



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

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

**TEMA:**

---

---

**“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y  
MECÁNICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA LA MATRIZ DEL CANTÓN  
QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”**

---

---

**AUTORA:** María José Molina Hinojosa  
**TUTOR:** Ing. Mg. Favio Paul Portilla Yandun

**Ambato – Ecuador**

**Agosto - 2021**

## **CERTIFICACIÓN**

En mi calidad Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del Título de Ingeniera Civil, con el tema **“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA LA MATRIZ DEL CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, elaborado por la Srta. María José Molina Hinojosa, portadora de la cédula de ciudadanía C.I. 0550114573, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

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

Ambato, Agosto 2021

---

**Ing. Mg. Favio Paul Portilla Yandun**  
**TUTOR**

## **AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

Yo, María José Molina Hinojosa, con C.I. 0550114573, declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente trabajo experimental con el tema **“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA LA MATRIZ DEL CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autora del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Agosto 2021

---

**María José Molina Hinojosa**  
**C.I: 0550114573**  
**AUTORA**

## **DERECHOS DE AUTOR**

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

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

Ambato, Agosto 2021



---

**María José Molina Hinojosa**  
**C.I: 0550114573**  
**AUTORA**

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por la estudiante María José Molina Hinojosa de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA LA MATRIZ DEL CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**.

Ambato, Agosto 2021

Para constancia firman:

---

**Ing. Mg. Ruth Lorena Pérez Maldonado**  
**Miembro Calificador**

---

**Ing. Mg. Lourdes Gabriela Peñafiel Valla**  
**Miembro Calificador**

## **DEDICATORIA**

*Con mucho amor y cariño dedico este trabajo a mis padres, Blanca y Edwin quienes han sido mi principal motivación para seguir adelante y hoy poder cumplir una meta más en mi vida, gracias por apoyarme en cada momento, por siempre inculcarme buenos valores y gracias a ustedes soy la persona que soy.*

***María José Molina Hinojosa***

## **AGRADECIMIENTO**

*A Dios por darme la oportunidad de cumplir una meta más en mi vida, por darme la fortaleza que he necesitado para seguir adelante y sobre todo por bendecirme cada día.*

*A mis padres y mi hermano por siempre estar ahí en los buenos y malos momentos, siempre dándome ánimos para seguir adelante.*

*A la Universidad Técnica de Ambato en especial a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica por permitirme estudiar en su establecimiento y formarme como profesional.*

*A mi tutor Ing. Favio Portilla por compartir sus conocimientos y sobre todo por el tiempo dedicado para el desarrollo de mi proyecto de investigación.*

*A mis amigos Andrés, Roberto, Gabriel, Romel, Lisett, Amanda, Olguita, Jessi, Lisbeth por los buenos momentos que pasamos en esta etapa de nuestras vidas, me llevo grandes momentos que recordaré para toda mi vida, gracias por todo.*

***María José Molina Hinojosa***

## ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN .....	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO .....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvii
RESUMEN.....	xx
ABSTRACT.....	xxi
CAPÍTULO I.....	1
1.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS .....	1
1.1.1. Antecedentes.....	1
1.1.2. Justificación .....	3
1.1.3. Marco Teórico.....	4
1.1.3.1. Definición de suelo .....	4
1.1.3.2. Tipos de suelos.....	4
1.1.3.3. Propiedades índice del suelo.....	4
1.1.3.3.1. Contenido de humedad ( $\omega\%$ ) .....	5
1.1.3.3.2. Granulometría .....	6
1.1.3.3.3. Relación de vacíos ( $e$ ).....	9
1.1.3.3.4. Porosidad ( $\eta$ ).....	10
1.1.3.3.5. Grado de saturación del agua ( $G\omega\%$ ).....	11
1.1.3.3.6. Grado de saturación del aire ( $G\alpha\%$ ) .....	11
1.1.3.3.7. Límites de Atterberg .....	11
1.1.3.3.8. Gravedad específica ( $G_s$ ).....	14
1.1.3.3.9. Densidad de Campo .....	15
1.1.3.4. Clasificación de los suelos.....	16
1.1.3.4.1. Sistema de clasificación AASHTO.....	16
1.1.3.4.2. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).....	21
1.1.3.5. Propiedades Mecánicas.....	25
1.1.3.5.1. Proctor Modificado .....	25



1.1.3.5.2.	Cono Dinámico de Penetración.....	26
1.1.3.5.3.	CBR (California Bearing Ratio).....	28
1.1.3.6.	Definiciones generales de Estadística.....	30
1.1.3.6.1.	La media aritmética.....	30
1.1.3.6.2.	Desviación estándar .....	31
1.1.3.6.3.	Varianza .....	31
1.1.3.6.4.	Análisis de regresión .....	31
1.1.3.6.5.	Análisis de correlación.....	32
1.1.3.6.6.	Método de los mínimos cuadrados.....	32
1.1.3.6.7.	Coefficiente de correlación.....	33
1.1.3.7.	Pavimentos flexibles .....	33
1.1.3.8.	Subrasante.....	34
1.1.3.9.	Subbase .....	34
1.1.3.10.	Base.....	35
1.1.3.11.	Superficie de rodadura .....	37
1.1.3.12.	Diseño de pavimentos flexibles .....	38
1.1.3.12.1.	Fórmula de diseño.....	38
1.1.3.12.2.	Período de análisis.....	38
1.1.3.12.3.	Tráfico.....	39
1.1.3.12.4.	Confiabilidad.....	39
1.1.3.12.5.	Desviación estándar normal ( $Z_R$ ) .....	40
1.1.3.12.6.	Desviación estándar global ( $S_0$ ) .....	40
1.1.3.12.7.	Módulo resiliente (Característica de la Subrasante).....	40
1.1.3.12.8.	Serviciabilidad.....	41
1.1.3.12.9.	Espesores por capa .....	42
1.1.3.12.10.	Coefficientes estructurales.....	43
1.1.3.12.11.	Coefficientes de drenaje.....	45
1.1.4.	Hipótesis .....	46
1.2.	OBJETIVOS .....	46
1.2.1.	Objetivo General.....	46
1.2.2.	Objetivos Específicos .....	46
CAPÍTULO II .....		47
2.1.	Niveles de Investigación.....	47
2.1.1.	Nivel Experimental.....	47

2.1.2.	Nivel Analítico.....	47
2.1.3.	Nivel Exploratorio .....	47
2.1.4.	Nivel Explicativo .....	47
2.2.	Población y Muestra .....	47
2.2.1.	Población .....	47
2.2.2.	Muestra .....	48
2.3.	Equipos y Materiales .....	50
2.4.	Métodos .....	51
2.4.1.	Plan de recolección de datos.....	51
2.4.2.	ENSAYOS .....	53
2.4.3.	Plan de procesamiento y análisis de información .....	56
2.4.3.1.	Determinación de correlaciones múltiples.....	57
CAPÍTULO III.....		61
3.1.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	61
3.1.1.	Propiedades índice .....	61
3.1.1.1.	Densidad de Campo.....	61
3.1.1.2.	Gravedad Específica .....	62
3.1.1.3.	Granulometría .....	63
3.1.1.4.	Límites de Atterberg .....	64
3.1.2.	Clasificación de suelos.....	65
3.1.3.	Propiedades Mecánicas.....	68
3.1.3.1.	Proctor Modificado .....	68
3.1.3.2.	CBR .....	68
3.1.3.3.	DCP.....	69
3.1.4.	Nomenclatura.....	70
3.1.5.	Tabla resumen: Ensayos de campo y laboratorio .....	71
3.1.6.	Correlaciones .....	73
3.1.7.	Diseño estructural de pavimento flexible AASHTO 93 .....	98
3.1.7.1.	Conteo vehicular .....	98
3.1.7.2.	Ejes Equivalentes según el periodo de diseño (W18).....	101
3.1.8.	Aplicación de las correlaciones para la obtención del CBR.....	114
3.2.	VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS .....	120
CAPÍTULO IV.....		121
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		121

4.1.	CONCLUSIONES .....	121
4.2.	RECOMENDACIONES.....	124
	BIBLIOGRAFÍA.....	126
	ANEXOS.....	130

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Contenido de humedad natural.....	5
<b>Tabla 2.</b> Tamaños y designación de tamices ASTM.....	6
<b>Tabla 3.</b> Valores de relación de vacíos de distintos tipos de suelos.....	9
<b>Tabla 4.</b> Valores de porosidad de distintos tipos de suelos.....	10
<b>Tabla 5.</b> Gravedad específica de algunos suelos.....	15
<b>Tabla 6.</b> Valores de densidad seca in-situ.....	16
<b>Tabla 7.</b> Clasificación de suelos AASHTO.....	18
<b>Tabla 8.</b> Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.....	23
<b>Tabla 9.</b> Especificaciones de la prueba Proctor modificada ASTM Prueba 1577 ....	25
<b>Tabla 10.</b> Valores de carga unitaria.....	29
<b>Tabla 11.</b> Clasificación típica de suelos en función del CBR.....	29
<b>Tabla 12.</b> Rangos de correlación.....	33
<b>Tabla 13.</b> Granulometría para subbases.....	35
<b>Tabla 14.</b> Recomendaciones para uso de material base.....	35
<b>Tabla 15.</b> Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada para los diferentes clases de bases.....	37
<b>Tabla 16.</b> Período de análisis.....	38
<b>Tabla 17.</b> Factor de distribución por carril.....	39
<b>Tabla 18.</b> Niveles de confiabilidad sugeridos para varias clasificaciones funcionales.....	39
<b>Tabla 19.</b> Valores de desviación estándar normal.....	40
<b>Tabla 20.</b> Calificación según el índice de servicialidad.....	41
<b>Tabla 21.</b> Espesores mínimos (pulgadas).....	43
<b>Tabla 22.</b> Calidad de drenaje.....	45
<b>Tabla 23.</b> Valores de $m_2$ y $m_3$ recomendados para los coeficientes de capa modificados de materiales de base y subbase no tratada en pavimentos flexibles ....	45
<b>Tabla 24.</b> Coordenadas de los puntos seleccionados para la ejecución de ensayos ..	49
<b>Tabla 25.</b> Equipos y Materiales.....	50
<b>Tabla 26.</b> Tabla de recolección de datos.....	51
<b>Tabla 27.</b> Tabla para el cálculo de correlaciones lineales múltiples.....	57
<b>Tabla 28.</b> Matriz inversa correlación lineal múltiple.....	57
<b>Tabla 29.</b> Tabla para el cálculo de correlaciones múltiples logarítmicas.....	58

<b>Tabla 30.</b> Matriz inversa correlación logarítmica múltiple .....	58
<b>Tabla 31.</b> Tabla para el cálculo de correlaciones múltiples potenciales .....	59
<b>Tabla 32.</b> Matriz inversa correlación potencial múltiple.....	59
<b>Tabla 33.</b> Tabla para el cálculo de correlaciones múltiples exponenciales.....	60
<b>Tabla 34.</b> Matriz inversa correlación exponencial múltiple .....	60
<b>Tabla 35.</b> Densidad de Campo .....	61
<b>Tabla 36.</b> Gravedad Específica.....	62
<b>Tabla 37.</b> Granulometría .....	63
<b>Tabla 38.</b> Límites de Atterberg .....	64
<b>Tabla 39.</b> Clasificación SUCS – AASHTO .....	65
<b>Tabla 40.</b> Proctor Modificado .....	68
<b>Tabla 41.</b> CBR.....	68
<b>Tabla 42.</b> DCP .....	69
<b>Tabla 43.</b> Nomenclatura y unidades .....	70
<b>Tabla 44.</b> Resumen de las propiedades del suelo .....	71
<b>Tabla 45.</b> Tabla resumen de las propiedades del suelo .....	72
<b>Tabla 46.</b> Correlaciones CBR, DCP y propiedades índice.....	73
<b>Tabla 47.</b> Volumen vehicular de la hora pico .....	98
<b>Tabla 48.</b> Índice de crecimiento vehicular .....	100
<b>Tabla 49.</b> Tráfico proyectado 20 años .....	101
<b>Tabla 50.</b> Período de diseño según el tipo de vía .....	101
<b>Tabla 51.</b> Factor de daño.....	102
<b>Tabla 52.</b> Número de ejes equivalentes.....	103
<b>Tabla 53.</b> Espesores mínimos (pulgadas).....	104
<b>Tabla 54.</b> Niveles de confiabilidad sugeridos para varias clasificaciones funcionales .....	104
<b>Tabla 55.</b> Valores de desviación estándar normal.....	104
<b>Tabla 56.</b> Determinación de valores $a_1$ .....	106
<b>Tabla 57.</b> Determinación de valores $a_2$ .....	107
<b>Tabla 58.</b> Determinación de valores $a_3$ .....	108
<b>Tabla 59.</b> Calidad de drenaje.....	109
<b>Tabla 60.</b> Valores de $m_2$ y $m_3$ recomendados para los coeficientes de capa modificados de materiales de base y subbase no tratada en pavimentos flexibles ..	109

<b>Tabla 61.</b> Resumen de resultados, CBR laboratorio, W18 calculado .....	110
<b>Tabla 62.</b> Diseño de pavimento flexible, W18 calculado .....	111
<b>Tabla 63.</b> Resumen de resultados, CBR laboratorio, W18 impuesto.....	112
<b>Tabla 64.</b> Diseño de pavimento flexible, W18 impuesto .....	113
<b>Tabla 65.</b> Valores de CBR obtenidos de las correlaciones .....	115
<b>Tabla 66.</b> Resumen de resultados, CBR correlaciones, W18 calculado .....	116
<b>Tabla 67.</b> Diseño de pavimento flexible, CBR de correlaciones, W18 calculado ..	117
<b>Tabla 68.</b> Resumen de resultados, CBR correlaciones, W18 impuesto .....	118
<b>Tabla 69.</b> Diseño de pavimento flexible, CBR de correlaciones, W18 impuesto...	119
<b>Tabla 70.</b> Resultados del diseño de pavimento .....	120
<b>Tabla 71.</b> Densidad de campo muestra 1.....	131
<b>Tabla 72.</b> Densidad de campo muestra 2.....	132
<b>Tabla 73.</b> Densidad de campo muestra 3.....	133
<b>Tabla 74.</b> Densidad de campo muestra 4.....	134
<b>Tabla 75.</b> Densidad de campo muestra 5.....	135
<b>Tabla 76.</b> Densidad de campo muestra 6.....	136
<b>Tabla 77.</b> Densidad de campo muestra 7.....	137
<b>Tabla 78.</b> Densidad de campo muestra 8.....	138
<b>Tabla 79.</b> Densidad de campo muestra 9.....	139
<b>Tabla 80.</b> Densidad de campo muestra 10.....	140
<b>Tabla 81.</b> Densidad de campo muestra 11.....	141
<b>Tabla 82.</b> Densidad de campo muestra 12.....	142
<b>Tabla 83.</b> Granulometría muestra 1 .....	143
<b>Tabla 84.</b> Granulometría muestra 2.....	144
<b>Tabla 85.</b> Granulometría muestra 3.....	145
<b>Tabla 86.</b> Granulometría muestra 4.....	146
<b>Tabla 87.</b> Granulometría muestra 5.....	147
<b>Tabla 88.</b> Granulometría muestra 6.....	148
<b>Tabla 89.</b> Granulometría muestra 7.....	149
<b>Tabla 90.</b> Granulometría muestra 8.....	150
<b>Tabla 91.</b> Granulometría muestra 9.....	151
<b>Tabla 92.</b> Granulometría muestra 10.....	152
<b>Tabla 93.</b> Granulometría muestra 11 .....	153

<b>Tabla 94.</b> Granulometría muestra 12.....	154
<b>Tabla 95.</b> Límite líquido y plástico muestra 1.....	155
<b>Tabla 96.</b> Límite líquido y plástico muestra 2.....	156
<b>Tabla 97.</b> Límite líquido y plástico muestra 3.....	157
<b>Tabla 98.</b> Límite líquido y plástico muestra 4.....	158
<b>Tabla 99.</b> Límite líquido y plástico muestra 5.....	159
<b>Tabla 100.</b> Límite líquido y plástico muestra 6.....	160
<b>Tabla 101.</b> Límite líquido y plástico muestra 7.....	161
<b>Tabla 102.</b> Límite líquido y plástico muestra 8.....	162
<b>Tabla 103.</b> Límite líquido y plástico muestra 9.....	163
<b>Tabla 104.</b> Límite líquido y plástico muestra 10.....	164
<b>Tabla 105.</b> Límite líquido y plástico muestra 11.....	165
<b>Tabla 106.</b> Límite líquido y plástico muestra 12.....	166
<b>Tabla 107.</b> Gravedad específica muestra 1.....	167
<b>Tabla 108.</b> Gravedad específica muestra 2.....	168
<b>Tabla 109.</b> Gravedad específica muestra 3.....	169
<b>Tabla 110.</b> Gravedad específica muestra 4.....	170
<b>Tabla 111.</b> Gravedad específica muestra 5.....	171
<b>Tabla 112.</b> Gravedad específica muestra 6.....	172
<b>Tabla 113.</b> Gravedad específica muestra 7.....	173
<b>Tabla 114.</b> Gravedad específica muestra 8.....	174
<b>Tabla 115.</b> Gravedad específica muestra 9.....	175
<b>Tabla 116.</b> Gravedad específica muestra 10.....	176
<b>Tabla 117.</b> Gravedad específica muestra 11.....	177
<b>Tabla 118.</b> Gravedad específica muestra 12.....	178
<b>Tabla 119.</b> DCP muestra 1 .....	179
<b>Tabla 120.</b> DCP muestra 2 .....	180
<b>Tabla 121.</b> DCP muestra 3 .....	181
<b>Tabla 122.</b> DCP muestra 4 .....	182
<b>Tabla 123.</b> DCP muestra 5 .....	183
<b>Tabla 124.</b> DCP muestra 6 .....	184
<b>Tabla 125.</b> DCP muestra 7 .....	185
<b>Tabla 126.</b> DCP muestra 8 .....	186

<b>Tabla 127.</b> DCP muestra 9 .....	187
<b>Tabla 128.</b> DCP muestra 10 .....	188
<b>Tabla 129.</b> DCP muestra 11 .....	189
<b>Tabla 130.</b> DCP muestra 12 .....	190
<b>Tabla 131.</b> Proctor modificado muestra 1 .....	191
<b>Tabla 132.</b> Proctor modificado muestra 2 .....	192
<b>Tabla 133.</b> Proctor modificado muestra 3 .....	193
<b>Tabla 134.</b> Proctor modificado muestra 4 .....	194
<b>Tabla 135.</b> Proctor modificado muestra 5 .....	195
<b>Tabla 136.</b> Proctor modificado muestra 6 .....	196
<b>Tabla 137.</b> Proctor modificado muestra 7 .....	197
<b>Tabla 138.</b> Proctor modificado muestra 8 .....	198
<b>Tabla 139.</b> Proctor modificado muestra 9 .....	199
<b>Tabla 140.</b> Proctor modificado muestra 10 .....	200
<b>Tabla 141.</b> Proctor modificado muestra 11 .....	201
<b>Tabla 142.</b> Proctor modificado muestra 12 .....	202
<b>Tabla 143.</b> Ensayo CBR muestra 1 .....	203
<b>Tabla 144.</b> Ensayo CBR muestra 2 .....	205
<b>Tabla 145.</b> Ensayo CBR muestra 3 .....	207
<b>Tabla 146.</b> Ensayo CBR muestra 4 .....	209
<b>Tabla 147.</b> Ensayo CBR muestra 5 .....	211
<b>Tabla 148.</b> Ensayo CBR muestra 6 .....	213
<b>Tabla 149.</b> Ensayo CBR muestra 7 .....	215
<b>Tabla 150.</b> Ensayo CBR muestra 8 .....	217
<b>Tabla 151.</b> Ensayo CBR muestra 9 .....	219
<b>Tabla 152.</b> Ensayo CBR muestra 10 .....	221
<b>Tabla 153.</b> Ensayo CBR muestra 11 .....	223
<b>Tabla 154.</b> Ensayo CBR muestra 12 .....	225
<b>Tabla 155.</b> Conteo vehicular TPDA .....	227
<b>Tabla 156.</b> Pesos y dimensiones MTOP .....	228
<b>Tabla 157.</b> Pesos y dimensiones combinado MTOP .....	229



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Curva granulométrica .....	7
<b>Figura 2.</b> Diámetros característicos.....	8
<b>Figura 3.</b> Curva flujo.....	12
<b>Figura 4.</b> Rango del límite líquido y del índice de plasticidad para suelos en los grupos A-2, A-4, A-5, A-6 y A-7.....	19
<b>Figura 5.</b> Rango del límite líquido y del índice de plasticidad para suelos en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7 .....	19
<b>Figura 6.</b> Ábacos para obtener el valor del índice de grupo .....	21
<b>Figura 7.</b> Gráfica de plasticidad .....	22
<b>Figura 8.</b> Esquema DCP.....	26
<b>Figura 9.</b> Punta - cono recambiable .....	27
<b>Figura 10.</b> Punta – cono desechable.....	27
<b>Figura 11.</b> Curva DCP.....	28
<b>Figura 12.</b> Curvas de penetración CBR para distintos tipos de suelos .....	30
<b>Figura 13.</b> Estructura de un pavimento flexible.....	34
<b>Figura 14.</b> Espesores por capa.....	42
<b>Figura 15.</b> Carta para estimar el coeficiente estructural de la superficie asfáltica a partir del módulo elástico (resiliencia).....	43
<b>Figura 16.</b> Variación en el coeficiente estructural de capa base ( $a_2$ ) con diferentes parámetros de resistencia .....	44
<b>Figura 17.</b> Variaciones en el coeficiente de capa de subbase granular ( $a_3$ ) con diferentes parámetros de subbase (resiliente) .....	44
<b>Figura 18.</b> Parroquia La Matriz, cantón Quero, provincia de Tungurahua.....	48
<b>Figura 19.</b> Puntos seleccionados para la ejecución de los ensayos.....	49
<b>Figura 20.</b> Limpieza capa vegetal .....	53
<b>Figura 21.</b> Ensayo cono y arena de Ottawa.....	53
<b>Figura 22.</b> Ensayo DCP.....	54
<b>Figura 23.</b> Peso del picnómetro más suelo.....	54
<b>Figura 24.</b> Colocación de tamices en la tamizadora.....	54
<b>Figura 25.</b> Muestra de suelo en la copa Casagrande .....	55
<b>Figura 26.</b> Rollo de 3 mm de diámetro .....	55
<b>Figura 27.</b> Ensayo Próctor Modificado.....	55

<b>Figura 28.</b> Ensayo CBR .....	56
<b>Figura 29.</b> Rangos de la curva granulométrica de las muestras ensayadas.....	63
<b>Figura 30.</b> Carta de plasticidad con las muestras ensayadas.....	65
<b>Figura 31.</b> Clasificación del suelo según AASHTO y SUCS .....	67
<b>Figura 32.</b> Correlación Límite Plástico vs Límite Líquido .....	75
<b>Figura 33.</b> Correlación $G_w$ vs $W_{nat}$ .....	76
<b>Figura 34.</b> Correlación $G_a$ vs $W_{nat}$ .....	77
<b>Figura 35.</b> $\gamma_d$ máx vs $W_{opt}$ .....	78
<b>Figura 36.</b> Correlación $\gamma_d$ máx vs $LP - LL$ .....	79
<b>Figura 37.</b> $\gamma_d$ máx vs $LL - W_{nat}$ .....	80
<b>Figura 38.</b> $\gamma_d$ in-situ vs $W_{nat}$ .....	81
<b>Figura 39.</b> Correlación $\gamma_d$ máx vs $LP - LL$ .....	82
<b>Figura 40.</b> Correlación $DN$ vs $LL$ .....	83
<b>Figura 41.</b> Correlación $DN$ vs $LP$ .....	84
<b>Figura 42.</b> Correlación $DN$ vs %Finos.....	85
<b>Figura 43.</b> Correlación $\gamma_d$ máx vs $W_{nat} - DN$ .....	86
<b>Figura 44.</b> Correlación CBR 0,1" Mayor vs $W_{opt}$ .....	87
<b>Figura 45.</b> Correlación CBR Mayor vs $W_{opt}$ .....	88
<b>Figura 46.</b> Correlación CBR Mayor vs $W_{opt}$ .....	89
<b>Figura 47.</b> Correlación CBR Mayor vs $W_{opt} - DN$ .....	90
<b>Figura 48.</b> Correlación CBR Mayor vs $\gamma_d$ máx - $W_{opt}$ .....	91
<b>Figura 49.</b> Correlación CBR Mayor vs $\gamma_d$ máx - $\gamma_d$ in-situ .....	92
<b>Figura 50.</b> Correlación CBR Mayor vs $\gamma_d$ máx - $\gamma_d$ in-situ .....	93
<b>Figura 51.</b> Correlación CBR Mayor vs $LL - W_{opt}$ .....	94
<b>Figura 52.</b> Correlación CBR Mayor vs $IP - W_{opt}$ .....	95
<b>Figura 53.</b> Correlación CBR Mayor vs $IL - IP$ .....	96
<b>Figura 54.</b> Correlación CBR Mayor vs $IL - LL$ .....	97
<b>Figura 55.</b> Nomograma para determinar el coeficiente $a_1$ .....	106
<b>Figura 56.</b> Variación en el coeficiente estructural de capa base ( $a_2$ ) con diferentes parámetros de resistencia .....	107
<b>Figura 57.</b> Variaciones en el coeficiente de capa de subbase granular ( $a_3$ ) con diferentes parámetros de subbase (resiliente) .....	108
<b>Figura 58.</b> Cálculo de SN, $W_{18}$ calculado.....	110

<b>Figura 59.</b> Cálculo de SN, W18 impuesto .....	112
<b>Figura 60.</b> Cálculo de SN, CBR de correlaciones, W18 calculado.....	116
<b>Figura 61.</b> Cálculo de SN, CBR de correlaciones, W18 impuesto .....	118

## RESUMEN

Este proyecto empezó con ensayos de campo en cada uno de los 12 puntos escogidos aleatoriamente en la parroquia en estudio. Se realizó una calicata por punto, ensayos de densidad de campo (método del cono y arena) y penetración dinámica de cono (DCP). Posteriormente se recolectó la cantidad de suelo natural necesaria para los ensayos de laboratorio respectivos.

Las muestras fueron ensayadas en laboratorio, aplicando las normas correspondientes para la determinación de gravedad específica, límites de Atterberg, granulometría, densidad seca máxima, humedad óptima y CBR. Con los datos obtenidos, se desarrollaron correlaciones entre todas las propiedades indicadas, utilizando el análisis estadístico de regresión y correlación para 2 y 3 variables, a través del método de mínimos cuadrados.

Una vez finalizado este análisis, se obtuvieron un total de 23 correlaciones, con coeficientes de determinación que oscilan entre 55 y 87 por ciento, considerando confiables dichas correlaciones ya que los valores superan el 50 por ciento.

Finalmente, previo el estudio de tráfico, se realizó el diseño estructural del pavimento flexible de una vía rural del área de estudio. Para esto, se utilizaron los valores de CBR (subrasante) de una muestra de suelo, obtenidos tanto en el ensayo, como en ciertas correlaciones. Se concluye entre otros aspectos que, para un estudio vial preliminar de suelos, es factible la aplicación de las correlaciones planteadas en este trabajo para una obtención indirecta de las propiedades analizadas de los tipos de suelos estudiados.

**Palabras Clave:** Suelos, CBR, DCP, Correlaciones, Pavimentos.

## ABSTRACT

This project started with in-situ tests at each of the 12 randomly chosen sites in the parish under study. One pit per point, field density test (sand cone method), and dynamic cone penetration (DCP) were carried out. Subsequently, the necessary amount of natural soil was collected for the respective laboratory tests.

The samples were tested in the laboratory, applying the corresponding standards for the determination of specific gravity, Atterberg limits, granulometry, maximum dry density, optimal moisture content and CBR. With the obtained data, correlations were developed between all the indicated properties, using the statistical analysis of regression and correlation for 2 and 3 variables, through the least squares method.

Once this analysis was completed, a total of 23 correlations were obtained, with coefficients of determination ranging between 55 and 87 percent, considering these correlations to be reliable since the values exceeds 50 percent.

Finally, previous the traffic study, the flexible pavement structural design of a rural highway in the study area was performed. For this, the CBR (subgrade) values of a soil sample, obtained both in the test, and in certain correlations, were used. Among other aspects, it is concluded that, for a preliminary highways soils study the application of the proposed correlations in this work is feasible, for an indirect obtainment of the analyzed properties of the studied soils types.

**Keywords:** Soils, CBR, DCP, Correlations, Pavements.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

#### 1.1.1. Antecedentes

El CBR en un ensayo costoso, lento y laborioso que generalmente lleva cuatro días para completarlo, por lo tanto, se ve la necesidad de desarrollar correlaciones del valor de CBR a partir de pruebas simples como el DCP o con propiedades del suelo que puedan ser fácilmente evaluadas.

Black en 1962 tenía como objetivo desarrollar un método aproximado que le permitiera predecir rápidamente el valor de CBR. Es por ello que estableció un modelo para obtener el valor de CBR basado en el índice de plasticidad[1].

Tal al y Suhaibani 1997, realizaron un estudio en el que la profundidad de penetración del penetrómetro de cono dinámico se correlacionó con los CBR de laboratorio para varios tipos de suelo que van desde arcilla hasta arena con grava, indicando una relación consistente y definible. Esta correlación puede usarse para definir los valores de CBR con una precisión relativamente alta con un coeficiente de determinación que oscila entre 0,81 y 0,96[2].

Zumrawi 2014, estableció una relación entre el CBR, DCP y las propiedades del suelo para diferentes tipos de suelo. Los resultados de este estudio demostraron que la relación de CBR y DCP tenía una relación lineal muy buena con el factor de estado inicial del suelo como se describe mediante la combinación de densidad inicial seca, contenido de agua y relación de vacío. Por lo tanto, el DCP puede usarse para estimar el valor de CBR in situ para las diferentes capas de pavimento[3].

Janjua y Chand 2016, tenían como objetivo la predicción de valores de CBR a partir de los parámetros del suelo como límite líquido, límite plástico, contenido de humedad óptimo, densidad seca máxima ente otros, mediante el desarrollo de una relación con el uso de regresión lineal múltiple y el modelo ANN (Artificial Neural Networks) para determinar la coincidencia lineal más efectiva, el software utilizado fue MINITAB y

MATLAB respectivamente, donde se obtuvo que el valor de CBR tiene una correlación significativa con el porcentaje de finos del límite líquido, contenido de humedad óptimo, densidad seca máxima con un valor de coeficiente de correlación de 0,836[4].

Rehman et al. 2017, desarrolló modelos para determinar el valor de CBR, basados en el límite líquido y el índice de plasticidad para suelos de grano fino, el coeficiente de uniformidad y la densidad seca máxima para suelos de grano grueso. El modelo presentado puede usarse efectivamente para determinación del CBR tanto para suelos de grano fino como para grueso con una precisión razonable[5].

Sandhya y Nagaraj 2017, tenían como objetivo predecir el valor de CBR utilizando propiedades índice del suelo que son límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad, densidad máxima seca, contenido óptimo de humedad y porcentaje de suelo que pasa el tamiz 200. Para determinar las correlaciones la hicieron mediante el análisis de regresión lineal simple y el análisis de regresión múltiple en SPSS, obteniendo así el coeficiente de correlación para el valor de CBR de 0,801 y 0,692[6].

Cruz 2019, realizó una investigación para el desarrollo de una nueva correlación del ensayo DCP y CBR in situ, tomando en cuenta la clasificación del suelo para saber el tipo de suelo en el que están trabajando, desarrollando así una fórmula que involucre estos dos ensayos. Mediante la estadística descriptiva empleó el coeficiente de correlación de Pearson, análisis de regresión lineal, método de los promedios, intervalos de confianza y de otros métodos estadísticos que permitió la determinación de los ensayos aplicados[7].

Chacón 2020, desarrolló correlaciones entre CBR de laboratorio y las propiedades índice y mecánicas de los suelos granulares. Para la determinación de la correlación entre dos variables utilizó el análisis de regresión y para correlacionar tres variables utilizó el método de los mínimos cuadrados obteniendo una correlación aceptable donde el coeficiente de determinación oscila entre 0,5 a 0,96[8].

### **1.1.2. Justificación**

La disponibilidad de vías adecuadas para el transporte es esencial, tanto para garantizar la competitividad y capacidad exportadora de los países como para promover su desarrollo local y la calidad de vida de sus habitantes[9]. Por ello es necesario realizar ensayos que permitan determinar la resistencia de los suelos de apoyo, dichos ensayos varían de acuerdo a su complejidad y costo por lo que se requiere utilizar métodos alternativos para obtener resultados con los medios y recursos disponibles[10].

CBR (California Bearing Ratio) es una prueba que en la actualidad se practica en el diseño de pavimento para el estudio del módulo de rigidez y la calidad de corte del material de la subrasante[6]. Para la obtención del valor de CBR se necesitan aproximadamente cuatro días por lo que hace que sea laboriosa, costosa y lenta[4].

Por lo tanto es importante encontrar la manera de determinar los valores de CBR a partir de otros parámetros físicos simples que permiten reducir el costo, tiempo y energía necesaria para ejecutar la prueba[11].

El DCP (Dynamic Cone Penetrometer) se ha utilizado con éxito para estimar la resistencia de los suelos. Se estudió principalmente en relación con la aplicación en estructuras de pavimentos y se ha correlacionado principalmente con el CBR[2]. Ya que el DCP es ligero, fácil y manejable ofrece un medio atractivo para la determinación del CBR a una gran velocidad y fácil operación[3].

Otra de las alternativas para la obtención del valor de CBR de manera más rápida es correlacionándolo con las propiedades índice del suelo donde se han llevado a cabo varias investigaciones que han permitido alcanzar valores de CBR muy cercanos a los valores de laboratorio[6].

La presente investigación tiene como fin la obtención de correlaciones entre el CBR, DCP y propiedades índice y mecánicas en suelos de la parroquia La Matriz del cantón Quero, provincia de Tungurahua, de esta manera se podrá obtener el valor de CBR de forma más rápida, sencilla y a un costo menor.



### **1.1.3. Marco Teórico**

#### **1.1.3.1. Definición de suelo**

Según Juárez y Rico, suelo es todo material terroso que va desde un relleno de desperdicio hasta areniscas parcialmente cementadas o lutitas suaves, quedando excluidas las rocas sanas, ígneas o metamórficas y los depósitos sedimentarios altamente cementados que no se ablanden o desintegren rápidamente por acción de la intemperie. El agua contenida juega un papel importante en el comportamiento mecánico del suelo por lo tanto debe considerarse como parte integral del mismo[12].

En Ingeniería Civil suelo, son los sedimentos no consolidados de partículas sólidas, producto de la alteración de las rocas o suelos transportados por agentes como el agua, viento o hielo con contribución de la gravedad como fuerza direccional selectiva y que pueden tener materia orgánica[13].

#### **1.1.3.2. Tipos de suelos**

##### **➤ Suelos Granulares**

Se refiere al conjunto del material que se queda retenido en el tamiz N°200, en la que, si esta fracción es mayor al 50%, se dice que es un suelo granular, puede estar limpio o mezclado con cierta fracción de fino[14].

En el suelo granular, el tamiz N°4 separa la grava de la arena, en donde si más del 50% de la fracción gruesa pasa por el tamiz, se trata de una arena, caso contrario se trata de una grava. Una vez establecido esto, si pasa menos del 5% por el tamiz N°200 es un suelo granular limpio que puede ser grava o arena sea ésta buena o mal graduada. Si pasa entre 5 y 12% por el tamiz N°200 se habla de una mezcla de suelo granular con fino. Si pasa más del 12% se trata de su suelo granular más suelo fino[14].

##### **➤ Suelos Finos**

Se dice que es un suelo fino o cohesivo (limo, arcilla u orgánico), cuando más del 50% pasa por el tamiz N°200. Se clasifica según el límite líquido y el índice de plasticidad[14].

#### **1.1.3.3. Propiedades índice del suelo**

Son aquellas propiedades que indican de una manera rápida y sencilla el estado y naturaleza del suelo[15], lo que conlleva clasificarlo, conocer el comportamiento del

agua, además de su resistencia a esfuerzos externos y los límites con respecto a su cambio de volumen. Una vez conocidas sus propiedades como también su comportamiento, se puede diseñar estructuras que se adapten a las condiciones específicas de cada tipo de suelo[16].

### 1.1.3.3.1. Contenido de humedad ( $\omega\%$ )

Conocido también como humedad o contenido de agua, es la relación entre el peso del agua presente en el suelo y el peso de sólidos. Se expresa en porcentaje.

$$\omega\% = \frac{W_w}{W_s} * 100\%$$

Donde:

$\omega$  = Contenido de humedad (%)

$W_w$  = Peso del agua presente en el suelo (g)

$W_s$  = Peso de los sólidos del suelo (g)

El contenido de humedad de suelos granulares varía desde menos del 0.1% para arenas secadas al aire hasta más del 40% para arena suelta saturada[17].

**Tabla 1.** Contenido de humedad natural

Tipo de suelo	Contenido de humedad natural en un estado saturado (%)
Arena uniforme floja	30
Arena uniforme densa	16
Arena limosa angular de grano flojo	25
Arena limosa angular de grano denso	15
Arcilla dura	21
Arcilla blanda	30 – 50
Loess	25
Arcilla orgánica suave	90 – 120
Cajón glacial	10

**Fuente:** Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, Braja M. Das

### 1.1.3.3.2. Granulometría

Las partículas del suelo son de varios tamaños, existiendo de esta manera varias técnicas prácticas que permitan analizarlo. La distribución granulométrica de las partículas permite conocer la cantidad y los tamaños de materiales que componen dicho suelo como grava, arena, limos y arcillas[15].

El análisis granulométrico consiste en separar y clasificar el tamaño de las partículas del suelo, para ello se utiliza el análisis con tamices o mallas[15].

Este análisis se determina a través del paso de una muestra representativa de suelo por un conjunto de tamices debidamente estandarizados como se muestra en la Tabla 1, cuyas aberturas se ordenan de mayor a menor[18].

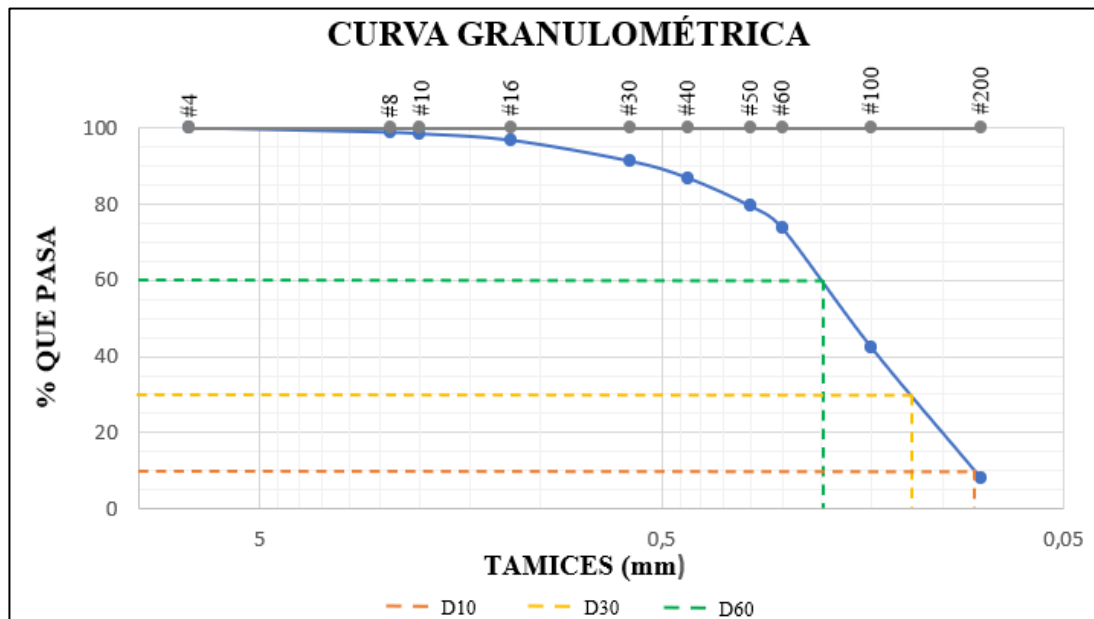
**Tabla 2.** Tamaños y designación de tamices ASTM

Posición	Abertura (pulg.)	Abertura (mm)	Designación tamiz	Módulo de finura
0	3/1024	0.0744 ~ 0.075	#200	0
1	3/512	0.149 ~ 0.150	#100	1
2	3/256	0.298 ~ 0.300	#50	2
3	3/128	0.595 ~ 0.600	#30	3
4	3/64	0.196 ~ 1.20	#16	4
5	3/32	2.381 ~ 2.40	#8	5
6	3/16	4.762 ~ 4.80	#4	6
7	3/8	9.52 ~ 9.5	#3/8''	7
8	3/4	19.05 ~ 19	#3/4''	8
9	3/2	38.1 ~ 38	1.5''	9
10	3	76.2 ~ 76	3''	10

**Fuente:** Manual de agregados para el hormigón, Orlando Giraldo

Se debe pesar el suelo retenido en cada malla y determinar en porcentaje la cantidad que atraviesa, de esta manera se obtiene la *Curva de distribución granulométrica*,

graficando en las abscisas con escala logarítmica el diámetro de cada malla y en las ordenadas los porcentajes que pasan[15].



**Figura 1.** Curva granulométrica

**Fuente:** María José Molina Hinojosa

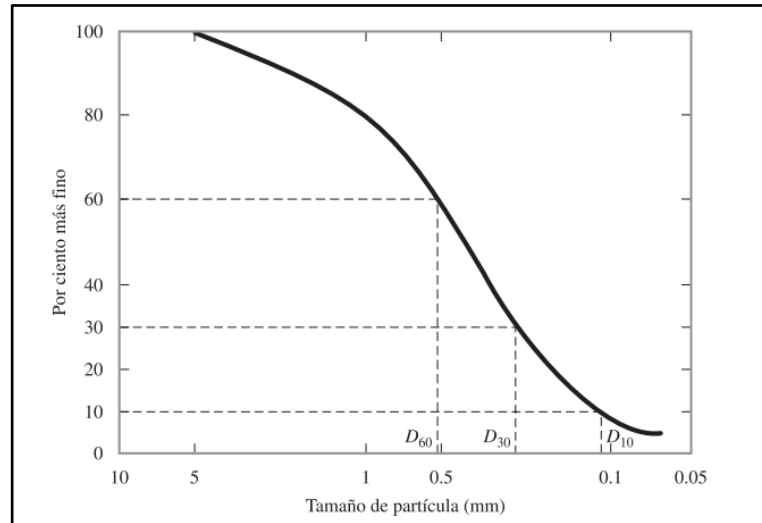
La ubicación y forma de la curva granulométrica, indica el tipo de suelo y la mala o buena distribución de sus partículas. Una curva que tiene tendencia vertical, indica que las partículas que predominan son casi del mismo tamaño es decir una mala gradación. De igual manera una tendencia horizontal indica falta de un rango escalonado de partículas de diferentes tamaños. Considerando una buena gradación cuando un suelo posee partículas de varios tamaños de manera proporcional [15].

A partir de la curva granulométrica se pueden obtener diámetros característicos que permiten establecer la uniformidad del suelo, tales como:

$D_{10}$  = Diámetro efectivo, es el tamaño del grupo de partículas que representan al 10% del material que pasa y se expresa en milímetros[19].

$D_{30}$  = Diámetro equiparable, es el tamaño del grupo de partículas que representan al 30% del material que pasa y se expresa en milímetros[19].

$D_{60}$  = Diámetro dimensional, es el tamaño del grupo de partículas que representan al 60% del material que pasa y se expresa en milímetros[19].



**Figura 2.** Diámetros característicos

**Fuente:** Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, Braja M. Das

➤ **Coefficiente de uniformidad**

Parámetro propuesto por Allen Hazen:

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

Físicamente este coeficiente es más bien de no-uniformidad ya que la relación presentada es inversa, en el cual, si  $Cu$  decrece, la uniformidad aumenta. Cuando  $Cu > 3$ , los suelos tienden a ser bien graduados y si  $Cu < 3$ , los suelos tienden a ser mal graduados o muy uniformes[19].

➤ **Coefficiente de curvatura**

Este coeficiente es de gran utilidad para la determinar la graduación del material.

$$Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{60} * D_{10}}$$

Cuando  $Cc$  está entre 1 y 3 los suelos tienen una buena graduación, y si  $Cc < 1$  o  $Cc > 3$ , los suelos están mal graduados.

### 1.1.3.3.3. Relación de vacíos ( $e$ )

Denominada también como índice de poros o índice de huecos. Es la relación que existe entre el volumen de vacíos de un suelo, y el volumen de los sólidos de un suelo[15].

$$e = \frac{V_V}{V_S}$$

Donde:

$e$  = Relación de vacíos

$V_V$  = Volumen de vacíos

$V_S$  = Volumen de sólidos

La relación de vacíos tiene valores que van desde 0 hasta el infinito. Cuando presenta valores bajos significa que el suelo está más compacto y por el contrario si presenta valores altos significa que está más suelto[20].

En la práctica, para suelos granulares los valores típicos para arenas bien gradadas están entre 0.46 – 0.67 y para arenas uniformes se encuentran entre 0.51 – 0.85[20].

**Tabla 3.** Valores de relación de vacíos de distintos tipos de suelos

Tipo de suelo	Relación de vacíos
Arena uniforme floja	0.8
Arena uniforme densa	0.45
Arena limosa angular de grano flojo	0.65
Arena limosa angular de grano denso	0.4
Arcilla dura	0.6
Arcilla blanda	0.9 – 1.4
Loess	0.9
Arcilla orgánica suave	2.5 – 3.2
Cajón glacial	0.3

**Fuente:** Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, Braja M. Das

#### 1.1.3.3.4. Porosidad ( $\eta$ )

Es la relación entre el volumen de vacíos y el volumen de la masa del suelo, se lo expresa como porcentaje y sus límites van desde 0 a 100% [20].

$$\eta\% = \frac{V_V}{V_m} * 100\%$$

Donde:

$\eta\%$  = Porosidad

$V_V$  = Volumen de vacíos

$V_m$  = Volumen de la masa del suelo

Un menor porcentaje de porosidad significa que el suelo está consolidado por otro lado un porcentaje alto significa que el suelo tiene gran cantidad de vacíos.

En la práctica, para suelos granulares los valores típicos para arenas bien gradadas están entre 30% – 40% y para arenas uniformes se encuentran entre 34% – 46% [20].

**Tabla 4.** Valores de porosidad de distintos tipos de suelos

Tipo de suelo	Porosidad	
	Máx (%)	Mín (%)
Esferas uniformes	47.6	26
Arena de Ottawa	44	33
Arena limpia uniforme	50	29
Limo inorgánico	52	29
Arena limosa	47	23
Arena fina a gruesa	49	17
Arena micácea	55	29
Arena limosa y grava	46	12

**Fuente:** Mecánica de Suelos, William Lambe

#### **1.1.3.3.5. Grado de saturación del agua ( $G_{\omega}\%$ )**

Es la relación existente entre el volumen de agua contenida en un suelo y el volumen de los vacíos, se expresa en porcentaje y sus límites van de 0 a 100% [15].

$$G_{\omega}\% = \frac{V_{\omega}}{V_v} * 100\%$$

Donde:

$G_{\omega}\%$  = Grado de saturación del agua

$V_{\omega}$  = Volumen de agua

$V_v$  = Volumen de vacíos

Físicamente significa que el 0% es de un suelo que está totalmente seco, mientras que el 100% será un suelo totalmente saturado [20].

#### **1.1.3.3.6. Grado de saturación del aire ( $G_a\%$ )**

Expresa la proporción de aire presente en un elemento de suelo, es decir es la relación entre el volumen de aire con respecto al volumen de vacíos, se expresa en porcentaje, y su utilización está limitada a los factores de consolidación de los suelos [21].

$$G_a\% = \frac{V_a}{V_v} * 100\%$$

Donde:

$G_a\%$  = Grado de saturación del aire

$V_a$  = Volumen de agua

$V_v$  = Volumen de vacíos

#### **1.1.3.3.7. Límites de Atterberg**

Los materiales finos que forman parte del suelo tienen una estructura diferente al material granular existente, estos poseen propiedades de contracción y expansión por



lo tanto causa problemas en las construcciones. El estado en que se presentan depende del contenido de humedad. Atterberg, estableció los llamados *Estados de consistencia*, a partir de los cuales se ha establecido los límites de consistencia[15].

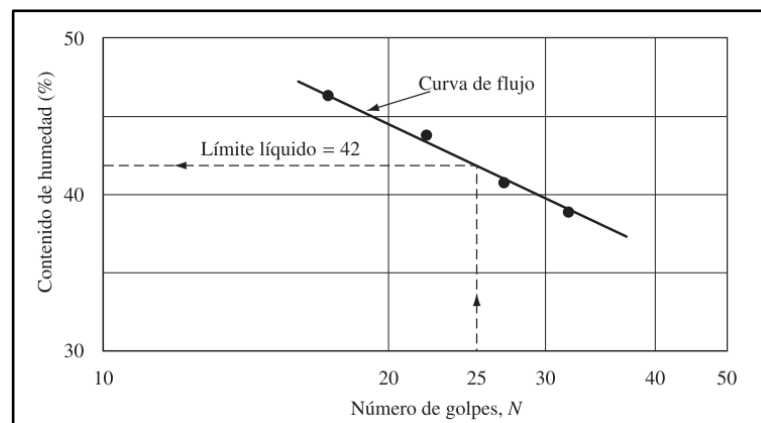
Los límites de consistencia son muy útiles en ingeniería para poder clasificar un suelo, ya que el comportamiento de un suelo está influenciado por la presencia de agua y esto recalca cuanto menor es el tamaño de las partículas que conforman el suelo[16].

El contenido de humedad que se expresa en porcentajes, en el que experimenta una transición de estado sólido a semisólido, se define como límite de contracción. El contenido de humedad en el punto de transición de semisólido a plástico es el límite plástico y la transición de plástico a líquido es el límite líquido. Estos límites son conocidos como límites de Atterberg[22].

### ➤ Límite líquido (LL)

Es la frontera entre el estado semilíquido y plástico, el contenido de humedad del suelo debe ser expresado como el porcentaje de agua, en relación con el peso de la muestra secada al horno[19].

La determinación del límite líquido se lo realiza a través de un procedimiento de laboratorio en el que las coordenadas entre el número de golpes de la Copa Casagrande versus el contenido de humedad permiten graficar en un papel semilogarítmico la *Curva de Flujo*[15].



**Figura 3.** Curva flujo

**Fuente:** Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, Braja M. Das

Se debe trazar una línea recta entre los tres o más puntos marcados. El contenido de humedad que corresponde a la intersección de la curva de escurrimiento con la ordenada de 25 golpes, debe tomarse como Límite Líquido[15].

➤ **Límite plástico (LP)**

Es el contenido de humedad expresado en porcentaje, por debajo del cual el suelo deja de tener un comportamiento plástico, entonces el suelo empieza a endurecerse y pasa a un estado semisólido[15].

Para obtener este valor se realiza a través de una prueba simple, donde la muestra de suelo humedecido se enrollará en hilos de 3.2 mm de diámetro sobre una placa de vidrio que empiezan a resquebrajarse[22].

Si se rompe antes de llegar a los 3.2 mm, se considera como satisfactorio el estado del suelo para la obtención del límite plástico. Los pedazos formados se colocan en un recipiente previamente pesado y se determina el contenido de humedad, este contenido corresponde al límite plástico[15].

➤ **Índice plástico (IP)**

El índice plástico es el intervalo de contenido de agua entre el límite líquido y el límite plástico cuando el suelo se comporta como un material plástico[23] y se calcula mediante la diferencia del límite líquido y el límite plástico de un suelo[22].

$$IP = LL - LP$$

Donde:

$IP$  = Índice plástico

$LL$  = Límite líquido

$LP$  = Límite plástico

➤ **Índice de liquidez (IL)**

El índice de liquidez es una relación puede ser definido por la consistencia relativa de un suelo cohesivo en estado natural[22].

$$IL = \frac{\omega - LP}{LL - LP}$$

Donde:

$IL$  = Índice de liquidez

$\omega$  = Contenido de humedad in situ del suelo

$LP$  = Límite plástico

$LL$  = Límite líquido

El contenido de humedad de una arcilla sensible in situ puede ser mayor que el límite líquido, de este modo,

$$IL > 1$$

Este tipo de suelos cuando se remodelan pueden convertirse en una forma viscosa que fluye como un líquido[22].

Los depósitos de suelos que se encuentran sobreconsolidados pueden tener un contenido natural de humedad menor al límite líquido, de este modo,

$$IL < 1$$

El valor del índice de liquidez para este tipo de suelo puede ser negativo[22].

#### **1.1.3.3.8. Gravedad específica ( $G_s$ )**

La gravedad específica se define como la razón que existe entre el peso unitario del material y el peso unitario del agua[23]. Se utiliza en varios cálculos de mecánica de suelos y se la puede determinar con precisión en el laboratorio[22].

Los suelos presentan en general valores de  $G_s$  comprendidos entre 2.5 y 3.1, siendo estos valores adimensionales[20].

**Tabla 5.** Gravedad específica de algunos suelos

<b>Tipo de suelo</b>	<b><math>G_s</math></b>
Arena	2.65 – 2.68
Grava	2.65 – 2.68
Arcilla (inorgánica)	2.68 – 2.72
Arcilla (orgánica)	2.62 – 2.66
Limo	2.65 – 2.68

**Fuente:** Propiedades geofísicas de los suelos, Joseph Bowles

#### **1.1.3.3.9. Densidad de Campo**

Para la obtención de la densidad de campo se puede realizar ensayos como el cono de arena o por el método de balón de densidad, en los cuales se obtiene el peso del suelo húmedo de una pequeña excavación o un hueco de forma irregular realizado sobre la superficie del suelo. Siendo posible determinar el volumen de la excavación realizada, la densidad húmeda del suelo se calcula a través de la siguiente fórmula[24]:

$$\gamma_{Hum} = \frac{\text{Peso del suelo húmedo}}{\text{Volumen del hueco}}$$

$$\gamma_{Seca} = \frac{\gamma_{Hum}}{1 + \omega}$$

Donde:

$\gamma_{Hum}$  = Densidad húmeda del suelo

$\gamma_{Seca}$  = Densidad seca del suelo

$\omega$  = Contenido de humedad

**Tabla 6.** Valores de densidad seca in-situ

<b>Tipo de suelo</b>	<b><math>\gamma_{Seca}(\text{g/cm}^3)</math></b>
Arena (limpia y uniforme)	1.330 – 1.890
Arena limosa	1.390 – 2.030
Arena micácea	1.220 – 1.920
Limo orgánico	1.280 – 1.890
Arena (limosa y grava)	1.420 – 2.340
Arena (fina a gruesa)	1.360 – 2.210

**Fuente:** Mecánica de los suelos, MS Lambe

#### **1.1.3.4. Clasificación de los suelos**

Los suelos que poseen propiedades similares pueden clasificarse en grupos y subgrupos en función de sus características mecánicas y también mediante su comportamiento en ingeniería. Los sistemas de clasificación proporcionan un lenguaje simple que permite describir las características generales de los suelos[22].

Hoy en día, son ampliamente utilizados para aplicaciones en la ingeniería, dos sistemas de clasificación, los cuales utilizan la distribución granulométrica y la plasticidad de los suelos. Estos sistemas son, American Association of State Highway Officials (AASHTO) y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)[22].

##### **1.1.3.4.1. Sistema de clasificación AASHTO**

Este sistema se desarrolló en 1929 como el Sistema de Clasificación de Administración de Carreteras. En la actualidad el sistema utilizado se muestra en la Tabla 6, en donde se clasifica en siete grupos principales: A-1 a A-7[22].

Los suelos A-1, A-2, A-3 son materiales granulares en los cuales el 35% o menos de las partículas pasan por el tamiz núm. 200. Los suelos en que más del 35% pasan por el tamiz núm. 200, pertenecen a los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7. Estos suelos son principalmente limo y materiales de tipo arcilla[22].

Este sistema se basa en los siguientes criterios:

➤ **Tamaño del grano**

**Grava:** fracción que pasa el tamiz de 75 mm y es retenida por el tamiz núm. 10 (2 mm)[22].

**Arena:** fracción que pasa el tamiz núm. 10 (2 mm) y es retenida por el tamiz núm. 200 (0.075 mm)[22].

**Limo y arcilla:** fracción que pasa el tamiz núm. 200[22].

➤ **Plasticidad**

Cuando las fracciones finas que posee el suelo tienen un índice de plasticidad de 10 o menos se utiliza el término limoso y cuando las fracciones finas del suelo tienen un índice de 11 o más se utiliza el término arcilloso[22].

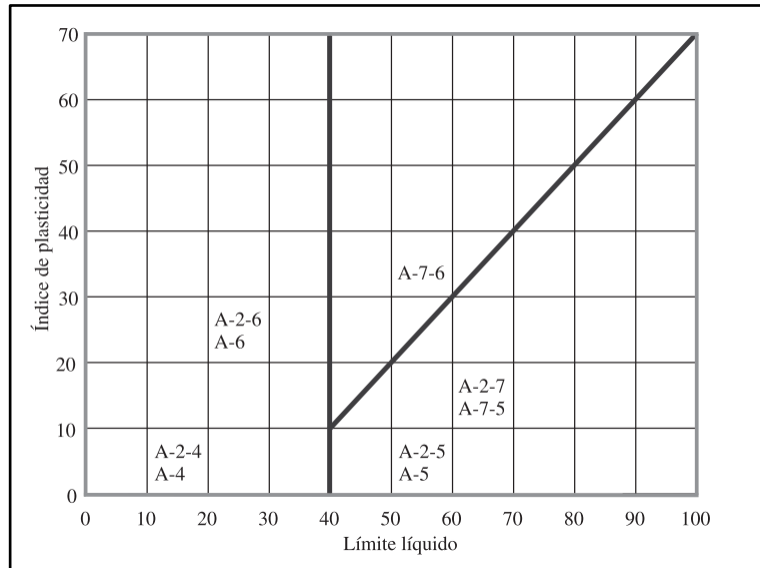
➤ **Cantos y guijarros**

Son aquellos de un tamaño mayor a 75 mm, en caso de que se encuentre en la muestra de suelo en la que se realizó la clasificación, se las excluye, sin embargo el porcentaje de este material si se registra[22].

**Tabla 7.** Clasificación de suelos AASHTO

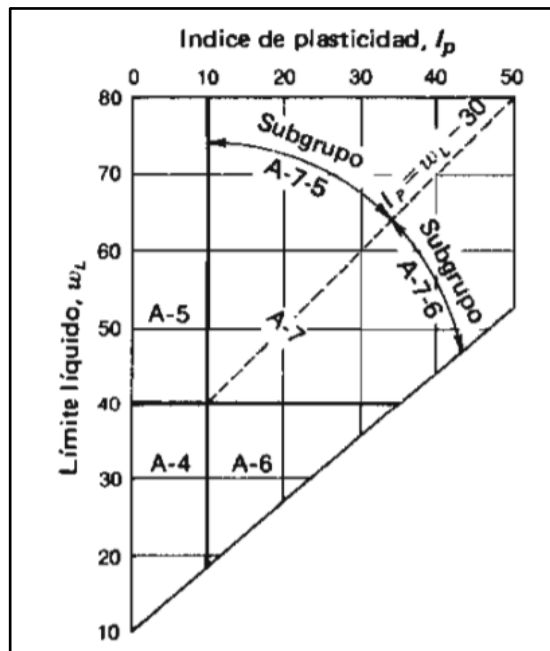
Clasificación general	Suelos granulares (35% o menos que pasa el tamiz núm. 200)							Materiales limosos y arcillosos (más de 35% pasa el tamiz núm. 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-6 A-7-5
Clasificación de grupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
<b>Tamices: % que pasa el</b>											
<b>Núm. 10 (2mm)</b>	máx. 50	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<b>Núm. 40 (0.425 mm)</b>	máx. 30	máx. 50	mín. 51	---	---	---	---	---	---	---	---
<b>Núm. 200 (0.075mm)</b>	máx. 15	máx. 25	máx. 10	máx. 35	máx. 35	máx. 35	máx. 35	mín. 36	mín. 36	mín. 36	mín. 36
<b>Características de la fracción que pasa Núm.40</b>											
<b>Límite Líquido</b>	---		---	máx. 40	mín. 41	máx. 40	mín. 41	máx. 40	mín. 41	máx. 40	mín. 41
<b>Índice de Plasticidad</b>	máx. 6		No plástico	máx. 10	máx. 10	mín. 11	mín. 11	máx. 10	máx. 10	mín. 11	mín. 11
<b>Tipos de materiales característicos</b>	Fragmentos de piedras, gravas y arena		Arena fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
<b>Calificación</b>	Excelente a bueno							Regular a malo			

**Fuente:** Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, Braja M. Das



**Figura 4.** Rango del límite líquido y del índice de plasticidad para suelos en los grupos A-2, A-4, A-5, A-6 y A-7

**Fuente:** Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, Braja M. Das



**Figura 5.** Rango del límite líquido y del índice de plasticidad para suelos en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7

**Fuente:** Manual de Laboratorio, Joseph Bowles



Para evaluar la calidad de un suelo para ser utilizado como material de subrasante en una carretera se incorpora un número que se denomina índice de grupo (IG) a los grupos y subgrupos del suelo, el cual es escrito entre paréntesis luego de la designación del grupo o subgrupo[22].

El índice de grupo se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$IG = (F - 35)[0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F - 15)(IP - 10)$$

Donde:

$F$  = Porcentaje pasado por el tamiz núm. 200

$LL$  = Límite líquido

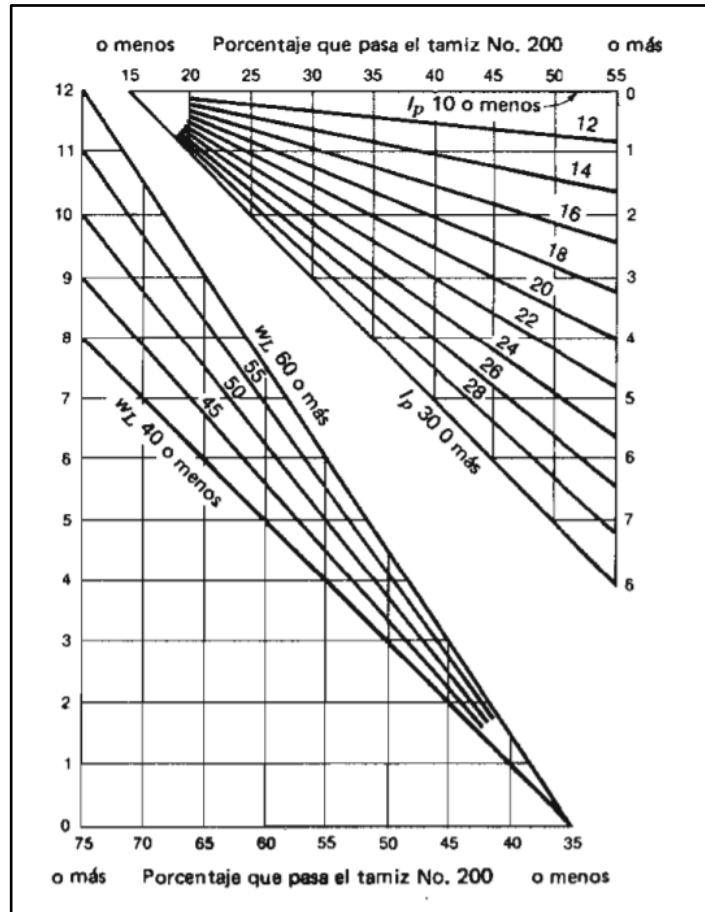
$IP$  = Índice de plasticidad

Reglas para determinar el índice de grupo:

- Si la ecuación anterior da como resultado un valor negativo,  $IG = 0$ .
- El resultado de  $IG$  deberá ser redondeado al entero más próximo.
- No hay un límite superior para el  $IG$ .
- El  $IG$  de los grupos A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-5 y A-3, siempre es 0.
- Para el cálculo del índice de grupo que pertenecen a los grupos A-2-6 y A-2-7, se utiliza la siguiente ecuación[22]:

$$IG = 0.01(F - 15)(IP - 10)$$

Otra manera de calcular el índice de grupo es a través de la utilización de ábacos que se presentan en la Figura 6. El índice de grupo es igual a la sumatoria de las dos lecturas en las escalas verticales[24].



**Figura 6.** Ábacos para obtener el valor del índice de grupo

**Fuente:** Manual de Laboratorio, Joseph Bowles

#### 1.1.3.4.2. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos es uno de los aportes de Arthur Casagrande[15] para su uso en los trabajos de construcción del aeródromo que fue realizado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército durante la Segunda Guerra Mundial[22].

El SUCS define el suelo como:

- Grano grueso: más del 50% es retenido en el tamiz núm. 200
- Grano fino: más del 50% pasa el tamiz núm. 200[23].

El suelo de grano grueso puede ser:

- Grava: si más de la mitad de la fracción gruesa es retenida en el tamiz núm. 4

- Arena: si más de la mitad de la fracción gruesa está entre el tamiz núm. 4 y núm. 200[23].

