



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**“DETERMINAR LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON CAL O CEMENTO DE
LA CALLE EN LA COLONIA DEL PERIODISTA EN EL MUNICIPIO DE LA
PAZ DEPARTAMENTO DE CARAZO”.**

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. Dannis Lisbeth Hernández Castro
Br. María Inés del Socorro López Medrano

Tutor

Ing. Luis Gustavo Espinoza González

Managua, Febrero 2022

Dedicatoria

Esta investigación monográfica se la dedico enteramente a Dios, por permitirme cada día las fuerzas necesarias para seguir mis metas y sueños planteados, a mis padres Ruby Castro y Edwin Hernández, por apoyarme y creer que podía llegar lejos cuando las circunstancias eran adversas, a mis dos hermanos David y Abraham, por comprenderme y ayudarme moralmente cuando más lo necesitaba.

Le dedico esta pequeña investigación a todos mis amigos de la universidad y especialmente a María Inés López, German Soto y Acxel Bustamante, al tutor Ing. Luis Gustavo que nos brindó la información necesaria para proseguir con el tema, Al Ing Johnny Robles por su paciencia y asesoría que me brindó en cada paso de laboratorio, siendo un gran aportador para este tema.

Este pequeño documento se lo dedico a todos esos seres queridos, amigos, tutores y asesores, que en el camino a seguir fueron una mano amiga a quien acudir, a todos mis compañeros y amigos del trabajo que cada día me dan ánimos a seguir por mis sueños.

Dannis Lisbeth Hernández Castro

Dedicatoria

Este trabajo se lo dedico primeramente a Dios padre por darme sabiduría y la fuerza para culminar uno de los tantos anhelos de mi corazón.

A mis padres Max Francisco López e Inescar Medrano que con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar al final de este viaje.

A mis hermanos mayores por ser una inspiración en mi vida y por siempre estar cuando los necesito los amo de todo corazón al igual del hermoso regalo que me han dado que son mis sobrinos dedicado a ellos también.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a aquellos amigos que me apoyaron, creyeron y el esfuerzo que tuvimos en conjunto, siempre estará recordados en mi corazón.

María Inés del Socorro López Medrano

Agradecimiento

Agradecidas primeramente con Dios, por todos los días de vida que nos brindó y el poder lograr y disfrutar una etapa importante de nuestras vidas. Gracias a nuestros padres por estar siempre pendiente de las necesidades que se nos presentaron en el camino, por despojarse de tiempo y dinero, por todos los consejos y cuidado que nos han dado hasta la fecha.

Agradeciendo también al Ing. Johnny Robles, encargado del laboratorio de Materiales y suelo de la Universidad Nacional de Ingeniería que fue muy fundamental en el proceso de asesoría del estudio físico de las muestras de suelo, dando cavidad a una gran estimación de nuestra persona.

Al nuestro tutor Ing. Luis Gustavo Espinoza, por su dedicación en el proceso de elaboración del documento, por el acompañamiento al lugar de estudio y por todas las correcciones necesarias que se realizaron.

Sin más que agregar, les agradecemos también a todas esas personas que nos ayudaron directa e indirectamente en el trascurso de este trabajo y universidad, a todos esos maestros por su dedicación a la enseñanza.

Dannis Lisbeth Hernández Castro
María Inés del Socorro López Medrano

RESUMEN

El presente trabajo monográfico se compone de 4 capítulos. Capítulo I, contiene introducción, antecedentes, justificación y objetivos de la investigación.

En el capítulo II, define conceptos de suelos, origen y formación del suelo, tipos de suelos, ensayos de suelos y de estabilización.

En el capítulo III, contiene el análisis del método técnico de campo y laboratorio para resultado de la estabilización del suelo, donde se realizó sondeos para la extracción de muestras y determinación los diferentes tipos de extractos de suelos que se encontró y poder determinar sus características en el laboratorio.

En estudio en el laboratorio se realizó en dos partes, en la primera parte se necesitó de los ensayos de Granulometría y Límite de Atterberg para conocer el porcentaje de limos y arcillas y limite liquido e índice de plasticidad obteniendo clasificación del suelo de A-5 Y A-7-5 siendo este suelo de baja capacidad de carga por lo que es necesario que se estabilice. La segunda, es para obtener el porcentaje óptimo de estabilizante, se propuso porcentajes equitativos de estabilizantes de cemento y cal (8%, 13% y 18%), basándonos en referencias de diferentes documentos monográficos y para esto se realizó el ensayo de resistencia a la compresión no confinada, CBR y límites de atterberg.

En el capítulo IV, se encuentra las conclusiones y recomendación y de los datos obtenidos de estos ensayos perfilan al cemento una mejor opción de estabilizante para este sitio debido a que este si cumple con las resistencias requeridas.

CAPITULO I: Aspectos Generales	1
1.1 Introducción	1
1.2 Antecedentes.....	3
1.3 Justificación.	4
1.4 Objetivos.....	5
1.4.1 Objetivo General	5
1.4.2 Objetivos Específicos	5
CAPITULO II: Marco Teórico.....	6
2.1 Suelos.....	6
2.1.1 Origen y formación del suelo	6
2.1.1.1 La desintegración mecánica	7
2.1.1.2 La descomposición química	7
2.1.1.3 Factores biológicos.....	8
2.1.1.4 Transporte de suelo.....	8
2.1.1.5 Suelos transportados por agua.....	8
2.1.1.6 Suelos transportados por el viento	8
2.1.2 Tipos de suelos.....	9
2.1.2.1 Suelos gravosos (grava).....	9
2.1.2.2 Suelos arenosos (arena)	9
2.1.2.3 Suelos limosos (limo)	10
2.1.2.4 Suelos arcillosos (arcilla).....	10
2.1.3 Ensayos de suelos.....	10
2.1.3.1 Análisis granulométrico.	10
2.1.3.1.1 Granulometría por tamizado.....	11
2.1.3.1.2 Análisis granulométrico por medio hidrométrico	11

2.1.3.2 Límite de Atterberg	12
2.1.3.2.1 Determinación del índice de plasticidad	14
2.1.3.3 Próctor Estándar	15
2.1.3.4 Valor Relativo de soporte Normal del Suelo (C.B.R).....	17
2.1.3.3.1 El CBR para humedad óptima.....	17
2.1.3.5 Resistencia a la compresión no confinada.....	18
2.2 Estabilización de suelo	18
2.2.1 Generalidades	18
2.2.2 Características de la estabilización.....	19
2.2.3 Tipos de estabilización	20
2.2.3.1 Estabilización química.....	20
2.2.3.1.1 Estabilización con cemento Hidráulico tipo GU.....	20
2.2.3.1.1.1 Propiedades de los suelos tratados con cemento son:	21
2.2.3.1.1.2 Otras Propiedades. Existen otras propiedades, tales como	22
2.2.3.1.2 Estabilización con cal	22
2.2.3.1.2.2 Ventajas del tratamiento con cal	23
2.2.3.1.2.2.1 Valores de Limite Líquido, Plástico e Índice de Plasticidad.....	23
2.2.3.1.2.2.2 Densidad seca.....	24
2.2.3.1.2.2.3 Resistencia del suelo.....	24
CAPITULO III: Procedimiento técnico de trabajo de campo y de laboratorio.	25
3.1 Localización del sitio	25
3.1.1 Detalles del suelo en estudio.....	25
3.2 Trabajo de campo	25
3.3 Trabajo de laboratorio.....	26

