

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA DE CIVIL**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**  
**INGENIERO CIVIL**

**“CÁLCULO DE COSTOS EN LOS ENSAYOS DEL ÁREA MECÁNICA DEL**  
**SUELO, DEL LABORATORIO DE SUELOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES DE**  
**LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR”**

**AUTOR:**

**ANÍBAL RENATO BRICEÑO ERAZO**

**DIRECTOR ACADÉMICO:**

Msc. Ing. Wilson Cando

**QUITO, junio 2018**

## **AGRADECIMIENTO**

## DEDICATORIA

## INDICE

<b>CAPITULO I</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1. ALCANCE</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>1</b>
<b>1.3. OBJETIVO GENERAL</b> .....	<b>1</b>
<b>1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	<b>1</b>
<b>1.5. GENERALIDADES SOBRE COSTOS</b> .....	<b>2</b>
1.5.1. Definición de precio unitario.....	2
1.5.2. Integración del precio unitario.....	2
1.5.3. Factores de sobre costo.....	2
1.5.4. Componentes de un precio unitario .....	3
<b>1.6. ENSAYOS DE LABORATORIO</b> .....	<b>5</b>
<u>1.6.1. Contenido de agua en suelos, Norma ASTM D 2216-10</u> .....	5
<u>1.6.2. Densidad de sólidos en suelos, Norma ASTM D 854-14</u> .....	9
<u>1.6.3. Granulometría de los suelos, Norma ASTM D 422-63</u> .....	17
<u>1.6.4. Granulometría por hidrómetro, Norma ASTM D 422-63 (2007)</u> .....	22
<u>1.6.5. Límite líquido, Norma ASTM D 4318-17</u> .....	28
<u>1.6.6. Límite plástico, Norma ASTM D 4318-17</u> .....	34
<u>1.6.7. Compactación estándar, ASTM D 698-12</u> .....	39
<u>1.6.8. Compactación modificada, ASTM D 1557-12</u> .....	49
<u>1.6.9. Compresión simple del suelo, Norma ASTM D 2166-10</u> .....	61
<u>1.6.10. Corte directo C-U saturado, Norma ASTM D 3080-11</u> .....	67
<u>1.6.11. Triaxial U-U sin saturar, Norma ASTM 2850-15</u> .....	73
<u>1.6.12. Triaxial U-U saturado, Norma ASTM 2850</u> .....	77
<b>CAPITULO 2</b> .....	<b>81</b>
<b>2.1. RENDIMIENTO DE LA MANO DE OBRA</b> .....	<b>81</b>
<b>2.2. FACTORES DE AFECTACIÓN DE LOS RENDIMIENTOS Y CONSUMOS DE MANO DE OBRA</b> .....	<b>82</b>
<b>CAPITULO 3</b> .....	<b>85</b>
<b>3.1. TRABAJO EN EL LABORATORIO</b> .....	<b>85</b>
3.1.1. Ambiente de trabajo .....	85
3.1.2. Equipamiento del Laboratorio .....	85
3.1.3. Procedimiento.....	86
3.1.4. Importancia del tipo de suelo .....	86
3.1.5. Importancia del laboratorista .....	87
<b>CAPITULO 4</b> .....	<b>90</b>
<b>4.1. DETERMINACIÓN DEL COSTO DE ENSAYOS</b> .....	<b>90</b>
4.1.1. Determinación del Costo directo .....	90
4.1.2. Costo Indirecto.....	95
4.1.3. Precio del ensayo.....	95

4.1.4. Cálculos realizados para cada ensayo planteado en ésta disertación:.....	95
<b>4.2. RESUMEN DE RESULTADOS .....</b>	<b>183</b>
4.2.1. Ensayo: Clasificación SUCS: .....	183
4.2.2. Ensayo: Densidad de sólidos en suelos (Método B):.....	185
4.2.3. Ensayo: Granulometría por hidrómetro: .....	185
4.2.4. Ensayo: Compactación estándar:.....	186
4.2.5. Ensayo: Compactación modificada: .....	187
4.2.6. Ensayo: Compresión simple en el suelo:.....	187
4.2.7. Ensayo: Corte directo C-U saturado:.....	188
4.2.8. Ensayo: Triaxial U-U sin saturar: .....	188
4.2.9. Ensayo: Triaxial U-U saturado:.....	189
<b>4.3. REALIZACION DE APUS .....</b>	<b>190</b>
<b>4.4. COMPARACION DE RESULTADOS .....</b>	<b>202</b>
4.4.1. Clasificación SUCS.....	202
4.4.2. Densidad de sólidos en suelos (método b).....	203
4.4.3. Granulometría por hidrómetro.....	204
4.4.4. Compactación estándar.....	205
4.4.5. Compactación modificada.....	206
4.4.6. Compresión simple en el suelo .....	207
4.4.7. Corte directo c-u saturado .....	208
4.4.8. Triaxial u-u sin saturar .....	209
4.4.9. Triaxial U-U saturado.....	210
<b>CAPITULO 5 .....</b>	<b>211</b>
<b>5.1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>211</b>
5.1.1. CONCLUSIONES.....	211
5.1.2. RECOMENDACIONES .....	216
<b>6. Bibliografía .....</b>	<b>220</b>
<b>7. ANEXOS .....</b>	<b>222</b>
7.1. ANEXO 1 PRECIOS USADOS PARA DETERMINACION DE COSTOS .....	222
7.2. ANEXO 2 LISTA DE PRECIOS DE “GEOSUELOS” .....	227

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tamaño máximo de las partículas.....	7
Tabla 2. Tabla de duraciones - Contenido de humedad.....	8
Tabla 3. Tamaño de la partícula que pasa el 100%.....	13
Tabla 4. Tabla de duraciones - Densidad de sólidos en suelos.....	16
Tabla 5. Tabla de duraciones - Granulometría de los suelos.....	21
Tabla 6. Tabla de duraciones - Granulometría por hidrómetro.....	26
Tabla 7. Tabla de duraciones - Límite líquido.....	32
Tabla 8. Tabla de duraciones - Límite plástico.....	38
Tabla 9. Tabla para elegir el tipo de molde a usar.....	46
Tabla 10. Tabla de duraciones - Compactación estándar.....	47
Tabla 11. Tabla para elegir el tipo de molde a usar.....	56
Tabla 12. Tabla de duraciones - Compactación modificada.....	57
Tabla 13. Tabla de duraciones - Compresión simple del suelo.....	66
Tabla 14. Tabla de duraciones - Corte Directo C-U saturado.....	72
Tabla 15. Tabla de duraciones – Triaxial U- U sin saturar.....	76
Tabla 16. Tabla de duraciones U-U saturado.....	80
Tabla 17. Costo horario de luz eléctrica, de tensión media en un área comercial.....	94
Tabla 18. Costo horario de consumo de luz de balanza de aproximación 0.01g.....	97
Tabla 19. Costo horario de consumo de luz de horno eléctrico Humboldt.....	99
Tabla 20. Costo horario de consumo de luz de bomba de vacío.....	102
Tabla 21. Costo horario de consumo de luz de baño maría.....	104
Tabla 22. Costo horario de consumo de luz de agitadora eléctrica.....	107
Tabla 23. Costo horario de consumo de luz de aparato Casagrande.....	109
Tabla 24. Costo horario de consumo de luz de aparato Casagrande.....	112
Tabla 25. Costo horario de consumo de luz de equipo para corte directo.....	114
Tabla 26. Tiempos utilizados para realizar el ensayo de contenido de humedad.....	165
Tabla 27. Tiempos utilizados para realizar el ensayo de Densidad de sólidos.....	166
Tabla 28. Tiempos utilizados para realizar el ensayo de granulometría de suelos.....	168
Tabla 29. Tiempos utilizados para realizar el ensayo de granulometría por hidrómetro.....	169
Tabla 30. Tiempos utilizados para realizar el ensayo de límite líquido.....	171
Tabla 31. Tiempos utilizados para realizar el ensayo de límite plástico.....	172
Tabla 32. Tiempos utilizados para realizar el ensayo de compactación estándar.....	174
Tabla 33. Tiempos utilizados para realizar el ensayo de compactación modificada.....	176
Tabla 34. Tiempos utilizados para realizar el ensayo de compresión simple en el suelo.....	178
Tabla 35. Tiempos utilizados para realizar el ensayo de corte directo C-U saturado.....	179
Tabla 36. Tiempos utilizados para realizar el ensayo de Triaxial U-U sin saturar.....	180
Tabla 37. Tiempos utilizados para realizar el ensayo de Triaxial U-U saturado.....	181
Tabla 38. Determinación del precio para el ensayo de contenido de humedad.....	183
Tabla 39. Determinación del precio para el ensayo de granulometría de suelos.....	183
Tabla 40. Determinación del precio para el ensayo de límite líquido.....	184
Tabla 41. Determinación del precio para el ensayo de límite plástico.....	184
Tabla 42. Determinación del precio para el ensayo de densidad de sólidos en suelos (método B).....	185
Tabla 43. Determinación del precio para el ensayo de granulometría por hidrómetro.....	186
Tabla 44. Determinación del precio para el ensayo de compactación estándar.....	186

<i>Tabla 45. Determinación del precio para el ensayo de compactación modificada</i> .....	187
<i>Tabla 46. Determinación del precio para el ensayo de compresión simple</i> .....	188
<i>Tabla 47. Determinación del precio para el ensayo de corte directo C-U saturado</i> .....	188
<i>Tabla 48. Determinación del precio para el ensayo de Triaxial U-U sin saturar</i> .....	189
<i>Tabla 49. Determinación del precio para el ensayo de Triaxial U-U saturado</i> .....	189
<i>Tabla 50. APU- Contenido de humedad</i> .....	190
<i>Tabla 51. APU- Granulometría de suelos</i> .....	191
<i>Tabla 52. APU-límite líquido</i> .....	192
<i>Tabla 53. APU- límite plástico</i> .....	193
<i>Tabla 54. APU-Densidad de sólidos en suelos (método B)</i> .....	194
<i>Tabla 55. APU-Granulometría por hidrómetro</i> .....	195
<i>Tabla 56. APU-Compactación estándar</i> .....	196
<i>Tabla 57. APU-Compactación Próctor modificado</i> .....	197
<i>Tabla 58. APU-Compresión simple en el suelo</i> .....	198
<i>Tabla 59. APU-Corte directo C-U saturado</i> .....	199
<i>Tabla 60. APU-Triaxial U-U sin saturar</i> .....	200
<i>Tabla 61. APU-Triaxial U-U saturado</i> .....	201

## INDICE DE FIGURAS

<i>Gráfico 1. Precios de ensayo SUCS .....</i>	<i>202</i>
<i>Gráfico 2. Precios de ensayo densidad de sólidos (método B) .....</i>	<i>203</i>
<i>Gráfico 3. Precios de ensayo de granulometría por hidrómetro .....</i>	<i>204</i>
<i>Gráfico 4. Precios de ensayo de compactación estándar .....</i>	<i>205</i>
<i>Gráfico 5. Precios de ensayo de compactación modificada .....</i>	<i>206</i>
<i>Gráfico 6. Precios de ensayo de compresión simple.....</i>	<i>207</i>
<i>Gráfico 7. Precios de ensayo de corte directo C-U saturado .....</i>	<i>208</i>
<i>Gráfico 8. Precios de ensayo de Triaxial U-U sin saturar.....</i>	<i>209</i>
<i>Gráfico 9. Precios de ensayo de Triaxial U-U saturado .....</i>	<i>210</i>

## INDICE DE IMAGENES

<i>Imagen 1. Balanza Mettler Toledo de precisión 0.01gr</i>	5
<i>Imagen 2. Cápsulas de humedad con muestras de suelo en su interior</i>	6
<i>Imagen 3. Horno Eléctrico Humboldt</i>	6
<i>Imagen 4. Balanza Mettler Toledo de precisión 0.01gr</i>	9
<i>Imagen 5. Balanza Mettler Toledo de precisión 0.1gr</i>	10
<i>Imagen 6. Mortero de porcelana</i>	10
<i>Imagen 7. Tamices #4 y #10</i>	11
<i>Imagen 8. Termómetro con precisión de 0.5 °C</i>	11
<i>Imagen 9. Matraz de 500 cm<sup>3</sup> con suelo y agua en su interior</i>	11
<i>Imagen 10. Pipeta</i>	12
<i>Imagen 11. Horno Eléctrico Humboldt</i>	12
<i>Imagen 12. Bomba de vacío</i>	13
<i>Imagen 13. Ensayo de densidad de sólidos en suelos</i>	14
<i>Imagen 14. Ensayo de Densidad de sólidos en suelos</i>	15
<i>Imagen 15. Balanza Mettler Toledo de precisión 0.01 gr</i>	17
<i>Imagen 16. Balanza Mettler Toledo de precisión 0.1 gr</i>	18
<i>Imagen 17. Agitador de tamices</i>	18
<i>Imagen 18. Tamices utilizados para el ensayo de granulometría</i>	19
<i>Imagen 19. Horno Eléctrico Humboldt</i>	19
<i>Imagen 20. Agente de floculante (silicato de sodio)</i>	22
<i>Imagen 21. Pipeta</i>	22
<i>Imagen 22. Agitadora eléctrica</i>	23
<i>Imagen 23. Probeta</i>	23
<i>Imagen 24. Cronómetro</i>	24
<i>Imagen 25. Termómetro de precisión 0.5°C</i>	24
<i>Imagen 26. Hidrómetro</i>	24
<i>Imagen 27. Aparato copa de Casagrande</i>	28
<i>Imagen 28. Cápsula para humedad</i>	29
<i>Imagen 29. Balanza Mettler Toledo de precisión 0.01 gr</i>	29
<i>Imagen 30. Horno Eléctrico Humboldt</i>	30
<i>Imagen 31. Ensayo de límite líquido en copa de Casagrande</i>	31
<i>Imagen 32. Cápsula para contenido de humedad</i>	34
<i>Imagen 33. Balanza Mettler Toledo de precisión 0.01 gr</i>	35
<i>Imagen 34. Tamiz # 40</i>	35
<i>Imagen 35. Horno Eléctrico Humboldt</i>	36
<i>Imagen 36. Límite plástico del suelo obtenido, rollos en cápsulas y cápsulas con suelo obtenido del límite plástico</i>	37
<i>Imagen 37. Bandeja metálica</i>	39
<i>Imagen 38. Molde de compactación</i>	39
<i>Imagen 39. Martillo de compactación estándar</i>	40
<i>Imagen 40. Balanza Mettler Toledo de precisión 0.1 gr</i>	40
<i>Imagen 41. Balanza Mettler Toledo de precisión 0.01 gr</i>	41
<i>Imagen 42. Regla metálica</i>	41
<i>Imagen 43. Martillo con cabeza de caucho</i>	42

<i>Imagen 44. Probeta graduada de 250 cm<sup>3</sup>.....</i>	<i>42</i>
<i>Imagen 45. Cápsulas para humedad.....</i>	<i>43</i>
<i>Imagen 46. Extractor de muestras.....</i>	<i>43</i>
<i>Imagen 47. Horno Eléctrico Humboldt.....</i>	<i>44</i>
<i>Imagen 48. Tamices de 3/4, 3/8, #4.....</i>	<i>44</i>
<i>Imagen 49. Bandeja metálica.....</i>	<i>50</i>
<i>Imagen 50. Molde de compactación.....</i>	<i>50</i>
<i>Imagen 51. Martillo de compactación modificada.....</i>	<i>51</i>
<i>Imagen 52. Balanza Mettler Toledo de precisión 0.1 gr.....</i>	<i>51</i>
<i>Imagen 53. Balanza Mettler Toledo de precisión 0.01 gr.....</i>	<i>52</i>
<i>Imagen 54. Regla metálica.....</i>	<i>52</i>
<i>Imagen 55. Martillo con cabeza de caucho.....</i>	<i>53</i>
<i>Imagen 56. Probeta graduada de 250 cm<sup>3</sup>.....</i>	<i>53</i>
<i>Imagen 57. Cápsula para humedad.....</i>	<i>53</i>
<i>Imagen 58. Extractor de muestras.....</i>	<i>54</i>
<i>Imagen 59. Horno Eléctrico Humboldt.....</i>	<i>54</i>
<i>Imagen 60. Tamiz 3/4, 3/8, #4.....</i>	<i>55</i>
<i>Imagen 61. Equipo para compresión simple.....</i>	<i>61</i>
<i>Imagen 62. Extractor de muestras.....</i>	<i>62</i>
<i>Imagen 63. Indicador de deformación.....</i>	<i>62</i>
<i>Imagen 64. Cronómetro.....</i>	<i>63</i>
<i>Imagen 65. Balanza Mettler Toledo de precisión 0.1 gr.....</i>	<i>63</i>
<i>Imagen 66. Molde cilíndrico para ensayo de compresión simple.....</i>	<i>64</i>
<i>Imagen 67. Equipo de corte directo.....</i>	<i>67</i>
<i>Imagen 68. Equipo para compactar muestras.....</i>	<i>68</i>
<i>Imagen 69. Cámara de compresión Triaxial.....</i>	<i>73</i>
<i>Imagen 70. Balanza Mettler Toledo de precisión 0.1 gr.....</i>	<i>74</i>
<i>Imagen 71. Cámara de compresión de Triaxial.....</i>	<i>77</i>
<i>Imagen 72. Balanza Mettler Toledo de precisión 0.1 gr.....</i>	<i>78</i>
<i>Imagen 73. Ruptura de la muestra en el intento del modelado de muestra.....</i>	<i>86</i>
<i>Imagen 74. Realización de Triaxial por el laboratorista José Morán.....</i>	<i>87</i>
<i>Imagen 75. Realización del ensayo Densidad de sólidos por el laboratorista Giovanni.....</i>	<i>88</i>
<i>Imagen 76. Realización del ensayo de Corte directo saturado por el laboratorista José Morán.....</i>	<i>88</i>
<i>Imagen 77. Realización de Límite líquido y límite plástico por el laboratorista Patricio Criollo.....</i>	<i>89</i>

# CAPITULO I

## 1.1. ALCANCE

El alcance de esta disertación tiene como fin, determinar los costos unitarios de diferentes ensayos en el área de mecánica de suelos, los cuales hasta la fecha del presente trabajo no habían sido correctamente determinados.

Mediante esta investigación obtendremos los costos reales de los ensayos, permitiendo así tener un análisis y retroalimentación que permita al Laboratorio obtener ganancias y ser competitivo en el mercado.

## 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Laboratorio no cuenta con un análisis real de costos por ensayo, ocasionando el desconocimiento de la rentabilidad del laboratorio.

## 1.3. OBJETIVO GENERAL

- Determinar los costos en los ensayos del área “Caracterización del suelo” y “Resistencia y deformación del suelo” de mecánica de suelos, del Laboratorio de suelos y resistencia de materiales de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

## 1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el rendimiento de los laboratoristas en cada tipo de ensayo investigado.

- Identificar y precisar los costos de materia prima, maquinaria, mano de obra e insumos necesarios para su ejecución.
- Realizar el análisis de precios unitarios de los ensayos a investigarse.
- Comparación del valor obtenido versus el costo de la competencia y del laboratorio.

## 1.5. GENERALIDADES SOBRE COSTOS

### 1.5.1. Definición de precio unitario

El precio unitario se define como el costo total por unidad de medida de cada concepto de obra terminado incluyendo costo directo, costo indirecto y utilidad

### 1.5.2. Integración del precio unitario

El precio unitario se compone debido al correcto análisis de la determinación de que son los costos directos correspondientes al costo de insumos o de diferentes recursos que participan directamente en la realización del trabajo por ser ejecutado, los costos directos, el costo por financiamiento, el cargo por utilidad de la empresa.

El estudio, cálculo e integración de los precios unitarios para un trabajo determinado deben tener congruencia con los procedimientos realizados en cada estudio o la metodología de ejecución sea la correcta, así como la planificación de utilización de personal.

### 1.5.3. Factores de sobre costo

Este factor de sobre costo es el valor que se debe multiplicar al costo directo para la obtención del precio final, teniendo además los porcentajes comúnmente utilizado en la ingeniería civil que son: utilidad, financiamiento, cargos adicionales.

## **1.5.4. Componentes de un precio unitario**

### **1.5.4.1. Costo directo**

Se llama costo directo a todo aquel costo que se puede vincular a la producción de un solo producto, en este caso; el producto es un ensayo de laboratorio; y por tanto sólo debe encontrarse en la contabilidad de costos de ese ensayo.

Para esta tesis se considerará como costo directo a la mano de obra y equipos (horno, balanzas, equipo de Triaxial, etc.) que se utiliza para la realización de ensayos de Laboratorio de suelos.

#### **1.5.4.1.1 Mano de obra:**

La mano de obra influye de manera directa en la determinación del precio unitario, dentro de los costos directos, con sus aspectos que son: salario y rendimiento.

En la construcción, en este caso en el laboratorio, el sistema para cubrir al trabajador el valor de su trabajo, son los siguientes:

- a) por día
- b) por destajo
- c) por tarea

Se considerará “por día”, cuando deba darse al trabajador una cantidad fija por jornada normal de trabajo

Se considerará “por destajo”, si la remuneración se valora a base del número de ensayos realizados por el laboratorista y afectados a un valor acordado previamente.

Se considerará “por tarea”, consiste en que se asigna una actividad por día, una vez finalizada se puede retirar el trabajador recibiendo el jornal diario completo.

Estos tres sistemas tienen ventajas y desventajas, para la determinación de cuál es el más adecuado para cada caso, se tendrá que analizar las condiciones y el tipo de trabajo a realizarse.

Para la realización de esta disertación se tomará la mano de obra por día.

#### **1.5.4.1.2 Equipo**

El precio del equipo influye de manera directa en la determinación del precio unitario, dentro de los costos directos, con sus aspectos que son: costo del equipo y rendimiento.

#### **1.5.4.2. Costo indirecto**

Se considera costos indirectos, a aquellos gastos generales que no se los pueden asignar con precisión, y que son necesarios para la ejecución de los trabajos no incluidos en los costos directos.

Se deben considerar para este rubro los gastos administrativos y técnicos necesarios para la correcta realización de los ensayos de laboratorio.

#### **1.5.4.3. Cargo por utilidad**

Se considera cargo por utilidad a la ganancia que recibe la empresa o contratista por la ejecución del concepto de trabajo, este porcentaje de ganancia será determinado por la empresa o contratista sobre la suma de los costos directos, indirectos y de financiamiento si hubiera el caso de financiación de algún equipo.

Para el cálculo del cargo por utilidad se considerará la participación de los trabajadores en las utilidades de la empresa a cargo del laboratorio.

Para la realización de esta tesis se considerará a la utilidad con un 18% de ganancia para cada ensayo, dato dado por el área de costos del laboratorio.

## 1.6. ENSAYOS DE LABORATORIO

### 1.6.1. Contenido de agua en suelos, Norma ASTM D 2216-10

#### 1.6.1.1. Definición:

Al contenido de humedad se lo define como la relación entre la masa de agua intersticial o de poros y la masa de las partículas sólidas.

#### 1.6.1.2. Equipo:

a. Balanza (aprox. 0.01 gr para masa < 200 gr y aprox. 0.1 gr para masa > 200 gr)



*Imagen 1. Balanza Mettler Toledo de precisión 0.01gr*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

b. Recipientes o tarros de humedad



*Imagen 2. Cápsulas de humedad con muestras de suelo en su interior*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

c. Horno de temperatura constante ( $T = 110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ )



*Imagen 3. Horno Eléctrico Humboldt*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

#### 1.6.1.4. Preparación de la muestra:

La cantidad de material empleado en la determinación del contenido de agua dependerá en general del tamaño máximo de las partículas que contengan el suelo, de acuerdo a los valores recomendados en la Tabla No.1

Tabla 1. Tamaño máximo de las partículas

Tamaño máximo de la Partícula (100% que pasa)		Masa mínima de la muestra Aprox. $\pm 0.1\%$	Masa mínima de la muestra Aprox. $\pm 1\%$
INEN (mm)	ASTM	gr	gr
2 o menos	No. 10	20	20
4.75	No. 4	100	20
9.50	3/8 "	500	50
19.0	3/4 "	2500	250
37.5	1.5 "	10000	1000
75.0	3 "	50000	5000

Fuente: ASTM D 2216 (2010)

#### 1.6.1.3.- Procedimiento:

- a. Anote la identificación de la muestra: obra, localización, sondeo, profundidad, fecha, operador, etc.
- b. Anote el número y la masa del recipiente donde se colocará la muestra.
- c. Coloque la muestra en el recipiente, determine su masa y anote este valor.
- d. Coloque la muestra y su recipiente en el horno a temperatura constante  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , hasta obtener la condición de masa constante, esto es que después de dos períodos sucesivos de secado a intervalos mayores a 1 hora la masa no cambie o su diferencia no exceda de 0.1 %.

Generalmente es suficiente un período de secado de 12 a 16 horas.

Para material.

e. Pasado el tiempo de secado, saque la muestra del horno, espere que se enfríe, determine el valor de su masa, y anote ese valor.

Tabla 2. Tabla de duraciones - Contenido de humedad

Actividades	Equipo Utilizado	Tiempo de equipo								Personal necesario	Tiempo de mano de obra								
		Inicio	Final	T(min)	T(h)	Inicio	Final	T(min)	T(h)		Inicio	Final	T(min)	T(h)					
<b>1. Preparación de la muestra</b>																			
1.1 Determinación de masa en condiciones naturales (2 muestras)	Cápsula de aluminio	Muestra 1				Muestra 2				1	Muestra 1				Muestra 2				
		14:33	14:33:30	0:00:30	0,0083	14:36	14:35:30	0:00:30	0,0083		14:33	14:33:30	0:00:30	0,0083	14:36	14:35:30	0:00:30	0,0083	
		14:38	14:38:30	0:00:30	0,0083	14:41	14:41:30	0:00:30	0,0083		14:38	14:38:30	0:00:30	0,0083	14:41	14:41:30	0:00:30	0,0083	
		14:45	14:45:30	0:00:30	0,0083	14:48	14:48:30	0:00:30	0,0083		14:45	14:45:30	0:00:30	0,0083	14:48	14:48:30	0:00:30	0,0083	
	Promedio 0,0083				Promedio 0,0083				Promedio 0,0083				Promedio 0,0083						
	Balanza con aprox 0,1g		14:33	14:33:30	0:00:30	0,0083	14:35	14:35:30	0:00:30		0,0083								
		14:38	14:38:30	0:00:30	0,0083	14:41	14:41:30	0:00:30	0,0083										
		14:45	14:45:30	0:00:30	0,0083	14:48	14:48:30	0:00:30	0,0083										
		Promedio 0,0083				Promedio 0,0083													
<b>2. Ensayo</b>																			
2.1 Colocación de suelo en el horno	Horno eléctrico	15:00	8:00	17:00	17,00	15:03	8:03	17:00	17,00	1	15:00	15:01	0:01	0,02	15:03	15:04	0:01	0,02	
		15:01	8:01	17:00	17,00	15:04	8:04	17:00	17,00		15:01	15:02	0:01	0,02	15:04	15:05	0:01	0,02	
		15:02	8:02	17:00	17,00	15:05	8:05	17:00	17,00		15:02	15:03	0:01	0,02	15:05	15:06	0:01	0,02	
Promedio 17,00				Promedio 17,00				Promedio 0,02				Promedio 0,02							
2.2 Determinación del peso del suelo seco	Cápsula de aluminio	8:29	8:29:30	0:00:30	0,0083	8:34	8:34:30	0:00:30	0,0083	1	8:29	8:29:30	0:00:30	0,0083	8:34	8:34:30	0:00:30	0,0083	
		8:31	8:31:30	0:00:30	0,0083	8:36	8:36:30	0:00:30	0,0083		8:31	8:31:30	0:00:30	0,0083	8:36	8:36:30	0:00:30	0,0083	
		8:33	8:33:30	0:00:30	0,0083	8:38	8:38:30	0:00:30	0,0083		8:33	8:33:30	0:00:30	0,0083	8:38	8:38:30	0:00:30	0,0083	
		Promedio 0,0083				Promedio 0,0083					Promedio 0,0083				Promedio 0,0083				
	Balanza con aprox 0,1g		8:29	8:29:30	0:00:30	0,0083	8:34	8:34:30	0:00:30		0,0083								
			8:31	8:31:30	0:00:30	0,0083	8:36	8:36:30	0:00:30		0,0083								
		8:33	8:33:30	0:00:30	0,0083	8:38	8:38:30	0:00:30	0,0083										
		Promedio 0,0083				Promedio 0,0083													

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

ASTM. (2010). *ASTM D2216-10 Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass.*

## 1.6.2. Densidad de sólidos en suelos, Norma ASTM D 854-14

### 1.6.2.1. Definición:

La densidad de sólidos en suelos secos es la relación de la masa en el aire de un volumen de material a cierta temperatura y la masa en el aire de un volumen igual de agua destilada a la misma temperatura.

### 1.6.2.2. Equipo:

a. Balanza sensible a 0.01 gr para masa < 200 gr



*Imagen 4. Balanza Mettler Toledo de precisión 0.01gr*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

b. Balanza sensible a 0.1 gr para masa > 200 gr



*Imagen 5. Balanza Mettler Toledo de precisión 0.1gr*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

c. Mortero de porcelana y pistillo de caucho.



*Imagen 6. Mortero de porcelana*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

d. Tamices # 4, # 10



*Imagen 7. Tamices #4 y #10*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

e. Termómetro aprox. 0.5 °C



*Imagen 8. Termómetro con precisión de 0.5 °C*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

f. Matraz (50 cm<sup>3</sup>, 100 cm<sup>3</sup>, o de mayor capacidad)



*Imagen 9. Matraz de 500 cm<sup>3</sup> con suelo y agua en su interior*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

g. Pipeta



*Imagen 10. Pipeta*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

h. Horno  $110 \pm 5$  °C



*Imagen 11. Horno Eléctrico Humboldt*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

i. Bomba de vacío



*Imagen 12. Bomba de vacío*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

1.6.2.3. Preparación de la muestra:

El suelo para el ensayo de gravedad específica podrá estar en estado húmedo o ser previamente secado en el horno a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C. Para suelos orgánicos de alta plasticidad o de grano fino se recomienda utilizar la muestra en estado natural.

La cantidad de suelo para el ensayo deberá ser tal que contenga un peso de sólidos mínimo de acuerdo a la tabla siguiente:

*Tabla 3. Tamaño de la partícula que pasa el 100%*

Tamaño de la partícula que pasa el 100%	Tamiz No.	Masa seca mínima (gr)
2 mm	10	20
4.75 mm	4	100

Fuente: ASTM D854 (2014)

La selección del matraz estará en concordancia con el tamaño de la muestra del suelo, es decir, que su capacidad sea un 50 % mayor que el volumen que ocupe la muestra.

#### 1.6.2.4. Procedimiento:

La cantidad de suelo preparada en estado natural o seco se coloca en el matraz calibrado, luego se llena este con agua destilada hasta un nivel ligeramente superior al requerido para cubrir la muestra. Si el ensayo se realiza con una muestra en estado seco, será necesario dejar el suelo con agua destilada al menos 12 horas.

Se extrae el aire atrapado del suelo y del agua destilada, colocando el matraz en el baño de maría al menos 10 minutos o utilizando la bomba de vacío sin exceder una presión de 100 milímetros de mercurio por un tiempo mínimo de 30 minutos.



*Imagen 13. Ensayo de densidad de sólidos en suelos*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

Adicionalmente mediante movimientos giratorios del matraz se ayuda a que el aire atrapado salga del material.

Cuando esta sin aire la muestra, se afora el matraz con agua de manera que la parte inferior del menisco coincida con la marca de calibración del matraz; esto se logra fácilmente con la ayuda de una pipeta.

Debe evitarse que quede agua adherida al interior del cuello del matraz sobre la marca de aforo; para lo cual se introduce un rollito de papel secante o absorbente para eliminarla; también debe secarse el matraz exteriormente.

Se obtiene la masa del matraz más agua más suelo e inmediatamente se introduce el termómetro hasta el centro del matraz y se determina la temperatura  $T$  en  $^{\circ}\text{C}$ . Debe tomarse en cuenta que los límites de la temperatura ( $T$   $^{\circ}\text{C}$ ) será: Mínimo de  $16$   $^{\circ}\text{C}$  y Máximo  $30$   $^{\circ}\text{C}$ .



*Imagen 14. Ensayo de Densidad de sólidos en suelos.*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

Cuando se utilice el suelo en condiciones naturales de humedad se determinará la masa seca del suelo mediante cualquiera de los dos métodos: a) Extrayendo en su totalidad la muestra de suelo del matraz y sometiéndola en un proceso de secado a temperatura de  $110 \pm 5$   $^{\circ}\text{C}$ , y

b) Calculando la masa de sólidos conociendo la masa húmeda del material colocado en el matraz y su contenido de agua.

El valor masa de matraz con agua a la temperatura de ensayo  $T$   $^{\circ}\text{C}$  se determina de la curva de calibración del matraz.

Tabla 4. Tabla de duraciones - Densidad de sólidos en suelos

Actividades	Equipo Utilizado	Tiempo de equipo								Personal necesario	Tiempo de mano de obra								
		Inicio	Final	T(min)	T(h)	Inicio	Final	T(min)	T(h)		Inicio	Final	T(min)	T(h)	Inicio	Final	T(min)	T(h)	
<b>1. Preparación de la muestra</b>																			
<b>1.1. Contenido de humedad:</b>																			
		<b>Muestra 1</b>				<b>Muestra 2</b>						<b>Muestra 1</b>				<b>Muestra 2</b>			
1.1.1. Determinación de masa en condiciones naturales (2 muestras)	Cápsula para humedad	11:33	11:33:30	0:00:30	0,0083	11:36	11:36:30	0:00:30	0,0083	1	11:33	11:33:30	0:00:30	0,0083	11:36	11:36:30	0:00:30	0,0083	
		11:38	11:38:30	0:00:30	0,0083	11:41	11:41:30	0:00:30	0,0083		11:35	11:35:30	0:00:30	0,0083	11:41	11:41:30	0:00:30	0,0083	
		11:45	11:45:30	0:00:30	0,0083	11:48	11:48:30	0:00:30	0,0083		11:37	11:37:30	0:00:30	0,0083	11:48	11:48:30	0:00:30	0,0083	
	<b>Promedio 0,0083</b>				<b>Promedio 0,0083</b>				<b>Promedio 0,0083</b>				<b>Promedio 0,0083</b>						
	Balanza	11:33	11:33:30	0:00:30	0,0083	11:35	11:35:30	0:00:30	0,0083										
		11:38	11:38:30	0:00:30	0,0083	11:41	11:41:30	0:00:30	0,0083										
11:45		11:45:30	0:00:30	0,0083	11:48	11:48:30	0:00:30	0,0083											
<b>Promedio 0,0083</b>				<b>Promedio 0,0083</b>				<b>Promedio 0,0083</b>				<b>Promedio 0,0083</b>							
1.1.2. Secado de suelo en el horno	Horno	14:00	9:00	19:00	19,00	14:00	9:00	19:00	19,00	1	14:00	14:01	0:01	0,02	14:03	14:04	0:01	0,02	
		14:00	9:00	19:00	19,00	14:00	9:00	19:00	19,00		14:01	14:02	0:01	0,02	14:04	14:05	0:01	0,02	
		14:00	9:00	19:00	19,00	14:00	9:00	19:00	19,00		14:02	14:03	0:01	0,02	14:05	14:06	0:01	0,02	
		<b>Promedio 19,00</b>				<b>Promedio 19,00</b>					<b>Promedio 0,02</b>				<b>Promedio 0,02</b>				
1.1.3 Determinación del peso del suelo seco	Cápsula para humedad	10:29	10:29:30	0:00:30	0,0083	10:34	10:34:30	0:00:30	0,0083	1	10:29	10:29:30	0:00:30	0,0083	10:34	10:34:30	0:00:30	0,0083	
		10:31	10:31:30	0:00:30	0,0083	10:36	10:36:30	0:00:30	0,0083		10:31	10:31:30	0:00:30	0,0083	10:36	10:36:30	0:00:30	0,0083	
		10:33	10:33:30	0:00:30	0,0083	10:38	10:38:30	0:00:30	0,0083		10:33	10:33:30	0:00:30	0,0083	10:38	10:38:30	0:00:30	0,0083	
	<b>Promedio 0,0083</b>				<b>Promedio 0,0083</b>				<b>Promedio 0,0083</b>				<b>Promedio 0,0083</b>						
	Balanza	10:29	10:29:30	0:00:30	0,0083	10:34	10:34:30	0:00:30	0,0083										
		10:31	10:31:30	0:00:30	0,0083	10:36	10:36:30	0:00:30	0,0083										
10:33		10:33:30	0:00:30	0,0083	10:38	10:38:30	0:00:30	0,0083											
<b>Promedio 0,0083</b>				<b>Promedio 0,0083</b>				<b>Promedio 0,0083</b>				<b>Promedio 0,0083</b>							
<b>2. Ensayo</b>																			
2.1. Determinación de peso de la muestra húmeda	Recipiente	8:00	8:00:30	0:00:30	0,0083	8:00	8:00:30	0:00:30	0,0083	1	8:00	8:00:30	0:00:30	0,0083	8:00	8:00:30	0:00:30	0,0083	
		8:01	8:01:30	0:00:30	0,0083	8:01	8:01:30	0:00:30	0,0083		8:01	8:01:30	0:00:30	0,0083	8:01	8:01:30	0:00:30	0,0083	
		8:02	8:02:30	0:00:30	0,0083	8:02	8:02:30	0:00:30	0,0083		8:02	8:02:30	0:00:30	0,0083	8:02	8:02:30	0:00:30	0,0083	
	<b>Promedio 0,0083</b>				<b>Promedio 0,0083</b>				<b>Promedio 0,0083</b>				<b>Promedio 0,0083</b>						
	Balanza	8:00	8:00:30	0:00:30	0,0083	8:00	8:00:30	0:00:30	0,0083										
		8:01	8:01:30	0:00:30	0,0083	8:01	8:01:30	0:00:30	0,0083										
8:02		8:02:30	0:00:30	0,0083	8:02	8:02:30	0:00:30	0,0083											
<b>Promedio 0,0083</b>				<b>Promedio 0,0083</b>				<b>Promedio 0,0083</b>				<b>Promedio 0,0083</b>							
2.2. Saturación del suelo (1 día)	Vaso de precipitación	8:00	8:00	24	24	8:00	8:00	24	24	1	8:00	8:02	0:02	0,03	8:00	8:02	0:02	0,03	
		8:00	8:00	24	24	8:00	8:00	24	24		8:00	8:02	0:02	0,03	8:00	8:02	0:02	0,03	
		8:00	8:00	24	24	8:00	8:00	24	24		8:00	8:02	0:02	0,03	8:00	8:02	0:02	0,03	
		<b>Promedio 24,00</b>				<b>Promedio 24,00</b>					<b>Promedio 0,03</b>				<b>Promedio 0,03</b>				
2.3. Colocación de la muestra (suelo + agua + matraz)	Matraz	8:30	8:35	0:05	0,08	8:40	8:46	0:06	0,10	1	8:30	8:35	0:05	0,08	8:40	8:46	0:06	0,10	
		8:56	9:00	0:04	0,07	9:01	9:06	0:05	0,08		8:56	9:00	0:04	0,07	9:01	9:06	0:05	0,08	
		11:16	11:22	0:06	0,10	10:20	10:25	0:05	0,08		11:16	11:22	0:06	0,10	10:20	10:25	0:05	0,08	
		<b>Promedio 0,08</b>				<b>Promedio 0,09</b>					<b>Promedio 0,08</b>				<b>Promedio 0,09</b>				
2.4. Ensayo de la muestra (suelo+agua+matraz) en la bomba al vacío	Bomba de vacío	10:57	12:33	1:36	1,60	10:52	12:45	1:53	1,88	1			0:25	0,42			0:19	0,32	
		9:08	11:25	2:17	2,28	9:08	11:14	2:06	2,10				0:22	0,37			0:23	0,38	
		9:42	10:45	1:03	1,05	9:17	10:34	1:17	1,28				0:20	0,33			0:22	0,37	
		<b>Promedio 1,64</b>				<b>Promedio 1,76</b>					<b>Promedio 0,37</b>				<b>Promedio 0,36</b>				
2.5. Colocación del matraz en baño de maria	Baño maria	12:33	12:35	0:02	0,03	12:45	12:47	0:02	0,03	1	12:33	12:34	0:01	0,02	12:45	12:46	0:01	0,02	
		12:25	12:27	0:02	0,03	11:15	11:18	0:03	0,05		12:28	12:29	0:01	0,02	11:15	11:18	0:03	0,05	
		10:34	10:48	0:14	0,23	11:14	11:28	0:14	0,23		10:34	10:35	0:01	0,02	11:14	11:15	0:01	0,02	
		<b>Promedio 0,10</b>				<b>Promedio 0,11</b>					<b>Promedio 0,02</b>				<b>Promedio 0,03</b>				
2.6. Determinación de temperatura	Termómetro	12:37	12:41	0:04	0,07	12:48	12:53	0:05	0,08	1	12:37	12:42	0:05	0,08	12:48	12:53	0:05	0,08	
		12:25	12:27	0:02	0,03	11:15	11:18	0:03	0,05		12:25	12:27	0:02	0,03	11:15	11:18	0:03	0,05	
		10:34	10:40	0:06	0,10	11:14	11:20	0:06	0,10		10:34	10:40	0:06	0,10	11:14	11:20	0:06	0,10	
		<b>Promedio 0,07</b>				<b>Promedio 0,08</b>					<b>Promedio 0,07</b>				<b>Promedio 0,08</b>				
2.8 Determinación del peso de la muestra (matraz + suelo + agua) sin	Balanza	12:42	12:42:30	0:00:30	0,0083	12:54	12:54:30	0:00:30	0,0083	1	12:42	12:42:30	0:00:30	0,0083	12:54	12:54:30	0:00:30	0,0083	
		12:28	12:28:30	0:00:30	0,0083	12:20	12:20:30	0:00:30	0,0083		12:28	12:28:30	0:00:30	0,0083	12:20	12:20:30	0:00:30	0,0083	
		10:41	10:41:30	0:00:30	0,0083	11:21	11:21:30	0:00:30	0,0083		10:41	10:41:30	0:00:30	0,0083	11:21	11:21:30	0:00:30	0,0083	
		<b>Promedio 0,0083</b>				<b>Promedio 0,0083</b>					<b>Promedio 0,0083</b>				<b>Promedio 0,0083</b>				
2.7. Limpieza del matraz										1	12:43	12:45	0:02	0,03	12:55	12:57	0:02	0,03	
											12:29	12:31	0:02	0,03	12:21	12:23	0:02	0,03	
											10:43	10:45	0:02	0,03	11:24	11:26	0:02	0,03	
		<b>Promedio 0,03</b>				<b>Promedio 0,03</b>					<b>Promedio 0,03</b>				<b>Promedio 0,03</b>				

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

ASTM. (2014). ASTM D854-14 Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer.

### 1.6.3. Granulometría de los suelos, Norma ASTM D 422-63

#### 1.6.3.1. Definición:

- Alcance

Este método de ensayo cubre la determinación cuantitativa de la distribución de los tamaños de partícula en los suelos. La distribución de tamaños de partícula mayores de 75  $\mu\text{m}$  (retenidos en el tamiz N° 200) se determina mediante tamizado.