Se usan los siguientes símbolos básicos:

$G$  = Grava

$S$  = Arena

$M$  = Limo

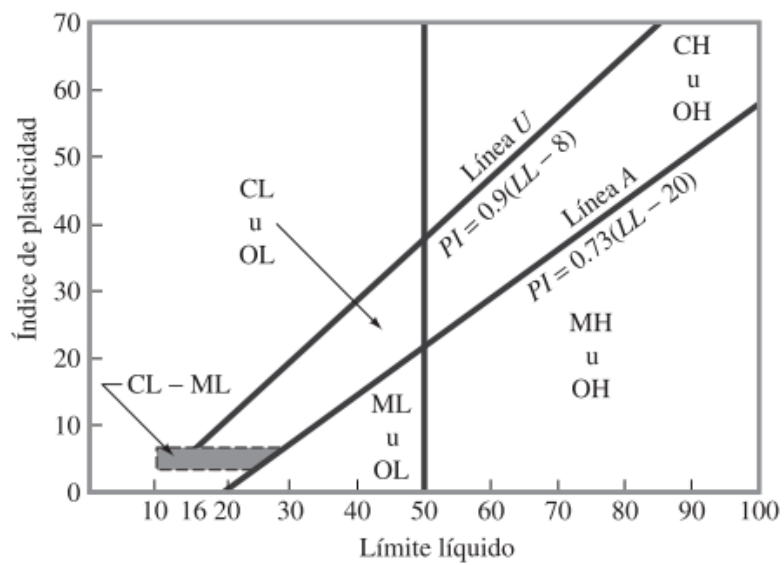
$C$  = Arcilla

$W$  = Bien graduada

$P$  = Pobrementemente graduada

$L$  = Baja o mediana plasticidad

$H$  = Alta plasticidad[15]



**Figura 7.** Gráfica de plasticidad

**Fuente:** Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, Braja M. Das

**Tabla 8.** Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

Divisiones mayores		Símbolo de grupo	Nombre típicos	Criterios de clasificación para suelos granulares			
Suelos de grano grueso (más del 50% del material es mayor que el tamiz No. 200)	Gravas (más de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz No.4)	Gravas limpias (pocos o ningún fino)	GW	Gravas bien graduadas, mezclas gravosas, pocos o ningún fino	$Cu = D_{60}/D_{10} > 4$ $Cc = 1 < D_{30}^2/D_{10} \times D_{60} < 3$		
			GP	Gravas pobremente graduadas, mezclas grava-arena, pocos o ningún fino	No cumplir todos los requisitos de graduación para GW		
		Gravas con finos (cantidad apreciable de finos)	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo	Límites de Atterberg por debajo de la línea A o $I_p < 4$	A los materiales sobre la línea A con $4 < I_p < 7$ se considera de frontera y se les asigna doble símbolo	
			GC	Gravas arcillosas, mezclas gravo-areno-arcillosas	Límites de Atterberg por encima de la línea A o $I_p > 7$		
	Arenas (más del 50% de la fracción gruesa es menor que el tamiz No. 4)	Arenas limpias (pocos o ningún fino)	SW	Arenas bien graduadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino	$Cu = D_{60}/D_{10} > 6$ $Cc = 1 < D_{30}^2/D_{10} \times D_{60} < 3$		
			SP	Arenas pobremente graduadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino	No cumplir todos los requisitos de graduación para SW		
		Arenas con finos (cantidad apreciable de finos)	SM	Arenas limosas, mezclas arena-limo	Límites de Atterberg por debajo de la línea A o $I_p < 4$	Si el material está en la zona sombreada con $4 \leq I_p \leq 7$ se considera de frontera y se le asigna doble símbolo.	
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla	Límites de Atterberg por encima de la línea A o $I_p > 7$		

<b>Suelos de grano fino</b> (más del 50% del material pasa el tamiz No. 200)	<b>Limos y arcillas</b> (Límite Líquido WL < 50)	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas, o limos arcillosos con poca plasticidad.	1.-Determinar el porcentaje de arenas y gravas de la curva de granulometría. 2.-Dependiendo del porcentaje de fino (fracción menor que el tamiz No. 200 los suelos gruesos se clasifican como sigue: Menos del 5% - GW, GP, SW, SP Más del 12% - GM, GC, SM, SC De 5 a 12% - Casos de frontera que requieren doble símbolo
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillosas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras.	
		OL	Limos orgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.	
	<b>Limo y arcillas</b> (Límite líquido > 50)	MH	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o diatomáceos, suelos elásticos	
		CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas	
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos	
	<b>Suelos altamente orgánicos</b>	Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos	

**Fuente:** Manual de Laboratorio, Joseph Bowles

Los símbolos que pertenecen a grava de grano grueso son GW, GP, GM, GC,GC-GM, GW-GM, GW-GC, GP-GC y los símbolos que pertenecen a suelos de grano fino son CL,ML, OL, CH, MH, OH, CL-ML y Pt[22].

### 1.1.3.5. Propiedades Mecánicas

#### 1.1.3.5.1. Proctor Modificado

Para la realización del Proctor modificado se necesita un molde con un volumen de 943.3 cm<sup>3</sup>, el suelo es compactado en cinco capas por un martillo de peso 44.5 N y tiene una caída de 457.2 mm. El número de golpes que se deben dar por cada capa es de 25, la energía de compactación por cada unidad de volumen puede ser calculada mediante la siguiente ecuación:

$$E = \frac{(25 \text{ golpes/capa})(5 \text{ capas})(44.5 \times 10^{-3} \text{ kN})(0.4572 \text{ m})}{943.3 \times 10^{-3} \text{ m}^3}$$

**Tabla 9.** Especificaciones de la prueba Proctor modificada ASTM Prueba 1577

Elemento	Método A	Método B	Método C
<b>Diámetro del molde</b>	101.6 mm	101.6 mm	152.4 mm
<b>Volumen del molde</b>	943.3 cm <sup>3</sup>	943.3 cm <sup>3</sup>	2124 cm <sup>3</sup>
<b>Peso del martillo</b>	44.5 N	44.5 N	44.5 N
<b>Altura de la caída del martillo</b>	457.2 mm	457.2 mm	457.2 mm
<b>Número de golpes de martillo por capa de suelo</b>	25	25	56
<b>Número de capas de compactación</b>	5	5	5
<b>Energía de compactación</b>	2696 kN-m/m <sup>3</sup>	2696 kN-m/m <sup>3</sup>	2696 kN-m/m <sup>3</sup>
<b>Suelo utilizado</b>	Porción que pasa el tamiz núm. 4 (4.75 mm). Puede ser utilizada si 20% o menos del peso de material es	Porción que pasa el tamiz de 9.5 mm. Puede utilizarse si el suelo retenido en el tamiz núm. 4 es más de 20% y 20% o menos del peso es	Porción que pasa el tamiz de 19 mm. Puede utilizarse si más de 20% del material es retenido en el

	retenido en el tamiz núm. 4.	retenido en el tamiz de 9.5 mm.	tamiz de 9.5 mm y menos de 30% del peso es retenido en el tamiz de 19 mm.
--	------------------------------	---------------------------------	---

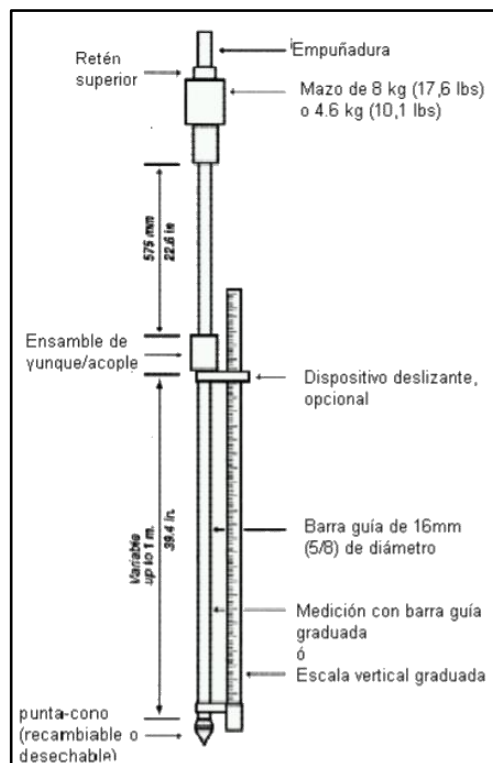
**Fuente:** Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, Braja M. Das

### 1.1.3.5.2. Cono Dinámico de Penetración

Conocido por sus siglas en inglés como DCP, fue desarrollado en el año de 1956 por Scala, el cual sirve para la evaluación de resistencia de suelos no disturbados como compactados y dar una estimación del valor de CBR en campo. Además, presenta ventajas por su economía y su fácil manejo del equipo[25].

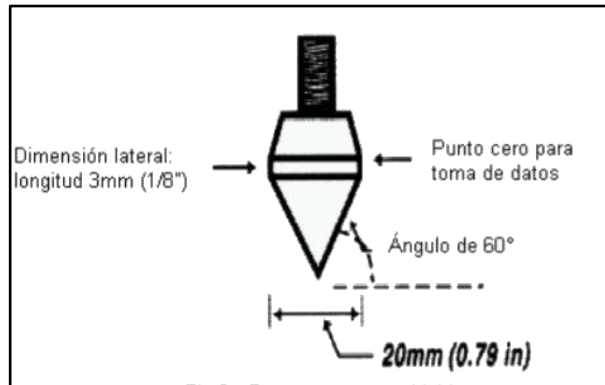
#### ➤ Especificaciones del equipo

El DCP se trata de un dispositivo de 8 kg, además consta de un comparador adicional de penetración que se usa para leer la profundidad penetrada por la punta del DCP. Puede sujetarse a la barra de deslizamiento del mazo o a la barra inferior para sostener o deslizarse a lo largo de una barra de medición separada[26].



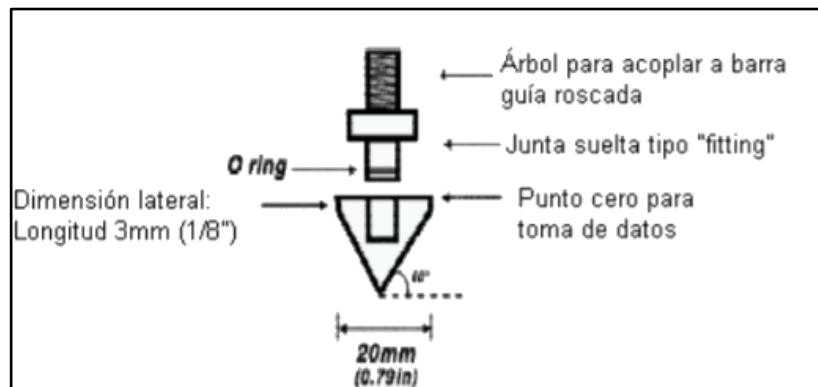
**Figura 8.** Esquema DCP

**Fuente:** NORMA ASTM D6951



**Figura 9.** Punta - cono recambiable

**Fuente:** NORMA ASTM D6951



**Figura 10.** Punta – cono desechable

**Fuente:** NORMA ASTM D6951

➤ **Método de Ensayo**

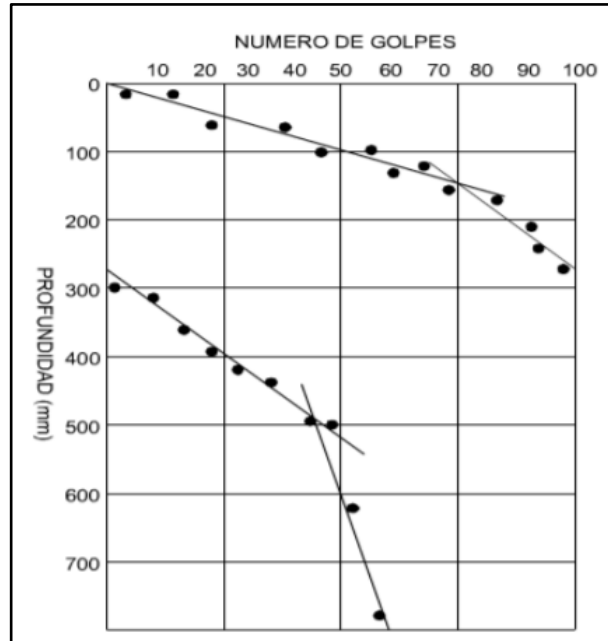
El operador introduce la punta del DCP en el suelo, levanta el mazo deslizante hasta la empuñadura y luego la suelta. Se mide la penetración total alcanzada para un determinado número de golpes y se anota en mm/golpe, esta medida se usa posteriormente para describir la rigidez de suelo, para estimar el CBR in situ, con base en un cuadro apropiado de correlación[26].

➤ **Curva DCP**

En esta gráfica se representa la penetración acumulada en función del número de golpes acumulados para los respectivos datos. En este tipo de curvas se puede



visualizar el número de capas existentes que están representadas por rectas de diferentes pendientes así como también se puede determinar el espesor de dichas capas[25].



**Figura 11.** Curva DCP

**Fuente:** Correlación DCP con CBR para suelos en la localidad de Suba, José Fernando Osorio Martínez

➤ **Número DCP**

Representa a la penetración obtenida por golpe y se expresa en mm/golpe, es el valor de la pendiente de la curva DCP para la capa en estudio, mientras más vertical sea la gradiente significa que menor será la resistencia del suelo[25].

**1.1.3.5.3. CBR (California Bearing Ratio)**

El ensayo CBR mide la resistencia a corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas. El número CBR se obtiene como la relación de la carga unitaria (lb/pulg<sup>2</sup>) necesaria para lograr una cierta profundidad de penetración del pistón con un área de 19.4 cm<sup>2</sup>, dentro de la muestra compactada de suelo a un contenido de humedad y densidad dadas con respecto a la carga unitaria patrón, requerida para

obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material triturado[24].

$$CBR = \frac{\text{carga unitaria del ensayo}}{\text{carga unitaria patrón}} * 100\%$$

Los valores de carga unitaria que deben utilizarse en la ecuación son los siguientes:

**Tabla 10.** Valores de carga unitaria

Penetración		Carga Unitaria Patrón	
mm	pulg	MPa	psi
2.5	0.10	6.9	1.000
5.0	0.20	10.3	1.500
7.5	0.30	13.0	1.900
10.0	0.40	16.0	2.300
12.7	0.50	18.0	2.600

**Fuente:** Manual de Laboratorio, Joseph Bowles

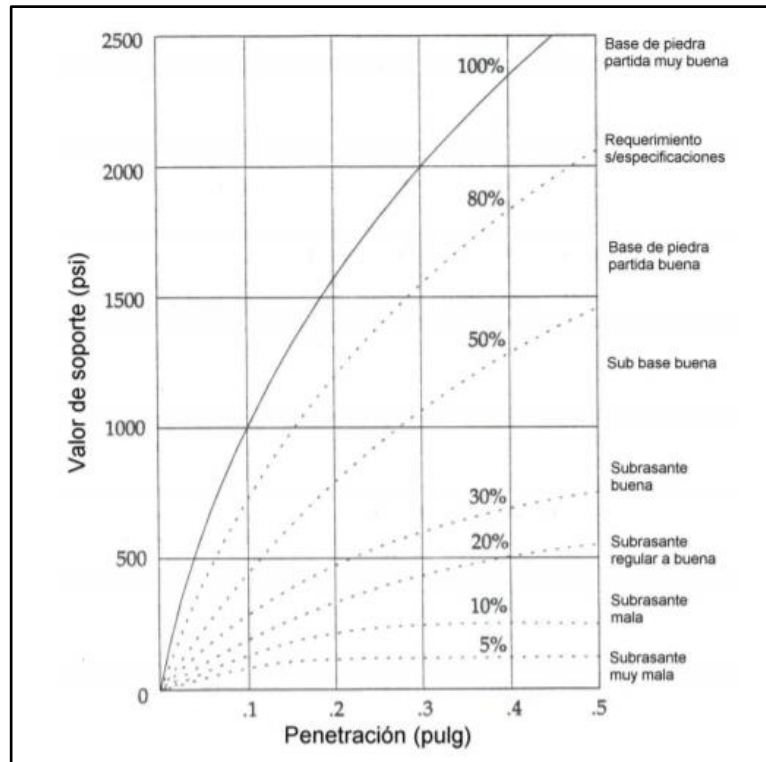
Es utilizado para evaluar el potencial resistencia del material de subrasante, subbase y base, incluidos materiales reciclados para su uso en pavimentos de carreteras y campos de aire. El valor CBR obtenido en esta prueba forma parte integral de varios métodos de diseño de pavimento flexible.[27].

**Tabla 11.** Clasificación típica de suelos en función del CBR

No. CBR	Clasificación General	Usos	SISTEMA DE CLASIFICACIÓN	
			Unificado	AASHTO
0-3	Muy pobre	Subrasante	OH, CH, MH, OL	A5, A6, A7
3-7	Pobre a regular	Subrasante	OH, CH, MH, OL	A4, A5, A6, A7
7-20	Regular	Sub-base	OL, CL, ML, SC, SM, SP	A2, A4, A6, A7

20-50	Bueno	Base, sub-base	GM, GC, SW, SM, SP, GP	A1b, A2-5, A3, A2-6
> 50	Excelente	Base	GW, GM	A1a, A2-4, A3

**Fuente:** Manual de Laboratorio, Joseph Bowles



**Figura 12.** Curvas de penetración CBR para distintos tipos de suelos

**Fuente:** Diseño de pavimentos, AASHTO-93

### 1.1.3.6. Definiciones generales de Estadística

#### 1.1.3.6.1. La media aritmética

También llamada la media, es un valor representativo de un conjunto de datos, estos valores tienden a encontrarse en el centro de los conjuntos de datos, ordenados de acuerdo con su magnitud[28].

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 \dots + X_N}{N}$$

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

Donde:

$\bar{X}$  = Media aritmética

$\sum X$  = Sumatoria de los datos

$N$  = Número total de datos

#### **1.1.3.6.2. Desviación estándar**

La desviación estándar de un conjunto de números se denota con la letra  $s$  y está definida por la siguiente ecuación[28]:

$$s = \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{X})^2}{N}}$$

Donde:

$\sum X$  = Sumatoria de los datos

$\bar{X}$  = Media aritmética

$N$  = Número total de datos

#### **1.1.3.6.3. Varianza**

La varianza de un conjunto de datos se define como el cuadrado de la desviación estándar[28].

$$s^2 = \frac{\sum(X - \bar{X})^2}{N}$$

#### **1.1.3.6.4. Análisis de regresión**

Da lugar a una ecuación matemática que permite describir la relación que existe entre dos variables. Es decir, obtener una línea “ideal” conocida como línea de regresión, que describa la relación o dependencia entre dos variables[29].

Además de explicar la relación entre dos variables, indica si la relación matemática puede ser línea parabólica, exponencial entre otros, también permite estimar los valores de una variable, suponiendo un valor conocido de la otra variable[29].

#### **1.1.3.6.5. Análisis de correlación**

Describe el grado o fuerza con que se produce esta relación, para ello se utiliza una medida conocida como coeficiente de correlación o correlación de Pearson[29].

#### **1.1.3.6.6. Método de los mínimos cuadrados**

Es un método de estimación en el cual las cantidades a estimar son determinadas, minimizando la suma de los cuadrados de las diferencias entre los valores observados y los estimados[29].

Consiste en someter el sistema a diferentes condiciones, fijando para ello distintos valores de la variable independiente  $x$ , y anotando en cada caso correspondiente valor medido para la variable dependiente  $y$ , de este modo se dispone de una serie de puntos que al representarse gráficamente deberían caer sobre una línea recta, pero los errores experimentales siempre presentes hacen que no se hallen perfectamente alineados[30].

El método de mínimos cuadrados determina los valores de los parámetros  $a$  y  $b$  de la recta que mejor se ajusta a los datos experimentales[30].

$$a = \frac{n(\sum X_i Y_i) - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{n(\sum X_i^2) - (\sum X_i)^2}$$

$$b = \frac{(\sum Y_i) - a(\sum X_i)}{n}$$

Donde:

$n$  = número de medidas

$\sum$  = Suma de todos los datos indicados

$N$  = Número total de datos

### 1.1.3.6.7. Coeficiente de correlación

Es un parámetro para el estudio de una distribución bidimensional, que indica el grado de dependencia entre las variables  $x$  y  $y$ . El coeficiente de correlación se calcula mediante la siguiente ecuación[30]:

$$r = \frac{n(\sum X_i Y_i) - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{\sqrt{[n(\sum X_i^2) - (\sum X_i)^2] [n(\sum Y_i^2) - (\sum Y_i)^2]}}$$

Si  $r = -1$  todos los puntos se encuentran sobre la recta existiendo una correlación que es perfecta e inversa.

Si  $r = 0$  no existe ninguna relación entre las variables

Si  $r = 1$  todos los puntos se encuentran sobre la recta existiendo una correlación que es perfecta y directa[30].

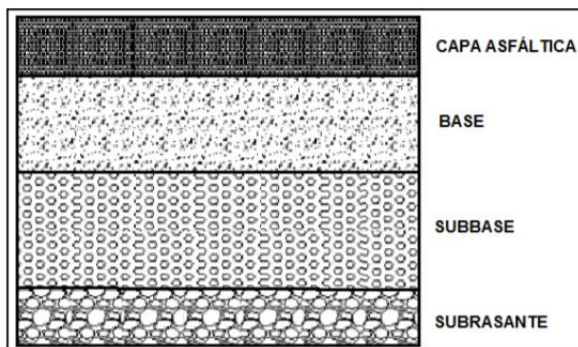
**Tabla 12.** Rangos de correlación

<b>Correlación</b>	<b>Rango</b>
Perfecta	$r = 1$
Excelente	$0.9 < r < 1$
Aceptable	$0.8 \leq r \leq 0.9$
Regular	$0.6 \leq r \leq 0.8$
Mínima	$0.3 \leq r \leq 0.6$
No hay correlación	$0 < r < 0.3$

**Fuente:** Estadística y muestreo, Martínez Ciro

### 1.1.3.7. Pavimentos flexibles

Los pavimentos flexibles constan de un suelo de fundación preparado (subrasante), subyacente a las capas de subbase, base y superficie de rodadura. En ciertos casos la subbase o base se estabilizan para maximizar el uso de los materiales locales[31].



**Figura 13.** Estructura de un pavimento flexible

**Fuente:** Metodologías de reparación para pavimentos flexibles de mediano y bajo tránsito, Daniel González Morgado

#### **1.1.3.8. Subrasante**

Llamado también suelo de fundación preparado, es una capa de suelo de material seleccionado que ha sido compactado a una densidad especificada[31].

#### **1.1.3.9. Subbase**

Es la capa de la estructura del pavimento flexible que se encuentra entre el suelo de fundación preparado y la capa de base. Normalmente consiste en una capa compactada de material granular. Se diferencia del material de la base por tener requerimientos menos estrictos de especificación en la resistencia, plasticidad y graduación. El material que se ocupa en la subbase deberá ser de mejor calidad que el suelo de fundación[31].

##### ➤ **Subbase Clase 1**

Está formada por agregados obtenidos por trituración de roca o gravas y graduados uniformemente dentro de los límites indicados. Por lo menos el 30% del agregado preparado deberá ser obtenido por proceso de trituración[32].

##### ➤ **Subbase Clase 2**

Está formada por agregados obtenidos mediante trituración o cribado en yacimientos de piedras fragmentadas naturalmente o de gravas y graduados uniformemente dentro

de los límites indicados. Por lo menos el 30% del agregado preparado deberá ser obtenido por proceso de trituración[32].

➤ **Subbase Clase 3**

Está formada por agregados naturales y procesados y graduados uniformemente dentro de los límites indicados[32].

**Tabla 13.** Granulometría para subbases

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada		
	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3
3" (76.2 mm.)	--	--	100
2" (50.4 mm.)	--	100	--
1 1/2 (38.1 mm.)	100	70 - 100	--
N° 4 (4.75 mm.)	30 - 70	30 - 70	30 - 70
N° 40 (0.425 mm.)	10 - 35	15 - 40	--
N° 200 (0.075 mm.)	0 - 15	0 - 20	0 - 20

**Fuente:** NEVI-12-MTOP,2013

**1.1.3.10. Base**

Es la capa del pavimento que se encuentra debajo de la capa de superficie de rodadura. Su función más importante es el soporte estructural. Las especificaciones para materiales de base son generalmente más estrictas, en lo que concierne a los requerimientos de resistencia, plasticidad y graduación[31].

**Tabla 14.** Recomendaciones para uso de material base

MATERIAL ESPECIFICADO	TIPO DE CARRETERA	N° CARRILES	TPDA
<b>BASE CLASE 1</b>	Para uso principalmente en aeropuertos y carretera con intenso nivel de tráfico.	8 a 12	>50 000



<b>BASE CLASE 2</b>	Carreteras de 2 hasta 6 carriles con un ancho mínimo por carril de 3.65 m. Se incluye franja central de 2 a 4m.	2 a 6	8 000 – 50 000
<b>BASE CLASE 3</b>	Vías internas de urbanizaciones con bajo nivel de tráfico	2 a 4	1 000 – 8 000
<b>BASE CLASE 4</b>	Caminos vecinales	2	< 1 000

**Fuente:** NEVI-12-MTOP,2013

En todo caso, el límite líquido de la fracción que pase el tamiz N° 40 deberá ser menor de 25 y el índice de plasticidad menor de 6. El porcentaje de desgaste por abrasión de los agregados será menor del 40% y el valor de CBR deberá ser igual o mayor al 80%[32].

➤ **Base Clase 1**

Está formado por agregados gruesos y finos, triturados en un 100% y graduados uniformemente dentro de los límites granulométricos indicados para los tipos A y B[32].

➤ **Base Clase 2**

Están formadas por fragmentos de roca o grava trituradas, cuya fracción de agregado grueso será triturada al menos 50% en peso[32].

➤ **Base Clase 3**

Están formadas por fragmentos de roca o grava trituradas, cuya fracción de agregado grueso será triturada al menos el 25% en peso[32].

➤ **Base Clase 4**

Están formadas por agregados obtenidos por trituración o cribado de piedras fragmentadas naturalmente o de gravas[32].

**Tabla 15.** Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada para los diferentes clases de bases

TAMIZ		BASE CLASE 1		BASE CLASE 1		BASE CLASE 2		BASE CLASE 3		BASE CLASE 4	
		TIPO A		TIPO B							
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
2"	50 mm		100		100		100		100		100
1 ½"	37.5 mm	70	100	70	100	70	100				
1"	25 mm	55	85	60	90	55	85	70	100	60	90
¾"	19 mm	50	80	45	75	47	75	60	90		
3/8"	9.5 mm	35	60	30	60	35	65	40	75		
Nº4	4.75 mm	25	50	20	50	25	55	30	60	20	50
Nº10	2 mm	20	40	10	25	15	45	15	45		
Nº40	0.425mm	10	25	2	12	5	25	10	30		
Nº200	0.075mm	2	12			0	10	0	15	0	15

Fuente: NEVI-12-MTOP,2013

#### 1.1.3.11. Superficie de rodadura

Consiste en una mezcla de agregados minerales y materiales bituminosos construida sobre la capa de base. Además de su función principal como parte estructural, también debe ser diseñada para resistir las fuerzas abrasivas del tráfico, reducir la cantidad de agua superficial que puede penetrar en el pavimento, proveer una superficie resistente al patinaje y una superficie de manejo lisa y uniforme[31].

### 1.1.3.12. Diseño de pavimentos flexibles

#### 1.1.3.12.1. Fórmula de diseño

Las ecuación básica que es usada para el diseño de pavimentos flexibles se presenta a continuación[31]:

$$\log W_{18} = Z_R S_O + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\frac{\log(\Delta PSI)}{4.2 - 1.5}}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log M_R - 8.07$$

Donde:

$SN$  = Número estructural en pulgadas

$W_{18}$  = Número de cargas de 18 kips (80 kN) previstas

$Z_R$  = Abscisa correspondiente a un área igual a la confiabilidad R en la curva de distribución normalizada

$S_O$  = Desvío estándar de todas las variables

$\Delta PSI$  = Pérdida de serviciabilidad

$M_R$  = Módulo resiliente de la subrasante en psi

#### 1.1.3.12.2. Período de análisis

Se refiere al período en el cual va a ser conducido el análisis, es decir, el tiempo que puede ser cubierto por cualquier estrategia de diseño[31].

**Tabla 16.** Período de análisis

Clasificación de la Vía	Período de análisis (años)
Urbana de alto volumen de tráfico	30-50
Rural de alto volumen de tráfico	20-50
Pavimentada de bajo volumen de tráfico	15-25
No pavimentada de bajo volumen de tráfico	10-20

**Fuente:** GUÍA AASHTO 1993 para el Diseño de Estructuras de Pavimentos

### 1.1.3.12.3. Tráfico

Los procedimientos de diseño para carreteras de alto y bajo volumen de tráfico, se basan en las cargas acumuladas esperadas, de un eje simple equivalente a 18 kips durante el período de análisis ( $W_{18}$ )[31].

**Tabla 17.** Factor de distribución por carril

Número de carriles en cada dirección	% del $W_{18}$ en el carril de diseño
1	100
2	80-100
3	60-80
4	50-75

**Fuente:** GUÍA AASHTO 1993 para el Diseño de Estructuras de Pavimentos

### 1.1.3.12.4. Confiabilidad

Es un medio por el cual introduce un cierto grado de certeza en el procedimiento de diseño, de esta manera asegura que las diferentes alternativas de diseño durarán todo el período de análisis. Toma en cuenta las posibles variaciones en la predicción del tráfico y el comportamiento por lo tanto proporciona un determinado nivel de seguridad (R), que las secciones sobrevivan durante el período para el que fueron diseñadas[31].

**Tabla 18.** Niveles de confiabilidad sugeridos para varias clasificaciones funcionales

Clasificación Funcional	Nivel de confiabilidad R recomendado	
	Urbano	Rural
Interestatal y otras vías libres	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-99	75-95
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

**Fuente:** GUÍA AASHTO 1993 para el Diseño de Estructuras de Pavimentos

#### 1.1.3.12.5. Desviación estándar normal ( $Z_R$ )

Cada valor de confiabilidad R está asociado estadísticamente a un valor de coeficiente  $Z_R$ [31].

**Tabla 19.** Valores de desviación estándar normal

<b>Confiabilidad R(%)</b>	<b>Desviación estándar normal <math>Z_R</math></b>
50	0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

**Fuente:** GUÍA AASHTO 1993 para el Diseño de Estructuras de Pavimentos

#### 1.1.3.12.6. Desviación estándar global ( $S_0$ )

Está ligado directamente con la confiabilidad R, este factor considera posibles variaciones en el comportamiento del pavimento y la predicción del tránsito[31].

Para pavimentos flexibles se utiliza valores entre 0.40 y 0.50[31]

#### 1.1.3.12.7. Módulo resiliente (Característica de la Subrasante)

Es una medida de la propiedad elástica del suelo que toma en cuenta ciertas características no lineales. Es utilizado para el diseño de pavimentos flexibles. Se han reportado factores apropiados que pueden ser usados en la estimación del  $M_R$  a partir de ensayos de CBR, del valor de R y de los resultados de los ensayos de las propiedades índice del suelo[31].

$$M_R(psi) = 1500 * CBR \text{ (AASHTO)}$$

$$M_R(psi) = 3000 * CBR^{0.65} \text{ (Ecuación desarrollada en Sudáfrica)}$$

$$M_R(psi) = 4326 * \ln CBR + 241 \text{ (AASHTO, utilizada para suelos granulares)}$$

### 1.1.3.12.8. Serviciabilidad

Está definida como la habilidad para servir al tipo de tráfico que usa la vía. Su medida es el índice de serviciabilidad (PSI), que varía entre 0 (camino imposible) a 5 (camino perfecto)[31].

$$\Delta PSI = PSI \text{ inicial} - PSI \text{ final}$$

Donde:

$\Delta PSI$  = Diferencia entre los índices de servicio inicial y final

$PSI \text{ inicial}$  = Índice de servicio inicial (valores de 4.2 para pavimentos flexibles)

$PSI \text{ final}$  = Índice de servicio final (valores de 3.0, 2.5, 2.0 recomendando 2.5 o 3.0 para caminos principales y 2.0 para secundarios)

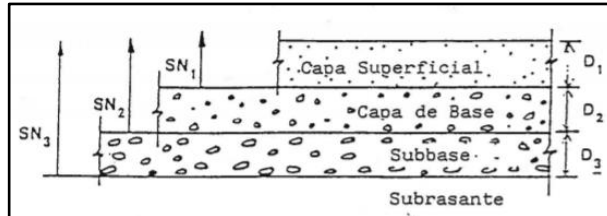
**Tabla 20.** Calificación según el índice de servicialidad

Índice de serviciabilidad	Calificación
0-1	Muy mala
1-2	Mala
2-3	Regular
3-4	Buena
4-5	Muy buena

**Fuente:** GUÍA AASHTO 1993 para el Diseño de Estructuras de Pavimentos

### 1.1.3.12.9. Espesores por capa

Una vez que se ha determinado el número estructural SN para una estructura de pavimento inicial, es necesario identificar los espesores de cada capa del pavimento. La siguiente ecuación puede utilizarse para obtener los espesores de cada capa[31].



**Figura 14.** Espesores por capa

**Fuente:** GUÍA AASHTO 1993 para el Diseño de Estructuras de Pavimentos

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

Donde:

$a_1, a_2, a_3$  = Coeficientes estructurales de la superficie, base y subbase respectivamente

$D_1, D_2, D_3$  = Espesor de la superficie, base y subbase respectivamente

$m_1, m_2, m_3$ , = Coeficiente de drenaje de la superficie, base y subbase respectivamente

Para el cálculo de los espesores  $D_1$  y  $D_2$  (en pulgadas), se sugiere respetar los siguientes valores mínimos, en función del tránsito en ejes equivalentes sencillos acumulados[31].

**Tabla 21.** Espesores mínimos (pulgadas)

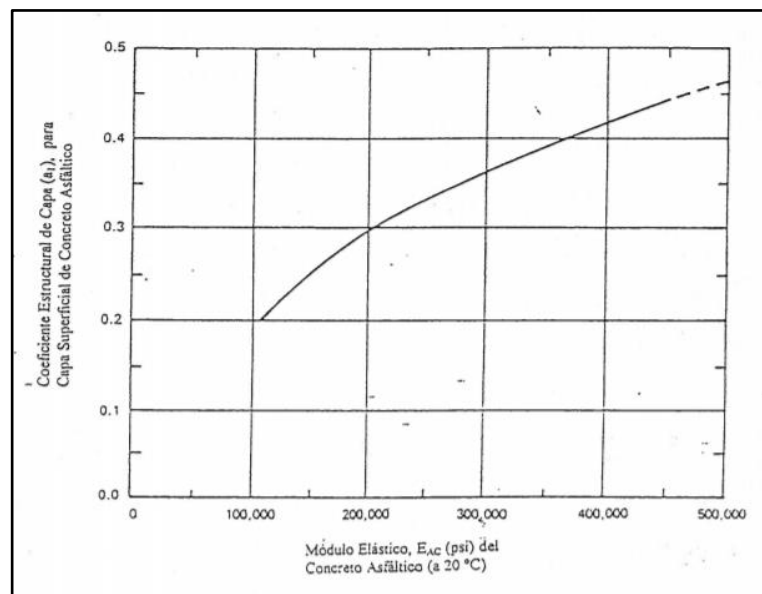
Tráfico $W_{18}$	Concreto asfáltico, $D_1$	Capa Base, $D_2$
< 50 000	1.0 (o tratamiento superficial)	4
50 001 a 150 000	2.0	4
150 001 a 500 000	2.5	4
500 001 a 2 000 000	3.0	6
2 000 001 a 7 000 000	3.5	6
> 7 000 000	4.0	6

**Fuente:** GUÍA AASHTO 1993 para el Diseño de Estructuras de Pavimentos

### 1.1.3.12.10. Coeficientes estructurales

Estos coeficientes están basados en correlaciones obtenidas a partir de la prueba AASHTO de 1958-60 y ensayos posteriores que se han extendido a otros materiales y otras condiciones para generalizar la aplicación del método[31].

#### ➤ Coeficiente estructural de la superficie ( $a_1$ )

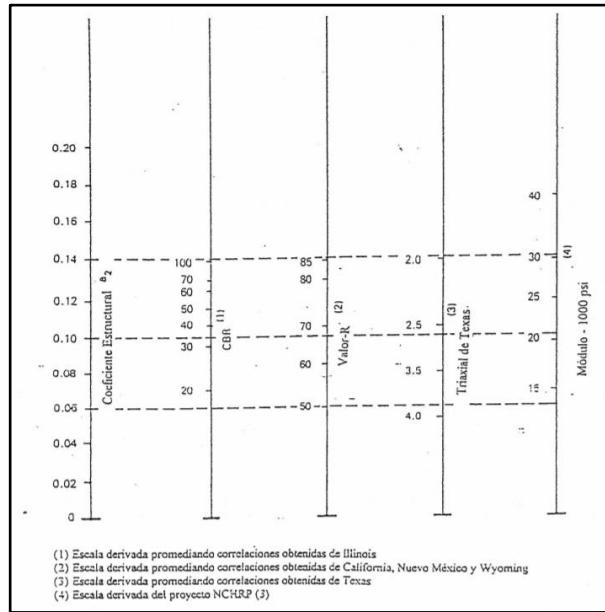


**Figura 15.** Carta para estimar el coeficiente estructural de la superficie asfáltica a partir del módulo elástico (resiliencia)

**Fuente:** GUÍA AASHTO 1993 para el Diseño de Estructuras de Pavimentos



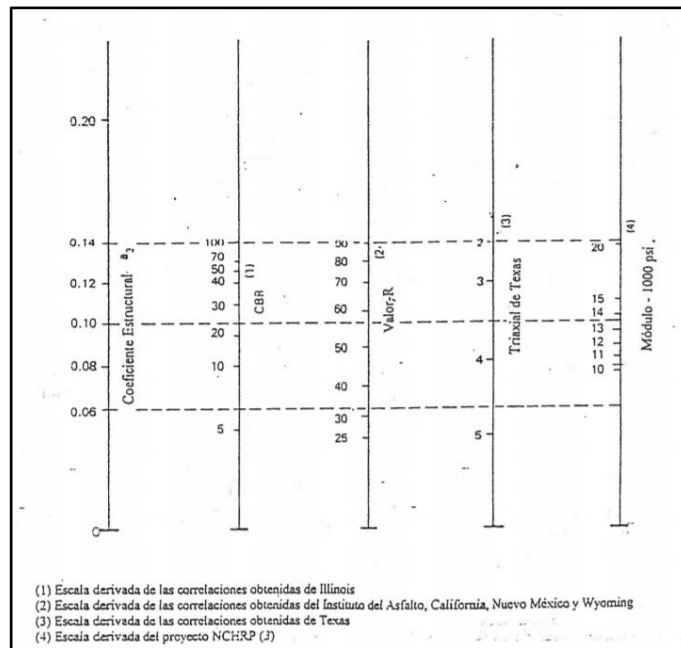
➤ **Coefficiente estructural de la base granular ( $a_2$ )**



**Figura 16.** Variación en el coeficiente estructural de capa base ( $a_2$ ) con diferentes parámetros de resistencia

**Fuente:** GUÍA AASHTO 1993 para el Diseño de Estructuras de Pavimentos

➤ **Coefficiente estructural de la subbase granular ( $a_3$ )**



**Figura 17.** Variaciones en el coeficiente de capa de subbase granular ( $a_3$ ) con diferentes parámetros de subbase (resiliente)

**Fuente:** GUÍA AASHTO 1993 para el Diseño de Estructuras de Pavimentos

### 1.1.3.12.11. Coeficientes de drenaje

La calidad del drenaje se define en términos del tiempo en que el agua tarda en ser eliminada de las capas granulares (capa base y subbase)[31].

**Tabla 22.** Calidad de drenaje

Calidad de drenaje	Tiempo de remoción del agua
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Muy pobre	No drena

**Fuente:** GUÍA AASHTO 1993 para el Diseño de Estructuras de Pavimentos

**Tabla 23.** Valores de  $m_2$  y  $m_3$  recomendados para los coeficientes de capa modificados de materiales de base y subbase no tratada en pavimentos flexibles

Calidad del drenaje	% del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación			
	< 1	1 - 5	5 - 25	> 25
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.8	0.80 – 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

**Fuente:** GUÍA AASHTO 1993 para el Diseño de Estructuras de Pavimentos

#### **1.1.4. Hipótesis**

En la correlación entre el CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas en suelos de la parroquia La Matriz del cantón Quero, provincia de Tungurahua, se obtendrán coeficientes de correlación mayor al 50%.

### **1.2. OBJETIVOS**

#### **1.2.1. Objetivo General**

Determinar la correlación entre el CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas en suelos de la parroquia La Matriz del cantón Quero, provincia de Tungurahua.

#### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- Determinar las propiedades índice y mecánicas en suelos de la parroquia La Matriz del cantón Quero, provincia de Tungurahua.
- Obtener las correlaciones experimentales entre las propiedades índice y mecánicas y el CBR de laboratorio para los suelos estudiados.
- Obtener la correlación experimental entre el factor DCP y CBR de laboratorio para los suelos estudiados.
- Aplicar los valores de las correlaciones obtenidas en el diseño de un pavimento flexible.
- Realizar una zonificación general de los diferentes tipos de suelo de la parroquia La Matriz del cantón Quero.

## **CAPÍTULO II**

### **METODOLOGÍA**

#### **2.1. Niveles de Investigación**

##### **2.1.1. Nivel Experimental**

La investigación experimental está compuesta por una serie de actividades y técnicas que llevadas a cabo, permiten recolectar la información necesaria sobre un tema a investigar y el problema a ser resuelto, en este caso se realizará una serie de ensayos tanto en campo como en laboratorio para la obtención del valor de CBR a partir de ensayos fáciles de realizar, menos costosos y con una menor duración en su ejecución.

##### **2.1.2. Nivel Analítico**

Este nivel corresponde a la interpretación de resultados que se han obtenido durante la realización de todos los ensayos y se lo hará mediante gráficas y tablas que permitan una mejor comprensión.

##### **2.1.3. Nivel Exploratorio**

Existen varias investigaciones y estudios realizados en diferentes partes del mundo acerca de este tema, sin embargo, en la zona de estudio no existen antecedentes que validen estas investigaciones.

##### **2.1.4. Nivel Explicativo**

Una vez obtenido las correlaciones entre las diferentes propiedades del suelo, se puede determinar el nivel de confiabilidad para la obtención del valor del CBR y de esta manera saber si es aplicable este método en la zona de estudio.

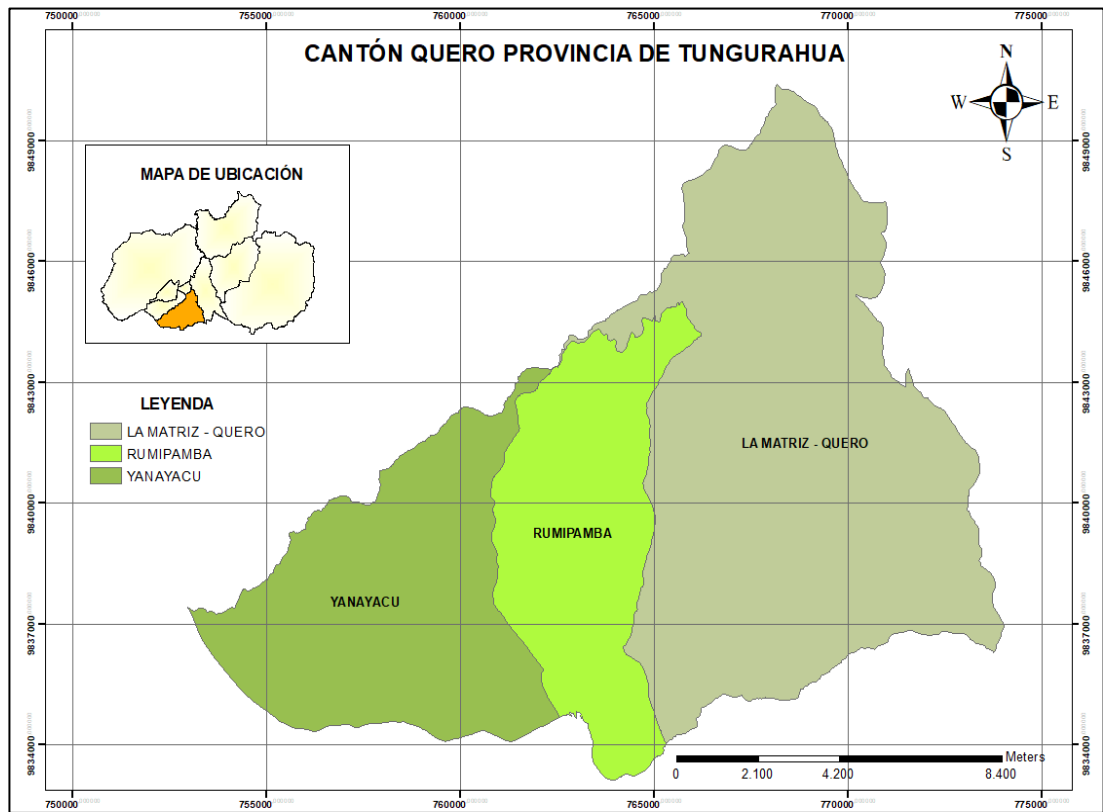
#### **2.2. Población y Muestra**

##### **2.2.1. Población**

El área de estudio de la presente investigación es la parroquia La Matriz del Cantón Quero.

El cantón Quero se encuentra ubicado en la parte suroeste de la provincia de Tungurahua, limitado por los cantones, al norte Cevallos, al sur Guano (provincia de Chimborazo), al este Pelileo y al oeste Mocha.

Su extensión territorial es de 179 km<sup>2</sup>, de los cuales 123 hectáreas son de la parroquia La Matriz que cuenta con una población de 14 254 personas.

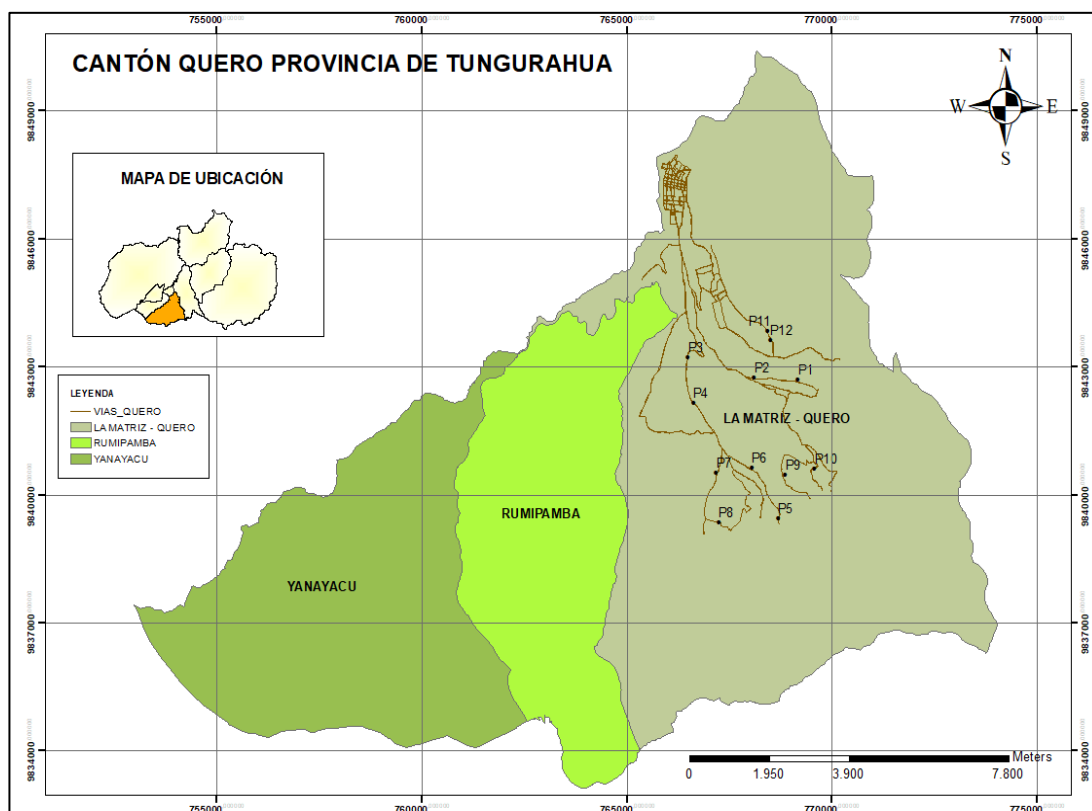


**Figura 18.** Parroquia La Matriz, cantón Quero, provincia de Tungurahua

**Autor:** María José Molina Hinojosa

### 2.2.2. Muestra

El proyecto experimental se desarrolló en la parroquia La Matriz del cantón Quero, se eligió seis vías representativas, donde se procedió a ubicar dos puntos estratégicos de cada vía, es decir que sean suelos naturales y que no hayan sido alterados ya sea por algún tipo de relleno o compactación, con una distancia entre cada punto mínima de 500 metros. En cada punto se realizó calicatas de aproximadamente un metro y se tomó aproximadamente 30 kg de muestra de suelo para los correspondientes ensayos de laboratorio.



**Figura 19.** Puntos seleccionados para la ejecución de los ensayos

**Autor:** María José Molina Hinojosa

**Tabla 24.** Coordenadas de los puntos seleccionados para la ejecución de ensayos

PUNTO	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	SECTOR
1	769166	9842688	3284	El Placer
2	768088	9842740	3220	El Placer
3	766476	9843220	3131	Piquil
4	766606	9842156	3186	Piquil
5	768674	9839439	3343	San Pedro de Sabañag
6	768028	9840636	3344	San Pedro de Sabañag
7	767166	9840509	3264	Hualcanga la Dolorosa
8	767222	9839347	3424	Hualcanga la Dolorosa
9	768856	9840460	3559	San José de Guanto
10	769566	9840619	3340	San José de Guanto
11	768424	9843830	3196	La Libertad
12	768489	9843627	3213	La Libertad

**Autor:** María José Molina Hinojosa

### 2.3. Equipos y Materiales

**Tabla 25.** Equipos y Materiales

ENSAYOS	MATERIALES	EQUIPOS	NORMA
Pozo a cielo abierto	Muestras in situ	Pala Pico Barra Flexómetro	AASHTO T 87-70
Densidad de campo (Método del cono y arena de Ottawa)	Muestras in situ	Cono Cinzel Cuchareta Placa metálica Balanza Clavos Martillo	AASHTO T 191 2014
Dinamic Cone Penetrometer (DCP)	Muestras in situ	Equipo DCP Libreta de anotación	ASTM D 6951-03
Gravedad específica de sólidos	50 gr de suelo que pasa tamiz #4	Tamiz #4 Picnómetro Embudo Termómetro Recipiente metálico Pipeta Baño María	AASHTO T 100 2015
Granulometría	Muestra cuarteada	Tamizadora Juego de tamices Brocha Recipiente	AASHTO T 88 2013
Límite Líquido (Copa Casagrande)	150 gr de suelo que pasa tamiz #40	Mortero de porcelana Pistillo de caucho Copa Casagrande Espátula Acanalador	AASHTO T 89 2013

		Recipientes de aluminio	
Límite plástico	150 gr de suelo que pasa tamiz #40	Mortero de porcelana Pistillo de caucho Placa de vidrio Fuente de mezclado Calibrador pie de rey	AASHTO T 90 2016
Próctor modificado Tipo B	18 kg de suelo que pasa el tamiz #4	Bandeja metálica cuadrada Martillo de compactación Molde de diámetro de 6" con extensión y base Probeta graduada Palustre Regleta metálica	AASHTO T 180 2018
California Bearing Ratio (CBR)	18 kg de suelo que pasa el tamiz #4	MULTISPEED 34-V1172	AASHTO T 193 2013

**Fuente:** María José Molina Hinojosa

## 2.4. Métodos

### 2.4.1. Plan de recolección de datos

**Tabla 26.** Tabla de recolección de datos

<b>PREGUNTAS BÁSICAS</b>	<b>EXPLICACIÓN</b>
<b>¿Para qué?</b>	Correlacionar el DCP, propiedades índice y mecánicas de diferentes suelos con su respectivo valor de CBR obtenido en el laboratorio.
<b>¿A quiénes?</b>	A estudiantes y profesionales de la carrera de Ingeniería Civil.
<b>¿Sobre qué aspectos?</b>	Las propiedades de los suelos obtenidas mediante ensayos de campo y laboratorio, así como el valor de CBR obtenido mediante el ensayo de relación de soporte California.
<b>¿Quién?</b>	La investigadora.
<b>¿Cuándo?</b>	Ensayos de campo del 26 de octubre al 9 de noviembre.



	<p>Ensayos de laboratorio del 15 de diciembre al 9 de abril.</p> <p>Procesamiento de análisis de información desde abril hasta mayo.</p>
<b>¿Dónde?</b>	<p>Parroquia La Matriz del cantón Quero para tomas de muestras y ensayos in situ.</p> <p>Laboratorio de Ensayos de Materiales y Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.</p>
<b>¿Técnicas de recolección?</b>	<p>Se retira la capa vegetal y se realiza el ensayo DCP, bajo la norma ASTM D 6951-03 y la densidad de campo mediante el método de Cono y Arena bajo la norma AASHTO T 191, ambos ensayos realizados in situ.</p> <p>Una vez realizados los ensayos in situ, se toma la muestra de suelo de aproximadamente 50 kg para los ensayos de laboratorio, esta muestra es pasada por el tamiz rectangular #4 y colocada en la bandeja para su secado.</p> <p>Para el análisis granulométrico se toma la muestra representativa de suelo, la misma que debe estar completamente seca y se coloca en la tamizadora como lo establece la norma AASHTO T 88 2013.</p> <p>Los límites de Atterberg se los realiza bajo las normas AASHTO T 89 2013 y AASHTO T 90 2016, la gravedad específica bajo la norma AASHTO T 100 2015, los ensayos mencionados anteriormente requieren una muestra de suelo que pase por el tamiz # 40.</p> <p>En la determinación del contenido óptimo de humedad es necesario como mínimo cuatro puntos, tres de ellos deberían generar un pico y el otro menor al máximo, esto mediante la norma AASHTO T 180 2018 del ensayo del Próctor Modificado, este contenido de humedad es utilizado para realizar el ensayo de relación de soporte de California (CBR) bajo la norma AASHTO T 193 2013.</p>

**Fuente:** María José Molina Hinojosa

## 2.4.2. ENSAYOS

### ➤ Pozo a cielo abierto



**Figura 20.** Limpieza capa vegetal

**Autor:** María José Molina Hinojosa

### ➤ Densidad de Campo (Método del cono y arena de Ottawa)



**Figura 21.** Ensayo cono y arena de Ottawa

**Autor:** María José Molina Hinojosa

➤ **Dinamic Cone Penetrometer (DCP)**



**Figura 22.** Ensayo DCP

**Autor:** María José Molina Hinojosa

➤ **Gravedad específica de sólidos**



**Figura 23.** Peso del picnómetro más suelo

**Autor:** María José Molina Hinojosa

➤ **Granulometría**



**Figura 24.** Colocación de tamices en la tamizadora

**Autor:** María José Molina Hinojosa

➤ **Límite líquido (Copa Casagrande)**



**Figura 25.** Muestra de suelo en la copa Casagrande

**Autor:** María José Molina Hinojosa

➤ **Límite plástico**



**Figura 26.** Rollo de 3 mm de diámetro

**Autor:** María José Molina Hinojosa

➤ **Próctor Modificado**



**Figura 27.** Ensayo Próctor Modificado

**Autor:** María José Molina Hinojosa

➤ **California Bearing Ratio (CBR)**



**Figura 28.** Ensayo CBR

**Autor:** María José Molina Hinojosa

#### **2.4.3. Plan de procesamiento y análisis de información**

Una vez ubicado los 12 puntos en las vías representativas de la parroquia en estudio, se realiza los ensayos de campo, los cuales son el DCP y densidad de campo, además se debe tomar muestras de suelo de cada pozo para la ejecución de los ensayos de laboratorio que son: contenido de humedad, granulometría, límites de Atterberg, gravedad específica, próctor Modificado y CBR.

Posteriormente se recolecta todos los datos de los ensayos de campo y laboratorio para ser procesados de acuerdo con los formatos establecidos en el laboratorio de suelos de la facultad.

En lo que concierne a las correlaciones, se realizarán dos tipos, la correlación simple y la correlación múltiple. La simple se lo hace relacionando únicamente dos propiedades mientras que las múltiples intervienen más de dos propiedades, en el cual el objetivo es obtener un factor de correlación mayor al 50%.

Para la obtención de estas correlaciones se utiliza el software Excel, donde las correlaciones múltiples se utiliza el criterio estadístico de mínimos cuadrados, los cuales se describe a continuación.

### 2.4.3.1. Determinación de correlaciones múltiples

#### ➤ Correlaciones lineales múltiples

**Tabla 27.** Tabla para el cálculo de correlaciones lineales múltiples

Variable Dependiente	Variable Dependiente	Variable Independie	$Y = a + b_1 * X_1 + b_2 * X_2$					
$X_1$	$X_2$	$Y$	$X_1 * Y$	$X_2 * Y$	$X_1 * X_2$	$X_1^2$	$X_2^2$	$Y^2$
$\Sigma X_1$	$\Sigma X_2$	$\Sigma Y$	$\Sigma (X_1 * Y)$	$\Sigma (X_2 * Y)$	$\Sigma (X_1 * X_2)$	$\Sigma (X_1^2)$	$\Sigma (X_2^2)$	$\Sigma (Y^2)$

**Autor:** María José Molina Hinojosa

El sistema de ecuaciones para el método de mínimos cuadrados es el siguiente:

$$a + n + b_1 \Sigma X_1 + b_2 + \Sigma X_2 = \Sigma Y$$

$$a \Sigma X_1 + b_1 \Sigma X_1^2 + b_2 \Sigma (X_1 * X_2) = \Sigma (X_1 * Y)$$

$$a \Sigma X_2 + b_1 \Sigma (X_1 * X_2) + b_2 \Sigma (X_2)^2 = \Sigma (X_2 * Y)$$

Para la resolución de este sistema se lo hace a través del método de matriz inversa, en los cuales se encuentra tres factores y se genera la ecuación de correlación.

**Tabla 28.** Matriz inversa correlación lineal múltiple

<b>a</b>	<b>b<sub>1</sub></b>	<b>b<sub>2</sub></b>	<b>=</b>
n	$\Sigma X_1$	$\Sigma X_2$	$\Sigma Y$
$\Sigma X_1$	$\Sigma (X_1^2)$	$\Sigma (X_1 * X_2)$	$\Sigma (X_1 * Y)$
$\Sigma X_2$	$\Sigma (X_1 * X_2)$	$\Sigma (X_2^2)$	$\Sigma (X_2 * Y)$

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Una vez resuelta la matriz se obtiene la siguiente ecuación:

$$Y = a + b_1 * X_1 + b_2 * X_2$$

Y por último se procede al cálculo del coeficiente de correlación:

$$r^2 = \frac{a \Sigma Y + b_1 \Sigma (X_1 * Y) + b_2 \Sigma (X_2 * Y) - n * (Y_{med})^2}{\Sigma Y^2 - n * (Y_{med})^2}$$

➤ **Correlación múltiple logarítmica**

**Tabla 29.** Tabla para el cálculo de correlaciones múltiples logarítmicas

V.D	V.D	V.I	Ecuación Múltiple de Tipo Logarítmica			$Y = a + b_1 * \log(X_1) + b_2 * X_2$			
$X_1$	$X_2$	$Y$	$X_1' = \log(X_1)$	$X_1' * Y$	$X_2 * Y$	$X_1' * X_2$	$X_1'^2$	$X_2^2$	$Y^2$
$\Sigma X_1$	$\Sigma X_2$	$\Sigma Y$	$\Sigma X_1'$	$\Sigma (X_1' * Y)$	$\Sigma (X_2 * Y)$	$\Sigma (X_1' * X_2)$	$\Sigma (X_1'^2)$	$\Sigma (X_2^2)$	$\Sigma (Y^2)$

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Para resolver a través de mínimos cuadrados, el sistema de ecuaciones es el siguiente:

$$a * n + b_1 \Sigma X_1' + b_2 \Sigma X_2 = \Sigma Y$$

$$a \Sigma X_1' + b_1 \Sigma X_1'^2 + b_2 \Sigma (X_1' * X_2) = \Sigma (X_1' * Y)$$

$$a \Sigma X_2 + b_1 \Sigma (X_1' * X_2) + b_2 \Sigma (X_2)^2 = \Sigma (X_2 * Y)$$

$$r^2 = \frac{a \Sigma Y + b_1 * \Sigma (X_1' * Y) + b_2 \Sigma (X_2 * Y) - n * (Y_{med})^2}{\Sigma Y^2 - n * (Y_{med})^2}$$

Este sistema se resuelve mediante el método de matriz inversa, donde se encuentra los 3 factores y se genera la ecuación de correlación.

**Tabla 30.** Matriz inversa correlación logarítmica múltiple

<b>a</b>	<b>b<sub>1</sub></b>	<b>b<sub>2</sub></b>	<b>=</b>
n	$\Sigma X_1'$	$\Sigma X_2$	$\Sigma Y$
$\Sigma X_1'$	$\Sigma (X_1'^2)$	$\Sigma (X_1' * X_2)$	$\Sigma (X_1' * Y)$
$\Sigma X_2$	$\Sigma (X_1' * X_2)$	$\Sigma (X_2^2)$	$\Sigma (X_2 * Y)$

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Una vez resuelta la matriz se obtiene la siguiente ecuación:

$$Y = a + b_1 * \log(X_1) + b_2 * X_2$$

Y por último se procede al cálculo del coeficiente de correlación:

$$r^2 = \frac{a \Sigma Y + b_1 * \Sigma (X_1' * Y) + b_2 \Sigma (X_2 * Y) - n * (Y_{med})^2}{\Sigma Y^2 - n * (Y_{med})^2}$$

➤ **Correlación múltiple potencial**

**Tabla 31.** Tabla para el cálculo de correlaciones múltiples potenciales

V.D	V.D	V.I	Ecuación Múltiple de Tipo Potencial			$\log(Y) = \log(a) + b_1 * \log(X_1) + b_2 * \log(X_2)$					
			$X_1' = \log(X_1)$	$X_2' = \log(X_2)$	$Y' = \log(Y)$	$X_1' * Y'$	$X_2' * Y'$	$X_1' * X_2'$	$X_1'^2$	$X_2'^2$	$Y'^2$
$X_1$	$X_2$	$Y$									
$\Sigma X_1$	$\Sigma X_2$	$\Sigma Y$	$\Sigma X_1'$	$\Sigma X_2'$	$\Sigma Y'$	$\Sigma (X_1' * Y')$	$\Sigma (X_2' * Y')$	$\Sigma (X_1' * X_2')$	$\Sigma (X_1'^2)$	$\Sigma (X_2'^2)$	$\Sigma (Y'^2)$

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Para resolver a través de mínimos cuadrados, el sistema de ecuaciones es el siguiente:

$$a * n + b_1 \Sigma X_1' + b_2 \Sigma X_2' = \Sigma Y'$$

$$a \Sigma X_1' + b_1 \Sigma X_1'^2 + b_2 \Sigma (X_1' * X_2') = \Sigma (X_1' * Y')$$

$$a \Sigma X_2' + b_1 \Sigma (X_1' * X_2') + b_2 \Sigma (X_2')^2 = \Sigma (X_2' * Y')$$

Este sistema se resuelve mediante el método de matriz inversa, donde se encuentra los 3 factores y se genera la ecuación de correlación.

**Tabla 32.** Matriz inversa correlación potencial múltiple

<b>a</b>	<b>b<sub>1</sub></b>	<b>b<sub>2</sub></b>	<b>=</b>
n	$\Sigma X_1'$	$\Sigma X_2'$	$\Sigma Y'$
$\Sigma X_1'$	$\Sigma (X_1'^2)$	$\Sigma (X_1' * X_2')$	$\Sigma (X_1' * Y')$
$\Sigma X_2'$	$\Sigma (X_1' * X_2')$	$\Sigma (X_2'^2)$	$\Sigma (X_2' * Y')$

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Una vez resuelta la matriz se obtiene la siguiente ecuación:

$$\log(Y) = \log(a) + b_1 * \log(X_1) + b_2 * \log(X_2)$$

Simplificando se tiene:

$$Y = a * (X_1)^{b_1} * (X_2)^{b_2}$$

Y por último se procede al cálculo del coeficiente de correlación:

$$r^2 = \frac{a \Sigma Y' + b_1 * \Sigma (X_1' * Y') + b_2 \Sigma (X_2' * Y') - n * (Y'_{med})^2}{\Sigma Y'^2 - n * (Y'_{med})^2}$$



➤ **Correlación múltiple exponencial**

**Tabla 33.** Tabla para el cálculo de correlaciones múltiples exponenciales

V.D	V.D	V.I	Ecuación Múltiple de Tipo Exponencial			$\ln(Y) = \ln(a) + b_1 * X_1 + b_2 * X_2$			
			$Y' = \ln(Y)$	$X_1 * Y'$	$X_2 * Y'$	$X_1 * X_2$	$X_1^2$	$X_2^2$	$Y'^2$
$X_1$	$X_2$	$Y$							
$\Sigma X_1$	$\Sigma X_2$	$\Sigma Y$	$\Sigma Y'$	$\Sigma (X_1 * Y')$	$\Sigma (X_2 * Y')$	$\Sigma (X_1 * X_2)$	$\Sigma (X_1^2)$	$\Sigma (X_2^2)$	$\Sigma (Y'^2)$

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Para resolver a través de mínimos cuadrados, el sistema de ecuaciones es el siguiente:

$$a * n + b_1 \Sigma X_1 + b_2 \Sigma X_2 = \Sigma Y'$$

$$a \Sigma X_1 + b_1 \Sigma X_1^2 + b_2 \Sigma (X_1 * X_2) = \Sigma (X_1 * Y')$$

$$a \Sigma X_2 + b_1 \Sigma (X_1 * X_2) + b_2 \Sigma (X_2)^2 = \Sigma (X_2 * Y')$$

Este sistema se resuelve mediante el método de matriz inversa, donde se encuentra los 3 factores y se genera la ecuación de correlación.

**Tabla 34.** Matriz inversa correlación exponencial múltiple

<b>a</b>	<b>b<sub>1</sub></b>	<b>b<sub>2</sub></b>	<b>=</b>
n	$\Sigma X_1$	$\Sigma X_2$	$\Sigma Y'$
$\Sigma X_1$	$\Sigma (X_1^2)$	$\Sigma (X_1 * X_2)$	$\Sigma (X_1 * Y')$
$\Sigma X_2$	$\Sigma (X_1 * X_2)$	$\Sigma (X_2^2)$	$\Sigma (X_2 * Y')$

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Una vez resuelta la matriz se obtiene la siguiente ecuación:

$$\ln(Y) = \ln(a) + b_1 * X_1 + b_2 * X_2$$

Simplificando se tiene:

$$Y = a * e^{b_1 * X_1} * e^{b_2 * X_2}$$

Y por último se procede al cálculo del coeficiente de correlación:

$$r^2 = \frac{a \Sigma Y' + b_1 \Sigma (X_1 * Y') + b_2 \Sigma (X_2 * Y') - n * (Y'_{med})^2}{\Sigma Y'^2 - n * (Y'_{med})^2}$$

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A continuación, se presenta los resultados de cada uno de los ensayos realizados para la obtención de sus propiedades índice y mecánicas de los suelos, se tomaron doce muestras distribuidas a lo largo de toda la parroquia La Matriz del cantón Quero.

