



UNIVERSIDAD TÉCNICA 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 LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y
YANAYACU DEL CANTÓN QUERO.”**

AUTORA: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

TUTORA: Ing. Mg. Ruth Lorena Pérez Maldonado

AMBATO - ECUADOR

Agosto – 2021

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutora 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 LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO”**, elaborado por la estudiante **Jessica Marisol Tarco Aimacaña**, portadora de la cédula de ciudadanía: C.I. 0550254569, 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 autora.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.

Ambato, Agosto 2021

Ing. Mg. Ruth Lorena Pérez Maldonado
TUTORA

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, Jessica Marisol Tarco Aimacaña, con C.I. 0550254569 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 LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO”**, 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



Jessica Marisol Tarco Aimacaña

C.I: 0550254569

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



Jessica Marisol Tarco Aimacaña

C.I: 0550254569

AUTORA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por la estudiante Jessica Marisol Tarco Aimacaña de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO”**.

Ambato, Agosto 2021

Para constancia firman:

Ing. M.Sc. Lourdes Gabriela Peñafiel Valla

Miembro Calificador

Ing. Mg. Favio Paúl Portilla Yandún

Miembro Calificador

DEDICATORIA

Dedicó este trabajo principalmente a Dios, por darme la fuerza y guiarme para alcanzar una meta más en mi vida, de la mano de Dios todo es posible.

A mis padres Marcelo Tarco y Teresa Aimacaña por todo su sacrificio durante todos estos años, por ser los pilares fundamentales para poder llegar a cumplir esta meta.

A mis hermanas Ligia y Johana que sin ellas no hubiese podido alcanzar lo que ahora logré por estar siempre presentes, apoyándome y aconsejándome y a mis cuñados Guido y Diego, por impulsarme siempre a seguir adelante a lo largo de todo este camino.

A mis sobrinos Alis, Erick e Iker por estar conmigo siempre, por todo su cariño y ser uno de los motivos principales para seguir adelante y terminar con éxito este camino.

Jessica Marisol

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser el apoyo incondicional en momentos difíciles e iluminarme siempre para continuar mi camino.

Quiero agradecer a la Universidad Técnica de Ambato, directivos e ingenieros de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, por brindarme la oportunidad de formarme como Ingeniera Civil.

A mi tutora, Ing. Mg. Lorena Pérez, por haberme orientado en la realización del presente trabajo, a todos mis profesores por compartir sus conocimientos y por la paciencia brindada, muchas gracias.

A todos mis amigos y futuros colegas que me ayudaron de una manera desinteresada, gracias infinitas por toda su ayuda y buena voluntad en especial a Lisbeth, Amanda, Olguita, Julio, Majo y Lisett, por apoyarme cuando más los necesite y por todos los gratos momentos compartidos, siempre los tendré presente.

Finalmente quiero agradecer a mi familia y a todas las personas que me han apoyado para culminar con éxito una meta más en mi vida.

Jessica Marisol Tarco Aimacaña

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACION	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvi
RESUMEN.....	xx
ABSTRACT	xxi
CAPÍTULO I.....	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación.....	4
1.3 Fundamentación teórica	5
1.3.1 Problemas planteados por el terreno en la ingeniería civil.	5
1.3.2 Relaciones gravimétricas y de volumen en un suelo	5
1.3.3 Clasificación de suelos.....	6
1.3.4 Propiedades índice	11
1.3.5 El contenido de humedad:	11
1.3.6 Relaciones de volumen: η , e , DR , S	13
1.3.7 Granulometría.....	16
1.3.8 Límites de Atterberg	18
1.3.9 California Bearing Ratio (CBR).....	22
1.3.10 Cono de Penetración Dinámico (DCP).....	23

1.3.11	El método de mínimos cuadrados.....	25
1.3.11.1	La recta de mínimos cuadrados	27
1.3.12	Teoría de la correlación	28
1.3.12.1	Correlación lineal	28
1.3.12.2	Correlación múltiple	29
1.3.13	Pavimento.....	32
1.3.13.1	Características que debe reunir un pavimento	32
1.3.13.2	Terminología, función y características de cada una de las capas que conforman la estructura de un pavimento.	33
1.3.13.3	Clasificación de los pavimentos	34
1.3.13.4	Factores a considerar en el diseño de pavimentos.....	35
1.3.13.5	Diseño método AASHTO	37
1.3.14	Hipótesis.....	44
1.4	OBJETIVOS.....	45
1.4.1	Objetivo General:	45
1.4.2	Objetivos Específicos:	45
CAPÍTULO II.....		46
2.1	Niveles de Investigación	46
2.2	Población y Muestra	47
2.2.1	Población.....	47
2.2.2	Muestra	51
2.3	Equipos y Materiales	53
2.4	Métodos.....	54
2.4.1	Plan de recolección de datos	54
2.4.2	Ensayos	55
2.4.3	Plan de procesamiento y análisis de información.....	59

2.4.3.1	Métodos para la determinación de las correlaciones entre las propiedades del suelo	60
CAPÍTULO III		63
3.1	Análisis y discusión de resultados	63
3.1.1	Propiedades Índice.....	63
3.1.1.1	Densidad de Campo	63
3.1.1.2	Gravedad Específica.....	64
3.1.1.3	Granulometría	65
3.1.1.4	Límites de Atterberg.....	67
3.1.2	Clasificación de los suelos	67
3.1.3	Propiedades Mecánicas	71
3.1.3.1	Proctor Modificado	71
3.1.3.2	Ensayo de Cono de Penetración dinámico DCP	72
3.1.3.3	Ensayo California Bearing Ratio (CBR)	72
3.1.4	Nomenclatura	73
3.1.4.1	Tabla resumen de los ensayos de campo y laboratorio	75
3.1.5	Correlaciones.....	77
3.2	Verificación de la Hipótesis	108
3.3	Diseño estructural del pavimento flexible AASHTO 93	108
3.3.1	Conteo Vehicular	108
3.3.2	Determinación de Ejes Equivalentes (W18)	113
3.3.3	Diseño del pavimento CBR de laboratorio	122
3.3.4	Diseño del pavimento con CBR de correlaciones.	128
CAPÍTULO IV		134
4.1.	CONCLUSIONES.....	134
4.2.	RECOMENDACIONES	136
BIBLIOGRAFÍA		137

ANEXOS.....	139
Tablas de los ensayos realizados.....	139
Archivo Fotográfico	244

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de materiales de carreteras subrasantes.....	7
Tabla 2: Clasificación general de los materiales granulares	7
Tabla 3: Sistema unificado de clasificación de suelo	9
Tabla 4: Nombres típicos de los materiales	11
Tabla 5: Valores de η y γ para suelos granulares.....	13
Tabla 6: Saturación de la arena en %	15
Tabla 7: Denominaciones de la fracción gruesa.....	16
Tabla 8: Valores de carga estándar	23
Tabla 9: Nivel de correlación	32
Tabla 10: Factor de distribución por carril.....	38
Tabla 11: Índice de serviciabilidad en función de calidad de la vía.....	38
Tabla 12: Niveles de confiabilidad por tipo de vía.....	39
Tabla 13: Determinación de la desviación estándar normal Z_r a partir de la confiabilidad	39
Tabla 14: Valores recomendados para la desviación estándar (S_o)	40
Tabla 15: Espesores mínimos según los ejes equivalentes	42
Tabla 16: Espesores mínimos según los ejes equivalentes	44
Tabla 17: Coeficiente de Drenaje	44
Tabla 18: Equipos y Materiales	53
Tabla 19: Plan de recolección de datos	54
Tabla 20: Correlación lineal múltiple	60
Tabla 21: Correlación exponencial múltiple	61
Tabla 22: Correlación potencial múltiple.....	61
Tabla 23: Correlación logarítmica múltiple	62
Tabla 24: Resumen de los Resultados del Ensayo de Densidad de Campo.....	63
Tabla 25: Resumen de Resultados del Ensayo de Gravedad Específica	64
Tabla 26: Resumen de los resultados ensayo de Granulometría	65

Tabla 27: Resumen resultados Límites de Atterberg	67
Tabla 28: Clasificación del suelo según AASHTO Y SUCS	68
Tabla 29: Resumen de Resultados del ensayo Proctor Modificado	71
Tabla 30: Resumen Ensayo DCP	72
Tabla 31: Resumen del Ensayo CBR	72
Tabla 32: Resumen de los resultados de los ensayos realizados	75
Tabla 33: Resumen de los resultados de los ensayos realizados	76
Tabla 34: Resumen de las correlaciones realizadas	77
Tabla 35: Tabla Conteo Vehicular Hora Pico	108
Tabla 36: Tasa de crecimiento vehicular	110
Tabla 37: Cálculo del Tráfico Actual	112
Tabla 38: Clasificación de Carreteras en Función del Tráfico futuro	113
Tabla 39: Períodos de Diseño en Función del Tipo de Carretera	113
Tabla 40: Factor de Daño según el tipo de vehículo	114
Tabla 41: Factor de distribución por carril	114
Tabla 42: Cálculo del número de ejes equivalentes W18	115
Tabla 43: Espesores mínimos según los ejes Equivalentes	116
Tabla 44: Nivel de confiabilidad “R” según el tipo de vía	117
Tabla 45: Valor de Desviación Estándar Normal Zr	117
Tabla 46: Clasificación del tráfico	118
Tabla 47: Estabilidad Marshall en base al IMDP	118
Tabla 48: Proyecto (Calidad de Drenaje)	121
Tabla 49: Proyecto (Coeficientes m2 y m3)	122
Tabla 50: Resumen de los datos para el diseño del pavimento	123
Tabla 51: Diseño pavimento flexible W18 calculado	125
Tabla 52: Diseño pavimento flexible W18 impuesto	127
Tabla 53: Resumen de los datos para el diseño del pavimento CBR correlaciones	129
Tabla 54: Diseño pavimento flexible W18 calculado CBR correlaciones	131
Tabla 55: Diseño pavimento flexible W18 impuesto CBR correlaciones	132
Tabla 56: Resumen de los Resultados del Diseño del Pavimento Flexible	133
Tabla 57: Densidad de Campo (Pozo 1)	139
Tabla 58: Densidad de Campo (Pozo 2)	140
Tabla 59: Densidad de campo (Pozo 3)	141

Tabla 60: Densidad de Campo (Pozo 4)	142
Tabla 61: Densidad de Campo (Pozo 5)	143
Tabla 62: Densidad de Campo (Pozo 6)	144
Tabla 63: Densidad de Campo (Pozo 7)	145
Tabla 64: Densidad de Campo (pozo 8).....	146
Tabla 65: Densidad de Campo (pozo 9).....	147
Tabla 66: Densidad de Campo (Pozo 10)	148
Tabla 67: Densidad de Campo (Pozo 11)	149
Tabla 68: Densidad de Campo (Pozo 12)	150
Tabla 69: Límite Líquido Copa de Casa Grande (Pozo 1).....	151
Tabla 70: Límite Líquido Copa de Casa Grande (Pozo 2).....	152
Tabla 71: Límite Líquido Copa de Casa Grande (Pozo 3).....	153
Tabla 72: Límite Líquido Copa de Casa Grande (Pozo 4).....	154
Tabla 73: Límite Líquido Copa de Casa Grande (Pozo 5).....	155
Tabla 74: Límite Líquido Copa de Casa Grande (Pozo 6).....	156
Tabla 75: Límite Líquido Copa de Casa Grande (Pozo 7).....	157
Tabla 76: Límite Líquido Copa de Casa Grande (Pozo 8).....	158
Tabla 77: Límite Líquido Copa de Casa Grande (Pozo 9).....	159
Tabla 78: Límite Líquido Copa de Casa Grande (Pozo10).....	160
Tabla 79: Límite Líquido Copa de Casa Grande (Pozo11).....	161
Tabla 80: Límite Líquido Copa de Casa Grande (Pozo12).....	162
Tabla 81: Gravedad Específica (Pozo 1).....	163
Tabla 82: Gravedad Específica (Pozo 2).....	164
Tabla 83: Gravedad Específica (Pozo 3).....	165
Tabla 84: Gravedad Específica (Pozo 4).....	166
Tabla 85: Gravedad Específica (Pozo 5).....	167
Tabla 86: Gravedad Específica (Pozo 6).....	168
Tabla 87: Gravedad Específica (Pozo 7).....	169
Tabla 88: Gravedad Específica (Pozo 8).....	170
Tabla 89: Gravedad Específica (Pozo 9).....	171
Tabla 90: Gravedad Específica (Pozo 10).....	172
Tabla 91: Gravedad Específica (Pozo 11).....	173
Tabla 92: Gravedad Específica (Pozo 12).....	174

Tabla 93: Granulometría (Pozo 1)	175
Tabla 94: Granulometría (Pozo 2)	176
Tabla 95: Granulometría (Pozo 3)	177
Tabla 96: Granulometría (Pozo 4)	178
Tabla 97: Granulometría (Pozo 5)	179
Tabla 98: Granulometría (Pozo 6)	180
Tabla 99: Granulometría (Pozo 7)	181
Tabla 100: Granulometría (Pozo 8)	182
Tabla 101: Granulometría (Pozo 9)	183
Tabla 102: Granulometría (Pozo 10)	184
Tabla 103: Granulometría (Pozo 11)	185
Tabla 104: Granulometría (Pozo 12)	186
Tabla 105: Límite Plástico (Pozo 1)	187
Tabla 106: Límite Plástico (Pozo 2)	187
Tabla 107: Límite Plástico (Pozo 3)	188
Tabla 108: Límite Plástico (Pozo 4)	188
Tabla 109: Límite Plástico (Pozo 5)	189
Tabla 110: Límite Plástico (Pozo 6)	190
Tabla 111: Límite Plástico (Pozo 7)	190
Tabla 112: Límite Plástico (Pozo 8)	191
Tabla 113: Límite Plástico (Pozo 9)	191
Tabla 114: Límite Plástico (Pozo 10)	192
Tabla 115: Límite Plástico (Pozo 11)	193
Tabla 116: Límite Plástico (Pozo 12)	193
Tabla 117: Ensayo Proctor Modificado (Pozo 1)	194
Tabla 118: Ensayo Proctor Modificado (Pozo 2)	195
Tabla 119: Ensayo Proctor Modificado (Pozo 3)	197
Tabla 120: Ensayo Proctor Modificado (Pozo 4)	198
Tabla 121: Ensayo Proctor Modificado (Pozo 5)	199
Tabla 122: Ensayo Proctor Modificado (Pozo 6)	200
Tabla 123: Ensayo Proctor Modificado (Pozo 7)	201
Tabla 124: Ensayo Proctor Modificado (Pozo 8)	202
Tabla 125: Ensayo Proctor Modificado (Pozo 9)	203

Tabla 126: Ensayo Proctor Modificado (Pozo 10)	204
Tabla 127: Ensayo Proctor Modificado (Pozo 11)	205
Tabla 128: Ensayo Proctor Modificado (Pozo 12)	206
Tabla 129: Ensayo DCP (pozo 1)	207
Tabla 130: Ensayo DCP (pozo 2)	208
Tabla 131: Ensayo DCP (pozo 3)	209
Tabla 132: Ensayo DCP (pozo 4)	210
Tabla 133: Ensayo DCP (pozo 5)	211
Tabla 134: Ensayo DCP (pozo 6)	212
Tabla 135: Ensayo DCP (pozo 7)	213
Tabla 136: Ensayo DCP (pozo 8)	214
Tabla 137: Ensayo DCP (pozo 9)	215
Tabla 138: Ensayo DCP (pozo 10)	216
Tabla 139: Ensayo DCP (pozo 11)	217
Tabla 140: Ensayo DCP (pozo 12)	218
Tabla 141: Ensayo CBR (Pozo1).....	219
Tabla 142: Ensayo CBR (Pozo2).....	221
Tabla 143: Ensayo CBR (Pozo3).....	223
Tabla 144: Ensayo CBR (Pozo4).....	225
Tabla 145: Ensayo CBR (Pozo 5).....	227
Tabla 146: Ensayo CBR (Pozo 6).....	229
Tabla 147: Ensayo CBR (Pozo 7).....	231
Tabla 148: Ensayo CBR (Pozo 8).....	233
Tabla 149: Ensayo CBR (Pozo 9).....	235
Tabla 150: Ensayo CBR (Pozo 10).....	237
Tabla 151: Ensayo CBR (Pozo 11).....	239
Tabla 152: Ensayo CBR (Pozo 12).....	241
Tabla 153: Cuento general del tráfico de la vía.....	243

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de una muestra de suelo	5
Figura 2: Gráfico del rango del límite líquido y el índice de plasticidad de los suelos que se dividen en los grupos A-2, A-4, A-5, A-6 y A-7	8
Figura 3: Carta de plasticidad SUCS	10
Figura 4: Tres fases separadas de una muestra de suelo con volumen de sólidos de suelo igual a 1	12
Figura 5: Compacidad de un conjunto de esferas iguales.	14
Figura 6: Curva Granulométrica.....	17
Figura 7: Curva de flujo para la determinación del límite líquido de una arcilla limosa	19
Figura 8: Definición de los límites de contracción.....	20
Figura 9: Máquina del ensayo C.B.R.....	22
Figura 10: Esquema del DCP	24
Figura 11: Curva DCP para una serie de valores, se observan tres capas diferentes.	25
Figura 12: D_1 Es la distancia del punto (X_1 , Y_1) a la curva de mejor ajuste, ..., D_n es la distancia del punto (X_n , Y_n) a la curva de mejor ajuste.....	27
Figura 13: Ejemplos de correlación positiva, correlación negativa y ninguna correlación	29
Figura 14: Estructura del pavimento.....	33
Figura 15: Espesores de cada capa.	41
Figura 16: Ábaco para la estimación del coeficiente a_1	42
Figura 17: Ábaco para la estimación del coeficiente a_2	43
Figura 18: Ábaco para la estimación del coeficiente a_3	43
Figura 19: Mapa de ubicación geográfica del cantón Quero.....	47
Figura 20: Mapa de ubicación geográfica cantonal (Quero).....	48
Figura 21: Mapa de ubicación geográfica parroquial (Yanayacu)	49
Figura 22: Mapa de ubicación geográfica parroquial (Rumipamba).....	50
Figura 23: Mapa de ubicación de los sectores donde se extrajeron las muestras.....	51
Figura 24: Mapa de coordenadas de los lugares donde se extrajeron las muestras....	52
Figura 25: Excavación del Pozo a cielo abierto	55
Figura 26: Recolección de la muestra de suelo	55
Figura 27: Ensayo DCP.....	56

Figura 28: Extracción de burbujas del picnómetro.....	56
Figura 29: Colocación de la mezcla en la copa de casa grande.....	57
Figura 30: Preparación de la mezcla.....	57
Figura 31: Colocación de los tamices en la tamizadora.....	58
Figura 32: Proceso de dar 56 golpes por capa.....	58
Figura 33: Colocación del molde en la máquina para determinar el CBR	59
Figura 34: Rango Granulométrico	66
Figura 35: Carta de Plasticidad del sistema SUCS	68
Figura 36: Ubicación de la clasificación de las muestras según AASHTO	69
Figura 37: Ubicación de la clasificación de las muestras según SUCS.	70
Figura 38: Correlación $G_w\%$ vs $W_{nat}\%$	78
Figura 39: Correlación $G_a\%$ vs $W_{nat}\%$	79
Figura 40: Correlación γ_d in – situ vs W_{nat}	80
Figura 41: Correlación $LP\%$ vs $LL\%$	81
Figura 42: Correlación γ_d máx. Vs W ópt.	82
Figura 43: Correlación W ópt.(%) vs $LL(\%)-LP(\%)$	83
Figura 44: Correlación $W_{nat}\%$ vs. $LL\%-LP\%$	84
Figura 45: Correlación W ópt vs. $W_{nat}\% -LL\%$	85
Figura 46: Correlación W ópt vs. $W_{nat}\% -LP\%$	86
Figura 47: Correlación γ_d máx (gr/cm ³) vs. $W_{nat}\% -LP\%$	87
Figura 48: Correlación γ_d máx (gr/cm ³) vs. $LL\% -LP\%$	88
Figura 49: Correlación γ_d máx (gr/cm ³) vs. $LP\% -F\%$	89
Figura 50: Correlación γ_d máx (gr/cm ³) vs. $LP\% -S\%$	90
Figura 51: Correlación γ_d in-situ (gr/cm ³) vs. γ_d máx(gr/cm ³) - $W_{nat}\%$	91
Figura 52: Correlación DN (mm/golpe) vs $LL\%$	92
Figura 53: Correlación DN (mm/golpe) vs γ_d máx (gr/cm ³)	93
Figura 54: Correlación W ópt vs. DN (mm/golpe)- $W_{nat}\%$	94
Figura 55: Correlación γ_d máx (gr/cm ³) vs. DN (mm/golpe)- $W_{nat}\%$	95
Figura 56: Correlación γ_d in-situ (gr/cm ³) vs. DN (mm/golpe)- W ópt%	96
Figura 57: Correlación γ_d máx (gr/cm ³) vs. DN (mm/golpe) - W ópt%	97
Figura 58: Correlación DN (mm/golpe) vs. $LL\% -LP\%$	98
Figura 59: Correlación CBR Mayor (%) vs DN (mm/golpe).....	99
Figura 60: Correlación CBR Mayor (%) vs γ_d máx (gr/cm ³)	100

Figura 61: Correlación CBR Mayor (%) vs $W_{nat}(\%)$	101
Figura 62: Correlación CBR Mayor (%) vs LL (%).....	102
Figura 63: Correlación CBR Mayor (%) vs LP (%) - $W_{ópt}(\%)$	103
Figura 64: Correlación CBR Mayor (%) vs $W_{ópt}(\%)$ - LP (%)	104
Figura 65: Correlación CBR Mayor (%) vs γ_d máx (gr/cm ³) - F (%).....	105
Figura 66: Correlación CBR Mayor (%) vs γ_d in-situ (gr/cm ³) - γ_d máx (gr/cm ³)..	106
Figura 67: Correlación CBR Mayor (%) vs DN (mm/golpe) - $W_{ópt}(\%)$	107
Figura 68: Ábaco para obtener el a1	119
Figura 69: Ábaco para obtener el a2	120
Figura 70: Ábaco para obtener el a3	121
Figura 71: Software para el Cálculo de SN.....	124
Figura 72: Software para el cálculo de SN W18 impuesto	126
Figura 73: Software para el cálculo de SN W18 calculado CBR correlaciones	130
Figura 74: Software para el cálculo de SN W18 impuesto CBR correlaciones	132
Figura 75: Escavando el pozo a cielo abierto.....	244
Figura 76: Observando como desciende la arena de Ottawa	244
Figura 77: Recolectando de la muestra de suelo	244
Figura 78: Excavando con ayuda de cincel.....	245
Figura 79: Tamices colocados en la tamizadora.....	245
Figura 80: Pesando el suelo retenido en el tamiz	245
Figura 81: Mesclando la muestra de suelo con agua	246
Figura 82: Colocando la muestra en la copa de Casa Grande	246
Figura 83: Tomando la lectura del termómetro	246
Figura 84: Elaborando los rollitos de 3mm de diámetro.....	247
Figura 85: Colocando la muestra en el molde de 6"	247
Figura 86: Golpeando la muestra con 56 golpes	247
Figura 87: Sacando el collarín.....	248
Figura 88: Elevando la pesa	248
Figura 89: Realizando el conteo de tráfico.....	248
Figura 90: Colocando el contenido de humedad óptimo	249
Figura 91: Enrazando el molde.....	249
Figura 92: Realizando los golpes.....	249
Figura 93: Colocando el cilindro en la cámara de curado.....	250

Figura 94: Pesando el contenido de humedad	250
Figura 95: Colocando las muestras en el horno.....	250
Figura 96: Colocando las pesas	251
Figura 97: Realizando ensayo en la máquina	251

RESUMEN

En el presente trabajo se seleccionó 3 vías por parroquia y en cada una de ellas dos pozos, realizando un total de 12 pozos, en los cuales se ejecutó los ensayos de campo y la extracción de muestras para los ensayos de laboratorio.

Se realizó ensayos de: Densidad de campo (Cono y Arena de Ottawa), Cono dinámico de penetración (DCP), Granulometría, Límites Atterberg, Gravedad Específica, Compactación (Proctor Modificado) y California Bearing Ratio (CBR).

Una vez finalizados los ensayos de campo y laboratorio se procedió al análisis e interpretación de resultados y la elaboración de correlaciones mediante regresiones simples y por el método de los mínimos cuadrados, en donde se obtuvo un total de 30 correlaciones con un coeficiente de correlación mayor igual a 50.3 por ciento, por lo que se da como aceptables las correlaciones.

Finalmente se diseñó un pavimento flexible tanto con el CBR obtenido en laboratorio, así como también con el CBR que se obtuvo mediante correlaciones, notando que no existió mayor cambio en el diseño del mismo, ya que el diseño final fue carpeta asfáltica= 10cm, base=10cm y sub-base=15cm para ambos casos.

Palabras clave: Correlación, CBR, Pavimento flexible, DCP, Propiedades Índice, Quero.

ABSTRACT

In this job 3 roads were selected for per parish and two wells on each road, by performing a total of 12 wells in which field tests and sample extraction for laboratory tests.

Tests were conducted on: Field Density (Ottawa Cone and Sand), Dynamic Cone Penetrometer (DCP), Granulometry, Atterberg Limits, Specific Gravity, Compaction (Modified Proctor) and California Bearing Ratio (CBR).

After the field and laboratory tests were completed, the analysis and interpretation of results and the elaboration of correlations using simple regressions and by the method of least squares were carried out. In which a total of 30 correlations with a correlation coefficient greater than 50.3 percent were obtained, so the correlations are acceptable.

Finally, a flexible pavement was designed with both the CBR obtained in the laboratory, as well as the CBR obtained by correlations, noting that there was no major change in the design of the same, since the final design was asphaltic layer=10cm, base=10cm and sub-base=15cm for both cases.

Keywords: Correlation, CBR, Flexible pavement, DCP, index properties, Quero.

CAPÍTULO I

1.1 Antecedentes

La estructura física de los suelos está formada a base de partículas sólidas o granos que constituyen el esqueleto mineral resistente del mismo y de una serie de huecos entre las partículas que pueden contener aire, agua o ambas cosas. Algunos autores definen al suelo como un material en el que coexisten las tres fases: sólida (partículas), líquida (agua) y gaseosa (aire).

En la Ingeniería Civil el suelo se puede contemplar como una obra de tierra sometida a una serie de acciones para las cuales se la diseña como un material constitutivo de la propia obra de tierra, en cuyo caso se exige al material una serie de especificaciones que garanticen un comportamiento adecuado.

La consistencia de los suelos de grano fino depende su grado de humedad. Partiendo de este hecho Atterberg definió unos límites que permiten establecer la transición de los distintos estados del suelo (de mayor a menor humedad): líquido o fluido, plástico, semisólido y sólido.

El límite líquido LL se define como la humedad del suelo en su tránsito del estado fluido al plástico. Para su determinación se utiliza el método conocido como la Copa de Casagrande

El límite plástico LP se define como la humedad del suelo en su tránsito del estado plástico al semisólido. Se caracteriza porque el suelo pierde su plasticidad y empieza a cuartearse [1].

CBR es una prueba empírica desarrollada en 1928-29 y se aplica ampliamente en el diseño de pavimentos flexibles en todo el mundo. Esta prueba fue introducida durante la segunda guerra mundial (1939 – 1945) en Estados Unidos y ahora se está utilizando como método estándar de diseño en muchas partes del mundo. Pero

debido a que el procedimiento de prueba CBR es costoso y consume mucho tiempo en algunos países avanzados están optando por otros métodos.

La prueba de clasificación del suelo, la prueba de compactación y la prueba CBR se desarrollaron de forma independiente a principios de los años 1900, 1920 y 1930, respectivamente. Según Breytenbach (2009), el sistema introducido por Kleyn (1995) es probablemente el primer intento que vale la pena relacionar los parámetros índice con los valores CBR y logró cierto éxito.

La característica de una carretera de suelo o carretera sin pavimentar depende en gran medida del parámetro de resistencia del material base y de la sub-base. Es importante evaluar el rodamiento de base o sub-base para el diseño, la construcción y el mantenimiento de carreteras. Para el diseño de carreteras, de toda una calle, se recogen muestras de suelo en varios lugares particulares para la determinación del valor CBR de la base y la sub-base[2].

Ensayo DCP (Penetración Dinámica de Cono): Es un tipo de ensayo de penetración empleado para la determinación de las características de un suelo, como parte de la técnica de reconocimiento del terreno. Consiste en la introducción en el terreno de un elemento de punta cónica unida a un varillaje. La penetración se realiza debido a una masa de peso definido sobre un cabezal colocado en la parte superior del varillaje, la masa se levanta y se deja caer libremente. El resultado del ensayo es el número de golpes necesario para penetrar una profundidad determinada, siempre dependiendo del tipo de cono que se esté utilizando[3].

Correlación entre el CBR y propiedades índice y mecánicas del suelo

En el año 2018 en Camerún se realizó una investigación de correlaciones utilizando dos métodos los cuales fueron el análisis de regresión lineal simple y múltiple y los resultados que se obtuvo fueron válidos en ambos métodos[4].

En el año 2017 se realizó un trabajo experimental que desarrolla una metodología para encontrar una correlación entre un índice (*DCP*) y un índice (*CBR*); con base en ensayos de laboratorio se determinó las propiedades físicas (Granulometría, Límites de Atterberg, Humedad y Densidad seca) y propiedades mecánicas (CBR y DCP). El

suelo utilizado para los ensayos, pertenece a “Azogues” que está presente en la zona austral del Ecuador[3].

En trabajos precedentes de Ecuador, se puede observar la factibilidad del uso de correlaciones ya que en otras parroquias de Tungurahua se determinaron correlaciones entre el CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas del suelo, con coeficientes de determinación R^2 mayor a 50% por lo que son correlaciones válidas para suelos granulares[5].

1.2 Justificación

La siguiente investigación está enfocada en obtener las correlaciones entre el CBR, DCP, las propiedades índice y mecánicas de los suelos, de las parroquias Rumipamba y Yanayacu del cantón Quero.

En trabajos anteriores de nuestro país, se puede observar la posibilidad del uso de correlaciones para la determinación de las propiedades de los suelos, ya que en parroquias de Tungurahua como Pinlo se determinaron correlaciones con coeficientes de determinación R^2 mayor a 50% consideradas validas, por lo que en la presente investigación se planteará correlaciones para las parroquias antes mencionadas[5].

Los ensayos mencionados anteriormente permiten determinar la capacidad portante del suelo para evaluar la calidad de la subrasante, base y sub-base de los pavimentos siendo éste un parámetro indispensable en la justificación de cualquier proyecto. Sin embargo, para la obtención de estos valores se requiere contar previamente con propiedades como el contenido óptimo de humedad (OMC), la densidad máxima en seco (MDD), límite líquido (LL), entre otras, etc. Por lo que, determinar el CBR es un proceso lento y largo, es por ello que se pretende aplicar las correlaciones para dar solución a esta problemática.

Si se establece una correlación entre el valor de CBR de un suelo con ensayos como la compresión no confinada y los límites de plasticidad, se podrá realizar una mejor caracterización geotécnica del corredor de diseño; bien sea para obtener valores tentativos de CBR en aquellos sitios donde la topografía no permite realizar apiques, o para aprovechar toda la información de los barrenos, para evaluar la homogeneidad de la subrasante a lo largo del tramo de diseño[6].

La realización de la presente investigación beneficiará a los futuros proyectos de vías que se realice en las parroquias antes mencionadas ya que se pondrá a disposición los datos de CBR para las mismas.

1.3 Fundamentación teórica

1.3.1 Problemas planteados por el terreno en la ingeniería civil.

En su trabajo práctico el ingeniero civil ha de enfrentarse con muy diversos e importantes problemas planteados por el terreno. Prácticamente todas las estructuras de ingeniería civil, edificios, puentes, carreteras, túneles, muros, torres, canales o presas, deben cimentarse sobre la superficie de la tierra o dentro de ella. Para que una estructura se comporte satisfactoriamente debe poseer una cimentación adecuada.

El suelo es el material de construcción más abundante del mundo y en muchas zonas constituye, de hecho, el único material disponible localmente. Cuando el ingeniero emplea el suelo como material de construcción debe seleccionar el tipo adecuado de suelo, así como el método de colocación y, luego controlar su distribución en obra. Ejemplos de suelo como material de construcción son las presas en tierra, rellenos para urbanizaciones o vías[7].

1.3.2 Relaciones gravimétricas y de volumen en un suelo

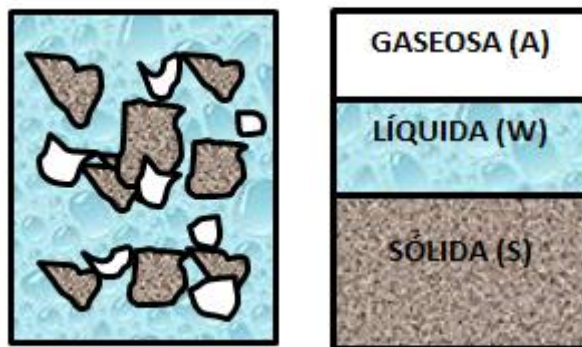


Figura 1: Esquema de una muestra de suelo

Fuente: Mecánica de suelos de G. Duque

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimcaña

Fase sólida: Fragmentos de roca, minerales individuales y materiales orgánicos

Fase líquida: Agua, sales, bases y ácidos disueltos, incluso hielo.

Fase gaseosa: Aire, gases vapor de agua.

En un suelo se distinguen tres fases constituyentes: la sólida, la líquida y la gaseosa. La fase sólida está formada por las partículas minerales del suelo (incluyendo la capa sólida adsorbida); la líquida por el agua (libre, específicamente), aunque en el suelo pueden existir otros líquidos de menor significación; la fase gaseosa comprende sobre todo el aire, pero pueden estar presentes otros gases (vapores sulfurosos, anhídrido carbónico, etc.).

Las relaciones entre las fases del suelo tienen una amplia aplicación en la Mecánica de Suelos para el cálculo de esfuerzos. La relación entre las fases, la granulometría y los límites de Atterberg se utilizan para clasificar el suelo y estimar su comportamiento[7].

1.3.3 Clasificación de suelos

Sistema de clasificación AASHTO

Este sistema de clasificación de suelos fue desarrollado en 1929 como el Sistema de Clasificación de Administración de Carreteras. Ha sido objeto de varias revisiones, con la actual versión propuesta por la Comisión de Clasificación de Materiales para los Tipos de Carreteras Subrasantes y Granulares de la Junta de Investigación de Carreteras en 1945 (Norma ASTM D-3282; método AASHTO M145).

El sistema de clasificación se basa en los siguientes criterios:

Grava: fracción que pasa el tamiz de 75 mm y es retenida en el tamiz núm. 10 (2mm). Arena: fracción que pasa el tamiz núm. 10 (2 mm) y es retenida en el tamiz núm. 200 (0.075 mm). Limo y arcilla: fracción que pasa el tamiz núm. 200.

Plasticidad: el término limoso se aplica cuando las fracciones finas del suelo tienen un índice de plasticidad de 10 o menos. El término arcilloso se aplica cuando las fracciones finas tienen un índice de plasticidad de 11 o más.

Si se encuentran cantos y guijarros (tamaño mayor a 75 mm), se excluyen de la porción de la muestra de suelo en el que se hizo la clasificación. Sin embargo, se registra el porcentaje de este tipo de material.

Tabla 1: Clasificación de materiales de carreteras subrasantes

Clasificación de materiales de carreteras subrasantes							
Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos del total de la muestra pasada por el núm. 200)						
	A-1			A-2			
Grupo de clasificación	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Análisis de tamiz (porcentaje de paso)							
Núm. 10	50 máx						
Núm. 40	30 máx	50 máx	51 máx				
Núm. 200	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx
Características de la fracción de paso núm. 40							
Límite líquido				40 máx	41 máx	40 máx	41 máx
Índice de plasticidad	6 máx		NP	10 máx	10 máx	11 máx	11 máx
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes	Fragmentos de roca, grava y arena		Arenafina	Limo o grava arcillosa y arena			
Clasificación general de la subrasante	Excelente a bueno						

Fuente: Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica Braja M. Das.

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 2: Clasificación general de los materiales granulares

Clasificación general Materiales granulares (35% o menos del total de la muestra pasada por el núm. 200)				
Grupo de clasificación	A-4	A-5	A-6	A-7
				A-7-5*
				A-7-6+
Análisis de tamiz (porcentaje de paso)				
Núm. 10				
Núm. 40				
Núm. 200	36 mín	36 mín	36 mín	36 mín
Características de la fracción de paso núm. 40				
Límite líquido	40 máx	41 máx	40 máx	41 máx
Índice de plasticidad	10 máx	10 máx	11 máx	11 máx
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes	suelos limosos		suelos arcillosos	
Clasificación general de la subrasante	regular a malo			

Fuente: Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica Braja M. Das.

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

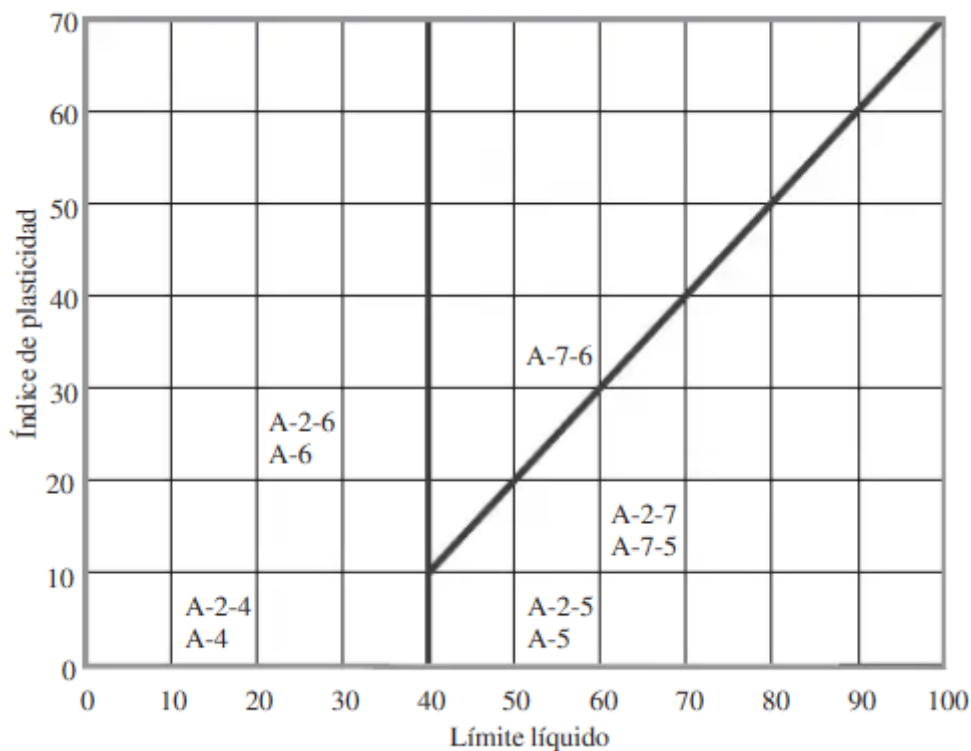


Figura 2: Gráfico del rango del límite líquido y el índice de plasticidad de los suelos que se dividen en los grupos A-2, A-4, A-5, A-6 y A-7

Fuente: Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica Braja M Das

Sistema unificado de clasificación de suelo

La forma original de este sistema fue propuesto por Casa Grande en 1948 para su uso en los trabajos de construcción del aeródromo realizado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército durante la Segunda Guerra Mundial. En colaboración con el U.S. Bureau of Reclamation, este sistema fue revisado en 1952. En la actualidad, es ampliamente utilizado por los ingenieros (Norma ASTM D-2487). El Sistema Unificado de Clasificación se presenta en la tabla 3 y clasifica los suelos en dos grandes categorías:

1. Suelos de grano grueso que son de grava y arena en estado natural con menos de 50% que pasa a través del tamiz núm. 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo de G o S. G es para el suelo de grava, y S para la arena o suelo arenoso.
2. Suelos de grano fino con 50% o más que pasa por el tamiz núm. 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo de M, que es sinónimo de limo

inorgánico, C para la arcilla inorgánica y O para limos orgánicos y arcillas. El símbolo Pt se utiliza para la turba, lodo y otros suelos altamente orgánicos. Otros símbolos que también se utilizan para la clasificación son:

W: buena granulometría

P: mala granulometría

L: baja plasticidad (límite líquido menor de 50)

H: alta plasticidad (límite líquido mayor de 50).

Tabla 3: Sistema unificado de clasificación de suelo

Sistema unificado de clasificación de suelo (basado en el material que pasa por el tamiz núm. 75)			
Criterio para la asignación de símbolos de grupo			Símbolos de grupo
Suelos de grano grueso Más de 50% retenido en el tamiz núm. 200	Gravas Más de 50% de fracción gruesa retenida en el tamiz núm. 4	Gravas limpias	GW
		Menos de 5% finos	GP
		Gravas con finos	GM
		Más de 12% finos	GC
	Arenas 50% o más de la fracción gruesa pasa tamiz núm. 4	Arenas limpias	SW
		Menos de 5% finos	SP
		Arenas con finos	SM
		Más de 12% finos	SC
Suelos de grano fino	Limos y arcillas Límite líquido menor que 50	Inorgánico	CL
50% o más pasa a través del tamiz núm. 200		Orgánico	ML
	OL		
	Limos y arcillas Límite líquido 50 o más	Inorgánico	CH
			MH
		Orgánico	OH

Fuente: Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica Braja M. Das.

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

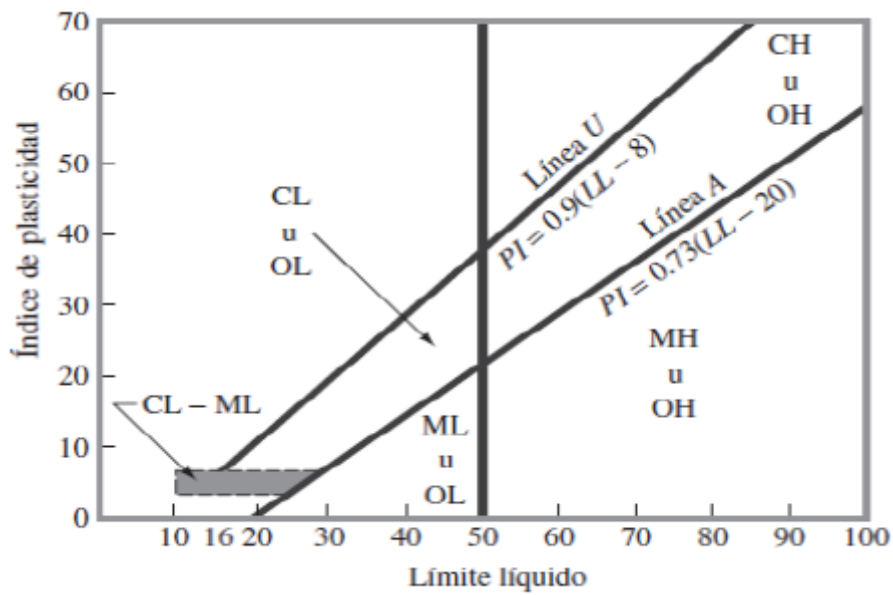


Figura 3: Carta de plasticidad SUCS

Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica Braja M Das

Para la clasificación adecuada de acuerdo con este sistema, una parte o toda la siguiente información debe conocerse:

1. Porcentaje de grava, esto es, la fracción que pasa el tamiz de 76.2 mm y retenida en el tamiz núm. 4 (4.75 mm de apertura).
2. El porcentaje de arena, es decir, la fracción que pasa el tamiz núm. 4 (4.75 mm de apertura) y es retenida en el tamiz núm. 200 (0.075 mm de apertura).
3. El porcentaje de limo y arcilla, esto es, la fracción más fina que pasa el tamiz núm. 200 (0.075 mm de apertura).
4. El coeficiente de uniformidad (C_u) y el coeficiente de gradación (C_c).
5. El límite líquido y el índice de plasticidad de la porción de suelo que pasa el tamiz núm. 40.

Los símbolos de los grupos de los suelos de grava de grano grueso son GW, GP, GM, GC, GC-GM, GW-GM, GW-GC, GP-GM y GP-GC. Del mismo modo, los símbolos de los grupos de suelos de grano fino son CL, ML, OL, CH, MH, OH, CL-ML y Pt [8].

Tabla 4: Nombres típicos de los materiales

GRUPO	NOMBRES TÍPICOS DEL MATERIAL
GW	Grava bien gradada, mezclas gravosas, poco o ningún fino
GP	Grava mal gradada, mezclas grava-arena, poco o ningún fino
GM	Grava limosa, mezclas grava, arena, limo.
GC	Grava arcillosa, mezclas gravo-arena arcillosas
SW	Arena bien gradada
SP	Arena mal graduada, arenas gravosas, poco o ningún fino
SM	Arenas limosas, mezcla arena-limo
SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla
ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, limo arcilloso, poco plástico,
CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras (pulpa)
OL	Limos orgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad
MH	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o diatomáceos (ambiente marino, naturaleza orgánica silíceo), suelos elásticos.
CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas gruesas
OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos
Pt	Turba (carbón en formación) y otros suelos altamente orgánicos

Fuente: Mecánica de Suelos de G. Duque

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

1.3.4 Propiedades índice

Relaciones de peso

1.3.5 El contenido de humedad: (w) también se conoce como contenido de agua y se define como la razón del peso de agua al peso de los sólidos en un volumen dado de suelo, o

$$w = \frac{w_w}{w_s}$$

Donde:

- w = Contenido de humedad

- W_w = Peso del agua presente en la masa del suelo (g)
- W_s = Peso de los sólidos en el suelo (g)

El peso unitario (γ) es el peso del suelo por unidad de volumen:

$$\gamma = \frac{W}{V}$$

Relaciones entre peso unitario, relación de vacíos, contenido de humedad y gravedad específica.

Para obtener una relación entre peso unitario (o densidad), relación de vacíos y contenido de humedad, considere un volumen de suelo en el que el volumen de los sólidos del suelo es 1. Si el volumen de los sólidos del suelo es 1, entonces el volumen de vacíos es numéricamente igual a la relación de vacíos. Los pesos de sólidos del suelo y el agua pueden darse como:

$$W_s = G_s \gamma_w$$

$$W_w = w W_s = w G_s \gamma_w$$

Donde:

G_s : Gravedad específica de sólidos del suelo

w : contenido de humedad

γ_w : Unidad de peso de agua

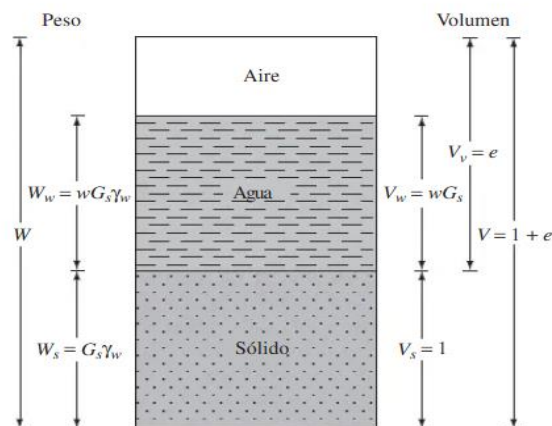


Figura 4: Tres fases separadas de una muestra de suelo con volumen de sólidos de suelo igual a 1

Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica Braja M Das.

En general los suelos presentan gravedades específicas G_s con valor comprendido entre 2,5 y 3,1 (adimensional). Como el más frecuente es 2,65 (adimensional) se asume como máximo valor de G_s teórico. Se ve además algunos valores del peso unitario seco de los suelos, los que resultan de interés dado que no están afectados por peso del agua contenida, sino por el relativo estado de compacidad, el que se puede valorar con la porosidad.

Tabla 5: Valores de η y γ para suelos granulares

<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>η (%)</i>	<i>γ(gr/cm3)</i>
Arena limpia y uniforme	29-50	1.33-1.89
Arena limosa	23-47	1.39-2.03
Arena micácea	29-55	1.22-1.92
Limo inorgánico	29-52	1.28-1.89
Arena limosa y grava	12-46	1.42-2.34
Arena fina a gruesa	17-49	1.36-2.21

Fuente: MS Lambe

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

1.3.6 Relaciones de volumen: η , e , DR, S

Porosidad η . Se define como la probabilidad de encontrar vacíos en el volumen total. Por eso $0 < \eta < 100\%$ (se expresa en %). En un sólido perfecto $\eta = 0$; en el suelo $\eta \neq 0$ y $\eta \neq 100\%$.

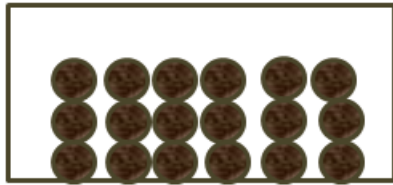
$$\eta = \frac{V_V}{V_T} \times 100 \%$$

Relación de vacíos e . Es la relación entre el volumen de vacíos y el de los sólidos. Su valor puede ser $e > 1$ y alcanzar valores muy altos. En teoría $0 < e \rightarrow 5$.

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

El término compacidad se refiere al grado de acomodo alcanzado por las partículas del suelo, dejando más o menos vacíos entre ellas. En suelos compactos, las

partículas sólidas que lo constituyen tienen un alto grado de acomodamiento y la capacidad de deformación bajo cargas será pequeña. En suelos poco compactos el volumen de vacíos y la capacidad de deformación serán mayores.



Estado más suelto.

$\eta = 47,6\%$; $e = 0,91$



Estado más compacto.

$\eta = 26\%$; $e = 0,35$

Figura 5: Compacidad de un conjunto de esferas iguales.

Fuente: Mecánica de suelos de G. Duque

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Con la práctica, para suelos granulares, los valores típicos son:

Arena bien gradada $e = 0,43 - 0,67$ $\eta = 30 - 40\%$

Arena uniforme $e = 0,51 - 0,85$ $\eta = 34 - 46\%$

Densidad relativa D_R . (O Compacidad relativa)

Este parámetro informa si un suelo está cerca o lejos de los valores máximo y mínimo de densidad, que se pueden alcanzar. Además $0 \leq D_R \leq 1$, siendo más resistente el suelo cuando el suelo está compacto y $D_R = 1$ y menor cuando está suelto y $D_R = 0$.

Algunos textos expresan D_R en función del PU seco γ_d . Aquí, $e_{máx}$. Es para suelo suelto, $e_{mín}$ para suelo compactado y e para suelo natural.

Los suelos cohesivos, generalmente tienen mayor proporción de vacíos que los granulares; los valores típicos de η y e son: $e = 0,55 - 5,00$ $\eta = 35 - 83\%$.

$$D_R = \frac{e_{máx} - e}{e_{máx} - e_{mín}} \quad [7].$$

Grado de Saturación se define como la razón del volumen de agua al volumen de vacíos, o

$$Gw\% = \frac{V_w}{V_v} \times 100$$

En las arenas y otros suelos situados por arriba de la napa freática, parte de los vacíos pueden estar ocupados por el aire, por lo que se define el grado de saturación, el cual se expresa en porcentaje.

Tabla 6: Saturación de la arena en %

Condición de la Arena	Gw%
Seca	0
Ligeramente Húmeda	1 – 25
Húmeda	26 – 50
Muy Húmeda	51 – 75
Mojada	76 – 99
Saturada	100

Fuente: Propiedades índice del suelo Jorge Zegarra

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

- El grado de saturación de las arenas es comúnmente descrito por medio de los términos seca, húmeda o mojada.
- En suelos finos es difícil de percibir a simple vista el valor de **Gw%**.
- Ciertas arcillas en un estado de desecación representado por $Gw\% = 90\%$ pueden ser tan duras que a primera vista serían clasificadas como secas.
- Las arenas gruesas situadas por arriba de la napa freática, por lo general, están ligeramente húmedas.
- Algunos suelos pueden estar saturados sobre la napa freática como consecuencia de la capilaridad. Esto es muy común en suelos finos [9].

1.3.7 Granulometría

Análisis granulométrico.

Proceso para determinar la proporción en que participan los granos del suelo, en función de sus tamaños. Esa proporción se llama gradación del suelo

Métodos de análisis granulométrico.

Comprende dos clases de ensayos: El de tamizado para las partículas gruesas granulares (gravas, arenas) y el de sedimentación para la fracción fina del suelo (limos, arcillas), pues no son discriminables por tamizado.

Método del tamizado.

Una vez se pasa el suelo por la estufa y se pulverice, se hace pasar por una serie organizada de tamices, de agujeros con tamaños decrecientes y conocidos, desde arriba hacia abajo. El primer tamiz, es el de mayor tamaño y es donde inicia el tamizado. Se tapa con el fin de evitar pérdidas de finos; el último tamiz está abajo y descansa sobre un recipiente de forma igual a uno de los tamices, y recibe el material más fino no retenido por ningún tamiz.

Curva granulométrica.

Los resultados de los ensayos de tamizado y sedimentación se llevan a un gráfico llamado curva granulométrica. La fracción gruesa tendrá denominaciones, según el sistema:

La fracción gruesa tendrá denominaciones, según el sistema:

Tabla 7: Denominaciones de la fracción gruesa

	BRITÁNICO	AASHTO	ASTM	SUCS
	ϕ(mm)	ϕ(mm)	ϕ(mm)	ϕ(mm)
Grava	60 – 2	75 – 2	> 2	75 – 4,75
Arena	2 – 0,06	2 – 0,05	2 – 0,075	4,75 – 0,075
Limo	0,06 – 0,002	0,05 – 0,002	0,075 – 0,005	< 0,075 FINOS
Arcilla	< 0,002	< 0,002	< 0,005	

Fuente: Mecánica de suelos de G. Duque

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

La curva se dibuja en papel semilogarítmico de cuatro ciclos en la escala vertical (ordenadas) se coloca los porcentajes de partículas que pasa y en la escala logarítmica (abscisas) los tamaños que pueden estar en milímetros, pulgadas o número de tamices.

Esta clasificación es necesaria en geotecnia, pero no suficiente. Se complementa siempre la granulometría con el ensayo de Límites de Atterberg, que caracterizan la plasticidad y consistencia de los finos en función del contenido de humedad.

Curva Granulométrica

A: Suelo bien gradado y de grano grueso.

B: mal gradado, poco uniforme (curva parada sin extensión)

C: Suelo arcilloso o limoso (fino)

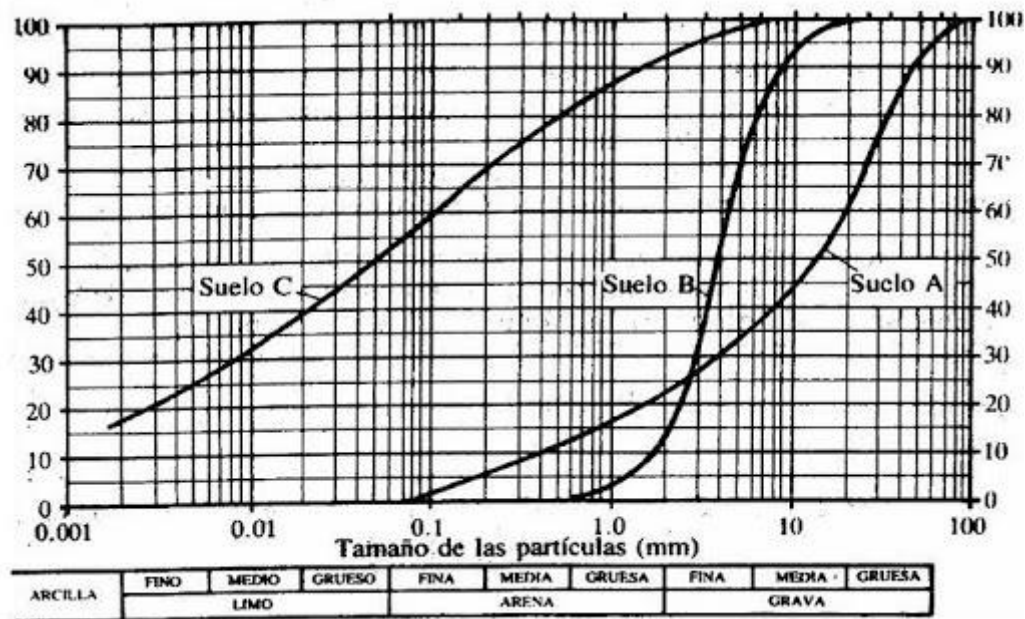


Figura 6: Curva Granulométrica

Fuente: Libro de Mecánica de Suelos de G. Duque

Descripción de la gradación.

La forma de la curva de distribución de tamaños de partículas, indica si los tamaños varían en un rango amplio (curva C) o estrecho (curva B); si el rango tiende a los tamaños mayores del suelo grueso (A) o a los menores del suelo fino (C). Si todos

los tamaños tienen proporciones en peso relativamente iguales, el rango es amplio y la curva suave, el suelo así será bien gradado (A y C). La mala gradación puede ser por falta de extensión (B) o por discontinuidad.

En suelos granulares la gradación, expresada numéricamente, la da el coeficiente de uniformidad C_u con el coeficiente de curvatura C_c .

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \qquad C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} * D_{60}}$$

$$\text{Bien graduado: } C_u > 4 \text{ a } 6, \quad 1 < C_c < 3$$

Cuanto más alto sea C_u , mayor será el rango de tamaños del suelo [7].

Consistencia del suelo

Cuando los minerales de arcilla están presentes en el suelo de grano fino, el suelo se puede remover en presencia de algo de humedad sin que se desmorone. Esta naturaleza cohesiva se debe al agua adsorbida que rodea a las partículas de arcilla. Por lo tanto, sobre una base arbitraria, dependiendo del contenido de humedad, la naturaleza del comportamiento del suelo puede ser dividido en cuatro estados básicos: sólido, semisólido, plástico y líquido.

El contenido de humedad, expresado en porcentaje, en el que se lleva a cabo la transición del estado sólido al estado semisólido se define como el límite de contracción. El contenido de humedad en el punto de transición del estado semisólido al estado plástico es el límite plástico, y del estado plástico al estado líquido es el límite líquido. Estos límites son también conocidos como límites de Atterberg [8].

1.3.8 Límites de Atterberg

Límite Líquido (LL): Es el contenido de humedad W_L requerido para que la muestra, en el aparato de Casagrande cierre una ranura de 1/2'' de amplitud, a los 25 golpes generados a la cápsula de bronce, con un ritmo de dos golpes por minuto. Los valores corrientes son: para arcillas 40 a 60%, para limos 25 a 50%; en arenas no se obtienen resultados.

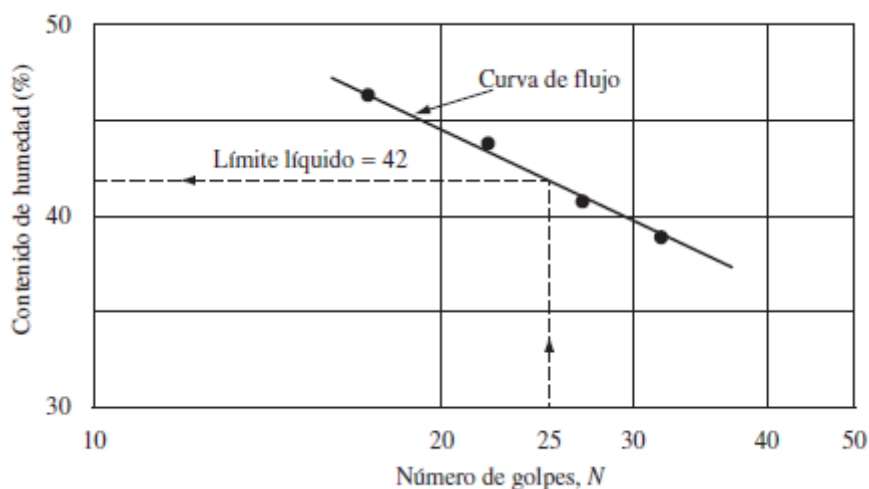


Figura 7: Curva de flujo para la determinación del límite líquido de una arcilla limosa

Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica Braja M Das

El contenido de humedad del suelo en porcentaje y el correspondiente número de golpes se representan gráficamente en papel cuadrículado semilogarítmico.

Límite Plástico: Es el menor contenido de humedad w_p para el cual el suelo se deja moldear. Esto se dice cuándo se toman bolas de suelo húmedo, se pueden formar rollitos de 1/8'' o 3.2 mm de diámetro sobre una superficie plana, lisa y no absorbente. Los valores típicos entre arenas y arcillas se encuentran entre 5 y 30%. En arenas la prueba no es posible [7].

El *índice de plasticidad (IP)* es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico de un suelo, o $IP = LL - LP$

Límite de contracción o retracción $L_c\%$: La masa de suelo se contrae a medida que éste pierde humedad gradualmente. Con la pérdida continua de humedad se alcanza un estado de equilibrio hasta el punto en el que más pérdida de humedad no dará lugar a ningún cambio de volumen adicional. El contenido de humedad, en porcentaje, en el que el cambio de volumen de la masa de suelo, cesa se define como, *límite de contracción*.

Pruebas de límite de contracción se llevan a cabo en el laboratorio con un plato de porcelana de unos 44 mm de diámetro y aproximadamente 13 mm de altura. El interior de la cápsula se recubre con gelatina de petróleo y luego se llena completamente con el suelo mojado.

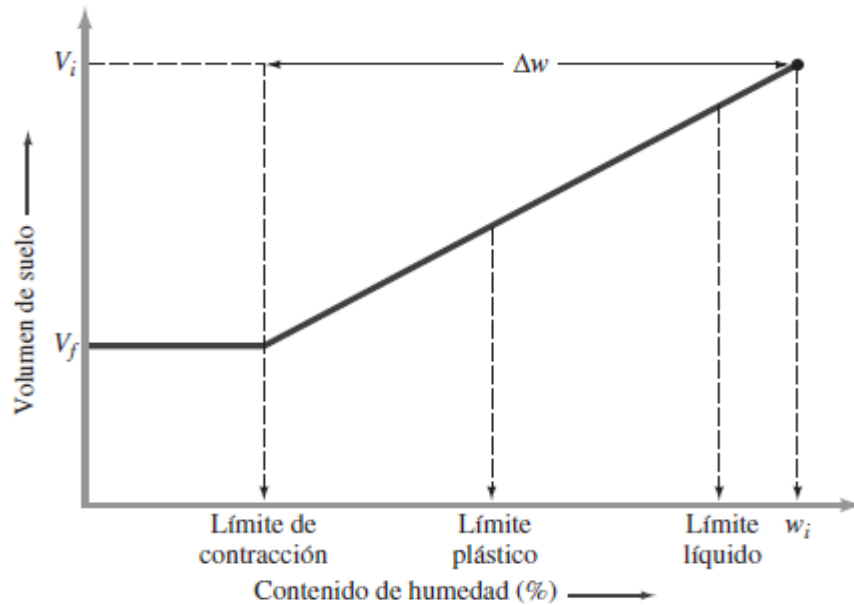


Figura 8: Definición de los límites de contracción

Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica Braja M Das

Se puede determinar el límite de contracción de la siguiente manera:

$$LR = w_i(\%) - \Delta_w(\%)$$

Donde

w_i : contenido de humedad inicial cuando se coloca el suelo en el plato del límite de contracción.

Δ_w : Cambio en el contenido de humedad (es decir, entre el contenido de humedad inicial y el contenido de humedad en el límite de contracción).

Sin embargo,

$$w_i(\%) = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100$$

Donde:

m_1 : Masa de la porción de suelo mojado en el plato al inicio de la prueba (g)

m_2 : Masa de la porción de suelo seco (g)

Además,

$$\Delta_w(\%) = \frac{(V_i - V_f)\gamma_w}{m_2} \times 100$$

Donde

V_i : Volumen inicial de la porción de suelo húmedo (es decir, el volumen en el interior del plato, cm³)

V_f : Volumen de la porción de suelo secada en el horno (cm³)

γ_w : Densidad del agua (g/cm³)

Ahora, combinando las ecuaciones, se tiene:

$$LR = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100 - \left(\frac{(V_i - V_f)\gamma_w}{m_2} \right) \times 100$$

Índice de liquidez o consistencia

La consistencia relativa de un suelo cohesivo en estado natural puede ser definida por una relación llamada índice de liquidez (IL):

$$IL = \frac{w - PL}{LL - PL}$$

Donde

w es el contenido de humedad in situ de suelo.

El contenido de humedad in situ de una arcilla sensible puede ser mayor que el límite líquido. En ese caso,

$$IL > 1$$

Estos suelos, cuando se remodelan se pueden convertir en una forma viscosa que fluye como un líquido.

Los depósitos de suelo que están muy sobre consolidados pueden tener un contenido natural de humedad inferior al límite plástico. En ese caso,

$$IL < 1$$

Los valores del índice de liquidez para algunos de estos suelos pueden ser negativos[8].

1.3.9 California Bearing Ratio (CBR)

La prueba de relación de rodamientos de California (CBR) es un tipo de prueba desarrollada por la División de Carreteras de California en 1929. El procedimiento se utiliza para evaluar la idoneidad del subgrado y los materiales utilizados en las clases de sub-base y de base. Los resultados de las pruebas se han correlacionado con el espesor de los distintos materiales necesarios para pavimentos flexibles.

El ensayo puede realizarse en una muestra preparada en un molde o en el suelo en condiciones in situ. El aparato CBR de laboratorio consta de un molde de 150 mm de diámetro y 175 mm de alto, con una placa base separada y un collar.

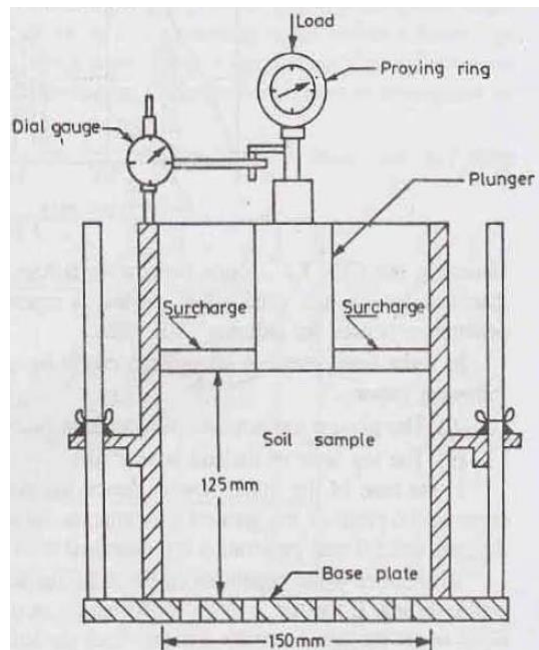


Figura 9: Máquina del ensayo C.B.R

Fuente: Soil Mechanics and foundation engineering Dr. K. R. Arora

La carga se aplica mediante un bastidor de carga a través de un cilindro de 50 mm de diámetro. Los indicadores de marcado se utilizan para medir la expansión de la muestra en remojo y para la medición de la penetración. Cabe señalar que con el disco desplazador dentro del molde, la altura efectiva del molde es de sólo 125mm.

La prueba consiste en hacer que el émbolo penetre en la muestra a una velocidad de 1,25 mm por minuto. Las cargas necesarias para una penetración de 2,5 mm y 5,0

mm se registran mediante un anillo de prueba unido al cilindro. La carga se expresa como un porcentaje de la carga estándar en el nivel de deformación respectivo, y se conoce como el valor CBR. Los valores de carga estándar son para piedra triturada y se indican en la tabla 8. El valor CBR se determina correspondiente a la penetración de 0.1plg (2,5 mm) y 0.2plg, (5,0 mm), y el mayor valor se utiliza para el diseño del pavimento flexible.

$$\%CBR = \frac{CARGA\ DEL\ ENSAYO}{CARGA\ ESTÁNDAR} \times 100 \quad [10]$$

Tabla 8: Valores de carga estándar

VALORES DE CARGA ESTÁNDAR	
PENETRACIÓN (plg)	CARGA ESTÁNDAR (lb/plg ²)
0.1	1 000
0.2	1 500
0.3	1 900
0.4	2 300
0.5	2 600

Fuente: Soil Mechanics and foundation engineering Dr. K. R. Arora

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

1.3.10 Cono de Penetración Dinámico (DCP)

Es un ensayo creado por A.J. Scala en 1956, mediante el cual se obtiene la resistencia in situ de suelos sin alterar y/o materiales que estén compactados. A través del ensayo se puede determinar el espesor de las capas, así como también su resistencia al corte y demás propiedades que conforman las capas[5].

Este instrumento es utilizado esencialmente para evaluar la resistencia de suelos tanto no disturbados como compactados y estimar un valor de CBR en campo. A diferencia de este último, el DCP presenta ventajas como su simplicidad y economía de uso. Implícitamente, el DCP estima la capacidad estructural de las diferentes capas que conforman a un pavimento, detecta simultáneamente el grado de heterogeneidad que puede encontrarse en una sección y la uniformidad de compactación del material, de una manera rápida, continua y bastante precisa[11].

Ámbito de aplicación

Este método de ensayo trata sobre la medición de la razón de penetración del Penetrómetro Dinámico de Cono con el mazo de 8 kg a través de suelos inalterados y/o compactados. La razón de penetración puede relacionarse con la capacidad de soporte in situ, tal y como se estima con el ensayo de CBR in situ (Razón de Soporte de California). También se puede estimar la densidad del suelo si se conoce el tipo de suelo y el contenido de humedad. El DCP que se describe en esta norma es el que se utiliza normalmente en estructuras de pavimentos[12].

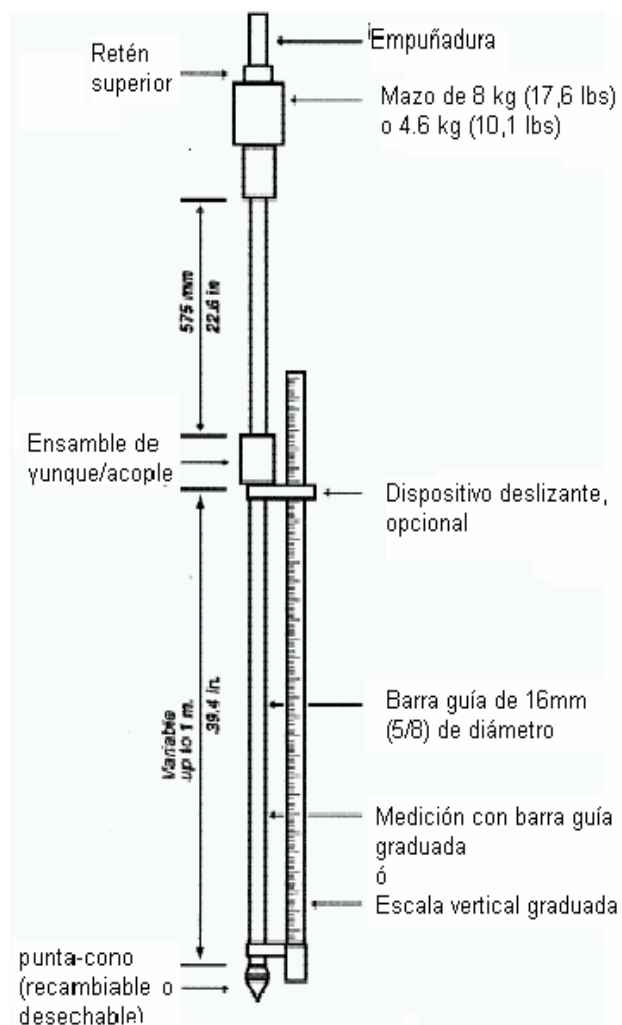


Figura 10: Esquema del DCP

Fuente: ASTM D 6951-03

Curva DCP

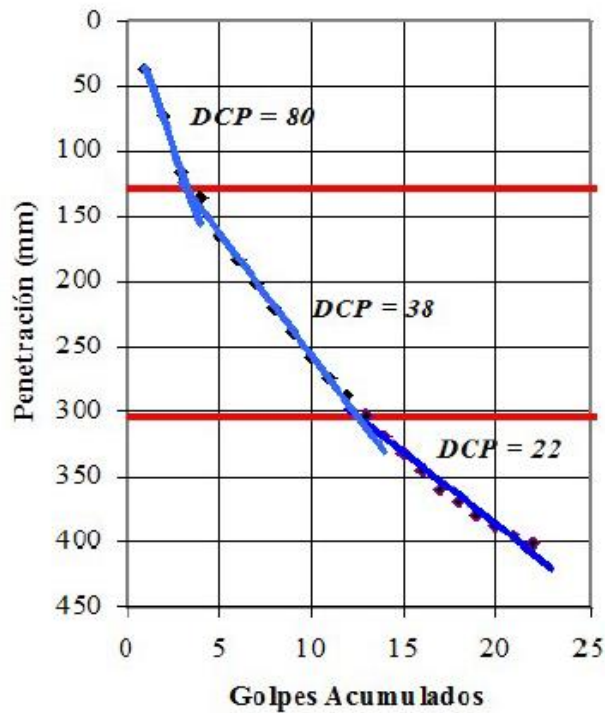


Figura 11: Curva DCP para una serie de valores, se observan tres capas diferentes.