3.3.1 Resultado de laboratorio	27
3.3.1.1 Ensayo de granulometría	27
3.3.1.2 Ensayo de Límite de Atterberg al suelo natural	44
3.3.1.3 Ensayo del Límite de Atterberg al suelo natural A-7-5	61
3.3.1.4 Ensayo de Próctor estándar al suelo natural A-7-5	61
3.3.1.5 Ensayo de Valor relativo de soporte al suelo natural A-7-5(CBR)	64
3.3.1.6 Ensayo de Resistencia a la compresión no confinada al suelo natural A-7-5.....	66
3.3.1.7 Determinación del porcentaje óptimo de estabilizantes utilizados en este estudio.	67
3.3.2.1 Procedimiento para calcular el peso de los materiales para el ensayo de resistencia a la compresión no confinada.	67
3.3.1.2 Resultados de los ensayos para el 8% de Cemento.	69
3.3.1.2.1 Ensayo de Límite de Atterberg	69
3.3.1.2.2 Ensayo de resistencia a la compresión no confinada	71
3.3.1.2.3 Ensayo de Valor Relativo Soporte (CBR)	72
3.3.1.3 Resultados de los ensayos para el 13% de Cemento	73
3.3.1.3.1 Ensayo de Límite de Atterberg	73
3.3.1.3.2 Ensayo de Resistencia a la compresión no confinada	74
3.3.1.3.3 Ensayo de Valor Relativo de Soporte (CBR)	75
3.3.1.4 Resultados de los ensayos para el 18% de cemento	76
3.3.1.4.1 Ensayo de Límite de Atterberg	76
3.3.1.4.2 Ensayo de Resistencia a la compresión no confinada	77
3.3.1.4.3 Ensayo de Valor Relativo de Soporte (CBR)	78
3.3.1.5 Resultados de los ensayos para el 8% de Cal	79
3.3.1.5.1 Ensayo de Límite de Atterberg	79

3.3.1.5.2 Ensaye de Resistencia a la compresión no confinada	80
3.3.1.5.3 Ensaye de Valor Relativo de Soporte (CBR)	81
3.3.1.6 Resultados de los ensayos para el 13% de cal	82
3.3.1.6.1 Ensaye de Límite de Atterberg	82
3.3.1.6.2 Ensaye de Resistencia a la compresión no confinada	83
3.3.1.6.3 Ensaye de Valor Relativo de Soporte (CBR)	84
3.3.1.7 Resultados de los ensayos para 18% de cal.....	85
3.3.1.7.1 Ensaye de Límite de Atterberg	85
3.3.1.7.2 Ensaye de Resistencia a la compresión no confinada	86
3.3.1.7.3 Ensaye de Valor Relativo de Soporte (CBR)	87
3.3.1.8 Selección del agente estabilizante	89
3.3.1.8.1 Suelo-Cemento	89
3.3.1.8.2 Suelo-Cal	90
CAPITULO IV:.....	91
4.1 Conclusiones	91
4.2 Recomendaciones	93
Bibliografía	94
Anexos	I
Anexo A	I
Anexo B	LIV
Tabla 1: Ensayos de las muestras de suelo	26
Tabla 2 Granulometría Sondeo 1 Muestra 1	28
Tabla 3 Granulometría Sondeo 1 Muestra 2.....	29
Tabla 4: Granulometría Sondeo 2 Muestra 1	30
Tabla 5: Granulometría Sondeo 2 Muestra.....	31

Tabla 6 Granulometría Sondeo 2 Muestra 3.....	32
Tabla 7 Granulometría Sondeo 3 Muestra 1.....	33
Tabla 8 Granulometría Sondeo 3 Muestra 2.....	34
Tabla 9 Granulometría Sondeo 4 Muestra 1.....	35
Tabla 10: Granulometría Sondeo 4 Muestra 2.....	36
Tabla 11: Granulometría Sondeo 5 Muestra 1.....	37
Tabla 12: Granulometría Sondeo 5 Muestra 2.....	38
Tabla 13 Granulometría Sondeo 6 Muestra 1.....	39
Tabla 14 Granulometría 6 Muestra 2.....	40
Tabla 15 Granulometría Sondeo 7 Muestra 1.....	41
Tabla 16 Granulometría 7 Muestra 2.....	42
Tabla 17 Limite de Atterberg Sondeo 1 Muestra 1.....	45
Tabla 18 Limite de Atterberg Sondeo 1 Muestra 2.....	46
Tabla 19: Limite de Atterberg Sondeo 2 Muestra 1.....	47
Tabla 20: Limite de Atterberg Sondeo 2 Muestra 2.....	48
Tabla 21 Limite de Atterberg Sondeo 2 Muestra 3.....	49
Tabla 22 Limite de Atterberg Sondeo 3 Muestra 1.....	50
Tabla 23 Limite de Atterberg Sondeo 3 Muestra 2.....	51
Tabla 24 Limite de Atterberg Sondeo 4 Muestra 1.....	52
Tabla 25 Limite de Atterberg Sondeo 4 Muestra 2.....	53
Tabla 26 Limite de Atterberg Sondeo 5 Muestra 1.....	54
Tabla 27 Limite de Atterberg Sondeo 6 Muestra 1.....	55
Tabla 28 Limite de Atterberg Sondeo 6 Muestra 2.....	56
Tabla 29 Limite de Atterberg Sondeo 7 Muestra 1.....	57
Tabla 30 Limite de Atterberg Sondeo 7 Muestra 2.....	58
Tabla 31: Tabla resumen de los sondeos.....	59
Tabla 32: Ensaye de límite de Atterberg al suelo natural A-7-5.....	61
Tabla 33: Recolección de datos del ensaye de Próctor estándar en el laboratorio.....	62
Tabla 34: Resultados obtenidos del ensaye de Próctor estándar.....	63
Tabla 35 Valor relativo de soporte (CBR) del suelo natural A-7-5.....	65

Tabla 36: Esfuerzos del suelo natural A-7-5	66
Tabla 37: Peso para los especímenes con estabilizante	68
Tabla 38: Límite de Atterberg del suelo A-7-5 con 8% de cemento	69
Tabla 39: Esfuerzos del suelo A-7-5 con 8% de cemento	71
Tabla 40: Valor Relativo Soporte (CBR) del suelo A-7-5 con 8% de cemento ...	72
Tabla 41: Límite de Atterberg del suelo A-7-5 con el 13% de cemento	73
Tabla 42: Esfuerzos del suelo A-7-5 con 13% de cemento	74
Tabla 43: Valor Relativo Soporte (CBR) del suelo A-7-5 con 13% de cemento .	75
Tabla 44: Límite de Atterberg del suelo A-7-5 con 18% de cemento	76
Tabla 45: Esfuerzos del suelo A-7-5 con 18% de cemento	77
Tabla 46: Valor Relativo de Soporte (CBR) del suelo A-7-5 con 18% de cemento	78
Tabla 47: Límite de Atterberg del suelo A-7-5 con 8% de Cal	79
Tabla 48: Esfuerzos del suelo A-7-5 con 8% de Cal.....	80
Tabla 49: Valor Relativo de Soporte (CBR) del suelo A-7-5 con 8% de Cal	81
Tabla 50: Límite de Atterberg del suelo A-7-5 con 13% de Cal	82
Tabla 51: Esfuerzos del suelo A-7-5 13% de Cal:	83
Tabla 52: Valor Relativo de Soporte (CBR) del suelo A-7-5 con 13% de Cal	84
Tabla 53: Límite de Atterberg del suelo A-7-5 con 18% de Cal	85
Tabla 54: Esfuerzos del suelo A-7-5 con 18% de Cal.....	86
Tabla 55: Valor Relativo de Soporte (CBR) 18% Cal.....	87
Tabla 56: Mezcla- Esfuerzos Suelo-Cemento.....	89
Tabla 57: Mezcla-Esfuerzo Suelo-Cal	90
Tabla 58: Tarjeta de identificación del Sondeo 1 Muestra 1	I
Tabla 59: Tarjeta de identificación del Sondeo 1 Muestra 2	I
Tabla 60: Tarjeta de identificación del Sonde 2 Muestra 1	II
Tabla 61. Tarjeta de identificación del Sondeo 2 Muestra 2	II
Tabla 62: Tarjeta de identificación del Sondeo 2 Muestra 3	II
Tabla 63: Tarjeta de identificación del Sondeo 3 Muestra 1	III
Tabla 64: Tarjeta de identificación del Sondeo 3 Muestra 2	III
Tabla 65: Tarjeta de identificación del Sondeo 4 Muestra 1	III