##### 3.1.1. Propiedades índice

##### 3.1.1.1. Densidad de Campo

Para la densidad de campo se realizó el ensayo de cono de arena de Ottawa, donde además de obtener esta densidad se calculó otras propiedades del suelo como contenido de humedad natural, relación de vacíos, porosidad, grado de saturación de aire y de agua.

**Tabla 35.** Densidad de Campo

	SECTOR	DENSIDAD DE CAMPO						
		$\gamma_h$ in-situ (gr/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ in-situ (gr/cm <sup>3</sup> )	Humedad natural (%)	Relación de vacíos	Porosidad (%)	Grado de saturación del agua (%)	Grado de saturación del aire (%)
1	Placer	1,332	1,175	13,34	1,39	58,20	27,27	72,73
2	Placer	1,398	1,266	10,46	1,02	50,60	25,31	74,69
3	Piquil	1,510	1,406	7,43	0,78	43,91	21,57	78,43
4	Piquil	1,614	1,542	4,73	0,72	41,88	16,71	83,29
5	San Pedro de Sabañag	1,469	1,281	14,62	1,15	53,59	35,26	64,74
6	San Pedro de Sabañag	1,616	1,512	6,88	0,86	46,13	21,51	78,49
7	Hualcanga	1,660	1,476	12,47	0,67	40,09	45,07	54,93
8	Hualcanga	1,598	1,417	12,84	0,86	46,10	38,37	61,63
9	San José de Guanto	1,408	1,244	13,16	1,04	50,95	32,80	67,20
10	San José de Guanto	1,570	1,386	13,32	0,82	45,05	40,78	59,22
11	Libertad	1,239	0,961	28,87	1,91	65,65	41,50	58,50
12	Libertad	1,639	1,450	13,06	0,70	41,18	45,69	54,31

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Los valores de densidad húmeda varían entre 1,239 - 1,660 gr/cm<sup>3</sup> y para la densidad seca varían entre 0,961 – 1,542 gr/cm<sup>3</sup>. Los valores que se obtuvieron pertenecen al grupo de suelos granulares.

En el contenido de humedad natural los rangos oscilan entre 4,73 – 28,87 %, los cuales son valores cercanos al rango de las arenas.

Los valores de la relación de vacíos se encuentran entre 0,67 – 1,91, que corresponden al rango de las arenas.

La porosidad cuenta con valores que oscilan entre 40,09 – 65,65 %, los cuales se encuentran a un rango cercano de arena limpia uniforme según el libro de Mecánica de Suelos de William Lambe.

Los valores de grado de saturación del agua están entre 16,71 – 45,69 % lo que significa que el suelo se encuentra poco saturado de agua.

Los valores de grado de saturación de aire están entre 54,31 – 83,29 % lo que significa que se encuentran saturados de aire.

### 3.1.1.2. Gravedad Específica

**Tabla 36.** Gravedad Específica

N°	SECTOR	GRAVEDAD ESPECÍFICA
1	Placer	2,807
2	Placer	2,571
3	Piquil	2,523
4	Piquil	2,657
5	San Pedro de Sabañag	2,758
6	San Pedro de Sabañag	2,815
7	Hualcanga	2,470
8	Hualcanga	2,638
9	San José de Guanto	2,530
10	San José de Guanto	2,524
11	Libertad	2,814
12	Libertad	2,467

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Los valores de gravedad específica están entre 2,467 – 2,815, correspondientes al grupo de arenas limosas.

### 3.1.1.3. Granulometría

Tabla 37. Granulometría

N°	SECTOR	GRANULOMETRÍA							
		D10 (mm)	D30 (mm)	D60 (mm)	CU	CC	GRAVA (%)	ARENA (%)	FINOS (%)
1	Placer	0,051	0,059	0,086	1,69	0,79	0,00	75,70	24,30
2	Placer	0,051	0,063	0,36	7,06	0,22	0,00	79,16	20,84
3	Piquil	0,052	0,062	0,21	4,04	0,35	0,00	80,56	19,44
4	Piquil	0,056	0,06	0,072	1,29	0,89	0,00	84,92	15,08
5	San Pedro de Sabañag	0,058	0,064	0,08	1,38	0,88	0,00	91,84	8,16
6	San Pedro de Sabañag	0,054	0,065	0,28	5,19	0,28	0,00	83,98	16,02
7	Hualcanga	0,056	0,062	0,082	1,46	0,84	0,00	88,04	11,96
8	Hualcanga	0,054	0,062	0,08	1,48	0,89	0,00	84,42	15,58
9	San José de Guanto	0,054	0,058	0,073	1,35	0,85	0,00	77,10	22,90
10	San José de Guanto	0,055	0,062	0,089	1,62	0,79	0,00	85,50	14,50
11	Libertad	0,056	0,069	0,51	9,11	0,17	0,00	88,38	11,62
12	Libertad	0,054	0,06	0,077	1,43	0,87	0,00	81,24	18,76

**Autor:** María José Molina Hinojosa

En el siguiente gráfico se puede apreciar el rango del porcentaje que pasa de partículas de las muestras ensayadas.

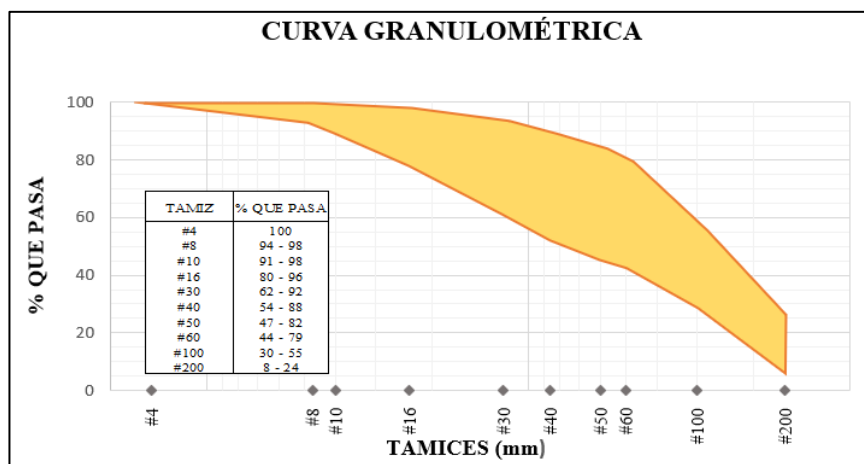


Figura 29. Rangos de la curva granulométrica de las muestras ensayadas

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Las muestras analizadas no contienen grava por lo tanto su porcentaje es de 0%, en el caso de las arenas su porcentaje es de 75,70 a 91,80% y para el caso de los finos su porcentaje está entre 8,16% y 24,30%.

Referente al coeficiente de uniformidad la mayoría de los suelos presenta un valor menor a 3 lo que significa que son mal graduados, es decir son uniformes.

En lo que respecta al coeficiente de curvatura todos los valores son menor a 1 por lo que los suelos se encuentran mal graduados.

#### 3.1.1.4. Límites de Atterberg

Los límites de Atterberg son un parámetro importante para la clasificación de los suelos.

**Tabla 38.** Límites de Atterberg

N°	SECTOR	Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice Plástico (%)	Índice de Liquidez
1	Placer	19,83	17,50	2,33	-1,78
2	Placer	19,71	20,51	-0,80	12,54
3	Piquil	19,81	18,92	0,89	-12,96
4	Piquil	24,29	23,85	0,44	-43,56
5	San Pedro de Sabañag	20,35	20,02	0,33	-16,29
6	San Pedro de Sabañag	19,73	18,47	1,26	-9,24
7	Hualcanga	18,72	18,35	0,37	-15,83
8	Hualcanga	20,12	19,71	0,41	-16,57
9	San José de Guanto	21,41	17,77	3,64	-1,27
10	San José de Guanto	19,57	19,39	0,18	-34,50
11	Libertad	31,40	23,06	8,34	0,70
12	Libertad	20,20	19,89	0,31	-21,68

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Los valores de límite líquido se encuentran entre 18,72 y 31,40 %, lo cual indican que son suelos de baja plasticidad ya que son porcentajes menores al 50%. Los valores de límite plástico se encuentran entre 17,50 y 23,85 %. En cuanto al índice plástico existen valores entre 0,18 y 8,34 %, exceptuando la muestra 2 que dio un valor negativo, indicando que es un suelo no plástico.

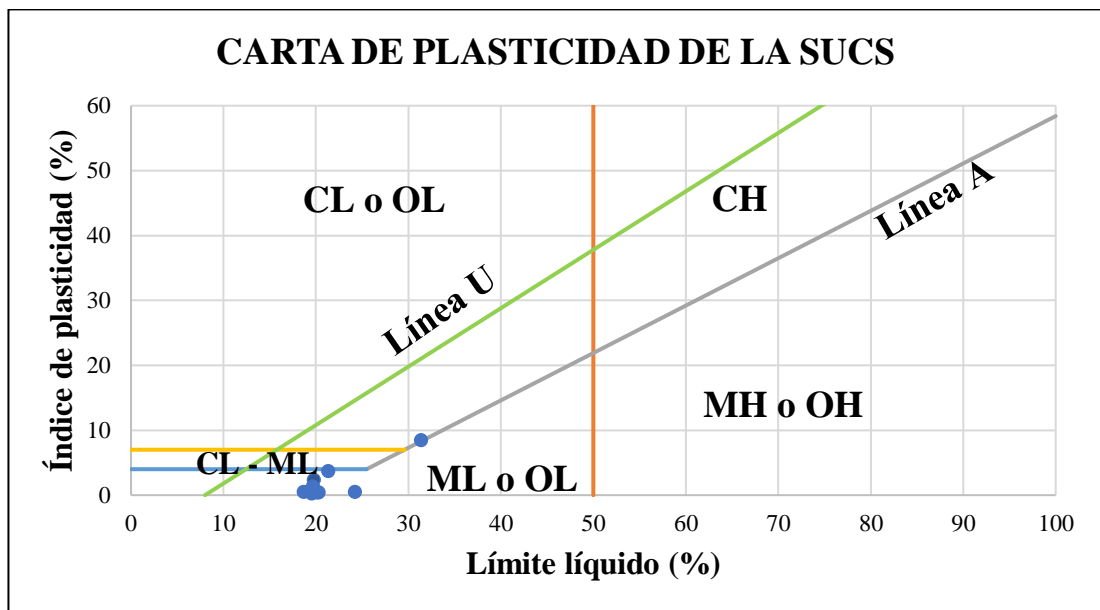
### 3.1.2. Clasificación de suelos

Con ayuda de los resultados de los ensayos de límites de Atterberg y granulometría, se ha podido clasificar los suelos de las muestras obtenidas según el sistema SUCS y AASHTO.

**Tabla 39.** Clasificación SUCS – AASHTO

Nº	SECTOR	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO
1	Placer	SM	A-2-4 (0)
2	Placer	-	A-3 (0)
3	Piquil	SM	A-2-4 (0)
4	Piquil	SM	A-2-4 (0)
5	San Pedro de Sabañag	SP - SM	A-2-4 (0)
6	San Pedro de Sabañag	SM	A-2-4 (0)
7	Hualcanga	SP - SM	A-2-4 (0)
8	Hualcanga	SM	A-2-4 (0)
9	San José de Guanto	SM	A-2-4 (0)
10	San José de Guanto	SM	A-2-4 (0)
11	Libertad	SP - SM	A-2-4 (0)
12	Libertad	SM	A-2-4 (0)

**Autor:** María José Molina Hinojosa

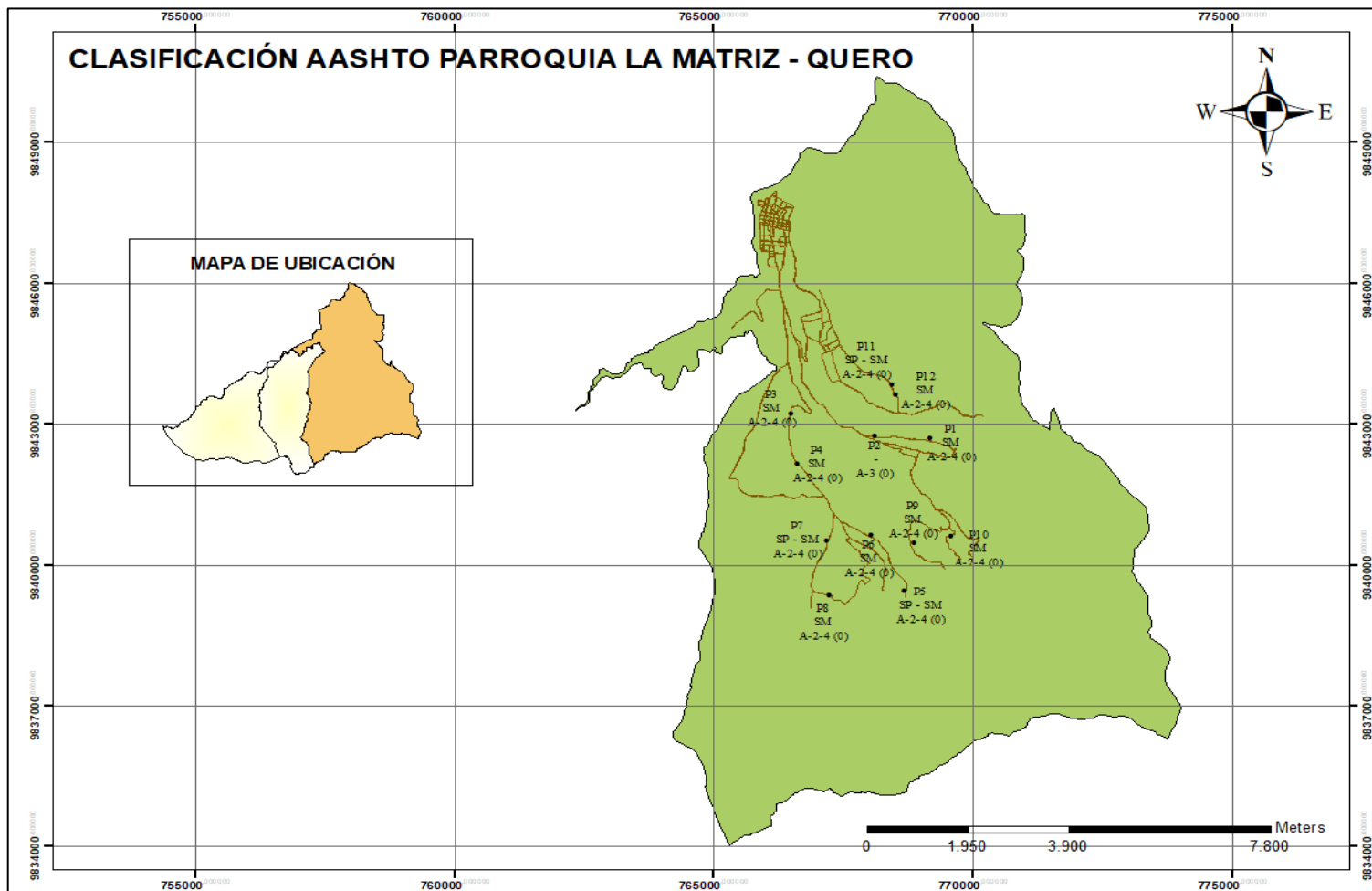


**Figura 30.** Carta de plasticidad con las muestras ensayadas

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Según la clasificación AASHTO, 11 de las 12 muestras ensayadas pertenecen al grupo A-2-4 (0), donde sus materiales característicos son gravas y arenas limosas o arcillosas. La muestra 2 pertenece al grupo A-3, considerándose un suelo no plástico y con material característico de arena fina.

Según la clasificación SUCS, la mayoría de las muestras son SM es decir suelo arenoso con contenido de limo, las muestras 5, 7, y 11 son arenas pobremente graduadas con contenido de limo. La muestra dos al tener un índice negativo se considera un suelo no plástico.



**Figura 31.** Clasificación del suelo según AASHTO y SUCS

**Autor:** María José Molina Hinojosa



### 3.1.3. Propiedades Mecánicas

#### 3.1.3.1. Proctor Modificado

El ensayo de Proctor modificado permite obtener los valores de densidad seca máxima y el contenido de humedad óptimo.

**Tabla 40.** Proctor Modificado

N°	SECTOR	PROCTOR		
		$\gamma_d$ máx (gr/cm <sup>3</sup> )	Humedad óptima (%)	Gc (%)
1	Placer	1,730	12,80	67,93
2	Placer	1,720	14,00	73,59
3	Piquil	1,716	12,00	81,91
4	Piquil	1,588	14,40	97,08
5	San Pedro de Sabañag	1,708	15,00	75,02
6	San Pedro de Sabañag	1,719	12,00	87,93
7	Hualcanga	1,804	13,50	81,83
8	Hualcanga	1,770	14,00	80,03
9	San José de Guanto	1,800	12,40	69,13
10	San José de Guanto	1,860	12,00	74,51
11	Libertad	1,720	11,40	55,89
12	Libertad	1,712	10,40	84,69

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Los valores obtenidos de densidad seca máxima varían entre 1,588 – 1,860 gr/cm<sup>3</sup> y con un contenido de humedad óptimo está entre 10,40 – 15,00%.

#### 3.1.3.2. CBR

Con el valor de humedad óptima, se procede con el ensayo de CBR, donde se obtuvo los siguientes resultados.

**Tabla 41.** CBR

N°	SECTOR	CBR		
		95% $\gamma_d$ máx		
		0,1" (%)	0,2" (%)	Mayor (%)
1	Placer	30,00	35,90	35,90
2	Placer	27,00	36,10	36,10
3	Piquil	21,00	26,00	26,00
4	Piquil	1,20	4,80	4,80

5	San Pedro de Sabañag	21,60	25,00	25,00
6	San Pedro de Sabañag	47,00	53,00	53,00
7	Hualcanga	17,50	20,90	20,90
8	Hualcanga	17,90	21,00	21,00
9	San José de Guanto	20,80	24,00	24,00
10	San José de Guanto	34,60	41,90	41,90
11	Libertad	16,50	19,20	19,20
12	Libertad	33,50	43,50	43,50

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Los rangos en que se encuentran los valores de CBR son 4,80 – 53,00%, los cuales se clasifican de regular a bueno y pueden ser utilizados para base y subbase.

### 3.1.3.3. DCP

Los valores del índice de penetración van desde 20,17 a 42,92 mm/Golpe, donde un valor menor indica que el suelo se encuentra más compacto y por ende mayor resistencia a la penetración.

**Tabla 42.** DCP

N°	SECTOR	DN (mm/Golpe)
1	Placer	24,90
2	Placer	24,40
3	Piquil	29,41
4	Piquil	25,38
5	San Pedro de Sabañag	21,99
6	San Pedro de Sabañag	31,02
7	Hualcanga	42,92
8	Hualcanga	29,23
9	San José de Guanto	21,95
10	San José de Guanto	28,76
11	Libertad	20,17
12	Libertad	22,74

**Autor:** María José Molina Hinojosa

### 3.1.4. Nomenclatura

**Tabla 43.** Nomenclatura y unidades

<b>Nomenclatura</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>
$\omega\%$	Contenido de humedad	%
$W_w$	Peso del agua presente en el suelo	g
$W_s$	Peso de los sólidos del suelo	g
$D_{10}$	Diámetro efectivo	mm
$D_{30}$	Diámetro equiparable	mm
$D_{60}$	Diámetro dimensional	mm
$C_u$	Coficiente de uniformidad	Adimensional
$C_c$	Coficiente de curvatura	Adimensional
$e$	Relación de vacíos	Adimensional
$V_v$	Volumen de vacíos	cm <sup>3</sup>
$V$	Volumen de sólidos	cm <sup>3</sup>
$n\%$	Porosidad	%
$V_m$	Volumen de la masa del suelo	cm <sup>3</sup>
$G_\omega\%$	Grado de saturación del agua	%
$V_\omega$	Volumen de agua	cm <sup>3</sup>
$G_a\%$	Grado de saturación del aire	%
$V_a$	Volumen de agua	cm <sup>3</sup>
$LL$	Límite líquido	%
$LP$	Límite plástico	%
$IP$	Índice plástico	%
$IL$	Índice de liquidez	Adimensional
$G_s$	Gravedad específica	Adimensional
$\gamma_{Hum}$	Densidad húmeda del suelo	g/cm <sup>3</sup>
$\gamma_{Seca}$	Densidad seca del suelo	g/cm <sup>3</sup>

**Autor:** María José Molina Hinojosa

### 3.1.5. Tabla resumen: Ensayos de campo y laboratorio

**Tabla 44.** Resumen de las propiedades del suelo

N°	SECTOR	DENSIDAD DE CAMPO							GRANULOMETRÍA							
		$\gamma_h$ in-situ (gr/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ in-situ (gr/cm <sup>3</sup> )	$\omega$ (%)	e	$\eta$ (%)	Grado de saturación del agua (%)	Grado de saturación del aire (%)	D10 (mm)	D30 (mm)	D60 (mm)	CU	CC	G (%)	S (%)	F (%)
1	Placer	1,332	1,175	13,34	1,39	58,20	27,27	72,73	0,051	0,059	0,086	1,69	0,79	0,00	75,70	24,30
2	Placer	1,398	1,266	10,46	1,02	50,60	25,31	74,69	0,051	0,063	0,36	7,06	0,22	0,00	79,16	20,84
3	Piquil	1,510	1,406	7,43	0,78	43,91	21,57	78,43	0,052	0,062	0,21	4,04	0,35	0,00	80,56	19,44
4	Piquil	1,614	1,542	4,73	0,72	41,88	16,71	83,29	0,056	0,06	0,072	1,29	0,89	0,00	84,92	15,08
5	San Pedro de Sabañag	1,469	1,281	14,62	1,15	53,59	35,26	64,74	0,058	0,064	0,08	1,38	0,88	0,00	91,84	8,16
6	San Pedro de Sabañag	1,616	1,512	6,88	0,86	46,13	21,51	78,49	0,054	0,065	0,28	5,19	0,28	0,00	83,98	16,02
7	Hualcanga	1,660	1,476	12,47	0,67	40,09	45,07	54,93	0,056	0,062	0,082	1,46	0,84	0,00	88,04	11,96
8	Hualcanga	1,598	1,417	12,84	0,86	46,10	38,37	61,63	0,054	0,062	0,08	1,48	0,89	0,00	84,42	15,58
9	San José de Guanto	1,408	1,244	13,16	1,04	50,95	32,80	67,20	0,054	0,058	0,073	1,35	0,85	0,00	77,10	22,90
10	San José de Guanto	1,570	1,386	13,32	0,82	45,05	40,78	59,22	0,055	0,062	0,089	1,62	0,79	0,00	85,50	14,50
11	Libertad	1,239	0,961	28,87	1,91	65,65	41,50	58,50	0,056	0,069	0,51	9,11	0,17	0,00	88,38	11,62
12	Libertad	1,639	1,450	13,06	0,70	41,18	45,69	54,31	0,054	0,06	0,077	1,43	0,87	0,00	81,24	18,76

**Autor:** María José Molina Hinojosa

**Tabla 45.** Tabla resumen de las propiedades del suelo

N°	SECTOR	LÍMITES DE ATTERBERG				Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	GS	COMPACTACIÓN			CBR			DCP
		Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice Plástico (%)	Índice de Liquidez				γd máx (gr/cm³)	Humedad óptima (%)	Gc (%)	95% γd máx			
												0,1" (%)	0,2" (%)	Mayor (%)	
1	Placer	19,83	17,50	2,33	-1,78	SM	A-2-4 (0)	2,807	1,730	12,80	67,93	30,00	35,90	35,90	24,90
2	Placer	19,71	20,51	-0,80	12,54	-	A-3 (0)	2,571	1,72	14,00	73,59	27,00	36,10	36,10	24,40
3	Piquil	19,81	18,92	0,89	-12,96	SM	A-2-4 (0)	2,523	1,716	12,00	81,91	21,00	26,00	26,00	29,41
4	Piquil	24,29	23,85	0,44	-43,56	SM	A-2-4 (0)	2,657	1,588	14,40	97,08	1,20	4,80	4,80	25,38
5	San Pedro de Sabañag	20,35	20,02	0,33	-16,29	SP - SM	A-2-4 (0)	2,758	1,708	15,00	75,02	21,60	25,00	25,00	21,99
6	San Pedro de Sabañag	19,73	18,47	1,26	-9,24	SM	A-2-4 (0)	2,815	1,719	12,00	87,93	47,00	53,00	53,00	31,02
7	Hualcanga	18,72	18,35	0,37	-15,83	SP - SM	A-2-4 (0)	2,470	1,804	13,50	81,83	17,50	20,90	20,90	42,92
8	Hualcanga	20,12	19,71	0,41	-16,57	SM	A-2-4 (0)	2,638	1,77	14,00	80,03	17,90	21,00	21,00	29,23
9	San José de Guanto	21,41	17,77	3,64	-1,27	SM	A-2-4 (0)	2,530	1,8	12,40	69,13	20,80	24,00	24,00	21,95
10	San José de Guanto	19,57	19,39	0,18	-34,50	SM	A-2-4 (0)	2,524	1,860	12,00	74,51	34,60	41,90	41,90	28,76
11	Libertad	31,40	23,06	8,34	0,70	SP - SM	A-2-4 (0)	2,814	1,72	11,40	55,89	16,50	19,20	19,20	20,17
12	Libertad	20,20	19,89	0,31	-21,68	SM	A-2-4 (0)	2,467	1,712	10,40	84,69	33,50	43,50	43,50	22,74

**Autor:** María José Molina Hinojosa

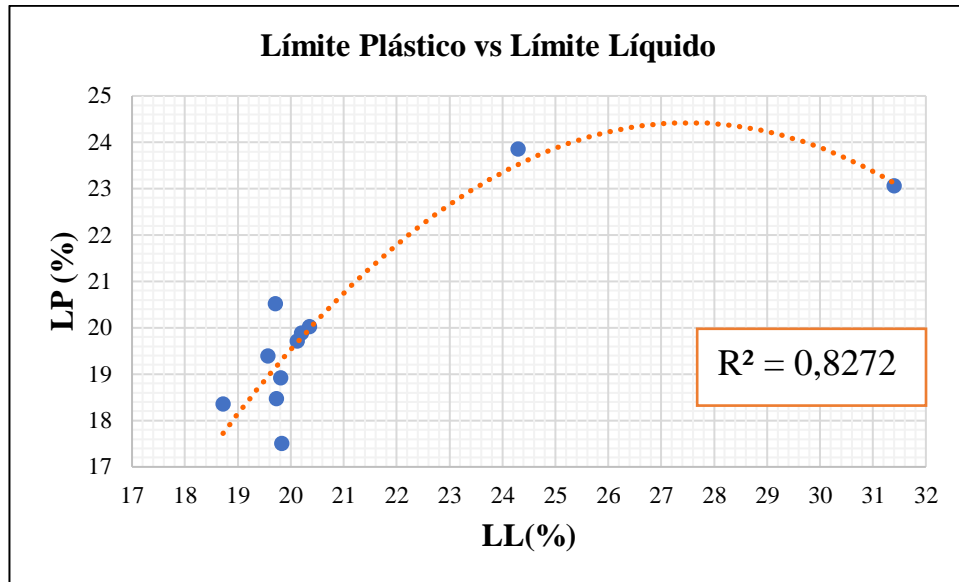
### 3.1.6. Correlaciones

**Tabla 46.** Correlaciones CBR, DCP y propiedades índice

N°	Ecuación	R <sup>2</sup>	N° Muestras	Figura N°
<b>ENTRE PROPIEDADES ÍNDICE</b>				
1	$LP = -0,0866 LL^2 + 4,7657 LL - 41,143$	82,72	11	32
2	$Gw \% = 10,819 * e^{0,0954(Wnat)}$	80,76	10	33
3	$Ga \% = 0,0682(Wnat)^2 - 3,3673(Wnat) + 98,788$	80,86	10	34
4	$\gamma d_{m\acute{a}x} = -0,0206(Wopt)^2 + 0,5111(Wopt) - 1,3819$	58,06	10	35
5	$\gamma d_{m\acute{a}x} = \frac{2,7769}{e^{0,0131(LL)} * e^{0,0103(LP)}}$	81,95	10	36
6	$\gamma d_{m\acute{a}x} = \frac{2,1346 * e^{0,0073(Wnat)}}{e^{0,0137(LL)}}$	80,83	12	37
7	$\gamma d_{in-situ} = -0,0003(Wnat)^2 - 0,0134(Wnat) + 1,5786$	76,12	11	38
8	$\gamma d_{in-situ} = \frac{1,2139 * e^{0,0656(LP)}}{e^{0,0553(LL)}}$	87,45	10	39
<b>DCP vs PROPIEDADES ÍNDICE</b>				
9	$DN = 3,9755(LL)^2 - 167,16(LL) + 1778,6$	83,64	10	40
10	$DN = 1,4735(LP)^2 - 64,441(LP) + 723,62$	76,06	10	41
11	$DN = 0,1955(\%F)^2 - 8,2672(\%F) + 110,68$	72,31	10	42
12	$\gamma d_{m\acute{a}x} = 1,0195 * DN^{0,0924} * Wnat^{0,1003}$	78,10	11	43
<b>CBR vs PROPIEDADES ÍNDICE</b>				
13	$CBR_{0,1"} = -0,486(Wopt)^2 + 8,4221(Wopt) - 0,8713$	66,68	10	44
14	$CBR_{Mayor} = -0,6779(Wopt)^2 + 11,252(Wopt) + 1,901$	70,40	10	45
15	$CBR_{Mayor} = -0,1385(DN)^2 + 8,847(DN) - 99,795$	62,22	10	46
16	$CBR_{Mayor} = 79,3997 + 25,8734 * \text{Log}(DN) - 6,476(Wopt)$	72,71	10	47
17	$CBR_{Mayor} = \frac{17,5311 * e^{1,8435(\gamma d_{m\acute{a}x})}}{e^{0,2069(Wopt)}}$	73,78	10	48
18	$CBR_{Mayor} = 0,1141 * (\gamma d_{in-situ})^{1,0414} * (\gamma d_{m\acute{a}x})^{9,7169}$	55,13	10	49

19	$CBR_{Mayor} = 90,99 + 16,7396(\gamma d \text{ in } - \text{situ}) - 6,294(W_{opt})$	73,98	10	50
20	$CBR_{Mayor} = 130,7882 - 5,7422(W_{opt}) - 1,1264(LL)$	80,44	10	51
21	$CBR_{Mayor} = 115,4777 - 6,2458(W_{opt}) - 1,3865(IP)$	77,28	10	52
22	$CBR_{Mayor} = \frac{44,9244 * e^{0,0239 (IL)}}{e^{0,111 (IP)}}$	61,33	10	53
23	$CBR_{Mayor} = \frac{315,0503 * e^{0,0177 (IL)}}{e^{0,0937 (LL)}}$	71,03	10	54

**Autor:** María José Molina Hinojosa



**Figura 32.** Correlación Límite Plástico vs Límite Líquido

**Autor:** María José Molina Hinojosa

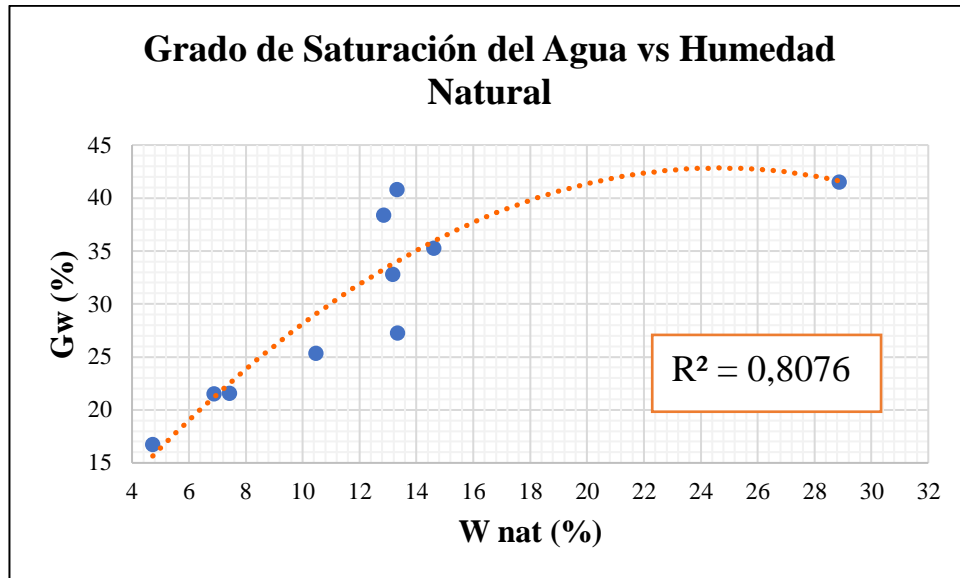
**Análisis e interpretación:**

Mediante una correlación polinómica simple de grado dos entre el límite líquido (LL) y límite plástico (LP), se obtuvo un coeficiente de correlación aceptable con un valor de 82,72 %, donde se utilizó 11 de las 12 muestras que fueron ensayadas, eliminando la muestra 9. Los rangos en que se encuentra el límite líquido están entre 18% y 31% y para el límite plástico están entre 17 y 24%, lo cual el uso de esta gráfica se limita a los rangos mencionados anteriormente.

Como se puede apreciar en la gráfica existe una relación directamente proporcional entre las dos propiedades analizadas, es decir mientras un suelo necesite mayor humedad para pasar a su estado líquido, de igual manera necesitará mayor humedad cuando este necesite pasar del estado sólido a plástico.

Cuando un suelo necesita mayor humedad para pasar a los estados líquido y plástico, se puede decir que ese suelo está conformado mayormente por partículas finas lo que hace que tenga más absorción.





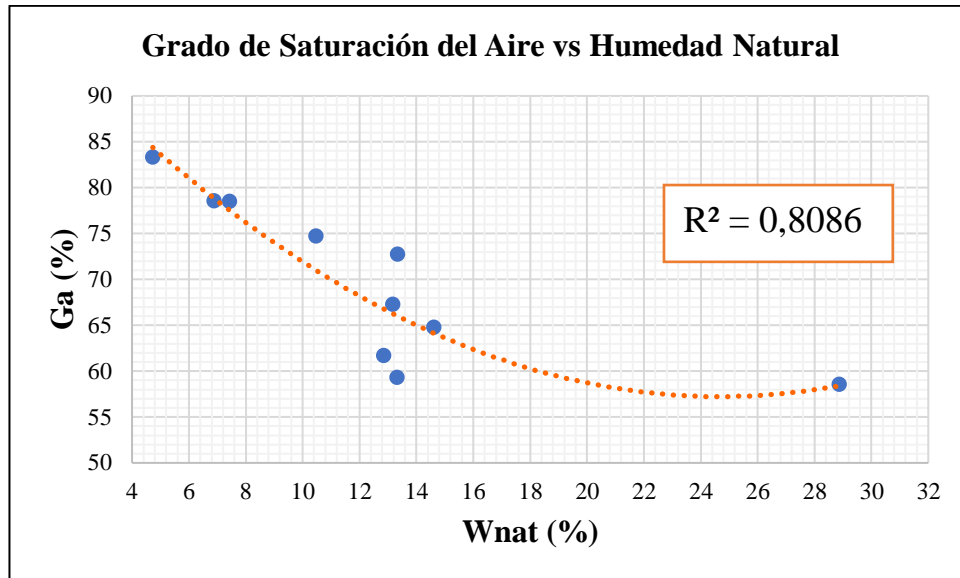
**Figura 33.** Correlación Gw vs Wnat

**Autor:** María José Molina Hinojosa

**Análisis e interpretación:**

Mediante una correlación exponencial simple entre la humedad natural (Wnat) y el grado de saturación del agua (Gw), se obtuvo un coeficiente de correlación aceptable con un valor de 80,76 %, donde se utilizó 10 de las 12 muestras que fueron ensayadas, eliminando las muestras 7 y 12. Los rangos en que se encuentra la humedad natural están entre 4% y 28% y para el grado de saturación del agua están entre 16 y 41%, lo cual el uso de esta gráfica se limita a los rangos mencionados anteriormente.

Como se puede apreciar en la gráfica existe una relación directamente proporcional entre dos las propiedades analizadas, por lo que, si un suelo tiene mayor contenido de humedad natural, mayor será el grado de saturación del agua, lo que significa que sus espacios intergranulares estarán saturados de agua.



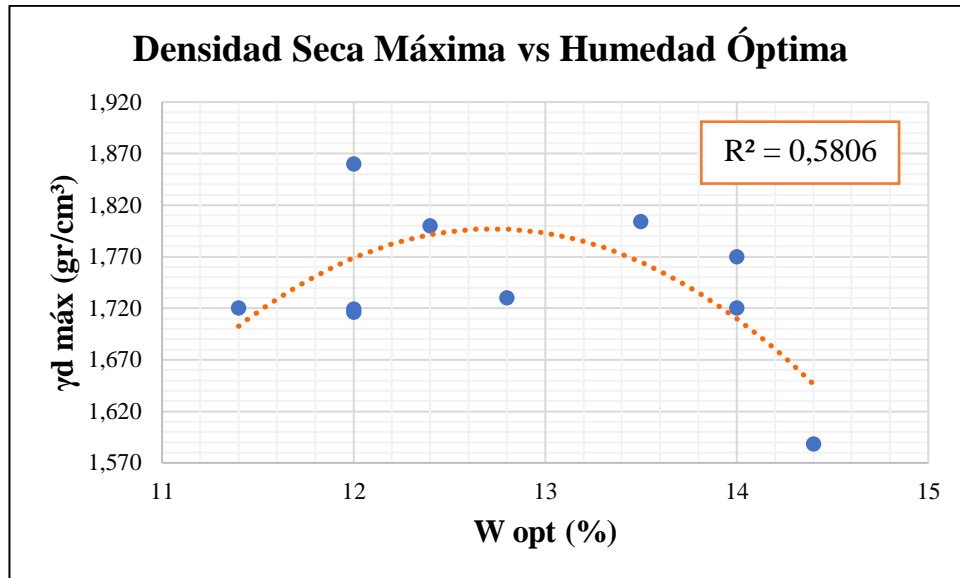
**Figura 34.** Correlación Ga vs Wnat

**Autor:** María José Molina Hinojosa

**Análisis e interpretación:**

Mediante una correlación polinómica simple de grado dos entre la humedad natural (Wnat) y el grado de saturación del aire (Ga), se obtuvo un coeficiente de correlación aceptable con un valor de 80,86 %, donde se utilizó 10 de las 12 muestras que fueron ensayadas, eliminando las muestras 7 y 12. Los rangos en que se encuentra la humedad natural están entre 4% y 29% y para el grado de saturación del aire están entre 58 y 83%, lo cual el uso de esta gráfica se limita a los rangos mencionados anteriormente.

Como se puede apreciar en la gráfica existe una relación inversamente proporcional entre las dos propiedades analizadas, por lo que, si un suelo tiene mayor contenido de humedad natural, significa que en ese suelo no existe mucha presencia de aire, por lo tanto, se podría decir que son suelos compactos, por otro lado, si en ese suelo no existe presencia de aire, los espacios intergranulares estarían ocupados por agua.



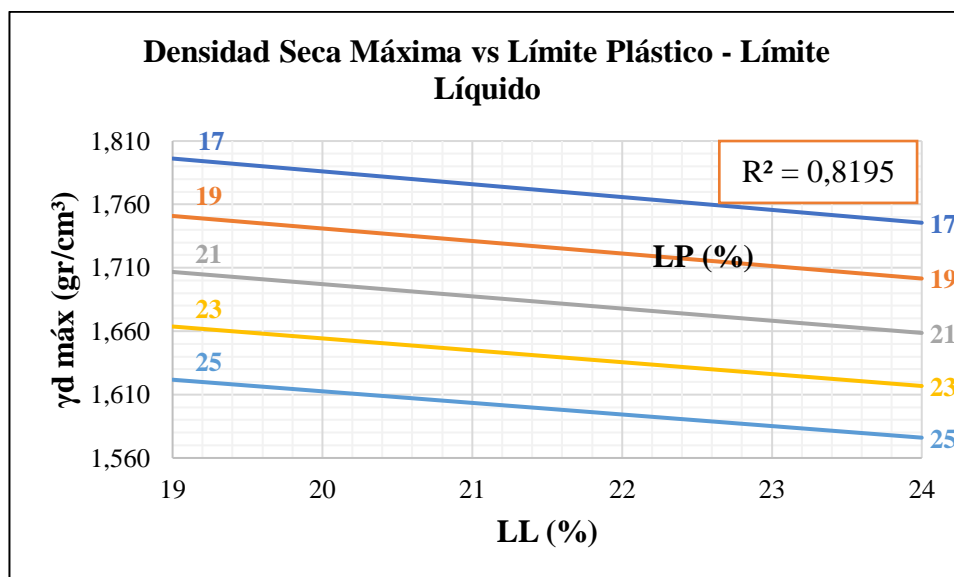
**Figura 35.**  $\gamma_d$  máx vs  $W_{opt}$

**Autor:** María José Molina Hinojosa

**Análisis e interpretación:**

Mediante una correlación polinómica simple de grado dos entre la humedad óptima ( $W_{opt}$ ) y la densidad seca máxima ( $\gamma_d$  máx), se obtuvo un coeficiente de correlación regular con un valor de 58,06 %, donde se utilizó 10 de las 12 muestras que fueron ensayadas, eliminando las muestras 5 y 12. Los rangos en que se encuentra la humedad óptima están entre 11% y 14% y para la densidad seca máxima están entre 1,564 y 1,860 gr/cm<sup>3</sup>, lo cual el uso de esta gráfica se limita a los rangos mencionados anteriormente.

Como se puede apreciar en la gráfica, a medida que aumenta el contenido de humedad óptima, aumenta la densidad hasta cierto porcentaje que es alrededor del 12%, a partir de ese porcentaje existe una relación inversamente proporcional entre las propiedades analizadas, por lo que, si un suelo tiene mayor contenido de humedad óptima, este alcanzará menores densidades secas, esto se debe a que, al existir mayor presencia de agua en el suelo, éste va perdiendo su resistencia.



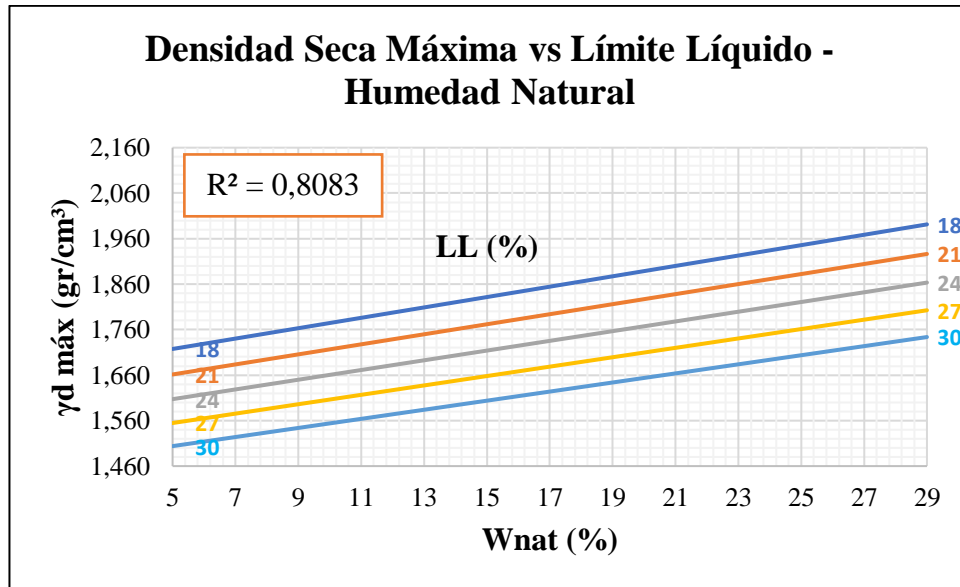
**Figura 36.** Correlación  $\gamma_d$  máx vs LP – LL

**Autor:** María José Molina Hinojosa

#### **Análisis e interpretación:**

Mediante una correlación exponencial múltiple entre la densidad seca máxima ( $\gamma_d$  máx), vs límite plástico (LP) – límite líquido (LL) se obtuvo un coeficiente de correlación regular con un valor de 81,95 %, donde se utilizó 10 de las 12 muestras que fueron ensayadas, eliminando las muestras 10 y 11. Los rangos en que se encuentra la densidad seca máxima están entre 1,562 y 1,807  $\text{gr}/\text{cm}^3$ , límite plástico 17 y 25 %, límite líquido 19 y 24 %, lo cual el uso de esta gráfica se limita a los rangos mencionados anteriormente.

Como se puede apreciar en la gráfica existe una relación inversamente proporcional entre la densidad seca máxima y el límite líquido, de igual manera ocurre con el límite plástico, lo que significa que un suelo al necesitar menor agua para pasar a su condición líquida y plástica alcanzará mayores densidades, haciéndoles más resistentes y compactos.

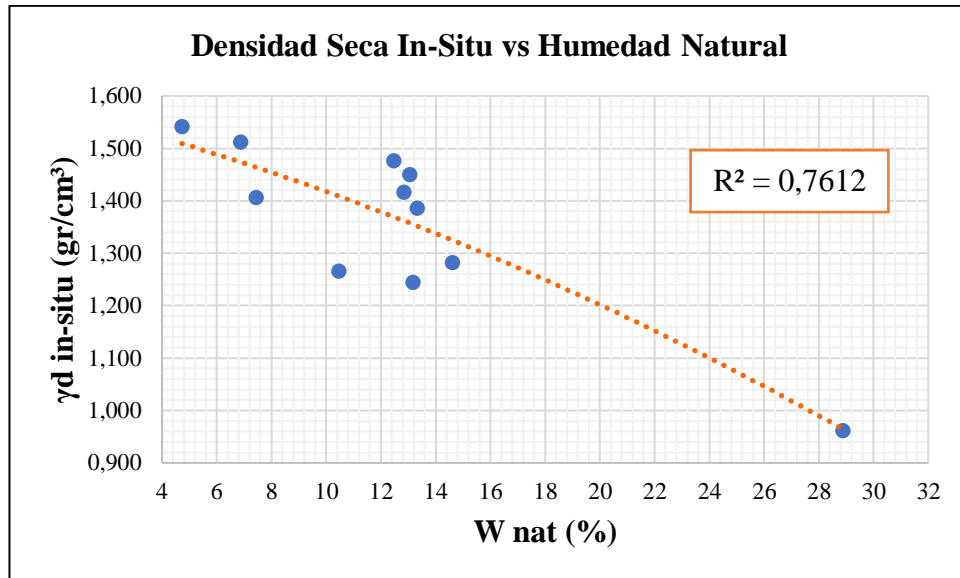


**Figura 37.**  $\gamma_d$  máx vs LL – Wnat  
**Autor:** María José Molina Hinojosa

**Análisis e interpretación:**

Mediante una correlación exponencial múltiple entre la densidad seca máxima ( $\gamma_d$  máx), vs límite líquido (LL) – humedad natural (Wnat) se obtuvo un coeficiente de correlación aceptable con un valor de 80,83 %, donde se utilizó las 12 muestras que fueron ensayadas. Los rangos en que se encuentra la densidad seca máxima están entre 1,453 y 2,053 gr/cm<sup>3</sup>, límite líquido 18 y 30 %, humedad natural 5 y 29 %, lo cual el uso de esta gráfica se limita a los rangos mencionados anteriormente.

Como se puede apreciar en la gráfica existe una relación directamente proporcional entre la densidad seca máxima y la humedad natural e inversamente proporcional con el límite líquido. Es decir, a medida que el suelo tenga mayor humedad natural, este va a estar más cerca de su humedad óptima por lo tanto este va a ser más denso, en cuanto al límite líquido sabemos que cuando un suelo necesita mayor humedad para pasar a esta condición, es porque tiene una capacidad mayor de absorción por lo tanto al tener mayor presencia de agua, el suelo va perdiendo resistencia y por ende son menos densos.



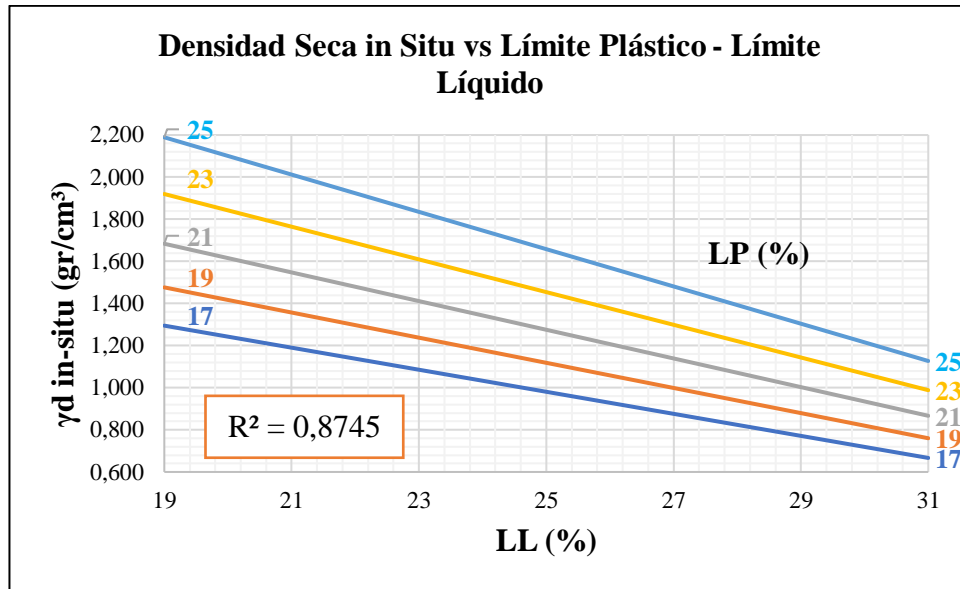
**Figura 38.**  $\gamma_d$  in-situ vs  $W_{nat}$

**Autor:** María José Molina Hinojosa

**Análisis e interpretación:**

Mediante una correlación polinómica simple de grado dos entre la humedad natural ( $W_{nat}$ ) y la densidad seca in-situ ( $\gamma_d$  in – situ), se obtuvo un coeficiente de correlación regular con un valor de 76,12 %, donde se utilizó 11 de las 12 muestras que fueron ensayadas, eliminando la muestra 1. Los rangos en que se encuentra la humedad natural están entre 5% y 29% y para la densidad seca in-situ están entre 0,961 y 1,542 gr/cm<sup>3</sup>, lo cual el uso de esta gráfica se limita a los rangos mencionados anteriormente.

Como se puede apreciar en la gráfica existe una relación inversamente proporcional entre las dos propiedades analizadas, por lo que, un suelo con mayor porcentaje de humedad tendrá una densidad menor, esto se debe a la presencia del agua en el suelo, ya que hace que el suelo vaya perdiendo su resistencia y por ende su densidad sea menor.



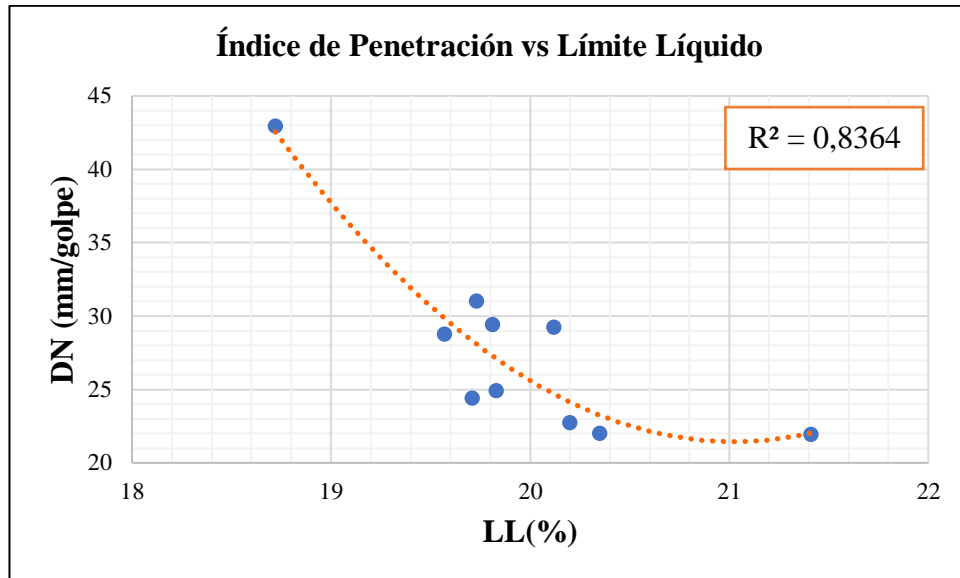
**Figura 39.** Correlación  $\gamma_d$  máx vs LP – LL

**Autor:** María José Molina Hinojosa

**Análisis e interpretación:**

Mediante una correlación exponencial múltiple entre la densidad seca máxima ( $\gamma_d$  in – situ), vs límite plástico (LP) – límite líquido (LL) se obtuvo un coeficiente de correlación aceptable con un valor de 87,45 %, donde se utilizó 10 de las 12 muestras que fueron ensayadas, eliminando las muestras 2 y 5. Los rangos en que se encuentra la densidad seca in-situ están entre 0,667 y 2,189 gr/cm<sup>3</sup>, límite plástico 17 y 25 %, límite líquido 19 y 31 %, lo cual el uso de esta gráfica se limita a los rangos mencionados anteriormente.

Como se puede apreciar en la gráfica existe una relación inversamente proporcional entre la densidad seca in-situ y el límite líquido y directamente proporcional con el límite plástico. En cuanto al límite líquido se sabe que cuando un suelo necesita mayor humedad para pasar a su condición líquida significa que tiene mayor capacidad de absorción por lo que la presencia de agua hace que el suelo pierda resistencia y obtenga menores densidades. Por otra parte, cuando el límite plástico tiene valores altos, puede ser porque existe mayor cantidad de finos ya que hacen que el suelo tenga más cohesión y por ende es mayor su densidad.



**Figura 40.** Correlación DN vs LL

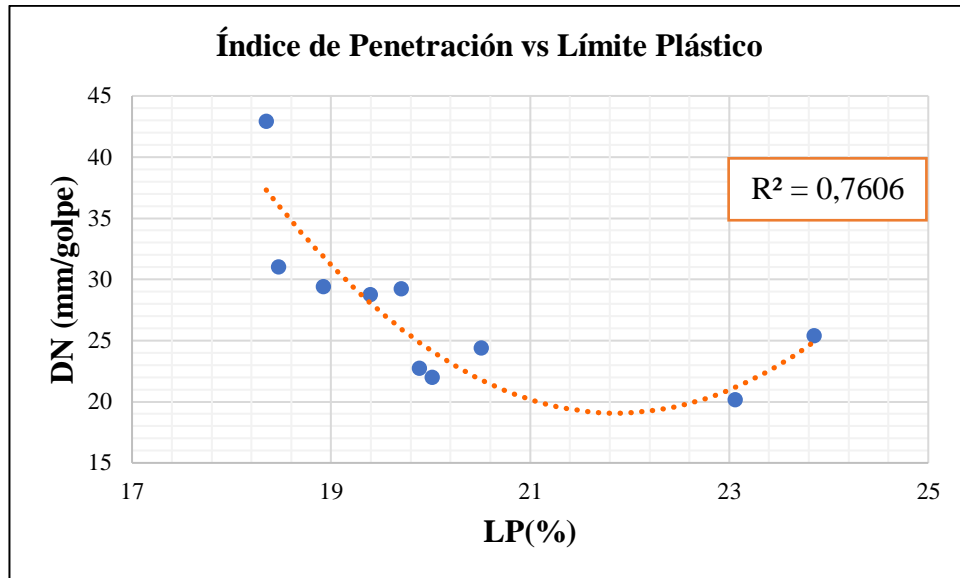
**Autor:** María José Molina Hinojosa

#### **Análisis e interpretación:**

Mediante una correlación polinómica simple de grado dos entre el límite líquido (LL) y el índice de penetración (DN), se obtuvo un coeficiente de correlación aceptable con un valor de 83,64 %, donde se utilizó 10 de las 12 muestras que fueron ensayadas, eliminando las muestras 4 y 11. Los rangos en que se encuentra el límite líquido están entre 18% y 21% y para el índice de penetración están entre 20 y 42 mm/golpe, lo cual el uso de esta gráfica se limita a los rangos mencionados anteriormente.

Como se puede apreciar en la gráfica existe una relación inversamente proporcional entre las propiedades analizadas, por lo que, si un suelo necesita mayor humedad para llegar a su condición líquida, éste va a tener más vacíos en su masa y por ende va a tener menos resistencia lo que significa que su índice de penetración será alto.





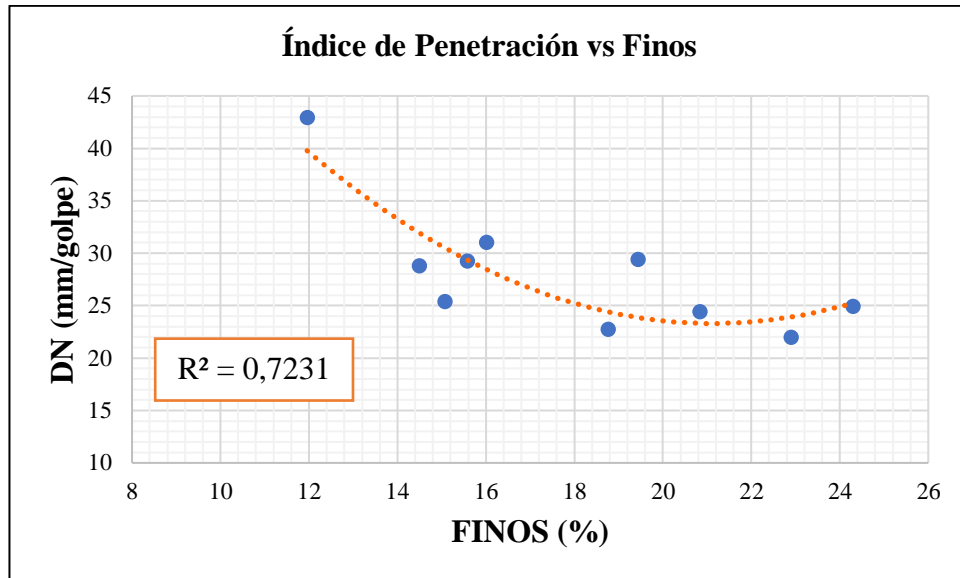
**Figura 41.** Correlación DN vs LP

**Autor:** María José Molina Hinojosa

#### **Análisis e interpretación:**

Mediante una correlación polinómica simple de grado dos entre el límite plástico (LP) y el índice de penetración (DN), se obtuvo un coeficiente de correlación regular con un valor de 76,06 %, donde se utilizó 10 de las 12 muestras que fueron ensayadas, eliminando las muestras 1 y 9. Los rangos en que se encuentra el límite plástico están entre 18% y 24% y para el índice de penetración están entre 20 y 42 mm/golpe, lo cual el uso de esta gráfica se limita a los rangos mencionados anteriormente.

Como se puede apreciar en la gráfica existe una relación inversamente proporcional entre las dos propiedades analizadas, lo cual indica que cuando un suelo tiene menor resistencia es decir un valor alto de índice de penetración, éste será menos plástico.



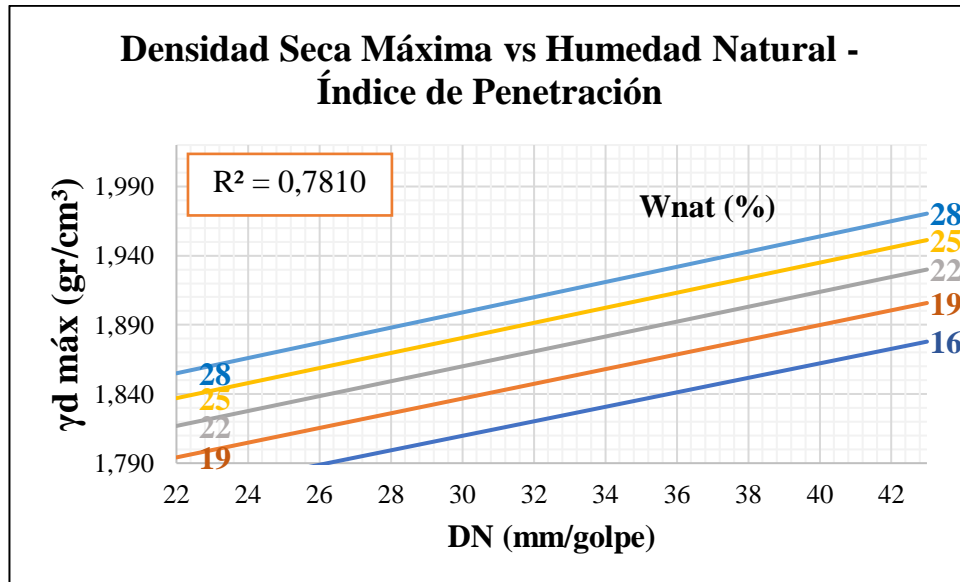
**Figura 42.** Correlación DN vs %Finos

**Autor:** María José Molina Hinojosa

#### **Análisis e interpretación:**

Mediante una correlación polinómica simple de grado dos entre el porcentaje de finos (F%) y el índice de penetración (DN), se obtuvo un coeficiente de correlación regular con un valor de 72,31 %, donde se utilizó 10 de las 12 muestras que fueron ensayadas, eliminando las muestras 5 y 11. Los rangos en que se encuentra el porcentaje de finos están entre 12% y 24% y para el índice de penetración están entre 22 y 42 mm/golpe, lo cual el uso de esta gráfica se limita a los rangos mencionados anteriormente.

Como se puede apreciar en la gráfica existe una relación inversamente proporcional entre las propiedades analizadas, por lo que, a medida que se incrementa el porcentaje de finos, el índice de penetración disminuirá, lo que significa que la presencia de finos en el suelo hace que este sea más resistente a la penetración, debido a la cohesión que pueden dar los mismos pero en otros casos en que la presencia de finos es considerable, este suelo va a dejar de ser friccionante y por consiguiente no será capaz de resistir a la penetración del cono dinámico.



**Figura 43.** Correlación  $\gamma_d$  máx vs Wnat – DN

**Autor:** María José Molina Hinojosa

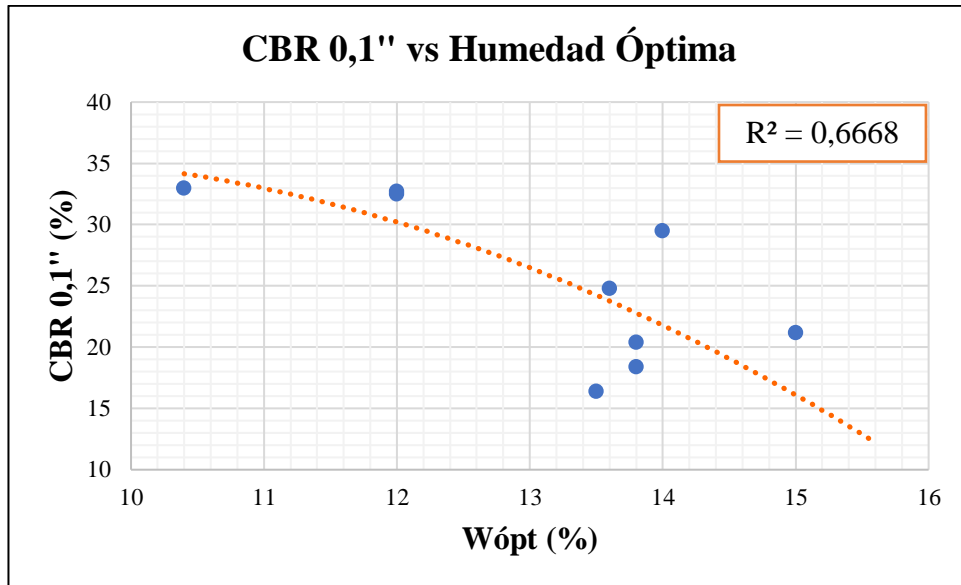
#### **Análisis e interpretación:**

Mediante una correlación potencial múltiple entre la densidad seca máxima ( $\gamma_d$  máx) vs humedad natural (Wnat) – índice de penetración (DN) se obtuvo un coeficiente de correlación regular con un valor de 78,10 %, donde se utilizó 11 de las 12 muestras que fueron ensayadas, eliminando la muestra 11. Los rangos en que se encuentra la densidad seca máxima están entre 1,781 y 1,981 gr/cm<sup>3</sup>, humedad natural 16 y 28 %, índice de penetración 22 y 43 %, lo cual el uso de esta gráfica se limita a los rangos mencionados anteriormente.

Como se puede apreciar en la gráfica existe una relación directamente proporcional entre la densidad seca máxima y el índice de penetración e inversamente proporcional con la humedad natural.

Un suelo que no es resistente al corte va a tener un índice de penetración alto lo que significa que las partículas que lo conforman están dispersas, por esta razón cuando el suelo pasa por un proceso de compactación la densidad seca máxima va a aumentar considerablemente.

Por otro lado, cuando un suelo posea mayor contenido de humedad natural, dentro de los límites analizados, el suelo alcanzará mayores densidades secas.