Fuente: El Cono Dinámico de Penetración y su aplicación en la evaluación de suelos

Gráfica que representa la penetración acumulada en función del número de golpes acumulados para los respectivos datos. En este tipo de curvas, se puede visibilizar el número de capas existentes representadas por rectas de diferentes pendientes, también se puede determinar el espesor de dichas capas[11].

1.3.11 El método de mínimos cuadrados

Para evitar el empleo del criterio personal para la construcción de rectas, parábolas u otras curvas de aproximación que se ajusten a un conjunto de datos, es necesario ponerse de acuerdo en una definición de la “recta de mejor ajuste”, la “parábola de mejor ajuste”, etc.

Con el objeto de dar una definición, considérese la figura, en la que los datos son los puntos $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), \dots, (X_N, Y_N)$. Dado un valor de X , por ejemplo X_1 , entre el valor Y_1 y el valor correspondiente determinado de acuerdo con la curva habrá una

diferencia. Como se muestra en la figura, esta diferencia se denota D_1 y se llama la *desviación*, el *error* o el *residual* y puede ser positivo, negativo o cero. De manera semejante se obtienen las desviaciones X_2, \dots, X_N correspondientes a cada valor D_2, \dots, D_N .

Una medida de la “bondad de ajuste” de la curva C a los datos dados es la cantidad $D_1^2 + D_2^2 + \dots + D_N^2$. Si esta cantidad es pequeña, el ajuste es bueno; si es grande, el ajuste es malo. De esta manera se llega a la definición siguiente:

Definición: *De todas las curvas que se aproximan a un conjunto dado de puntos, a la curva que tiene la propiedad de que $D_1^2 + D_2^2 + \dots + D_N^2$ sea la mínima se le llama curva de mejor ajuste.*

Una curva que tiene esta propiedad se dice que se ajusta a los datos en el sentido de mínimos cuadrados y se le llama curva de mínimos cuadrados. De manera que una recta que tiene esta propiedad se dice que es una recta de mínimos cuadrados, una parábola que tiene esta propiedad es una parábola de mínimos cuadrados, etc.

La definición anterior suele emplearse cuando X es la variable independiente e Y es la variable dependiente. Si X es la variable dependiente, la definición se modifica considerando desviaciones horizontales en lugar de desviaciones verticales, lo que equivale a intercambiar los ejes X e Y . Por lo general, estas dos definiciones llevan a curvas distintas de mínimos cuadrados. En este libro, a menos que se especifique otra cosa, se considerará que X es la variable independiente y que Y es la variable dependiente.

También pueden definirse otras curvas de mínimos cuadrados considerando las distancias perpendiculares del punto a la curva en lugar de las distancias verticales u horizontales. Sin embargo, esto no suele usarse.

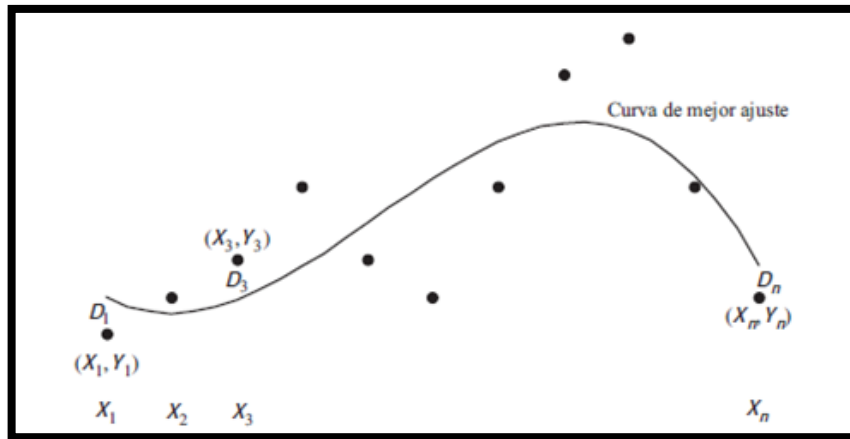


Figura 12: D_1 Es la distancia del punto (X_1, Y_1) a la curva de mejor ajuste, ..., D_n es la distancia del punto (X_n, Y_n) a la curva de mejor ajuste.

Fuente: Estadística de Schaum

1.3.11.1 La recta de mínimos cuadrados

La recta de mínimos cuadrados que aproxima el conjunto de puntos (X_1, Y_1) , (X_2, Y_2) , ..., (X_N, Y_N) tiene la ecuación

$$Y = a_0 + a_1X$$

Donde las constantes a_0 y a_1 se determinan resolviendo las ecuaciones simultáneas

$$\begin{aligned} \sum Y &= a_0N + a_1 \sum X \\ \sum XY &= a_0 \sum X + a_1 \sum X^2 \end{aligned}$$

A las que se les denomina *ecuaciones normales de la recta de mínimos cuadrados*.

Las constantes a_0 y a_1 de las ecuaciones pueden hallarse empleando las fórmulas.

$$a_0 = \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{N \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad a_1 = \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{N \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

Para recordar las ecuaciones normales hay que observar que la primera ecuación se obtiene formalmente sumando a ambos lados de la ecuación es decir, $\sum Y = \sum(a_0 + a_1X) = a_0N + a_1 \sum X$ y la segunda ecuación se obtiene multiplicando,

primero, ambos lados de la ecuación por X y después sumando, es decir, $\sum XY = \sum X(a_0 + a_1X) = a_0 \sum X + a_1 \sum X^2$. Obsérvese que no se trata de una deducción de las ecuaciones normales, sino simplemente de una manera que facilita recordarlas. Obsérvese también que en las ecuaciones se ha empleado la notación abreviada $\sum X, \sum XY$, etc. En lugar de $\sum_{j=1}^N X_j, \sum_{j=1}^N X_j Y_j$, etcétera.

El trabajo que implica hallar la recta de mínimos cuadrados puede reducirse transformando los datos de manera que $x = X - \bar{X}$ y $y = Y - \bar{Y}$. Entonces, la ecuación de la recta de mínimos cuadrados puede escribirse de la manera siguiente:

$$y = \left(\frac{\sum xy}{\sum x^2} \right) x \text{ O bien } y = \left(\frac{\sum xY}{\sum x^2} \right) x$$

En particular, si X es tal que $\sum X = 0$ (es decir, $\bar{X} = 0$), la ecuación se convierte en:

$$Y = \bar{Y} \left(\frac{\sum XY}{\sum X^2} \right) X$$

La ecuación implica que $y = 0$ para $x = 0$; por lo tanto, la recta de mínimos cuadrados pasa por el punto (\bar{X}, \bar{Y}) , al que se le llama el *centroide* o *centro de gravedad* de los datos.

Si se considera que la variable X es la variable dependiente en lugar de la variable independiente, la ecuación se escribe $X = b_0 + b_1 Y$. Las fórmulas anteriores también son válidas cuando se intercambian X y Y , y a_0 y a_1 se sustituyen por b_0 y b_1 , respectivamente.

1.3.12 Teoría de la correlación

1.3.12.1 Correlación lineal

Si X e Y son las dos variables en consideración, un *diagrama de dispersión* sirve para mostrar la localización de los puntos (X, Y) en un sistema de coordenadas rectangulares. Si en este diagrama de dispersión todos los puntos parecen encontrarse cerca de una línea recta, a la correlación se le llama *lineal*. En estos casos, una ecuación lineal es lo apropiado con el propósito de regresión (o estimación). Ejemplos de correlación positiva, correlación negativa y ninguna correlación.

a) El salario inicial y los años de estudio se correlacionan en forma positiva;

- b) el promedio de las calificaciones escolares y las horas que se pasa viendo la televisión se correlacionan negativamente;
- c) entre la cantidad de horas que se habla por teléfono y el número de letras que tiene el nombre de una persona no hay correlación.

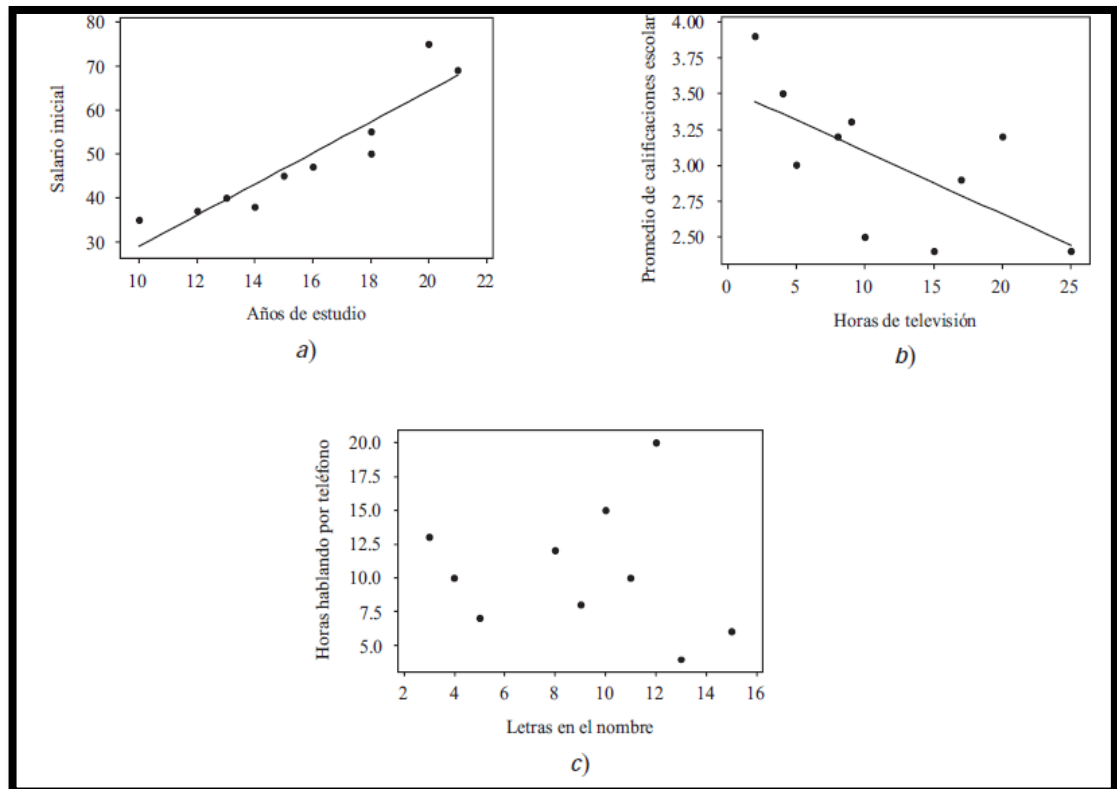


Figura 13: Ejemplos de correlación positiva, correlación negativa y ninguna correlación

Fuente: Estadística de Schaum

1.3.12.2 Correlación múltiple

Al grado de relación que existe entre tres o más variables se le conoce como correlación múltiple. Los principios fundamentales relacionados con los problemas de correlación múltiple son análogos a los de los problemas de correlación simple.

Ecuaciones normales para los planos de regresión de mínimos cuadrados

Así como existen rectas de regresión de mínimos cuadrados que aproximan un conjunto de puntos (X, Y) en un diagrama de dispersión bidimensional, también

existen planos de regresión de mínimos cuadrados que se ajustan a un conjunto de N puntos (X_1, X_2, X_3) en un diagrama de dispersión tridimensional.

El plano de regresión de mínimos cuadrados de X_1 sobre X_2 y X_3 tiene la ecuación, donde $b_{1.23}, b_{12.3}, b_{13.2}$ se determinan resolviendo simultáneamente las ecuaciones normales:

$$\begin{aligned}\sum X_1 &= b_{1.23}N + b_{12.3} \sum X_2 + b_{13.2} \sum X_3 \\ \sum X_1 X_2 &= b_{1.23} \sum X_2 + b_{12.3} \sum X_2^2 + b_{13.2} \sum X_2 X_3 \\ \sum X_1 X_3 &= b_{1.23} \sum X_3 + b_{12.3} \sum X_2 X_3 + b_{13.2} \sum X_3^2\end{aligned}\quad \text{Ec. (2)}$$

Estas ecuaciones pueden obtenerse formalmente multiplicando, en cada caso, ambos lados de la ecuación (1) por 1, por X_2 y por X_3 , y sumando después ambos lados.

A menos que se especifique otra cosa, siempre que se haga referencia a una ecuación de regresión se entenderá que se está haciendo referencia a la ecuación de regresión de mínimos cuadrados.

Si $x_1 = X_1 - \bar{X}_1$, $x_2 = X_2 - \bar{X}_2$ y $x_3 = X_3 - \bar{X}_3$, la ecuación de regresión de X_1 sobre X_2 y X_3 puede expresarse de manera más sencilla como

$$x_1 = b_{12.3}x_2 + b_{13.2}x_3 \quad \text{Ec. (3)}$$

Donde $b_{12.3}$ y $b_{13.2}$ se obtienen resolviendo simultáneamente las ecuaciones

$$\begin{aligned}\sum X_1 X_2 &= b_{12.3} \sum X_2^2 + b_{13.2} \sum X_2 X_3 \\ \sum X_1 X_3 &= b_{12.3} \sum X_2 X_3 + b_{13.2} \sum X_3^2\end{aligned}\quad \text{Ec. (4)}$$

Estas ecuaciones, que son equivalentes a las ecuaciones normales (2), se obtienen formalmente multiplicando, de manera sucesiva, ambos lados de la ecuación (3) por X_2 y por X_3 , y después sumando ambos lados.

Error estándar de estimación

Se define el error estándar de estimación de X_1 sobre X_2 y X_3 como

$$S_{1.23} = \sqrt{\frac{\sum (-X_{1,est})^2}{N}} \quad \text{Ec. (6)}$$

Donde $X_{1,est}$ indica los valores estimados de X_1 obtenidos con las ecuaciones de regresión el error estándar de estimación también se puede calcular en términos de los coeficientes de correlación r_{12}, r_{13}, r_{23} empleando la fórmula.

$$S_{1.23} = \sqrt{\frac{1-r_{12}^2-r_{13}^2-r_{23}^2+2r_{12}r_{13}r_{23}}{1-r_{23}^2}} \quad \text{Ec. (7)}$$

La interpretación muestral del error estándar de estimación para dos variables, para el caso en el que N es grande, puede extenderse a tres dimensiones reemplazando las rectas paralelas a la recta de regresión por planos paralelos al plano de regresión.

Coefficiente de correlación múltiple

En el caso de dos variables independientes, por ejemplo, el coeficiente de correlación múltiple está dado por:

$$R_{1.23} = \sqrt{1 - \frac{S_{1.23}^2}{S_1^2}} \quad \text{Ec. (8)}$$

Donde S_1 es la desviación estándar de la variable X_1 , y $S_{1.23}$ está dado por la ecuación (6) o por la ecuación (7). La cantidad $R_{1.23}^2$ se conoce como coeficiente de determinación múltiple.

Cuando se emplea una ecuación de regresión lineal, al coeficiente de correlación múltiple se le llama coeficiente de correlación lineal múltiple. A menos que se especifique otra cosa, el término correlación múltiple se empleará para correlación lineal múltiple.

La ecuación (8) también puede expresarse en términos de r_{12} , r_{13} y r_{23} como

$$R_{1.23} = \sqrt{\frac{r_{12}^2 + r_{13}^2 - 2r_{12}r_{13}r_{23}}{1 - r_{23}^2}}$$

El valor de un coeficiente de correlación múltiple, como $R_{1.23}$, está entre 0 y 1, inclusive. Cuanto más cerca está de 1, mejor es la relación lineal entre las variables. Cuanto más cerca esté de 0, peor será la relación lineal entre las variables.

Si un coeficiente de correlación múltiple es 1, a esa correlación se le llama correlación perfecta. Aunque un coeficiente de correlación sea 0, esto indica que no hay relación lineal entre las variables, pero puede que exista una relación no lineal[13].

Tabla 9: Nivel de correlación

Nivel de correlación	Rangos
Correlación perfecta	$r = 1$
Correlación excelente	$0.90 < r < 1$
Correlación aceptable	$0.80 \leq r \leq 0.90$
Correlación regular	$0.60 \leq r \leq 0.80$
Correlación mínima	$0.30 \leq r \leq 0.60$
No hay correlación	$0.0 < r < 0.30$

Fuente: Estadística y muestreo, Ciro Fuentes

1.3.13 Pavimento

Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el período para el cual fue diseñada la estructura del pavimento [14] [15].

1.3.13.1 Características que debe reunir un pavimento

- Ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito.
- Ser resistente ante los agentes de intemperismo.
- Presentar una textura superficial adaptada a las velocidades previstas de circulación de los vehículos, por cuanto ella tiene una decisiva influencia en la seguridad vial. Además, debe ser resistente al desgaste producido por el efecto abrasivo de las llantas de los vehículos.
- Debe presentar una regularidad superficial, tanto transversal como longitudinal, que permitan una adecuada comodidad a los usuarios en función de las longitudes de onda de las deformaciones y de la velocidad de circulación.
- Debe ser durable.
- Presentar condiciones adecuadas respecto al drenaje.

- El ruido de rodadura, en el interior de los vehículos que afectan al usuario, así como en el exterior, que influye en el entorno, debe ser adecuadamente moderado.
- Debe ser económico.
- Debe poseer el color adecuado para evitar reflejos y deslumbramientos, y ofrecer una adecuada seguridad al tránsito.

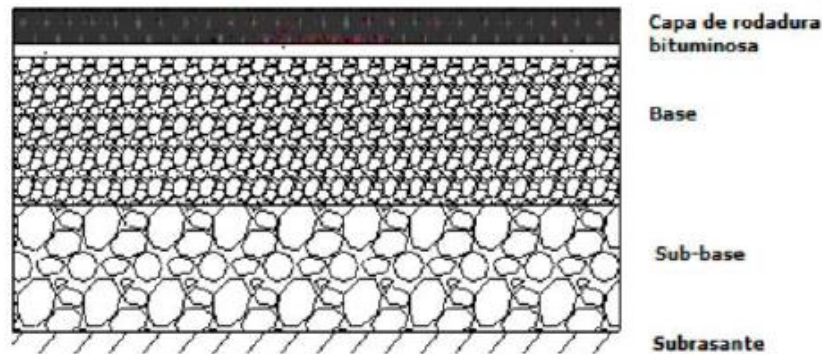


Figura 14: Estructura del pavimento

Fuente: M.T.O.P

1.3.13.2 Terminología, función y características de cada una de las capas que conforman la estructura de un pavimento.

Suelo de fundación.- Es aquel que sirve de base para la estructura del pavimento, después de haber terminado el movimiento de tierras y que una vez compactado tiene las secciones transversales y las pendientes específicas.

Capa de sub-base.- Capa de material seleccionado que se coloca sobre la subrasante con el propósito de cumplir con los siguientes objetivos:

- Sirve de capa de drenaje de la estructura de pavimento
- Controla y elimina los cambios de volumen, la elasticidad y la plasticidad que pueda tener el terreno de fundación
- Controla la capilaridad del agua proveniente de niveles freáticos cercanos
- Este material necesariamente debe tener mayor capacidad de soporte que el terreno de fundación compactado.

Capa de base.- Su finalidad es absorber los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos, repartiendo uniformemente estos esfuerzos a la capa de sub-base y al terreno de fundación.

El material que se utiliza para la construcción de una base debe cumplir los siguientes requisitos:

- Ser resistente a los cambios de humedad y temperatura.
- No debe presentar cambios de volumen.
- El valor del C.B.R. debe ser mayor igual al 80%.

Capa de rodadura.- La calzada o capa de rodadura que corresponde a la sección transversal del camino destinado a la circulación de los vehículos.

Su función es proteger a la base impermeabilizándola, para evitar las filtraciones de agua de lluvia.

También evita el desgaste de la base debido al tráfico de vehículos.

Su espesor está en función del CBR de diseño de la sub rasante y del tráfico promedio diario anual que tenga la vía[16] [17].

1.3.13.3 Clasificación de los pavimentos

Pavimentos flexibles

Este tipo de pavimentos están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la sub-base. No obstante puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares de cada obra.

Pavimentos semi-rígidos

Aunque este tipo de pavimentos guarda básicamente la misma estructura de un pavimento flexible, una de sus capas se encuentra rigidizada artificialmente con un aditivo que puede ser: asfalto, emulsión, cemento, cal y químicos. El empleo de estos aditivos tiene la finalidad básica de corregir o modificar las propiedades mecánicas de los materiales locales que no son aptos para la construcción de las capas del

pavimento, teniendo en cuenta que los adecuados se encuentran a distancias tales que encarecerían notablemente los costos de construcción.

Pavimentos rígidos

Son aquellos que fundamentalmente están constituidos por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la subrasante o sobre una capa, de material seleccionado, la cual se denomina sub-base del pavimento rígido. Debido a la alta rigidez del concreto hidráulico así como de su elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de los esfuerzos se produce en una zona muy amplia. Además como el concreto es capaz de resistir, en cierto grado, esfuerzos a la tensión, el comportamiento de un pavimento rígido es suficientemente satisfactorio aún cuando existan zonas débiles en la subrasante. La capacidad estructural de un pavimento rígido depende de la resistencia de las losas y, por lo tanto, el apoyo de las capas subyacentes ejerce poca influencia en el diseño del espesor del pavimento.

Pavimentos articulados

Los pavimentos articulados están compuestos por una capa de rodadura que está elaborada con bloques de concreto prefabricados, llamados adoquines, de espesor uniforme e iguales entre sí. Ésta puede ir sobre una capa delgada de arena la cual, a su vez, se apoya sobre una capa de base granular o directamente sobre la subrasante, dependiendo de la calidad de ésta y de la magnitud y frecuencia de las cargas que circularan por dicho pavimento.

1.3.13.4 Factores a considerar en el diseño de pavimentos

El tránsito

Interesan para el dimensionamiento de los pavimentos las cargas más pesadas por eje (simple, tándem o tridem) esperadas en el carril de diseño (el más solicitado, que determinará la estructura del pavimento de la carretera) durante el período de diseño adoptado.

La subrasante

De la calidad de esta capa depende, en gran parte, el espesor que debe tener un pavimento, sea éste flexible o rígido. Como parámetro de evaluación de esta capa se

emplea la capacidad de soporte o resistencia a la deformación por esfuerzo cortante bajo las cargas del tránsito. Es necesario tener en cuenta la sensibilidad del suelo a la humedad, tanto en lo que se refiere a la resistencia como a las eventuales variaciones de volumen (hinchamiento - retracción).

El clima

Los factores que en nuestro medio más afectan a un pavimento son las lluvias y los cambios de temperatura.

Las lluvias por su acción directa en la elevación del nivel freático influyen en la resistencia, la compresibilidad y los cambios volumétricos de los suelos de subrasante especialmente. Este parámetro también influye en algunas actividades de construcción tales como el movimiento de tierras y la colocación y compactación de capas granulares y asfálticas.

En los pavimentos flexibles y dado que el asfalto tiene una alta susceptibilidad térmica, el aumento o la disminución de temperatura puede ocasionar una modificación sustancial en el módulo de elasticidad de las capas asfálticas, ocasionando en ellas y bajo condiciones especiales, deformaciones o agrietamientos que influirían en el nivel de servicio de la vía.

Los materiales disponibles

Los materiales disponibles son determinantes para la selección de la estructura de pavimento más adecuada técnica y económicamente. Por una parte, se consideran los agregados disponibles en canteras y depósitos aluviales del área. Además de la calidad requerida, en la que se incluye la deseada homogeneidad, hay que atender al volumen disponible aprovechable, a las facilidades de explotación y al precio, condicionado en buena medida por la distancia de acarreo. Por otra parte, se deben considerar los materiales básicos de mayor costo: ligantes y conglomerantes, especialmente [15].

1.3.13.5 Diseño método AASHTO

El método AASHTO-1993 para el diseño de pavimentos flexibles, se basa primordialmente en identificar un “número estructural (SN)” para el pavimento, que pueda soportar el nivel de carga solicitado. Para determinar el número estructural, el método se apoya en una ecuación que relaciona los coeficientes, con sus respectivos números estructurales, los cuales se calculan con ayuda de un software, (AASHTO 93) el cual requiere unos datos de entrada como son el número de ejes equivalentes (w_{18}), el rango de serviciabilidad, la confiabilidad y el módulo resiliente de la capa (M_r) a analizar[18].

Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\log W_{18} = Z_r \times S_0 + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \left(\frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}\right)} + 2.32 \times \log(M_r) - 8.07$$

Donde:

W_{18} = número de cargas de ejes equivalente de 80KN

Z_r = desviación estándar normal

S_0 = desviación estándar global

SN = número estructural

ΔPSI = pérdida de serviciabilidad

M_r = módulo de resiliencia[5].

Tránsito Equivalente (W18): es la transformación de las cargas transmitidas por los diferentes tipos de vehículos pesados a una carga equivalente, se asume como un eje sencillo de 18000 lb (8,2 ton) acumulado durante todo el período de diseño[5][17].

Tabla 10: Factor de distribución por carril

Número de carriles en una dirección	% del W18 en el carril de diseño
1	100
2	80 a 100
3	60 a 80
4	50 a 75

Fuente: Guía para el diseño de pavimento flexible, AASHTO 93

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

SERVICIABILIDAD

Es la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento.

Tabla 11: Índice de serviciabilidad en función de calidad de la vía

Índice de Serviciabilidad (p)	Calificación
0-1	Muy mala
1-2	Mala
2-3	Regular
3-4	Buena
4-5	Muy buena

Fuente: Guía para el diseño de pavimento flexible, AASHTO 93

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Índice de servicio inicial.

Es el valor de servicio de un pavimento recién construido o rehabilitado, los valores usuales son 4.2 para pavimentos flexibles y 4.5 para pavimento rígido.

Índice de servicio terminal.

Es el valor mínimo del índice de servicio que puede ser aceptado para un pavimento dado los valores usuales están entre 1.5 para vías de muy baja importancia y de 2.5 a 3.0 para vías arterias.

Pérdida o disminución del índice de serviciabilidad

Los valores anteriormente descritos permiten determinar la disminución del índice de servicio, que representa una pérdida gradual de la calidad de servicio de la carretera, originada por el deterioro del pavimento. Por tanto:

$$\Delta PSI = p_o - p_t$$

Donde:

PSI = Índice de servicio presente.

ΔPSI = Diferencia entre los índices de servicio inicial.

p_o = Índice de servicio inicial.

p_t = Índice de servicio final [19][17].

Confiabilidad

Hace referencia al grado de certidumbre o seguridad de una determinada alternativa de diseño, determinando así la probabilidad de que el pavimento pueda soportar el número de repeticiones de la carga que sea aplicada durante su vida útil.

A medida que se escoja un R (nivel de confiabilidad) mayor, serán necesarios espesores más grandes.

Tabla 12: Niveles de confiabilidad por tipo de vía

Clasificación funcional	Nivel de confiabilidad, R, recomendado	
	Urbana	Rural
Interestatales y vías rápidas	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-99	75-95
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

Fuente: AASHTO 1993

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 13: Determinación de la desviación estándar normal Z_r a partir de la confiabilidad

Confiabilidad R	Desviación Normal Estándar (Zr)
50	0
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.34
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	-3.09
99.99	-3.75

Fuente: AASHTO 1993

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Desviación estándar del sistema (S_0)

El valor de la desviación estándar (S_0) que se seleccione debe, por otra parte, ser representativo de las condiciones locales. Se recomienda para uso general, pero estos valores pueden ser ajustados en función de la experiencia para uso local[17].

Tabla 14: Valores recomendados para la desviación estándar (S_0)

Condiciones de diseño	Desviación estándar global S_0
Variación de la predicción en el comportamiento del pavimento (sin error de tráfico)	0,25

Variación total en la predicción del comportamiento del pavimento y en la estimación del tráfico	0,35 – 0,50
--	-------------

Fuente: AASHTO 1993

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Módulo de Resiliencia “Mr”

Es un parámetro que permite determinar las propiedades de la subrasante, de esa forma calificar la calidad de ésta. Para ello, el método AASHTO 93 desarrolló una fórmula con referencia del CBR para obtener el módulo Mr.

1. Mr (PSI) = 1500 * CBR, se aplica para CBR < 10% (AASHTO)
2. Mr (PSI) = 3000 * CBR^{0.65}, se aplica para CBR entre 10 – 20 % (desarrollada en Sudáfrica)
3. Mr (PSI) = 4326 * Ln (CBR) + 24, se aplica para suelos granulares[20].

Determinación de espesores por capa

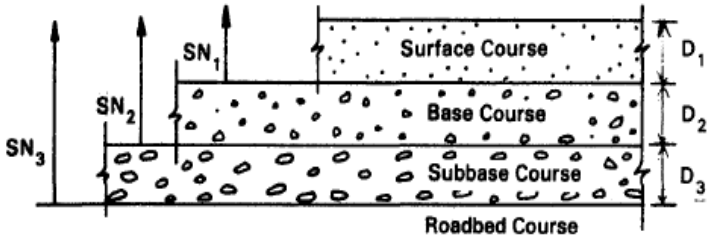


Figura 15: Espesores de cada capa.

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO 1993

Los espesores de capa se determinan en función del número estructural mediante la siguiente fórmula:

$$SN = (a_1 \times D_1) + (a_2 \times D_2 \times m_2) + (a_3 \times D_3 \times m_3)$$

Donde:

a_1, a_2, a_3 = coeficientes estructurales carpeta asfáltica, base y subbase respectivamente

D_1, D_2, D_3 = espesores de carpeta asfáltica, base y subbase respectivamente

m_2, m_3 = Coeficiente de drenaje para base y subbase respectivamente

Espesores mínimos según la AASHTO con referencia a la cantidad de ejes equivalentes:

Tabla 15: Espesores mínimos según los ejes equivalentes

Tránsito W18	Carpeta Asfáltica (D1)	Capa Base (D2)
Menos de 5 000	1 o Tándem superficial	4
50 001 a 150 000	2	4
150 001 a 500 000	2.5	4
500 001 a 2 000 000	3	6
2 000 001 a 7 000 000	3.5	6
Mayor a 7 000 000	4	6

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO 1993

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Coefficientes estructurales a_1 , a_2 y a_3

Son coeficientes que permiten estimar la capacidad de soporte que van a tener las capas del pavimento para resistir las sollicitaciones de la circulación vehicular. Los coeficientes se determinan mediante ensayos de laboratorio como módulo resiliente, CBR. A continuación, se presentan los siguientes ábacos para estimar los coeficientes.

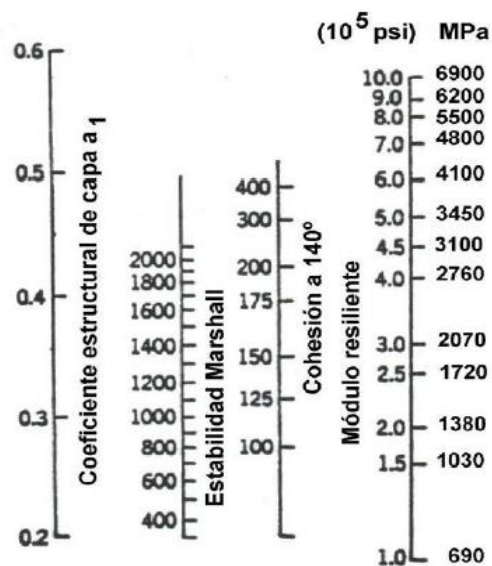


Figura 16: Ábaco para la estimación del coeficiente a_1

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO 1993.

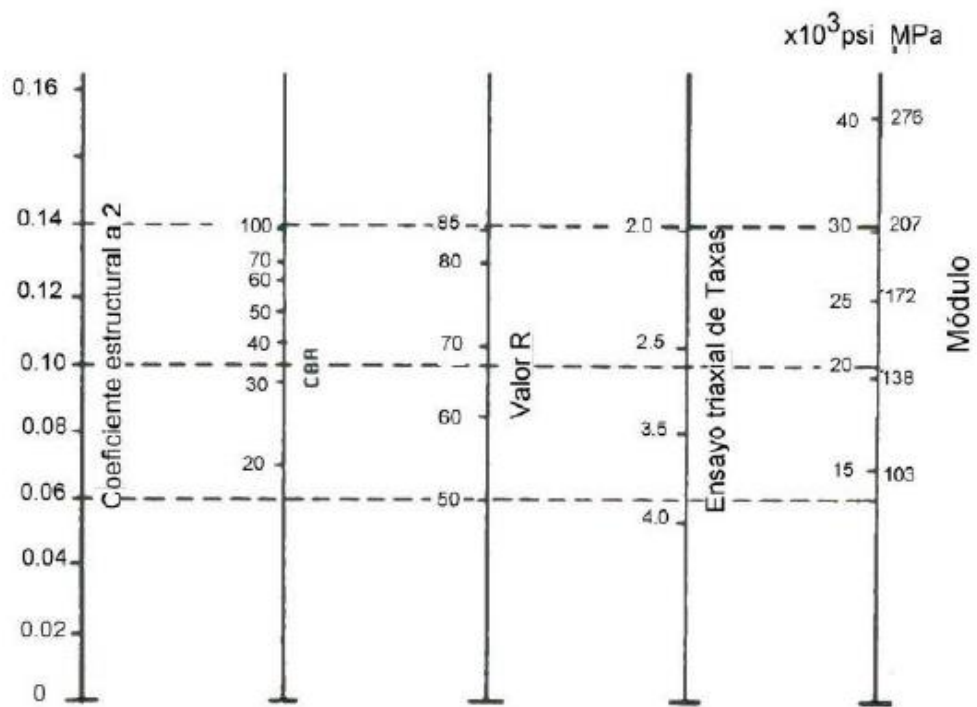


Figura 17: Ábaco para la estimación del coeficiente a_2

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO 1993

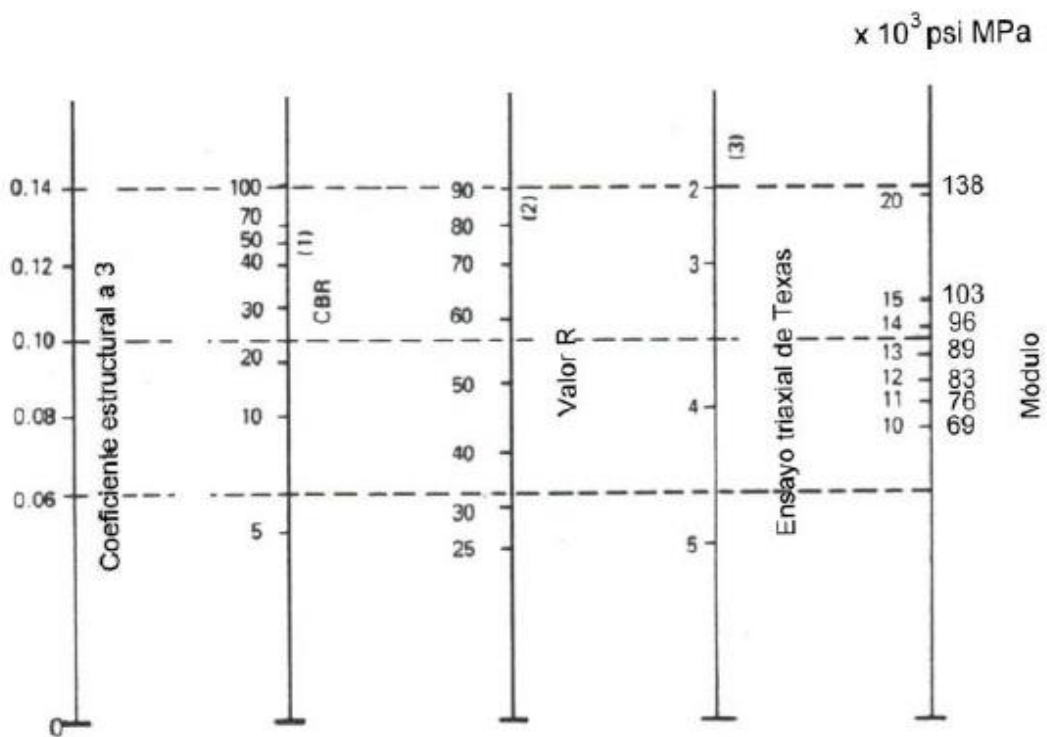


Figura 18: Ábaco para la estimación del coeficiente a_3

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO 1993

Coefficiente de drenaje

Para determinar la capacidad de drenaje, es necesario establecer el tiempo en que el agua demora en ser eliminada de la capa de base y sub-base, por ellos la AASHTO establece la calidad del drenaje en función del tiempo.

Tabla 16: Espesores mínimos según los ejes equivalentes

Calidad de Drenaje	Tiempo de eliminación de agua
Excelente	2 horas
Buena	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Deficiente	Agua no drena

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO 1993

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Además, establece coeficientes de drenaje (m^2 , m^3), que describen los niveles de humedad próxima a la saturación del suelo [19] [17][18].

Tabla 17: Coeficiente de Drenaje

Capacidad de Drenaje	Porcentaje del tiempo en que la estructura de pavimento está expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación.			
	Menos de 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más del 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Buena	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Deficiente	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO 1993

1.3.14 Hipótesis

La correlación entre el CBR de laboratorio y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de las parroquias Rumipamba y Yanayacu del cantón Quero, Provincia de Tungurahua, arrojarán un coeficiente de correlación mayor a 50% teniendo un alto grado de confiabilidad.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General:

Determinar la correlación entre el CBR de laboratorio, DCP, las propiedades índice y mecánicas de los suelos de las parroquias Rumipamba y Yanayacu del cantón Quero de la provincia de Tungurahua.

1.4.2 Objetivos Específicos:

- Reforzar el conocimiento de las propiedades índice – mecánicas de los suelos de la provincia de Tungurahua, por medio del análisis de campo y laboratorio.
- Ampliar la base de datos existente, referente a estudios de correlación entre el CBR de laboratorio, DCP y las propiedades índice y mecánicas de los suelos de la provincia de Tungurahua.
- Aplicar los resultados de la investigación en el diseño de pavimentos para vías rurales, de las parroquias Rumipamba y Yanayacu del cantón Quero de la provincia de Tungurahua.
- Zonificar las diferentes áreas de los cantones estudiados, de acuerdo con la clasificación de suelos SUCS y AASHTO y las propiedades físicas y mecánicas obtenidas.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Niveles de Investigación

- **Nivel Experimental**

La investigación experimental tiene como propósito la recolección de datos e información relacionada al tema de investigación, para lo cual se utilizará diferentes herramientas, técnicas y procesos, para la recolección de las mismas, que permita establecer el valor de CBR de manera mucho más rápida, además de la obtención de resultados confiables.

- **Investigación de laboratorio**

La investigación se desarrolla en la mayor parte en el laboratorio de suelos de la Carrera de Ingeniería Civil con la realización de diferentes ensayos que permita determinar las propiedades índice, así como también las características y tipos de suelo.

- **Investigación analítica**

Una vez finalizados los ensayos necesarios, se realizará el análisis de los resultados obtenidos y se efectuará correlaciones entre el CBR y las propiedades índice del suelo. Para un mejor entendimiento se utilizarán tablas y gráficas.

- **Investigación de Campo**

La determinación del ensayo DCP y de la densidad húmeda mediante el cono y arena de Ottawa que son realizados in situ.

- **Investigación correlacional**

Es una investigación correlacional debido a que el proyecto busca encontrar una posible relación entre algunas variables, las cuales son las diferentes propiedades de una muestra de suelo.

- **Investigación bibliográfica**

Hay que realizar una investigación bibliográfica relacionando datos ya existentes que proceden de distintas fuentes para poder mejorar y respaldar la investigación, con información basada en fuentes bibliográficas confiables como: artículos científicos, tesis y libros.

2.2 Población y Muestra

2.2.1 Población

El proyecto de investigación forma parte de un macroproyecto que abarca 5 cantones de la provincia de Tungurahua. El área de estudio para la presente investigación son las parroquias Yanayacu y Rumipamba del cantón Quero.

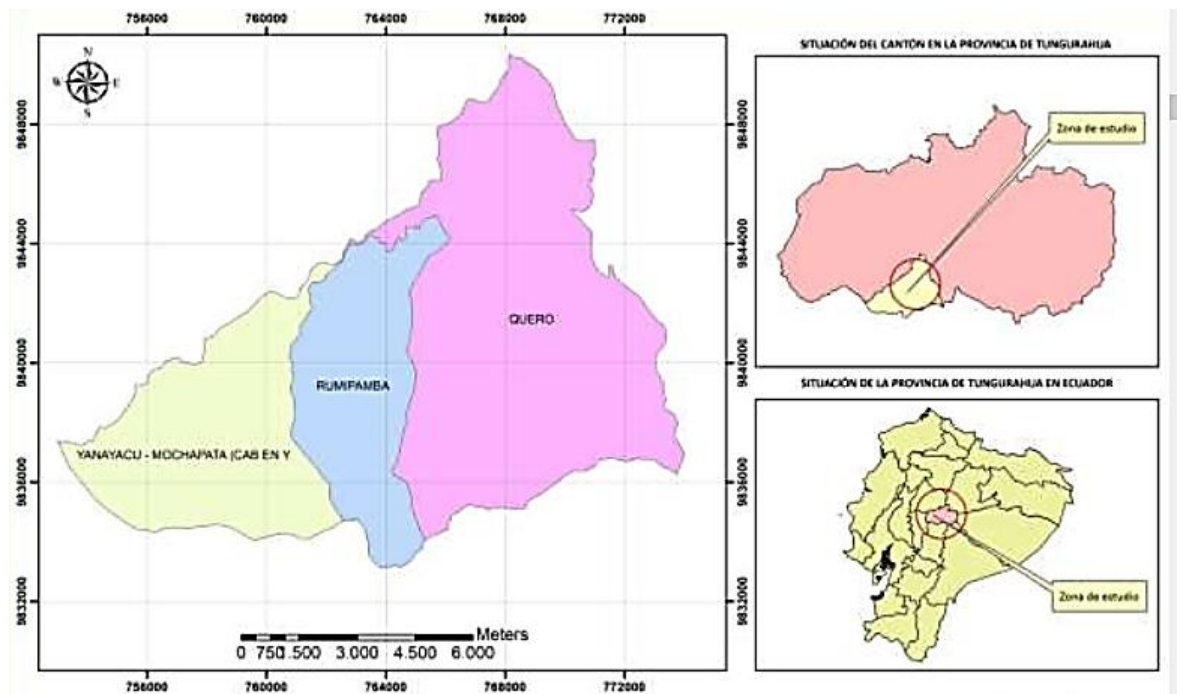


Figura 19: Mapa de ubicación geográfica del cantón Quero

Fuente: Cartografía Nacional, IGM.

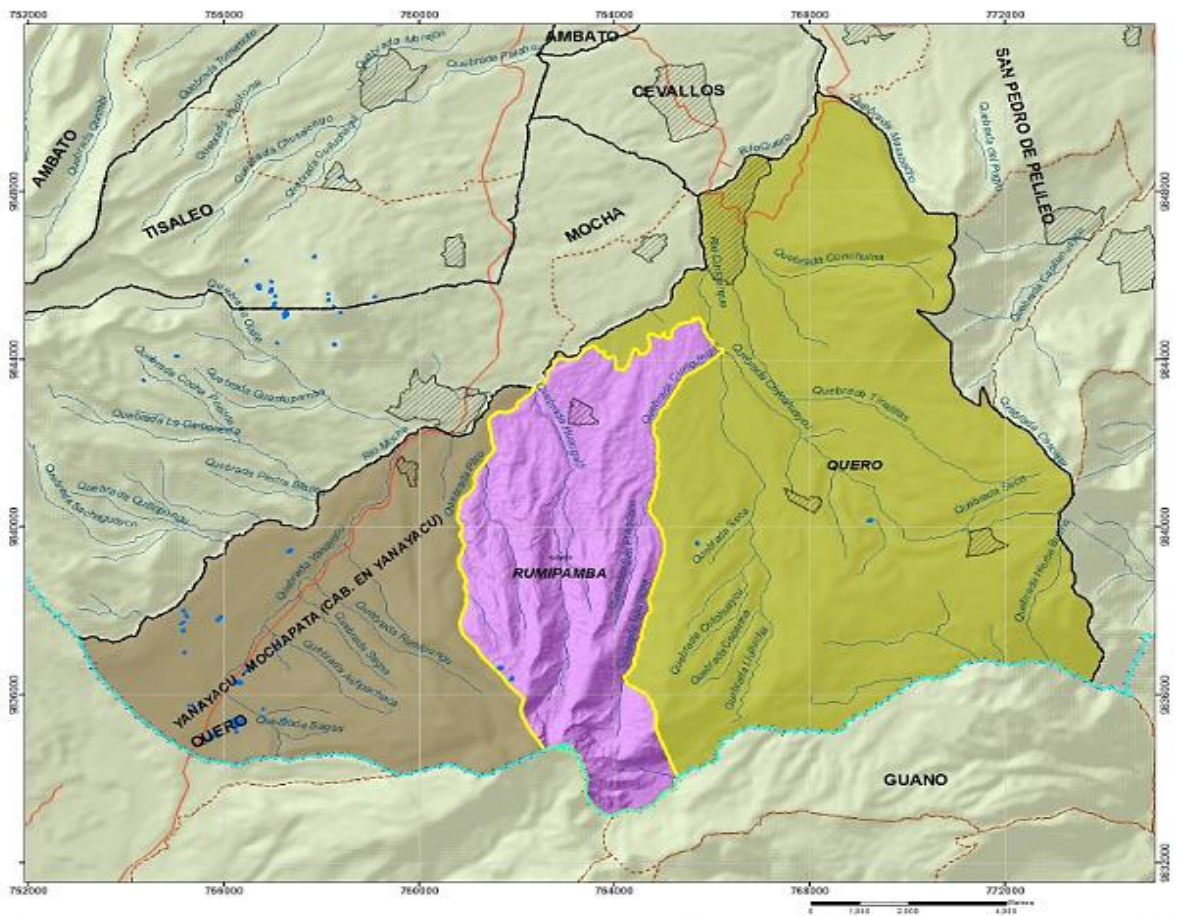


Figura 20: Mapa de ubicación geográfica cantonal (Quero)

Fuente: Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia rural Rumipamba

La Parroquia Yanayacu perteneciente al cantón Quero, se encuentra ubicada en la parte sur oeste de la Provincia del Tungurahua, a 22 Km. de la ciudad de Ambato. Los límites de la Parroquia son: Norte: Río Mocha, Sur: Quebrada de Sabañag – Nudo de Igualata Sanancajas, Este: La quebrada Pilco y Oeste: Río Mocha.

Tiene una extensión de 41,49 Km², con 0,16 Km² de área de cabecera parroquial. La altura de Yanayacu está comprendida desde los 3300 m.s.n.m. en las partes más bajas como en La Floresta, hasta 4430 m.s.n.m. en el cerro Igualata, lo que le permite tener variados pisos climáticos característicos de la Sierra Centro.

La temperatura de la parroquia fluctúa entre los rangos desde 6 y 8 grados centígrados, con precipitaciones entre los 500 y 1000 ml [21].

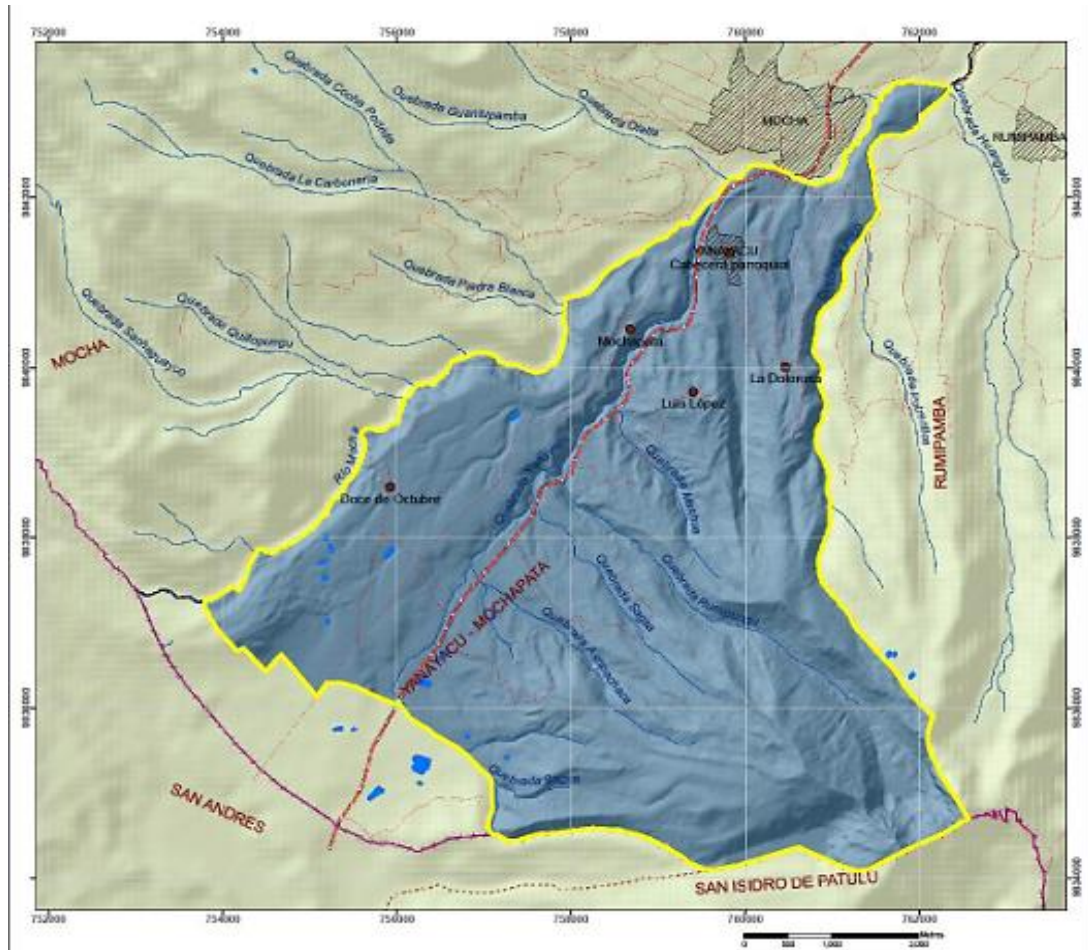


Figura 21: Mapa de ubicación geográfica parroquial (Yanayacu)

Fuente: Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia rural Yanayacu

La parroquia de Rumipamba pertenece al cantón Quero, se encuentra ubicada en la parte sur oeste de la Provincia del Tungurahua, a 23 Km. de la ciudad de Ambato y sus límites geográficos son los siguientes: Norte: la fluencia de las quebrada Pilco, en el río Mocha, donde existe la bocatoma de la acequia Mocha-Quero-Pelileo. Este: desde la afluencia de la acequia Mocha-Quero-Pelileo en la quebrada Curiquingue. Sur y Oeste: Provincia Chimborazo, Cantón Guano; parroquias San Isidro de Patulu y Santa Fé de Galán, la quebrada de Sabañag, ubicada en el nudo de Igualata, hasta la cima de la loma Cóndor Punuña: de dicha cima una alineación al noroeste, hasta alcanzar los orígenes del formador meridional de la quebrada Pilco.

Tiene una extensión de 35,18 Km², con 0,24 km² correspondientes al área de cabecera parroquial

El clima de la parroquia corresponde al ecuatorial de alta montaña y mesotérmico semi húmedo. El período de precipitaciones más importante, está comprendido entre los meses de Febrero y Julio (59 a 69 mm/mes) y temperaturas que fluctúan entre los 9 y 13° C. Los meses con menor precipitación comprenden entre Agosto y Enero (en promedio 35 mm/mes) y con temperaturas que fluctúan entre los 11 y 13°C. La precipitación media anual es de 606 mm [22].

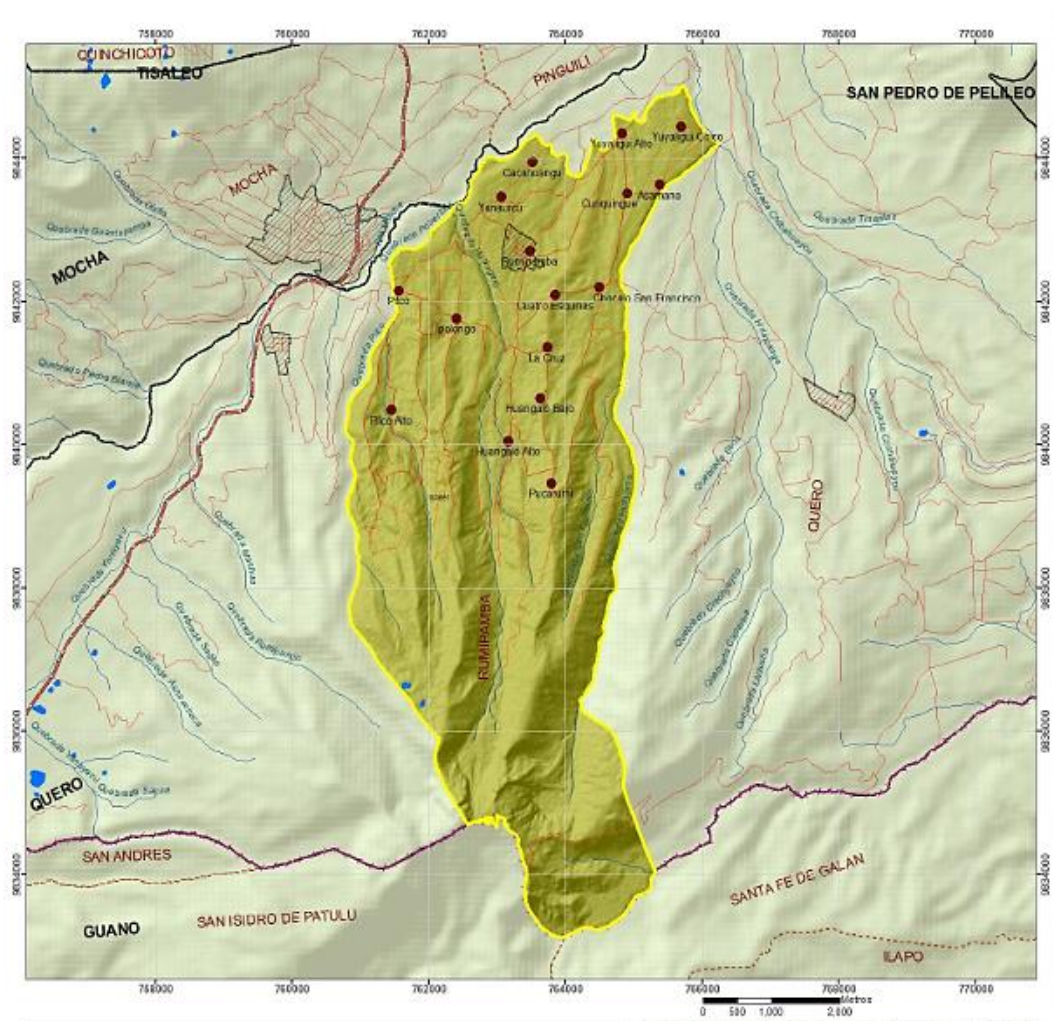


Figura 22: Mapa de ubicación geográfica parroquial (Rumipamba)

Fuente: Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia rural Rumipamba

2.2.2 Muestra

Para la realización de la presente investigación se reunieron 12 muestras de suelo las cuales fueron recolectadas en 3 vías de cada parroquia, tomando 2 muestras por vía teniendo en cuenta que las muestras se encuentran ubicadas a una distancia aproximada de 300 metros. Parroquia Yanayacu sectores: 12 de Octubre, Luis López y La Dolorosa, parroquia Rumipamba sectores: Guangalo Alto, Guangalo Bajo y Pichibamba.

Realizando 12 pozos a cielo abierto además se tomó en cuenta que sean suelos naturales, es decir, que no hayan sido alterados por compactación o que sean rellenos, la profundidad de cada pozo para la toma de muestras dependió del espesor de la capa vegetal.

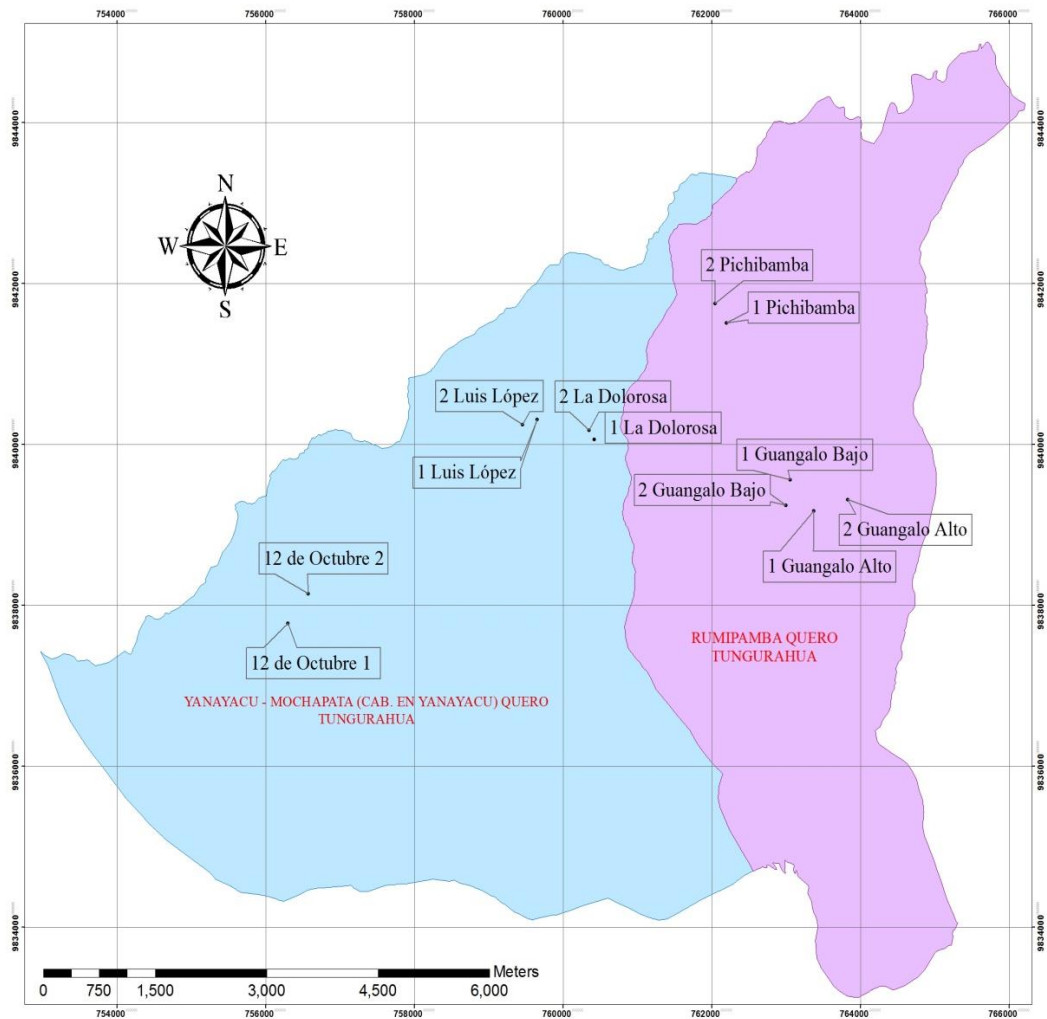


Figura 23: Mapa de ubicación de los sectores donde se extrajeron las muestras

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

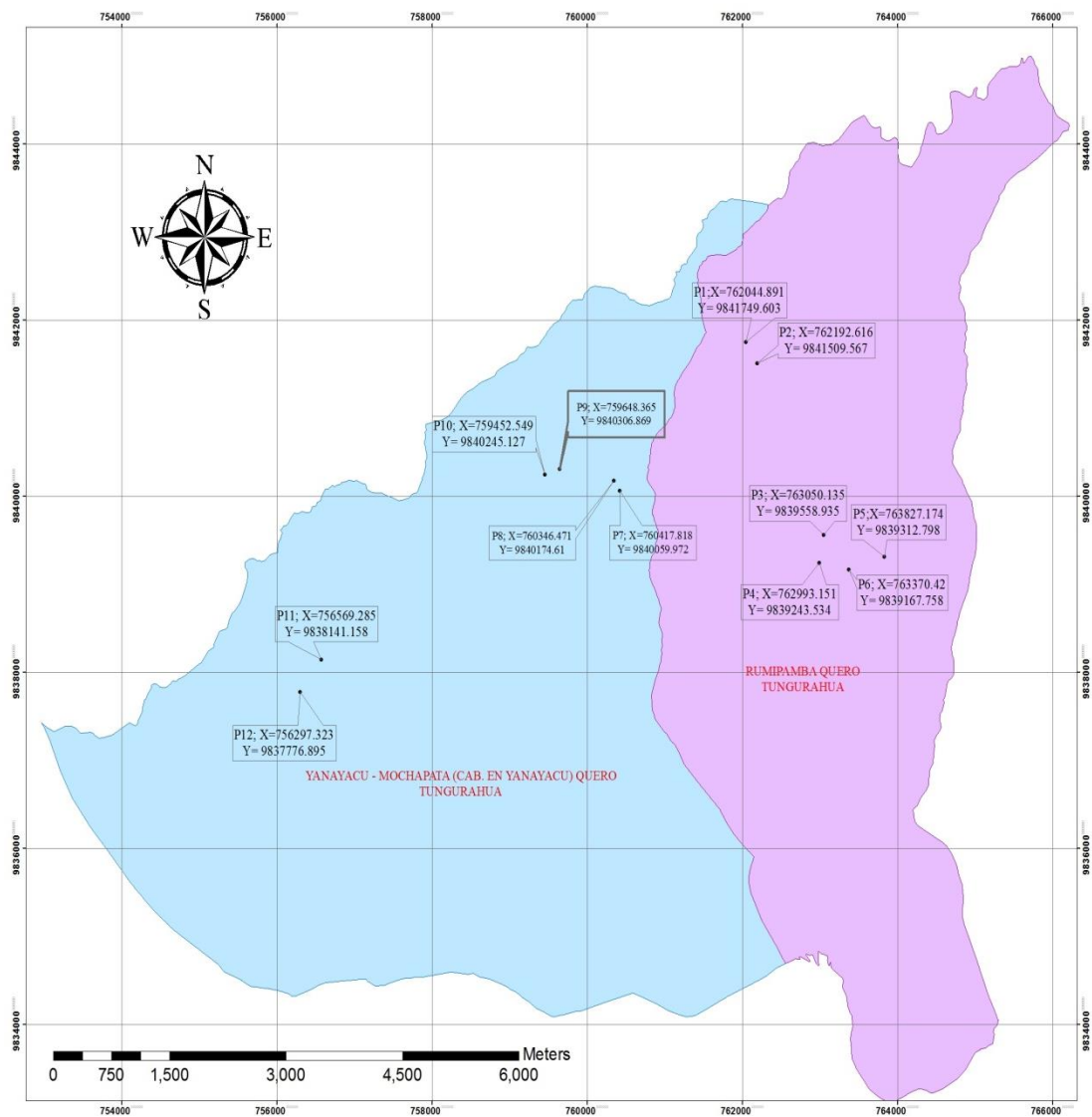


Figura 24: Mapa de coordenadas de los lugares donde se extrajeron las muestras

Autor: Jessica Tarco

2.3 Equipos y Materiales

Tabla 18: Equipos y Materiales

Ensayos	Materiales	Equipos	Norma
Pozo a Cielo Abierto	Muestras in situ	Pala, Barra, Pico, Flexómetro	AASHTO T 87-70
Densidad de Campo (Método del Cono y Arena de Ottawa)	Muestras in situ	Cinzel, Cono, Placa metálica, Balanza, Martillo, Clavos, Cuchareta.	AASHTO T 191 2014
Dinamic Cone Penetrometer (DCP)	Muestras in situ	Equipo DCP, Libreta de anotación	ASTMD 6951-03
Contenido de humedad natural	Muestras de suelo	Horno (Temperatura 110 + o - 5 °C), Balanza, Recipientes, Guantes, Espatulas, etc.	AASHTO T 265 2015
Gravedad Específica de sólidos	50 gr de suelo que pasa tamiz # 4	Tamiz #4, Picnómetro, Recipiente metálico, Embudo, Termómetro, Pipeta, Baño María	AASHTO T 100 2015
Granulometría	Muestra cuarteada	Tamizadora, Recipiente, Juego de Tamices, Brocha.	AASHTO T 88 2013
Límite Líquido (Copa Casagrande)	150 gr de suelo que pasa tamiz # 40	Copa Casagrande, Recipientes de aluminio, Espátula, Acanalador	AASHTO T 89 2013
Límite Plástico	150 gr de suelo que pasa tamiz # 40	Placa de vidrio, Mortero de porcelana, Pistillo de caucho.	AASHTO T 90 2016
Proctor Modificado tipo B	24 kg de suelo que pasa el tamiz # 4	Bandeja metálica cuadrada, Probeta graduada, Palustre, Regleta Metálica, Martillo de compactación, Molde Ø 6" con extensión y base.	AASHTO T 180 2018
California Bearing Ratio (CBR)	18 kg de suelo que pasa el tamiz # 4	MULTISPEED 34-V1172	AASHTO T193 2013

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

2.4 Métodos

2.4.1 Plan de recolección de datos

Tabla 19: Plan de recolección de datos

PREGUNTAS BÁSICAS	EXPLICACIÓN
¿Para qué?	Correlacionar las propiedades índices y mecánicas de diferentes suelos con su respectivo valor de CBR obtenido en laboratorio.
¿A quiénes?	A las muestras tomadas en las parroquias Yanayacu y Rumipamba del cantón Quero
¿Sobre qué aspectos?	Las propiedades de los suelos obtenidas mediante los diferentes ensayos de campo y laboratorio, así como el valor del CBR obtenido del ensayo de relación de soporte de California.
¿Quién?	La investigadora
¿Cuándo?	Ensayos de Campo desde 24 al 27 de Octubre, Ensayos de Laboratorio desde 28 de Octubre hasta el 27 de Enero Procesamiento de información desde el 28 de Enero al 15 de Febrero
¿Dónde?	Parroquias Yanayacu y Rumipamba del cantón Quero para tomas de muestras y ensayos in situ. Laboratorio de Ensayos de Materiales y Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.
¿Técnicas de recolección?	Se retira la capa vegetal y se procede a realizar el ensayo DCP bajo la norma ASTM D 6951-03 y Densidad de Campo por el método de Cono y Arena bajo la norma AASHTO T 191, ambos ensayos realizados in situ.
	Posterior a ello se toma la muestra de suelo aproximadamente de 50 kg, para los ensayos de laboratorio.
	La muestra de suelo es pasada a través del tamiz cuadrado # 4 y colocada en la bandeja para su secado. Para el análisis granulométrico se toma una muestra representativa de suelo, la misma que debe estar totalmente seca y se la coloca en la tamizadora con el juego de tamices en forma descendente como lo indica la norma AASHTO T 88 2013.
	Los límites de Atterberg son realizados 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 el tamiz #40.
	En la determinación del óptimo contenido de humedad es necesario mínimo cuatro puntos, tres de ellos deberán 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) este último normado mediante AASHTO T 193 2013

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

2.4.2 Ensayos

- Pozo a cielo abierto



Figura 25: Excavación del Pozo a cielo abierto

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

- Densidad de campo (Método del cono de arena de Ottawa)



Figura 26: Recolección de la muestra de suelo

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

- **Dinamic Cone Penetrometer DCP**



Figura 27: Ensayo DCP

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

- **Gravedad Específica de los Sólidos**



Figura 28: Extracción de burbujas del picnómetro

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

- **Límite Líquido** (Método Copa de Casagrande)



Figura 29: Colocación de la mezcla en la copa de casa grande

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

- **Límite Plástico**

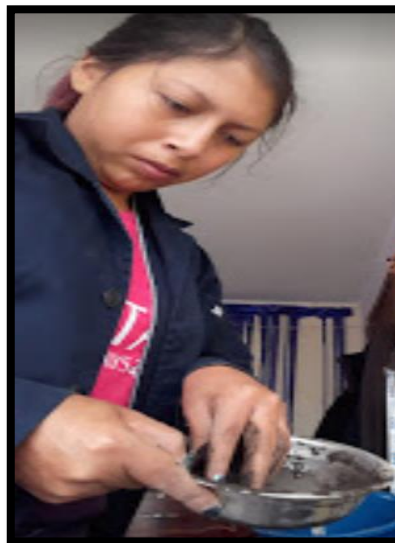


Figura 30: Preparación de la mezcla

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

- **Granulometría**



Figura 31: Colocación de los tamices en la tamizadora

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

- **Proctor Modificado**



Figura 32: Proceso de dar 56 golpes por capa.

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

- **California Bearing Ratio CBR**



Figura 33: Colocación del molde en la máquina para determinar el CBR

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

2.4.3 Plan de procesamiento y análisis de información

Una vez finalizados los ensayos de campo y laboratorio, se procede a realizar el análisis de los datos obtenidos para lo cual se ejecuta lo siguiente:

Para una mejor interpretación de resultados y a la vez para facilitar la selección de datos necesarios, se hicieron tablas de resumen de todos los ensayos realizados.

Posterior a esto se realizaron las correlaciones entre las diferentes propiedades del suelo con los datos obtenidos anteriormente con sus respectivos gráficos, para lo cual se usa el método de los mínimos cuadrados y con la ayuda del software Excel se procede a la resolución de sus ecuaciones.

Existen correlaciones simples y múltiples, en las cuales se busca que el coeficiente de correlación R sea mayor o igual al 50% para tener como aceptable la correlación, caso contrario la correlación será inválida.

2.4.3.1 Métodos para la determinación de las correlaciones entre las propiedades del suelo

Correlación Lineal

En la siguiente tabla se colocan tres propiedades a partir de estas se obtienen valores multiplicando una propiedad con otra como indica la tabla.