Tabla 66: Tarjeta de identificación del Sondeo 4 Muestra 2	IV
Tabla 67: Tarjeta de identificación del Sondeo 5 Muestra 1	IV
Tabla 68: Tarjeta de identificación del Sondeo 5 Muestra 2	IV
Tabla 69: Tarjeta de identificación del Sondeo 6 Muestra 1	V
Tabla 70: Tarjeta de identificación del Sondeo 6 Muestra 2	V
Tabla 71: Tarjeta de identificación del Sondeo 7 Muestra 1	V
Tabla 72: Tarjeta de identificación del Sondeo 7 Muestra 2	VI
Tabla 73: Granulométrica del Sondeo 1 Muestra 1	VII
Tabla 74: Granulométrica del Sondeo 1 Muestra 2	VII
Tabla 75: Granulométrica del Sondeo 2 Muestra 1	VII
Tabla 76: Granulométrica del Sondeo 2 Muestra 2	VIII
Tabla 77: Granulométrica del Sondeo 2 Muestra 3	VIII
Tabla 78: Granulométrica del Sondeo 3 Muestra 1	VIII
Tabla 79: Granulométrica del Sondeo 3 Muestra 2	IX
Tabla 80: Granulométrica del Sondeo 4 Muestra 1	IX
Tabla 81: Granulométrica del Sondeo 4 Muestra 2	IX
Tabla 82: Granulométrica del Sondeo 5 Muestra 1	X
Tabla 83: Granulométrica del Sondeo 5 Muestra 2	X
Tabla 84: Granulométrica del Sondeo 6 Muestra 1	X
Tabla 85: Granulométrica del Sondeo 6 Muestra 2	XI
Tabla 86: Granulométrica del Sondeo 7 Muestra 1	XI
Tabla 87: Granulométrica del Sondeo 7 Muestra 2	XI
Tabla 88: Ensaye de Límite de Atterberg Sondeo 1 Muestra 1	XII
Tabla 89: Ensaye de Límite de Atterberg Sondeo 1 Muestra 2	XIII
Tabla 90: Ensaye de Límite de Atterberg Sondeo 2 Muestra 1	XIV
Tabla 91: Ensaye de Límite de Atterberg Sondeo 2 Muestra 2	XV
Tabla 92: Ensaye de Límite de Atterberg Sondeo 2 Muestra 3	XVI
Tabla 93: Ensaye de Límite de Atterberg Sondeo 3 Muestra 1	XVII
Tabla 94: Ensaye de Límite de Atterberg Sondeo 3 Muestra 2	XVIII
Tabla 95: Ensaye de Límite de Atterberg Sondeo 4 Muestra 1	XIX
Tabla 96: Ensaye de Límite de Atterberg Sondeo 4 Muestra 2	XX

Tabla 97: Ensaye de Límite de Atterberg Sondeo 5 Muestra 1	XXI
Tabla 98: Ensaye de Límite de Atterberg Sondeo 6 Muestra 1	XXII
Tabla 99: Ensaye de Límite de Atterberg Sondeo 6 Muestra 2	XXIII
Tabla 100: Ensaye de Límite de Atterberg Sondeo 7 Muestra 1	XXIV
Tabla 101: Ensaye de Límite de Atterberg Sondeo 7 Muestra 2	XXV
Tabla 102: Ensaye de Limite de Atterberg al suelo A-7-5	XXVI
Tabla 103: Porcentaje de cemento recomendado por tipo de suelo	XXVII
Tabla 104: Ensaye de Próctor Estándar al suelo natural A-7-5	XXVIII
Tabla 105: Ensaye de CBR al suelo natural A-7-5	XXIX
Tabla 106: Ensaye de CBR al suelo natural A-7-5	XXX
Tabla 107: Ensaye de límite de Atterberg del suelo A-7-5	XXXI
Tabla 108: Ensaye de Limite de Atterberg al suelo A-7-5 con 8% de estabilizante suelo-cemento	XXXII
Tabla 109: Ensaye de CBR al suelo A-7-5 con 8% de estabilizante suelo-cemento.	XXXIII
Tabla 110: Ensaye de Límite de Atterberg al suelo A-7-5 con 8% de estabilizante	XXXIV
Tabla 111: Ensaye de límite de Atterberg del suelo A-7-5 con el 13% de estabilizante suelo-cemento.	XXXV
Tabla 112: Ensaye de CBR al suelo A-7-5 con 13% de estabilizante suelo-cemento.	XXXVI
Tabla 113: Ensaye de CBR del suelo natural con 13% de estabilizante suelo-cemento.	XXXVII
Tabla 114: Ensaye de Limite de Atterberg del suelo A-7-5 con 18% de estabilizante suelo-cemento	XXXVIII
Tabla 115: Ensaye de CBR del suelo A-7-5 con 18% de estabilizante suelo-cemento.	XXXIX
Tabla 116: Ensaye de CBR al suelo natural A-7-5 con 18% de estabilizante suelo-cemento.	XL
Tabla 117: Ensaye de Limite de Atterberg del suelo natural con el 8% de estabilizante suelo-cal.	XLI

Tabla 118: Ensaye de CBR al suelo A-7-5 con 8% de estabilizante suelo-cal.	XLII
Tabla 119: Ensaye de CBR al suelo A-7-5 con 8% de estabilizante suelo-cal.	XLIII
Tabla 120: Ensaye de límite de Atterberg al suelo con el 13% de estabilizante suelo-cal.....	XLIV
Tabla 121: Ensaye de CBR al suelo A-7-5 con 13% de estabilizante suelo-cal.	XLV
Tabla 122: Ensaye de CBR al suelo A-7-5 con el 13% de estabilizante suelo-cal.	XLVI
Tabla 123: Ensaye de Limite de Atterberg al suelo A-7-5 con 18% de estabilizante suelo-cal.....	XLVII
Tabla 124: Ensaye de CBR al suelo A-7-5 con el 18% de estabilizante suelo-cal.	XLVIII
Tabla 125: Ensaye de CBR al suelo A-7-5 con 18% de estabilizante suelo-cal.	XLIX
Tabla 126: Ensaye de Resistencia a la compresión no confinada al suelo natural A-7-5.	L
Tabla 127: Ensaye de Resistencia a la compresión no confinada al suelo A-7-5 con 8% de estabilizante suelo-cemento.	L
Tabla 128: Ensaye de Resistencia a la compresión no confinada al suelo A-7-5 con 13% de estabilizante suelo-cemento.	LI
Tabla 129: Ensaye de Resistencia a la compresión no confinada al suelo A-7-5 con 18% de estabilizante suelo-cemento.	LI
Tabla 130: Ensaye a la Resistencia no confinada al suelo A-7-5 con 8% de estabilizante suelo-cal.	LII
Tabla 131: Ensaye a la Resistencia a la compresión no confinada al suelo A-7-5 con el 13% de estabilizante suelo-cal.....	LII
Tabla 132: Ensaye Resistencia a la compresión no confinada al suelo A-7-5 con el 18% de estabilizante suelo-cal.	LIII
Tabla 133: Tabla de clasificación de suelo AASHTO M-145.....	LIII