**Figura 44.** Correlación CBR 0,1'' Mayor vs Wopt

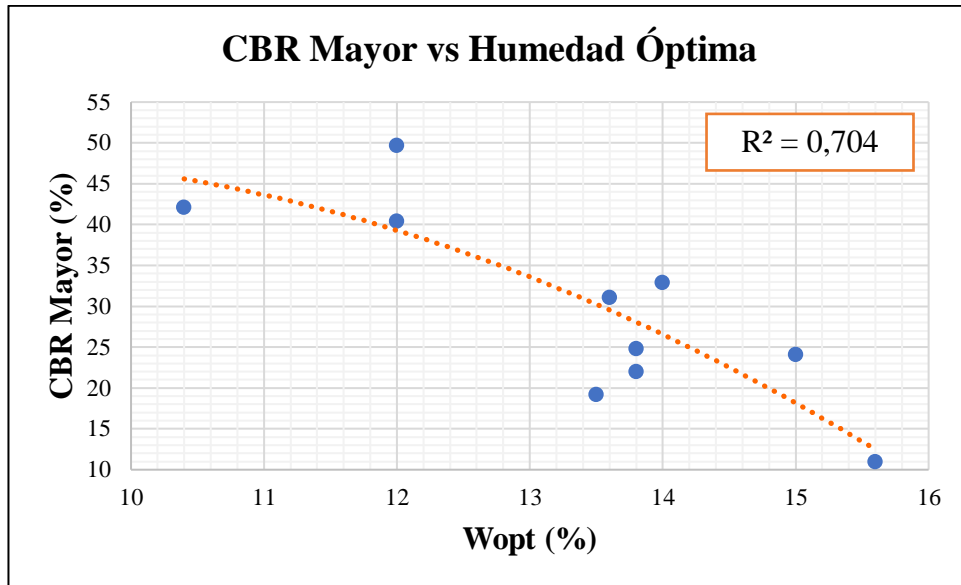
**Autor:** María José Molina Hinojosa

**Análisis e interpretación:**

Mediante una correlación polinómica simple de grado dos entre el CBR 0,1'' vs humedad óptima (W opt), se obtuvo un coeficiente de correlación regular con un valor de 66,68 %, donde se utilizó 10 de las 12 muestras que fueron ensayadas, eliminando la muestras 1 y 2. Los rangos en que se encuentra el CBR mayor están entre 9,40 y 34,20 %, para la humedad óptima está entre 10,40 y 15,60 %, lo cual el uso de esta gráfica se limita a los rangos mencionados anteriormente.

Como se puede apreciar en la gráfica existe una relación inversamente proporcional entre el CBR y la humedad óptima. Es decir, cuando un suelo necesita una cantidad mayor de agua para llegar a su densidad máxima, este suelo será menos resistente y por consiguiente su valor de CBR será menor.

La presencia de una cantidad mayor de agua en el suelo hace que pierda su resistencia, debido a que la presión de poros que ofrece el agua es menor que la presión de los sólidos del suelo.



**Figura 45.** Correlación CBR Mayor vs Wopt

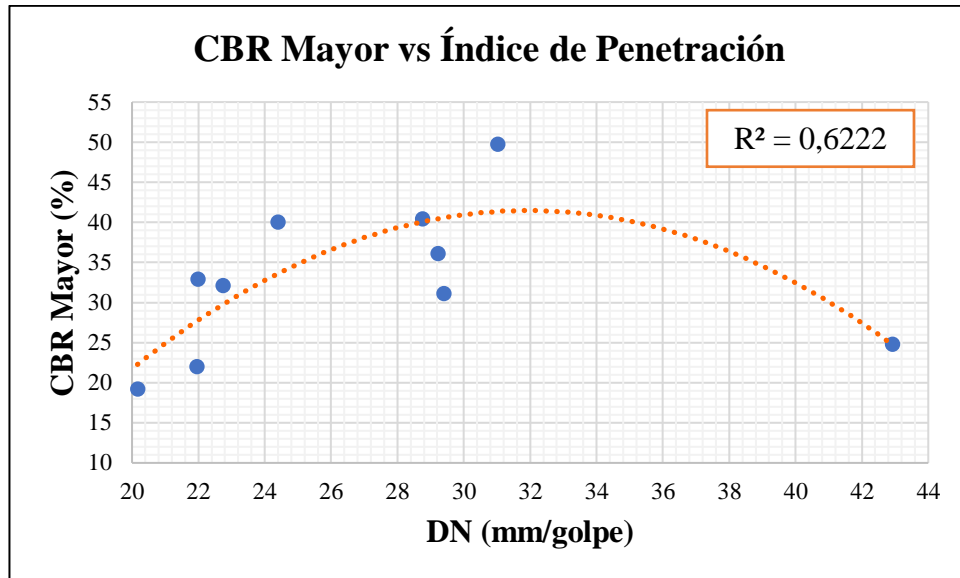
**Autor:** María José Molina Hinojosa

**Análisis e interpretación:**

Mediante una correlación polinómica simple de grado dos entre el CBR mayor vs humedad óptima (W opt), se obtuvo un coeficiente de correlación regular con un valor de 70,40 %, donde se utilizó 10 de las 12 muestras que fueron ensayadas, eliminando la muestras 1 y 2. Los rangos en que se encuentra el CBR mayor están entre 10 y 47 %, para la humedad óptima está entre 10,40 y 15,60 %, lo cual el uso de esta gráfica se limita a los rangos mencionados anteriormente.

Como se puede apreciar en la gráfica existe una relación inversamente proporcional entre el CBR y la humedad óptima. Es decir, cuando un suelo necesita una cantidad mayor de agua para llegar a su densidad máxima, este suelo será menos resistente y por consiguiente su valor de CBR será menor.

La presencia de una cantidad mayor de agua en el suelo hace que pierda su resistencia, debido a que la presión de poros que ofrece el agua es menor que la presión de los sólidos del suelo.



**Figura 46.** Correlación CBR Mayor vs Wopt

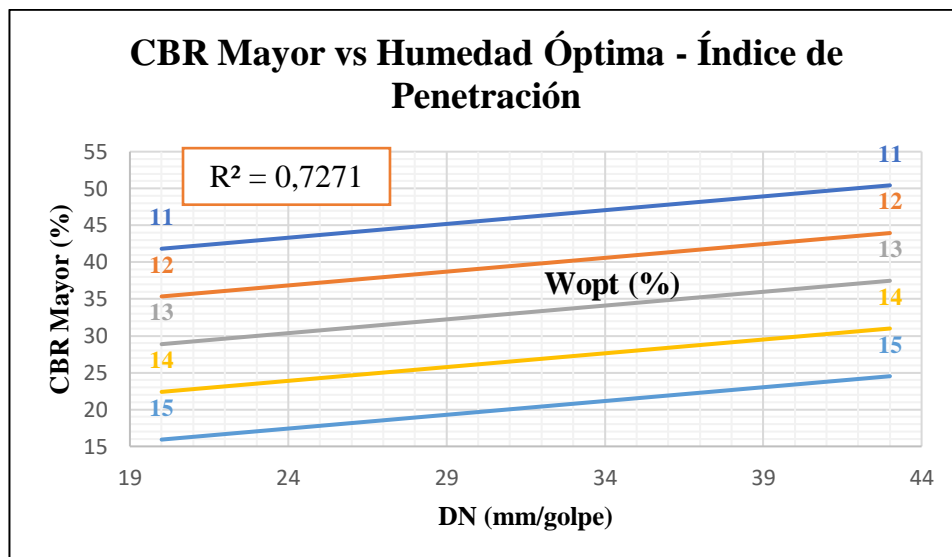
**Autor:** María José Molina Hinojosa

**Análisis e interpretación:**

Mediante una correlación polinómica simple de grado dos entre el CBR mayor vs índice de penetración (DN), se obtuvo un coeficiente de correlación regular con un valor de 62,22 %, donde se utilizó 10 de las 12 muestras que fueron ensayadas, eliminando la muestras 1 y 4. Los rangos en que se encuentra el CBR mayor están entre 22 y 49,70 %, para el índice de penetración está entre 20,17 y 42,92 %, lo cual el uso de esta gráfica se limita a los rangos mencionados anteriormente.

Como se observa en la gráfica a medida que aumenta el CBR, también aumenta el índice de penetración hasta alrededor de un valor de 29 mm/golpe, esto puede deberse a que las partículas del suelo se encuentren dispersas, por lo tanto, al momento de la compactación se eliminan esos espacios intergranulares alcanzando valores de CBR mayores.

Sin embargo, a partir del valor de 29mm/golpe, existe una relación inversamente proporcional entre las dos propiedades analizadas, es decir que cuando un suelo presenta valores bajos de índice de penetración significa que tiene una gran resistencia por ende los valores de CBR serán mayores.



**Figura 47.** Correlación CBR Mayor vs Wopt – DN

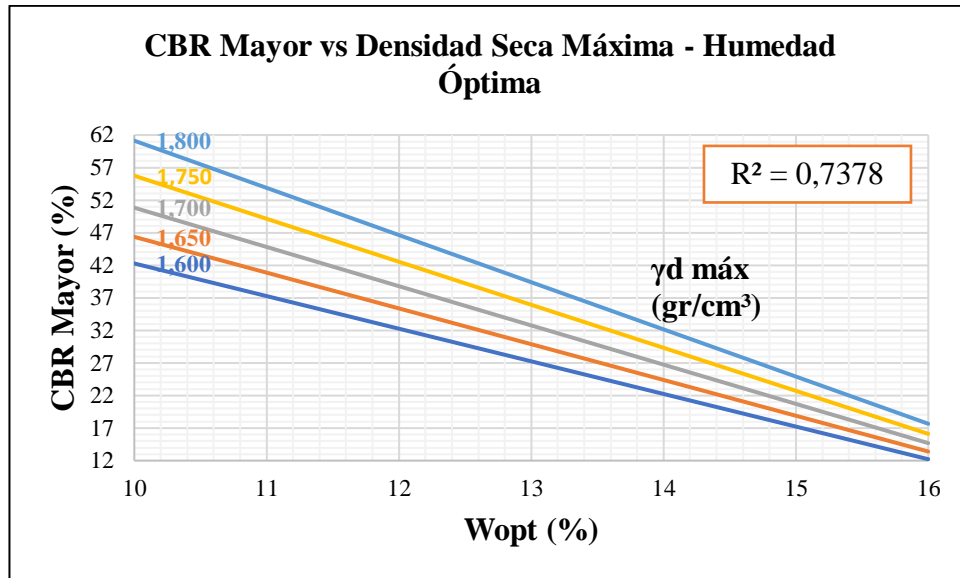
**Autor:** María José Molina Hinojosa

#### **Análisis e interpretación:**

Mediante una correlación logarítmica múltiple entre el CBR mayor vs humedad óptima ( $W_{opt}$ ) – índice de penetración (DN) se obtuvo un coeficiente de correlación regular con un valor de 72,71 %, donde se utilizó 10 de las 12 muestras que fueron ensayadas, eliminando las muestras 1 y 2. Los rangos en que se encuentra el CBR están entre 16 y 50 %, humedad óptima 11 y 15 %, índice de penetración 22 y 43 %, lo cual el uso de esta gráfica se limita a los rangos mencionados anteriormente.

Como se puede apreciar en la gráfica existe una relación directamente proporcional entre el CBR y el índice de penetración, esto puede deberse a que las partículas que conforman el suelo estén dispersas por lo tanto al momento de la compactación se eliminan esos espacios intergranulares dando como resultado valores de CBR altos.

En cuanto al CBR y la humedad óptima existe una relación inversamente proporcional, es decir mientras menor sea la cantidad de agua que necesita un suelo para alcanzar su máxima densidad seca, este obtendrá una mayor resistencia y por ende se obtendrá valores altos de CBR.



**Figura 48.** Correlación CBR Mayor vs  $\gamma_d$  máx – Wopt

**Autor:** María José Molina Hinojosa

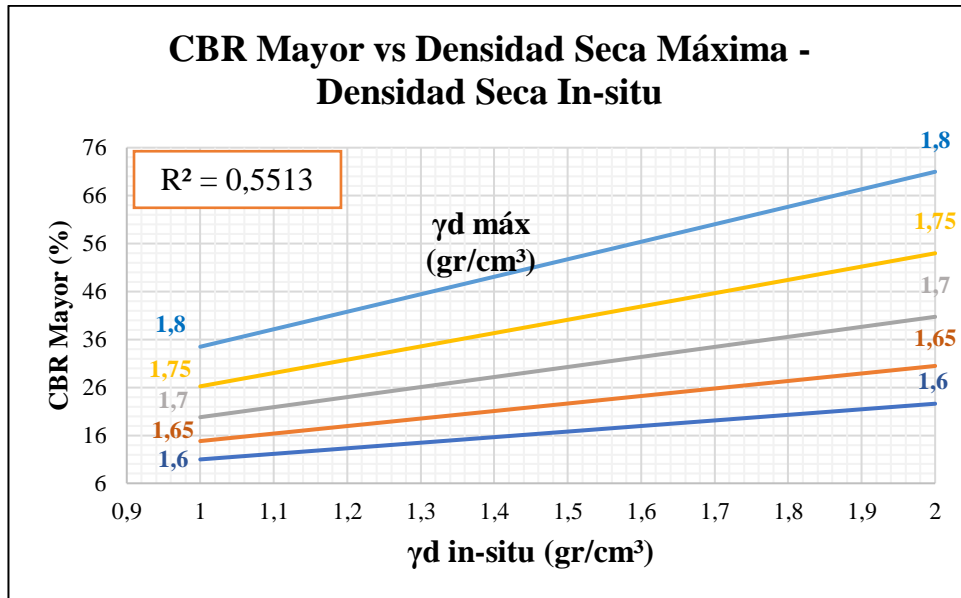
**Análisis e interpretación:**

Mediante una correlación exponencial múltiple entre el CBR mayor vs densidad seca máxima ( $\gamma_d$  máx) – humedad óptima (W opt), se obtuvo un coeficiente de correlación regular con un valor de 73,78 %, donde se utilizó 10 de las 12 muestras que fueron ensayadas, eliminando las muestras 1 y 2. Los rangos en que se encuentra el CBR están entre 12 y 61 %, humedad óptima 10 y 16 %, densidad seca máxima 1,600 y 1,800 gr/cm<sup>3</sup>, lo cual el uso de esta gráfica se limita a los rangos mencionados anteriormente.

Como se puede apreciar en la gráfica existe una relación inversamente proporcional entre el CBR y la humedad óptima lo que significa que cuando un suelo necesite una cantidad mayor de agua para alcanzar sus densidad máxima, será menos resistente por lo cual el valor de CBR será menor.

Por otro lado, existe una relación directamente proporcional entre el CBR y la densidad seca máxima, es decir un suelo que obtenga densidades mayores significa que se encuentra bien compacto y por ende más resistente.





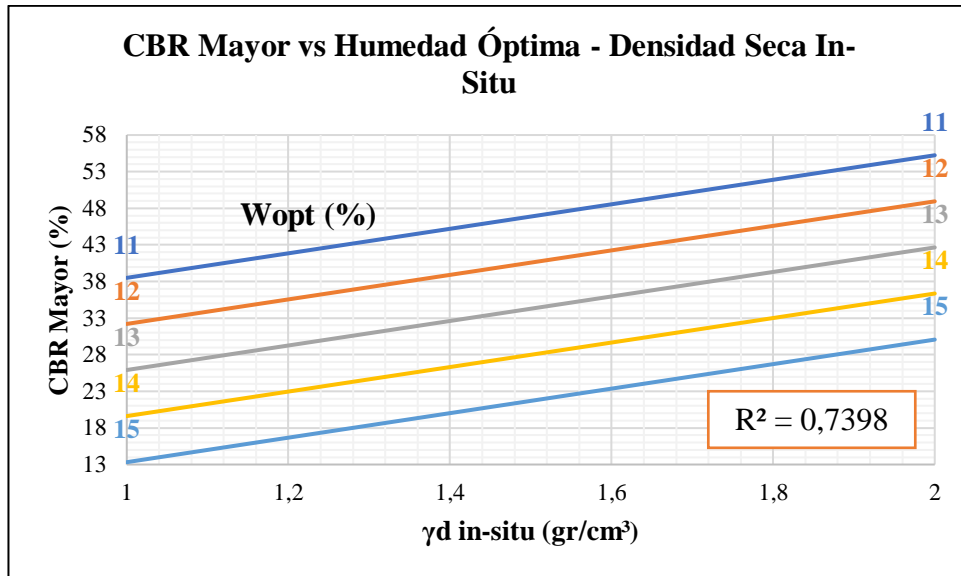
**Figura 49.** Correlación CBR Mayor vs  $\gamma d$  máx –  $\gamma d$  in-situ

**Autor:** María José Molina Hinojosa

#### **Análisis e interpretación:**

Mediante una correlación potencial múltiple entre el CBR Mayor vs la densidad seca máxima ( $\gamma d$  máx) – densidad seca in-situ ( $\gamma d$  in – situ) se obtuvo un coeficiente de correlación mínimo con un valor de 55,13 %, donde se utilizó 10 de las 12 muestras que fueron ensayadas, eliminando las muestras 7 y 8. Los rangos en que se encuentra el CBR están entre 10,88 y 71,83 %, densidad seca máxima 1,6 y 1,8 gr/cm<sup>3</sup>, densidad seca in-situ 1 y 2 gr/cm<sup>3</sup>, lo cual el uso de esta gráfica se limita a los rangos mencionados anteriormente.

Como se puede apreciar en la gráfica existe una relación directa entre las tres propiedades analizadas, por lo que, si un suelo presenta una densidad alta en campo, su densidad seca máxima obtenida del ensayo Proctor Modificado, también va a ser mayor, lo que significa que este suelo tendrá una gran capacidad de resistencia por ende los valores obtenidos de CBR serán mayores.



**Figura 50.** Correlación CBR Mayor vs  $\gamma d$  máx –  $\gamma d$  in-situ

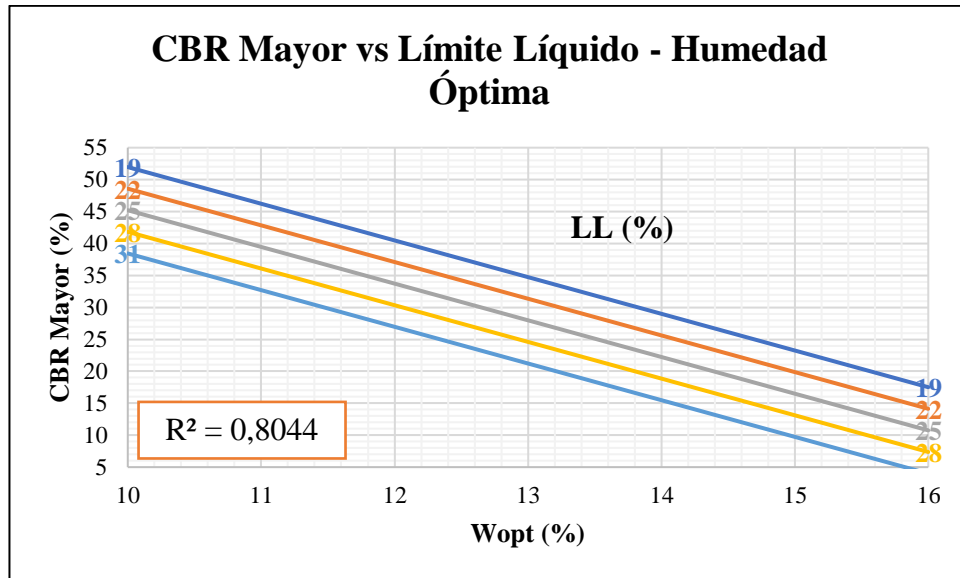
**Autor:** María José Molina Hinojosa

#### **Análisis e interpretación:**

Mediante una correlación lineal múltiple entre el CBR Mayor vs humedad óptima (Wopt) – densidad seca in-situ ( $\gamma d$  in – situ) se obtuvo un coeficiente de correlación regular con un valor de 73,98 %, donde se utilizó 10 de las 12 muestras que fueron ensayadas, eliminando las muestras 1 y 2. Los rangos en que se encuentra el CBR están entre 14,18 y 54,44 %, humedad óptima 11 y 15 %, densidad seca in-situ 1 y 2 gr/cm<sup>3</sup>, lo cual el uso de esta gráfica se limita a los rangos mencionados anteriormente.

Como se puede apreciar en la gráfica existe una relación directamente proporcional entre el CBR y la densidad seca in-situ por lo que, si un suelo presenta una densidad alta en campo significa que este suelo tendrá una gran capacidad de resistencia por ende los valores obtenidos de CBR serán mayores.

En cuanto al CBR y la humedad óptima existe una relación inversamente proporcional lo que significa que cuando un suelo necesite una cantidad mayor de agua para alcanzar su densidad máxima, será menos resistente por lo cual el valor de CBR será menor.



**Figura 51.** Correlación CBR Mayor vs LL – Wopt

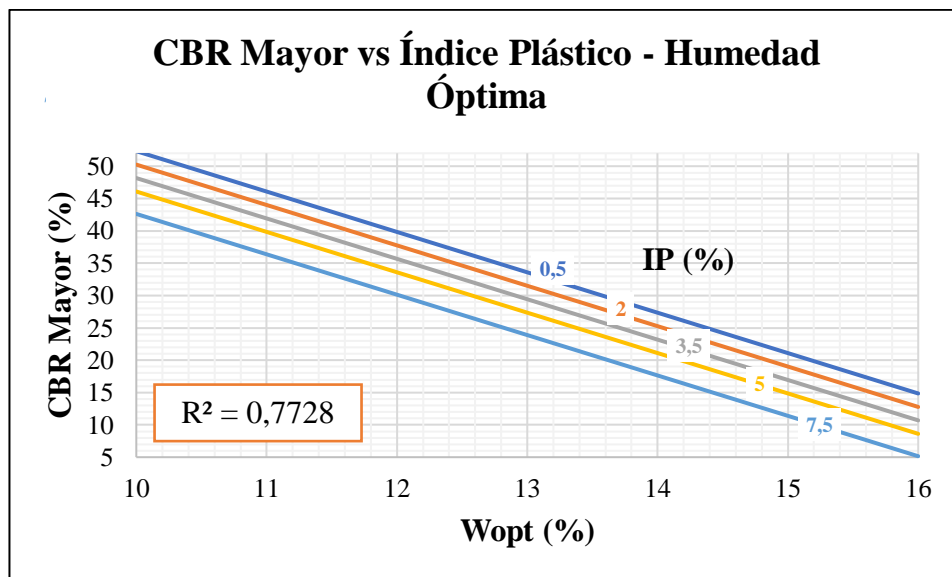
**Autor:** María José Molina Hinojosa

**Análisis e interpretación:**

Mediante una correlación lineal múltiple entre el CBR Mayor vs límite líquido (LL) – humedad óptima (Wopt) se obtuvo un coeficiente de correlación aceptable con un valor de 80,44 %, donde se utilizó 10 de las 12 muestras que fueron ensayadas, eliminando la muestra 1 y 2. Los rangos en que se encuentra el CBR Mayor están entre 4,18 y 51,96 % límite líquido 19 y 31 %, humedad óptima 10 y 16 %, lo cual el uso de esta gráfica se limita a los rangos mencionados anteriormente.

Como se puede apreciar en la gráfica existe una relación inversamente proporcional entre el CBR y la humedad óptima, es decir que cuando un suelo necesite una cantidad mayor de agua para alcanzar su densidad máxima, tendrá menor resistencia por ende su valor de CBR será menor.

Por otro lado, existe una relación inversamente proporcional entre el CBR y el límite líquido, se sabe que esta propiedad indica contenido de humedad por lo que un suelo al poseer mayor cantidad de agua hace que sea más permeable, posea menos cantidad de vacíos y por ende menor capacidad de resistencia.



**Figura 52.** Correlación CBR Mayor vs IP – Wopt

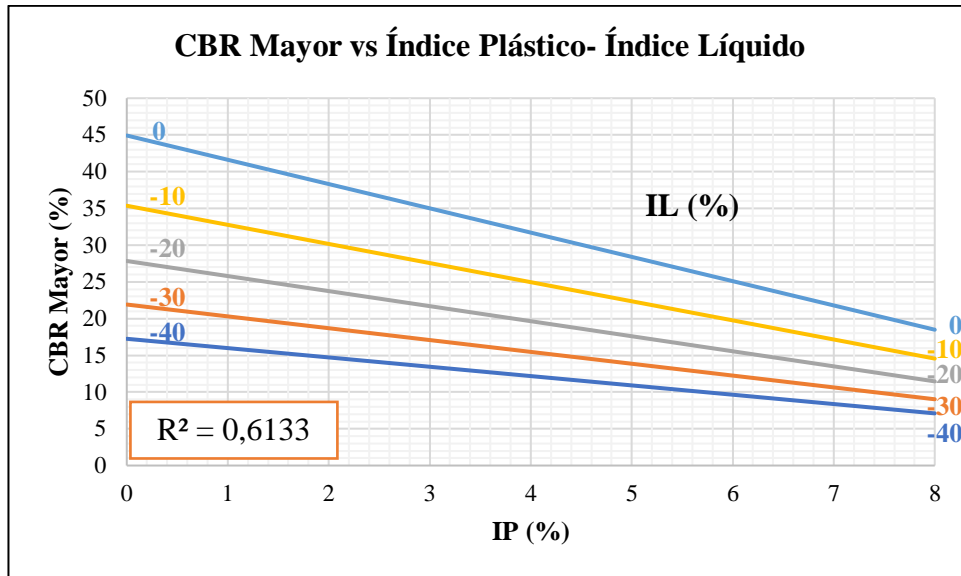
**Autor:** María José Molina Hinojosa

#### **Análisis e interpretación:**

Mediante una correlación lineal múltiple entre el CBR Mayor vs índice plástico (LL) – humedad óptima (Wopt) se obtuvo un coeficiente de correlación regular con un valor de 77,28 %, donde se utilizó 10 de las 12 muestras que fueron ensayadas, eliminando la muestra 1 y 2. Los rangos en que se encuentra el CBR Mayor están entre 5,49 y 52,31 %, índice plástico 0,5 y 7,5 %, humedad óptima 10 y 16 %, lo cual el uso de esta gráfica se limita a los rangos mencionados anteriormente.

Como se puede apreciar en la gráfica existe una relación inversamente proporcional entre el CBR y la humedad óptima lo cual significa que cuando un suelo necesite una cantidad mayor de agua para alcanzar su densidad máxima, tendrá menor resistencia por ende su valor de CBR será menor.

En cuanto al índice plástico y el CBR también existe una relación inversamente proporcional, un suelo que tenga un índice plástico mayor, significa que existe un exceso de arcilla o coloides, por lo que se sabe un suelo al tener mayor absorción de agua lo hace menos resistente por ende los valores del CBR serán menores.



**Figura 53.** Correlación CBR Mayor vs IL – IP

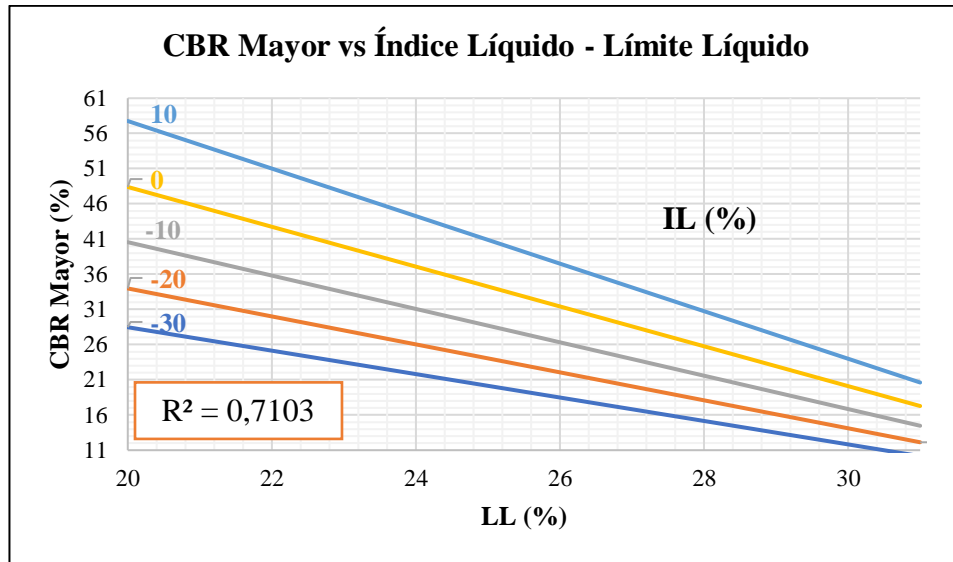
**Autor:** María José Molina Hinojosa

#### **Análisis e interpretación:**

Mediante una correlación exponencial múltiple entre el CBR Mayor vs índice líquido (IL) – índice plástico (IP) se obtuvo un coeficiente de correlación regular con un valor de 61,33 %, donde se utilizó 10 de las 12 muestras que fueron ensayadas, eliminando la muestra 1 y 10. Los rangos en que se encuentra el CBR Mayor están entre 7,10 y 45,39 %, índice plástico 0 y 8 %, índice líquido -40 y 0 %, lo cual el uso de esta gráfica se limita a los rangos mencionados anteriormente.

Como se puede apreciar en la gráfica existe una relación inversamente proporcional entre el CBR y el índice de plasticidad, es decir que al tener un valor alto de índice de plasticidad se deba a la presencia de arcilla o coloides que hacen que el suelo tenga mayor absorción de agua y por ende los hace menos resistentes y se obtenga valores bajos de CBR.

En cuestión al índice de liquidez y CBR, como se observa en la gráfica existe una relación directamente proporcional, aunque en la realidad no es así, cuando un suelo presenta valores altos de índice de liquidez significa que la consistencia del suelo es casi líquida lo que hace que el suelo pierda resistencia y por ende se obtenga valores bajos de CBR.



**Figura 54.** Correlación CBR Mayor vs IL – LL

**Autor:** María José Molina Hinojosa

#### **Análisis e interpretación:**

Mediante una correlación exponencial múltiple entre el CBR Mayor vs índice líquido (IL) – límite líquido (LL) se obtuvo un coeficiente de correlación regular con un valor de 71,03 %, donde se utilizó 10 de las 12 muestras que fueron ensayadas, eliminando la muestra 7 y 9. Los rangos en que se encuentra el CBR Mayor están entre 10,16 y 57,76 % índice de liquidez -30 y 10 %, límite líquido 20 y 31 %, lo cual el uso de esta gráfica se limita a los rangos mencionados anteriormente.

Como se puede apreciar en la gráfica existe una relación inversamente proporcional entre el CBR y el límite líquido, sabemos que esta propiedad indica contenido de humedad por lo que un suelo al poseer mayor cantidad de agua, este hace que sea más permeable, posea menos cantidad de vacíos y por ende menor capacidad de resistencia.

En cuanto al CBR y al índice de liquidez se observa en la gráfica que hay una relación directamente proporcional, la cual en la realidad no es así ya que un suelo cuando presenta valores altos de índice de liquidez significa que la consistencia del suelo es casi líquida lo que hace que el suelo pierda resistencia y por ende se obtenga valores menores de CBR.

### 3.1.7. Diseño estructural de pavimento flexible AASHTO 93

#### 3.1.7.1. Conteo vehicular

Para la cuantificación de los vehículos de la vía “La Libertad– El Placer” se realizó el TPDA el viernes 26 de febrero, este conteo duró un periodo de 12 horas desde las 6:00 am hasta las 18:00 pm con intervalos de 15 minutos, donde se va a trabajar con el volumen vehicular de la hora pico que fue de 12:00 pm a 13:00 pm.

**Tabla 47.** Volumen vehicular de la hora pico

Hora	Livianos	Buses	Pesados				Total 15 minutos
			2D	2DA	2DB	3A	
12:00 - 12:15	8	0	0	0	0	0	8
12:15 - 12:30	10	1	1	0	0	0	12
12:30 - 12:45	6	0	0	0	1	0	7
12:45 - 13:00	4	0	0	0	0	0	4
Total	28	1	1	0	1	0	31
%	90,32	3,23	3,23	0,00	3,23	0,00	100,00

**Autor:** María José Molina Hinojosa

El volumen vehicular que se obtuvo fue de 90,32 % para vehículos livianos, 3,23 % para buses y 6,46 % para camiones de un total de 31 vehículos que representa el 100 %.

#### ➤ Factor de hora pico

$$FHP = \frac{\text{Total vehículos}}{4 * (\text{mayor tráfico en 15 min})}$$

$$FHP = \frac{31 \text{ vehículos}}{4 * (12 \text{ vehículos})}$$

$$FHP = 0,65$$

➤ **Porcentaje de la trigésima hora**

El porcentaje que se utiliza para una vía rural está entre 12% y 18%. Según lo recomendado por el Ministerio de Obras Públicas se utilizará un 15%.

Para la obtención de un tráfico uniforme, el factor de hora pico se asume como 1.

$$TPDA = \frac{\text{Total vehículos} * FHP}{15\%}$$

- Vehículos livianos

$$TPDA (\text{livianos}) = \frac{28 * 1}{0,15}$$

$$TPDA (\text{livianos}) = 187 \text{ vehículos/día}$$

- Buses

$$TPDA (\text{buses}) = \frac{1 * 1}{0,15}$$

$$TPDA (\text{buses}) = 7 \text{ vehículos/día}$$

- Pesados

$$TPDA (\text{camiones}) = \frac{2 * 1}{0,15}$$

$$TPDA (\text{camiones}) = 13 \text{ vehículos/día}$$

Para el cálculo del TPDA actual se utiliza los valores calculados anteriormente:

$$TPDA (\text{actual})$$

$$= TPDA (\text{livianos}) + TPDA (\text{buses}) + TPDA (\text{camiones})$$

$$TPDA (\text{actual}) = (187 + 7 + 13) \text{ vehículos/día}$$

$$TPDA (\text{actual}) = 207 \text{ vehículos/día}$$

Posteriormente se calcula el tráfico promedio diario anual durante el primer año:

$$TPDA (1 \text{ año}) = Ta * (1 + i)^1$$



- Vehículos livianos

$$TPDA (livianos) = 187 * (1 + 3,57\%)^1$$

$$TPDA (livianos) = 194 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

- Buses

$$TPDA (buses) = 7 * (1 + 1,78\%)^1$$

$$TPDA (buses) = 7 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

- Pesados

$$TPDA (pesados) = 13 * (1 + 1,74\%)^1$$

$$TPDA (pesados) = 13 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

El TPDA del primer a\u00f1o es:

$$TPDA (1 \text{ a\u00f1o}) = TPDA (livianos) + TPDA (buses) + TPDA (pesados)$$

$$TPDA (1 \text{ a\u00f1o}) = (194 + 7 + 13) \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

$$TPDA (1 \text{ a\u00f1o}) = 214 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

### ➤ Tr\u00e1nsito Futuro

El dise\u00f1o se va a realizar para una proyecci\u00f3n de 20 a\u00f1os.

$$Tf = Ta * (1 + i)^n$$

Para establecer el tr\u00e1nsito futuro, el MOP determina los \u00edndices de crecimiento vehicular.

**Tabla 48.** \u00cdndice de crecimiento vehicular

Per\u00edodo	Tipo de Veh\u00edculos		
	Livianos	Buses	Camiones
2005 – 2020	3,97	1,97	1,94
2021 – 2025	3,57	1,78	1,74
> 2025	3,25	1,62	1,58

**Fuente:** “Normas de Dise\u00f1o de Carreteras”, MOP 2003

**Tabla 49.** Tráfico proyectado 20 años

Período	Índice de crecimiento (i %)			TPDA Futuro= $Ta*(1+i)^n$			Total
	Livianos	Buses	Pesados	Livianos	Buses	Pesados	
2021	3,57	1,78	1,74	187	7	13	207
2022	3,57	1,78	1,74	194	7	13	214
2023	3,57	1,78	1,74	201	7	13	221
2024	3,57	1,78	1,74	208	7	14	229
2025	3,57	1,78	1,74	215	8	14	237
2026	3,25	1,62	1,58	222	8	14	244
2027	3,25	1,62	1,58	229	8	14	252
2028	3,25	1,62	1,58	237	8	15	259
2029	3,25	1,62	1,58	245	8	15	267
2030	3,25	1,62	1,58	252	8	15	276
2031	3,25	1,62	1,58	261	8	15	284
2032	3,25	1,62	1,58	269	8	16	293
2033	3,25	1,62	1,58	278	9	16	302
2034	3,25	1,62	1,58	287	9	16	312
2035	3,25	1,62	1,58	296	9	16	321
2036	3,25	1,62	1,58	306	9	17	331
2037	3,25	1,62	1,58	316	9	17	342
2038	3,25	1,62	1,58	326	9	17	352
2039	3,25	1,62	1,58	337	9	17	363
2040	3,25	1,62	1,58	348	10	18	375
2041	3,25	1,62	1,58	359	10	18	387

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Según la normativa del MOP, al tener un tráfico proyectado de 20 años con un TPDA de 387 vehículos/día se clasifica como una vía colectora clase III.

### 3.1.7.2. Ejes Equivalentes según el periodo de diseño (W18)

#### ➤ Período de diseño

**Tabla 50.** Período de diseño según el tipo de vía

Clasificación de la vía	Período de análisis (años)
Urbana de alto volumen de tráfico	30 – 50
Rural de alto volumen de tráfico	20 – 50
Pavimentada de bajo volumen de tráfico	15 – 25
No pavimentada de bajo volumen de tráfico	10 - 20

**Fuente:** GUÍA AASHTO 1993 para el Diseño de Estructuras de Pavimentos

Siendo una vía pavimentada de bajo volumen de tráfico, se utilizará un período de análisis de 20 años.

➤ **Factor de daño**

**Tabla 51.** Factor de daño

Tipo	Simple		Simple Doble		Tandem		Tridem		Factor de Diseño
	Ton	(P/6,6)^4	Ton	(P/8,2)^4	Ton	(P/15)^4	Ton	(P/23)^4	
Liviano	3	0,04							0,04
Bus	4	0,13	8	0,91					1,04
C - 2P	2,5	0,02							1,29
	7	1,27							
C - 2G	6	0,68	11	3,24	18	2,07			5,99
C - 3									
C - 4									
C - 5									
C - 6									

**Fuente:** “Normas de Diseño de Carreteras”, MOP 2003

➤ **Factor de distribución por carril**

La vía en cuestión tiene un carril por sentido, entonces se toma el 100%.

➤ **Número de ejes equivalentes**

$$W18_{total} = 365 * TPDA_{final} * FD$$

$$W18_{2021} = 365 * [(TPDA_{final-livianos} * FD) + (TPDA_{final-buses} * FD) + (TPDA_{final-pesados} * FD)]$$

$$W18_{2021} = 365[(187 * 0,04) + (7 * 1,04) + (13 * 1,29)]$$

$$W18_{2021} = 11508$$

$$W18_{por\ dirección} = 5754$$

$$W18_{carril\ de\ diseño} = 5754$$

$$W18_{2022} = 365[(194 * 0,04) + (7 * 1,04) + (13 * 1,29)]$$

$$W18_{2022} = 11760$$

$$W18_{acumulado} = 11760 + 11508$$

$$W18_{acumulado} = 23268$$

$$W18_{por\ dirección} = 11634$$

$$W18_{carril\ de\ diseño} = 1163$$

**Tabla 52.** Número de ejes equivalentes

Período	n	Índice de crecimiento (i %)			TPDA Futuro			Total	W18 Acumulado	W18 Por dirección	W18 Carril de Diseño
		Livianos	Buses	Pesados	Livianos	Buses	Pesados				
2021	0	3,57	1,78	1,74	187	7	13	207	11508	5754	5754
2022	1	3,57	1,78	1,74	194	7	13	214	23268	11634	11634
2023	2	3,57	1,78	1,74	201	7	13	221	35285	17643	17643
2024	3	3,57	1,78	1,74	208	7	14	229	47566	23783	23783
2025	4	3,57	1,78	1,74	215	8	14	237	60118	30059	30059
2026	5	3,25	1,62	1,58	222	8	14	244	72921	36460	36460
2027	6	3,25	1,62	1,58	229	8	14	252	85982	42991	42991
2028	7	3,25	1,62	1,58	237	8	15	259	99306	49653	49653
2029	8	3,25	1,62	1,58	245	8	15	267	112900	56450	56450
2030	9	3,25	1,62	1,58	252	8	15	276	126769	63384	63384
2031	10	3,25	1,62	1,58	261	8	15	284	140920	70460	70460
2032	11	3,25	1,62	1,58	269	8	16	293	155360	77680	77680
2033	12	3,25	1,62	1,58	278	9	16	302	170095	85047	85047
2034	13	3,25	1,62	1,58	287	9	16	312	185131	92566	92566
2035	14	3,25	1,62	1,58	296	9	16	321	200477	100238	100238
2036	15	3,25	1,62	1,58	306	9	17	331	216138	108069	108069
2037	16	3,25	1,62	1,58	316	9	17	342	232123	116062	116062
2038	17	3,25	1,62	1,58	326	9	17	352	248439	124220	124220
2039	18	3,25	1,62	1,58	337	9	17	363	265094	132547	132547
2040	19	3,25	1,62	1,58	348	10	18	375	282095	141047	141047
2041	20	3,25	1,62	1,58	359	10	18	387	299451	149725	149725

**Autor:** María José Molina Hinojosa

El valor total de los ejes equivalentes para el carril de diseño del año 2041 es de 149725.

**Tabla 53.** Espesores mínimos (pulgadas)

Tráfico $W_{18}$	Concreto asfáltico, $D_1$	Capa Base, $D_2$
< 50 000	1.0 (o tratamiento superficial)	4
50 001 a 150 000	2.0	4
150 001 a 500 000	2.5	4
500 001 a 2 000 000	3.0	6
2 000 001 a 7 000 000	3.5	6
> 7 000 000	4.0	6

**Fuente:** GUÍA AASHTO 1993 para el Diseño de Estructuras de Pavimentos

Según la tabla mostrada anteriormente, los espesores de las capas son:

Carpeta asfáltica  $D_1$ : 2 pulg

Base granular  $D_2$ : 4 pulg

➤ **Confiabilidad “R”**

**Tabla 54.** Niveles de confiabilidad sugeridos para varias clasificaciones funcionales

Clasificación Funcional	Nivel de confiabilidad R recomendado	
	Urbano	Rural
Interestatal y otras vías libres	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-99	75-95
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

**Fuente:** GUÍA AASHTO 1993 para el Diseño de Estructuras de Pavimentos

Se utilizó un nivel de confiabilidad “R” de 85 % ya que es una vía colectoras ubicada en la zona rural.

➤ **Desviación Estándar Normal “Zr”**

**Tabla 55.** Valores de desviación estándar normal

Confiabilidad R (%)	Desviación estándar normal $Z_R$
50	0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674

80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

**Fuente:** GUÍA AASHTO 1993 para el Diseño de Estructuras de Pavimentos

Al tener un nivel de confiabilidad de 85 %, se toma el valor de desviación estándar de -1,037.

➤ **Desviación Estándar Global “So”**

Para el diseño de pavimentos flexibles se utiliza valores entre 0,40 y 0,50, es por ello que se tomará un valor de 0,45.

➤ **Índice de serviciabilidad “PSI”**

$$\Delta PSI = PSI_{inicial} - PSI_{final}$$

$$\Delta PSI = 4,2 - 2,0$$

$$\Delta PSI = 2,2$$

➤ **Módulo de resiliencia “Mr”**

Se trabajará con el valor de CBR de laboratorio de 19 % que pertenece a la muestra 11.

$$M_R(psi) = 3000 * CBR^{0.65}$$

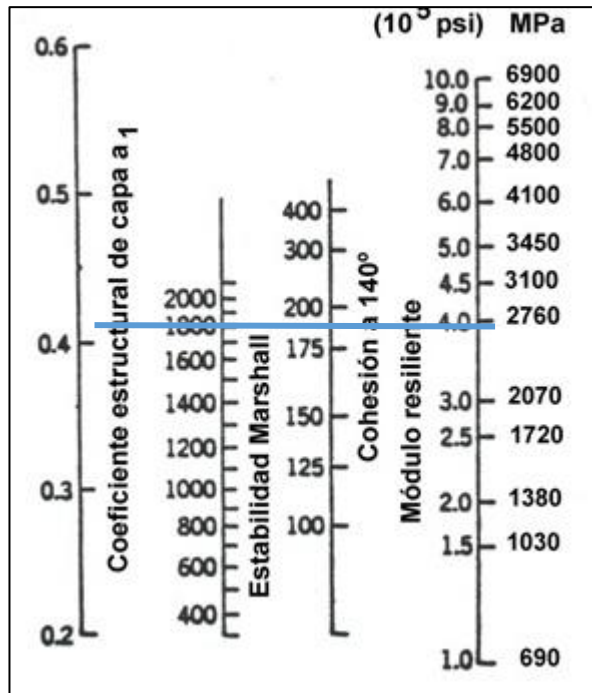
$$M_R(psi) = 3000 * 19^{0.65}$$

$$M_R(psi) = 20338,13$$

$$M_R = 20,34 Ksi$$

➤ **Coefficiente estructural de la superficie ( $a_1$ )**

Según la norma AASHTO 93, se asume una estabilidad mínima de 1800 lb, con este valor se encontrará el coeficiente  $a_1$ , en el siguiente nomograma.



**Figura 55.** Nomograma para determinar el coeficiente  $a_1$

**Fuente:** GUÍA AASHTO 1993 para el Diseño de Estructuras de Pavimentos

**Tabla 56.** Determinación de valores  $a_1$

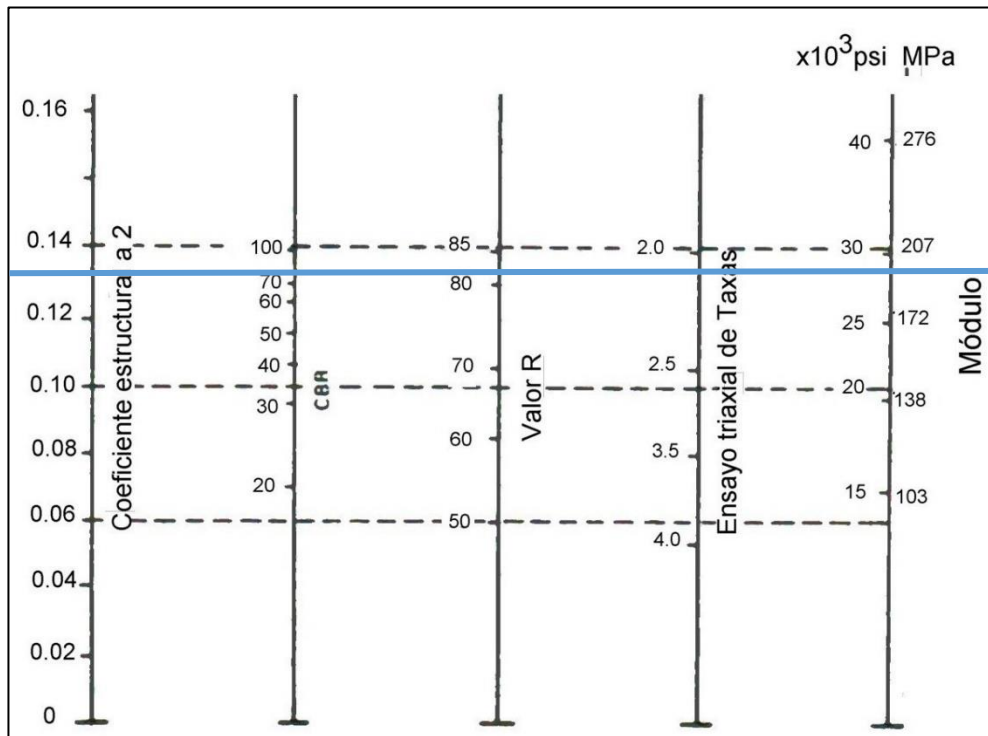
Módulos Elásticos		Valores $a_1$
PSI	Mpa	
125 000	875	0,220
150 000	1050	0,250
175 000	1225	0,280
200 000	1400	0,295
225 000	1575	0,320
250 000	1750	0,330
275 000	1925	0,350
300 000	2100	0,360
325 000	2275	0,375
350 000	2450	0,850
375 000	2625	0,405
400 000	2800	0,420
425 000	2975	0,435
450 000	3150	0,440

**Fuente:** GUÍA AASHTO 1993 para el Diseño de Estructuras de Pavimentos

El valor del coeficiente estructural  $a_1$  es 0,405 Por consiguiente el módulo de la carpeta asfáltica es de  $M_r = 375$  Ksi.

➤ **Coeficiente estructural de la base granular ( $a_2$ )**

Según la normativa MOP 2003, el valor mínimo de CBR para la capa base de los agregados es de 80%.



**Figura 56.** Variación en el coeficiente estructural de capa base ( $a_2$ ) con diferentes parámetros de resistencia

**Fuente:** GUÍA AASHTO 1993 para el Diseño de Estructuras de Pavimentos

**Tabla 57.** Determinación de valores  $a_2$

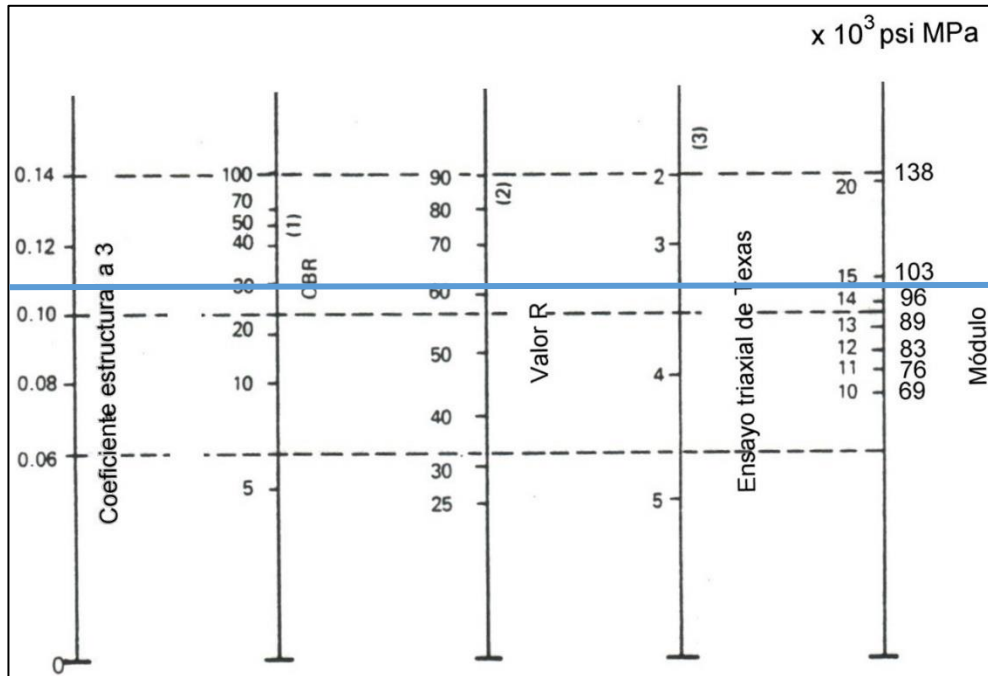
Base de agregados	
CBR	$a_2$
50	0,115
55	0,120
60	0,125
70	0,130
80	0,133
90	0,137
100	0,140

**Fuente:** GUÍA AASHTO 1993 para el Diseño de Estructuras de Pavimentos



El valor del coeficiente estructural  $a_2$  es 0,133 Por consiguiente el módulo de la capa base es de 28 Ksi.

➤ **Coeficiente estructural de la subbase granular ( $a_3$ )**



**Figura 57.** Variaciones en el coeficiente de capa de subbase granular ( $a_3$ ) con diferentes parámetros de subbase (resiliente)

**Fuente:** GUÍA AASHTO 1993 para el Diseño de Estructuras de Pavimentos

**Tabla 58.** Determinación de valores  $a_3$

Subbase de agregados	
CBR	$a_3$
10	0,080
15	0,090
20	0,093
25	0,102
30	0,108
35	0,115
40	0,120
45	0,125
50	0,128
55	0,130
60	0,135

65	0,138
70	0,140

**Fuente:** GUÍA AASHTO 1993 para el Diseño de Estructuras de Pavimentos

Según la normativa MOP 2003, el valor mínimo de CBR para la capa subbase de los agregados es de 30%, por ende, el valor del coeficiente estructural  $a_3$  es 0,108 y el módulo de la capa subbase es de 14,8 Ksi.

➤ **Coefficientes de drenaje ( $m_2, m_3$ )**

El tiempo estimado para que el agua en la vía se demore en evaporarse es de alrededor de un día.

**Tabla 59.** Calidad de drenaje

Calidad de drenaje	Tiempo de remoción del agua
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Muy pobre	No drena

**Fuente:** GUÍA AASHTO 1993 para el Diseño de Estructuras de Pavimentos

**Tabla 60.** Valores de  $m_2$  y  $m_3$  recomendados para los coeficientes de capa modificados de materiales de base y subbase no tratada en pavimentos flexibles

Calidad del drenaje	% del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación			
	< 1	1 - 5	5 - 25	> 25
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.8	0.80 – 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

**Fuente:** GUÍA AASHTO 1993 para el Diseño de Estructuras de Pavimentos

Se utilizará un valor de 1 para los coeficientes  $m_2$  y  $m_3$ .

➤ **Diseño de pavimento con CBR de laboratorio, W18 calculado**

**Tabla 61.** Resumen de resultados, CBR laboratorio, W18 calculado

DATOS PARA EL CÁLCULO DE SN	
Tipo de pavimento	Flexible
TPDA 2041	387 vehículos
Período de diseño	20 años
Ejes equivalentes	149725
Clasificación de la vía	Colectora clase III
Serviciabilidad inicial	4,2
Serviciabilidad final	2,0
CBR de la subrasante	19 %
Confiabilidad	85%
Desviación estándar	-1,037
Desviación global	0,45
Módulo de resiliencia de subrasante	20338 psi
Módulo de resiliencia de carpeta asfáltica	375000 psi
Módulo de resiliencia de capa base	28000 psi
Módulo de resiliencia de capa subbase	14,8 Ksi
Coefficiente estructural a1	0,405
Coefficiente estructural a2	0,133
Coefficiente estructural a3	0,108
Coefficientes de drenaje m2 y m3	1

**Autor:** María José Molina Hinojosa

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software interface. It is configured for flexible pavement design. Key parameters include a confidence level of 85% and a standard deviation of -1.037. The initial serviceability (PSI) is 4.2 and the final serviceability is 2.0. The resilient modulus of the subgrade (Mr) is 20338 psi. The analysis type is set to 'Calcular SN', resulting in a calculated W18 of 149725 and a structural number (SN) of 1.63. The interface includes a 'Calcular' button and a 'Salir' button.

**Figura 58.** Cálculo de SN, W18 calculado

**Fuente:** AASHTO 1993

**Tabla 62.** Diseño de pavimento flexible, W18 calculado

<b>DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES METODO AASHTO 1993</b>				
<b>PROYECTO</b>	: Tesis de Grado		<b>TRAMO</b>	: Vía La Libertad - El Placer
<b>SECCION</b>	: km 0+000	a km 2+350	<b>FECHA</b>	: Mayo 2021
<b>DATOS DE ENTRADA :</b>				
<b>1. CARACTERISTICAS DE MATERIALES</b>			<b>DATOS</b>	
A. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA (ksi)			375,00	
B. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA BASE GRANULAR (ksi)			28,00	
C. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA SUB-BASE (ksi)			14,80	
<b>2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE</b>				
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)			149,725	
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)			85%	
DESVIACION ESTANDAR NORMAL (Zr)			-1,037	
DESVIACION ESTANDAR GLOBAL (So)			0,45	
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)			20,34	
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)			4,2	
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)			2,0	
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)			20	
<b>3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO</b>				
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA				
Concreto Asfáltico Convencional (a <sub>1</sub> )			0,405	
Base granular (a <sub>2</sub> )			0,133	
Subbase (a <sub>3</sub> )			0,108	
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA				
Base granular (m <sub>2</sub> )			1,000	
Subbase (m <sub>3</sub> )			1,000	
<b>DATOS DE SALIDA :</b>				
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN <sub>REQ</sub> )		<b>1,63</b>		
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN <sub>CA</sub> )		<b>1,43</b>		
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN <sub>BG</sub> )		<b>0,42</b>		
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN <sub>SB</sub> )		<b>-0,22</b>		
<b>ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO</b>				
		<b>PROPUESTA</b>		
	TEORICO	ESPESOR	SN*	
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)	9,0 cm	<b>5,0 cm</b>	0,80	
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	8,0 cm	<b>10,0 cm</b>	0,52	
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	-5,2 cm	<b>10,0 cm</b>	0,43	
ESPESOR TOTAL (cm)		<b>25,0 cm</b>	<b>1,75</b>	
<b>DISEÑADO POR</b> : María José Molina Hinojosa			<i>fm</i>	

**Fuente:** AASHTO 1993

➤ **Diseño de pavimento con CBR de laboratorio, W18 impuesto**

**Tabla 63.** Resumen de resultados, CBR laboratorio, W18 impuesto

DATOS PARA EL CÁLCULO DE SN	
Tipo de pavimento	Flexible
TPDA 2041	1976 vehículos
Período de diseño	35 años
Ejes equivalentes	4588275
Clasificación de la vía	Corredor Arterial II
Serviciabilidad inicial	4,2
Serviciabilidad final	2,0
CBR de la subrasante	19 %
Confiabilidad	85%
Desviación estándar	-1,037
Desviación global	0,45
Módulo de resiliencia de subrasante	20338 psi
Módulo de resiliencia de carpeta asfáltica	375000 psi
Módulo de resiliencia de capa base	28000 psi
Módulo de resiliencia de capa subbase	14800 psi
Coficiente estructural a1	0,405
Coficiente estructural a2	0,133
Coficiente estructural a3	0,108
Coficientes de drenaje m2 y m3	1

**Autor:** María José Molina Hinojosa

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software interface. It is a graphical user interface for calculating the structural number (SN) based on AASHTO 1993 standards. The interface includes several sections:
 

- Tipo de Pavimento:** Radio buttons for 'Pavimento flexible' (selected) and 'Pavimento rígido'.
- Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):** A dropdown menu showing '85 % Zr=-1.037' and a text box for 'So' with the value '0.45'.
- Serviciabilidad inicial y final:** Text boxes for 'PSI inicial' (4.2) and 'PSI final' (2).
- Módulo resiliente de la subrasante:** A text box for 'Mr' with the value '20338 psi'.
- Información adicional para pavimentos rígidos:** Four empty text boxes for 'Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)', 'Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)', 'Coeficiente de transmisión de carga - (J)', and 'Coeficiente de drenaje - (Cd)'.
- Tipo de Análisis:** Radio buttons for 'Calcular SN' (selected) and 'Calcular W18'.
- Número Estructural:** A text box for 'SN' with the calculated value '2.84'.
- Traffic Volume:** A text box for 'W18' with the value '4588275'.
- Buttons:** 'Calcular' and 'Salir' buttons at the bottom.

**Figura 59.** Cálculo de SN, W18 impuesto

**Fuente:** AASHTO 1993

**Tabla 64.** Diseño de pavimento flexible, W18 impuesto

<b>DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES METODO AASHTO 1993</b>				
<b>PROYECTO</b>	: Tesis de Grado		<b>TRAMO</b>	: Vía La Libertad - El Placer
<b>SECCION</b>	: km 0+000 a km 2+350		<b>FECHA</b>	: Mayo 2021
<b>DATOS DE ENTRADA :</b>				
<b>1. CARACTERISTICAS DE MATERIALES</b>			<b>DATOS</b>	
A. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA (ksi)			375,00	
B. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA BASE GRANULAR (ksi)			28,00	
C. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA SUB-BASE (ksi)			14,80	
<b>2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE</b>				
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)			4.588.275	
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)			85%	
DESVIACION ESTANDAR NORMAL (Zr)			-1,037	
DESVIACION ESTANDAR GLOBAL (So)			0,45	
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)			20,34	
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)			4,2	
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)			2,0	
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)			35	
<b>3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO</b>				
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA				
Concreto Asfáltico Convencional (a <sub>1</sub> )			0,405	
Base granular (a <sub>2</sub> )			0,133	
Subbase (a <sub>3</sub> )			0,108	
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA				
Base granular (m <sub>2</sub> )			1,000	
Subbase (m <sub>3</sub> )			1,000	
<b>DATOS DE SALIDA :</b>				
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN <sub>REQ</sub> )		<b>2,84</b>		
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN <sub>CA</sub> )		<b>2,53</b>		
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN <sub>BG</sub> )		<b>0,64</b>		
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN <sub>SB</sub> )		<b>-0,33</b>		
<b>ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO</b>				
		<b>PROPUESTA</b>		
	TEORICO	ESPESOR	SN*	
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)	15,9 cm	<b>10,0 cm</b>	1,59	
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	12,2 cm	<b>15,0 cm</b>	0,79	
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	-7,8 cm	<b>15,0 cm</b>	0,64	
ESPESOR TOTAL (cm)		<b>40,0 cm</b>	<b>3,02</b>	
<b>DISEÑADO POR</b> : María José Molina Hinojosa			<i>fm</i>	

**Fuente:** AASHTO 1993

### 3.1.8. Aplicación de las correlaciones para la obtención del CBR

Datos de la muestra 11:

- $W_{opt} = 13,50 \%$
- $DN = 20,17 \text{ mm/golpe}$
- $\gamma d_{in-situ} = 0,961 \text{ gr/cm}^3$
- $\gamma d_{m\acute{a}x} = 1,720 \text{ gr/cm}^3$
- $LL = 31,40 \%$
- $IP = 8,34 \%$
- $IL = 0,70 \%$

Se utilizarán las siguientes ecuaciones para el cálculo del CBR, que han sido obtenidas de las correlaciones realizadas en este proyecto.

$$CBR = 79,3997 + 25,8734 * \text{Log}(DN) - 6,476(W_{opt})$$

$$CBR = 79,3997 + 25,8734 * \text{Log}(20,17) - 6,476(13,50)$$

$$CBR = 25,73 \%$$

$$CBR = 90,99 + 16,7396(\gamma d_{in-situ}) - 6,294(W_{opt})$$

$$CBR = 90,99 + 16,7396(0,961) - 6,294(13,50)$$

$$CBR = 22,11 \%$$

$$CBR = 130,7882 - 5,7422(W_{opt}) - 1,1264(LL)$$

$$CBR = 130,7882 - 5,7422(13,50) - 1,1264(31,40)$$

$$CBR = 17,90 \%$$

$$CBR = 115,4777 - 6,2458(W_{opt}) - 1,3865(IP)$$

$$CBR = 115,4777 - 6,2458(13,50) - 1,3865(8,34)$$

$$CBR = 19,60 \%$$

$$CBR = \frac{315,0503 * e^{0,0177 (IL)}}{e^{0,0937 (LL)}}$$

$$CBR = \frac{315,0503 * e^{0,0177 (0,7)}}{e^{0,0937 (31,40)}}$$

$$CBR = 16,85 \%$$

**Tabla 65.** Valores de CBR obtenidos de las correlaciones

<b>VARIABLES</b>	<b>CBR %</b>
<i>DN, W<sub>opt</sub></i>	25,73
<i>γ<sub>d in-situ</sub>, W<sub>opt</sub></i>	22,11
<i>W<sub>opt</sub>, LL</i>	17,90
<i>W<sub>opt</sub>, IP</i>	19,60
<i>IL, LL</i>	16,85
<b>PROMEDIO</b>	<b>20,44</b>

**Autor:** María José Molina Hinojosa



➤ **Diseño de pavimento con CBR de las correlaciones, W18 calculado**

**Tabla 66.** Resumen de resultados, CBR correlaciones, W18 calculado

DATOS PARA EL CÁLCULO DE SN	
Tipo de pavimento	Flexible
TPDA 2041	387 vehículos
Período de diseño	20 años
Ejes equivalentes	149725
Clasificación de la vía	Colectora clase III
Serviciabilidad inicial	4,2
Serviciabilidad final	2,0
CBR de la subrasante	20 %
Confiabilidad	85%
Desviación estándar	-1,037
Desviación global	0,45
Módulo de resiliencia de subrasante	21028 psi
Módulo de resiliencia de carpeta asfáltica	375000 psi
Módulo de resiliencia de capa base	28000 psi
Módulo de resiliencia de capa subbase	14,8 Ksi
Coficiente estructural a1	0,405
Coficiente estructural a2	0,133
Coficiente estructural a3	0,108
Coficientes de drenaje m2 y m3	1

**Autor:** María José Molina Hinojosa

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software interface. It is divided into several sections for input and output:

- Tipo de Pavimento:** Radio buttons for 'Pavimento flexible' (selected) and 'Pavimento rígido'.
- Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):** A dropdown menu set to '85 % Zr=-1.037' and a text box for 'So' with the value '0.45'.
- Serviciabilidad inicial y final:** Text boxes for 'PSI inicial' (4.2) and 'PSI final' (2).
- Módulo resiliente de la subrasante:** A text box for 'Mr' with the value '21028 psi'.
- Información adicional para pavimentos rígidos:** Four empty text boxes for 'Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)', 'Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)', 'Coeficiente de transmisión de carga - (J)', and 'Coeficiente de drenaje - (Cd)'.
- Tipo de Análisis:** Radio buttons for 'Calcular SN' (selected) and 'Calcular W18'. The calculated 'W18' is shown as '149725'.
- Número Estructural:** The calculated 'SN' is shown as '1.61'.
- Buttons:** 'Calcular' and 'Salir' buttons at the bottom.