#### 1.6.3.2. Equipo:

a. Balanza con sensibilidad de 0.01 g para masa < 200 gr



*Imagen 15. Balanza Mettler Toledo de precisión 0.01 gr*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

b. Balanza con sensibilidad de 0.1 g para masa > 200 gr



*Imagen 16. Balanza Mettler Toledo de precisión 0.1 gr.*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

c. Aparato de agitación



*Imagen 17. Agitador de tamices*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

d. Tamices



*Imagen 18. Tamices utilizados para el ensayo de granulometría*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

e. Horno  $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$



*Imagen 19. Horno Eléctrico Humboldt*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

3.3.- Preparación de la muestra:

En primera instancia se debe pesar el material requerido para el ensayo, posteriormente se deja el suelo en agua por 1 día.

Al día siguiente se tamiza el material por los tamices correspondiente (N 40 y N 200), posterior a eso se coloca el material retenido de los tamices respectivos y se deja en el horno por 16 horas como mínimo.

#### 1.6.3.4. Procedimiento:

a. Separe la parte retenida en el No. 10 (2.00-mm) tamizar en una serie de fracciones usando el 3 in. (75 mm), 2 pulgadas (50 mm), 1 1/2 pulg. (37.5 mm), 1 pulg. (25.0 mm), 3/4 pulg. (19.0- mm), 3/8 pulg. (9,5 mm), n. ° 4 (4,75 mm) y n. ° 10 tamices, o tantas como sea necesario dependiendo de la muestra, o sobre las especificaciones para el material bajo prueba.

b. Realice la operación de tamizado por medio de un lateral y movimiento vertical del tamiz, acompañado de una acción discordante en orden para mantener la muestra en movimiento continuamente sobre la superficie del tamiz En ningún caso girar o manipular fragmentos en el

c. Muestra a través del tamiz a mano. Seguir tamizando hasta que no más de 1% en masa del residuo en un tamiz pasa ese tamiz durante 1 minuto de tamizado. Cuando se usa el tamizado mecánico, prueba La minuciosidad del tamizado al usar el método de mano de tamizado como se describe anteriormente.

d. Determine la masa de cada fracción en un saldo conforme a los requisitos. Al final del pesaje, la suma de las masas retenidas en todos los tamices utilizados debería iguale de cerca la masa original de la cantidad tamizada.

Tabla 5. Tabla de duraciones - Granulometría de los suelos

Actividades	Equipo Utilizado	Tiempo de equipo				Personal necesario	Tiempo de mano de obra				
		Inicio	Final	T(min)	T(h)		Inicio	Final	T(min)	T(h)	
<b>1. Preparación de la muestra</b>											
1.1. Determinación de masa para granulometría (1 muestra)	Recipiente de aluminio	11:38	11:38:30	0:00:30	0,0083	1	11:38	11:38:30	0:00:30	0,0083	
		11:40	11:40:30	0:00:30	0,0083		11:40	11:40:30	0:00:30	0,0083	
		11:42	11:42:30	0:00:30	0,0083		11:42	11:42:30	0:00:30	0,0083	
	Promedio 0,0083				Promedio 0,0083						
	Balanza	11:38	11:38:30	0:00:30	0,0083		11:38	11:38:30	0:00:30	0,0083	
		11:40	11:40:30	0:00:30	0,0083		11:40	11:40:30	0:00:30	0,0083	
11:42		11:42:30	0:00:30	0,0083	11:42	11:42:30	0:00:30	0,0083			
Promedio 0,0083				Promedio 0,0083							
1.2. Tamizado por lavado de la muestra	Tamiz N°40	11:10	11:28	0:18	0,30	1	11:10	11:28	0:18	0,30	
		11:30	11:45	0:15	0,25		11:30	11:45	0:15	0,25	
		12:21	12:41	0:20	0,33		12:21	12:41	0:20	0,33	
	Promedio 0,29				Promedio 0,29						
	Tamiz N° 200	11:10	11:28	0:18	0,30		11:10	11:28	0:18	0,30	
		11:30	11:45	0:15	0,25		11:30	11:45	0:15	0,25	
12:21		12:41	0:20	0,33	12:21	12:41	0:20	0,33			
Promedio 0,29				Promedio 0,29							
1.3. Colocación del material retenido en el tamiz N°40 y N°200 en el Recipiente					1	10:20	10:27	0:07	0,12		
						11:22	11:29	0:07	0,12		
						11:39	11:45	0:06	0,10		
Promedio 0,11				Promedio 0,11							
1.4. Colocación del peso retenido por medio del lavado en el horno	Horno	16:00	8:00	16:00	16,00	1	16:00	16:01	0:01	0,02	
		16:00	8:00	16:00	16,00		16:00	16:01	0:01	0,02	
		16:00	8:00	16:00	16,00		16:00	16:01	0:01	0,02	
Promedio 16,00				Promedio 0,02							
<b>2. Ensayo</b>											
2.1. Tamizado	Tamiz 3/4"	9:10	9:12	0:02	0,03	1	9:10	9:12	0:02	0,03	
		9:13	9:14	0:01	0,02		9:13	9:14	0:01	0,02	
		9:14	9:16	0:02	0,03		9:14	9:16	0:02	0,03	
	Promedio 0,03				Promedio 0,03						
	Tamiz 3/8"										
		Tamiz 1/2"									
Tamiz N°4											
	2.2. Determinación de pesos retenidos		Recipiente de aluminio	8:00	8:00:30	0:00:30	0,0083	1	8:00	8:00:30	0:00:30
			8:01	8:01:30	0:00:30	0,0083		8:01	8:01:30	0:00:30	0,0083
		8:02	8:02:30	0:00:30	0,0083		8:02	8:02:30	0:00:30	0,0083	
Promedio 0,0083				Promedio 0,0083							
	Balanza	8:00	8:00:30	0:00:30	0,0083						
		8:01	8:01:30	0:00:30	0,0083						
		8:02	8:02:30	0:00:30	0,0083						
Promedio 0,0083				Promedio 0,0083							

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

ASTM. (2007). *ASTM D422-63 (Reapproved 2007) Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils.*

#### 1.6.4. Granulometría por hidrómetro, Norma ASTM D 422-63 (2007)

##### 1.6.4.1. Definición:

Este método de ensayo determina la distribución de los tamaños de partícula menor de 75  $\mu\text{m}$  se determina mediante un proceso de sedimentación, usando un hidrómetro para asegurar los datos necesarios.

##### 1.6.4.2. Equipo:

a. Agente de floculante (silicato de sodio)



*Imagen 20. Agente de floculante (silicato de sodio)*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

b. Pipeta



*Imagen 21. Pipeta*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

c. Agitadora eléctrica o batidor



*Imagen 22. Agitadora eléctrica*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

d. Cilindro o probeta



*Imagen 23. Probeta*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

e. Agua

f. Cronómetro



*Imagen 24. Cronómetro*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

g. Termómetro



*Imagen 25. Termómetro de precisión 0.5°C*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

h. Hidrómetro



*Imagen 26. Hidrómetro*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

#### 1.6.4.3. Preparación de la muestra:

Se deja secar la muestra al ambiente por 1 día.

#### 4.4.- Procedimiento:

a. Del peso total de suelo que pasa la malla No. 200, se pesan 50 gramos de este suelo totalmente seco.

b. Luego con la pipeta se miden 4 cm<sup>3</sup> de Silicato de sodio que será el agente de floculante y se mezcla con suficiente agua para que se disuelva.

c. Se mezclan conjuntamente la muestra del suelo y el agua con el agente de floculante.

d. Esta mezcla se transfiere al vaso de la agitadora eléctrica y se procede a dejarla batiéndose por 7 minutos aproximadamente para que el de floculante alcance cada una de las partículas del suelo.

e. Luego de haber agitado bien la mezcla, esta se vierte en la probeta, teniendo mucho cuidado de no desperdiciar absolutamente nada del suelo la mezcla en general, esto se logra valiéndose de un frasco lavador.

f. A esta probeta se le agrega más agua para que el nivel llegue a 1000 ml.

g. Teniendo ya la probeta graduada como se indicó, se tapa con la mano y se agita vigorosamente por 60 segundos aproximadamente hasta que no quede nada del suelo asentado en el fondo de esta.

h. Por otra parte se prepara también otra probeta graduada con 1 litro de agua (1000 ml) y 4cm<sup>3</sup> de Silicato de Sodio (de floculante).

i. Luego de tener las dos probetas preparadas se introducen los hidrómetros a la vez uno en cada probeta, con mucha delicadeza para no crear turbulencia en la probeta que contiene el suelo.

j. En el momento que se introducen los hidrómetros en las probetas se enciende el cronómetro.

k. Se comienzan a tomar las lecturas de ambos hidrómetros en el momento en que los hidrómetros no presenten movimientos fuertes. Se mira el tiempo en el que se toma la primera lectura y a partir de este se toman las siguientes lecturas aumentando al doble el tiempo, es decir a 1 minuto, luego a 2, luego a 4 y así sucesivamente.

I. También se debe tomar la temperatura de la mezcla, teniendo cuidado de no mover el hidrómetro.

Tabla 6. Tabla de duraciones - Granulometría por hidrómetro

Actividades	Equipo Utilizado	Tiempo de equipo				Personal necesario	Tiempo de mano de obra			
		Inicio	Final	T(min)	T(h)		Inicio	Final	T(min)	T(h)
<b>1. Preparación de la muestra</b>										
1.1 Secado del material al ambiente	Recipiente	8:00	8:00	24:00:00	24,00	1	8:00	8:02	0:02	0,03
		8:00	8:00	24:00:00	24,00		8:00	8:02	0:02	0,03
		8:00	8:00	24:00:00	24,00		8:00	8:02	0:02	0,03
		Promedio 24,00					Promedio 0,03			
	Balanza	8:00	8:01	0:01	0,02		8:00	8:01	0:01	0,02
		8:00	8:01	0:01	0,02		8:00	8:01	0:01	0,02
<b>2. Ensayo</b>										
2.1. Determinación de peso de material seco	Balanza	8:00	8:01	0:01	0,02	1	8:00	8:01	0:01	0,02
		8:00	8:01	0:01	0,02		8:00	8:01	0:01	0,02
		8:00	8:01	0:01	0,02		8:00	8:01	0:01	0,02
		Promedio 0,02					Promedio 0,02			
	Recipiente	8:00	8:01	0:01	0,02		8:00	8:01	0:01	0,02
		8:00	8:01	0:01	0,02		8:00	8:01	0:01	0,02
2.2. Contenido de humedad hidrosfópica	Cápsula para humedad	14:52	14:53	0:01	0,02	1	14:52	14:53	0:01	0,02
		15:00	15:01	0:01	0,02		15:00	15:01	0:01	0,02
		15:07	15:08	0:01	0,02		15:07	15:08	0:01	0,02
		Promedio 0,02					Promedio 0,02			
	Balanza	14:52	14:53	0:01	0,02		14:52	14:53	0:01	0,02
		15:00	15:01	0:01	0,02		15:00	15:01	0:01	0,02
2.3. Colocación del suelo en el horno a una temperatura de 110 °C	Horno	14:53	8:53	18:00	18,00	1	15:53	15:54	0:01	0,02
		15:01	9:01	18:00	18,00		15:01	15:02	0:01	0,02
		15:08	9:08	18:00	18,00		15:08	15:09	0:01	0,02
		Promedio 18,00					Promedio 0,02			
	Recipiente	14:53	8:00	18:00	18,00		14:53	8:00	18:00	18,00
		15:01	8:00	18:00	18,00		15:01	8:00	18:00	18,00
2.4. Determinación del peso seco del suelo	Balanza	14:27	14:28	0:01	0,02	1	2:27	2:28	0:01	0,02
		14:43	14:44	0:01	0,02		2:43	2:44	0:01	0,02
		15:04	15:05	0:01	0,02		3:04	3:05	0:01	0,02
		Promedio 0,02					Promedio 0,02			
	Balanza	14:27	14:28	0:01	0,02		14:28	14:29	0:01	0,02
		14:43	14:44	0:01	0,02		14:44	14:45	0:01	0,02
2.4. Trituración de la muestra		15:05	15:06	0:01	0,02	15:05	15:06	0:01	0,02	
		Promedio 0,02				Promedio 0,02				

2.5. Tamizado del material a través del tamiz N°10 o N°40 o N°200	Tamiz N°40	14:30 14:32 0:02 0,03	1	14:30 14:32 0:02 0,03
		14:47 14:49 0:02 0,03		14:47 14:49 0:02 0,03
		15:06 15:07 0:01 0,02		15:06 15:07 0:01 0,02
		Promedio 0,03		Promedio 0,03
2.6. Determinación del peso del vaso de precipitación mas suelo	Balanza	14:32 14:34 0:02 0,03	1	14:32 14:34 0:02 0,03
		14:49 14:52 0:03 0,05		14:49 14:52 0:03 0,05
		15:07 15:08 0:01 0,02		15:07 15:08 0:01 0,02
		Promedio 0,03		Promedio 0,03
2.7. Eslurri (determinación de la cantidad necesaria de solución + agua)	Balanza	14:22 14:23 0:01 0,02	1	14:22 14:23 0:01 0,02
		14:23 14:24 0:01 0,02		14:23 14:24 0:01 0,02
		14:24 14:25 0:01 0,02		14:24 14:25 0:01 0,02
	Batidora mecánica (Solución de hexafosfato de sodio mas agua)	14:26 14:32 0:06 0,10	1	14:26 14:32 0:06 0,10
		14:32 14:38 0:06 0,10		14:32 14:38 0:06 0,10
		14:38 14:44 0:06 0,10		14:38 14:44 0:06 0,10
Promedio 0,02	Promedio 0,02	Promedio 0,10	Promedio 0,10	
2.8. Colocación de suelo en vaso de precipitación de 100 ml con solución de hexafosfato de sodio por 16 horas	Vaso de precipitación de 100 ml Solución de hexafosfato de sodio Probeta graduada de 1000 ml	15:09 8:09 17:00 17,00	1	15:09 15:10 0:01 0,02
		15:10 8:10 17:00 17,00		15:10 15:11 0:01 0,02
		15:11 8:11 17:00 17,00		15:11 15:12 0:01 0,02
		Promedio 17,00		Promedio 0,02
2.9. Colocación del suelo saturado probeta de precipitación	Probeta de precipitación	8:08 8:09 0:01 0,02	1	8:08 8:10 0:02 0,03
		8:16 8:17 0:01 0,02		8:16 8:18 0:02 0,03
		8:24 8:25 0:01 0,02		8:24 8:26 0:02 0,03
		Promedio 0,02		Promedio 0,03
2.10. Colocación en baño maria (24h)	Baño maria	8:34 8:34 0:00 24,00	1	8:34 8:36 0:02 0,03
		8:44 8:44 0:00 24,00		8:44 8:46 0:02 0,03
		8:54 8:54 0:00 24,00		8:54 8:56 0:02 0,03
		Promedio 24,00		Promedio 0,03
2.11. Toma de lectura del hidrómetro (14 lecturas al día)	Hidrómetro	0:42 0,70	1	0:42 0,70
		0:42 0,70		0:42 0,70
		0:42 0,70		0:42 0,70
		Promedio 0,70		Promedio 0,70
2.12. Lavado del equipo			1	8:35 8:40 0:05 0,08
				8:45 8:51 0:06 0,10
				8:54 8:59 0:05 0,08
				Promedio 0,09

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

ASTM. (2007). *ASTM D422-63 (Reapproved2007) Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils.*

### 1.6.5. Límite líquido, Norma ASTM D 4318-17

#### 1.6.5.1. Definición:

El límite líquido es el contenido de agua de un suelo remoldeado en el punto de transición entre los estados semilíquido y plástico, determinado por un ensayo normalizado de laboratorio.

#### 1.6.5.2. Equipo:

a. Aparato de límite líquido (manual o automático)



*Imagen 27. Aparato copa de Casagrande*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

b. Ranurador (curvo o plano)

c. Espátula metálica (2 cm de ancho y de 10 a 13 cm de longitud)

d. Cápsulas para mezclado

e. Tamiz # 40

f. Mortero y pistillo de caucho

g. Tarros de humedad



*Imagen 28. Cápsula para humedad*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

h. Balanza de sensibilidad de 0.01 gr.



*Imagen 29. Balanza Mettler Toledo de precisión 0.01 gr.*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

i. Horno  $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$



*Imagen 30. Horno Eléctrico Humboldt*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

1.6.5.3. Procedimiento:

1.6.5.3.1. Método A

a. De la fracción que pase la malla NO. 40, tómesese una cantidad de muestra de conformidad con lo indicado anteriormente, la misma que será mezclada con una espátula añadiendo agua si es preciso hasta que adopte una consistencia suave y uniforme.

b. Colóquese una porción de esta pasta en el aparato de límite líquido en un espesor de alrededor de 10 mm y hágase con el acanalador la ranura correspondiente en una sola pasada preferentemente. En el caso de que con el acanalador curvo no se obtenga una ranura limpia y uniforme como sucede en suelos arenosos, se recomienda utilizar el Ranurador plano.



*Imagen 31. Ensayo de límite líquido en copa de Casagrande*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

c. Acciónese el aparato del límite líquido a razón de 1.9 a 2.1 golpes por segundo, contando el número de golpes necesarios para que la parte inferior del talud de la ranura se cierre 13 mm (1/2”).

La ranura deberá cerrarse por flujo del suelo y no por deslizamiento del mismo respecto a la copa.

d. Del lugar donde se juntan los bordes de la ranura, tomar con la espátula una porción de suelo para determinar el contenido de agua de la muestra.

e. Repetir el proceso de los numerales a, b, c, d por lo menos dos veces adicionales,

#### 1.6.5.3.2. Método B

a. Este método no es recomendable para ciertos tipos de suelos como los de origen orgánico o marino.

El ensayo consistirá en realizar 2 determinaciones de acuerdo a los numerales a, b, c, d de tal manera que los puntos registrados estén comprendidos entre 20 y 30 golpes. Adicionalmente los 2 puntos ensayados deberán tener el mismo número de golpes o una diferencia máxima de 2 golpes.

Tabla 7. Tabla de duraciones - Límite líquido

Actividades	Equipo Utilizado	Tiempo de equipo				Personal necesario	Tiempo de mano de obra				
		Inicio	Final	T(min)	T (h)		Inicio	Final	T(min)	T (h)	
<b>1. Preparación de la muestra</b>											
1.1. Material pasado a través del tamiz N°40	Recipiente	15:13	15:23	0:10	0,17	1	15:15	15:23	0:08	0,13	
		10:23	10:40	0:17	0,28		10:30	10:40	0:10	0,17	
		10:45	10:54	0:09	0,15		10:45	10:54	0:09	0,15	
	Promedio 0,20				Promedio 0,15						
	Tamiz N°40	15:15	15:23	0:08	0,13		15:15	15:23	0:08	0,13	
		10:30	10:40	0:10	0,17		10:30	10:40	0:10	0,17	
10:45		10:54	0:09	0,15	10:45	10:54	0:09	0,15			
Promedio 0,15				Promedio 0,15							
<b>2. Ensayo</b>											
2.1. Ejecución de límite líquido en máquina de											
15-20 golpes	Cascador de Casagrande, Espátula, Ranurador	15:52	15:57	0:05	0,08	1	15:23	15:57	0:34	0,57	
		10:58	11:01	0:03	0,05		10:40	11:01	0:21	0,35	
		11:16	11:20	0:04	0,07		10:54	11:16	0:22	0,37	
		Promedio 0,07					Promedio 0,43				
20-30 golpes	Cascador de Casagrande, Espátula, Ranurador	15:47	15:51	0:04	0,07	1	15:23	15:57	0:34	0,57	
		10:53	10:57	0:04	0,07						
		11:09	11:15	0:06	0,10						
Promedio 0,08				Promedio 0,43							
30-35 golpes	Cascador de Casagrande, Espátula, Ranurador	15:23	15:47	0:24	0,40	1	15:23	15:57	0:34	0,57	
		10:40	10:52	0:12	0,20						
		10:54	11:08	0:14	0,23						
Promedio 0,28				Promedio 0,43							
2.2. Determinación de peso de masa húmeda											
15-20 golpes	Cápsula de humedad	15:57	15:58	0:01	0,02	1	15:57	15:58	0:01	0,02	
		11:01	11:02	0:01	0,02		11:01	11:02	0:01	0,02	
		11:20	11:21	0:01	0,02		11:20	11:21	0:01	0,02	
	Promedio 0,02				Promedio 0,02						
	Balanza	15:57	15:58	0:01	0,02		1	15:57	15:58	0:01	0,02
		11:01	11:02	0:01	0,02						
11:20		11:21	0:01	0,02							
Promedio 0,02				Promedio 0,02							
20-30 golpes	Cápsula de humedad	15:51	15:52	0:01	0,02	1	15:51	15:52	0:01	0,02	
		10:57	10:58	0:01	0,02		10:52	10:53	0:01	0,02	
		11:15	11:16	0:01	0,02		11:15	11:16	0:01	0,02	
	Promedio 0,02				Promedio 0,02						
	Balanza	15:51	15:52	0:01	0,02		1	15:51	15:52	0:01	0,02
		10:57	10:58	0:01	0,02						
11:15		11:16	0:01	0,02							
Promedio 0,02				Promedio 0,02							
30-35 golpes	Cápsula de humedad	15:47	15:48	0:01	0,02	1	15:47	15:48	0:01	0,02	
		10:52	10:53	0:01	0,02		10:52	10:53	0:01	0,02	
		11:08	11:09	0:01	0,02		11:08	11:09	0:01	0,02	
	Promedio 0,02				Promedio 0,02						
	Balanza	15:47	15:48	0:01	0,02		1	15:47	15:48	0:01	0,02
		10:52	10:53	0:01	0,02						
11:08		11:09	0:01	0,02							
Promedio 0,02				Promedio 0,02							

2.3. Colocación de suelo húmedo en el horno (22h)										
15-20 golpes	Horno	16:00	8:00	16:00	16,00	1	16:00	16:02	0:02	0,03
		11:15	8:15	21:00	21,00		11:15	11:17	0:02	0,03
		11:30	8:30	21:00	21,00		11:30	11:32	0:02	0,03
				Promedio	19,33		Promedio 0,03			
	Cápsula	16:00	8:00	16:00	16,00					
		11:15	8:15	21:00	21,00					
		11:30	8:30	21:00	21,00					
				Promedio	19,33					
20-30 golpes	Horno	16:00	8:00	16:00	16,00					
		11:15	8:15	21:00	21,00					
		11:30	8:30	21:00	21,00					
				Promedio	19,33					
	Cápsula	16:00	8:00	16:00	16,00					
		11:15	8:15	21:00	21,00					
		11:30	8:30	21:00	21,00					
				Promedio	19,33					
30-35 golpes	Horno	16:00	8:00	16:00	16,00					
		11:15	8:15	21:00	21,00					
		11:30	8:30	21:00	21,00					
				Promedio	19,33					
	Cápsula	16:00	8:00	16:00	16,00					
		11:15	8:15	21:00	21,00					
		11:30	8:30	21:00	21,00					
				Promedio	19,33					
2.4. Determinación de peso de suelo seco										
15-20 golpes	Cápsula de humedad	8:01	8:02	0:01	0,02	1	8:01	8:04	0:03	0,05
		8:15	8:16	0:01	0,02		8:15	8:18	0:03	0,05
		8:30	8:31	0:01	0,02		8:30	8:33	0:03	0,05
				Promedio	0,02		Promedio 0,05			
	Balanza	8:01	8:02	0:01	0,02					
		8:15	8:16	0:01	0,02					
		8:30	8:31	0:01	0,02					
				Promedio	0,02					
20-30 golpes	Cápsula de humedad	8:02	8:03	0:01	0,02					
		8:16	8:17	0:01	0,02					
		8:31	8:32	0:01	0,02					
				Promedio	0,02					
	Balanza	8:02	8:03	0:01	0,02					
		8:16	8:17	0:01	0,02					
		8:31	8:32	0:01	0,02					
				Promedio	0,02					
30-35 golpes	Cápsula de humedad	8:03	8:04	0:01	0,02					
		8:17	8:18	0:01	0,02					
		8:32	8:33	0:01	0,02					
				Promedio	0,02					
	Balanza	8:03	8:04	0:01	0,02					
		8:16	8:17	0:01	0,02					
		8:32	8:33	0:01	0,02					
				Promedio	0,02					

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

ASTM. (2017). *ASTM D4318-17 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.*

### 1.6.6. Límite plástico, Norma ASTM D 4318-17

#### 1.6.6.1. Definición:

El límite plástico es el contenido de agua del suelo remoldeado en el punto de transición entre los estados plástico y semisólido, determinado por un ensayo normalizado de laboratorio.

#### 1.6.6.2. Equipo:

- a. Placa de vidrio esmerilado de 30 x 30 cm,
- b. Cápsula para mezclado
- c. Espátula metálica (2 cm de ancho y de 10 a 13 cm de longitud)
- d. Tarros de humedad



*Imagen 32. Cápsula para contenido de humedad*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

e. Balanza de sensibilidad de 0.01 gr



*Imagen 33. Balanza Mettler Toledo de precisión 0.01 gr.*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

f. Tamiz # 40



*Imagen 34. Tamiz # 40*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

g. Horno de temperatura constante  $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$



*Imagen 35. Horno Eléctrico Humboldt*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

#### 1.6.6.3. Preparación de la muestra:

Debe prepararse al mismo tiempo que el material para límite líquido, es decir hacer una sola preparación para ambos límites.

#### 1.6.6.4. Procedimiento:

a. De la fracción que pase la malla No. 40 tome 15 gr de suelo el mismo que será mezclado con una espátula añadiendo agua si es preciso hasta que adopte una consistencia suave y uniforme, o también tome alrededor de 20 gr de suelo húmedo utilizado en el ensayo de límite líquido.

b. Tome una porción de aproximadamente 1.5 a 2.0 gr de suelo húmedo amasándole en forma elipsoidal.

- c. Coloque la masa de suelo elipsoidal sobre una placa de vidrio, (o una superficie lisa no absorbente), y moldee el suelo con una presión suficiente para formar con el mismo un rollo de 3.2 mm (1/8”), por un tiempo no mayor de 2 minutos.
- d. El amasado deberá hacerse a una velocidad de 80 a 90 recorridos por minuto, contando como un recorrido a un movimiento completo de la mano hacia delante y hacia atrás, hasta la posición original
- e. Si al llegar el cordón cilíndrico a los 3.2 mm de diámetro, este no presenta fisuras o signos de desmenuzamiento, recoger el cordón y moldearlo nuevamente entre los dedos y repetir el proceso desde el punto c, de tal manera que en un segundo intento puede incluso tomarse como válido el punto de ensayo aun cuando el rollo del suelo presente fisuramientos antes de alcanzar los 3.2 mm de diámetro.



*Imagen 36. Límite plástico del suelo obtenido, rollos en cápsulas y cápsulas con suelo obtenido del límite plástico*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

- f. Repita el procedimiento indicado del numeral b al e de tal manera de reunir dos porciones fisuradas de rollos de suelo de 6 gr de masa mínimo cada uno y colocarlos en tarros de humedad, por consiguiente será necesario tomar como mínimo 6 porciones de suelo de 2 gr cada una para realizar el ensayo.

Tabla 8. Tabla de duraciones - Límite plástico

Actividades	Equipo Utilizado	Tiempo de equipo				Personal necesario	Tiempo de mano de obra			
		Inicio	Final	T(min)	T(h)		Inicio	Final	T(min)	T(h)
<b>1. Preparación de la muestra</b>										
1.1. Material pasado através del tamiz N°40	Recipiente	10:42	10:49	0:07	0,12	1	10:42	10:49	0:07	0,12
		9:56	10:14	0:18	0,30		9:56	10:14	0:18	0,30
		10:30	10:36	0:06	0,10		10:30	10:36	0:06	0,10
	Promedio 0,17				Promedio 0,17					
	Tamiz N°40	10:42	10:49	0:07	0,12		10:42	10:49	0:07	0,12
		9:56	10:14	0:18	0,30		9:56	10:14	0:18	0,30
10:30		10:36	0:06	0,10	10:30	10:36	0:06	0,10		
Promedio 0,17										
<b>2. Ensayo</b>										
2.1. Mojar muestra y mezclar					1	11:04	11:07	0:03	0,05	
						10:30	10:35	0:05	0,08	
						10:37	10:41	0:04	0,07	
Promedio 0,07										
2.2. Ensayo (5mm de grosor)	Vidrio				1	11:30	11:42	0:12	0,20	
						10:35	10:45	0:10	0,17	
						10:41	10:51	0:10	0,17	
Promedio 0,18										
2.3. Determinación de pesos	Balanza	11:42	11:43	0:01	0,02	1	11:42	11:43	0:01	0,02
		10:45	10:46	0:01	0,02		10:45	10:46	0:01	0,02
		10:51	10:52	0:01	0,02		10:51	10:52	0:01	0,02
	Promedio 0,02				Promedio 0,02					
	Cápsula	11:42	11:43	0:01	0,02		11:42	11:43	0:01	0,02
		10:45	10:46	0:01	0,02		10:45	10:46	0:01	0,02
10:51		10:52	0:01	0,02	10:51	10:52	0:01	0,02		
Promedio 0,02										
2.4. Colocación de suelo húmedo en el horno a una temperatura de 110 °C	Cápsula	11:44	8:44	21:00	21,00	1	11:44	11:45	0:01	0,02
		10:46	8:06	22:00	22,00		10:46	10:47	0:01	0,02
		10:52	8:52	21:00	21,00		10:52	10:53	0:01	0,02
	Promedio 21,33				Promedio 0,02					
	Horno	11:44	8:44	21:00	21,00		11:44	8:44	21:00	21,00
		10:46	8:06	22:00	22,00		10:46	8:06	22:00	22,00
10:52		8:52	21:00	21,00	10:52	8:52	21:00	21,00		
Promedio 21,33										
2.5. Determinación de peso de suelo seco	Cápsula	8:45	8:46	0:01	0,02	1	8:45	8:46	0:01	0,02
		8:07	8:08	0:01	0,02		8:07	8:08	0:01	0,02
		8:52	8:53	0:01	0,02		8:52	8:53	0:01	0,02
	Promedio 0,02				Promedio 0,02					
	Balanza	8:45	8:46	0:01	0,02		8:45	8:46	0:01	0,02
		8:07	8:08	0:01	0,02		8:07	8:08	0:01	0,02
8:52		8:53	0:01	0,02	8:52	8:53	0:01	0,02		
Promedio 0,02										

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

ASTM. (2017). *ASTM D4318-17 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.*

### 1.6.7. Compactación estándar, ASTM D 698-12

Este método es aplicable a suelos que tienen un porcentaje retenido en el tamiz  $\frac{3}{4}$ " (19mm)  $\leq$  30%.

#### 1.6.7.1. Especificaciones del ensayo:

Masa del martillo =  $(2.5 \pm 0.01 \text{ Kg}, 5.5 \pm 0.02 \text{ lb}, 24.4 \text{ N})$

Altura de caída =  $304.8 \pm 1.3 \text{ mm} (12 \pm 0.05\text{'})$

Energía de compactación  $12400 \text{ lb}\cdot\text{pie}/\text{pie}^3 = 600 \text{ KN m}/\text{m}^3$

#### 1.6.7.2. Equipo

##### a. Bandeja metálica grande



*Imagen 37. Bandeja metálica*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

##### b. Moldes de compactación



*Imagen 38. Molde de compactación*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

c. Martillo de compactación



*Imagen 39. Martillo de compactación estándar*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

d. Balanza con sensibilidad 0.1 gr



*Imagen 40. Balanza Mettler Toledo de precisión 0.1 gr.*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

e. Balanza con sensibilidad de 0.01 gr



*Imagen 41. Balanza Mettler Toledo de precisión 0.01 gr.*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

f. Regleta metálica de aprox. 25 cm



*Imagen 42. Regla metálica*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

g. Martillo con cabeza de caucho



*Imagen 43. Martillo con cabeza de caucho*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

h. Probeta graduada de 250 cm<sup>3</sup>



*Imagen 44. Probeta graduada de 250 cm<sup>3</sup>*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

i. Cápsulas de humedad



*Imagen 45. Cápsulas para humedad*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

j. Extractor de muestras



*Imagen 46. Extractor de muestras*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

k. Horno  $110 \pm 5$  °C



*Imagen 47. Horno Eléctrico Humboldt*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

l. Tamices  $\frac{3}{4}$ ",  $\frac{3}{8}$ " y #4



*Imagen 48. Tamices de  $\frac{3}{4}$ ",  $\frac{3}{8}$ ", #4*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

### 1.6.7.3. Preparación de la muestra

La cantidad de material necesario para los métodos A y B será de aproximadamente 16 kg de suelo seco o 23 kg de suelo húmedo y para el método C 29 kg de suelo seco o 45 kg de suelo húmedo.

### 1.6.7.4. Procedimiento

- a. De la muestra así preparada se toma de 4 a 5 porciones de 2.3 kg de suelos secos para el ensayo tipo A y B y 5.9 kg para el ensayo tipo C. La primera de terminación se realiza con una de las posiciones previamente humedecida.
- b. Determine la masa del molde Próctor con su placa base, pero sin el collarín de extensión.
- c. Coloque el collarín y una cantidad de suelo suficiente para definir la primera capa.
- d. Compacte esta capa con el número de golpes requerido, distribuyéndolos en forma uniforme en toda la superficie a razón de aproximadamente 25 golpes por minuto.
- e. El proceso se lo realiza igual para las capas restantes, de tal forma que la última capa compactada sobresalga del collarín una altura máxima de 6.0 mm (1/4").
- f. Retire el collarín, y se enrasa cuidadosamente la superficie del molde con la regleta metálica.
- g. Se determina la masa del molde más la base y más el suelo compactado.
- h. Saque la muestra compactada del molde Próctor con la ayuda del extractor de muestras, córtelo por la mitad y tome de las caras cortadas una cantidad de suelo representativa para la determinación de la humedad de acuerdo a la tabla No. 1 correspondiente a la norma ASTM D 2216.

Tabla 9. Tabla para elegir el tipo de molde a usar

Tipo	Molde ( $\Phi$ pulg)	Material que pasa por	n	N	V (cm <sup>3</sup> )	Observaciones
A	4	No. 4	3	25	944	% Ret #4 $\leq$ 20%
B	4	3/8 "	3	25	944	% Ret #4 > 20% y % Ret 3/8" $\leq$ 20%
C	6	3/4 "	3	56	2124	% Ret 3/8" > 20% y % Ret 3/4" $\leq$ 20%

Fuente: ASTM D 698 (2012)

Dónde:

n = Número de golpes

N = Número de golpes por capa

V = volumen del molde

Tabla 10. Tabla de duraciones - Compactación estándar

Actividades	% Agua	Equipo Utilizado	Tiempo de equipo				Personal necesario	Tiempo de mano de obra				
			Inicio	Final	T(min)	T(h)		Inicio	Final	T(min)	T(h)	
<b>1. Preparación de la muestra</b>												
1.1. Obtención de 3000 gr y secar al ambiente		Balanza, recipiente grande	8:40	8:42	0:02	0,03	1	8:20	8:42	0:22	0,37	
			8:17	8:20	0:03	0,05		8:00	8:20	0:20	0,33	
			9:25	9:27	0:02	0,03		9:06	9:27	0:21	0,35	
			Promedio		0,04	Promedio		0,35				
1.2. Tamizar el suelo por el tamiz N° 4		Tamiz N°4	8:42	8:50	0:08	0,13	1	8:42	8:50	0:08	0,13	
			8:20	8:27	0:07	0,12		8:20	8:27	0:07	0,12	
			9:27	9:35	0:08	0,13		9:27	9:35	0:08	0,13	
			Promedio		0,13	Promedio		0,13				
<b>2. Ensayo</b>												
2.1. Determinación del peso del molde	9% Agua	Balanza	11:04	11:04:30	0:00:30	0,0083	1	11:04	11:04:30	0:00:30	0,0083	
	12% Agua	Balanza	10:00	10:00:30	0:00:30	0,0083		1	10:00	10:00:30	0:00:30	0,0083
	15% Agua	Balanza	11:45	11:45:30	0:00:30	0,0083		1	11:45	11:45:30	0:00:30	0,0083
	18% Agua	Balanza	12:08	12:08:30	0:00:30	0,0083		1	12:08	12:08:30	0:00:30	0,0083
2.2. Mezclado de Suelo seco + %Agua calculado	9% Agua	Probeta graduada	11:06	11:11	0:05	0,083	1	11:06	11:11	0:05	0,083	
		Balanza	10:02	10:07	0:05	0,083		10:02	10:07	0:05	0,083	
		Recipiente grande	11:47	11:53	0:06	0,100		11:47	11:53	0:06	0,100	
		Promedio		0,089	Promedio			0,089				
	12% Agua	Probeta graduada	11:27	11:33	0:06	0,10	1	11:27	11:33	0:06	0,10	
		Balanza	10:26	10:33	0:07	0,12		10:26	10:33	0:07	0,12	
		Recipiente grande	12:09	12:18	0:09	0,15		12:09	12:18	0:09	0,15	
		Promedio		0,12	Promedio			0,12				
	15% Agua	Probeta graduada	11:48	11:53	0:05	0,08	1	11:48	11:53	0:05	0,083	
		Balanza	10:49	10:55	0:06	0,10		10:49	10:55	0:06	0,10	
		Recipiente grande	12:35	12:41	0:06	0,10		12:35	12:41	0:06	0,10	
		Promedio		0,09	Promedio			0,09				
18% Agua	Probeta graduada	12:10	12:18	0:08	0,13	1	12:10	12:18	0:08	0,13		
	Balanza	11:14	11:23	0:09	0,15		11:14	11:23	0:09	0,15		
	Recipiente grande	14:00	14:08	0:08	0,13		14:00	14:08	0:08	0,13		
	Promedio		0,14	Promedio			0,14					
2.3. Compactación del suelo en 3 capas (25 golpes cada capa)	9% Agua	Molde Compactador	11:11	11:15	0:04	0,07	1	11:11	11:15	0:04	0,07	
			10:07	10:13	0:06	0,10		10:07	10:13	0:06	0,10	
			11:53	11:58	0:05	0,08		11:53	11:58	0:05	0,08	
			Promedio		0,08	Promedio		0,08				
	12% Agua	Molde Compactador	11:33	11:39	0:06	0,10	1	11:33	11:39	0:06	0,10	
			10:33	10:40	0:07	0,12		10:33	10:40	0:07	0,12	
			12:18	12:25	0:07	0,12		12:18	12:25	0:07	0,12	
			Promedio		0,11	Promedio		0,11				
	15% Agua	Molde Compactador	11:53	11:58	0:05	0,08	1	11:53	11:58	0:05	0,08	
			10:55	11:01	0:06	0,10		10:55	11:01	0:06	0,10	
			12:41	12:47	0:06	0,10		12:41	12:47	0:06	0,10	
			Promedio		0,09	Promedio		0,09				
18% Agua	Molde Compactador	12:19	12:28	0:09	0,15	1	12:19	12:28	0:09	0,15		
		11:24	11:34	0:10	0,17		11:24	11:34	0:10	0,17		
		14:08	14:18	0:10	0,17		14:08	14:18	0:10	0,17		
		Promedio		0,16	Promedio		0,16					
2.4. Enrasar y Pesar el molde con suelo compactado	9% Agua	Balanza con aprox 0,1g	11:16	11:16:30	0:00:30	0,0083	1	11:16	11:16:30	0:00:30	0,0083	
			10:14	10:14:30	0:00:30	0,0083		10:14	10:14:30	0:00:30	0,0083	
			11:58	11:58:30	0:00:30	0,0083		11:58	11:58:30	0:00:30	0,0083	
			Promedio		0,0083	Promedio		0,0083				
	12% Agua	Balanza con aprox 0,1g	11:39	11:39:30	0:00:30	0,0083	1	11:39	11:39:30	0:00:30	0,0083	
			10:40	10:40:30	0:00:30	0,0083		10:40	10:40:30	0:00:30	0,0083	
			12:25	12:25:30	0:00:30	0,0083		12:25	12:25:30	0:00:30	0,0083	
			Promedio		0,0083	Promedio		0,0083				
	15% Agua	Balanza con aprox 0,1g	11:59	11:59:30	0:00:30	0,0083	1	11:59	11:59:30	0:00:30	0,0083	
			11:03	11:03:30	0:00:30	0,0083		11:03	11:03:30	0:00:30	0,0083	
			12:47	12:47:30	0:00:30	0,0083		12:47	12:47:30	0:00:30	0,0083	
			Promedio		0,0083	Promedio		0,0083				
18% Agua	Balanza con aprox 0,1g	12:29	12:29:30	0:00:30	0,0083	1	12:29	12:29:30	0:00:30	0,0083		
		11:35	11:35:30	0:00:30	0,0083		11:35	11:35:30	0:00:30	0,0083		
		14:18	14:18:30	0:00:30	0,0083		14:18	14:18:30	0:00:30	0,0083		
		Promedio		0,0083	Promedio		0,0083					

Actividades	% Agua	Equipo Utilizado	Tiempo de equipo				Personal necesario	Tiempo de mano de obra			
			Inicio	Final	T(min)	T(h)		Inicio	Final	T(min)	T(h)
<b>2.5. Determinación de humedad:</b>											
2.5.1. Determinación del peso del suelo en condiciones naturales	9% Agua	Balnza, cápsula de aluminio	11:18	11:18:30	0:00:30	0,0083	1	11:18	11:18:30	0:00:30	0,0083
			10:16	10:16:30	0:00:30	0,0083		10:16	10:16:30	0:00:30	0,0083
			12:00	12:00:30	0:00:30	0,0083		12:00	12:00:30	0:00:30	0,0083
			Promedio 0,0083					Promedio 0,0083			
	12% Agua	Balnza, cápsula de aluminio	11:40	11:40:30	0:00:30	0,0083	1	11:40	11:40:30	0:00:30	0,0083
			10:41	10:41:30	0:00:30	0,0083		10:41	10:41:30	0:00:30	0,0083
			12:26	12:26:30	0:00:30	0,0083		12:26	12:26:30	0:00:30	0,0083
			Promedio 0,0083					Promedio 0,0083			
	15% Agua	Balnza, cápsula de aluminio	12:00	12:00:30	0:00:30	0,0083	1	12:00	12:00:30	0:00:30	0,0083
			11:05	11:05:30	0:00:30	0,0083		11:05	11:05:30	0:00:30	0,0083
			12:49	12:49:30	0:00:30	0,0083		12:49	12:49:30	0:00:30	0,0083
			Promedio 0,0083					Promedio 0,0083			
18% Agua	Balnza, cápsula de aluminio	12:30	12:30:30	0:00:30	0,0083	1	12:30	12:30:30	0:00:30	0,0083	
		11:36	11:36:30	0:00:30	0,0083		11:36	11:36:30	0:00:30	0,0083	
		14:19	14:19:30	0:00:30	0,0083		14:19	14:19:30	0:00:30	0,0083	
		Promedio 0,0083					Promedio 0,0083				
2.5.2. Colocación de suelo en el horno	9% Agua	Horno eléctrico	11:20	8:00	20:40	20,67	1	11:22	11:23	0:01	0,02
			10:17	8:00	21:43	21,72		10:17	10:18	0:01	0,02
			12:01	8:00	19:59	19,98		12:01	12:02	0:01	0,02
			Promedio 20,79					Promedio 0,02			
	12% Agua	Horno eléctrico	11:41	8:00	20:19	20,32	1	11:35	11:36	0:01	0,02
			10:42	8:00	21:18	21,30		10:41	10:42	0:01	0,02
			12:27	8:00	19:33	19,55		12:27	12:28	0:01	0,02
			Promedio 20,39					Promedio 0,02			
	15% Agua	Horno eléctrico	12:01	8:00	19:59	19,98	1	11:55	11:56	0:01	0,02
			11:06	8:00	20:55	20,92		11:05	11:06	0:01	0,02
			12:50	8:00	19:10	19,17		12:50	12:51	0:01	0,02
			Promedio 20,02					Promedio 0,02			
18% Agua	Horno eléctrico	12:32	8:00	19:28	19,47	1	12:30	12:31	0:01	0,02	
		11:37	8:00	20:24	20,40		11:36	11:37	0:01	0,02	
		14:20	8:00	17:40	17,67		14:20	14:21	0:01	0,02	
		Promedio 19,18					Promedio 0,02				
2.5.3. Determinación del peso del suelo seco	9% Agua	Cápsula de aluminio Balanza con aprox 0,1g	8:00	8:00:30	0:00:30	0,0083	1	8:00	8:00:30	0:00:30	0,0083
			8:00	8:00:30	0:00:30	0,0083		8:00	8:00:30	0:00:30	0,0083
			8:00	8:00:30	0:00:30	0,0083		8:00	8:00:30	0:00:30	0,0083
			Promedio 0,0083					Promedio 0,0083			
	12% Agua	Cápsula de aluminio Balanza con aprox 0,1g	8:01	8:01:30	0:00:30	0,0083	1	8:01	8:01:30	0:00:30	0,0083
			8:01	8:01:30	0:00:30	0,0083		8:01	8:01:30	0:00:30	0,0083
			8:01	8:01:30	0:00:30	0,0083		8:01	8:01:30	0:00:30	0,0083
			Promedio 0,0083					Promedio 0,0083			
	15% Agua	Cápsula de aluminio Balanza con aprox 0,1g	8:02	8:02:30	0:00:30	0,0083	1	8:02	8:02:30	0:00:30	0,0083
			8:02	8:02:30	0:00:30	0,0083		8:02	8:02:30	0:00:30	0,0083
			8:02	8:02:30	0:00:30	0,0083		8:02	8:02:30	0:00:30	0,0083
			Promedio 0,0083					Promedio 0,0083			
18% Agua	Cápsula de aluminio Balanza con aprox 0,1g	8:03	8:03:30	0:00:30	0,0083	1	8:03	8:03:30	0:00:30	0,0083	
		8:03	8:03:30	0:00:30	0,0083		8:03	8:03:30	0:00:30	0,0083	
		8:03	8:03:30	0:00:30	0,0083		8:03	8:03:30	0:00:30	0,0083	
		Promedio 0,0083					Promedio 0,0083				

2.6. Desmoldar el suelo en la bandeja y preparar el molde	9% Agua	Máquina para desmoldar	11:21	11:26	0:05	0,08	1	11:21	11:26	0:05	0,08
			10:18	10:25	0:07	0,12		10:18	10:25	0:07	0,12
			12:03	12:08	0:05	0,08		12:03	12:08	0:05	0,08
					Promedio	0,09				Promedio	0,09
	12% Agua	Máquina para desmoldar	11:42	11:47	0:05	0,08	1	11:42	11:48	0:06	0,10
			10:42	10:48	0:06	0,10		10:42	10:48	0:06	0,10
			12:29	12:34	0:05	0,08		12:29	12:34	0:05	0,08
					Promedio	0,09				Promedio	0,09
	15% Agua	Máquina para desmoldar	12:03	12:08	0:05	0,08	1	12:03	12:08	0:05	0,08
			11:07	11:13	0:06	0,10		11:07	11:13	0:06	0,10
			12:52	12:58	0:06	0,10		12:52	12:58	0:06	0,10
					Promedio	0,09				Promedio	0,09
18% Agua	Máquina para desmoldar	12:34	12:37	0:03	0,05	1	12:34	12:37	0:03	0,05	
		11:38	11:42	0:04	0,07		11:38	11:42	0:04	0,07	
		14:22	14:26	0:04	0,07		14:22	14:26	0:04	0,07	
				Promedio	0,06				Promedio	0,06	

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

ASTM. (2012). *ASTM D698-12 Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12,400 ft-lbf/ft<sup>3</sup> (600 kN-m/m<sup>3</sup>))*.