Gráfica 1 Granulometría Sondeo 1 Muestra 1	29
Gráfica 2: Granulometría Sondeo 1 Muestra 2	30
Gráfica 3: Granulometría Sondeo 2 Muestra 1	31
Gráfica 4: Granulometría Sondeo 2 Muestra 2	32
Gráfica 5: Granulometría Sondeo 2 Muestra 3	33
Gráfica 6: Granulometría Sondeo 3 Muestra 1	34
Gráfica 7: Granulometría Sondeo 3 Muestra 2	35
Gráfica 8: Granulometría Sondeo 4 Muestra 1	36
Gráfica 9: Granulometría Sondeo 4 Muestra 2	37
Gráfica 10: Granulometría Sondeo 5 Muestra 1	38
Gráfica 11: Granulometría Sondeo 5 Muestra 2	39
Gráfica 12: Granulometría Sondeo 6 Muestra 1	40
Gráfica 13: Granulometría Sondeo 6 Muestra 2	41
Gráfica 14: Granulometría Sondeo 7 Muestra 1	42
Gráfica 15: Granulometría Sondeo 7 Muestra 2	43
Gráfica 16: Determinación del Limite Liquido Sondeo 1 Muestra 1	45
Gráfica 17: Determinación del límite Liquido Sondeo 1 Muestra 2.....	46
Gráfica 18: Determinación del Líquido Sondeo 2 Muestra 1	47
Gráfica 19: Determinación del Limite Liquido Sondeo 2 Muestra 2.....	48
Gráfica 20: Determinación del Limite Liquido Sondeo 2 Muestra 3.....	49
Gráfica 21: Determinación del Limite Liquido Sondeo 3 Muestra 1	50
Gráfica 22: Determinación del Limite Liquido Sondeo 3 Muestra 2.....	51
Gráfica 23: Determinación del Limite Liquido Sondeo 4 Muestra 1	52
Gráfica 24: Determinación del Limite Liquido Sondeo 4 Muestra 2.....	53
Gráfica 25: Determinación del Limite Liquido Sondeo 5 Muestra 1	54
Gráfica 26: Determinación de Limite Liquido Sondeo 6 Muestra 1	55
Gráfica 27: Determinación del Limite Liquido Sondeo 6 Muestra 2.....	56
Gráfica 28: Determinación del Limite Liquido Sondeo 7 Muestra 1	57
Gráfica 29: Determinación del Limite Liquido Sondeo 7 Muestra 2.....	58
Gráfica 30: Determinación del Límite líquido para el suelo A-7-5	61
Gráfica 31: Densidad Seca vs CBR.....	66

Gráfica 32: Determinación del Limite Liquido del suelo A-7-5 con 8% de cemento	70
Gráfica 33: Densidad seca vs CBR del suelo A-7-5 con 8% de cemento	73
Gráfica 34: Determinación del Limite Liquido del suelo A-7-5 con 13% de cemento	74
Gráfica 35: Densidad Seca vs CBR del suelo A-7-5 con 13% de cemento	76
Gráfica 36: Determinación del Limite Liquido del suelo A-7-5 con 18% de cemento	77
Gráfica 37: Densidad vs CBR del suelo A-7-5 con 18% de cemento	79
Gráfica 38: Determinación del Limite Liquido del suelo A-7-5 con 8% de Cal....	80
Gráfica 39: Densidad vs CBR del suelo A-7-5 con 8% de Cal	82
Gráfica 40: Determinación del Limite Liquido del suelo A-7-5 con 13% de Cal..	83
Gráfica 41: Densidad seca vs CBR del suelo A-7-5 con 13% de Cal.....	85
Gráfica 42: Determinación del Limite Liquido del suelo A-7-5 con 18% de Cal..	86
Gráfica 43: Densidad Seca vs CBR del suelo A-7-5 con 18% de Cal	88
Imagen 1: Extracción de la muestra	26
Imagen 2: Lavado del material en el tamiz No200	28
Imagen 3: Ensaye de Limite de Liquido.....	44
Imagen 4: Ensaye de límite plástico	44
Imagen 5: Perfil estratigráfico	60
Imagen 6: Agrupación de las muestras A-7-5.....	60
Imagen 7: Tamizado y compactación de la muestra para el ensaye del Próctor estándar	62
Imagen 8: Compactación de la muestra y lectura del ensaye CBR	64
Imagen 9: Tamizado del suelo natural con estabilizante para el ensaye de límite liquido.....	69
Imagen 10: Ensaye de resistencia a la compresión no confinada.....	71
Imagen 11: Macro localización del Sitio de estudio	LIV
Imagen 12: Micro localización del sitio de estudio	LIV
Imagen 13: Calicata de 1.5m de profundidad.	LV

Imagen 14: Sondeo manual de 1.5m de profundidad.	LV
Imagen 15: Preparación de muestra de cada sondeo.	LVI
Imagen 16: Material tamizado por la malla N°4.	LVI
Imagen 17: Apisonamiento de la muestra para ensayos de granulometría.....	LVII
Imagen 18: Muestras en remojo por 24hr.	LVII
Imagen 19: Lavado del material en la malla N°200.	LVIII
Imagen 20: Disgregado para el ensayo de Limite de Atterberg.	LVIII
Imagen 21: Tamizado por la malla N°40.....	LIX
Imagen 22: Limite Plástico.	LIX
Imagen 23: Mezcla de la muestra A-7-5.	LX
Imagen 24: Añadiendo humedad a la muestra A-7-5 para el ensaye del Próctor estándar.	LXI
Imagen 25: Compactación de la muestra para el ensaye del Próctor estándar.	LXI
Imagen 26: Extracción de los especímenes para el ensaye a la compresión no confinada.	LXII
Imagen 27: Especímenes envueltos y sumergidos en agua por 7 días para el ensaye a la compresión no confinada.	LXII
Imagen 28: Ensaye a la compresión no confinada.	LXIII
Imagen 29: Mezcla del suelo A-7-5 y estabilizante para el ensaye del CBR y compactación.	LXIII
Imagen 30: Lectura del hinchamiento y sumersión en agua de los CBR por 96 hr.	LXIV
Imagen 31: Ensayo del CBR.	LXIV

CAPITULO I: Aspectos Generales

1.1 Introducción

De las múltiples características que nos ofrecen los suelos, una de las de mayor importancia en el campo constructivo es la plasticidad, de esta dependen la estabilidad de la obra en sí, ya que produce efectos negativos para las estructuras. Entre estas se encuentra el hinchamiento que no es más que el cambio de volumen y la consolidación o asentamientos provocando fallas en las estructuras y en el peor de los casos pérdidas humanas por colapso de las mismas (Juárez & Rico, 2007).

Se realizó la presente investigación, para estudiar el suelo existente en la calle en la colonia del periodista sin estabilizante, para mejorar las propiedades del suelo con distintos aditivos químicos, con la finalidad de obtener una alternativa de diseño eficiente y económico para el mejoramiento de la calidad y la vida útil de la terracería del camino no pavimentado. En la construcción de esta calle, es lograr una estabilización del suelo en cada uno de los estratos, la estructura de rodamiento puede sufrir asentamiento al no mejorar su calidad de suelo.

Para el estudio que se realizó en el municipio La Paz, departamento de Carazo, se tomaron como propuesta los siguientes agentes; cal y cemento. El tipo de suelo que se encuentra en la zona de estudio se caracteriza por tener un suelo arcilloso, por tal motivo estos materiales deberían cumplir con ciertas propiedades físicas y mecánicas que permitan su estabilidad y resistencia para que pueda satisfacer las distintas solicitudes a las cuales el material estará expuesto cumpliendo con las normativas ASTM (American Society for Testing and Materials) y AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials).

Se realizó un análisis granulométrico, límites de consistencia, ensayo de compactación Próctor Estándar, ensayo de resistencia a la compresión no confinada y ensayo de resistencia CBR. Para poder determinar el tipo de estabilización que se utilizara en el tramo de la calle de acceso.

1.2 Antecedentes.

La estabilización con la construcción tiene más de 5000 años de antigüedad, las pirámides de Shersi en el Tibet fueron construidos con la mezcla de arcilla y cal. A medida que el tiempo pasó la cal se volvió uno de los elementos más significativos para la construcción. Otro material que se ha usado desde hace siglos y se caracteriza por ser fundamental en prácticamente en todo tipo de construcción debido a usos múltiples es el cemento que también se usa como material estabilizante para suelos arcillosos. En estados unidos se efectuó la primera construcción con suelo cemento en carolina del sur en 1935.