Tabla 20: Correlación lineal múltiple

Variable dependiente	Variable dependiente	Variable independiente						
X1	X2	Y	X1*Y	X2*Y	X1*X2	X1^2	X2^2	Y^2
$\Sigma X1$	$\Sigma X2$	ΣY	$\Sigma(X1*Y)$	$\Sigma(X2*Y)$	$\Sigma(X1*X2)$	$\Sigma(X1^2)$	$\Sigma(X2^2)$	$\Sigma(Y^2)$

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Por el método de mínimos cuadrados se tiene el siguiente sistema de ecuaciones:

$$a_0 * n + a_1 \sum X1 + a_2 \sum X2 = \sum Y$$

$$a_0 \sum X1 + a_1 \sum X1^2 + a_2 \sum (X1 * X2) = \sum (X1 * Y)$$

$$a_0 \sum X2 + a_1 \sum X1 * X2 + a_2 \sum X2^2 = \sum (X2 * Y)$$

$$Y = a_0 + a_1 * X1 + a_2 * X2$$

$$r^2 = \frac{a_0 \sum Y + a_1 \sum (X1 * Y) + a_2 \sum (X2 * Y) - n * (Ymed)^2}{\sum Y^2 - n * (Ymed)^2} \text{ Factor de correlación}$$

Correlación Exponencial

Tabla 21: Correlación exponencial múltiple

Variable dependiente	Variable dependiente	Variable independiente							
X1	X2	Y	Y'=Log(Y)	X1*Y'	X2*Y'	X1*X2	X1^2	X2^2	Y'^2
$\Sigma X1$	$\Sigma X2$	ΣY	$\Sigma(Y')$	$\Sigma(X1*Y')$	$\Sigma(X2*Y')$	$\Sigma(X1*X2)$	$\Sigma(X1^2)$	$\Sigma(X2^2)$	$\Sigma(Y'^2)$

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Por el método de mínimos cuadrados se tiene el siguiente sistema de ecuaciones:

$$a_0 * n + a_1 \Sigma X1 + a_2 \Sigma X2 = \Sigma Y'$$

$$a_0 \Sigma X1 + a_1 \Sigma X1^2 + a_2 \Sigma (X1 * X2) = \Sigma (X1 * Y')$$

$$a_0 \Sigma X2 + a_1 \Sigma X1 * X2 + a_2 \Sigma X2^2 = \Sigma (X2 * Y')$$

$$\ln(Y) = \ln(a) + a_1 * X1 + a_2 * X2$$

$$Y = a_0 + e^{a_1 X1} + e^{a_2 X2}$$

$$r^2 = \frac{a_0 \Sigma Y' + a_1 \Sigma (X1 * Y') + a_2 \Sigma (X2 * Y') - n * (Y' med)^2}{\Sigma Y'^2 - n * (Y' med)^2} \text{ Factor de correlación}$$

Correlación Potencial

Tabla 22: Correlación potencial múltiple

Variable dependiente	Variable dependiente	Variable independiente									
X1	X2	Y	X1'=Log(X1)	X2'=Log(X2)	Y'=Log(Y)	X1*Y'	X2*Y'	X1*X2'	X1'^2	X2'^2	Y'^2
$\Sigma X1$	$\Sigma X2$	ΣY	$\Sigma(X1')$	$\Sigma(X2')$	$\Sigma Y'$	$\Sigma(X1*Y')$	$\Sigma(X2*Y')$	$\Sigma(X1*X2')$	$\Sigma(X1'^2)$	$\Sigma(X2'^2)$	$\Sigma(Y'^2)$

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Por el método de mínimos cuadrados se tiene el siguiente sistema de ecuaciones:

$$a_0 * n + a_1 \sum X1' + a_2 \sum X2' = \sum Y'$$

$$a_0 \sum X1' + a_1 \sum X1'^2 + a_2 \sum (X1' * X2') = \sum (X1' * Y')$$

$$a_0 \sum X2' + a_1 \sum X1' * X2' + a_2 \sum X2'^2 = \sum (X2' * Y')$$

$$\text{Log}(Y) = \text{Log}(a_0) + a_1 * \text{Log}(X1) + a_2 * \text{Log}(X2)$$

$$Y = (a_0) + (X1)^{a_1} + (X2)^{a_2}$$

$$r^2 = \frac{a_0 \sum Y' + a_1 \sum (X1' * Y') + a_2 \sum (X2' * Y') - n * (Y' \text{med})^2}{\sum Y'^2 - n * (Y' \text{med})^2} \text{ Factor de correlación}$$

Correlación Logarítmica

Tabla 23: Correlación logarítmica múltiple

Variable dependiente	Variable dependiente	Variable independiente							
X1	X2	Y	X1'=Log (X1)	X1'*Y	X2*Y	X1'*X2	X1'^2	X2^2	Y^2
$\sum X1$	$\sum X2$	$\sum Y$	$\sum (X1')$	$\sum (X1' * Y)$	$\sum (X2 * Y)$	$\sum (X1' * X2)$	$\sum (X1'^2)$	$\sum (X2^2)$	$\sum (Y^2)$

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Por el método de mínimos cuadrados se tiene el siguiente sistema de ecuaciones:

$$a_0 * n + a_1 \sum X1' + a_2 \sum X2 = \sum Y$$

$$a_0 \sum X1' + a_1 \sum X1'^2 + a_2 \sum (X1' * X2) = \sum (X1' * Y)$$

$$a_0 \sum X2 + a_1 \sum X1' * X2 + a_2 \sum X2^2 = \sum (X2 * Y)$$

$$Y = a_0 + a_1 * \text{log} (X1) + a_2 * X2$$

$$r^2 = \frac{a_0 \sum Y + a_1 \sum (X1' * Y) + a_2 \sum (X2 * Y) - n * (Y \text{med})^2}{\sum Y^2 - n * (Y \text{med})^2} \text{ Factor de correlación}$$

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de resultados

En este capítulo se presenta los resultados conseguidos en cada uno de los ensayos de campo y laboratorio. La información pertenece a las 12 muestras tomadas en diferentes sectores de las Parroquias Yanayacu y Rumipamba del Cantón Quero, para la obtención de las propiedades índice y mecánicas de los suelos de dichas parroquias.

3.1.1 Propiedades Índice

3.1.1.1 Densidad de Campo

Para la determinación de la densidad de campo se realizó el ensayo de cono y arena de Ottawa, con el cual también se obtuvo otras propiedades del suelo como contenido de humedad natural, relación de vacíos, porosidad, grado de saturación del agua y grado de saturación del aire.

Tabla 24: Resumen de los Resultados del Ensayo de Densidad de Campo

Nº Pozo	Parroquia	Peso Volumétrico del Suelo (γ_m) (gr/cm ³)	Densidad seca (γ_d) (gr/cm ³)	Contenido de humedad w%	Relación de vacíos e	Porosidad n%	Grado de Saturación de agua Gw%	Grado de Saturación de aire Ga%
1	Rumipamba	1.133	0.983	15.24	1.66	62.37	21.72	78.28
2	Rumipamba	1.098	0.973	12.93	1.76	63.77	21.70	78.30
3	Rumipamba	1.247	1.041	19.77	1.57	61.14	35.48	64.52
4	Rumipamba	1.348	1.107	21.80	1.36	57.68	39.29	60.71
5	Rumipamba	1.105	0.901	22.65	1.97	66.30	31.90	68.10
6	Rumipamba	1.149	0.938	22.45	1.81	64.47	32.15	67.85
7	Yanayacu	1.238	1.079	14.72	1.45	59.18	26.32	73.68
8	Yanayacu	1.073	0.938	14.34	1.76	63.71	17.42	82.58
9	Yanayacu	1.314	1.083	21.34	1.47	59.50	40.38	59.62
10	Yanayacu	1.115	0.970	14.93	1.77	63.96	24.91	75.09
11	Yanayacu	1.184	0.958	23.58	1.81	64.37	37.19	62.81
12	Yanayacu	1.159	0.919	26.05	1.89	65.43	37.06	62.94

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Se obtuvo valores para la densidad húmeda de entre $1.073\text{ gr/cm}^3 - 1.348\text{ gr/cm}^3$, mientras que para la densidad seca in situ entre $0.901\text{ gr/cm}^3 - 1.107\text{ gr/cm}^3$ valores que se encuentran entre los rangos de los suelos friccionantes y cohesivos.

El contenido de humedad tiene valores de entre 12.93%-26.05% lo que significa que tiene bajo a mediano contenido de humedad y se encuentra en el rango de los suelos friccionantes.

La relación de vacíos tiene valores de entre 1.36-1.97 teniendo valores que se encuentran en el rango característicos de los suelos friccionantes.

Porosidad con un rango de 57.68%-66.30% rango que se encuentra dentro de los suelos cohesivos.

Grado de saturación del agua tiene rangos entre 17.42%-40.38%, con un promedio de 30.46% lo que indica que el suelo se encuentra poco saturado, mientras que los valores para el grado de saturación del aire oscilan entre 59.62%-82.58%, con un promedio 69.54% por lo que el suelo se encuentra medianamente saturado de aire.

3.1.1.2 Gravedad Específica

Tabla 25: Resumen de Resultados del Ensayo de Gravedad Específica

N° Pozo	Parroquias	Gravedad Específica (Gs)
1	Rumipamba	2.56
2	Rumipamba	2.53
3	Rumipamba	2.60
4	Rumipamba	2.65
5	Rumipamba	2.52
6	Rumipamba	2.62
7	Yanayacu	2.51
8	Yanayacu	2.63
9	Yanayacu	2.57
10	Yanayacu	2.67
11	Yanayacu	2.77
12	Yanayacu	2.58

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

La gravedad específica tiene valores que oscilan entre 2.51-2.77, siendo la mayoría de los valores más cercanos al rango de 2.60-2.70 que pertenece al rango de las arenas.

3.1.1.3 Granulometría

El ensayo de granulometría se lo realizó por medio de tamices ya que se trataba de suelos granulares. Obteniendo la siguiente distribución de partículas.

Tabla 26: Resumen de los resultados ensayo de Granulometría

Nº de Pozo	Parroquia	D60 (mm)	D30 (mm)	D10 (mm)	CU	CC	Grava	Arena	Fino
1	Rumipamba	0.21	0.10	0.07	2.92	0.70	0%	81.65%	18.35%
2	Rumipamba	0.16	0.10	0.07	2.29	0.82	0%	81.69%	18.31%
3	Rumipamba	0.19	0.08	0.05	3.65	0.65	0%	70.11%	29.89%
4	Rumipamba	0.17	0.08	0.06	3.09	0.75	0%	71.14%	28.86%
5	Rumipamba	0.35	0.13	0.07	4.79	0.66	0%	87.03%	12.97%
6	Rumipamba	0.24	0.11	0.07	3.29	0.69	0%	84.93%	15.07%
7	Yanayacu	0.2	0.09	0.06	3.23	0.68	0%	76.08%	23.92%
8	Yanayacu	0.2	0.10	0.06	3.17	0.73	0%	76.56%	23.44%
9	Yanayacu	0.21	0.13	0.09	2.47	0.95	0%	93.09%	6.91%
10	Yanayacu	0.37	0.22	0.16	2.31	0.82	0%	99.48%	0.52%
11	Yanayacu	0.19	0.09	0.06	3.06	0.69	0%	75.83%	24.17%
12	Yanayacu	0.18	0.09	0.06	3.21	0.77	0%	73.29%	26.71%

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

En la siguiente figura se puede observar el rango del porcentaje de partículas que pasan los diferentes tamices.

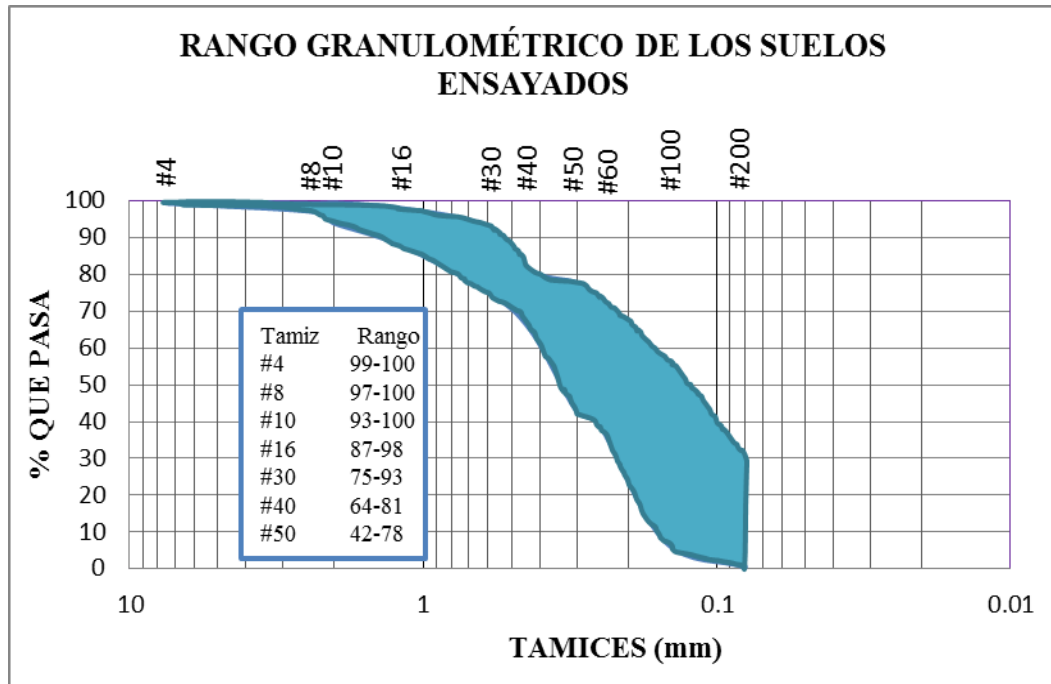


Figura 34: Rango Granulométrico

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

En lo que corresponde al Coeficiente de Uniformidad (CU), 8 de las 12 muestras ensayadas tienen valores mayores a 3 por lo que se tiene que son suelos bien graduados.

En cuanto al Coeficiente de Curvatura (CC), sus valores están fuera del rango de 1-3 ya que todos los valores son menores a 1 dando como resultado suelos mal graduados o uniformes.

En los suelos ensayados no se encontró presencia de gravas ya que su porcentaje fue de 0% en todas las muestras, mientras que la cantidad de arena fue predominante teniendo valores de entre 70.11% a 99.48%, por último la cantidad de finos fue pequeña su rango oscila entre 0.52% a 29.89%.

3.1.1.4 Límites de Atterberg

De los límites de Atterberg se obtienen datos importantes para la clasificación del suelo.

Tabla 27: Resumen resultados Límites de Atterberg

Nº	Parroquias	Límite Líquido LL%	Límite Plástico LP%	Índice de Plasticidad (IP)	Índice de Liquidez (IL)
1	Rumipamba	27.65	27.60	0.05	-250.35
2	Rumipamba	23.65	23.47	0.18	-59.74
3	Rumipamba	25.71	23.20	2.51	-1.37
4	Rumipamba	30.89	29.43	1.46	-5.23
5	Rumipamba	24.09	23.35	0.74	-0.93
6	Rumipamba	31.11	30.93	0.18	-46.26
7	Yanayacu	22.92	22.49	0.43	-18.08
8	Yanayacu	26.24	26.07	0.16	-72.16
9	Yanayacu	29.09	37.18	(NP) -8.10	1.28
10	Yanayacu	30.65	32.67	(NP) -2.02	7.26
11	Yanayacu	29.47	24.25	5.22	-0.13
12	Yanayacu	29.88	26.18	3.69	-0.04

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

El límite líquido obtenido tiene valores que oscilan entre 22.92%-31.11%, mientras que el límite plástico presenta valores de entre 22.49%- 37.18%, dando como resultado suelos de baja plasticidad ya que sus valores son menores a 50 %.

En cuanto el índice de plasticidad se obtuvo dos valores negativos los cuales indican que el suelo no tiene plasticidad, los valores restantes tienen un rango de 0.05-5.22. Su índice de liquidez presenta 2 valores positivos y los restantes son negativos, encontrándose el suelo en un estado sólido a semisólido.

3.1.2 Clasificación de los suelos

La clasificación de los suelos se realizó en base a los siguientes sistemas AASHTO y SUCS para los cuales se utilizó los resultados de los ensayos de granulometría y límites de Atterberg.

Tabla 28: Clasificación del suelo según AASHTO Y SUCS

Nº	Parroquias	AASHTO	SUCS
1	Rumipamba	A-2-4	SM
2	Rumipamba	A-2-4	SM
3	Rumipamba	A-2-4	SM
4	Rumipamba	A-2-4	SM
5	Rumipamba	A-2-4	SM
6	Rumipamba	A-2-4	SM
7	Yanayacu	A-2-4	SM
8	Yanayacu	A-2-4	SM
9	Yanayacu	A3	SP
10	Yanayacu	A3	SP
11	Yanayacu	A-2-4	SM
12	Yanayacu	A-2-4	SM

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

En la siguiente imagen se puede observar la ubicación de las muestras de suelos en la carta de plasticidad del sistema SUCS.

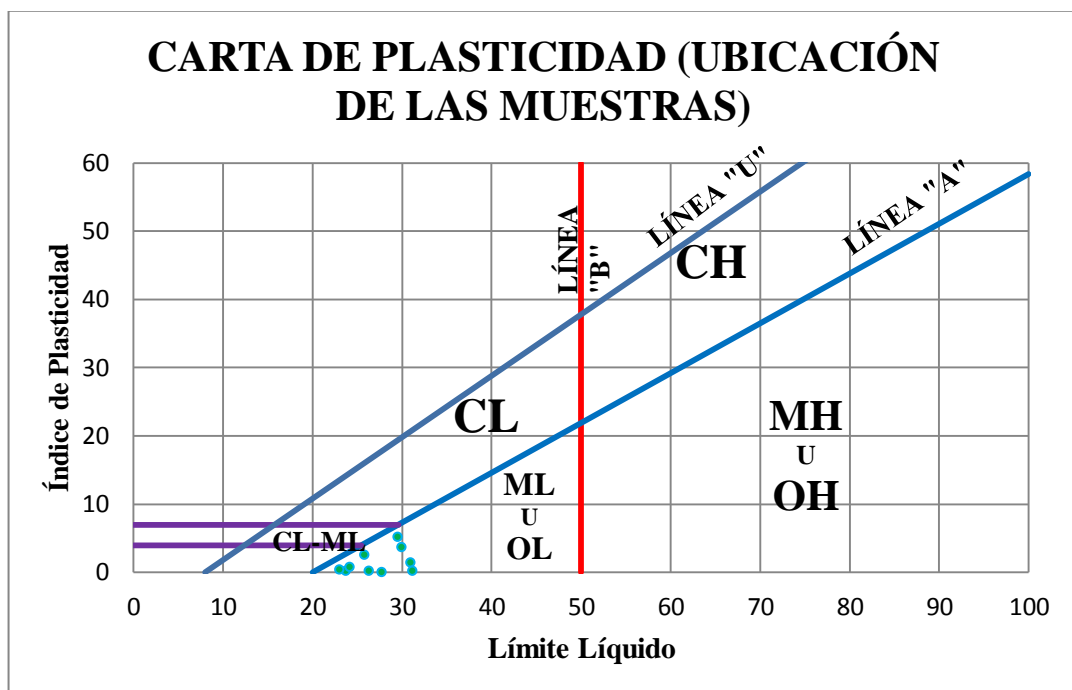


Figura 35: Carta de Plasticidad del sistema SUCS

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Según el sistema AASHTO se obtuvo que las muestras de suelos pertenecen al grupo A-2-4 con índice de grupo igual a 0 con la excepción de dos muestras que pertenecen al grupo A-3 con índice de grupo igual a 0, por lo tanto se tiene arena limosa y arena fina las cuales son terrenos de fundación de excelentes a buenos.

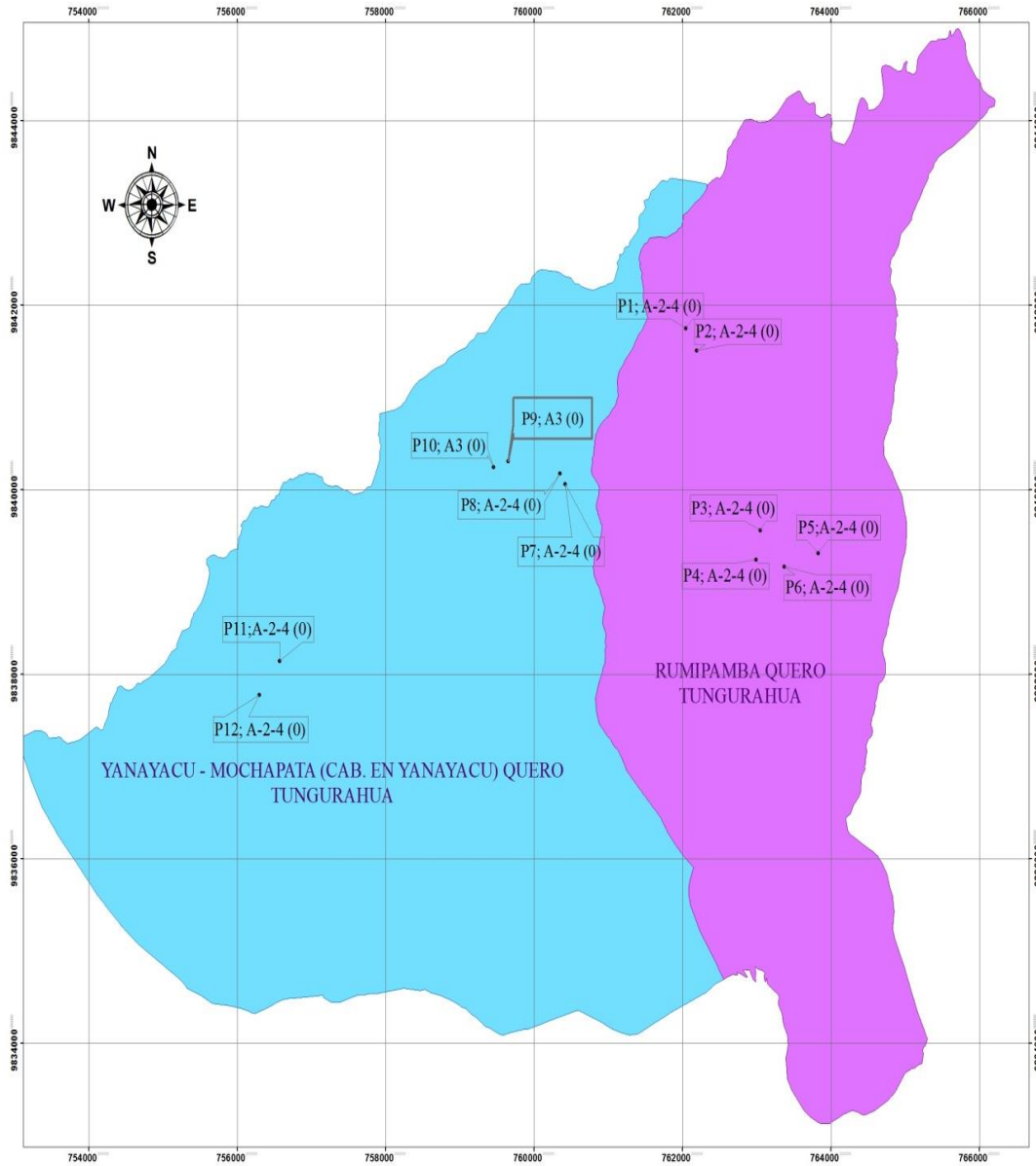


Figura 36: Ubicación de la clasificación de las muestras según AASHTO

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Según el sistema SUCS se obtuvo que los suelos son SM es decir son arenas limosas, y SP que son arenas mal graduadas.

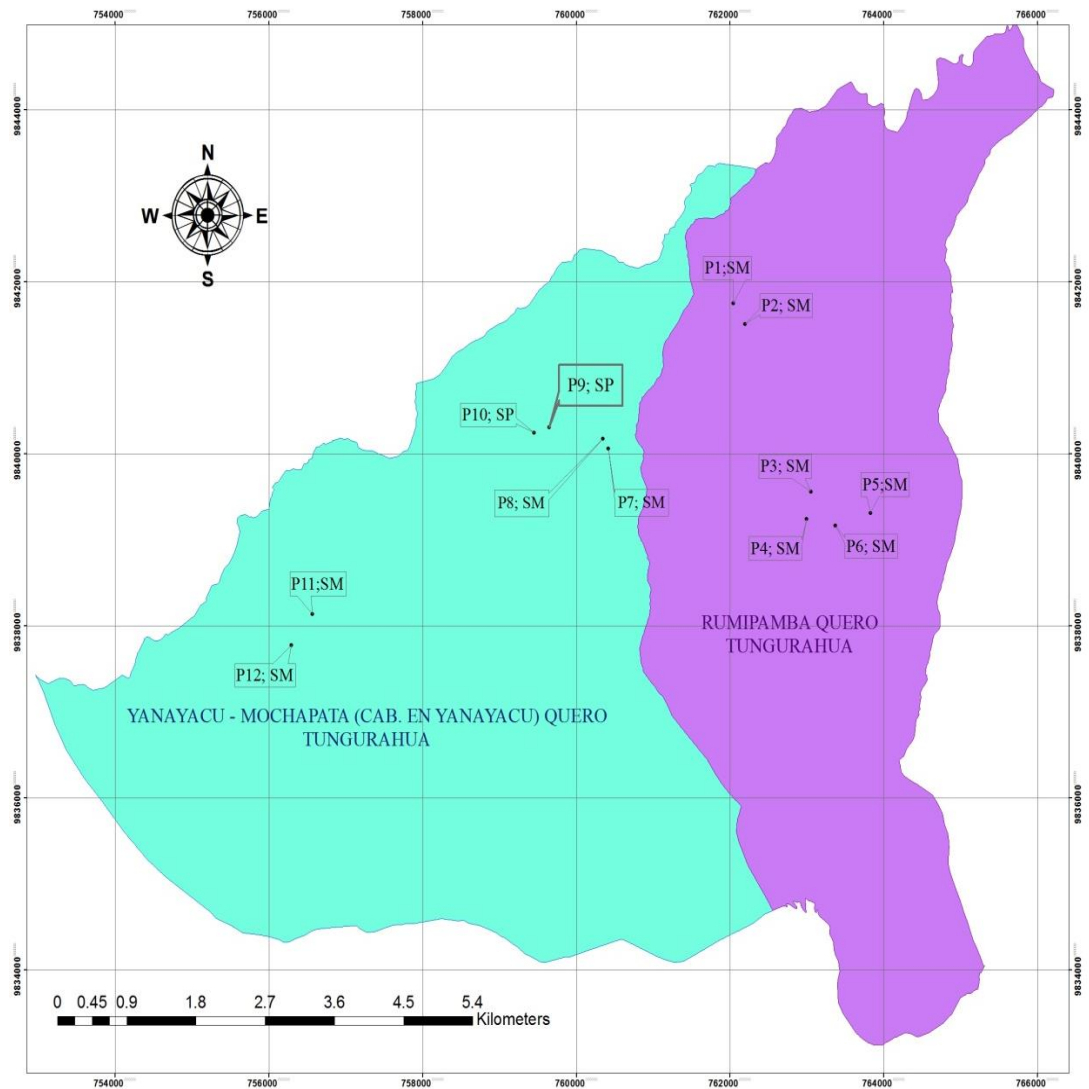


Figura 37: Ubicación de la clasificación de las muestras según SUCS.

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

3.1.3 Propiedades Mecánicas

3.1.3.1 Proctor Modificado

El ensayo de proctor modificado permite determinar el contenido de humedad óptimo y la densidad seca máxima del suelo, datos que son necesarios para la realización del ensayo CBR.

Tabla 29: Resumen de Resultados del ensayo Proctor Modificado

Nº de Pozo	Parroquia	W ópt (%)	yd máx (gr/cm ³)	Gc (%)
1	Rumipamba	16.00	1.580	62.21
2	Rumipamba	18.30	1.547	62.88
3	Rumipamba	14.75	1.726	60.31
4	Rumipamba	16.40	1.710	64.73
5	Rumipamba	15.93	1.722	52.30
6	Rumipamba	16.10	1.713	54.77
7	Yanayacu	24.70	1.575	68.50
8	Yanayacu	20.50	1.672	56.11
9	Yanayacu	21.50	1.809	59.84
10	Yanayacu	19.00	1.838	52.76
11	Yanayacu	25.35	1.513	63.30
12	Yanayacu	22.03	1.556	59.07

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

En cuanto a la humedad óptima se obtuvo valores de entre: 14.75% a 25.35%, la densidad seca máxima tiene valores de 1.513 gr/cm^3 a 1.838 gr/cm^3

3.1.3.2 Ensayo de Cono de Penetración dinámico DCP

Tabla 30: Resumen Ensayo DCP

N° de Pozo	Parroquia	DN (mm/golpe)
1	Rumipamba	16.179
2	Rumipamba	19.391
3	Rumipamba	19.073
4	Rumipamba	31.409
5	Rumipamba	21.568
6	Rumipamba	15.439
7	Yanayacu	15.002
8	Yanayacu	8.957
9	Yanayacu	23.288
10	Yanayacu	21.777
11	Yanayacu	29.029
12	Yanayacu	21.871

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Los valores que se obtuvo para el índice de penetración varían entre 8.957 a 31.409 mm/golpe, apreciando que los suelos analizados tienen resistencias variadas.

3.1.3.3 Ensayo California Bearing Ratio (CBR)

Con el dato del contenido de humedad óptima se realiza el ensayo CBR.

Tabla 31: Resumen del Ensayo CBR

N° de Pozo	Parroquia	CBR% 0.1"	CBR % 0.2"	Mayor
1	Rumipamba	9.3	9.5	9.5
2	Rumipamba	11.3	13.7	13.7
3	Rumipamba	20.5	19.2	20.5
4	Rumipamba	15.2	15.4	15.4
5	Rumipamba	13.5	12.0	13.5
6	Rumipamba	19.2	19.6	19.6
7	Yanayacu	14.6	15.3	15.3
8	Yanayacu	24.5	22.9	24.5
9	Yanayacu	23.0	23.3	23.3
10	Yanayacu	40.5	42.7	42.7
11	Yanayacu	12.8	13.3	13.3
12	Yanayacu	15.8	14.3	15.8

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Se obtuvo valores de entre 9.5-42.7%, mismos que para subrasante van de regular a buena y muy buena es decir se tiene resistencias variadas en los diferentes pozos realizados.

3.1.4 Nomenclatura

γ_m = Densidad húmeda ($\frac{gr}{cm^3}$)

$\gamma_d \text{ in situ}$ = Densidad seca ($\frac{gr}{cm^3}$)

$\gamma_{dm\acute{a}x}$ = Densidad seca máximo ($\frac{gr}{cm^3}$)

e = Relación de vacíos (adimensional)

η = Porosidad (%)

$CBR 0.1''$ = CBR para 0.1 pulgada de penetración (%)

$CBR 0.2''$ = CBR para 0.2 pulgada de penetración (%)

$CBR \text{ mayor}$ = CBR mayor entre 0.1'' y 0.2'' (%)

CC = Coeficiente de curvatura (adimensional)

CU = Coeficiente de Uniformidad (adimensional)

D_{10} = Diámetro efectivo (mm)

D_{30} = Diámetro Equiparable (mm)

D_{60} = Diámetro dimensional (mm)

DN = Índice de Penetración (mm/golpe)

F = Fino (%)

G = Grava (%)

G_a = Grado de saturación del aire (%)

G_c = Grado de compactación (%)

G_s = Gravedad Específica (adimensional)

G_w = Grado de saturación del agua (%)

IP = Índice de Plasticidad (%)

IL = Índice de Liquidez (%)

LL = Límite Líquido (%)

LP = Límite Plástico (%)

S = Arena (%)

W_{opt} = Contenido de humedad óptimo (%)

W_{nat} = Contenido de Humedad Natural (%)

3.1.4.1 Tabla resumen de los ensayos de campo y laboratorio

Tabla 32: Resumen de los resultados de los ensayos realizados

N° Pozo	Parroquia	Vía	Densidad de campo						Gs	Granulometría								
			γ_m (gr/cm ³)	γ_d in-situ (gr/cm ³)	Wnat %	e	n%	Gw %		Ga%	D60 (mm)	D30 (mm)	D10 (mm)	CU	CC	G (%)	S (%)	F (%)
1	Rumipamba	Pichibamba- Quebrada Potrerillos	1.133	0.983	15.24	1.66	62.37	21.72	78.28	2.562	0.21	0.10	0.07	2.92	0.70	0	81.65	18.35
2	Rumipamba	Pichibamba- Quebrada Potrerillos	1.098	0.973	12.93	1.76	63.77	21.70	78.30	2.528	0.16	0.10	0.07	2.29	0.82	0	81.69	18.31
3	Rumipamba	Guangalo Bajo- San Juan	1.247	1.041	19.77	1.57	61.14	35.48	64.52	2.601	0.19	0.08	0.05	3.65	0.65	0	70.11	29.89
4	Rumipamba	Guangalo Bajo- San Juan	1.348	1.107	21.80	1.36	57.68	39.29	60.71	2.654	0.17	0.08	0.06	3.09	0.75	0	71.14	28.86
5	Rumipamba	Guangalo Alto - Parcaloma	1.105	0.901	22.65	1.97	66.30	31.90	68.10	2.523	0.35	0.13	0.07	4.79	0.66	0	87.03	12.97
6	Rumipamba	Guangalo Alto - Parcaloma	1.149	0.938	22.45	1.81	64.47	32.15	67.85	2.621	0.24	0.11	0.07	3.29	0.69	0	84.93	15.07
7	Yanayacu	La Dolorosa- Yanayacu Centro	1.238	1.079	14.72	1.45	59.18	26.32	73.68	2.513	0.20	0.09	0.06	3.23	0.68	0	76.08	23.92
8	Yanayacu	La Dolorosa- Yanayacu Centro	1.073	0.938	14.34	1.76	63.71	17.42	82.58	2.628	0.20	0.10	0.06	3.17	0.73	0	76.56	23.44
9	Yanayacu	E35- Luis López	1.314	1.083	21.34	1.47	59.50	40.38	59.62	2.575	0.21	0.13	0.09	2.47	0.95	0	93.09	6.91
10	Yanayacu	E35- Luis López	1.115	0.970	14.93	1.77	63.96	24.91	75.09	2.667	0.37	0.22	0.16	2.31	0.82	0	99.48	0.52
11	Yanayacu	12 De Octubre- Quebrada Yanayacu	1.184	0.958	23.58	1.81	64.37	37.19	62.81	2.771	0.19	0.09	0.06	3.06	0.69	0	75.83	24.17
12	Yanayacu	12 De Octubre- Quebrada Yanayacu	1.159	0.919	26.05	1.89	65.43	37.06	62.94	2.577	0.18	0.09	0.06	3.21	0.77	0	73.29	26.71

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 33: Resumen de los resultados de los ensayos realizados

N° Pozo	Parroquia	Vía	Límites de Atterberg				Clasificación		Proctor			DCP	CBR		
			LL %	LP %	IP	IL	AASHTO	SUCS	W ópt (%)	γd máx (gr/cm ³)	Gc (%)	DN (mm/golpe)	0.1"	0.2"	Mayor
1	Rumipamba	Pichibamba- Quebrada Potrerillos	27.65	27.60	0.05	-250.35	A-2-4	SM	16.00	1.58	62.21	16.18	9.3	9.5	9.5
2	Rumipamba	Pichibamba- Quebrada Potrerillos	23.65	23.47	0.18	-59.74	A-2-4	SM	18.30	1.547	62.88	19.39	11.3	13.7	13.7
3	Rumipamba	Guangalo Bajo- San Juan	25.71	23.20	2.51	-1.37	A-2-4	SM	14.75	1.726	60.31	19.07	20.5	19.2	20.5
4	Rumipamba	Guangalo Bajo- San Juan	30.89	29.43	1.46	-5.23	A-2-4	SM	16.40	1.71	64.73	31.41	15.2	15.4	15.4
5	Rumipamba	Guangalo Alto - Parcaloma	24.09	23.35	0.74	-0.93	A-2-4	SM	15.93	1.722	52.30	21.57	13.5	12.0	13.5
6	Rumipamba	Guangalo Alto - Parcaloma	31.11	30.93	0.18	-46.26	A-2-4	SM	16.10	1.713	54.77	15.44	19.2	19.6	19.6
7	Yanayacu	La Dolorosa- Yanayacu Centro	22.92	22.49	0.43	-18.08	A-2-4	SM	24.70	1.575	68.50	15.00	14.6	15.3	15.3
8	Yanayacu	La Dolorosa- Yanayacu Centro	26.24	26.07	0.16	-72.16	A-2-4	SM	20.50	1.672	56.11	8.96	24.5	22.9	24.5
9	Yanayacu	E35- Luis López	29.09	37.18	(NP) -8.10	1.96	A3	SP	21.50	1.809	59.84	23.29	23.0	23.3	23.3
10	Yanayacu	E35- Luis López	30.65	32.67	(NP) -2.02	8.78	A3	SP	19.00	1.838	52.76	21.78	40.5	42.7	42.7
11	Yanayacu	12 De Octubre- Quebrada Yanayacu	29.47	24.25	5.22	-0.13	A-2-4	SM	25.35	1.513	63.30	29.03	12.8	13.3	13.3
12	Yanayacu	12 De Octubre- Quebrada Yanayacu	29.88	26.18	3.69	-0.04	A-2-4	SM	22.03	1.556	59.07	21.87	15.8	14.3	15.8

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

3.1.5 Correlaciones

Tabla 34: Resumen de las correlaciones realizadas

Nº	ECUACIÓN	Fig. Nº	Nº de muestras	R ² (%)
1	$G_w = -0.3892(W_{nat})^2 + 15.712(W_{nat}) - 122.42$	38	11	76.69
2	$G_a = 0.499(W_{nat})^2 - 200.043(W_{nat}) + 264.6$	39	11	78.27
3	$\gamma_d \text{ in-situ} = -0.0032(W_{nat})^2 + 0.1241(W_{nat}) - 0.1252$	40	10	50.3
4	$LP = 0.0956(LL)^2 - 4.2876(LL) + 71.142$	41	11	70.06
5	$\gamma_d \text{ máx} = -0.0044(W \text{ ópt})^2 + 0.159(W \text{ ópt}) + 0.3138$	42	10	60.35
6	$W \text{ ópt} = 31.1313 + 1.1097(LL) - 1.7311(LP)$	43	9	58.17
7	$W_{nat} = -7.2711 + 2.3736(LL) - 1.5085(LP)$	44	10	87.02
8	$W \text{ ópt} = 11.3938 + 51.482 \text{Log}(W_{nat}) - 2.0322(LL)$	45	9	70.89
9	$W \text{ ópt} = 365.6996(W_{nat})^{0.2407} \times (LP)^{-1.0869}$	46	9	54.99
10	$\gamma_d \text{ máx} = 0.5143(W_{nat})^{-0.0684} \times (LP)^{0.4107}$	47	10	84.92
11	$\gamma_d \text{ máx} = 0.5803(LL)^{-0.1188} \times (LP)^{0.4338}$	48	10	80.84
12	$\gamma_d \text{ máx} = 0.5832 + 0.8178 \text{Log}(LL) - 0.0054F$	49	11	70.94
13	$\gamma_d \text{ máx} = -0.3212 + 1.2324 \text{Log}(LP) - 0.0024S$	50	10	81.41
14	$\gamma_d \text{ in-situ} = 1.0308 \times \gamma_d \text{ máx}^{1.0824} \times W_{nat}^{-0.1922}$	51	9	63.32
DN-Propiedades Índice				
15	$DN = 0.5483LL^2 - 28.007LL + 373.14$	52	10	61.23
16	$DN = 457.31\gamma_d \text{ máx}^2 - 1594.5\gamma_d \text{ máx} + 1350.3$	53	10	67.04
17	$W \text{ ópt} = 2.6975 + 0.7134DN + 0.0602W_{nat}$	54	9	71.85
18	$\gamma_d \text{ máx} = 0.9568DN^{-0.0329} \times W_{nat}^{0.2259}$	55	9	74.93
19	$\gamma_d \text{ in-situ} = 0.52599 + 0.0084DN + 0.0165W \text{ ópt}$	56	9	68.29
20	$\gamma_d \text{ máx} = 3.691DN^{-0.0389} \times W \text{ ópt}^{0.2394}$	57	10	71.28
21	$DN = -13.4743 + 1.7417LL - 0.4399LP$	58	9	57.14
CBR-Propiedades Índice				
22	$CBR \text{ Mayor} = 0.0313DN^2 - 1.6782DN + 36.637$	59	9	64.96
23	$CBR \text{ Mayor} = 493.66\gamma_d \text{ máx}^2 - 1590.8\gamma_d \text{ máx} + 1293$	60	11	80.51
24	$CBR \text{ Mayor} = 118.96e^{-0.088W_{nat}}$	61	8	67.14
25	$CBR \text{ Mayor} = 1.4169LL^2 - 73.884LL + 967.68$	62	8	64.81
26	$CBR \text{ Mayor} = -59.792 + 2.2175LP + 0.9795W \text{ ópt}$	63	10	51.98
27	$CBR \text{ Mayor} = -103.4291 + 48.5335 \text{Log}(W \text{ ópt}) + 2.2344LP$	64	10	53.88
28	$CBR \text{ Mayor} = -66.9024 + 57.7797\gamma_d \text{ máx} - 0.4337F$	65	10	78.93
29	$CBR \text{ Mayor} = 0.4986 \times e^{-1.9197\gamma_d \text{ in-situ}} \times e^{3.3142\gamma_d \text{ máx}}$	66	11	75.91
30	$CBR \text{ Mayor} = 45.3403 - 18.1935 \text{Log}(DN) - 0.2694W \text{ ópt}$	67	9	65.50

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

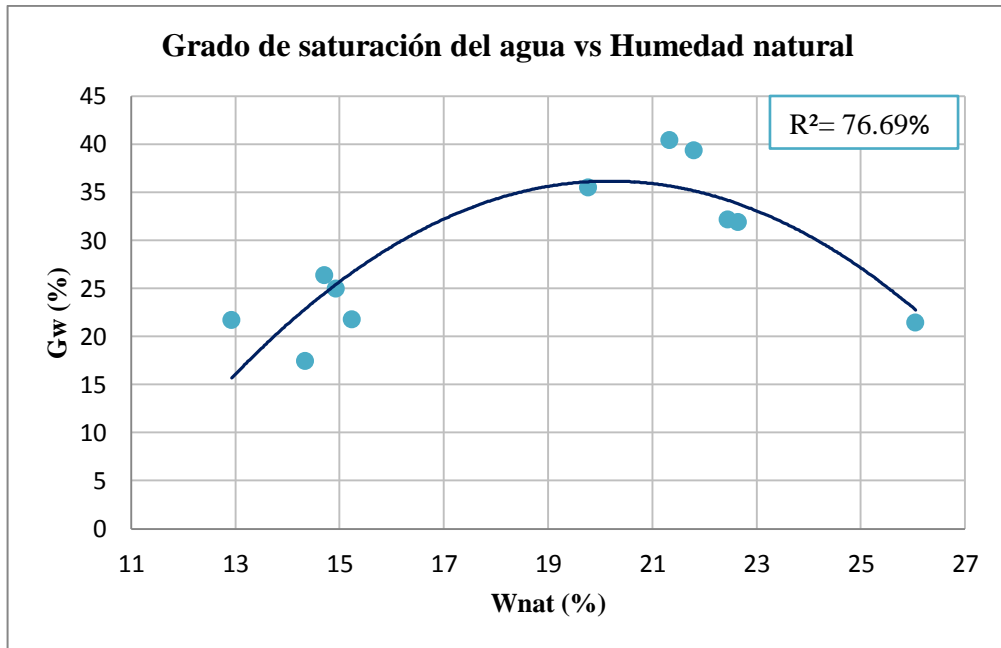


Figura 38: Correlación Gw% vs W_{nat} %

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Ecuación: $Gw = -0.3892 (Wnat)^2 + 15.712(Wnat) - 122.42$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 76.69 \%$

Análisis e interpretación

La correlación que se obtuvo entre el contenido de Humedad Natural y el Grado de Saturación del agua es regular, ya que el coeficiente de correlación R^2 es 76.69 %, mismo que se obtuvo mediante una correlación polinómica simple de grado 2.

Existe una relación directamente proporcional ya que a medida que aumenta el contenido de humedad también aumenta el grado de saturación del agua, esto se mantiene hasta que alcanza un contenido de humedad de 20% aproximadamente a partir de ese valor el grado de saturación del agua tiende a disminuir.

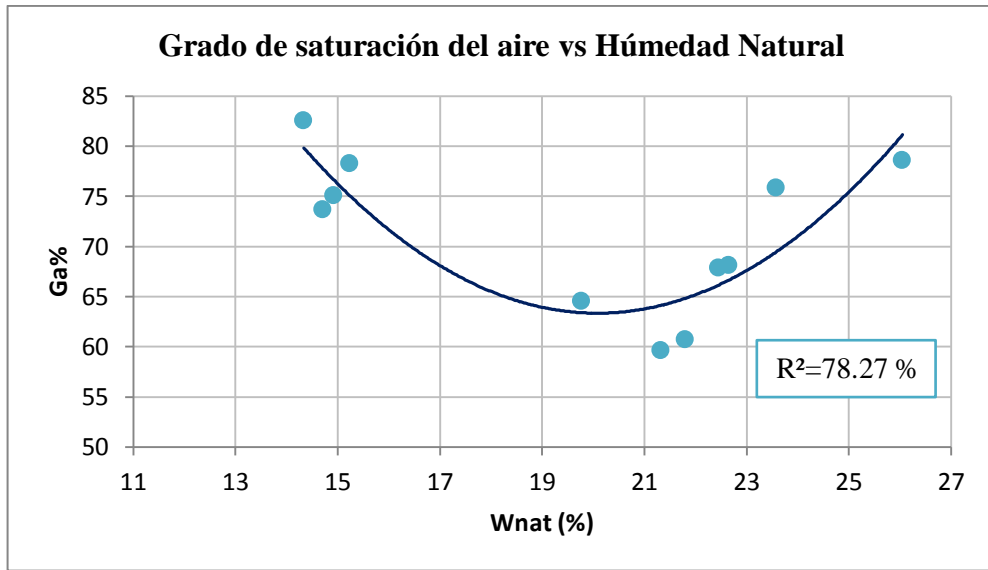


Figura 39: Correlación Ga% vs Wnat%

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Ecuación: $Ga = 0.499(W_{nat})^2 - 20.043(W_{nat}) + 264.6$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 78.27 \%$

Análisis e interpretación

La correlación que se obtuvo entre el contenido de Humedad Natural y el Grado de Saturación del aire es regular, ya que el coeficiente de correlación R^2 es 78.27 %, mismo que se obtuvo mediante una correlación polinómica simple de grado 2.

Existe una relación inversamente proporcional ya que a medida que aumenta el contenido de humedad el grado de saturación del aire disminuye, por ende la muestra del suelo presenta bajo contenido de aire pero esto no quiere decir que el suelo este compacto ya que esos espacios pueden estar ocupados por agua, esto se mantiene hasta que alcanza un contenido de humedad de 20% aproximadamente a partir de ese valor el grado de saturación del aire tiende a aumentar.

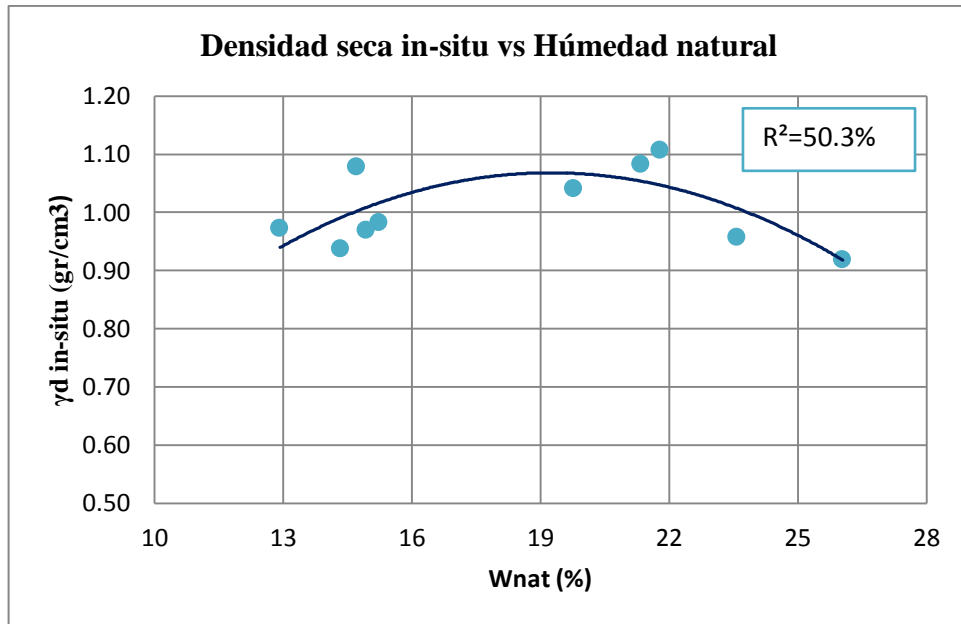


Figura 40: Correlación γ_d in – situ vs W_{nat}

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Ecuación: $\gamma_d \text{ in-situ} = -0.0032 (W_{nat})^2 + 0.1241 (W_{nat}) - 0.1252$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 50.3 \%$

Análisis e interpretación

La correlación que se obtuvo entre el contenido de Humedad Natural y la Densidad seca in-situ es mínima, ya que el coeficiente de correlación R^2 es 50.3 %, mismo que se obtuvo mediante una correlación polinómica simple de grado 2.

Existe una relación directamente proporcional ya que a medida que aumenta el contenido de humedad del mismo modo la densidad seca in-situ, esto se mantiene hasta que alcanza un contenido de humedad de 19% aproximadamente a partir de ese valor la densidad seca in-situ tiende a disminuir, lo que indica que a partir de este valor el suelo se vuelve menos denso y por lo tanto disminuye su densidad in-situ.

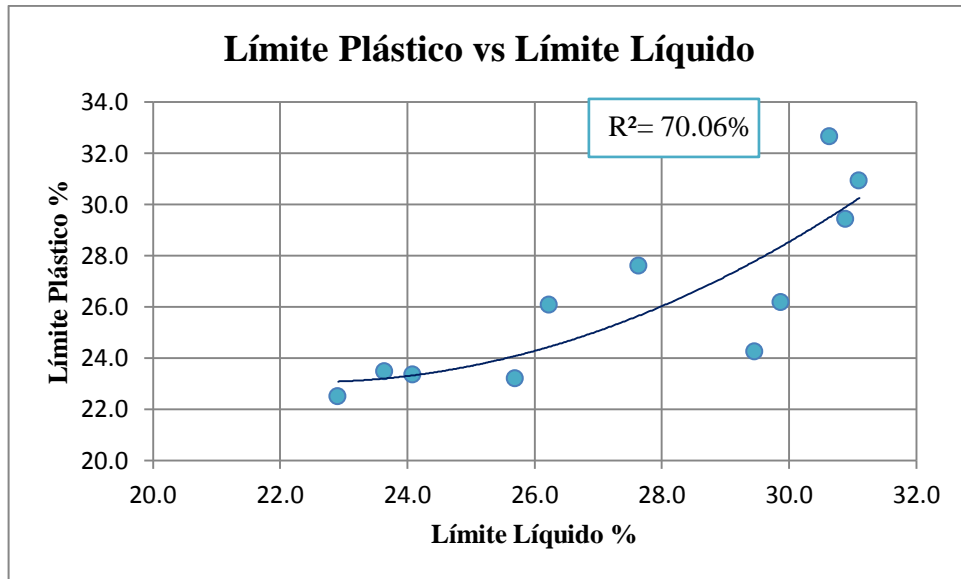


Figura 41: Correlación LP% vs LL%

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Ecuación: $LP = 0.0956 (LL)^2 - 4.2876 (LL) + 71.142$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 70.06 \%$

Análisis e interpretación

La correlación que se obtuvo entre el Límite Líquido y el Límite Plástico es regular, ya que el coeficiente de correlación R^2 es 70.06 %, mismo que se obtuvo mediante una correlación polinómica simple de grado 2.

Existe una relación directamente proporcional ya que a medida que aumenta el Límite Líquido del mismo modo el Límite Plástico, esto se debe a que el suelo necesita mayor cantidad de agua para llegar a su condición líquida, será igual para pasar de su estado sólido a plástico.

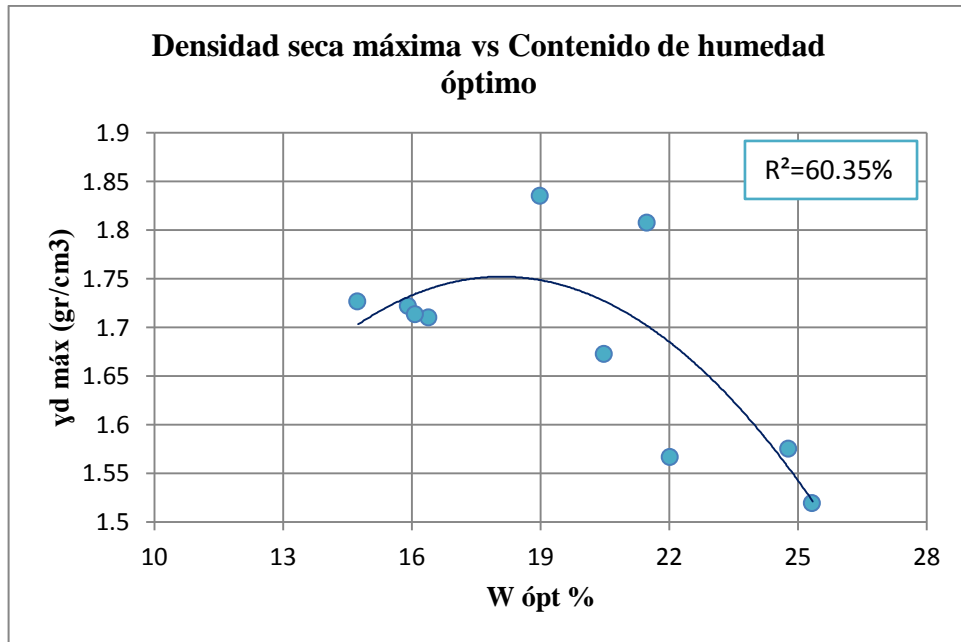


Figura 42: Correlación γ_d máx. Vs W ópt.

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Ecuación: $\gamma_d \text{ máx} = -0.0044(W \text{ ópt})^2 + 0.159(W \text{ ópt}) + 0.3138$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 60.35 \%$

Análisis e interpretación

La correlación que se obtuvo entre la Densidad seca máxima y el contenido de Humedad Óptimo es regular, ya que el coeficiente de correlación R^2 es 60.35 %, mismo que se obtuvo mediante una correlación polinómica simple de grado 2.

Existe una relación directamente proporcional ya que a medida que aumenta el contenido de Humedad óptimo, la Densidad seca máxima tiende a crecer, esto hasta que la humedad óptima alcanza un valor de 18% aproximadamente a partir de este valor la densidad seca máxima va disminuyendo, por tanto al superar el valor de 18% de humedad óptima el suelo empieza a estar sobresaturado de agua lo que hace que su densidad vaya disminuyendo.

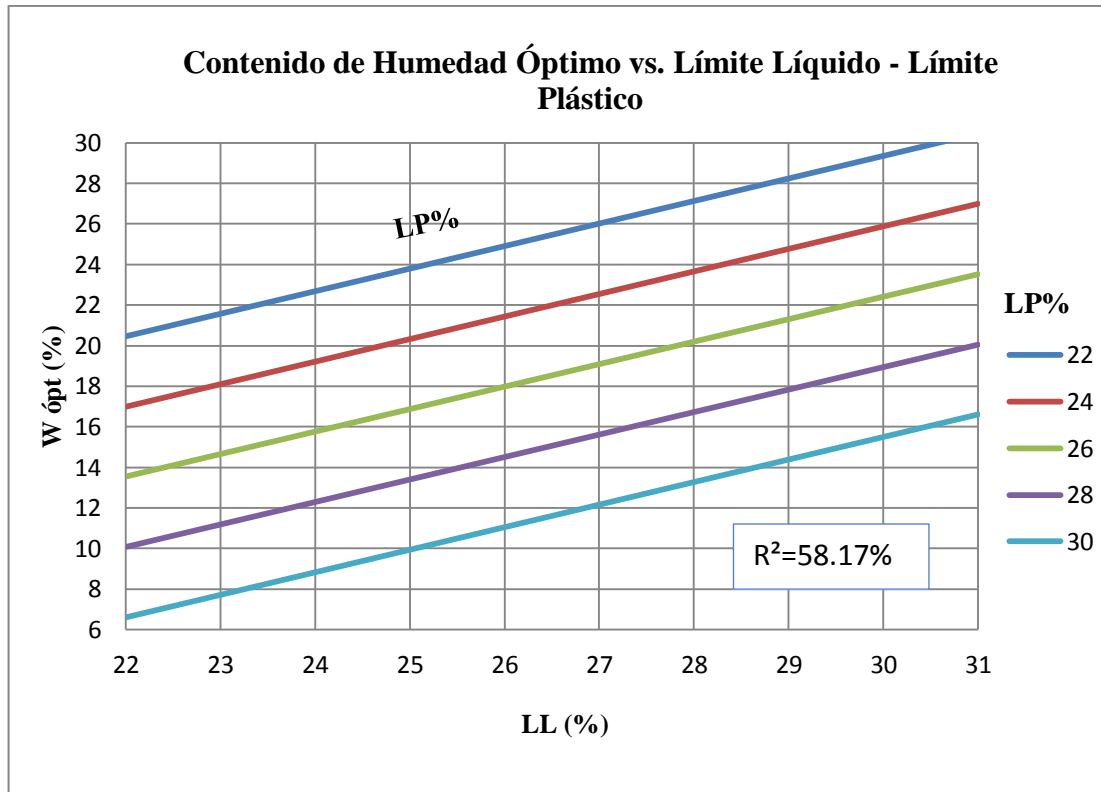


Figura 43: Correlación W ópt.(%) vs LL(%)-LP(%)

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Ecuación: $W \text{ ópt.} = 34.1313 + 1.1097LL - 1.7311LP$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 58.17 \%$

Análisis e interpretación

La correlación que se obtuvo entre el contenido de Humedad Óptimo, el Límite Líquido y el Límite Plástico es mínima, ya que el coeficiente de correlación R^2 es 58.17 %, mismo que se obtuvo mediante una correlación lineal entre 9 muestras.

Conservando el valor del LP% podemos observar que cuando aumenta el valor del LL% el contenido de humedad óptima también crece, manteniendo el valor del LL% constante podemos determinar que mientras el LP% crece el contenido de humedad óptima por su contrario disminuye.

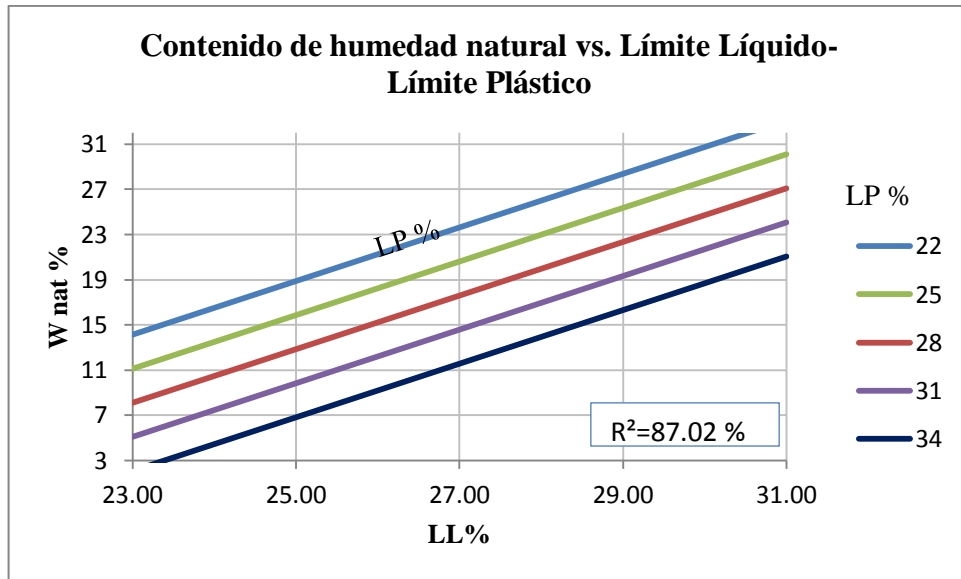


Figura 44: Correlación W_{nat} % vs. LL%-LP%

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Ecuación: $W_{nat} = -7.2711 + 2.3736LL - 1.5085LP$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 87.02 \%$

Análisis e interpretación

La correlación que se obtuvo entre la Humedad natural, el Límite Líquido y el Límite Plástico es aceptable, ya que el coeficiente de correlación R^2 es 87.02 %, mismo que se obtuvo mediante una correlación lineal entre 10 muestras.

Conservando el LL% con un valor constante, tenemos que mientras el LP% crece el valor del contenido de humedad natural decrece, conservando un valor constante de LP% tenemos que mientras aumenta el LL% del mismo modo aumenta el contenido de humedad natural, debido a ello el suelo necesita diferentes cantidades de agua para alcanzar sus estados tanto de estado líquido como de estado plástico.

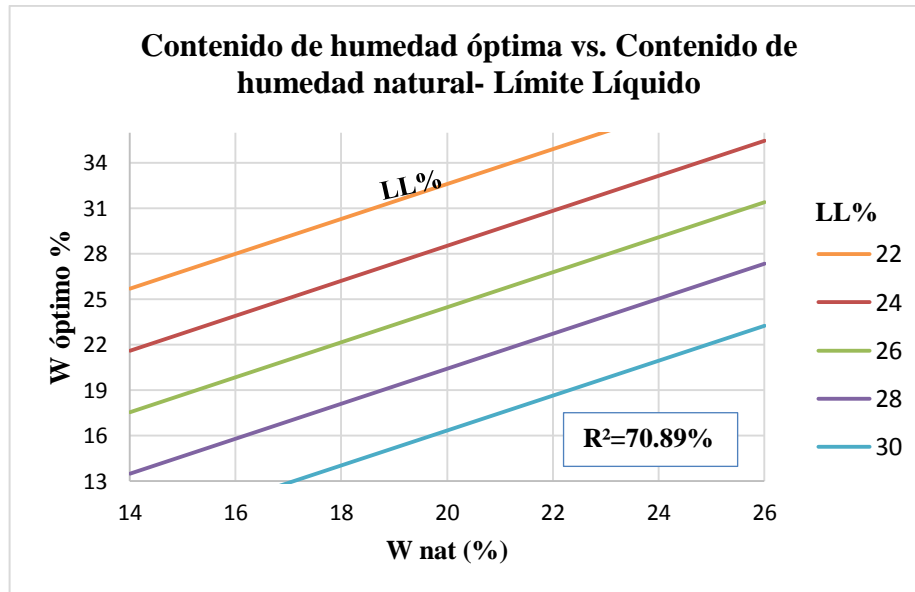


Figura 45: Correlación W ópt vs. Wnat % -LL%

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Ecuación: $W \text{ ópt} = 11.3938 + 51.482\text{Log}(Wnat) - 2.0322LL$

Coeficiente de correlación: $R^2 = 70.89 \%$

Análisis e interpretación

La correlación que se obtuvo entre el contenido de Humedad Óptimo, el contenido de humedad natural y el Límite Líquido es regular, ya que el coeficiente de correlación R^2 es 70.89 %, mismo que se obtuvo mediante una correlación logarítmica entre 9 muestras.

Manteniendo constante el valor de LL%, tenemos que el contenido de humedad natural y el óptimo son directamente proporcionales ya que si el uno crece el otro del mismo modo, esto debido a que si el suelo tiene una gran cantidad de agua en condiciones naturales al momento de encontrar el contenido de humedad óptimo el valor que se obtenga también será alto, conservando el Wnat% constante tenemos que el LL% y el contenido de humedad óptimo son inversamente proporcionales, ya que si el LL% crece el W óptimo disminuye.

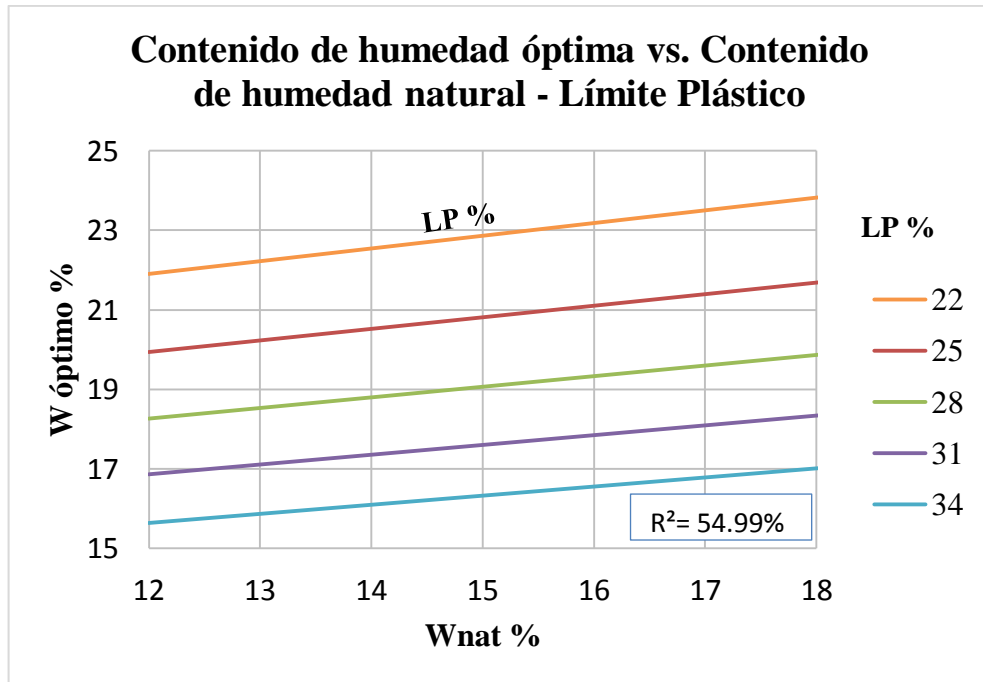


Figura 46: Correlación W ópt vs. Wnat % -LP%

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Ecuación: $W \text{ ópt} = 365.6996Wnat^{0.2407} \times LP^{-1.0869}$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 54.99 \%$

Análisis e interpretación

La correlación que se obtuvo entre el contenido de Humedad Óptimo, el contenido de humedad natural y el Límite Plástico es mínima, ya que el coeficiente de correlación R^2 es 54.99 %, mismo que se obtuvo mediante una correlación potencial entre 9 muestras.

Conservando el valor de LP% constante tenemos que Wnat% y Wópt tienen una relación directamente proporcional, manteniendo el valor de Wnat% constante, se observa que mientras el LP% aumenta el W ópt va disminuyendo, por consiguiente el suelo no necesita una gran cantidad de agua para alcanzar su estado de plasticidad.

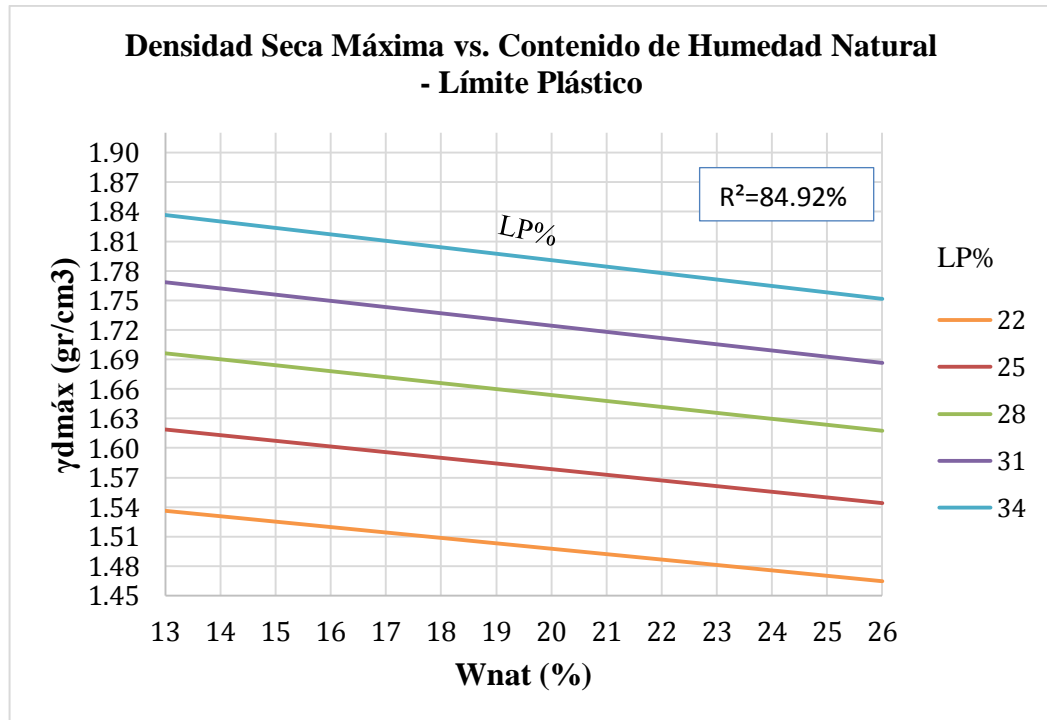


Figura 47: Correlación γ_d máx (gr/cm³) vs. Wnat % -LP%

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Ecuación: $\gamma_d \text{ máx} = 0.5143(Wnat)^{-0.0684} \times LP^{0.4107}$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 84.92 \%$

Análisis e interpretación

La correlación que se obtuvo entre la Densidad seca máxima, el contenido de Humedad natural y el Límite Plástico es aceptable, ya que el coeficiente de correlación R^2 es 84.92 %, mismo que se obtuvo mediante una correlación potencial entre 10 muestras.

Manteniendo un valor constante de LP%, se observa la densidad seca máxima y el Wnat tienen una relación inversamente proporcional, ya que a medida de que el uno aumenta el otro disminuye, por tanto el contenido de humedad natural del suelo ha superado su contenido de humedad óptima en consecuencia la densidad seca máxima disminuye, manteniendo un valor constante de Wnat% se tiene que mientras el LP% aumenta la densidad seca máxima del mismo modo.

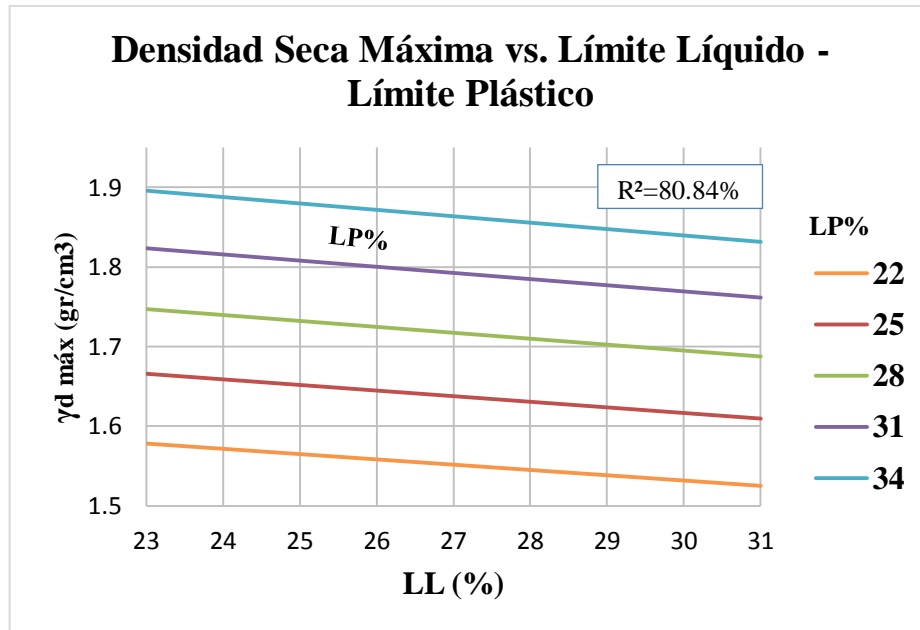


Figura 48: Correlación γ_d máx (gr/cm³) vs. LL % -LP%

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Ecuación: $\gamma_d \text{ máx} = 0.5803 \times LL^{-0.1188} \times LP^{0.4338}$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 80.84\%$

Análisis e interpretación

La correlación que se obtuvo entre la Densidad seca máxima, el Límite Líquido y el Límite Plástico es aceptable, ya que el coeficiente de correlación R^2 es 80.84 %, mismo que se obtuvo mediante una correlación potencial entre 10 muestras.

Manteniendo un valor constante de LP%, se observa que la densidad seca máxima y el LL% tienen una relación inversamente proporcional, ya que a medida de que el uno aumenta el otro disminuye, por ello el suelo necesita un contenido de humedad mayor que el contenido de humedad óptimo para poder alcanzar su estado líquido, al manteniendo un valor constante de LL% se tiene que mientras el LP% aumenta la densidad seca máxima crece.

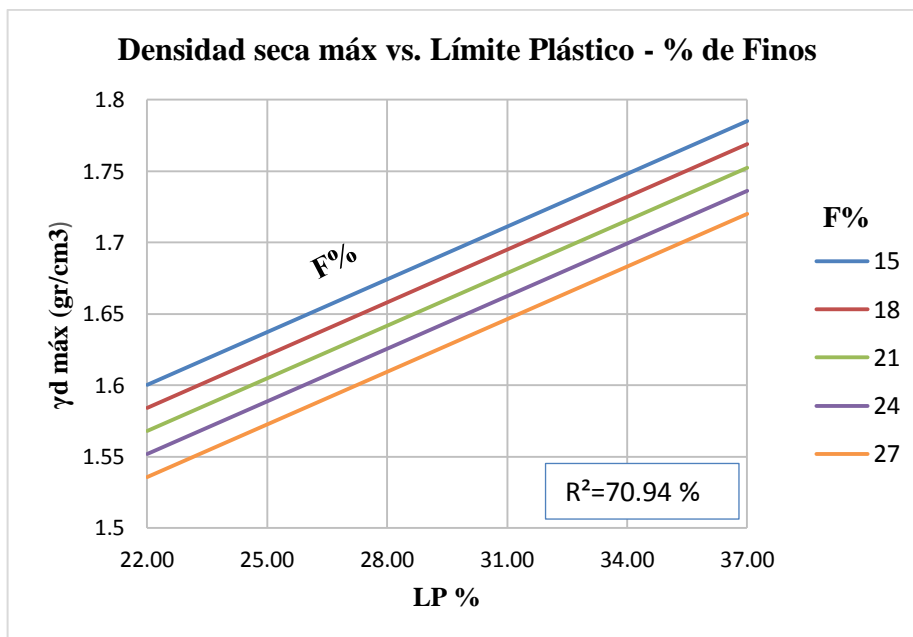


Figura 49: Correlación γ_d máx (gr/cm³) vs. LP % -F%

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Ecuación: $\gamma_d \text{ máx} = 0.5832 + 0.8178 \text{ Log(LP)} - 0.0054 \times F$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 70.94 \%$

Análisis e interpretación

La correlación que se obtuvo entre la Densidad seca máxima, Límite Plástico y el porcentaje de Finos es regular, ya que el coeficiente de correlación R^2 es 70.94 %, mismo que se obtuvo mediante una correlación logarítmica entre 11 muestras.

Existe una relación inversamente proporcional entre el %F y la densidad seca máx. Ya que a medida que aumenta el porcentaje de finos la Densidad seca máxima tiende a decrecer, debido a que si se incrementa la cantidad de finos el suelo se volvería un suelo cohesivo presentando una resistencia menor. Mientras que entre LP% y la densidad seca máxima existe una relación directamente proporcional.