### 1.6.8. Compactación modificada, ASTM D 1557-12

Este método es aplicable a suelos que tienen un porcentaje retenido en el tamiz ¾" (19mm) ≤ 30%.

#### 1.6.8.1. Especificaciones del ensayo

Masa del martillo = (4.54 ± 0.01 Kg, 10 ± 0.02 lb, 44.5 N)

Altura de caída = 457.2 ± 1.6 mm (18 ± 0.05")

Energía de compactación 56000 lb\*pie/pie<sup>3</sup> = 2700 KN m/m<sup>3</sup>

### 1.6.8.2. Equipo

#### a. Bandeja metálica grande



*Imagen 49. Bandeja metálica*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

#### b. Moldes de compactación



*Imagen 50. Molde de compactación*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

c. Martillo de compactación



*Imagen 51. Martillo de compactación modificada*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

d. Balanza aprox. 0.1 gr



*Imagen 52. Balanza Mettler Toledo de precisión 0.1 gr.*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

e. Balanza aprox. 0.01 gr



*Imagen 53. Balanza Mettler Toledo de precisión 0.01 gr.*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

f. Regleta metálica de aprox. 25 cm



*Imagen 54. Regla metálica*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

g. Martillo con cabeza de caucho



*Imagen 55. Martillo con cabeza de caucho*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

h. Probeta graduada de 250 cm<sup>3</sup>



*Imagen 56. Probeta graduada de 250 cm<sup>3</sup>*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

i. Cápsulas de humedad



*Imagen 57. Cápsula para humedad*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

j. Extractor de muestras



*Imagen 58. Extractor de muestras*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

k. Horno  $110 \pm 5$  °C



*Imagen 59. Horno Eléctrico Humboldt*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

#### I. Tamices ¾", 3/8" y #4



*Imagen 60. Tamiz ¾", 3/8", #4*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

#### 1.6.8.3. Preparación de la muestra

La cantidad de material necesario para los métodos A y B será de aproximadamente 16 kg de suelo seco o 23 kg de suelo húmedo y para el método C 29 kg de suelo seco o 45 kg de suelo húmedo.

#### 1.6.8.4.-Procedimiento

- a. De la muestra así preparada se toma de 4 a 5 porciones de 2.3 kg de suelos secos para el ensayo tipo A y B y 5.9 kg para el ensayo tipo C. La primera de terminación se realiza con una de las posiciones previamente humedecida.
- b. Determine la masa del molde Próctor con su placa base, pero sin el collarín de extensión.
- c. Coloque el collarín y una cantidad de suelo suficiente para definir la primera capa.
- d. Compacte esta capa con el número de golpes requerido, distribuyéndolos en forma uniforme en toda la superficie a razón de aproximadamente 25 golpes por minuto.
- e. El proceso se lo realiza igual para las capas restantes, de tal forma que la última capa compactada sobresalga del collarín una altura máxima de 6.0 mm (1/4").
- f. Retire el collarín, y se enrasa cuidadosamente la superficie del molde con la regleta metálica.

g. Se determina la masa del molde más la base y más el suelo compactado.

h. Saque la muestra compactada del molde Próctor con la ayuda del extractor de muestras, córtelo por la mitad y tome de las caras cortadas una cantidad de suelo representativa para la determinación de la humedad de acuerdo a la tabla No. 1 correspondiente a la norma ASTM D 2216.

*Tabla 11. Tabla para elegir el tipo de molde a usar*

<b>Tipo</b>	<b>Molde (Φ pulg)</b>	<b>Material que pasa por</b>	<b>n</b>	<b>N</b>	<b>V (cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Observaciones</b>
A	4	No. 4	5	25	944	% Ret #4 ≤ 20%
B	4	3/8 "	5	25	944	% Ret #4 > 20% y Ret 3/8" ≤ 20%
C	6	3/4 "	5	56	2124	% Ret #4 > 20% y Ret 3/4" ≤ 30%

Fuente: ASTM D 1557 (2012)

Dónde:

n = Número de golpes

N = Número de golpes por capa

V = volumen del molde

Tabla 12. Tabla de duraciones - Compactación modificada

Actividades	% Agua	Equipo Utilizado	Tiempo de equipo				Personal necesario	Tiempo de mano de obra				
			Inicio	Final	T(min)	T(h)		Inicio	Final	T(min)	T(h)	
<b>1. Preparación de la muestra</b>												
1.1. Obtención de 3000 gr y secar al ambiente		Balanza, recipiente grande	8:40	8:42	0:02	0,03	1	8:20	8:25	0:05	0,08	
			8:17	8:20	0:03	0,05		8:00	8:06	0:06	0,10	
			9:25	9:27	0:02	0,03		9:06	9:11	0:05	0,08	
					Promedio	0,04						
1.2. Tamizar el suelo por el tamiz N° 4		Tamiz N° 4	8:42	8:50	0:08	0,13	1	8:42	8:50	0:08	0,13	
			8:20	8:27	0:07	0,12		8:20	8:27	0:07	0,12	
			9:27	9:35	0:08	0,13		9:27	9:35	0:08	0,13	
					Promedio	0,13						
<b>2. Ensayo</b>												
2.1. Determinación del peso del molde	6% Agua	Balanza	9:04	9:04:30	0:00:30	0,0083	1	9:04	9:04:30	0:00:30	0,0083	
	9% Agua	Balanza	9:32	9:32:30	0:00:30	0,0083	1	9:32	9:32:30	0:00:30	0,0083	
	10% Agua	Balanza	10:00	10:00:30	0:00:30	0,0083	1	10:00	10:00:30	0:00:30	0,0083	
	12% Agua	Balanza	10:27	10:27:30	0:00:30	0,0083	1	10:27	10:27:30	0:00:30	0,0083	
	15% Agua	Balanza	10:56	10:56:30	0:00:30	0,0083	1	10:56	10:56:30	0:00:30	0,0083	
2.2. Mezclado de Suelo seco + %Agua calculado	6% Agua	Probeta graduada, balanza, recipiente grande	9:05	9:12	0:07	0,12	1	9:05	9:12	0:07	0,12	
			8:53	9:01	0:08	0,13		8:53	9:01	0:08	0,13	
			10:01	10:08	0:07	0,12		10:01	10:08	0:07	0,12	
						Promedio	0,12					
	9% Agua	Probeta graduada, balanza, recipiente grande	9:33	9:40	0:07	0,12	1	9:33	9:40	0:07	0,12	
			9:26	9:34	0:08	0,13		9:26	9:34	0:08	0,13	
			10:28	10:37	0:09	0,15		10:28	10:37	0:09	0,15	
						Promedio	0,13					
	10% Agua	Probeta graduada, balanza, recipiente grande	10:01	10:06	0:05	0,08	1	10:01	10:06	0:05	0,08	
			10:05	10:11	0:06	0,10		10:05	10:11	0:06	0,10	
			11:06	11:12	0:06	0,10		11:06	11:12	0:06	0,10	
						Promedio	0,09					
	12% Agua	Probeta graduada, balanza, recipiente grande	10:28	10:35	0:07	0,12	1	10:28	10:35	0:07	0,12	
			10:34	10:42	0:08	0,13		10:34	10:42	0:08	0,13	
			11:35	11:43	0:08	0,13		11:35	11:43	0:08	0,13	
					Promedio	0,13						
15% Agua	Probeta graduada, balanza, recipiente grande	10:57	11:05	0:08	0,13	1	10:57	11:05	0:08	0,13		
		11:05	11:13	0:08	0,13		11:05	11:13	0:08	0,13		
		12:01	12:09	0:08	0,13		12:01	12:09	0:08	0,13		
					Promedio	0,13						

Actividades	% Agua	Equipo Utilizado	Tiempo de equipo				Personal necesario	Tiempo de mano de obra			
			Inicio	Final	T(min)	T(h)		Inicio	Final	T(min)	T(h)
<b>2.3. Determinación de humedad:</b>			<b>Muestra 1</b>								
2.3.1. Determinación del peso del suelo en condiciones naturales	6% Agua	Balza, cápsula de aluminio	9:12	9:12:30	0:00:30	0,0083	1	9:12	9:12:30	0:00:30	0,0083
			9:01	9:01:30	0:00:30	0,0083		9:01	9:01:30	0:00:30	0,0083
			10:08	10:08:30	0:00:30	0,0083		10:08	10:08:30	0:00:30	0,0083
			Promedio		0,0083			Promedio		0,0083	
	9% Agua	Balza, cápsula de aluminio	9:41	9:41:30	0:00:30	0,0083	1	9:41	9:41:30	0:00:30	0,0083
			9:34	9:34:30	0:00:30	0,0083		9:34	9:34:30	0:00:30	0,0083
			10:37	10:37:30	0:00:30	0,0083		10:37	10:37:30	0:00:30	0,0083
	Promedio		0,0083		Promedio		0,0083				
	10% Agua	Balza, cápsula de aluminio	10:06	10:06:30	0:00:30	0,0083	1	10:06	10:06:30	0:00:30	0,0083
			10:11	10:11:30	0:00:30	0,0083		10:11	10:11:30	0:00:30	0,0083
			11:12	11:12:30	0:00:30	0,0083		11:12	11:12:30	0:00:30	0,0083
	Promedio		0,0083		Promedio		0,0083				
	12% Agua	Balza, cápsula de aluminio	10:35	10:35:30	0:00:30	0,0083	1	10:35	10:35:30	0:00:30	0,0083
			10:42	10:42:30	0:00:30	0,0083		10:42	10:42:30	0:00:30	0,0083
			11:36	11:36:30	0:00:30	0,0083		11:36	11:36:30	0:00:30	0,0083
Promedio		0,0083		Promedio		0,0083					
15% Agua	Balza, cápsula de aluminio	11:05	11:05:30	0:00:30	0,0083	1	11:05	11:05:30	0:00:30	0,0083	
		11:13	11:13:30	0:00:30	0,0083		11:13	11:13:30	0:00:30	0,0083	
		12:09	12:09:30	0:00:30	0,0083		12:09	12:09:30	0:00:30	0,0083	
Promedio		0,0083		Promedio		0,0083					
2.3.2. Colocación de suelo en el horno	6% Agua	Horno eléctrico	9:15	8:00	22:45	22,75	1	9:15	9:16	0:01	0,02
			9:05	8:00	22:55	22,92		9:05	9:06	0:01	0,02
			10:11	8:00	21:49	21,82		10:11	10:12	0:01	0,02
			Promedio		22,49			Promedio		0,02	
	9% Agua	Horno eléctrico	9:44	8:00	22:16	22,27	1	9:44	9:45	0:01	0,02
			9:40	8:00	22:20	22,33		9:40	9:41	0:01	0,02
			10:40	8:00	21:20	21,33		10:40	10:41	0:01	0,02
	Promedio		21,98		Promedio		0,02				
	10% Agua	Horno eléctrico	10:09	8:00	21:51	21,85	1	10:09	10:10	0:01	0,02
			10:15	8:00	21:45	21,75		10:15	10:16	0:01	0,02
			11:15	8:00	20:45	20,75		11:15	11:16	0:01	0,02
	Promedio		21,45		Promedio		0,02				
	12% Agua	Horno eléctrico	10:37	8:00	21:23	21,38	1	10:37	10:38	0:01	0,02
			10:45	8:00	21:15	21,25		10:45	10:46	0:01	0,02
			11:40	8:00	20:20	20,33		11:40	11:41	0:01	0,02
Promedio		20,99		Promedio		0,02					
15% Agua	Horno eléctrico	11:08	8:00	20:52	20,87	1	11:08	11:09	0:01	0,02	
		11:15	8:00	20:45	20,75		11:15	11:16	0:01	0,02	
		12:15	8:00	19:45	19,75		12:15	12:16	0:01	0,02	
Promedio		20,46		Promedio		0,02					
2.3.3. Determinación del peso del suelo seco	6% Agua	Cápsula de aluminio, Balanza con aprox 0,1g	8:00	8:01	0:01	0,01667	1	8:00	8:01	0:01	0,02
			8:00	8:01	0:01	0,01667		8:00	8:01	0:01	0,02
			8:00	8:01	0:01	0,01667		8:00	8:01	0:01	0,02
			Promedio		0,01667			Promedio		0,02	
	9% Agua	Cápsula de aluminio, Balanza con aprox 0,1g	8:01	8:02	0:01	0,01667	1	8:01	8:02	0:01	0,02
			8:01	8:02	0:01	0,01667		8:01	8:02	0:01	0,02
			8:01	8:02	0:01	0,01667		8:01	8:02	0:01	0,02
	Promedio		0,01667		Promedio		0,02				
	10% Agua	Cápsula de aluminio, Balanza con aprox 0,1g	8:02	8:03	0:01	0,01667	1	8:02	8:03	0:01	0,02
			8:02	8:03	0:01	0,01667		8:02	8:03	0:01	0,02
			8:02	8:03	0:01	0,01667		8:02	8:03	0:01	0,02
	Promedio		0,01667		Promedio		0,02				
	12% Agua	Cápsula de aluminio, Balanza con aprox 0,1g	8:03	8:04	0:01	0,01667	1	8:03	8:04	0:01	0,02
			8:03	8:04	0:01	0,01667		8:03	8:04	0:01	0,02
			8:03	8:04	0:01	0,01667		8:03	8:04	0:01	0,02
Promedio		0,01667		Promedio		0,02					
15% Agua	Cápsula de aluminio, Balanza con aprox 0,1g	8:04	8:05	0:01	0,01667	1	8:04	8:05	0:01	0,02	
		8:04	8:05	0:01	0,01667		8:04	8:05	0:01	0,02	
		8:04	8:05	0:01	0,01667		8:04	8:05	0:01	0,02	
Promedio		0,01667		Promedio		0,02					

Actividades	Tiempo de equipo				Personal necesario	Tiempo de mano de obra			
	Inicio	Final	T(min)	T(h)		Inicio	Final	T(min)	T(h)
<b>2.3. Determinación de</b>	<b>Muestra 2</b>								
2.3.1. Determinación del peso del suelo en condiciones naturales	9:13	9:13:30	0:00:30	0,0083	1	9:13	9:13:30	0:00:30	0,0083
	9:02	9:02:30	0:00:30	0,0083		9:02	9:02:30	0:00:30	0,0083
	0:00	10:08:30	10:08:30	10,1417		10:08	10:08:30	0:00:00	0,0000
			Promedio	3,3861				Promedio	0,0056
	9:42	9:42:30	0:00:30	0,0083	1	9:42	9:42:30	0:00:30	0,0083
	9:35	9:35:30	0:00:30	0,0083		9:35	9:35:30	0:00:30	0,0083
	10:38	10:38:30	0:00:30	0,0083		10:38	10:38:30	0:00:30	0,0083
			Promedio	0,0083				Promedio	0,0083
	10:07	10:07:30	0:00:30	0,0083	1	10:07	10:07:30	0:00:30	0,0083
	10:12	10:12:30	0:00:30	0,0083		10:12	10:12:30	0:00:30	0,0083
	11:13	11:13:30	0:00:30	0,0083		11:13	11:13:30	0:00:30	0,0083
			Promedio	0,0083				Promedio	0,0083
10:36	10:36:30	0:00:30	0,0083	1	10:36	10:36:30	0:00:30	0,0083	
10:43	10:43:30	0:00:30	0,0083		10:43	10:43:30	0:00:30	0,0083	
11:37	11:37:30	0:00:30	0,0083		11:37	11:37:30	0:00:30	0,0083	
		Promedio	0,0083				Promedio	0,0083	
11:06	11:06:30	0:00:30	0,0083	1	11:06	11:06:30	0:00:30	0,0083	
11:14	11:14:30	0:00:30	0,0083		11:14	11:14:30	0:00:30	0,0083	
12:10	12:10:30	0:00:30	0,0083		12:10	12:10:30	0:00:30	0,0083	
		Promedio	0,008333				Promedio	0,008333	
2.3.2. Colocación de suelo en el horno	9:15	8:00	22:45	22,75	1	9:15	9:16	0:01	0,01667
	9:05	8:00	22:55	22,92		9:05	9:06	0:01	0,01667
	0:00	8:00	21:49	21,82		0:00	0:01	0:01	0,024
			Promedio	22,49444				Promedio	0,01911
	9:44	8:00	22:16	22,27	1	9:44	9:45	0:01	0,01667
	9:40	8:00	22:20	22,33		9:40	9:41	0:01	0,01667
	0:00	8:00	21:20	21,33		0:00	0:01	0:01	0,024
			Promedio	21,97778				Promedio	0,01911
	10:09	8:00	21:51	21,85	1	10:09	10:10	0:01	0,01667
	10:15	8:00	21:45	21,75		10:15	10:16	0:01	0,01667
	0:00	8:00	20:45	20,75		0:00	0:00	0:00	0
			Promedio	21,45				Promedio	0,01111
10:37	8:00	21:23	21,38	1	10:37	10:38	0:01	0,01667	
0:00	8:00	21:15	21,25		0:00	0:01	0:01	0,024	
0:00	8:00	20:20	20,33		0:00	0:00	0:00	0	
		Promedio	20,98889				Promedio	0,01356	
11:08	8:00	20:52	20,87	1	11:08	11:09	0:01	0,01667	
0:00	8:00	20:45	20,75		0:00	0:01	0:01	0,024	
0:00	8:00	19:45	19,75		12:15	12:16	0:01	0,01667	
		Promedio	20,45556				Promedio	0,01911	
2.3.3. Determinación del peso del suelo seco	8:00	8:01	0:01	0,016667	1	8:00	8:01	0:01	0,01667
	8:00	8:01	0:01	0,016667		8:00	8:01	0:01	0,01667
	8:00	8:01	0:01	0,016667		8:00	8:01	0:01	0,01667
			Promedio	0,016667				Promedio	0,01667
	8:01	8:02	0:01	0,016667	1	8:01	8:02	0:01	0,01667
	8:01	8:02	0:01	0,016667		8:01	8:02	0:01	0,01667
	8:01	8:02	0:01	0,016667		8:01	8:02	0:01	0,01667
			Promedio	0,016667				Promedio	0,01667
	8:02	8:03	0:01	0,016667	1	8:02	8:03	0:01	0,01667
	8:02	8:03	0:01	0,016667		8:02	8:03	0:01	0,01667
	8:02	8:03	0:01	0,016667		8:02	8:03	0:01	0,01667
			Promedio	0,016667				Promedio	0,01667
8:03	8:04	0:01	0,016667	1	8:03	8:04	0:01	0,01667	
8:03	8:04	0:01	0,016667		8:03	8:04	0:01	0,01667	
8:03	8:04	0:01	0,016667		8:03	8:04	0:01	0,01667	
		Promedio	0,016667				Promedio	0,01667	
8:04	8:05	0:01	0,016667	1	8:04	8:05	0:01	0,01667	
8:04	8:05	0:01	0,016667		8:04	8:05	0:01	0,01667	
8:04	8:05	0:01	0,016667		8:04	8:05	0:01	0,01667	
		Promedio	0,016667				Promedio	0,01667	

2.4. Compactación del suelo en 5 capas (25 golpes cada capa)	6% Agua	Compactador, Molde	9:17 9:21 0:04 0,07 9:07 9:12 0:05 0,08 10:13 10:17 0:04 0,07 Promedio 0,07	1	9:17 9:21 0:04 0,07 9:07 9:12 0:05 0,08 10:13 10:17 0:04 0,07 Promedio 0,07
	9% Agua	Compactador, Molde	9:36 9:51 0:15 0,25 9:42 9:54 0:12 0,20 10:42 10:55 0:13 0,22 Promedio 0,22	1	9:36 9:51 0:15 0,25 9:42 9:54 0:12 0,20 10:42 10:55 0:13 0,22 Promedio 0,22
	10% Agua	Compactador, Molde	10:12 10:18 0:06 0,10 10:17 10:24 0:07 0,12 11:17 11:25 0:08 0,13 Promedio 0,12	1	10:12 10:18 0:06 0,10 10:17 10:24 0:07 0,12 11:17 11:25 0:08 0,13 Promedio 0,12
	12% Agua	Compactador, Molde	10:40 10:47 0:07 0,12 10:47 10:55 0:08 0,13 11:42 11:50 0:08 0,13 Promedio 0,13	1	10:40 10:47 0:07 0,12 10:47 10:55 0:08 0,13 11:42 11:50 0:08 0,13 Promedio 0,13
	15% Agua	Compactador, Molde	11:11 11:18 0:07 0,12 11:17 11:25 0:08 0,13 12:17 12:25 0:08 0,13 Promedio 0,13	1	11:11 11:18 0:07 0,12 11:17 11:25 0:08 0,13 12:17 12:25 0:08 0,13 Promedio 0,13
2.5. Enrasar y Pesar el molde con suelo compactado	6% Agua	Balanza con aprox 0,1g	9:21 9:21:30 0:00:30 0,0083 9:12 9:12:30 0:00:30 0,0083 10:17 10:17:30 0:00:30 0,0083 Promedio 0,0083	1	9:21 9:21:30 0:00:30 0,0083 9:12 9:12:30 0:00:30 0,0083 10:17 10:17:30 0:00:30 0,0083 Promedio 0,0083
	9% Agua	Balanza con aprox 0,1g	9:51 9:51:30 0:00:30 0,0083 9:54 9:54:30 0:00:30 0,0083 10:55 10:55:30 0:00:30 0,0083 Promedio 0,0083	1	9:51 9:51:30 0:00:30 0,0083 9:54 9:54:30 0:00:30 0,0083 10:55 10:55:30 0:00:30 0,0083 Promedio 0,0083
	10% Agua	Balanza con aprox 0,1g	10:18 10:18:30 0:00:30 0,0083 10:24 10:24:30 0:00:30 0,0083 11:25 11:25:30 0:00:30 0,0083 Promedio 0,0083	1	10:18 10:18:30 0:00:30 0,0083 10:24 10:24:30 0:00:30 0,0083 11:25 11:25:30 0:00:30 0,0083 Promedio 0,0083
	12% Agua	Balanza con aprox 0,1g	10:47 10:47:30 0:00:30 0,0083 10:55 10:55:30 0:00:30 0,0083 11:50 11:50:30 0:00:30 0,0083 Promedio 0,0083	1	10:47 10:47:30 0:00:30 0,0083 10:55 10:55:30 0:00:30 0,0083 11:50 11:50:30 0:00:30 0,0083 Promedio 0,0083
	15% Agua	Balanza con aprox 0,1g	11:18 11:18:30 0:00:30 0,0083 11:25 11:25:30 0:00:30 0,0083 12:25 12:25:30 0:00:30 0,0083 Promedio 0,0083	1	11:18 11:18:30 0:00:30 0,0083 11:25 11:25:30 0:00:30 0,0083 12:25 12:25:30 0:00:30 0,0083 Promedio 0,0083
2.6. Desmoldar el suelo en la bandeja y preparar el molde	6% Agua	Máquina para desmoldar	9:23 9:29 0:06 0,10 9:15 9:22 0:07 0,12 10:19 10:26 0:07 0,12 Promedio 0,11	1	9:23 9:29 0:06 0,10 9:15 9:22 0:07 0,12 10:19 10:26 0:07 0,12 Promedio 0,11
	9% Agua	Máquina para desmoldar	9:53 9:59 0:06 0,10 9:56 10:03 0:07 0,12 10:57 11:04 0:07 0,12 Promedio 0,11	1	9:53 9:59 0:06 0,10 9:56 10:03 0:07 0,12 10:57 11:04 0:07 0,12 Promedio 0,11
	10% Agua	Máquina para desmoldar	10:20 10:26 0:06 0,10 10:26 10:32 0:06 0,10 11:27 11:33 0:06 0,10 Promedio 0,10	1	10:20 10:26 0:06 0,10 10:26 10:32 0:06 0,10 11:27 11:33 0:06 0,10 Promedio 0,10
	12% Agua	Máquina para desmoldar	10:49 10:55 0:06 0,10 10:57 11:03 0:06 0,10 11:52 11:58 0:06 0,10 Promedio 0,10	1	10:49 10:55 0:06 0,10 10:57 11:03 0:06 0,10 11:52 11:58 0:06 0,10 Promedio 0,10
	15% Agua	Máquina para desmoldar	11:20 11:26 0:06 0,10 11:27 11:34 0:07 0,12 12:27 12:34 0:07 0,12 Promedio 0,11	1	11:20 11:26 0:06 0,10 11:27 11:34 0:07 0,12 12:27 12:34 0:07 0,12 Promedio 0,11

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

ASTM. (2012). *ASTM D1557-12 Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft<sup>3</sup> (2,700 kN-m/m<sup>3</sup>))*.

## 1.6.9. Compresión simple del suelo, Norma ASTM D 2166-10

### 1.6.9.1. Definición

Este método de prueba cubre la determinación de la resistencia a la compresión no confinada del suelo cohesivo en el intacto, condición remodelada o reconstituida, utilizando cepas controladas aplicación de la carga axial.

### 1.6.9.2. Equipo

#### a. Dispositivo de compresión



*Imagen 61. Equipo para compresión simple*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

b. Extrusora de muestra



*Imagen 62. Extractor de muestras*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

c. Indicador de deformación



*Imagen 63. Indicador de deformación*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

d. Cronómetro



*Imagen 64. Cronómetro*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

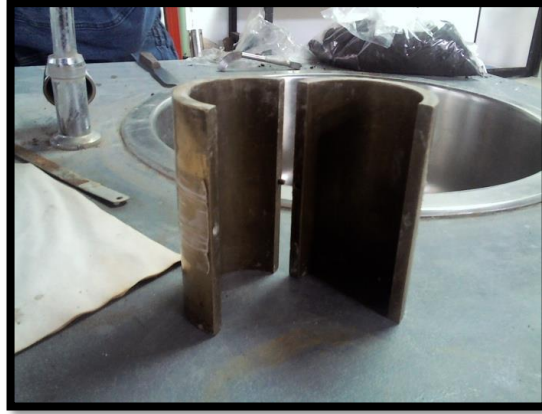
e. Balanza aprox. 0.1 gr



*Imagen 65. Balanza Mettler Toledo de precisión 0.1 gr.*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

#### f. Molde cilíndrico



*Imagen 66. Molde cilíndrico para ensayo de compresión simple*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

#### 1.6.9.3. Preparación de la muestra

- a. Se debe realizar el moldeado de la muestra con el molde cilíndrico especificado.
- b. Determinar las dimensiones y peso de la muestra moldeada.
- c. Sacar una porción de muestra para obtención de humedad antes de realizar el ensayo.

#### 1.6.9.4. Procedimiento

- a. Coloque la muestra en el dispositivo de carga para que esté centrada en la placa inferior. Ajustar el dispositivo de carga cuidadosamente para que la placa superior simplemente haga contacto con la muestra. Poner a cero el indicador de deformación o registrar la inicial lectura del dispositivo electrónico de deformación. Aplicar la carga para producir una deformación axial a una velocidad de  $1/2$  a  $2\%$  / min. Grabar valores de carga, deformación y tiempo a intervalos suficientes para definir la forma de la curva de tensión-deformación (generalmente de 10 a 15). Los puntos son suficientes). La tasa de deformación debe elegirse para que El tiempo de falla no exceda los 15 min.

Continúe cargando hasta que los valores de carga disminuyan al aumentar deformación, o hasta que se alcance un 15% de deformación. Indica la tasa de deformación en el informe de los datos de prueba, como se requiere en 10.3.6. Determinar el contenido de agua de la muestra de prueba que usa la totalidad espécimen, a menos que se obtengan recortes representativos para esto propósito, como en el caso de especímenes intactos. Indicar en la prueba informe si la muestra de contenido de agua se obtuvo antes o después de la prueba de cizallamiento.

b. Haga un boceto, o tome una foto, de la muestra de prueba, la falla que muestra el ángulo de pendiente de la superficie de falla si el ángulo es medible.

Tabla 13. Tabla de duraciones - Compresión simple del suelo

Actividades	Equipo Utilizado	Tiempo de equipo				Personal necesario	Tiempo de mano de obra			
		Inicio	Final	T(min)	T(h)		Inicio	Final	T(min)	T(h)
<b>1. Preparación de la muestra</b>										
1.1. Realización del moldeado de la muestra						1	10:02	10:12	0:10	0,17
							13:30	13:46	0:16	0,27
							15:00	15:14	0:14	0,23
							Promedio 0,22			
1.2. Determinación de dimensiones y peso de la muestra	Balanza	10:12	10:13	0:01	0,02	1	10:12	10:13	0:01	0,02
		13:46	13:47	0:01	0,02		13:46	13:47	0:01	0,02
		15:14	15:15	0:01	0,02		15:14	15:15	0:01	0,02
		Promedio 0,02					Promedio 0,02			
1.3. Colocación de muestra en horno antes de ensayo para humedad	Horno	10:13	8:00	21:47	21,78	1	10:13	10:14	0:01	0,02
		13:47	8:00	18:13	18,22		13:47	13:48	0:01	0,02
		15:15	8:00	16:45	16,75		15:15	15:16	0:01	0,02
		Promedio 18,92					Promedio 0,02			
1.4. Determinación del peso seco de la muestra antes del ensayo	Balanza	8:00	8:01	0:01	0,02	1	8:00	8:01	0:01	0,02
		8:00	8:01	0:01	0,02		8:00	8:01	0:01	0,02
		8:00	8:01	0:01	0,02		8:00	8:01	0:01	0,02
		Promedio 0,02					Promedio 0,02			
<b>2. Ensayo</b>										
2.1. Montar muestra en la cámara	Equipo de compresión simple	10:15	10:30	0:15	0,25	1	10:15	10:30	0:15	0,25
		13:49	14:03	0:14	0,23		13:49	14:03	0:14	0,23
		15:17	15:32	0:15	0,25		15:17	15:32	0:15	0,25
		Promedio 0,24					Promedio 0,24			
2.2. Realización de compresión simple	Equipo de compresión simple	10:30	10:38	0:08	0,13	1	10:30	10:38	0:08	0,13
		14:03	14:12	0:09	0,15		14:03	14:12	0:09	0,15
		15:32	15:40	0:08	0,13		15:32	15:40	0:08	0,13
		Promedio 0,14					Promedio 0,14			
2.3. Desmontar la muestra						1	10:38	10:42	0:04	0,07
							14:12	14:16	0:04	0,07
							15:40	15:44	0:04	0,07
							Promedio 0,07			
2.4. Determinación peso de la muestra después de ensayo	Balanza	10:42	10:43	0:01	0,02	1	10:42	10:43	0:01	0,02
		14:16	14:17	0:01	0,02		14:16	14:17	0:01	0,02
		15:44	15:45	0:01	0,02		15:44	15:45	0:01	0,02
		Promedio 0,02					Promedio 0,02			
2.5. Colocación de muestra en horno después de ensayo para humedad	Horno	10:45	8:00	21:15	21,25	1	10:45	10:46	0:01	0,02
		14:20	8:00	17:40	17,67		14:20	14:21	0:01	0,02
		15:45	8:00	16:15	16,25		15:45	15:46	0:01	0,02
		Promedio 18,39					Promedio 0,02			
2.6. Determinación del peso seco de la muestra después del ensayo	Balanza	8:00	8:01	0:01	0,02	1	8:00	8:01	0:01	0,02
		8:00	8:01	0:01	0,02		8:00	8:01	0:01	0,02
		8:00	8:01	0:01	0,02		8:00	8:01	0:01	0,02
		Promedio 0,02					Promedio 0,02			

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

ASTM. (2010). *ASTM D2216-10 Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass.*

## 1.6.10. Corte directo C-U saturado, Norma ASTM D 3080-11

### 1.6.10.1. Definición

El ensayo de corte directo consiste en hacer deslizar una porción de suelo, respecto a otra a lo largo de un plano de falla predeterminado mediante la acción de una fuerza de corte horizontal incrementada, mientras se aplica una carga normal al plano del movimiento.

### 1.6.10.2. Equipo

#### a. Dispositivo de corte



*Imagen 67. Equipo de corte directo*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

#### b. Caja de corte

#### c. Dispositivo de medición de fuerza normal

#### d. Dispositivo de medición de fuerza de corte

#### e. Indicadores de Deformación

- f. Tazón de la caja del esquiileo
- g. Entorno controlado de alta humedad
- h. Prueba de agua
- i. Trimmer o anillo de corte balances
- j. Aparato para la determinación del contenido de agua
- k. Equipo para compactar muestras



*Imagen 68. Equipo para compactar muestras*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

### 1.6.10.3. Preparación de la muestra

- a. Se debe realizar el moldeado de la muestra con el molde cilíndrico especificado.
- b. Determinar las dimensiones y peso de la muestra moldeada.

#### 1.6.10.4. Procedimiento

- a. Monte la caja de corte y la caja de la cizalla en la carga marco.
- b. Muestra intacta: coloque inserciones porosas húmedas sobre las superficies expuestas de la muestra en la caja de corte, coloque la caja de corte con la muestra intacta e inserciones porosas en el corte el tazón de la caja y alinee el tazón en el marco de la carga.
- c. Espécimen reconstituido: coloque y alinee la caja cortante ensamblada, la muestra, los insertos porosos y el tazón en la marco de carga
- d. Conecte y ajuste la posición de la fuerza de corte sistema de carga para que no se imponga ninguna fuerza sobre la carga de corte dispositivo de medición. Registre el valor cero de la carga de corte dispositivo de medición.
- e. Coloque y ajuste la medición de desplazamiento de cizallamiento dispositivo. Obtenga una lectura inicial o configure el dispositivo de medición para indicar desplazamiento cero.
- f. Coloque la placa de transferencia de carga y el momento de ruptura en la parte superior el inserto poroso.
- g. Coloque la horquilla de carga de fuerza normal en su posición y ajústelo para que la barra de carga esté alineada. Para palanca de peso muerto cargando sistemas, nivele la palanca. Para motor neumático o motor cargar los sistemas, ajuste el yugo hasta que se asiente cómodamente contra el entrante en la placa de transferencia de carga o coloque un rodamiento de bolas en el cargue la placa de transferencia y ajuste el yugo hasta que el contacto esté ajustado.
- h. Aplique una pequeña carga normal de asiento a la muestra. Verifique que los componentes del sistema de carga normal son sentados y alineado. El inserto poroso superior y la transferencia de carga La placa debe estar alineada para que el movimiento de la transferencia de carga La placa en la caja de corte no está inhibida. El espécimen debe no experimenta una compresión significativa bajo esta carga de asientos.
- i. Conecte y ajuste la medición de desplazamiento normal dispositivo. Obtenga una lectura inicial para el desplazamiento normal dispositivo de medición junto con una lectura de la carga normal (ya sea pesos o dispositivo de medición).

j. Consolidación: la carga normal de consolidación final se puede aplicar en un incremento o en varios intermedios dependiendo del tipo de material, la rigidez del espécimen y la magnitud del estrés final. Carga Los incrementos deben ser lo suficientemente pequeños para evitar la extrusión del material de alrededor de los insertos porosos. Para rigidez cohesiva o el material de grano grueso normalmente es aceptable un solo incremento. Para materiales blandos, puede ser necesario limitar la carga proporción de incremento a la unidad como se describe en el Método de prueba D2435 (11.4) y aplicar una cantidad de incrementos de carga intermedios.

Sobre la base de las consideraciones e instrucciones anteriores de la agencia solicitante, calcular y registrar la fuerza normal requerida para alcanzar cada nivel de estrés normal intermedio progresando la muestra desde la carga del asiento hasta la final consolidación de estrés normal.

k. Aplicar el primer incremento de carga y, si es necesario, completar el cierra el recipiente de la caja con agua de prueba y manténgalo lleno durante el tiempo de la prueba. En ausencia de especificación, el recipiente debe ser lleno de agua potable.

l. Para cada nivel de esfuerzo intermedio, aplique la carga como rápido y práctico. Mantener cada nivel de carga hasta primaria la consolidación es esencialmente completa en base a:

a) La interpretación del tiempo frente a la deformación normal, b) la experiencia con el material o c) un valor predeterminado de 24 h. Grabe el deformación normal al final de cada incremento y la Incrementa la duración.

m. Para el nivel de estrés normal máximo y para el nivel final nivel de esfuerzo normal, aplique la carga normal a la muestra como rápidamente, como práctica, e inmediatamente comienza a grabar lecturas normales de deformación contra el tiempo transcurrido. Prueba el método D2435 proporciona detalles del procedimiento de carga y sugerencias para cronogramas de grabación de tiempo apropiados. Para éstos carga incrementa, verifica la finalización de la consolidación primaria antes de pasar a la siguiente etapa de la prueba interpretando ya sea la representación del desplazamiento normal versus el registro del tiempo o raíz cuadrada del tiempo (en min). El método de prueba D2435 proporciona detalles de interpretación de ambos métodos.

- n. Si la especificación de prueba requiere consolidación a una tensión específica y luego rebote a un estrés menor antes de cizalladura, entonces el esfuerzo máximo se debe mantener en menos un ciclo de compresión secundaria.
- o. Si el material exhibe una tendencia a hincharse bajo el esfuerzo normal máximo, el suelo debe estar inundado con agua y se debe permitir que logren el equilibrio (esencialmente se detienen hinchazón) bajo este estrés normal antes de continuar con la siguiente etapa de la prueba
- p. Justo antes de cortar y después de la consolidación de la final se completa el incremento, registra el desplazamiento normal previo y luego quita los tornillos o alfileres de alineación del caja de corte Use los tornillos de separación para separar las mitades de la caja de corte a aproximadamente el diámetro de la partícula de tamaño máximo en la muestra de prueba o 0.025 pulg. [0.64 mm] como mínimo predeterminado valor para materiales de grano fino. Retroceda los tornillos del hueco después creando la brecha.
- q. Determinar la velocidad de corte: la muestra debe estar cortado a una velocidad relativamente lenta para que el exceso insignificante Presión de poro en caso de falla. Determinación del adecuado La tasa de desplazamiento requiere una estimación del tiempo requerido. Para la disipación de la presión de los poros y la cantidad de deformación requerida para alcanzar el fracaso. Estos dos factores dependen del tipo de material y el historial de estrés.