En la actualidad los agentes estabilizadores se usan en casi todo el mundo para superar las limitaciones de los suelos naturales sobre el comportamiento del camino.

La propiedad de la calle en estudio, está ubicada en La Paz-Carazo y fue adquirida por el colegio de periodista de Nicaragua en el 2013, para fines de construir la colonia de periodista del departamento de Carazo, cabe señalar que estos suelos fueron utilizados para cosechas de granos básicos y pasto para el ganado. El suelo nunca ha sido tratado por ningún agente estabilizante ni se ha realizado ninguna construcción horizontal ni vertical. La calle tiene una longitud de 300m, actualmente la parcela de estudio tiene definida la calle sin cercar.

1.3 Justificación.

Con mucha frecuencia los suelos disponibles para las construcciones horizontales, no tienen las propiedades de resistencia e incompresibilidad indispensables para su uso en terraplenes o subrasantes y en las capas de subbase y base de los pavimentos. El proceso por el cual se mejora el suelo para que pueda alcanzar los requisitos fijados se llama Estabilización.

El suelo de la calle de estudio, tienden a absorber mucho la cantidad de agua y aumentar su deformación y generar un cambio brusco en su volumen y capacidad de carga. Los productos químicos que han sido más empleados en Nicaragua, son: la cal y el cemento. La estabilización del suelo con cal y cemento, cambia considerablemente las características del mismo, produciendo resistencia y estabilidad a largo plazo, en forma permanente, en particular en lo que concierne a la acción del agua. Por tal motivo es importante conocer las propiedades físicas y mecánica con las que cuenta el sitio existente para saber si puede brindar a la estructura de la carpeta una vida útil.

En base a esto, la realización de un estudio de estabilización en la calle el periodista, generaría un mejoramiento de terracería y como consiguiente una reducción de espesor de la capa de la base y sub base de la calle para poder brindar una vida útil a la carpeta de rodamiento, y poder disminuir su plasticidad y aumentar su resistencia de carga, debido a que la parcela donde se encuentra la calle, ha sido utilizada para la agricultura y ganadería, siendo así que las propiedades del suelo no debe de ser las más factibles para una calle de acceso a la comunidad que se establecerá.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Estabilizar el suelo en la calle de la Colonia el Periodista en el municipio de la Paz, Departamento de Carazo, con cal y cemento para tener mejor resistencia.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Realizar sondeos manuales a cada 50 m sobre la longitud de la calle.
- Determinar las propiedades físicas mecánicas del suelo en la calle de la colonia del periodista en el municipio de La Paz - Carazo, aplicando las normas ASTM Y AASHTO.
- Analizar y comparar los resultados obtenidos para seleccionar el porcentaje óptimo para estabilizante en su mejor comportamiento y calidad con la calle Paz-Carazo basados en las normativas de ASTM Y AASHTO.

CAPITULO II: Marco Teórico.

2.1 Suelos

Es común que se considere el suelo como un agregado de partículas orgánicas e inorgánicas no sujetas a ninguna organización. Pero en realidad se trata de un conjunto con organización definida y propiedades que varían “vectorialmente”. En dirección vertical generalmente sus propiedades cambian mucho más rápidamente que en la horizontal.

El termino suelo tiene diferentes profesantes, la interpretación varían de acuerdo a sus respectivos intereses. Para el agrónomo, por ejemplo, la palabra se aplica a la parte superficial de la corteza capaz de sustentar vida vegetal, siendo esta interpretación demasiado restringida para el ingeniero. Para el Geólogo es todo material intemperizado en lugar en que ahora se encuentra y con contenido de materia orgánica cerca de superficie; esta definición peca de parcial en ingeniería, al no tomar en cuenta los materiales transportados no intemperizados posteriormente a su transporte. La palabra suelo representa todo tipo de material terroso, desde un relleno de desperdicio, hasta arenisca parcialmente cementadas lutitas suaves. El agua contenida juega un papel tan fundamental en el comportamiento mecánico del suelo, que debe considerarse como parte integral del mismo.

2.1.1 Origen y formación del suelo

Los suelos deben su origen o formación por la acción desintegradora que sufren los macizos rocosos preexistentes o rocas madres, debido a factores medioambientales, procesos de meteorización in situ (físicos, químicos y biológicos) y procesos de erosión (transporte de suelos). Cuando una superficie de roca se expone a la atmósfera durante un tiempo apreciable, se desintegra o se descompone en partículas pequeñas y así se forman los suelos.

Los agentes generadores de suelos, se pueden formar en dos grupos de mecanismo de ataque: desintegración mecánica, descomposición química, factores biológicos y transporte de suelos.

2.1.1.1 La desintegración mecánica

Para este caso las rocas madres, se descomponen y alteran en el mismo lugar y no ocurre transporte de materiales, todo esto debido a los cambios de temperaturas, acción de la congelación de agua en las juntas y grietas de las rocas, efectos de organismos plantas etc. Debido a este fenómeno la roca llega a formar arena, limo y arcillas en casos especiales. En todos los procesos de desintegración física, no hay cambios en la composición química. El suelo formado tiene las propiedades de la roca madre. Los suelos de grano grueso, como la grava y la arena, se forman por el proceso de desintegración física.

2.1.1.2 La descomposición química

Los minerales de las rocas originales se transforman en nuevos minerales por reacciones químicas. Los suelos formados no tienen las propiedades de la roca madre. Los siguientes procesos químicos generalmente ocurren en la naturaleza, el principal agente desde luego es el agua y los mecanismos de ataques más importantes es la oxidación, la hidratación y la carbonatación. Los efectos químicos de la vegetación juegan un papel no despreciable. Estos mecanismos generalmente producen arcilla como último producto de descomposición. Todos los efectos anteriores suelen acentuarse con los cambios de temperaturas, por lo cual es frecuente encontrar formaciones arcillosas de importancia en las zonas húmedas y cálidas, mientras que son típicas en la zona más frías formaciones arenosas o limosas, más gruesas. La descomposición química de las rocas resulta en la formación de minerales de arcillas y eso crea una alta plasticidad.

2.1.1.3 Factores biológicos

Es producida por actividad bacteriana. Las bacterias inducen putrefacciones de materiales orgánicos y mezclan el producto con otras partículas de origen físico-químico, las mismas que actúan como elemento catalizador, etc.

2.1.1.4 Transporte de suelo

Existe en la naturaleza numerosos agentes de transporte, de los cuales pueden citarse como principales los glaciares, los vientos, los ríos y las corrientes de aguas superficiales, los mares y las fuerzas de gravedad; estos factores actúan a menudo cambiándose.

2.1.1.5 Suelos transportados por agua

El agua rápida puede transportar las partículas de gran tamaño, como rocas y gravas. Con una disminución en la velocidad, las partículas más gruesas se depositan. Las partículas más finas se transportan aguas abajo y se depositan cuando la velocidad se reduce. Un delta se forma cuando la velocidad se reduce a casi cero en la confluencia con un cuerpo receptor de agua quieta como un lago, un mar o un océano. Todos los tipos de suelos transportados y depositados por el agua se conocen como depósitos aluviales. Los depósitos hechos en lagos se llaman depósitos lacustres. Los depósitos marinos se forman cuando el agua que sigue transporta los suelos al océano o al mar.

2.1.1.6 Suelos transportados por el viento

El tamaño de partícula del suelo depende de la velocidad del viento. Las partículas más finas son llevadas lejos del lugar de la formación. Los depósitos de suelo por el viento se conocen como depósitos eólicos. Las dunas de arena grandes están formadas por los vientos. Las dunas de arena se producen en las regiones áridas

y en el lado del lado de sotavento del mar con playas de arena. Loess es un depósito de limo hecho por el viento. Estos depósitos tienen baja densidad y alta compresibilidad. La capacidad de carga de tales suelos es muy baja. La permeabilidad en la dirección vertical es grande.