**Figura 60.** Cálculo de SN, CBR de correlaciones, W18 calculado

**Fuente:** AASHTO 1993

**Tabla 67.** Diseño de pavimento flexible, CBR de correlaciones, W18 calculado

<b>DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES METODO AASHTO 1993</b>				
<b>PROYECTO</b>	: Tesis de Grado		<b>TRAMO</b>	: Vía La Libertad - El Placer
<b>SECCION</b>	: km 0+000 a km 2+350		<b>FECHA</b>	: Mayo 2021
<b>DATOS DE ENTRADA :</b>				
<b>1. CARACTERISTICAS DE MATERIALES</b>			<b>DATOS</b>	
A. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA (ksi)			375,00	
B. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA BASE GRANULAR (ksi)			28,00	
C. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA SUB-BASE (ksi)			14,80	
<b>2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE</b>				
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)			149.725	
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)			85%	
DESVIACION ESTANDAR NORMAL (Zr)			-1,037	
DESVIACION ESTANDAR GLOBAL (So)			0,45	
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)			21,03	
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)			4,2	
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)			2,0	
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)			35	
<b>3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO</b>				
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA				
Concreto Asfáltico Convencional (a <sub>1</sub> )			0,405	
Base granular (a <sub>2</sub> )			0,133	
Subbase (a <sub>3</sub> )			0,108	
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA				
Base granular (m <sub>2</sub> )			1,000	
Subbase (m <sub>3</sub> )			1,000	
<b>DATOS DE SALIDA :</b>				
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN <sub>REG</sub> )		<b>1,61</b>		
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN <sub>CA</sub> )		<b>1,43</b>		
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN <sub>BG</sub> )		<b>0,42</b>		
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN <sub>SB</sub> )		<b>-0,24</b>		
<b>ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO</b>				
		<b>PROPUESTA</b>		
	TEORICO	ESPESOR	SN*	
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)	9,0 cm	<b>5,0 cm</b>	0,80	
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	8,0 cm	<b>10,0 cm</b>	0,52	
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	-5,6 cm	<b>10,0 cm</b>	0,43	
ESPESOR TOTAL (cm)		<b>25,0 cm</b>	<b>1,75</b>	
<b>DISEÑADO POR</b> : María José Molina Hinojosa			<i>fm</i>	

**Fuente:** AASHTO 1993

➤ **Diseño de pavimento con CBR de las correlaciones, W18 impuesto**

**Tabla 68.** Resumen de resultados, CBR correlaciones, W18 impuesto

DATOS PARA EL CÁLCULO DE SN	
Tipo de pavimento	Flexible
TPDA 2041	1976 vehículos
Período de diseño	35 años
Ejes equivalentes	4588275
Clasificación de la vía	Corredor Arterial II
Serviciabilidad inicial	4,2
Serviciabilidad final	2,0
CBR de la subrasante	20 %
Confiabilidad	85%
Desviación estándar	-1,037
Desviación global	0,45
Módulo de resiliencia de subrasante	21028 psi
Módulo de resiliencia de carpeta asfáltica	375000 psi
Módulo de resiliencia de capa base	28000 psi
Módulo de resiliencia de capa subbase	14800 psi
Coficiente estructural a1	0,405
Coficiente estructural a2	0,133
Coficiente estructural a3	0,108
Coficientes de drenaje m2 y m3	1

**Autor:** María José Molina Hinojosa

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software interface. It is a window with a title bar and standard Windows controls. The interface is divided into several sections:

- Tipo de Pavimento:** Radio buttons for 'Pavimento flexible' (selected) and 'Pavimento rígido'.
- Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):** A dropdown menu showing '85 % Zi=-1.037' and a text box for 'So' with the value '0.45'.
- Serviciabilidad inicial y final:** Text boxes for 'PSI inicial' (4.2) and 'PSI final' (2).
- Módulo resiliente de la subrasante:** A text box for 'Mr' with the value '21028 psi'.
- Información adicional para pavimentos rígidos:** Four empty text boxes for 'Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)', 'Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)', 'Coeficiente de transmisión de carga - (J)', and 'Coeficiente de drenaje - (Cd)'.
- Tipo de Análisis:** Radio buttons for 'Calcular SN' (selected) and 'Calcular W18'. A text box for 'W18' contains the value '4588275'.
- Número Estructural:** A text box for 'SN' contains the calculated value '2,81'.
- Buttons:** 'Calcular' and 'Salir' buttons are located at the bottom.

**Figura 61.** Cálculo de SN, CBR de correlaciones, W18 impuesto

**Fuente:** AASHTO 1993

**Tabla 69.** Diseño de pavimento flexible, CBR de correlaciones, W18 impuesto

<b>DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES METODO AASHTO 1993</b>				
<b>PROYECTO</b> :	Tesis de Grado		<b>TRAMO</b> :	Vía La Libertad - El Placer
<b>SECCION</b> :	km 0+000	a km 2+350	<b>FECHA</b> :	Mayo 2021
<b>DATOS DE ENTRADA :</b>				
<b>1. CARACTERISTICAS DE MATERIALES</b>			<b>DATOS</b>	
A. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA (ksi)			375,00	
B. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA BASE GRANULAR (ksi)			28,00	
C. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA SUB-BASE (ksi)			14,80	
<b>2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE</b>				
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)			4.588.275	
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)			85%	
DESVIACION ESTANDAR NORMAL (Zr)			-1,037	
DESVIACION ESTANDAR GLOBAL (So)			0,45	
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)			21,03	
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)			4,2	
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)			2,0	
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)			35	
<b>3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO</b>				
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA				
Concreto Asfáltico Convencional (a <sub>1</sub> )			0,405	
Base granular (a <sub>2</sub> )			0,133	
Subbase (a <sub>3</sub> )			0,108	
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA				
Base granular (m <sub>2</sub> )			1,000	
Subbase (m <sub>3</sub> )			1,000	
<b>DATOS DE SALIDA :</b>				
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN <sub>REG</sub> )		<b>2,81</b>		
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN <sub>CA</sub> )		<b>2,53</b>		
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN <sub>BG</sub> )		<b>0,64</b>		
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN <sub>SB</sub> )		<b>-0,36</b>		
<b>ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO</b>				
		<b>PROPUESTA</b>		
	TEORICO	ESPESOR	SN*	
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)	15,9 cm	<b>10,0 cm</b>	1,59	
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	12,2 cm	<b>15,0 cm</b>	0,79	
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	-8,5 cm	<b>15,0 cm</b>	0,64	
ESPESOR TOTAL (cm)		<b>40,0 cm</b>	<b>3,02</b>	
<b>DISEÑADO POR</b> : María José Molina Hinojosa			<i>fm</i>	

Fuente: AASHTO 1993

**Tabla 70.** Resultados del diseño de pavimento

<b>CBR</b>	<b>Laboratorio</b>		<b>Correlacionado</b>	
	<b>19 %</b>		<b>20 %</b>	
<b>TPDA</b>	387	1976	387	1976
<b>W18</b>	149725	4588275	149725	4588275
<b>Mr</b>	20338 psi		21028 psi	
<b>SN</b>	1,63	2,84	1,61	2,81
<b>Carpeta Asfáltica</b>	5 cm	10 cm	5 cm	10 cm
<b>Base Granular</b>	10 cm	15 cm	10 cm	15 cm
<b>Sub base Granular</b>	10 cm	15 cm	10 cm	15 cm

**Autor:** María José Molina Hinojosa

### 3.2. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

Una vez culminada la investigación, se realizó un total de 23 correlaciones, las cuales tienen un coeficiente de correlación ( $R^2$ ) que varía desde 55 % a 87%.

#### **Ho: Hipótesis nula**

Las correlaciones obtenidas entre el CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas en suelos de la parroquia La Matriz del cantón Quero, provincia de Tungurahua, no tienen un coeficiente mayor al 50 %.

#### **Ha: Hipótesis alternativa**

Las correlaciones obtenidas entre el CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas en suelos de la parroquia La Matriz del cantón Quero, provincia de Tungurahua, tienen un coeficiente mayor al 50 %.

Por lo tanto, se acepta esta hipótesis ya que todos los coeficientes de correlación obtenidos en esta investigación superan al 50 %.

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. CONCLUSIONES

- Se determinó las propiedades índice de las muestras analizadas en la parroquia La Matriz del cantón Quero, en el cual, según el rango de los valores obtenidos de los ensayos realizados, se sabe que las muestras estudiadas corresponden a suelos granulares, del grupo de las arenas.
- Se concluye que los suelos analizados en esta investigación son de baja plasticidad ya que presenta valores de límite líquido inferiores al 50%, de igual manera presenta valores bajos de índice de plasticidad con un promedio inferior al 2% lo cual se ratifica lo dicho anteriormente.
- Se realizó la clasificación del suelo según los sistemas SUCS y AASHTO con la ayuda de los Límites de Atterberg y granulometría, concluyendo que en su mayoría se trata de suelos arenosos con contenido de limo (SM), con excepción de las muestras 5, 7 y 11 que son arenas pobremente graduadas con contenido de limo (SP – SM). La muestra 2 al tener un índice plástico negativo, se considera como un suelo no plástico. Por otra parte, según la AASHTO pertenecen en su mayoría al grupo A-2-4 (0) donde su material característico son gravas y arenas limosas o arcillosas, con excepción de la muestra 2 que pertenece al grupo A-3 (0) que es arena fina, además se considera un suelo no plástico.
- Se determinó la gravedad específica de los sólidos, con valores que varían entre 2,467 y 2,815, según los datos obtenidos se sabe que las muestras ensayadas corresponden al grupo de arenas limosas.
- Se determinó el contenido de humedad natural, obteniendo valores entre 4,73 y 28,87 %, los cuales son valores cercanos al rango en que se encuentran el grupo de las arenas.

- Se determinó la densidad húmeda in-situ, sus valores varían entre 1,239 y 1,660 gr/cm<sup>3</sup> y para la densidad seca in-situ varían entre 0,961 y 1,542 gr/cm<sup>3</sup>, según los valores obtenidos se sabe que las muestras ensayadas pertenecen al grupo de suelos granulares.
- Se determinó la densidad seca máxima y humedad óptima a través del ensayo Proctor Modificado, en donde los valores oscilan entre 1,588 – 1,860 gr/cm<sup>3</sup> y 10,40 – 15,00 % respectivamente. Indicando que se trata de suelos granulares ya que este tipo de suelo necesita un contenido de humedad óptimo bajo para alcanzar densidades relativamente altas.
- Se calculó el grado de compactación de los suelos, donde los valores obtenidos varían entre 55,89 y 97,08%, en el cual los valores que sean igual o superior al 95% podrán ser utilizados como material de subrasante.
- Se realizó el ensayo CBR en el que se obtuvo valores entre 4,80 – 53,00 %, clasificándolos de manera general de regular a bueno. De esta manera se puede concluir que los suelos estudiados satisfacen la capacidad de soporte mínima para su uso como subrasantes.
- Se concluye que los suelos analizados presentan una resistencia media al cono dinámico de penetración ya que sus valores de índice de penetración se encuentran entre 20,17 y 42,92 mm/golpe.
- Se determinó las correlaciones entre propiedades índice, donde se obtuvo coeficientes entre 58,06 y 87,45%, en la cual, el valor máximo fue mediante una correlación múltiple exponencial entre las propiedades de límite plástico, límite líquido y densidad seca in-situ. Se considera que presentan correlaciones aceptables para su aplicación.
- Se realizó las correlaciones entre el DCP y propiedades índice. Los coeficientes que se obtuvieron oscilan entre 72,31 y 83,64 %, siendo valores bastante confiables, el valor máximo de coeficiente se obtuvo mediante una correlación polinómica simple de grado dos con la propiedad de límite líquido. Estos

permitirán obtener el valor de índice de penetración, realizando ensayos más sencillos como Límites de Atterberg y granulometría.

- Se establecieron las correlaciones entre el CBR y propiedades índice, donde se obtuvieron coeficientes de correlación entre 55,13 y 80,44 %. Los valores más altos fueron mediante las propiedades que se determinó en laboratorio ya que las muestras de suelo se las ensaya con densidades y contenidos de humedad controladas. El valor máximo de coeficiente se obtuvo mediante una correlación múltiple lineal con las propiedades de límite líquido y humedad óptima.
- Se estableció la correlación entre el CBR y DCP, mediante una correlación polinómica simple de grado dos donde se obtuvo un coeficiente de 62,22 % con la cual se puede obtener valores aproximados del CBR.
- Se calculó el CBR mediante el promedio de cinco correlaciones con diferentes propiedades físico-mecánicas como índice de penetración, densidad seca in-situ, densidad seca máxima, límite líquido, índice de plasticidad e índice de liquidez de las muestras ensayadas, obteniendo un valor de 20%. Este valor es muy cercano al valor real del CBR en el ensayo de laboratorio de 19%.
- Se diseñó la estructura del pavimento tanto para el CBR de laboratorio (19%) como para el CBR obtenido a través de las correlaciones (20%). Se determinó que los números estructurales tuvieron una mínima variación, por lo tanto, los espesores de las capas fueron valores similares. Para la carpeta asfáltica 5 cm, base 10 cm y subbase 10 cm.
- Con los resultados del diseño estructural del pavimento se puede concluir que es factible la aplicación de las correlaciones para la obtención del CBR, sin la necesidad de realizar este ensayo, para estudios preliminares de suelos de subrasante.



## 4.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda seguir los lineamientos especificados en cada norma al momento de realizar los diferentes ensayos, de esta manera se obtendrán datos confiables y podrán ser aplicados correctamente al realizar las correlaciones.
- Se recomienda que al momento de realizar las calicatas se cercioren que el suelo no sea relleno, ya que son suelos que podrían no ser propios de la zona de estudio, o no se encuentran en estado natural y por ende van a dar resultados diferentes a los esperados.
- Se recomienda en lo posible realizar los ensayos en las mismas condiciones climáticas para que no existan variaciones entre las muestras analizadas, de esta manera se podrá obtener mejores resultados.
- Se recomienda al momento de realizar las correlaciones se eliminen muestras que contengan valores alejados a las demás, pudiéndose eliminar luego de un simple análisis estadístico, como máximo 2 muestras, de esta manera se obtendrán coeficientes de correlación mucho más altos.
- Se recomienda utilizar las correlaciones que se obtuvieron en esta investigación, para estudios preliminares de suelos de subrasante, únicamente para aquellos tipos de suelo que se encuentren dentro de los rangos de las propiedades físico-mecánicas establecidas en este estudio. De esta manera se obtendrán resultados más veraces.
- Se recomienda utilizar las ecuaciones que tengan un valor más alto de coeficientes de correlación ya que estos darán resultados más confiables al momento de su aplicación.
- Se recomienda utilizar la norma AASHTO 93 para el diseño estructural del pavimento, en donde se puede obtener todos los coeficientes necesarios para un diseño correcto.

- Se recomienda ampliar la base de datos referente a estudios de las propiedades físico-mecánicas de los suelos y las correlaciones entre éstas, para diferentes tipos de suelos del Ecuador.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] W. P. M. Black, "A Method of Estimating the California Bearing Ratio of Cohesive Soils From Plasticity Data," *GÉOTECHNIQUE*, vol. 12, no. 4, pp. 271–282, 1962.
- [2] T. Al-Refeai and A. Al-Suhaibani, "Prediction of CBR Using Dynamic Cone Penetrometer," *J. King Saud Univ. - Eng. Sci.*, vol. 9, no. 2, pp. 191–203, 1997.
- [3] M. M. E. Zumrawi, "Prediction of In-situ CBR of Subgrade Cohesive Soils from Dynamic Cone Penetrometer and Soil Properties," *Int. J. Eng. Technol.*, vol. 6, no. 5, pp. 439–442, 2014.
- [4] Z. S. Janjua and J. Chand, "Correlation of CBR with index properties of soil," *Int. J. Civ. Eng. Technol.*, vol. 7, no. 5, pp. 57–62, 2016.
- [5] Z. U. Rehman, U. Khalid, K. Farooq, and H. Mujtaba, "Prediction of CBR value from index properties of different soils," *Tech. J. Univ. Eng. Technol. Taxila, Pakistan*, vol. 22, no. August, pp. 17–26, 2017.
- [6] S. Rani and Nagaraj, "Prediction of CBR Value with Soil Index Properties ; Case Study on Yadadri Region," *Int. J. Latest Eng. Manag. Res.*, vol. 02, no. 07, pp. 9–12, 2017.
- [7] G. P. Cruz, "CORRELACIÓN NÚMERO DE GOLPES DCP VS PENETRACIÓN CBR IN SITU PARA RESISTENCIA AL ESFUERZO NORMAL DE PAVIMENTOS URBANOS, LAMBAYEQUE," UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN, 2019.
- [8] K. M. Chacón, "CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS PASA Y SAN FERNANDO, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA," UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, 2020.
- [9] Corporación Andina de Fomento, *Mantenimiento Vial. Informe Sectorial*, vol. 1. 2012.

- [10] L. E. Paucar, “Determinación de la ecuación de correlación entre los ensayos CBR de laboratorio y PDC in situ para los tipos de suelos de la subrasante de la vía Riobamba-Alausí.” UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO, 2011.
- [11] J. F. Nyemb Bayamack, V. L. Onana, A. T. Ndzié Mvindi, A. Ngo’o Ze, H. Nyassa Ohandja, and R. Medjo Eko, “Assessment of the determination of Californian Bearing Ratio of laterites with contrasted geotechnical properties from simple physical parameters,” *Transp. Geotech.*, vol. 19, no. February, pp. 84–95, 2019.
- [12] E. Juárez and A. Rico, *Mecánica de Suelos, Tomo I: Fundamentos de la Mecánica de Suelos*, Segunda Ed. México: EDITORIAL LIMUSA, S. A., 1967.
- [13] G. Duque and C. E. Escobar, *MECÁNICA DE LOS SUELOS*. Manizales, 2002.
- [14] E. Sáez, *Fundamentos de geotecnia*. Chile, 2010.
- [15] W. Rodríguez Serquén, *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica Suelos Y Cimentaciones*. 2019.
- [16] J. A. Sánchez and J. E. Yataco, “PROPIEDADES ÍNDICE DE LOS SUELOS Y SU RELACIÓN CON EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE LOS PAVIMENTOS EN EL DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE,” UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA, 2017.
- [17] T. W. Lambe and R. V. Whitman, *MECANICA DE SUELOS*. México: EDITORIAL LIMUSA, S.A, 2004.
- [18] O. Palacio León, A. Chávez Porras, and Y. L. Velásquez Castiblanco, “Evaluación y comparación del análisis granulométrico obtenido de agregados naturales y reciclados,” *Tecnura*, vol. 21, no. 53, pp. 96–106, 2017.
- [19] E. Juárez Badillo and A. Rico Rodríguez, *Mecánica de suelos, Tomo I: Fundamentos de la Mecánica de Suelos*. México: Limusa Noriega Editores, 2005.
- [20] G. Duque Escobar and C. E. Escobar Potes, “Relaciones gravimétricas y volumétricas del suelo,” in *Geomecánica*, Manizales, Colombia: Universidad

Nacional de Colombia- Sede Manizales, 2016, pp. 29–47.

- [21] A. J. Leoni, “Relaciones volumétricas y gravimétricas.” Lima, 2003.
- [22] D. Braja M., *FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA GEOTÉNICA*, Cuarta Edi., no. 1. México: CENGAGE Learning, 2015.
- [23] J. E. Bowles, *PROPIEDADES GEOFISICAS DE LOS SUELOS*. Bogotá, Colombia: McGraw Hill, 1982.
- [24] J. E. Bowles, *Manual de LABORATORIO DE SUELOS en Ingeniería Civil*, LIBROS McG., vol. 23, no. 0. Mexico, 1981.
- [25] F. Agreda Viscarra, “El cono dinámico de penetración y su aplicación en la evaluación de suelos,” 2006.
- [26] ASTM D6951, “Standard Test Method for Use of the Dynamic Cone Penetrometer in Shallow Pavement Applications,” *ASTM Int. West Conshohocken, PA.*, no. June, pp. 1–7, 2003.
- [27] ASTM D 1883 - 07, “Standard Test Methods for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils,” *ASTM Int. West Conshohocken*, pp. 1–9, 2009.
- [28] S. Murray R. and S. Larry J., *Estadística*, Cuarta Edi. México: McGRAW-HILL, 2009.
- [29] C. Martínez Bencardino, *Estadística y Muestreo*, 13 edición. Bogotá: Ecoe Ediciones, 2012.
- [30] Torrelavega, “AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS,” *Escuela Politécnica de Ingeniería de Minas y Energía*. .
- [31] AASHTO, “Guía AASHTO para el Diseño de Estructuras de Pavimentos,” *Am. Assoc. State Highw. Transp. Off.*, 1993.
- [32] NEVI-12-MTOP, “Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes. Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador,” *Minist. Transp. y Obras Públicas del Ecuador*, vol. 3, p. 1028, 2013.
- [33] Gobierno Autonomo y Descentralizado Cantón Quero, “Actualización del Plan

de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Santiago de Quero -  
Provincia de Tungurahua,” p. 327, 2015.

## **ANEXOS**

Ensayos realizados

TPDA

Pesos y dimensiones de vehículos

**Tabla 71.** Densidad de campo muestra 1



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



<b>Parroquia:</b>	La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b>	Tesis de Grado
<b>Vía:</b>	El Placer 1	<b>Normas:</b>	AASHTO T 191 2014
<b>Profundidad:</b>	70 cm	<b>Ensayado por:</b>	María José Molina
<b>Fecha:</b>	25/10/2020	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b>	1	<b>Coordenadas:</b>	X= 769166 Y= 9842688

**DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)**

**1. Determinación del peso del suelo extraído o peso de la masa**

Ensayo Número	1
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	737
Peso de la funda (gr)	6
Peso de la masa del suelo (gr)	731

**2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa**

Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	5984
Peso final frasco + cono + arena (gr)	4770
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	342
Peso arena en la perforación	872
Densidad de la arena de Ottawa (Calibración Arena)	1,589
Volumen de la perforación	548,77

**3. Determinación del contenido de humedad natural**

Recipiente número	3	4
Peso húmedo + recipiente (gr)	182,3	167,2
Peso seco + recipiente (gr)	165,2	151,5
Peso recipiente (gr)	35,3	35,4
Peso del agua (gr)	17,1	15,7
Peso de los sólidos (gr)	129,9	116,1
Contenido de humedad (%)	13,16	13,52
Contenido de humedad promedio (%)	13,34	

**4. Determinación de las fases del suelo**

$\text{cm}^3$	$\text{gr}$						
$V_m$	$V_v$	$V_a$ $V_w$ $V_s$		$W_a$ $W_w$ $W_s$ $W_m$			
			$V_v:$		57,58		
			$V_a:$		41,88	0	$W_a$
			$V_w:$		15,7	15,7	$W_w$
			$V_s:$		41,36	116,1	$W_s$
$V_m:$	98,94	131,8	$W_m$				

GS
2,81

**4. Determinación de las propiedades índice del suelo analizado**

Peso volumétrico del suelo húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,332
Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1,175
Contenido de humedad natural (%)	13,343
Relación de vacíos	1,392
Porosidad (%)	58,195
Grado de saturación del agua (%)	27,266
Grado de saturación del aire (%)	72,734

**Autor:** María José Molina Hinojosa



Tabla 72. Densidad de campo muestra 2



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



<b>Parroquia:</b> La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b> Tesis de Grado
<b>Vía:</b> El Placer 2	<b>Normas:</b> AASHTO T 191 2014
<b>Profundidad:</b> 70 cm	<b>Ensayado por:</b> María José Molina
<b>Fecha:</b> 25/10/2020	<b>Revisado por:</b> Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b> 2	<b>Coordenadas:</b> X= 768088 Y= 9842740

**DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)**

**1. Determinación del peso del suelo extraído o peso de la masa**

Ensayo Número	2
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	827
Peso de la funda (gr)	6
Peso de la masa del suelo (gr)	821

**2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa**

Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	5763
Peso final frasco + cono + arena (gr)	4488
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	342
Peso arena en la perforación	933
Densidad de la arena de Ottawa (Calibración Arena)	1,589
Volumen de la perforación	587,16

**3. Determinación del contenido de humedad natural**

Recipiente número	7	8
Peso húmedo + recipiente (gr)	153,3	163,5
Peso seco + recipiente (gr)	142,4	150,3
Peso recipiente (gr)	34,3	28,6
Peso del agua (gr)	10,9	13,2
Peso de los sólidos (gr)	108,1	121,7
Contenido de humedad (%)	10,08	10,85
Contenido de humedad promedio (%)	10,46	

**4. Determinación de las fases del suelo**

	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Volumen</th> <th>Pesos</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Vv:</td> <td align="center">43,06</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Va:</td> <td align="center">32,16</td> <td align="center">0</td> <td>Wa</td> </tr> <tr> <td>Vw:</td> <td align="center">10,9</td> <td align="center">10,9</td> <td>Ww</td> </tr> <tr> <td>Vs:</td> <td align="center">42,05</td> <td align="center">108,1</td> <td>Ws</td> </tr> <tr> <td>Vm:</td> <td align="center">85,11</td> <td align="center">119</td> <td>Wm</td> </tr> </tbody> </table>		Volumen	Pesos		Vv:	43,06			Va:	32,16	0	Wa	Vw:	10,9	10,9	Ww	Vs:	42,05	108,1	Ws	Vm:	85,11	119	Wm	<table border="1"> <tr> <td>GS</td> </tr> <tr> <td align="center">2,57</td> </tr> </table>	GS	2,57
	Volumen	Pesos																										
Vv:	43,06																											
Va:	32,16	0	Wa																									
Vw:	10,9	10,9	Ww																									
Vs:	42,05	108,1	Ws																									
Vm:	85,11	119	Wm																									
GS																												
2,57																												

**4. Determinación de las propiedades índice del suelo analizado**

Peso volumétrico del suelo húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,398
Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1,266
Contenido de humedad natural (%)	10,465
Relación de vacíos	1,024
Porosidad (%)	50,596
Grado de saturación del agua (%)	25,313
Grado de saturación del aire (%)	74,687

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Tabla 73. Densidad de campo muestra 3



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



<b>Parroquia:</b> La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b> Tesis de Grado
<b>Vía:</b> Piquil 1	<b>Normas:</b> AASHTO T 191 2014
<b>Profundidad:</b> 60 cm	<b>Ensayado por:</b> María José Molina
<b>Fecha:</b> 25/10/2020	<b>Revisado por:</b> Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b> 3	<b>Coordenadas:</b> X= 766476 Y= 9843220

**DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)**

**1. Determinación del peso del suelo extraído o peso de la masa**

Ensayo Número	3
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	866
Peso de la funda (gr)	6
Peso de la masa del suelo (gr)	860

**2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa**

Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	5560
Peso final frasco + cono + arena (gr)	4313
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	342
Peso arena en la perforación	905
Densidad de la arena de Ottawa (Calibración Arena)	1,589
Volumen de la perforación	569,54

**3. Determinación del contenido de humedad natural**

Recipiente número	1	2
Peso húmedo + recipiente (gr)	144,2	149,4
Peso seco + recipiente (gr)	136,1	142,3
Peso recipiente (gr)	37,0	36,2
Peso del agua (gr)	8,1	7,1
Peso de los sólidos (gr)	99,1	106,1
Contenido de humedad (%)	8,17	6,69
Contenido de humedad promedio (%)	7,43	

**4. Determinación de las fases del suelo**

	cm <sup>3</sup>	gr		
$V_m \left\{ \begin{array}{l} V_v \\ V_w \\ V_s \end{array} \right\}$	Vv:	32,92		
	Va:	25,82	0	Wa
	Vw:	7,1	7,1	Ww
	Vs:	42,05	106,1	Ws
	Vm:	74,97	113,2	Wm

GS
2,52

**4. Determinación de las propiedades índice del suelo analizado**

Peso volumétrico del suelo húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,510
Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1,406
Contenido de humedad natural (%)	7,433
Relación de vacíos	0,783
Porosidad (%)	43,915
Grado de saturación del agua (%)	21,566
Grado de saturación del aire (%)	78,434

**Autor:** María José Molina Hinojosa

**Tabla 74.** Densidad de campo muestra 4



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



<b>Parroquia:</b> La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b> Tesis de Grado
<b>Vía:</b> Piquil 2	<b>Normas:</b> AASHTO T 191 2014
<b>Profundidad:</b> 50 cm	<b>Ensayado por:</b> María José Molina
<b>Fecha:</b> 25/10/2020	<b>Revisado por:</b> Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b> 4	<b>Coordenadas:</b> X= 766606 Y= 9842156

**DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)**

**1. Determinación del peso del suelo extraído o peso de la masa**

Ensayo Número	4
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	957
Peso de la funda (gr)	6
Peso de la masa del suelo (gr)	951

**2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa**

Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	5437
Peso final frasco + cono + arena (gr)	4159
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	342
Peso arena en la perforación	936
Densidad de la arena de Ottawa (Calibración Arena)	1,589
Volumen de la perforación	589,05

**3. Determinación del contenido de humedad natural**

Recipiente número	13	14
Peso húmedo + recipiente (gr)	220,3	230,2
Peso seco + recipiente (gr)	212,4	221,1
Peso recipiente (gr)	38,1	36,4
Peso del agua (gr)	7,9	9,1
Peso de los sólidos (gr)	174,3	184,7
Contenido de humedad (%)	4,53	4,93
Contenido de humedad promedio (%)	4,73	

**4. Determinación de las fases del suelo**

	Vv:	47,26		
	Va:	39,36	0	Wa
	Vw:	7,9	7,9	Ww
	Vs:	65,59	174,3	Ws
	Vm:	112,85	182,2	Wm

GS
2,66

**4. Determinación de las propiedades índice del suelo analizado**

Peso volumétrico del suelo húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,614
Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1,542
Contenido de humedad natural (%)	4,730
Relación de vacíos	0,721
Porosidad (%)	41,880
Grado de saturación del agua (%)	16,715
Grado de saturación del aire (%)	83,285

**Autor:** María José Molina Hinojosa





Tabla 77. Densidad de campo muestra 7



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



<b>Parroquia:</b>	La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b>	Tesis de Grado
<b>Vía:</b>	Hualcanga la Dolorosa 1	<b>Normas:</b>	AASHTO T 191 2014
<b>Profundidad:</b>	55 cm	<b>Ensayado por:</b>	María José Molina
<b>Fecha:</b>	25/10/2020	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b>	7	<b>Coordenadas:</b>	X= 767166 Y= 9840509

**DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)**

**1. Determinación del peso del suelo extraído o peso de la masa**

Ensayo Número	7
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	843
Peso de la funda (gr)	6
Peso de la masa del suelo (gr)	837

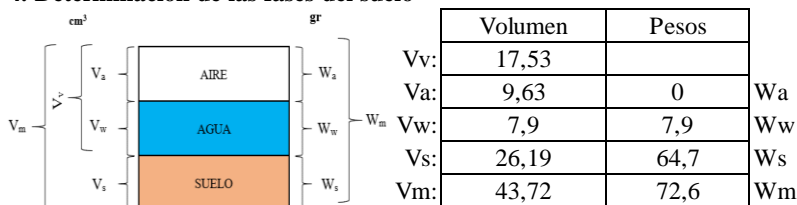
**2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa**

Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	5415
Peso final frasco + cono + arena (gr)	4272
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	342
Peso arena en la perforación	801
Densidad de la arena de Ottawa (Calibración Arena)	1,589
Volumen de la perforación	504,09

**3. Determinación del contenido de humedad natural**

Recipiente número	19	20
Peso húmedo + recipiente (gr)	84,1	84,2
Peso seco + recipiente (gr)	75,9	76,3
Peso recipiente (gr)	11,5	11,6
Peso del agua (gr)	8,2	7,9
Peso de los sólidos (gr)	64,4	64,7
Contenido de humedad (%)	12,73	12,21
Contenido de humedad promedio (%)	12,47	

**4. Determinación de las fases del suelo**



GS
2,47

**4. Determinación de las propiedades índice del suelo analizado**

Peso volumétrico del suelo húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,660
Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1,476
Contenido de humedad natural (%)	12,472
Relación de vacíos	0,669
Porosidad (%)	40,092
Grado de saturación del agua (%)	45,066
Grado de saturación del aire (%)	54,934

**Autor:** María José Molina Hinojosa



**Tabla 79.** Densidad de campo muestra 9



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



<b>Parroquia:</b>	La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b>	Tesis de Grado
<b>Vía:</b>	San José de Guanto 1	<b>Normas:</b>	AASHTO T 191 2014
<b>Profundidad:</b>	50 cm	<b>Ensayado por:</b>	María José Molina
<b>Fecha:</b>	25/10/2020	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b>	9	<b>Coordenadas:</b>	X= 768856 Y= 9840460

**DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)**

**1. Determinación del peso del suelo extraído o peso de la masa**

Ensayo Número	9
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	746
Peso de la funda (gr)	6
Peso de la masa del suelo (gr)	740

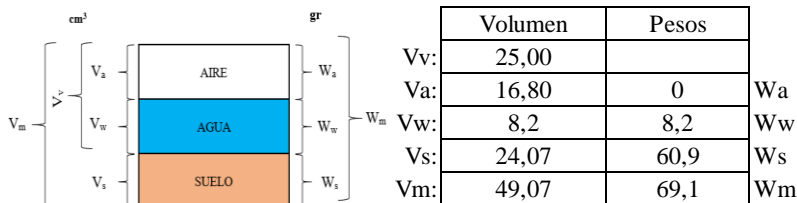
**2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa**

Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	5144
Peso final frasco + cono + arena (gr)	3967
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	342
Peso arena en la perforación	835
Densidad de la arena de Ottawa (Calibración Arena)	1,589
Volumen de la perforación	525,49

**3. Determinación del contenido de humedad natural**

Recipiente número	21	22
Peso húmedo + recipiente (gr)	82,6	98,3
Peso seco + recipiente (gr)	74,4	88,5
Peso recipiente (gr)	13,5	12,3
Peso del agua (gr)	8,2	9,8
Peso de los sólidos (gr)	60,9	76,2
Contenido de humedad (%)	13,46	12,86
Contenido de humedad promedio (%)	13,16	

**4. Determinación de las fases del suelo**



GS
2,53

**4. Determinación de las propiedades índice del suelo analizado**

Peso volumétrico del suelo húmedo (gr/cm³)	1,408
Densidad seca (gr/cm³)	1,244
Contenido de humedad natural (%)	13,163
Relación de vacíos	1,039
Porosidad (%)	50,954
Grado de saturación del agua (%)	32,797
Grado de saturación del aire (%)	67,203

**Autor:** María José Molina Hinojosa



Tabla 80. Densidad de campo muestra 10



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



<b>Parroquia:</b>	La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b>	Tesis de Grado
<b>Vía:</b>	San José de Guanto 2	<b>Normas:</b>	AASHTO T 191 2014
<b>Profundidad:</b>	60 cm	<b>Ensayado por:</b>	María José Molina
<b>Fecha:</b>	25/10/2020	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b>	10	<b>Coordenadas:</b>	X= 769566 Y= 9840619

**DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)**

**1. Determinación del peso del suelo extraído o peso de la masa**

Ensayo Número	10
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	1023
Peso de la funda (gr)	6
Peso de la masa del suelo (gr)	1017

**2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa**

Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	5078
Peso final frasco + cono + arena (gr)	3707
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	342
Peso arena en la perforación	1029
Densidad de la arena de Ottawa (Calibración Arena)	1,589
Volumen de la perforación	647,58

**3. Determinación del contenido de humedad natural**

Recipiente número	15	16
Peso húmedo + recipiente (gr)	215,7	202,3
Peso seco + recipiente (gr)	194,5	183,1
Peso recipiente (gr)	36,2	38,2
Peso del agua (gr)	21,2	19,2
Peso de los sólidos (gr)	158,3	144,9
Contenido de humedad (%)	13,39	13,25
Contenido de humedad promedio (%)	13,32	

**4. Determinación de las fases del suelo**

		Volumen	Pesos				
$V_m$ <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 5px;"> <math>V_v</math> </div> <div style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; padding: 0 5px;"> <math>V_a</math> </div> <div style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; padding: 0 5px;"> <math>V_w</math> </div> <div style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; padding: 0 5px;"> <math>V_s</math> </div> </div>	AIRE	47,08	0	$W_a$	<table border="1"> <tr> <td>GS</td> </tr> <tr> <td>2,52</td> </tr> </table>	GS	2,52
	GS						
	2,52						
	AGUA	19,2	19,2	$W_w$			
	SUELO	57,41	144,9	$W_s$			
		$W_m$	$W_m$				
		$V_m$	104,49	164,1			

**4. Determinación de las propiedades índice del suelo analizado**

Peso volumétrico del suelo húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,570
Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1,386
Contenido de humedad natural (%)	13,321
Relación de vacíos	0,820
Porosidad (%)	45,053
Grado de saturación del agua (%)	40,785
Grado de saturación del aire (%)	59,215

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Tabla 81. Densidad de campo muestra 11



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



<b>Parroquia:</b> La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b> Tesis de Grado
<b>Vía:</b> La Libertad 1	<b>Normas:</b> AASHTO T 191 2014
<b>Profundidad:</b> 60 cm	<b>Ensayado por:</b> María José Molina
<b>Fecha:</b> 25/10/2020	<b>Revisado por:</b> Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b> 11	<b>Coordenadas:</b> X= 768424 Y= 9843830

**DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)**

**1. Determinación del peso del suelo extraído o peso de la masa**

Ensayo Número	11
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	650
Peso de la funda (gr)	6
Peso de la masa del suelo (gr)	644

**2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa**

Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	6243
Peso final frasco + cono + arena (gr)	5075
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	342
Peso arena en la perforación	826
Densidad de la arena de Ottawa (Calibración Arena)	1,589
Volumen de la perforación	519,82

**3. Determinación del contenido de humedad natural**

Recipiente número	17	18
Peso húmedo + recipiente (gr)	207,3	181,6
Peso seco + recipiente (gr)	168,5	149,6
Peso recipiente (gr)	37,2	36,1
Peso del agua (gr)	38,8	32,0
Peso de los sólidos (gr)	131,3	113,5
Contenido de humedad (%)	29,55	28,19
Contenido de humedad promedio (%)	28,87	

**4. Determinación de las fases del suelo**

	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Volumen</th> <th>Pesos</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Vv:</td> <td align="center">77,11</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Va:</td> <td align="center">45,11</td> <td align="center">0</td> <td>Wa</td> </tr> <tr> <td>Vw:</td> <td align="center">32</td> <td align="center">32</td> <td>Ww</td> </tr> <tr> <td>Vs:</td> <td align="center">40,34</td> <td align="center">113,5</td> <td>Ws</td> </tr> <tr> <td>Vm:</td> <td align="center">117,44</td> <td align="center">145,5</td> <td>Wm</td> </tr> </tbody> </table>		Volumen	Pesos		Vv:	77,11			Va:	45,11	0	Wa	Vw:	32	32	Ww	Vs:	40,34	113,5	Ws	Vm:	117,44	145,5	Wm	<table border="1"> <tr> <td>GS</td> </tr> <tr> <td align="center">2,81</td> </tr> </table>	GS	2,81
	Volumen	Pesos																										
Vv:	77,11																											
Va:	45,11	0	Wa																									
Vw:	32	32	Ww																									
Vs:	40,34	113,5	Ws																									
Vm:	117,44	145,5	Wm																									
GS																												
2,81																												

**4. Determinación de las propiedades índice del suelo analizado**

Peso volumétrico del suelo húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,239
Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	0,961
Contenido de humedad natural (%)	28,872
Relación de vacíos	1,911
Porosidad (%)	65,653
Grado de saturación del agua (%)	41,501
Grado de saturación del aire (%)	58,499

**Autor:** María José Molina Hinojosa

**Tabla 82.** Densidad de campo muestra 12



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



<b>Parroquia:</b> La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b> Tesis de Grado
<b>Vía:</b> La Libertad 2	<b>Normas:</b> AASHTO T 191 2014
<b>Profundidad:</b> 50 cm	<b>Ensayado por:</b> María José Molina
<b>Fecha:</b> 25/10/2020	<b>Revisado por:</b> Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b> 12	<b>Coordenadas:</b> X= 768489 Y= 9843627

**DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)**

**1. Determinación del peso del suelo extraído o peso de la masa**

Ensayo Número	12
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	790
Peso de la funda (gr)	6
Peso de la masa del suelo (gr)	784

**2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa**

Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	6007
Peso final frasco + cono + arena (gr)	4905
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	342
Peso arena en la perforación	760
Densidad de la arena de Ottawa (Calibración Arena)	1,589
Volumen de la perforación	478,29

**3. Determinación del contenido de humedad natural**

Recipiente número	5	6
Peso húmedo + recipiente (gr)	180,6	132,3
Peso seco + recipiente (gr)	163,7	121,2
Peso recipiente (gr)	35,2	35,6
Peso del agua (gr)	16,9	11,1
Peso de los sólidos (gr)	128,5	85,6
Contenido de humedad (%)	13,15	12,97
Contenido de humedad promedio (%)	13,06	

**4. Determinación de las fases del suelo**

	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Volumen</th> <th>Pesos</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Vv:</td> <td align="center">24,29</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Va:</td> <td align="center">13,19</td> <td align="center">0</td> <td>Wa</td> </tr> <tr> <td>Vw:</td> <td align="center">11,1</td> <td align="center">11,1</td> <td>Ww</td> </tr> <tr> <td>Vs:</td> <td align="center">34,70</td> <td align="center">85,6</td> <td>Ws</td> </tr> <tr> <td>Vm:</td> <td align="center">58,99</td> <td align="center">96,7</td> <td>Wm</td> </tr> </tbody> </table>		Volumen	Pesos		Vv:	24,29			Va:	13,19	0	Wa	Vw:	11,1	11,1	Ww	Vs:	34,70	85,6	Ws	Vm:	58,99	96,7	Wm	<table border="1"> <tr> <td align="center">GS</td> </tr> <tr> <td align="center">2,47</td> </tr> </table>	GS	2,47
	Volumen	Pesos																										
Vv:	24,29																											
Va:	13,19	0	Wa																									
Vw:	11,1	11,1	Ww																									
Vs:	34,70	85,6	Ws																									
Vm:	58,99	96,7	Wm																									
GS																												
2,47																												

**4. Determinación de las propiedades índice del suelo analizado**

Peso volumétrico del suelo húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,639
Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1,450
Contenido de humedad natural (%)	13,060
Relación de vacíos	0,700
Porosidad (%)	41,181
Grado de saturación del agua (%)	45,690
Grado de saturación del aire (%)	54,310

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Tabla 83. Granulometría muestra 1



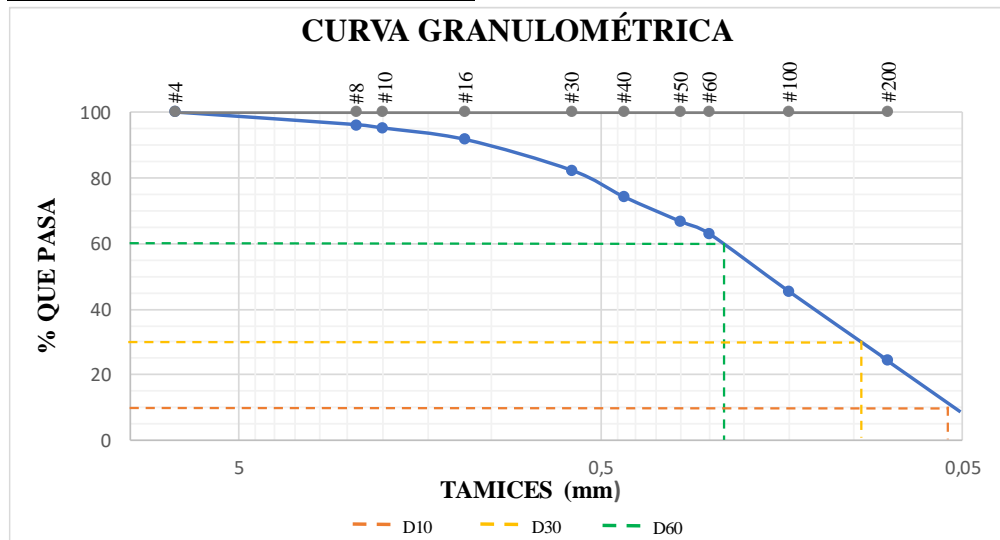
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



<b>Parroquia:</b>	La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b>	Tesis de Grado
<b>Vía:</b>	El Placer 1	<b>Normas:</b>	AASHTO T 88 2013
<b>Profundidad:</b>	70 cm	<b>Ensayado por:</b>	María José Molina
<b>Fecha:</b>	17/12/2020	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b>	1	<b>Coordenadas:</b>	X= 769166 Y= 9842688

**GRANULOMETRÍA**

TAMIZ	mm	Peso retenido por tamiz (gr)	Peso retenido acumulado (gr)	% Retenido Acumulado	% Que pasa
#4	7,46	0,00	0,00	0,00	100,00
#8	2,36	9,60	9,60	3,84	96,16
#10	2	2,50	12,10	4,84	95,16
#16	1,18	8,80	20,90	8,36	91,64
#30	0,6	23,40	44,30	17,72	82,28
#40	0,43	20,20	64,50	25,80	74,20
#50	0,3	18,80	83,30	33,32	66,68
#60	0,25	9,30	92,60	37,04	62,96
#100	0,15	44,20	136,80	54,72	45,28
#200	0,08	52,45	189,25	75,70	24,30
PASA #200		60,75	250,00	100,00	0,00
Peso total (gr):		<b>250,00</b>			



<b>RESULTADOS</b>				
Coeficiente de uniformidad y curvatura			Fracciones partículas	
D10:	0,051	mm	Grava	0,00 %
D30:	0,059	mm	Arena	75,70 %
D60:	0,086	mm	Finos	24,30 %
Cu:	1,69			
Cc:	0,79			

**Autor:** María José Molina Hinojosa

**Tabla 84.** Granulometría muestra 2



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

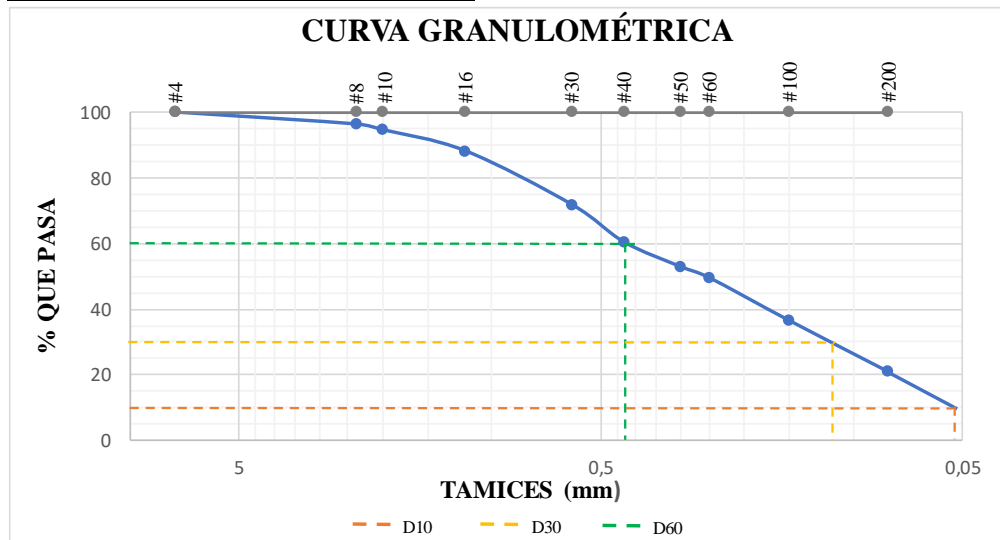


**Parroquia:** La Matriz-Quero  
**Vía:** El Placer 2  
**Profundidad:** 70 cm  
**Fecha:** 17/12/2020  
**Muestra:** 2

**Proyecto:** Tesis de Grado  
**Normas:** AASHTO T 88 2013  
**Ensayado por:** María José Molina  
**Revisado por:** Ing. Favio Portilla  
**Coordenadas:** X= 768088  
 Y= 9842740

**GRANULOMETRÍA**

TAMIZ	mm	Peso retenido por tamiz (gr)	Peso retenido acumulado (gr)	% Retenido Acumulado	% Que pasa
#4	7,46	0,00	0,00	0,00	100,00
#8	2,36	9,10	9,10	3,64	96,36
#10	2	4,30	13,40	5,36	94,64
#16	1,18	16,10	29,50	11,80	88,20
#30	0,6	40,80	70,30	28,12	71,88
#40	0,43	28,70	99,00	39,60	60,40
#50	0,3	18,80	117,80	47,12	52,88
#60	0,25	8,40	126,20	50,48	49,52
#100	0,15	32,80	159,00	63,60	36,40
#200	0,08	38,90	197,90	79,16	20,84
PASA #200		52,10	250,00	100,00	0,00
Peso total (gr):		<b>250,00</b>			



<b>RESULTADOS</b>				
Coeficiente de uniformidad y curvatura			Fracciones partículas	
D10:	0,051	mm	Grava	0,00 %
D30:	0,063	mm	Arena	79,16 %
D60:	0,36	mm	Finos	20,84 %
Cu:	7,06			
Cc:	0,22			

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Tabla 85. Granulometría muestra 3



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

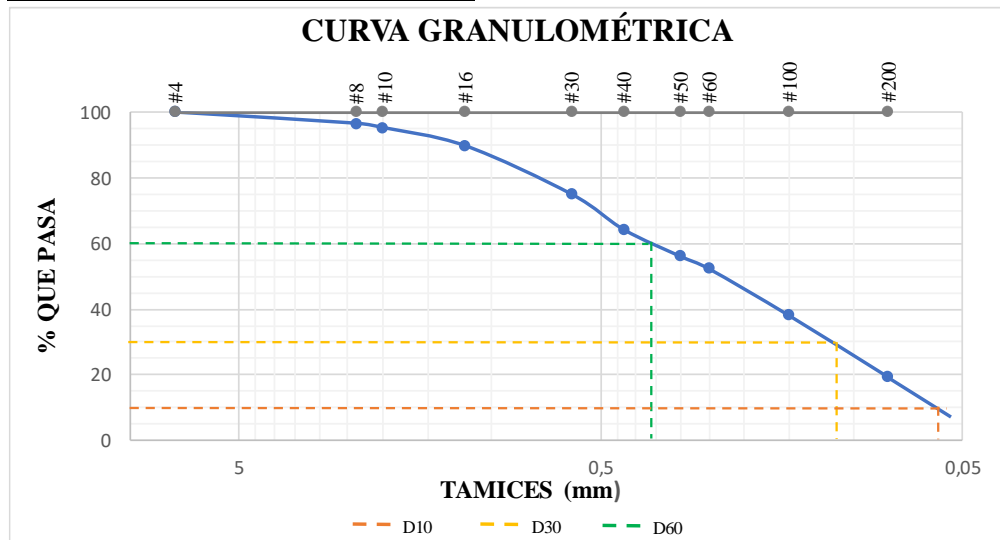


**Parroquia:** La Matriz-Quero  
**Vía:** Piquil 1  
**Profundidad:** 60 cm  
**Fecha:** 17/12/2020  
**Muestra:** 3

**Proyecto:** Tesis de Grado  
**Normas:** AASHTO T 88 2013  
**Ensayado por:** María José Molina  
**Revisado por:** Ing. Favio Portilla  
**Coordenadas:** X= 766476  
 Y= 9843220

**GRANULOMETRÍA**

TAMIZ	mm	Peso retenido por tamiz (gr)	Peso retenido acumulado (gr)	% Retenido Acumulado	% Que pasa
#4	7,46	0,00	0,00	0,00	100,00
#8	2,36	8,50	8,50	3,40	96,60
#10	2	3,20	11,70	4,68	95,32
#16	1,18	13,90	25,60	10,24	89,76
#30	0,6	36,80	62,40	24,96	75,04
#40	0,43	27,00	89,40	35,76	64,24
#50	0,3	20,30	109,70	43,88	56,12
#60	0,25	9,50	119,20	47,68	52,32
#100	0,15	35,60	154,80	61,92	38,08
#200	0,08	46,60	201,40	80,56	19,44
PASA #200		48,60	250,00	100,00	0,00
Peso total (gr):		<b>250,00</b>			



<b>RESULTADOS</b>					
Coeficiente de uniformidad y curvatura			Fracciones partículas		
D10:	0,052	mm	Grava	0,00	%
D30:	0,062	mm	Arena	80,56	%
D60:	0,21	mm	Finos	19,44	%
Cu:	4,04				
Cc:	0,35				

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Tabla 86. Granulometría muestra 4



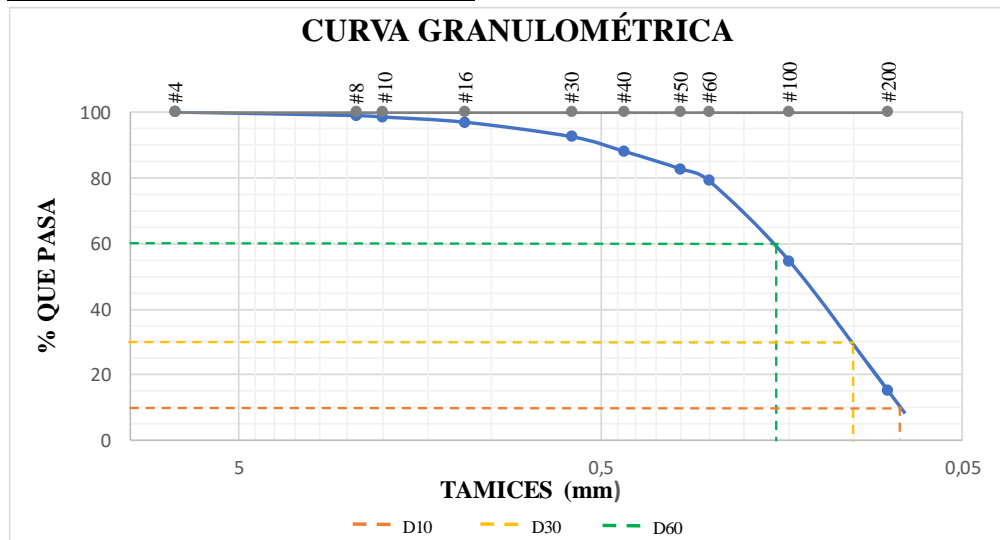
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



<b>Parroquia:</b> La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b> Tesis de Grado
<b>Vía:</b> Piquil 2	<b>Normas:</b> AASHTO T 88 2013
<b>Profundidad:</b> 50 cm	<b>Ensayado por:</b> María José Molina
<b>Fecha:</b> 17/12/2020	<b>Revisado por:</b> Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b> 4	<b>Coordenadas:</b> X= 766606 Y= 9842156

**GRANULOMETRÍA**

TAMIZ	mm	Peso retenido por tamiz (gr)	Peso retenido acumulado (gr)	% Retenido Acumulado	% Que pasa
#4	7,46	0,00	0,00	0,00	100,00
#8	2,36	2,70	2,70	1,08	98,92
#10	2	1,10	3,80	1,52	98,48
#16	1,18	4,00	7,80	3,12	96,88
#30	0,6	11,00	18,80	7,52	92,48
#40	0,43	11,10	29,90	11,96	88,04
#50	0,3	13,40	43,30	17,32	82,68
#60	0,25	9,10	52,40	20,96	79,04
#100	0,15	61,10	113,50	45,40	54,60
#200	0,08	98,80	212,30	84,92	15,08
PASA #200		37,70	250,00	100,00	0,00
Peso total (gr):		<b>250,00</b>			



<b>RESULTADOS</b>				
Coeficiente de uniformidad y curvatura			Fracciones partículas	
D10:	0,056	mm	Grava	0,00 %
D30:	0,06	mm	Arena	84,92 %
D60:	0,072	mm	Finos	15,08 %
Cu:	1,29			
Cc:	0,89			

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Tabla 87. Granulometría muestra 5



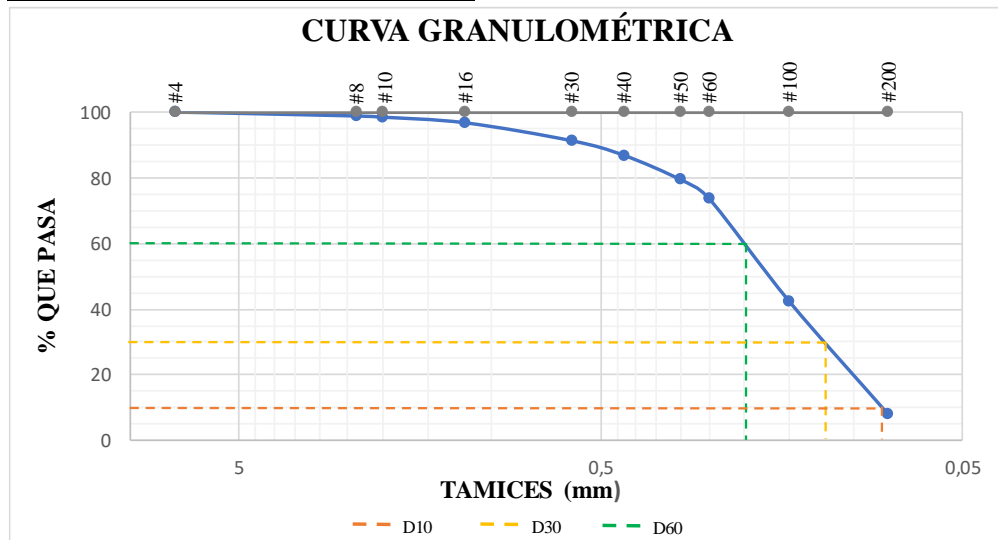
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



<b>Parroquia:</b>	La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b>	Tesis de Grado
<b>Vía:</b>	San Pedro de Sabañag 1	<b>Normas:</b>	AASHTO T 88 2013
<b>Profundidad:</b>	50 cm	<b>Ensayado por:</b>	María José Molina
<b>Fecha:</b>	17/12/2020	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b>	5	<b>Coordenadas:</b>	X= 768674 Y= 9839439

**GRANULOMETRÍA**

TAMIZ	mm	Peso retenido por tamiz (gr)	Peso retenido acumulado (gr)	% Retenido Acumulado	% Que pasa
#4	7,46	0,00	0,00	0,00	100,00
#8	2,36	3,00	3,00	1,20	98,80
#10	2	0,90	3,90	1,56	98,44
#16	1,18	4,30	8,20	3,28	96,72
#30	0,6	13,60	21,80	8,72	91,28
#40	0,43	11,10	32,90	13,16	86,84
#50	0,3	18,50	51,40	20,56	79,44
#60	0,25	14,40	65,80	26,32	73,68
#100	0,15	78,20	144,00	57,60	42,40
#200	0,08	85,60	229,60	91,84	8,16
PASA #200		20,40	250,00	100,00	0,00
Peso total (gr):		<b>250,00</b>			



<b>RESULTADOS</b>				
Coeficiente de uniformidad y curvatura			Fracciones partículas	
D10:	0,058	mm	Grava	0,00 %
D30:	0,064	mm	Arena	91,84 %
D60:	0,08	mm	Finos	8,16 %
Cu:	1,38			
Cc:	0,88			

**Autor:** María José Molina Hinojosa



**Tabla 88.** Granulometría muestra 6



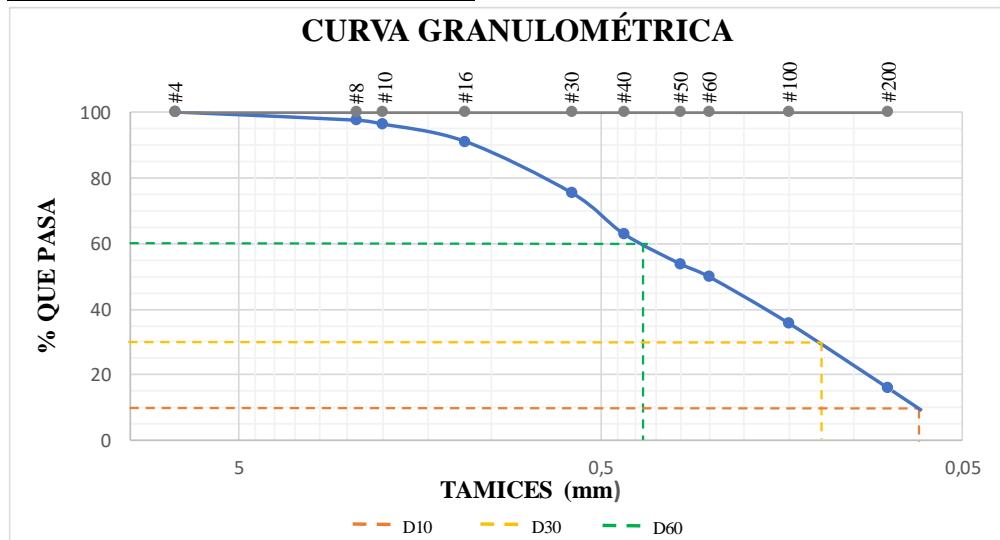
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



<b>Parroquia:</b>	La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b>	Tesis de Grado
<b>Vía:</b>	San Pedro de Sabañag 2	<b>Normas:</b>	AASHTO T 88 2013
<b>Profundidad:</b>	50 cm	<b>Ensayado por:</b>	María José Molina
<b>Fecha:</b>	17/12/2020	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b>	6	<b>Coordenadas:</b>	X= 768028 Y= 9840636

**GRANULOMETRÍA**

TAMIZ	mm	Peso retenido por tamiz (gr)	Peso retenido acumulado (gr)	% Retenido Acumulado	% Que pasa
#4	7,46	0,00	0,00	0,00	100,00
#8	2,36	6,20	6,20	2,48	97,52
#10	2	2,90	9,10	3,64	96,36
#16	1,18	13,30	22,40	8,96	91,04
#30	0,6	39,00	61,40	24,56	75,44
#40	0,43	31,30	92,70	37,08	62,92
#50	0,3	22,90	115,60	46,24	53,76
#60	0,25	9,70	125,30	50,12	49,88
#100	0,15	35,60	160,90	64,36	35,64
#200	0,08	49,05	209,95	83,98	16,02
PASA #200		40,05	250,00	100,00	0,00
Peso total (gr):		<b>250,00</b>			



<b>RESULTADOS</b>				
Coeficiente de uniformidad y curvatura			Fracciones partículas	
D10:	0,054	mm	Grava	0,00 %
D30:	0,065	mm	Arena	83,98 %
D60:	0,28	mm	Finos	16,02 %
Cu:	5,19			
Cc:	0,28			

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Tabla 89. Granulometría muestra 7



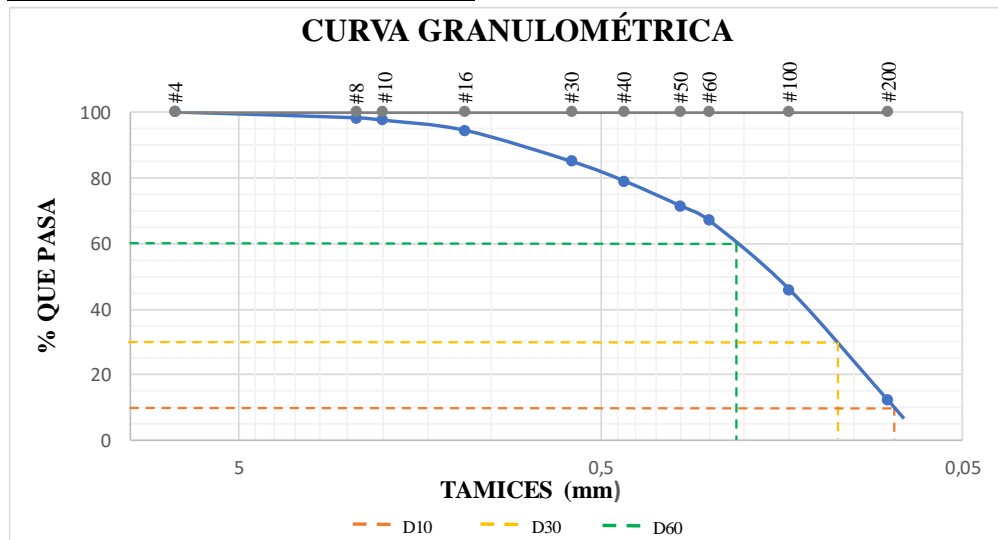
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



<b>Parroquia:</b>	La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b>	Tesis de Grado
<b>Vía:</b>	Hualcanga la Dolorosa 1	<b>Normas:</b>	AASHTO T 88 2013
<b>Profundidad:</b>	55 cm	<b>Ensayado por:</b>	María José Molina
<b>Fecha:</b>	17/12/2020	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b>	7	<b>Coordenadas:</b>	X= 767166 Y= 9840509

**GRANULOMETRÍA**

TAMIZ	mm	Peso retenido por tamiz (gr)	Peso retenido acumulado (gr)	% Retenido Acumulado	% Que pasa
#4	7,46	0,00	0,00	0,00	100,00
#8	2,36	4,40	4,40	1,76	98,24
#10	2	1,80	6,20	2,48	97,52
#16	1,18	7,80	14,00	5,60	94,40
#30	0,6	23,70	37,70	15,08	84,92
#40	0,43	14,80	52,50	21,00	79,00
#50	0,3	19,10	71,60	28,64	71,36
#60	0,25	11,10	82,70	33,08	66,92
#100	0,15	52,70	135,40	54,16	45,84
#200	0,08	84,70	220,10	88,04	11,96
PASA #200		29,90	250,00	100,00	0,00
Peso total (gr):		<b>250,00</b>			



<b>RESULTADOS</b>				
Coeficiente de uniformidad y curvatura			Fracciones partículas	
D10:	0,056	mm	Grava	0,00 %
D30:	0,062	mm	Arena	88,04 %
D60:	0,082	mm	Finos	11,96 %
Cu:	1,46			
Cc:	0,84			

**Autor:** María José Molina Hinojosa

**Tabla 90.** Granulometría muestra 8



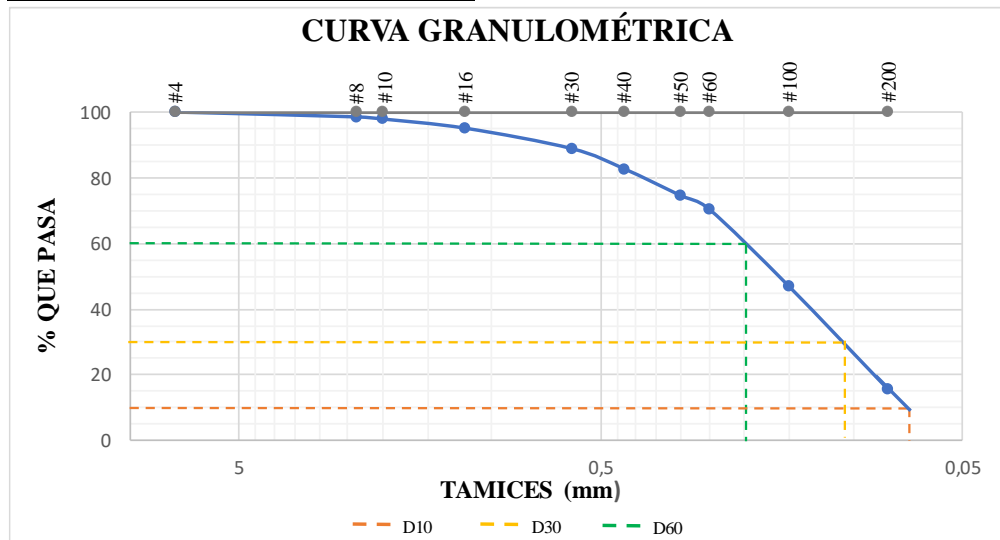
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