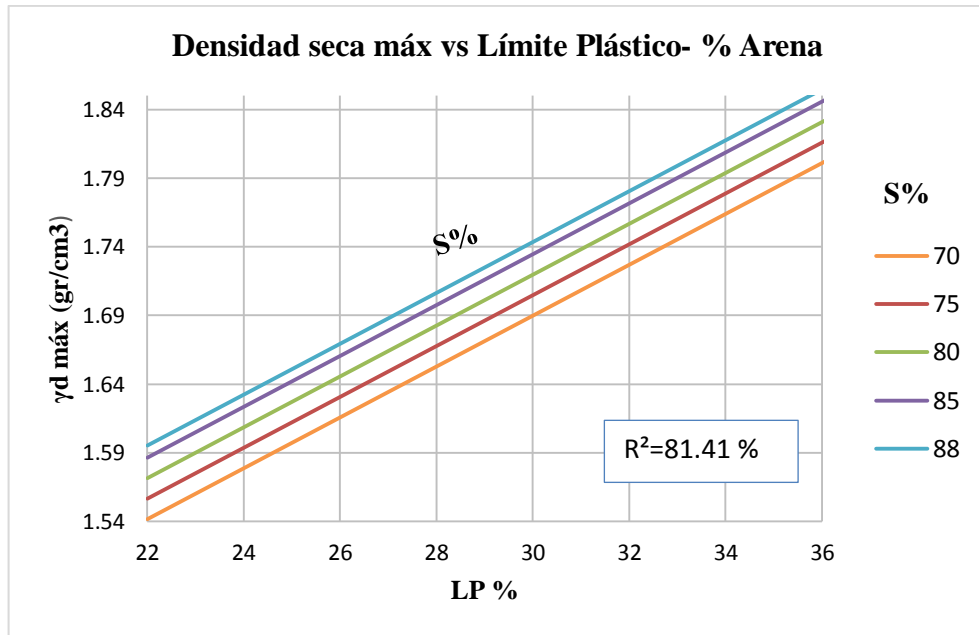


Figura 50: Correlación γ_d máx (gr/cm³) vs. LP % -S%

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Ecuación: $\gamma_d \text{ máx} = -0.3212 + 1.2324 \text{ Log(LP)} + 0.0024S$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 81.41 \%$

Análisis e interpretación

La correlación que se obtuvo entre la Densidad seca máxima y el límite plástico- % de arena es aceptable ya que el coeficiente de correlación R^2 es 81.41 %, mismo que se obtuvo mediante una correlación logarítmica entre 10 muestras.

Existe una relación directamente proporcional entre las 3 variables, de Límite Plástico, porcentaje de arena y la densidad seca máxima. Se observa que mientras mayor sea el porcentaje de arena la densidad seca máxima será mayor.

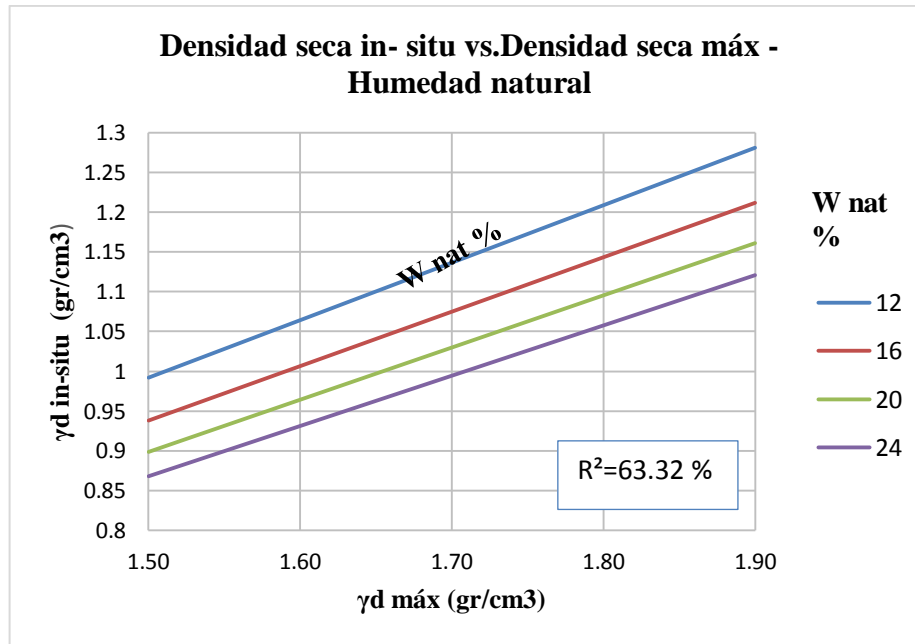


Figura 51: Correlación γ_d in-situ (gr/cm³) vs. γ_d máx(gr/cm³) - Wnat %

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Ecuación: $\gamma_d \text{ in-situ} = 1.0308 \times \gamma_d \text{ máx}^{1.0824} \times W_{\text{nat}}^{-0.1922}$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 63.32 \%$

Análisis e interpretación

La correlación que se obtuvo entre la Densidad seca in-situ y la Densidad seca máxima y el contenido de Humedad natural es regular, ya que el coeficiente de correlación R^2 es 63.32 %, mismo que se obtuvo mediante una correlación potencial entre 9 muestras.

Si se mantiene el valor de la densidad seca máxima constante, se observa que existe una relación inversamente proporcional entre la densidad seca in-situ y el contenido de humedad natural, ya que a medida que aumenta el contenido de Humedad natural la Densidad seca in-situ tiende a decrecer, debido a que al aumentar el contenido de humedad el suelo se vuelve menos denso y su densidad disminuye.

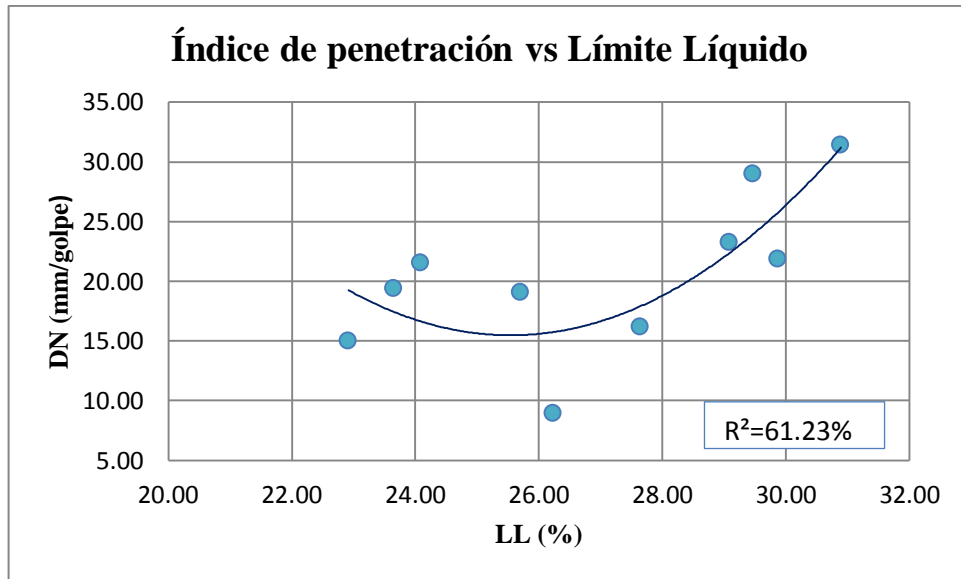


Figura 52: Correlación DN (mm/golpe) vs LL%

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Ecuación: $DN = 0.5483LL^2 - 28.007LL + 373.14$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 61.23 \%$

Análisis e interpretación

La correlación que se obtuvo entre el índice de penetración y el límite líquido es regular, ya que el coeficiente de correlación R^2 es 61.23 %, mismo que se obtuvo mediante una correlación polinómica simple de grado 2.

Existe una relación inversamente proporcional ya que a medida que aumenta el límite líquido el índice de penetración disminuye, esto se mantiene hasta que alcanza un límite líquido 25% aproximadamente a partir de ese valor el índice de penetración tiende a aumentar. Se observa que al necesitar mayor contenido de humedad para alcanzar el límite líquido el índice de penetración irá aumentando como consecuencia su resistencia será menor.

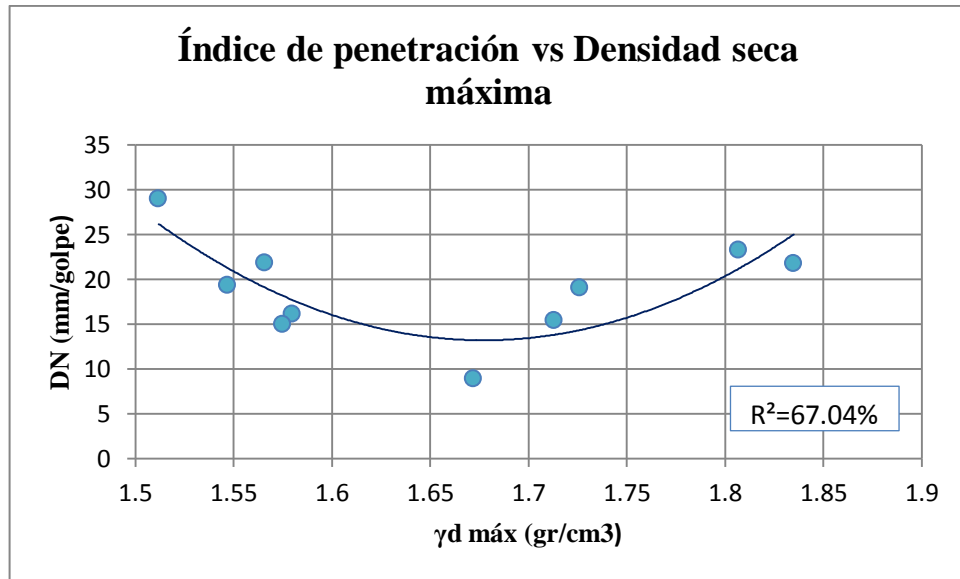


Figura 53: Correlación DN (mm/golpe) vs γ_d máx (gr/cm³)

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Ecuación: $DN = 457.31\gamma_d\text{máx}^2 - 1594.5\gamma_d\text{máx} + 1350.3$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 67.04\%$

Análisis e interpretación

La correlación que se obtuvo entre el índice de penetración y la densidad seca máxima es regular, ya que el coeficiente de correlación R^2 es 67.04 %, mismo que se obtuvo mediante una correlación polinómica simple de grado 2.

Existe una relación inversamente proporcional ya que a medida que disminuye el índice de penetración, la densidad seca máxima aumenta, esto se mantiene hasta que alcanza una densidad seca máxima de 1.67 (gr/cm³) aproximadamente a partir de ese valor el índice de penetración tiende a aumentar.

Como consecuencia se tiene que mientras mayor sea la densidad seca máxima y menor el índice de penetración la resistencia del suelo resultará más alta.

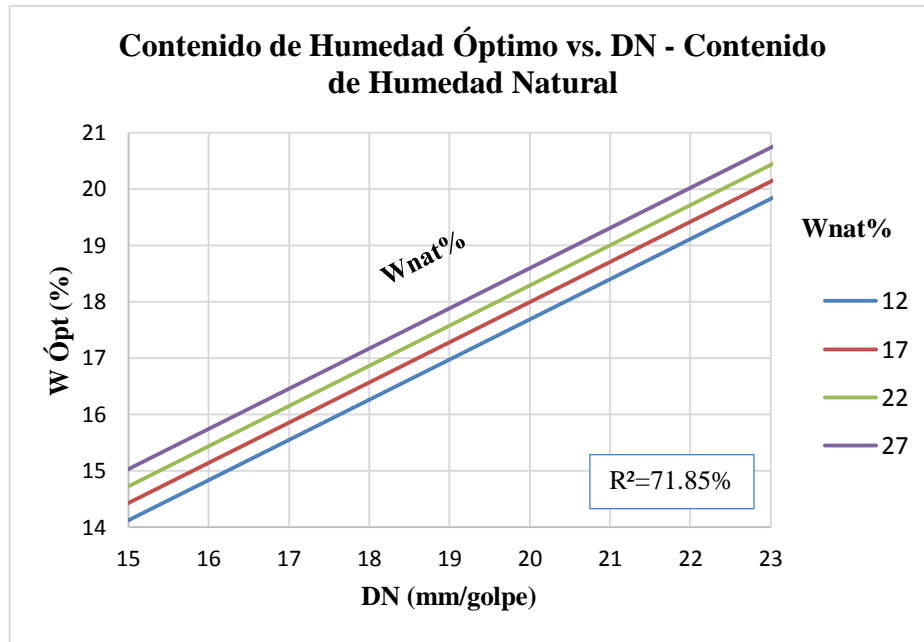


Figura 54: Correlación Wópt vs. DN (mm/golpe)-Wnat%

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Ecuación: $W_{\text{Ópt}} = 2.6975 + 0.7134DN + 0.0602W_{\text{nat}}$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 71.85 \%$

Análisis e interpretación

La correlación que se obtuvo entre el contenido de humedad óptima y DN-humedad natural es regular, ya que el coeficiente de correlación R^2 es 71.85 %, mismo que se obtuvo mediante una correlación lineal entre 9 muestras.

Existe una relación directamente proporcional entre las tres variables, por lo tanto si aumenta el índice de penetración DN aumentara el contenido de humedad natural y óptima del suelo. Se observa que si el suelo presenta un contenido de humedad alto el índice de penetración también va a ser alto, teniendo una resistencia menor, ya que el agua empezaría a sustituir a las partículas de suelo.

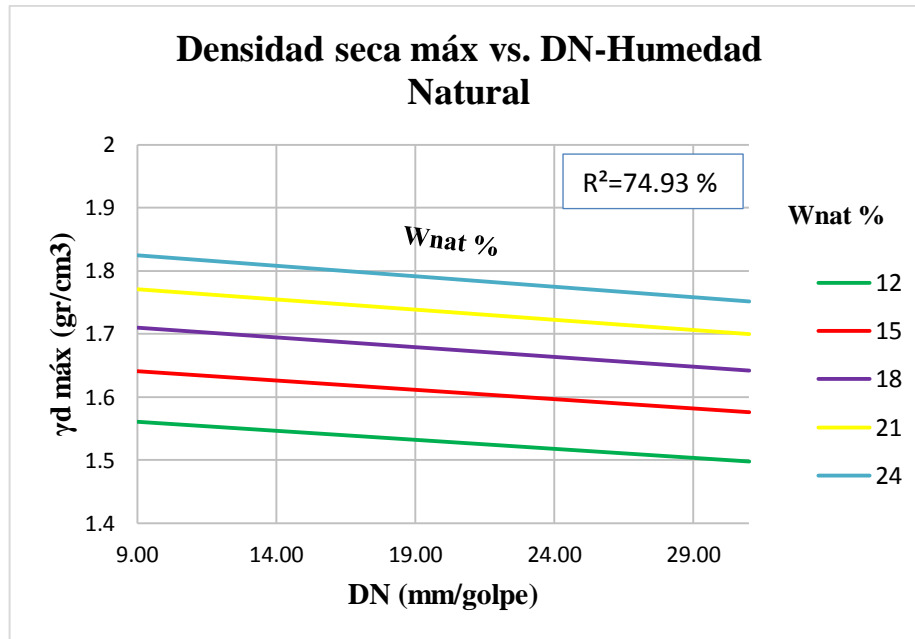


Figura 55: Correlación γ_d máx (gr/cm³) vs. DN (mm/golpe)-Wnat%

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

$$\text{Ecuación: } \gamma_{d\text{máx}} = 0.9568\text{DN}^{-0.0329} \times \text{Wnat}^{0.2259}$$

Coeficiente de correlación: $R^2 = 74.93 \%$

Análisis e interpretación

La correlación que se obtuvo entre la Densidad seca máxima, el DN y el contenido de humedad natural es regular, ya que el coeficiente de correlación R^2 es 74.93 %, mismo que se obtuvo mediante una correlación potencial entre 9 muestras.

Manteniendo un valor constante del contenido de humedad natural, se tiene que cuando el valor del DN crece la densidad seca máxima disminuye y si se mantiene el valor del DN constante se tiene que existe una relación inversamente proporcional entre el contenido de humedad natural y la densidad seca máx.

En consecuencia cuando el índice de penetración del suelo crece la resistencia del suelo decrece y a la vez al aumentar el contenido de humedad del suelo esto se vuelve menos denso.

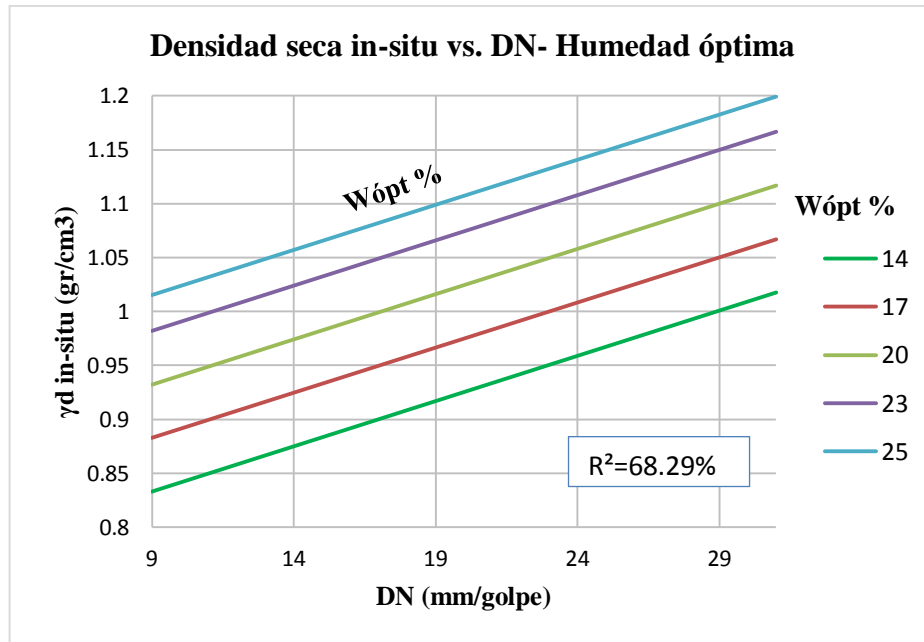


Figura 56: Correlación γ_d in-situ (gr/cm³) vs. DN (mm/golpe)-Wópt%

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Ecuación: $\gamma_d \text{ in-situ} = 0.52599 + 0.0084DN + 0.0165W_{\text{ópt}}$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 68.29 \%$

Análisis e interpretación

La correlación que se obtuvo entre la Densidad seca in-situ, el DN y el contenido de humedad óptimo es aceptable, ya que el coeficiente de correlación R^2 es 68.29 %, mismo que se obtuvo mediante una correlación lineal entre 9 muestras.

Manteniendo un valor constante del DN, existe una relación directamente proporcional entre la densidad seca in-situ y el contenido de humedad óptimo y si se mantiene el valor del Wópt constante se tiene que existe una relación directamente proporcional entre la densidad seca in-situ y el índice de penetración.

Se observa que al ser mayor su contenido de humedad el índice de penetración es mayor, es decir la resistencia del suelo sea menor debido a que existe mayor cantidad de agua que de partículas de suelo.

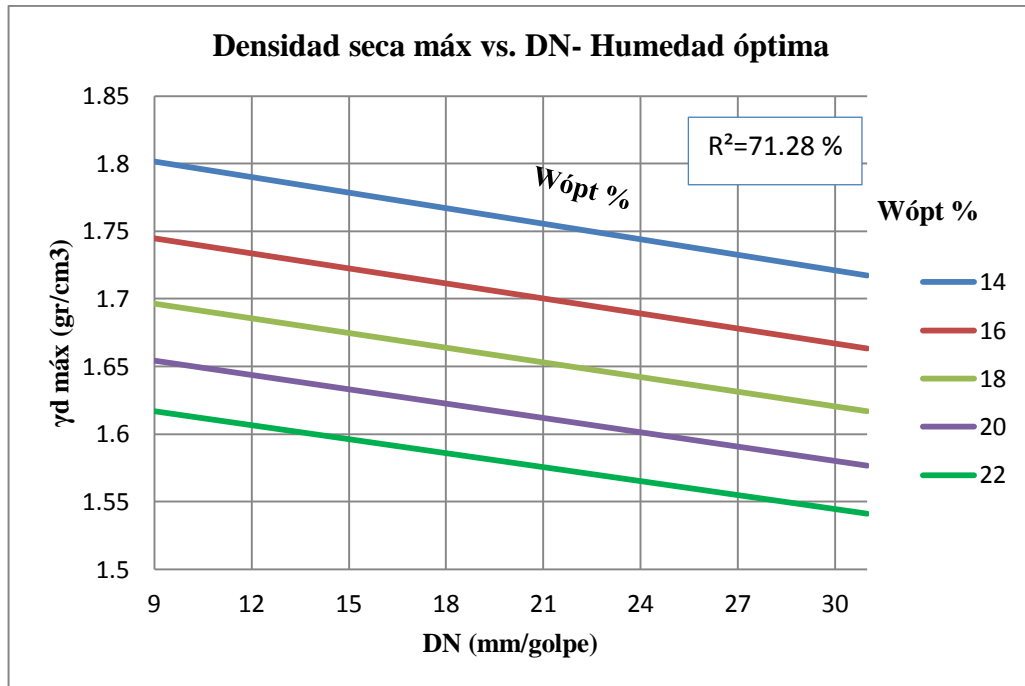


Figura 57: Correlación γ_d máx (gr/cm³) vs. DN (mm/golpe) - $W_{\text{ópt}} \%$

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Ecuación: $\gamma_{d\text{máx}} = 3.691 \times \text{DN}^{-0.0389} \times W_{\text{ópt}}^{-0.2394}$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 71.28 \%$

Análisis e interpretación

La correlación que se obtuvo entre la Densidad seca máxima, el DN y el contenido de humedad óptimo es regular, ya que el coeficiente de correlación R^2 es 71.28 %, mismo que se obtuvo mediante una correlación potencial entre 10 muestras.

Manteniendo un valor constante de humedad óptima existe una relación inversamente proporcional entre el DN y la densidad seca máxima y si se mantiene el valor del DN constante se tiene que existe una relación inversamente proporcional entre el contenido de humedad óptimo y la densidad seca máxima.

Se observa que un valor alto del índice de penetración significará una resistencia menor del suelo por ende una densidad seca máxima menor a la vez al aumentar el contenido de humedad se reitera que la densidad máxima disminuirá.

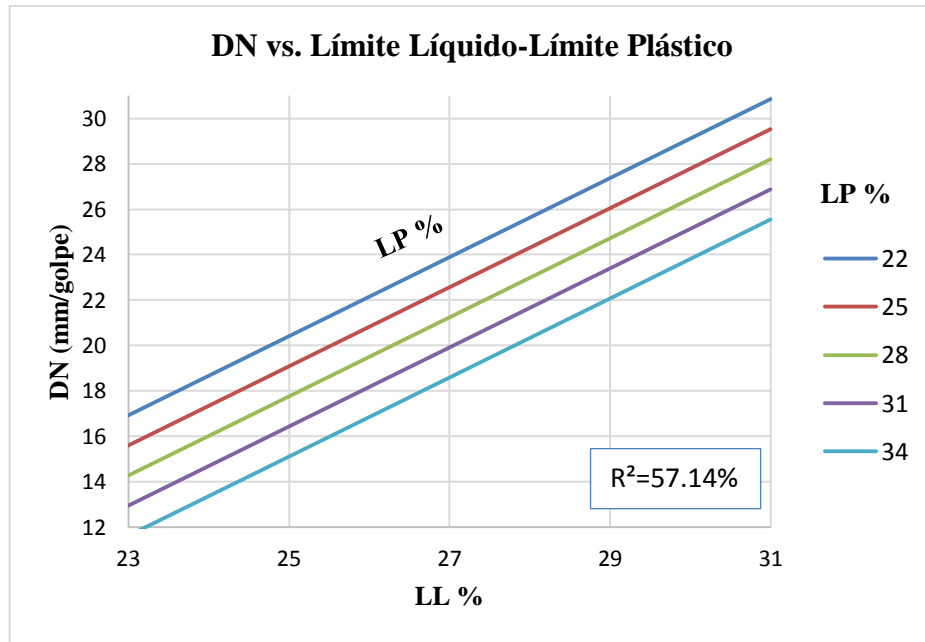


Figura 58: Correlación DN (mm/golpe) vs. LL % -LP%

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Ecuación: $DN = -13.4743 + 1.7417LL - 0.4399LP$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 57.14 \%$

Análisis e interpretación

La correlación que se obtuvo entre el DN, el Límite Líquido y Límite Plástico es mínima, ya que el coeficiente de correlación R^2 es 57.14 %, mismo que se obtuvo mediante una correlación lineal entre 9 muestras.

Manteniendo un valor constante de LP%, existe una relación directamente proporcional entre el límite líquido y el índice de penetración DN, es decir se necesita menor LL% para que exista una mayor resistencia en suelo, y si se mantiene el valor del LL% constante se tiene que existe una relación inversamente proporcional entre el Límite Plástico y el DN.

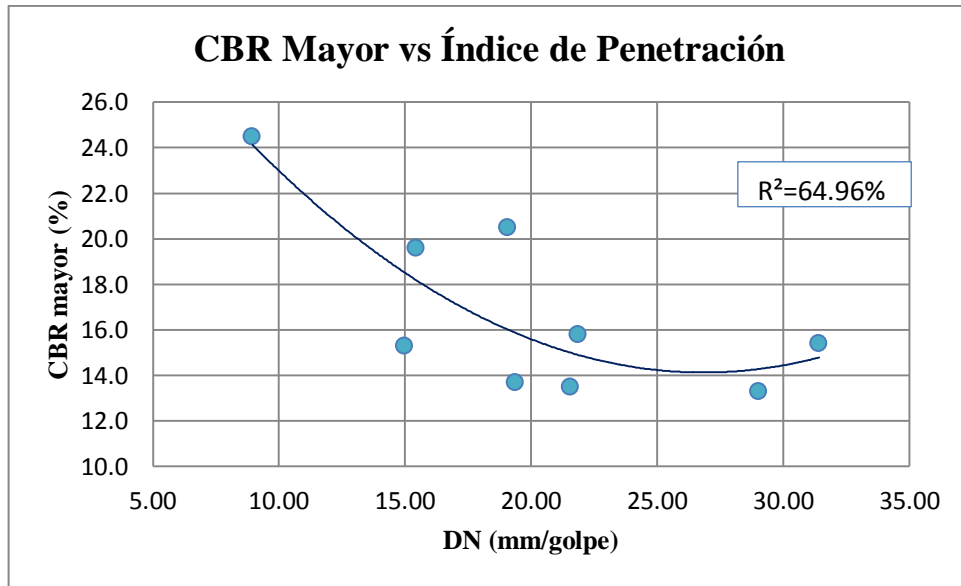


Figura 59: Correlación CBR Mayor (%) vs DN (mm/golpe)

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Ecuación: $CBR Mayor = 0.0313DN^2 - 1.6782DN + 36.637$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 64.96 \%$

Análisis e interpretación

La correlación que se obtuvo entre el índice de penetración y el CBR mayor es regular, ya que el coeficiente de correlación R^2 es 64.96 %, mismo que se obtuvo mediante una correlación polinómica simple de grado 2.

Existe una relación inversamente proporcional ya que a medida que aumenta el CBR mayor el índice de penetración disminuye, esto se mantiene hasta que alcanza un índice de penetración de 27 (mm/golpe) aproximadamente a partir de ese valor el índice de penetración tiende a aumentar. En consecuencia mientras menor sea el valor del índice de penetración mejor será la resistencia que presente el suelo.

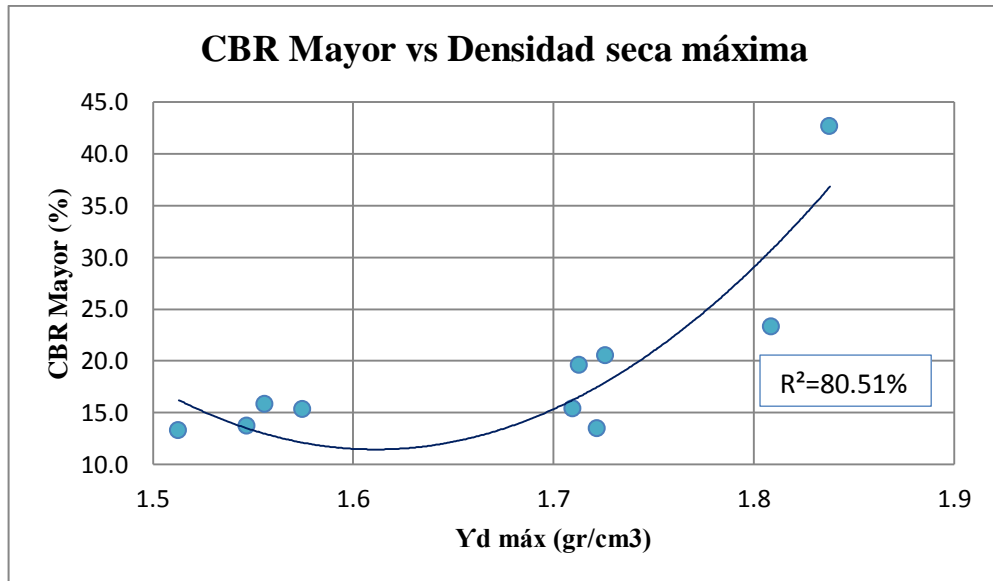


Figura 60: Correlación CBR Mayor (%) vs γ_d máx (gr/cm³)

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Ecuación: $CBR Mayor = 493.66 (\gamma_d máx)^2 - 1590.8 \gamma_d máx + 1293$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 80.51 \%$

Análisis e interpretación

La correlación que se obtuvo entre el CBR mayor y la densidad seca máxima es aceptable, ya que el coeficiente de correlación R^2 es 80.51 %, mismo que se obtuvo mediante una correlación polinómica simple de grado 2.

Existe una relación directamente proporcional ya que a medida que aumenta la densidad seca máxima el CBR mayor del mismo modo, esto debido a que mientras mayor sea la densidad seca del suelo mayor será su resistencia.

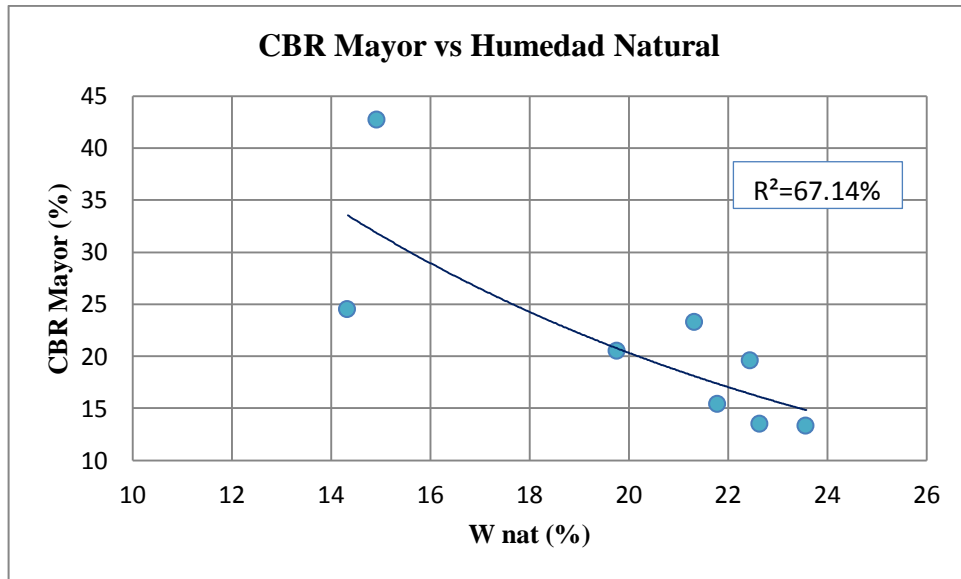


Figura 61: Correlación CBR Mayor (%) vs Wnat(%)

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Ecuación: $CBR Mayor = 118.96e^{-0.088Wnat}$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 67.14 \%$

Análisis e interpretación

La correlación que se obtuvo entre el CBR Mayor y el contenido de humedad natural es regular, ya que el coeficiente de correlación R^2 es 67.14 %, mismo que se obtuvo mediante una correlación exponencial simple.

Existe una relación inversamente proporcional ya que a medida que disminuye el CBR mayor, el contenido de humedad natural aumenta, esto es debido a que entre mayor cantidad de agua contenga el suelo su resistencia será menor.

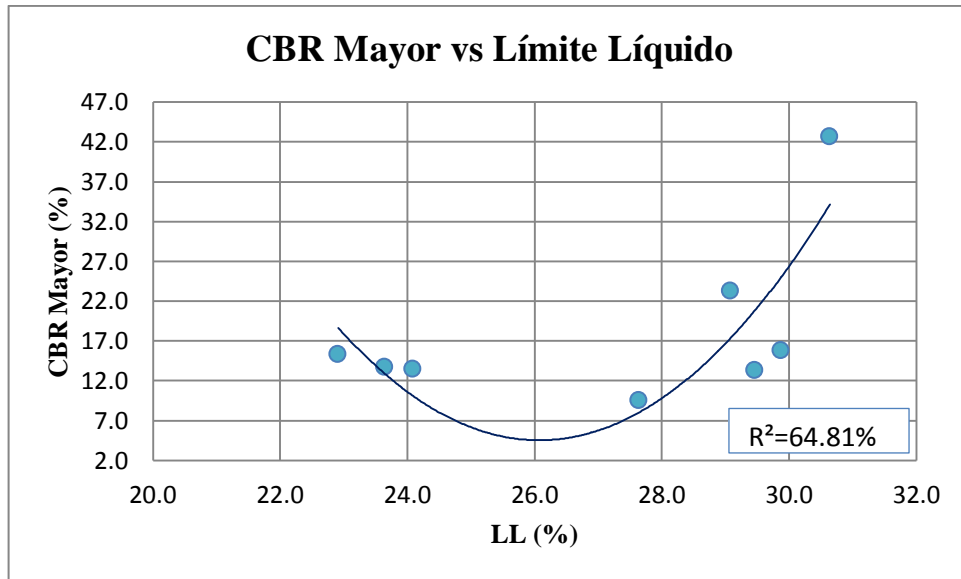


Figura 62: Correlación CBR Mayor (%) vs LL (%)

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Ecuación: $CBR Mayor = 1.4169LL^2 - 73.884LL + 967.68$

Coeficiente de correlación: $R^2 = 64.81\%$

Análisis e interpretación

La correlación que se obtuvo entre el CBR mayor y el límite líquido es regular, ya que el coeficiente de correlación R^2 es 64.81 %, mismo que se obtuvo mediante una correlación polinómica simple de grado 2.

Existe una relación inversamente proporcional ya que a medida que disminuye el CBR mayor, el límite líquido aumenta, esto se mantiene hasta que alcanza un límite líquido de 26% aproximadamente a partir de ese valor el CBR mayor tiende a aumentar.

Se observa que el suelo necesita un valor mayor de límite líquido por tanto mayor contenido de humedad para alcanzar una resistencia alta.

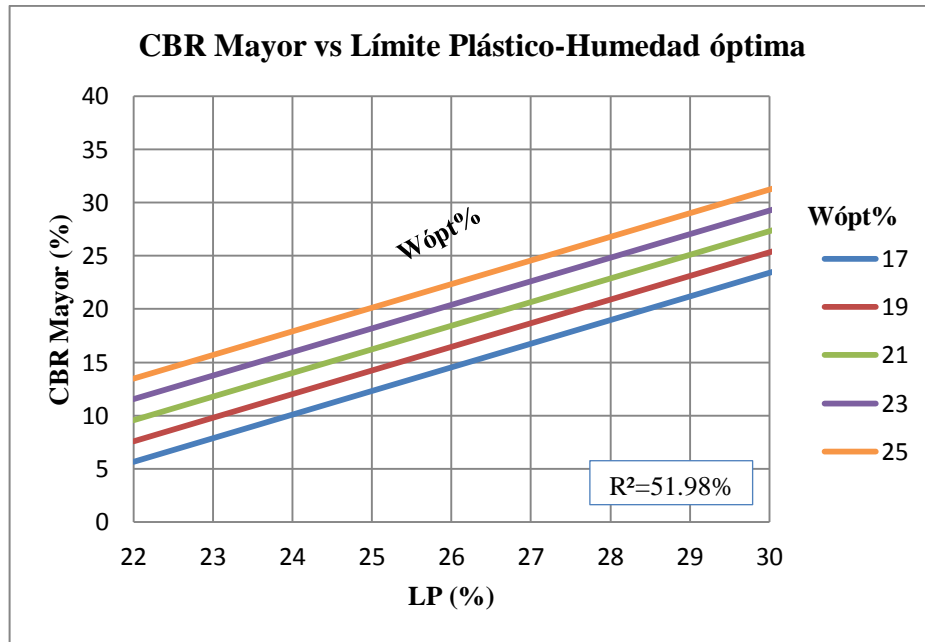


Figura 63: Correlación CBR Mayor (%) vs LP (%) - Wópt(%)

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Ecuación: $CBR Mayor = -59.792 + 2.2175LP + 0.9795Wópt$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 51.98\%$

Análisis e interpretación

La correlación que se obtuvo entre el CBR mayor y el límite plástico y el contenido de humedad óptimo es mínima, ya que el coeficiente de correlación R^2 es 51.98 %, mismo que se obtuvo mediante una correlación lineal entre 10 muestras.

Existe una relación directamente proporcional entre las tres variables ya que a medida que aumenta el CBR mayor, el límite plástico y el contenido de humedad óptima también aumenta. En consecuencia mientras mayor sea el contenido de agua que el suelo necesita para alcanzar su estado líquido mayor será su contenido de humedad óptimo para alcanzar resistencias más altas.

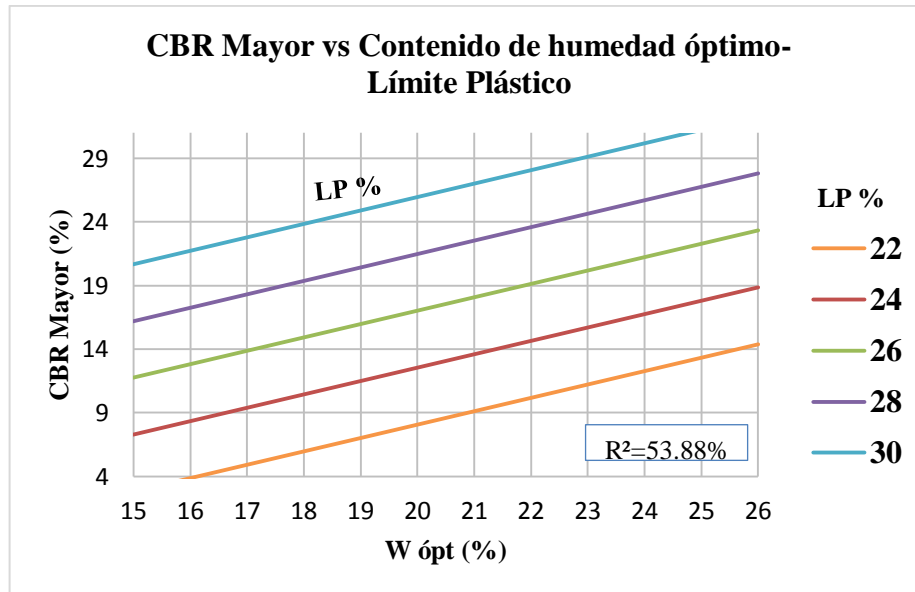


Figura 64: Correlación CBR Mayor (%) vs Wópt (%) - LP (%)

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Ecuación: $CBR Mayor = -103.4291 + 48.5335 \log(W_{\text{ópt}}) + 2.2344 LP$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 53.88 \%$

Análisis e interpretación

La correlación que se obtuvo entre el CBR mayor, el contenido de humedad óptimo y el límite plástico es mínima, ya que el coeficiente de correlación R^2 es 53.88%, mismo que se obtuvo mediante una correlación logarítmica de 10 muestras.

Existe una relación directamente proporcional entre las tres variables, es decir si el contenido de humedad óptima aumenta el límite plástico y el CBR también aumentarían, cabe recalcar que el límite plástico no tiene mucha incidencia en cuanto al CBR.

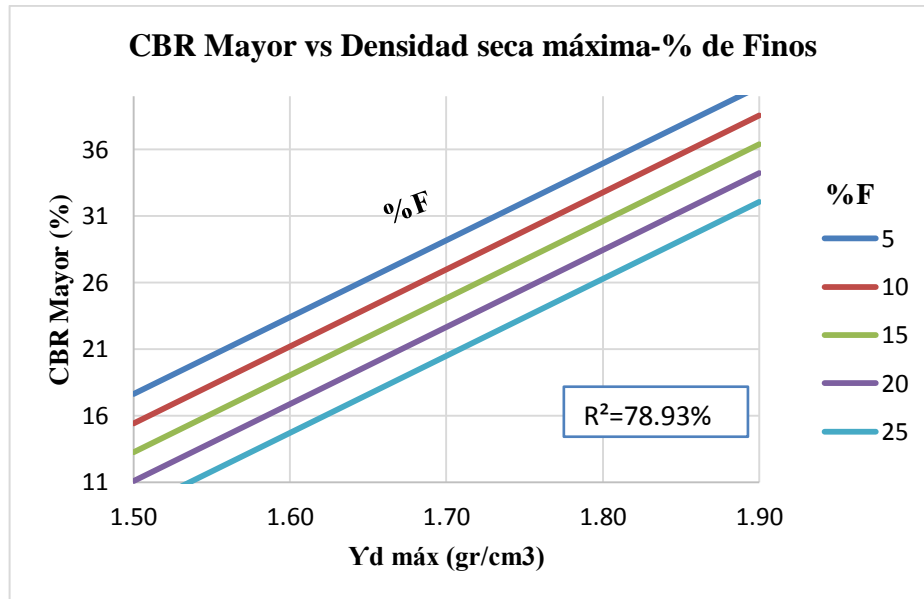


Figura 65: Correlación CBR Mayor (%) vs γ_d máx (gr/cm³)-F (%)

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Ecuación: $\text{CBR Mayor} = -66.9024 + 57.7797\gamma_{d\text{máx}} - 0.4337F$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 78.93 \%$

Análisis e interpretación

La correlación que se obtuvo entre el CBR mayor, la densidad seca máxima y el porcentaje de finos es aceptable, ya que el coeficiente de correlación R^2 es 78.93 %, mismo que se obtuvo mediante una correlación lineal con 10 muestras.

Si se mantiene constante el valor del porcentaje de finos, se observa que existe una relación directamente proporcional entre la densidad seca máxima y el CBR. Es decir mientras más alta sea su densidad seca máxima mayor será la resistencia que presente el suelo ya que este suelo se encuentra compacto.

Se observa que al incrementar el porcentaje de finos la resistencia del suelo disminuye, esto se debe a que al aumentar el porcentaje de finos el suelo se volvería cohesivo reduciendo así su resistencia.

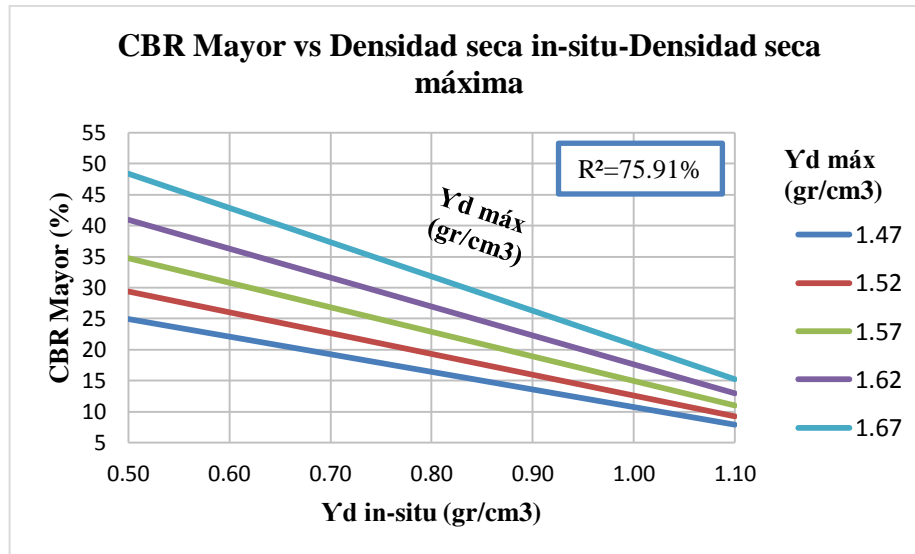


Figura 66: Correlación CBR Mayor (%) vs γ_d in-situ (gr/cm³)- γ_d máx (gr/cm³)

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Ecuación: $CBR Mayor = 0.4986 \times e^{-1.9197\gamma_d \text{ in-situ}} \times e^{3.3142\gamma_d \text{ máx}}$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 75.91 \%$

Análisis e interpretación

La correlación que se obtuvo entre el CBR mayor, la densidad seca in situ y la densidad seca máxima es regular, ya que el coeficiente de correlación R^2 es 75.91 %, mismo que se obtuvo mediante una correlación exponencial con 11 muestras.

Si se mantiene constante el valor de la densidad seca máxima, se observa que existe una relación inversamente proporcional entre la densidad seca in-situ y el CBR, mientras que si se mantiene constante el valor de la densidad seca in-situ se observa que cuando la densidad seca máxima aumente la resistencia del suelo del mismo modo aumentará.

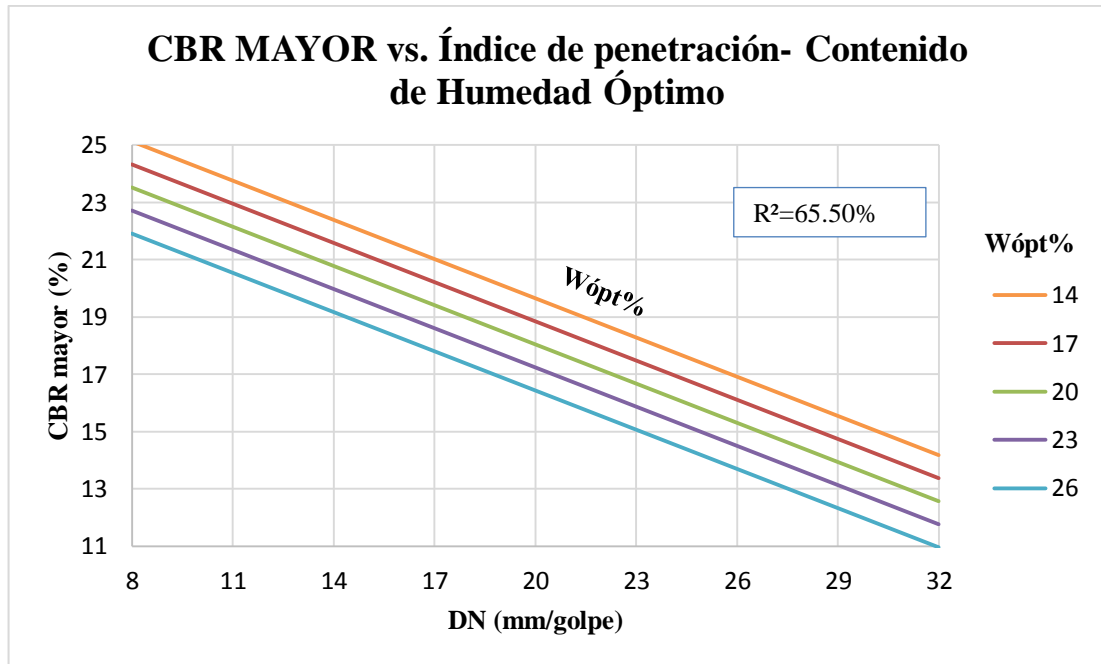


Figura 67: Correlación CBR Mayor (%) vs DN (mm/golpe)-Wópt (%)

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Ecuación: $CBR Mayor = 45.3403 - 18.1935 \log(DN) - 0.2694Wópt$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 65.50 \%$

Análisis e interpretación

La correlación que se obtuvo entre el CBR mayor, el índice de penetración y el contenido de humedad óptimo es regular, ya que el coeficiente de correlación R^2 es 65.50 %, mismo que se obtuvo mediante una correlación logarítmica entre 9 muestras.

Existe una relación inversamente proporcional entre el DN y el CBR, ya que a medida que aumenta el DN el CBR mayor va disminuyendo, la gráfica muestra que mientras mayor sea el contenido de humedad óptimo del suelo menor será su resistencia.

Se observa que mientras mayor sea el valor del índice de penetración menor será la resistencia que el suelo presente.

3.2 Verificación de la Hipótesis

Una vez concluida con la investigación se acepta la hipótesis planteada ya que las correlaciones entre el CBR, las propiedades índice y mecánicas de los suelos obtenidos de las parroquias Yanayacu y Rumipamba del cantón Quero, Provincia de Tungurahua, lograron obtener un valor de coeficiente de correlación mayor al 50% propuesto, por lo cual se considera que tienen un alto grado de confiabilidad.

3.3 Diseño estructural del pavimento flexible AASHTO 93

3.3.1 Conteo Vehicular

El número de vehículos que transitan en la vía “La Dolorosa – Yanayacu Centro” se cuantificara mediante la determinación del TPDA, el cual se realizó el día martes 19 de Enero del 2021, con un periodo de duración de 12 horas desde las 6:00 am hasta las 18:00 pm en intervalos de 15 min.

Tabla 35: Tabla Conteo Vehicular Hora Pico

Hora	Livianos	Buses	Camiones	Total
6:00- 6:15	4	0	0	4
6:15 - 6:30	7	0	1	8
6:30 - 6: 45	4	0	2	6
6:45 - 7:00	8	0	1	9
Total	23	0	4	27
%	85.19	0.00	14.81	100

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Como resultado del TPDA se obtuvo que la hora pico fuera desde las 6:00-7:00 am, por lo tanto se trabaje con el volumen vehicular de dicha hora.

El volumen vehicular es de 27 vehículos en total distribuidos de la siguiente manera para vehículos livianos es de 85.19%, para buses 0% y finalmente para camiones es de 14.82%.

- **FACTOR DE HORA PICO**

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

$$FHP = \frac{27 \text{ vehículos}}{4 * (9 \text{ vehículos})}$$

$$FHP = 0.75$$

Porcentaje de la trigésima hora

La vía para la cual se pretende realizar el diseño de pavimento es rural, por lo tanto se usa el 15% que es el porcentaje recomendado por el MTOP y el factor de hora pico se asume un valor de 1.

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

Livianos

$$TPDA = \frac{23 * 1}{0.15} = 153 \text{ Vehículos /Día}$$

Buses

$$TPDA = \frac{0 * 1}{0.15} = 0 \text{ Vehículos /Día}$$

Camiones

$$TPDA = \frac{4 * 1}{0.15} = 27 \text{ Vehículos /Día}$$

- **TPDA actual**

TPDA (actual)= TPDA (livianos)+ TPDA (buses)+ TPDA (camiones)

TPDA (actual)= 153 Vehículos /Día +0 Vehículos /Día + 27 Vehículos /Día

TPDA (actual)= 180 Vehículos /día

Tráfico vehicular promedio en el primer año

Tabla 36: Tasa de crecimiento vehicular

Tasa de Crecimiento de Tráfico (%)			
Período	Livianos	Buses	Camiones
2010 -2015	4.47	2.22	2.18
2015 -2020	3.97	1.97	1.94
2020 - 2025	3.57	1.78	1.74
2025-2040	3.25	1.62	1.58

Fuente: Norma de Diseño Geométrico de Carreteras MOP 2003.

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

- **TPDA (1º año)**

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

Livianos

$$TPDA (1^\circ \text{año}) = 153 \times (1 + 0.0357)^1 = 158 \frac{Veh}{Día}$$

Camiones

$$TPDA (1^\circ \text{año}) = 27 \times (1 + 0.0174)^1 = 28 \frac{Veh}{Día}$$

Total

$$TPDA (1^\circ \text{año}) = 158 \frac{Veh}{Día} + 28 \frac{Veh}{Día} = 186 \frac{Veh}{Día}$$

- **TRÁFICO GENERADO**

$$Tg = 20\% * TPDA (1^\circ \text{ año})$$

Livianos

$$Tg = 0.20 * 158 \text{ vehículos/día} = 32 \text{ vehículos/día}$$

Camiones

$$Tg = 0.20 * 28 \text{ vehículos/día} = 6 \text{ vehículos/día}$$

Total

$$Tg=32 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda} + 6 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda} = 38 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

- **TR\u00c1FICO ATRA\u00cdDO**

$$Tat= 10\% * TPDA (1^\circ \text{ a\u00f1o})$$

Livianos

$$Tat=0.10*158 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda} =16 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Camiones

$$Tat=0.10*28 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda} =3 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Total

$$Tat=16 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda} + 3 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda} = 19 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

- **TR\u00c1FICO DESARROLLADO**

$$Td= 5\% * TPDA (1^\circ \text{ a\u00f1o})$$

Livianos

$$Td=0.05*158 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda} =8 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Camiones

$$Td=0.05*28 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda} =2 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Total

$$Td=8 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda} + 2 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda} = 10 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Tabla 37: Cálculo del Tráfico Actual

TRÁFICO ACTUAL							
Tipo de Vehículo	TPDA actual	i%	TPDA 1° año	Tg	Tat	Td	Ta total
Livianos	23	3.57	158	32	16	8	214
Buses	0	0	0	0	0	0	0
Camiones	4	1.74	28	6	3	2	39
						TOTAL	253

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

- **TRÁFICO FUTURO**

Para el diseño de la vía se considera los siguientes años 10 y 20.

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

Tráfico futuro para un período de n= 10 años

Livianos

$$Tf = 214 * (1 + 0.0325)^{10}$$

$$Tf = 295 \frac{\text{vehículos}}{\text{Día}}$$

Camiones

$$Tf = 39 * (1 + 0.0158)^{10}$$

$$Tf = 46 \frac{\text{vehículos}}{\text{Día}}$$

Trafico futuro total (n=10)

Tf(10)= 341 Vehículos/día

Tráfico futuro para un período de n= 20 años

Livianos

$$Tf = 214 * (1 + 0.0325)^{20}$$

$$Tf = 406 \frac{\text{vehículos}}{\text{Día}}$$

Camiones

$$Tf = 39 * (1 + 0.0158)^{20}$$

$$Tf = 53 \frac{\text{vehículos}}{\text{Día}}$$

Tráfico futuro total (n=20)

Tf (20)= 459 Vehículos/día

Según el TPDA futuro obtenido para un periodo de 20 años se escoge el tipo de vía.

Tabla 38: Clasificación de Carreteras en Función del Tráfico futuro

Clase de Carretera	Tráfico Futuro TPDA
R-I o R-II	Más de 8000
I	De 3000 a 8000
II	De 1000 a 3000
III	De 300 a 1000
IV	De 100 a 300
V	Menos de 100

Fuente: Norma de Diseño Geométrico de Carreteras MOP 2003.

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Según la tabla anterior se considera a la vía analizada es una carretera Colectora de Clase III ya que su TPDA futuro es de 459 vehículos/día.

3.3.2 Determinación de Ejes Equivalentes (W18)

Tabla 39: Períodos de Diseño en Función del Tipo de Carretera

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 “Diseño de estructuras de pavimentos 1993”

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Pavimentada de bajo volumen de tráfico, periodo de diseño 20 años.

Factor de Daño

Tabla 40: Factor de Daño según el tipo de vehículo

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	3	0.04							1.31
	7	1.27							

Fuente: Norma de Diseño Geométrico de Carreteras MOP 2003.

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Factor de distribución por carril

La vía en análisis tiene 2 carriles, uno en cada dirección por lo que se toma el 100%.

Tabla 41: Factor de distribución por carril

Número de carriles en una dirección	% del W18 en el carril de diseño
1	100
2	80 a 100
3	60 a 80
4	50 a 75

Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos 1993”

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Número de ejes equivalentes

El número acumulado de ejes equivalentes W18 se debe calcular al final del periodo de diseño para cada uno de los tipos de vehículos, se lo realiza por medio de la siguiente ecuación.

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

Dónde:

$W18_{Total}$ = Número acumulado de ejes equivalentes

$TPDA_{final}$ = Tráfico Promedio Diario Anual Final

FD = Factor de Daño

Cálculo del W18 para el año 2040

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

$$W18_{Parcial} = 365 * TPDA_{final}(livianos) * FD(livianos) + 365 * TPDA_{final}(Camiones) * FD(camiones)$$

$$W18_{Parcial} = (365 * 214 * 0.04) + (365 * 39 * 1.31) = 21772$$

$$W18_{Acumulado} = 521679 + 31438 = 553117$$

Tabla 42: Cálculo del número de ejes equivalentes W18

Período	n	Índice de crecimiento (i%)			TPDA Futuro			Total	W18 Parcial	W18 acumulado	W18 de diseño
		Livianos	Buses	Camiones	Livianos	Buses	Camiones				
2021	0	3.97	1.97	1.94	214	0	39	253	21772	21772	10886
2022	1	3.97	1.97	1.94	222	0	40	262	22258	44030	22015
2023	2	3.97	1.97	1.94	231	0	41	272	22756	66786	33393
2024	3	3.97	1.97	1.94	241	0	41	282	23266	90052	45026
2025	4	3.97	1.97	1.94	250	0	42	292	23788	113840	56920
2026	5	3.25	1.62	1.58	251	0	42	293	23835	137675	68837
2027	6	3.25	1.62	1.58	259	0	43	302	24272	161947	80974
2028	7	3.25	1.62	1.58	268	0	44	311	24719	186666	93333
2029	8	3.25	1.62	1.58	276	0	44	321	25175	211841	105921
2030	9	3.25	1.62	1.58	285	0	45	330	25640	237481	118741
2031	10	3.25	1.62	1.58	295	0	46	340	26115	263596	131798
2032	11	3.25	1.62	1.58	304	0	46	351	26599	290195	145098
2033	12	3.25	1.62	1.58	314	0	47	361	27094	317289	158644
2034	13	3.25	1.62	1.58	324	0	48	372	27598	344887	172444
2035	14	3.25	1.62	1.58	335	0	49	383	28113	373001	186500
2036	15	3.25	1.62	1.58	346	0	49	395	28639	401640	200820
2037	16	3.25	1.62	1.58	357	0	50	407	29176	430816	215408
2038	17	3.25	1.62	1.58	369	0	51	420	29724	460540	230270
2039	18	3.25	1.62	1.58	381	0	52	432	30284	490824	245412
2040	19	3.25	1.62	1.58	393	0	53	445	30855	521679	260839
2041	20	3.25	1.62	1.58	406	0	53	459	31438	553117	276558

Fuente: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

El valor de ejes equivalentes W18 para el periodo de diseño es de 276558, por lo tanto se escoge el siguiente Carpeta asfáltica de 2.5"- 6.35 cm y Capa Base 4"- 10.16cm.

Tabla 43: Espesores mínimos según los ejes Equivalentes

Tránsito W18	Carpeta Asfáltica (D1)	Capa Base (D2)
Menos de 50 000	1.0 o Tándem 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
Mayor a 7 000 000	4.0	6

Fuente: Guía AASHTO "Diseño de estructuras de pavimentos 1993"

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Confiabilidad “R”

Tabla 44: Nivel de confiabilidad “R” según el tipo de vía

Clasificación funcional	Zonas Urbanas	Zonas Rurales
Interestatales y vías rápidas	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-90	75-95
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos 1993”

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

La vía en análisis se clasificaba como vía colectoras clase III (Rural), por lo que se toma como el nivel de confiabilidad del 85%.

DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Z_r)

Tabla 45: Valor de Desviación Estándar Normal Z_r

Confiabilidad (%)	Desviación Estándar Normal (Z_r)
50	0
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 “Diseño de estructuras de pavimentos 1993”

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Para un valor de confiabilidad $R = 85\%$, se obtiene una desviación estándar $Z_r = 1.037$.

Desviación Estándar Global (So)

La AASHTO establece para el diseño de pavimentos flexibles utilizar una desviación estándar So de 0,45.

Índice de Serviciabilidad (PSI)

Se escoge el PSI de 2, ya que es el indicado para caminos de tránsito menor.

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

$$\Delta PSI = 4.2 - 2.0 = 2.2$$

Módulo de Resiliencia (Mr)

El CBR obtenido en los ensayos de laboratorio para la vía “La Dolorosa – Yanayacu Centro” pozo número 7, fue de 15.3% mismo que está ubicado en la parroquia Yanayacu.

$$Mr(PSI) = 3000 \times CBR^{0.65}$$

$$Mr(PSI) = 3000 \times 15.3^{0.65} = 17667$$

Coefficiente estructural a_1

Para determinar a_1 se debe conocer la estabilidad Marshall en libras.

Tabla 46: Clasificación del tráfico

Tráfico	IMDP
Liviano	Menos de 50
Medio	50 a 200
Pesado	200 a 1000
Muy pesado	Más de 1000

Fuente: Norma de Diseño Geométrico de Carreteras MOP 2003.

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Se obtuvo un tráfico liviano ya que la cantidad de vehículos pesados por día es inferior a 50

Tabla 47: Estabilidad Marshall en base al IMDP

Tipo de Tráfico	Muy Pesado		Pesado		Medio		Liviano	
Criterios Marshall	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx
Estabilidad (Lb)	2200	-----	1800	-----	1200	-----	1000	2400

Fuente: Norma de Diseño Geométrico de Carreteras MOP 2003.

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Se obtiene una estabilidad Marshall de 1000 lb ya que el IMDP es liviano.

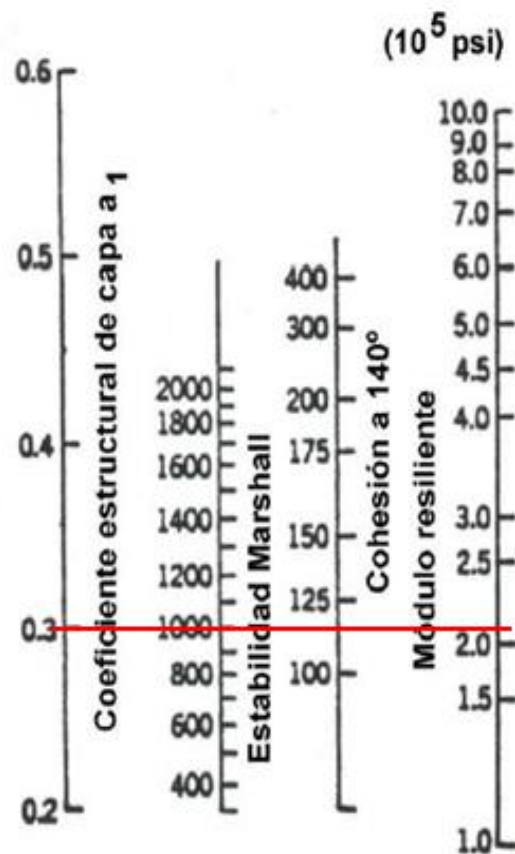


Figura 68: Ábaco para obtener el a_1

Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos 1993”

Determinamos de manera apreciativa el valor de a_1 igual a 0.3 y por lo tanto un Módulo de elasticidad de $2.1 \cdot 10^5$ psi (1447.90 Mpa).

Coeficiente estructural a_2

El valor mínimo del CBR para la capa base es del 80%.

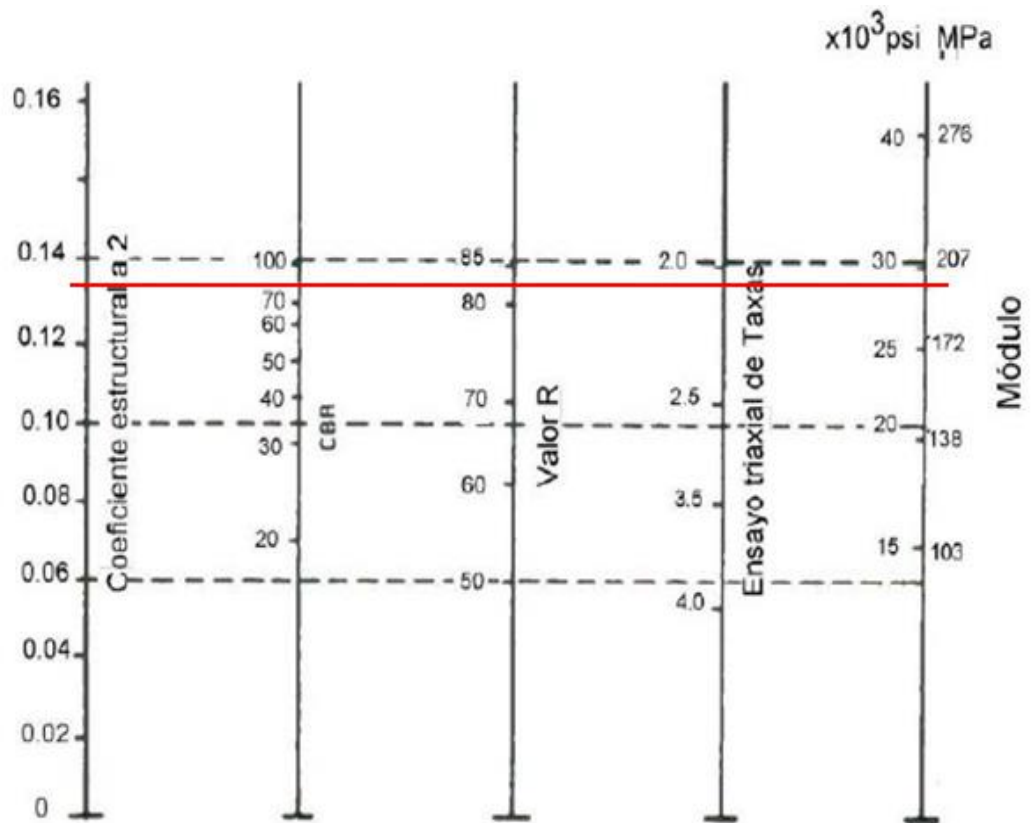


Figura 69: Ábaco para obtener el a_2

Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos 1993”

Se obtiene el coeficiente a_2 de manera apreciativa determinando un valor de 0.134 y un módulo de elasticidad de 29000 psi (199.95 Mpa).

Coeficiente estructural a_3

El valor mínimo de CBR para la capa de sub-base debe ser mayor al 30%.

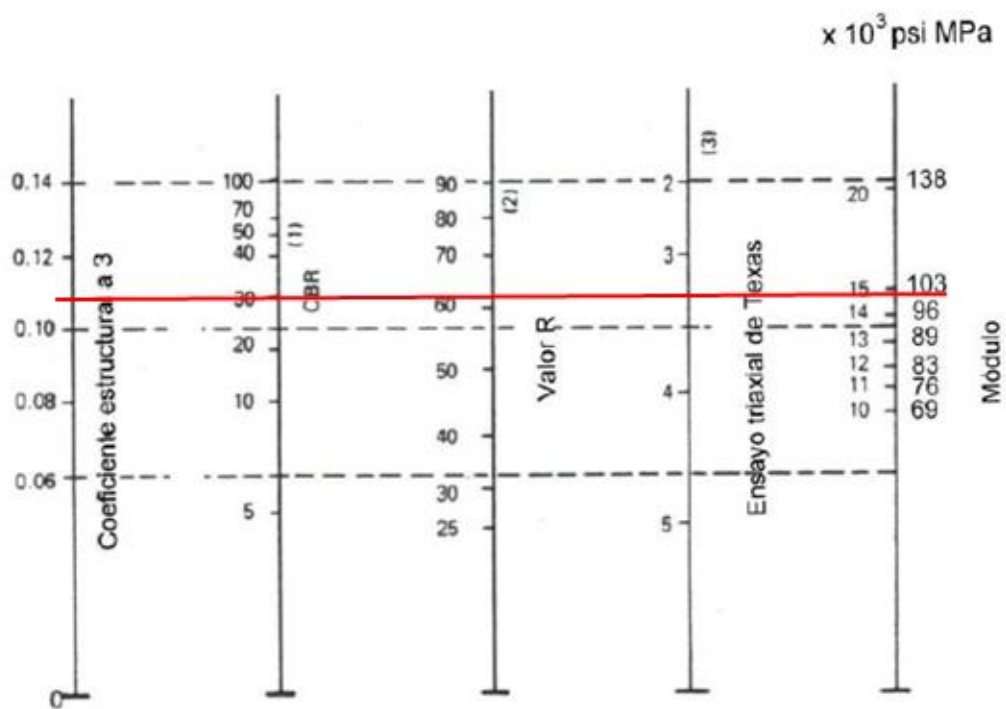


Figura 70: Ábaco para obtener el a_3

Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos 1993”

Se determinó el coeficiente estructural a_3 de manera apreciativa siendo igual a 0.109 y un módulo elástico de 14900 psi (102.73 Mpa).

Coefficiente de drenaje (m_2 , m_3)

El tiempo estimado que demora el agua en ser eliminada de la vía es de alrededor de 1 día.

Tabla 48: Proyecto (Calidad de Drenaje)

Calidad de Drenaje	Tiempo de eliminación de agua
Excelente	2 horas
Buena	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Deficiente	Agua no drena

Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos 1993”

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

En la siguiente tabla se muestran los valores recomendados para m_2 y m_3 (bases y sub-bases granulares sin estabilizar) en función de la calidad de drenaje y porcentaje de tiempo durante un año que la estructura pueda estar cercana a la saturación.

Tabla 49: Proyecto (Coeficientes m_2 y m_3)

Capacidad de Drenaje	Porcentaje del tiempo en que la estructura de pavimento está expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación.			
	Menos de 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más del 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Buena	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Deficiente	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos 1993”

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Considerando una calidad de drenaje buena y el porcentaje de 25% en que la estructura de pavimento está cercana a la saturación se tiene que m_2 y m_3 son igual a 1.00.

3.3.3 Diseño del pavimento CBR de laboratorio

Tabla 50: Resumen de los datos para el diseño del pavimento

Datos para el diseño del pavimento	W18 Calculado	W18 Impuesto
Tipo de pavimento	Flexible	Flexible
TPDA futuro (2040) veh/día	459	4476
Clasificación de la vía	Clase III (Colectora)	Clase I (Corredor Arterial)
CBR de la subrasante %	15.3	15.3
Módulo de resiliencia carpeta asfáltica	210000 Psi/ 210Ksi	375000 Psi / 375 Ksi
Módulo de resiliencia de capa base	29000 Psi/ 29Ksi	29000 Psi/ 29Ksi
Módulo de resiliencia de capa subbase	14900 Psi / 14.9 Ksi	14900 Psi /14.9 Ksi
Ejes equivalentes (W18)	276558	3385285
Confiabilidad %	85	85
Desviación estándar	1.037	1.037
Desviación Global	0.45	0.45
Módulo de resiliencia de subrasante (Mr)	17667Psi/ 17.667Ksi	17667Psi/ 17.667Ksi
Serviciabilidad inicial	4.2	4.2
serviciabilidad final	2.0	2.0
Período de diseño (años)	20	20
COEFICIENTES ESTRUCTURALES		
Concreto asfáltico a1	0.3	0.405
Base granular a2	0.134	0.134
Subbase a3	0.109	0.109
Coefficiente de Drenaje m2 y m3	1.00	1.00

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

- **Diseño del pavimento W18 Calculado**

Figura 71: Software para el Cálculo de SN

The screenshot shows a software window titled "Ecuación AASHTO 93". It contains several input sections:

- 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 "17667 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 shows "W18 = 276558".
- Número Estructural:** A text box shows "SN = 1.92".

At the bottom, there are two buttons: "Calcular" and "Salir".