2.1.1.7 Suelos depositados en los glaciares

Los glaciares son grandes masas de hielo formadas por la compactación de la nieve. A medida que los glaciares crecen y se mueven, llevan consigo suelos que varían en tamaño desde finos a grandes rocas. Los suelos se mezclan con el hielo y son transportados lejos de su posición original.

2.1.2 Tipos de suelos

Existen diversos tipos de suelos, todos ellos relacionados a la actividad para lo que van a ser usados, en este caso mencionaremos a los tipos básicos de suelos que se encuentran para actividades de ingeniería civil, mecánica de suelos y geotecnia.

2.1.2.1 Suelos gravosos (grava)

Tienen tamaño de partículas entre 8-10 cm a 2 mm, son muy permeables y sus componentes se observan a simple vista.

2.1.2.2 Suelos arenosos (arena)

Tienen tamaño de partículas entre 2-0,060 mm, son muy permeables y sus componentes también se observan a simple vista.

2.1.2.3 Suelos limosos (limo)

Tienen tamaño de partículas entre 0,060 mm y 0,002 mm, tienen capacidad de retención de agua mayor que las arenas, pero menor que las arcillas, sus componentes ya no se reconocen a simple vista, suelen ser atractivos para la agricultura si tienen alto contenido mineral y orgánico.

2.1.2.4 Suelos arcillosos (arcilla)

Tienen tamaño de partículas menores que 0,002 mm (inferiores a los limos), tienen alta capacidad de retención de agua y son muy atractivos para la agricultura sobre todo cuando tienen alto porcentaje de materia orgánica. Sin embargo, este tipo de suelo es el que genera mayor problema en ingeniería civil.

2.1.3 Ensayos de suelos

Los ensayos de suelos nos permiten conocer las propiedades físicas y mecánicas de los suelos, para poder definir características básicas principales de los suelos son: Granulometría por tamizado, Límites de Atterberg, Próctor Estándar, Valor Relativo de soporte Normal del suelo (CBR) y Resistencia a la Compresión no Confinada, basándonos según las normativas de American Society for Testing and Materials ASTM y American Association of State Highway and Transportation Officials AASHTO.

Estas normativas mencionadas anteriormente, definen las propiedades del suelo a través del método SUCS (sistema unificado de clasificación de suelo).

2.1.3.1 Análisis granulométrico.

Se denomina clasificación granulométrica a la medición y graduación que se lleva a cabo de los granos de una formación sedimentaria, de los materiales

sedimentarios, así como de los suelos con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica.

Su finalidad es obtener la distribución por tamaño de las partículas presentes en una muestra de suelo. Así es posible también su clasificación mediante sistemas como ASTM D-422; AASHTO T 27-88. El ensayo es importante, ya que gran parte de los criterios de aceptación de suelos para ser utilizados en bases o sub-bases de carreteras, presas de tierras o diques, drenajes, etc., depende de este análisis para obtener la distribución de tamaños, se emplean tamices normalizados y numerados.

Existen diferentes métodos dependiendo de la mayor proporción de tamaños que existen en la muestra que se va a analizar. Para las partículas gruesas, el procedimiento utilizado es el método mecánico o granulometría por tamizado. Pero para las partículas finas, por dificultarse más el tamizado se utiliza el método del sifonado o el método de hidrómetro, basado en la ley de Stokes.

2.1.3.1.1 Granulometría por tamizado

Es un proceso mecánico mediante el cual se separan las partículas de un suelo en sus diferentes tamaños, denominado a la fracción menor (tamiz no 200) como limo, arcilla y coloide. Se lleva a cabo utilizando tamices en orden decreciente, la cantidad de suelo retenido indica el tamaño de la muestra, esto solo separa una porción de suelo entre dos tamaños.

2.1.3.1.2 Análisis granulométrico por medio hidrométrico

El hidrómetro, cualquiera que sea su tipo, es un dispositivo que permite medir la densidad de la solución en la cual se suspende. Este método de prueba cubre las

determinaciones cuantitativas de la distribución de tamaño de las partículas de las fracciones finas de los suelos. El principal objetivo del análisis del hidrómetro es obtener el porcentaje de arcilla (porcentaje más fino que 0.002 mm) ya que la curva de distribución granulométrica cuando más del 12% del material pasa a través del tamiz No.200 no se utiliza como criterio dentro de ningún sistema de clasificación de suelos y no existe ningún tipo de conducta particular del material que dependa intrínsecamente de la forma de dicha curva. La conducta de la fracción de suelo cohesivo del suelo dado depende principalmente del tipo y porcentaje de arcilla presente, de su historia geológica y del contenido de humedad más que de la distribución misma de los tamaños de partícula.

2.1.3.2 Límite de Atterberg

Los límites de Atterberg, límites de plasticidad o límites de consistencia, se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos, aunque su comportamiento varía a lo largo del tiempo. El nombre de estos es debido al científico sueco Albert Mauritz Atterberg (1846-1916).

Los límites se basan en el concepto de que en un suelo de grano fino solo pueden existir cuatro estados de consistencia según su humedad. Así, un suelo se encuentra en estado sólido cuando está seco. Al agregársele agua poco a poco, va pasando sucesivamente a los estados semisólido, plástico y, finalmente, líquido según la ASTM D 4318-05, AASHTO T 89-90 Y T 90-87. Los contenidos de humedad en los puntos de transición de un estado al otro son los denominados límites de Atterberg.

Los ensayos se realizan en el laboratorio y miden la cohesión del terreno y su contenido de humedad, para ello se forman pequeños cilindros de espesor con el suelo.

Siguiendo estos procedimientos se definen tres límites:

➤ **Límite líquido (LL)**

Esta propiedad se mide en laboratorio mediante un procedimiento normalizado en que una mezcla de suelo y agua, capaz de ser moldeada se deposita en la cuchara de Casagrande y se golpea consecutivamente contra la base de la máquina, haciendo girar la manivela hasta que la zanja que previamente se ha recortado, se cierra en una longitud de 12 mm. Si el número de golpes para que se cierre la zanja es 25, la humedad del suelo (razón peso de agua/ peso de suelo seco) corresponde al límite líquido. Dado que no siempre es posible que la zanja se cierre en la longitud de 12 mm exactamente con 25 golpes, existen dos métodos para determinar el límite líquido:

- Trazar una gráfica con el número de golpes en coordenadas logarítmicas contra el contenido de humedad correspondiente en coordenadas normales e interpolar para la humedad correspondiente a 25 golpes. La humedad obtenida es el límite líquido.
- Según el método puntual, multiplicar por un factor que depende del número de golpes la humedad obtenida y obtener el límite líquido como el resultado de tal multiplicación.

En cuanto al límite líquido, podemos clasificar los suelos de la siguiente manera:

Si $LL > 50$, se trata de suelos de alta compresibilidad.

Si $LL < 50$, se trata de suelo de baja compresibilidad.

➤ **Límite Plástico (LP)**

En un suelo, se denomina Límite Plástico a la humedad más baja con la que pueden formarse cilindros de unos 3 mm de diámetro, rodando la muestra de suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa, sin que los cilindros se rompan a pedazos.

Cuando un suelo posee límite plástico, significa que está formado principalmente por arcilla limosa y el contenido de humedad en ellos determinan la magnitud de su capacidad portante, la cual crece rápidamente a medida que la cantidad de agua disminuye y viceversa. Por ello dependiendo del régimen de lluvias, la capacidad portante de los suelos con límite plástico varía a lo largo del año en ciertas regiones del mundo, por lo cual se deben de tomar precauciones acerca de los datos suministrados en ingeniería de suelos.