Tabla 14. Tabla de duraciones - Corte Directo C-U saturado

Actividades	Equipo Utilizado	Tiempo de equipo				Personal necesario	Tiempo de mano de obra			
		Inicio	Final	T(min)	T(h)		Inicio	Final	T(min)	T(h)
<b>1. Preparación de la muestra</b>										
1.1 Realización del moldeado de la muestra						1	15:35	15:40	0:05	0,08
							14:00	14:05	0:05	0,08
							11:23	11:31	0:08	0,13
							Promedio	0,10		
1.2. Determinación de dimensiones y peso de la muestra	Balanza	15:40	15:41	0:01	0,02	1	15:40	15:41	0:01	0,02
		14:05	14:06	0:01	0,02		14:05	14:06	0:01	0,02
		11:31	11:32	0:01	0,02		11:31	11:32	0:01	0,02
							Promedio	0,02		
<b>2. Ensayo</b>										
2.1. Montar muestra en la camara	Equipo de Compresión	15:41	15:42	0:01	0,02	1	15:41	15:42	0:01	0,02
		14:06	14:07	0:01	0,02		14:06	14:07	0:01	0,02
		11:32	11:33	0:01	0,02		11:32	11:33	0:01	0,02
							Promedio	0,02		
2.2. Saturación de muestra	Equipo de Compresión	15:42	10:30	18:48	18,80	1	15:41	15:42	0:01	0,02
		14:07	9:30	19:23	19,38		14:07	14:08	0:01	0,02
		11:35	8:35	21:00	21,00		11:35	11:36	0:01	0,02
							Promedio	0,02		
2.3 Consolidación de la muestra	Equipo de Compresión	15:42	10:30	18:48	18,80	1	15:41	15:42	0:01	0,02
		14:07	9:30	19:23	19,38		14:07	14:08	0:01	0,02
		11:35	8:35	21:00	21,00		11:35	11:36	0:01	0,02
							Promedio	0,02		
2.5. Realización de corte directo	Equipo de Compresión	10:30	10:42	0:12	0,20	1	10:30	10:42	0:12	0,20
		9:30	9:43	0:13	0,22		9:30	9:43	0:13	0,22
		8:35	8:48	0:13	0,22		8:35	8:48	0:13	0,22
							Promedio	0,21		
2.6. Recuperación de muestra del molde	Equipo de Compresión	10:42	10:45	0:03	0,05	1	10:42	10:45	0:03	0,05
		9:43	9:46	0:03	0,05		9:43	9:46	0:03	0,05
		8:48	8:52	0:04	0,07		8:48	8:52	0:04	0,07
							Promedio	0,06		

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

ASTM. (2011). *ASTM D3080/D3080M-11 Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions.*

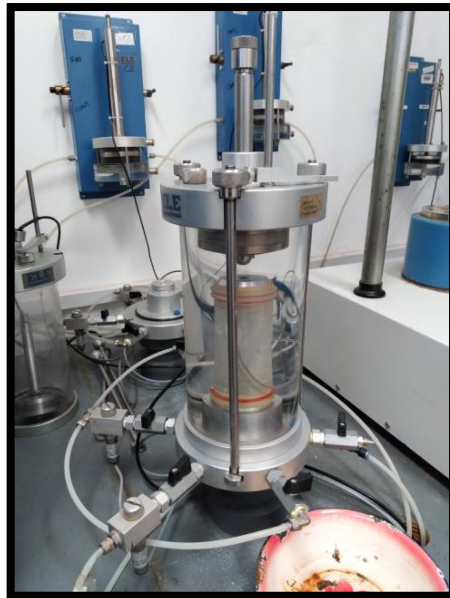
### 1.6.11. Triaxial U-U sin saturar, Norma ASTM 2850-15

#### 1.6.11.1. Definición

Determinación de la resistencia al esfuerzo cortante y la relación esfuerzo – deformación de una muestra cilíndrica de suelo cohesivo inalterada o remoldeado.

#### 1.6.11.2 Equipo

- a. Dispositivo para medir la carga axial
- b. Pistón de carga axial
- c. Dispositivo de carga axial
- d. Cámara de compresión Triaxial



*Imagen 69. Cámara de compresión Triaxial*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

- e. Dial de deformación axial
- f. Tapa y base de la muestra
- g. Dispositivo de control de presión
- h. Balanza aprox. 0.1 gr



*Imagen 70. Balanza Mettler Toledo de precisión 0.1 gr*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

#### 1.6.11.3. Preparación de la muestra

La muestra puede ser inalterada o remodelada

- Muestras inalteradas:

a. Se la puede obtener de bloques inalterados o mediante tubos de pared delgada

En los bloques inalterados, se debe perfilar a muestra hasta obtener el diámetro y altura final

b. Determinar las dimensiones y peso de la muestra moldeada.

c. Sacar una porción de muestra para obtención de humedad antes de realizar el ensayo.

#### 1.6.11.4. Procedimiento

- a. Humedecer las pierdas porosas y el papel filtro.
- b. Lubricar el interior y exterior de la membrana.
- c. Fijar la membrana al dilatador de membrana.
- d. Colocar sobre la base de la muestra las piedras porosas, el papel filtro, la probeta y la tapa superior.
- e. Extender la membrana sobre la tapa y base de la muestra y séllela con los anillos de caucho.
- f. Aplique un vacío de 5 pulgadas de HG hasta que todo el aire sea expulsado.
- g. Ensamble la cámara.
- h. Poner en contacto el pistón con la tapa de la muestra para permitir el asentamiento y la alineación del pistón con la tapa.
- i. Llene con agua la cámara Triaxial.
- j. Aplique una presión de confinamiento hasta que el regulador indique la presión deseada.
- k. Encerar los deformímetros vertical y de carga.
- l. Aplicar la carga axial a una velocidad de deformación de 0.127 cm/min (lecturas constantes o hasta el 20% de la deformación axial).
- m. Registre las lecturas de deformación axial y de carga.
- n. Apague la máquina, suelte la presión del equipo y remueva la muestra.

Tabla 15. Tabla de duraciones – Triaxial U- U sin saturar

Actividades	Equipo Utilizado	Tiempo de equipo				Personal necesario	Tiempo de mano de obra			
		Inicio	Final	T(min)	T(h)		Inicio	Final	T(min)	T(h)
<b>1. Preparación de la muestra</b>										
1.1. Realización del moldeado de la muestra						1	10:39	11:15	0:36	0,60
							11:26	12:06	0:40	0,67
							11:36	12:15	0:39	0,65
							Promedio 0,64			
1.2. Determinación de dimensiones y peso de la muestra	Balanza	11:17	11:18	0:01	0,02	1	11:17	11:18	0:01	0,02
		12:06	12:07	0:01	0,02		12:06	12:07	0:01	0,02
		12:15	12:16	0:01	0,02		12:15	12:16	0:01	0,02
				Promedio	0,02		Promedio 0,02			
1.3. Colocación de muestra en horno antes de ensayo para humedad (24h)	Horno	11:18	8:00	20:42	20,70	1	11:18	11:19	0:01	0,02
		12:08	8:00	19:52	19,87		12:08	12:09	0:01	0,02
		12:16	8:00	19:44	19,73		12:16	12:17	0:01	0,02
				Promedio	20,10		Promedio 0,02			
1.4. Determinación del peso seco de la muestra antes del ensayo	Balanza	8:00	8:01	0:01	0,02	1	8:00	8:01	0:01	0,02
		8:00	8:01	0:01	0,02		8:00	8:01	0:01	0,02
		8:00	8:01	0:01	0,02		8:00	8:01	0:01	0,02
				Promedio	0,02		Promedio 0,02			
<b>2. Ensayo</b>										
2.1. Montar muestra en la cámara	Equipo de triaxial	11:19	11:36	0:17	0,28	1	11:19	11:36	0:17	0,28
		12:09	12:24	0:15	0,25		12:09	12:24	0:15	0,25
		12:17	12:33	0:16	0,27		12:17	12:33	0:16	0,27
				Promedio	0,27		Promedio 0,27			
2.2. Llenar de agua la cámara	Equipo de triaxial	11:36	11:43	0:07	0,12	1	11:36	11:43	0:07	0,12
		12:24	12:33	0:09	0,15		12:24	12:33	0:09	0,15
		12:33	12:42	0:09	0,15		12:33	12:42	0:09	0,15
				Promedio	0,14		Promedio 0,14			
2.3. Presión de confinamiento	Equipo de triaxial	11:43	11:45	0:02	0,03	1	11:43	11:45	0:02	0,03
		12:33	12:38	0:05	0,08		12:33	12:38	0:05	0,08
		12:42	12:47	0:05	0,08		12:42	12:47	0:05	0,08
				Promedio	0,07		Promedio 0,07			
2.4. Realización de triaxial	Equipo de triaxial	11:45	12:02	0:17	0,28	1	11:45	12:02	0:17	0,28
		12:38	12:55	0:17	0,28		12:38	12:55	0:17	0,28
		12:47	13:05	0:18	0,30		12:47	13:05	0:18	0,30
				Promedio	0,29		Promedio 0,29			
2.5. Vaciar la cámara	Equipo de triaxial	12:02	12:08	0:06	0,10	1	12:02	12:08	0:06	0,10
		12:55	13:01	0:06	0,10		12:55	13:01	0:06	0,10
		13:05	13:11	0:06	0,10		13:05	13:11	0:06	0,10
				Promedio	0,10		Promedio 0,10			
2.6. Desmontar la muestra	Equipo de triaxial	12:08	12:10	0:02	0,03	1	12:08	12:10	0:02	0,03
		13:01	13:02	0:01	0,02		13:01	13:02	0:01	0,02
		13:11	13:13	0:02	0,03		13:11	13:13	0:02	0,03
				Promedio	0,03		Promedio 0,03			
2.7. Determinación peso de la muestra despues de ensayo	Balanza	12:10	12:11	0:01	0,02	1	12:10	12:11	0:01	0,02
		13:02	13:03	0:01	0,02		13:02	13:03	0:01	0,02
		13:13	13:14	0:01	0,02		13:13	13:14	0:01	0,02
				Promedio	0,02		Promedio 0,02			
2.8. Colocación de muestra en horno después de ensayo para humedad (24h)	Horno	12:11	8:00	19:49	19,82	1	12:11	12:12	0:01	0,02
		13:03	8:00	18:57	18,95		13:03	13:04	0:01	0,02
		13:14	8:00	18:46	18,77		13:14	13:15	0:01	0,02
				Promedio	19,18		Promedio 0,02			
2.9. Determinación del peso seco de la muestra despues del ensayo	Balanza	8:00	8:01	0:01	0,02	1	8:00	8:01	0:01	0,02
		8:00	8:01	0:01	0,02		8:00	8:01	0:01	0,02
		8:00	8:01	0:01	0,02		8:00	8:01	0:01	0,02
				Promedio	0,02		Promedio 0,02			

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

ASTM. (2015) ASTM D2850-15 Standard Test Method for Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils

## 1.6.12. Triaxial U-U saturada, Norma ASTM 2850

### 1.6.12.1. Definición

Determinación de la resistencia al esfuerzo cortante y la relación esfuerzo – deformación de una muestra cilíndrica de suelo cohesivo inalterada o remoldeado.

### 1.6.12.2. Equipo

- a. Dispositivo para medir la carga axial
- b. Pistón de carga axial
- c. Dispositivo de carga axial
- d. Cámara de compresión Triaxial



*Imagen 71. Cámara de compresión de Triaxial*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

- e. Dial de deformación axial
- f. Tapa y base de la muestra
- g. Dispositivo de control de presión
- h. Balanza aprox. 0.1 gr



*Imagen 72. Balanza Mettler Toledo de precisión 0.1 gr.*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

### 1.6.12.3. Preparación de la muestra

La muestra puede ser inalterada o remodelada

- Muestras inalteradas

a. Se la puede obtener de bloques inalterados o mediante tubos de pared delgada

En los bloques inalterados, se debe perfilar a muestra hasta obtener el diámetro y altura final

b. Determinar las dimensiones y peso de la muestra moldeada.

c. Sacar una porción de muestra para obtención de humedad antes de realizar el ensayo.

#### 1.6.12.4. Procedimiento

- a. Humedecer las pierdas porosas y el papel filtro.
- b. Lubricar el interior y exterior de la membrana.
- c. Fijar la membrana al dilatador de membrana.
- d. Colocar sobre la base de la muestra las piedras porosas, el papel filtro, la probeta y la tapa superior.
- e. Extender la membrana sobre la tapa y base de la muestra y s ellela con los anillos de caucho.
- f. Aplique un vacío de 5 pulgadas de HG hasta que todo el aire sea expulsado.
- g. Ensamble la cámara.
- h. Poner en contacto el pistón con la tapa de la muestra para permitir el asentamiento y la alineación del pistón con la tapa.
- i. Llene con agua la cámara Triaxial.
- j. Aplique una presión de confinamiento hasta que el regulador indique la presión deseada.
- k. Satura la muestra con agua.
- l. Encerar los deformímetros vertical y de carga.
- m. Aplicar la carga axial a una velocidad de deformación de 0.127 cm/min (lecturas constantes o hasta el 20% de la deformación axial).
- n. Registre las lecturas de deformación axial y de carga.
- o. Apague la máquina, suelte la presión del equipo y remueva la muestra.

Tabla 16. Tabla de duraciones U-U saturado

Actividades	Equipo Utilizado	Tiempo de equipo				Personal necesario	Tiempo de mano de obra			
		Inicio	Final	T(min)	T(h)		Inicio	Final	T(min)	T(h)
<b>1. Preparación de la muestra</b>										
1.1. Realización del moldeado de la muestra					1	10:39	11:15	00:36	0.60	
						09:10	09:49	00:39	0.65	
						10:12	10:49	00:37	0.62	
						<b>Promedio 0.62</b>				
1.2. Determinación de dimensiones y peso de la muestra	Balanza				1	11:15	11:18	00:03	0.05	
						09:53	09:54	00:01	0.02	
						10:53	10:54	00:01	0.02	
						<b>Promedio 0.02</b>				
1.3. Colocación de una porción de muestra en horno antes de ensayo para humedad (24h)	Horno				1	11:18	11:19	00:01	0.02	
						09:54	08:00	23:06	23.10	
						10:52	08:00	21:08	21.13	
						<b>Promedio 21.64</b>				
1.4. Determinación del peso seco de la muestra antes del ensayo	Balanza				1	08:00	08:01	00:01	0.02	
						08:00	08:01	00:01	0.02	
						08:00	08:01	00:01	0.02	
						<b>Promedio 0.02</b>				
<b>2. Ensayo</b>										
2.1. Montar muestra en la cámara	Equipo de triaxial				1	11:20	11:28	00:08	0.13	
						10:00	10:09	00:09	0.15	
						11:00	11:07	00:07	0.12	
						<b>Promedio 0.13</b>				
2.2. Llenar de agua la cámara	Equipo de triaxial				1	11:28	11:34	00:06	0.10	
						10:09	10:17	00:08	0.13	
						11:07	11:15	00:08	0.13	
						<b>Promedio 0.12</b>				
2.3. Presión de confinamiento	Equipo de triaxial				1	12:22	07:30	18:52	18.87	
						10:17	07:30	20:43	20.72	
						11:15	07:30	19:45	19.75	
						<b>Promedio 19.78</b>				
2.4. Presión de saturación (1 día)	Equipo de triaxial				1	12:22	07:30	18:52	18.87	
						10:17	07:30	20:43	20.72	
						11:15	07:30	19:45	19.75	
						<b>Promedio 19.78</b>				
2.5. Realización de triaxial	Equipo de triaxial				1	07:30	07:40	00:10	0.17	
						07:30	07:41	00:11	0.18	
						07:30	07:42	00:12	0.20	
						<b>Promedio 0.18</b>				
2.6. Vaciar la cámara	Equipo de triaxial				1	07:41	07:48	00:07	0.12	
						07:42	07:49	00:07	0.12	
						07:43	07:50	00:07	0.12	
						<b>Promedio 0.12</b>				
2.7. Desmontar la muestra					1	07:48	07:50	00:02	0.03	
						07:49	07:52	00:03	0.05	
						07:50	07:53	00:03	0.05	
						<b>Promedio 0.04</b>				
2.8. Determinación peso de la muestra despues de ensayo	Balanza				1	07:51	07:52	00:01	0.02	
						07:52	07:53	00:01	0.02	
						07:55	07:56	00:01	0.02	
						<b>Promedio 0.02</b>				
2.9. Colocación de muestra en horno después de ensayo para humedad (24h)	Horno				1	07:52	08:00	00:08	24.13	
						07:53	08:00	00:07	24.12	
						07:56	08:00	00:04	24.07	
						<b>Promedio 24.11</b>				
2.10. Determinación del peso seco de la muestra despues del ensayo	Balanza				1	08:00	08:01	00:01	0.02	
						08:00	08:01	00:01	0.02	
						08:00	08:01	00:01	0.02	
						<b>Promedio 0.02</b>				

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

ASTM. (2015) ASTM D2850-15 Standard Test Method for Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils

## CAPITULO 2

### 2.1. RENDIMIENTO DE LA MANO DE OBRA

Concepto:

“Rendimiento de mano de obra: se define como la cantidad de obra de alguna actividad completamente ejecutada por una persona o cuadrilla, compuesta por 1 o varias personas, se expresa normalmente como um/hH (unidad de medida de la actividad por hora hombre.” (Botero, 2012, pág. 3)

Este concepto lo podemos aplicar al estudio de la mano de obra para calcular el costo de cada laboratorista empleado en el ensayo.

“Consumo de mano de obra: se define como la cantidad de recurso humano en horas-Hombre que se emplea por uno o varios operarios de cualquier tipo de actividad. El consumo de mano de obra se expresa normalmente en hH/um (horas-Hombre por unidad de medida) y corresponde al inverso matemático del rendimiento de mano de obra”. (Botero, 2012, pág. 3)

Este concepto nos dice, cuanto tiempo de mano de obra necesita cada ensayo para su realización.

“La eficiencia en la productividad de la mano de obra puede variar en un amplio rango que va desde el 0%, cuando no se realiza actividad alguna, hasta el 100% si se presenta la máxima eficiencia teóricamente posible”. (Botero, 2012, pág. 4)

Este párrafo nos dice la cantidad de ensayos que pueden realizar un trabajador al día, semana o mes.

“Se considera normal o promedio, al rango de eficiencia en la productividad que esté entre 61% y 80%, por lo tanto, se puede definir como el 70 % el valor normal de productividad en la mano de obra, valor que puede ser afectado positiva o negativamente por diferentes factores, obteniéndose así rendimientos mayores o menores al promedio respectivamente”. (Botero, 2012, pág. 11)

Este texto nos dice que tan eficiente es un trabajador, en el cual hay rangos para saber si esta entre muy bajo y muy alto en su productividad; sabiendo eso, e podría mejorar la eficiencia del trabajador o mantenerse si se encuentra en un rango óptimo.

## 2.2. FACTORES DE AFECTACIÓN DE LOS RENDIMIENTOS Y CONSUMOS DE MANO DE OBRA

“Cada proyecto de construcciones diferente y se realiza en diversas condiciones, derivándose en diferentes factores que influyen positiva o negativamente en los rendimientos y consumos de mando de obra.” (Botero, 2012, págs. 11,12)

Se dividen en 7 categorías:

Para la realización de esta tesis se tomará en cuenta la categoría relacionada con el trabajador y se dará un breve resumen de las otras categorías.

### 1.- Economía general

“Este factor se refiere al estado económico de la nación o el área específica en donde se desarrolla el proyecto.” (Botero, 2012, pág. 13)

### 2.- Aspectos laborales

“Existe una relación importante entre la productividad de la mano de obra y las condiciones laborales en que se realiza el proyecto. La disponibilidad de personal experto y capacitado en la zona donde se realizan los trabajos o la necesidad de desplazar personal de otros sitios con condiciones de pago algunas veces diferentes a las de la zona.” (Botero, 2012, pág. 12)

### 3.- Clima

“Los antecedentes del estado del tiempo en el área en la que se construye el proyecto deben ser considerados, trata de prever las condiciones durante el período de ejecución de la obra.” (Botero, 2012, pág. 13)

### 4.- Actividad

“Las condiciones específicas de la actividad a realizar, las relaciones con otras actividades, el plazo para la ejecución de la misma, los medios para realizarla y el entorno general de la obra, son aspectos que pueden afectar los rendimientos de la mano de obra.” (Botero, 2012, pág. 13)

### 5.- Equipamiento

“El disponer del equipo apropiado para la realización de las diferentes actividades, su estado general, su mantenimiento y la reparación oportuna, afectan el rendimiento de la mano de obra.” (Botero, 2012, pág. 13)

### 6.- Supervisión

“La calidad y experiencia del personal utilizado en la supervisión de las operaciones en la obra, influye considerablemente en la productividad esperada.” (Botero, 2012, pág. 14)

### 7.- Trabajador

Los aspectos personales del operario deben considerarse, ya que afectan su desempeño. Los factores que se incluyen en esta categoría son:

- Situación personal

“La tranquilidad del trabajador y de su grupo familiar, generan un clima propicio para la realización de las actividades. Definir políticas de recursos humanos y apoyo al trabajador,

traerá como consecuencia efectos positivos sobre el rendimiento de la mano de obra” (Botero, 2012, pág. 14)

- Rendimiento de trabajo

“Cuando el trabajo es exigente y continuado siempre va a agotar a los seres humanos. Se requiere definir horarios de descanso para garantizar un normal rendimiento del trabajador en sus actividades.” (Botero, 2012, pág. 14)

- Habilidad

“Algunos trabajadores poseen o con la experiencia ha desarrollado mayor conocimiento y habilidades independientemente del grado de capacitación alcanzado, ya así favorecen la ejecución de actividades y consecuentemente aumentan su productividad.” (Botero, 2012, pág. 14)

- Conocimientos

Es importante tener un nivel de conocimiento adecuado para la actividad que se vaya a realizar, ya que favorecen en alto grado la eficiencia de su labor.

- Desempeño

No todas las personas ponen todo de sí en el desempeño de sus actividades. Esta situación debe ser controlable con un adecuado proceso de selección.

- Actitud de trabajo

Para la contratación de trabajadores deben contar con actitudes positivas hacia la labor a realizar, para dicha situación se refleje en un adecuado desempeño. Esta situación se puede lograr con un buen sistema de selección de personal y con la existencia de buenas relaciones.

## CAPITULO 3

### 3.1. TRABAJO EN EL LABORATORIO

#### 3.1.1. Ambiente de trabajo

El trabajo en el Laboratorio fue de mucho agrado para mí, ya que el personal siempre estuvo atento a las necesidades para la realización de mi disertación y me supieron explicar el procedimiento de cada ensayo propuesto para el análisis en mi proyecto de grado.

Los ingenieros del Laboratorio también estuvieron atentos a las necesidades que se me presentaba con el transcurso del tiempo, ya sea con el procedimiento o con el costo de los equipos utilizados.

Dada la cantidad de trabajo que ingresa al Laboratorio, el tiempo para revisión de datos los obtenidos se alargaba de acuerdo a la planificación, sin embargo siempre conté con el apoyo de los Responsables del Área.

#### 3.1.2. Equipamiento del Laboratorio

El laboratorio dispone de equipo necesario para la realización de ensayos que ofertan a los profesionales del país, los mantenimientos los dan cada 6 meses la compañía contratada a las balanzas para su calibración o dependiendo del uso que le den.

En la parte de ensayos de Triaxial, la máquina tuvo imperfecciones al momento que se estaba realizando el ensayo, dada a la experiencia que se tiene con el equipo el operario del mismo supo arreglarlo y continuar, ya que así no tuvo que perder mucho tiempo y tener que llamar a mantenimiento para que vaya a arreglarla.

### 3.1.3. Procedimiento

En el inicio de la investigación primero tuve que realizar un correcto análisis de cada procedimiento para los diferentes tipos de ensayos, en el cual tome como referencia la norma ASTM para guiarme y verificar que se realicen los ensayos de acuerdo a lo que dice la norma.

Posterior a la determinación del procedimiento de cada ensayo, analicé el tiempo del paso a paso del ensayo, tomando así nota para ir alimentando los datos. Obteniendo como resultado; que el horno eléctrico es el equipo con mayor uso en los ensayos, dato importante para el cálculo del costo, como también el servicio eléctrico para el funcionamiento del mismo.

Cada ensayo se analizó tres veces para obtener un promedio de valores aceptable y que tenga el mínimo error posible, ya sea por la mano de obra, por el equipo o tipo de suelo.

### 3.1.4. Importancia del tipo de suelo

Para diferentes tipos de ensayo influye la profundidad de extracción de la muestra o la ciudad en la cual se extrae ya que no es el mismo tipo de suelo en todo el Ecuador y cada uno tiene sus características que le diferencia.



*Imagen 73. Ruptura de la muestra en el intento del modelado de muestra*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

### 3.1.5. Importancia del laboratorista

El Laboratorio depende mucho del perfil del colaborador para realizar el ensayo, ya que no todos tienen la misma experiencia o facilidad para realizarlo, como es: el moldeado de la muestra para Triaxial; en ese ensayo fue donde prevaleció la experiencia y paciencia para realizarlo, porque al momento de darle la forma cilíndrica hubo rupturas del modelado y tocaba repetir de nuevo, y eso es demora en la realización del ensayo y entrega de resultados finales.



Imagen 74. Realización de Triaxial por el laboratorista José Morán

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

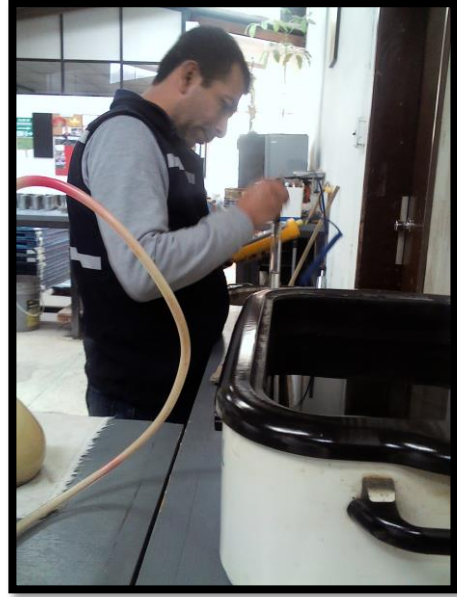
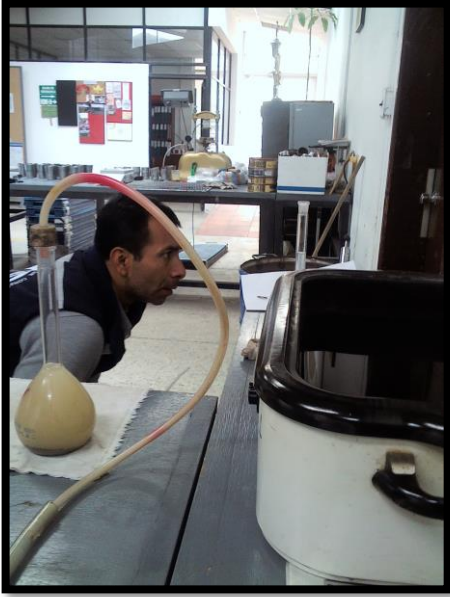


Imagen 75. Realización del ensayo Densidad de sólidos por el laboratorista Giovanni

Fuente: Elaborado por Renato Briceño



Imagen 76. Realización del ensayo de Corte directo saturado por el laboratorista José Morán

Fuente: Elaborado por Renato Briceño



*Imagen 77. Realización de Límite líquido y límite plástico por el laboratorista Patricio Criollo*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

## CAPITULO 4

### 4.1. DETERMINACIÓN DEL COSTO DE ENSAYOS

Para la determinación de los costos en esta investigación, tome varios parámetros para ello, los cuales se los explicare a continuación.

- Tiempo de uso del equipo y mano de obra
- Costo horario de equipo y mano de obra
- Costo indirecto y utilidad (18%)
- Precio del ensayo

#### 4.1.1. Determinación del Costo directo

Se llama costo directo a todo aquel costo que se puede vincular a la producción de un solo producto, en este caso; el producto es un ensayo de laboratorio; y por tanto sólo debe encontrarse en la contabilidad de costos de ese ensayo.

La fórmula a utilizarse es:

$$\text{Costo directo} = \sum \text{Costo horario}_{\text{equipo}} * \text{tiempo} + \text{Costo horario}_{\text{M.O.}} * \text{tiempo}$$

##### 4.1.1.1. Determinación de tiempo de ensayos

Los cuales son explicados en el capítulo 1 donde se encuentran tablas con el tiempo de cada ensayo analizado en el laboratorio. (Véase Capítulo 1)

#### 4.1.1.2. Costo horario de equipo

El costo horario está compuesto por 3 costos:

La fórmula a utilizarse es:

$$\text{Costo horario}_{\text{equipo}} = C. \text{ de Propiedad} + C. \text{ de Operación} + C. \text{ de Mantenimiento}$$

##### 4.1.1.2.1. Costo de Propiedad

Son los gastos realizados con relación a la adquisición del equipo

La fórmula a utilizarse es:

$$\text{Costo de Propiedad} = \text{Depreciación} + \text{Corr. por inflación} + \text{Seguros}$$

##### 4.1.1.2.2. Costo de adquisición

Es el valor total del equipo puesto en obra.

#### a. Depreciación

Es el valor que pierde el equipo por cada hora de uso

a.1.- Depreciación lineal.- Supone una pérdida de valor uniforme a lo largo de la vida útil del equipo.

$$D_A = \frac{C_o - C_r}{VUE}$$

$D_A$  = Depreciación anual

$C_0$  = Costo de adquisición

$C_r$  = Valor de rescate

VUE = Vida útil estimada en años

$$D_H = \frac{D_A}{UAE}$$

$$UAE = \frac{\text{horas de vida útil}}{\text{años de vida útil}}$$

$D_H$  = Depreciación horaria

UAE = Uso anual estimada en horas

#### **b.- Interés sobre la inversión**

Es el interés por financiamiento por compra del equipo en efectivo.

Para este caso no se realiza ya que se posee equipo en el laboratorio y no hace falta realizar compra de ningún equipo.

#### **c.- Seguros e impuestos**

Seguro de robo.

#### **d.- Almacenaje y conservación**

Bodegaje de equipos y mantenimiento general de instalaciones.

Para este caso no se realiza el pago de arriendo ya que se dispone de bodegas dentro de las instalaciones de la universidad.

#### **e.- Corrección por inflación**

“La corrección por inflación es la técnica empleada para corregir los efectos inflacionarios que afectan a las diversas partidas de los informes contables o, dicho de otro modo, es la respuesta contable que se aplica al término de cada ejercicio para resolver problemas inflacionarios que afectan la situación económica-financiera y de resultados de las empresas”

(Galdames, 2011, pág. 2)

La fórmula a utilizarse es:

$$\text{Corrección} = \frac{\% \text{Inflación} * \text{vida útil} * Co}{\text{horas vida útil}}$$

#### **4.1.1.2.2. Costo de Operación**

Es la valoración monetaria de la suma de recursos destinados a la operación del equipo utilizado

La luz eléctrica es determinada de acuerdo al consumo (KwH) de cada equipo utilizado y valor que se paga en el sector comercial (\$/KwH).

Se tomó como referencia la cartilla de luz, de un local del centro comercial unicornio para poder realizar el cálculo de costo utilizado por cada equipo para diferentes tipos de ensayo.

Tabla 17. Costo horario de luz eléctrica, de tensión media en un área comercial

Area comercial - tension media	
Según planilla de C.C.Unicornio	
Consumo (KwH)	122
Pago (\$)	12,17
costo horario (\$/KwH)	0,09975

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

La fórmula a utilizarse es:

$$\text{Costo de Operación} = \text{Consumo} * \text{Costo horario en tensión media}$$

#### 4.1.1.2.3. Costo de Mantenimiento

EL costo de mantenimiento depende de cada equipo y empresa que realiza la calibración de los equipos y su mantenimiento estético.

La fórmula a utilizarse es:

$$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{\text{Valor anual}}{\text{Dias del año} * \text{hora al dia}}$$

#### 4.1.1.2.4. Costo de Mano de obra

Para la determinación del costo horario de mano de obra se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Costo horario}_{M.O.} = \frac{\text{Sueldo anual}}{\text{Meses al año} * 240 h}$$

#### 4.1.2. Costo Indirecto

Se desea una utilidad del 18%, dato dado por el laboratorio.

Para la determinación del costo indirecto se debe realizar la sumatoria de todos los costos de administración mensual utilizados para la realización de los ensayos del área de suelos en el laboratorio.

La fórmula a utilizarse es:

$$\text{Costo indirecto} = \frac{\# \text{ total de ensayo al mes}}{\text{Costo total de administración al mes}} * 100 + \text{Utilidad}$$

#### 4.1.3. Precio del ensayo

El costo total es la sumatoria del costo directo más el costo indirecto

La fórmula a utilizarse es la siguiente:

$$\text{Precio del ensayo} = \text{Costo Directo} + \text{Costo Indirecto}$$

#### 4.1.4. Cálculos realizados para cada ensayo planteado en ésta disertación:

##### 4.1.4.1. Determinación del costo horario de todos los equipos utilizados en los diferentes ensayos:

- ✓ Balanza de aproximación 0.01 gr

Año de compra: 2012

Año actual: 2018

VUE: 5 años

Co: \$2651,04

Cr: \$1679,39

Horas vida útil: 43800 horas

A. Costo de Propiedad:

A.1. Depreciación:

- $D_A = \frac{C_o - C_r}{VUE}$   
 $D_A = \frac{2651,04 - 1679,39}{5} = 194,33 \frac{\$}{año}$

- $UAE = \frac{\text{horas de vida útil}}{\text{años de vida útil}}$   
 $UAE = \frac{43800}{5} = 8760 \frac{h}{año}$

- $D_H = \frac{D_A}{UAE}$   
 $D_H = \frac{194,33}{8760} = 0,022183 \frac{\$}{h}$

A.2. Corrección por inflación:

- $Corrección = \frac{\%Inflación * vida\ útil * Co}{horas\ vida\ útil}$   
 $Corrección = \frac{-0,002 * 5 * 2651,04}{43800} = -0,00060 \frac{\$}{h}$

A.3. Seguros:

- $Seguro = 0,027236 \frac{\$}{h}$

$$\text{Costo de Propiedad} = \text{Depreciación} + \text{Corr. por inflación} + \text{Seguros}$$

$$\text{Costo de Propiedad} = 0,022183 - 0,000605 + 0,027236 = 0,04881 \frac{\$}{h}$$

B. Costo de Operación:

Costo horario en tensión media: 0,09975 \$/Kw\*h

Tabla 18. Costo horario de consumo de luz de balanza de aproximación 0.01g

Consumo de luz Balanza de aprox 0.01gr	
12	voltios
0,84	Amperios
Kw	0,01008
Costo (\$/KwH)	\$ 0,001

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

- $P(kw) = \frac{I(A)*V(v)}{1000}$

$$P(kw) = \frac{0,84 * 12}{1000} = 0,01008 Kw$$

- $\text{Costo de Operación} = \text{Consumo} * \text{Costo horario en tensión media}$

$$\text{Costo de Operación} = 0,010 * 0,09975 = 0,0010 \frac{\$}{h}$$

C. Costo de Mantenimiento:

Valor anual de calibración y mantenimiento: 180 \$/año

- $\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{\text{Valor anual}}{\text{Dias del año} * \text{hora al dia}}$

$$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{180}{365 \text{días} * 24 \text{horas}} = 0,020547 \frac{\$}{h}$$

D. Costo horario de equipo:

- $\text{Costo horario}_{\text{equipo}} = C. \text{ de Propiedad} + C. \text{ de Operación} + C. \text{ de Mantenimiento}$

$$\text{Costo horario}_{\text{equipo}} = 0,04881 + 0,0010 + 0,020547 = 0,070369 \frac{\$}{h}$$

✓ Horno eléctrico:

Año de compra: 2011

Año actual: 2018

VUE: 8 años

Co: \$5000

Cr: \$1890

Horas vida útil: 70080 horas

A. Costo de Propiedad:

A.1. Depreciación:

- $D_A = \frac{C_o - C_r}{VUE}$   

$$D_A = \frac{5000 - 1890}{8} = 388,75 \frac{\$}{\text{año}}$$

- $UAE = \frac{\text{horas de vida útil}}{\text{años de vida útil}}$   

$$UAE = \frac{70080}{8} = 8760 \frac{h}{\text{año}}$$

- $D_H = \frac{D_A}{UAE}$

$$D_H = \frac{388,75}{8760} = 0,044377 \frac{\$}{h}$$

A.2. Corrección por inflación:

- $Corrección = \frac{\%Inflación * vida\ útil * Co}{horas\ vida\ útil}$

$$Corrección = \frac{-0,002 * 8 * 5000}{70080} = -0,001142 \frac{\$}{h}$$

A.3. Seguros:

- $Seguro = 0,051369 \frac{\$}{h}$

$$\opl� Costo\ de\ Propiedad = Depreciación + Corr.\ por\ inflación + Seguros$$

$$\opl� Costo\ de\ Propiedad = 0,044377 - 0,001142 + 0,051369 = 0,094606 \frac{\$}{h}$$

B. Costo de Operación:

Costo horario en tensión media: 0,09975 \$/Kwh

Tabla 19. Costo horario de consumo de luz de horno eléctrico Humboldt

Consumo de Horno eléctrico Humboldt	
800 wats	
Kw	0,800
Costo (\$/KwH)	\$ 0,080

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

- *Costo de Operación = Consumo \* Costo horario en tensión media*

$$\text{Costo de Operación} = 0,800 * 0,09975 = 0,0798 \frac{\$}{h}$$

C. Costo de Mantenimiento:

Valor anual de calibración y mantenimiento: 549,92 \$/año

- *Costo de Mantenimiento =  $\frac{\text{Valor anual}}{\text{Días del año} * \text{hora al día}}$*

$$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{549,92 \frac{\$}{\text{año}}}{365 \text{ días} * 24 \text{ horas}} = 0,06277 \frac{\$}{h}$$

D. Costo horario:

- *Costo horario = C. de Propeidad + C. de Operación + C. de Mantenimiento*

$$\text{Costo horario} = 0,094606 + 0,0798 + 0,06277 = 0,237186 \frac{\$}{h}$$

✓ Bomba de vacío:

Año de compra: 2009

Año actual: 2018

VUE: 8 años

Co: \$1091,83

Cr: \$166,14

Horas vida útil: 70080 horas

## A. Costo de Propiedad:

### A.1. Depreciación:

- $D_A = \frac{C_o - C_r}{VUE}$   
 $D_A = \frac{1091,83 - 166,14}{8} = 115,71 \frac{\$}{\text{año}}$

- $UAE = \frac{\text{horas de vida útil}}{\text{años de vida útil}}$   
 $UAE = \frac{70080}{8} = 8760 \frac{h}{\text{año}}$

- $D_H = \frac{D_A}{UAE}$   
 $D_H = \frac{115,71}{8760} = 0,013209 \frac{\$}{h}$

### A.2. Corrección por inflación:

- $\text{Corrección} = \frac{\% \text{Inflación} * \text{vida útil} * C_o}{\text{horas vida útil}}$   
 $\text{Corrección} = \frac{-0,002 * 8 * 1091,83}{70080} = -0,000249 \frac{\$}{h}$

### A.3. Seguros:

- $\text{Seguro} = 0,011217 \frac{\$}{h}$

✚  $\text{Costo de Propiedad} = \text{Depreciación} + \text{Corr. por inflación} + \text{Seguros}$

✚  $\text{Costo de Propiedad} = 0,013209 - 0,000249 + 0,0112174 = 0,024177 \frac{\$}{h}$

B. Costo de Operación:

Costo horario en tensión media: 0,09975 \$/Kwh

Tabla 20. Costo horario de consumo de luz de bomba de vacío

Consumo de bomba de vacío	
190	wats
Kw	0,19
Costo (\$/KwH)	\$ 0,019

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

- $Costo\ de\ Operación = Consumo * Costo\ horario\ en\ tensión\ media$

$$Costo\ de\ Operación = 0,190 * 0,09975 = 0,0190 \frac{\$}{h}$$

C. Costo de Mantenimiento:

Valor anual de calibración y mantenimiento: 120,08 \$/año

- $Costo\ de\ Mantenimiento = \frac{Valor\ anual}{Dias\ del\ año * hora\ al\ dia}$

$$Costo\ de\ Mantenimiento = \frac{120,08 \frac{\$}{año}}{365\ dias * 24\ horas} = 0,0137082 \frac{\$}{h}$$

D. Costo horario:

- $Costo\ horario = C.\ de\ Propeidad + C.\ de\ Operación + C.\ de\ Mantenimiento$

$$Costo\ horario = 0,024177 + 0,0190 + 0,0137082 = 0,05683$$

✓ Baño maría soiltest:

Año de compra: 2009

Año actual: 2018

VUE: 8 años

Co: \$1224

Cr: \$276,19

Horas vida útil: 70080 horas

A. Costo de Propiedad:

A.1. Depreciación:

- $D_A = \frac{C_o - C_r}{VUE}$   
 $D_A = \frac{1224 - 276,19}{8} = 118,48 \frac{\$}{\text{año}}$

- $UAE = \frac{\text{horas de vida útil}}{\text{años de vida útil}}$   
 $UAE = \frac{70080}{8} = 8760 \frac{h}{\text{año}}$

- $D_H = \frac{D_A}{UAE}$   
 $D_H = \frac{118,48}{8760} = 0,013524$

A.2. Corrección por inflación:

- $Corrección = \frac{\%Inflación * vida\ útil * Co}{horas\ vida\ útil}$

$$\text{Corrección} = \frac{-0,002 * 8 * 1224,}{70080} = -0,000279 \frac{\$}{h}$$

A.3. Seguros:

- Seguro = 0,012575

$$\text{Costo de Propiedad} = \text{Depreciación} + \text{Corr. por inflación} + \text{Seguros}$$

$$\text{Costo de Propiedad} = 0,013524 - 0,000279 + 0,012575 = 0,025821 \frac{\$}{h}$$

B. Costo de Operación:

Costo horario en tensión media: 0,09975 \$/Kwh

Tabla 21. Costo horario de consumo de luz de baño maría

Consumo de Baño maria Soiltest	
650	wats
Kw	0,65
Costo (\$/Kwh)	\$ 0,065

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

- Costo de Operación = Consumo \* Costo horario en tensión media

$$\text{Costo de Operación} = 0,650 * 0,09975 = 0,0648 \frac{\$}{h}$$

C. Costo de Mantenimiento:

Valor anual de calibración y mantenimiento: 134,62 \$/año

- $\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{\text{Valor anual}}{\text{Dias del año} * \text{hora al dia}}$

$$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{134,62 \frac{\$}{\text{año}}}{365 \text{ dias} * 24 \text{ horas}} = 0,015367 \frac{\$}{h}$$

D. Costo horario:

- $\text{Costo horario} = C. \text{ de Propiedad} + C. \text{ de Operación} + C. \text{ de Mantenimiento}$

$$\text{Costo horario} = 0,025821 + 0,0648 + 0,015367 = 0,1709 \frac{\$}{h}$$

✓ Agitadora eléctrica:

Año de compra: 2016

Año actual: 2018

VUE: 8 años

Co: \$500

Cr: \$1

Horas vida útil: 70080 horas

A. Costo de Propiedad:

A.1. Depreciación:

- $D_A = \frac{C_o - C_r}{VUE}$

$$D_A = \frac{500 - 1}{8} = 62,38 \frac{\$}{\text{año}}$$

- $UAE = \frac{\text{horas de vida útil}}{\text{años de vida útil}}$

$$UAE = \frac{70080}{8} = 8760 \frac{h}{año}$$

- $D_H = \frac{D_A}{UAE}$

$$D_H = \frac{62,83}{8760} = 0,007120 \frac{\$}{h}$$

A.2. Corrección por inflación:

- $Corección = \frac{\%Inflación * vida\ útil * Co}{horas\ vida\ útil}$

$$Corección = \frac{-0,002 * 8 * 500}{70080} = -0,000114 \frac{\$}{h}$$

A.3. Seguros:

- $Seguro = 0,0051370 \frac{\$}{h}$

$$\color{red}{\oplus} \text{ Costo de Propiedad} = \text{Depreciación} + \text{Corr. por inflación} + \text{Seguros}$$

$$\color{red}{\oplus} \text{ Costo de Propiedad} = 0,007120 - 0,000114 + 0,005137 = 0,012143 \frac{\$}{h}$$

B. Costo de Operación:

Costo horario en tensión media: 0,09975 \$/Kwh

Tabla 22. Costo horario de consumo de luz de agitadora eléctrica

Consumo de Agitadora eléctrica Hamilton	
250	wats
Kw	0,25
Costo (\$/KwH)	\$ 0,025

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

- $Costo\ de\ Operación = Consumo * Costo\ horario\ en\ tensión\ media$

$$Costo\ de\ Operación = 0,250 * 0,09975 = 0,0249 \frac{\$}{h}$$

C. Costo de Mantenimiento:

Valor anual de calibración y mantenimiento: 0 \$/año

- $Costo\ de\ Mantenimiento = \frac{Valor\ anual}{Dias\ del\ año * hora\ al\ día}$

$$Costo\ de\ Mantenimiento = \frac{0 \frac{\$}{año}}{365\ días * 24\ horas} = 0 \frac{\$}{h}$$