<b>Parroquia:</b>	La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b>	Tesis de Grado
<b>Vía:</b>	Hualcanga la Dolorosa 2	<b>Normas:</b>	AASHTO T 88 2013
<b>Profundidad:</b>	60 cm	<b>Ensayado por:</b>	María José Molina
<b>Fecha:</b>	17/12/2020	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b>	8	<b>Coordenadas:</b>	X= 767222 Y= 9839347

**GRANULOMETRÍA**

TAMIZ	mm	Peso retenido por tamiz (gr)	Peso retenido acumulado (gr)	% Retenido Acumulado	% Que pasa
#4	7,46	0,00	0,00	0,00	100,00
#8	2,36	3,70	3,70	1,48	98,52
#10	2	1,60	5,30	2,12	97,88
#16	1,18	7,00	12,30	4,92	95,08
#30	0,6	15,50	27,80	11,12	88,88
#40	0,43	15,30	43,10	17,24	82,76
#50	0,3	20,40	63,50	25,40	74,60
#60	0,25	10,30	73,80	29,52	70,48
#100	0,15	59,10	132,90	53,16	46,84
#200	0,08	78,15	211,05	84,42	15,58
PASA #200		38,95	250,00	100,00	0,00
Peso total (gr):		<b>250,00</b>			



<b>RESULTADOS</b>				
Coeficiente de uniformidad y curvatura			Fracciones partículas	
D10:	0,054	mm	Grava	0,00 %
D30:	0,062	mm	Arena	84,42 %
D60:	0,08	mm	Finos	15,58 %
Cu:	1,48			
Cc:	0,89			

**Autor:** María José Molina Hinojosa

**Tabla 91.** Granulometría muestra 9



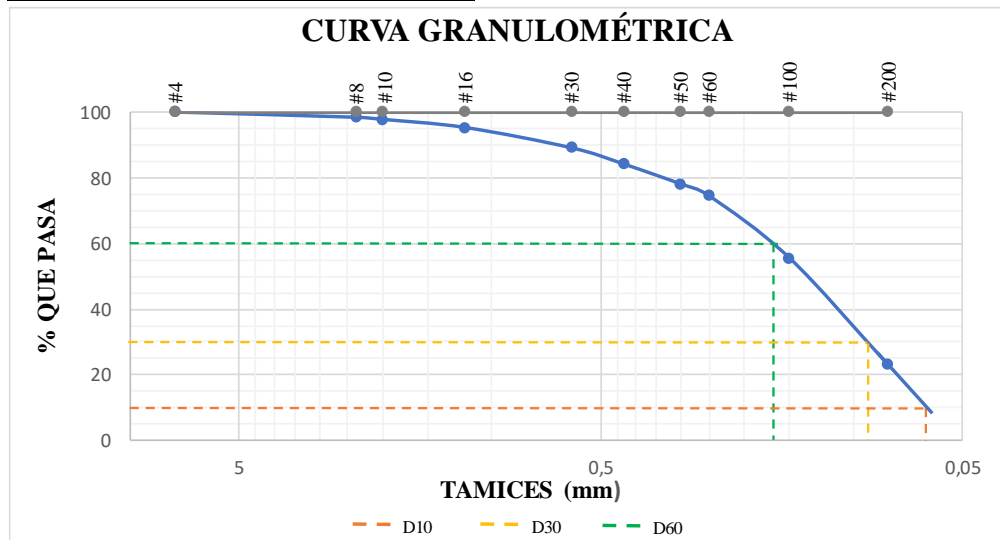
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



<b>Parroquia:</b>	La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b>	Tesis de Grado
<b>Vía:</b>	San José de Guanto 1	<b>Normas:</b>	AASHTO T 88 2013
<b>Profundidad:</b>	50 cm	<b>Ensayado por:</b>	María José Molina
<b>Fecha:</b>	17/12/2020	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b>	9	<b>Coordenadas:</b>	X= 768856 Y= 9840460

**GRANULOMETRÍA**

TAMIZ	mm	Peso retenido por tamiz (gr)	Peso retenido acumulado (gr)	% Retenido Acumulado	% Que pasa
#4	7,46	0,00	0,00	0,00	100,00
#8	2,36	4,00	4,00	1,60	98,40
#10	2	1,60	5,60	2,24	97,76
#16	1,18	6,20	11,80	4,72	95,28
#30	0,6	15,50	27,30	10,92	89,08
#40	0,43	12,40	39,70	15,88	84,12
#50	0,3	15,10	54,80	21,92	78,08
#60	0,25	9,10	63,90	25,56	74,44
#100	0,15	47,30	111,20	44,48	55,52
#200	0,08	81,55	192,75	77,10	22,90
PASA #200		57,25	250,00	100,00	0,00
Peso total (gr):		<b>250,00</b>			



<b>RESULTADOS</b>				
Coeficiente de uniformidad y curvatura			Fracciones partículas	
D10:	0,054	mm	Grava	0,00 %
D30:	0,058	mm	Arena	77,10 %
D60:	0,073	mm	Finos	22,90 %
Cu:	1,35			
Cc:	0,85			

**Autor:** María José Molina Hinojosa

**Tabla 92.** Granulometría muestra 10



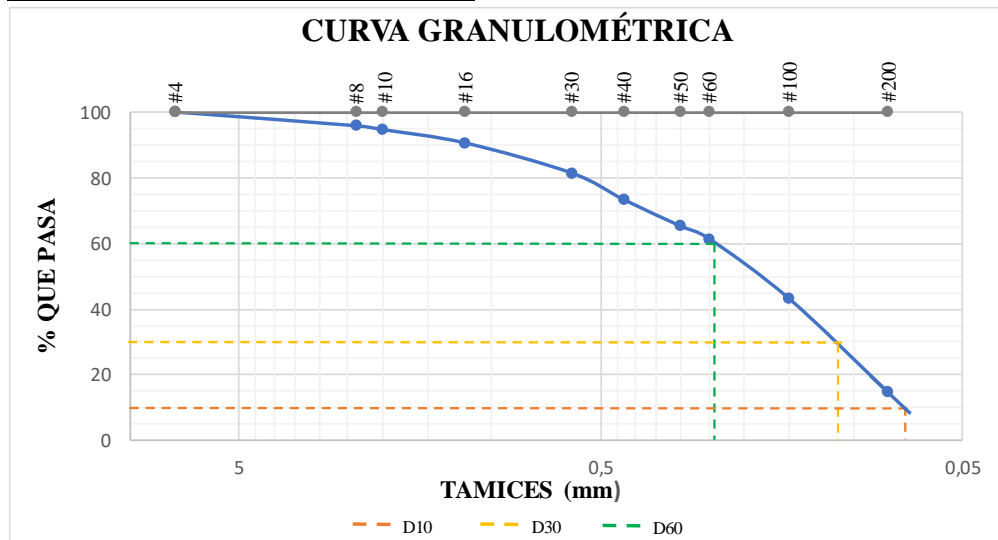
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



<b>Parroquia:</b>	La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b>	Tesis de Grado
<b>Vía:</b>	San José de Guanto 2	<b>Normas:</b>	AASHTO T 88 2013
<b>Profundidad:</b>	60 cm	<b>Ensayado por:</b>	María José Molina
<b>Fecha:</b>	17/12/2020	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b>	10	<b>Coordenadas:</b>	X= 769566 Y= 9840619

**GRANULOMETRÍA**

TAMIZ	mm	Peso retenido por tamiz (gr)	Peso retenido acumulado (gr)	% Retenido Acumulado	% Que pasa
#4	7,46	0,00	0,00	0,00	100,00
#8	2,36	10,50	10,50	4,20	95,80
#10	2	2,90	13,40	5,36	94,64
#16	1,18	10,20	23,60	9,44	90,56
#30	0,6	22,90	46,50	18,60	81,40
#40	0,43	20,40	66,90	26,76	73,24
#50	0,3	20,10	87,00	34,80	65,20
#60	0,25	9,60	96,60	38,64	61,36
#100	0,15	45,90	142,50	57,00	43,00
#200	0,08	71,25	213,75	85,50	14,50
PASA #200		36,25	250,00	100,00	0,00
Peso total (gr):		<b>250,00</b>			



<b>RESULTADOS</b>				
Coeficiente de uniformidad y curvatura			Fracciones partículas	
D10:	0,055	mm	Grava	0,00 %
D30:	0,062	mm	Arena	85,50 %
D60:	0,089	mm	Finos	14,50 %
Cu:	1,62			
Cc:	0,79			

**Autor:** María José Molina Hinojosa

**Tabla 93.** Granulometría muestra 11



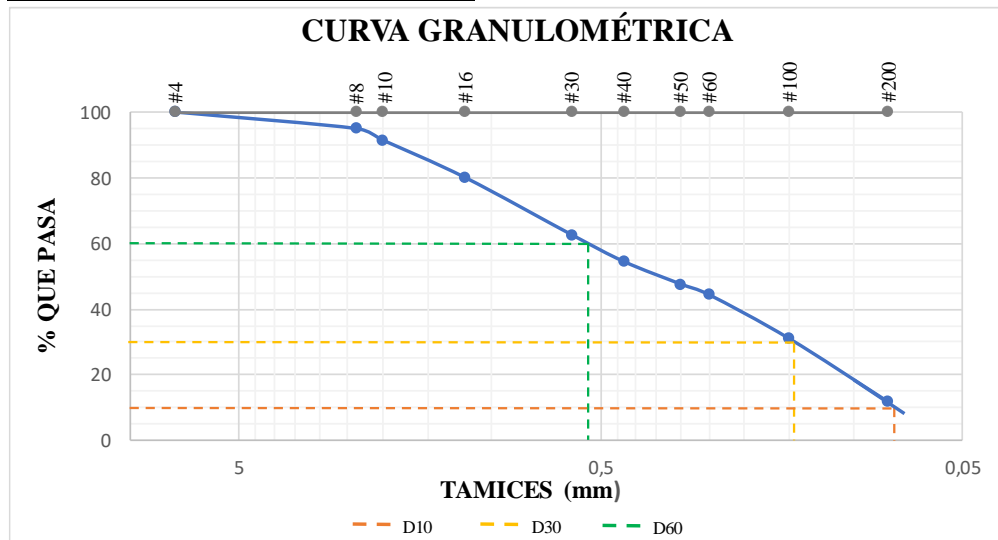
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



<b>Parroquia:</b>	La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b>	Tesis de Grado
<b>Vía:</b>	La Libertad 1	<b>Normas:</b>	AASHTO T 88 2013
<b>Profundidad:</b>	60 cm	<b>Ensayado por:</b>	María José Molina
<b>Fecha:</b>	17/12/2020	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b>	11	<b>Coordenadas:</b>	X= 768424 Y= 9843830

**GRANULOMETRÍA**

TAMIZ	mm	Peso retenido por tamiz (gr)	Peso retenido acumulado (gr)	% Retenido Acumulado	% Que pasa
#4	7,46	0,00	0,00	0,00	100,00
#8	2,36	12,60	12,60	5,04	94,96
#10	2	8,70	21,30	8,52	91,48
#16	1,18	28,70	50,00	20,00	80,00
#30	0,6	43,50	93,50	37,40	62,60
#40	0,43	20,50	114,00	45,60	54,40
#50	0,3	17,10	131,10	52,44	47,56
#60	0,25	8,20	139,30	55,72	44,28
#100	0,15	33,50	172,80	69,12	30,88
#200	0,08	48,15	220,95	88,38	11,62
PASA #200		29,05	250,00	100,00	0,00
Peso total (gr):		<b>250,00</b>			



<b>RESULTADOS</b>				
Coeficiente de uniformidad y curvatura			Fracciones partículas	
D10:	0,056	mm	Grava	0,00 %
D30:	0,069	mm	Arena	88,38 %
D60:	0,51	mm	Finos	11,62 %
Cu:	9,11			
Cc:	0,17			

**Autor:** María José Molina Hinojosa

**Tabla 94.** Granulometría muestra 12



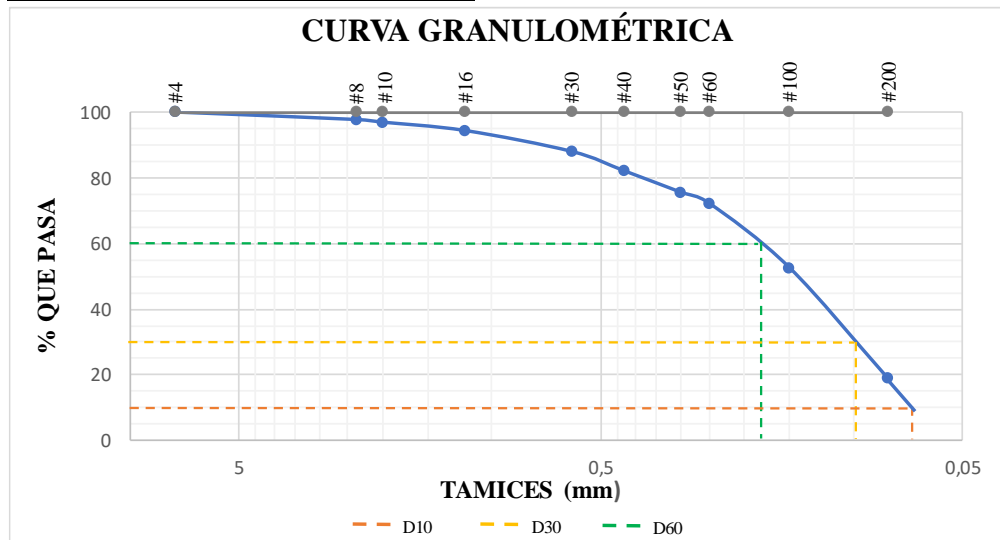
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



<b>Parroquia:</b>	La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b>	Tesis de Grado
<b>Vía:</b>	La Libertad 2	<b>Normas:</b>	AASHTO T 88 2013
<b>Profundidad:</b>	50 cm	<b>Ensayado por:</b>	María José Molina
<b>Fecha:</b>	17/12/2020	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b>	12	<b>Coordenadas:</b>	X= 768489 Y= 9843627

**GRANULOMETRÍA**

TAMIZ	mm	Peso retenido por tamiz (gr)	Peso retenido acumulado (gr)	% Retenido Acumulado	% Que pasa
#4	7,46	0,00	0,00	0,00	100,00
#8	2,36	5,70	5,70	2,28	97,72
#10	2	2,00	7,70	3,08	96,92
#16	1,18	6,40	14,10	5,64	94,36
#30	0,6	15,90	30,00	12,00	88,00
#40	0,43	14,70	44,70	17,88	82,12
#50	0,3	16,30	61,00	24,40	75,60
#60	0,25	8,40	69,40	27,76	72,24
#100	0,15	49,10	118,50	47,40	52,60
#200	0,08	84,60	203,10	81,24	18,76
PASA #200		46,90	250,00	100,00	0,00
Peso total (gr):		<b>250,00</b>			



<b>RESULTADOS</b>				
Coeficiente de uniformidad y curvatura			Fracciones partículas	
D10:	0,054	mm	Grava	0,00 %
D30:	0,06	mm	Arena	81,24 %
D60:	0,077	mm	Finos	18,76 %
Cu:	1,43			
Cc:	0,87			

**Autor:** María José Molina Hinojosa

**Tabla 95.** Límite líquido y plástico muestra 1



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

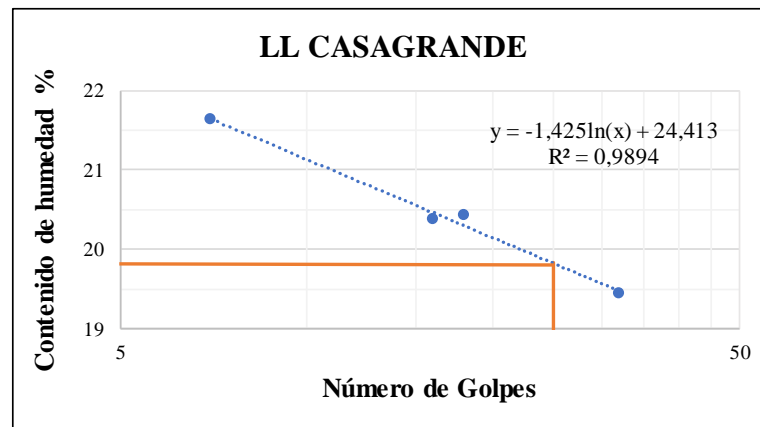


**Parroquia:** La Matriz-Quero  
**Vía:** El Placer 1  
**Profundidad:** 70 cm  
**Fecha:** 9/11/2020  
**Muestra:** 1

**Proyecto:** Tesis de Grado  
**Normas:** AASHTO T 89 2013  
**Ensayado por:** María José Molina  
**Revisado por:** Ing. Favio Portilla  
**Coordenadas:** X= 769166  
 Y= 9842688

**LÍMITES DE ATTERBERG**

Límite Líquido								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra húm. + rec.	Muestra seca + rec.	Peso recipiente	Peso agua	Peso sólidos	W%	Promedio W%
A3	18	34,14	32,06	21,91	2,08	10,15	20,49	20,43
M23		34,07	32,02	21,95	2,05	10,07	20,36	
M22	32	31,50	29,89	21,66	1,61	8,23	19,56	19,44
A4		31,05	29,58	21,97	1,47	7,61	19,32	
A5	7	28,63	27,43	21,80	1,20	5,63	21,31	21,63
M25		31,04	29,37	21,76	1,67	7,61	21,94	
M26	16	28,42	27,14	20,84	1,28	6,30	20,32	20,38
M21		29,08	27,68	20,83	1,40	6,85	20,44	
Límite Plástico								
M31		30,67	30,31	28,49	0,36	1,82	19,78	17,50
A4		23,59	23,33	21,86	0,26	1,47	17,69	
J15		22,64	22,38	20,80	0,26	1,58	16,46	
J1		23,99	23,74	22,22	0,25	1,52	16,45	
M24		23,30	23,11	22,00	0,19	1,11	17,12	



**RESULTADOS**

Límites de Atterberg			Clasificación del suelo	
Límite líquido	19,83	%	SUCS	SM
Límite plástico	17,50	%		
Índice de plasticidad	2,33	%	AASHTO	A-2-4 (0)
Índice de liquidez	-1,78			

**Autor:** María José Molina Hinojosa



**Tabla 96.** Límite líquido y plástico muestra 2



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

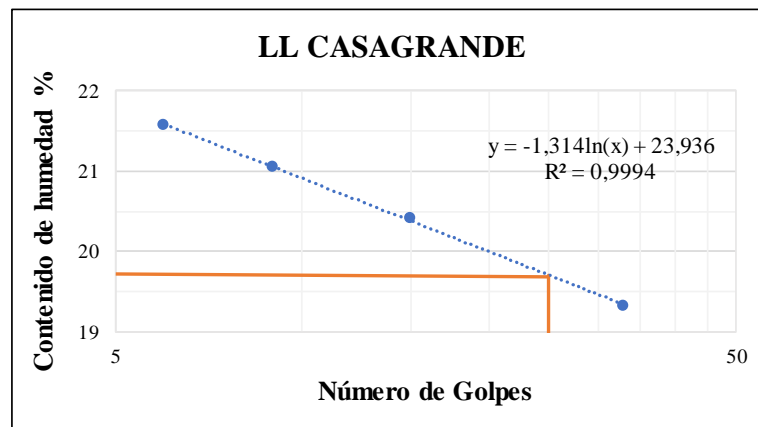


**Parroquia:** La Matriz-Quero  
**Vía:** El Placer 2  
**Profundidad:** 70 cm  
**Fecha:** 9/11/2020  
**Muestra:** 2

**Proyecto:** Tesis de Grado  
**Normas:** AASHTO T 89 2013  
**Ensayado por:** María José Molina  
**Revisado por:** Ing. Favio Portilla  
**Coordenadas:** X= 768088  
 Y= 9842740

**LÍMITES DE ATTERBERG**

Límite Líquido								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra húm. + rec.	Muestra seca + rec.	Peso recipiente	Peso agua	Peso sólidos	W%	Promedio W%
M6	6	18,95	17,00	8,13	1,95	8,87	21,98	21,56
M10		16,79	15,31	8,31	1,48	7,00	21,14	
M11	15	18,94	17,22	8,60	1,72	8,62	19,95	20,41
M7		18,32	16,68	8,82	1,64	7,86	20,87	
M9	9	19,46	17,50	8,11	1,96	9,39	20,87	21,06
L2		17,61	15,93	8,02	1,68	7,91	21,24	
M12	33	19,05	17,30	8,39	1,75	8,91	19,64	19,33
M4		18,35	16,70	8,02	1,65	8,68	19,01	
Límite Plástico								
P21		22,26	21,99	20,71	0,27	1,28	21,09	20,51
P22		24,58	24,18	22,16	0,40	2,02	19,80	
P23		23,86	23,67	22,75	0,19	0,92	20,65	
P24		23,27	22,97	21,53	0,30	1,44	20,83	
P25		22,10	21,87	20,73	0,23	1,14	20,18	



**RESULTADOS**

Límites de Atterberg			Clasificación del suelo	
Límite líquido	19,71	%	SUCS	-
Límite plástico	20,51	%		
Índice de plasticidad	-0,80	%	AASHTO	A-3 (0)
Índice de liquidez	12,54			

**Autor:** María José Molina Hinojosa

**Tabla 97.** Límite líquido y plástico muestra 3



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

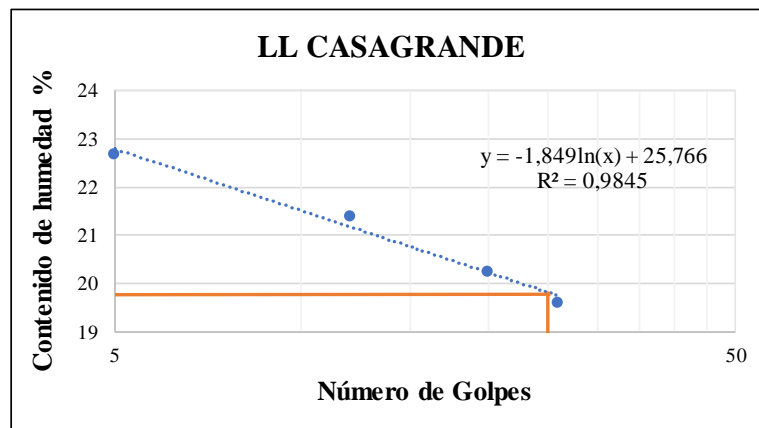


**Parroquia:** La Matriz-Quero  
**Vía:** Piquil 1  
**Profundidad:** 60 cm  
**Fecha:** 9/11/2020  
**Muestra:** 3

**Proyecto:** Tesis de Grado  
**Normas:** AASHTO T 89 2013  
**Ensayado por:** María José Molina  
**Revisado por:** Ing. Favio Portilla  
**Coordenadas:** X= 766476  
 Y= 9843220

**LÍMITES DE ATTERBERG**

Límite Líquido								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra húm. + rec.	Muestra seca + rec.	Peso recipiente	Peso agua	Peso sólidos	W%	Promedio W%
M23	12	31,52	29,83	21,95	1,69	7,88	21,45	21,40
TB		81,76	80,25	73,18	1,51	7,07	21,36	
M1	20	43,60	42,01	34,27	1,59	7,74	20,54	20,25
M2		44,53	42,97	35,15	1,56	7,82	19,95	
A6	26	65,64	63,87	54,77	1,77	9,10	19,45	19,60
M13		67,59	66,13	58,74	1,46	7,39	19,76	
M19	5	69,68	68,03	60,71	1,65	7,32	22,54	22,68
M15		56,49	54,87	47,77	1,62	7,10	22,82	
Límite Plástico								
P6		30,39	30,08	28,40	0,31	1,68	18,45	18,92
P7		27,29	27,02	25,23	0,27	1,79	15,08	
P8		29,90	29,61	28,27	0,29	1,34	21,64	
P9		30,26	29,95	28,34	0,31	1,61	19,25	
P10		28,78	28,56	27,47	0,22	1,09	20,18	



**RESULTADOS**

Límites de Atterberg			Clasificación del suelo	
Límite líquido	19,81	%	SUCS	SM
Límite plástico	18,92	%		
Índice de plasticidad	0,89	%	AASHTO	A-2-4 (0)
Índice de liquidez	-12,96			

**Autor:** María José Molina Hinojosa

**Tabla 98.** Límite líquido y plástico muestra 4



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

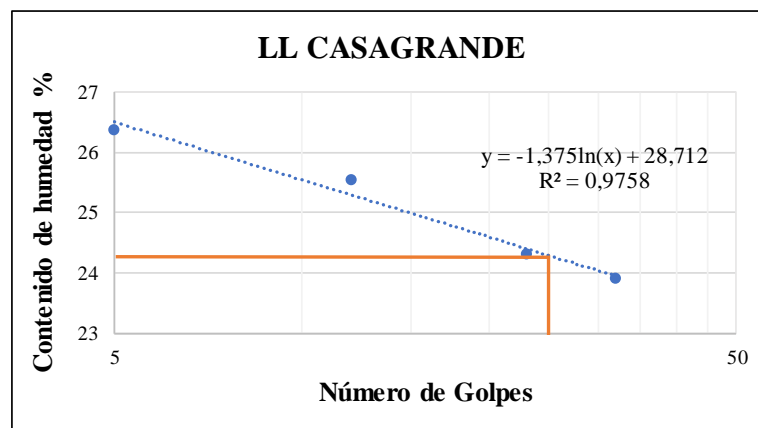


**Parroquia:** La Matriz-Quero  
**Vía:** Piquil 2  
**Profundidad:** 50 cm  
**Fecha:** 9/11/2020  
**Muestra:** 4

**Proyecto:** Tesis de Grado  
**Normas:** AASHTO T 89 2013  
**Ensayado por:** María José Molina  
**Revisado por:** Ing. Favio Portilla  
**Coordenadas:** X= 766606  
 Y= 9842156

**LÍMITES DE ATTERBERG**

Límite Líquido								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra húm. + rec.	Muestra seca + rec.	Peso recipiente	Peso agua	Peso sólidos	W%	Promedio W%
A1	32	28,68	27,12	20,77	1,56	6,35	24,57	23,90
A2		30,18	28,56	21,59	1,62	6,97	23,24	
M27	23	14,46	13,23	8,16	1,23	5,07	24,26	24,30
M33		16,43	14,84	8,31	1,59	6,53	24,35	
M36	12	34,71	33,30	27,74	1,41	5,56	25,36	25,56
M37		34,53	33,25	28,28	1,28	4,97	25,75	
M34	5	35,95	34,33	28,15	1,62	6,18	26,21	26,38
M35		38,08	36,06	28,45	2,02	7,61	26,54	
Límite Plástico								
J6		28,59	28,28	27,01	0,31	1,27	24,41	23,85
A5		23,58	23,24	21,80	0,34	1,44	23,61	
J3		23,11	22,84	21,78	0,27	1,06	25,47	
M23		23,99	23,60	21,94	0,39	1,66	23,49	
A4		24,80	24,27	21,89	0,53	2,38	22,27	



**RESULTADOS**

Límites de Atterberg			Clasificación del suelo	
Límite líquido	24,29	%	SUCS	SM
Límite plástico	23,85	%		
Índice de plasticidad	0,44	%	AASHTO	A-2-4 (0)
Índice de liquidez	-43,56			

**Autor:** María José Molina Hinojosa

**Tabla 99.** Límite líquido y plástico muestra 5



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

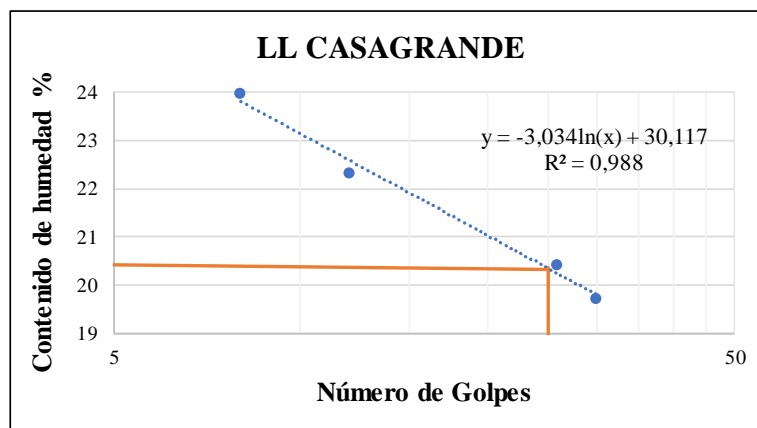


**Parroquia:** La Matriz-Quero  
**Vía:** San Pedro 1  
**Profundidad:** 50 cm  
**Fecha:** 9/11/2020  
**Muestra:** 5

**Proyecto:** Tesis de Grado  
**Normas:** AASHTO T 89 2013  
**Ensayado por:** María José Molina  
**Revisado por:** Ing. Favio Portilla  
**Coordenadas:** X= 768674  
 Y= 9839439

**LÍMITES DE ATTERBERG**

Límite Líquido								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra húm. + rec.	Muestra seca + rec.	Peso recipiente	Peso agua	Peso sólidos	W%	Promedio W%
M17	8	69,84	68,28	61,86	1,56	6,42	24,30	23,97
M18		65,96	64,40	57,80	1,56	6,60	23,64	
M14	26	70,89	69,44	62,37	1,45	7,07	20,51	20,42
M16		69,00	67,27	58,76	1,73	8,51	20,33	
M5	30	17,21	15,73	8,16	1,48	7,57	19,55	19,71
L1		19,94	18,01	8,30	1,93	9,71	19,88	
M3	12	15,12	13,82	7,92	1,30	5,90	22,03	22,32
M8		14,75	13,52	8,08	1,23	5,44	22,61	
Límite Plástico								
P16		24,93	24,53	22,63	0,40	1,90	21,05	20,02
P17		22,95	22,56	20,67	0,39	1,89	20,63	
P18		23,15	22,90	21,58	0,25	1,32	18,94	
P19		23,70	23,35	21,57	0,35	1,78	19,66	
P20		22,90	22,70	21,69	0,20	1,01	19,80	



**RESULTADOS**

Límites de Atterberg			Clasificación del suelo	
Límite líquido	20,35	%	SUCS	SP - SM
Límite plástico	20,02	%		
Índice de plasticidad	0,33	%	AASHTO	A-2-4 (0)
Índice de liquidez	-16,29			

**Autor:** María José Molina Hinojosa

**Tabla 100.** Límite líquido y plástico muestra 6



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

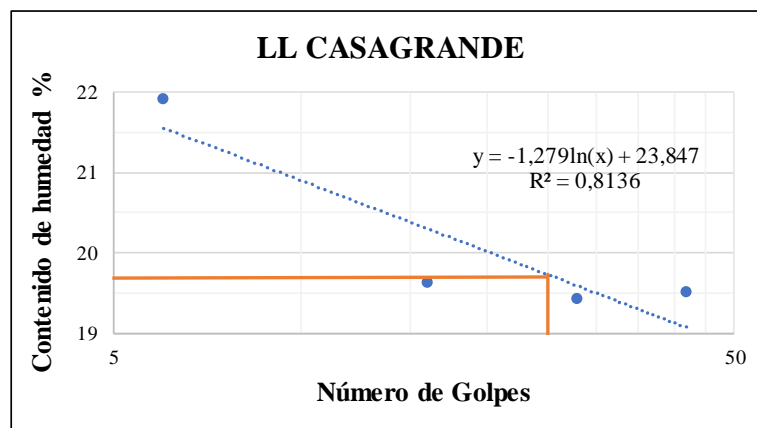


**Parroquia:** La Matriz-Quero  
**Vía:** San Pedro 2  
**Profundidad:** 50 cm  
**Fecha:** 9/11/2020  
**Muestra:** 6

**Proyecto:** Tesis de Grado  
**Normas:** AASHTO T 89 2013  
**Ensayado por:** María José Molina  
**Revisado por:** Ing. Favio Portilla  
**Coordenadas:** X= 768028  
 Y= 9840636

**LÍMITES DE ATTERBERG**

Límite Líquido								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra húm. + rec.	Muestra seca + rec.	Peso recipiente	Peso agua	Peso sólidos	W%	Promedio W%
A1	6	33,08	31,16	20,77	1,92	10,39	18,48	21,92
M23		29,96	28,34	21,95	1,62	6,39	25,35	
A2	42	27,91	26,89	21,59	1,02	5,30	19,25	19,52
M25		29,02	27,82	21,76	1,20	6,06	19,80	
M21	16	28,96	27,64	20,83	1,32	6,81	19,38	19,64
M22		28,71	27,54	21,66	1,17	5,88	19,90	
M24	28	29,54	28,33	22,17	1,21	6,16	19,64	19,43
M26		28,72	27,45	20,84	1,27	6,61	19,21	
Límite Plástico								
M30		30,38	29,91	27,59	0,47	2,32	20,26	18,47
M33		30,60	30,18	28,09	0,42	2,09	20,10	
M35		30,15	29,87	28,45	0,28	1,42	19,72	
M34		30,92	30,54	28,19	0,38	2,35	16,17	
M27		30,06	29,81	28,26	0,25	1,55	16,13	



**RESULTADOS**

Límites de Atterberg			Clasificación del suelo	
Límite líquido	19,73	%	SUCS	SM
Límite plástico	18,47	%		
Índice de plasticidad	1,26	%	AASHTO	A-2-4 (0)
Índice de liquidez	-9,24			

**Autor:** María José Molina Hinojosa

**Tabla 101.** Límite líquido y plástico muestra 7



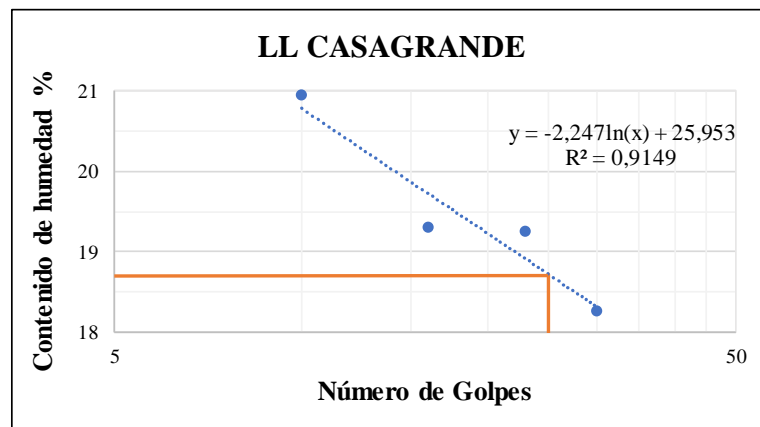
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



<b>Parroquia:</b> La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b> Tesis de Grado
<b>Vía:</b> Hualcanga La Dolorosa 1	<b>Normas:</b> AASHTO T 89 2013
<b>Profundidad:</b> 55 cm	<b>Ensayado por:</b> María José Molina
<b>Fecha:</b> 9/11/2020	<b>Revisado por:</b> Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b> 7	<b>Coordenadas:</b> X= 767166 Y= 9840509

**LÍMITES DE ATTERBERG**

Límite Líquido								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra húm. + rec.	Muestra seca + rec.	Peso recipiente	Peso agua	Peso sólidos	W%	Promedio W%
A6	10	65,34	63,50	54,77	1,84	8,73	21,08	20,94
M14		71,89	70,25	62,37	1,64	7,88	20,81	
M13	23	72,25	70,06	58,74	2,19	11,32	19,35	19,23
M16		70,41	68,54	58,76	1,87	9,78	19,12	
M18	16	67,15	65,62	57,80	1,53	7,82	19,57	19,30
M19		72,72	70,80	60,71	1,92	10,09	19,03	
M15	30	57,63	56,12	47,77	1,51	8,35	18,08	18,25
M17		75,11	73,05	61,86	2,06	11,19	18,41	
Límite Plástico								
M22		23,24	22,98	21,62	0,26	1,36	19,12	18,35
J17		24,10	23,83	22,28	0,27	1,55	17,42	
M21		22,12	21,92	20,84	0,20	1,08	18,52	
J7		22,88	22,76	22,14	0,12	0,62	19,35	
J14		22,80	22,67	21,92	0,13	0,75	17,33	



**RESULTADOS**

Límites de Atterberg			Clasificación del suelo	
Límite líquido	18,72	%	SUCS	SP - SM
Límite plástico	18,35	%		
Índice de plasticidad	0,37	%	AASHTO	A-2-4 (0)
Índice de liquidez	-15,83			

**Autor:** María José Molina Hinojosa

**Tabla 102.** Límite líquido y plástico muestra 8



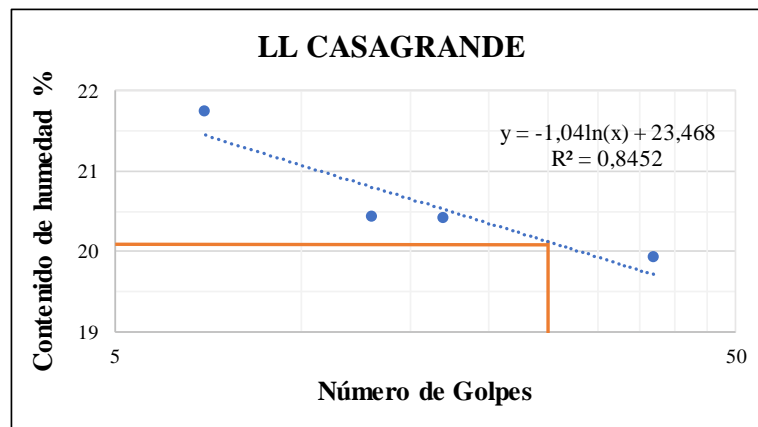
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



<b>Parroquia:</b> La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b> Tesis de Grado
<b>Vía:</b> Hualcanga La Dolorosa 2	<b>Normas:</b> AASHTO T 89 2013
<b>Profundidad:</b> 60 cm	<b>Ensayado por:</b> María José Molina
<b>Fecha:</b> 9/11/2020	<b>Revisado por:</b> Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b> 8	<b>Coordenadas:</b> X= 767222 Y= 9839347

**LÍMITES DE ATTERBERG**

Límite Líquido								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra húm. + rec.	Muestra seca + rec.	Peso recipiente	Peso agua	Peso sólidos	W%	Promedio W%
A1	17	33,53	31,40	20,77	2,13	10,63	20,04	20,40
A2		32,58	30,69	21,59	1,89	9,10	20,77	
A4	37	30,20	28,83	21,97	1,37	6,86	19,97	19,92
A5		30,37	28,95	21,80	1,42	7,15	19,86	
M21	13	29,07	27,70	20,83	1,37	6,87	19,94	20,42
M22		30,22	28,74	21,66	1,48	7,08	20,90	
M24	7	30,29	28,82	22,17	1,47	6,65	22,11	21,74
M26		29,36	27,86	20,84	1,50	7,02	21,37	
Límite Plástico								
M29		26,69	26,33	24,53	0,36	1,80	20,00	19,71
A3		23,35	23,09	21,78	0,26	1,31	19,85	
M39		29,50	29,34	28,35	0,16	0,99	16,16	
A2		23,30	23,01	21,61	0,29	1,40	20,71	
M26		22,47	22,18	20,85	0,29	1,33	21,80	



**RESULTADOS**

Límites de Atterberg			Clasificación del suelo	
Límite líquido	20,12	%	SUCS	SM
Límite plástico	19,71	%		
Índice de plasticidad	0,41	%	AASHTO	A-2-4 (0)
Índice de liquidez	-16,57			

**Autor:** María José Molina Hinojosa

**Tabla 103.** Límite líquido y plástico muestra 9



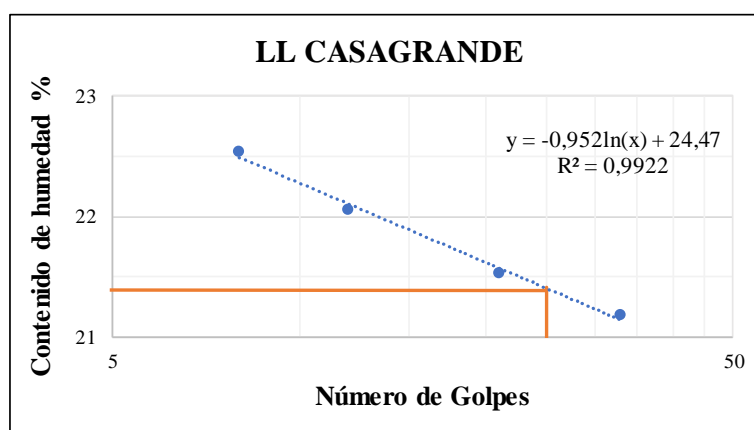
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



<b>Parroquia:</b> La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b> Tesis de Grado
<b>Vía:</b> San José de Guanto 1	<b>Normas:</b> AASHTO T 89 2013
<b>Profundidad:</b> 50 cm	<b>Ensayado por:</b> María José Molina
<b>Fecha:</b> 9/11/2020	<b>Revisado por:</b> Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b> 9	<b>Coordenadas:</b> X= 768856 Y= 9840460

**LÍMITES DE ATTERBERG**

Límite Líquido								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra húm. + rec.	Muestra seca + rec.	Peso recipiente	Peso agua	Peso sólidos	W%	Promedio W%
M7	21	19,32	17,43	8,82	1,89	8,61	21,95	21,53
L1		20,52	18,39	8,30	2,13	10,09	21,11	
M30	33	34,47	33,25	27,54	1,22	5,71	21,37	21,18
M31		35,74	34,48	28,48	1,26	6,00	21,00	
M39	12	37,49	35,82	28,35	1,67	7,47	22,36	22,05
M29		32,31	30,92	24,53	1,39	6,39	21,75	
M38	8	38,52	36,63	28,20	1,89	8,43	22,42	22,54
M40		37,27	35,65	28,50	1,62	7,15	22,66	
Límite Plástico								
M32		30,77	30,44	28,60	0,33	1,84	17,93	17,77
M38		29,92	29,66	28,18	0,26	1,48	17,57	
A1*		28,80	28,36	26,06	0,44	2,30	19,13	
J21		22,96	22,80	21,92	0,16	0,88	18,18	
M25		22,70	22,57	21,76	0,13	0,81	16,05	



**RESULTADOS**

Límites de Atterberg			Clasificación del suelo	
Límite líquido	21,41	%	SUCS	SM
Límite plástico	17,77	%		
Índice de plasticidad	3,64	%	AASHTO	A-2-4 (0)
Índice de liquidez	-1,27			

**Autor:** María José Molina Hinojosa



**Tabla 104.** Límite líquido y plástico muestra 10



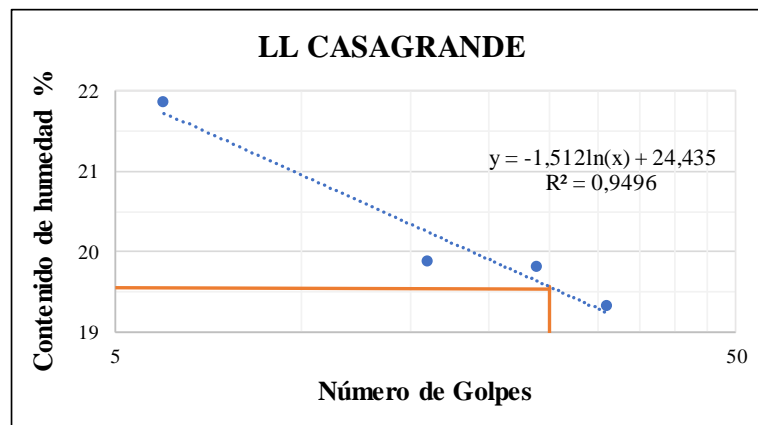
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



<b>Parroquia:</b> La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b> Tesis de Grado
<b>Vía:</b> San José de Guanto 2	<b>Normas:</b> AASHTO T 89 2013
<b>Profundidad:</b> 50 cm	<b>Ensayado por:</b> María José Molina
<b>Fecha:</b> 9/11/2020	<b>Revisado por:</b> Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b> 10	<b>Coordenadas:</b> X= 769566 Y= 9840619

**LÍMITES DE ATTERBERG**

Límite Líquido								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra húm. + rec.	Muestra seca + rec.	Peso recipiente	Peso agua	Peso sólidos	W%	Promedio W%
M28	16	45,59	42,75	28,53	2,84	14,22	19,97	19,87
M30		38,81	36,95	27,54	1,86	9,41	19,77	
M34	31	38,99	37,23	28,15	1,76	9,08	19,38	19,32
M31		40,49	38,55	28,48	1,94	10,07	19,27	
M38	24	38,48	36,78	28,20	1,70	8,58	19,81	19,80
M39		39,25	37,45	28,35	1,80	9,10	19,78	
M32	6	38,20	36,48	28,59	1,72	7,89	21,80	21,85
M36		38,26	36,37	27,74	1,89	8,63	21,90	
Límite Plástico								
P1		24,03	23,66	21,84	0,37	1,82	20,33	19,39
P2		22,21	21,95	20,68	0,26	1,27	20,47	
P3		22,94	22,74	21,78	0,20	0,96	20,83	
P4		23,81	23,55	22,03	0,26	1,52	17,11	
P5		30,95	30,60	28,68	0,35	1,92	18,23	



**RESULTADOS**

Límites de Atterberg			Clasificación del suelo	
Límite líquido	19,57	%	SUCS	SM
Límite plástico	19,39	%		
Índice de plasticidad	0,18	%	AASHTO	A-2-4 (0)
Índice de liquidez	-34,50			

**Autor:** María José Molina Hinojosa

**Tabla 105.** Límite líquido y plástico muestra 11



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

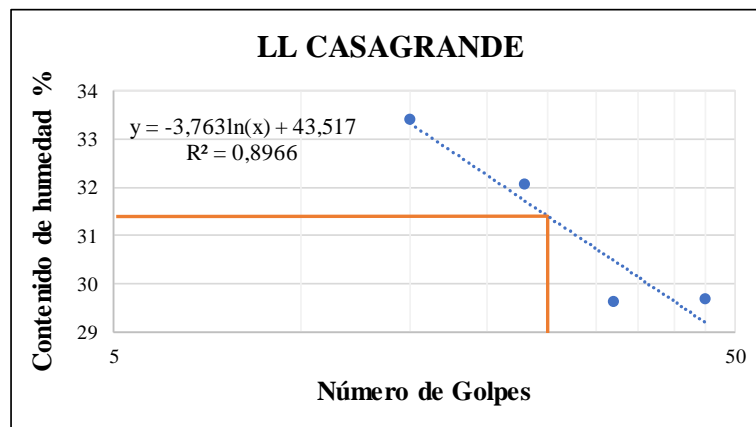


**Parroquia:** La Matriz-Quero  
**Vía:** La Libertad 1  
**Profundidad:** 60 cm  
**Fecha:** 9/11/2020  
**Muestra:** 11

**Proyecto:** Tesis de Grado  
**Normas:** AASHTO T 89 2013  
**Ensayado por:** María José Molina  
**Revisado por:** Ing. Favio Portilla  
**Coordenadas:** X= 768424  
 Y= 9843830

**LÍMITES DE ATTERBERG**

Límite Líquido								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra húm. + rec.	Muestra seca + rec.	Peso recipiente	Peso agua	Peso sólidos	W%	Promedio W%
M28	45	35,77	34,12	28,53	1,65	5,59	29,52	29,66
N1		33,83	32,37	27,47	1,46	4,90	29,80	
M10	15	16,20	14,28	8,31	1,92	5,97	32,16	33,39
M9		16,16	14,09	8,11	2,07	5,98	34,62	
M5	32	16,26	14,38	8,16	1,88	6,22	30,23	29,61
M11		16,34	14,60	8,60	1,74	6,00	29,00	
L1	23	15,46	13,74	8,30	1,72	5,44	31,62	32,06
M6		15,51	13,70	8,13	1,81	5,57	32,50	
Límite Plástico								
A1		22,47	22,16	20,80	0,31	1,36	22,79	23,06
M40		29,80	29,58	28,53	0,22	1,05	20,95	
M28		30,24	29,90	28,54	0,34	1,36	25,00	
M36		29,79	29,38	27,74	0,41	1,64	25,00	
M37		29,73	29,48	28,32	0,25	1,16	21,55	



**RESULTADOS**

Límites de Atterberg			Clasificación del suelo	
Límite líquido	31,40	%	SUCS	SP - SM
Límite plástico	23,06	%		
Índice de plasticidad	8,34	%	AASHTO	A-2-4 (0)
Índice de liquidez	0,70			

**Autor:** María José Molina Hinojosa

**Tabla 106.** Límite líquido y plástico muestra 12



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

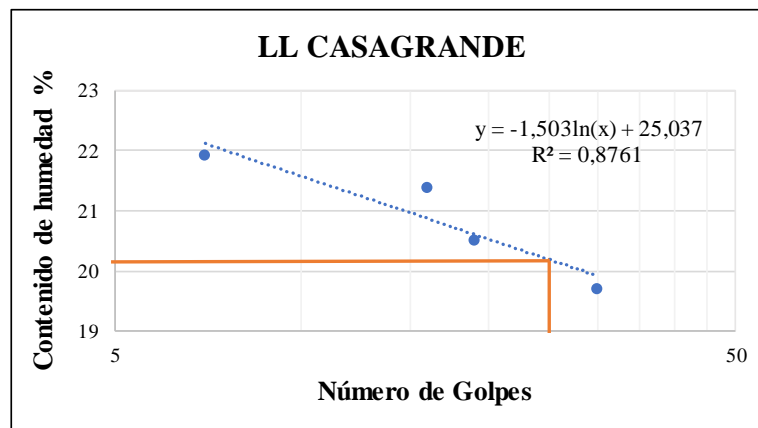


**Parroquia:** La Matriz-Quero  
**Vía:** La Libertad 2  
**Profundidad:** 50 cm  
**Fecha:** 9/11/2020  
**Muestra:** 12

**Proyecto:** Tesis de Grado  
**Normas:** AASHTO T 89 2013  
**Ensayado por:** María José Molina  
**Revisado por:** Ing. Favio Portilla  
**Coordenadas:** X= 768489  
 Y= 9843627

**LÍMITES DE ATTERBERG**

Límite Líquido								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra húm. + rec.	Muestra seca + rec.	Peso recipiente	Peso agua	Peso sólidos	W%	Promedio W%
A3	19	34,22	32,12	21,91	2,10	10,21	20,57	20,52
M25		31,94	30,21	21,76	1,73	8,45	20,47	
M35	30	39,49	37,69	28,45	1,80	9,24	19,48	19,70
M37		39,30	37,47	28,28	1,83	9,19	19,91	
M33	16	38,18	36,42	28,18	1,76	8,24	21,36	21,38
M27		38,37	36,59	28,27	1,78	8,32	21,39	
M29	7	32,51	31,07	24,53	1,44	6,54	22,02	21,92
M40		38,66	36,84	28,50	1,82	8,34	21,82	
Límite Plástico								
P11		24,13	23,83	22,32	0,30	1,51	19,87	19,89
P12		24,02	23,70	22,11	0,32	1,59	20,13	
P13		23,67	23,34	21,60	0,33	1,74	18,97	
P14		23,19	22,88	21,27	0,31	1,61	19,25	
P15		23,25	22,90	21,25	0,35	1,65	21,21	



**RESULTADOS**

Límites de Atterberg			Clasificación del suelo	
Límite líquido	20,20	%	SUCS	SM
Límite plástico	19,89	%		
Índice de plasticidad	0,31	%	AASHTO	A-2-4 (0)
Índice de liquidez	-21,68			

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Tabla 107. Gravedad específica muestra 1



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



<b>Parroquia:</b>	La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b>	Tesis de Grado
<b>Vía:</b>	El Placer 1	<b>Normas:</b>	AASHTO T 100 2015
<b>Profundidad:</b>	70 cm	<b>Ensayado por:</b>	María José Molina
<b>Fecha:</b>	6/11/2020	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b>	1	<b>Coordenadas:</b>	X= 769166 Y= 9842688

**ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA**  
**Suelos menores al tamiz #40**

Muestra número	1
Picnómetro número (Pg)	S/N
Pg + agua hasta la marca de aforo <b>Wbw</b>	661,40
Pg + agua + suelo (sumergido) <b>Wbws</b>	690,20
Desplazamiento agua <b>Ws + Wbw - Wbws</b>	15,90
Temperatura del agua y suelo en °C	19
Factor de corrección por temperatura= <b>K</b>	0,9984
<b>PARA OBTENER LOS SÓLIDOS</b>	
Recipiente número	1G
Recipiente + peso suelo seco	113,50
Peso del recipiente	68,80
Peso del suelo seco <b>Ws</b>	44,70
<b>Gs=(Ws*K) / (Ws + Wbw - Wbws)</b>	2,807

**Autor:** María José Molina Hinojosa

**Tabla 108.** Gravedad específica muestra 2



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



<b>Parroquia:</b>	La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b>	Tesis de Grado
<b>Vía:</b>	El Placer 2	<b>Normas:</b>	AASHTO T 100 2015
<b>Profundidad:</b>	70 cm	<b>Ensayado por:</b>	María José Molina
<b>Fecha:</b>	6/11/2020	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b>	2	<b>Coordenadas:</b>	X= 768088 Y= 9842740

**ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA**  
**Suelos menores al tamiz #40**

Muestra número	2
Picnómetro número (Pg)	S/N
Pg + agua hasta la marca de aforo <b>Wbw</b>	661,10
Pg + agua + suelo (sumergido) <b>Wbws</b>	691,50
Desplazamiento agua <b>Ws + Wbw - Wbws</b>	19,30
Temperatura del agua y suelo en °C	19
Factor de corrección por temperatura= <b>K</b>	0,9984
<b>PARA OBTENER LOS SÓLIDOS</b>	
Recipiente número	2G
Recipiente + peso suelo seco	110,70
Peso del recipiente	61,00
Peso del suelo seco <b>Ws</b>	49,70
<b>Gs=(Ws*K) / (Ws + Wbw - Wbws)</b>	2,571

**Autor:** María José Molina Hinojosa

**Tabla 109.** Gravedad específica muestra 3



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



<b>Parroquia:</b> La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b> Tesis de Grado
<b>Vía:</b> Piquil 1	<b>Normas:</b> AASHTO T 100 2015
<b>Profundidad:</b> 60 cm	<b>Ensayado por:</b> María José Molina
<b>Fecha:</b> 6/11/2020	<b>Revisado por:</b> Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b> 3	<b>Coordenadas:</b> X= 766476 Y= 9843220

**ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA**  
**Suelos menores al tamiz #40**

Muestra número	3
Picnómetro número (Pg)	S/N
Pg + agua hasta la marca de aforo <b>Wbw</b>	661,30
Pg + agua + suelo (sumergido) <b>Wbws</b>	690,80
Desplazamiento agua <b>Ws + Wbw - Wbws</b>	19,30
Temperatura del agua y suelo en °C	21
Factor de corrección por temperatura= <b>K</b>	0,998
<b>PARA OBTENER LOS SÓLIDOS</b>	
Recipiente número	3G
Recipiente + peso suelo seco	111,90
Peso del recipiente	63,10
Peso del suelo seco <b>Ws</b>	48,80
<b>Gs=(Ws*K) / (Ws + Wbw - Wbws)</b>	2,523

**Autor:** María José Molina Hinojosa

**Tabla 110.** Gravedad específica muestra 4



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



<b>Parroquia:</b>	La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b>	Tesis de Grado
<b>Vía:</b>	Piquil 2	<b>Normas:</b>	AASHTO T 100 2015
<b>Profundidad:</b>	50 cm	<b>Ensayado por:</b>	María José Molina
<b>Fecha:</b>	6/11/2020	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b>	4	<b>Coordenadas:</b>	X= 766606 Y= 9842156

**ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA**  
**Suelos menores al tamiz #40**

Muestra número	4
Picnómetro número (Pg)	S/N
Pg + agua hasta la marca de aforo <b>Wbw</b>	661,2
Pg + agua + suelo (sumergido) <b>Wbws</b>	691,1
Desplazamiento agua <b>Ws + Wbw - Wbws</b>	18
Temperatura del agua y suelo en °C	18
Factor de corrección por temperatura= <b>K</b>	0,9986
<b>PARA OBTENER LOS SÓLIDOS</b>	
Recipiente número	4G
Recipiente + peso suelo seco	112,3
Peso del recipiente	64,4
Peso del suelo seco <b>Ws</b>	47,9
<b>Gs=(Ws*K) / (Ws + Wbw - Wbws)</b>	2,657

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Tabla 111. Gravedad específica muestra 5



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



<b>Parroquia:</b>	La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b>	Tesis de Grado
<b>Vía:</b>	San Pedro de Sabañag 1	<b>Normas:</b>	AASHTO T 100 2015
<b>Profundidad:</b>	50 cm	<b>Ensayado por:</b>	María José Molina
<b>Fecha:</b>	6/11/2020	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b>	5	<b>Coordenadas:</b>	X= 768674 Y= 9839439

**ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA**  
**Suelos menores al tamiz #40**

Muestra número	5
Picnómetro número (Pg)	S/N
Pg + agua hasta la marca de aforo <b>Wbw</b>	661,3
Pg + agua + suelo (sumergido) <b>Wbws</b>	691,6
Desplazamiento agua <b>Ws + Wbw - Wbws</b>	17,2
Temperatura del agua y suelo en °C	18
Factor de corrección por temperatura= <b>K</b>	0,9986
<b>PARA OBTENER LOS SÓLIDOS</b>	
Recipiente número	5G
Recipiente + peso suelo seco	111,6
Peso del recipiente	64,1
Peso del suelo seco <b>Ws</b>	47,5
<b>Gs=(Ws*K) / (Ws + Wbw - Wbws)</b>	2,758

**Autor:** María José Molina Hinojosa



Tabla 112. Gravedad específica muestra 6



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



<b>Parroquia:</b>	La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b>	Tesis de Grado
<b>Vía:</b>	San Pedro de Sabañag 2	<b>Normas:</b>	AASHTO T 100 2015
<b>Profundidad:</b>	50 cm	<b>Ensayado por:</b>	María José Molina
<b>Fecha:</b>	6/11/2020	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b>	6	<b>Coordenadas:</b>	X= 768028 Y= 9840636

**ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA**  
**Suelos menores al tamiz #40**

Muestra número	6
Picnómetro número (Pg)	S/N
Pg + agua hasta la marca de aforo <b>Wbw</b>	661,3
Pg + agua + suelo (sumergido) <b>Wbws</b>	692,4
Desplazamiento agua <b>Ws + Wbw - Wbws</b>	17,1
Temperatura del agua y suelo en °C	18
Factor de corrección por temperatura= <b>K</b>	0,9986
<b>PARA OBTENER LOS SÓLIDOS</b>	
Recipiente número	6G
Recipiente + peso suelo seco	111,5
Peso del recipiente	63,3
Peso del suelo seco <b>Ws</b>	48,2
<b><math>G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})</math></b>	2,815

**Autor:** María José Molina Hinojosa

**Tabla 113.** Gravedad específica muestra 7



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



<b>Parroquia:</b>	La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b>	Tesis de Grado
<b>Vía:</b>	Hualcanga la Dolorosa 1	<b>Normas:</b>	AASHTO T 100 2015
<b>Profundidad:</b>	55 cm	<b>Ensayado por:</b>	María José Molina
<b>Fecha:</b>	6/11/2020	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b>	7	<b>Coordenadas:</b>	X= 767166 Y= 9840509

**ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA  
Suelos menores al tamiz #40**

Muestra número	7
Picnómetro número (Pg)	S/N
Pg + agua hasta la marca de aforo <b>Wbw</b>	661,3
Pg + agua + suelo (sumergido) <b>Wbws</b>	689,6
Desplazamiento agua <b>Ws + Wbw - Wbws</b>	19,2
Temperatura del agua y suelo en °C	19
Factor de corrección por temperatura= <b>K</b>	0,9984
<b>PARA OBTENER LOS SÓLIDOS</b>	
Recipiente número	7G
Recipiente + peso suelo seco	111,7
Peso del recipiente	64,2
Peso del suelo seco <b>Ws</b>	47,5
<b><math>G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})</math></b>	2,470

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Tabla 114. Gravedad específica muestra 8



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



<b>Parroquia:</b>	La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b>	Tesis de Grado
<b>Vía:</b>	Hualcanga la Dolorosa 2	<b>Normas:</b>	AASHTO T 100 2015
<b>Profundidad:</b>	60 cm	<b>Ensayado por:</b>	María José Molina
<b>Fecha:</b>	6/11/2020	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b>	8	<b>Coordenadas:</b>	X= 767222 Y= 9839347

**ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA**  
**Suelos menores al tamiz #40**

Muestra número	8
Picnómetro número (Pg)	S/N
Pg + agua hasta la marca de aforo <b>Wbw</b>	660,8
Pg + agua + suelo (sumergido) <b>Wbws</b>	690,7
Desplazamiento agua <b>Ws + Wbw - Wbws</b>	18,2
Temperatura del agua y suelo en °C	21
Factor de corrección por temperatura= <b>K</b>	0,998
<b>PARA OBTENER LOS SÓLIDOS</b>	
Recipiente número	8G
Recipiente + peso suelo seco	110,7
Peso del recipiente	62,6
Peso del suelo seco <b>Ws</b>	48,1
<b><math>G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})</math></b>	2,638

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Tabla 115. Gravedad específica muestra 9



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



**Parroquia:** La Matriz-Quero      **Proyecto:** Tesis de Grado  
**Vía:** San José de Guanto 1      **Normas:** AASHTO T 100 2015  
**Profundidad:** 50 cm      **Ensayado por:** María José Molina  
**Fecha:** 6/11/2020      **Revisado por:** Ing. Favio Portilla  
**Muestra:** 9      **Coordenadas:** X= 768856  
Y= 9840460

**ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA**  
**Suelos menores al tamiz #40**

Muestra número	9
Picnómetro número (Pg)	S/N
Pg + agua hasta la marca de aforo <b>Wbw</b>	661,2
Pg + agua + suelo (sumergido) <b>Wbws</b>	690,5
Desplazamiento agua <b>Ws + Wbw - Wbws</b>	19,1
Temperatura del agua y suelo en °C	18
Factor de corrección por temperatura= <b>K</b>	0,9986
<b>PARA OBTENER LOS SÓLIDOS</b>	
Recipiente número	9G
Recipiente + peso suelo seco	110,6
Peso del recipiente	62,2
Peso del suelo seco <b>Ws</b>	48,4
<b>Gs=(Ws*K) / (Ws + Wbw - Wbws)</b>	2,530

**Autor:** María José Molina Hinojosa

**Tabla 116.** Gravedad específica muestra 10



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



<b>Parroquia:</b>	La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b>	Tesis de Grado
<b>Vía:</b>	San José de Guanto 2	<b>Normas:</b>	AASHTO T 100 2015
<b>Profundidad:</b>	60 cm	<b>Ensayado por:</b>	María José Molina
<b>Fecha:</b>	6/11/2020	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b>	10	<b>Coordenadas:</b>	X= 769566 Y= 9840619

**ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA**  
**Suelos menores al tamiz #40**

Muestra número	10
Picnómetro número (Pg)	S/N
Pg + agua hasta la marca de aforo <b>Wbw</b>	661,6
Pg + agua + suelo (sumergido) <b>Wbws</b>	690,8
Desplazamiento agua <b>Ws + Wbw - Wbws</b>	19,1
Temperatura del agua y suelo en °C	21
Factor de corrección por temperatura= <b>K</b>	0,998
<b>PARA OBTENER LOS SÓLIDOS</b>	
Recipiente número	10G
Recipiente + peso suelo seco	110,7
Peso del recipiente	62,4
Peso del suelo seco <b>Ws</b>	48,3
<b><math>G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})</math></b>	2,524

**Autor:** María José Molina Hinojosa

**Tabla 117.** Gravedad específica muestra 11



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



<b>Parroquia:</b>	La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b>	Tesis de Grado
<b>Vía:</b>	La Libertad 1	<b>Normas:</b>	AASHTO T 100 2015
<b>Profundidad:</b>	60 cm	<b>Ensayado por:</b>	María José Molina
<b>Fecha:</b>	6/11/2020	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b>	11	<b>Coordenadas:</b>	X= 768424 Y= 9843830

**ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA  
Suelos menores al tamiz #40**

Muestra número	11
Picnómetro número (Pg)	S/N
Pg + agua hasta la marca de aforo <b>Wbw</b>	661,9
Pg + agua + suelo (sumergido) <b>Wbws</b>	690,8
Desplazamiento agua <b>Ws + Wbw - Wbws</b>	15,9
Temperatura del agua y suelo en °C	18
Factor de corrección por temperatura= <b>K</b>	0,9986
<b>PARA OBTENER LOS SÓLIDOS</b>	
Recipiente número	11G
Recipiente + peso suelo seco	120,4
Peso del recipiente	75,6
Peso del suelo seco <b>Ws</b>	44,8
<b><math>G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})</math></b>	2,814

**Autor:** María José Molina Hinojosa

**Tabla 118.** Gravedad específica muestra 12



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



<b>Parroquia:</b>	La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b>	Tesis de Grado
<b>Vía:</b>	La Libertad 2	<b>Normas:</b>	AASHTO T 100 2015
<b>Profundidad:</b>	50 cm	<b>Ensayado por:</b>	María José Molina
<b>Fecha:</b>	6/11/2020	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b>	12	<b>Coordenadas:</b>	X= 768489 Y= 9843627

**ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA**  
**Suelos menores al tamiz #40**

Muestra número	12
Picnómetro número (Pg)	S/N
Pg + agua hasta la marca de aforo <b>Wbw</b>	661,7
Pg + agua + suelo (sumergido) <b>Wbws</b>	689,5
Desplazamiento agua <b>Ws + Wbw - Wbws</b>	18,9
Temperatura del agua y suelo en °C	19
Factor de corrección por temperatura= <b>K</b>	0,9984
<b>PARA OBTENER LOS SÓLIDOS</b>	
Recipiente número	12G
Recipiente + peso suelo seco	116,4
Peso del recipiente	69,7
Peso del suelo seco <b>Ws</b>	46,7
<b>Gs=(Ws*K) / (Ws + Wbw - Wbws)</b>	2,467