Fuente: AASHTO 93

Tabla 51: Diseño pavimento flexible W18 calculado

DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES METODO AASHTO 1993			
PROYECTO	: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO	TRAMO	: La Dolorosa - Yanayacu
		FECHA	: 02/2021
DATOS DE ENTRADA :			
1. CARACTERÍSTICAS DE MATERIALES			DATOS
A. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA (ksi)			210.00
B. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA BASE GRANULAR (ksi)			29.00
C. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA SUB-BASE (ksi)			14.90
2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE			
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)			276,558
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)			17.67
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)			4.2
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pf)			2.0
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)			20
3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO			
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA			
Concreto Asfáltico Convencional (a1)			0.300
Base granular (a2)			0.134
Subbase (a3)			0.109
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA			
Base granular (m2)			1.000
Subbase (m3)			1.000
DATOS DE SALIDA :			
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN _{REQ})	1.92		
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN _{CA})	1.57		
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN _{BG})	0.47		
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN _{SB})	-0.12		
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO			
		PROPUESTA	
	TEORICO	ESPESOR	SN*
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)	13.3 cm	10.0 cm	1.18
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	8.9 cm	10.0 cm	0.53
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	-2.8 cm	15.0 cm	0.64
ESPESOR TOTAL (cm)		35.0 cm	2.35
DISEÑADO POR	: <i>Jessica Marisol Tarco Aimacaña</i>		<i>fm</i>

Fuente: AASHTO 93

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

- **Diseño del pavimento W18 impuesto**

Figura 72: Software para el cálculo de SN W18 impuesto

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)
 85 % Zr=-1.037 So = 0.45

Serviciabilidad inicial y final
 PSI inicial 4.2 PSI final 2

Módulo resiliente de la subrasante
 Mr 17667 psi

Información adicional para pavimentos rígidos
 Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)
 Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)
 Coeficiente de transmisión de carga - (J)
 Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis
 Calcular SN **W18 =** 3385285
 Calcular W18

Número Estructural
SN = 2.85

Calcular Salir

Fuente: AASHTO 93

Tabla 52: Diseño pavimento flexible W18 impuesto

DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES METODO AASHTO 1993			
PROYECTO	: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO	TRAMO	: La Dolorosa - Yanayacu
		FECHA	: 02/2021
DATOS DE ENTRADA :			
1. CARACTERÍSTICAS DE MATERIALES			DATOS
A. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA (ksi)			375.00
B. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA BASE GRANULAR (ksi)			29.00
C. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA SUB-BASE (ksi)			14.90
2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE			
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)			3,385,285
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)			17.67
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)			4.2
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)			2.0
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)			20
3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO			
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA			
Concreto Asfáltico Convencional (a ₁)			0.405
Base granular (a ₂)			0.134
Subbase (a ₃)			0.109
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA			
Base granular (m ₂)			1.000
Subbase (m ₃)			1.000
DATOS DE SALIDA :			
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN _{REQ})		2.85	
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN _{CA})		2.38	
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN _{BG})		0.64	
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN _{SB})		-0.17	
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO			
		PROPUESTA	
	TEORICO	ESPESOR	SN*
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)	14.9 cm	10.0 cm	1.59
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	12.1 cm	15.0 cm	0.79
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	-4.0 cm	15.0 cm	0.64
ESPESOR TOTAL (cm)		40.0 cm	3.03
DISEÑADO POR	: <i>Jessica Marisol Tarco Aimacaña</i>		<i>fm</i>

Fuente: AASHTO 93

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

3.3.4 Diseño del pavimento con CBR de correlaciones.

El diseño del pavimento se realiza con los datos del pozo N°7 que pertenece a la calle La Dolorosa – Yanayacu centro de la parroquia Yanayacu mediante las correlaciones realizadas anteriormente.

Datos Pozo N°7

$$W_{\text{ópt}} = 24.8 \% \quad \gamma_d \text{ máx} = 1.575 \text{ gr/cm}^3$$

$$DN = 15 \text{ mm/golpe} \quad \gamma_d \text{ in-situ} = 1.079 \text{ gr/cm}^3$$

$$LL = 22.92\%$$

$$CBR \text{ laboratorio} = 15.3$$

DN=15mm/golpe y $W_{\text{ópt}}=24.8\% \rightarrow CBR=17.26\%$ (fig. 67)

$$CBR \text{ Mayor} = 45.3403 - 18.1935 \log(DN) - 0.2694W_{\text{ópt}}$$

$$CBR \text{ Mayor} = 45.3403 - 18.1935 \log(15) - 0.2694(24.8)$$

$$CBR \text{ Mayor} = 17.26\%$$

$\gamma_d \text{ máx} = 1.575 \text{ gr/cm}^3$ y $\gamma_d \text{ in-situ} = 1.079 \text{ gr/cm}^3 \rightarrow CBR=11.62\%$ (fig. 66)

$$CBR \text{ Mayor} = 0.4986 \times e^{-1.9197\gamma_d \text{ in-situ}} \times e^{3.3142\gamma_d \text{ máx}}$$

$$CBR \text{ Mayor} = 0.4986 \times e^{-1.9197(1.079)} \times e^{3.3142(1.575)}$$

$$CBR \text{ Mayor} = 11.62\%$$

LL= 22.92% $\rightarrow CBR = 18.59\%$ (fig. 62)

$$CBR \text{ Mayor} = 1.4169LL^2 - 73.884LL + 967.68$$

$$CBR \text{ Mayor} = 1.4169(22.92)^2 - 73.884(22.92) + 967.68$$

$$CBR \text{ Mayor} = 18.59\%$$

Para la determinación del CBR se realizó un promedio entre las 3 correlaciones obtenidas anteriormente y el CBR de laboratorio.

$$CBR = \frac{17.26\% + 11.62\% + 18.59\% + 15.3\%}{4}$$

$$CBR = 15.69\%$$

Tabla 53: Resumen de los datos para el diseño del pavimento CBR correlaciones

Datos para el diseño del pavimento	W18 Calculado	W18 Impuesto
Tipo de pavimento	Flexible	Flexible
TPDA futuro (2040) veh/dia	459	4476
Clasificación de la vía	Clase III (Colectora)	Clase I (Corredor Arterial)
CBR de la subrasante %	15.69	15.69
Módulo de resiliencia carpeta asfáltica	210000 Psi/ 210Ksi	375000 Psi / 375 Ksi
Módulo de resiliencia de capa base	29000 Psi/ 29Ksi	29000 Psi/ 29Ksi
Módulo de resiliencia de capa subbase	14900 Psi/ 14.9 Ksi	14900 Psi /14.9 Ksi
Ejes equivalentes (W18)	276558	3385285
Confiabilidad %	85	85
Desviación estándar	1.037	1.037
Desviación Global	0.45	0.45
Módulo de resiliencia de subrasante (Mr)	17958Psi/ 17.958Ksi	17958Psi/ 17.958Ksi
Serviciabilidad inicial	4.2	4.2
serviciabilidad final	2.0	2.0
Período de diseño (años)	20	20
COEFICIENTES ESTRUCTURALES		
Concreto asfáltico a1	0.3	0.405
Base granular a2	0.134	0.134
Subbase a3	0.109	0.109
Coefficiente de Drenaje m2 y m3	1.00	1.00

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

- **Diseño del pavimento W18 Calculado**

Figura 73: Software para el cálculo de SN W18 calculado CBR correlaciones

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)
 85 % $Z_r = -1.037$ So = 0.45

Serviciabilidad inicial y final
 PSI inicial = 4.2 PSI final = 2

Módulo resiliente de la subrasante
 Mr = 17958 psi

Información adicional para pavimentos rígidos
 Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi)
 Módulo de rotura del concreto - S_c (psi)
 Coeficiente de transmisión de carga - (J)
 Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis
 Calcular SN **W18 = 276558**
 Calcular W18

Número Estructural
SN = 1.90

Calcular Salir

Fuente: AASHTO 93

Tabla 54: Diseño pavimento flexible W18 calculado CBR correlaciones

DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES METODO AASHTO 1993			
PROYECTO	: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO	TRAMO	: La Dolorosa - Yanayacu
		FECHA	: 02/2021
DATOS DE ENTRADA :			
1. CARACTERÍSTICAS DE MATERIALES			DATOS
A. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA (ksi)			210.00
B. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA BASE GRANULAR (ksi)			29.00
C. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA SUB-BASE (ksi)			14.90
2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE			
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)			276,558
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)			17.96
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)			4.2
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)			2.0
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)			20
3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO			
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA			
Concreto Asfáltico Convencional (a ₁)			0.300
Base granular (a ₂)			0.134
Subbase (a ₃)			0.109
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA			
Base granular (m ₂)			1.000
Subbase (m ₃)			1.000
DATOS DE SALIDA :			
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN _{REQ})		1.90	
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN _{CA})		1.57	
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN _{BG})		0.47	
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN _{SB})		-0.14	
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO			
		PROPUESTA	
	TEORICO	ESPESOR	SN*
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)	13.3 cm	10.0 cm	1.18
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	8.9 cm	10.0 cm	0.53
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	-3.3 cm	15.0 cm	0.64
ESPESOR TOTAL (cm)		35.0 cm	2.35
DISEÑADO POR	: <i>Jessica Marisol Tarco Aimacaña</i>		<i>fm</i>

Fuente: AASHTO 93

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Figura 74: Software para el cálculo de SN W18 impuesto CBR correlaciones

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)
85 % Zr=-1.037 So 0.45

Serviciabilidad inicial y final
PSI inicial 4.2 PSI final 2

Módulo resiliente de la subrasante
Mr 17958 psi

Información adicional para pavimentos rígidos
Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi) Coeficiente de transmisión de carga - (J)
Módulo de rotura del concreto - Sc (psi) Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis
 Calcular SN **W18 =** 3385285 **Número Estructural**
 Calcular W18 **SN =** 2.83

Calcular Salir

Fuente: AASHTO 93

Tabla 55: Diseño pavimento flexible W18 impuesto CBR correlaciones

DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES METODO AASHTO 1993			
PROYECTO	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO		TRAMO : La Dolorosa - Yanayacu FECHA : 02/2021
DATOS DE ENTRADA :			
1. CARACTERÍSTICAS DE MATERIALES			DATOS
A. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA (ksi)			375.00
B. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA BASE GRANULAR (ksi)			29.00
C. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA SUB-BASE (ksi)			14.90
2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE			
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)			3,385,285
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)			17.96
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)			4.2
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pf)			2.0
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)			20
3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO			
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA			
Concreto Asfáltico Convencional (a ₁)			0.405
Base granular (a ₂)			0.134
Subbase (a ₃)			0.109
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA			
Base granular (m ₂)			1.000
Subbase (m ₃)			1.000
DATOS DE SALIDA :			
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN _{REQ})		2.83	
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN _{CA})		2.38	
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN _{BG})		0.64	
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN _{SB})		-0.19	
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO			
		PROPUESTA	
		TEORICO	SN*
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)		14.9 cm	1.59
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)		12.1 cm	0.79
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)		-4.4 cm	0.64
ESPESOR TOTAL (cm)		40.0 cm	3.03
DISEÑADO POR :		Jessica Marisol Tarco Aimacaña <i>fm</i>	

Fuente: AASHTO 93

Tabla 56: Resumen de los Resultados del Diseño del Pavimento Flexible

CBR (%)		W18	Mr (psi)	SN	Carpeta Asfáltica (cm)	Base (cm)	Sub Base (cm)
Laboratorio	15.30	276 558	17 667	1.92	10	10	15
		33 855 285		2.85	10	15	15
Correlaciones	15.69	276 558	17 958	1.90	10	10	15
		33 855 285		2.83	10	15	15

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Se determinó mediante el ensayo de densidad de campo el valor de la densidad húmeda del suelo, que tiene un rango de $1.073\text{ gr/cm}^3 - 1.348\text{ gr/cm}^3$ siendo estos valores característicos de suelos granulares con presencia de finos, además al tener valores intermedios nos indica que tiene una cantidad de agua media.
- Se determinó mediante la distribución granulométrica que se trata de suelos granulares con presencia de finos ya que se obtuvo 0% de Grava, 80.91% de Arena y 19.09% de Finos.
- Se determinó un Límite Líquido promedio de 27.61% siendo éste menor al 50% y un índice de plasticidad promedio de 0.38 tratándose así de un suelo de baja plasticidad, característico de los suelos granulares.
- Se determinó la clasificación de los suelos, según el sistema AASHTO se obtuvo que las muestras de suelos pertenecen al grupo A-2-4 con un índice de grupo igual a 0, con la excepción de dos muestras que pertenecen al grupo A-3 con un índice de grupo igual a 0, por lo tanto se tiene arena limosa y arena fina las cuales son terrenos de fundación de buenos a excelentes, según el sistema SUCS se obtuvo que los suelos son SM es decir son arenas limosas y SP que significa arenas mal graduadas.
- Se determinó mediante el ensayo de proctor modificado contenidos de humedad óptima de entre: 14.75% a 25.35%, y densidad seca máxima con valores de entre 1.519 gr/cm^3 a 1.835 gr/cm^3 , valores que concuerdan con el tipo de suelo ya que necesitan menor cantidad de agua para alcanzar densidades relativamente altas.
- Se determinó mediante el ensayo de Cono Dinámico de Penetración DCP que la resistencia del suelo es buena con índices de penetración que varían entre 8.957 a 31.409 mm/golpe, apreciando que los suelos analizados tienen resistencias variadas.

- Se estableció correlaciones con coeficientes mayores al 50% por lo que se da como válida la hipótesis planteada, obteniendo valores válidos para las correlaciones entre el CBR propiedades índice y mecánicas de los suelos de las parroquias Yanayacu y Rumipamba del cantón Quero.
- Se determinó que la mejor correlación es la que abarcan a la humedad natural, límite líquido y límite plástico teniendo un coeficiente de correlación de $R^2=87.02\%$.
- Los resultados obtenidos del ensayo CBR tienen un rango de 9.5% a 42.7% lo que indica que se tiene una subrasante de regular a buena y muy buena.
- Se determinó que las correlaciones entre el DN y las propiedades índice la correlación que presento un $R^2=74.93\%$ siendo este el mayor, fue la que contiene al índice de penetración, densidad seca máxima y humedad natural.
- Se determinó que el CBR y la densidad seca máxima, presento un coeficiente $R^2=80.51\%$ siendo el mayor entre todas las correlaciones que se realizaron entre el CBR y las propiedades índices y mecánicas del suelo.
- Se determinó mediante las correlaciones un CBR=15.69% el cual no presenta un cambio significativo en comparación al CBR obtenido en el laboratorio que fue de 15.3%, demostrando que se puede calcular el CBR mediante correlaciones de una manera confiable.
- Se determinó que la vía en estudio “La Dolorosa-Yanayacu Centro” es una vía colectora de clase III, rural de bajo volumen de tránsito mediante el estudio de tráfico.
- Los espesores de las capas del pavimento diseñado con CBR de laboratorio y W18 calculado son: carpeta asfáltica= 10 cm, base=10 cm y sub-base= 15 cm por otro lado con CBR de correlaciones y W18 calculado son: carpeta asfáltica= 10 cm, base=10 cm y sub-base= 15 cm, determinando que no existe un cambio significativo en las mismas.

4.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que se verifique que el lugar en donde se van a realizar los ensayos y a extraer las muestras sea terreno natural sin relleno, caso contrario los resultados se verán afectados.
- Se recomienda excavar el pozo hasta estar seguros de que ya no exista capa vegetal ya que la presencia de la misma podría afectar los resultados de los ensayos.
- Se recomienda que el uso de los ábacos presentes en esta investigación sea únicamente para suelos de tipo SM, SP o A-2-4 y A-3 y que presenten características similares a las expuestas en la investigación verificando sus unidades.
- Se recomienda reunir toda la base de datos que se tenga sobre el cantón Quero con el tema correlaciones entre el CBR y propiedades índice y mecánicas del suelo para tener un grado mayor de confiabilidad.
- Se recomienda que al momento de realizar el ensayo DCP sea haga con el debido cuidado ya que es un equipo delicado y este podría dañarse y verse afectado los resultados.
- Se recomienda que para el diseño de un pavimento con el CBR de las correlaciones se tome en cuenta las correlaciones que presente un R^2 mayor, para de este modo tener un grado de confiabilidad alto.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. Guardo, “Estudios geotécnicos, Una necesidad en obras civiles,” *Ingeniería & Desarrollo*, vol. 6: 117-126. p. 10, 1999.
- [2] S. Lim, I. Bakar, and D. Wljejsekera, “Correlations of Soil Classification and Compaction Parameters With Soaked and Unsoaked CBR of soils,” no. October, 2014.
- [3] J. León and R. Zeas, “DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LOS ÍNDICES DCP IN SITU Y CBR DE LABORATORIO,” Universidad de Cuenca, 2017.
- [4] K. Valentine, M. Souleyman, M. Bertille, W. Armand, and B. Lawrence, “Correlation of California Bearing Ratio (CBR) Value with Soil Properties of Road Subgrade Soil,” 2018.
- [5] J. C. Claudio, “CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS: CONSTANTINO FERNÁNDEZ Y PINLLO, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA,” Univerisdad Técnica de Ambato, 2020.
- [6] W. Rivera, “CORRELACIÓN DEL VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) CON LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA Y LA PLASTICIDAD DEL SUELO,” 2013.
- [7] G. Duque Escobar and C. E. Escobar Potes, *Mecánica de los Suelos*. Manizales, 2016.
- [8] D. Braja M, *Fundamentos de Ingeniería geotécnica*, Cuarta edi., no. 1. México, 2015.
- [9] J. Zegarra P., “2 propiedades índice de los suelos,” Perú, 2016.
- [10] D. K. R. Arora, *Soil Mechanics and Foundations Engineering*, SIXTH EDIT., vol. 12, no. December. STANDARD PUBLISHERS DISTRIBUTORS, 2004.
- [11] F. Viscarra Agreda, “El cono dinámico de penetración y su aplicación en la evaluación de suelos,” p. 16, 2006.
- [12] ASTM D 6951-03, “Método de ensayo estándar para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono en estructuras de pavimentos,” pp. 1–14, 2003.
- [13] S. Murray and S. Larry, *Estadística Schaum*, Cuarta Edi. México: Mc Graw Hill, 2018.

- [14] C. M. Robalino Barrera, “DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA UBICADA ENTRE LOS TRAMOS LAS ESTANCIAS- COLONIA GARCÍA MORENO DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO, DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA,” *Engineering*, vol. 13, no. 3, pp. 1–317, 2017.
- [15] A. Montejo Fonseca, *Ingeniería de pavimentos*, Segunda Ed. Bogotá, 2006.
- [16] C. F. Parra Ushca, “ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA Y DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA LAS AMÉRICAS – SANTA MARTHA DEL CANTÓN PASTAZA, PROVINCIA DE PASTAZA PARA FACILITAR EL TRÁFICO VEHICULAR Y OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA,” 2012.
- [17] AASHTO1993, “DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES.”
- [18] L. Asitizabal, J. Hoyos, L. Gil, M. Gomez, and D. Gomez, “DISEÑO DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE POR LOS MÉTODOS AASTHO Y RACIONAL DOCENTE,” 2014.
- [19] C. E. Gonzáles Aguirre, “CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS JUAN BENIGNO VELA Y PILAHUÍN, CANTÓN AMBATO. PROVINCIA DE TUNGURAHUA.,” no. 1, 2020.
- [20] K. M. Claudio 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,” vol. 53, no. 1, 2020.
- [21] G. A. D. YANAYACU, “PLAN DEL DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO YANAYACU,” 2019. [Online]. Available: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1865014110001_DIAGNOSTICO_Yanayacu_2015_14-05-2015_22-02-13.pdf.
- [22] GAD PARROQUIA RURAL DE RUMIPAMBA, “PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PARROQUIA RURAL DE RUMIPAMBA,” 2019. [Online]. Available: http://app.sni.gob.ec/snilink/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1865014030001_PDOTRUMIPAMBA_30-10-2015_21-15-21.pdf.

ANEXOS

Tablas de los ensayos realizados

Tabla 57: Densidad de Campo (Pozo 1)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Rumipamba

Vía: Pichibamba- Quebrada Potrerillos

Muestra: Pozo 1

Profundidad: 50 cm

Normas: AASHTO T 191 2014

Coordenadas: E: 762044.891; N: 9841749.603

Fecha: 24/10/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)		
1. Determinación del peso del suelo extraído (Peso de la masa)		
Peso de la masa del suelo + funda (gr) Wm+Rec	1205	
Peso de la funda (gr) Rec	4	
Peso de la masa del suelo (gr) Wm = Wm+Rec-Rec	1201	
2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa		
Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	4586	
Peso final frasco + cono + arena (gr)	3106	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	385	
Peso arena en la perforación	1095	
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración Arena)	1.589	
Volumen de la Perforación	1060.29	
3. Determinación del Contenido de Humedad		
Recipiente número	s4	lp8
Peso húmedo + recipiente (gr)	62	65
Peso seco + recipiente (gr)	54	58
Peso recipiente (gr)	6.63	6.46
Peso del agua (gr)	8	7
Peso de los sólidos (gr)	47.37	51.54
Contenido de humedad (%)	16.89	13.58
Contenido de humedad promedio (%)	15.24	
4. Determinación de las Fases del Suelo		
	Volúmen	Peso
Volúmen de vacíos Vv=	32.23	-
Volúmen de aire Va (Wa)=	25.23	0
Volúmen de agua Vw (Ww)=	7	7
Volúmen de solido Vs (Ws)=	19.45	51.54
Volúmen de la masa Vm (Wm)=	51.68	58.54
5. Determinación de las Propiedades Índice del Suelo		
Peso Volumétrico del Suelo (γ_m) (densidad húmeda)	1.133	gr/cm^3
Densidad seca (γ_d)	0.983	
Contenido de humedad w%	15.24	%
Relación de vacíos e= Vv/Vs	1.657	natural
Porosidad n% = Vv/Vm*100	62.367	%
Grado de Saturación de agua Gw% = Vw/Vv*100	21.717	%
Grado de Saturación de aire Ga%	78.283	%

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 58: Densidad de Campo (Pozo 2)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO.

Parroquia: Rumipamba

Vía: Pichibamba- Quebrada Potrerillos

Muestra: Pozo 2

Profundidad: 50 cm

Normas: AASHTO T 191 2014

Coordenadas: E: 762192.616; N: 9841509.567

Fecha: 24/10/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)		
1. Determinación del peso del suelo extraído (Peso de la masa)		
Peso de la masa del suelo + funda (gr) Wm+Rec	953	
Peso de la funda (gr) Rec	4	
Peso de la masa del suelo (gr) Wm = Wm+Rec-Rec	949	
2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa		
Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	4619	
Peso final frasco + cono + arena (gr)	3351	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	385	
Peso arena en la perforación	883	
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración Arena)	1.589	
Volumen de la Perforación	863.94	
3. Determinación del Contenido de Humedad		
Recipiente número	sr7	lp10
Peso húmedo + recipiente (gr)	55	62
Peso seco + recipiente (gr)	50	55
Peso recipiente (gr)	6.3	6.43
Peso del agua (gr)	5	7
Peso de los sólidos (gr)	43.7	48.57
Contenido de humedad (%)	11.44	14.41
Contenido de humedad promedio (%)	12.93	
4. Determinación de las Fases del Suelo		
	Volúmen	Peso
Volúmen de vacíos Vv=	32.26	-
Volúmen de aire Va (Wa)=	25.26	0
Volúmen de agua Vw (Ww)=	7	7
Volúmen de solido Vs (Ws)=	18.33	48.57
Volúmen de la masa Vm (Wm)=	50.59	55.57
5. Determinación de las Propiedades Índice del Suelo		
Peso Volumétrico del Suelo (γm) (densidad húmeda)	1.098	gr/cm ³
Densidad seca (γd)	0.973	
Contenido de humedad w%	12.93	%
Relación de vacíos e= Vv/Vs	1.760	natural
Porosidad n% = Vv/Vm*100	63.770	%
Grado de Saturación de agua Gw%= Vw/Vv*100	21.698	%
Grado de Saturación de aire Ga%	78.302	%

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 59: Densidad de campo (Pozo 3)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO.

Parroquia: Rumipamba

Vía: Guangalo Bajo- San Juan

Muestra: Pozo 3

Profundidad: 75 cm

Normas: AASHTO T 191 2014

Coordenadas: E: 763050.135; N: 9839558.935

Fecha: 24/10/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)		
1. Determinación del peso del suelo extraído (Peso de la masa)		
Peso de la masa del suelo + funda (gr) Wm+Rec	1177	
Peso de la funda (gr) Rec	2	
Peso de la masa del suelo (gr) Wm = Wm+Rec-Rec	1175	
2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa		
Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	4658	
Peso final frasco + cono + arena (gr)	3160	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	385	
Peso arena en la perforación	1113	
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración Arena)	1.589	
Volumen de la Perforación	942.48	
3. Determinación del Contenido de Humedad		
Recipiente número	s6	lp3
Peso húmedo + recipiente (gr)	77	81
Peso seco + recipiente (gr)	66	68
Peso recipiente (gr)	6.46	6.29
Peso del agua (gr)	11	13
Peso de los sólidos (gr)	59.54	61.71
Contenido de humedad (%)	18.47	21.07
Contenido de humedad promedio (%)	19.77	
4. Determinación de las Fases del Suelo		
	Volúmen	Peso
Volúmen de vacíos Vv=	36.64	-
Volúmen de aire Va (Wa)=	23.64	0
Volúmen de agua Vw (Ww)=	13	13
Volúmen de sólido Vs (Ws)=	23.29	61.71
Volúmen de la masa Vm (Wm)=	59.93	74.71
5. Determinación de las Propiedades Índice del Suelo		
Peso Volumétrico del Suelo (γ_m) (densidad húmeda)	1.247	gr/cm ³
Densidad seca (γ_d)	1.041	
Contenido de humedad w%	19.77	%
Relación de vacíos e= Vv/Vs	1.573	natural
Porosidad n% = Vv/Vm*100	61.141	%
Grado de Saturación de agua Gw%= Vw/Vv*100	35.481	%
Grado de Saturación de aire Ga%	64.519	%

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 60: Densidad de Campo (Pozo 4)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO.

Parroquia: Rumipamba

Vía: Guangalo Bajo- San Juan

Muestra: Pozo 4

Profundidad: 50 cm

Normas: AASHTO T 191 2014

Coordenadas: E: 762993.151; N: 9839243.534

Fecha: 24/10/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)		
1. Determinación del peso del suelo extraído (Peso de la masa)		
Peso de la masa del suelo + funda (gr) Wm+Rec	1379	
Peso de la funda (gr) Rec	2.5	
Peso de la masa del suelo (gr) Wm = Wm+Rec-Rec	1376.5	
2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa		
Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	4626	
Peso final frasco + cono + arena (gr)	2975	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	385	
Peso arena en la perforación	1266	
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración Arena)	1.589	
Volumen de la Perforación	1021.02	
3. Determinación del Contenido de Humedad		
Recipiente número	lp5	lp2
Peso húmedo + recipiente (gr)	80	54
Peso seco + recipiente (gr)	66	46
Peso recipiente (gr)	6.17	6.41
Peso del agua (gr)	14	8
Peso de los sólidos (gr)	59.83	39.59
Contenido de humedad (%)	23.40	20.21
Contenido de humedad promedio (%)	21.80	
4. Determinación de las Fases del Suelo		
	Volúmen	Peso
Volúmen de vacíos Vv=	20.36	-
Volúmen de aire Va (Wa)=	12.36	0
Volúmen de agua Vw (Ww)=	8	8
Volúmen de solido Vs (Ws)=	14.94	39.59
Volúmen de la masa Vm (Wm)=	35.30	47.59
5. Determinación de las Propiedades Índice del Suelo		
Peso Volumétrico del Suelo (γ_m) (densidad húmeda)	1.348	gr/cm^3
Densidad seca (γ_d)	1.107	
Contenido de humedad w%	21.80	%
Relación de vacíos e= Vv/Vs	1.363	natural
Porosidad n% = Vv/Vm*100	57.678	%
Grado de Saturación de agua Gw% = Vw/Vv*100	39.292	%
Grado de Saturación de aire Ga%	60.708	%

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 61: Densidad de Campo (Pozo 5)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Rumipamba

Vía: Guangalo Alto - Parcaloma

Muestra: Pozo 5

Profundidad: 60 cm

Normas: AASHTO T 191 2014

Coordenadas: E: 763827.174; N: 9839312.798

Fecha: 24/10/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)		
1. Determinación del peso del suelo extraído (Peso de la masa)		
Peso de la masa del suelo + funda (gr) Wm+Rec	1045	
Peso de la funda (gr) Rec	4	
Peso de la masa del suelo (gr) Wm = Wm+Rec-Rec	1041	
2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa		
Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	4635	
Peso final frasco + cono + arena (gr)	3399	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	385	
Peso arena en la perforación	851	
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración Arena)	1.589	
Volumen de la Perforación	942.48	
3. Determinación del Contenido de Humedad		
Recipiente número	lp9	sr2
Peso húmedo + recipiente (gr)	74	69
Peso seco + recipiente (gr)	62	57
Peso recipiente (gr)	6.5	6.33
Peso del agua (gr)	12	12
Peso de los sólidos (gr)	55.5	50.67
Contenido de humedad (%)	21.62	23.68
Contenido de humedad promedio (%)	22.65	
4. Determinación de las Fases del Suelo		
	Volúmen	Peso
Volúmen de vacíos Vv=	37.62	-
Volúmen de aire Va (Wa)=	25.62	0
Volúmen de agua Vw (Ww)=	12	12
Volúmen de solido Vs (Ws)=	19.12	50.67
Volúmen de la masa Vm (Wm)=	56.74	62.67
5. Determinación de las Propiedades Índice del Suelo		
Peso Volumétrico del Suelo (γm) (densidad húmeda)	1.105	gr/cm ³
Densidad seca (γd)	0.901	
Contenido de humedad w%	22.65	%
Relación de vacíos e= Vv/Vs	1.967	natural
Porosidad n% = Vv/Vm*100	66.300	%
Grado de Saturación de agua Gw%= Vw/Vv*100	31.899	%
Grado de Saturación de aire Ga%	68.101	%

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 62: Densidad de Campo (Pozo 6)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO.

Parroquia: Rumipamba

Vía: Guangalo Alto - Parcaloma

Muestra: Pozo 6

Profundidad: 50 cm

Normas: AASHTO T 191 2014

Coordenadas: E: 763370.42; N: 9839167.758

Fecha: 24/10/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)		
1. Determinación del peso del suelo extraído (Peso de la masa)		
Peso de la masa del suelo + funda (gr) W_m+Rec	1168	
Peso de la funda (gr) Rec	4	
Peso de la masa del suelo (gr) $W_m = W_m+Rec-Rec$	1164	
2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa		
Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	4612	
Peso final frasco + cono + arena (gr)	3275	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	385	
Peso arena en la perforación	952	
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración Arena)	1.589	
Volumen de la Perforación	1013.17	
3. Determinación del Contenido de Humedad		
Recipiente número	sr5	s3
Peso húmedo + recipiente (gr)	60	73
Peso seco + recipiente (gr)	50	61
Peso recipiente (gr)	6.32	6.49
Peso del agua (gr)	10	12
Peso de los sólidos (gr)	43.68	54.51
Contenido de humedad (%)	22.89	22.01
Contenido de humedad promedio (%)	22.45	
4. Determinación de las Fases del Suelo		
	Volúmen	Peso
Volúmen de vacíos $V_v=$	37.32	-
Volúmen de aire $V_a (W_a)=$	25.32	0
Volúmen de agua $V_w (W_w)=$	12	12
Volúmen de sólido $V_s (W_s)=$	20.57	54.51
Volúmen de la masa $V_m (W_m)=$	57.89	66.51
5. Determinación de las Propiedades Índice del Suelo		
Peso Volumétrico del Suelo (γ_m) (densidad húmeda)	1.149	gr/cm^3
Densidad seca (γ_d)	0.938	
Contenido de humedad $w\%$	22.45	%
Relación de vacíos $e= V_v/V_s$	1.814	natural
Porosidad $n\% = V_v/V_m*100$	64.468	%
Grado de Saturación de agua $G_w\% = V_w/V_v*100$	32.153	%
Grado de Saturación de aire $G_a\%$	67.847	%

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 63: Densidad de Campo (Pozo 7)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO.

Parroquia: Yanayacu

Vía: La Dolorosa- Yanayacu Centro

Muestra: Pozo 7

Profundidad: 65 cm

Normas: AASHTO T 191 2014

Coordenadas: E: 760417.818; N: 9840059.972

Fecha: 25/10/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)		
1. Determinación del peso del suelo extraído (Peso de la masa)		
Peso de la masa del suelo + funda (gr) Wm+Rec	1393	
Peso de la funda (gr) Rec	3	
Peso de la masa del suelo (gr) Wm = Wm+Rec-Rec	1390	
2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa		
Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	4475	
Peso final frasco + cono + arena (gr)	2835	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	385	
Peso arena en la perforación	1255	
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración Arena)	1.589	
Volumen de la Perforación	1123.12	
3. Determinación del Contenido de Humedad		
Recipiente número	lp4	sr8
Peso húmedo + recipiente (gr)	52	62
Peso seco + recipiente (gr)	46	55
Peso recipiente (gr)	6.09	6.38
Peso del agua (gr)	6	7
Peso de los sólidos (gr)	39.91	48.62
Contenido de humedad (%)	15.03	14.40
Contenido de humedad promedio (%)	14.72	
4. Determinación de las Fases del Suelo		
	Volúmen	Peso
Volúmen de vacíos Vv=	26.59	-
Volúmen de aire Va (Wa)=	19.59	0
Volúmen de agua Vw (Ww)=	7	7
Volúmen de solido Vs (Ws)=	18.35	48.62
Volúmen de la masa Vm (Wm)=	44.94	55.62
5. Determinación de las Propiedades Índice del Suelo		
Peso Volumétrico del Suelo (γ_m) (densidad húmeda)	1.238	gr/cm^3
Densidad seca (γ_d)	1.079	
Contenido de humedad w%	14.72	%
Relación de vacíos e= Vv/Vs	1.449	natural
Porosidad n% = Vv/Vm*100	59.175	%
Grado de Saturación de agua Gw%= Vw/Vv*100	26.322	%
Grado de Saturación de aire Ga%	73.678	%

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 64: Densidad de Campo (pozo 8)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO.

Parroquia: Yanayacu

Vía: La Dolorosa- Yanayacu Centro

Muestra: Pozo 8

Profundidad: 50 cm

Normas: AASHTO T 191 2014

Coordenadas: E: 760346.471; N: 9840174.61

Fecha: 25/10/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)		
1. Determinación del peso del suelo extraído (Peso de la masa)		
Peso de la masa del suelo + funda (gr) Wm+Rec	1014	
Peso de la funda (gr) Rec	3	
Peso de la masa del suelo (gr) Wm = Wm+Rec-Rec	1011	
2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa		
Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	4533	
Peso final frasco + cono + arena (gr)	3094	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	385	
Peso arena en la perforación	1054	
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración Arena)	1.589	
Volumen de la Perforación	942.48	
3. Determinación del Contenido de Humedad		
Recipiente número	m1	m2
Peso húmedo + recipiente (gr)	119	94
Peso seco + recipiente (gr)	107	88
Peso recipiente (gr)	37	36
Peso del agua (gr)	12	6
Peso de los sólidos (gr)	70	52
Contenido de humedad (%)	17.14	11.54
Contenido de humedad promedio (%)	14.34	
4. Determinación de las Fases del Suelo		
	Volúmen	Peso
Volúmen de vacíos Vv=	34.45	-
Volúmen de aire Va (Wa)=	28.45	0
Volúmen de agua Vw (Ww)=	6	6
Volúmen de sólido Vs (Ws)=	19.62	52
Volúmen de la masa Vm (Wm)=	54.07	58
5. Determinación de las Propiedades Índice del Suelo		
Peso Volumétrico del Suelo (γ_m) (densidad húmeda)	1.073	gr/cm^3
Densidad seca (γ_d)	0.938	
Contenido de humedad w%	14.34	%
Relación de vacíos e= Vv/Vs	1.755	natural
Porosidad n% = Vv/Vm*100	63.708	%
Grado de Saturación de agua Gw%= Vw/Vv*100	17.418	%
Grado de Saturación de aire Ga%	82.582	%

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 65: Densidad de Campo (pozo 9)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO.

Parroquia: Yanayacu

Vía: E35- Luis López

Muestra: Pozo 9

Profundidad: 70 cm

Normas: AASHTO T 191 2014

Coordenadas: E: 759648.365; N: 9840306.869

Fecha: 25/10/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)		
1. Determinación del peso del suelo extraído (Peso de la masa)		
Peso de la masa del suelo + funda (gr) Wm+Rec	1242	
Peso de la funda (gr) Rec	4	
Peso de la masa del suelo (gr) Wm = Wm+Rec-Rec	1238	
2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa		
Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	4449	
Peso final frasco + cono + arena (gr)	3288	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	385	
Peso arena en la perforación	776	
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración Arena)	1.589	
Volumen de la Perforación	942.48	
3. Determinación del Contenido de Humedad		
Recipiente número	sr10	sr9
Peso húmedo + recipiente (gr)	66	60
Peso seco + recipiente (gr)	57.4	52.5
Peso recipiente (gr)	15	19
Peso del agua (gr)	8.6	7.5
Peso de los sólidos (gr)	42.4	33.5
Contenido de humedad (%)	20.28	22.39
Contenido de humedad promedio (%)	21.34	
4. Determinación de las Fases del Suelo		
	Volúmen	Peso
Volúmen de vacíos Vv=	18.57	-
Volúmen de aire Va (Wa)=	11.07	0
Volúmen de agua Vw (Ww)=	7.5	7.5
Volúmen de solido Vs (Ws)=	12.64	33.5
Volúmen de la masa Vm (Wm)=	31.21	41
5. Determinación de las Propiedades Índice del Suelo		
Peso Volumétrico del Suelo (γ_m) (densidad húmeda)	1.314	gr/cm^3
Densidad seca (γ_d)	1.083	
Contenido de humedad w%	21.34	%
Relación de vacíos e= Vv/Vs	1.469	natural
Porosidad n% = Vv/Vm*100	59.499	%
Grado de Saturación de agua Gw%= Vw/Vv*100	40.385	%
Grado de Saturación de aire Ga%	59.615	%

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 66: Densidad de Campo (Pozo 10)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO.

Parroquia: Yanayacu

Vía: E35- Luis López

Muestra: Pozo 10

Profundidad: 55 cm

Normas: AASHTO T 191 2014

Coordenadas: E: 759452.549; N: 9840245.127

Fecha: 25/10/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)		
1. Determinación del peso del suelo extraído (Peso de la masa)		
Peso de la masa del suelo + funda (gr) Wm+Rec	1316	
Peso de la funda (gr) Rec	3	
Peso de la masa del suelo (gr) Wm = Wm+Rec-Rec	1313	
2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa		
Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	4427	
Peso final frasco + cono + arena (gr)	3074	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	385	
Peso arena en la perforación	968	
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración Arena)	1.589	
Volumen de la Perforación	1178.10	
3. Determinación del Contenido de Humedad		
Recipiente número	sr6	sr1
Peso húmedo + recipiente (gr)	64	56
Peso seco + recipiente (gr)	57.3	48.9
Peso recipiente (gr)	6.44	6.34
Peso del agua (gr)	6.7	7.1
Peso de los sólidos (gr)	50.86	42.56
Contenido de humedad (%)	13.17	16.68
Contenido de humedad promedio (%)	14.93	
4. Determinación de las Fases del Suelo		
	Volúmen	Peso
Volúmen de vacíos Vv=	28.50	-
Volúmen de aire Va (Wa)=	21.40	0
Volúmen de agua Vw (Ww)=	7.1	7.1
Volúmen de solido Vs (Ws)=	16.06	42.56
Volúmen de la masa Vm (Wm)=	44.56	49.66
5. Determinación de las Propiedades Índice del Suelo		
Peso Volumétrico del Suelo (γ_m) (densidad húmeda)	1.115	gr/cm ³
Densidad seca (γ_d)	0.970	
Contenido de humedad w%	14.93	%
Relación de vacíos e= Vv/Vs	1.774	natural
Porosidad n% = Vv/Vm*100	63.956	%
Grado de Saturación de agua Gw%= Vw/Vv*100	24.914	%
Grado de Saturación de aire Ga%	75.086	%

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 67: Densidad de Campo (Pozo 11)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Yanayacu

Vía: 12 De Octubre- Quebrada Yanayacu

Muestra: Pozo 11

Profundidad: 70 cm

Normas: AASHTO T 191 2014

Coordenadas: E: 756569.285; N: 9838141.158

Fecha: 25/10/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)		
1. Determinación del peso del suelo extraído (Peso de la masa)		
Peso de la masa del suelo + funda (gr) Wm+Rec	980	
Peso de la funda (gr) Rec	4	
Peso de la masa del suelo (gr) Wm = Wm+Rec-Rec	976	
2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa		
Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	4474	
Peso final frasco + cono + arena (gr)	3386	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	385	
Peso arena en la perforación	703	
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración Arena)	1.589	
Volumen de la Perforación	824.67	
3. Determinación del Contenido de Humedad		
Recipiente número	t1	t2
Peso húmedo + recipiente (gr)	71	64
Peso seco + recipiente (gr)	60	53
Peso recipiente (gr)	9.54	9.62
Peso del agua (gr)	11	11
Peso de los sólidos (gr)	50.46	43.38
Contenido de humedad (%)	21.80	25.36
Contenido de humedad promedio (%)	23.58	
4. Determinación de las Fases del Suelo		
	Volúmen	Peso
Volúmen de vacíos Vv=	29.58	-
Volúmen de aire Va (Wa)=	18.58	0
Volúmen de agua Vw (Ww)=	11	11
Volúmen de sólido Vs (Ws)=	16.37	43.38
Volúmen de la masa Vm (Wm)=	45.95	54.38
5. Determinación de las Propiedades Índice del Suelo		
Peso Volumétrico del Suelo (γ_m) (densidad húmeda)	1.184	gr/cm^3
Densidad seca (γ_d)	0.958	
Contenido de humedad w%	23.58	%
Relación de vacíos e= Vv/Vs	1.807	natural
Porosidad n% = Vv/Vm*100	64.373	%
Grado de Saturación de agua Gw%= Vw/Vv*100	37.189	%
Grado de Saturación de aire Ga%	62.811	%

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 68: Densidad de Campo (Pozo 12)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Yanayacu

Vía: 12 De Octubre- Quebrada Yanayacu

Muestra: Pozo 12

Profundidad: 65 cm

Normas: AASHTO T 191 2014

Coordenadas: E: 756297.323; N: 9837776.895

Fecha: 25/10/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)		
1. Determinación del peso del suelo extraído (Peso de la masa)		
Peso de la masa del suelo + funda (gr) Wm+Rec	1186	
Peso de la funda (gr) Rec	3	
Peso de la masa del suelo (gr) Wm = Wm+Rec-Rec	1183	
2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa		
Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	4468	
Peso final frasco + cono + arena (gr)	3253	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	385	
Peso arena en la perforación	830	
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración Arena)	1.589	
Volumen de la Perforación	1021.02	
3. Determinación del Contenido de Humedad		
Recipiente número	lp6	lp1
Peso húmedo + recipiente (gr)	70	64
Peso seco + recipiente (gr)	57	52
Peso recipiente (gr)	6.3	6.65
Peso del agua (gr)	13	12
Peso de los sólidos (gr)	50.7	45.35
Contenido de humedad (%)	25.64	26.46
Contenido de humedad promedio (%)	26.05	
4. Determinación de las Fases del Suelo		
	Volúmen	Peso
Volúmen de vacíos Vv=	32.38	-
Volúmen de aire Va (Wa)=	20.38	0
Volúmen de agua Vw (Ww)=	12	12
Volúmen de solido Vs (Ws)=	17.11	45.35
Volúmen de la masa Vm (Wm)=	49.50	57.35
5. Determinación de las Propiedades Índice del Suelo		
Peso Volumétrico del Suelo (γ_m) (densidad húmeda)	1.159	gr/cm ³
Densidad seca (γ_d)	0.919	
Contenido de humedad w%	26.05	%
Relación de vacíos e= Vv/Vs	1.892	natural
Porosidad n% = Vv/Vm*100	65.426	%
Grado de Saturación de agua Gw% = Vw/Vv*100	37.055	%
Grado de Saturación de aire Ga%	62.945	%

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 69: Límite Líquido Copa de Casa Grande (Pozo 1)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO.

Parroquia: Rumipamba

Vía: Pichibamba- Quebrada Potrerillos

Muestra: Pozo 1

Profundidad: 50 cm

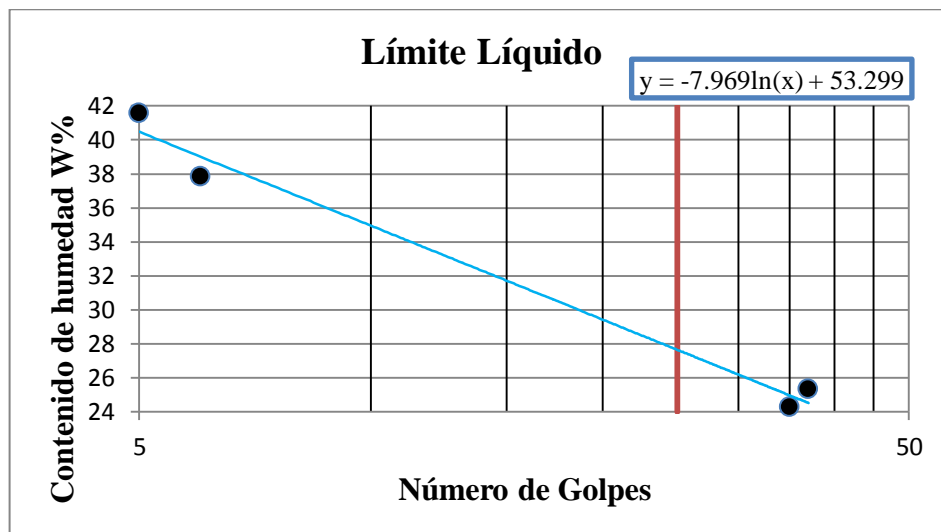
Normas: AASHTO T 89 2013

Coordenadas: E: 762044.891; N: 9841749.603

Fecha: 09/11/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

LÍMITE LÍQUIDO								
#Golpes	#Recipiente	Peso Recipiente	Muestra húmeda + rec	Muestra seca+ rec	Peso W	Peso S	W%	W% Promedio
6	20	12.10	28.90	24.00	4.90	11.90	41.18	37.83
	21	10.20	25.80	21.80	4.00	11.60	34.48	
35	AP11	10.00	30.10	26.10	4.00	16.10	24.84	24.26
	AP10	10.10	31.00	27.00	4.00	16.90	23.67	
37	4	10.20	30.00	25.80	4.20	15.60	26.92	25.33
	18	9.00	30.90	26.70	4.20	17.70	23.73	
5	5	10.00	37.00	28.00	9.00	18.00	50.00	41.58
	13	10.00	34.90	28.70	6.20	18.70	33.16	



Número de Golpes = 25

Límite Líquido (LL) % = 27.65

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 70: Límite Líquido Copa de Casa Grande (Pozo 2)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Rumipamba

Vía: Pichibamba- Quebrada Potrerillos

Muestra: Pozo 2

Profundidad: 50 cm

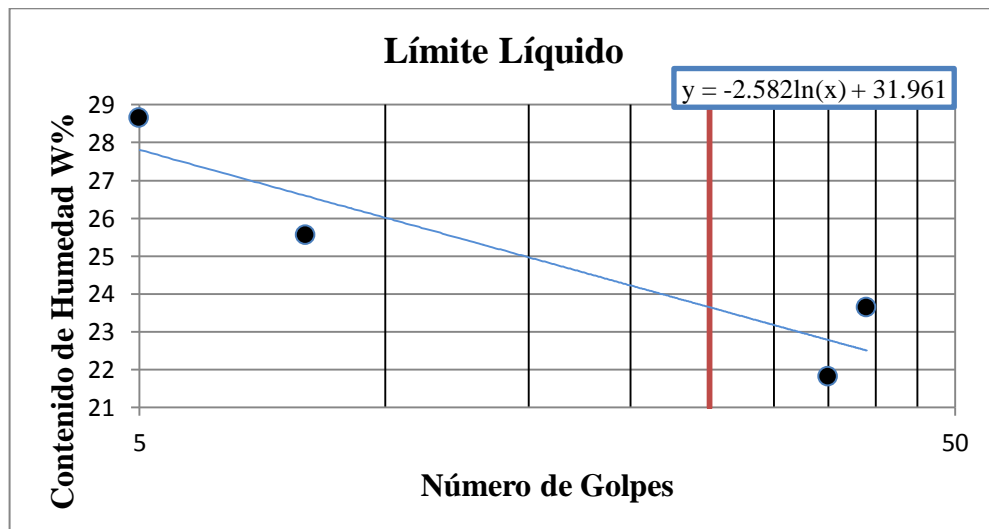
Normas: AASHTO T 89 2013

Coordenadas: E: 762192.616; N: 9841509.567

Fecha: 9/11/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

LÍMITE LÍQUIDO								
#Golpes	#Recipiente	Peso Recipiente	Muestra húmeda + rec	Muestra seca+ rec	Peso W	Peso S	W%	W% Promedio
5	4LL	22.00	40.00	36.10	3.90	14.10	27.66	28.66
	N1	12.50	31.30	27.00	4.30	14.50	29.66	
8	N2	5.00	35.20	28.90	6.30	23.90	26.36	25.55
	N3	4.20	28.90	24.00	4.90	19.80	24.75	
35	N4	4.00	22.00	18.90	3.10	14.90	20.81	21.82
	N5	4.10	24.00	20.30	3.70	16.20	22.84	
39	N6	6.00	29.20	24.40	4.80	18.40	26.09	23.65
	TN	8.10	28.10	24.60	3.50	16.50	21.21	



Número de Golpes = 25

Límite Líquido (LL) % = 23.65

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 71: Límite Líquido Copa de Casa Grande (Pozo 3)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Rumipamba

Vía: Guangalo Bajo- San Juan

Muestra: Pozo 3

Profundidad: 75 cm

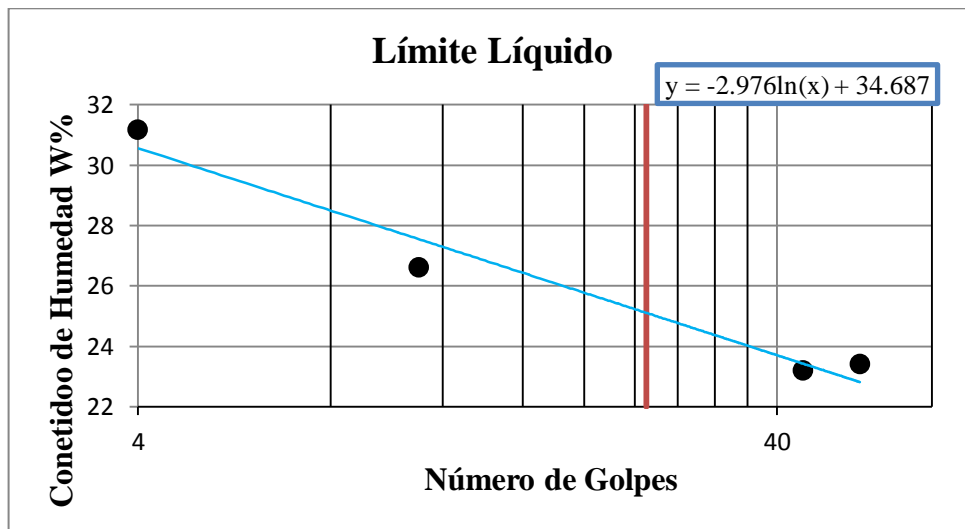
Normas: AASHTO T 89 2013

Coordenadas: E: 763050.135; N: 9839558.935

Fecha: 09/11/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

LÍMITE LÍQUIDO								
#Golpes	#Recipiente	Peso Recipiente	Muestra húmeda + rec	Muestra seca+ rec	Peso W	Peso S	W%	W% Promedio
44	22	9.20	27.80	24.50	3.30	15.30	21.57	23.19
	23A	10.00	26.10	22.90	3.20	12.90	24.81	
4	2	10.00	27.10	23.20	3.90	13.20	29.55	31.16
	T1	10.10	25.90	22.00	3.90	11.90	32.77	
11	L23	12.00	28.00	24.50	3.50	12.50	28.00	26.61
	L21	12.10	27.00	24.00	3.00	11.90	25.21	
54	L22	12.00	30.05	27.10	2.95	15.10	19.54	23.40
	L19	12.00	26.00	23.00	3.00	11.00	27.27	



Número de Golpes = 25

Límite Líquido (LL) % = 25.71

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 72: Límite Líquido Copa de Casa Grande (Pozo 4)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Rumipamba

Vía: Guangalo Bajo- San Juan

Muestra: Pozo 4

Profundidad: 50 cm

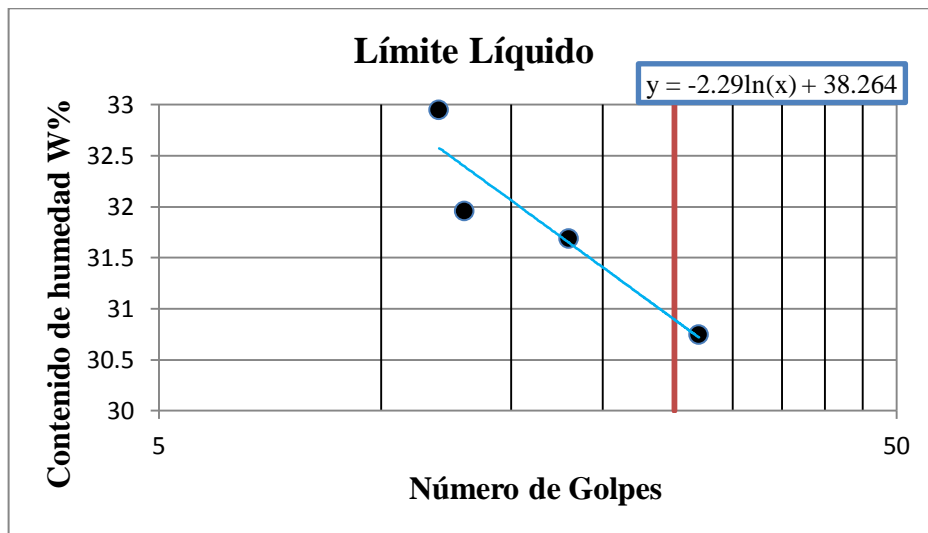
Normas: AASHTO T 89 2013

Coordenadas: E: 762993.151; N: 9839243.534

Fecha: 09/11/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

LÍMITE LÍQUIDO								
#Golpes	#Recipiente	Peso Recipiente	Muestra húmeda + rec	Muestra seca+ rec	Peso W	Peso S	W%	W% Promedio
12	C6	36.10	60.00	54.40	5.60	18.30	30.60	32.95
	C5	36.00	59.00	53.00	6.00	17.00	35.29	
18	C7	34.70	52.30	47.80	4.50	13.10	34.35	31.68
	B1	33.10	54.00	49.30	4.70	16.20	29.01	
13	C14	36.00	57.20	52.10	5.10	16.10	31.68	31.96
	C1	38.00	58.10	53.20	4.90	15.20	32.24	
27	M1	37.10	58.30	53.90	4.40	16.80	26.19	30.74
	C15	36.00	59.00	53.00	6.00	17.00	35.29	



Número de Golpes = 25

Límite Líquido (LL) % = 30.89

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 73: Límite Líquido Copa de Casa Grande (Pozo 5)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Rumipamba

Vía: Guangalo Alto - Parcaloma

Muestra: Pozo 5

Profundidad: 60 cm

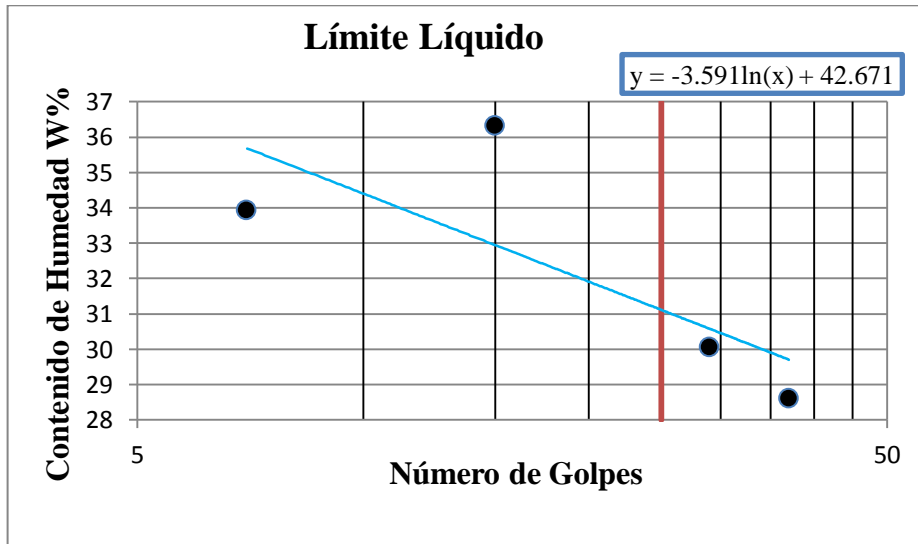
Normas: AASHTO T 89 2013

Coordenadas: E: 763827.174; N: 9839312.798

Fecha: 09/11/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

LÍMITE LÍQUIDO								
#Golpes	#Recipiente	Peso Recipiente	Muestra húmeda + rec	Muestra seca+ rec	Peso W	Peso S	W%	W% Promedio
15	C4	37.00	55.00	50.00	5.00	13.00	38.46	36.32
	C2	36.50	52.20	48.20	4.00	11.70	34.19	
29	15	10.00	23.00	19.50	3.50	9.50	36.84	30.05
	17	10.10	26.00	23.00	3.00	12.90	23.26	
7	11	10.10	25.00	21.30	3.70	11.20	33.04	33.93
	16	10.00	25.10	21.20	3.90	11.20	34.82	
37	C13	37.00	55.30	51.00	4.30	14.00	30.71	28.61
	C3	36.10	57.10	52.70	4.40	16.60	26.51	



Número de Golpes = 25

Límite Líquido (LL) % = 31.11

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 74: Límite Líquido Copa de Casa Grande (Pozo 6)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Rumipamba

Vía: Guangalo Alto - Parcaloma

Muestra: Pozo 6

Profundidad: 50 cm

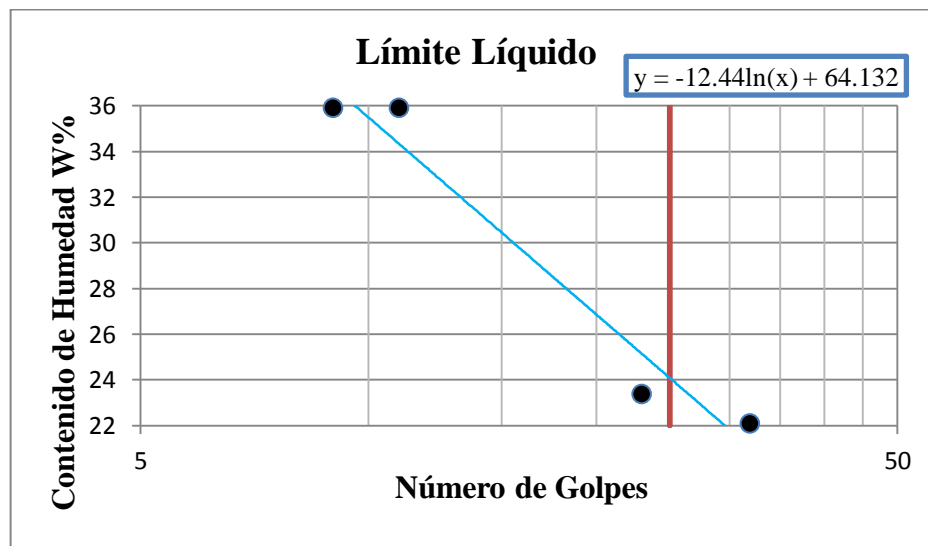
Normas: AASHTO T 89 2013

Coordenadas: E: 763370.42; N: 9839167.758

Fecha: 09/11/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

LÍMITE LÍQUIDO								
#Golpes	#Recipiente	Peso Recipiente	Muestra húmeda + rec	Muestra seca+ rec	Peso W	Peso S	W%	W% Promedio
11	B2	35.10	56.10	50.00	6.10	14.90	40.94	35.90
	H1	34.60	57.50	52.10	5.40	17.50	30.86	
32	C17	37.00	55.20	51.80	3.40	14.80	22.97	22.06
	C12	36.01	57.20	53.50	3.70	17.49	21.15	
9	C11	37.20	59.00	53.10	5.90	15.90	37.11	35.91
	5	41.00	63.90	58.00	5.90	17.00	34.71	
23	2	39.50	54.30	51.50	2.80	12.00	23.33	23.35
	3	40.00	59.00	55.40	3.60	15.40	23.38	



Número de Golpes = 25

Límite Líquido (LL) % = 24.09

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 75: Límite Líquido Copa de Casa Grande (Pozo 7)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Yanayacu

Vía: La Dolorosa- Yanayacu Centro

Muestra: Pozo 7

Profundidad: 65 cm

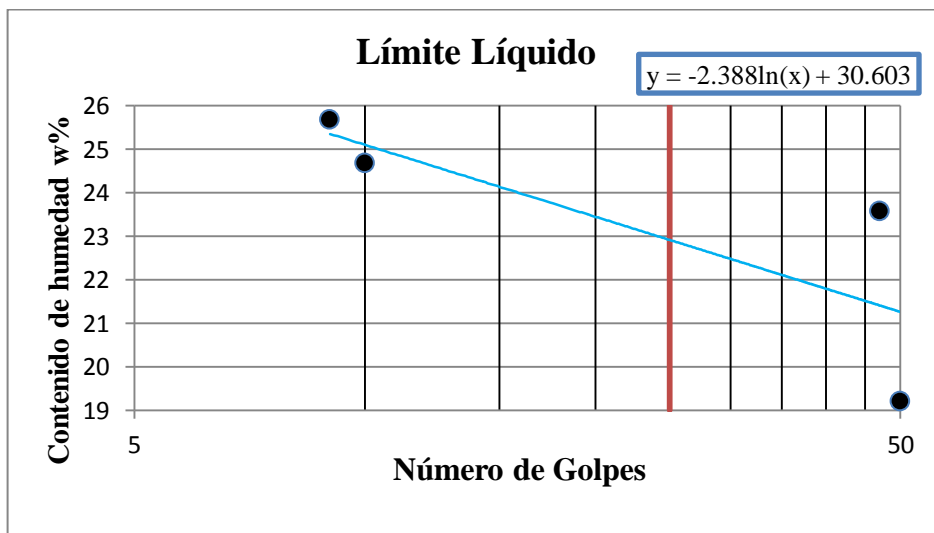
Normas: AASHTO T 89 2013

Coordenadas: E: 760417.818; N: 9840059.972

Fecha: 10/11/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

LÍMITE LÍQUIDO								
#Golpes	#Recipiente	Peso Recipiente	Muestra húmeda + rec	Muestra seca+ rec	Peso W	Peso S	W%	W% Promedio
10	CL2	33.10	47.20	44.00	3.20	10.90	29.36	24.68
	C10	30.00	51.00	47.50	3.50	17.50	20.00	
50	M2	37.20	54.70	52.20	2.50	15.00	16.67	19.20
	AP2	33.20	50.00	47.00	3.00	13.80	21.74	
9	H4	37.20	55.70	52.30	3.40	15.10	22.52	25.68
	C9	30.00	51.00	46.30	4.70	16.30	28.83	
47	C8	30.00	51.00	47.40	3.60	17.40	20.69	23.57
	C18	36.50	51.80	48.60	3.20	12.10	26.45	



Número de Golpes = 25

Límite Líquido (LL) % = 22.92

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 76: Límite Líquido Copa de Casa Grande (Pozo 8)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Yanayacu

Vía: La Dolorosa- Yanayacu Centro

Muestra: Pozo 8

Profundidad: 50 cm

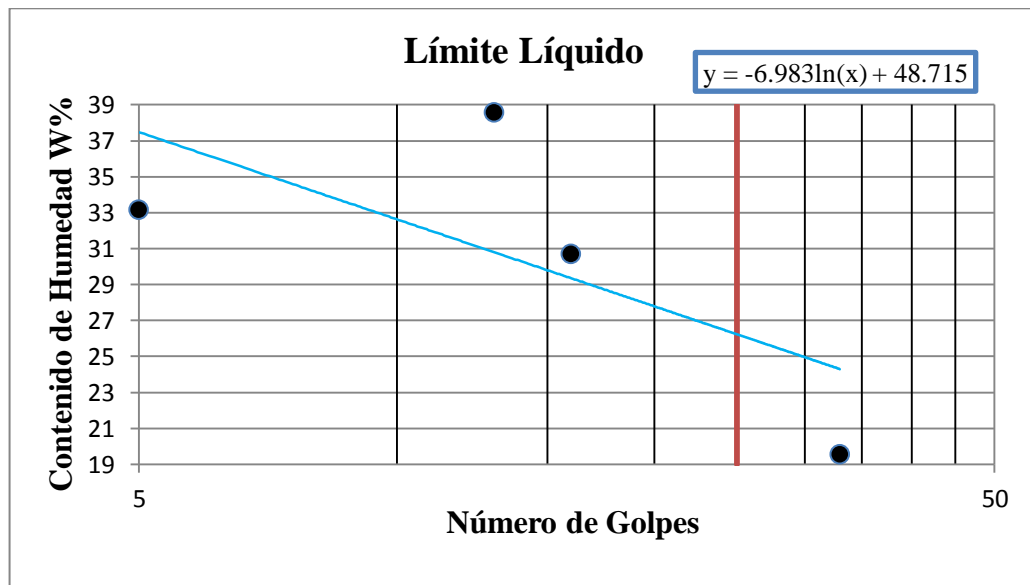
Normas: AASHTO T 89 2013

Coordenadas: E: 760346.471; N: 9840174.61

Fecha: 10/11/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

LÍMITE LÍQUIDO								
#Golpes	#Recipiente	Peso Recipiente	Muestra húmeda + rec	Muestra seca+ rec	Peso W	Peso S	W%	W% Promedio
5	L2	12.00	27.20	23.20	4.00	11.20	35.71	33.13
	1	10.10	28.90	24.50	4.40	14.40	30.56	
13	6	10.10	27.90	23.00	4.90	12.90	37.98	38.56
	AP9	10.00	29.20	23.80	5.40	13.80	39.13	
33	CL4	33.10	49.90	47.00	2.90	13.90	20.86	19.55
	H3	36.30	57.70	54.40	3.30	18.10	18.23	
16	H2	33.00	55.00	49.85	5.15	16.85	30.56	30.69
	AP1	33.10	53.90	49.00	4.90	15.90	30.82	



Número de Golpes = 25

Límite Líquido (LL) % = 26.24

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 77: Límite Líquido Copa de Casa Grande (Pozo 9)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Yanayacu

Vía: E35- Luis López

Muestra: Pozo 9

Profundidad: 70 cm

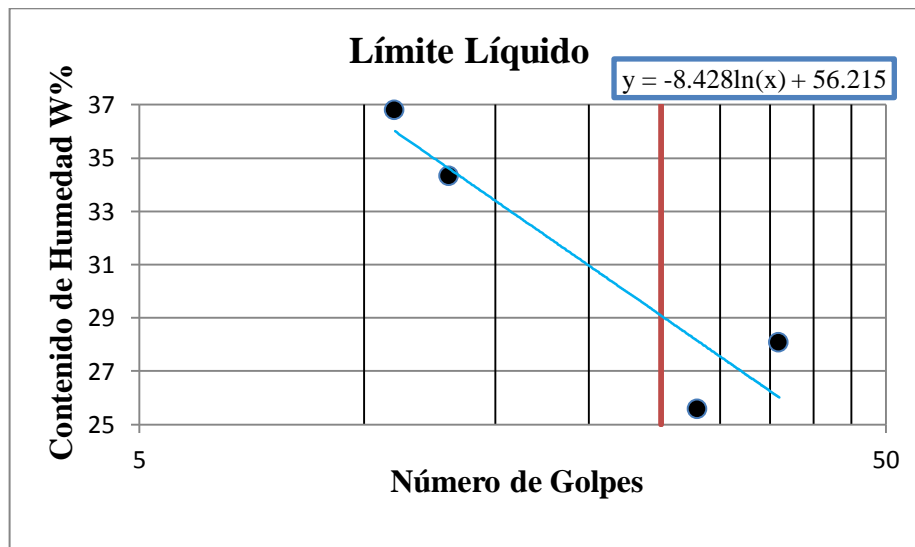
Normas: AASHTO T 89 2013

Coordenadas: E: 759648.365; N: 9840306.869

Fecha: 10/11/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

LÍMITE LÍQUIDO								
#Golpes	#Recipiente	Peso Recipiente	Muestra húmeda + rec	Muestra seca+ rec	Peso W	Peso S	W%	W% Promedio
13	CL3	33.10	54.10	48.90	5.20	15.80	32.91	34.31
	CL1	35.00	54.00	49.00	5.00	14.00	35.71	
28	10A	10.20	23.20	20.10	3.10	9.90	31.31	25.58
	8	10.10	24.96	22.50	2.46	12.40	19.84	
11	T2	10.10	21.20	18.10	3.10	8.00	38.75	36.79
	AP8	11.00	23.00	19.90	3.10	8.90	34.83	
36	AP7	10.20	23.10	20.10	3.00	9.90	30.30	28.07
	AP3	10.00	29.00	25.10	3.90	15.10	25.83	



Número de Golpes = 25

Límite Líquido (LL) % = 29.09

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 78: Límite Líquido Copa de Casa Grande (Pozo10)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Yanayacu

Vía: E35- Luis López

Muestra: Pozo 10

Profundidad: 55 cm

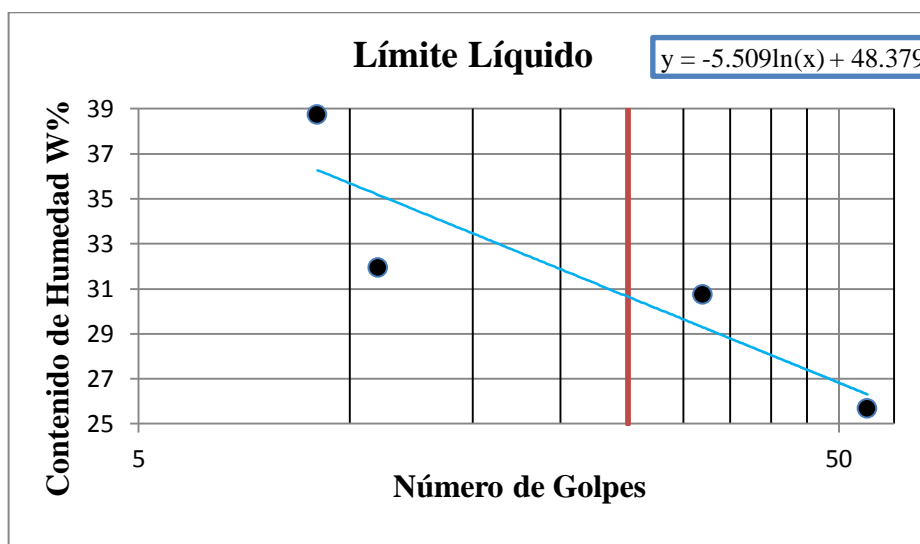
Normas: AASHTO T 89 2013

Coordenadas: E: 759452.549; N: 9840245.127

Fecha: 10/11/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

LÍMITE LÍQUIDO								
#Golpes	#Recipiente	Peso Recipiente	Muestra húmeda + rec	Muestra seca+ rec	Peso W	Peso S	W%	W% Promedio
9	3LL	21.00	42.10	36.20	5.90	15.20	38.82	38.73
	2LL	21.00	39.30	34.20	5.10	13.20	38.64	
55	TA2	54.20	72.50	69.10	3.40	14.90	22.82	25.65
	1G	68.00	89.20	84.50	4.70	16.50	28.48	
32	6LL	22.30	48.70	42.40	6.30	20.10	31.34	30.73
	5LP	22.10	45.00	39.70	5.30	17.60	30.11	
11	1LL	22.00	41.00	36.11	4.89	14.11	34.66	31.93
	4	41.10	58.80	54.80	4.00	13.70	29.20	



Número de Golpes = 25

Límite Líquido (LL) % = 30.65

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 79: Límite Líquido Copa de Casa Grande (Pozo11)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Yanayacu