D. Costo horario:

- $Costo\ horario = C.\ de\ Propeidad + C.\ de\ Operación + C.\ de\ Mantenimiento$

$$Costo\ horario = 0,012143 + 0,0249 + 0 = 0,037082 \frac{\$}{h}$$

✓ Aparato de Casa Grande:

Año de compra: 2014

Año actual: 2018

VUE: 5 años

Co: \$1150

Cr: \$958,46

Horas vida útil: 43800 horas

A. Costo de Propiedad:

A.1. Depreciación:

- $$D_A = \frac{C_o - C_r}{VUE}$$
$$D_A = \frac{1150 - 958,46}{8} = 38,31 \frac{\$}{\text{año}}$$

- $$UAE = \frac{\text{horas de vida útil}}{\text{años de vida útil}}$$
$$UAE = \frac{43800}{5} = 8760 \frac{h}{\text{año}}$$

- $$D_H = \frac{D_A}{UAE}$$
$$D_H = \frac{38,31}{8760} = 0,0043730 \frac{\$}{h}$$

A.2. Corrección por inflación:

- $$\text{Corección} = \frac{\% \text{Inflación} * \text{vida útil} * C_o}{\text{horas vida útil}}$$

$$\text{Corección} = \frac{-0,002 * 5 * 1150}{43800} = -0,000263 \frac{\$}{h}$$

A.3. Seguros:

- $\text{Seguro} = 0,011815 \frac{\$}{h}$

- ✚  $\text{Costo de Propiedad} = \text{Depreciación} + \text{Corr. por inflación} + \text{Seguros}$

- ✚  $\text{Costo de Propiedad} = 0,0043730 - 0,000263 + 0,0118151 = 0,015926 \frac{\$}{h}$

B. Costo de Operación:

Costo horario en tensión media: 0,09975 \$/Kwh

Tabla 23. Costo horario de consumo de luz de aparato Casagrande

Consumo de aparato Casagrande	
120	voltios
2,2	Amperios
Kw	0,264
Costo (\$/KwH)	\$ 0,026

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

- $P(kw) = \frac{I(A)*V(v)}{1000}$   
 $P(kw) = \frac{2,2 * 120}{1000} = 0,264 Kw$

- $\text{Costo de Operación} = \text{Consumo} * \text{Costo horario en tensión media}$

$$\text{Costo de Operación} = 0,264 * 0,09975 = 0,0263 \frac{\$}{h}$$

C. Costo de Mantenimiento:

Valor anual de calibración y mantenimiento: 126,48 \$/año

- $$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{\text{Valor anual}}{\text{Dias del año} * \text{hora al dia}}$$

$$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{126,48 \frac{\$}{\text{año}}}{365 \text{ dias} * 24 \text{ horas}} = 0,014438 \frac{\$}{h}$$

D. Costo horario:

- $$\text{Costo horario} = C. \text{ de Propeidad} + C. \text{ de Operación} + C. \text{ de Mantenimiento}$$

$$\text{Costo horario} = 0,01592 + 0,0263 + 0,014438 = 0,05669 \frac{\$}{h}$$

✓ Equipo para Triaxial:

Año de compra: 2006

Año actual: 2018

VUE: 5 años

Co: \$83589,90

Cr: \$958,46

Horas vida útil: 43800 horas

A. Costo de Propiedad:

A.1. Depreciación:

- $D_A = \frac{C_o - C_r}{VUE}$   
 $D_A = \frac{83589,90 - 1}{5} = 16717,76 \frac{\$}{\text{año}}$

- $UAE = \frac{\text{horas de vida útil}}{\text{años de vida útil}}$   
 $UAE = \frac{43800}{5} = 8760 \frac{h}{\text{año}}$

- $D_H = \frac{D_A}{UAE}$   
 $D_H = \frac{16717,76}{8760} = 1,90842 \frac{\$}{h}$

A.2. Corrección por inflación:

- $Corección = \frac{\%Inflación * vida\ útil * Co}{horas\ vida\ útil}$   
 $Corección = \frac{-0,002 * 5 * 83589,90}{43800} = -0,019084 \frac{\$}{h}$

A.3. Seguros:

- $Seguro = 0,858799 \frac{\$}{h}$

✚  $Costo\ de\ Propiedad = Depreciación + Corr.\ por\ inflación + Seguros$

✚  $Costo\ de\ Propiedad = 1,9084 - 0,019084 + 0,858799 = 2,748136 \frac{\$}{h}$

B. Costo de Operación:

Costo horario en tensión media: 0,09975 \$/Kwh

Tabla 24. Costo horario de consumo de luz de aparato Casagrande

Consumo de equipo para Triaxial	
2000 wats	
Kw	2
Costo (\$/KwH)	\$ 0,200

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

- $Costo\ de\ Operación = Consumo * Costo\ horario\ en\ tensión\ media$

$$Costo\ de\ Operación = 2 * 0,09975 = 0,1995 \frac{\$}{h}$$

C. Costo de Mantenimiento:

Valor anual de calibración y mantenimiento: 2500 \$/año

- $Costo\ de\ Mantenimiento = \frac{Valor\ anual}{Dias\ del\ año * hora\ al\ dia}$

$$Costo\ de\ Mantenimiento = \frac{2500 \frac{\$}{año}}{365\ dias * 24\ horas} = 0,285388 \frac{\$}{h}$$

D. Costo horario:

- $Costo\ horario = C.\ de\ Propeidad + C.\ de\ Operación + C.\ de\ Mantenimiento$

$$Costo\ horario = 2,74813 + 0,1995 + 0,285388 = 3,233 \frac{\$}{h}$$

✓ Equipo de corte directo:

Año de compra: 1997

Año actual: 2018

VUE: 5 años

Co: \$14141,31

Cr: \$1

Horas vida útil: 43800 horas

A. Costo de Propiedad:

A.1. Depreciación:

- $$D_A = \frac{C_o - C_r}{VUE}$$
$$D_A = \frac{14141,31 - 1}{5} = 2828,06 \frac{\$}{\text{año}}$$

- $$UAE = \frac{\text{horas de vida útil}}{\text{años de vida útil}}$$
$$UAE = \frac{43800}{5} = 8760 \frac{h}{\text{año}}$$

- $$D_H = \frac{D_A}{UAE}$$
$$D_H = \frac{2828,06}{8760} = 0,32283 \frac{\$}{h}$$

A.2. Corrección por inflación:

- $$\text{Corección} = \frac{\% \text{Inflación} * \text{vida útil} * Co}{\text{horas vida útil}}$$

$$\text{Corección} = \frac{-0,002 * 5 * 14141,31}{43800} = -0,003229 \frac{\$}{h}$$

A.3. Seguros:

- $\text{Seguro} = 0,145287 \frac{\$}{h}$

✚  $\text{Costo de Propiedad} = \text{Depreciación} + \text{Corr. por inflación} + \text{Seguros}$

✚  $\text{Costo de Propiedad} = 0,322838 - 0,003229 + 0,1452874 = 0,46489 \frac{\$}{h}$

B. Costo de Operación:

Costo horario en tensión media: 0,09975 \$/Kwh

Tabla 25. Costo horario de consumo de luz de equipo para corte directo

Consumo de equipo para corte directo	
1250	wats
Kw	1,25
Costo (\$/KwH)	\$ 0,125

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

- $\text{Costo de Operación} = \text{Consumo} * \text{Costo horario en tensión media}$

$$\text{Costo de Operación} = 1,25 * 0,09975 = 0,1247 \frac{\$}{h}$$

C. Costo de Mantenimiento:

Valor anual de calibración y mantenimiento: 1000 \$/año

- $\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{\text{Valor anual}}{\text{Dias del año} * \text{hora al dia}}$

$$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{1000 \frac{\$}{\text{año}}}{365 \text{ dias} * 24 \text{ horas}} = 0,114155 \frac{\$}{h}$$

D. Costo horario:

- $\text{Costo horario} = C. \text{ de Propiedad} + C. \text{ de Operación} + C. \text{ de Mantenimiento}$

$$\text{Costo horario} = 0,46489 + 0,1247 + 0,114155 = 0,70374 \frac{\$}{h}$$

✓ Cápsula para humedad:

Año de compra: 2014

Año actual: 2018

VUE: 3 años

Co: \$10

Cr: \$1

Horas vida útil: 26280 horas

A. Costo de Propiedad:

A.1. Depreciación:

- $D_A = \frac{C_o - C_r}{VUE}$

$$D_A = \frac{10 - 1}{3} = 3 \frac{\$}{\text{año}}$$

- $UAE = \frac{\text{horas de vida útil}}{\text{años de vida útil}}$

$$UAE = \frac{26280}{3} = 8760 \frac{h}{año}$$

- $D_H = \frac{D_A}{UAE}$

$$D_H = \frac{3}{8760} = 0,00034246 \frac{\$}{h}$$

A.2. Corrección por inflación:

- $Corección = \frac{\%Inflación * vida\ útil * Co}{horas\ vida\ útil}$

$$Corección = \frac{-0,002 * 3 * 10}{26280} = -0000002 \frac{\$}{h}$$

A.3. Seguros:

- $Seguro = 0,0001027 \frac{\$}{h}$

$$\color{red}{\oplus} \text{ Costo de Propiedad} = \text{Depreciación} + \text{Corr. por inflación} + \text{Seguros}$$

$$\color{red}{\oplus} \text{ Costo de Propiedad} = 0,000342466 - 0,000002 + 0,0001027 = 0,000443 \frac{\$}{h}$$

B. Costo de Operación:

- $\text{Costo de Operación} = \text{Consumo} * \text{Costo horario en tensión media}$

$$\text{Costo de Operación} = 0 * 0,09975 = 0 \frac{\$}{h}$$

C. Costo de Mantenimiento:

Valor anual de calibración y mantenimiento: 0 \$/año

- $$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{\text{Valor anual}}{\text{Dias del año} * \text{hora al dia}}$$

$$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{0 \frac{\$}{\text{año}}}{365 \text{ dias} * 24 \text{ horas}} = 0 \frac{\$}{h}$$

D. Costo horario:

- $$\text{Costo horario} = C. \text{ de Propeidad} + C. \text{ de Operación} + C. \text{ de Mantenimiento}$$

$$\text{Costo horario} = 0,000443 + 0 + 0 = 0,000443 \frac{\$}{h}$$

✓ Mortero de porcelana:

Año de compra: 2014

Año actual: 2018

VUE: 3 años

Co: \$20

Cr: \$1

Horas vida útil: 26280 horas

A. Costo de Propiedad:

A.1. Depreciación:

- $$D_A = \frac{C_o - C_r}{VUE}$$

$$D_A = \frac{20 - 1}{3} = 6,33 \frac{\$}{\text{año}}$$

- $$UAE = \frac{\text{horas de vida útil}}{\text{años de vida útil}}$$

$$UAE = \frac{26280}{3} = 8760 \frac{h}{\text{año}}$$
- $$D_H = \frac{D_A}{UAE}$$

$$D_H = \frac{6,33}{8760} = 0,0007229 \frac{\$}{h}$$

#### A.2. Corrección por inflación:

- $$\text{Corrección} = \frac{\%Inflación * \text{vida útil} * Co}{\text{horas vida útil}}$$

$$\text{Corrección} = \frac{-0,002 * 3 * 20}{26280} = -0,00005 \frac{\$}{h}$$

#### A.3. Seguros:

- $$\text{Seguro} = 0,00002055 \frac{\$}{h}$$

$$\text{Costo de Propiedad} = \text{Depreciación} + \text{Corr. por inflación} + \text{Seguros}$$

$$\text{Costo de Propiedad} = 0,0007229 - 0,000005 + 0,0002055 = 0,000924 \frac{\$}{h}$$

#### B. Costo de Operación:

Costo horario en tensión media: 0,09975 \$/Kw\*h

- $$\text{Costo de Operación} = \text{Consumo} * \text{Costo horario en tensión media}$$

$$\text{Costo de Operación} = 0 * 0,09975 = 0 \frac{\$}{h}$$

C. Costo de Mantenimiento:

Valor anual de calibración y mantenimiento: 0\$/año

- $$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{\text{Valor anual}}{\text{Días del año} * \text{hora al día}}$$

$$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{0}{365 \text{ días} * 24 \text{ horas}} = 0 \frac{\$}{h}$$

D. Costo horario de equipo:

- $$\text{Costo horario}_{\text{equipo}} = C. \text{ de Propiedad} + C. \text{ de Operación} + C. \text{ de Mantenimiento}$$

$$\text{Costo horario}_{\text{equipo}} = 0,000924 + 0 + 0 = 0,000924 \frac{\$}{h}$$

✓ Pistillo de caucho:

Año de compra: 2014

Año actual: 2018

VUE: 3 años

Co: \$20

Cr: \$1

Horas vida útil: 26280 horas

A. Costo de Propiedad:

A.1. Depreciación:

- $$D_A = \frac{C_o - C_r}{VUE}$$

$$D_A = \frac{20 - 1}{3} = 6,33 \frac{\$}{\text{año}}$$

- $$UAE = \frac{\text{horas de vida útil}}{\text{años de vida útil}}$$

$$UAE = \frac{26280}{3} = 8760 \frac{h}{\text{año}}$$
- $$D_H = \frac{D_A}{UAE}$$

$$D_H = \frac{6,33}{8760} = 0,0007229 \frac{\$}{h}$$

#### A.2. Corrección por inflación:

- $$\text{Corrección} = \frac{\% \text{Inflación} * \text{vida útil} * Co}{\text{horas vida útil}}$$

$$\text{Corrección} = \frac{-0,002 * 3 * 20}{26280} = -0,00005 \frac{\$}{h}$$

#### A.3. Seguros:

- $$\text{Seguro} = 0,00002055 \frac{\$}{h}$$

$$\text{Costo de Propiedad} = \text{Depreciación} + \text{Corr. por inflación} + \text{Seguros}$$

$$\text{Costo de Propiedad} = 0,0007229 - 0,000005 + 0,0002055 = 0,000924 \frac{\$}{h}$$

#### B. Costo de Operación:

Costo horario en tensión media: 0,09975 \$/Kw\*h

- $$\text{Costo de Operación} = \text{Consumo} * \text{Costo horario en tensión media}$$

$$\text{Costo de Operación} = 0 * 0,09975 = 0 \frac{\$}{h}$$

C. Costo de Mantenimiento:

Valor anual de calibración y mantenimiento: 0\$/año

- $$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{\text{Valor anual}}{\text{Días del año} * \text{hora al día}}$$

$$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{0}{365 \text{ días} * 24 \text{ horas}} = 0 \frac{\$}{h}$$

D. Costo horario de equipo:

- $$\text{Costo horario}_{\text{equipo}} = C. \text{ de Propiedad} + C. \text{ de Operación} + C. \text{ de Mantenimiento}$$

$$\text{Costo horario}_{\text{equipo}} = 0,000924 + 0 + 0 = 0,000924 \frac{\$}{h}$$

✓ Termómetro electrónico:

Año de compra: 2009

Año actual: 2018

VUE: 8 años

Co: \$334

Cr: \$95,34

Horas vida útil: 70080 horas

A. Costo de Propiedad:

A.1. Depreciación:

- $$D_A = \frac{C_o - C_r}{VUE}$$

$$D_A = \frac{334 - 95,34}{8} = 29,83 \frac{\$}{\text{año}}$$

- $UAE = \frac{\text{horas de vida útil}}{\text{años de vida útil}}$   
 $UAE = \frac{70080}{8} = 8760 \frac{h}{\text{año}}$
- $D_H = \frac{D_A}{UAE}$   
 $D_H = \frac{29,83}{8760} = 0,0034055 \frac{\$}{h}$

#### A.2. Corrección por inflación:

- $Corrección = \frac{\%Inflación * vida\ útil * Co}{horas\ vida\ útil}$   
 $Corrección = \frac{-0,002 * 8 * 334}{70080} = -0,000076 \frac{\$}{h}$

#### A.3. Seguros:

- $Seguro = 0,0034315 \frac{\$}{h}$

$$\color{red}{\oplus} \text{ Costo de Propiedad} = \text{Depreciación} + \text{Corr. por inflación} + \text{Seguros}$$

$$\color{red}{\oplus} \text{ Costo de Propiedad} = 0,003405 - 0,000076 + 0,0034315 = 0,006761 \frac{\$}{h}$$

#### B. Costo de Operación:

Costo horario en tensión media: 0,09975 \$/Kw\*h

- $\text{Costo de Operación} = \text{Consumo} * \text{Costo horario en tensión media}$

$$\text{Costo de Operación} = 0 * 0,09975 = 0 \frac{\$}{h}$$

C. Costo de Mantenimiento:

Valor anual de calibración y mantenimiento: 0\$/año

- $$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{\text{Valor anual}}{\text{Días del año} * \text{hora al día}}$$

$$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{0}{365 \text{ días} * 24 \text{ horas}} = 0 \frac{\$}{h}$$

D. Costo horario de equipo:

- $$\text{Costo horario}_{\text{equipo}} = C. \text{ de Propiedad} + C. \text{ de Operación} + C. \text{ de Mantenimiento}$$

$$\text{Costo horario}_{\text{equipo}} = 0,006761 + 0 + 0 = 0,006761 \frac{\$}{h}$$

✓ Matraz de 50 cc:

Año de compra: 2016

Año actual: 2018

VUE: 3 años

Co: \$40

Cr: \$1

Horas vida útil: 26280 horas

A. Costo de Propiedad:

A.1. Depreciación:

- $$D_A = \frac{C_o - C_r}{VUE}$$

$$D_A = \frac{40 - 1}{8} = 13 \frac{\$}{\text{año}}$$

- $UAE = \frac{\text{horas de vida útil}}{\text{años de vida útil}}$   
 $UAE = \frac{26280}{3} = 8760 \frac{h}{\text{año}}$
- $D_H = \frac{D_A}{UAE}$   
 $D_H = \frac{13}{8760} = 0,001484 \frac{\$}{h}$

#### A.2. Corrección por inflación:

- $Corrección = \frac{\%Inflación * vida\ útil * Co}{horas\ vida\ útil}$   
 $Corrección = \frac{-0,002 * 3 * 40}{26280} = -0,000009 \frac{\$}{h}$

#### A.3. Seguros:

- $Seguro = 0,000411 \frac{\$}{h}$

$$\color{red}{\oplus} \text{ Costo de Propiedad} = \text{Depreciación} + \text{Corr. por inflación} + \text{Seguros}$$

$$\color{red}{\oplus} \text{ Costo de Propiedad} = 0,001484 - 0,000009 + 0,0004110 = 0,001886 \frac{\$}{h}$$

#### B. Costo de Operación:

Costo horario en tensión media: 0,09975 \$/Kw\*h

- $\text{Costo de Operación} = \text{Consumo} * \text{Costo horario en tensión media}$

$$\text{Costo de Operación} = 0 * 0,09975 = 0 \frac{\$}{h}$$

C. Costo de Mantenimiento:

Valor anual de calibración y mantenimiento: 0\$/año

- $$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{\text{Valor anual}}{\text{Días del año} * \text{hora al día}}$$

$$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{0}{365 \text{ días} * 24 \text{ horas}} = 0 \frac{\$}{h}$$

D. Costo horario de equipo:

- $$\text{Costo horario}_{\text{equipo}} = C. \text{ de Propiedad} + C. \text{ de Operación} + C. \text{ de Mantenimiento}$$

$$\text{Costo horario}_{\text{equipo}} = 0,001886 + 0 + 0 = 0,001886 \frac{\$}{h}$$

✓ Recipiente de aluminio:

Año de compra: 2014

Año actual: 2018

VUE: 3 años

Co: \$20

Cr: \$1

Horas vida útil: 26280 horas

A. Costo de Propiedad:

A.1. Depreciación:

- $$D_A = \frac{C_o - C_r}{VUE}$$

$$D_A = \frac{20 - 1}{3} = 6,33 \frac{\$}{\text{año}}$$

- $$UAE = \frac{\text{horas de vida útil}}{\text{años de vida útil}}$$

$$UAE = \frac{26280}{3} = 8760 \frac{h}{\text{año}}$$
- $$D_H = \frac{D_A}{UAE}$$

$$D_H = \frac{6,33}{8760} = 0,0007229 \frac{\$}{h}$$

#### A.2. Corrección por inflación:

- $$\text{Corrección} = \frac{\%Inflación * \text{vida útil} * Co}{\text{horas vida útil}}$$

$$\text{Corrección} = \frac{-0,002 * 3 * 20}{26280} = -0,00005 \frac{\$}{h}$$

#### A.3. Seguros:

- $$\text{Seguro} = 0,00002055 \frac{\$}{h}$$

$$\text{Costo de Propiedad} = \text{Depreciación} + \text{Corr. por inflación} + \text{Seguros}$$

$$\text{Costo de Propiedad} = 0,0007229 - 0,000005 + 0,0002055 = 0,000924 \frac{\$}{h}$$

#### B. Costo de Operación:

Costo horario en tensión media: 0,09975 \$/Kw\*h

- $$\text{Costo de Operación} = \text{Consumo} * \text{Costo horario en tensión media}$$

$$\text{Costo de Operación} = 0 * 0,09975 = 0 \frac{\$}{h}$$

C. Costo de Mantenimiento:

Valor anual de calibración y mantenimiento: 0\$/año

- $Costo\ de\ Mantenimiento = \frac{Valor\ anual}{Dias\ del\ año * hora\ al\ dia}$

$$Costo\ de\ Mantenimiento = \frac{0}{365\ dias * 24\ horas} = 0 \frac{\$}{h}$$

D. Costo horario de equipo:

- $Costo\ horario_{equipo} = C.\ de\ Propiedad + C.\ de\ Operación + C.\ de\ Mantenimiento$

$$Costo\ horario_{equipo} = 0,000924 + 0 + 0 = 0,000924 \frac{\$}{h}$$

✓ Tamiz 3/4":

Año de compra: 2016

Año actual: 2018

VUE: 3 años

Co: \$84

Cr: \$1

Horas vida útil: 26280 horas

A. Costo de Propiedad:

A.1. Depreciación:

- $D_A = \frac{C_o - C_r}{VUE}$

$$D_A = \frac{84 - 1}{3} = 27,67 \frac{\$}{año}$$

- $$UAE = \frac{\text{horas de vida útil}}{\text{años de vida útil}}$$

$$UAE = \frac{26280}{3} = 8760 \frac{h}{\text{año}}$$
- $$D_H = \frac{D_A}{UAE}$$

$$D_H = \frac{27,67}{8760} = 0,0031583 \frac{\$}{h}$$

#### A.2. Corrección por inflación:

- $$\text{Corrección} = \frac{\% \text{Inflación} * \text{vida útil} * Co}{\text{horas vida útil}}$$

$$\text{Corrección} = \frac{-0,002 * 3 * 84}{26280} = -0,000019 \frac{\$}{h}$$

#### A.3. Seguros:

- $$\text{Seguro} = 0,0008630 \frac{\$}{h}$$

$$\text{Costo de Propiedad} = \text{Depreciación} + \text{Corr. por inflación} + \text{Seguros}$$

$$\text{Costo de Propiedad} = 0,0031583 - 0,000019 + 0,0008630 = 0,004002 \frac{\$}{h}$$

#### B. Costo de Operación:

Costo horario en tensión media: 0,09975 \$/Kw\*h

- $$\text{Costo de Operación} = \text{Consumo} * \text{Costo horario en tensión media}$$

$$\text{Costo de Operación} = 0 * 0,09975 = 0 \frac{\$}{h}$$

C. Costo de Mantenimiento:

Valor anual de calibración y mantenimiento: 0\$/año

- $$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{\text{Valor anual}}{\text{Días del año} * \text{hora al día}}$$

$$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{0}{365 \text{ días} * 24 \text{ horas}} = 0 \frac{\$}{h}$$

D. Costo horario de equipo:

- $$\text{Costo horario}_{\text{equipo}} = C. \text{ de Propiedad} + C. \text{ de Operación} + C. \text{ de Mantenimiento}$$

$$\text{Costo horario}_{\text{equipo}} = 0,004002 + 0 + 0 = 0,004002 \frac{\$}{h}$$

✓ Tamiz 3/8":

Año de compra: 2016

Año actual: 2018

VUE: 3 años

Co: \$95

Cr: \$1

Horas vida útil: 26280 horas

A. Costo de Propiedad:

A.1. Depreciación:

- $$D_A = \frac{C_o - C_r}{VUE}$$

$$D_A = \frac{95 - 1}{3} = 31,33 \frac{\$}{\text{año}}$$

- $$UAE = \frac{\text{horas de vida útil}}{\text{años de vida útil}}$$

$$UAE = \frac{26280}{3} = 8760 \frac{h}{\text{año}}$$
- $$D_H = \frac{D_A}{UAE}$$

$$D_H = \frac{31,33}{8760} = 0,0035768 \frac{\$}{h}$$

#### A.2. Corrección por inflación:

- $$\text{Corrección} = \frac{\%Inflación * \text{vida útil} * Co}{\text{horas vida útil}}$$

$$\text{Corrección} = \frac{-0,002 * 3 * 95}{26280} = -0,000022 \frac{\$}{h}$$

#### A.3. Seguros:

- $$\text{Seguro} = 0,0009760 \frac{\$}{h}$$

$$\text{Costo de Propiedad} = \text{Depreciación} + \text{Corr. por inflación} + \text{Seguros}$$

$$\text{Costo de Propiedad} = 0,0035768 - 0,000022 + 0,0009760 = 0,004531 \frac{\$}{h}$$

#### B. Costo de Operación:

Costo horario en tensión media: 0,09975 \$/Kw\*h

- $$\text{Costo de Operación} = \text{Consumo} * \text{Costo horario en tensión media}$$

$$\text{Costo de Operación} = 0 * 0,09975 = 0 \frac{\$}{h}$$

C. Costo de Mantenimiento:

Valor anual de calibración y mantenimiento: 0\$/año

- $$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{\text{Valor anual}}{\text{Días del año} * \text{hora al día}}$$

$$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{0}{365 \text{ días} * 24 \text{ horas}} = 0 \frac{\$}{h}$$

D. Costo horario de equipo:

- $$\text{Costo horario}_{\text{equipo}} = C. \text{ de Propiedad} + C. \text{ de Operación} + C. \text{ de Mantenimiento}$$

$$\text{Costo horario}_{\text{equipo}} = 0,004531 + 0 + 0 = 0,004531 \frac{\$}{h}$$

✓ Tamiz N4:

Año de compra: 2016

Año actual: 2018

VUE: 3 años

Co: \$84

Cr: \$1

Horas vida útil: 26280 horas

A. Costo de Propiedad:

A.1. Depreciación:

- $$D_A = \frac{C_o - C_r}{VUE}$$

$$D_A = \frac{84 - 1}{3} = 27,67 \frac{\$}{\text{año}}$$

- $$UAE = \frac{\text{horas de vida útil}}{\text{años de vida útil}}$$

$$UAE = \frac{26280}{3} = 8760 \frac{h}{\text{año}}$$
- $$D_H = \frac{D_A}{UAE}$$

$$D_H = \frac{27,67}{8760} = 0,0031583 \frac{\$}{h}$$

#### A.2. Corrección por inflación:

- $$\text{Corrección} = \frac{\% \text{Inflación} * \text{vida útil} * Co}{\text{horas vida útil}}$$

$$\text{Corrección} = \frac{-0,002 * 3 * 84}{26280} = -0,000019 \frac{\$}{h}$$

#### A.3. Seguros:

- $$\text{Seguro} = 0,0008630 \frac{\$}{h}$$

$$\text{Costo de Propiedad} = \text{Depreciación} + \text{Corr. por inflación} + \text{Seguros}$$

$$\text{Costo de Propiedad} = 0,0031583 - 0,000019 + 0,0008630 = 0,004002$$

#### B. Costo de Operación:

Costo horario en tensión media: 0,09975 \$/Kw\*h

- $$\text{Costo de Operación} = \text{Consumo} * \text{Costo horario en tensión media}$$

$$\text{Costo de Operación} = 0 * 0,09975 = 0 \frac{\$}{h}$$

C. Costo de Mantenimiento:

Valor anual de calibración y mantenimiento: 0\$/año

- $$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{\text{Valor anual}}{\text{Días del año} * \text{hora al día}}$$

$$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{0}{365 \text{ días} * 24 \text{ horas}} = 0 \frac{\$}{h}$$

D. Costo horario de equipo:

- $$\text{Costo horario}_{\text{equipo}} = C. \text{ de Propiedad} + C. \text{ de Operación} + C. \text{ de Mantenimiento}$$

$$\text{Costo horario}_{\text{equipo}} = 0,004002 + 0 + 0 = 0,004002 \frac{\$}{h}$$

✓ Tamiz N10:

Año de compra: 2016

Año actual: 2018

VUE: 3 años

Co: \$91

Cr: \$1

Horas vida útil: 26280 horas

A. Costo de Propiedad:

A.1. Depreciación:

- $$D_A = \frac{C_o - C_r}{VUE}$$

$$D_A = \frac{91 - 1}{3} = 30 \frac{\$}{\text{año}}$$

- $$UAE = \frac{\text{horas de vida útil}}{\text{años de vida útil}}$$

$$UAE = \frac{26280}{3} = 8760 \frac{h}{\text{año}}$$
- $$D_H = \frac{D_A}{UAE}$$

$$D_H = \frac{30}{8760} = 0,0034246 \frac{\$}{h}$$

#### A.2. Corrección por inflación:

- $$\text{Corrección} = \frac{\%Inflación * \text{vida útil} * Co}{\text{horas vida útil}}$$

$$\text{Corrección} = \frac{-0,002 * 3 * 91}{26280} = -0,000021 \frac{\$}{h}$$

#### A.3. Seguros:

- $$\text{Seguro} = 0,0009349 \frac{\$}{h}$$

$$\text{Costo de Propiedad} = \text{Depreciación} + \text{Corr. por inflación} + \text{Seguros}$$

$$\text{Costo de Propiedad} = 0,00342466 - 0,000021 + 0,0009349 = 0,004339 \frac{\$}{h}$$

#### B. Costo de Operación:

Costo horario en tensión media: 0,09975 \$/Kw\*h

- $$\text{Costo de Operación} = \text{Consumo} * \text{Costo horario en tensión media}$$

$$\text{Costo de Operación} = 0 * 0,09975 = 0 \frac{\$}{h}$$

C. Costo de Mantenimiento:

Valor anual de calibración y mantenimiento: 0\$/año

- $$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{\text{Valor anual}}{\text{Días del año} * \text{hora al día}}$$

$$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{0}{365 \text{ días} * 24 \text{ horas}} = 0 \frac{\$}{h}$$

D. Costo horario de equipo:

- $$\text{Costo horario}_{\text{equipo}} = C. \text{ de Propiedad} + C. \text{ de Operación} + C. \text{ de Mantenimiento}$$

$$\text{Costo horario}_{\text{equipo}} = 0,004339 + 0 + 0 = 0,004339 \frac{\$}{h}$$

✓ Tamiz N40:

Año de compra: 2016

Año actual: 2018

VUE: 3 años

Co: \$88

Cr: \$1

Horas vida útil: 26280 horas

A. Costo de Propiedad:

A.1. Depreciación:

- $$D_A = \frac{C_o - C_r}{VUE}$$

$$D_A = \frac{88 - 1}{3} = 29 \frac{\$}{\text{año}}$$

- $$UAE = \frac{\text{horas de vida útil}}{\text{años de vida útil}}$$

$$UAE = \frac{26280}{3} = 8760 \frac{h}{\text{año}}$$
- $$D_H = \frac{D_A}{UAE}$$

$$D_H = \frac{29}{8760} = 0,0033105 \frac{\$}{h}$$

#### A.2. Corrección por inflación:

- $$\text{Corrección} = \frac{\%Inflación * \text{vida útil} * Co}{\text{horas vida útil}}$$

$$\text{Corrección} = \frac{-0,002 * 3 * 88}{26280} = -0,000020 \frac{\$}{h}$$

#### A.3. Seguros:

- $$\text{Seguro} = 0,0009041 \frac{\$}{h}$$

$$\text{Costo de Propiedad} = \text{Depreciación} + \text{Corr. por inflación} + \text{Seguros}$$

$$\text{Costo de Propiedad} = 0,0033105 - 0,000020 + 0,0009041 = 0,004195 \frac{\$}{h}$$

#### B. Costo de Operación:

Costo horario en tensión media: 0,09975 \$/Kw\*h

- $$\text{Costo de Operación} = \text{Consumo} * \text{Costo horario en tensión media}$$

$$\text{Costo de Operación} = 0 * 0,09975 = 0 \frac{\$}{h}$$

C. Costo de Mantenimiento:

Valor anual de calibración y mantenimiento: 0\$/año

- $$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{\text{Valor anual}}{\text{Días del año} * \text{hora al día}}$$

$$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{0}{365 \text{ días} * 24 \text{ horas}} = 0 \frac{\$}{h}$$

D. Costo horario de equipo:

- $$\text{Costo horario}_{\text{equipo}} = C. \text{ de Propiedad} + C. \text{ de Operación} + C. \text{ de Mantenimiento}$$

$$\text{Costo horario}_{\text{equipo}} = 0,004195 + 0 + 0 = 0,004195 \frac{\$}{h}$$

✓ Tamiz N200:

Año de compra: 2016

Año actual: 2018

VUE: 3 años

Co: \$130

Cr: \$1

Horas vida útil: 26280 horas

A. Costo de Propiedad:

A.1. Depreciación:

- $$D_A = \frac{C_o - C_r}{VUE}$$

$$D_A = \frac{130 - 1}{3} = 43 \frac{\$}{\text{año}}$$

- $$UAE = \frac{\text{horas de vida útil}}{\text{años de vida útil}}$$

$$UAE = \frac{26280}{3} = 8760 \frac{h}{\text{año}}$$
- $$D_H = \frac{D_A}{UAE}$$

$$D_H = \frac{43}{8760} = 0,004908 \frac{\$}{h}$$

#### A.2. Corrección por inflación:

- $$\text{Corrección} = \frac{\% \text{Inflación} * \text{vida útil} * Co}{\text{horas vida útil}}$$

$$\text{Corrección} = \frac{-0,002 * 3 * 130}{26280} = -0,000030 \frac{\$}{h}$$

#### A.3. Seguros:

- $$\text{Seguro} = 0,0013356 \frac{\$}{h}$$

$$\text{Costo de Propiedad} = \text{Depreciación} + \text{Corr. por inflación} + \text{Seguros}$$

$$\text{Costo de Propiedad} = 0,004908 - 0,000030 + 0,0013356 = 0,006215 \frac{\$}{h}$$

#### B. Costo de Operación:

Costo horario en tensión media: 0,09975 \$/Kw\*h

- $$\text{Costo de Operación} = \text{Consumo} * \text{Costo horario en tensión media}$$

$$\text{Costo de Operación} = 0 * 0,09975 = 0 \frac{\$}{h}$$

C. Costo de Mantenimiento:

Valor anual de calibración y mantenimiento: 0\$/año

- $$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{\text{Valor anual}}{\text{Días del año} * \text{hora al día}}$$

$$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{0}{365 \text{ días} * 24 \text{ horas}} = 0 \frac{\$}{h}$$

D. Costo horario de equipo:

- $$\text{Costo horario}_{\text{equipo}} = C. \text{ de Propiedad} + C. \text{ de Operación} + C. \text{ de Mantenimiento}$$

$$\text{Costo horario}_{\text{equipo}} = 0,006215 + 0 + 0 = 0,006215 \frac{\$}{h}$$

✓ Probeta graduada de 250 cc:

Año de compra: 2016

Año actual: 2018

VUE: 3 años

Co: \$25

Cr: \$1

Horas vida útil: 26280 horas

A. Costo de Propiedad:

A.1. Depreciación:

- $$D_A = \frac{C_o - C_r}{VUE}$$
$$D_A = \frac{25 - 1}{3} = 8 \frac{\$}{\text{año}}$$

- $$UAE = \frac{\text{horas de vida útil}}{\text{años de vida útil}}$$

$$UAE = \frac{26280}{3} = 8760 \frac{h}{\text{año}}$$
- $$D_H = \frac{D_A}{UAE}$$

$$D_H = \frac{8}{8760} = 0,00091324 \frac{\$}{h}$$

#### A.2. Corrección por inflación:

- $$\text{Corrección} = \frac{\%Inflación * \text{vida útil} * Co}{\text{horas vida útil}}$$

$$\text{Corrección} = \frac{-0,002 * 3 * 25}{26280} = -0,000006 \frac{\$}{h}$$

#### A.3. Seguros:

- $$\text{Seguro} = 0,0002568 \frac{\$}{h}$$

✚ 
$$\text{Costo de Propiedad} = \text{Depreciación} + \text{Corr. por inflación} + \text{Seguros}$$

✚ 
$$\text{Costo de Propiedad} = 0,00091324 - 0,000006 + 0,0002568 = 0,001164 \frac{\$}{h}$$

#### B. Costo de Operación:

Costo horario en tensión media: 0,09975 \$/Kw\*h

- $$\text{Costo de Operación} = \text{Consumo} * \text{Costo horario en tensión media}$$

$$\text{Costo de Operación} = 0 * 0,09975 = 0 \frac{\$}{h}$$

C. Costo de Mantenimiento:

Valor anual de calibración y mantenimiento: 0\$/año

- $$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{\text{Valor anual}}{\text{Días del año} * \text{hora al día}}$$

$$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{0}{365 \text{ días} * 24 \text{ horas}} = 0 \frac{\$}{h}$$

D. Costo horario de equipo:

- $$\text{Costo horario}_{\text{equipo}} = C. \text{ de Propiedad} + C. \text{ de Operación} + C. \text{ de Mantenimiento}$$

$$\text{Costo horario}_{\text{equipo}} = 0,001164 + 0 + 0 = 0,001164 \frac{\$}{h}$$

✓ Cronómetro:

Año de compra: 2016

Año actual: 2018

VUE: 3 años

Co: \$25

Cr: \$1

Horas vida útil: 26280 horas

A. Costo de Propiedad:

A.1. Depreciación:

- $$D_A = \frac{C_o - C_r}{VUE}$$
$$D_A = \frac{25 - 1}{3} = 8 \frac{\$}{\text{año}}$$

- $$UAE = \frac{\text{horas de vida útil}}{\text{años de vida útil}}$$

$$UAE = \frac{26280}{3} = 8760 \frac{h}{\text{año}}$$
- $$D_H = \frac{D_A}{UAE}$$

$$D_H = \frac{8}{8760} = 0,00091324 \frac{\$}{h}$$

#### A.2. Corrección por inflación:

- $$\text{Corrección} = \frac{\%Inflación * \text{vida útil} * Co}{\text{horas vida útil}}$$

$$\text{Corrección} = \frac{-0,002 * 3 * 25}{26280} = -0,000006 \frac{\$}{h}$$

#### A.3. Seguros:

- $$\text{Seguro} = 0,0002568 \frac{\$}{h}$$

$$\text{Costo de Propiedad} = \text{Depreciación} + \text{Corr. por inflación} + \text{Seguros}$$

$$\text{Costo de Propiedad} = 0,00091324 - 0,000006 + 0,0002568 = 0,001164 \frac{\$}{h}$$

#### B. Costo de Operación:

Costo horario en tensión media: 0,09975 \$/Kw\*h

- $$\text{Costo de Operación} = \text{Consumo} * \text{Costo horario en tensión media}$$

$$\text{Costo de Operación} = 0 * 0,09975 = 0 \frac{\$}{h}$$

C. Costo de Mantenimiento:

Valor anual de calibración y mantenimiento: 0\$/año

- $$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{\text{Valor anual}}{\text{Días del año} * \text{hora al día}}$$

$$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{0}{365 \text{ días} * 24 \text{ horas}} = 0 \frac{\$}{h}$$

D. Costo horario de equipo:

- $$\text{Costo horario}_{\text{equipo}} = C. \text{ de Propiedad} + C. \text{ de Operación} + C. \text{ de Mantenimiento}$$

$$\text{Costo horario}_{\text{equipo}} = 0,001164 + 0 + 0 = 0,001164 \frac{\$}{h}$$

✓ Hidrómetro:

Año de compra: 2009

Año actual: 2018

VUE: 3 años

Co: \$90

Cr: \$1

Horas vida útil: 70080 horas

A. Costo de Propiedad:

A.1. Depreciación:

- $$D_A = \frac{C_o - C_r}{VUE}$$

$$D_A = \frac{90 - 1}{8} = 11,13 \frac{\$}{\text{año}}$$

- $$UAE = \frac{\text{horas de vida útil}}{\text{años de vida útil}}$$

$$UAE = \frac{70080}{8} = 8760 \frac{h}{\text{año}}$$
- $$D_H = \frac{D_A}{UAE}$$

$$D_H = \frac{11,13}{8760} = 0,00126998 \frac{\$}{h}$$

#### A.2. Corrección por inflación:

- $$\text{Corrección} = \frac{\%Inflación * \text{vida útil} * Co}{\text{horas vida útil}}$$

$$\text{Corrección} = \frac{-0,002 * 8 * 90}{70080} = -0,000021 \frac{\$}{h}$$

#### A.3. Seguros:

- $$\text{Seguro} = 0,0009247 \frac{\$}{h}$$

✚ 
$$\text{Costo de Propiedad} = \text{Depreciación} + \text{Corr. por inflación} + \text{Seguros}$$

✚ 
$$\text{Costo de Propiedad} = 0,00126998 - 0,000021 + 0,0009247 = 0,002174 \frac{\$}{h}$$

#### B. Costo de Operación:

Costo horario en tensión media: 0,09975 \$/Kw\*h

- $$\text{Costo de Operación} = \text{Consumo} * \text{Costo horario en tensión media}$$

$$\text{Costo de Operación} = 0 * 0,09975 = 0 \frac{\$}{h}$$

C. Costo de Mantenimiento:

Valor anual de calibración y mantenimiento: 0\$/año

- $$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{\text{Valor anual}}{\text{Días del año} * \text{hora al día}}$$

$$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{0}{365 \text{ días} * 24 \text{ horas}} = 0 \frac{\$}{h}$$

D. Costo horario de equipo:

- $$\text{Costo horario}_{\text{equipo}} = C. \text{ de Propiedad} + C. \text{ de Operación} + C. \text{ de Mantenimiento}$$

$$\text{Costo horario}_{\text{equipo}} = 0,002174 + 0 + 0 = 0,002174 \frac{\$}{h}$$

✓ Espátula metálica:

Año de compra: 2016

Año actual: 2018

VUE: 1 años

Co: \$3,50

Cr: \$1

Horas vida útil: 8760 horas

A. Costo de Propiedad:

A.1. Depreciación:

- $$D_A = \frac{C_o - C_r}{VUE}$$

$$D_A = \frac{3,50 - 1}{1} = 2,50 \frac{\$}{\text{año}}$$

- $$UAE = \frac{\text{horas de vida útil}}{\text{años de vida útil}}$$

$$UAE = \frac{8760}{1} = 8760 \frac{h}{\text{año}}$$

- $$D_H = \frac{D_A}{UAE}$$

$$D_H = \frac{2,50}{8760} = 0,00028539 \frac{\$}{h}$$

A.2. Corrección por inflación:

- $$\text{Corrección} = \frac{\% \text{Inflación} * \text{vida útil} * Co}{\text{horas vida útil}}$$

$$\text{Corrección} = \frac{-0,002 * 1 * 3,50}{8760} = -0,000001 \frac{\$}{h}$$

A.3. Seguros:

- $$\text{Seguro} = 0,0000360 \frac{\$}{h}$$

$$\text{Costo de Propiedad} = \text{Depreciación} + \text{Corr. por inflación} + \text{Seguros}$$

$$\text{Costo de Propiedad} = 0,00028539 - 0,000001 + 0,0000360 = 0,000321 \frac{\$}{h}$$