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Tabla 119. DCP muestra 1



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

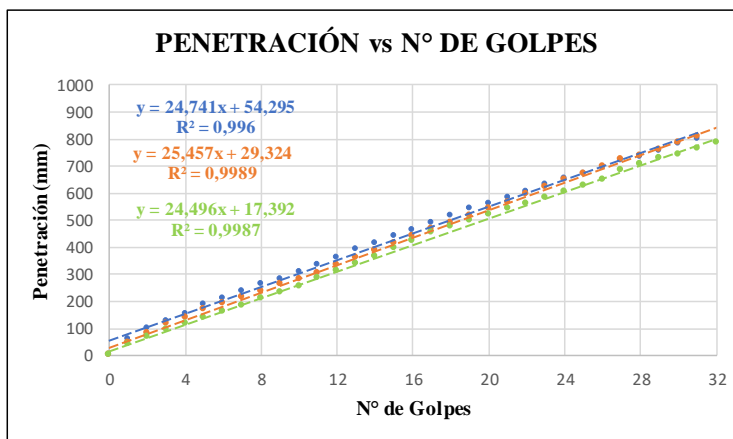


Parroquia: La Matriz-Quero  
Vía: El Placer 1  
Profundidad: 70 cm  
Fecha: 20/2/2021  
Muestra: 1

Proyecto: Tesis de Grado  
Normas: ASTM D 6951-03  
Ensayado por: María José Molina  
Revisado por: Ing. Favio Portilla  
Coordenadas: X= 769166  
Y= 9842688

DN (mm/golpe)	DN (Prom)
1	24,741
2	25,457
3	24,496

ENSAYO DCP



Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	60	46	40
2	97	81	66
3	124	117	93
4	150	137	116
5	185	169	140
6	210	190	161
7	234	211	182
8	260	236	209
9	280	260	232
10	306	281	255
11	331	300	282
12	361	331	310
13	390	358	338
14	413	386	366

15	438	412	395
16	463	439	421
17	489	464	451
18	514	490	474
19	539	515	496
20	560	541	518
21	579	564	541
22	603	593	561
23	630	622	583
24	652	646	603
25	669	671	626
26	690	696	648
27	719	721	681
28	730	738	703
29	755	758	726
30	779	786	742
31	799	806	763
32			786

Autor: María José Molina Hinojosa



Tabla 120. DCP muestra 2



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

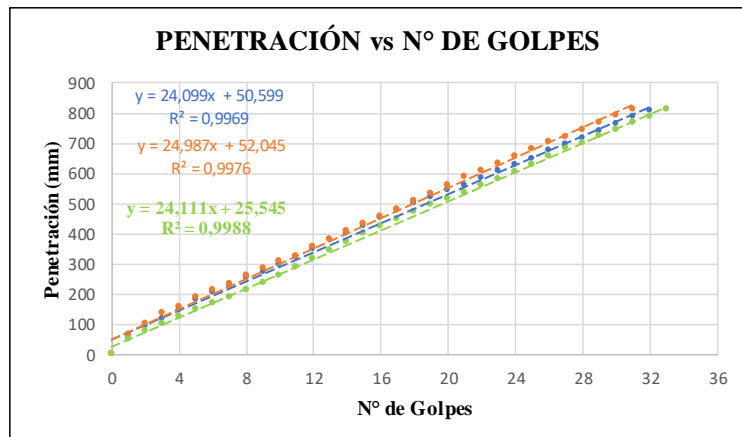


**Parroquia:** La Matriz-Quero  
**Vía:** El Placer 2  
**Profundidad:** 70 cm  
**Fecha:** 20/2/2021  
**Muestra:** 2

**Proyecto:** Tesis de Grado  
**Normas:** ASTM D 6951-03  
**Ensayado por:** María José Molina  
**Revisado por:** Ing. Favio Portilla  
**Coordenadas:** X= 768088  
Y= 9842740

ENSAYO DCP

DN (mm/golpe)	DN (Prom)
1	24,099
2	24,987
3	24,111
24,40	



Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	57	65	50
2	92	100	76
3	117	136	101
4	145	156	125
5	178	189	147
6	202	211	167
7	225	233	186
8	250	259	211
9	272	284	235
10	296	307	261
11	321	325	289
12	349	355	317
13	379	381	344
14	399	406	372
15	425	430	400

16	451	455	425
17	474	479	448
18	498	505	471
19	518	529	494
20	541	557	514
21	560	585	535
22	582	608	558
23	607	632	580
24	628	656	604
25	648	679	626
26	676	702	656
27	693	720	681
28	716	743	699
29	739	768	722
30	763	792	742
31	785	812	765
32	808		785
33			809

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Tabla 121. DCP muestra 3



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

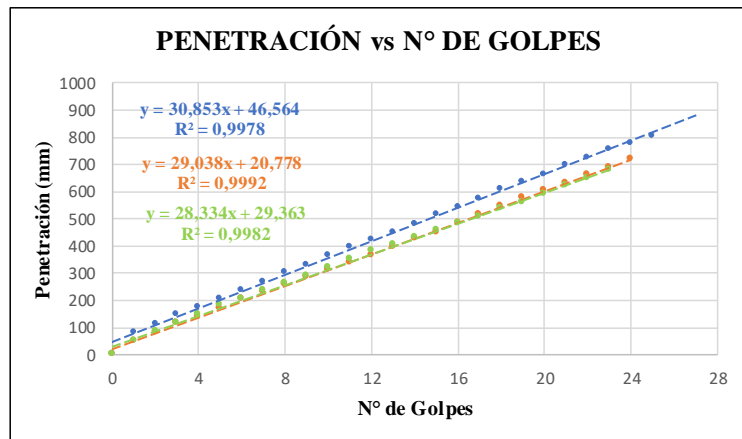


**Parroquia:** La Matriz-Quero  
**Vía:** Piquil 1  
**Profundidad:** 60 cm  
**Fecha:** 20/2/2021  
**Muestra:** 3

**Proyecto:** Tesis de Grado  
**Normas:** ASTM D 6951-03  
**Ensayado por:** María José Molina  
**Revisado por:** Ing. Favio Portilla  
**Coordenadas:** X= 766476  
Y= 9843220

DN (mm/golpe)	DN (Prom)
1	30,853
2	29,038
3	28,334

ENSAYO DCP



Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	80	50	50
2	110	80	86
3	145	115	114
4	175	140	145
5	205	171	180
6	235	204	205
7	265	232	234
8	301	257	261
9	330	283	288
10	365	312	319
11	394	336	349
12	423	364	380
13	446	395	405

14	478	425	432
15	513	447	455
16	543	484	485
17	572	516	506
18	606	547	535
19	636	576	559
20	661	602	592
21	697	630	619
22	725	661	647
23	754	687	679
24	778	717	705
25	801	745	734
26		775	760
27		796	785
28		819	814

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Tabla 122. DCP muestra 4



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

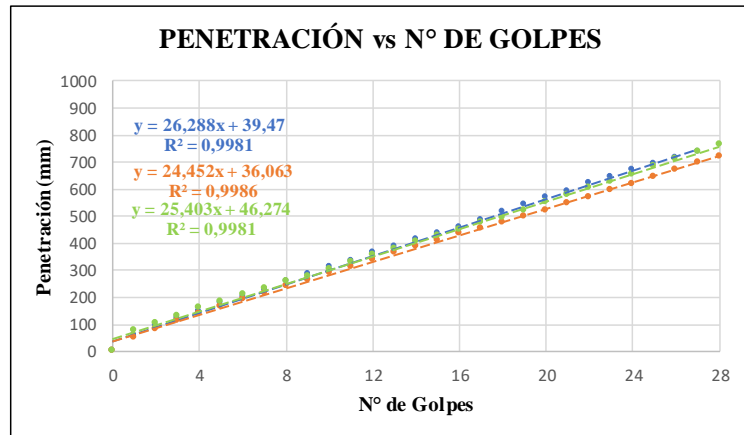


**Parroquia:** La Matriz-Quero  
**Vía:** Piquil 1  
**Profundidad:** 50 cm  
**Fecha:** 20/2/2021  
**Muestra:** 4

**Proyecto:** Tesis de Grado  
**Normas:** ASTM D 6951-03  
**Ensayado por:** María José Molina  
**Revisado por:** Ing. Favio Portilla  
**Coordenadas:** X= 766606  
Y= 9842156

DN (mm/golpe)	DN (Prom)
1	26,288
2	24,452
3	25,403

ENSAYO DCP



Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	60	50	75
2	95	80	103
3	122	110	130
4	145	139	158
5	176	163	183
6	201	191	209
7	226	215	233
8	257	240	256
9	285	263	277
10	310	288	302
11	334	312	329
12	363	339	355
13	388	363	376
14	414	384	404

15	433	407	428
16	458	433	449
17	484	452	474
18	516	476	494
19	543	496	520
20	567	521	550
21	588	544	576
22	619	568	603
23	645	594	626
24	669	617	653
25	694	644	683
26	713	671	710
27	737	696	734
28	763	719	762
29	788	743	787
30	809	769	808
31		795	
32		813	

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Tabla 123. DCP muestra 5



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

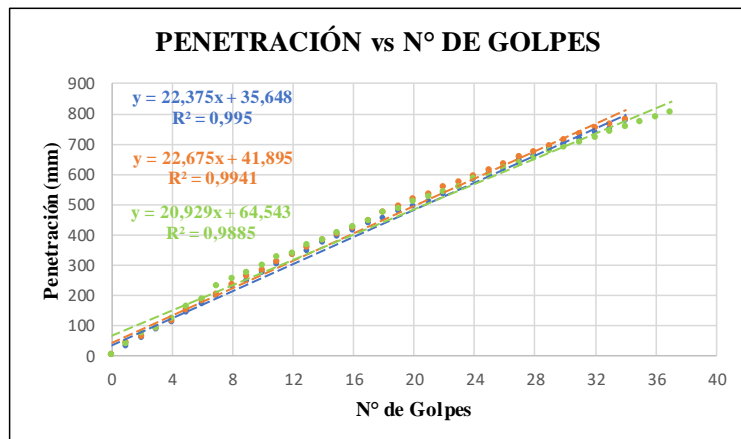


**Parroquia:** La Matriz-Quero  
**Vía:** San Pedro de Sabañag 1  
**Profundidad:** 50 cm  
**Fecha:** 20/2/2021  
**Muestra:** 5

**Proyecto:** Tesis de Grado  
**Normas:** ASTM D 6951-03  
**Ensayado por:** María José Molina  
**Revisado por:** Ing. Favio Portilla  
**Coordenadas:** X= 768674  
Y= 9839439

ENSAYO DCP

DN (mm/golpe)	DN (Prom)
1	22,375
2	22,675
3	20,929



Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	30	40	35
2	58	60	71
3	83	89	89
4	109	113	122
5	139	148	159
6	169	180	184
7	195	200	229
8	226	231	251
9	244	260	273
10	271	281	296
11	300	308	324
12	330	332	335
13	344	357	364
14	371	380	381
15	392	400	403
16	413	420	422
17	435	445	442

18	450	471	470
19	477	492	482
20	491	514	507
21	506	530	521
22	531	554	540
23	555	572	555
24	580	591	582
25	597	612	596
26	615	630	618
27	641	653	635
28	659	672	650
29	682	692	675
30	699	710	685
31	713	731	702
32	734	749	720
33	748	761	738
34	774	780	755
35			769
36			785
37			801

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Tabla 124. DCP muestra 6



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

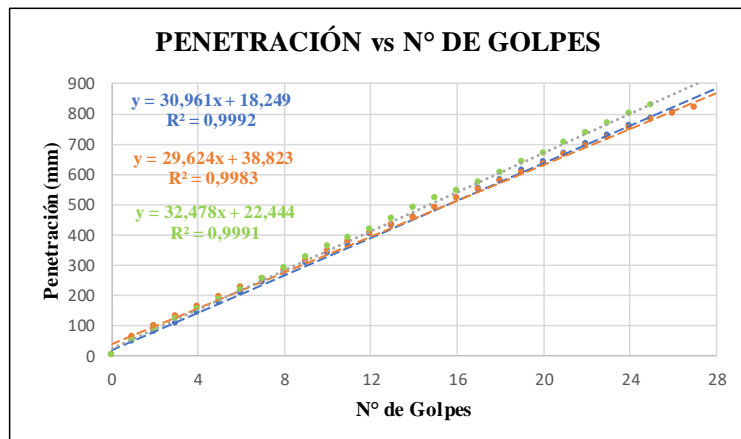


**Parroquia:** La Matriz-Quero  
**Vía:** San Pedro de Sabañag 1  
**Profundidad:** 50 cm  
**Fecha:** 20/2/2021  
**Muestra:** 6

**Proyecto:** Tesis de Grado  
**Normas:** ASTM D 6951-03  
**Ensayado por:** María José Molina  
**Revisado por:** Ing. Favio Portilla  
**Coordenadas:** X= 768028  
Y= 9840636

ENSAYO DCP

DN (mm/golpe)	DN (Prom)
1	30,961
2	29,624
3	32,478
31,02	



Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	45	60	50
2	76	95	85
3	105	128	119
4	140	159	150
5	173	192	183
6	202	222	217
7	238	250	253
8	270	279	288
9	305	313	325
10	334	345	358
11	365	374	388
12	399	405	417

13	427	432	452
14	456	457	488
15	487	488	518
16	517	520	543
17	552	545	572
18	580	573	603
19	612	603	637
20	637	630	667
21	666	662	703
22	700	692	735
23	727	719	766
24	759	749	797
25	784	778	825
26	804	798	
27		817	

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Tabla 125. DCP muestra 7



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

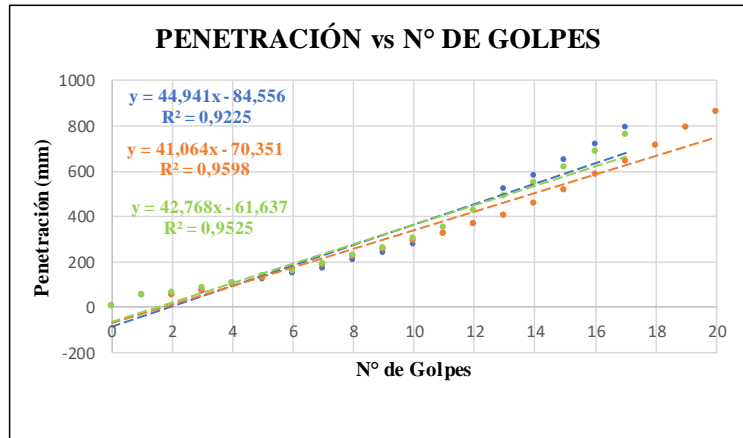


**Parroquia:** La Matriz-Quero  
**Vía:** Hualcanga la Dolorosa 1  
**Profundidad:** 55 cm  
**Fecha:** 20/2/2021  
**Muestra:** 7

**Proyecto:** Tesis de Grado  
**Normas:** ASTM D 6951-03  
**Ensayado por:** María José Molina  
**Revisado por:** Ing. Favio Portilla  
**Coordenadas:** X= 767166  
Y= 9840509

ENSAYO DCP

DN (mm/golpe)	DN (Prom)
1	44,941
2	41,064
3	42,768



Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	48	48	52
2	50	50	63
3	65	74	83
4	104	99	105
5	119	123	133
6	145	155	158
7	170	185	190
8	203	221	226
9	239	252	260
10	275	291	301
11	322	323	349
12	365	366	423
13	519	403	488
14	576	456	546
15	645	514	612
16	717	582	686
17	792	643	759
18		711	
19		792	
20		858	

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Tabla 126. DCP muestra 8



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

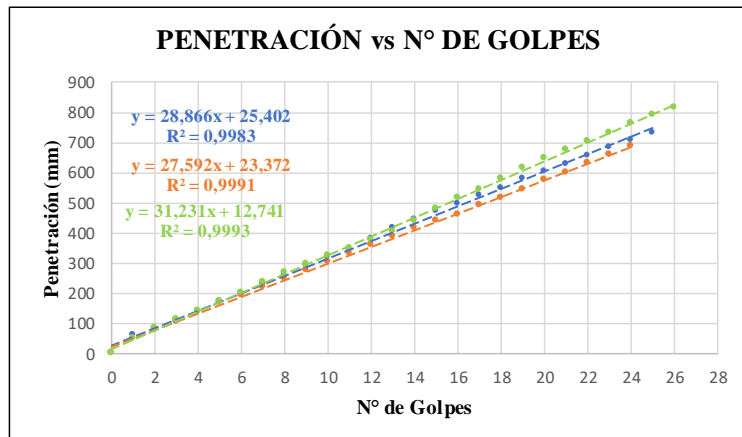


**Parroquia:** La Matriz-Quero  
**Vía:** Hualcanga la Dolorosa 1  
**Profundidad:** 60 cm  
**Fecha:** 20/2/2021  
**Muestra:** 8

**Proyecto:** Tesis de Grado  
**Normas:** ASTM D 6951-03  
**Ensayado por:** María José Molina  
**Revisado por:** Ing. Favio Portilla  
**Coordenadas:** X= 767222  
Y= 9839347

DN (mm/golpe)	DN (Prom)
1	28,866
2	27,592
3	31,231

ENSAYO DCP



Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	60	50	48
2	75	80	83
3	105	108	113
4	140	135	141
5	172	166	171
6	200	193	199
7	226	219	234
8	256	247	269
9	291	277	296
10	319	302	323
11	344	331	347
12	379	360	377
13	415	388	405

14	443	415	440
15	471	439	480
16	496	461	515
17	522	490	544
18	548	515	579
19	577	541	615
20	602	573	646
21	625	599	676
22	656	629	704
23	682	658	729
24	706	686	764
25	732	710	792
26	756	738	816
27	782	768	
28	803	797	
29		816	

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Tabla 127. DCP muestra 9



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

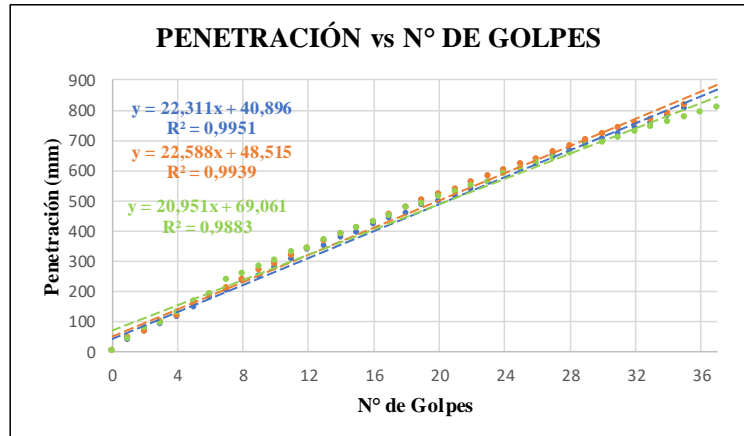


**Parroquia:** La Matriz-Quero  
**Vía:** San José de Guanto 1  
**Profundidad:** 50 cm  
**Fecha:** 20/2/2021  
**Muestra:** 9

**Proyecto:** Tesis de Grado  
**Normas:** ASTM D 6951-03  
**Ensayado por:** María José Molina  
**Revisado por:** Ing. Favio Portilla  
**Coordenadas:** X= 768856  
Y= 9840460

DN (mm/golpe)	DN (Prom)
1	22,311
2	22,588
3	20,951

ENSAYO DCP



Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	35	46	40
2	64	66	76
3	88	95	94
4	114	118	127
5	143	154	164
6	174	186	189
7	200	206	235
8	230	237	256
9	249	266	278
10	276	287	301
11	305	314	329
12	335	338	340
13	349	363	369
14	374	386	386
15	392	406	408
16	418	426	427
17	441	451	447

18	455	477	475
19	483	498	487
20	496	520	512
21	511	536	526
22	536	560	545
23	560	578	560
24	585	597	587
25	603	618	601
26	620	636	623
27	645	659	640
28	664	678	655
29	687	698	680
30	704	718	690
31	718	737	707
32	739	755	725
33	753	767	743
34	779	786	760
35	803	814	774
36			790
37			807

**Autor:** María José Molina Hinojosa



**Tabla 128.** DCP muestra 10



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

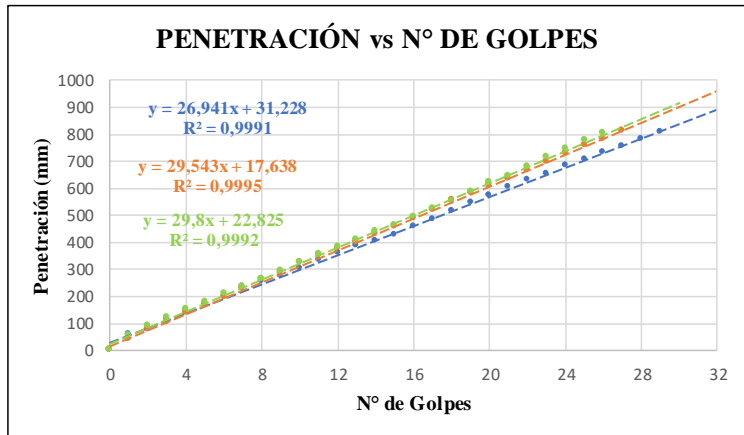


**Parroquia:** La Matriz-Quero  
**Vía:** San José de Guanto 2  
**Profundidad:** 60 cm  
**Fecha:** 20/2/2021  
**Muestra:** 10

**Proyecto:** Tesis de Grado  
**Normas:** ASTM D 6951-03  
**Ensayado por:** María José Molina  
**Revisado por:** Ing. Favio Portilla  
**Coordenadas:** X= 769566  
 Y= 9840619

DN (mm/golpe)	DN (Prom)
1	26,941
2	29,543
3	29,8

**ENSAYO DCP**



Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	60	40	52
2	89	75	87
3	115	104	121
4	145	137	151
5	170	169	179
6	198	197	209
7	225	231	235
8	251	261	263
9	277	288	292
10	303	323	322
11	331	349	353
12	360	377	381
13	384	401	407

14	403	430	437
15	428	458	462
16	457	489	493
17	484	519	522
18	514	553	551
19	545	581	586
20	574	607	619
21	602	636	645
22	628	664	677
23	652	695	712
24	681	728	744
25	705	757	774
26	731	782	802
27	756	810	
28	781		
29	807		

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Tabla 129. DCP muestra 11



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

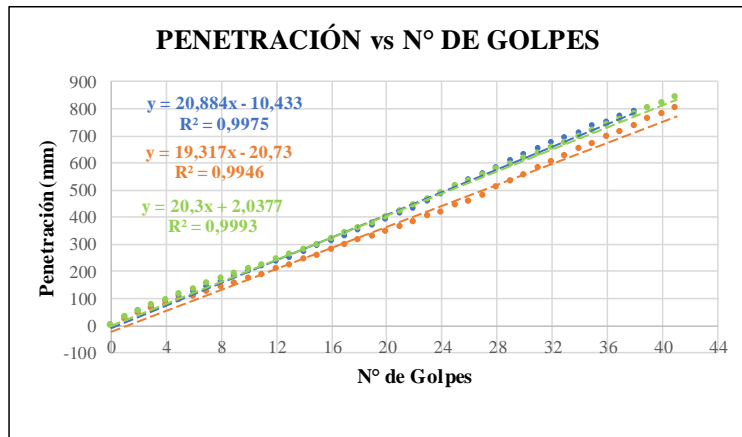


**Parroquia:** La Matriz-Quero  
**Vía:** La Libertad 1  
**Profundidad:** 60 cm  
**Fecha:** 20/2/2021  
**Muestra:** 11

**Proyecto:** Tesis de Grado  
**Normas:** ASTM D 6951-03  
**Ensayado por:** María José Molina  
**Revisado por:** Ing. Favio Portilla  
**Coordenadas:** X= 768424  
Y= 9843830

ENSAYO DCP

DN (mm/golpe)	DN (Prom)
1	20,884
2	19,317
3	20,3



Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	28	21	31
2	50	41	51
3	70	61	73
4	86	75	92
5	103	91	111
6	122	106	131
7	139	122	151
8	158	141	169
9	178	155	188
10	196	171	206
11	214	186	221
12	232	206	240
13	248	221	260
14	269	241	278
15	289	256	296
16	309	276	316
17	328	293	338
18	349	311	357
19	368	328	376

20	388	345	398
21	409	363	420
22	430	381	441
23	456	401	463
24	482	416	486
25	510	440	510
26	534	456	531
27	558	478	551
28	580	506	573
29	604	530	592
30	628	551	616
31	648	579	632
32	670	601	656
33	690	621	673
34	709	649	694
35	732	667	716
36	748	693	740
37	768	711	756
38	788	733	777
39		759	798
40		778	818
41		801	838

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Tabla 130. DCP muestra 12



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

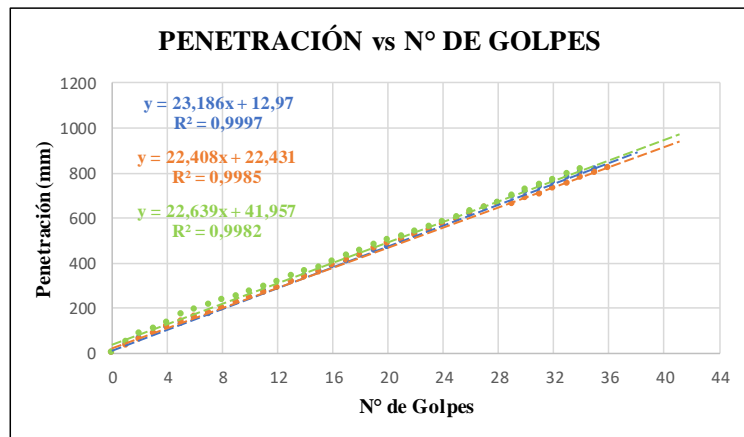


**Parroquia:** La Matriz-Quero  
**Vía:** La Libertad 2  
**Profundidad:** 50 cm  
**Fecha:** 20/2/2021  
**Muestra:** 12

**Proyecto:** Tesis de Grado  
**Normas:** ASTM D 6951-03  
**Ensayado por:** María José Molina  
**Revisado por:** Ing. Favio Portilla  
**Coordenadas:** X= 768489  
Y= 9843627

DN (mm/golpe)	DN (Prom)
1	23,186
2	22,408
3	22,639

ENSAYO DCP



Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	40	35	50
2	65	61	84
3	84	88	109
4	110	116	135
5	130	140	169
6	156	160	193
7	173	178	215
8	197	197	235
9	222	223	253
10	246	243	273
11	271	267	294
12	288	290	314
13	314	313	339
14	339	337	362
15	361	357	380
16	381	387	404
17	403	411	429

18	429	431	455
19	450	461	481
20	470	485	498
21	496	503	517
22	526	523	540
23	550	543	559
24	573	571	579
25	590	592	602
26	614	622	626
27	644	643	644
28	665	660	665
29	690	659	695
30	713	684	723
31	737	705	747
32	757	727	766
33	778	752	791
34	797	776	813
35	815	797	
36		817	

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Tabla 131. Proctor modificado muestra 1



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



**Parroquia:** La Matriz-Quero  
**Vía:** El Placer 1  
**Profundidad:** 70 cm  
**Fecha:** 27/12/2020  
**Muestra:** 1

**Proyecto:** Tesis de Grado  
**Normas:** AASHTO T 180 2018  
**Ensayado por:** María José Molina  
**Revisado por:** Ing. Favio Portilla  
**Coordenadas:** X= 769166  
 Y= 9842688

**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO**

ESPECIFICACIONES								
Número de golpes	56	Altura de caída	18"	Peso del molde	14900	gr		
Número de capas	5	Peso del martillo	10 lb	Volumen del molde	2274,3	cm <sup>3</sup>		
Energía de compactación		Normas	AASHTO T-180					
Peso inicial deseado	6000		6000		6000		6000	
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	5	9	13	17				
P. molde + suelo húmedo (gr)	18900	19200	19600	19400				
P.suelo húmedo Wm (gr)	4000	4300	4500	4500				
Peso unitario húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,759	1,891	1,979	1,979				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente número	M7	M8	M9	M10	M11	M12	J4	J9
Peso del recipiente Wr	8,83	8,13	8,21	8,3	8,62	8,97	20,93	20,74
Rec+suelo húmedo Wr + Wm	45,01	39,03	44,67	41,11	47,35	52,73	75,48	79,48
Rec+suelo seco Ws + Wm	43,00	37,15	41,35	38,08	42,33	47,08	67,20	70,17
Peso sólidos Ws	34,17	29,02	33,14	29,78	33,71	38,11	46,27	49,43
Peso del agua Ww	2,01	1,88	3,32	3,03	5,02	5,65	8,28	9,31
Cont. de humedad w%	5,88	6,48	10,02	10,17	14,89	14,83	17,89	18,83
Cont. de humedad promedio w%	6,18		10,10		14,86		18,36	
Peso volumétrico seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1,656		1,717		1,723		1,672	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
						<p><b>Máxima densidad seca:</b> 1,73 gr/cm<sup>3</sup></p> <p><b>Contenido de humedad óptimo:</b> 12,80%</p>		

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Tabla 132. Proctor modificado muestra 2



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



**Parroquia:** La Matriz-Quero  
**Vía:** El Placer 2  
**Profundidad:** 70 cm  
**Fecha:** 27/12/2020  
**Muestra:** 2

**Proyecto:** Tesis de Grado  
**Normas:** AASHTO T 180 2018  
**Ensayado por:** María José Molina  
**Revisado por:** Ing. Favio Portilla  
**Coordenadas:** X= 768088  
 Y= 9842740

**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO**

ESPECIFICACIONES								
Número de golpes	56	Altura de caída	18"	Peso del molde	14900	gr		
Número de capas	5	Peso del martillo	10 lb	Volumen del molde	2274,3	cm <sup>3</sup>		
Energía de compactación		Normas	AASHTO T-180					
Peso inicial deseado	6000		6000		6000		6000	
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	9	13	17	21				
P. molde + suelo húmedo (gr)	19000	19350	19500	19450				
P.suelo húmedo Wm (gr)	4100	4300	4600	4550				
Peso unitario húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,803	1,891	2,023	2,001				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente número	J2	J13	J16	J19	A3	J12	J10	J11
Peso del recipiente Wr	21,7	20,73	21,61	21,8	21,93	22,03	20,89	20,83
Rec+suelo húmedo Wr + Wm	69,52	72,1	70,32	75,74	67,88	79,94	78,89	66,41
Rec+suelo seco Ws + Wm	65,62	68,42	64,83	70,02	61,78	72,16	69,93	59,15
Peso sólidos Ws	43,92	47,69	43,22	48,22	39,85	50,13	49,04	38,32
Peso del agua Ww	3,90	3,68	5,49	5,72	6,10	7,78	8,96	7,26
Cont. de humedad w%	8,88	7,72	12,70	11,86	15,31	15,52	18,27	18,95
Cont. de humedad promedio w%	8,30		12,28		15,41		18,61	
Peso volumétrico seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1,665		1,684		1,752		1,687	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
<p align="center"><b>CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</b></p>						<p><b>Máxima densidad seca:</b> 1,72 gr/cm<sup>3</sup></p> <p><b>Contenido de humedad óptimo:</b> 14,00%</p>		

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Tabla 133. Proctor modificado muestra 3



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



<b>Parroquia:</b> La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b> Tesis de Grado
<b>Vía:</b> Piquil 1	<b>Normas:</b> AASHTO T 180 2018
<b>Profundidad:</b> 60 cm	<b>Ensayado por:</b> María José Molina
<b>Fecha:</b> 24/12/2020	<b>Revisado por:</b> Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b> 3	<b>Coordenadas:</b> X= 766476 Y= 9843220

**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO**

ESPECIFICACIONES								
Número de golpes	56	Altura de caída	18"	Peso del molde	14900	gr		
Número de capas	5	Peso del martillo	10 lb	Volumen del molde	2274,3	cm <sup>3</sup>		
Energía de compactación		Normas	AASHTO T-180					
Peso inicial deseado	6000		6000		6000		6000	
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	8	12	15	17				
P. molde + suelo húmedo (gr)	18950	19150	19350	19300				
P.suelo húmedo Wm (gr)	4050	4300	4450	4400				
Peso unitario húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,781	1,891	1,957	1,935				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente número	J11	J4	J9	J13	A3	J8	J16	J12
Peso del recipiente Wr	20,83	20,93	20,74	20,73	21,93	22,2	21,61	22,03
Rec+suelo húmedo Wr + Wm	66,9	66,28	59,03	53,35	63,66	69,58	62,7	64,35
Rec+suelo seco Ws + Wm	63,99	63,35	55,24	50,15	58,45	64,02	56,74	58,23
Peso sólidos Ws	43,16	42,42	34,50	29,42	36,52	41,82	35,13	36,2
Peso del agua Ww	2,91	2,93	3,79	3,2	5,21	5,56	5,96	6,12
Cont. de humedad w%	6,74	6,91	10,99	10,88	14,27	13,30	16,97	16,91
Cont. de humedad promedio w%	6,82		10,93		13,78		16,94	
Peso volumétrico seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1,667		1,704		1,720		1,654	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
						<p><b>Máxima densidad seca:</b> 1,716 gr/cm<sup>3</sup></p> <p><b>Contenido de humedad óptimo:</b> 12,00%</p>		

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Tabla 134. Proctor modificado muestra 4



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



<b>Parroquia:</b> La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b> Tesis de Grado
<b>Vía:</b> Piquil 2	<b>Normas:</b> AASHTO T 180 2018
<b>Profundidad:</b> 50 cm	<b>Ensayado por:</b> María José Molina
<b>Fecha:</b> 26/12/2020	<b>Revisado por:</b> Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b> 4	<b>Coordenadas:</b> X= 766606 Y= 9842156

**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO**

ESPECIFICACIONES								
Número de golpes	56	Altura de caída	18"	Peso del molde	14900	gr		
Número de capas	5	Peso del martillo	10 lb	Volumen del molde	2274,3	cm <sup>3</sup>		
Energía de compactación		Normas	AASHTO T-180					
Peso inicial deseado	6000		6000		6000		6000	
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	10	13	16	19				
P. molde + suelo húmedo (gr)	18800	18900	19050	19000				
P.suelo húmedo Wm (gr)	3900	4100	4150	4100				
Peso unitario húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,715	1,803	1,825	1,803				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente número	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M3	M4
Peso del recipiente Wr	8,42	8,13	8,83	8,13	8,21	8,30	7,97	8,14
Rec+suelo húmedo Wr + Wm	51,37	52,58	51,12	54,67	68,37	56,89	68,74	58,12
Rec+suelo seco Ws + Wm	46,88	48,17	45,75	49,35	59,67	50,72	59,67	50,72
Peso sólidos Ws	38,46	40,04	36,92	41,22	51,46	42,42	51,70	42,58
Peso del agua Ww	4,49	4,41	5,37	5,32	8,70	6,17	9,07	7,4
Cont. de humedad w%	11,67	11,01	14,54	12,91	16,91	14,55	17,54	17,38
Cont. de humedad promedio w%	11,34		13,73		15,73		17,46	
Peso volumétrico seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1,540		1,585		1,577		1,535	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
<p align="center"><b>CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</b></p>						<p><b>Máxima densidad seca:</b> 1,588 gr/cm<sup>3</sup></p> <p><b>Contenido de humedad óptimo:</b> 14,40%</p>		

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Tabla 135. Proctor modificado muestra 5



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



<b>Parroquia:</b> La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b> Tesis de Grado
<b>Vía:</b> San Pedro de Sabañag 1	<b>Normas:</b> AASHTO T 180 2018
<b>Profundidad:</b> 50 cm	<b>Ensayado por:</b> María José Molina
<b>Fecha:</b> 26/12/2020	<b>Revisado por:</b> Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b> 5	<b>Coordenadas:</b> X= 768674 Y= 9839439

**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO**

ESPECIFICACIONES								
Número de golpes	56	Altura de caída	18"	Peso del molde	14900	gr		
Número de capas	5	Peso del martillo	10 lb	Volumen del molde	2274,3	cm <sup>3</sup>		
Energía de compactación		Normas	AASHTO T-180					
Peso inicial deseado	6000		6000		6000		6000	
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	5	8	11	14				
P. molde + suelo húmedo (gr)	19050	19350	19450	19400				
P.suelo húmedo Wm (gr)	4150	4300	4550	4500				
Peso unitario húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,825	1,891	2,001	1,979				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente número	M11	M12	J13	J11	J8	J20	J12	J16
Peso del recipiente Wr	8,62	8,97	20,64	20,82	22,06	21,57	22,04	21,93
Rec+suelo húmedo Wr + Wm	50,23	53,79	72,09	70,06	85,89	95,83	86,62	92,2
Rec+suelo seco Ws + Wm	46,56	49,2	66,19	64,41	77,29	85,61	76,51	81,82
Peso sólidos Ws	37,94	40,23	45,55	43,59	55,23	64,04	54,47	59,89
Peso del agua Ww	3,67	4,59	5,90	5,65	8,60	10,22	10,11	10,38
Cont. de humedad w%	9,67	11,41	12,95	12,96	15,57	15,96	18,56	17,33
Cont. de humedad promedio w%	10,54		12,96		15,77		17,95	
Peso volumétrico seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1,651		1,674		1,728		1,678	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
<p align="center"><b>CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</b></p>					<p><b>Máxima densidad seca:</b> 1,708 gr/cm<sup>3</sup></p> <p><b>Contenido de humedad óptimo:</b> 15,00%</p>			

**Autor:** María José Molina Hinojosa



Tabla 136. Proctor modificado muestra 6



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



<b>Parroquia:</b> La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b> Tesis de Grado
<b>Vía:</b> San Pedro de Sabañag 2	<b>Normas:</b> AASHTO T 180 2018
<b>Profundidad:</b> 50 cm	<b>Ensayado por:</b> María José Molina
<b>Fecha:</b> 26/12/2020	<b>Revisado por:</b> Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b> 6	<b>Coordenadas:</b> X= 768028 Y= 9840636

**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO**

ESPECIFICACIONES								
Número de golpes	56	Altura de caída	18"	Peso del molde	14900	gr		
Número de capas	5	Peso del martillo	10 lb	Volumen del molde	2274,3	cm <sup>3</sup>		
Energía de compactación		Normas	AASHTO T-180					
Peso inicial deseado	6000		6000		6000		6000	
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	7	10	13	16				
P. molde + suelo húmedo (gr)	19000	19150	19300	19400				
P.suelo húmedo Wm (gr)	4100	4250	4370	4500				
Peso unitario húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,803	1,869	1,921	1,979				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente número	M29	M30	M31	M32	M33	M34	M35	M36
Peso del recipiente Wr	24,53	27,55	28,47	28,6	28,2	28,27	28,62	27,79
Rec+suelo húmedo Wr + Wm	71,93	84,21	83,75	79,98	87,7	84,61	85,81	92,24
Rec+suelo seco Ws + Wm	69,40	80,87	79,29	75,71	80,91	78,85	77,36	84,48
Peso sólidos Ws	44,87	53,32	50,82	47,11	52,71	50,58	48,74	56,69
Peso del agua Ww	2,53	3,34	4,46	4,27	6,79	5,76	8,45	7,76
Cont. de humedad w%	5,64	6,26	8,78	9,06	12,88	11,39	17,34	13,69
Cont. de humedad promedio w%	5,95		8,92		12,13		15,51	
Peso volumétrico seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1,701		1,716		1,714		1,713	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
					<p><b>Máxima densidad seca:</b> 1,719 gr/cm<sup>3</sup></p> <p><b>Contenido de humedad óptimo:</b> 12,00%</p>			

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Tabla 137. Proctor modificado muestra 7



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



<b>Parroquia:</b> La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b> Tesis de Grado
<b>Vía:</b> Hualcanga la Dolorosa 1	<b>Normas:</b> AASHTO T 180 2018
<b>Profundidad:</b> 55 cm	<b>Ensayado por:</b> María José Molina
<b>Fecha:</b> 26/12/2020	<b>Revisado por:</b> Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b> 7	<b>Coordenadas:</b> X= 767166 Y= 9840509

**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO**

ESPECIFICACIONES								
Número de golpes	56	Altura de caída	18"	Peso del molde	14900	gr		
Número de capas	5	Peso del martillo	10 lb	Volumen del molde	2274,3	cm <sup>3</sup>		
Energía de compactación		Normas	AASHTO T-180					
Peso inicial deseado	6000		6000		6000		6000	
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	5	8	11	14				
P. molde + suelo húmedo (gr)	18950	19350	19600	19500				
P.suelo húmedo Wm (gr)	4050	4450	4700	4600				
Peso unitario húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,781	1,957	2,067	2,023				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente número	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20
Peso del recipiente Wr	58,73	62,37	47,78	58,78	61,88	57,79	60,71	54,77
Rec+suelo húmedo Wr + Wm	92,56	97,85	88,81	94,76	95,55	99,06	97,67	90,68
Rec+suelo seco Ws + Wm	89,96	94,97	84,58	91,2	91,45	94,03	92,22	85,93
Peso sólidos Ws	31,23	32,6	36,80	32,42	29,57	36,24	31,51	31,16
Peso del agua Ww	2,60	2,88	4,23	3,56	4,10	5,03	5,45	4,75
Cont. de humedad w%	8,33	8,83	11,49	10,98	13,87	13,88	17,30	15,24
Cont. de humedad promedio w%	8,58		11,24		13,87		16,27	
Peso volumétrico seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1,640		1,759		1,815		1,740	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
<p align="center"><b>CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</b></p>					<p><b>Máxima densidad seca:</b> 1,804 gr/cm<sup>3</sup></p> <p><b>Contenido de humedad óptimo:</b> 13,50%</p>			

**Autor:** María José Molina Hinojosa

**Tabla 138.** Proctor modificado muestra 8



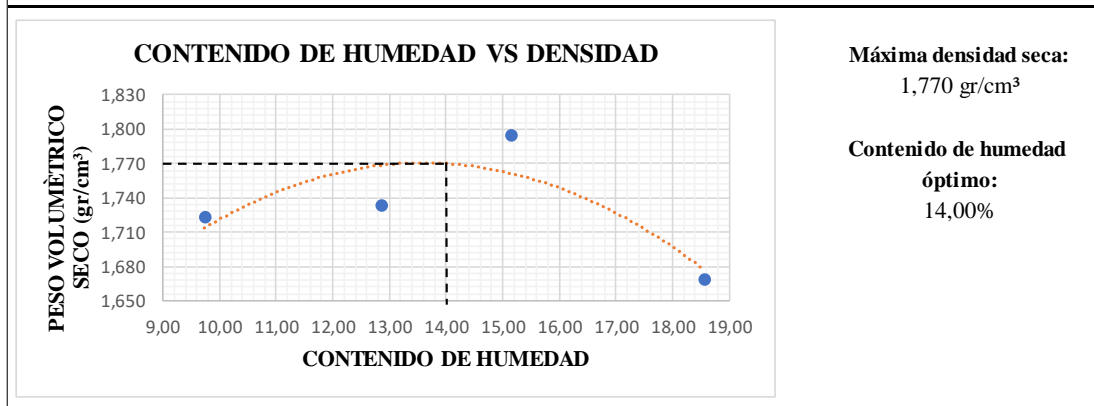
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



<b>Parroquia:</b> La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b> Tesis de Grado
<b>Vía:</b> Hualcanga la Dolorosa 2	<b>Normas:</b> AASHTO T 180 2018
<b>Profundidad:</b> 60 cm	<b>Ensayado por:</b> María José Molina
<b>Fecha:</b> 26/12/2020	<b>Revisado por:</b> Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b> 8	<b>Coordenadas:</b> X= 767222 Y= 9839347

**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO**

ESPECIFICACIONES								
Número de golpes	56	Altura de caída	18"	Peso del molde	14900	gr		
Número de capas	5	Peso del martillo	10 lb	Volumen del molde	2274,3	cm <sup>3</sup>		
Energía de compactación		Normas	AASHTO T-180					
Peso inicial deseado	6000		6000		6000		6000	
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	5	8	11	14				
P. molde + suelo húmedo (gr)	19200	19350	19600	19400				
P.suelo húmedo Wm (gr)	4300	4450	4700	4500				
Peso unitario húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,891	1,957	2,067	1,979				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente número	J9	J12	J4	J10	A3	J19	M1	M2
Peso del recipiente Wr	20,68	21,69	20,88	20,88	21,56	21,02	34,28	35,21
Rec+suelo húmedo Wr + Wm	60,73	60,75	72,09	75,66	78,11	68,97	95,15	91,36
Rec+suelo seco Ws + Wm	57,35	57,12	66,27	69,41	70,55	62,76	85,84	82,37
Peso sólidos Ws	36,67	35,43	45,39	48,53	48,99	41,74	51,56	47,16
Peso del agua Ww	3,38	3,63	5,82	6,25	7,56	6,21	9,31	8,99
Cont. de humedad w%	9,22	10,25	12,82	12,88	15,43	14,88	18,06	19,06
Cont. de humedad promedio w%	9,73		12,85		15,15		18,56	
Peso volumétrico seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1,723		1,734		1,795		1,669	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								



**Autor:** María José Molina Hinojosa

Tabla 139. Proctor modificado muestra 9



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



<b>Parroquia:</b> La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b> Tesis de Grado
<b>Vía:</b> San José de Guanto 1	<b>Normas:</b> AASHTO T 180 2018
<b>Profundidad:</b> 50 cm	<b>Ensayado por:</b> María José Molina
<b>Fecha:</b> 26/12/2020	<b>Revisado por:</b> Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b> 9	<b>Coordenadas:</b> X= 768856 Y= 9840460

**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO**

ESPECIFICACIONES								
Número de golpes	56	Altura de caída	18"	Peso del molde	14900	gr		
Número de capas	5	Peso del martillo	10 lb	Volumen del molde	2274,3	cm <sup>3</sup>		
Energía de compactación		Normas	AASHTO T-180					
Peso inicial deseado	6000		6000		6000			6000
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	8	11	15	19				
P. molde + suelo húmedo (gr)	18950	19250	19500	19300				
P.suelo húmedo Wm (gr)	4050	4500	4600	4400				
Peso unitario húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,781	1,979	2,023	1,935				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente número	M23	M24	M25	M26	M27	M28	M21	M22
Peso del recipiente Wr	21,94	22,14	21,8	20,95	23,38	28,57	23,38	28,57
Rec+suelo húmedo Wr + Wm	59,24	53,48	52,05	51,69	71,08	81,91	71,08	81,91
Rec+suelo seco Ws + Wm	56,68	51,55	49,19	48,7	65,25	74,96	64,03	73,54
Peso sólidos Ws	34,74	29,41	27,39	27,75	41,87	46,39	40,65	44,97
Peso del agua Ww	2,56	1,93	2,86	2,99	5,83	6,95	7,05	8,37
Cont. de humedad w%	7,37	6,56	10,44	10,77	13,92	14,98	17,34	18,61
Cont. de humedad promedio w%	6,97		10,61		14,45		17,98	
Peso volumétrico seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1,665		1,789		1,767		1,640	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
<p align="center"><b>CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</b></p>					<p><b>Máxima densidad seca:</b> 1,800 gr/cm<sup>3</sup></p> <p><b>Contenido de humedad óptimo:</b> 12,40%</p>			

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Tabla 140. Proctor modificado muestra 10



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



<b>Parroquia:</b>	La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b>	Tesis de Grado
<b>Vía:</b>	San José de Guanto 2	<b>Normas:</b>	AASHTO T 180 2018
<b>Profundidad:</b>	60 cm	<b>Ensayado por:</b>	María José Molina
<b>Fecha:</b>	27/12/2020	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b>	10	<b>Coordenadas:</b>	X= 769566 Y= 9840619

**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO**

ESPECIFICACIONES								
Número de golpes	56	Altura de caída	18"	Peso del molde	14900	gr		
Número de capas	5	Peso del martillo	10 lb	Volumen del molde	2274,3	cm <sup>3</sup>		
Energía de compactación		Normas	AASHTO T-180					
Peso inicial deseado	6000		6000		6000		6000	
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	5	8	11	14				
P. molde + suelo húmedo (gr)	19000	19300	19650	19625				
P. suelo húmedo Wm (gr)	4100	4400	4750	4725				
Peso unitario húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,803	1,935	2,089	2,078				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente número	M37	M38	M39	M40	M3	M4	M5	M6
Peso del recipiente Wr	28,48	28,14	28,35	28,46	7,97	8,14	8,42	8,13
Rec+suelo húmedo Wr + Wm	75,13	72,23	86,78	89,32	57,68	57,93	51,27	41,56
Rec+suelo seco Ws + Wm	72,28	69,21	81,49	84,57	52,11	52,83	45,78	36,98
Peso sólidos Ws	43,80	41,07	53,14	56,11	44,14	44,69	37,36	28,85
Peso del agua Ww	2,85	3,02	5,29	4,75	5,57	5,1	5,49	4,58
Cont. de humedad w%	6,51	7,35	9,95	8,47	12,62	11,41	14,69	15,88
Cont. de humedad promedio w%	6,93		9,21		12,02		15,29	
Peso volumétrico seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1,686		1,772		1,865		1,802	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
<p align="center"><b>CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</b></p>					<p><b>Máxima densidad seca:</b> 1,850 gr/cm<sup>3</sup></p> <p><b>Contenido de humedad óptimo:</b> 12,40%</p>			

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Tabla 141. Proctor modificado muestra 11



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



<b>Parroquia:</b> La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b> Tesis de Grado
<b>Vía:</b> La Libertad 1	<b>Normas:</b> AASHTO T 180 2018
<b>Profundidad:</b> 60 cm	<b>Ensayado por:</b> María José Molina
<b>Fecha:</b> 24/12/2020	<b>Revisado por:</b> Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b> 11	<b>Coordenadas:</b> X= 768424 Y= 9843830

**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO**

ESPECIFICACIONES								
Número de golpes	56	Altura de caída	18"	Peso del molde	14900	gr		
Número de capas	5	Peso del martillo	10 lb	Volumen del molde	2274,3	cm <sup>3</sup>		
Energía de compactación		Normas	AASHTO T-180					
Peso inicial deseado	6000		6000		6000			6000
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	8	12	15	18				
P. molde + suelo húmedo (gr)	18950	19150	19350	19250				
P.suelo húmedo Wm (gr)	4050	4300	4450	4350				
Peso unitario húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,781	1,891	1,957	1,913				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente número	J11	J4	J9	J13	A3	J8	J16	J12
Peso del recipiente Wr	20,83	20,93	20,74	20,73	21,93	22,2	21,61	22,03
Rec+suelo húmedo Wr + Wm	66,9	66,28	59,03	53,35	63,66	69,58	66,13	71,52
Rec+suelo seco Ws + Wm	63,99	63,35	55,24	50,15	58,45	64,02	59,45	65,05
Peso sólidos Ws	43,16	42,42	34,50	29,42	36,52	41,82	37,84	43,02
Peso del agua Ww	2,91	2,93	3,79	3,2	5,21	5,56	6,68	6,47
Cont. de humedad w%	6,74	6,91	10,99	10,88	14,27	13,30	17,65	15,04
Cont. de humedad promedio w%	6,82		10,93		13,78		16,35	
Peso volumétrico seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1,667		1,704		1,720		1,644	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
<p align="center"><b>CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</b></p>					<p><b>Máxima densidad seca:</b> 1,72 gr/cm<sup>3</sup></p> <p><b>Contenido de humedad óptimo:</b> 11,40%</p>			

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Tabla 142. Proctor modificado muestra 12



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



<b>Parroquia:</b> La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b> Tesis de Grado
<b>Vía:</b> La Libertad 2	<b>Normas:</b> AASHTO T 180 2018
<b>Profundidad:</b> 50 cm	<b>Ensayado por:</b> María José Molina
<b>Fecha:</b> 24/12/2020	<b>Revisado por:</b> Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b> 12	<b>Coordenadas:</b> X= 768489 Y= 9843627

**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO**

ESPECIFICACIONES									
Número de golpes	56	Altura de caída	18"	Peso del molde	14900	gr			
Número de capas	5	Peso del martillo	10 lb	Volumen del molde	2274,3	cm <sup>3</sup>			
Energía de compactación		Normas	AASHTO T-180						
Peso inicial deseado	6000		6000		6000			6000	
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN									
Ensayo Número	1	2	3	4					
Humedad inicial añadida en %	7	10	13	16					
P. molde + suelo húmedo (gr)	19100	19200	19300	19300					
P.suelo húmedo Wm (gr)	4200	4300	4400	4400					
Peso unitario húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,847	1,891	1,935	1,935					
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD									
Recipiente número	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	
Peso del recipiente Wr	8,15	8,11	8,82	8,09	8,09	8,28	8,58	8,38	
Rec+suelo húmedo Wr + Wm	53,36	47,87	58,82	58,16	55,5	54,69	53,77	73,2	
Rec+suelo seco Ws + Wm	49,89	44,55	53,48	54,04	49,8	48,78	47,15	64,53	
Peso sólidos Ws	41,74	36,44	44,66	45,95	41,71	40,5	38,57	56,15	
Peso del agua Ww	3,47	3,32	5,34	4,12	5,70	5,91	6,62	8,67	
Cont. de humedad w%	8,31	9,11	11,96	8,97	13,67	14,59	17,16	15,44	
Cont. de humedad promedio w%	8,71		10,46		14,13		16,30		
Peso volumétrico seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1,699		1,712		1,695		1,663		
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA									
					<p><b>Máxima densidad seca:</b> 1,712 gr/cm<sup>3</sup></p> <p><b>Contenido de humedad óptimo:</b> 11,20%</p>				

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Tabla 143. Ensayo CBR muestra 1



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



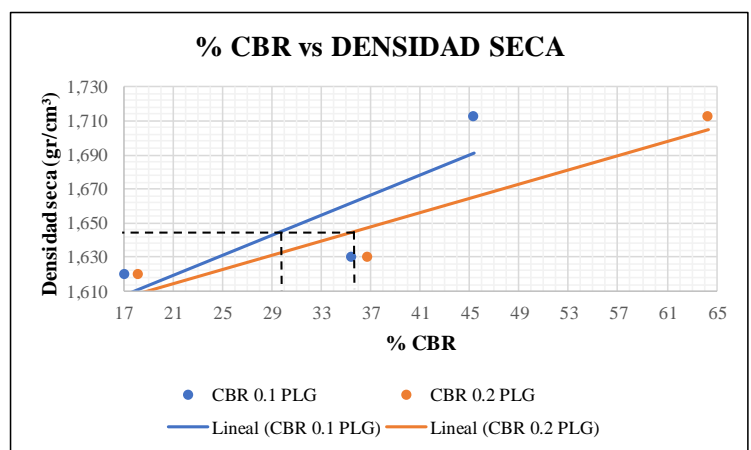
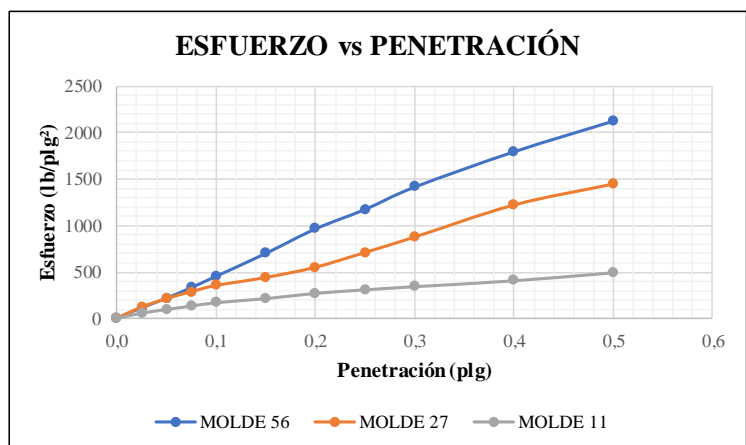
<b>Parroquia:</b> La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b> Tesis de Grado
<b>Vía:</b> El Placer 1	<b>Normas:</b> AASHTO T 193 2013
<b>Profundidad:</b> 70 cm	<b>Ensayado por:</b> María José Molina
<b>Fecha:</b> 3/3/2021	<b>Revisado por:</b> Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b> 1	<b>Coordenadas:</b> X= 769166 Y= 9842688

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
<b>TIPO:</b>	Proctor Modificado	PESO DEL MARTILLO:		10 lb		
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180	ALTURA DE CAÍDA:		18"		
<b>PESO MUESTRA (gr):</b>	6000	CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)		14,8		
ENSAYO C.B.R.						
Molde N°	1	2	3			
N° de capas	5	5	5			
N° de golpes	56	27	11			
DATOS DEL MOLDEO						
Muestra húmeda + molde (gr)	10973	11176	12204			
Masa molde (gr)	6278	6922	8302			
Masa muestra húmeda (gr)	4695	4254	3902			
Volumen muestra (cm³)	2358,96	2261,95	2086,77			
Peso unitario húmedo (gr/cm³)	1,990	1,881	1,870			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
<b>Recipiente N°</b>	<b>41</b>	<b>31</b>	<b>38</b>	<b>40</b>	<b>89B</b>	<b>18</b>
P. húm. + recipiente	79,6	87,9	95,1	106,5	88,5	81,9
P. seco + recipiente	73,5	78,2	85,7	95,6	81	74,2
Peso recipiente	31,1	24,6	25,3	24	31,3	25,7
Peso agua	6,1	9,7	9,4	10,9	7,5	7,7
Peso sólidos	42,4	53,6	60,4	71,6	49,7	48,5
Contenido humedad %	14,39	18,10	15,56	15,22	15,09	15,88
Con. humedad promedio %	16,24		15,39		15,48	
Peso unitario seco (gr/cm³)	1,712		1,630		1,619	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	10995		11224		12254	
Masa molde (gr)	6278		6922		8302	
Masa muestra húmeda (gr)	4717		4302		3952	
Masa agua absorbida	22		48		50	
% Agua absorbida	0,47		1,13		1,28	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
<b>Recipiente N°</b>	<b>41</b>	<b>31</b>	<b>38</b>	<b>40</b>	<b>89B</b>	<b>18</b>
P. húm. + recipiente	100,2	98,6	87,6	124,3	112,6	98,4
P. seco + recipiente	89,7	86,9	77,9	107,6	99,3	86,7
Peso recipiente	31,1	24,6	25,3	24	31,3	25,7
Peso agua	10,5	11,7	9,7	16,7	13,3	11,7
Peso sólidos	58,6	62,3	52,6	83,6	68	61
Contenido humedad %	17,92	18,78	18,44	19,98	19,56	19,18
Con. humedad promedio %	18,35		19,21		19,37	



ENSAYO CBR						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )
0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,025	340,6	113,5	366,1	122,0	168,6	56,2
0,050	648,9	216,3	638,0	212,7	290,9	97,0
0,075	993,8	331,3	863,6	287,9	400,9	133,6
0,100	1360,3	453,4	1066,1	355,4	513,8	171,3
0,150	2100,4	700,1	1325,1	441,7	646,9	215,6
0,200	2893,9	964,6	1656,7	552,2	819,8	273,3
0,250	3526,3	1175,4	2136,4	712,1	935,3	311,8
0,300	4250,0	1416,7	2635,8	878,6	1039,8	346,6
0,400	5393,3	1797,8	3675,8	1225,3	1232,6	410,9
0,500	6388,0	2129,3	4356,7	1452,2	1496,9	499,0

PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,1 Plg (%)	Densidad Seca	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,2 Plg (%)	Densidad Seca
1	453,43	45,34	1,712	964,63	64,31	1,712
2	355,37	35,54	1,630	552,23	36,82	1,630
3	171,27	17,13	1,619	273,27	18,22	1,619



Densidad seca máxima:	1,730 gr/cm <sup>3</sup>
-----------------------	--------------------------

DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
95%	1,644	30,00
		35,90

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Tabla 144. Ensayo CBR muestra 2



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

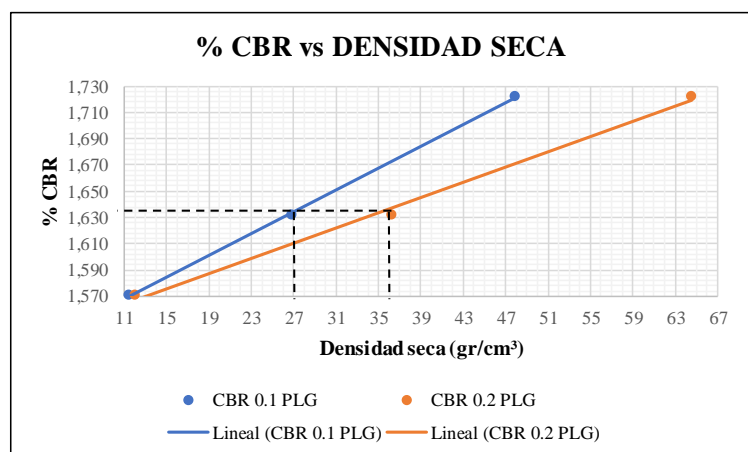
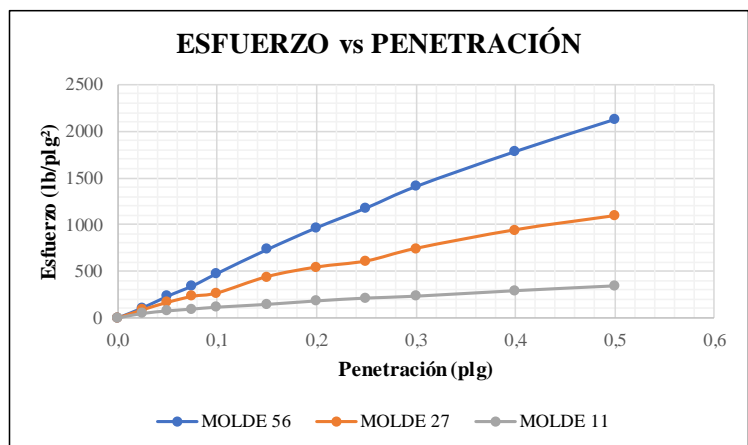


<b>Parroquia:</b> La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b> Tesis de Grado
<b>Vía:</b> El Placer 2	<b>Normas:</b> AASHTO T 193 2013
<b>Profundidad:</b> 70 cm	<b>Ensayado por:</b> María José Molina
<b>Fecha:</b> 14/4/2021	<b>Revisado por:</b> Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b> 2	<b>Coordenadas:</b> X= 768088 Y= 9842740

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
<b>TIPO:</b>	Proctor Modificado	PESO DEL MARTILLO:	10 lb			
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180	<b>ALTURA DE CAÍDA:</b>	18"			
<b>PESO MUESTRA (gr):</b>	6000	<b>CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)</b>	14,2			
ENSAYO C.B.R.						
Molde N°	1	2	3			
N° de capas	5	5	5			
N° de golpes	56	27	11			
DATOS DEL MOLDEO						
Muestra húmeda + molde (gr)	10300	10494	9862			
Masa molde (gr)	5837	6269	5841			
Masa muestra húmeda (gr)	4463	4225	4021			
Volumen muestra (cm <sup>3</sup> )	2261,95	2292,21	2292,21			
Peso unitario húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,973	1,843	1,754			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
<b>Recipiente N°</b>	<b>31</b>	<b>12</b>	<b>20</b>	<b>02B</b>	<b>18</b>	<b>27</b>
P. húm. + recipiente	100,2	96,6	121,4	93,2	113	106,1
P. seco + recipiente	90,8	87,3	110,4	85,2	103,8	97,7
Peso recipiente	24,6	25,1	24,8	23,8	25,9	25,3
Peso agua	9,4	9,3	11	8	9,2	8,4
Peso sólidos	66,2	62,2	85,6	61,4	77,9	72,4
Contenido humedad %	14,20	14,95	12,85	13,03	11,81	11,60
Con. humedad promedio %	14,58		12,94		11,71	
Peso unitario seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1,722		1,632		1,570	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	10363		10721		10177	
Masa molde (gr)	5837		6269		5841	
Masa muestra húmeda (gr)	4526		4452		4336	
Masa agua absorbida	63		227		315	
% Agua absorbida	1,41		5,37		7,83	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
<b>Recipiente N°</b>	<b>53</b>	<b>17</b>	<b>3</b>	<b>96</b>	<b>83</b>	<b>99</b>
P. húm. + recipiente	100,8	97,1	102,6	127	118,2	143,9
P. seco + recipiente	90	86,5	91,1	111,1	103,3	124,7
Peso recipiente	30,9	31,1	33,5	31,5	32,3	33
Peso agua	10,8	10,6	11,5	15,9	14,9	19,2
Peso sólidos	59,1	55,4	57,6	79,6	71	91,7
Contenido humedad %	18,27	19,13	19,97	19,97	20,99	20,94
Con. humedad promedio %	18,70		19,97		20,96	

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )
0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,025	326,4	108,8	263,8	87,9	143,7	47,9
0,050	701,2	233,7	501,9	167,3	223,8	74,6
0,075	1032,6	344,2	693,6	231,2	283,1	94,4
0,100	1436,2	478,7	803,6	267,9	343,3	114,4
0,150	2200,6	733,5	1325,4	441,8	432,1	144,0
0,200	2906,3	968,8	1633,3	544,4	543,3	181,1
0,250	3543,8	1181,3	1830,2	610,1	633,4	211,1
0,300	4233,3	1411,1	2233,6	744,5	693,9	231,3
0,400	5360,2	1786,7	2830,3	943,4	869,3	289,8
0,500	6393,7	2131,2	3283,2	1094,4	1023,2	341,1

PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,1 Plg (%)	Densidad Seca	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,2 Plg (%)	Densidad Seca
1	478,73	47,87	1,722	968,77	64,58	1,722
2	267,87	26,79	1,632	544,43	36,30	1,632
3	114,43	11,44	1,570	181,10	12,07	1,570



Densidad seca máxima:	1,720 gr/cm <sup>3</sup>
-----------------------	--------------------------

DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
95%	1,634	27,00
		36,10

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Tabla 145. Ensayo CBR muestra 3