➤ **Índice de plasticidad (IP)**

El índice de plasticidad se expresa con el porcentaje del peso en seco de la muestra de suelo, e indica el tamaño del intervalo de variación del contenido de humedad con el cual el suelo se mantiene plástico.

En general, el índice de plasticidad depende solo de la cantidad de arcilla existente e indica la finura del suelo y su capacidad para cambiar de configuración sin alterar su volumen. Un IP elevado indica un exceso de arcilla o de coloides en el suelo. Siempre que LP sea superior o igual LL, su valor será cero. El índice de plasticidad también da una buena indicación de la compresibilidad, mientras mayor sea el IP, mayor será la compresibilidad del suelo.

2.1.3.2.1 Determinación del índice de plasticidad

Es un parámetro físico que se relaciona con la facilidad de manejo del suelo, por una parte y con el contenido y tipo de arcilla presente en el suelo.

Se obtiene de la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico

$$IP = LL - LP$$

Los suelos son clasificados según su IP como

Si $IP = 0$ son suelos no plásticos o de nula plasticidad

Si $IP < 7$, son suelos de baja plasticidad

Si $7 \geq IP \leq 17$, son suelos de media plasticidad

Si $IP > 17$, suelos de alta plasticidad.

2.1.3.3 Próctor Estándar

La compactación de un suelo produce un incremento en la densidad del material y con ello tres beneficios importantes:

- Reducción de la compresibilidad
- Incremento de la resistencia al corte
- Disminución de la permeabilidad

De este modo, la compactación de suelos es uno de los métodos más utilizados para mejorar las propiedades de un suelo y por ello es primordial conocer sus características de compactación y puesta en obra según la ASTM D 698-91 AASHTO T 99-90

Un suelo con un contenido de Humedad determinado es colocado en 3 capas dentro de un molde de ciertas dimensiones, cada una de las capas es compactada en 25 ó 56 golpes con un pisón de 5,5 lbf (24,4 N) desde una altura de caída de 12 pulgadas (305 mm), sometiendo al suelo a un esfuerzo de compactación total de aproximadamente de 12 400 pie-lbf/pie³ (600 kN-m/m³). Se determina el Peso Unitario Seco resultante. El procedimiento se repite con un número suficiente de contenidos de agua para establecer una relación entre el Peso Unitario Seco y el

contenido de agua del suelo. Los valores de Óptimo Contenido de Agua y Máximo Peso Unitario Seco Modificado son determinados de la Curva de Compactación.

Importancia y uso

El suelo utilizado como relleno en Ingeniería (terraplenes, rellenos de cimentación, bases para caminos) se compacta a un estado denso para obtener propiedades satisfactorias de Ingeniería tales como: resistencia al esfuerzo de corte, compresibilidad ó permeabilidad. También los suelos de cimentaciones son a menudo compactados para mejorar sus propiedades de Ingeniería. Los ensayos de Compactación en Laboratorio proporcionan las bases para determinar el porcentaje de compactación y contenido de agua que se necesitan para obtener las propiedades de Ingeniería requeridas, y para el control de la construcción para asegurar la obtención de la compactación requerida y los contenidos de agua.

Durante el diseño del relleno de Ingeniería, se utilizan los ensayos de corte consolidación permeabilidad u otros ensayos que requieren la preparación de especímenes de ensayo compactado a algún contenido de agua para algún Peso Unitario. Es práctica común, primero determinar el óptimo contenido de humedad (w_o) y el Peso Unitario Seco ($\gamma_{m\acute{a}x}$) mediante un ensayo de compactación. Los especímenes de compactación a un contenido de agua seleccionado (w), sea del lado húmedo o seco del óptimo (w_o) ó al óptimo (w_o) y a un Peso Unitario seco seleccionado relativo a un porcentaje de Peso Unitario Seco máximo ($m\acute{a}x$). La selección del contenido de agua (w), sea del lado húmedo o seco del óptimo (w_o) ó al óptimo (w_o), y el Peso Unitario Seco ($m\acute{a}x$) se debe basar en experiencias pasadas, o se deberá investigar una serie de valores para determinar el porcentaje necesario de compactación.

2.1.3.4 Valor Relativo de soporte Normal del Suelo (C.B.R)

El CBR es un ensayo para evaluar la calidad de un material de suelo con base en su resistencia, medida a través de un ensayo de placa a escala. CBR significa en español relación de soporte California, por las siglas en inglés de «California Bearing Ratio»,

Aunque fue desarrollado en 1925, el ensayo comienza a aparecer en los estándares norteamericanos ASTM (por American Standards for Testing and Materials) desde 1964, en su versión para laboratorio (ASTM D 1883), y en su versión para campo (ASTM D 4429). Según la norma ASTM D 1883-07, el CBR es un ensayo de carga que usa un pistón metálico, de 0.5 pulgadas cuadradas de área, para penetrar desde la superficie de un suelo compactado en un molde metálico a una velocidad constante de penetración. Se define CBR, el parámetro del ensayo, como la relación entre la carga unitaria en el pistón requerida para penetrar 0.1" (2.5 cm) y 0.2" (5 cm) en el suelo ensayado, y la carga unitaria requerida para penetrar la misma cantidad en una piedra picada bien gradada estándar; esta relación se expresa en porcentaje.

2.1.3.3.1 El CBR para humedad óptima

Es la variante más popular y es conocida también como «CBR de tres puntos». Consiste en elaborar tres especímenes compactando el suelo con energías de compactación de 12, 25 y 56 golpes por capa. La humedad de mezclado del suelo es la humedad óptima del Próctor Modificado. Para obtener el CBR del suelo se prepara una gráfica con los resultados del ensayo de los tres especímenes poniendo en las abscisas al grado de compactación o la densidad y en las ordenadas al valor de CBR, y se unen los puntos a través de una curva. El CBR del suelo se define como el intercepto correspondiente al grado mínimo de compactación establecido por la especificación del proyecto o agencia solicitante. Aunque ASTM explica que esta variante está destinada a suelos que no son susceptibles al humedecimiento (por ejemplo, suelos granulares limpios), es

práctica común utilizarla para todo tipo de suelos (corriendo el riesgo de no evaluar la influencia de la humedad en un suelo susceptible a la humedad).

2.1.3.5 Resistencia a la compresión no confinada

Una medida de la resistencia de un material. La resistencia a la compresión no confinada (UCS) es el esfuerzo de compresión axial máximo que puede tolerar una muestra de material cilíndrica recta bajo condiciones no confinadas; el esfuerzo de confinamiento es cero. Se conoce también como resistencia a la compresión uniaxial de un material porque la aplicación del esfuerzo de compresión tiene lugar solamente a lo largo de un eje longitudinal de la muestra.

2.2 Estabilización de suelo

2.2.1 Generalidades

El mejoramiento de los suelos es una práctica antiquísima que permite construir en terrenos con condiciones marginales, por lo que se emplea con frecuencia en la ingeniería. La estabilización de un suelo expansible depende principalmente de las reacciones químicas entre el estabilizador y los minerales del suelo para lograr el efecto deseado. Este procedimiento se lleva a cabo con el objetivo de mejorar sus propiedades geotécnicas tales como compresibilidad, resistencia, permeabilidad y durabilidad. En general, los componentes de la tecnología de estabilización incluyen suelos y sus minerales y agente estabilizante o aglutinantes (Petry y Armstrong, 1989).

Si los agentes estabilizadores químicos se mezclan íntimamente con capas de suelo, puede ser adecuado aplicar medios de compactación para mejorar el peso unitario seco alcanzable después de la floculación pesada de la arcilla. La estabilización química más eficaz se produce cuando los cationes asociados con

la arcilla natural se intercambian por tipos que son bivalentes o tienen características hidrofóbicas.