B. Costo de Operación:

Costo horario en tensión media: 0,09975 \$/Kw\*h

- $$\text{Costo de Operación} = \text{Consumo} * \text{Costo horario en tensión media}$$

$$\text{Costo de Operación} = 0 * 0,09975 = 0 \frac{\$}{h}$$

C. Costo de Mantenimiento:

Valor anual de calibración y mantenimiento: 0\$/año

- $$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{\text{Valor anual}}{\text{Días del año} * \text{hora al día}}$$

$$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{0}{365 \text{ días} * 24 \text{ horas}} = 0 \frac{\$}{h}$$

D. Costo horario de equipo:

- $$\text{Costo horario}_{\text{equipo}} = C. \text{ de Propiedad} + C. \text{ de Operación} + C. \text{ de Mantenimiento}$$

$$\text{Costo horario}_{\text{equipo}} = 0,000321 + 0 + 0 = 0,000321 \frac{\$}{h}$$

✓ Placa de vidrio:

Año de compra: 2016

Año actual: 2018

VUE: 1 años

Co: \$10

Cr: \$1

Horas vida útil: 8760 horas

A. Costo de Propiedad:

A.1. Depreciación:

- $$D_A = \frac{C_o - C_r}{VUE}$$
$$D_A = \frac{10 - 1}{1} = 9 \frac{\$}{\text{año}}$$

- $$UAE = \frac{\text{horas de vida útil}}{\text{años de vida útil}}$$

$$UAE = \frac{8760}{1} = 8760 \frac{h}{\text{año}}$$
- $$D_H = \frac{D_A}{UAE}$$

$$D_H = \frac{9}{8760} = 0,0010274 \frac{\$}{h}$$

#### A.2. Corrección por inflación:

- $$\text{Corrección} = \frac{\%Inflación * \text{vida útil} * Co}{\text{horas vida útil}}$$

$$\text{Corrección} = \frac{-0,002 * 1 * 9}{8760} = -0,000002 \frac{\$}{h}$$

#### A.3. Seguros:

- $$\text{Seguro} = 0,0001027 \frac{\$}{h}$$

✚ 
$$\text{Costo de Propiedad} = \text{Depreciación} + \text{Corr. por inflación} + \text{Seguros}$$

✚ 
$$\text{Costo de Propiedad} = 0,0010274 - 0,000002 + 0,0001027 = 0,001128 \frac{\$}{h}$$

#### B. Costo de Operación:

Costo horario en tensión media: 0,09975 \$/Kw\*h

- $$\text{Costo de Operación} = \text{Consumo} * \text{Costo horario en tensión media}$$

$$\text{Costo de Operación} = 0 * 0,09975 = 0 \frac{\$}{h}$$

C. Costo de Mantenimiento:

Valor anual de calibración y mantenimiento: 0\$/año

- $$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{\text{Valor anual}}{\text{Días del año} * \text{hora al día}}$$

$$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{0}{365 \text{ días} * 24 \text{ horas}} = 0 \frac{\$}{h}$$

D. Costo horario de equipo:

- $$\text{Costo horario}_{\text{equipo}} = C. \text{ de Propiedad} + C. \text{ de Operación} + C. \text{ de Mantenimiento}$$

$$\text{Costo horario}_{\text{equipo}} = 0,001128 + 0 + 0 = 0,001128 \frac{\$}{h}$$

✓ Recipiente para mezclado:

Año de compra: 2016

Año actual: 2018

VUE: 3 años

Co: \$15

Cr: \$1

Horas vida útil: 26280 horas

A. Costo de Propiedad:

A.1. Depreciación:

- $$D_A = \frac{C_o - C_r}{VUE}$$

$$D_A = \frac{15 - 1}{3} = 4,67 \frac{\$}{\text{año}}$$

- $$UAE = \frac{\text{horas de vida útil}}{\text{años de vida útil}}$$

$$UAE = \frac{26280}{3} = 8760 \frac{h}{\text{año}}$$
- $$D_H = \frac{D_A}{UAE}$$

$$D_H = \frac{4,67}{8760} = 0,00053272 \frac{\$}{h}$$

#### A.2. Corrección por inflación:

- $$\text{Corrección} = \frac{\%Inflación * \text{vida útil} * Co}{\text{horas vida útil}}$$

$$\text{Corrección} = \frac{-0,002 * 3 * 15}{8760} = -0,000003 \frac{\$}{h}$$

#### A.3. Seguros:

- $$\text{Seguro} = 0,0001541 \frac{\$}{h}$$

✚ 
$$\text{Costo de Propiedad} = \text{Depreciación} + \text{Corr. por inflación} + \text{Seguros}$$

✚ 
$$\text{Costo de Propiedad} = 0,00053272 - 0,000003 + 0,0002541 = 0,000683 \frac{\$}{h}$$

#### B. Costo de Operación:

Costo horario en tensión media: 0,09975 \$/Kw\*h

- $$\text{Costo de Operación} = \text{Consumo} * \text{Costo horario en tensión media}$$

$$\text{Costo de Operación} = 0 * 0,09975 = 0 \frac{\$}{h}$$

C. Costo de Mantenimiento:

Valor anual de calibración y mantenimiento: 0\$/año

- $$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{\text{Valor anual}}{\text{Días del año} * \text{hora al día}}$$

$$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{0}{365 \text{ días} * 24 \text{ horas}} = 0 \frac{\$}{h}$$

D. Costo horario de equipo:

- $$\text{Costo horario}_{\text{equipo}} = C. \text{ de Propiedad} + C. \text{ de Operación} + C. \text{ de Mantenimiento}$$

$$\text{Costo horario}_{\text{equipo}} = 0,000683 + 0 + 0 = 0,000683 \frac{\$}{h}$$

✓ Bandeja metálica:

Año de compra: 2016

Año actual: 2018

VUE: 3 años

Co: \$52,55

Cr: \$1

Horas vida útil: 26280horas

A. Costo de Propiedad:

A.1. Depreciación:

- $$D_A = \frac{C_o - C_r}{VUE}$$

$$D_A = \frac{52,55 - 1}{3} = 17,18 \frac{\$}{\text{año}}$$

- $$UAE = \frac{\text{horas de vida útil}}{\text{años de vida útil}}$$

$$UAE = \frac{26280}{3} = 8760 \frac{h}{\text{año}}$$
- $$D_H = \frac{D_A}{UAE}$$

$$D_H = \frac{17,18}{8760} = 0,00196157 \frac{\$}{h}$$

#### A.2. Corrección por inflación:

- $$\text{Corrección} = \frac{\%Inflación * \text{vida útil} * Co}{\text{horas vida útil}}$$

$$\text{Corrección} = \frac{-0,002 * 3 * 52,55}{8760} = -0,000012 \frac{\$}{h}$$

#### A.3. Seguros:

- $$\text{Seguro} = 0,0005399 \frac{\$}{h}$$

✚ 
$$\text{Costo de Propiedad} = \text{Depreciación} + \text{Corr. por inflación} + \text{Seguros}$$

✚ 
$$\text{Costo de Propiedad} = 0,00196157 - 0,000012 + 0,0005399 = 0,002489 \frac{\$}{h}$$

#### B. Costo de Operación:

Costo horario en tensión media: 0,09975 \$/Kw\*h

- $$\text{Costo de Operación} = \text{Consumo} * \text{Costo horario en tensión media}$$

$$\text{Costo de Operación} = 0 * 0,09975 = 0 \frac{\$}{h}$$

C. Costo de Mantenimiento:

Valor anual de calibración y mantenimiento: 0\$/año

- $$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{\text{Valor anual}}{\text{Días del año} * \text{hora al día}}$$

$$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{0}{365 \text{ días} * 24 \text{ horas}} = 0 \frac{\$}{h}$$

D. Costo horario de equipo:

- $$\text{Costo horario}_{\text{equipo}} = C. \text{ de Propiedad} + C. \text{ de Operación} + C. \text{ de Mantenimiento}$$

$$\text{Costo horario}_{\text{equipo}} = 0,002489 + 0 + 0 = 0,002489 \frac{\$}{h}$$

✓ Moldes de compactación:

Año de compra: 1976

Año actual: 2018

VUE: 5 años

Co: \$17,44

Cr: \$1

Horas vida útil: 43800 horas

A. Costo de Propiedad:

A.1. Depreciación:

- $$D_A = \frac{C_o - C_r}{VUE}$$

$$D_A = \frac{17,44 - 1}{5} = 3,29 \frac{\$}{\text{año}}$$

- $$UAE = \frac{\text{horas de vida útil}}{\text{años de vida útil}}$$

$$UAE = \frac{43800}{5} = 8760 \frac{h}{\text{año}}$$
- $$D_H = \frac{D_A}{UAE}$$

$$D_H = \frac{3,29}{8760} = 0,00037534 \frac{\$}{h}$$

#### A.2. Corrección por inflación:

- $$\text{Corrección} = \frac{\%Inflación * \text{vida útil} * Co}{\text{horas vida útil}}$$

$$\text{Corrección} = \frac{-0,002 * 5 * 17,44}{8760} = -0,000004 \frac{\$}{h}$$

#### A.3. Seguros:

- $$\text{Seguro} = 0,0001792 \frac{\$}{h}$$

✚ 
$$\text{Costo de Propiedad} = \text{Depreciación} + \text{Corr. por inflación} + \text{Seguros}$$

✚ 
$$\text{Costo de Propiedad} = 0,00037534 - 0,000004 + 0,0001792 = 0,000551 \frac{\$}{h}$$

#### B. Costo de Operación:

Costo horario en tensión media: 0,09975 \$/Kw\*h

- $$\text{Costo de Operación} = \text{Consumo} * \text{Costo horario en tensión media}$$

$$\text{Costo de Operación} = 0 * 0,09975 = 0 \frac{\$}{h}$$

C. Costo de Mantenimiento:

Valor anual de calibración y mantenimiento: 0\$/año

- $Costo\ de\ Mantenimiento = \frac{Valor\ anual}{Dias\ del\ año * hora\ al\ dia}$

$$Costo\ de\ Mantenimiento = \frac{0}{365\ dias * 24\ horas} = 0 \frac{\$}{h}$$

D. Costo horario de equipo:

- $Costo\ horario_{equipo} = C.\ de\ Propiedad + C.\ de\ Operación + C.\ de\ Mantenimiento$

$$Costo\ horario_{equipo} = 0,000551 + 0 + 0 = 0,000551 \frac{\$}{h}$$

✓ Martillo de compactación estándar:

Año de compra: 2014

Año actual: 2018

VUE: 5 años

Co: \$185

Cr: \$154,36

Horas vida útil: 43800 horas

A. Costo de Propiedad:

A.1. Depreciación:

- $D_A = \frac{C_o - C_r}{VUE}$

$$D_A = \frac{185 - 154,36}{5} = 6,13 \frac{\$}{año}$$

- $$UAE = \frac{\text{horas de vida útil}}{\text{años de vida útil}}$$

$$UAE = \frac{43800}{5} = 8760 \frac{h}{\text{año}}$$
- $$D_H = \frac{D_A}{UAE}$$

$$D_H = \frac{6,13}{8760} = 0,00069954 \frac{\$}{h}$$

#### A.2. Corrección por inflación:

- $$\text{Corrección} = \frac{\%Inflación * \text{vida útil} * Co}{\text{horas vida útil}}$$

$$\text{Corrección} = \frac{-0,002 * 5 * 185}{8760} = -0,000042 \frac{\$}{h}$$

#### A.3. Seguros:

- $$\text{Seguro} = 0,0019007 \frac{\$}{h}$$

$$\text{Costo de Propiedad} = \text{Depreciación} + \text{Corr. por inflación} + \text{Seguros}$$

$$\text{Costo de Propiedad} = 0,00069954 - 0,000042 + 0,0019007 = 0,002558 \frac{\$}{h}$$

#### B. Costo de Operación:

Costo horario en tensión media: 0,09975 \$/Kw\*h

- $$\text{Costo de Operación} = \text{Consumo} * \text{Costo horario en tensión media}$$

$$\text{Costo de Operación} = 0 * 0,09975 = 0 \frac{\$}{h}$$

C. Costo de Mantenimiento:

Valor anual de calibración y mantenimiento: 0\$/año

- $$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{\text{Valor anual}}{\text{Días del año} * \text{hora al día}}$$

$$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{0}{365 \text{ días} * 24 \text{ horas}} = 0 \frac{\$}{h}$$

D. Costo horario de equipo:

- $$\text{Costo horario}_{\text{equipo}} = C. \text{ de Propiedad} + C. \text{ de Operación} + C. \text{ de Mantenimiento}$$

$$\text{Costo horario}_{\text{equipo}} = 0,002558 + 0 + 0 = 0,002558 \frac{\$}{h}$$

✓ Regla metálica:

Año de compra: 2016

Año actual: 2018

VUE: 1 años

Co: \$20

Cr: \$1

Horas vida útil: 8760 horas

A. Costo de Propiedad:

A.1. Depreciación:

- $$D_A = \frac{C_o - C_r}{VUE}$$
$$D_A = \frac{20 - 1}{1} = 19 \frac{\$}{\text{año}}$$

- $$UAE = \frac{\text{horas de vida útil}}{\text{años de vida útil}}$$

$$UAE = \frac{8760}{1} = 8760 \frac{h}{\text{año}}$$

- $$D_H = \frac{19}{UAE}$$

$$D_H = \frac{19}{8760} = 0,00216895 \frac{\$}{h}$$

A.2. Corrección por inflación:

- $$\text{Corrección} = \frac{\%Inflación * \text{vida útil} * Co}{\text{horas vida útil}}$$

$$\text{Corrección} = \frac{-0,002 * 1 * 20}{8760} = -0,000005 \frac{\$}{h}$$

A.3. Seguros:

- $$\text{Seguro} = 0,0002055 \frac{\$}{h}$$

$$\text{Costo de Propiedad} = \text{Depreciación} + \text{Corr. por inflación} + \text{Seguros}$$

$$\text{Costo de Propiedad} = 0,0021689 - 0,000005 + 0,0002055 = 0,002370 \frac{\$}{h}$$

B. Costo de Operación:

Costo horario en tensión media: 0,09975 \$/Kw\*h

- $$\text{Costo de Operación} = \text{Consumo} * \text{Costo horario en tensión media}$$

$$\text{Costo de Operación} = 0 * 0,09975 = 0 \frac{\$}{h}$$

C. Costo de Mantenimiento:

Valor anual de calibración y mantenimiento: 0\$/año

- $$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{\text{Valor anual}}{\text{Días del año} * \text{hora al día}}$$

$$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{0}{365 \text{ días} * 24 \text{ horas}} = 0 \frac{\$}{h}$$

D. Costo horario de equipo:

- $$\text{Costo horario}_{\text{equipo}} = C. \text{ de Propiedad} + C. \text{ de Operación} + C. \text{ de Mantenimiento}$$

$$\text{Costo horario}_{\text{equipo}} = 0,002370 + 0 + 0 = 0,002370 \frac{\$}{h}$$

✓ Martillo con cabeza de caucho:

Año de compra: 2014

Año actual: 2018

VUE: 5 años

Co: \$80

Cr: \$1

Horas vida útil: 43800 horas

A. Costo de Propiedad:

A.1. Depreciación:

- $$D_A = \frac{C_o - C_r}{VUE}$$

$$D_A = \frac{80 - 1}{5} = 15,80 \frac{\$}{\text{año}}$$

- $$UAE = \frac{\text{horas de vida útil}}{\text{años de vida útil}}$$

$$UAE = \frac{43800}{5} = 8760 \frac{h}{\text{año}}$$
- $$D_H = \frac{15,80}{UAE}$$

$$D_H = \frac{6,13}{8760} = 0,00180365 \frac{\$}{h}$$

#### A.2. Corrección por inflación:

- $$\text{Corrección} = \frac{\%Inflación * \text{vida útil} * Co}{\text{horas vida útil}}$$

$$\text{Corrección} = \frac{-0,002 * 5 * 80}{8760} = -0,000018 \frac{\$}{h}$$

#### A.3. Seguros:

- $$\text{Seguro} = 0,0008219 \frac{\$}{h}$$

$$\text{Costo de Propiedad} = \text{Depreciación} + \text{Corr. por inflación} + \text{Seguros}$$

$$\text{Costo de Propiedad} = 0,0018036 - 0,000018 + 0,0008219 = 0,002607 \frac{\$}{h}$$

#### B. Costo de Operación:

Costo horario en tensión media: 0,09975 \$/Kw\*h

- $$\text{Costo de Operación} = \text{Consumo} * \text{Costo horario en tensión media}$$

$$\text{Costo de Operación} = 0 * 0,09975 = 0 \frac{\$}{h}$$

C. Costo de Mantenimiento:

Valor anual de calibración y mantenimiento: 0\$/año

- $$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{\text{Valor anual}}{\text{Días del año} * \text{hora al día}}$$

$$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{0}{365 \text{ días} * 24 \text{ horas}} = 0 \frac{\$}{h}$$

D. Costo horario de equipo:

- $$\text{Costo horario}_{\text{equipo}} = C. \text{ de Propiedad} + C. \text{ de Operación} + C. \text{ de Mantenimiento}$$

$$\text{Costo horario}_{\text{equipo}} = 0,002607 + 0 + 0 = 0,002607 \frac{\$}{h}$$

✓ Extractor de muestras:

Año de compra: 2009

Año actual: 2018

VUE: 5 años

Co: \$723,33

Cr: \$205,66

Horas vida útil: 43800 horas

A. Costo de Propiedad:

A.1. Depreciación:

- $$D_A = \frac{C_o - C_r}{VUE}$$

$$D_A = \frac{723,33 - 205,66}{5} = 103,53 \frac{\$}{\text{año}}$$

- $$UAE = \frac{\text{horas de vida útil}}{\text{años de vida útil}}$$

$$UAE = \frac{43800}{5} = 8760 \frac{h}{\text{año}}$$
- $$D_H = \frac{D_A}{UAE}$$

$$D_H = \frac{103,53}{8760} = 0,0118189 \frac{\$}{h}$$

#### A.2. Corrección por inflación:

- $$\text{Corrección} = \frac{\%Inflación * \text{vida útil} * Co}{\text{horas vida útil}}$$

$$\text{Corrección} = \frac{-0,002 * 5 * 723,33}{8760} = -0,000165 \frac{\$}{h}$$

#### A.3. Seguros:

- $$\text{Seguro} = 0,0074315 \frac{\$}{h}$$

✚ 
$$\text{Costo de Propiedad} = \text{Depreciación} + \text{Corr. por inflación} + \text{Seguros}$$

✚ 
$$\text{Costo de Propiedad} = 0,0118189 - 0,000165 + 0,0074315 = 0,019085 \frac{\$}{h}$$

#### B. Costo de Operación:

Costo horario en tensión media: 0,09975 \$/Kw\*h

- $$\text{Costo de Operación} = \text{Consumo} * \text{Costo horario en tensión media}$$

$$\text{Costo de Operación} = 0 * 0,09975 = 0 \frac{\$}{h}$$

C. Costo de Mantenimiento:

Valor anual de calibración y mantenimiento: 0\$/año

- $$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{\text{Valor anual}}{\text{Días del año} * \text{hora al día}}$$

$$\text{Costo de Mantenimiento} = \frac{0}{365 \text{ días} * 24 \text{ horas}} = 0 \frac{\$}{h}$$

D. Costo horario de equipo:

- $$\text{Costo horario}_{\text{equipo}} = C. \text{ de Propiedad} + C. \text{ de Operación} + C. \text{ de Mantenimiento}$$

$$\text{Costo horario}_{\text{equipo}} = 0,019085 + 0 + 0 = 0,019085 \frac{\$}{h}$$

#### 4.1.4.2. Determinación del costo horario de mano de obra utilizada para los diferentes ensayos:

Para la determinación del costo horario de mano de obra se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Costo horario}_{M.O.} = \frac{\text{Sueldo anual}}{\text{Meses al año} * 240 h}$$

✓ Laboratorista: Patricio Criollo

Sueldo anual (\$/año) = 14926,8

Meses al año (mes) = 12

Horas laborables al mes (h) = 240

- $Costo\ horario_{M.O.} = \frac{14926,8}{12*240\ h}$   
 $Costo\ horario_{M.O.} = 5,18\ \$/h$

✓ Laboratorista: José Morán

Sueldo anual (\$/año) = 16918.76

Meses al año (mes) = 12

Horas laborables al mes (h) = 240

- $Costo\ horario_{M.O.} = \frac{16918,76}{12*240\ h}$   
 $Costo\ horario_{M.O.} = 5,87\ \frac{\$}{h}$

#### 4.1.4.3. Determinación del costo indirecto para los diferentes ensayos:

Se desea una utilidad del 18%, dato dado por el laboratorio.

Responsable del área	\$ 1464,31
Director del laboratorio	\$ 2671,93
Secretaria	\$ 841,77
Conserje	\$ 915, 51
Papelería	\$ 169,92
Costo mensual de administración	= \$ 6063,44

Total de ensayos al mes: 354

- $Costo\ indirecto = \frac{\#\ total\ de\ ensayo\ al\ mes}{Costo\ total\ de\ administración\ al\ mes} * 100 + Utilidad$

$$Costo\ indirecto = \frac{354}{6063,44} * 100 + 18 = 23,84\ \% \approx 24\ \%$$

#### 4.1.4.4. Determinación del costo total de los diferentes ensayos:

##### 4.1.4.4.1. Contenido de humedad:

Tabla 26. Tiempos utilizados para realizar el ensayo de contenido de humedad

Ensayo: Contenido de humedad			
Equipo	Mano de obra	Tiempo de uso (h)	Rendimiento horario de mano de obra
Balanza aprox 0,01 gr		0,0166	
Cápsula para humedad		17	
Horno eléctrico 'HUMBOLDT'		17	
	Laboratorista		0,0667

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

- $Costo\ horario_{M.O.} = 5,18\ \$/h$
- $Costo\ horario_{balanza} = 0,070369\ \frac{\$}{h}$
- $Costo\ horario_{cápsula\ para\ humedad} = 0,000443\ \frac{\$}{h}$
- $Costo\ horario_{horno} = 0,23718\ \frac{\$}{h}$
- $Costo\ indirecto = 24\ \%$

- $Costo\ directo = \sum Costo\ horario_{equipo} * tiempo + Costo\ horario_{M.O.} * tiempo$   
 $Costo\ directo = 0,070369 * 0,0166 + 0,000443 * 17 + 0,23718 * 17 + 5,1829 * 0,0667$

$$Costo\ directo = 4,386\ \$$$

- $\text{Costo indirecto} = 0,24 * 4,386 = 1,0526 \$$
- $\text{Precio del ensayo} = \text{Costo directo} + \text{Costo indirecto}$   
 $\text{Precio del ensayo} = 4,386 + 1,0526 = 5,45 \$$

#### 4.1.4.4.2. Densidad de sólidos en suelos (método B):

Tabla 27. Tiempos utilizados para realizar el ensayo de Densidad de sólidos

Ensayo: Densidad de sólidos en suelos (Método B) - arena			
Equipo	Mano de obra	Tiempo de uso (h)	Rendimiento horario de mano de obra
Balanza aprox 0,01 gr		0,033	
Cápsula para humedad		19	
Horno eléctrico 'HUMBOLDT'		19	
Mortero de porcelana		0,08	
Pistillo de caucho		0,08	
Termómetro aprox 0,5 °C		0,05	
Matraz 50 cc		0,08	
Bomba de vacío		1,64	
	Laboratorista		0,6611

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

- $\text{Costo horario}_{M.O.} = 5,18 \$/h$
- $\text{Costo horario}_{balanza} = 0,070369 \frac{\$}{h}$
- $\text{Costo horario}_{cápsula para humedad} = 0,000443 \frac{\$}{h}$
- $\text{Costo horario}_{horno} = 0,23718 \frac{\$}{h}$
- $\text{Costo horario}_{mortero de porcelana} = 0,000924 \frac{\$}{h}$
- $\text{Costo horario}_{pistillo de caucho} = 0,000924 \frac{\$}{h}$
- $\text{Costo horario}_{termómetro} = 0,006791 \frac{\$}{h}$

- $Costo\ horario_{matraz} = 0,001886 \frac{\$}{h}$
- $Costo\ horario_{bomba\ de\ vacio} = 0,05683 \frac{\$}{h}$
- $Costo\ indirecto = 24\%$

- $Costo\ directo = \sum Costo\ horario_{equipo} * tiempo + Costo\ horario_{M.O.} * tiempo$

$$Costo\ directo = 0,07036 * 0,033 + 0,000443 * 19 + 0,23718 * 19 + 0,000924 * 19 + 0,000924 * 0,08 + 0,000924 * 0,08 + 0,006791 * 0,05 + 0,001886 * 0,08 + 0,05683 * 1,64 + 5,1829 * 0,06611$$

$$Costo\ directo = 8,046 \$$$

- $Costo\ indirecto = 0,24 * 8,046 = 1,931 \$$

- $Precio\ del\ ensayo = Costo\ directo + Costo\ indirecto$

$$Precio\ del\ ensayo = 8,046 + 1,931 = 9,98 \$$$

#### 4.1.4.4.3. Granulometría de suelos:

Tabla 28. Tiempos utilizados para realizar el ensayo de granulometría de suelos

Ensayo: Granulometría de suelos			
Equipo	Mano de obra	Tiempo de uso (h)	Rendimiento horario de mano de obra
Balanza aprox 0,01 gr		0,01667	
Recipiente de aluminio		0,01667	
Horno eléctrico 'HUMBOLDT'		16	
Tamiz 3/4"		0,03	
Tamiz 3/8"		0,03	
Tamiz # 4		0,29	
Tamiz # 10		0,03	
Tamiz # 40		0,03	
Tamiz # 200		0,29	
	Laboratorista		0,46667

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

- $Costo\ horario_{M.O.} = 5,18\ \$/h$
- $Costo\ horario_{balanza} = 0,070369\ \frac{\$}{h}$
- $Costo\ horario_{recipiente\ de\ aluminio} = 0,000924\ \frac{\$}{h}$
- $Costo\ horario_{horno} = 0,23718\ \frac{\$}{h}$
- $Costo\ horario_{tamiz\ 3/4"} = 0,00400\ \frac{\$}{h}$
- $Costo\ horario_{tamiz\ 3/8"} = 0,00453\ \frac{\$}{h}$
- $Costo\ horario_{tamiz\ #4} = 0,00400\ \frac{\$}{h}$
- $Costo\ horario_{tamiz\ #10} = 0,004339\ \frac{\$}{h}$
- $Costo\ horario_{tamiz\ #40} = 0,004195\ \frac{\$}{h}$
- $Costo\ horario_{tamiz\ #200} = 0,006215\ \frac{\$}{h}$
- $Costo\ indirecto = 24\%$

- $Costo\ directo = \sum Costo\ horario_{equipo} * tiempo + Costo\ horario_{M.O.} * tiempo$

$$Costo\ directo = 0,070369 * 0,01667 + 0,000924 * 0,01667 + 0,23718 * 16 + 0,00400 * 0,03 + 0,00453 * 0,03 + 0,0040 * 0,29 + 0,004339 * 0,03 + 0,004195 * 0,03 + 0,006215 * 0,29 + 5,18 * 0,4667$$

$$Costo\ directo = 6,218 \$$$

- $Costo\ indirecto = 0,24 * 6,218 = 1,492 \$$

- $Precio\ del\ ensayo = Costo\ directo + Costo\ indirecto$

$$Precio\ del\ ensayo = 6,218 + 1,492 = 7,71 \$$$

#### 4.1.4.4.4. Granulometría por hidrómetro:

Tabla 29. Tiempos utilizados para realizar el ensayo de granulometría por hidrómetro

Ensayo: Granulometría por hidrómetro			
Equipo	Mano de obra	Tiempo de uso (h)	Rendimiento horario de mano de obra
Balanza aprox 0,01 gr		0,12	
Recipiente de aluminio		42,02	
Horno eléctrico `HUMBOLDT`		18	
Baño maria `HUMBOLDT`		24	
Agente defloculante		0,4	
Tamiz #40		0,03	
Tamiz #200		0,03	
Agitadora eléctrica		0,10	
Probeta graduada de 250 cc		0,29	
Cronómetro		24	
Termómetro aprox 0,5 °C		24	
Hidrómetro		0,72	
	Laboratorista		1,17

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

- $Costo\ horario_{M.O.} = 5,18\ \$/h$
- $Costo\ horario_{balanza} = 0,070369\ \frac{\$}{h}$
- $Costo\ horario_{recipiente\ de\ aluminio} = 0,000924\ \frac{\$}{h}$
- $Costo\ horario_{horno} = 0,23718\ \frac{\$}{h}$
- $Agente\ defloculante = 0,32\ \$$
- $Costo\ horario_{tamiz\ #40} = 0,004195\ \frac{\$}{h}$
- $Costo\ horario_{tamiz\ #200} = 0,006215\ \frac{\$}{h}$
- $Costo\ horario_{agitadora\ eléctrica} = 0,03708\ \frac{\$}{h}$
- $Costo\ horario_{probeta\ graduada} = 0,00116\ \frac{\$}{h}$
- $Costo\ horario_{cronómetro} = 0,00116\ \frac{\$}{h}$
- $Costo\ horario_{termómetro} = 0,006791\ \frac{\$}{h}$
- $Costo\ horario_{hidrómetro} = 0,002174\ \frac{\$}{h}$
- $Costo\ indirecto = 24\%$

- $Costo\ directo = \sum Costo\ horario_{equipo} * tiempo + Costo\ horario_{M.O.} * tiempo$

$$Costo\ directo = 0,0704 * 0,120,00092 * 42,02 + 0,2372 * 18 + 0,1060 * 24 + 0,32 + 0,0042 * 0,03 + 0,00621 * 0,03 + 0,0371 * 0,10 + 0,0012 * 0,29 + 0,0012 * 24 + 0,0068 * 24 + 0,0022 * 0,72 + 5,18 * 1,17$$

$$Costo\ directo = 13,44\ \$$$

- $Costo\ indirecto = 0,24 * 13,44 = 3,226\ \$$

- $Precio\ del\ ensayo = Costo\ directo + Costo\ indirecto$

$$Precio\ del\ ensayo = 13,441 + 3,226 = 16,67\ \$$$

#### 4.1.4.4.5. Límite líquido:

Tabla 30. Tiempos utilizados para realizar el ensayo de límite líquido

Ensayo: Límite líquido			
Equipo	Mano de obra	Tiempo de uso (h)	Rendimiento horario de mano de obra
Aparato Casagrande		0,43	
Recipiente de aluminio		0,2	
Balanza aprox 0,01 gr		0,06	
Horno eléctrico 'HUMBOLDT'		19,43	
Espátula metálica		0,06	
Cápsula para humedad		19,33	
Tamiz # 40		0,15	
	Laboratorista		0,71

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

- $Costo\ horario_{M.O.} = 5,18\ \$/h$
  - $Costo\ horario_{aparato\ Casa\ grande} = 0,05669\ \frac{\$}{h}$
  - $Costo\ horario_{recipiente\ de\ aluminio} = 0,000924\ \frac{\$}{h}$
  - $Costo\ horario_{balanza} = 0,070369\ \frac{\$}{h}$
  - $Costo\ horario_{horno} = 0,23718\ \frac{\$}{h}$
  - $Costo\ horario_{espátula\ metálica} = 0,000321\ \frac{\$}{h}$
  - $Costo\ horario_{cápsula\ para\ humedad} = 0,000443\ \frac{\$}{h}$
  - $Costo\ horario_{tamiz\ #40} = 0,004195\ \frac{\$}{h}$
  - $Costo\ indirecto = 24\%$
- $Costo\ directo = \sum Costo\ horario_{equipo} * tiempo + Costo\ horario_{M.O.} * tiempo$

$$Costo\ directo = 0,05669 * 0,43 + 0,0092 * 0,2 + 0,070369 * 0,06 + 0,23718 * 19,43 + 0,000321 * 0,06 + 0,000443 * 19,33 + 0,004195 * 0,15 + 5,18 * 0,71$$

*Costo directo* = 8,326\$

- *Costo indirecto* = 0,24 \* 8,326 = 1.998\$
- *Precio del ensayo* = *Costo directo* + *Costo indirecto*

*Precio del ensayo* = 8.326 + 1.998 = 10,32 \$

#### 4.1.4.4.6. Límite plástico:

Tabla 31. Tiempos utilizados para realizar el ensayo de límite plástico

Ensayo: Límite plástico			
Equipo	Mano de obra	Tiempo de uso (h)	Rendimiento horario de mano de obra
Balanza aprox 0,01 gr		0,03	
Horno eléctrico 'HUMBOLDT'		21,33	
Placa de vidrio		0,18	
Recipiente para mezclado		0,17	
Tamiz # 40		0,17	
Espátula metálica		0,07	
Cápsula para humedad		21,33	
	Laboratorista		0,47

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

- *Costo horario*<sub>M.O.</sub> = 5,18 \$/h
- *Costo horario*<sub>balanza</sub> = 0,070369  $\frac{\$}{h}$
- *Costo horario*<sub>horno</sub> = 0,23718  $\frac{\$}{h}$
- *Costo horario*<sub>placa de vidrio</sub> = 0,001128  $\frac{\$}{h}$
- *Costo horario*<sub>recipiente para mezclado</sub> = 0,000683  $\frac{\$}{h}$

- $\text{Costo horario}_{\text{tamiz \#40}} = 0,004195 \frac{\$}{h}$
- $\text{Costo horario}_{\text{espátula metálica}} = 0,000321 \frac{\$}{h}$
- $\text{Costo horario}_{\text{cápsula para humedad}} = 0,000443 \frac{\$}{h}$
- $\text{Costo indirecto} = 24\%$

- $\text{Costo directo} = \sum \text{Costo horario}_{\text{equipo}} * \text{tiempo} + \text{Costo horario}_{\text{M.O.}} * \text{tiempo}$

$$\text{Costo directo} = 0,07036 * 0,03 + 0,2372 * 21,33 + 0,0011 * 0,18 + 0,00068 * 0,17 + 0,00419 * 0,17 + 0,00032 * 0,07 + 0,000443 * 21,33 + 5,18 * 0,47$$

$$\text{Costo directo} = 7,517\$$$

- $\text{Costo indirecto} = 0,24 * 7,517 = 1,804\$$

- $\text{Precio del ensayo} = \text{Costo directo} + \text{Costo indirecto}$

$$\text{Precio del ensayo} = 7,517 + 1,804 = 9,32 \$$$

#### 4.1.4.4.7. Compactación estándar:

Tabla 32. Tiempos utilizados para realizar el ensayo de compactación estándar

Ensayo: Compactación estándar			
Equipo	Mano de obra	Tiempo de uso (h)	Rendimiento horario de mano de obra
Bandeja metálica grande		0,48	
Moldes de compactación		0,45	
Martillo de compactación estándar		0,45	
Balanza aprox 0,01 gr		0,25	
Regleta metálica aprx 25 cm		0,08	
Martillo con cabeza de caucho		0,08	
Probeta graduada de 250 cc		0,36	
Cápsulas para humedad		80,49	
Extractor de muestras		0,33	
Horno eléctrico 'HUMBOLDT'		20,79	
Tamiz 3/4"		0	
Tamiz 3/8"		0	
Tamiz # 4		0,13	
	Laboratorista		1,91667

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

- $Costo\ horario_{M.O.} = 5,18\ \$/h$
- $Costo\ horario_{bandeja\ metálica} = 0,002489\ \frac{\$}{h}$
- $Costo\ horario_{moldes\ de\ compactación} = 0,000551\ \frac{\$}{h}$
- $Costo\ horario_{martillo\ de\ compactación\ estándar} = 0,002558\ \frac{\$}{h}$
- $Costo\ horario_{balanza} = 0,070369\ \frac{\$}{h}$
- $Costo\ horario_{regleta\ metálica} = 0,002370\ \frac{\$}{h}$
- $Costo\ horario_{martillo\ con\ cabeza\ de\ caucho} = 0,002607\ \frac{\$}{h}$
- $Costo\ horario_{probeta\ graduada} = 0,00116\ \frac{\$}{h}$
- $Costo\ horario_{cápsula\ para\ humedad} = 0,000443\ \frac{\$}{h}$
- $Costo\ horario_{extractor\ de\ muestras} = 0,019085\ \frac{\$}{h}$
- $Costo\ horario_{horno} = 0,23718\ \frac{\$}{h}$
- $Costo\ horario_{tamiz\ 3/4"} = 0,00400\ \frac{\$}{h}$

- $Costo\ horario_{tamiz\ 3/8"} = 0,00453 \frac{\$}{h}$
- $Costo\ horario_{tamiz\ #4} = 0,00400 \frac{\$}{h}$
- $Costo\ indirecto = 24\%$

- $Costo\ directo = \sum Costo\ horario_{equipo} * tiempo + Costo\ horario_{M.O.} * tiempo$

$$Costo\ directo = 0,00248 * 0,48 + 0,00055 * 0,45 + 0,00255 * 0,45 + 0,07036 * 0,25 + 0,002370 * 0,08 + 0,02607 * 0,08 + 0,00116 * 0,36 + 2 * 0,00044 * 80,49 + 0,01909 * 0,33 + 0,23719 * 20,79 + 0,0044 * 0 + 0,0045 * 0 + 0,0040 * 0,13 + 5,18 * 1,9166$$

$$Costo\ directo = 14,964\$$$

- $Costo\ indirecto = 0,24 * 14,964 = 3,591\$$

- $Precio\ del\ ensayo = Costo\ directo + Costo\ indirecto$

$$Precio\ del\ ensayo = 14,964 + 3,591 = 18,56 \$$$

#### 4.1.4.4.8. Compactación modificada:

Tabla 33. Tiempos utilizados para realizar el ensayo de compactación modificada

Ensayo: Compactación modificada			
Equipo	Mano de obra	Tiempo de uso (h)	Rendimiento horario de mano de obra
Bandeja metálica grande		0,65	
Moldes de compactación		0,666	
Martillo de compactación modificada		0,666	
Balanza aprox 0,01 gr		0,9861	
Regleta metálica aprx 25 cm		0,08	
Martillo con cabeza de caucho		0,08	
Probeta graduada de 250 cc		0,2	
Cápsulas para humedad		107,54	
Extractor de muestras		0,533	
Horno eléctrico `HUMBOLDT´		22,49	
Tamiz 3/4"		0	
Tamiz 3/8"		0	
Tamiz # 4		0,13	
	Laboratorista		2,33

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

- $\text{Costo horario}_{M.O.} = 5,18 \text{ \$/h}$
- $\text{Costo horario}_{bandeja \text{ metálica}} = 0,002489 \frac{\$}{h}$
- $\text{Costo horario}_{moldes \text{ de compactación}} = 0,000551 \frac{\$}{h}$
- $\text{Costo horario}_{martillo \text{ de compactación modificada}} = 0,003175 \frac{\$}{h}$
- $\text{Costo horario}_{balanza} = 0,070369 \frac{\$}{h}$
- $\text{Costo horario}_{regleta \text{ metálica}} = 0,002370 \frac{\$}{h}$
- $\text{Costo horario}_{martillo \text{ con cabeza de caucho}} = 0,002607 \frac{\$}{h}$
- $\text{Costo horario}_{probeta \text{ graduada}} = 0,00116 \frac{\$}{h}$
- $\text{Costo horario}_{cápsula \text{ para humedad}} = 0,000443 \frac{\$}{h}$
- $\text{Costo horario}_{extractor \text{ de muestras}} = 0,019085 \frac{\$}{h}$

- $Costo\ horario_{horno} = 0,23718 \frac{\$}{h}$
- $Costo\ horario_{tamiz\ 3/4"} = 0,00400 \frac{\$}{h}$
- $Costo\ horario_{tamiz\ 3/8"} = 0,00453 \frac{\$}{h}$
- $Costo\ horario_{tamiz\ #4} = 0,00400 \frac{\$}{h}$
- $Costo\ indirecto = 24\%$

- $Costo\ directo = \sum Costo\ horario_{equipo} * tiempo + Costo\ horario_{M.O.} * tiempo$

$$Costo\ directo = 0,00249 * 0,65 + 0,00055 * 0,666 + 0,00318 * 0,66 + 0,07037 * 0,986 + 0,00237 * 0,08 + 0,00261 * 0,08 + 0,00116 * 0,2 + 2 * 0,00044 * 107,54 + 0,01909 * 0,533 + 0,23719 * 22,49 + 0,0044 * 0 + 0,00453 * 0 + 0,00400 * 0,13 + 5,18 * 2,33$$

$$Costo\ directo = 17,685 \$$$

- $Costo\ indirecto = 0,24 * 17,685 = 4,244\$$

- $Precio\ del\ ensayo = Costo\ directo + Costo\ indirecto$

$$Precio\ del\ ensayo = 17,685 + 4,244 = 21,93\$$$

#### 4.1.4.4.9. Compresión simple en el suelo:

Tabla 34. Tiempos utilizados para realizar el ensayo de compresión simple en el suelo

Ensayo: Compresión simple en el suelo			
Equipo	Mano de obra	Tiempo de uso (h)	Rendimiento horario de mano de obra
Balanza aprox 0,01 gr		0,07	
Dispositivo de compresión		0,38	
Horno eléctrico `HUMBOLDT`		37,31	
	Laboratorista		0,77

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

- $Costo\ horario_{M.O.} = 5,87\ \$/h$
  - $Costo\ horario_{balanza} = 0,070369\ \frac{\$}{h}$
  - $Costo\ horario_{dispositivo\ de\ compresión} = 3,233\ \frac{\$}{h}$
  - $Costo\ horario_{horno} = 0,23718\ \frac{\$}{h}$
  - $Costo\ indirecto = 24\%$
- $Costo\ directo = \sum Costo\ horario_{equipo} * tiempo + Costo\ horario_{M.O.} * tiempo$
- $$Costo\ directo = 0,07037 * 0,07 + 3,233 * 0,38 + 0,2371 * 37,31 + 0,08784 * 0,38 + 5,87 + 0,77$$
- $$Costo\ directo = 14,639\ \$$$
- $Costo\ indirecto = 0,24 * 14,639 = 3,513\ \$$
  - $Precio\ del\ ensayo = Costo\ directo + Costo\ indirecto$

$$\text{Precio del ensayo} = 14,639 + 3,513 = 18,15\$$$

#### 4.1.4.4.10. Corte directo C-U saturado:

Tabla 35. Tiempos utilizados para realizar el ensayo de corte directo C-U saturado

Ensayo: Corte directo C - U saturado			
Equipo	Mano de obra	Tiempo de uso (h)	Rendimiento horario de mano de obra
Balanza aprox 0,01 gr		0,05	
Dispositivo de corte directo		20,01	
Horno eléctrico		22,16	
	Laboratorista		0,48

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

- $\text{Costo horario}_{M.O.} = 5,87 \$/h$
  - $\text{Costo horario}_{balanza} = 0,070369 \frac{\$}{h}$
  - $\text{Costo horario}_{dispositivo\ de\ corte\ directo} = 0,7037 \frac{\$}{h}$
  - $\text{Costo horario}_{horno} = 0,23718 \frac{\$}{h}$
  - $\text{Costo indirecto} = 24\%$
- $\text{Costo directo} = \sum \text{Costo horario}_{equipo} * tiempo + \text{Costo horario}_{M.O.} * tiempo$
- $$\text{Costo directo} = 0,0703 * 0,05 + 0,70374 * 20,01 + 0,23719 * 22,16 + 5,87 * 0,48$$
- $$\text{Costo directo} = 22,161 \$$$
- $\text{Costo indirecto} = 0,24 * 22,161 = 5,318 \$$
  - $\text{Precio del ensayo} = \text{Costo directo} + \text{Costo indirecto}$

$$\text{Precio del ensayo} = 22,161 + 5,318 = 27,48 \$$$

#### 4.1.4.4.11. Triaxial U-U sin saturar:

Tabla 36. Tiempos utilizados para realizar el ensayo de Triaxial U-U sin saturar

Ensayo: Triaxial U-U sin saturar			
Equipo	Mano de obra	Tiempo de uso (h)	Rendimiento horario de mano de obra
Balanza aprox 0,01 gr		0,07	
Equipo triaxial		0,89	
Horno eléctrico		39,28	
Bomba de vacío		0,89	
Software		0,89	
Malla			
Piedra porosa			
	Laboratorista		0,48

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

- $\text{Costo horario}_{M.O.} = 5,87 \$/h$
  - $\text{Costo horario}_{balanza} = 0,070369 \frac{\$}{h}$
  - $\text{Costo horario}_{Equipo\ triaxial} = 5,1277 \frac{\$}{h}$
  - $\text{Costo horario}_{horno} = 0,23718 \frac{\$}{h}$
  - $\text{Costo horario}_{bomba\ de\ vacío} = 0,05683 \frac{\$}{h}$
  - $\text{Costo horario}_{software} = 0,08784 \frac{\$}{h}$
  - $\text{Costo}_{malla} = 1,5 \$$
  - $\text{Costo}_{piedra\ porosa} = 0,25 \$$
  - $\text{Costo indirecto} = 24\%$
- $\text{Costo directo} = \sum \text{Costo horario}_{equipo} * \text{tiempo} + \text{Costo horario}_{M.O.} * \text{tiempo}$

$$\text{Costo directo} = 0,07036 * 0,07 + 5,1277 * 0,89 + 0,23719 * 39,28 + 0,05684 * 0,89 + 0,08784 * 0,89 + 1,5 + 0,25 + 5,87 * 1,63$$

$$\text{Costo directo} = 25,339 \$$$

- $\text{Costo indirecto} = 0,24 * 25,339 = 6,081 \$$

- $\text{Precio del ensayo} = \text{Costo directo} + \text{Costo indirecto}$

$$\text{Precio del ensayo} = 25,339 + 6,081 = 31,42 \$$$

#### 4.1.4.4.12. Triaxial U-U saturado:

Tabla 37. Tiempos utilizados para realizar el ensayo de Triaxial U-U saturado

Ensayo: Triaxial U-U saturado			
Equipo	Mano de obra	Tiempo de uso (h)	Rendimiento horario de mano de obra
Balanza aprox 0,01 gr		0,07	
Equipo triaxial		20,33	
Horno eléctrico		45,75	
Bomba de vacío		20,33	
Software		20,33	
Malla			
Piedra porosa			
	Laboratorista		1,63

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

- $\text{Costo horario}_{M.O.} = 5,87 \$/h$

- $\text{Costo horario}_{balanza} = 0,070369 \frac{\$}{h}$

- $\text{Costo horario}_{Equipo triaxial} = 5,1277 \frac{\$}{h}$

- $Costo\ horario_{horno} = 0,23718 \frac{\$}{h}$
- $Costo\ horario_{bomba\ de\ vacio} = 0,05683 \frac{\$}{h}$
- $Costo\ horario_{software} = 0,08784 \frac{\$}{h}$
- $Costo\ malla = 1,5 \$$
- $Costo\ piedra\ porosa = 0,25 \$$
- $Costo\ indirecto = 24\%$

- $Costo\ directo = \sum Costo\ horario_{equipo} * tiempo + Costo\ horario_{M.O.} * tiempo$

$$Costo\ directo = 0,07036 * 0,07 + 5,1277 * 20,33 + 0,23719 * 45,75 + 0,05684 * 20,33 + 0,08784 * 20,33 + 1,5 + 0,25 + 5,87 * 2,36$$

$$Costo\ directo = 133,657 \$$$

- $Costo\ indirecto = 0,24 * 133,657 = 32,077 \$$

- $Precio\ del\ ensayo = Costo\ directo + Costo\ indirecto$

$$Precio\ del\ ensayo = 133,657 + 32,077 = 165,74 \$$$

## 4.2. RESUMEN DE RESULTADOS

### 4.2.1. Ensayo: Clasificación SUCS:

Contiene: Granulometría por tamices, contenido de humedad, límite líquido, límite plástico

En la siguientes tablas se puede observar el costo de los ensayos de: Contenido de humedad, granulometría por tamices, límite líquido, límite plástico y además se puede observar el precio de venta al público.