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

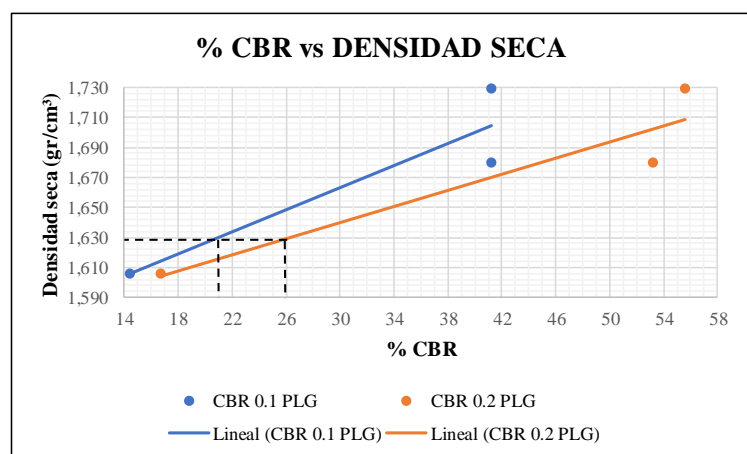
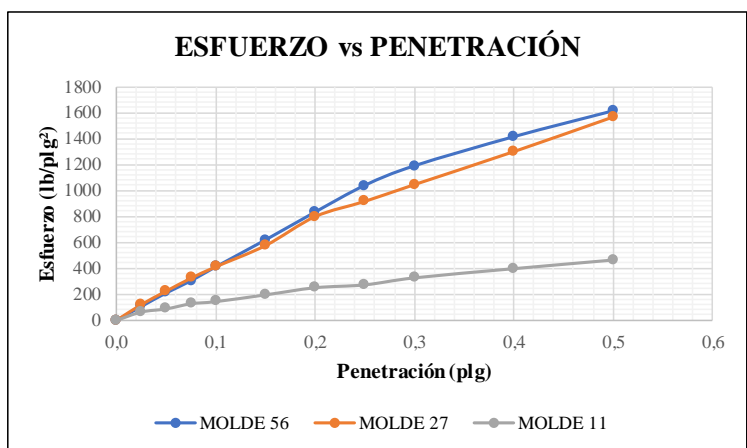


<b>Parroquia:</b> La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b> Tesis de Grado
<b>Vía:</b> Piquil 1	<b>Normas:</b> AASHTO T 193 2013
<b>Profundidad:</b> 60 cm	<b>Ensayado por:</b> María José Molina
<b>Fecha:</b> 14/4/2021	<b>Revisado por:</b> Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b> 3	<b>Coordenadas:</b> X= 766476 Y= 9843220

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
<b>TIPO:</b>	Proctor Modificado	PESO DEL MARTILLO:	10 lb			
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180	<b>ALTURA DE CAÍDA:</b>	18"			
<b>PESO MUESTRA (gr):</b>	6000	<b>CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)</b>	13,6			
ENSAYO DE COMPACTACIÓN C.B.R.						
Molde N°	1	2	3			
N° de capas	5	5	5			
N° de golpes	56	27	11			
DATOS DEL MOLDEO						
Muestra húmeda + molde (gr)	12721	13566	12386			
Masa molde (gr)	8348	9304	8249			
Masa muestra húmeda (gr)	4373	4262	4137			
Volumen muestra (cm <sup>3</sup> )	2226,6	2244,28	2274,3			
Peso unitario húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,964	1,899	1,819			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>11</b>	<b>59</b>	<b>65</b>	<b>61</b>	<b>76</b>	<b>82C</b>
P. húm. + recipiente	105,4	112,6	121,6	103	101	108,5
P. seco + recipiente	96,5	102,8	111	94,7	92,8	99,3
Peso recipiente	30,9	30,5	31,2	29,9	30,6	30,7
Peso agua	8,9	9,8	10,6	8,3	8,2	9,2
Peso sólidos	65,6	72,3	79,8	64,8	62,2	68,6
Contenido humedad %	13,57	13,55	13,28	12,81	13,18	13,41
Con. humedad promedio %	13,56		13,05		13,30	
Peso unitario seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1,729		1,680		1,606	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	12832		13759		12676	
Masa molde (gr)	8348		9304		8249	
Masa muestra húmeda (gr)	4484		4455		4427	
Masa agua absorbida	111		193		290	
% Agua absorbida	2,54		4,53		7,01	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>82</b>	<b>42</b>	<b>16</b>	<b>4</b>
P. húm. + recipiente	117,5	136,5	100,7	121,6	121,3	107,6
P. seco + recipiente	103,3	119,5	88,9	106,4	104,8	93,9
Peso recipiente	32,8	31,6	30,7	31,7	30,6	32,6
Peso agua	14,2	17	11,8	15,2	16,5	13,7
Peso sólidos	70,5	87,9	58,2	74,7	74,2	61,3
Contenido humedad %	20,14	19,34	20,27	20,35	22,24	22,35
Con. humedad promedio %	19,74		20,31		22,29	

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )
0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,025	320,6	106,9	363,8	121,3	193,2	64,4
0,050	631,9	210,6	673,8	224,6	265,8	88,6
0,075	913,5	304,5	972,3	324,1	383,3	127,8
0,100	1236,3	412,1	1236,9	412,3	433,3	144,4
0,150	1856,3	618,8	1726,4	575,5	589,2	196,4
0,200	2499,8	833,3	2393,6	797,9	753,6	251,2
0,250	3115,2	1038,4	2745,6	915,2	820,3	273,4
0,300	3566,1	1188,7	3133,3	1044,4	981,8	327,3
0,400	4236,6	1412,2	3893,8	1297,9	1193,5	397,8
0,500	4833,6	1611,2	4693,3	1564,4	1393,3	464,4

PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,1 Plg (%)	Densidad Seca	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,2 Plg (%)	Densidad Seca
1	412,10	41,21	1,729	833,27	55,55	1,729
2	412,30	41,23	1,680	797,87	53,19	1,680
3	144,43	14,44	1,606	251,20	16,75	1,606



Densidad seca máxima:	1,716 gr/cm <sup>3</sup>
-----------------------	--------------------------

DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
95%	1,630	21,00
		26,00

Autor: María José Molina Hinojosa

**Tabla 146.** Ensayo CBR muestra 4



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

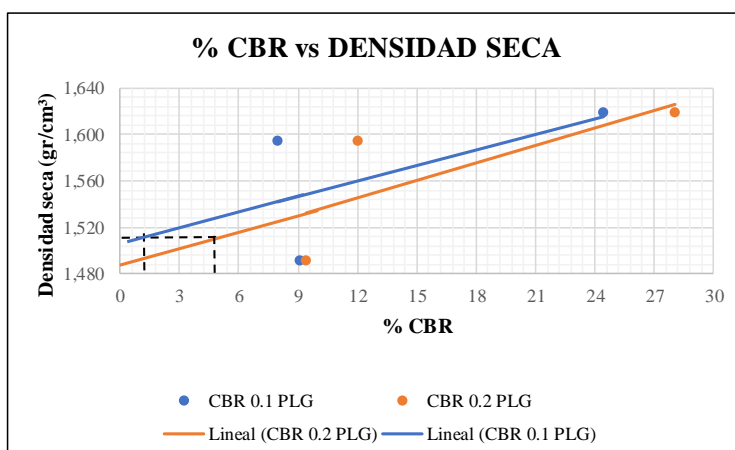
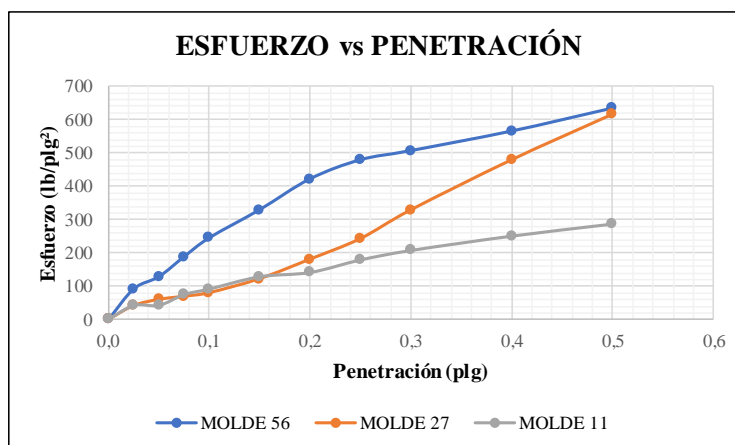


<b>Parroquia:</b> La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b> Tesis de Grado
<b>Vía:</b> Piquil 2	<b>Normas:</b> AASHTO T 193 2013
<b>Profundidad:</b> 50 cm	<b>Ensayado por:</b> María José Molina
<b>Fecha:</b> 21/4/2021	<b>Revisado por:</b> Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b> 4	<b>Coordenadas:</b> X= 766606 Y= 9842156

<b>ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO</b>						
<b>TIPO:</b>	Proctor Modificado	<b>PESO DEL MARTILLO:</b>		10 lb		
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180	<b>ALTURA DE CAÍDA:</b>		18"		
<b>PESO MUESTRA (gr):</b>	6000	<b>CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)</b>		15,6		
<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN C.B.R.</b>						
Molde N°	1	2	3			
N° de capas	5	5	5			
N° de golpes	56	27	11			
<b>DATOS DEL MOLDEO</b>						
Muestra húmeda + molde (gr)	11138	13405	10267			
Masa molde (gr)	6978	9305	6296			
Masa muestra húmeda (gr)	4160	4100	3971			
Volumen muestra (cm <sup>3</sup> )	2292,21	2274,30	2340,81			
Peso unitario húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,815	1,803	1,696			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>17</b>	<b>2-2</b>	<b>90</b>	<b>87</b>	<b>100</b>	<b>96</b>
P. húm. + recipiente	103,6	123,5	98	123,2	107	97,5
P. seco + recipiente	95,8	113,4	90,2	112,4	97,8	89,5
Peso recipiente	31,1	30,6	31,5	29	30,4	31,6
Peso agua	7,8	10,1	7,8	10,8	9,2	8
Peso sólidos	64,7	82,8	58,7	83,4	67,4	57,9
Contenido humedad %	12,06	12,20	13,29	12,95	13,65	13,82
Con. humedad promedio %	12,13		13,12		13,73	
Peso unitario seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1,619		1,594		1,492	
<b>DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN</b>						
Muestra húmeda + molde (gr)	11523		13820		10756	
Masa molde (gr)	6978		9305		6296	
Masa muestra húmeda (gr)	4545		4515		4460	
Masa agua absorbida	385		415		489	
% Agua absorbida	9,25		10,12		12,31	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>37</b>	<b>18</b>	<b>40</b>	<b>12</b>	<b>61</b>	<b>74</b>
P. húm. + recipiente	112,5	91,6	93,3	104,5	110,7	81,7
P. seco + recipiente	96	78,7	79,6	89	92,9	70,9
Peso recipiente	26	25,8	24,1	25,3	30,1	31,2
Peso agua	16,5	12,9	13,7	15,5	17,8	10,8
Peso sólidos	70	52,9	55,5	63,7	62,8	39,7
Contenido humedad %	23,57	24,39	24,68	24,33	28,34	27,20
Con. humedad promedio %	23,98		24,51		27,77	

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )
0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,025	273,6	91,2	123,2	41,1	124,6	41,5
0,050	383,3	127,8	178,3	59,4	125,1	41,7
0,075	563,9	188,0	206,8	68,9	223,3	74,4
0,100	733	244,3	239,3	79,8	273,6	91,2
0,150	986,3	328,8	365,2	121,7	385,1	128,4
0,200	1263,6	421,2	540,6	180,2	423,6	141,2
0,250	1435,2	478,4	725,6	241,9	537,4	179,1
0,300	1517,6	505,9	983,5	327,8	623,4	207,8
0,400	1693,6	564,5	1433,8	477,9	753,5	251,2
0,500	1899,9	633,3	1843,4	614,5	863,1	287,7

PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,1 Plg (%)	Densidad Seca	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,2 Plg (%)	Densidad Seca
1	244,33	24,43	1,619	421,20	28,08	1,619
2	79,77	7,98	1,594	180,20	12,01	1,594
3	91,20	9,12	1,492	141,20	9,41	1,492



Densidad seca máxima:	1,588 gr/cm <sup>3</sup>
-----------------------	--------------------------

DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
95%	1,509	4,80

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Tabla 147. Ensayo CBR muestra 5



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



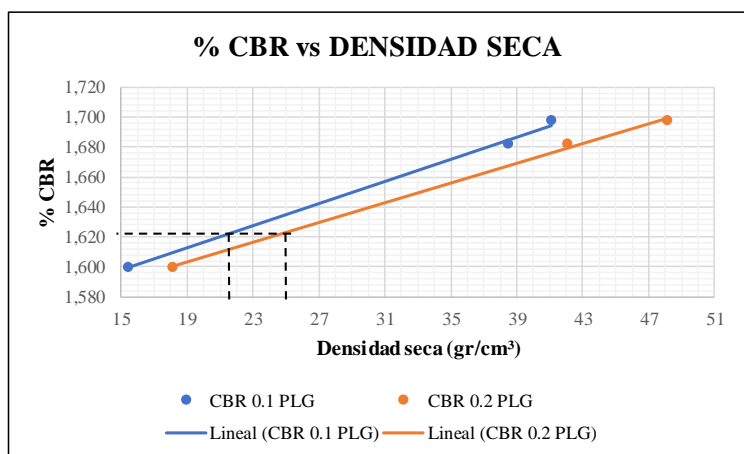
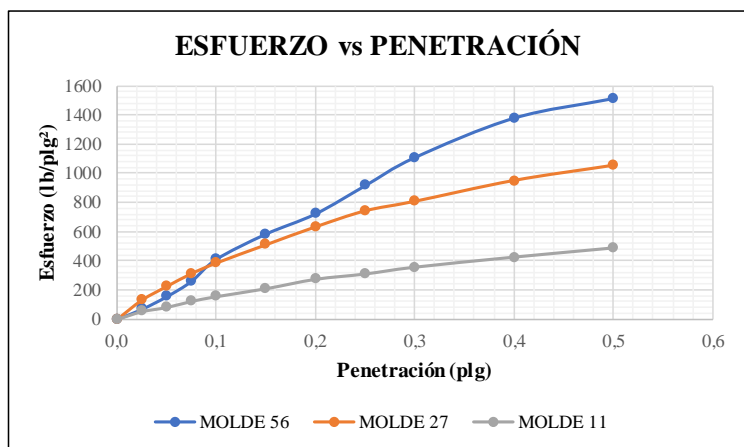
<b>Parroquia:</b> La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b> Tesis de Grado
<b>Vía:</b> San Pedro 1	<b>Normas:</b> AASHTO T 193 2013
<b>Profundidad:</b> 50 cm	<b>Ensayado por:</b> María José Molina
<b>Fecha:</b> 24/3/2020	<b>Revisado por:</b> Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b> 5	<b>Coordenadas:</b> X= 768674 Y= 9839439

<b>ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO</b>						
<b>TIPO:</b>	Proctor Modificado	PESO DEL MARTILLO:	10 lb			
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180	<b>ALTURA DE CAÍDA:</b>	18"			
<b>PESO MUESTRA (gr):</b>	6000	<b>CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)</b>	14			
<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN C.B.R.</b>						
Molde N°	1	2	3			
N° de capas	5	5	5			
N° de golpes	56	27	11			
<b>DATOS DEL MOLDEO</b>						
Muestra húmeda + molde (gr)	10872	10169	10022			
Masa molde (gr)	6275	5835	5846			
Masa muestra húmeda (gr)	4597	4334	4176			
Volumen muestra (cm <sup>3</sup> )	2340,81	2226,60	2274,3			
Peso unitario húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,964	1,946	1,836			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
<b>Recipiente N°</b>	<b>61</b>	<b>98</b>	<b>3</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>
P. húm. + recipiente	102,8	109,5	117,1	80	83,8	112,2
P. seco + recipiente	92,9	99,1	105,6	72,8	76,3	101,7
Peso recipiente	30,2	32,6	33,4	26,6	25,7	30,6
Peso agua	9,9	10,4	11,5	7,2	7,5	10,5
Peso sólidos	62,7	66,5	72,2	46,2	50,6	71,1
Contenido humedad %	15,79	15,64	15,93	15,58	14,82	14,77
Con. humedad promedio %	15,71		15,76		14,80	
Peso unitario seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1,697		1,682		1,600	
<b>DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN</b>						
Muestra húmeda + molde (gr)	10912		10319		10237	
Masa molde (gr)	6275		5835		5846	
Masa muestra húmeda (gr)	4637		4484		4391	
Masa agua absorbida	40		150		215	
% Agua absorbida	0,87		3,46		5,15	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
<b>Recipiente N°</b>	<b>61</b>	<b>98</b>	<b>3</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>
P. húm. + recipiente	82,3	135,3	133,9	99	93,3	127,9
P. seco + recipiente	74,3	119,9	116,8	87,3	83,6	114,9
Peso recipiente	30,2	32,6	33,4	26,6	25,7	30,6
Peso agua	8	15,4	17,1	11,7	9,7	13
Peso sólidos	44,1	87,3	83,4	60,7	57,9	84,3
Contenido humedad %	18,14	17,64	20,50	19,28	16,75	15,42
Con. humedad promedio %	17,89		19,89		16,09	



ENSAYO CBR						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )
0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,025	206,6	68,9	393,6	131,2	156,6	52,2
0,050	465,8	155,3	673,8	224,6	243,6	81,2
0,075	780,8	260,3	936,6	312,2	366,2	122,1
0,100	1233,3	411,1	1153,3	384,4	463,3	154,4
0,150	1752,3	584,1	1526,3	508,8	625,3	208,4
0,200	2166,9	722,3	1893,6	631,2	816,5	272,2
0,250	2745,3	915,1	2221,3	740,4	925,3	308,4
0,300	3323,6	1107,9	2416,3	805,4	1063,6	354,5
0,400	4133,7	1377,9	2843,3	947,8	1268,3	422,8
0,500	4536,8	1512,3	3153,6	1051,2	1455,6	485,2

PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,1 Plg (%)	Densidad Seca	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,2 Plg (%)	Densidad Seca
1	411,10	41,11	1,697	722,30	48,15	1,697
2	384,43	38,44	1,682	631,20	42,08	1,682
3	154,43	15,44	1,600	272,17	18,14	1,600



Densidad seca máxima:	1,708 gr/cm <sup>3</sup>
-----------------------	--------------------------

DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
95%	1,623	21,60
		25,00

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Tabla 148. Ensayo CBR muestra 6



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

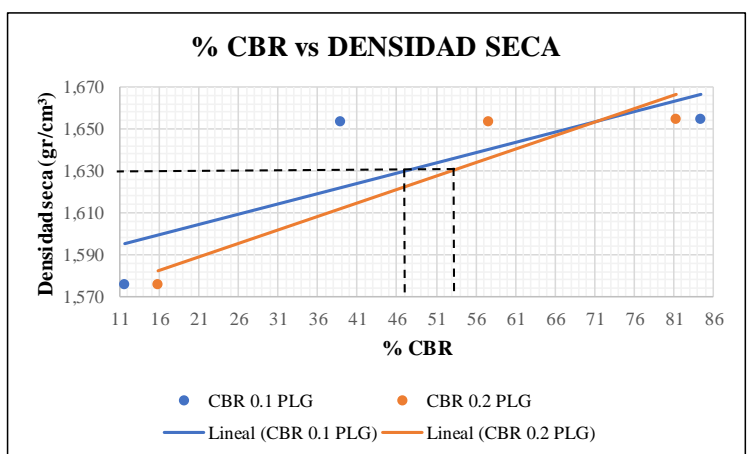
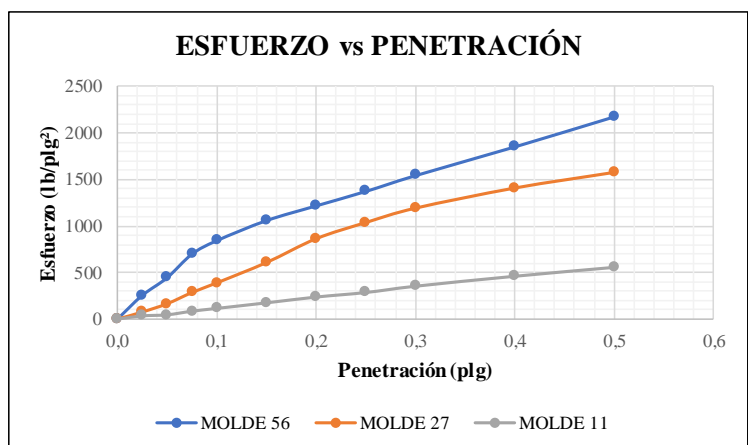


<b>Parroquia:</b>	La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b>	Tesis de Grado
<b>Vía:</b>	San Pedro 2	<b>Normas:</b>	AASHTO T 193 2013
<b>Profundidad:</b>	50 cm	<b>Ensayado por:</b>	María José Molina
<b>Fecha:</b>	24/3/2021	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b>	6	<b>Coordenadas:</b>	X= 768028 Y= 9840636

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
<b>TIPO:</b>	Proctor Modificado		<b>PESO DEL MARTILLO:</b>	10 lb		
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180		<b>ALTURA DE CAÍDA:</b>	18"		
<b>PESO MUESTRA (gr):</b>	6000		<b>CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)</b>	12,1		
ENSAYO DE COMPACTACIÓN C.B.R.						
Molde N°	1		2	3		
N° de capas	5		5	5		
N° de golpes	56		27	11		
DATOS DEL MOLDEO						
Muestra húmeda + molde (gr)	11365		12464	12648		
Masa molde (gr)	6990		8350	8632		
Masa muestra húmeda (gr)	4375		4114	4016		
Volumen muestra (cm³)	2340,81		2226,60	2274,3		
Peso unitario húmedo (gr/cm³)	1,869		1,848	1,766		
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>64</b>	<b>37</b>	<b>57</b>	<b>93</b>	<b>18</b>	<b>91</b>
P. húm. + recipiente	99,1	76,1	107,8	137,1	115,8	136
P. seco + recipiente	91,1	70,5	99,7	126,3	106	125
Peso recipiente	30,8	26,1	31,1	33,5	25,8	32,4
Peso agua	8	5,6	8,1	10,8	9,8	11
Peso sólidos	60,3	44,4	68,6	92,8	80,2	92,6
Contenido humedad %	13,27	12,61	11,81	11,64	12,22	11,88
Con. humedad promedio %	12,94		11,72		12,05	
Peso unitario seco (gr/cm³)	1,655		1,654		1,576	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	11510		12570	12781		
Masa molde (gr)	6990		8350	8632		
Masa muestra húmeda (gr)	4520		4220	4149		
Masa agua absorbida	145		106	133		
% Agua absorbida	3,31		2,58	3,31		
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>64</b>	<b>37</b>	<b>57</b>	<b>93</b>	<b>18</b>	<b>91</b>
P. húm. + recipiente	118,8	101,4	89,8	118,1	87,5	143,6
P. seco + recipiente	107,4	90,3	82,2	106,2	78,1	126
Peso recipiente	30,8	26,1	31,1	33,5	25,8	32,4
Peso agua	11,4	11,1	7,6	11,9	9,4	17,6
Peso sólidos	76,6	64,2	51,1	72,7	52,3	93,6
Contenido humedad %	14,88	17,29	14,87	16,37	17,97	18,80
Con. humedad promedio %	16,09		15,62		18,39	

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )
0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,025	765,4	255,1	229,3	76,4	103,7	34,6
0,050	1335,8	445,3	496,3	165,4	139,8	46,6
0,075	2098,3	699,4	857,7	285,9	256,1	85,4
0,100	2533,8	844,6	1169,6	389,9	346,6	115,5
0,150	3182,3	1060,8	1825,3	608,4	526,3	175,4
0,200	3658,3	1219,4	2593,8	864,6	713,6	237,9
0,250	4125,4	1375,1	3115,3	1038,4	860,3	286,8
0,300	4636,6	1545,5	3579,3	1193,1	1063,3	354,4
0,400	5565,3	1855,1	4228,2	1409,4	1385,3	461,8
0,500	6536,3	2178,8	4733,2	1577,7	1673,3	557,8

PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,1 Plg (%)	Densidad Seca	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,2 Plg (%)	Densidad Seca
1	844,60	84,46	1,655	1219,43	81,30	1,655
2	389,87	38,99	1,654	864,60	57,64	1,654
3	115,53	11,55	1,576	237,87	15,86	1,576



Densidad seca máxima:	1,719 gr/cm <sup>3</sup>
-----------------------	--------------------------

DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
95%	1,633	47,00
		53,00

Autor: María José Molina Hinojosa

Tabla 149. Ensayo CBR muestra 7



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

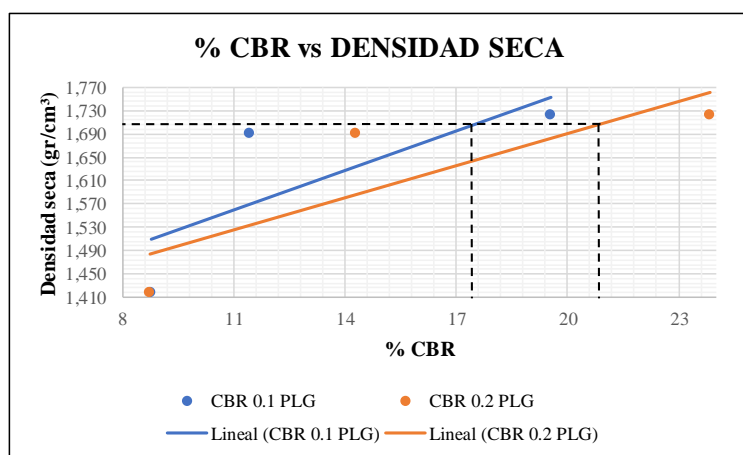
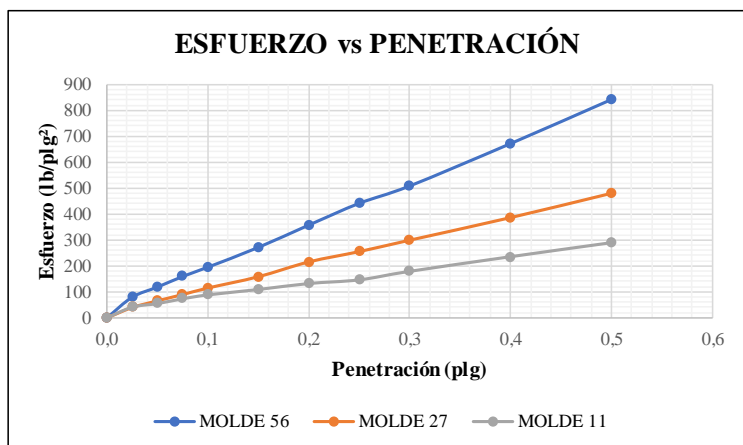


<b>Parroquia:</b> La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b> Tesis de Grado
<b>Vía:</b> Hualcanga La Dolorosa 1	<b>Normas:</b> AASHTO T 193 2013
<b>Profundidad:</b> 55 cm	<b>Ensayado por:</b> María José Molina
<b>Fecha:</b> 30/3/2021	<b>Revisado por:</b> Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b> 7	<b>Coordenadas:</b> X= 767166 Y= 9840509

<b>ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO</b>						
<b>TIPO:</b>	Proctor Modificado	PESO DEL MARTILLO:	10 lb			
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180	<b>ALTURA DE CAÍDA:</b>	18"			
<b>PESO MUESTRA (gr):</b>	6000	<b>CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)</b>	13,8			
<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN C.B.R.</b>						
Molde N°	1	2	3			
N° de capas	5	5	5			
N° de golpes	56	27	11			
<b>DATOS DEL MOLDEO</b>						
Muestra húmeda + molde (gr)	11621	10848	13384			
Masa molde (gr)	6980	6269	9510			
Masa muestra húmeda (gr)	4641	4579	3874			
Volumen muestra (cm <sup>3</sup> )	2310,11	2340,81	2353,33			
Peso unitario húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	2,009	1,956	1,646			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>38</b>	<b>24</b>	<b>1A</b>	<b>13</b>	<b>103</b>	<b>16</b>
P. húm. + recipiente	92,2	87,9	107,9	75,6	126	131,5
P. seco + recipiente	82,7	78,8	97,8	68,3	112,8	116,6
Peso recipiente	25,4	24,4	32,7	22,4	30,6	24,3
Peso agua	9,5	9,1	10,1	7,3	13,2	14,9
Peso sólidos	57,3	54,4	65,1	45,9	82,2	92,3
Contenido humedad %	16,58	16,73	15,51	15,90	16,06	16,14
Con. humedad promedio %	16,65		15,71		16,10	
Peso unitario seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1,722		1,691		1,418	
<b>DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN</b>						
Muestra húmeda + molde (gr)	11661		10886		13434	
Masa molde (gr)	6980		6269		9510	
Masa muestra húmeda (gr)	4681		4617		3924	
Masa agua absorbida	40		38		50	
% Agua absorbida	0,86		0,83		1,29	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>77</b>	<b>78</b>	<b>-2</b>	<b>103</b>	<b>45</b>	<b>40</b>
P. húm. + recipiente	100,8	109,9	150,3	149,1	110	95,6
P. seco + recipiente	89,7	97,6	132,9	131,6	96,6	84,5
Peso recipiente	30,9	30,8	30,8	30,2	23,5	24,1
Peso agua	11,1	12,3	17,4	17,5	13,4	11,1
Peso sólidos	58,8	66,8	102,1	101,4	73,1	60,4
Contenido humedad %	18,88	18,41	17,04	17,26	18,33	18,38
Con. humedad promedio %	18,65		17,15		18,35	

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )
0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,025	238,6	79,5	118,8	39,6	122,7	40,9
0,050	356,4	118,8	196,2	65,4	163,6	54,5
0,075	478,6	159,5	268,2	89,4	218,8	72,9
0,100	586,6	195,5	343,3	114,4	263,3	87,8
0,150	815,3	271,8	473,6	157,9	325,1	108,4
0,200	1073,3	357,8	643,7	214,6	393,6	131,2
0,250	1325,3	441,8	762,6	254,2	435,6	145,2
0,300	1526,1	508,7	893,9	298,0	533,2	177,7
0,400	2016,6	672,2	1153,6	384,5	700,8	233,6
0,500	2526,7	842,2	1433,6	477,9	861,7	287,2

PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,1 Plg (%)	Densidad Seca	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,2 Plg (%)	Densidad Seca
1	195,53	19,55	1,722	357,77	23,85	1,722
2	114,43	11,44	1,691	214,57	14,30	1,691
3	87,77	8,78	1,418	131,20	8,75	1,418



Densidad seca máxima:	1,804 gr/cm <sup>3</sup>
-----------------------	--------------------------

DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
95%	1,714	17,50
		20,90

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Tabla 150. Ensayo CBR muestra 8



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

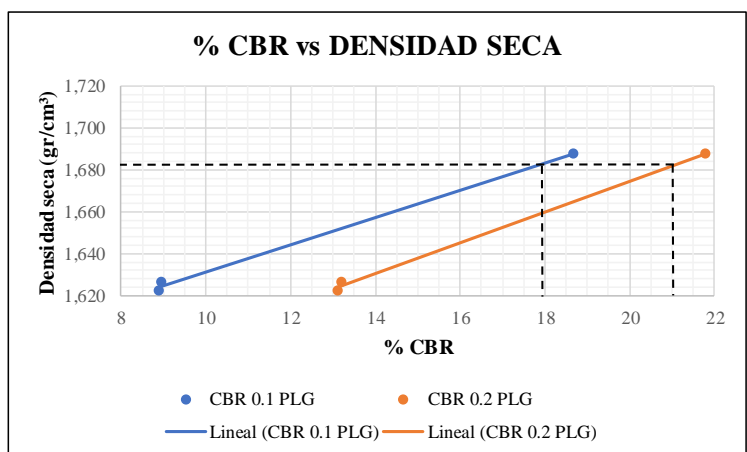
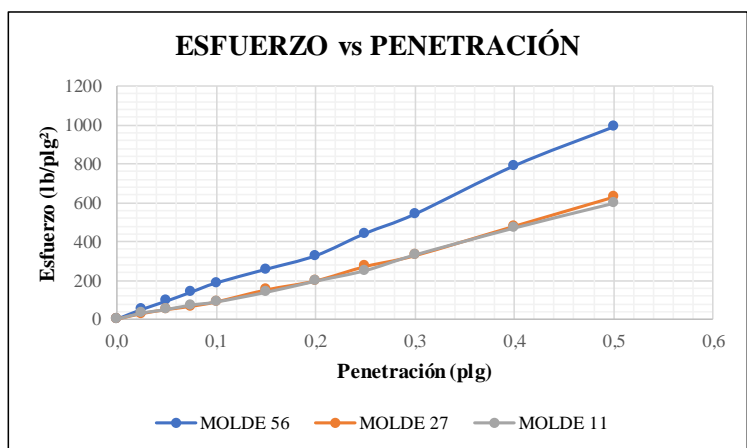


<b>Parroquia:</b> La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b> Tesis de Grado
<b>Vía:</b> Hualcanga la Dolorosa 2	<b>Normas:</b> AASHTO T 193 2013
<b>Profundidad:</b> 60 cm	<b>Ensayado por:</b> María José Molina
<b>Fecha:</b> 10/3/2020	<b>Revisado por:</b> Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b> 8	<b>Coordenadas:</b> X= 767222 Y= 9839347

<b>ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO</b>						
<b>TIPO:</b>	Proctor Modificado	PESO DEL MARTILLO:	10 lb			
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180	<b>ALTURA DE CAÍDA:</b>	18"			
<b>PESO MUESTRA (gr):</b>	6000	<b>CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)</b>	15			
<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN C.B.R.</b>						
Molde N°	1	2	3			
N° de capas	5	5	5			
N° de golpes	56	27	11			
<b>DATOS DEL MOLDEO</b>						
Muestra húmeda + molde (gr)	12827	12807	10818			
Masa molde (gr)	8350	8268	6273			
Masa muestra húmeda (gr)	4477	4539	4545			
Volumen muestra (cm <sup>3</sup> )	2238,48	2377,10	2377,10			
Peso unitario húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	2,000	1,909	1,912			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>42</b>	<b>38</b>	<b>31</b>	<b>15</b>	<b>40</b>	<b>18</b>
P. húm. + recipiente	78,3	86,9	101,9	91,9	97	87,6
P. seco + recipiente	70	77,2	90,3	82,2	86,2	78
Peso recipiente	24,9	25,2	24,6	25,6	24,1	25,7
Peso agua	8,3	9,7	11,6	9,7	10,8	9,6
Peso sólidos	45,1	52	65,7	56,6	62,1	52,3
Contenido humedad %	18,40	18,65	17,66	17,14	17,39	18,36
Con. humedad promedio %	18,53		17,40		17,87	
Peso unitario seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1,687		1,627		1,622	
<b>DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN</b>						
Muestra húmeda + molde (gr)	12853		12866		10862	
Masa molde (gr)	8350		8268		6273	
Masa muestra húmeda (gr)	4503		4598		4589	
Masa agua absorbida	26		59		44	
% Agua absorbida	0,58		1,30		0,97	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>42</b>	<b>38</b>	<b>31</b>	<b>15</b>	<b>40</b>	<b>18</b>
P. húm. + recipiente	100,2	97,8	78,3	87,3	100,2	98,6
P. seco + recipiente	88,1	86,3	69,8	76,4	87,8	86,3
Peso recipiente	24,9	25,2	24,6	25,6	24,1	25,7
Peso agua	12,1	11,5	8,5	10,9	12,4	12,3
Peso sólidos	63,2	61,1	45,2	50,8	63,7	60,6
Contenido humedad %	19,15	18,82	18,81	21,46	19,47	20,30
Con. humedad promedio %	18,98		20,13		19,88	

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )
0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,025	150	50,0	86,6	28,9	93,6	31,2
0,050	279,9	93,3	148,6	49,5	151	50,3
0,075	419,6	139,9	200,6	66,9	219,8	73,3
0,100	560,3	186,8	268,1	89,4	266,8	88,9
0,150	770,3	256,8	452,3	150,8	415,9	138,6
0,200	980,6	326,9	593,3	197,8	589,5	196,5
0,250	1325,4	441,8	815,6	271,9	754,1	251,4
0,300	1623,3	541,1	983,9	328,0	996,3	332,1
0,400	2368,3	789,4	1439,3	479,8	1413,2	471,1
0,500	2968,6	989,5	1889,8	629,9	1796,6	598,9

PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,1 Plg (%)	Densidad Seca	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,2 Plg (%)	Densidad Seca
1	186,77	18,68	1,687	326,87	21,79	1,687
2	89,37	8,94	1,627	197,77	13,18	1,627
3	88,93	8,89	1,622	196,50	13,10	1,622



Densidad seca máxima:	1,770 gr/cm <sup>3</sup>
-----------------------	--------------------------

DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
95%	1,682	17,9
		21,0

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Tabla 151. Ensayo CBR muestra 9



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



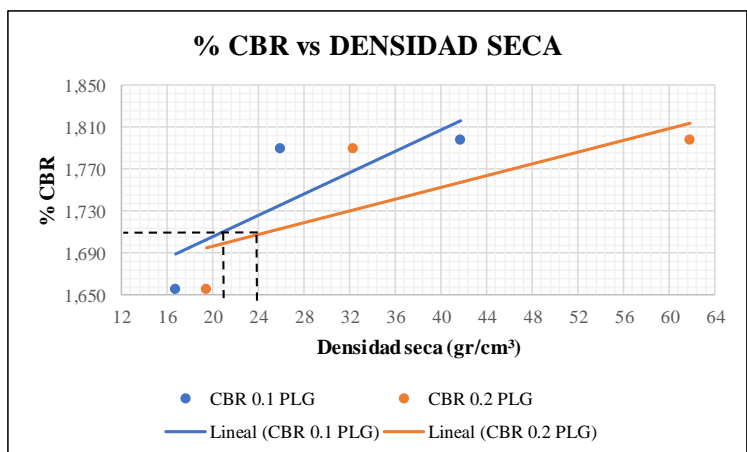
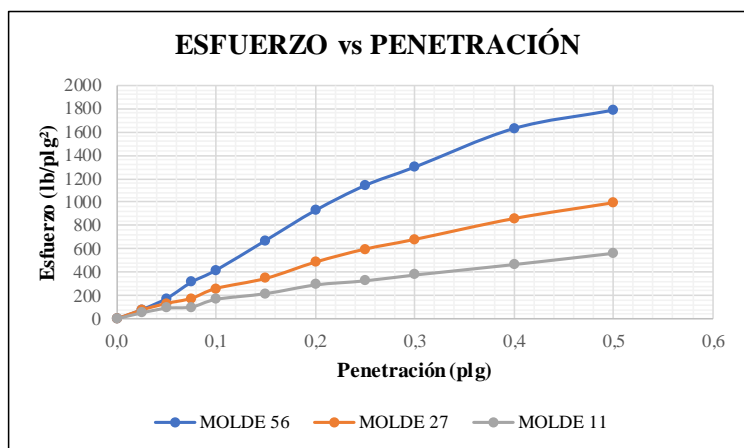
<b>Parroquia:</b> La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b> Tesis de Grado
<b>Vía:</b> San José de Guanto 1	<b>Normas:</b> AASHTO T 193 2013
<b>Profundidad:</b> 50 cm	<b>Ensayado por:</b> María José Molina
<b>Fecha:</b> 21/4/2021	<b>Revisado por:</b> Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b> 9	<b>Coordenadas:</b> X= 768856 Y= 9840460

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
<b>TIPO:</b>	Proctor Modificado	PESO DEL MARTILLO:	10 lb			
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180	<b>ALTURA DE CAÍDA:</b>	18"			
<b>PESO MUESTRA (gr):</b>	6000	<b>CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%):</b>	13,8			
ENSAYO DE COMPACTACIÓN C.B.R.						
Molde N°	1	2	3			
N° de capas	5	5	5			
N° de golpes	56	27	11			
DATOS DEL MOLDEO						
Muestra húmeda + molde (gr)	11607	12807	13830			
Masa molde (gr)	6948	8022	9553			
Masa muestra húmeda (gr)	4659	4785	4277			
Volumen muestra (cm <sup>3</sup> )	2256,39	2310,11	2256,39			
Peso unitario húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	2,065	2,071	1,896			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>97</b>	<b>9</b>	<b>46A</b>	<b>94</b>	<b>84</b>	<b>35</b>
P. húm. + recipiente	124	154	143,9	142,7	135,1	129,9
P. seco + recipiente	112,2	138,2	129,8	126,6	122,2	117,3
Peso recipiente	33,2	31,9	30,7	33,6	32,4	31,1
Peso agua	11,8	15,8	14,1	16,1	12,9	12,6
Peso sólidos	79	106,3	99,1	93	89,8	86,2
Contenido humedad %	14,94	14,86	14,23	17,31	14,37	14,62
Con. humedad promedio %	14,90		15,77		14,49	
Peso unitario seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1,797		1,789		1,656	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	11690		12905		13950	
Masa molde (gr)	6948		8022		9553	
Masa muestra húmeda (gr)	4742		4883		4397	
Masa agua absorbida	83		98		120	
% Agua absorbida	1,78		2,05		2,81	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>8</b>	<b>13</b>	<b>76</b>	<b>63</b>	<b>27</b>	<b>32</b>
P. húm. + recipiente	76,2	81,3	102,8	89,5	85,7	72,4
P. seco + recipiente	68,2	71,9	91,2	79,3	75,7	65
Peso recipiente	26,8	22,9	30,7	30,6	25,3	26,5
Peso agua	8	9,4	11,6	10,2	10	7,4
Peso sólidos	41,4	49	60,5	48,7	50,4	38,5
Contenido humedad %	19,32	19,18	19,17	20,94	19,84	19,22
Con. humedad promedio %	19,25		20,06		19,53	



ENSAYO CBR						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )
0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,025	233,6	77,9	226,6	75,5	153,6	51,2
0,050	523,1	174,4	393,6	131,2	273,9	91,3
0,075	939,8	313,3	523,9	174,6	302,7	100,9
0,100	1250,8	416,9	778,3	259,4	503,2	167,7
0,150	2015,3	671,8	1036,3	345,4	652,3	217,4
0,200	2783,6	927,9	1453,2	484,4	875,5	291,8
0,250	3421,5	1140,5	1785,3	595,1	982,3	327,4
0,300	3893,3	1297,8	2033,7	677,9	1133,1	377,7
0,400	4883,6	1627,9	2568,6	856,2	1403,9	468,0
0,500	5353,8	1784,6	2973,6	991,2	1695,6	565,2

PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,1 Plg (%)	Densidad Seca	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,2 Plg (%)	Densidad Seca
1	416,93	41,69	1,797	927,87	61,86	1,797
2	259,43	25,94	1,789	484,40	32,29	1,789
3	167,73	16,77	1,656	291,83	19,46	1,656



Densidad seca máxima:	1,800 gr/cm <sup>3</sup>
-----------------------	--------------------------

DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
95%	1,710	20,80
		24,00

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Tabla 152. Ensayo CBR muestra 10



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

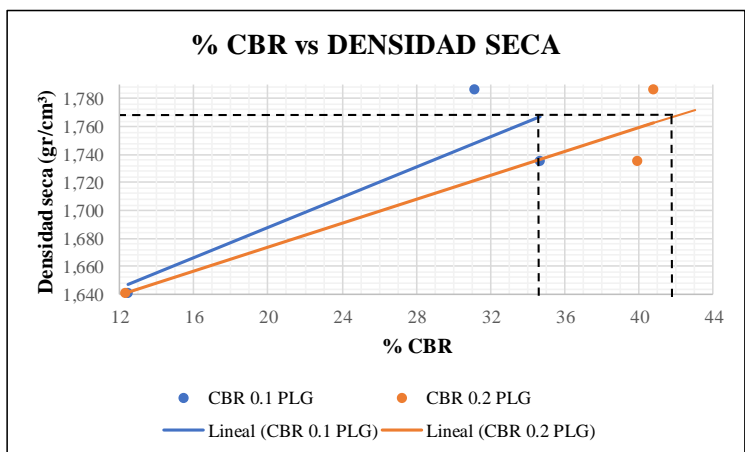
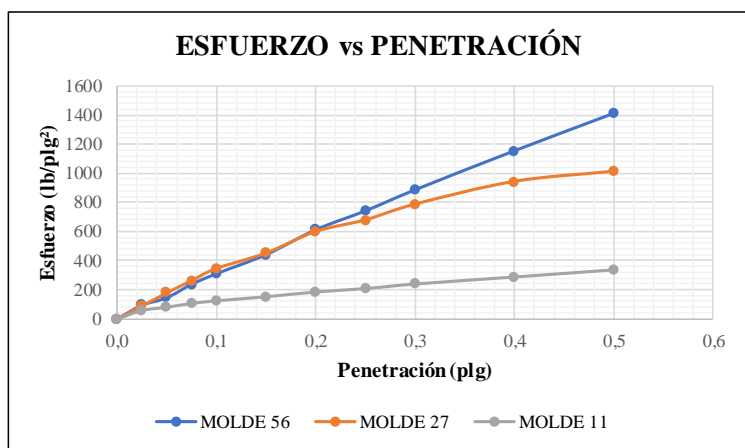


<b>Parroquia:</b>	La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b>	Tesis de Grado
<b>Vía:</b>	San José de Guanto 2	<b>Normas:</b>	AASHTO T 193 2013
<b>Profundidad:</b>	50 cm	<b>Ensayado por:</b>	María José Molina
<b>Fecha:</b>	14/4/2020	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b>	10	<b>Coordenadas:</b>	X= 769566 Y= 9840619

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
<b>TIPO:</b>	Proctor Modificado		<b>PESO DEL MARTILLO:</b>		10 lb	
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180		<b>ALTURA DE CAÍDA:</b>		18"	
<b>PESO MUESTRA (gr):</b>	6000		<b>CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)</b>		12	
ENSAYO DE COMPACTACIÓN C.B.R.						
Molde N°	1		2		3	
N° de capas	5		5		5	
N° de golpes	56		27		11	
DATOS DEL MOLDEO						
Muestra húmeda + molde (gr)	11570		10857		12150	
Masa molde (gr)	6980		6460		7936	
Masa muestra húmeda (gr)	4590		4397		4214	
Volumen muestra (cm³)	2292,21		2259,26		2304,52	
Peso unitario húmedo (gr/cm³)	2,002		1,946		1,829	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>22</b>	<b>13</b>	<b>21</b>	<b>32</b>	<b>40</b>	<b>8</b>
P. húm. + recipiente	116,4	102,4	97,7	109,6	101,9	109,2
P. seco + recipiente	106,5	93,8	90,1	100,6	93,9	100,8
Peso recipiente	24,5	22,8	27,7	26,7	24,2	26,7
Peso agua	9,9	8,6	7,6	9	8	8,4
Peso sólidos	82	71	62,4	73,9	69,7	74,1
Contenido humedad %	12,07	12,11	12,18	12,18	11,48	11,34
Con. humedad promedio %	12,09		12,18		11,41	
Peso unitario seco (gr/cm³)	1,786		1,735		1,641	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	11753		11069		12462	
Masa molde (gr)	6980		6460		7936	
Masa muestra húmeda (gr)	4773		4609		4526	
Masa agua absorbida	183		212		312	
% Agua absorbida	3,99		4,82		7,40	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>87</b>	<b>100</b>	<b>84</b>	<b>97</b>	<b>95</b>	<b>88</b>
P. húm. + recipiente	109,8	145,9	99,1	98,8	91,3	125
P. seco + recipiente	97,1	128,1	88,8	88,6	81	108,5
Peso recipiente	29	30,4	32,4	33,2	33,4	32,6
Peso agua	12,7	17,8	10,3	10,2	10,3	16,5
Peso sólidos	68,1	97,7	56,4	55,4	47,6	75,9
Contenido humedad %	18,65	18,22	18,26	18,41	21,64	21,74
Con. humedad promedio %	18,43		18,34		21,69	

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )
0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,025	284,5	94,8	268,9	89,6	175,3	58,4
0,050	437,3	145,8	537,6	179,2	243,8	81,3
0,075	715,1	238,4	790,6	263,5	319,4	106,5
0,100	933,6	311,2	1039,6	346,5	373,8	124,6
0,150	1325,3	441,8	1356,3	452,1	456,3	152,1
0,200	1836,5	612,2	1798,3	599,4	553,6	184,5
0,250	2225,1	741,7	2036,2	678,7	623,1	207,7
0,300	2656,3	885,4	2360	786,7	715,6	238,5
0,400	3458,6	1152,9	2825,8	941,9	858,6	286,2
0,500	4228,9	1409,6	3033,3	1011,1	1003,5	334,5

PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,1 Plg (%)	Densidad Seca	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,2 Plg (%)	Densidad Seca
1	311,20	31,12	1,786	612,17	40,81	1,786
2	346,53	34,65	1,735	599,43	39,96	1,735
3	124,60	12,46	1,641	184,53	12,30	1,641



Densidad seca máxima:	1,860 gr/cm <sup>3</sup>
-----------------------	--------------------------

DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg	
95%	1,767	34,60	41,90

Autor: María José Molina Hinojosa

Tabla 153. Ensayo CBR muestra 11



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

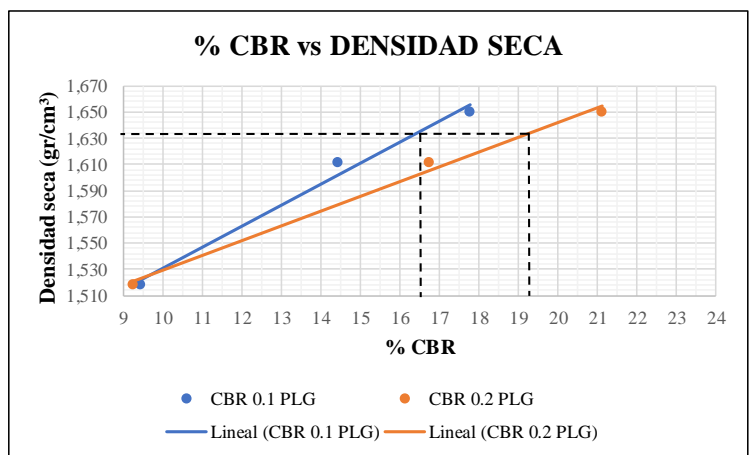
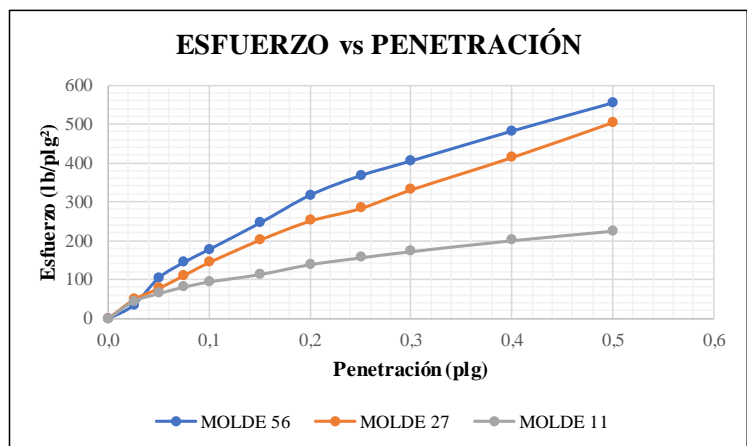


<b>Parroquia:</b> La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b> Tesis de Grado
<b>Vía:</b> La Libertad 1	<b>Normas:</b> AASHTO T 193 2013
<b>Profundidad:</b> 60 cm	<b>Ensayado por:</b> María José Molina
<b>Fecha:</b> 21/4/2021	<b>Revisado por:</b> Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b> 11	<b>Coordenadas:</b> X= 768424 Y= 9843830

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
<b>TIPO:</b>	Proctor Modificado	PESO DEL MARTILLO:	10 lb			
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180	<b>ALTURA DE CAÍDA:</b>	18"			
<b>PESO MUESTRA (gr):</b>	6000	CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)	13,5			
ENSAYO DE COMPACTACIÓN C.B.R.						
Molde N°	1	2	3			
N° de capas	5	5	5			
N° de golpes	56	27	11			
DATOS DEL MOLDEO						
Muestra húmeda + molde (gr)	10799	12611	12757			
Masa molde (gr)	6460	8251	8743			
Masa muestra húmeda (gr)	4339	4360	4014			
Volumen muestra (cm <sup>3</sup> )	2274,3	2334,94	2286,38			
Peso unitario húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,908	1,867	1,756			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>89</b>	<b>98</b>	<b>103-A</b>	<b>103-R</b>	<b>5</b>	<b>1</b>
P. húm. + recipiente	109,6	113,2	115,4	125,6	123,2	133,5
P. seco + recipiente	99,6	101,8	103,5	112,8	111,4	119,3
Peso recipiente	31,8	32,6	30,1	30,7	32,5	32,2
Peso agua	10	11,4	11,9	12,8	11,8	14,2
Peso sólidos	67,8	69,2	73,4	82,1	78,9	87,1
Contenido humedad %	14,75	16,47	16,21	15,59	14,96	16,30
Con. humedad promedio %	15,61		15,90		15,63	
Peso unitario seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1,650		1,611		1,518	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	11058		12850		13057	
Masa molde (gr)	6460		8251		8743	
Masa muestra húmeda (gr)	4598		4599		4314	
Masa agua absorbida	259		239		300	
% Agua absorbida	5,97		5,48		7,47	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>31</b>	<b>38</b>	<b>20</b>	<b>22</b>	<b>53</b>	<b>82</b>
P. húm. + recipiente	72,7	59,6	107,8	82,4	103,9	100,8
P. seco + recipiente	63,2	52,7	90,7	70,2	87,6	85,6
Peso recipiente	24,6	25,2	24,7	24	30,9	30,9
Peso agua	9,5	6,9	17,1	12,2	16,3	15,2
Peso sólidos	38,6	27,5	66	46,2	56,7	54,7
Contenido humedad %	24,61	25,09	25,91	26,41	28,75	27,79
Con. humedad promedio %	24,85		26,16		28,27	

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )
0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,025	103,6	34,5	145,3	48,4	133,1	44,4
0,050	313,8	104,6	233,3	77,8	193,3	64,4
0,075	433,9	144,6	333,2	111,1	243,3	81,1
0,100	533,2	177,7	433,3	144,4	283,3	94,4
0,150	735,4	245,1	605,3	201,8	340,3	113,4
0,200	950,5	316,8	753,3	251,1	416,3	138,8
0,250	1100,6	366,9	850,3	283,4	468,5	156,2
0,300	1213,6	404,5	993,6	331,2	516,6	172,2
0,400	1443,3	481,1	1243,8	414,6	600,6	200,2
0,500	1660,2	553,4	1513,9	504,6	674,3	224,8

PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,1 Plg (%)	Densidad Seca	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,2 Plg (%)	Densidad Seca
1	177,73	17,77	1,650	316,83	21,12	1,650
2	144,43	14,44	1,611	251,10	16,74	1,611
3	94,43	9,44	1,518	138,77	9,25	1,518



Densidad seca máxima:	1,720 gr/cm <sup>3</sup>
-----------------------	--------------------------

DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
95%	1,634	19,20

**Autor:** María José Molina Hinojosa

Tabla 154. Ensayo CBR muestra 12



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

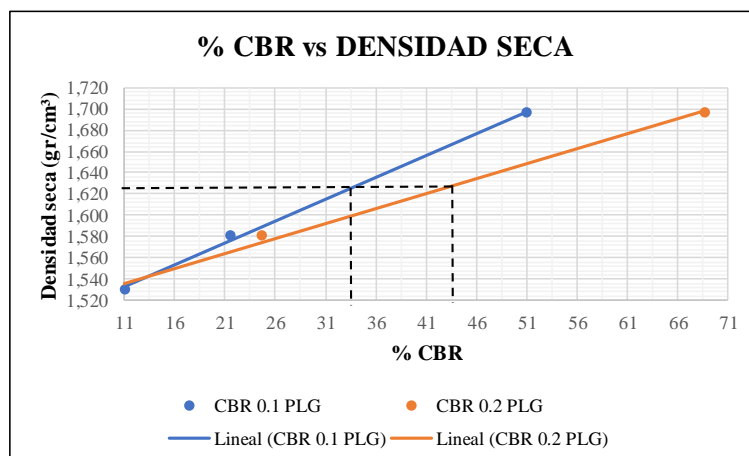
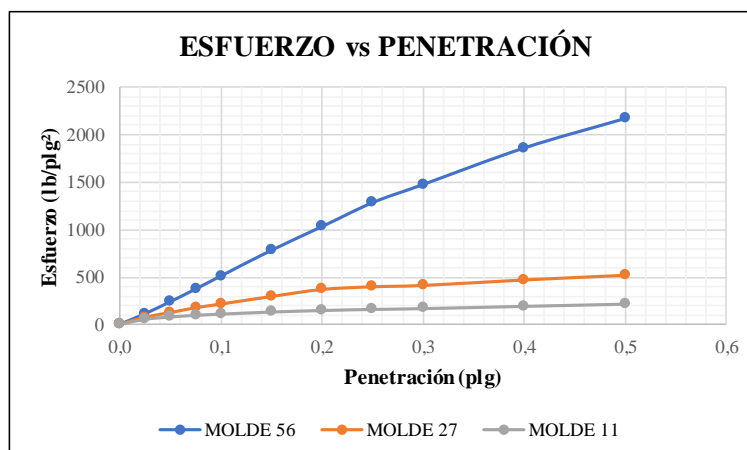


<b>Parroquia:</b>	La Matriz-Quero	<b>Proyecto:</b>	Tesis de Grado
<b>Vía:</b>	La Libertad 2	<b>Normas:</b>	AASHTO T 193 2013
<b>Profundidad:</b>	50 cm	<b>Ensayado por:</b>	María José Molina
<b>Fecha:</b>	5/4/2021	<b>Revisado por:</b>	Ing. Favio Portilla
<b>Muestra:</b>	12	<b>Coordenadas:</b>	X= 768489 Y= 9843627

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
<b>TIPO:</b>	Proctor Modificado	<b>PESO DEL MARTILLO:</b>		10 lb		
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180	<b>ALTURA DE CAÍDA:</b>		18"		
<b>PESO MUESTRA (gr):</b>	6000	<b>CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)</b>		10,4		
ENSAYO DE COMPACTACIÓN C.B.R.						
Molde N°	1	2	3			
N° de capas	5	5	5			
N° de golpes	56	27	11			
DATOS DEL MOLDEO						
Muestra húmeda + molde (gr)	10176	12650	13123			
Masa molde (gr)	5828	8629	9216			
Masa muestra húmeda (gr)	4348	4021	3907			
Volumen muestra (cm <sup>3</sup> )	2310,11	2274,30	2292,21			
Peso unitario húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1,882	1,768	1,704			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>38</b>	<b>76</b>	<b>15</b>	<b>59</b>	<b>37</b>	<b>65</b>
P. húm. + recipiente	95,1	94,6	91,9	92,3	83	94,7
P. seco + recipiente	88,1	88,4	85,4	85,3	77,3	88
Peso recipiente	25,2	30,8	25,6	30,8	26	31,21
Peso agua	7	6,2	6,5	7	5,7	6,7
Peso sólidos	62,9	57,6	59,8	54,5	51,3	56,79
Contenido humedad %	11,13	10,76	10,87	12,84	11,11	11,80
Con. humedad promedio %	10,95		11,86		11,45	
Peso unitario seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1,696		1,581		1,529	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	10415		13017		13530	
Masa molde (gr)	5828		8629		9216	
Masa muestra húmeda (gr)	4587		4388		4314	
Masa agua absorbida	239		367		407	
% Agua absorbida	5,50		9,13		10,42	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>38</b>	<b>76</b>	<b>15</b>	<b>59</b>	<b>37</b>	<b>65</b>
P. húm. + recipiente	89,6	80,3	78,5	102,3	86,4	96,5
P. seco + recipiente	81,3	74,2	69,8	90,3	76,3	85,1
Peso recipiente	25,2	30,8	25,6	30,8	26	31,21
Peso agua	8,3	6,1	8,7	12	10,1	11,4
Peso sólidos	56,1	43,4	44,2	59,5	50,3	53,89
Contenido humedad %	14,80	14,06	19,68	20,17	20,08	21,15
Con. humedad promedio %	14,43		19,93		20,62	

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )
0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,025	335,6	111,9	226,3	75,4	163,6	54,5
0,050	716,3	238,8	373,3	124,4	239,8	79,9
0,075	1116,1	372,0	527,6	175,9	293,6	97,9
0,100	1528,8	509,6	646,3	215,4	333,6	111,2
0,150	2345,2	781,7	887,8	295,9	402,5	134,2
0,200	3093,9	1031,3	1112,3	370,8	453,1	151,0
0,250	3852,4	1284,1	1198,2	399,4	489,4	163,1
0,300	4426,5	1475,5	1240,8	413,6	515,2	171,7
0,400	5583,6	1861,2	1416,8	472,3	590,7	196,9
0,500	6518,8	2172,9	1566,2	522,1	663,6	221,2

PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,1 Plg (%)	Densidad Seca	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,2 Plg (%)	Densidad Seca
1	509,60	50,96	1,696	1031,30	68,75	1,696
2	215,43	21,54	1,581	370,77	24,72	1,581
3	111,20	11,12	1,529	151,03	10,07	1,529



Densidad seca máxima:	1,712 gr/cm <sup>3</sup>
-----------------------	--------------------------

DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
95%	1,626	33,50
		43,50

**Autor:** María José Molina Hinojosa

**Tabla 155. Conteo vehicular TPDA**

HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS								TOTAL
			2D	2DA	2DB	3A	4C	3S2	3S3	TOTAL	
6:00 - 6:15	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
6:15 - 6:30	3	1	0	1	1	0	0	0	0	2	6
6:30 - 6:45	3	0	1	0	0	0	0	0	0	1	4
6:45 - 7:00	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
7:00 - 7:15	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
7:15 - 7:30	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
7:30 - 7:45	3	0	0	1	0	0	0	0	0	1	4
7:45 - 8:00	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
7:00 - 7:15	4	0	1	0	1	0	0	0	0	2	6
7:15 - 7:30	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
7:30 - 7:45	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
7:45 - 8:00	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
8:00 - 8:15	4	0	2	0	0	0	0	0	0	2	6
8:15 - 8:30	5	1	0	0	0	1	0	0	0	1	7
8:30 - 8:45	6	0	0	0	1	0	0	0	0	1	7
8:45 - 9:00	7	0	1	0	0	0	0	0	0	1	8
9:00 - 9:15	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
9:15 - 9:30	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
9:30 - 9:45	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
9:45 - 10:00	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
10:00 - 10:15	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
10:15 - 10:30	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
10:30 - 10:45	9	0	1	0	0	0	0	0	0	1	10
10:45 - 11:00	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
11:00 - 11:15	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
11:15 - 11:30	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
11:30 - 11:45	5	0	0	1	0	0	0	0	0	1	6
11:45 - 12:00	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
12:00 - 12:15	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
12:15 - 12:30	10	1	1	0	0	0	0	0	0	1	12
12:30 - 12:45	6	0	0	0	1	0	0	0	0	1	7
12:45 - 13:00	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
13:00 - 13:15	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
13:15 - 13:30	5	0	0	0	1	0	0	0	0	1	6
13:30 - 13:45	4	0	0	2	0	0	0	0	0	2	6
13:45 - 14:00	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
14:00 - 14:15	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
14:15 - 14:30	5	0	0	0	0	1	0	0	0	1	6
14:30 - 14:45	3	0	2	0	0	0	0	0	0	2	5
14:45 - 15:00	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
15:00 - 15:15	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
15:15 - 15:30	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
15:30 - 15:45	2	0	1	0	1	0	0	0	0	2	4
15:45 - 16:00	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
16:00 - 16:15	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
16:15 - 16:30	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
16:30 - 16:45	8	0	0	1	0	0	0	0	0	1	9
16:45 - 17:00	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
17:00 - 17:15	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
17:15 - 17:30	3	0	1	0	0	0	0	0	0	1	4
17:30 - 17:45	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
17:45 - 18:00	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	9
Total	252	5	11	6	6	2	0	0	0	25	282
%	89,36	1,77	3,90	2,13	2,13	0,71	0,00	0,00	0,00	8,87	100,00

**Autor:** María José Molina Hinojosa



Tabla 156. Pesos y dimensiones MTOP

CUADRO DEMOSTRATIVO DE TIPO DE VEHICULOS MOTORIZADOS REEMPLAZES Y SEMIREMOLQUES								
TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)				
				Long.	Ancho	Alto		
2 D			7	5,00	2,60	3,00		
2DA			10	7,50	2,60	3,50		
2DB			18	12,20	2,60	4,10		
3-A			27	12,20	2,60	4,10		
4-C			31	12,20	2,60	4,10		
4-D			32	12,20	2,60	4,10		
V2DB			18	12,20	2,60	4,10		
V3A			27	12,20	2,60	4,10		
VZS			27	12,20	2,60	4,10		
T2			18	8,50	2,60	4,10		
T3			27	8,50	2,60	4,10		
S3			24	13,00	3,00	4,30		
S2			20	13,00	3,00	4,30		
S1			11	13,00	3,00	4,30		
R2			22	10,00	3,00	4,30		
R3			31	10,00	3,00	4,30		
B1			11	10,00	3,00	4,30		
B2			20	10,00	3,00	4,30		
B3			24	10,00	3,00	4,30		

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas

**Tabla 157. Pesos y dimensiones combinado MTOP**

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO BRUTO VEHICULAR MÁXIMO PERMITIDO (toneladas)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
				Largo	Ancho	Alto
2S1			29	20,50	2,60	4,30
2S2			38	20,50	2,60	4,30
2S3			42	20,50	2,60	4,30
3S1			38	20,50	2,60	4,30
3S2			47	20,50	2,60	4,30
3S3			48	20,50	2,60	4,30
2R2			40	20,50	2,60	4,30
2R3			48	20,50	2,60	4,30
3R2			48	20,50	2,60	4,30
3R3			48	20,50	2,60	4,30
2B1			29	20,50	2,60	4,30
2B2			38	20,50	2,60	4,30
2B3			42	20,50	2,60	4,30
3B1			38	20,50	2,60	4,30
3B2			47	20,50	2,60	4,30
3B3			48	20,50	2,60	4,30

**Fuente:** Ministerio de Transporte y Obras Públicas