*a*100	% suelo suspendido	k	Lectura Corrección de menisco	L de tabla	L/t	raiz	DIAMETRO mm	DIAMETRO um	% suelo suspendido
0,66	46	16,3	-0,84	16	2,58	50	4	41,16	1,07	4388,9	87,78	0,015	47	8,6	13,030	3,610	0,053	52,758	87,777
1	45	16,3	-0,84	16	2,58	50	4	40,16	1,07	4282,2	85,64	0,015	46	8,8	8,800	2,966	0,043	43,357	85,644
3	41	16,3	-0,84	16	2,58	50	4	36,16	1,07	3855,7	77,11	0,015	42	9,4	3,133	1,770	0,026	25,871	77,114
10	35	16,3	-0,84	16	2,58	50	4	30,16	1,07	3215,9	64,32	0,015	36	10,4	1,040	1,020	0,015	14,905	64,319
30	30	16,4	-0,82	16	2,58	50	4	25,18	1,07	2684,9	53,70	0,015	31	11,2	0,373	0,611	0,009	8,930	53,698
60	27	16,5	-0,8	17	2,58	50	4	22,2	1,07	2367,2	47,34	0,015	28	11,7	0,195	0,442	0,006	6,447	47,343
90	25	16,6	-0,78	17	2,58	50	4	20,22	1,07	2156,0	43,12	0,015	29	11,5	0,128	0,357	0,005	5,219	43,121
120	23	16,7	-0,76	17	2,58	50	4	18,24	1,07	1944,9	38,90	0,015	24	12,4	0,103	0,321	0,005	4,693	38,898
1539	15	15,7	-0,96	16	2,58	50	4	10,04	1,07	1070,6	21,41	0,015	16	13,7	0,009	0,094	0,001	1,379	21,411

### 8.23. Porcentaje de partículas en suspensión y Diámetro de Partícula – 50 gr - Propuesta – Suelo N° 17.

TIEMPOS	LECTURAS	TEMPERATURA	Corrección por Temperatura	Redondeo Temperatura	Gravedad Especifica	MASA DE SUELO	LECTURA BLANCO	Rc	Factor de Corrección	Rc*a*100	% suelo suspendido	k	Lectura Corrección de meniscio	L de tabla	L/t	raiz	DIAMETRO mm	DIAMETRO um	% suelo suspendido
0,66	6	16,5	-0,8	17	2,63	50	4	1,2	1,07	128,0	2,56	0,014	7	15,2	23,030	4,799	0,069	69,005	2,559
1	6	16,5	-0,8	17	2,63	50	4	1,2	1,07	128,0	2,56	0,014	7	15,2	15,200	3,899	0,056	56,060	2,559
3	6	16,5	-0,8	17	2,63	50	4	1,2	1,07	128,0	2,56	0,014	7	15,2	5,067	2,251	0,032	32,366	2,559
10	6	16,5	-0,8	17	2,63	50	4	1,2	1,07	128,0	2,56	0,014	7	15,2	1,520	1,233	0,018	17,728	2,559
30	6	16,6	-0,78	17	2,63	50	4	1,22	1,07	130,1	2,60	0,014	7	15,2	0,507	0,712	0,010	10,235	2,602
60	5	16,7	-0,76	17	2,63	50	4	0,24	1,07	25,6	0,51	0,014	6	15,3	0,255	0,505	0,007	7,261	0,512
90	5	16,9	-0,72	17	2,63	50	4	0,28	1,07	29,9	0,60	0,014	29	11,5	0,128	0,357	0,005	5,140	0,597
120	5	16,9	-0,72	17	2,63	50	4	0,28	1,07	29,9	0,60	0,014	6	15,3	0,128	0,357	0,005	5,134	0,597
1606	5	15,8	-0,94	16	2,63	50	4	0,06	1,07	6,4	0,13	0,014	6	15,3	0,010	0,098	0,001	1,406	0,128

### 8.24. Porcentaje de partículas en suspensión y Diámetro de Partícula – 50 gr - Propuesta – Suelo N° 18.

TIEMPOS	LECTURAS	TEMPERATURA	Corrección por Temperatura	Redondeo Temperatura	Gravedad Específica	MASA DE SUELO	LECTURA BLANCO	Rc	Factor de Corrección	Rc*a*100	% suelo suspendido	k	Lectura Corrección de menisco	L de tabla	L/t	raiz	DIAMETRO mm	DIAMETRO um	% suelo suspendido
0,66	23	17,1	-0,68	17	2,55	50	4	18,32	1,07	1953,4	39,07	0,015	24	12,4	18,788	4,334	0,064	63,869	39,069
1	22	17,1	-0,68	17	2,55	50	4	17,32	1,07	1846,8	36,94	0,015	23	12,5	12,500	3,536	0,052	52,096	36,936
3	18	17,1	-0,68	17	2,55	50	4	13,32	1,07	1420,3	28,41	0,015	19	13,2	4,400	2,098	0,031	30,908	28,406
10	17	17,1	-0,68	17	2,55	50	4	12,32	1,07	1313,7	26,27	0,015	18	13,3	1,330	1,153	0,017	16,993	26,273
30	14	17,2	-0,66	17	2,55	50	4	9,34	1,07	995,9	19,92	0,015	15	13,8	0,460	0,678	0,010	9,994	19,918
60	13	17,2	-0,66	17	2,55	50	4	8,34	1,07	889,3	17,79	0,015	14	14	0,233	0,483	0,007	7,118	17,786
90	12	17,3	-0,64	17	2,55	50	4	7,36	1,07	784,8	15,70	0,015	29	11,5	0,128	0,357	0,005	5,267	15,696
120	11	17,3	-0,64	17	2,55	50	4	6,36	1,07	678,2	13,56	0,015	12	14,3	0,119	0,345	0,005	5,087	13,563
5825	6	15,7	-0,96	16	2,55	50	4	1,04	1,07	110,9	2,22	0,015	7	15,2	0,003	0,051	0,001	0,753	2,218