Vía: 12 De Octubre- Quebrada Yanayacu

Muestra: Pozo 11

Profundidad: 70 cm

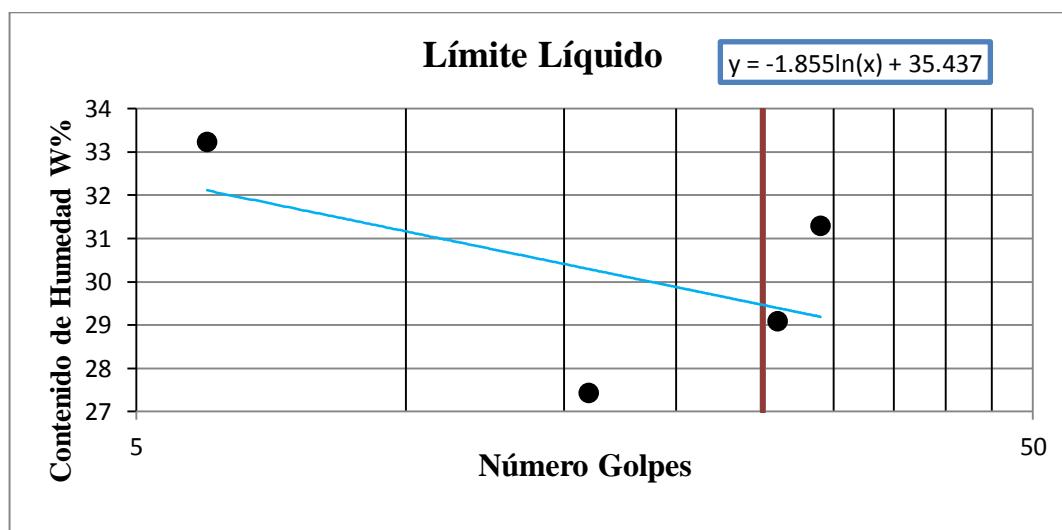
Normas: AASHTO T 89 2013

Coordenadas: E: 756569.285; N: 9838141.158

Fecha: 10/11/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

LÍMITE LÍQUIDO								
#Golpes	#Recipiente	Peso Recipiente	Muestra húmeda + rec	Muestra seca+ rec	Peso W	Peso S	W%	W% Promedio
29	L24	12.00	29.10	25.30	3.80	13.30	28.57	31.28
	AP1	10.20	24.00	20.50	3.50	10.30	33.98	
26	3A	11.10	25.01	22.10	2.91	11.00	26.45	29.07
	AP6	7.00	31.10	25.30	5.80	18.30	31.69	
16	AP5	10.00	26.90	23.10	3.80	13.10	29.01	27.42
	12	10.10	33.00	28.30	4.70	18.20	25.82	
6	AP2	10.30	25.00	21.20	3.80	10.90	34.86	33.22
	AP4	10.00	30.00	25.20	4.80	15.20	31.58	



Número de Golpes = 25

Límite Líquido (LL) % = 29.47

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 80: Límite Líquido Copa de Casa Grande (Pozo12)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Yanayacu

Vía: 12 De Octubre- Quebrada Yanayacu

Muestra: Pozo 12

Profundidad: 65 cm

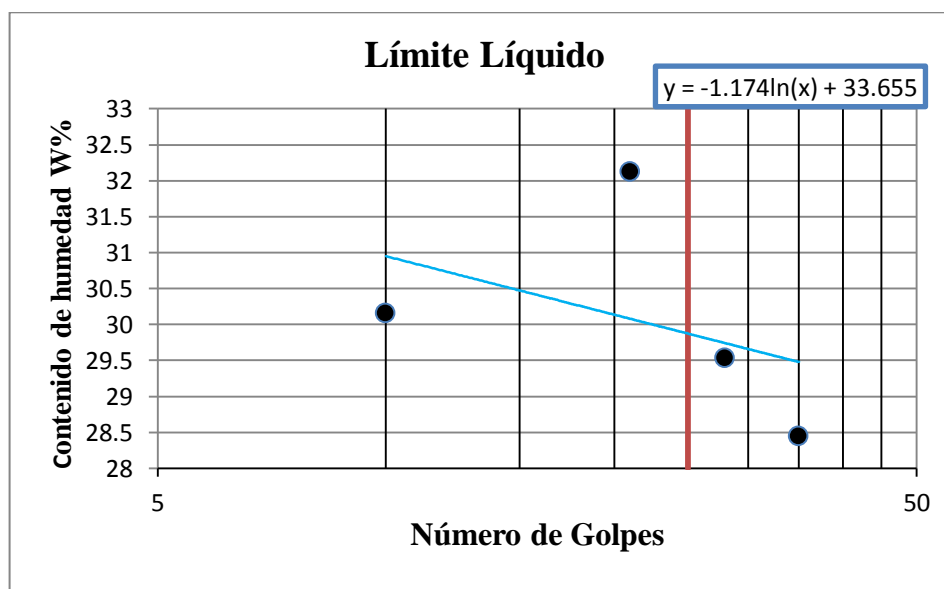
Normas: AASHTO T 89 2013

Coordenadas: E: 756297.323; N: 9837776.895

Fecha: 10/11/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

LÍMITE LÍQUIDO								
#Golpes	#Recipiente	Peso Recipiente	Muestra húmeda + rec	Muestra seca+ rec	Peso W	Peso S	W%	W% Promedio
10	L3	12.00	28.10	24.00	4.10	12.00	34.17	30.16
	L20	11.90	31.20	27.20	4.00	15.30	26.14	
21	L1	12.00	30.00	25.95	4.05	13.95	29.03	32.12
	19	10.10	29.30	24.30	5.00	14.20	35.21	
28	24	10.10	28.20	24.10	4.10	14.00	29.29	29.53
	14	10.00	27.00	23.10	3.90	13.10	29.77	
35	7	10.20	27.80	23.85	3.95	13.65	28.94	28.44
	9	10.20	30.80	26.30	4.50	16.10	27.95	



Número de Golpes = 25

Límite Líquido (LL) % = 29.88

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 81: Gravedad Específica (Pozo 1)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Rumipamba

Vía: Pichibamba- Quebrada Potrerillos

Muestra: Pozo 1

Profundidad: 50 cm

Normas: AASHTO T 100 2015

Coordenadas: E: 762044.891; N: 9841749.603

Fecha: 12/11/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA

Suelos menores al tamiz #4

Muestra número	1
Picnómetro número (Pg)	sn
Pg+agua hasta la marca de aforo Wbw	661.00
Pg+agua+suelo (sumergido) Wbws	690.10
Desplazamiento agua Ws+Wbw-Wbws	18.64
Temperatura del agua y suelo en °C	17.50
Factor de corrección por temperatura K	1.00048
PARA OBTENER LOS SÓLIDOS	
Recipiente número	3G
Recipiente + peso suelo seco	110.04
Peso del recipiente	62.30
Peso del suelo seco Ws	47.74
$G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})$	2.562

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 82: Gravedad Específica (Pozo 2)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Rumipamba

Vía: Pichibamba- Quebrada Potrerillos

Muestra: Pozo 2

Profundidad: 50 cm

Normas: AASHTO T 100 2015

Coordenadas: E: 762192.616; N: 9841509.567

Fecha: 12/11/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA

Suelos menores al tamiz #4

Muestra número	2
Picnómetro número (Pg)	sn
Pg+agua hasta la marca de aforo Wbw	660.00
Pg+agua+suelo (sumergido) Wbws	691.00
Desplazamiento agua $W_s+W_{bw}-W_{bws}$	20.30
Temperatura del agua y suelo en °C	18.00
Factor de corrección por temperatura K	1.00039
PARA OBTENER LOS SÓLIDOS	
Recipiente número	4G
Recipiente + peso suelo seco	114.20
Peso del recipiente	62.90
Peso del suelo seco W_s	51.30
$G_s=(W_s*K)/(W_s+W_{bw}-W_{bws})$	2.528

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 83: Gravedad Específica (Pozo 3)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Rumipamba

Vía: Guangalo Bajo- San Juan

Muestra: Pozo 3

Profundidad: 75 cm

Normas: AASHTO T 100 2015

Coordenadas: E: 763050.135; N: 9839558.935

Fecha: 12/11/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA

Suelos menores al tamiz #4

Muestra número	3
Picnómetro número (Pg)	sn
Pg+agua hasta la marca de aforo Wbw	660.04
Pg+agua+suelo (sumergido) Wbws	690.20
Desplazamiento agua $W_s+W_{bw}-W_{bws}$	18.85
Temperatura del agua y suelo en °C	18.80
Factor de corrección por temperatura K	1.00024
PARA OBTENER LOS SÓLIDOS	
Recipiente número	1G
Recipiente + peso suelo seco	116.08
Peso del recipiente	67.07
Peso del suelo seco W_s	49.01
$G_s=(W_s*K)/(W_s+W_{bw}-W_{bws})$	2.601

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 84: Gravedad Específica (Pozo 4)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Rumipamba

Vía: Guangalo Bajo- San Juan

Muestra: Pozo 4

Profundidad: 50 cm

Normas: AASHTO T 100 2015

Coordenadas: E: 762993.151; N: 9839243.534

Fecha: 12/11/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA

Suelos menores al tamiz #4

Muestra número	4
Picnómetro número (Pg)	sn
Pg+agua hasta la marca de aforo Wbw	660.10
Pg+agua+suelo (sumergido) Wbws	692.00
Desplazamiento agua $W_s+W_{bw}-W_{bws}$	19.30
Temperatura del agua y suelo en °C	17.50
Factor de corrección por temperatura K	1.00048
PARA OBTENER LOS SÓLIDOS	
Recipiente número	9G
Recipiente + peso suelo seco	113.10
Peso del recipiente	61.90
Peso del suelo seco W_s	51.20
$G_s=(W_s*K)/(W_s+W_{bw}-W_{bws})$	2.654

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 85: Gravedad Específica (Pozo 5)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Rumipamba

Vía: Guangalo Alto - Parcaloma

Muestra: Pozo 5

Profundidad: 60 cm

Normas: AASHTO T 100 2015

Coordenadas: E: 763827.174; N: 9839312.798

Fecha: 12/11/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA

Suelos menores al tamiz #4

Muestra número	5
Picnómetro número (Pg)	sn
Pg+agua hasta la marca de aforo Wbw	659.80
Pg+agua+suelo (sumergido) Wbws	690.00
Desplazamiento agua $W_s+W_{bw}-W_{bws}$	19.84
Temperatura del agua y suelo en °C	18.00
Factor de corrección por temperatura K	1.00039
PARA OBTENER LOS SÓLIDOS	
Recipiente número	5G
Recipiente + peso suelo seco	113.06
Peso del recipiente	63.02
Peso del suelo seco W_s	50.04
$G_s=(W_s*K)/(W_s+W_{bw}-W_{bws})$	2.523

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 86: Gravedad Específica (Pozo 6)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Rumipamba

Vía: Guangalo Alto - Parcaloma

Muestra: Pozo 6

Profundidad: 50 cm

Normas: AASHTO T 100 2015

Coordenadas: E: 763370.42; N: 9839167.758

Fecha: 12/11/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA

Suelos menores al tamiz #4

Muestra número	6
Picnómetro número (Pg)	sn
Pg+agua hasta la marca de aforo Wbw	660.00
Pg+agua+suelo (sumergido) Wbws	689.80
Desplazamiento agua $W_s+W_{bw}-W_{bws}$	18.39
Temperatura del agua y suelo en °C	18.50
Factor de corrección por temperatura K	1.0003
PARA OBTENER LOS SÓLIDOS	
Recipiente número	12G
Recipiente + peso suelo seco	116.09
Peso del recipiente	67.90
Peso del suelo seco W_s	48.19
$G_s=(W_s*K)/(W_s+W_{bw}-W_{bws})$	2.621

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 87: Gravedad Específica (Pozo 7)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Yanayacu

Vía: La Dolorosa- Yanayacu Centro

Muestra: Pozo 7

Profundidad: 65 cm

Normas: AASHTO T 100 2015

Coordenadas: E: 760417.818; N: 9840059.972

Fecha: 12/11/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA

Suelos menores al tamiz #4

Muestra número	7
Picnómetro número (Pg)	sn
Pg+agua hasta la marca de aforo Wbw	660.02
Pg+agua+suelo (sumergido) Wbws	690.01
Desplazamiento agua $W_s+W_{bw}-W_{bws}$	19.83
Temperatura del agua y suelo en °C	18.50
Factor de corrección por temperatura K	1.0003
PARA OBTENER LOS SÓLIDOS	
Recipiente número	TA1
Recipiente + peso suelo seco	101.02
Peso del recipiente	51.20
Peso del suelo seco W_s	49.82
$G_s=(W_s*K)/(W_s+W_{bw}-W_{bws})$	2.513

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 88: Gravedad Específica (Pozo 8)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Yanayacu

Vía: La Dolorosa- Yanayacu Centro

Muestra: Pozo 8

Profundidad: 50 cm

Normas: AASHTO T 100 2015

Coordenadas: E: 760346.471; N: 9840174.61

Fecha: 12/11/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA

Suelos menores al tamiz #4

Muestra número	8
Picnómetro número (Pg)	sn
Pg+agua hasta la marca de aforo Wbw	660.05
Pg+agua+suelo (sumergido) Wbws	691.02
Desplazamiento agua $W_s+W_{bw}-W_{bws}$	19.04
Temperatura del agua y suelo en °C	17.30
Factor de corrección por temperatura K	1.0005
PARA OBTENER LOS SÓLIDOS	
Recipiente número	7G
Recipiente + peso suelo seco	114.02
Peso del recipiente	64.01
Peso del suelo seco W_s	50.01
$G_s=(W_s*K)/(W_s+W_{bw}-W_{bws})$	2.628

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 89: Gravedad Específica (Pozo 9)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Yanayacu

Vía: E35- Luis López

Muestra: Pozo 9

Profundidad: 70 cm

Normas: AASHTO T 100 2015

Coordenadas: E: 759648.365; N: 9840306.869

Fecha: 12/11/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA

Suelos menores al tamiz #4

Muestra número	9
Picnómetro número (Pg)	sn
Pg+agua hasta la marca de aforo Wbw	660.04
Pg+agua+suelo (sumergido) Wbws	690.10
Desplazamiento agua $W_s+W_{bw}-W_{bws}$	19.10
Temperatura del agua y suelo en °C	18.50
Factor de corrección por temperatura K	1.0003
PARA OBTENER LOS SÓLIDOS	
Recipiente número	TA2
Recipiente + peso suelo seco	102.20
Peso del recipiente	53.04
Peso del suelo seco W_s	49.16
$G_s=(W_s*K)/(W_s+W_{bw}-W_{bws})$	2.575

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 90: Gravedad Específica (Pozo 10)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Yanayacu

Vía: E35- Luis López

Muestra: Pozo 10

Profundidad: 55 cm

Normas: AASHTO T 100 2015

Coordenadas: E: 759452.549; N: 9840245.127

Fecha: 12/11/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA

Suelos menores al tamiz #4

Muestra número	10
Picnómetro número (Pg)	sn
Pg+agua hasta la marca de aforo Wbw	660.10
Pg+agua+suelo (sumergido) Wbws	690.03
Desplazamiento agua $W_s+W_{bw}-W_{bws}$	17.97
Temperatura del agua y suelo en °C	17.00
Factor de corrección por temperatura K	1.00057
PARA OBTENER LOS SÓLIDOS	
Recipiente número	6G
Recipiente + peso suelo seco	112.00
Peso del recipiente	64.10
Peso del suelo seco W_s	47.90
$G_s=(W_s*K)/(W_s+W_{bw}-W_{bws})$	2.667

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 91: Gravedad Específica (Pozo 11)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Yanayacu

Vía: 12 De Octubre- Quebrada Yanayacu

Muestra: Pozo 11

Profundidad: 70 cm

Normas: AASHTO T 100 2015

Coordenadas: E: 756569.285; N: 9838141.158

Fecha: 12/11/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA

Suelos menores al tamiz #4

Muestra número	11
Picnómetro número (Pg)	sn
Pg+agua hasta la marca de aforo Wbw	658.20
Pg+agua+suelo (sumergido) Wbws	690.03
Desplazamiento agua Ws+Wbw-Wbws	17.97
Temperatura del agua y suelo en °C	20.00
Factor de corrección por temperatura K	1.00000
PARA OBTENER LOS SÓLIDOS	
Recipiente número	2G
Recipiente + peso suelo seco	111.00
Peso del recipiente	61.20
Peso del suelo seco Ws	49.80
$G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})$	2.771

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 92: Gravedad Específica (Pozo 12)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Yanayacu

Vía: 12 De Octubre- Quebrada Yanayacu

Muestra: Pozo 12

Profundidad: 65 cm

Normas: AASHTO T 100 2015

Coordenadas: E: 756297.323; N: 9837776.895

Fecha: 12/11/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA

Suelos menores al tamiz #4

Muestra número	12
Picnómetro número (Pg)	sn
Pg+agua hasta la marca de aforo Wbw	659.90
Pg+agua+suelo (sumergido) Wbws	690.02
Desplazamiento agua $W_s+W_{bw}-W_{bws}$	19.11
Temperatura del agua y suelo en °C	18.00
Factor de corrección por temperatura K	1.00039
PARA OBTENER LOS SÓLIDOS	
Recipiente número	8G
Recipiente + peso suelo seco	111.33
Peso del recipiente	62.10
Peso del suelo seco W_s	49.23
$G_s=(W_s*K)/(W_s+W_{bw}-W_{bws})$	2.577

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 93: Granulometría (Pozo 1)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Rumipamba

Vía: Pichibamba- Quebrada Potrerillos

Muestra: Pozo 1

Profundidad: 50 cm

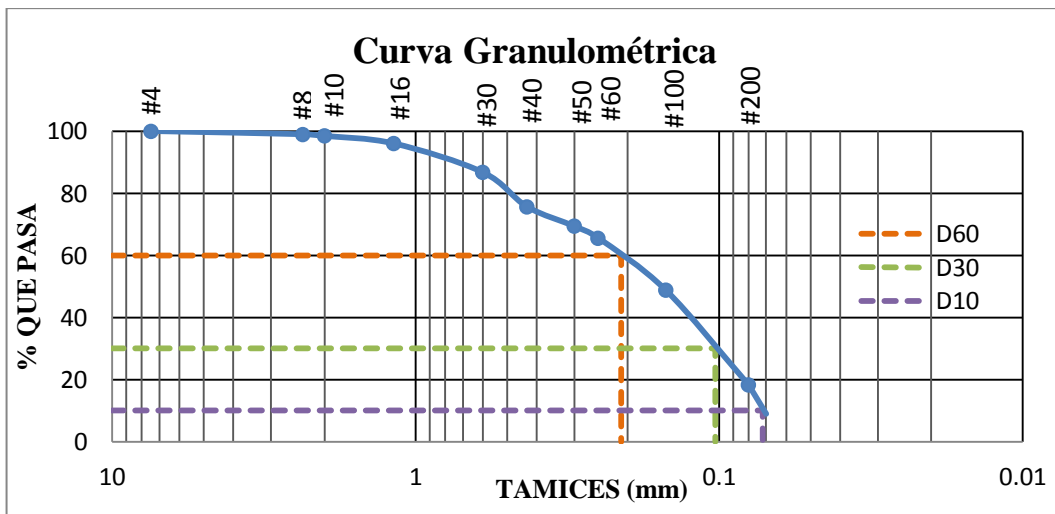
Normas: AASHTO T 88 2013

Coordenadas: E: 762044.891; N: 9841749.603

Fecha: 27/11/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

TAMIZ	mm	PESO RETENIDO POR TAMIZ (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
#4	7.46	0	0	0.00	100.00
#8	2.36	3.6	3.6	1.03	98.97
#10	2	1.9	5.5	1.57	98.43
#16	1.18	8.5	14	4.01	95.99
#30	0.6	32.5	46.5	13.31	86.69
#40	0.43	38.5	85	24.33	75.67
#50	0.3	22	107	30.62	69.38
#60	0.25	13.4	120.4	34.46	65.54
#100	0.15	58.4	178.8	51.17	48.83
#200	0.08	106.5	285.3	81.65	18.35
FUENTE		64.1	349.4	100.00	
TOTAL		349.4	Peso inicial (gr)	350	



Diámetro Dimensional (D60)	0.21	mm	Fracciones de partículas	
Diámetro Equiparable (D30)	0.103	mm	Grava	0%
Diámetro Efectivo (D10)	0.072	mm	Arena	81.65%
Coefficiente de Uniformidad	2.92		Fino	18.35%
Coefficiente de Curvatura	0.70			

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 94: Granulometría (Pozo 2)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Rumipamba

Vía: Pichibamba- Quebrada Potrerillos

Muestra: Pozo 2

Profundidad: 50 cm

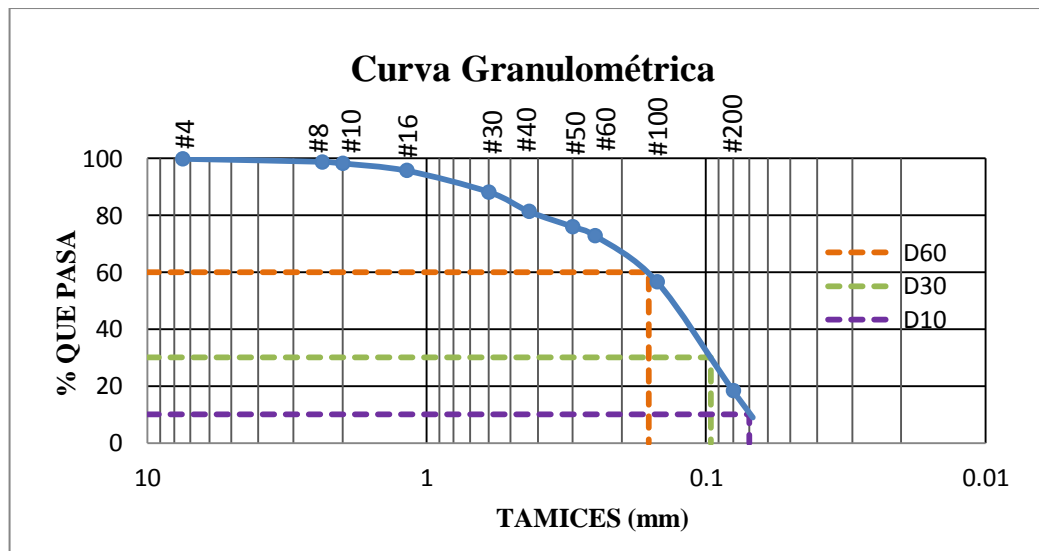
Normas: AASHTO T 88 2013

Coordenadas: E: 762192.616; N: 9841509.567

Fecha: 27/11/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

TAMIZ	mm	PESO RETENIDO POR TAMIZ (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
#4	7.46	0.5	0.5	0.14	99.86
#8	2.36	3.7	4.2	1.20	98.80
#10	2	2	6.2	1.78	98.22
#16	1.18	8.9	15.1	4.33	95.67
#30	0.6	26	41.1	11.78	88.22
#40	0.43	24.1	65.2	18.68	81.32
#50	0.3	18.6	83.8	24.01	75.99
#60	0.25	10.8	94.6	27.11	72.89
#100	0.15	56.5	151.1	43.30	56.70
#200	0.08	134	285.1	81.69	18.31
FUENTE		63.9	349	100.00	
TOTAL		349	Peso inicial (gr)	350	



Diámetro Dimensional (D60)	0.16	mm	Fracciones de partículas	
Diámetro Equiparable (D30)	0.096	mm	Grava	0%
Diámetro Efectivo (D10)	0.07	mm	Arena	81.69%
Coefficiente de Uniformidad	2.29		Fino	18.31%
Coefficiente de Curvatura	0.82			

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 95: Granulometría (Pozo 3)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Rumipamba

Vía: Guangalo Bajo- San Juan

Muestra: Pozo 3

Profundidad: 75 cm

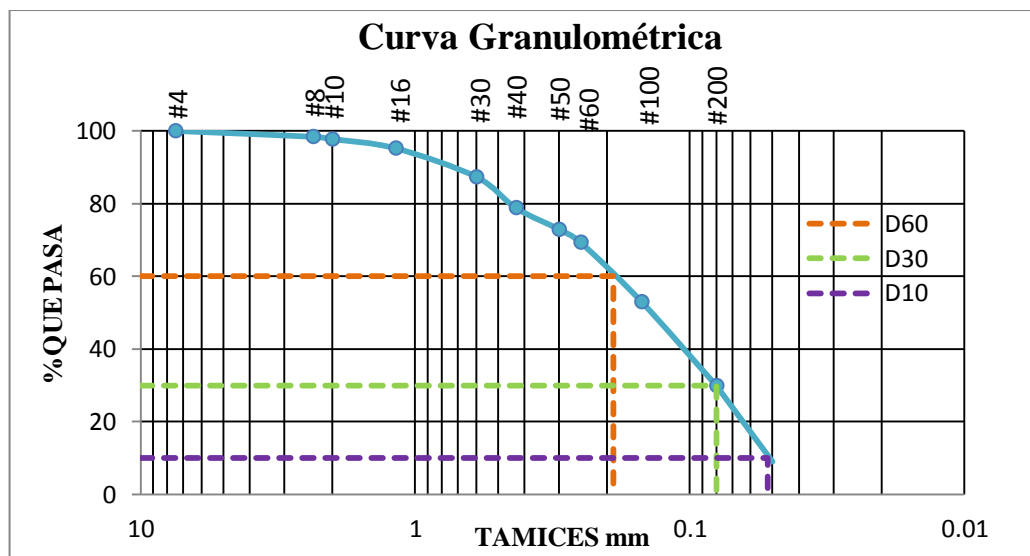
Normas: AASHTO T 88 2013

Coordenadas: E: 763050.135; N: 9839558.935

Fecha: 27/11/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

TAMIZ	mm	PESO RETENIDO POR TAMIZ (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
#4	7.46	0	0	0.00	100.00
#8	2.36	5.6	5.6	1.60	98.40
#10	2	2.3	7.9	2.262	97.74
#16	1.18	8.8	16.7	4.781	95.22
#30	0.6	27.4	44.1	12.625	87.37
#40	0.43	29.9	74	21.185	78.81
#50	0.3	20.5	94.5	27.054	72.95
#60	0.25	12.7	107.2	30.690	69.31
#100	0.15	56.9	164.1	46.980	53.02
#200	0.08	80.8	244.9	70.112	29.89
FUENTE		104.4	349.3	100.00	
TOTAL		349.3	Peso inicial (gr)	350	



Diámetro Dimensional (D60)	0.19	mm	Fracciones de partículas	
Diámetro Equiparable (D30)	0.08	mm	Grava	0%
Diámetro Efectivo (D10)	0.052	mm	Arena	70.11%
Coefficiente de Uniformidad	3.65		Fino	29.89%
Coefficiente de Curvatura	0.65			

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 96: Granulometría (Pozo 4)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Rumipamba

Vía: Guangalo Bajo- San Juan

Muestra: Pozo 4

Profundidad: 50 cm

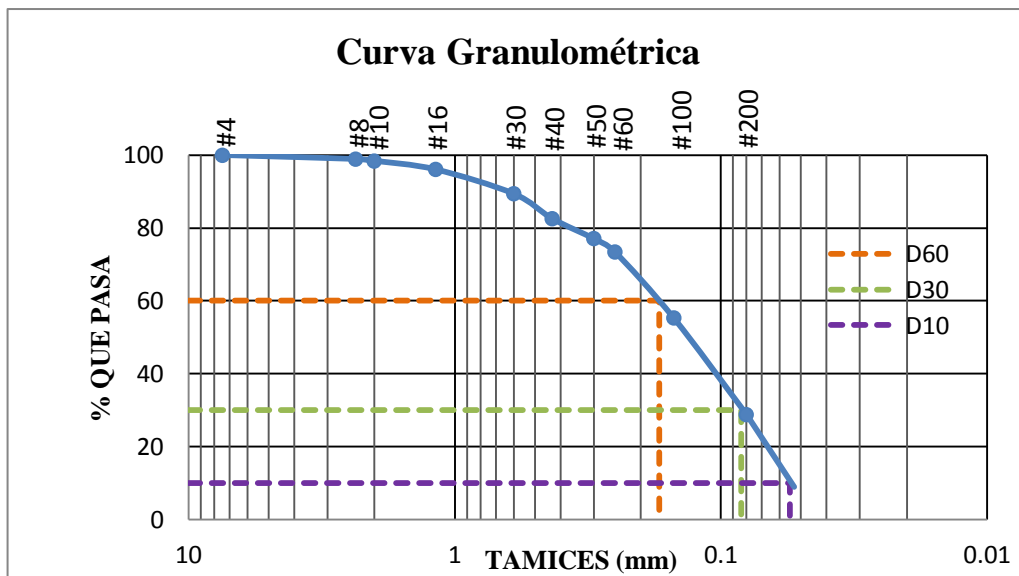
Normas: AASHTO T 88 2013

Coordenadas: E: 762993.151; N: 9839243.534

Fecha: 27/11/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

TAMIZ	mm	PESO RETENIDO POR TAMIZ (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
#4	7.46	0	0	0.00	100.00
#8	2.36	3.8	3.8	1.09	98.91
#10	2	1.8	5.6	1.60	98.40
#16	1.18	8.2	13.8	3.95	96.05
#30	0.6	23.3	37.1	10.61	89.39
#40	0.43	23.9	61	17.45	82.55
#50	0.3	19.2	80.2	22.94	77.06
#60	0.25	12.7	92.9	26.57	73.43
#100	0.15	63.5	156.4	44.74	55.26
#200	0.08	92.3	248.7	71.14	28.86
FUENTE		100.9	349.6	100.00	
TOTAL		349.6	Peso inicial (gr)	350	



Diámetro Dimensional (D60)	0.17	mm	Fracciones de partículas	
Diámetro Equiparable (D30)	0.084	mm	Grava	0%
Diámetro Efectivo (D10)	0.055	mm	Arena	71.14%
Coefficiente de Uniformidad	3.09		Fino	28.86%
Coefficiente de Curvatura	0.75			

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 97: Granulometría (Pozo 5)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Rumipamba

Vía: Guangalo Alto - Parcaloma

Muestra: Pozo 5

Profundidad: 60 cm

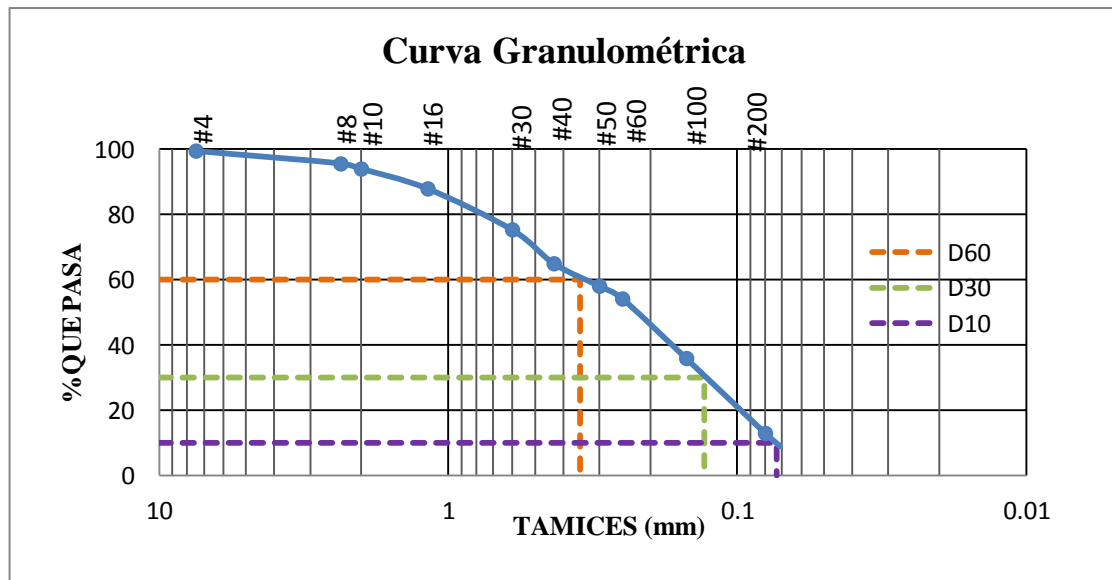
Normas: AASHTO T 88 2013

Coordenadas: E: 763827.174; N: 9839312.798

Fecha: 27/11/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

TAMIZ	mm	PESO RETENIDO POR TAMIZ (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
#4	7.46	1.9	1.9	0.54	99.46
#8	2.36	13.3	15.2	4.35	95.65
#10	2	5.8	21	6.01	93.99
#16	1.18	21.2	42.2	12.08	87.92
#30	0.6	44.2	86.4	24.73	75.27
#40	0.43	36.2	122.6	35.09	64.91
#50	0.3	23.9	146.5	41.93	58.07
#60	0.25	13.4	159.9	45.76	54.24
#100	0.15	64.1	224	64.11	35.89
#200	0.08	80.1	304.1	87.03	12.97
FUENTE		45.3	349.4	100.00	
TOTAL		349.4	Peso inicial (gr)	350	



Diámetro Dimensional (D60)	0.35	mm	Fracciones de partículas	
Diámetro Equiparable (D30)	0.13	mm	Grava	0%
Diámetro Efectivo (D10)	0.073	mm	Arena	87.03%
Coeficiente de Uniformidad	4.79		Fino	12.97%
Coeficiente de Curvatura	0.66			

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 98: Granulometría (Pozo 6)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Rumipamba

Vía: Guangalo Alto - Parcaloma

Muestra: Pozo 6

Profundidad: 50 cm

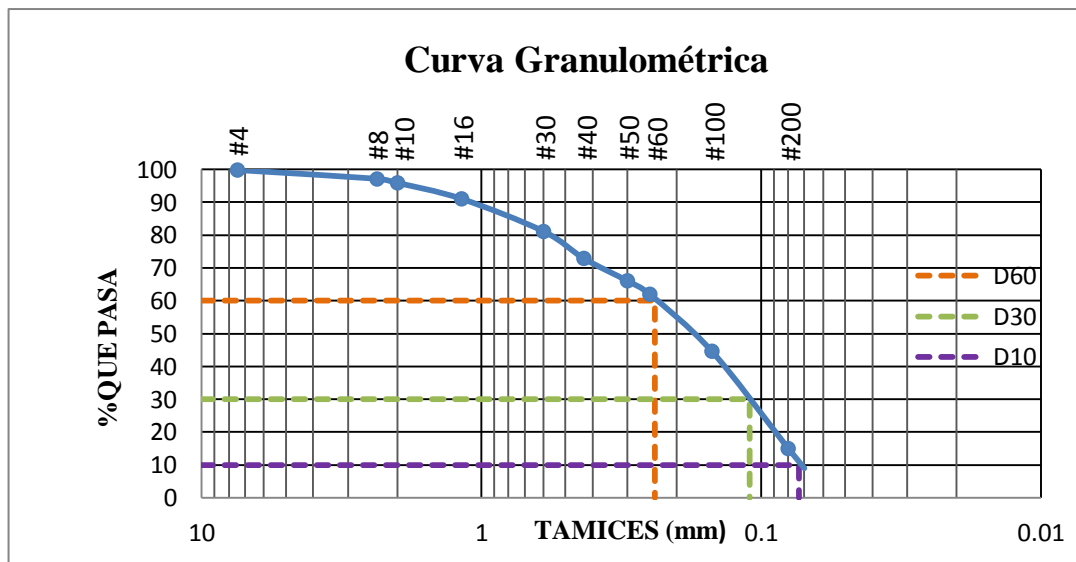
Normas: AASHTO T 88 2013

Coordenadas: E: 763370.42; N: 9839167.758

Fecha: 27/11/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

TAMIZ	mm	PESO RETENIDO POR TAMIZ (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
#4	7.46	0.7	0.7	0.20	99.80
#8	2.36	9.3	10	2.86	97.14
#10	2	4.3	14.3	4.10	95.90
#16	1.18	16.9	31.2	8.94	91.06
#30	0.6	34.6	65.8	18.85	81.15
#40	0.43	28.9	94.7	27.13	72.87
#50	0.3	23.9	118.6	33.97	66.03
#60	0.25	14.1	132.7	38.01	61.99
#100	0.15	60.6	193.3	55.37	44.63
#200	0.08	103.2	296.5	84.93	15.07
FUENTE		52.6	349.1	100.00	
TOTAL		349.1	Peso inicial (gr)	350	



Diámetro Dimensional (D60)	0.24	mm	Fracciones de partículas	
Diámetro Equiparable (D30)	0.11	mm	Grava	0%
Diámetro Efectivo (D10)	0.073	mm	Arena	84.93%
Coeficiente de Uniformidad	3.29		Fino	15.07%
Coeficiente de Curvatura	0.69			

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 99: Granulometría (Pozo 7)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Yanayacu

Vía: La Dolorosa- Yanayacu Centro

Muestra: Pozo 7

Profundidad: 65 cm

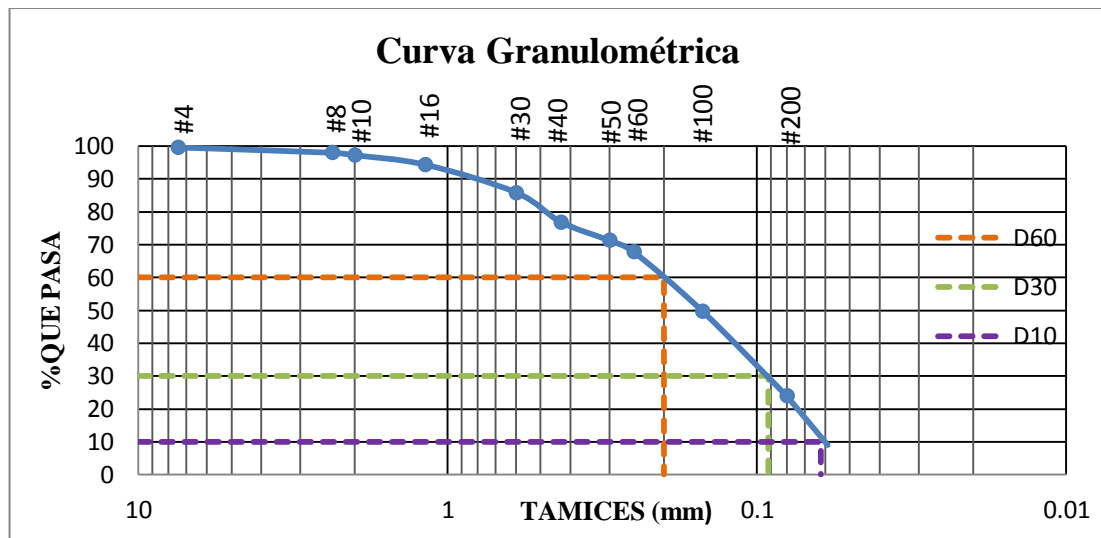
Normas: AASHTO T 88 2013

Coordenadas: E: 760417.818; N: 9840059.972

Fecha: 27/11/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

TAMIZ	mm	PESO RETENIDO POR TAMIZ (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
#4	7.46	1.4	1.4	0.40	99.60
#8	2.36	5.7	7.1	2.03	97.97
#10	2	2.6	9.7	2.78	97.22
#16	1.18	10.1	19.8	5.67	94.33
#30	0.6	29.6	49.4	14.13	85.87
#40	0.43	31.4	80.8	23.12	76.88
#50	0.3	19.6	100.4	28.73	71.27
#60	0.25	12.3	112.7	32.25	67.75
#100	0.15	62.9	175.6	50.24	49.76
#200	0.08	90.3	265.9	76.08	23.92
FUENTE		83.6	349.5	100.00	
TOTAL		349.5	Peso inicial (gr)	350	



Diámetro Dimensional (D60)	0.2	mm	Fracciones de partículas	
Diámetro Equiparable (D30)	0.092	mm	Grava	0%
Diámetro Efectivo (D10)	0.062	mm	Arena	76.08%
Coefficiente de Uniformidad	3.23		Fino	23.92%
Coefficiente de Curvatura	0.68			

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 100: Granulometría (Pozo 8)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Yanayacu

Vía: La Dolorosa- Yanayacu Centro

Muestra: Pozo 8

Profundidad: 50 cm

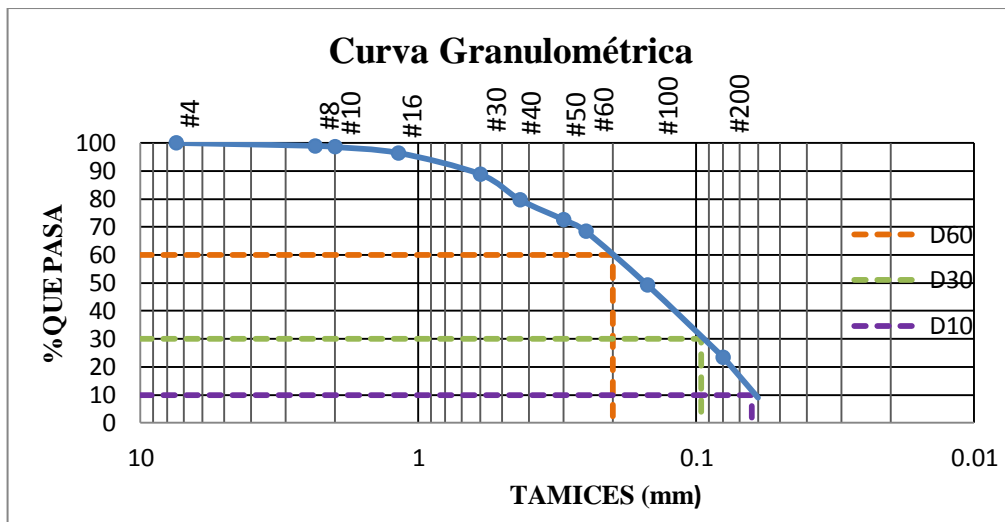
Normas: AASHTO T 88 2013

Coordenadas: E: 760346.471; N: 9840174.61

Fecha: 27/11/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

TAMIZ	mm	PESO RETENIDO POR TAMIZ (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
#4	7.46	0	0	0.00	100.00
#8	2.36	3.6	3.6	1.03	98.97
#10	2	1.5	5.1	1.46	98.54
#16	1.18	7.4	12.5	3.58	96.42
#30	0.6	26.5	39	11.16	88.84
#40	0.43	32.2	71.2	20.38	79.62
#50	0.3	24.7	95.9	27.45	72.55
#60	0.25	14.5	110.4	31.60	68.40
#100	0.15	66.9	177.3	50.74	49.26
#200	0.08	90.2	267.5	76.56	23.44
FUENTE		81.9	349.4	100.00	
TOTAL		349.4	Peso inicial (gr)	350	



Diámetro Dimensional (D60)	0.2	mm	Fracciones de partículas	
Diámetro Equiparable (D30)	0.096	mm	Grava	0%
Diámetro Efectivo (D10)	0.063	mm	Arena	76.56%
Coefficiente de Uniformidad	3.17		Fino	23.44%
Coefficiente de Curvatura	0.73			

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 101: Granulometría (Pozo 9)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Yanayacu

Vía: E35- Luis López

Muestra: Pozo 9

Profundidad: 70 cm

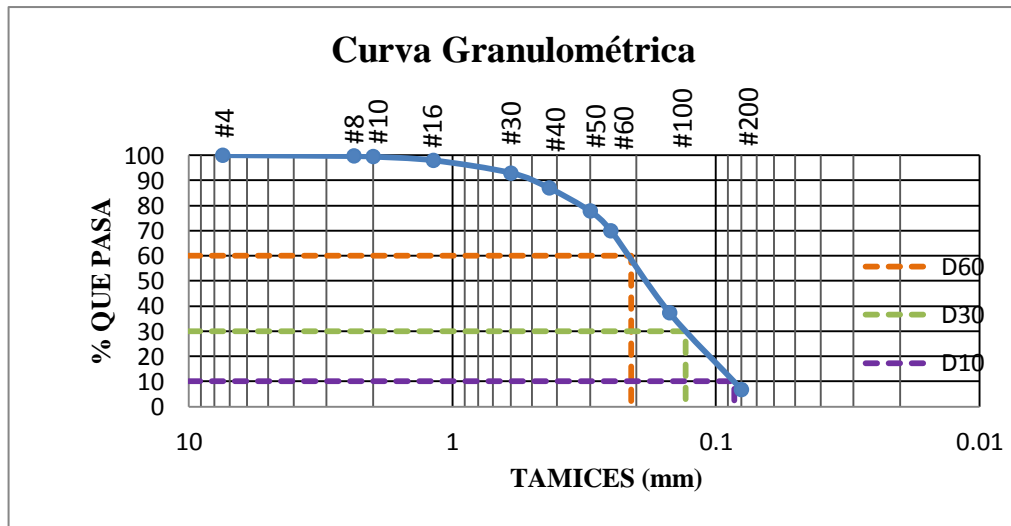
Normas: AASHTO T 88 2013

Coordenadas: E: 759648.365; N: 9840306.869

Fecha: 27/11/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

TAMIZ	mm	PESO RETENIDO POR TAMIZ (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
#4	7.46	0	0	0.00	100.00
#8	2.36	1.3	1.3	0.37	99.63
#10	2	0.8	2.1	0.60	99.40
#16	1.18	5.1	7.2	2.06	97.94
#30	0.6	17.4	24.6	7.05	92.95
#40	0.43	20.9	45.5	13.04	86.96
#50	0.3	32.2	77.7	22.27	77.73
#60	0.25	27.3	105	30.09	69.91
#100	0.15	113.6	218.6	62.65	37.35
#200	0.08	106.2	324.8	93.09	6.91
FUENTE		24.1	348.9	100.00	
TOTAL		348.9	Peso inicial (gr)	350	



Diámetro Dimensional (D60)	0.21	mm	Fracciones de partículas	
Diámetro Equiparable (D30)	0.13	mm	Grava	0%
Diámetro Efectivo (D10)	0.085	mm	Arena	93.09%
Coefficiente de Uniformidad	2.47		Fino	6.91%
Coefficiente de Curvatura	0.95			

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 102: Granulometría (Pozo 10)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Yanayacu

Vía: E35- Luis López

Muestra: Pozo 10

Profundidad: 55 cm

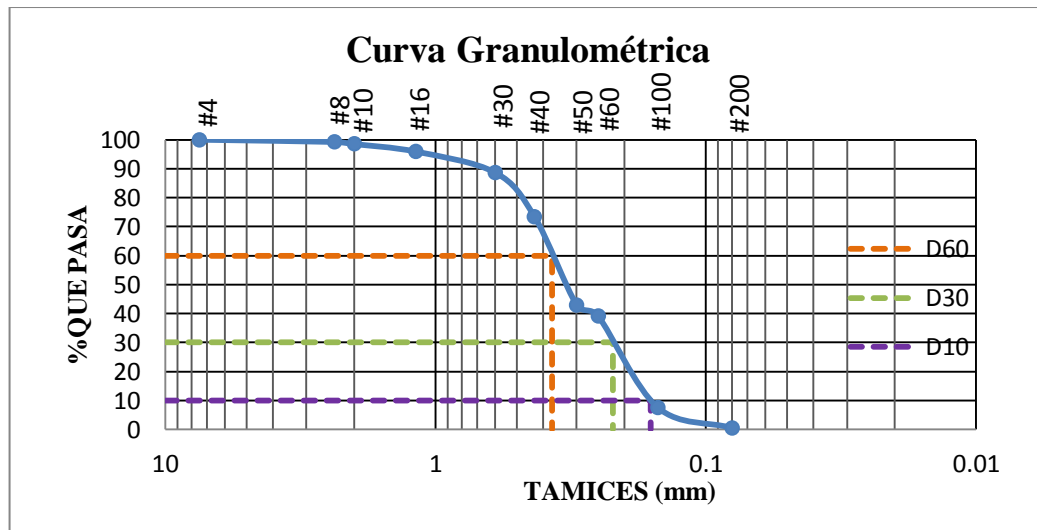
Normas: AASHTO T 88 2013

Coordenadas: E: 759452.549; N: 9840245.127

Fecha: 27/11/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

TAMIZ	mm	PESO RETENIDO POR TAMIZ (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
#4	7.46	0	0	0.00	100.00
#8	2.36	2.7	2.7	0.77	99.23
#10	2	2.5	5.2	1.49	98.51
#16	1.18	9.1	14.3	4.10	95.90
#30	0.6	25.3	39.6	11.35	88.65
#40	0.43	52.9	92.5	26.50	73.50
#50	0.3	106.6	199.1	57.05	42.95
#60	0.25	13.3	212.4	60.86	39.14
#100	0.15	110.5	322.9	92.52	7.48
#200	0.08	24.3	347.2	99.48	0.52
FUENTE		1.8	349	100.00	
TOTAL		349	Peso inicial (gr)	350	



Diámetro Dimensional (D60)	0.37	mm	Fracciones de partículas	
Diámetro Equiparable (D30)	0.22	mm	Grava	0%
Diámetro Efectivo (D10)	0.16	mm	Arena	99.48%
Coefficiente de Uniformidad	2.31		Fino	0.52%
Coefficiente de Curvatura	0.82			

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 103: Granulometría (Pozo 11)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Yanayacu

Vía: 12 De Octubre- Quebrada Yanayacu

Muestra: Pozo 11

Profundidad: 70 cm

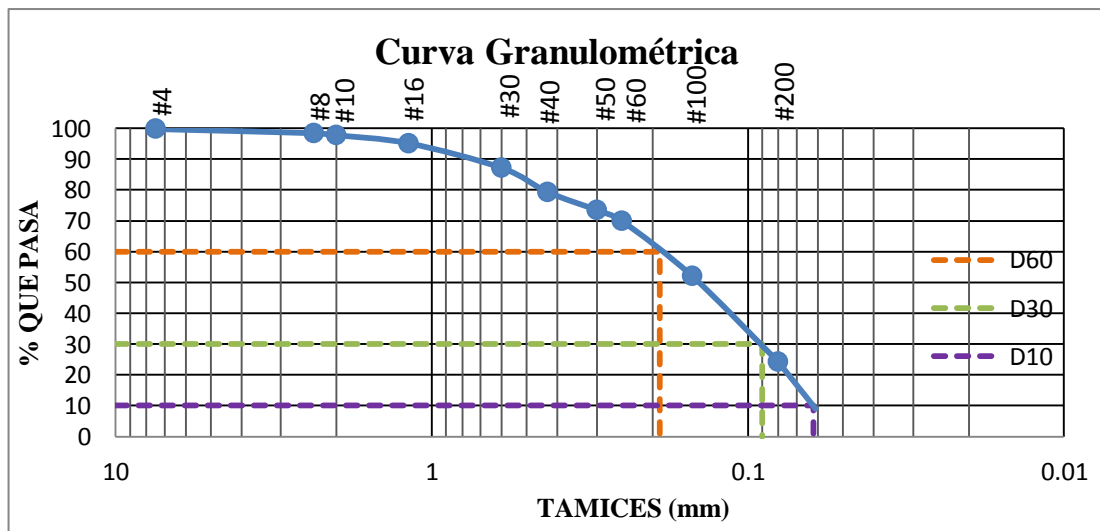
Normas: AASHTO T 88 2013

Coordenadas: E: 756569.285; N: 9838141.158

Fecha: 27/11/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

TAMIZ	mm	PESO RETENIDO POR TAMIZ (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
#4	7.46	0.9	0.9	0.26	99.74
#8	2.36	4.7	5.6	1.60	98.40
#10	2	2.3	7.9	2.26	97.74
#16	1.18	9.2	17.1	4.89	95.11
#30	0.6	27.9	45	12.87	87.13
#40	0.43	27.3	72.3	20.68	79.32
#50	0.3	20.6	92.9	26.57	73.43
#60	0.25	12.4	105.3	30.12	69.88
#100	0.15	62.3	167.6	47.94	52.06
#200	0.08	97.5	265.1	75.83	24.17
FUENTE		84.5	349.6	100.00	
TOTAL		349.6	Peso inicial (gr)	350	



Diámetro Dimensional (D60)	0.19	mm	Fracciones de partículas	
Diámetro Equiparable (D30)	0.09	mm	Grava	0%
Diámetro Efectivo (D10)	0.062	mm	Arena	75.83%
Coefficiente de Uniformidad	3.06		Limo	24.17%
Coefficiente de Curvatura	0.69			

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 104: Granulometría (Pozo 12)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Yanayacu

Vía: 12 De Octubre- Quebrada Yanayacu

Muestra: Pozo 12

Profundidad: 65 cm

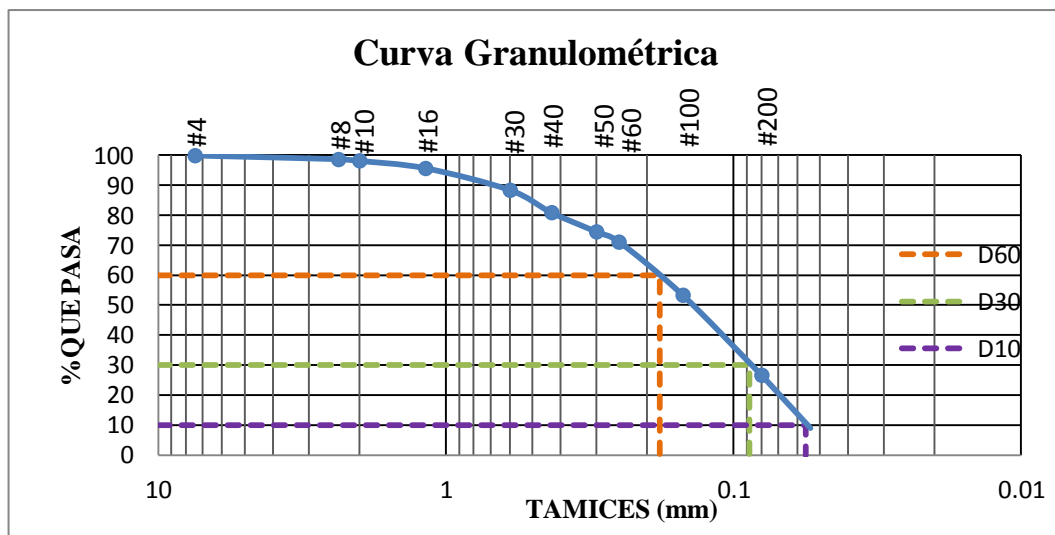
Normas: AASHTO T 88 2013

Coordenadas: E: 756297.323; N: 9837776.895

Fecha: 27/11/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

TAMIZ	mm	PESO RETENIDO POR TAMIZ (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO	% PASA
#4	7.46	0.4	0.4	0.11	99.89
#8	2.36	4.3	4.7	1.35	98.65
#10	2	2	6.7	1.92	98.08
#16	1.18	8.5	15.2	4.35	95.65
#30	0.6	25.4	40.6	11.62	88.38
#40	0.43	26.2	66.8	19.12	80.88
#50	0.3	22.4	89.2	25.54	74.46
#60	0.25	11.7	100.9	28.89	71.11
#100	0.15	62.3	163.2	46.72	53.28
#200	0.08	92.8	256	73.29	26.71
FUENTE		93.3	349.3	100.00	
TOTAL		349.3	Peso inicial (gr)	350	



Diámetro Dimensional (D60)	0.18	mm	Fracciones de partículas	
Diámetro Equiparable (D30)	0.088	mm	Grava	0%
Diámetro Efectivo (D10)	0.056	mm	Arena	73.29%
Coeficiente de Uniformidad	3.21		Fino	26.71%
Coeficiente de Curvatura	0.77			

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 105: Límite Plástico (Pozo 1)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Rumipamba

Vía: Pichibamba- Quebrada Potrerillos

Muestra: Pozo 1

Profundidad: 50 cm

Normas: AASHTO T 90 2016

Coordenadas: E: 762044.891; N: 9841749.603

Fecha: 17/12/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

LÍMITE PLÁSTICO							
#Recipiente	Peso Recipiente	Muestra húmeda + rec	Muestra seca+ rec	Peso W	Peso S	W%	W% Promedio
J17	22.50	25.50	24.80	0.70	2.30	30.43	27.60
J9	20.80	22.80	22.40	0.40	1.60	25.00	
J18	27.40	29.50	29.10	0.40	1.70	23.53	
J34	21.00	23.10	22.60	0.50	1.60	31.25	
J35	22.60	24.90	24.40	0.50	1.80	27.78	

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 106: Límite Plástico (Pozo 2)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Rumipamba

Vía: Pichibamba- Quebrada Potrerillos

Muestra: Pozo 2

Profundidad: 50 cm

Normas: AASHTO T 90 2016

Coordenadas: E: 762192.616; N: 9841509.567

Fecha: 17/12/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

LÍMITE PLÁSTICO							
#Recipiente	Peso Recipiente	Muestra húmeda + rec	Muestra seca+ rec	Peso W	Peso S	W%	W% Promedio
M5	9.40	11.50	11.10	0.40	1.70	23.53	23.47
M4	5.50	7.90	7.40	0.50	1.90	26.32	
M2	4.60	7.80	7.20	0.60	2.60	23.08	
M7	6.00	8.20	7.80	0.40	1.80	22.22	
M8	5.70	7.90	7.50	0.40	1.80	22.22	

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 107: Límite Plástico (Pozo 3)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Rumipamba

Vía: Guangalo Bajo- San Juan

Muestra: Pozo 3

Profundidad: 75 cm

Normas: AASHTO T 90 2016

Coordenadas: E: 763050.135; N: 9839558.935

Fecha: 17/12/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

LÍMITE PLÁSTICO							
#Recipiente	Peso Recipiente	Muestra húmeda + rec	Muestra seca+ rec	Peso W	Peso S	W%	W% Promedio
J19	21.80	24.20	23.70	0.50	1.90	26.32	23.20
J2	21.70	24.00	23.60	0.40	1.90	21.05	
J12	22.10	24.70	24.20	0.50	2.10	23.81	
1AL	22.00	24.80	24.30	0.50	2.30	21.74	
18	21.90	25.10	24.50	0.60	2.60	23.08	

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 108: Límite Plástico (Pozo 4)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Rumipamba

Vía: Guangalo Bajo- San Juan

Muestra: Pozo 4

Profundidad: 50 cm

Normas: AASHTO T 90 2016

Coordenadas: E: 762993.151; N: 9839243.534

Fecha: 17/12/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

LÍMITE PLÁSTICO							
#Recipiente	Peso Recipiente	Muestra húmeda + rec	Muestra seca+ rec	Peso W	Peso S	W%	W% Promedio
J20	21.80	24.80	24.00	0.80	2.20	36.36	29.43
J15	20.70	23.20	22.70	0.50	2.00	25.00	
J13	20.80	24.70	23.90	0.80	3.10	25.81	
J30	20.70	24.50	23.70	0.80	3.00	26.67	
J31	20.70	24.70	23.70	1.00	3.00	33.33	

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 109: Límite Plástico (Pozo 5)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Rumipamba

Vía: Guangalo Alto - Parcaloma

Muestra: Pozo 5

Profundidad: 60 cm

Normas: AASHTO T 90 2016

Coordenadas: E: 763827.174; N: 9839312.798

Fecha: 17/12/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

LÍMITE PLÁSTICO							
#Recipiente	Peso Recipiente	Muestra húmeda + rec	Muestra seca+ rec	Peso W	Peso S	W%	W% Promedio
J7	22.10	25.20	24.50	0.70	2.40	29.17	23.35
J8	22.20	26.00	25.20	0.80	3.00	26.67	
J10	20.90	23.40	22.90	0.50	2.00	25.00	
J28	21.90	25.00	24.50	0.50	2.60	19.23	
J29	21.00	24.50	24.00	0.50	3.00	16.67	

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 110: Límite Plástico (Pozo 6)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Rumipamba

Vía: Guangalo Alto - Parcaloma

Muestra: Pozo 6

Profundidad: 50 cm

Normas: AASHTO T 90 2016

Coordenadas: E: 763370.42; N: 9839167.758

Fecha: 17/12/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

LÍMITE PLÁSTICO							
#Recipiente	Peso Recipiente	Muestra húmeda + rec	Muestra seca+ rec	Peso W	Peso S	W%	W% Promedio
J16	21.70	24.40	23.70	0.70	2.00	35.00	30.93
J6	24.60	26.10	25.70	0.40	1.10	36.36	
J5	23.20	27.60	26.80	0.80	3.60	22.22	
J25	22.80	27.40	26.30	1.10	3.50	31.43	
J24	21.50	25.00	24.20	0.80	2.70	29.63	

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 111: Límite Plástico (Pozo 7)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Yanayacu

Vía: La Dolorosa- Yanayacu Centro

Muestra: Pozo 7

Profundidad: 65 cm

Normas: AASHTO T 90 2016

Coordenadas: E: 760417.818; N: 9840059.972

Fecha: 17/12/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

LÍMITE PLÁSTICO							
#Recipiente	Peso Recipiente	Muestra húmeda + rec	Muestra seca+ rec	Peso W	Peso S	W%	W% Promedio
J4	20.90	24.60	23.90	0.70	3.00	23.33	22.49
J11	20.90	23.80	23.30	0.50	2.40	20.83	
J3	21.70	25.40	24.70	0.70	3.00	23.33	
J26	21.60	25.70	24.90	0.80	3.30	24.24	
J27	21.70	25.20	24.60	0.60	2.90	20.69	

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 112: Límite Plástico (Pozo 8)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Yanayacu

Vía: La Dolorosa- Yanayacu Centro

Muestra: Pozo 8

Profundidad: 50 cm

Normas: AASHTO T 90 2016

Coordenadas: E: 760346.471; N: 9840174.61

Fecha: 17/12/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

LÍMITE PLÁSTICO							
#Recipiente	Peso Recipiente	Muestra húmeda + rec	Muestra seca+ rec	Peso W	Peso S	W%	W% Promedio
C3	14.10	18.10	17.30	0.80	3.20	25.00	26.07
C2	13.90	16.90	16.20	0.70	2.30	30.43	
C1	16.00	18.10	17.70	0.40	1.70	23.53	
C4	13.20	16.80	16.10	0.70	2.90	24.14	
C5	13.70	16.50	15.90	0.60	2.20	27.27	

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 113: Límite Plástico (Pozo 9)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Yanayacu

Vía: E35- Luis López

Muestra: Pozo 9

Profundidad: 70 cm

Normas: AASHTO T 90 2016

Coordenadas: E: 759648.365; N: 9840306.869

Fecha: 17/12/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

LÍMITE PLÁSTICO							
#Recipiente	Peso Recipiente	Muestra húmeda + rec	Muestra seca+ rec	Peso W	Peso S	W%	W% Promedio
M10	25.40	28.30	27.50	0.80	2.10	38.10	37.18
M7	8.60	11.10	10.40	0.70	1.80	38.89	
M8	44.10	47.40	46.50	0.90	2.40	37.50	
J36	22.30	25.10	24.40	0.70	2.10	33.33	
J37	21.40	24.30	23.50	0.80	2.10	38.10	

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 114: Límite Plástico (Pozo 10)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Yanayacu

Vía: E35- Luis López

Muestra: Pozo 10

Profundidad: 55 cm

Normas: AASHTO T 90 2016

Coordenadas: E: 759452.549; N: 9840245.127

Fecha: 17/12/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

LÍMITE PLÁSTICO							
#Recipiente	Peso Recipiente	Muestra húmeda + rec	Muestra seca+ rec	Peso W	Peso S	W%	W% Promedio
M6	5.80	7.40	7.00	0.40	1.20	33.33	32.67
M3	5.70	7.00	6.70	0.30	1.00	30.00	
M1	9.00	10.60	10.20	0.40	1.20	33.33	
M10	5.70	7.30	6.90	0.40	1.20	33.33	
M9	5.80	7.80	7.30	0.50	1.50	33.33	

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 115: Límite Plástico (Pozo 11)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Yanayacu

Vía: 12 De Octubre- Quebrada Yanayacu

Muestra: Pozo 11

Profundidad: 70 cm

Normas: AASHTO T 191 2014

Coordenadas: E: 756569.285; N: 9838141.158

Fecha: 17/12/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

LÍMITE PLÁSTICO							
#Recipiente	Peso Recipiente	Muestra húmeda + rec	Muestra seca+ rec	Peso W	Peso S	W%	W% Promedio
J1	22.20	24.50	24.10	0.40	1.90	21.05	24.25
J14	21.90	24.90	24.30	0.60	2.40	25.00	
J21	22.10	27.80	26.60	1.20	4.50	26.67	
J22	22.10	26.30	25.50	0.80	3.40	23.53	
J23	22.20	24.70	24.20	0.50	2.00	25.00	

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 116: Límite Plástico (Pozo 12)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Yanayacu

Vía: 12 De Octubre- Quebrada Yanayacu

Muestra: Pozo 12

Profundidad: 65 cm

Normas: AASHTO T 90 2016

Coordenadas: E: 756297.323; N: 9837776.895

Fecha: 17/12/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

LÍMITE PLÁSTICO							
#Recipiente	Peso Recipiente	Muestra húmeda + rec	Muestra seca+ rec	Peso W	Peso S	W%	W% Promedio
T3	3.76	6.40	5.90	0.50	2.14	23.36	26.18
T2	3.70	5.50	5.10	0.40	1.40	28.57	
T1	4.30	8.40	7.50	0.90	3.20	28.13	
J38	20.90	23.20	22.70	0.50	1.80	27.78	
J39	21.00	24.20	23.60	0.60	2.60	23.08	

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 117: Ensayo Proctor Modificado (Pozo 1)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Rumipamba

Vía: Pichibamba- Quebrada Potrerillos

Muestra: Pozo 1

Profundidad: 50 cm

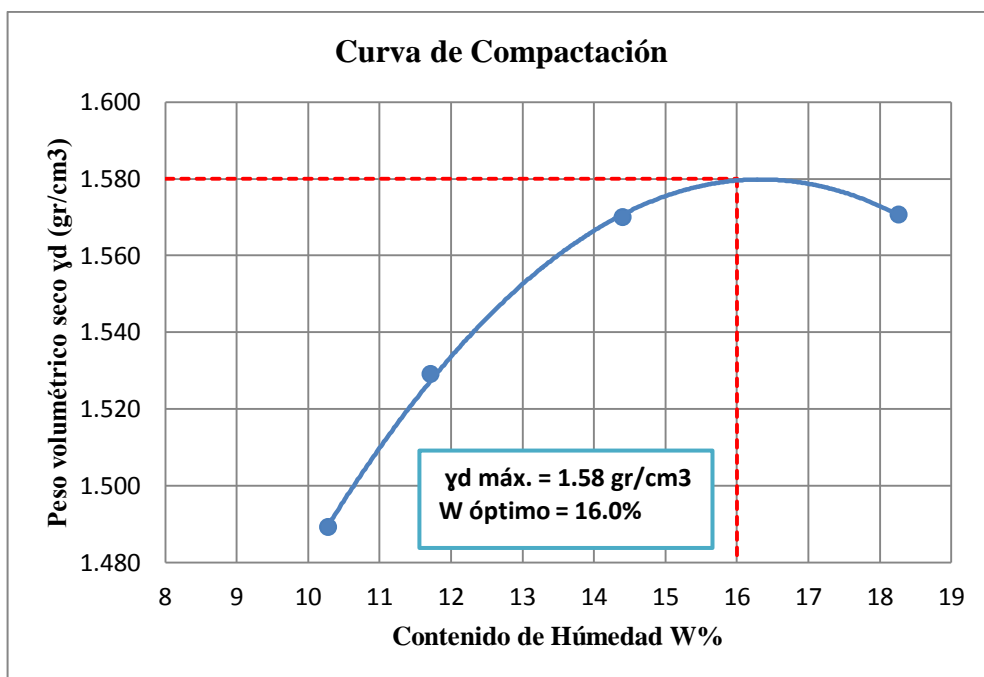
Normas: AASHTO T 180 2018

Coordenadas: E: 762044.891; N: 9841749.603

Fecha: 16/12/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de caída	18"	Peso del molde	14955	gr		
Número de Capas	5	Peso del martillo	10lb	Volumen del molde	2274.3	cm ³		
Norma:	AASHTO T-180 2018							
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Peso inicial	6000	6000	6000	6000	6000			
Ensayo #	1	2	3	4				
Humedad añadida en %	2	4	6	8				
P. molde+suelo húmedo (gr)	18690	18840	19040	19180				
P. suelo húmedo Wm (gr)	3735	3885	4085	4225				
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1.642	1.708	1.796	1.858				
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD								
Recipiente #	A3	M1	J14	A1	J21	J18	J1	A4
Peso del Recipiente W _r (gr)	22.1	22.2	21.9	22.0	22.0	27.4	21.7	21.5
Peso rec+suelo húmedo W _r +W _m (gr)	94.1	94.0	108.7	110.0	180.9	189.3	102.4	100.0
Peso rec+suelo seco W _r +W _s (gr)	88.0	86.7	98.6	101.8	160.6	169.2	89.0	88.8
Peso de los sólidos W _s (gr)	65.9	64.5	76.7	79.8	138.6	141.8	67.3	67.3
Peso del agua W _w (gr)	6.1	7.3	10.1	8.2	20.3	20.1	13.4	11.2
Contenido de humedad w%	9.26	11.32	13.17	10.28	14.65	14.17	19.91	16.64
Promedio del w%	10.29		11.72		14.41		18.28	
Peso volumétrico seco γ_d (gr/cm ³)	1.489		1.529		1.570		1.571	



Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 118: Ensayo Proctor Modificado (Pozo 2)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Rumipamba

Vía: Pichibamba- Quebrada Potrerillos

Muestra: Pozo 2

Profundidad: 50 cm

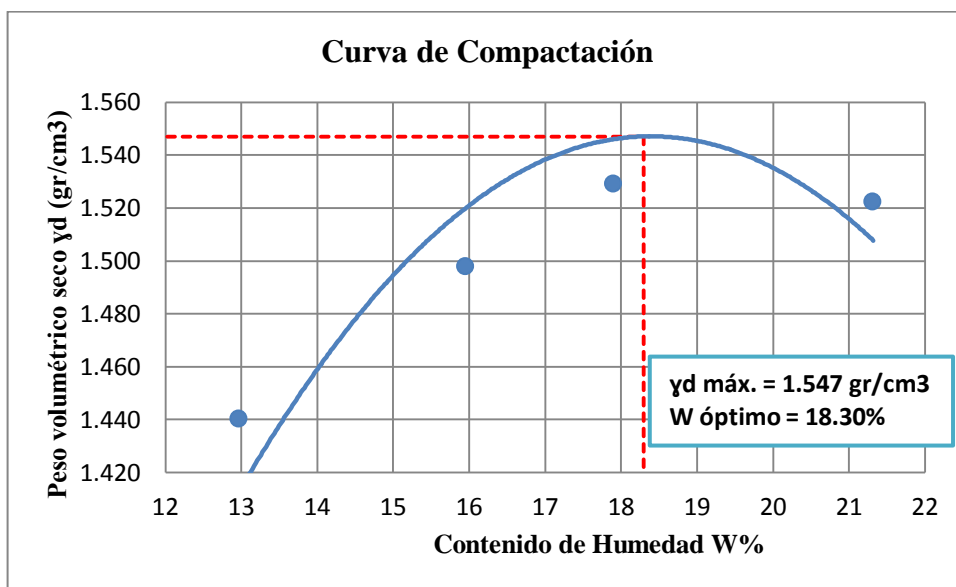
Normas: AASHTO T 180 2018

Coordenadas: E: 762192.616; N: 9841509.567

Fecha: 16/10/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de caída	18"	Peso del molde	14955	gr		
Número de Capas	5	Peso del martillo	10lb	Volumen del molde	2274.3	cm ³		
Norma:	AASHTO T-180 2018							
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Peso inicial	6000	6000	6000	6000				
Ensayo #	1	2	3	4				
Humedad añadida en %	2	4	6	8				
P. molde+suelo húmedo (gr)	18655	18905	19055	19155				
P. suelo húmedo Wm (gr)	3700	3950	4100	4200				
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1.627	1.737	1.803	1.847				
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HÚMEDAD								
Recipiente #	J13	J1	J5	J4	J9	J11	J15	J10
Peso del Recipiente W _r (gr)	20.8	22.2	23.2	20.9	20.8	20.9	20.7	20.9
Peso rec+suelo húmedo W _r +W _m (gr)	100.5	95.9	110.5	110.2	98.6	100.5	112.1	111.6
Peso rec+suelo seco W _r +W _s (gr)	91.5	87.3	98.5	97.9	86.7	88.5	96.3	95.4
Peso de los sólidos W _s (gr)	70.7	65.1	75.3	77.0	65.9	67.6	75.6	74.5
Peso del agua W _w (gr)	9.0	8.6	12.0	12.3	11.9	12.0	15.8	16.2
Contenido de humedad w%	12.73	13.21	15.94	15.97	18.06	17.75	20.90	21.74
Promedio del w%	12.97		15.96		17.90		21.32	
Peso volumétrico seco γ_d (gr/cm ³)	1.440		1.498		1.529		1.522	



Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 119: Ensayo Proctor Modificado (Pozo 3)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Rumipamba