Tabla 38. Determinación del precio para el ensayo de contenido de humedad

Ensayo: Contenido de humedad													
Equipo	Modelo	Año	Mano de obra	Cantidad	Costo equipo (\$)	Tiempo de uso (h)	Costo horario de mano de obra (\$/h)	Rendimiento horario de mano de obra	Costo horario de equipo (\$/h)	Costo de mano de obra (\$)	Costo de equipo (\$)	Costo directo (\$)	
Balanza aprox 0.01 gr	MS3002S	2012		1	2651,04	0,0166			0,07037		0,0012	\$0,0012	
Cápsula para humedad		2014		2	10	17			0,00044		0,0151	\$0,0301	
Horno eléctrico "HUMBOLDT"	B55-0100	2011		1	5000	17			0,23719		4,0322	\$4,0322	
			Laboratorista	1			5,183	0,0667		0,346		\$0,3457	
											Costo directo	\$4.41	
											Costo indirecto	24,00	\$1.06
											Precio del ensayo		\$5.47

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

Tabla 39. Determinación del precio para el ensayo de granulometría de suelos

Ensayo: Granulometría de suelos													
Equipo	Modelo	Año	Mano de obra	Cantidad	Costo equipo (\$)	Tiempo de uso (h)	Costo horario de mano de obra (\$/h)	Rendimiento horario de mano de obra	Costo horario de equipo (\$/h)	Costo de mano de obra (\$)	Costo de equipo (\$)	Costo directo (\$)	
Balanza aprox 0.01 gr	MS3002S	2012		1	2651,04	0,01667			0,07037		0,0012	\$0,0012	
Recipiente de aluminio				1	20	0,01667			0,00092		0,0000	\$0,0000	
Horno eléctrico "HUMBOLDT"	B55-0100	2001		1	5000	16			0,23719		3,7950	\$3,7950	
Tamiz 3/4"				1	84	0,03			0,00400		0,0001	\$0,0001	
Tamiz 3/8"				1	95	0,03			0,00453		0,0001	\$0,0001	
Tamiz # 4				1	84	0,29			0,00400		0,0012	\$0,0012	
Tamiz # 10				1	91	0,03			0,00434		0,0001	\$0,0001	
Tamiz # 40				1	88	0,03			0,00419		0,0001	\$0,0001	
Tamiz # 200				1	130	0,29			0,00621		0,0018	\$0,0018	
			Laboratorista	1			5,183	0,46667		2,419		\$2,4187	
											Costo directo	\$6.22	
											Costo indirecto	24,00	\$1.49
											Precio del ensayo		\$7.71

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

Tabla 40. Determinación del precio para el ensayo de límite líquido

Ensayo: Límite líquido												
Equipo	Modelo	Año	Mano de obra	Cantidad	Costo equipo (\$)	Tiempo de uso (h)	Costo horario de mano de obra (\$/h)	Rendimiento horario de mano de obra	Costo horario de equipo (\$/h)	Costo de mano de obra (\$)	Costo de equipo (\$)	Costo directo (\$)
Aparato Casagrande				1	1150	0,43			0,05670		0,0244	\$0,0244
Recipiente de aluminio				1	20	0,2			0,00092		0,0002	\$0,0002
Balanza aprox 0,01 gr	MS3002S	2012		1	2651,04	0,06			0,07037		0,0042	\$0,0042
Horno eléctrico "HUMBOLDT"	B55-0100	2001		1	5000	19,43			0,23719		4,6085	\$4,6085
Espátula metálica				1	3,5	0,06			0,00032		0,00002	\$0,00002
Cápsula para humedad				1	10	19,33			0,00044		0,0086	\$0,0086
Tamiz # 40				1	88	0,15			0,00419		0,0006	\$0,0006
			Laboratorista	1			5,183	0,71		3,680		\$3,6799
											Costo directo	\$8,33
											Costo indirecto	24,00
											Precio del ensayo	\$10,32

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

Tabla 41. Determinación del precio para el ensayo de límite plástico

Ensayo: Límite plástico												
Equipo	Modelo	Año	Mano de obra	Cantidad	Costo equipo (\$)	Tiempo de uso (h)	Costo horario de mano de obra (\$/h)	Rendimiento horario de mano de obra	Costo horario de equipo (\$/h)	Costo de mano de obra (\$)	Costo de equipo (\$)	Costo directo (\$)
Balanza aprox 0,01 gr	MS3002S	2012		1	2651,04	0,03			0,07037		0,0021	\$0,0021
Horno eléctrico "HUMBOLDT"	B55-0100	2001		1	5000	21,33			0,23719		5,0592	\$5,0592
Placa de vidrio				1	10	0,18			0,00113		0,00020	\$0,0002
Recipiente para mezclado				1	15	0,17			0,00068		0,00012	\$0,0001
Tamiz # 40				1	88	0,17			0,00419		0,00071	\$0,0007
Espátula metálica				1	3,5	0,07			0,00032		0,00002	\$0,0000
Cápsula para humedad				2	10	21,33			0,00044		0,00945	\$0,0189
			Laboratorista	1			5,183	0,47		2,436		\$2,4360
											Costo directo	\$7,52
											Costo indirecto	24,00
											Precio del ensayo	\$9,32

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

#### 4.2.2. Ensayo: Densidad de sólidos en suelos (Método B):

En la siguiente tabla se puede observar el costo del ensayo de Densidad de sólidos en suelos (Método B), además se puede observar el precio de venta al público.

Tabla 42. Determinación del precio para el ensayo de densidad de sólidos en suelos (método B)

Ensayo: Densidad de sólidos en suelos (Método B) - arena												
Equipo	Modelo	Año	Mano de obra	Cantidad	Costo equipo (\$)	Tiempo de uso (h)	Costo horario de mano de obra (\$/h)	Rendimiento horario de mano de obra	Costo horario de equipo (\$/h)	Costo de mano de obra (\$)	Costo de equipo (\$)	Costo directo (\$)
Balanza aprox 0.01 gr	MS3002S	2012		1	2651,04	0,033			0,07037		0,0023	\$0,0023
Cápsula para humedad				2	10	19			0,00044		0,0084	\$0,0168
Horno eléctrico "HUMBOLDT"	B55-0100	2001		1	5000	19			0,23719		4,5065	\$4,5065
Mortero de porcelana				1	20	0,08			0,00092		0,0001	\$0,0001
Pistilo de caucho				1	20	0,08			0,00092		0,0001	\$0,0001
Termómetro aprox 0.5 °C				1	334	0,05			0,00676		0,0003	\$0,0003
Matraz 50 cc				1	40	0,08			0,00189		0,0002	\$0,0002
Bomba de vacío				1	1091,83	1,64			0,05684		0,0932	\$0,0932
			Laboratorista	1			5,183	0,6611		3,426		\$3,4264
											Costo directo	\$8,05
											Costo indirecto	\$1,93
											Precio del ensayo	\$9,98

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

#### 4.2.3. Ensayo: Granulometría por hidrómetro:

En la siguiente tabla se puede observar el costo del ensayo de Granulometría por hidrómetro, además se puede observar el precio de venta al público.

Tabla 43. Determinación del precio para el ensayo de granulometría por hidrómetro

Ensayo: Granulometría por hidrómetro													
Equipo	Modelo	Año	Mano de obra	Cantidad	Costo equipo (\$)	Tiempo de uso (h)	Costo horario de mano de obra (\$/h)	Rendimiento horario de mano de obra	Costo horario de equipo (\$/h)	Costo de mano de obra (\$)	Costo de equipo (\$)	Costo directo (\$)	
Balanza aprox 0.01 gr	MS3002S	2012		1	2651.04	0.12			0.07037		0.0084	\$0.0084	
Recipiente de aluminio				1	20	42.02			0.00092		0.0388	\$0.0388	
Horno eléctrico "HUMBOLDT"	B55-0100	2001		1	5000	18			0.23719		4.2693	\$4.2693	
Baño maria "HUMBOLDT"		2009		1	1224	24			0.10603		2.5447	\$2.5447	
Agente defloculante				4 cm3	80	0.4						\$0.3200	
Tamiz #40				1	88	0.03			0.00419		0.0001	\$0.0001	
Tamiz #200				1	130	0.03			0.00621		0.0002	\$0.0002	
Agitadora eléctrica				1	500	0.10			0.03708		0.0037	\$0.0037	
Probeta graduada de 250 cc				1	25	0.29			0.00116		0.0003	\$0.0003	
Cronómetro				1	25	24			0.00116		0.0279	\$0.0279	
Termómetro aprox 0.5 °C				1	334	24			0.00676		0.1623	\$0.1623	
Hidrómetro				1	90	0.72			0.00217		0.0016	\$0.0016	
			Laboratorista	1			5.183	1.17		6.064		\$6.0640	
											Costo directo	\$13.44	
											Costo indirecto	24.00	\$3.23
											Precio del ensayo		\$16.67

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

#### 4.2.4. Ensayo: Compactación estándar:

En la siguiente tabla se puede observar el costo del ensayo de Compactación estándar, además se puede observar el precio de venta al público.

Tabla 44. Determinación del precio para el ensayo de compactación estándar

Ensayo: Compactación estándar													
Equipo	Modelo	Año	Mano de obra	Cantidad	Costo equipo (\$)	Tiempo de uso (h)	Costo horario de mano de obra (\$/h)	Rendimiento horario de mano de obra	Costo horario de equipo (\$/h)	Costo de mano de obra (\$)	Costo de equipo (\$)	Costo directo (\$)	
Bandeja metálica grande				1	52.55	0.48			0.00249		0.0012	\$0.0012	
Moldes de compactación		1976		1	17.44	0.45			0.00055		0.0002	\$0.0002	
Martillo de compactación estándar				1	185	0.45			0.00256		0.0012	\$0.0012	
Balanza aprox 0.01 gr	MS3200LE	2011		1	2651.04	0.25			0.07037		0.0176	\$0.0176	
Regleta metálica aprx 25 cm				1	20	0.08			0.00237		0.0002	\$0.0002	
Martillo con cabeza de caucho				1	80	0.08			0.00261		0.0002	\$0.0002	
Probeta graduada de 250 cc				1	25	0.36			0.00116		0.0004	\$0.0004	
Cápsulas para humedad				2	10	80.49			0.00044		0.0357	\$0.0713	
Extractor de muestras				1	723.33	0.33			0.01909		0.0063	\$0.0063	
Horno eléctrico "HUMBOLDT"	B55-0100	2001		1	5000	20.79			0.23719		4.9311	\$4.9311	
Tamiz 3/4"				1	84	0			0.00400		0.0000	\$0.0000	
Tamiz 3/8"				1	95	0			0.00453		0.0000	\$0.0000	
Tamiz # 4				1	84	0.13			0.00400		0.0005	\$0.0005	
			Laboratorista	1			5.183	1.91667		9.934		\$9.9339	
											Costo directo	\$14.96	
											Costo indirecto	24.00	\$3.59
											Precio del ensayo		\$18.56

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

#### 4.2.5. Ensayo: Compactación modificada:

En la siguiente tabla se puede observar el costo del ensayo de Compactación modificada, además se puede observar el precio de venta al público.

Tabla 45. Determinación del precio para el ensayo de compactación modificada

Ensayo: Compactación modificada													
Equipo	Modelo	Año	Mano de obra	Cantidad	Costo equipo (\$)	Tiempo de uso (h)	Costo horario de mano de obra (\$/h)	Rendimiento horario de mano de obra	Costo horario de equipo (\$/h)	Costo de mano de obra (\$)	Costo de equipo (\$)	Costo directo (\$)	
Bandeja metálica grande				1	52,55	0,65			0,00249		0,0016	\$0,0016	
Moldes de compactación				1	17,44	0,666			0,00055		0,0004	\$0,0004	
Martillo de compactación modificada				1	200	0,666			0,00318		0,0021	\$0,0021	
Balanza aprox 0.01 gr	MS32000LE	2011		1	2651,04	0,9861			0,07037		0,0694	\$0,0694	
Regleta metálica aprx 25 cm				1	20	0,08			0,00237		0,0002	\$0,0002	
Martillo con cabeza de caucho				1	80	0,08			0,00261		0,0002	\$0,0002	
Probeta graduada de 250 cc				1	25	0,2			0,00116		0,0002	\$0,0002	
Cápsulas para humedad				2	10	107,54			0,00044		0,0476	\$0,0953	
Extractor de muestras		2009		1	723,33	0,533			0,01909		0,0102	\$0,0102	
Horno eléctrico "HUMBOLDT"	B55-0100	2001		1	5000	22,49			0,23719		5,3343	\$5,3343	
Tamiz 3/4"				1	84	0			0,00400		0,0000	\$0,0000	
Tamiz 3/8"				1	95	0			0,00453		0,0000	\$0,0000	
Tamiz # 4				1	84	0,13			0,00400		0,0005	\$0,0005	
			Laboratorista	1			5,183	2,33		12,076		\$12,0762	
											Costo directo	\$17,59	
											Costo indirecto	24,00	\$4,22
											Precio del ensayo		\$21,81

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

#### 4.2.6. Ensayo: Compresión simple en el suelo:

En la siguiente tabla se puede observar el costo del ensayo de Compresión simple en el suelo, además se puede observar el precio de venta al público.

Tabla 46. Determinación del precio para el ensayo de compresión simple

Ensayo: Compresión simple en el suelo													
Equipo	Modelo	Año	Mano de obra	Cantidad	Costo equipo (\$)	Tiempo de uso (h)	Costo horario de mano de obra (\$/h)	Rendimiento horario de mano de obra	Costo horario de equipo (\$/h)	Costo de mano de obra (\$)	Costo de equipo (\$)	Costo directo (\$)	
Balanza aprox 0.01 gr	MS3002S	2012		1	2651,04	0,07			0,07037		0,0049	\$0,0049	
Dispositivo de compresión				1	83589,8	0,38			3,23303		1,2286	\$1,2286	
Horno eléctrico "HUMBOLDT"	B55-0100	2001		1	5000	37,31			0,23719		8,8494	\$8,8494	
Software				1	769,51	0,38			0,08784		0,0334	\$0,0334	
			Laboratorista	1			5,875	0,77		4,523		\$4,5234	
											Costo directo	\$14,64	
											Costo indirecto	24,00	\$3,51
											Precio del ensayo		\$18,15

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

#### 4.2.7. Ensayo: Corte directo C-U saturado:

En la siguiente tabla se puede observar el costo del ensayo de Corte directo C-U, además se puede observar el precio de venta al público.

Tabla 47. Determinación del precio para el ensayo de corte directo C-U saturado

Ensayo: Corte directo C - U saturado													
Equipo	Modelo	Año	Mano de obra	Cantidad	Costo equipo (\$)	Tiempo de uso (h)	Costo horario de mano de obra (\$/h)	Rendimiento horario de mano de obra	Costo horario de equipo (\$/h)	Costo de mano de obra (\$)	Costo de equipo (\$)	Costo directo (\$)	
Balanza aprox 0.01 gr	MS3002S	2012		1	2651,04	0,05			0,07037		0,0035	\$0,0035	
Dispositivo de corte directo	12/01	1997		1	14141,31	20,01			0,70374		14,0819	\$14,0819	
Horno eléctrico	B55-0100	2001		1	5000	22,16			0,23719		5,2560	\$5,2560	
			Laboratorista	1			5,875	0,48		2,820		\$2,8198	
											Costo directo	\$22,16	
											Costo indirecto	24,00	\$5,32
											Precio del ensayo		\$27,48

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

#### 4.2.8. Ensayo: Triaxial U-U sin saturar:

En la siguiente tabla se puede observar el costo del ensayo de Triaxial U-U sin saturar, además se puede observar el precio de venta al público.

Tabla 48. Determinación del precio para el ensayo de Triaxial U-U sin saturar

Ensayo: Triaxial U-U sin saturar													
Equipo	Modelo	Año	Mano de obra	Cantidad	Costo equipo (\$)	Tiempo de uso (h)	Costo horario de mano de obra (\$/h)	Rendimiento horario de mano de obra	Costo horario de equipo (\$/h)	Costo de mano de obra (\$)	Costo de equipo (\$)	Costo directo (\$)	
Balanza aprox 0,01 gr	MS3002S	2012		1	2651,04	0,07			0,07037		0,0049	\$0,0049	
Equipo triaxial				1	83589,8	0,89			5,12771		4,5637	\$4,5637	
Horno eléctrico	B55-0100	2001		1	5000	39,28			0,23719		9,3167	\$9,3167	
Bomba de vacío				1	1091,83	0,89			0,05684		0,0506	\$0,0506	
Software				1	769,51	0,89			0,08784		0,0782	\$0,0782	
Malla				1	1,5						1,5000	\$1,5000	
Piedra porosa				1	0,25						0,2500	\$0,2500	
			Laboratorista	1			5,875	1,63		9,576		\$9,5755	
											<b>Costo directo</b>	\$25,34	
											<b>Costo indirecto</b>	24,00	\$6,08
											<b>Precio del ensayo</b>		\$31,42

#### 4.2.9. Ensayo: Triaxial U-U saturado:

En la siguiente tabla se puede observar el costo del ensayo de Triaxial U-U saturado, además se puede observar el precio de venta al público.

Tabla 49. Determinación del precio para el ensayo de Triaxial U-U saturado

Ensayo: Triaxial U-U saturado													
Equipo	Modelo	Año	Mano de obra	Cantidad	Costo equipo (\$)	Tiempo de uso (h)	Costo horario de mano de obra (\$/h)	Rendimiento horario de mano de obra	Costo horario de equipo (\$/h)	Costo de mano de obra (\$)	Costo de equipo (\$)	Costo directo (\$)	
Balanza aprox 0,01 gr	MS3002S	2012		1	2651,04	0,07			0,07037		0,0049	\$0,0049	
Equipo triaxial				1	83589,8	20,33			5,12771		104,2464	\$104,246	
Horno eléctrico	B55-0100	2001		1	5000	45,75			0,23719		10,8512	\$10,8512	
Bomba de vacío				1	1091,83	20,33			0,05684		1,1555	\$1,1555	
Software				1	769,51	20,33			0,08784		1,7859	\$1,7859	
Malla				1	1,5						1,5000	\$1,5000	
Piedra porosa				1	0,25						0,2500	\$0,2500	
			Laboratorista	1			5,875	2,36		13,864		\$13,8640	
											<b>Costo directo</b>	\$133,66	
											<b>Costo indirecto</b>	24,00	\$32,08
											<b>Precio del ensayo</b>		\$165,74

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

### 4.3. REALIZACION DE APUS

Tabla 50. APU- Contenido de humedad

RUBRO		Contenido de humedad				
<b>EQUIPO</b>						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R	
Balanza aprox 0,01gr	1,00	0,0704	0,070369	0,0166	0,0012	
Horno eléctrico	1,00	0,2372	0,237186	17,00	4,032	
Cápsula para humedad	2,00	0,0004	0,000886	17,00	0,0301	
SUBTOTAL M					4,063	
<b>MANO DE OBRA</b>						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/H R B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R	
Laboratorista	1,00	5,18	5,182917	0,0667	0,35	
SUBTOTAL N					0,35	
<b>MATERIALES</b>						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B		
SUBTOTAL O					0,000	
<b>TRANSPORTE</b>						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B		
SUBTOTAL P					-	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					4,41	
INDIRECTOS %					24,00	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					5,47	
VALOR OFERTADO					5,47	

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

Tabla 51. APU- Granulometría de suelos

RUBRO		Granulometría de los suelos				
<b>EQUIPO</b>						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R	
Balanza aprox. 0,01gr	1,00	0,0704	0,070369	0,0167	0,0012	
Horno eléctrico	1,00	0,2372	0,237186	16,000	3,7950	
Recipiente de aluminio	1,00	0,0009	0,000924	0,0167	0,0000	
Tamiz 3/4"	1,00	0,0040	0,004002	0,0300	0,0001	
Tamiz 3/8"	1,00	0,0045	0,004531	0,0300	0,0001	
Tamiz #4	1,00	0,0040	0,004002	0,2900	0,0012	
Tamiz #10	1,00	0,0043	0,004339	0,0300	0,0001	
Tamiz #40	1,00	0,0042	0,004195	0,0300	0,0001	
Tamiz #200	1,00	0,0062	0,006215	0,2900	0,0018	
SUBTOTAL M					3,798	
<b>MANO DE OBRA</b>						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/H R B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R	
Laboratorista	1,00	5,18	5,182917	0,4667	2,42	
SUBTOTAL N					2,42	
<b>MATERIALES</b>						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B		
SUBTOTAL O					0,000	
<b>TRANSPORTE</b>						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B		
SUBTOTAL P					-	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					6,22	
INDIRECTOS %					24,00	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					7,71	
VALOR OFERTADO					7,71	

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

Tabla 52. APU-límite líquido

RUBRO	Límite líquido				
<b>EQUIPO</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Aparato Casagrande	1,00	0,0567	0,056699	0,4300	0,024
Balanza aprox 0,01 gr	1,00	0,0704	0,070369	0,0600	0,004
Horno eléctrico	1,00	0,2372	0,237186	19,4300	4,609
Recipiente de aluminio	1,00	0,0009	0,000924	0,2000	0,0002
Espátula metálica	1,00	0,0003	0,000321	0,0600	0,0000
Cápsula para humedad	1,00	0,0004	0,000443	19,3300	0,0086
Tamiz # 40	1	0,0042	0,004195	0,1500	0,0006
SUBTOTAL M					4,647
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/H R B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Laboratorista	1,00	5,18	5,182917	0,7100	3,68
SUBTOTAL N					3,68
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL O					0,000
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P					-
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					8,33
INDIRECTOS %					24,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					10,33
VALOR OFERTADO					10,33

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

Tabla 53. APU- límite plástico

RUBRO		Límite plástico			
<b>EQUIPO</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Balanza aprox 0,01 gr	1,00	0,0704	0,070369	0,0300	0,00211
Horno eléctrico	1,00	0,2372	0,237186	21,3300	5,05917
Cápsula para humedad	2,00	0,0004	0,000886	21,3300	0,01890
Tamiz #40	1,00	0,0042	0,004195	0,1700	0,00071
Espátula metálica	1,00	0,0003	0,000321	0,0700	0,00002
Placa de vidrio	1,00	0,0011	0,001128	0,1800	0,00020
SUBTOTAL M					5,081
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/H R B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Laboratorista	1,00	5,183	5,182917	0,4700	2,436
SUBTOTAL N					2,44
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL O					0,000
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P					-
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					7,52
INDIRECTOS %					24,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					9,32
VALOR OFERTADO					9,32

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

Tabla 54. APU-Densidad de sólidos en suelos (método B)

RUBRO	Densidad en suelos				
<b>EQUIPO</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Balanza aprox 0,01 gr	1,00	0,0704	0,070369	0,033	0,00232
Horno eléctrico	1,00	0,2372	0,237186	19,000	4,50653
Cápsula para humedad	2,00	0,0004	0,000886	19,000	0,01683
Mortero de porcelana	1,00	0,0009	0,000924	0,080	0,00007
Pistillo de caucho	1,00	0,0009	0,000924	0,080	0,00007
Termómetro de aprox 0,5 °C	1,00	0,0068	0,006761	0,050	0,00034
Matraz 50 cc	1,00	0,0019	0,001886	0,080	0,00015
Bomba de vacío	1,00	0,0568	0,056839	1,640	0,09322
SUBTOTAL M					4,620
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/H R B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Laboratorista	1,00	5,183	5,182917	0,6611	3,426
SUBTOTAL N					3,43
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL O					0,000
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P					-
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					8,05
INDIRECTOS %					24,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					9,98
VALOR OFERTADO					9,98

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

Tabla 55. APU-Granulometría por hidrómetro

RUBRO		Granulometría por hidrómetro			
<b>EQUIPO</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Balanza aprox 0,01 gr	1,00	0,0704	0,070369	0,120	0,00844
Horno eléctrico	1,00	0,2372	0,237186	18,000	4,26934
Recipiente de aluminio	1,00	0,0009	0,000924	42,020	0,03882
Baño maría	1,00	0,1060	0,106028	24,000	2,54468
Tamiz #40	1,00	0,0042	0,004195	0,030	0,00013
Tamiz #200	1,00	0,0062	0,006215	0,030	0,00019
Agitadora eléctrica	1,00	0,0371	0,037082	0,100	0,00371
Probeta graduada	1,00	0,0012	0,001164	0,290	0,00034
Cronómetro	1,00	0,0012	0,001164	24,000	0,02795
Termómetro de aprox 0,5 °C	1,00	0,0068	0,006761	24,000	0,16226
Hidrómetro	1,00	0,0022	0,002174	0,720	0,00157
SUBTOTAL M					7,057
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/H R B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Laboratorista	1,00	5,183	5,182917	1,1700	6,064
SUBTOTAL N					6,06
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	
Agente defloculante	cm3	0,400000	80,000	0,32000	
SUBTOTAL O					0,320
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P					-
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					13,44
INDIRECTOS %					24,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					16,67
VALOR OFERTADO					16,67

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

Tabla 56. APU-Compactación estándar

RUBRO		Compactacion proctor estándar			
<b>EQUIPO</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Balanza aprox 0,01 gr	1,00	0,0704	0,070369	0,250	0,01759
Bandeja metálica grande	1,00	0,0025	0,002489	0,480	0,00119
Moldes de compactación	1,00	0,0006	0,000551	0,450	0,00025
Martillo de compactación estándar	1,00	0,0026	0,002558	0,450	0,00115
Regleta metálica	1,00	0,0024	0,002370	0,080	0,00019
Martillo con cabeza de caucho	1,00	0,0026	0,002607	0,080	0,00021
Probeta graduada de 250cc	1,00	0,0012	0,001164	0,360	0,00042
Cápsulas para humedad	2,00	0,0004	0,000886	80,490	0,07130
Extractor de muestras	1,00	0,0191	0,019085	0,330	0,00630
Horno eléctrico	1,00	0,2372	0,237186	20,790	4,93109
Tamiz 3/4"	1,00	0,0040	0,004002	0,000	0,00000
Tamiz 3/8"	1,00	0,0045	0,004531	0,000	0,00000
Tamiz #4	1,00	0,0040	0,004002	0,130	0,00052
SUBTOTAL M					5,030
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/H R B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Laboratorista	1,00	5,183	5,182917	1,9167	9,934
SUBTOTAL N					9,93
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL O					0,000
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P					-
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					14,96
INDIRECTOS %					24,00 3,59
COSTO TOTAL DEL RUBRO					18,56
VALOR OFERTADO					18,56

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

Tabla 57. APU-Compactación Próctor modificado

RUBRO		Compactación próctor modificado			
<b>EQUIPO</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Balanza aprox 0,01 gr	1,00	0,0704	0,070369	0,9861	0,06939
Bandeja metálica grande	1,00	0,0025	0,002489	0,6500	0,00162
Martillo de compactación modificada	1,00	0,0032	0,003175	0,6660	0,00211
Moldes de compactación	1,00	0,0006	0,000551	0,6660	0,00037
Regleta metálica	1,00	0,0024	0,002370	0,0800	0,00019
Martillo con cabeza de caucho	1,00	0,0026	0,002607	0,0800	0,00021
Probeta graduada de 250cc	1,00	0,0012	0,001164	0,2000	0,00023
Cápsulas para humedad	2,00	0,0004	0,000886	107,5400	0,09526
Extractor de muestras	1,00	0,0191	0,019085	0,5330	0,01017
Horno eléctrico	1,00	0,2372	0,237186	22,4900	5,33431
Tamiz 3/4"	1,00	0,0040	0,004002	0,0000	0,00000
Tamiz 3/8"	1,00	0,0045	0,004531	0,0000	0,00000
Tamiz #4	1,00	0,0040	0,004002	0,1300	0,00052
SUBTOTAL M					5,514
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/H R B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Laboratorista	1,00	5,18	5,182917	2,3300	12,08
SUBTOTAL N					12,08
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL O					0,000
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P					-
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					17,59
INDIRECTOS %					24,00 4,22
COSTO TOTAL DEL RUBRO					21,81
VALOR OFERTADO					21,81

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

Tabla 58. APU-Compresión simple en el suelo

RUBRO		Compresion simple				
<b>EQUIPO</b>						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R	
Balanza aprox 0,01gr	1,00	0,0704	0,070369	0,0700	0,0049	
Horno eléctrico	1,00	0,2372	0,237186	37,31	8,849	
Dispositivo de copresión	1,00	3,2330	3,233031	0,38	1,2286	
Software	1,00	0,09	0,087844	0,3800	0,0334	
SUBTOTAL M					10,116	
<b>MANO DE OBRA</b>						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/H R B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R	
Laboratorista	1,00	5,87	5,874569	0,7700	4,52	
SUBTOTAL N					4,52	
<b>MATERIALES</b>						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B		
SUBTOTAL O					0,000	
<b>TRANSPORTE</b>						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B		
SUBTOTAL P					-	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					14,64	
INDIRECTOS %					24,00	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					18,15	
VALOR OFERTADO					18,15	

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

Tabla 59. APU-Corte directo C-U saturado

RUBRO		Corte directo C-U saturado				
<b>EQUIPO</b>						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R	
Balanza aprox 0,01gr	1,00	0,0704	0,070369	0,0500	0,0035	
Horno eléctrico	1,00	0,2372	0,237186	22,16	5,256	
Dispositivo de corte directo	1,00	0,7037	0,703745	20,01	14,0819	
SUBTOTAL M					19,341	
<b>MANO DE OBRA</b>						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/H R B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R	
Laboratorista	1,00	5,87	5,874569	0,4800	2,82	
SUBTOTAL N					2,82	
<b>MATERIALES</b>						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B		
SUBTOTAL O					0,000	
<b>TRANSPORTE</b>						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B		
SUBTOTAL P					-	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					22,16	
INDIRECTOS %					24,00 5,32	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					27,48	
VALOR OFERTADO					27,48	

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

Tabla 60. APU-Triaxial U-U sin saturar

RUBRO		Triaxial U-U sin saturar			
<b>EQUIPO</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Balanza aprox 0,01gr	1,00	0,0704	0,070369	0,0700	0,0049
Horno eléctrico	1,00	0,2372	0,237186	39,28	9,317
Equipo triaxial	1,00	5,1277	5,127712	0,89	4,5637
Bomba de vacío	1,00	0,06	0,056839	0,8900	0,0506
Software	1,00	0,09	0,087844	0,8900	0,0782
SUBTOTAL M					14,014
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/H R B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Laboratorista	1,00	5,87	5,874569	1,6300	9,58
SUBTOTAL N					9,58
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	
Malla	UNIDAD	1,000000	1,500	1,5000	
Piedra poroza	UNIDAD	1,000000	0,2500	0,2500	
SUBTOTAL O					1,750
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P					-
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					25,34
INDIRECTOS %					24,00 6,08
COSTO TOTAL DEL RUBRO					31,42
VALOR OFERTADO					31,42

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

Tabla 61. APU-Triaxial U-U saturado

RUBRO	Triaxial U-U saturado				
<b>EQUIPO</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Balanza aprox 0,01gr	1,00	0,0704	0,070369	0,0700	0,0049
Horno eléctrico	1,00	0,2372	0,237186	45,75	10,851
Equipo triaxial	1,00	5,1277	5,127712	20,33	104,2464
Bomba de vacío	1,00	0,06	0,056839	20,3300	1,1555
Software	1,00	0,09	0,087844	20,3300	1,7859
SUBTOTAL M					118,044
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/H R B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Laboratorista	1,00	5,87	5,874569	2,3600	13,86
SUBTOTAL N					13,86
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	
Malla	UNIDAD	1,000000	1,500	1,5000	
Piedra poroza	UNIDAD	1,000000	0,2500	0,2500	
SUBTOTAL O					1,750
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P					-
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					133,66
INDIRECTOS %					24,00 32,08
COSTO TOTAL DEL RUBRO					165,74
VALOR OFERTADO					165,74

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

## 4.4. COMPARACION DE RESULTADOS

### 4.4.1. Clasificación SUCS

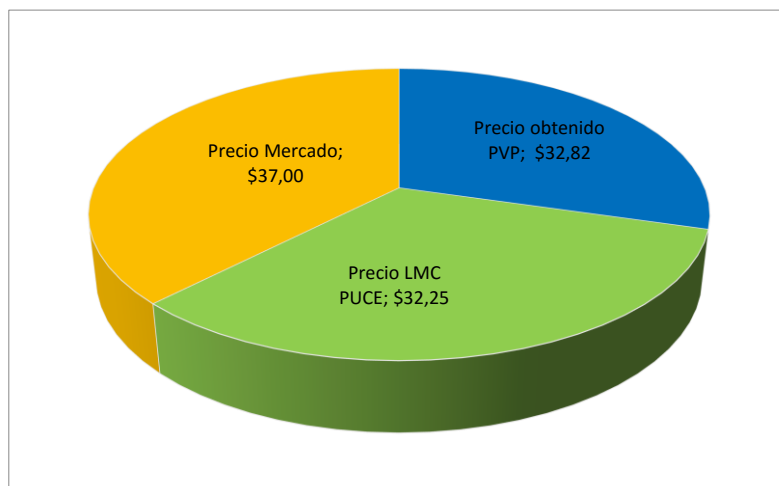
Precio obtenido: \$32,82

Precio LMC PUCE: \$32,25

Precio Mercado: \$37,00

El ensayo de Clasificación SUCS fue analizado paso a paso para obtener el costo real, asignar un margen de utilidad y finalmente el precio de venta al público, dándonos como resultado el valor de \$32.82.

El laboratorio oferta éste ensayo a un precio de \$32.25, acercándose al mercado se analizó el precio de venta, es así que el precio de venta al público es de \$37.00



*Gráfico 1. Precios de ensayo SUCS*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

#### 4.4.2. Densidad de sólidos en suelos (método b)

Precio obtenido: \$9,98

Precio LMC PUCE: \$14,50

Precio Mercado: \$8,00

El ensayo de Densidad de sólidos en suelos (método B), fue analizado paso a paso para obtener el costo real, asignar un margen de utilidad y finalmente el precio de venta al público dándonos como resultado el valor de \$9.98.

El laboratorio oferta éste ensayo a un precio de \$14.50, acercándose al mercado se analizó el precio de venta, es así que el precio de venta al público es de \$8.

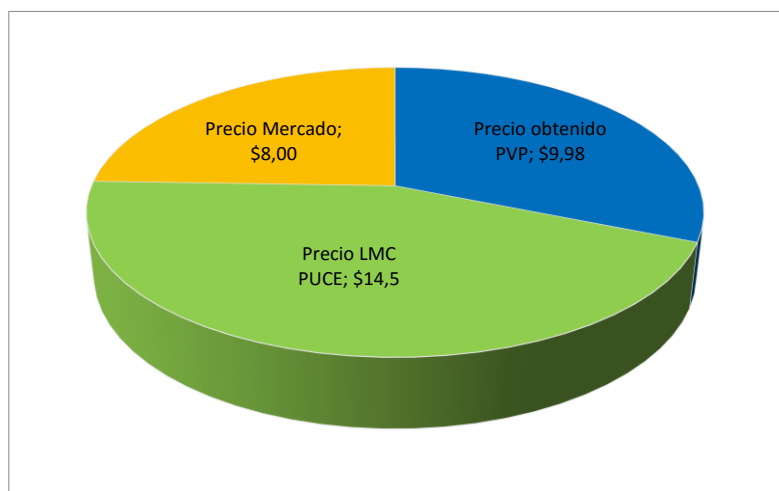


Gráfico 2. Precios de ensayo densidad de sólidos (método B)

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

#### 4.4.3. Granulometría por hidrómetro

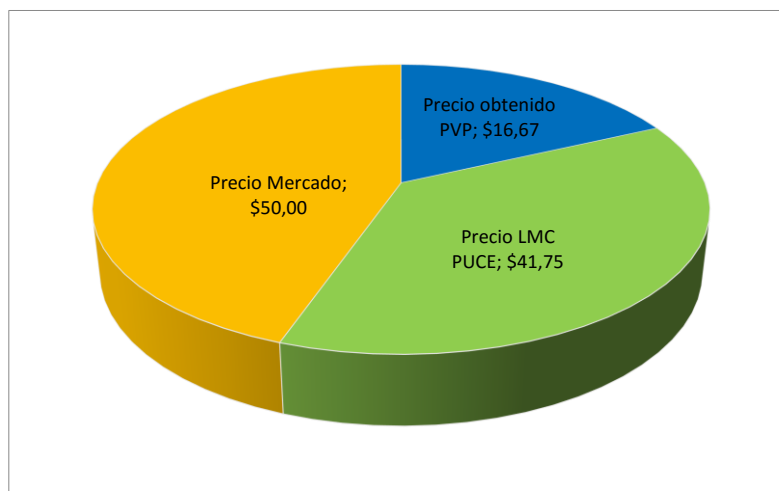
Precio obtenido: \$9,98

Precio LMC PUCE: \$14,50

Precio Mercado: \$8,00

El ensayo de granulometría por hidrómetro, fue analizado paso a paso para obtener el costo real, asignar un margen de utilidad y finalmente el precio de venta al público dándonos como resultado el valor de \$16.67.

El laboratorio oferta éste ensayo a un precio de \$41.75, acercándose al mercado se analizó el precio de venta, es así que el precio de venta al público es de \$50.00.



*Gráfico 3. Precios de ensayo de granulometría por hidrómetro*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

#### 4.4.4. Compactación estándar

Precio obtenido: \$18,56

Precio LMC PUCE: \$23,00

Precio Mercado: \$20,00

El ensayo de compactación estándar, fue analizado paso a paso para obtener el costo real, asignar un margen de utilidad y finalmente el precio de venta al público dándonos como resultado el valor de \$18.56.

El laboratorio oferta éste ensayo a un precio de \$23.00, acercándose al mercado se analizó el precio de venta, es así que el precio de venta al público es de \$20.00.