Vía: Guangalo Bajo- San Juan

Muestra: Pozo 3

Profundidad: 75 cm

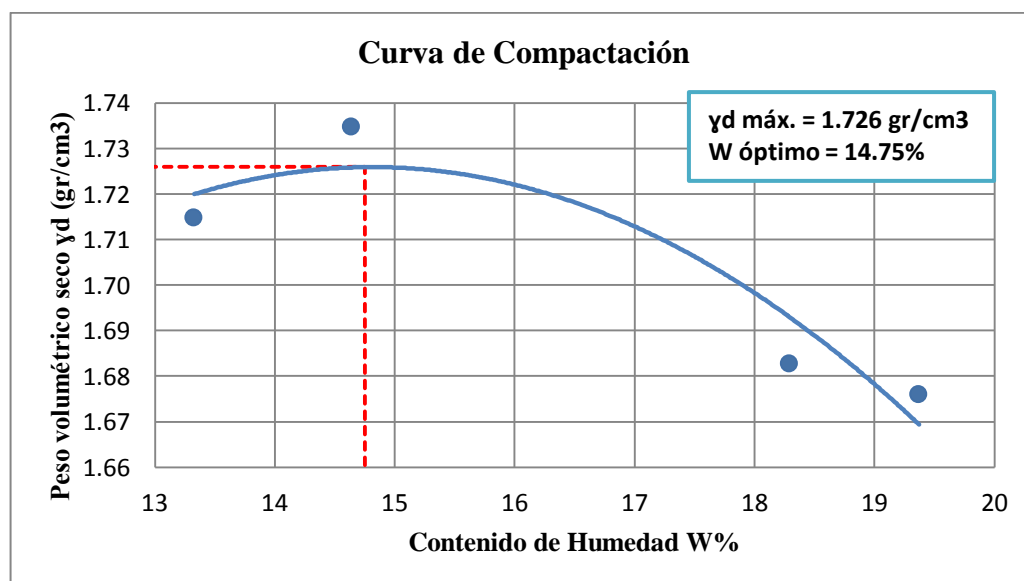
Normas: AASHTO T 180 2018

Coordenadas: E: 763050.135; N: 9839558.935

Fecha: 16/12/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de caída	18"	Peso del molde	14955	gr		
Número de Capas	5	Peso del martillo	10lb	Volumen del molde	2274.3	cm ³		
Norma:	AASHTO T-180							
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Peso inicial	6000	6000	6000	6000				
Ensayo #	1	2	3	4				
Humedad añadida en %	2	4	6	8				
P. molde+suelo húmedo (gr)	19375	19478	19482	19505				
P. suelo húmedo W _m (gr)	4420	4523	4527	4550				
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1.943	1.989	1.990	2.001				
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HÚMEDAD								
Recipiente #	A1	A2	J7	J21	J17	J3	A3	A4
Peso del Recipiente W _r (gr)	21.1	21.1	22.1	22.1	22.5	21.7	22.0	22.0
Peso rec+suelo húmedo W _r +W _m (gr)	186.0	211.0	115.2	125.3	124.0	106.0	118.2	120.5
Peso rec+suelo seco W _r +W _s (gr)	166.4	188.9	103.6	111.8	109.5	92.0	102.9	104.2
Peso de los sólidos W _s (gr)	145.3	167.8	81.5	89.7	87.0	70.3	80.9	82.2
Peso del agua W _w (gr)	19.6	22.1	11.6	13.5	14.5	14.0	15.3	16.3
Contenido de humedad w%	13.49	13.17	14.23	15.05	16.67	19.91	18.91	19.83
Promedio del w%	13.33		14.64		18.29		19.37	
Peso volumétrico seco γ_d (gr/cm ³)	1.715		1.735		1.683		1.676	



Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 120: Ensayo Proctor Modificado (Pozo 4)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Rumipamba

Vía: Guangalo Bajo- San Juan

Muestra: Pozo 4

Profundidad: 50 cm

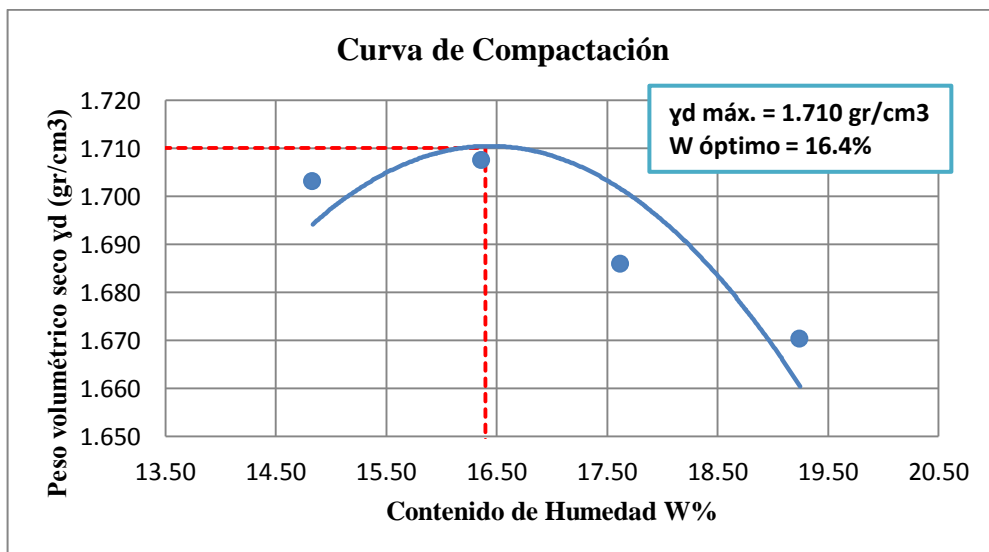
Normas: AASHTO T 180 2018

Coordenadas: E: 762993.151; N: 9839243.534

Fecha: 17/12/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de caída	18"	Peso del molde	14955	gr		
Número de Capas	5	Peso del martillo	10lb	Volumen del molde	2274.3	cm ³		
Norma:	AASHTO T-180							
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Peso inicial	6000	6000	6000	6000				
Ensayo #	1	2	3	4				
Humedad añadida en %	2	4	6	8				
P. molde+suelo húmedo (gr)	19403	19474	19465	19485				
P. suelo húmedo Wm (gr)	4448	4519	4510	4530				
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1.956	1.987	1.983	1.992				
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HÚMEDAD								
Recipiente #	J3	J11	J2	J10	J1	J13	J15	J6
Peso del Recipiente W _r (gr)	21.7	20.9	21.7	20.9	22.2	20.8	20.7	24.6
Peso rec+suelo húmedo W _r +W _m (gr)	114.9	94.4	114.0	106.1	106.1	109.1	112.1	112.9
Peso rec+suelo seco W _r +W _s (gr)	101.4	86.1	100.5	94.6	95.4	94.0	95.9	100.1
Peso de los sólidos W _s (gr)	79.7	65.2	78.8	73.7	73.2	73.2	75.2	75.5
Peso del agua W _w (gr)	13.5	8.3	13.5	11.5	10.7	15.1	16.2	12.8
Contenido de humedad w%	16.94	12.73	17.13	15.60	14.62	20.63	21.54	16.95
Promedio del w%	14.83		16.37		17.62		19.25	
Peso volumétrico seco γ_d (gr/cm ³)	1.703		1.707		1.686		1.670	



Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 121: Ensayo Proctor Modificado (Pozo 5)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Rumipamba

Vía: Guangalo Alto - Parcaloma

Muestra: Pozo 5

Profundidad: 60 cm

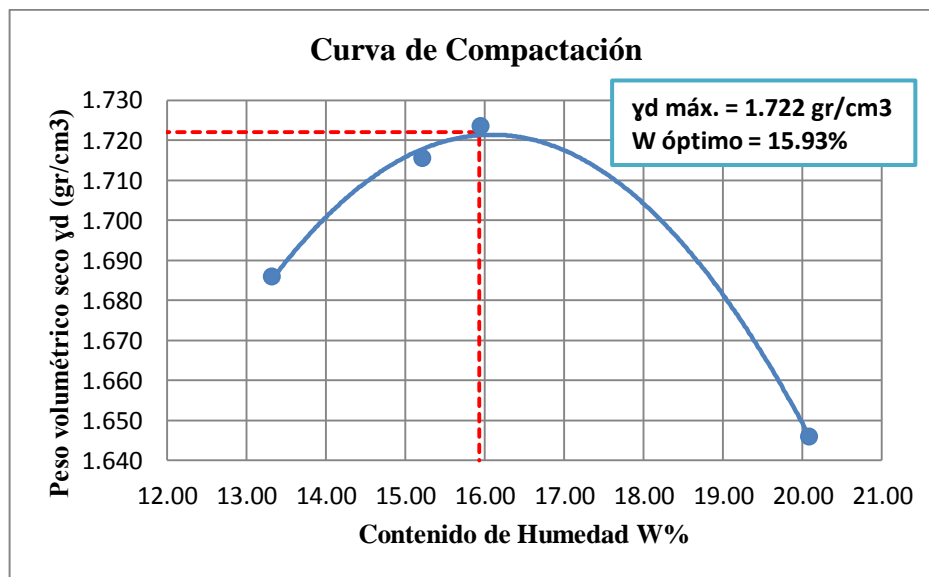
Normas: AASHTO T 180 2018

Coordenadas: E: 763827.174; N: 9839312.798

Fecha: 17/12/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de caída	18"	Peso del molde	14955	gr		
Número de Capas	5	Peso del martillo	10lb	Volumen del molde	2274.3	cm ³		
Norma:	AASHTO T-180							
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Peso inicial	6000	6000	6000	6000				
Ensayo #	1	2	3	4				
Humedad añadida en %	2	4	6	8				
P. molde+suelo húmedo (gr)	19300	19450	19500	19450				
P. suelo húmedo Wm (gr)	4345	4495	4545	4495				
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1.910	1.976	1.998	1.976				
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HÚMEDAD								
Recipiente #	J19	J2	J11	J15	J4	A1	J9	J20
Peso del Recipiente W_r (gr)	21.8	22.0	21.1	20.7	20.9	21.1	20.8	21.0
Peso rec+suelo húmedo W_r+W_m (gr)	105.2	100.0	114.0	111.0	96.2	100.2	104.2	102.0
Peso rec+suelo seco W_r+W_s (gr)	95.0	91.2	101.7	99.1	85.2	90.0	90.3	88.4
Peso de los sólidos W_s (gr)	73.2	69.2	80.6	78.4	64.3	68.9	69.5	67.4
Peso del agua W_w (gr)	10.2	8.8	12.3	11.9	11.0	10.2	13.9	13.6
Contenido de humedad w%	13.9	12.7	15.3	15.2	17.1	14.8	20.0	20.2
Promedio del w%	13.33		15.22		15.96		20.09	
Peso volumétrico seco γ_d (gr/cm ³)	1.686		1.715		1.723		1.646	



Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 122: Ensayo Proctor Modificado (Pozo 6)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Rumipamba

Vía: Guangalo Alto - Parcaloma

Muestra: Pozo 6

Profundidad: 50 cm

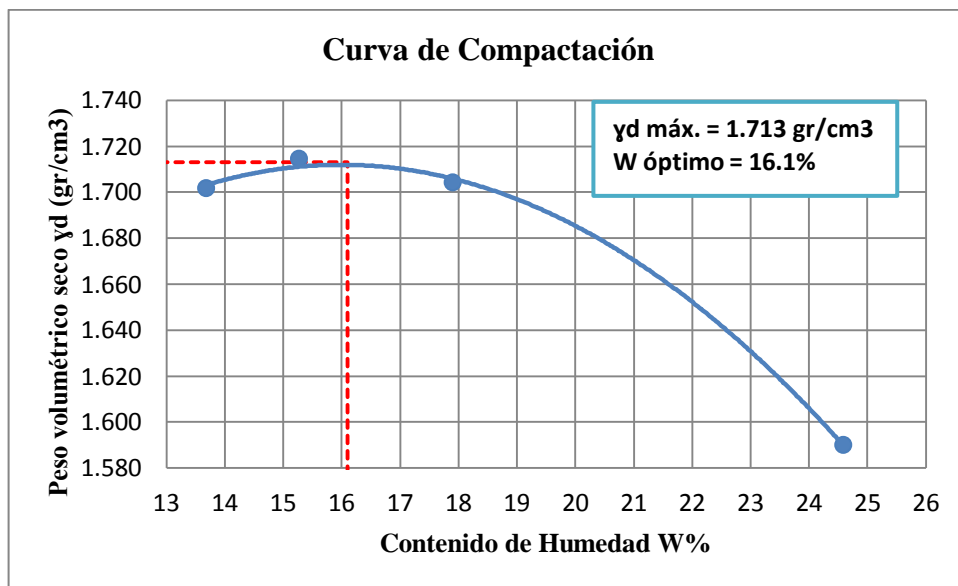
Normas: AASHTO T 180 2018

Coordenadas: E: 763370.42; N: 9839167.758

Fecha: 17/12/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de caída	18"	Peso del molde	14955	gr		
Número de Capas	5	Peso del martillo	10lb	Volumen del molde	2274.3	cm ³		
Norma:	AASHTO T-180 2018							
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Peso inicial	6000	6000	6000	6000				
Ensayo #	1	2	3	4				
Humedad añadida en %	7	11	15	19				
P. molde+suelo húmedo (gr)	19355	19450	19525	19460				
P. suelo húmedo Wm (gr)	4400	4495	4570	4505				
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1.935	1.976	2.009	1.981				
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HÚMEDAD								
Recipiente #	J10	J11	J1	J8	J6	J9	J13	J2
Peso del Recipiente W _r (gr)	20.9	20.9	22.2	22.2	24.6	20.8	20.8	21.7
Peso rec+suelo húmedo W _r +W _m (gr)	95.8	100.2	111.5	110.2	104.5	98.2	99.5	100.9
Peso rec+suelo seco W _r +W _s (gr)	87.3	90.1	100.0	98.2	92.3	86.5	81.8	87.6
Peso de los sólidos W _s (gr)	66.4	69.2	77.8	76.0	67.7	65.7	61.0	65.9
Peso del agua W _w (gr)	8.5	10.1	11.5	12.0	12.2	11.7	17.7	13.3
Contenido de humedad w%	12.80	14.60	14.78	15.79	18.02	17.81	29.02	20.18
Promedio del w%	13.70		15.29		17.91		24.60	
Peso volumétrico seco γ_d (gr/cm ³)	1.702		1.714		1.704		1.590	



Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 123: Ensayo Proctor Modificado (Pozo 7)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Yanayacu

Vía: La Dolorosa- Yanayacu Centro

Muestra: Pozo 7

Profundidad: 65 cm

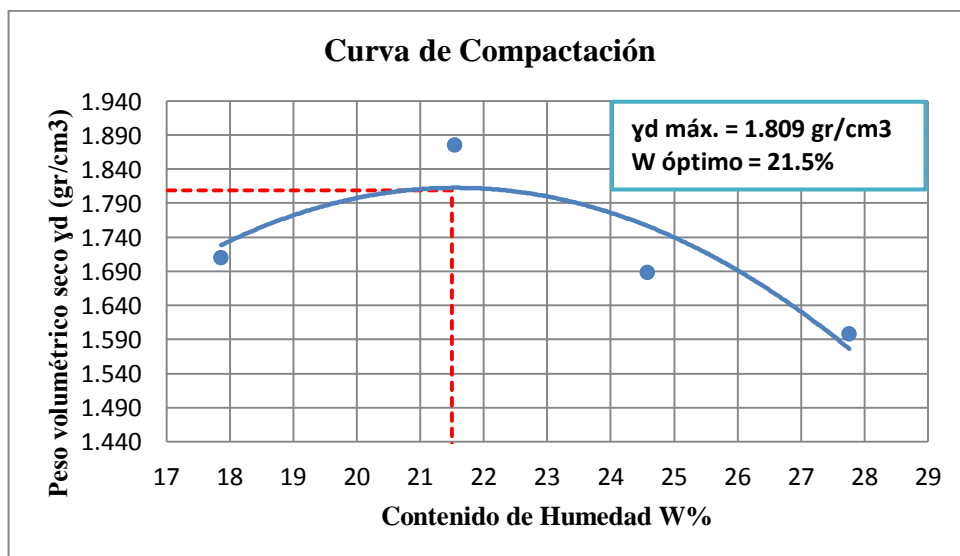
Normas: AASHTO T 180 2018

Coordenadas: E: 760417.818; N: 9840059.972

Fecha: 18/12/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

ESPECIFICACIONES									
Número de Golpes	56	Altura de caída	18"	Peso del molde	14955	gr			
Número de Capas	5	Peso del martillo	10lb	Volumen del molde	2274.3	cm ³			
Norma:	AASHTO T-180								
PROCESO DE COMPACTACIÓN									
Peso inicial	6000	6000	6000	6000					
Ensayo #	1	2	3	4					
Humedad añadida en %	2	4	6	8					
P. molde+suelo húmedo (gr)	19540	20140	19740	19600					
P. suelo húmedo Wm (gr)	4585	5185	4785	4645					
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	2.016	2.280	2.104	2.042					
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HÚMEDAD									
Recipiente #	J12	J1	J10	J2	J20	J11	J5	J6	
Peso del Recipiente W _r (gr)	22.1	22.2	20.9	21.7	21.8	20.9	26.8	27.4	
Peso rec+suelo húmedo W _r +W _m (gr)	105.3	100	114	106.1	124.3	110.5	222	190	
Peso rec+suelo seco W _r +W _s (gr)	92.7	88.2	97.1	91.5	104.1	92.8	182.8	152.1	
Peso de los sólidos W _s (gr)	70.6	66	76.2	69.8	82.3	71.9	156	124.7	
Peso del agua W _w (gr)	12.6	11.8	16.9	14.6	20.2	17.7	39.2	37.9	
Contenido de humedad w%	17.85	17.88	22.18	20.92	24.54	24.62	25.13	30.39	
Promedio del w%	17.86		21.55		24.58		27.76		
Peso volumétrico seco γ_d (gr/cm ³)	1.710		1.876		1.689		1.599		



Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 124: Ensayo Proctor Modificado (Pozo 8)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Yanayacu

Vía: La Dolorosa- Yanayacu Centro

Muestra: Pozo 8

Profundidad: 50 cm

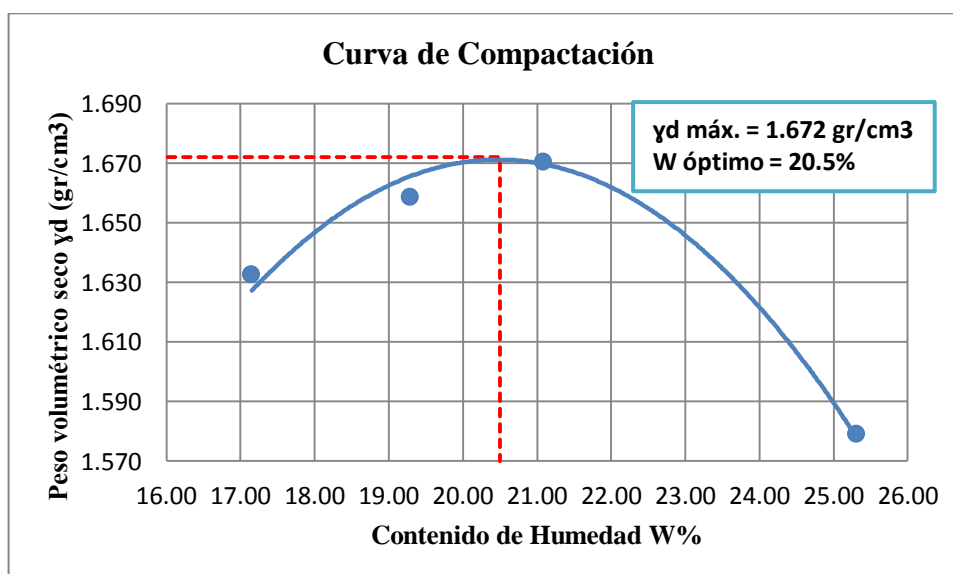
Normas: AASHTO T 180 2018

Coordenadas: E: 760346.471; N: 9840174.61

Fecha: 18/12/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

Número de Golpes	56	Altura de caída	18"	Peso del molde	14955	gr		
Número de Capas	5	Peso del martillo	10lb	Volumen del molde	2274.3	cm ³		
Norma:	AASHTO T-180							
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Peso inicial	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
Ensayo #	1	2	3	4	5	6	7	8
Humedad añadida en %	2	4	6	8	10	12	14	16
P. molde+suelo húmedo (gr)	19305	19455	19555	19455	19305	19155	19005	18855
P. suelo húmedo W _m (gr)	4350	4500	4600	4500	4350	4200	4050	3900
Peso unitario húmedo γ _m (gr/cm ³)	1.913	1.979	2.023	1.979	1.913	1.857	1.801	1.745
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HÚMEDAD								
Recipiente #	J1	J18	J14	J16	J2	J5	J12	J11
Peso del Recipiente W _r (gr)	22.2	27.4	21.9	21.7	21.7	23.2	22.1	20.9
Peso rec+suelo húmedo W _r +W _m (gr)	114.9	94.4	114	106.1	105.8	109.1	112.1	113.2
Peso rec+suelo seco W _r +W _s (gr)	103.5	83.1	100.4	91.3	90.9	94.4	95.4	93.1
Peso de los sólidos W _s (gr)	81.3	55.7	78.5	69.6	69.2	71.2	73.3	72.2
Peso del agua W _w (gr)	11.4	11.3	13.6	14.8	14.9	14.7	16.7	20.1
Contenido de humedad w%	14.02	20.29	17.32	21.26	21.53	20.65	22.78	27.84
Promedio del w%	17.15		19.29		21.09		25.31	
Peso volumétrico seco γ _d (gr/cm ³)	1.633		1.659		1.670		1.579	



Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 125: Ensayo Proctor Modificado (Pozo 9)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Yanayacu

Vía: E35- Luis López

Muestra: Pozo 9

Profundidad: 70 cm

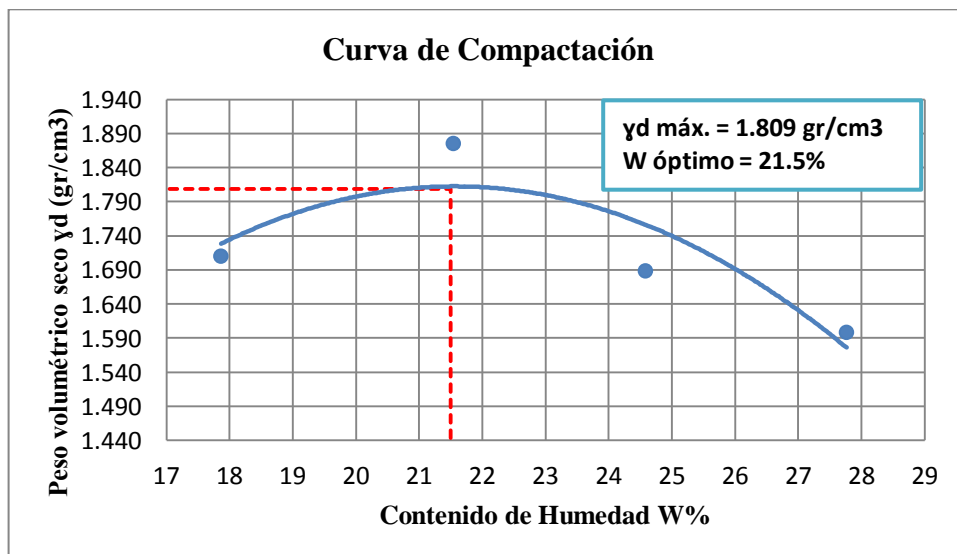
Normas: AASHTO T 180 2018

Coordenadas: E: 759648.365; N: 9840306.869

Fecha: 18/12/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de caída	18"	Peso del molde	14955	gr		
Número de Capas	5	Peso del martillo	10lb	Volumen del molde	2274.3	cm ³		
Norma:	AASHTO T-180							
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Peso inicial	6000	6000	6000	6000				
Ensayo #	1	2	3	4				
Humedad añadida en %	2	4	6	8				
P. molde+suelo húmedo (gr)	19540	20140	19740	19600				
P. suelo húmedo Wm (gr)	4585	5185	4785	4645				
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	2.016	2.280	2.104	2.042				
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HÚMEDAD								
Recipiente #	J12	J1	J10	J2	J20	J11	J5	J6
Peso del Recipiente W _r (gr)	22.1	22.2	20.9	21.7	21.8	20.9	26.8	27.4
Peso rec+suelo húmedo W _r +W _m (gr)	105.3	100	114	106.1	124.3	110.5	222	190
Peso rec+suelo seco W _r +W _s (gr)	92.7	88.2	97.1	91.5	104.1	92.8	182.8	152.1
Peso de los sólidos W _s (gr)	70.6	66	76.2	69.8	82.3	71.9	156	124.7
Peso del agua W _w (gr)	12.6	11.8	16.9	14.6	20.2	17.7	39.2	37.9
Contenido de humedad w%	17.85	17.88	22.18	20.92	24.54	24.62	25.13	30.39
Promedio del w%	17.86		21.55		24.58		27.76	
Peso volumétrico seco γ_d (gr/cm ³)	1.710		1.876		1.689		1.599	



Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 126: Ensayo Proctor Modificado (Pozo 10)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Yanayacu

Vía: E35- Luis López

Muestra: Pozo 10

Profundidad: 55 cm

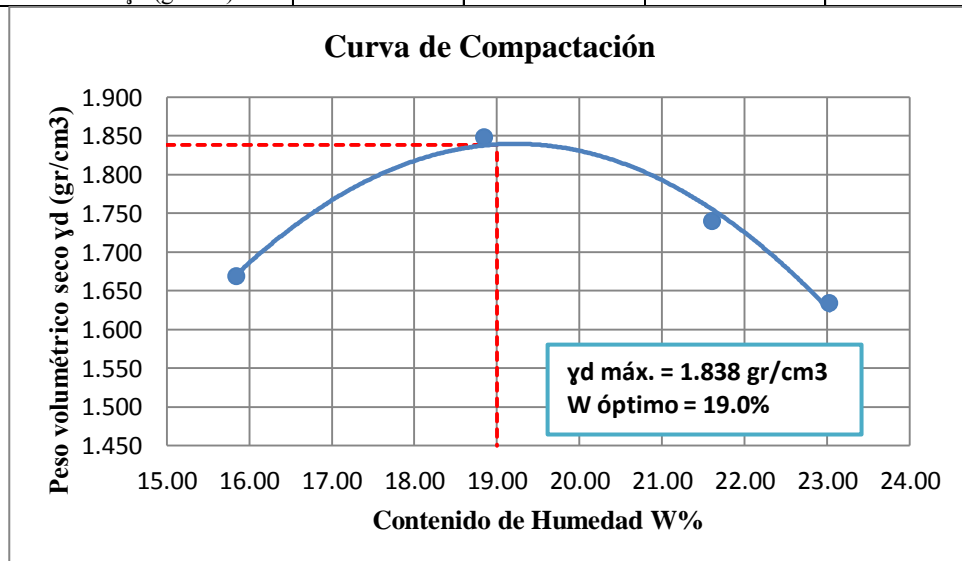
Normas: AASHTO T 180 2018

Coordenadas: E: 759452.549; N: 9840245.127

Fecha: 21/12/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

ESPECIFICACIONES									
Número de Golpes	56	Altura de caída	18"	Peso del molde	14955	gr			
Número de Capas	5	Peso del martillo	10lb	Volumen del molde	2274.3	cm ³			
Norma:	AASHTO T-180								
PROCESO DE COMPACTACIÓN									
Peso inicial	6000	6000	6000	6000					
Ensayo #	1	2	3	4					
Humedad añadida en %	7	11	15	19					
P. molde+suelo húmedo (gr)	19350	19950	19765	19525					
P. suelo húmedo Wm (gr)	4395	4995	4810	4570					
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1.932	2.196	2.115	2.009					
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HÚMEDAD									
Recipiente #	J1	J5	J3	J11	J10	J2	J15	J18	
Peso del Recipiente W _r (gr)	22.2	23.2	21.7	20.9	20.9	21.7	20.7	27.4	
Peso rec+suelo húmedo W _r +W _m (gr)	100.5	95.4	95.3	89.6	91.4	101.1	92.5	114.2	
Peso rec+suelo seco W _r +W _s (gr)	89.6	85.7	82.9	79.4	78.6	87.3	78.3	98.9	
Peso de los sólidos W _s (gr)	67.4	62.5	61.2	58.5	57.7	65.6	57.6	71.5	
Peso del agua W _w (gr)	10.9	9.7	12.4	10.2	12.8	13.8	14.2	15.3	
Contenido de humedad w%	16.17	15.52	20.26	17.44	22.18	21.04	24.65	21.40	
Promedio del w%	15.85		18.85		21.61		23.03		
Peso volumétrico seco γ_d (gr/cm ³)	1.668		1.848		1.739		1.633		



Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 127: Ensayo Proctor Modificado (Pozo 11)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Yanayacu

Vía: 12 De Octubre- Quebrada Yanayacu

Muestra: Pozo 11

Profundidad: 70 cm

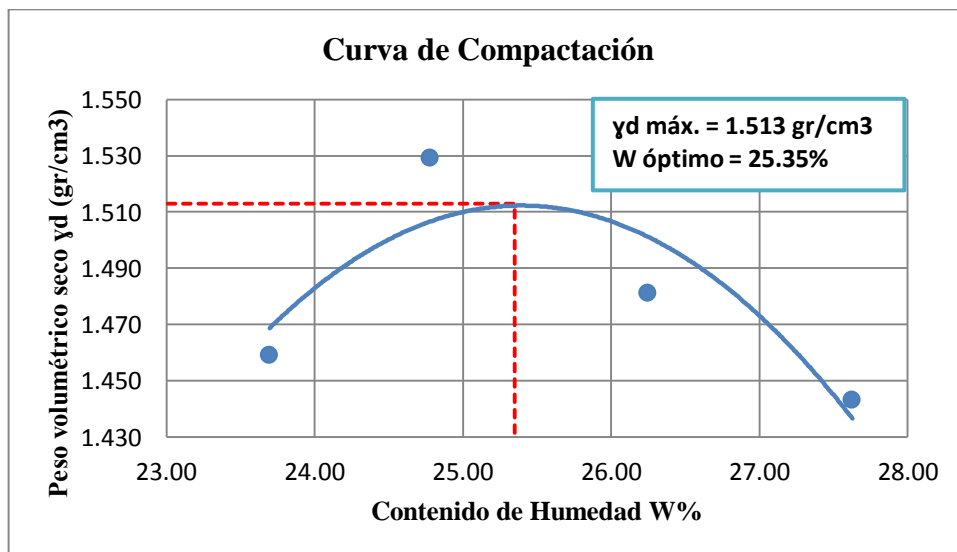
Normas: AASHTO T 180 2018

Coordenadas: E: 756569.285; N: 9838141.158

Fecha: 21/12/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de caída	18"	Peso del molde	14955	gr		
Número de Capas	5	Peso del martillo	10lb	Volumen del molde	2274.3	cm ³		
Norma:	AASHTO T-180							
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Peso inicial	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
Ensayo #	1	2	3	4	5	6	7	8
Humedad añadida en %	2	4	6	8	10	12	14	16
P. molde+suelo húmedo (gr)	19060	19295	19208	19144				
P. suelo húmedo Wm (gr)	4105	4340	4253	4189				
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1.805	1.908	1.870	1.842				
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HÚMEDAD								
Recipiente #	J16	J1	J11	J13	J2	J10	J8	J3
Peso del Recipiente W _r (gr)	21.7	22.2	20.9	20.8	21.7	20.9	22.2	21.7
Peso rec+suelo húmedo W _r +W _m (gr)	109.3	105.5	100.5	97.4	131.0	128.5	125.3	113.2
Peso rec+suelo seco W _r +W _s (gr)	93.1	89.0	85.1	81.8	108.2	106.2	103.2	93.2
Peso de los sólidos W _s (gr)	71.4	66.8	64.2	61.0	86.5	85.3	81.0	71.5
Peso del agua W _w (gr)	16.2	16.5	15.4	15.6	22.8	22.3	22.1	20.0
Contenido de humedad w%	22.69	24.70	23.99	25.57	26.36	26.14	27.28	27.97
Promedio del w%	23.69		24.78		26.25		27.63	
Peso volumétrico seco γ_d (gr/cm ³)	1.459		1.529		1.481		1.443	



Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 128: Ensayo Proctor Modificado (Pozo 12)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Yanayacu

Vía: 12 De Octubre- Quebrada Yanayacu

Muestra: Pozo 12

Profundidad: 65 cm

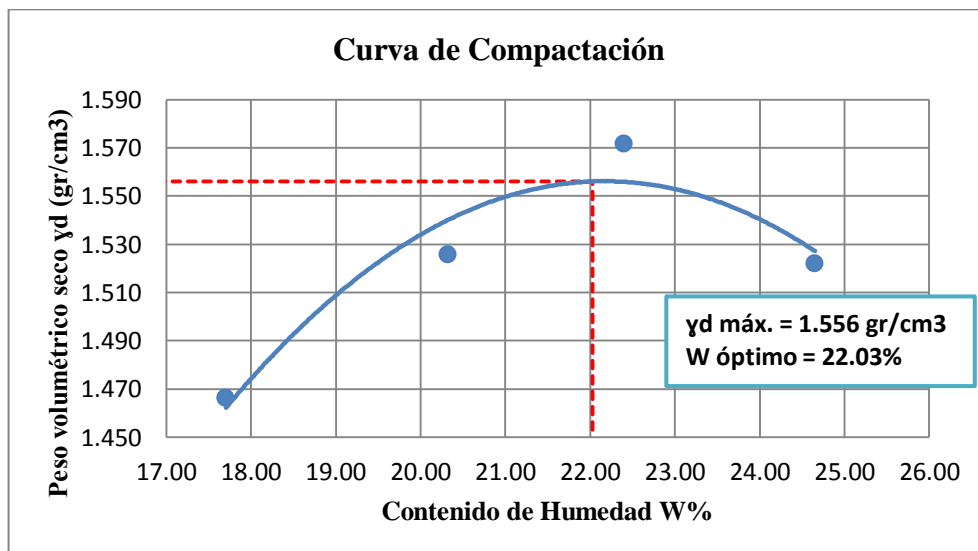
Normas: AASHTO T 180 2018

Coordenadas: E: 756297.323; N: 9837776.895

Fecha: 21/12/2020

Ensayado por: Jessica Tarco

ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de caída	18"	Peso del molde	14955	gr		
Número de Capas	5	Peso del martillo	10lb	Volumen del molde	2274.3	cm ³		
Norma:	AASHTO T-180							
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Peso inicial	6000	6000	6000	6000				
Ensayo #	1	2	3	4				
Humedad añadida en %	7	11	15	19				
P. molde+suelo húmedo (gr)	18880	19130	19330	19270				
P. suelo húmedo Wm (gr)	3925	4175	4375	4315				
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1.726	1.836	1.924	1.897				
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HÚMEDAD								
Recipiente #	J5	J10	J11	J15	J2	J20	J1	J21
Peso del Recipiente W_r (gr)	23.2	20.9	20.9	20.7	21.7	21.8	22.2	22.1
Peso rec+suelo húmedo W_r+W_m (gr)	110.8	95.2	89.6	90.2	104.3	103.2	110.6	111.7
Peso rec+suelo seco W_r+W_s (gr)	97.3	84.3	77.0	79.5	88.1	89.4	93.0	94.1
Peso de los sólidos W_s (gr)	74.1	63.4	56.1	58.8	66.4	67.6	70.8	72.0
Peso del agua W_w (gr)	13.5	10.9	12.6	10.7	16.2	13.8	17.6	17.6
Contenido de humedad $w\%$	18.22	17.19	22.46	18.20	24.40	20.41	24.86	24.44
Promedio del $w\%$	17.71		20.33		22.41		24.65	
Peso volumétrico seco γ_d (gr/cm ³)	1.466		1.526		1.572		1.522	



Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 129: Ensayo DCP (pozo 1)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Rumipamba

Vía: Pichibamba- Quebrada Potrerillos

Muestra: Pozo 1

Profundidad: 50 cm

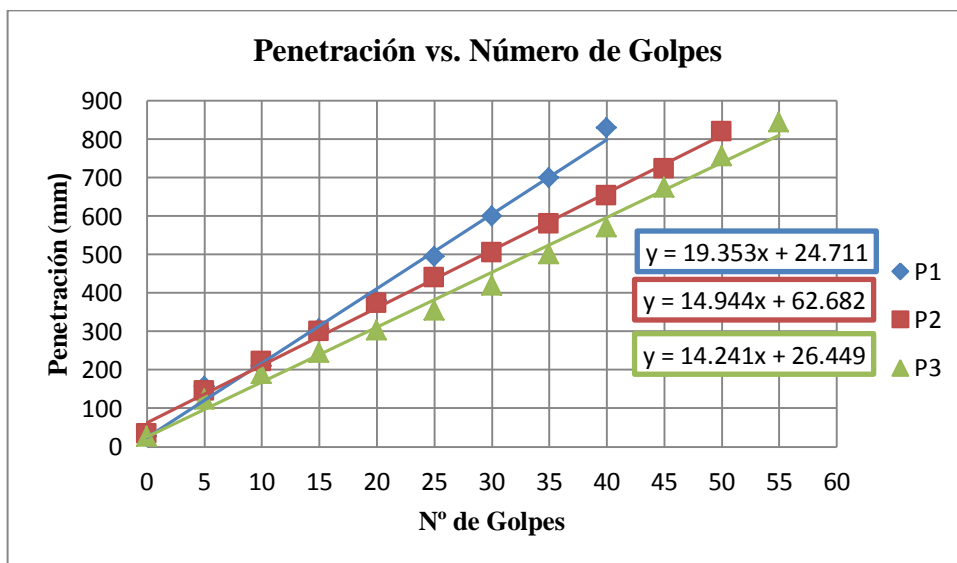
Normas: ASTM D 6951-03

Coordenadas: E: 762044.891; N: 9841749.603

Fecha: 28/01/2021

Ensayado por: Jessica Tarco

Golpes	Penetración en mm			DN (mm/golpe)		DN Promedio
	1	2	3	1	2	
0	27	35	28			
5	157	145	124			
10	210	222	190			
15	307	301	245			
20	380	374	304			
25	496	441	355			
30	600	505	421			
35	700	580	502			
40	829	653	572	1	19.353	16.179
45		723	675	2	14.944	
50		820	756	3	14.241	
55			845			



Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 130: Ensayo DCP (pozo 2)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Rumipamba

Vía: Pichibamba- Quebrada Potrerillos

Muestra: Pozo 2

Profundidad: 50 cm

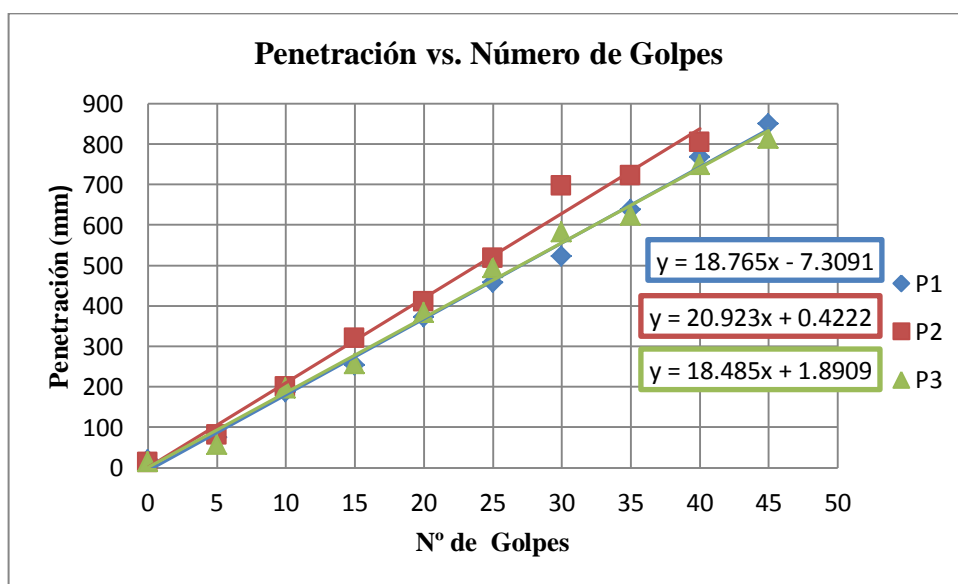
Normas: ASTM D 6951-03

Coordenadas: E: 762192.616; N: 9841509.567

Fecha: 28/01/2021

Ensayado por: Jessica Tarco

Golpes	Penetración en mm			DN (mm/golpe)		DN Promedio
	1	2	3			
0	20	14	15			
5	75	82	58			
10	187	200	198			
15	254	320	258			
20	373	411	384			
25	459	519	494			
30	523	697	583			
35	639	722	624			
40	769	805	750	1	18.765	19.391
45	850		814	2	20.923	
50				3	18.485	



Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 131: Ensayo DCP (pozo 3)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Rumipamba

Vía: Guangalo Bajo- San Juan

Muestra: Pozo 3

Profundidad: 75 cm

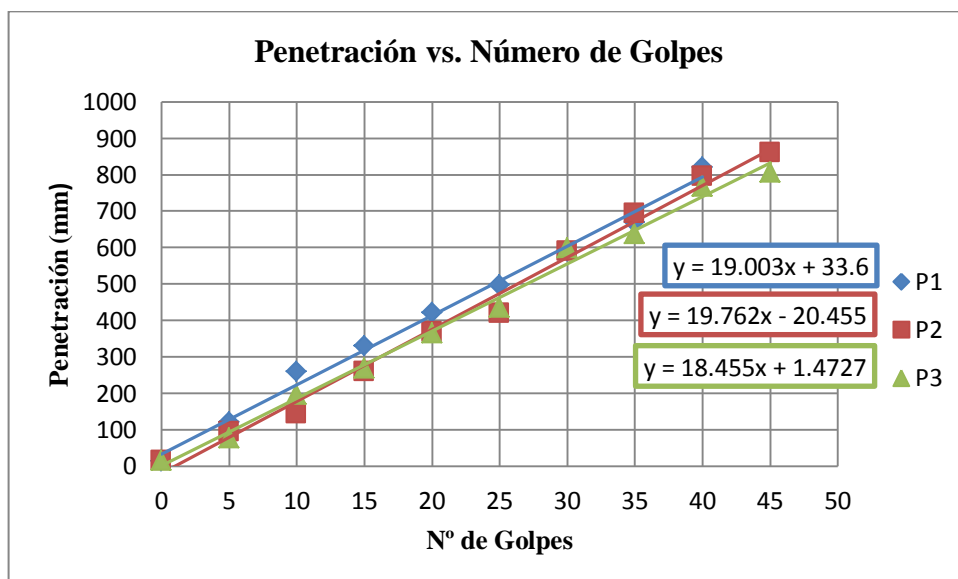
Normas: ASTM D 6951-03

Coordenadas: E: 763050.135; N: 9839558.935

Fecha: 28/01/2021

Ensayado por: Jessica Tarco

Golpes	Penetración en mm			DN (mm/golpe)		DN Promedio
	1	2	3			
0	14	15	15			
5	120	95	76			
10	260	144	197			
15	330	260	269			
20	422	368	365			
25	497	420	435			
30	590	590	598			
35	670	694	638	1	19.003	19.073
40	820	796	768	2	19.762	
45		860	806	3	18.455	



Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 132: Ensayo DCP (pozo 4)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Rumipamba

Vía: Guangalo Bajo- San Juan

Muestra: Pozo 4

Profundidad: 50 cm

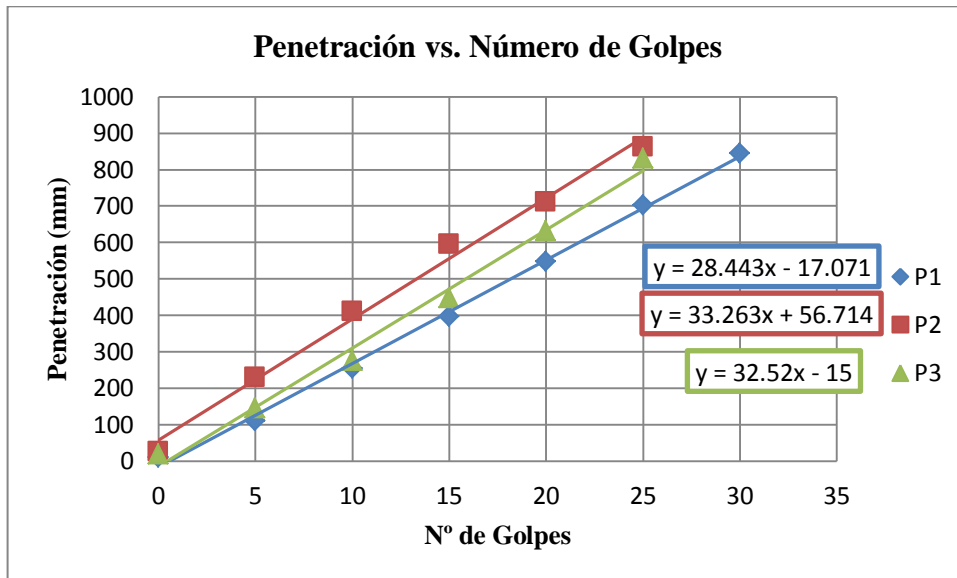
Normas: ASTM D 6951-03

Coordenadas: E: 762993.151; N: 9839243.534

Fecha: 28/01/2021

Ensayado por: Jessica Tarco

Golpes	Penetración en mm			DN (mm/golpe)		DN Promedio
	1	2	3			
0	10	25	19			
5	110	230	145			
10	255	410	275			
15	397	595	447			
20	548	712	633	1	28.443	31.409
25	702	863	830	2	33.263	
30	845			3	32.52	



Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 133: Ensayo DCP (pozo 5)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Rumipamba

Vía: Guangalo Alto - Parcaloma

Muestra: Pozo 5

Profundidad: 60 cm

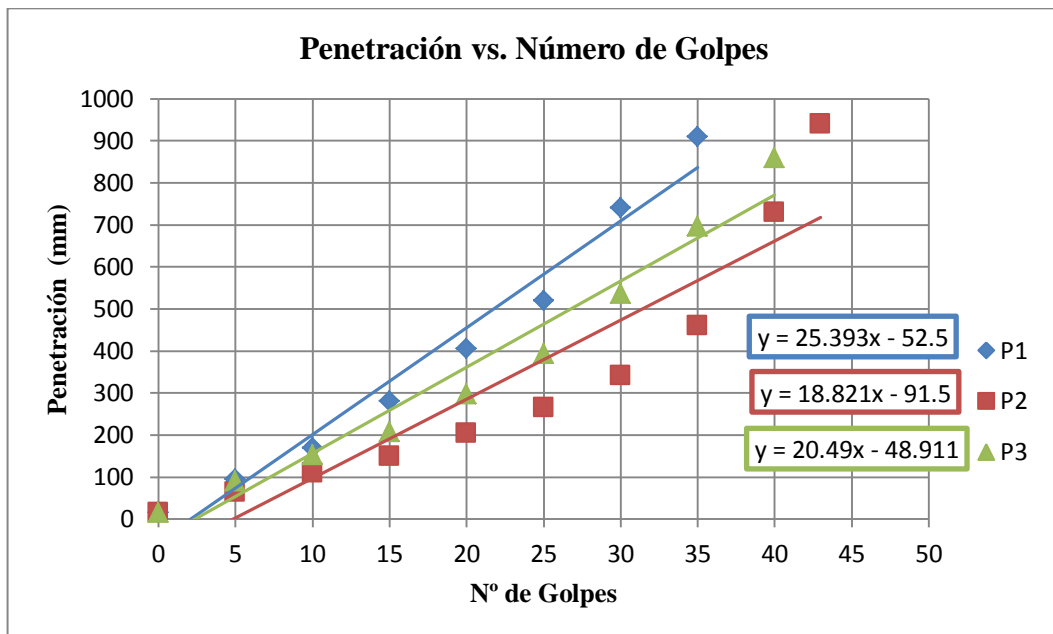
Normas: ASTM D 6951-03

Coordenadas: E: 763827.174; N: 9839312.798

Fecha: 28/01/2021

Ensayado por: Jessica Tarco

Golpes	Penetración en mm			DN (mm/golpe)		DN Promedio
	1	2	3			
0	15	15	16			
5	95	65	90			
10	170	110	152			
15	280	150	208			
20	405	205	297			
25	520	265	393			
30	740	342	536			
35	910	460	696	1	25.393	21.568
40		730	860	2	20.49	
43		940		3	18.821	



Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 134: Ensayo DCP (pozo 6)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Rumipamba

Vía: Guangalo Alto - Parcaloma

Muestra: Pozo 6

Profundidad: 50 cm

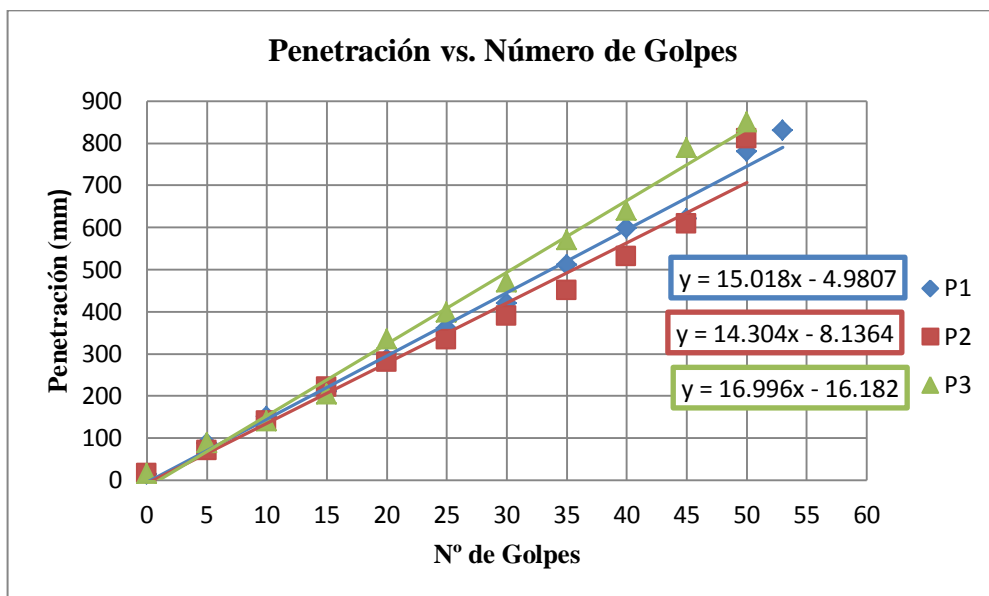
Normas: ASTM D 6951-03

Coordenadas: E: 763370.42; N: 9839167.758

Fecha: 28/01/2021

Ensayado por: Jessica Tarco

Golpes	Penetración en mm			DN (mm/golpe)		DN Promedio
	1	2	3			
0	14	15	15			
5	87	70	88			
10	150	140	140			
15	209	220	203			
20	288	279	334			
25	360	333	398			
30	419	389	469			
35	511	450	570			
40	598	530	640			
45	620	608	789	1	15.018	15.439
50	780	810	850	2	14.304	
53	830			3	16.996	



Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 135: Ensayo DCP (pozo 7)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Yanayacu

Vía: La Dolorosa- Yanayacu Centro

Muestra: Pozo 7

Profundidad: 65 cm

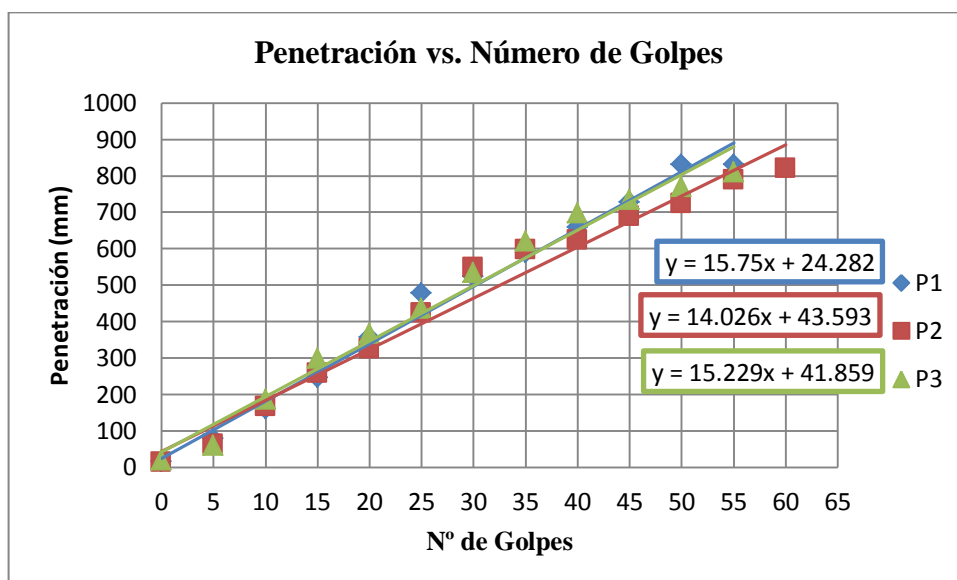
Normas: ASTM D 6951-03

Coordenadas: E: 760417.818; N: 9840059.972

Fecha: 29/01/2021

Ensayado por: Jessica Tarco

Golpes	Penetración en mm				
	1	2	3		
0	15	13	19		
5	78	63	59		
10	159	167	186		
15	245	257	298		
20	356	325	367		
25	478	423	436		
30	523	547	533		
35	589	597	620		
40	659	624	697		
45	727	689	734		
50	830	723	769		
55	830	789	810		
60		820			
				DN (mm/golpe)	DN Promedio
				1	15.75
				2	14.026
				3	15.229
					15.002



Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 136: Ensayo DCP (pozo 8)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Yanayacu

Vía: La Dolorosa- Yanayacu Centro

Muestra: Pozo 8

Profundidad: 50 cm

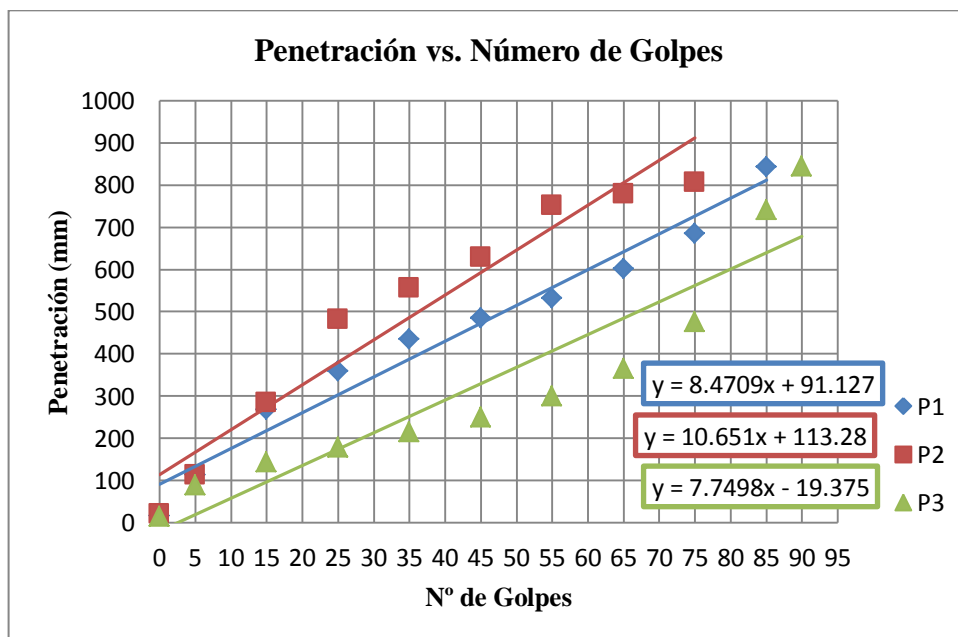
Normas: ASTM D 6951-03

Coordenadas: E: 760346.471; N: 9840174.61

Fecha: 29/01/2021

Ensayado por: Jessica Tarco

Golpes	Penetración en mm			DN (mm/golpe)		DN Promedio
	1	2	3			
0	17	21	16			
5	114	114	90			
15	268	285	145			
25	360	482	179			
35	435	557	215			
45	485	630	250			
55	533	752	300			
65	602	780	365	1	8.4709	8.957
75	685	807	476	2	10.651	
85	843		742	3	7.7498	
90			845			



Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 137: Ensayo DCP (pozo 9)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Yanayacu

Vía: E35- Luis López

Muestra: Pozo 9

Profundidad: 70 cm

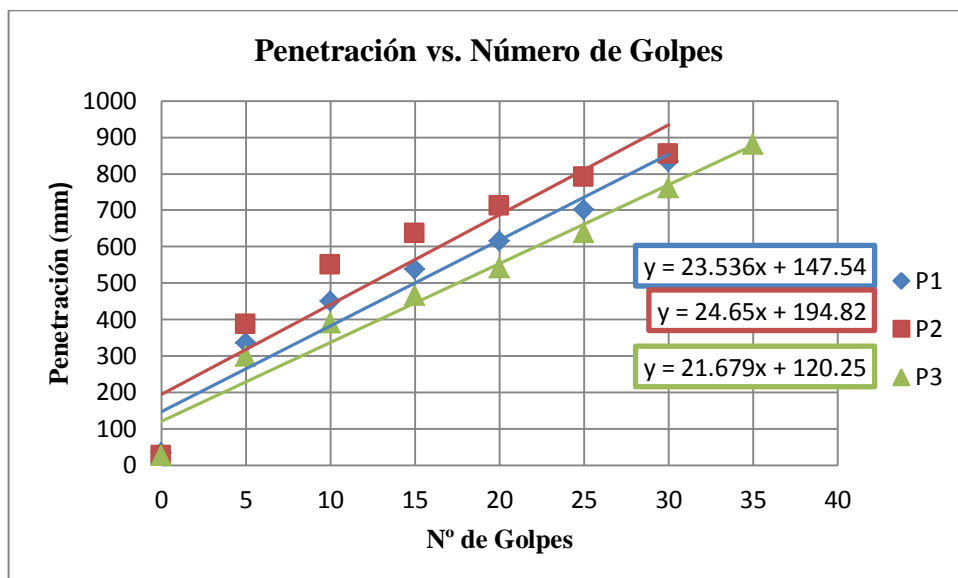
Normas: ASTM D 6951-03

Coordenadas: E: 759648.365; N: 9840306.869

Fecha: 29/01/2021

Ensayado por: Jessica Tarco

Golpes	Penetración en mm			DN (mm/golpe)		DN Promedio
	1	2	3			
0	33	26	26			
5	335	386	298			
10	450	550	390			
15	538	635	465			
20	615	712	541			
25	700	790	637	1	23.536	23.288
30	833	853	760	2	24.65	
35			880	3	21.679	



Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 138: Ensayo DCP (pozo 10)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Yanayacu

Vía: E35- Luis López

Muestra: Pozo 10

Profundidad: 55 cm

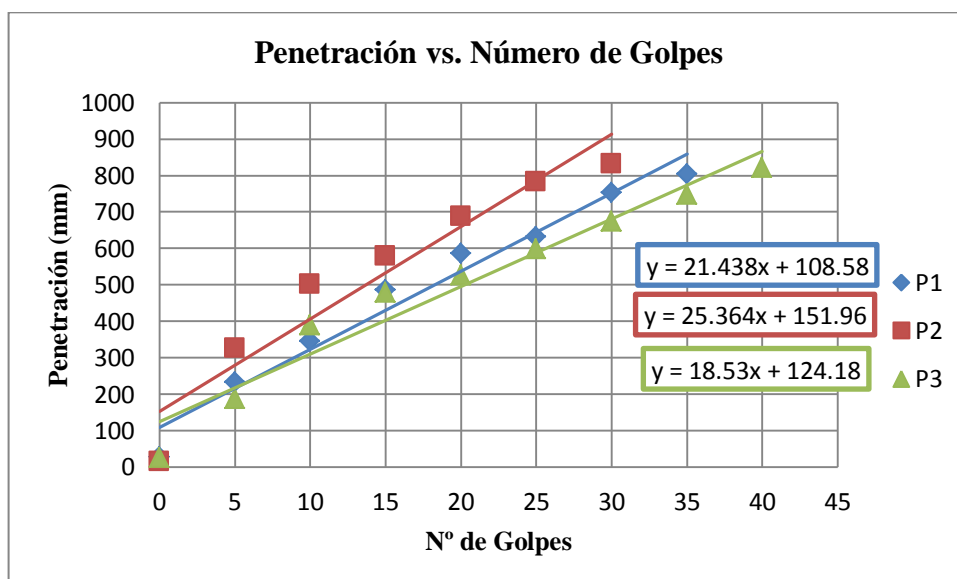
Normas: ASTM D 6951-03

Coordenadas: E: 759452.549; N: 9840245.127

Fecha: 29/01/2021

Ensayado por: Jessica Tarco

Golpes	Penetración en mm			DN (mm/golpe)		DN Promedio
	1	2	3			
0	28	15	26			
5	233	326	187			
10	345	503	390			
15	487	579	479			
20	586	689	527			
25	632	783	598			
30	754	832	675	1	21.438	21.777
35	805		749	2	25.364	
40			822	3	18.53	



Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 139: Ensayo DCP (pozo 11)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Yanayacu

Vía: 12 De Octubre- Quebrada Yanayacu

Muestra: Pozo 11

Profundidad: 70 cm

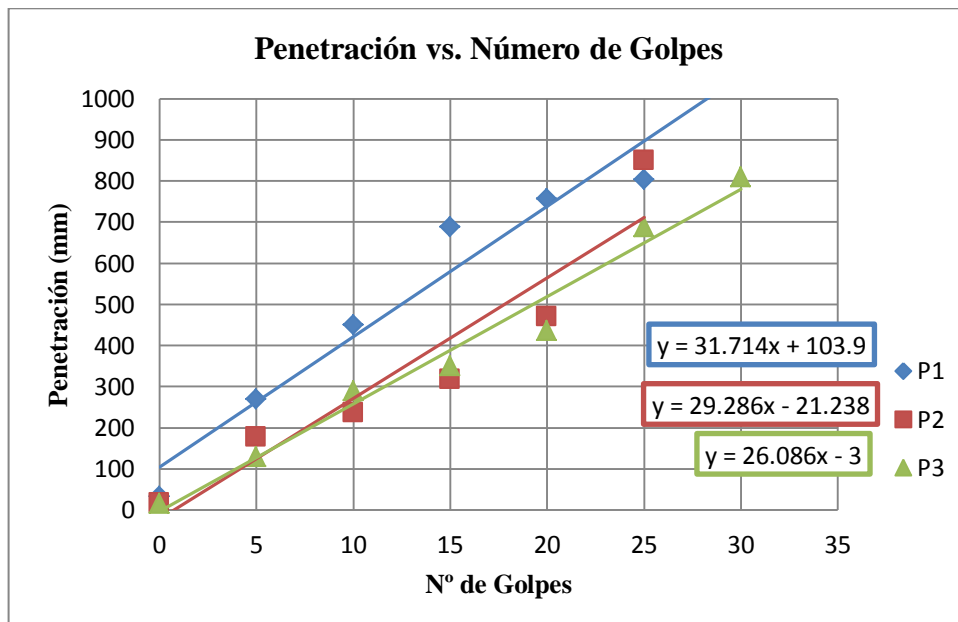
Normas: ASTM D 6951-03

Coordenadas: E: 756569.285; N: 9838141.158

Fecha: 29/01/2021

Ensayado por: Jessica Tarco

Golpes	Penetración en mm			DN (mm/golpe)		DN Promedio
	1	2	3			
0	33	17	15			
5	270	177	129			
10	450	237	289			
15	689	318	350			
20	757	470	436	1	31.714	29.029
25	803	850	689	2	29.286	
30			810	3	26.086	



Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 140: Ensayo DCP (pozo 12)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Yanayacu

Vía: 12 De Octubre- Quebrada Yanayacu

Muestra: Pozo 12

Profundidad: 65 cm

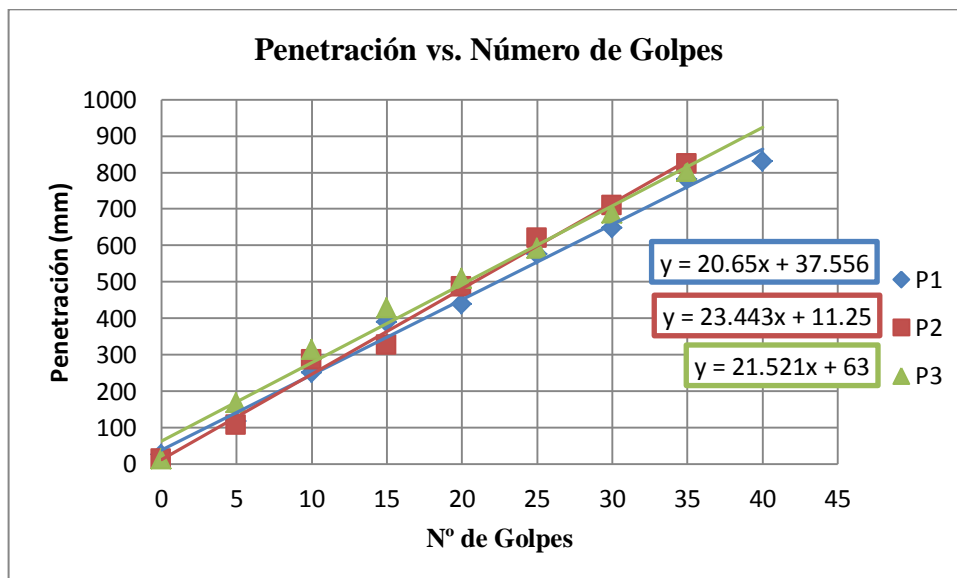
Normas: ASTM D 6951-03

Coordenadas: E: 756297.323; N: 9837776.895

Fecha: 29/01/2021

Ensayado por: Jessica Tarco

Golpes	Penetración en mm			DN (mm/golpe)		DN Promedio
	1	2	3			
0	25	14	13			
5	117	106	169			
10	250	286	314			
15	389	326	428			
20	439	487	510			
25	576	620	592			
30	648	710	689	1	20.65	21.871
35	781	823	802	2	23.443	
40	830			3	21.521	



Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 141: Ensayo CBR (Pozo1)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Rumipamba

Vía: Pichibamba- Quebrada Potrerillos

Muestra: Pozo 1

Profundidad: 50 cm

Normas: AASHTO T 193 2013

Coordenadas: E: 762044.891; N: 9841749.603

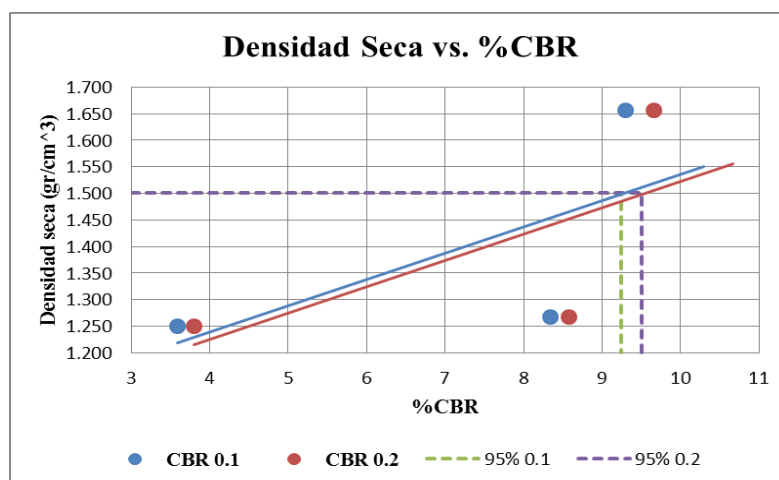
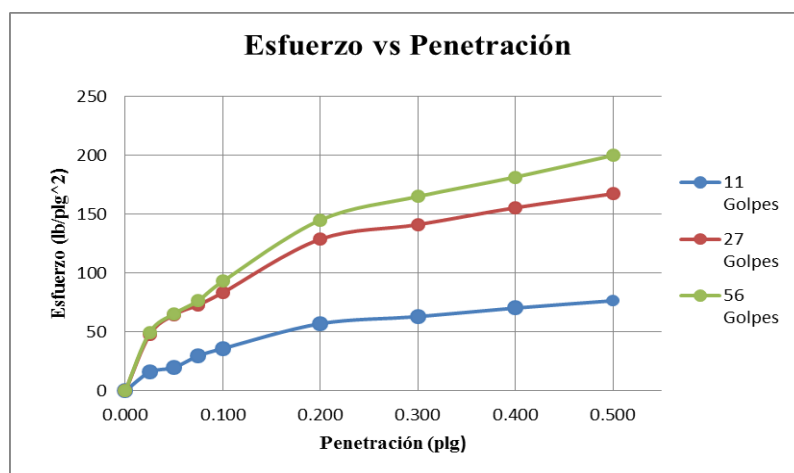
Fecha: 04/01/2021

Ensayado por: Jessica Tarco

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO													
Tipo:	Proctor Modificado				Peso del Martillo:				10lb		Molde1	Molde2	Molde3
Nº de Capas	5				Altura de caída:				18"	h(cm)	12.7	12.6	11.5
Peso muestra (gr)	6000				Cont. Humedad óptimo (%)				16	D (cm)	15.21	15.27	15.29
ENSAYO CBR													
Nº Molde	1				2				3				
Nº de Golpes	11				27				56				
Cond. Muestra	Natural		Saturado		Natural		Saturado		Natural		Saturado		
P. Hum+ Molde (gr)	12039		12065		12297		13467		12058		13011		
P. Molde (gr)	8346				9212				8067				
P. Humedo (gr)	3693		3719		3085		4255		3991		4944		
Vol. Muestra (cm ³)	2307.55				2307.48				2111.56				
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1.600		1.612		1.337		1.844		1.890		2.341		
CONTENIDO DE HUMEDAD													
Recipiente #	9	102	34	12	4	7	22	14	42	17	55	32	
Peso del Recipiente W_r (gr)	31.2	31.5	31.1	30.3	32.5	32.8	30.2	31	31.1	31.7	30.5	30.2	
Peso rec+suelo húmedo W_r+W_m (gr)	179.8	150.1	180.4	134	115.4	124.4	104.5	115.9	103.4	124.1	95.7	97.2	
Peso rec+suelo seco W_r+W_s (gr)	152.1	127.1	141.3	108.6	101.4	107.9	89.3	95.4	89.4	107.5	79.6	81.3	
Peso de los sólidos W_s (gr)	120.9	95.6	110.2	78.3	68.9	75.1	59.1	64.4	58.3	75.8	49.1	51.1	
Peso del agua W_w (gr)	27.7	23.0	39.1	25.4	14.0	16.5	15.2	20.5	14.0	16.6	16.1	15.9	
Contenido de humedad w%	22.91	24.06	35.48	32.44	20.32	21.97	25.72	31.83	24.01	21.90	32.79	31.12	
Promedio del w%	23.49		33.96		21.15		28.78		22.96		31.95		
Peso volumétrico seco γ_d (gr/cm ³)	1.296		1.203		1.104		1.432		1.537		1.774		
Prom. Peso volumétrico seco γ_d (gr/cm ³)	1.250				1.268				1.656				

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración en plg	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)
0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.025	47.8	15.93	143.1	47.70	148.5	49.50
0.050	59.6	19.87	193.8	64.60	196.1	65.37
0.075	89.6	29.87	218.9	72.97	229.9	76.63
0.100	107.8	35.93	250.3	83.43	278.9	92.97
0.200	171.2	57.07	386.2	128.73	435	145.00
0.300	189.1	63.03	423.3	141.10	494.8	164.93
0.400	211	70.33	466.3	155.43	544.3	181.43
0.500	229.5	76.50	501.7	167.23	599.5	199.83

PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
Molde N°	Presión (lb/plg ²)	CBR(%) 0.1 Plg	Densidad Seca (gr/cm ³)	Presión (lb/plg ²)	CBR(%) 0.2 Plg	Densidad Seca (gr/cm ³)
1	35.93	3.59	1.250	57.07	3.80	1.250
2	83.43	8.34	1.268	128.73	8.58	1.268
3	92.97	9.30	1.656	145.00	9.67	1.656



Densidad seca Máxima (gr/cm ³)		1.580	
DSM			
95%	1.501	%CBR 0.1 plg	%CBR 0.2 plg
		9.25	9.5

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 142: Ensayo CBR (Pozo2)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Rumipamba

Vía: Pichibamba- Quebrada Potrerillos

Muestra: Pozo 2

Profundidad: 50 cm

Normas: AASHTO T 193 2013

Coordenadas: E: 762192.616; N: 9841509.567

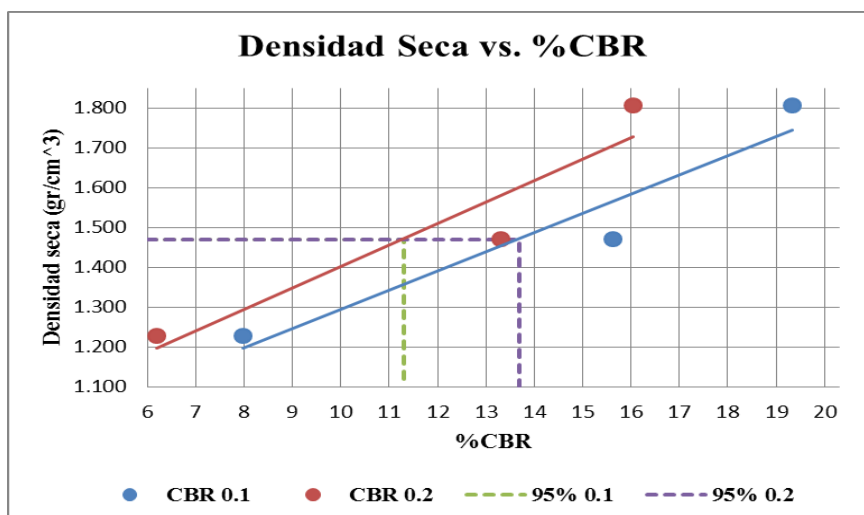
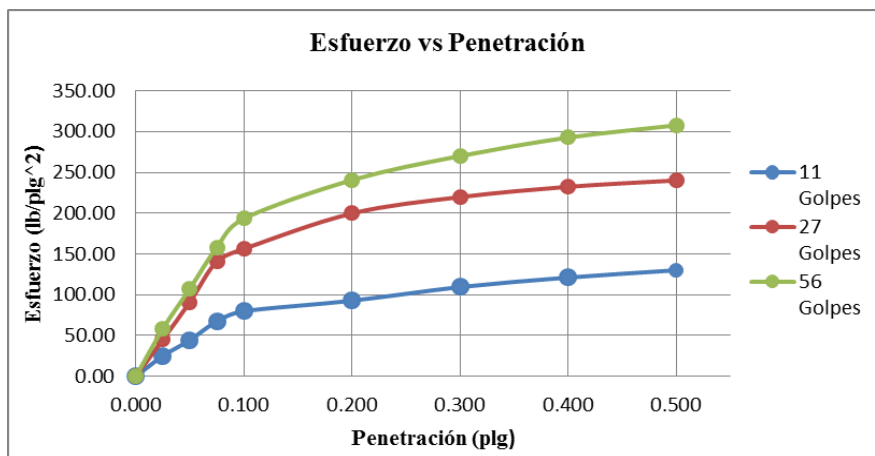
Fecha: 04/01/2021