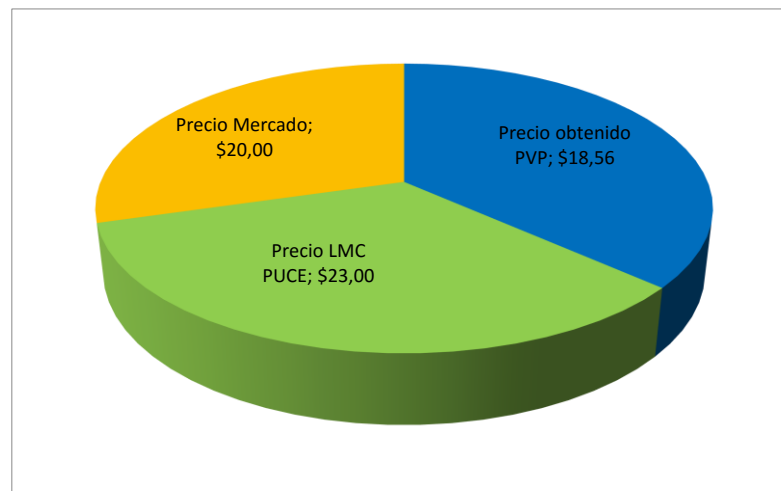


Gráfico 4. Precios de ensayo de compactación estándar

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

#### 4.4.5. Compactación modificada

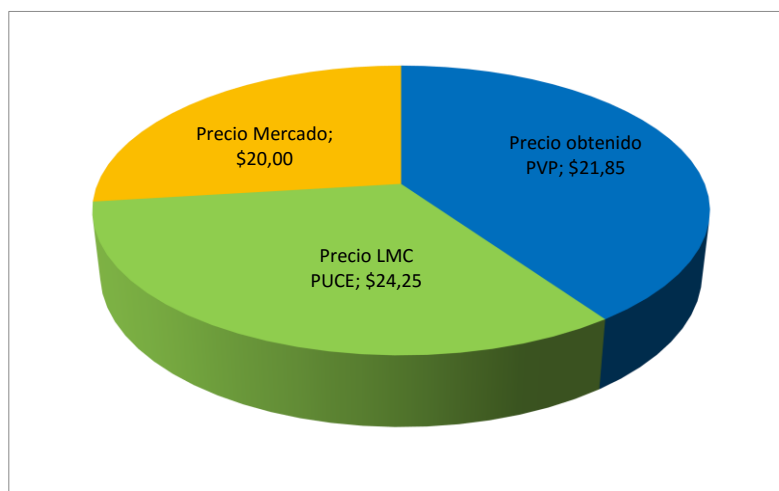
Precio obtenido: \$21,81

Precio LMC PUCE: \$24,25

Precio Mercado: \$20,00

El ensayo de compactación modificada, fue analizado paso a paso para obtener el costo real, asignar un margen de utilidad y finalmente el precio de venta al público dándonos como resultado el valor de \$21.85.

El laboratorio oferta éste ensayo a un precio de \$24.25, acercándose al mercado se analizó el precio de venta, es así que el precio de venta al público es de \$20.00.



*Gráfico 5. Precios de ensayo de compactación modificada*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

#### 4.4.6. Compresión simple en el suelo

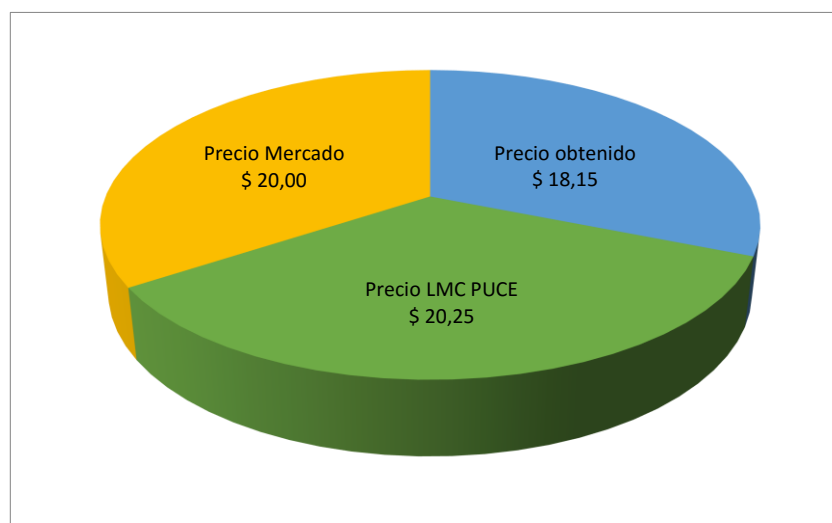
Precio obtenido: \$18,15

Precio LMC PUCE: \$20,25

Precio Mercado: \$20,00

El ensayo de compresión simple, fue analizado paso a paso para obtener el costo real, asignar un margen de utilidad y finalmente el precio de venta al público dándonos como resultado el valor de \$18.15.

El laboratorio oferta éste ensayo a un precio de \$20.25, acercándose al mercado se analizó el precio de venta, es así que el precio de venta al público es de \$20.00.



*Gráfico 6. Precios de ensayo de compresión simple*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

#### 4.4.7. Corte directo c-u saturado

Precio obtenido: \$27,48

Precio LMC PUCE: \$61,25

Precio Mercado: \$75,00

El ensayo de corte directo C-U saturado, fue analizado paso a paso para obtener el costo real, asignar un margen de utilidad y finalmente el precio de venta al público dándonos como resultado el valor de \$27.48.

El laboratorio oferta éste ensayo a un precio de \$61.25, acercándose al mercado se analizó el precio de venta, es así que el precio de venta al público es de \$75.00.

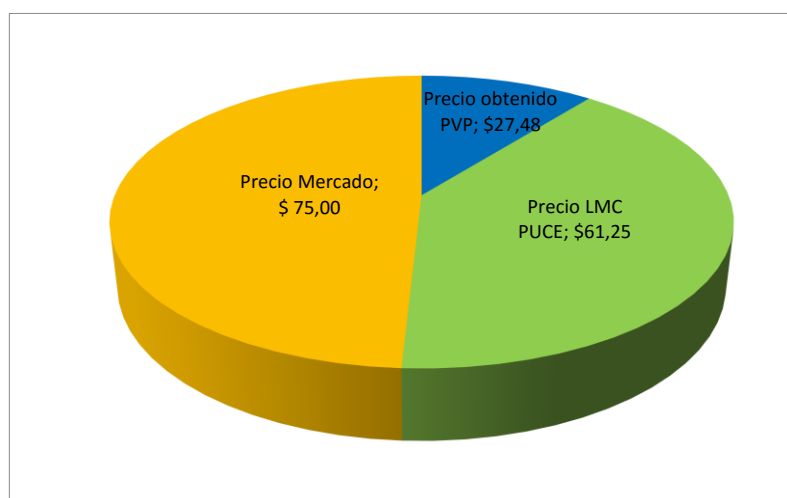


Gráfico 7. Precios de ensayo de corte directo C-U saturado

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

#### 4.4.8. Triaxial u-u sin saturar

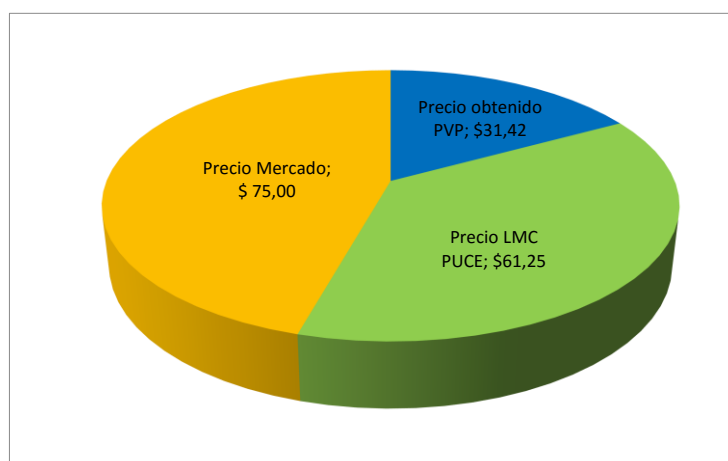
Precio obtenido: \$31,42

Precio LMC PUCE: \$61,25

Precio Mercado: \$75,00

El ensayo de Triaxial U-U sin saturar, fue analizado paso a paso para obtener el costo real, asignar un margen de utilidad y finalmente el precio de venta al público dándonos como resultado el valor de \$31.42.

El laboratorio oferta éste ensayo a un precio de \$61.25, acercándose al mercado se analizó el precio de venta, es así que el precio de venta al público es de \$75.00.



*Gráfico 8. Precios de ensayo de Triaxial U-U sin saturar*

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

#### 4.4.9. Triaxial U-U saturado

Precio obtenido: \$165,74

Precio LMC PUCE: \$126,75

Precio Mercado: \$75,00

El ensayo de compactación estándar, fue analizado paso a paso para obtener el costo real, asignar un margen de utilidad y finalmente el precio de venta al público dándonos como resultado el valor de \$165.74.

El laboratorio oferta éste ensayo a un precio de \$126.75, acercándose al mercado se analizó el precio de venta, es así que el precio de venta al público es de \$75.00.

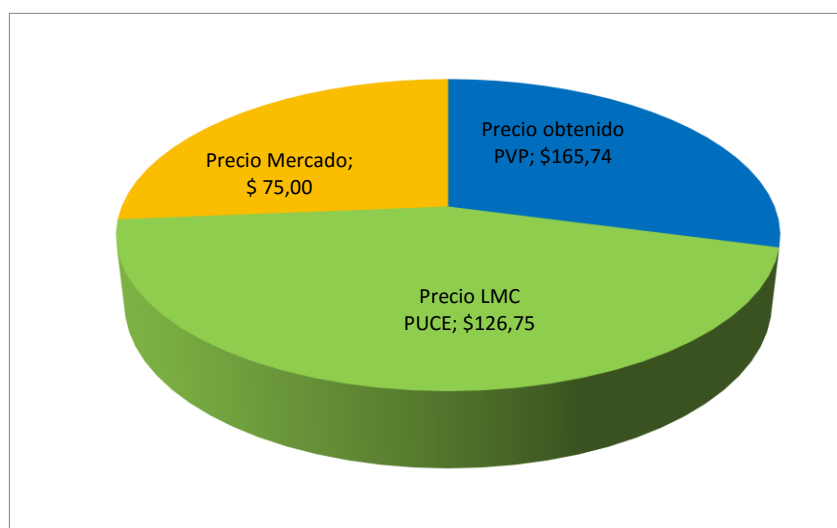


Gráfico 9. Precios de ensayo de Triaxial U-U saturado

Fuente: Elaborado por Renato Briceño

## CAPITULO 5

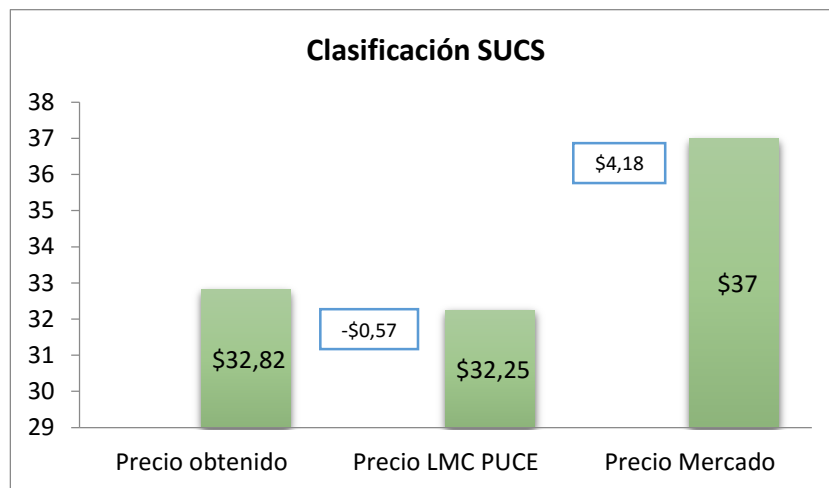
### 5.1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1.1. CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos en el cálculo de precios de los ensayos de laboratorio, se establecieron las siguientes conclusiones:

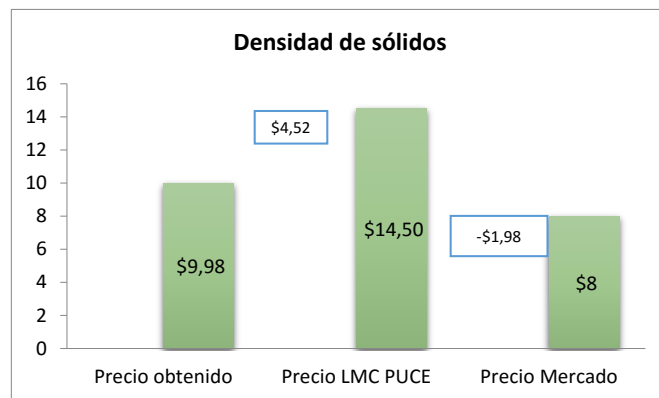
- **Ensayo Clasificación SUCS**

Como se puede observar en la gráfica, producto de la investigación se obtuvo \$32,82; el precio ofertado por el Laboratorio es de \$32,25 y el de la competencia es de \$37,00; fácilmente se puede incrementar el precio en \$4,18, sin afectar a la mente del consumidor ya que igualamos al precio de la competencia y se otorga un de utilidad más alto de lo esperado.



- **Ensayo Densidad de sólidos**

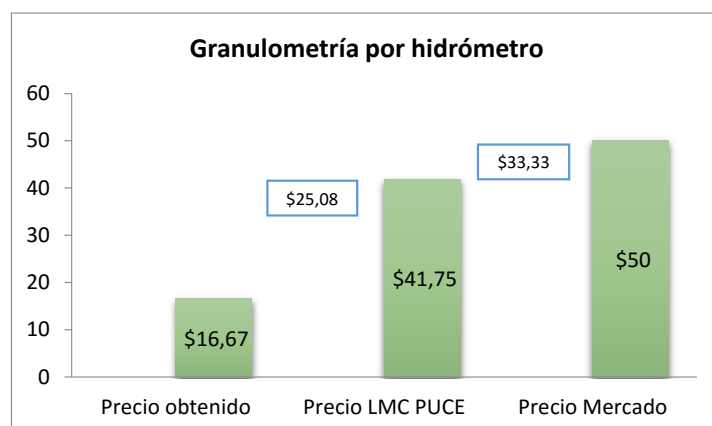
En este caso el precio obtenido es de \$9,98 actualmente se los oferta en \$14,50 mientras que la competencia en \$8,00; tomando en cuenta la rentabilidad vs precio competencia conviene mantener el precio, pero si comparamos demanda del ensayo vs el precio de la competencia se podría considerar ajustar el margen de utilidad del ensayo pero genero más ingresos por volumen de venta.



- **Granulometría por hidrómetro**

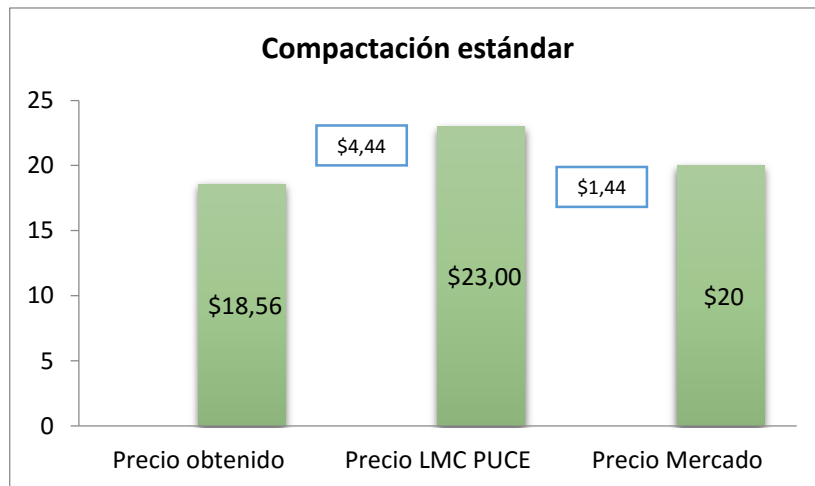
Totalmente un escenario favorecedor dadas las condiciones del precio actual de la oferta, se podría considerar dos escenarios:

- Margen de utilidad vs volumen de ventas así los clientes retornarían por un ensayo de calidad a un precio moderado.
- Mantener el mismo precio dado que sin duda tengo un margen de utilidad favorable



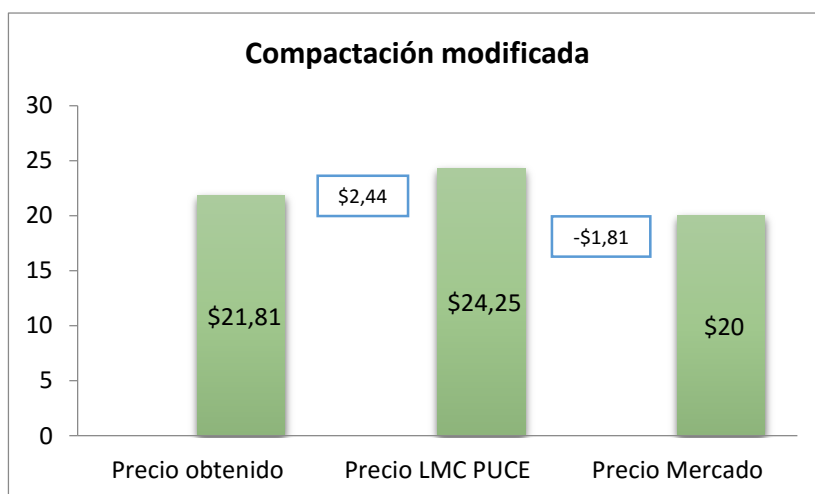
- **Compactación estándar**

Ensayo en el cual de acuerdo a la investigación realizada el precio es menor al ofertado, se debe considerar incrementar el precio mínimo en \$4,44 para obtener margen de utilidad o de igual manera se deberá verificar la demanda del ensayo.



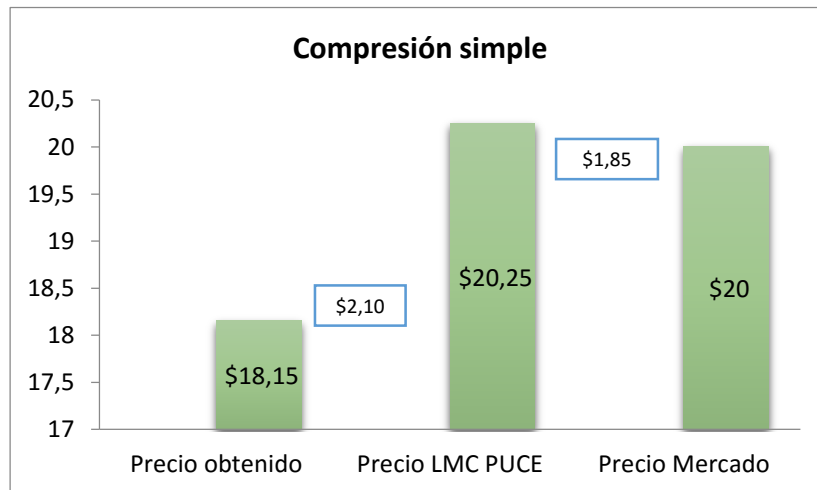
- **Compactación modificada**

Se podría considerar un análisis de demanda vs margen de utilidad dado que el precio obtenido y el de la competencia son menores que el precio de la investigación, en ocasiones sacrificar un % de margen de utilidad conviene dado que el volumen de venta lo compensa.



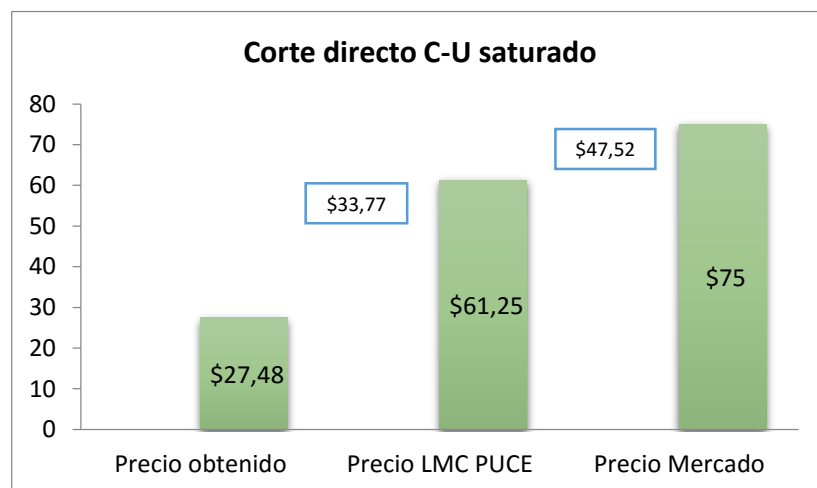
- **Compresión simple en el suelo**

En caso es considerable un incremento de precio en promedio, es tomando como referencia los dos precios del LMC y competencia.



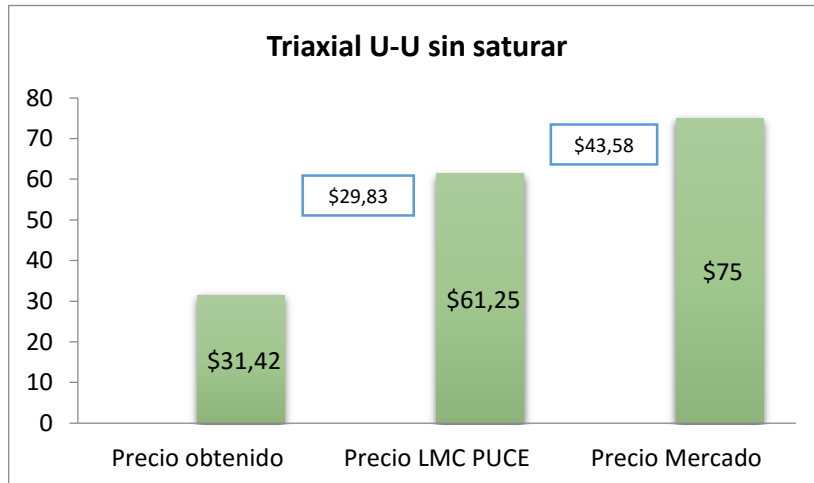
- **Corte directo C-U saturado**

Conviene incrementar el precio realizando un promedio entre ambos precios competencia y laboratorio.



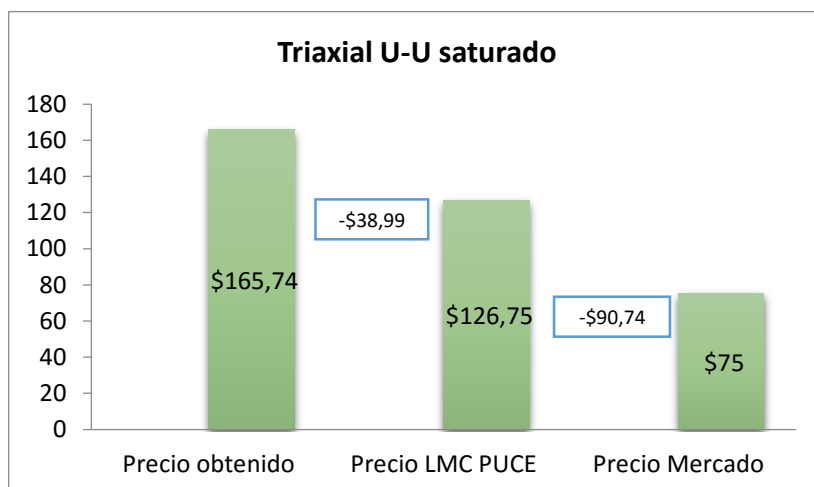
- **Triaxial U-U sin saturar**

Similar caso incremento de precio dato que se puede tener un margen de utilidad superior al actual.



- **Triaxial U-U Saturado**

En este caso particular conviene analizar cada ítem y conocer cual representa el mayor componente del costo, pues la diferencia de precio es significativa en un ensayo que si lo comparamos con el precio ofertado la diferencia es de \$38,88 mientras que con la competencia es de \$90,74 que evidentemente el laboratorio tiene una pérdida considerable.



- El ensayo más realizado durante los meses de septiembre, octubre y noviembre fue clasificación SUCS con un total de 201 pedidos, en el que intervienen: granulometría de los suelos, límite líquido, límite plástico y contenido de humedad.
- En general no observé desperdicio de insumos ni subutilización tanto de equipos como de personal. Sin embargo, durante la realización de los moldes para el ensayo de Triaxial la persona encargada no tuvo una buena técnica por lo que ocasionalmente quebraba la muestra, lo que significa pérdida de tiempo.
- El laboratorio se basa en la norma ASTM para la realización de los diferentes ensayos, lo cual está muy bien, ya que da confianza en los resultados que obtienen en su trabajo diario y se mantienen actualizados a los diferentes cambios que pueda realizar en el futuro con cada una de las normas.
- El laboratorio es competitivo con el mercado ya que posee un personal capacitado para realizar cualquier tipo de ensayo, tiene costos que se encuentran cerca de los precios de la competencia y además está certificado lo cual da seguridad al momento de contratar sus servicios.

### 5.1.2. RECOMENDACIONES

- Propuesta para el ensayo de clasificación SUCS: Comparando el precio de la investigación y el precio del laboratorio de la universidad, se cuenta con un margen de utilidad favorable, y comparándolo con el precio de la competencia se puede incrementar el mismo a \$37.00
- Propuesta para el ensayo de densidad de sólidos en suelos: Comparando el precio de la investigación y el precio del laboratorio de la universidad, se cuenta con un margen de utilidad favorable, y comparándolo con el precio de la competencia se puede disminuir el

precio a \$9.98 o a su vez mantener al precio del laboratorio de \$14.50, ya que se ha mantenido durante todo el año ese valor y tendría la ganancia de siempre.

- Propuesta para el ensayo de densidad de granulometría por hidrómetro: Comparando el precio de la investigación y el precio del laboratorio de la universidad, se cuenta con un margen de utilidad favorable, y comparándolo con el precio de la competencia se puede incrementar el precio a \$48.00 y aun así estar por debajo, o su vez incrementar al mismo precio del mercado a un valor de \$50. Cualquiera de las dos opciones, son favorables para el laboratorio de la universidad.
- Propuesta para el ensayo de densidad de compactación estándar: Comparando el precio de la investigación y el precio del laboratorio de la universidad, se cuenta con un margen de utilidad favorable, y comparándolo con el precio de la competencia se puede disminuir el precio a \$20.00 o a su vez mantener al precio del laboratorio de \$23.00, ya que se ha mantenido durante todo el año ese valor y tendría la ganancia de siempre.
- Propuesta para el ensayo de compactación modificado: Comparando el precio de la investigación y el precio del laboratorio de la universidad, se cuenta con un margen de utilidad favorable, y comparándolo con el precio de la competencia se puede disminuir el precio a \$20.00 o a su vez mantener al precio del laboratorio de \$24.25, ya que se ha mantenido durante todo el año ese valor y tendría la ganancia de siempre.
- Propuesta para el ensayo de compresión simple: Comparando el precio de la investigación y el precio del laboratorio de la universidad, se cuenta con un margen de utilidad favorable, y comparándolo con el precio de la competencia se puede incrementar el precio a \$38.00 y aun así estar por debajo, o su vez incrementar al mismo precio del mercado a un valor de \$40. Cualquiera de las dos opciones, son favorables para el laboratorio de la universidad.
- Propuesta para el ensayo de corte directo C-U saturado: Comparando el precio de la investigación y el precio del laboratorio de la universidad, se cuenta con un margen de

utilidad favorable, y comparándolo con el precio de la competencia se puede incrementar el precio a \$73.00 y aun así estar por debajo, o su vez incrementar al mismo precio del mercado a un valor de \$75. Cualquiera de las dos opciones, son favorables para el laboratorio de la universidad.

- Propuesta para el ensayo de Triaxial U-U sin saturar: Comparando el precio de la investigación y el precio del laboratorio de la universidad, se cuenta con un margen de utilidad favorable, y comparándolo con el precio de la competencia se puede incrementar el precio a \$73.00 y aun así estar por debajo, o su vez incrementar al mismo precio de “Geo suelos” a un valor de \$75. Cualquiera de las dos opciones, son favorables para el laboratorio de la universidad.
- Propuesta para el ensayo de triaxial U-U saturado: Comparando el precio de la investigación y el precio del laboratorio de la universidad, se cuenta con un margen de utilidad desfavorable, y comparándolo con el precio de la competencia se puede disminuir el precio a \$75.00 o a su vez mantener el precio que ya ofertaba el laboratorio a sus clientes que tiene un valor de \$126.75, dejo a criterio personal del laboratorio cuál de éstas opciones tomaría para su uso en el futuro.
- Se recomienda que los ensayos de más complejidad, los realice el laboratorista más capacitado, para que no haya ningún percance; y tampoco los realicen pasantes, ya que se podría obtener datos erróneos y con eso malos informes, lo que retrasaría a futuros ensayos por realizarse.
- Es recomendable mantener apagados los equipos que no estén en uso, con ello ahorran el consumo de luz y disminuyen gastos innecesarios para el laboratorio.
- Es necesario llevar un correcto mantenimiento de los equipo del laboratorio para no tener ningún percance al momento de realizar cada ensayo.

- Dado que en el ensayo de Triaxial U-U saturado dio un valor muy elevado por el costo y tiempo de uso del equipo, recomiendo comprar un equipo de menor valor para la realización de los ensayos, ya que a la larga se verá recompensada la inversión y su mantenimiento será de menores costos.

## 6. Bibliografía

- Agencia para el desarrollo internacional. (1970). *Manual de Contabilidad de costos*. (C. r. técnica, Ed.) Mexico: Publicidad Artística Litográfica S.A.
- ASTM. (2007). *ASTM D422-63 (Reapproved 2007) Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils*.
- ASTM. (2010). *ASTM D2216-10 Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass*.
- ASTM. (2011). *ASTM D2487-1*.
- ASTM. (2011). *ASTM D3080/D3080M-11 Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions*.
- ASTM. (2012). *ASTM D1557-12 Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft<sup>3</sup> (2,700 kN-m/m<sup>3</sup>))*.
- ASTM. (2012). *ASTM D698-12 Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12,400 ft-lbf/ft<sup>3</sup> (600 kN-m/m<sup>3</sup>))*.
- ASTM. (2014). *ASTM D854-14 Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer*.
- ASTM. (2015). *ASTM D2850-15 Standard Test Method for Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils*.
- ASTM. (2016). *ASTM D2166/D2166M-16 Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil*.
- ASTM. (2017). *ASTM D4318-17 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils*.
- Beach, H. (s.f.). Recuperado el 15 de Febrero de 2018, de Hamilton Beach Comercial:  
<http://www.hamiltonbeachcommercial.com/en/single-spindle-drink-mixer-hmd200.html>
- Botero, L. F. (8 de Enero de 2012). *Análisis de Rendimientos y consumos de mano de obra*. Obtenido de Análisis de Rendimientos y consumos de mano de obra:  
<http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit>
- Galdames, M. P. (25 de octubre de 2011). *SlideShare*. Recuperado el 18 de Mayo de 2018, de Corrección monetaria: <https://es.slideshare.net/karlidelgado/correccion-monetaria>
- Grynbaum, R. (1976). *Factores de consistencia de costos y precios unitarios*. Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.

International, A. (2010). Standard Test Methods for Laboratory Determination of water (moisture) Content of Soil and Rock by Mass.

Tecnológico de Monterrey. (2014). *Claves para mejorar el rendimiento laboral en las empresas. Mexico. Work meter .*

Vanderbeck, E. J. (2015). *Principios de Contabilidad de Costos (Vol. 17)*. (J. R. Martinez, Ed.) Mexico, D.F: Cengage Learning.

## 7. ANEXOS

### 7.1. ANEXO 1 PRECIOS USADOS PARA DETERMINACION DE COSTOS

#### Precios de balanzas:

C	Extensión	Descripción	Material	Color	Marca	Serie	Modelo	Custodio	Fecha Servicio	Costo
021274	18	Balanza Analítica	Electronico	BLANCO	METTLER	B137189121	MS32000LE	ALMEIDA NAVARRETE FRANCISCO JA	28/09/2011	2.972,55
021612	52	Balanza de Precisión	Eléctrico	BLANCO	METTLER	B238349068	MS3002S	ALMEIDA NAVARRETE FRANCISCO JA	19/12/2012	2.651,04
021612	53	Balanza de Precisión	Eléctrico	HABANA	METTLER	B249588474	MS6001S	ALMEIDA NAVARRETE FRANCISCO JA	13/02/2013	2.242,82
021612	54	Balanza de Precisión	Eléctrico	HABANA	METTLER	B249588475	MS32000LE	ALMEIDA NAVARRETE FRANCISCO JA	13/02/2013	3.229,23
021612	51	Balanza de Precisión	Eléctrico	BLANCO	METTLER	B238349066	MS3002S	ALMEIDA NAVARRETE FRANCISCO JA	19/12/2012	2.651,04
021612	45	Balanza de Precisión	N/A	BLANCO	SHIMASU	D446811525	UX6200H	ALMEIDA NAVARRETE FRANCISCO JA	04/09/2009	2.075,00
021612	46	Balanza de Precisión	N/A	BLANCO	SHIMASU	D465401346	TXB323L	ALMEIDA NAVARRETE FRANCISCO JA	04/09/2009	1.150,00

#### Precio de bandeja metálica:

C	Extensión	Descripción	Material	Color	Marca	Serie	Modelo	Custodio	Fecha Servicio	Costo
021461	9	Bandeja	Bronce	AMARILLO	S/M			ALMEIDA NAVARRETE FRANCISCO JA	26/04/2002	52,25

#### Precio de horno:

C	Extensión	Descripción	Material	Color	Marca	Serie	Modelo	Custodio	Fecha Servicio	Costo
022507	11	Horno	N/A	HABANA	SELECTA	82489	210	ALMEIDA NAVARRETE FRANCISCO JA	01/07/2001	5.000,00
021493	12	Horno electrico	Electronico	NEGRO	TROXLER	64888	4730	ALMEIDA NAVARRETE FRANCISCO JA	14/10/2011	15.200,00
021433	9	Horno para clevelan	N/A	S/C	S/M	R20011109	H2085.4F	ALMEIDA NAVARRETE FRANCISCO JA	04/04/2008	1.231,10
021433	10	Horno para clevelan	N/A	S/C	S/M	PENDIENTE		ALMEIDA NAVARRETE FRANCISCO JA	17/08/2009	1.933,56
021433	6	Horno para clevelan	Eléctrico	PLOMO	SOLTEST			ALMEIDA NAVARRETE FRANCISCO JA	01/01/1976	109,96

#### Precio de equipo Casagrande:

CODIGO	Extensión	Descripción	Material	Color	Marca	Serie	Modelo	Custodio	Fecha Servicio	Costo
021402	5	Aparato de Casa Grande	Metal	PLOMO	IPEMSA	736	SIP600	ALBUJA SANCHEZ JORGE DAVID	01/03/1994	739,09

#### Precio de baño maría:

C	Extensión	Descripción	Material	Color	Marca	Serie	Modelo	Custodio	Fecha Servicio	Costo
021205	56	Baño María	N/A	HABANA	HUMBOLDT	50160HZ	H1390	ALMEIDA NAVARRETE FRANCISCO JA	26/01/2009	1.224,00
021205	5	Baño María	Eléctrico	BLANCO	IPEMSA		TFB	ALMEIDA NAVARRETE FRANCISCO JA	01/01/1980	114,05
021205	55	Baño María	N/A	HABANA	S/M	0711232	DSB-1000E	ALMEIDA NAVARRETE FRANCISCO JA	06/06/2008	480,00

#### Precio bomba de vacío:

CODIGO	Extensión	Descripción	Material	Color	Marca	Serie	Modelo	Custodio	Fecha Servici	Costo
021206	28	Bomba al Vacío	N/A	NEGRO	FISHER	C55JXHJW4084	S/M	ALMEIDA NAVARRETE FRANCISCO JA	04/04/2008	1.091,83

### Precio de extractor de muestras Marshall:

C	Extensión	Descripción	Material	Color	Marca	Serie	Modelo	Custodio	Fecha Servicio	Costo
021558	1	Extrusor de muestras Marshall	N/A	S/C	S/M	PENDIENTE		ALMEIDA NAVARRETE FRANCISCO JA	17/08/2009	723.33

### Precio Dispositivo de corte directo:

C	Extensión	Descripción	Material	Color	Marca	Serie	Modelo	Custodio	Fecha Servicio	Costo
021420	3	Equipo de Ensayo de Corte Directo	N/A	Gris	ELE	1885-2-1136	26-2112/01	ALMEIDA NAVARRETE FRANCISCO JA	23/06/2006	9.655,50

Precio de tamices:



Quito, 04 de Enero del 2018

Sres.

Laboratorio de Materiales

Facultad de Ingeniería

PUCE

Presente.-

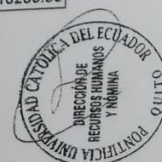
**Cotización para SUMINISTRO LOCAL  
Equipos marca HUMBOLDT (USA)  
DM 7099-2018**

Ítem	Cant.	Código	Descripción	V. Unitario
1	3	H-3920FS4	Tamiz 8" de diámetro x 2" de alto No. 4	\$ 84,00
2	3	H-3920F8	Tamiz 8" de diámetro x 2" de alto No. 8	\$ 88,00
3	3	H-3920F10	Tamiz 8" de diámetro x 2" de alto No. 10	\$ 91,00
4	3	H-3920F12	Tamiz 8" de diámetro x 2" de alto No. 12	\$ 94,00
5	3	H-3920F16	Tamiz 8" de diámetro x 2" de alto No. 16	\$ 94,00
6	4	H-3920F20	Tamiz 8" de diámetro x 2" de alto No. 20	\$ 94,00
7	3	H-3920F30	Tamiz 8" de diámetro x 2" de alto No. 30	\$ 94,00
8	1	H-3920F40	Tamiz 8" de diámetro x 2" de alto No. 40	\$ 88,00
9	2	H-3920F50	Tamiz 8" de diámetro x 2" de alto No. 50	\$ 87,00
10	3	H-3920F80	Tamiz 8" de diámetro x 2" de alto No. 80	\$ 84,00
11	3	H-3920F100	Tamiz 8" de diámetro x 2" de alto No. 100	\$ 105,00
12	1	H-3920F200	Tamiz 8" de diámetro x 2" de alto No. 200	\$ 130,00
13	2	H-3920FS325	Tamiz 8" de diámetro x 2" de alto No. 325	\$ 197,00
14	1	H-3945RC	Tamiz para lavado No. 200.	\$ 314,00
15	2	H-3920CS.375	Tamiz 8" de diámetro x 2" de alto con malla	\$ 95,00
16	3	H-3920CS.500	Tamiz 8" de diámetro x 2" de alto con malla	\$ 86,00
17	1	H-3920CS.625	Tamiz 8" de diámetro x 2" de alto con malla	\$ 86,00
18	3	H-3920CS.750	Tamiz 8" de diámetro x 2" de alto con malla	\$ 84,00
19	4	H-3920CS1.000	Tamiz 8" de diámetro x 2" de alto con malla	\$ 84,00
20	3	H-3920CS1.500	Tamiz 8" de diámetro x 2" de alto con malla	\$ 84,00
21	3	H-3920CS2.000	Tamiz 8" de diámetro x 2" de alto con malla	\$ 84,00
22	3	H-3920CS2.500	Tamiz 8" de diámetro x 2" de alto con malla	\$ 85,00
23	3	H-3920CS3.000	Tamiz 8" de diámetro x 2" de alto con malla	\$ 88,00
24	1	H-3920CS1.250	Tamiz 8" de diámetro x 2" de alto con malla	\$ 94,00
25	1	H-3920CS4.000	Tamiz 8" de diámetro x 2" de alto con malla	\$ 94,00

**Salario de laboratoristas:**

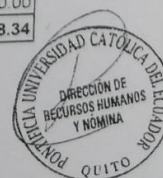
UNIDAD: LAB. MATERIALES DE CONSTRUCCION  
 PROYECTO: PRESUPUESTO GENERAL  
 NOMBRE: CRIOLLO IBAÑEZ PATRICIO  
 C.C. 1720252301  
 CARGO: AUXILIAR DE LABORATORIO  
 DESDE 01/01/2017  
 HASTA 31/12/2017

Indefinido	TC x 12 meses + 24 extraordinarias
<b>SUELDO UNIFICADO</b>	6697.80
RECARGO JORNADA NOCTURNA	0.00
TRANSPORTE Y MOVILIZACION	0.00
<b>ANTIGÜEDAD</b>	1339.56
BONO RESPONSABILIDAD	0.00
HORAS SUPLEMENTARIAS	0.00
<b>HORAS EXTRAORDINARIAS</b>	1339.56
COMISARIATO	0.00
<b>SOBRE SUELDO</b>	1116.30
VACACIONES	612.10
FONDO CESANTIA	66.98
APORTES IESS	1169.99
P. DECIMO TERCERO	874.44
P. DECIMO CUARTO	379.00
FONDO DE RESERVA	874.44
SEGURO MÉDICO	843.72
SUBSIDIO FAMILIAR	0.00
GUARDERIA	0.00
<b>FONDO DE INVERSIÓN</b>	839.46
PROVISIÓN DESAHUCIO NUEVOS	0.00
COSTO FIN. DESAHUCIO NUEVOS	0.00
PROVISIÓN JUBILACIÓN NUEVOS	0.00
COSTO FIN. JUBILACIÓN NUEVOS	0.00
<b>PROVISIÓN DESAHUCIO</b>	108.48
<b>COSTO FIN. DESAHUCIO</b>	4.54
JUBILACIÓN	0.00
COSTO FIN. JUBILACIÓN	0.00
<b>COSTO TOTAL:</b>	<b>16266.36</b>



UNIDAD: LAB. MATERIALES DE CONSTRUCCION  
 PROYECTO: PRESUPUESTO GENERAL  
 NOMBRE: MORAN ASTUDILLO JOSÉ  
 C.C. 1718547555  
 CARGO: AUXILIAR DE LABORATORIO  
 DESDE 01/01/2017  
 HASTA 31/12/2017

Indefinido	TC X12 MESES +24 H. EXTRAORDIARIAS
<b>SUELDO UNIFICADO</b>	6697.92
RECARGO JORNADA NOCTURNA	0.00
TRANSPORTE Y MOVILIZACION	0.00
<b>ANTIGÜEDAD</b>	2679.17
BONO RESPONSABILIDAD	0.00
HORAS SUPLEMENTARIAS	0.00
<b>HORAS EXTRAORDINARIAS</b>	1339.58
COMISARIATO	0.00
<b>SOBRE SUELDO</b>	1116.32
VACACIONES	788.87
FONDO CESANTIA	66.98
APORTES IESS	1319.38
P. DECIMO TERCERO	986.08
P. DECIMO CUARTO	379.00
FONDO DE RESERVA	986.08
<b>SEGURO MÉDICO</b>	843.72
SUBSIDIO FAMILIAR	0.00
GUARDERIA	0.00
<b>FONDO DE INVERSIÓN</b>	946.64
PROVISIÓN DESAHUCIO NUEVOS	0.00
COSTO FIN. DESAHUCIO NUEVOS	0.00
PROVISIÓN JUBILACIÓN NUEVOS	0.00
COSTO FIN. JUBILACIÓN NUEVOS	0.00
<b>PROVISIÓN DESAHUCIO</b>	104.26
<b>COSTO FIN. DESAHUCIO</b>	4.34
JUBILACIÓN	0.00
COSTO FIN. JUBILACIÓN	0.00
<b>COSTO TOTAL:</b>	<b>18258.34</b>



## 7.2. ANEXO 2 LISTA DE PRECIOS DE "GEOSUELOS"



### COTIZACIÓN PARA ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS COTIZACIÓN SO5966 REVISIÓN PR002

**Cliente:** Ing. Carla Poveda  
**Atención:** Ing. Carla Poveda  
**Teléfono:** 0980683464  
**Email:** cpoveda77@gmail.com

**Proyecto:** Ensayo de Laboratorio  
**Localización:** Quito  
**Plazo:** 20 días  
**Fecha:** 06 de abril del 2018

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
<b>Laboratorio</b>				
Clasificación SUCS	ensayo		37,00	
Densidad de sólidos (Gravedad específica)	ensayo		8,00	
Granulometría por tamices	ensayo		8,00	
Granulometría por hidrómetro	ensayo		50,00	
Compactación Próctor estándar	ensayo		20,00	
Compactación Próctor modificada	ensayo		20,00	
Compresión simple en suelo	ensayo		20,00	
Compresión simple en roca	ensayo		42,00	
Corte directo C-U saturado	ensayo		75,00	
Triaxial U-U sin saturar	ensayo		75,00	
Triaxial U-U saturado	ensayo		75,00	
<b>Oficina</b>				
Reporte de resultados	ensayo			