Ensayado por: Jessica Tarco

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO													
Tipo:	Proctor Modificado				Peso del Martillo:				10lb		Molde1	Molde2	Molde3
Nº de Capas	5				Altura de caída:				18"	h(cm)	12.7	12.6	11.5
Peso muestra (gr)	6000				Cont. Humedad óptimo (%)				18.25	D(cm)	15.21	15.27	15.29
ENSAYO CBR													
Nº Molde	1				2				3				
Nº de Golpes	11				27				56				
Cond. Muestra	Natural		Saturado		Natural		Saturado		Natural		Saturado		
P. Hum+ Molde (gr)	11990		12023		12789		14090		12908		12937		
P. Molde (gr)	8321				9219				8067				
P. Humedo (gr)	3669		3702		3570		4871		4841		4870		
Vol. Muestra (cm ³)	2307.55				2307.48				2111.56				
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1.590		1.604		1.547		2.111		2.293		2.306		
CONTENIDO DE HUMEDAD													
Recipiente #	10	33	34	45	22	3	6	8	54	32	11	1	
Peso del Recipiente W_r (gr)	31.2	32.5	30.1	31.3	32.2	31.2	30.5	31.2	31.1	31.4	31.2	30.2	
Peso rec+suelo húmedo W_r+W_m (gr)	169.8	130.1	189.0	133.2	113.2	110.3	98.5	100.4	122.3	110.3	90.5	130.0	
Peso rec+suelo seco W_r+W_s (gr)	143.3	110.2	143.3	108.6	101.4	95.9	83.7	85.3	104.2	96.5	76.2	105.8	
Peso de los sólidos W_s (gr)	112.1	77.7	113.2	77.3	69.2	64.7	53.2	54.1	73.1	65.1	45	75.6	
Peso del agua W_w (gr)	26.5	19.9	45.7	24.6	11.8	14.4	14.8	15.1	18.1	13.8	14.3	24.2	
Contenido de humedad w%	23.64	25.61	40.37	31.82	17.05	22.26	27.82	27.91	24.76	21.20	31.78	32.01	
Promedio del w%	24.63		36.10		19.65		27.87		22.98		31.89		
Peso volumétrico seco γ_d (gr/cm ³)	1.276		1.179		1.293		1.651		1.864		1.749		
Prom. Peso volumétrico seco γ_d (gr/cm ³)	1.227				1.472				1.806				

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración en plg	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)
0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.025	75.2	25.07	135.2	45.07	175.2	58.40
0.050	133.2	44.40	273.1	91.03	322.3	107.43
0.075	202.3	67.43	423.4	141.13	474.2	158.07
0.100	239.2	79.73	468.5	156.17	580.1	193.37
0.200	278.3	92.77	599.2	199.73	722	240.67
0.300	328.4	109.47	659.2	219.73	810.2	270.07
0.400	363.4	121.13	697.2	232.40	878.2	292.73
0.500	390.1	130.03	720.4	240.13	923.2	307.73

PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
Molde N°	Presión (lb/plg ²)	CBR(% 0.1 Plg	Densidad Seca (gr/cm ³)	Presión (lb/plg ²)	CBR(% 0.2 Plg	Densidad Seca (gr/cm ³)
1	79.73	7.97	1.227	92.77	6.18	1.227
2	156.17	15.62	1.472	199.73	13.32	1.472
3	193.37	19.34	1.806	240.67	16.04	1.806



Densidad seca Máxima (gr/cm ³)	1.547	
DSM	% CBR 0.1 plg	% CBR 0.2 plg
95%	1.470	11.3
		13.7

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 143: Ensayo CBR (Pozo3)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Rumipamba

Vía: Guangalo Bajo- San Juan

Muestra: Pozo 3

Profundidad: 75 cm

Normas: AASHTO T 193 2013

Coordenadas: E: 763050.135; N: 9839558.935

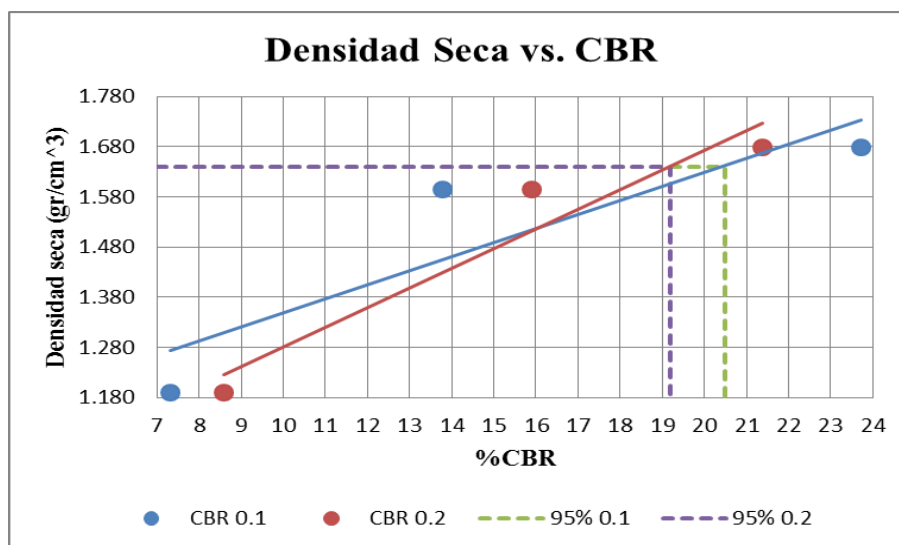
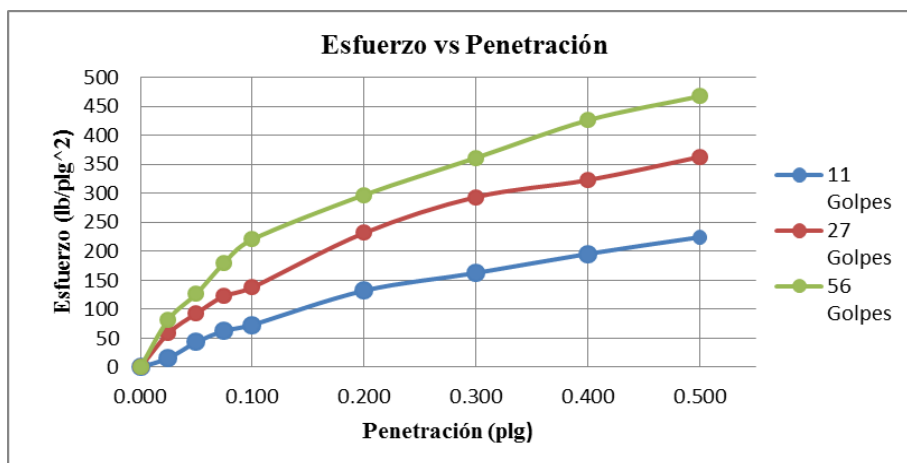
Fecha: 04/01/2021

Ensayado por: Jessica Tarco

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO												
Tipo:	Proctor Modificado		Peso del Martillo:		10lb		Molde1	Molde2	Molde3			
Nº de Capas	5		Altura de caída:		18"	h(cm)	12.6	12.9	12.7			
Peso muestra (gr)	6000		Cont. Humedad óptimo (%)		14.75	D (cm)	15.1	15.1	15.1			
ENSAYO CBR												
Nº Molde	1		2		3							
Nº de Golpes	11		27		56							
Cond. Muestra	Natural	Saturado	Natural	Saturado	Natural	Saturado						
P. Hum+ Molde (gr)	11234	12363	11580	11695	12991	13213						
P. Molde (gr)	8332		6915		8282							
P. Humedo (gr)	2902	4031	4665	4780	4709	4931						
Vol. Muestra (cm3)	2256.39		2310.11		2274.30							
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm3)	1.286	1.786	2.019	2.069	2.071	2.168						
CONTENIDO DE HUMEDAD												
Recipiente #	40	31	10	2	18	38	1	34	84	3	5	4
Peso del Recipiente W_r (gr)	24.1	24.6	31.2	30.4	25.8	25.3	30.1	31.2	32.4	33.5	30.2	30.2
Peso rec+suelo húmedo W_r+W_m (gr)	112.5	127.4	164.5	143.4	127.0	134.8	118.6	109.5	115.7	153.9	135.6	129.3
Peso rec+suelo seco W_r+W_s (gr)	95.3	107.3	132.3	114.6	107.6	113.8	96.3	90.5	99.9	131.1	110.4	108.4
Peso de los sólidos W_s (gr)	71.2	82.7	101.1	84.2	81.8	88.5	66.2	59.3	67.5	97.6	80.2	78.2
Peso del agua W_w (gr)	17.2	20.1	32.2	28.8	19.4	21.0	22.3	19.0	15.8	22.8	25.2	20.9
Contenido de humedad w%	24.16	24.30	31.85	34.20	23.72	23.73	33.69	32.04	23.41	23.36	31.42	26.73
Promedio del w%	24.23		33.03		23.72		32.86		23.38		29.07	
Peso volumétrico seco γ_d (gr/cm3)	1.035		1.343		1.632		1.557		1.678		1.680	
Prom. Peso volumétrico seco γ_d (gr/cm3)	1.189		1.595		1.679							

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración en plg	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)
0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.025	47.2	15.73	175.3	58.43	246.3	82.10
0.050	129.6	43.20	278.4	92.80	380.1	126.70
0.075	189.2	63.07	369.6	123.20	540.6	180.20
0.100	219.5	73.17	413.2	137.73	661.3	220.43
0.200	396.6	132.20	695.3	231.77	892.4	297.47
0.300	488.2	162.73	881.2	293.73	1084.2	361.40
0.400	587.3	195.77	969.2	323.07	1279	426.33
0.500	673.3	224.43	1089.3	363.10	1403.2	467.73

PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
Molde N°	Presión (lb/plg ²)	CBR(%) 0.1 Plg	Densidad Seca (gr/cm ³)	Presión (lb/plg ²)	CBR(%) 0.2 Plg	Densidad Seca (gr/cm ³)
1	73.17	7.32	1.189	132.20	8.81	1.189
2	137.73	13.77	1.595	231.77	15.45	1.595
3	220.43	22.04	1.679	297.47	19.83	1.679



Densidad seca Máxima (gr/cm ³)	1.726		
DSM	% CBR 0.1 plg	% CBR 0.2 plg	
95%	1.640	20.5	19.2

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 144: Ensayo CBR (Pozo4)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Rumipamba

Vía: Guangalo Bajo- San Juan

Muestra: Pozo 4

Profundidad: 50 cm

Normas: AASHTO T 193 2013

Coordenadas: E: 762993.151; N: 9839243.534

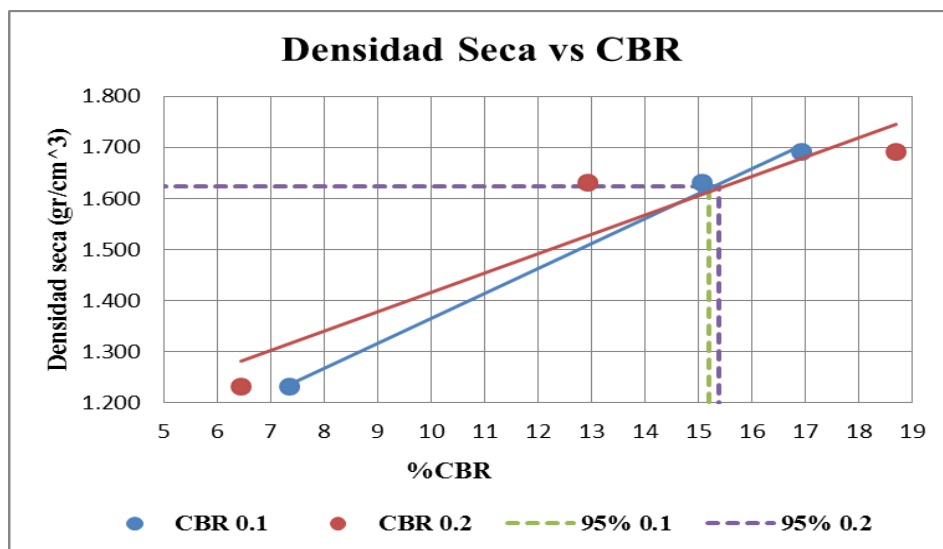
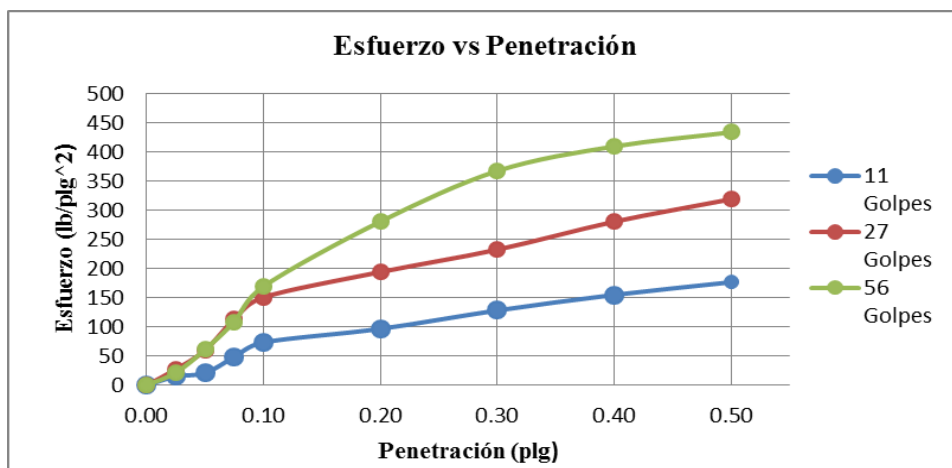
Fecha: 08/01/2021

Ensayado por: Jessica Tarco

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO												
Tipo:	Proctor Modificado			Peso del Martillo:		10lb		Molde1	Molde2	Molde3		
Nº de Capas	5			Altura de caída:		18"	h(cm)	12.7	12.2	11.5		
Peso muestra (gr)	6000			Cont. Humedad óptimo (%)		16.4	D (cm)	15.2	15.21	15.2		
ENSAYO CBR												
Nº Molde	1			2		3						
Nº de Golpes	11			27		56						
Cond. Muestra	Natural		Saturado	Natural		Saturado	Natural		Saturado			
P. Hum+ Molde (gr)	9209		9575	10491		11001	11327		11428			
P. Molde (gr)	5834			6261			6972					
P. Humedo (gr)	3375		3741	4230		4740	4355		4456			
Vol. Muestra (cm3)	2304.52			2216.71			2086.77					
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm3)	1.465		1.623	1.908		2.138	2.087		2.135			
CONTENIDO DE HUMEDAD												
Recipiente #	11	2	34	12	1	16	15	23	57	20	24	32
Peso del Recipiente W_r (gr)	31.2	31.5	31.1	30.3	32.5	32.8	30.2	31	31.1	31.7	30.5	30.2
Peso rec+suelo húmedo W_r+W_m (gr)	101.2	98.2	113.5	99.3	89	75.3	122.3	117.8	71.6	69	94.7	97.2
Peso rec+suelo seco W_r+W_s (gr)	89.4	88.4	92.5	83.5	79.5	68.5	102.3	98.4	65.2	62.3	79.6	82.3
Peso de los sólidos W_s (gr)	58.2	56.9	61.4	53.2	47	35.7	72.1	67.4	34.1	30.6	49.1	52.1
Peso del agua W_w (gr)	11.8	9.8	21.0	15.8	9.5	6.8	20.0	19.4	6.4	6.7	15.1	14.9
Contenido de humedad w%	20.27	17.22	34.20	29.70	20.21	19.05	27.74	28.78	18.77	21.90	30.75	28.60
Promedio del w%	18.75		31.95		19.63		28.26		20.33		29.68	
Peso volumétrico seco γ_d (gr/cm3)	1.233		1.230		1.595		1.667		1.734		1.647	
Prom. Peso volumétrico seco γ_d (gr/cm3)	1.232			1.631			1.691					

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración en plg	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)
0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.025	45.40	15.13	81.60	27.20	65.30	21.77
0.050	62.90	20.97	179.40	59.80	183.60	61.20
0.075	145.20	48.40	339.80	113.27	326.30	108.77
0.100	220.60	73.53	452.40	150.80	508.30	169.43
0.200	290.30	96.77	582.60	194.20	842.20	280.73
0.300	385.10	128.37	697.80	232.60	1102.60	367.53
0.400	465.00	155.00	841.80	280.60	1228.80	409.60
0.500	530.20	176.73	957.30	319.10	1301.50	433.83

PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
Molde N°	Presión (lb/plg ²)	CBR(%) 0.1 Plg	Densidad Seca (gr/cm ³)	Presión (lb/plg ²)	CBR(%) 0.2 Plg	Densidad Seca (gr/cm ³)
1	73.53	7.35	1.232	96.77	6.45	1.232
2	150.80	15.08	1.631	194.20	12.95	1.631
3	169.43	16.94	1.691	280.73	18.72	1.691



Densidad seca Máxima (gr/cm ³)	1.71		
DSM	% CBR 0.1 plg	% CBR 0.2 plg	
95%	1.625	15.2	15.4

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 145: Ensayo CBR (Pozo 5)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Rumipamba

Vía: Guangalo Alto - Parcaloma

Muestra: Pozo 5

Profundidad: 60 cm

Normas: AASHTO T 193 2013

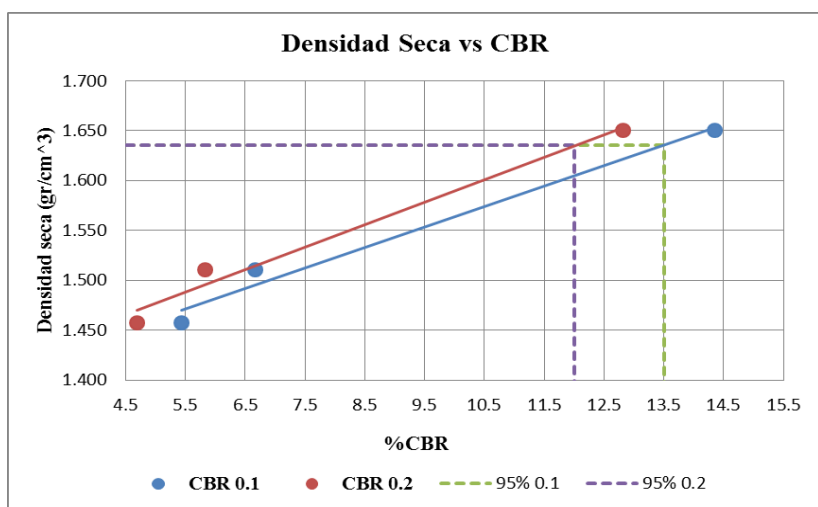
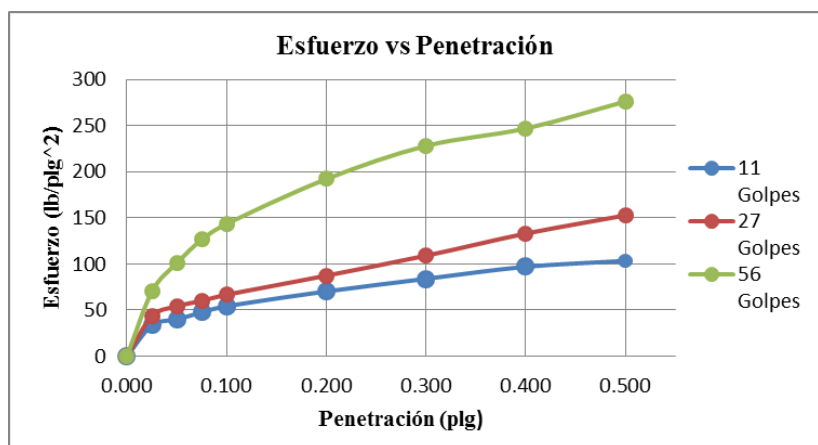
Coordenadas: E: 763827.174; N: 9839312.798

Fecha: 08/01/2021

Ensayado por: Jessica Tarco

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO												
Tipo:	Proctor Modificado		Peso del Martillo:		10lb		Molde1	Molde2	Molde3			
Nº de Capas	5		Altura de caída:		18"	h(cm)	12.7	12.6	12.5			
Peso muestra (gr)	6000		Cont. Humedad óptimo (%)		15.93	D (cm)	15.25	15.27	15.27			
ENSAYO CBR												
Nº Molde	1		2		3							
Nº de Golpes	11		27		56							
Cond. Muestra	Natural	Saturado	Natural	Saturado	Natural	Saturado						
P. Hum+ Molde (gr)	11408	11855	10894	11394	12039	12286						
P. Molde (gr)	7409		6832		7487							
P. Humedo (gr)	3999	4446	4062	4562	4552	4799						
Vol. Muestra (cm ³)	2319.71		2307.48		2289.17							
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1.724	1.917	1.760	1.977	1.988	2.096						
CONTENIDO DE HUMEDAD												
Recipiente #	10	11	34	2	4	6	22	17	20	10	3s	2d
Peso del Recipiente W_r (gr)	44.3	45.3	31.1	30.3	44.5	42.9	44.1	44.5	31.1	31.7	30.5	30.2
W_r+W_m (gr)	256.7	329.6	115	109.6	221.3	258.2	136.7	133.8	250.2	257.8	98.7	108.2
Peso rec+suelo seco W_r+W_s (gr)	226.2	282.9	93.3	92.1	195.2	226.9	112.6	115.9	219.8	223.1	80.7	92.3
Peso de los sólidos W_s (gr)	181.9	237.6	62.2	61.8	150.7	184	68.5	71.4	188.7	191.4	50.2	62.1
Peso del agua W_w (gr)	30.5	46.7	21.7	17.5	26.1	31.3	24.1	17.9	30.4	34.7	18.0	15.9
Contenido de humedad w%	16.77	19.65	34.89	28.32	17.32	17.01	35.18	25.07	16.11	18.13	35.86	25.60
Promedio del w%	18.21		31.60		17.17		30.13		17.12		30.73	
Peso volumétrico seco γ_d (gr/cm ³)	1.458		1.456		1.502		1.519		1.698		1.604	
Prom. Peso volumétrico seco γ_d (gr/cm ³)	1.457		1.511		1.651							

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración en plg	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)
0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.025	100.6	33.53	130.1	43.37	210	70.00
0.050	119.8	39.93	162.5	54.17	303.4	101.13
0.075	142.8	47.60	180.2	60.07	379.5	126.50
0.100	162.9	54.30	200.1	66.70	430.7	143.57
0.200	210.9	70.30	262.4	87.47	576.5	192.17
0.300	251.9	83.97	327.3	109.10	684.5	228.17
0.400	291.2	97.07	399.2	133.07	741.2	247.07
0.500	310.4	103.47	458.5	152.83	828.9	276.30
PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
Molde N°	Presión (lb/plg ²)	CBR(%) 0.1 Plg	Densidad Seca (gr/cm ³)	Presión (lb/plg ²)	CBR(%) 0.2 Plg	Densidad Seca (gr/cm ³)
1	54.30	5.43	1.457	70.30	4.69	1.457
2	66.70	6.67	1.511	87.47	5.83	1.511
3	143.57	14.36	1.651	192.17	12.81	1.651



Densidad seca Máxima (gr/cm ³)	1.722		
DSM	% CBR 0.1 plg	% CBR 0.2 plg	
95%	1.6359	13.5	12

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 146: Ensayo CBR (Pozo 6)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Rumipamba

Vía: Guangalo Alto - Parcaloma

Muestra: Pozo 6

Profundidad: 50 cm

Normas: AASHTO T 193 2013

Coordenadas: E: 763370.42; N: 9839167.758

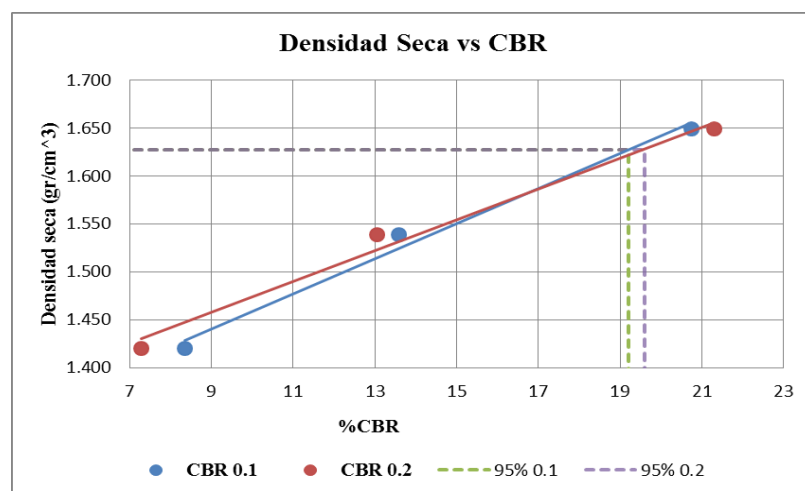
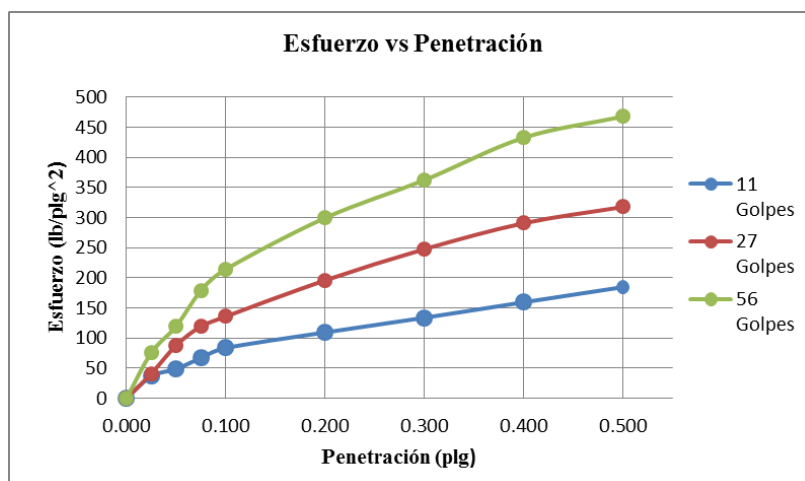
Fecha: 13/01/2021

Ensayado por: Jessica Tarco

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO												
Tipo:	Proctor Modificado			Peso del Martillo:				10lb		Molde1	Molde2	Molde3
Nº de Capas	5			Altura de caída:				18"	h(cm)	12.7	12.6	12.5
Peso muestra (gr)	6000			Cont. Humedad óptimo (%)				16.1	D (cm)	15.21	15.25	15.29
ENSAYO CBR												
Nº Molde	1			2				3				
Nº de Golpes	11			27				56				
Cond. Muestra	Natural		Saturado		Natural		Saturado		Natural		Saturado	
P. Hum+ Molde (gr)	11015		11365		11438		11622		11001		11336	
P. Molde (gr)	7010			7098				6430				
P. Humedo (gr)	4005		4355		4340		4524		4571		4906	
Vol. Muestra (cm3)	2307.55			2301.44				2295.17				
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm3)	1.736		1.887		1.886		1.966		1.992		2.138	
CONTENIDO DE HUMEDAD												
Recipiente #	9	102	34	12	4	7	22	14	42	17	55	32
Peso del Recipiente W_r (gr)	31.2	31.5	31.1	30.3	32.5	32.8	30.2	31	31.1	31.7	30.5	30.2
Peso rec+suelo húmedo W_r+W_m (gr)	138.5	140.2	145.2	132.1	162.4	145.8	164.5	130.2	129.3	162.6	157.3	145.2
Peso rec+suelo seco W_r+W_s (gr)	118.3	120.1	116.2	108.6	139.4	125.4	134.4	108.3	112.3	139.1	130.2	118.2
Peso de los sólidos W_s (gr)	87.1	88.6	85.1	78.3	106.9	92.6	104.2	77.3	81.2	107.4	99.7	88
Peso del agua W_w (gr)	20.2	20.1	29.0	23.5	23.0	20.4	30.1	21.9	17.0	23.5	27.1	27.0
Contenido de humedad w%	23.19	22.69	34.08	30.01	21.52	22.03	28.89	28.33	20.94	21.88	27.18	30.68
Promedio del w%	22.94		32.05		21.77		28.61		21.41		28.93	
Peso volumétrico seco γ_d (gr/cm3)	1.412		1.429		1.549		1.528		1.640		1.658	
Prom. Peso volumétrico seco γ_d (gr/cm3)	1.421			1.539				1.649				

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración en plg	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)
0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.025	110.2	36.73	122.3	40.77	226.3	75.43
0.050	145.7	48.57	263.2	87.73	358.5	119.50
0.075	201.2	67.07	358.4	119.47	536.3	178.77
0.100	250.3	83.43	407.4	135.80	642.6	214.20
0.200	328.2	109.40	587.4	195.80	898.6	299.53
0.300	401.3	133.77	743.1	247.70	1087.3	362.43
0.400	478.4	159.47	872.3	290.77	1298.3	432.77
0.500	554.2	184.73	953.2	317.73	1403.4	467.80

PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
Molde N°	Presión (lb/plg ²)	CBR(%) 0.1 Plg	Densidad Seca (gr/cm ³)	Presión (lb/plg ²)	CBR(%) 0.2 Plg	Densidad Seca (gr/cm ³)
1	83.43	8.34	1.421	109.40	7.29	1.421
2	135.80	13.58	1.539	195.80	13.05	1.539
3	214.20	21.42	1.649	299.53	19.97	1.649



Densidad seca Máxima (gr/cm ³)	1.713		
DSM		%CBR 0.1 plg	%CBR 0.2 plg
95%	1.627	19.2	19.6

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 147: Ensayo CBR (Pozo 7)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Yanayacu

Vía: La Dolorosa- Yanayacu Centro

Muestra: Pozo 7

Profundidad: 65 cm

Normas: AASHTO T 193 2013

Coordenadas: E: 760417.818; N: 9840059.972

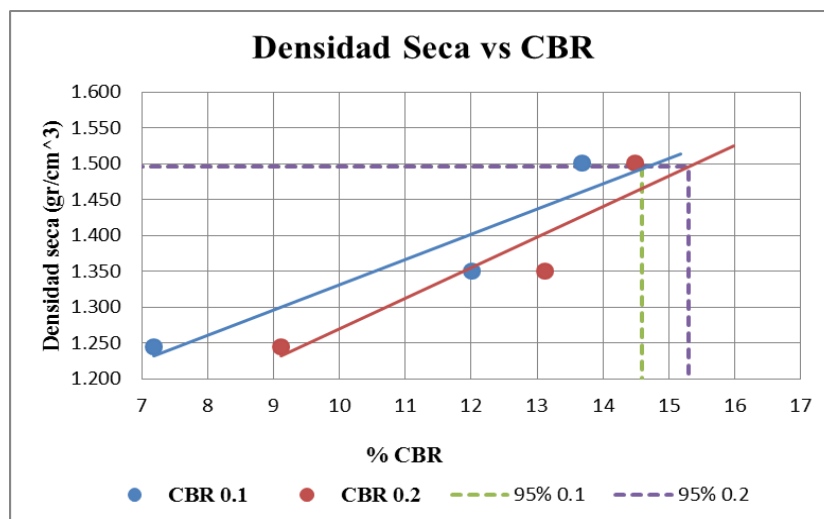
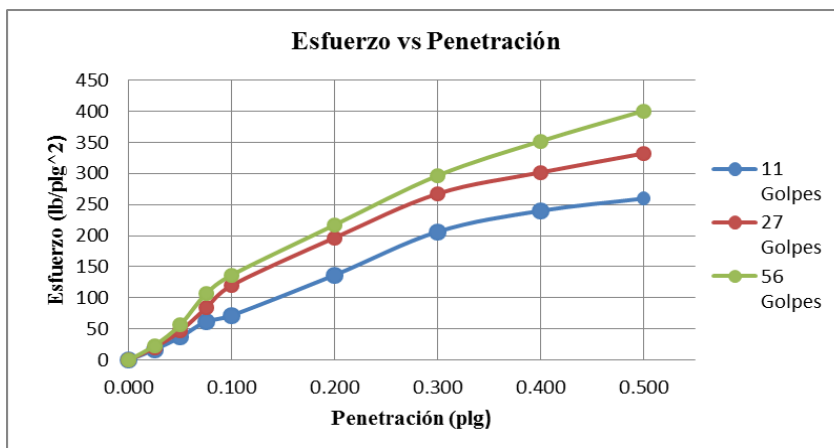
Fecha: 13/01/2021

Ensayado por: Jessica Tarco

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO													
Tipo:	Proctor Modificado				Peso del Martillo:				10lb		Molde1	Molde2	Molde3
Nº de Capas	5				Altura de caída:				18"	h(cm)	12.6	12.6	12.5
Peso muestra (gr)	6000				Cont. Humedad óptimo (%)				24.8	D (cm)	15.2	15.25	15.26
ENSAYO CBR													
Nº Molde	1				2				3				
Nº de Golpes	11				27				56				
Cond. Muestra	Natural		Saturado		Natural		Saturado		Natural		Saturado		
P. Hum+ Molde (gr)	9906		10314		10708		11110		11190		11470		
P. Molde (gr)	6429				7030				7058				
P. Humedo (gr)	3477		3885		3678		4080		4132		4412		
Vol. Muestra (cm3)	2286.38				2301.44				2286.17				
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm3)	1.521		1.699		1.598		1.773		1.807		1.930		
CONTENIDO DE HUMEDAD													
Recipiente #	3s	102	22	34	5	7	33	24	42	17	12	32	
Peso del Recipiente W_r (gr)	33.1	31.2	33	30.3	32.1	32.8	32.9	33.2	33.4	33.2	31.2	30.2	
W_r+W_m (gr)	151.5	141.2	91.5	90.5	138.4	95.3	91.5	95.7	127.9	124.1	117.9	116.9	
Peso rec+suelo seco W_r+W_s (gr)	128.2	118.5	76.6	75.8	118.9	84.4	77.6	83.4	111.2	110.2	98.6	96.8	
Peso de los sólidos W_s (gr)	95.1	87.3	43.6	45.5	86.8	51.6	44.7	50.2	77.8	77	67.4	66.6	
Peso del agua W_w (gr)	23.3	22.7	14.9	14.7	19.5	10.9	13.9	12.3	16.7	13.9	19.3	20.1	
Contenido de humedad w%	24.50	26.00	34.17	32.31	22.47	21.12	31.10	24.50	21.47	18.05	28.64	30.18	
Promedio del w%	25.25		33.24		21.79		27.80		19.76		29.41		
Peso volumétrico seco γ_d (gr/cm3)	1.214		1.275		1.312		1.387		1.509		1.491		
Prom. Peso volumétrico seco γ_d (gr/cm3)	1.245				1.350				1.500				

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración en plg	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)
0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.025	50.3	16.77	60.3	20.10	70.3	23.43
0.050	110.3	36.77	140.3	46.77	170.2	56.73
0.075	186.2	62.07	250.8	83.60	320.4	106.80
0.100	215.3	71.77	360.5	120.17	410.3	136.77
0.200	410.3	136.77	590.3	196.77	652.2	217.40
0.300	619.3	206.43	802.3	267.43	890.2	296.73
0.400	720.2	240.07	905.3	301.77	1056.3	352.10
0.500	779.2	259.73	996.7	332.23	1202.2	400.73

PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
Molde N°	Presión (lb/plg ²)	CBR(% 0.1 Plg	Densidad Seca (gr/cm ³)	Presión (lb/plg ²)	CBR(% 0.2 Plg	Densidad Seca (gr/cm ³)
1	71.77	7.18	1.245	136.77	9.12	1.245
2	120.17	12.02	1.350	196.77	13.12	1.350
3	136.77	13.68	1.500	217.40	14.49	1.500



Densidad seca Máxima (gr/cm ³)		1.575	
DSM		% CBR 0.1 plg	% CBR 0.2 plg
95%	1.496	14.6	15.3

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 148: Ensayo CBR (Pozo 8)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO.

Parroquia: Yanayacu

Vía: La Dolorosa- Yanayacu Centro

Muestra: Pozo 8

Profundidad: 50 cm

Normas: AASHTO T 193 2013

Coordenadas: E: 760346.471; N: 9840174.61

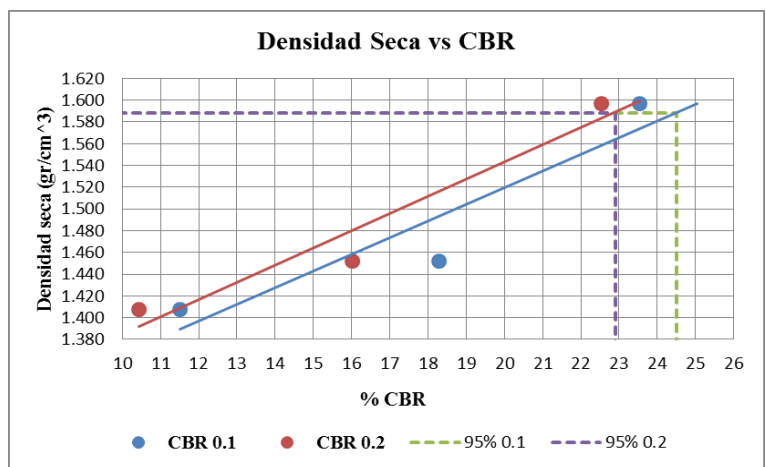
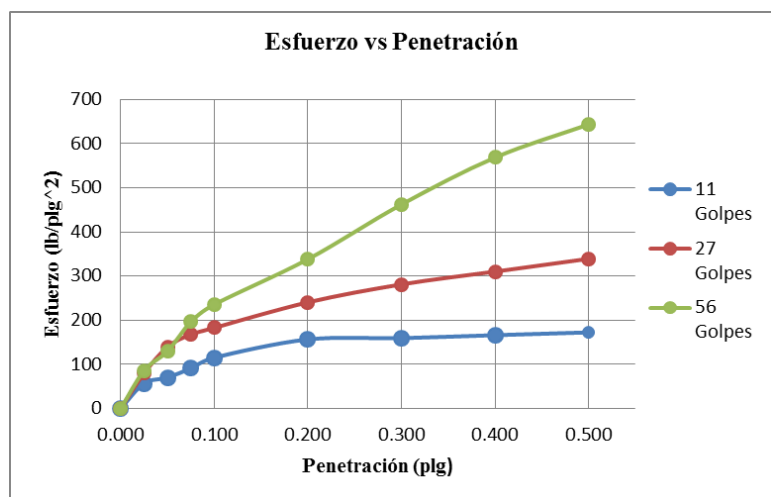
Fecha: 18/01/2021

Ensayado por: Jessica Tarco

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO												
Tipo:	Proctor Modificado			Peso del Martillo:		10lb		Molde1	Molde2	Molde3		
Nº de Capas	5			Altura de caída:		18"	h (cm)	12.6	12.7	13.1		
Peso muestra (gr)	6000			Cont. Humedad óptimo (%)		20.5	D (cm)	15.21	15.2	15.1		
ENSAYO CBR												
Nº Molde	1			2		3						
Nº de Golpes	11			27		56						
Cond. Muestra	Natural		Saturado		Natural		Saturado		Natural		Saturado	
P. Hum+ Molde (gr)	11210		12090		10780		11335		11414		11450	
P. Molde (gr)	7490			6840			6730					
P. Humedo (gr)	3720		4600	3940		4495		4684		4720		
Vol. Muestra (cm³)	2289.39			2304.52			2345.93					
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm³)	1.625		2.009		1.710		1.951		1.997		2.012	
CONTENIDO DE HUMEDAD												
Recipiente #	3s	4s	7m	22	43	12	5	55	1	9	122	32
Peso del Recipiente W_r (gr)	44.4	44.1	31.1	30.3	44.5	45.2	30.2	31	31.6	31.9	30.5	30.2
(gr)	250.5	267.8	112.2	112.7	254.3	335.4	103.7	112.5	131.6	179.8	120.5	118.7
Peso rec+suelo seco W_r+W_s (gr)	210.4	225.3	91.2	92.5	215.2	283.4	87.6	93.3	113.2	153.3	99.6	99.5
Peso de los sólidos W_s (gr)	166	181.2	60.1	62.2	170.7	238.2	57.4	62.3	81.6	121.4	69.1	69.3
Peso del agua W_w (gr)	40.1	42.5	21.0	20.2	39.1	52.0	16.1	19.2	18.4	26.5	20.9	19.2
Contenido de humedad w%	24.16	23.45	34.94	32.48	22.91	21.83	28.05	30.82	22.55	21.83	30.25	27.71
Promedio del w%	23.81		33.71		22.37		29.43		22.19		28.98	
Peso volumétrico seco γ_d (gr/cm³)	1.312		1.503		1.397		1.507		1.634		1.560	
Prom. Peso volumétrico seco γ_d (gr/cm³)	1.408			1.452			1.597					

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración en plg	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)
0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.025	170.2	56.73	238.4	79.47	257.4	85.80
0.050	210	70.00	418.4	139.47	389.4	129.80
0.075	273.2	91.07	503.2	167.73	589.3	196.43
0.100	345.2	115.07	548.3	182.77	706.3	235.43
0.200	469.2	156.40	721.3	240.43	1014.2	338.07
0.300	478	159.33	843.2	281.07	1386.3	462.10
0.400	498.2	166.07	930.5	310.17	1705.2	568.40
0.500	517.2	172.40	1017.2	339.07	1930.3	643.43

PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
Molde N°	Presión (lb/plg ²)	CBR(%) 0.1 Plg	Densidad Seca (gr/cm ³)	Presión (lb/plg ²)	CBR(%) 0.2 Plg	Densidad Seca (gr/cm ³)
1	115.07	11.51	1.408	156.40	10.43	1.408
2	182.77	18.28	1.452	240.43	16.03	1.452
3	235.43	23.54	1.597	338.07	22.54	1.597



Densidad seca Máxima (gr/cm ³)	1.672	
DSM	% CBR 0.1 plg	% CBR 0.2 plg
95%	1.588	24.5
		22.9

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 149: Ensayo CBR (Pozo 9)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Yanayacu

Vía: E35- Luis López

Muestra: Pozo 9

Profundidad: 70 cm

Normas: AASHTO T 193 2013

Coordenadas: E: 759648.365; N: 9840306.869

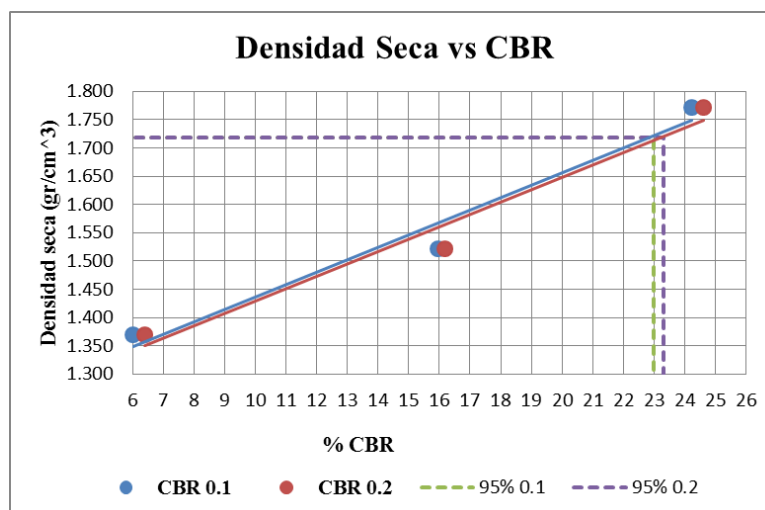
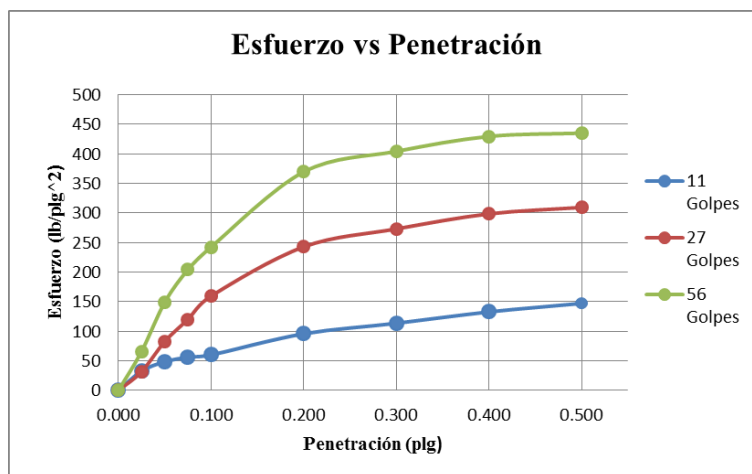
Fecha: 18/01/2021

Ensayado por: Jessica Tarco

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO												
Tipo:	Proctor Modificado			Peso del Martillo:				10lb		Molde1	Molde2	Molde3
Nº de Capas	5			Altura de caída:				18"	h(cm)	12.7	12.7	12.5
Peso muestra (gr)	6000			Cont. Humedad óptimo (%)				21.88	D (cm)	15.21	15.3	15.22
ENSAYO CBR												
Nº Molde	1			2				3				
Nº de Golpes	11			27				56				
Cond. Muestra	Natural		Saturado		Natural		Saturado		Natural		Saturado	
P. Hum+ Molde (gr)	10890		11261		11405		11665		11032		11861	
P. Molde (gr)	7010			7094				6430				
P. Humedo (gr)	3880		4251		4311		4571		4602		5431	
Vol. Muestra (cm ³)	2307.55			2334.94				2274.20				
Peso unitario húmedo γ _m (gr/cm ³)	1.681		1.842		1.846		1.958		2.024		2.388	
CONTENIDO DE HUMEDAD												
Recipiente #	23	11	23	45	6	8	5	14	21	17	64	25
Peso del Recipiente W _r (gr)	32.9	32.2	33.2	31.2	32.5	32.8	32.1	31.4	31.2	33.2	32.1	30.2
W _r +W _m (gr)	160.5	170.3	155.2	165.3	183.2	142.0	153.2	168.3	162.1	169.4	140.3	152.1
Peso rec+suelo seco W _r +W _s (gr)	136.9	144.3	122.6	132.6	156.3	123.3	132.4	131.6	138.5	147.2	115.6	126.9
Peso de los sólidos W _s (gr)	104	112.1	89.4	101.4	123.8	90.5	100.3	100.2	107.3	114	83.5	96.7
Peso del agua W _w (gr)	23.6	26.0	32.6	32.7	26.9	18.7	20.8	36.7	23.6	22.2	24.7	25.2
Contenido de humedad w%	22.69	23.19	36.47	32.25	21.73	20.66	20.74	36.63	21.99	19.47	29.58	26.06
Promedio del w%	22.94		34.36		21.20		28.68		20.73		27.82	
Peso volumétrico seco γ _d (gr/cm ³)	1.368		1.371		1.523		1.521		1.676		1.868	
Prom. Peso volumétrico seco γ _d (gr/cm ³)	1.369			1.522				1.772				

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración en plg	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)
0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.025	98.3	32.77	95.4	31.80	198.3	66.10
0.050	145.3	48.43	248.5	82.83	447.3	149.10
0.075	168.4	56.13	360.3	120.10	612.3	204.10
0.100	180.2	60.07	478.3	159.43	727.2	242.40
0.200	287.3	95.77	728.5	242.83	1108.3	369.43
0.300	340.5	113.50	819.2	273.07	1212.5	404.17
0.400	398.3	132.77	895.3	298.43	1288.2	429.40
0.500	441.4	147.13	928.2	309.40	1304.6	434.87

PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
Molde N°	Presión (lb/plg ²)	CBR(% 0.1 Plg)	Densidad Seca (gr/cm ³)	Presión (lb/plg ²)	CBR(% 0.2 Plg)	Densidad Seca (gr/cm ³)
1	60.07	6.01	1.369	95.77	6.38	1.369
2	159.43	15.94	1.522	242.83	16.19	1.522
3	242.40	24.24	1.772	369.43	24.63	1.772



Densidad seca Máxima (gr/cm ³)		1.809	
DSM		% CBR 0.1 plg	% CBR 0.2 plg
95%	1.719	23	23.3

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 150: Ensayo CBR (Pozo 10)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Yanayacu

Vía: E35- Luis López

Muestra: Pozo 10

Profundidad: 55 cm

Normas: AASHTO T 193 2013

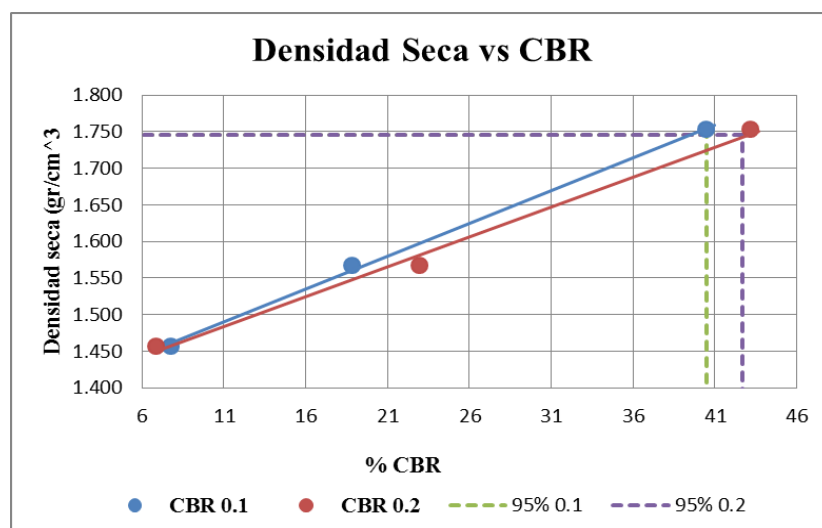
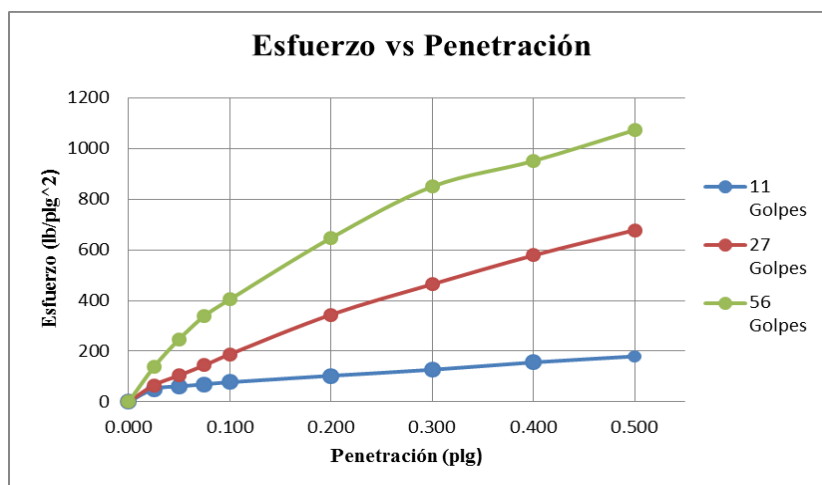
Coordenadas: E: 759452.549; N: 9840245.127

Fecha: 01/02/2021

Ensayado por: Jessica Tarco

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO												
Tipo:	Proctor Modificado			Peso del Martillo:				10lb		Molde1	Molde2	Molde3
Nº de Capas	5			Altura de caída:				18"	h(cm)	12.6	12.8	12.6
Peso muestra (gr)	6000			Cont. Humedad óptimo (%)				18.8	D (cm)	15.1	15.2	15
ENSAYO CBR												
Nº Molde	1			2				3				
Nº de Golpes	11			27				56				
Cond. Muestra	Natural		Saturado		Natural		Saturado		Natural		Saturado	
P. Hum+ Molde (gr)	13189		13394		13522		13718		13037		13197	
P. Molde (gr)	9219			9223				8447				
P. Humedo (gr)	3970		4175		4299		4495		4590		4750	
Vol. Muestra (cm ³)	2256.39			2322.67				2226.60				
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1.759		1.850		1.851		1.935		2.061		2.133	
CONTENIDO DE HUMEDAD												
Recipiente #	89	100	7	8	4	82	1	3	103	6	2	78
Peso del Recipiente W_r (gr)	31.3	30.3	32.1	33.1	31.9	30.6	31.2	33.2	30.1	34.4	31.2	30.2
W_r+W_m (gr)	114.9	133.1	145.2	132.1	123.6	128.3	164.5	130.2	124.3	179.4	157.3	145.2
Peso rec+suelo seco W_r+W_s (gr)	102.0	115.3	121.2	109.6	109.7	113.2	138.4	112.3	109.5	158.8	133.2	126.2
Peso de los sólidos W_s (gr)	70.7	85	89.1	76.5	77.8	82.6	107.2	79.1	79.4	124.4	102	96
Peso del agua W_w (gr)	12.9	17.8	24.0	22.5	13.9	15.1	26.1	17.9	14.8	20.6	24.1	19.0
Contenido de humedad w%	18.25	20.94	26.94	29.41	17.87	18.28	24.35	22.63	18.64	16.56	23.63	19.79
Promedio del w%	19.59		28.17		18.07		23.49		17.60		21.71	
Peso volumétrico seco γ_d (gr/cm ³)	1.471		1.444		1.568		1.567		1.753		1.753	
Prom. Peso volumétrico seco γ_d (gr/cm ³)	1.457			1.567				1.753				

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración en plg	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)
0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.025	153.8	51.27	198.3	66.10	413.3	137.77
0.050	183.6	61.20	313.5	104.50	743.6	247.87
0.075	208.7	69.57	433.2	144.40	1019.3	339.77
0.100	233.2	77.73	563.9	187.97	1213.3	404.43
0.200	309.2	103.07	1033.3	344.43	1941.8	647.27
0.300	381.2	127.07	1393.2	464.40	2549.6	849.87
0.400	468.2	156.07	1735.2	578.40	2853.3	951.10
0.500	539.3	179.77	2033.9	677.97	3219.3	1073.10
PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
Molde N°	Presión (lb/plg ²)	CBR(%) 0.1 Plg	Densidad Seca (gr/cm ³)	Presión (lb/plg ²)	CBR(%) 0.2 Plg	Densidad Seca (gr/cm ³)
1	77.73	7.77	1.457	103.07	6.87	1.457
2	187.97	18.80	1.567	344.43	22.96	1.567
3	404.43	40.44	1.753	647.27	43.15	1.753



Densidad seca Máxima (gr/cm ³)	1.838		
DSM		% CBR 0.1 plg	% CBR 0.2 plg
95%	1.746	40.5	42.7

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 151: Ensayo CBR (Pozo 11)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Yanayacu

Vía: 12 De Octubre- Quebrada Yanayacu

Muestra: Pozo 11

Profundidad: 70 cm

Normas: AASHTO T 193 2013

Coordenadas: E: 756569.285; N: 9838141.158

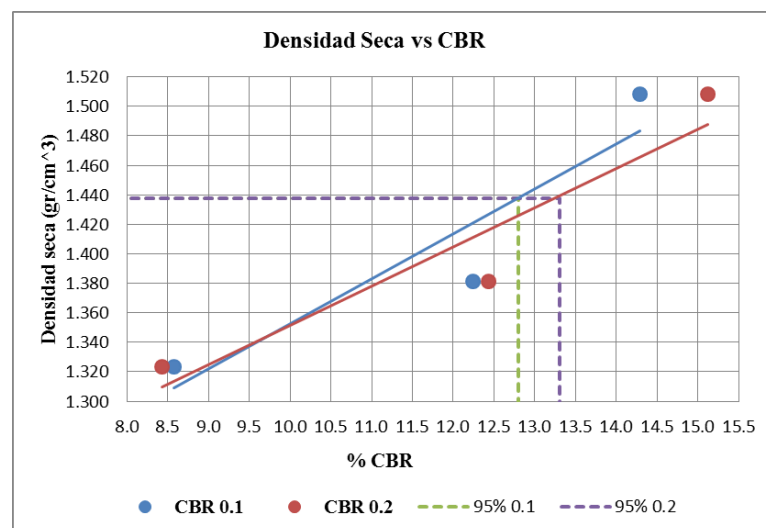
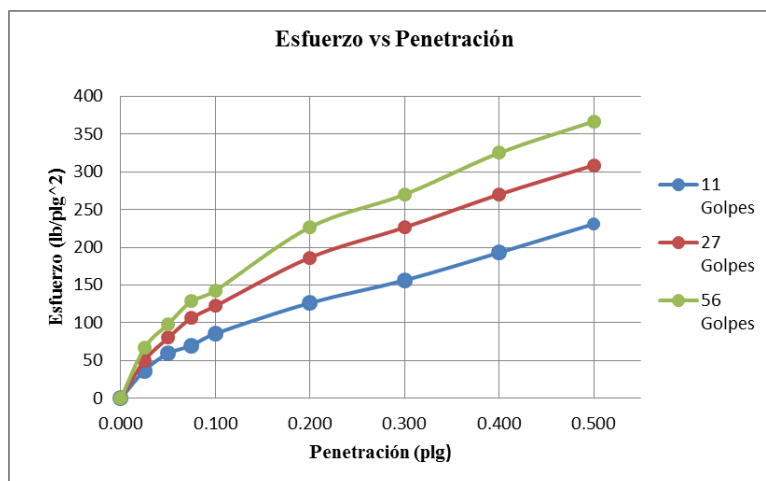
Fecha: 01/2/2021

Ensayado por: Jessica Tarco

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO												
Tipo:	Proctor Modificado			Peso del Martillo:			10lb		Molde1	Molde2	Molde3	
Nº de Capas	5			Altura de caída:			18"	h(cm)	12.7	12.6	11.5	
Peso muestra (gr)	6000			Cont. Humedad óptimo (%)			25.5	D (cm)	15.21	15.27	15.29	
ENSAYO CBR												
Nº Molde	1			2			3					
Nº de Golpes	11			27			56					
Cond. Muestra	Natural		Saturado		Natural		Saturado		Natural		Saturado	
P. Hum+ Molde (gr)	11036		11291		11157		11327		10685		10820	
P. Molde (gr)	7010			7097			6630					
P. Humedo (gr)	4026		4281		4060		4230		4055		4190	
Vol. Muestra (cm ³)	2307.55			2307.48			2111.56					
Peso unitario húmedo γ _m (gr/cm ³)	1.745		1.855		1.759		1.833		1.920		1.984	
CONTENIDO DE HUMEDAD												
Recipiente #	22	34	76	95	31	46	79	23	11	23	53	27
Peso del Recipiente W _r (gr)	32.9	32.1	33.2	31.4	32	33.1	32.5	33.2	32.1	30.5	32.1	30.2
W _r +W _m (gr)	137.7	140.8	164.2	168.6	112.5	129.5	159.3	163.8	139.8	120.3	141.7	170.2
Peso rec+suelo seco W _r +W _s (gr)	112.5	113.9	126.4	130.2	94.8	108.6	127.3	133.3	116.1	101.3	114.7	137.9
Peso de los sólidos W _s (gr)	79.6	81.8	93.2	98.8	62.8	75.5	94.8	100.1	84	70.8	82.6	107.7
Peso del agua W _w (gr)	25.2	26.9	37.8	38.4	17.7	20.9	32.0	30.5	23.7	19.0	27.0	32.3
Contenido de humedad w%	31.66	32.89	40.56	38.87	28.18	27.68	33.76	30.47	28.21	26.84	32.69	29.99
Promedio del w%	32.27		39.71		27.93		32.11		27.53		31.34	
Peso volumétrico seco γ _d (gr/cm ³)	1.319		1.328		1.375		1.388		1.506		1.511	
Prom. Peso volumétrico seco γ _d (gr/cm ³)	1.323			1.381			1.508					

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración en	Dial	Presión	Dial	Presión	Dial	Presión
0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.025	110.5	36.83	150.3	50.10	200.2	66.73
0.050	178.3	59.43	240.6	80.20	295.2	98.40
0.075	210.4	70.13	320.5	106.83	387.5	129.17
0.100	257.3	85.77	367.2	122.40	428.5	142.83
0.200	379.3	126.43	559.4	186.47	680.4	226.80
0.300	469.2	156.40	679.3	226.43	810.3	270.10
0.400	579.2	193.07	810.3	270.10	975.2	325.07
0.500	693.2	231.07	926.4	308.80	1100.4	366.80

PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
Molde N°	Presión (lb/plg ²)	CBR(%) 0.1 Plg	Densidad Seca (gr/cm ³)	Presión (lb/plg ²)	CBR(%) 0.2 Plg	Densidad Seca (gr/cm ³)
1	85.77	8.58	1.323	126.43	8.43	1.323
2	122.40	12.24	1.381	186.47	12.43	1.381
3	142.83	14.28	1.508	226.80	15.12	1.508



Densidad seca Máxima (gr/cm ³)	1.513	
DSM	% CBR 0.1 plg	% CBR 0.2 plg
95%	1.437	12.8
		13.3

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 152: Ensayo CBR (Pozo 12)



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



PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS RUMIPAMBA Y YANAYACU DEL CANTÓN QUERO

Parroquia: Yanayacu

Vía: 12 De Octubre- Quebrada Yanayacu

Muestra: Pozo 12

Profundidad: 65 cm

Normas: AASHTO T 191 2014

Coordenadas: E: 756297.323; N: 9837776.895

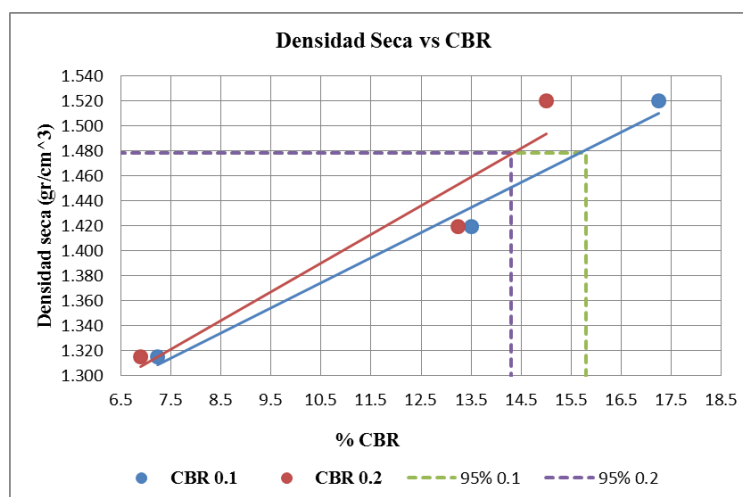
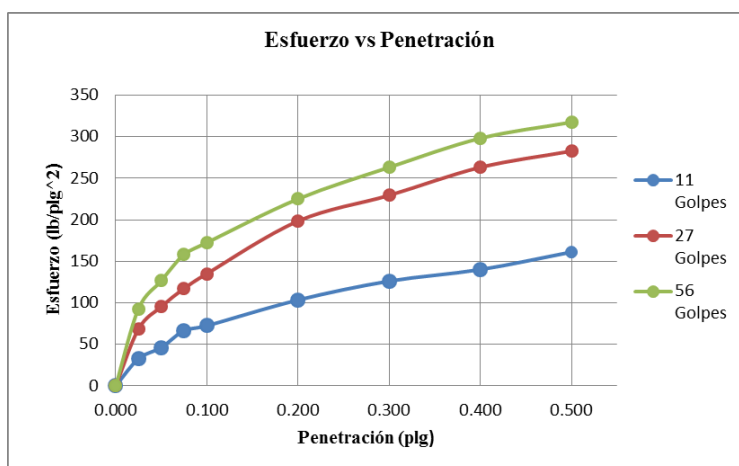
Fecha: 12/02/2021

Ensayado por: Jessica Tarco

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO													
Tipo:	Proctor Modificado				Peso del Martillo:				10lb		Molde1	Molde2	Molde3
Nº de Capas	5				Altura de caída:				18"	h(cm)	12.7	12.6	12.6
Peso muestra (gr)	6000				Cont. Humedad óptimo (%)				22	D (cm)	15.21	15.27	15.3
ENSAYO CBR													
Nº Molde	1				2				3				
Nº de Golpes	11				27				56				
Cond. Muestra	Natural		Saturado		Natural		Saturado		Natural		Saturado		
P. Hum+ Molde (gr)	10850		11190		11120		11320		10803		10913		
P. Molde (gr)	7060				7100				6434				
P. Humedo (gr)	3790		4130		4020		4220		4369		4479		
Vol. Muestra (cm ³)	2307.55				2307.48				2316.56				
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1.642		1.790		1.742		1.829		1.886		1.933		
CONTENIDO DE HUMEDAD													
Recipiente #	76	9	46	12	75	7	23	54	1	3	5	32	
Peso del Recipiente W_r (gr)	32.9	31.5	32.3	30.3	33.1	32.8	33.1	32.1	31.1	31.7	31.2	33.2	
Peso rec+suelo húmedo W_r+W_m (gr)	140.9	134.5	115.7	130.4	138.9	144.9	95.8	103.5	165.3	125.4	109.5	115.3	
Peso rec+suelo seco W_r+W_s (gr)	120.4	114.5	93.6	102.4	121.5	125.8	80.6	86.4	141.2	110.3	91.5	95.3	
Peso de los sólidos W_s (gr)	87.5	83	61.3	72.1	88.4	93	47.5	54.3	110.1	78.6	60.3	62.1	
Peso del agua W_w (gr)	20.5	20.0	22.1	28.0	17.4	19.1	15.2	17.1	24.1	15.1	18.0	20.0	
Contenido de humedad w%	23.43	24.10	36.05	38.83	19.68	20.54	32.00	31.49	21.89	19.21	29.85	32.21	
Promedio del w%	23.76		37.44		20.11		31.75		20.55		31.03		
Peso volumétrico seco γ_d (gr/cm ³)	1.327		1.302		1.450		1.388		1.564		1.476		
Prom. Peso volumétrico seco γ_d (gr/cm ³)	1.315				1.419				1.520				

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración en plg	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)
0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.025	98.3	32.77	205.3	68.43	278.4	92.80
0.050	138.3	46.10	286.3	95.43	379.5	126.50
0.075	200.3	66.77	352.1	117.37	475.2	158.40
0.100	217.3	72.43	405.2	135.07	517.3	172.43
0.200	310.3	103.43	595.3	198.43	675.2	225.07
0.300	378.4	126.13	688.3	229.43	789.3	263.10
0.400	420.2	140.07	789.3	263.10	894.2	298.07
0.500	483.4	161.13	848.1	282.70	952.4	317.47

PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
Molde N°	Presión (lb/plg ²)	CBR(%) 0.1 Plg	Densidad Seca (gr/cm ³)	Presión (lb/plg ²)	CBR(%) 0.2 Plg	Densidad Seca (gr/cm ³)
1	72.43	7.24	1.315	103.43	6.90	1.315
2	135.07	13.51	1.419	198.43	13.23	1.419
3	172.43	17.24	1.520	225.07	15.00	1.520



Densidad seca Máxima (gr/cm ³)	1.556		
DSM		% CBR 0.1 plg	% CBR 0.2 plg
95%	1.478	15.8	14.3

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Tabla 153: Conteo general del tráfico de la vía

Hora	Hora	LIVIANOS			BUSES			CAMIONES			TOTAL
		Automoviles	Camionetas	Motos	Livianos	Medianos	Pesados	2 ejes	3 ejes	> 3 ejes	
6:00 - 7:00	6:00 - 6:15	2	2	0	0	0	0	0	0	0	4
	6:15 - 6:30	2	5	0	0	0	0	1	0	0	8
	6:30- 6:45	1	2	1	0	0	0	2	0	0	6
	6:45 - 7:00	2	5	1	0	0	0	1	0	0	9
7:00 - 8:00	7:00 - 7:15	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2
	7:15 - 7:30	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	7:30- 7:45	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2
	7:45 - 8:00	2	2	1	0	0	0	1	0	0	6
8:00 - 9:00	8:00 - 8:15	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	8:15 - 8:30	1	2	1	0	0	0	1	0	0	5
	8:30- 8:45	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2
	8:45 - 9:00	0	1	2		0	0	1	0	0	4
9:00 - 10:00	9:00 - 9:15	1	1	0	0	0	0	1	0	0	3
	9:15 - 9:30	4	1	0	0	0	0	0	0	0	5
	9:30- 9:45	1	1	1	0	0	0	2	0	0	5
	9:45 - 10:00	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2
10:00 - 11:00	10:00 - 10:15	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3
	10:15 - 10:30	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
	10:30- 10:45	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2
	10:45 - 11:00	2	1	1	0	0	0	2	0	0	6
11:00 - 12:00	11:00 - 11:15	2	0	1	0	0	0	1	0	0	4
	11:15 - 11:30	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2
	11:30- 11:45	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
	11:45 - 12:00	5	1	1	0	0	0	0	0	0	7
12:00 - 13:00	12:00 - 12:15	3	1	1	0	0	0	0	0	0	5
	12:15 - 12:30	0	2	0	0	0	0	1	0	0	3
	12:30- 12:45	2	1	0	0	0	0	1	0	0	4
	12:45 - 13:00	1	1	1	0	0	0	2	0	0	5
13:00 - 14:00	13:00 - 13:15	1	2	1	0	0	0	1	0	0	5
	13:15 - 13:30	0	2	0	0	0	0	1	0	0	3
	13:30- 13:45	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2
	13:45 - 14:00	2	0	0	0	0	0	1	0	0	3
14:00 - 15:00	14:00 - 14:15	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2
	14:15 - 14:30	2	5	0	0	0	0	0	0	0	7
	14:30- 14:45	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
	14:45 - 15:00	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3
15:00 - 16:00	15:00 - 15:15	0	1	0	0	0	0	1	0	0	2
	15:15 - 15:30	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3
	15:30- 15:45	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	15:45 - 16:00	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
16:00 - 17:00	16:00 - 16:15	1	1	1	0	0	0	0	0	0	3
	16:15 - 16:30	1	2	2	0	0	0	1	0	0	6
	16:30- 16:45	1	3	2	0	0	0	1	0	0	7
	16:45 - 17:00	0	4	1	0	0	0	1	0	0	6
17:00 - 18:00	17:00 - 17:15	1	2	1	0	0	0	1	0	0	5
	17:15 - 17:30	1	1	1	0	0	0	0	0	0	3
	17:30- 17:45	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2
	17:45 - 18:00	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2
TOTAL		52	66	31	0	0	0	31	0	0	180
%		28.89	36.67	17.22	0.00	0.00	0.00	17.22	0	0	100

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña

Archivo Fotográfico



Figura 75: Escavando el pozo a cielo abierto

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña



Figura 76: Observando como desciende la arena de Ottawa

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña



Figura 77: Recolectando de la muestra de suelo

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña



Figura 78: Excavando con ayuda de cincel

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña



Figura 79: Tamices colocados en la tamizadora

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña



Figura 80: Pesando el suelo retenido en el tamiz

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña



Figura 81: Mesclando la muestra de suelo con agua

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña



Figura 82: Colocando la muestra en la copa de Casa Grande

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña



Figura 83: Tomando la lectura del termómetro

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña



Figura 84: Elaborando los rollitos de 3mm de diámetro

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña



Figura 85: Colocando la muestra en el molde de 6"

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña



Figura 86: Golpeando la muestra con 56 golpes

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña



Figura 87: Sacando el collarín

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña



Figura 88: Elevando la pesa

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña



Figura 89: Realizando el conteo de tráfico

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña



Figura 90: Colocando el contenido de humedad óptimo

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña



Figura 91: Enrazando el molde

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña



Figura 92: Realizando los golpes

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña



Figura 93: Colocando el cilindro en la cámara de curado

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña



Figura 94: Pesando el contenido de humedad

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña



Figura 95: Colocando las muestras en el horno

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña



Figura 96: Colocando las pesas

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña



Figura 97: Ensayando el cilindro en la máquina

Autor: Jessica Marisol Tarco Aimacaña