“Para estabilizar un suelo se requiere de la aplicación de procesos que alteran sus propiedades iniciales, y se logra una mejora en el comportamiento del material desde el punto de vista resistente, incrementando o protegiendo sus características mecánicas, estabilidad de volumen, capacidad de drenaje, entre otras”. (FRATELLI, 1993)

2.2.2 Características de la estabilización

No todos los suelos tienen la capacidad de resistir la carga que le impone cualquier tipo de estructura, se debe tratar de evitar suelos débiles, sueltos o expansivos, y aquellos que tienen un nivel freático superficial, se debe buscar áreas con buena capacidad portante y que presenten estabilidad de volumen. Por tanto, es necesario evaluar cuáles son las características del material para determinar si es necesario realizar un tratamiento para mejorarlo. El proceso por el cual se mejora el suelo para que pueda alcanzar los requisitos fijados se llama Estabilización.

Los tratamientos para estabilizar un suelo consisten en agregar un producto químico o aplicar un tratamiento físico para mejorar sus características iniciales, buscando proporcionarle más resistencia al terreno o disminuir su plasticidad. El tipo de estabilización que se vaya a utilizar depende de las características del suelo y de la clase de propiedades que se requiera mejorar.

Entre los tipos de suelo que requieren ser mejorados se encuentran los siguientes:

- Suelos de relleno
- Suelos colapsables
- Suelos expansivos
- Las bases y sub bases de pavimentos
- Los suelos blandos

- Los suelos erosionables
- Los suelos dragados
- Los desechos industriales, escorias, cenizas, entre otros.

En su más amplio sentido, la estabilización incluye la compactación, el drenaje, la pre consolidación, la protección de la superficie contra la erosión y la infiltración de la humedad; sin embargo, al término estabilización se le va restringiendo gradualmente su alcance a un solo aspecto del mejoramiento del suelo: la modificación del propio material del suelo.

2.2.3 Tipos de estabilización

La estabilización de suelos se logra con diferentes métodos, tales como:

- Mecánicos (compactación, vibración, etc.)
- Granulométricos (adición de material fino o grueso)
- Térmicos (congelación)
- Eléctricos (abatimiento del nivel freático por electro-osmosis)
- Químicos (adición de sales, cemento y otros aditivos)
- Físicos – Químicos (adición de resinas, asfaltos, etc.)
- Mixtos (combinación de dos o más de los métodos anteriores).

2.2.3.1 Estabilización química.

2.2.3.1.1 Estabilización con cemento Hidráulico tipo GU.

El cemento hidráulico consiste de Clinker cemento portland finamente molido mezclado con una pequeña cantidad de sulfato de calcio (yeso) para controlar el fraguado y adiciones en base a puzolanas. El cemento CANAL es un producto diseñado con las más altas especificaciones de calidad; adecuado para todo tipo de uso en sector de la construcción. La resistencia a la compresión de

cemento CANAL sobrepasa lo especificado por la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense NTON 12 006-11 de la tabla N3.

El suelo estabilizado con cemento hidráulico GU, adquiere propiedades que son especialmente adecuadas para la construcción de pavimentos y estabilizaciones de suelos, estas varían con diversos factores los más importantes son:

- La naturaleza y cantidades de suelo, cemento y agua, por unidad de volumen de la mezcla compactada.
- Las condiciones durante el período de hidratación del cemento (mezclado, compactado, curado y acabado)
- La edad de la mezcla de suelo cemento.

2.2.3.1.1.1 Propiedades de los suelos tratados con cemento son:

- Resistencia. Actualmente se proporcionan las mezclas con base en un criterio de resistencia, generalmente realizando una prueba de compresión simple, aun cuando se complementa esa información con las pruebas de durabilidad.
- Durabilidad. Para las capas de base y otras aplicaciones en que quede expuesto a la intemperie, la durabilidad es el factor que regula la cantidad mínima de cemento.
- California Bearing Ratio (CBR). Los intentos para ligar el proporcionamiento de mezclas con pruebas CBR no han llevado a resultados concluyentes, porque es usual que cualquier suelo-cemento y sobre todo los formados con suelos gruesos alcancen sistemáticamente valores tan altos de CBR, que su interpretación se hace poco clara.

- Contenido óptimo de humedad y densidad máxima seca. Las investigaciones realizadas indican que la gran mayoría de los suelos granulares y medianamente arcillosos tratados con cemento, presentan un contenido de humedad óptimo aproximadamente igual al correspondiente del suelo sin tratar para una energía de compactación dada y una densidad seca máxima ligeramente creciente con el contenido de cemento.
- Índice de plasticidad. Esta propiedad se ha reconocido siempre como un parámetro de importancia para evaluar la calidad de un suelo como material de base o sub base.

2.2.3.1.1.2 Otras Propiedades. Existen otras propiedades, tales como

- Resistencia a flexión
 - Módulo de elasticidad
 - Cambio de Volumen
 - Permeabilidad
- 2.2.3.1.1.3 Factores que afectan la mezcla suelo-cemento:
- El tipo de suelo
 - La cantidad de cemento
 - Cantidad de agua
 - La compactación de la mezcla
 - Curado de la mezcla compactada

2.2.3.1.2 Estabilización con cal

Las estabilizaciones con cal hidratada son bastante similares a las de la estabilización con cemento, pero hay dos aspectos de diferencia que conviene destacar desde un principio. En primer lugar, la cal tiene un espectro de aplicación que se extiende mucho más hacia los materiales más arcillosos que el cemento y en contrapartida, se extiende algo menos hacia el lado de los materiales

granulares de naturaleza friccionante. En segundo lugar, está el uso cada día más extendido de la estabilización con cal como un pretratamiento, lo que da una fisonomía especial a muchos de los usos de cal, pues en estos casos no necesariamente han de satisfacerse todos los requerimientos de una estabilización definitiva.

La química de la cal en la estabilización de suelos consiste en la reacción existente entre la cal y agua, que produce los siguientes efectos:

Sucede al usar óxido de calcio que en presencia de agua provoca una reacción exotérmica (generación de calor) la cual evapora la humedad generando el secado, que en presencia de arcilla se acelera mejorando la capacidad portante del suelo en tratamiento. Para el caso de cal hidratada o hidróxido de calcio, el secado solo ocurre por cambios químicos del suelo que reducen la capacidad de este para retener agua aumentando la estabilidad.

Luego de la mezcla inicial, los iones de hidróxido de calcio migran hacia las partículas arcillosas para desplazar el agua, convirtiendo al suelo en una masa más fácil de compactar y trabajar, ya que el índice de plasticidad disminuye drásticamente reduciendo fenómenos de hinchamiento y contracción.

2.2.3.1.2.2 Ventajas del tratamiento con cal

2.2.3.1.2.2.1 Valores de Limite Líquido, Plástico e Índice de Plasticidad

Como bien se ha nombrado, la cal modifica la plasticidad de los suelos, por lo que para suelos con índices de plasticidad menor a 15, el límite líquido sufre un incremento no tan significativo por la cal. Para suelos con Índice de plasticidad mayor a 15, la cal disminuye el límite líquido y aumenta el LP, por consiguiente, disminuyendo el IP.

- Ganancia progresiva de resistencia a la compresión
- Barrera resistente al agua
- Reducción de agrietamientos debido a la expansión.
- Con las cantidades adecuadas de cal y agua, el pH del suelo aumenta,

2.2.3.1.2.2.2 Densidad seca

La compactación de suelo con cal disminuye la densidad seca de este en casi un 5%, esto, debido a que se incrementa la resistencia del suelo. Esto quiere decir que, al existir un agente químico en suelo natural, se produce un nuevo material con propiedades físicas y químicas diferentes, lo que conlleva a que la propia densidad máxima alcanzada tenga mayor resistencia que un suelo original ya compactado.³⁶

2.2.3.1.2.2.3 Resistencia del suelo

Con la adición de cal aumenta y esto debido a las películas que rodean a las partículas de arcilla, es decir, se produce un efecto cementante que permite la unión entre granos; cabe aclarar que este efecto no es inmediato, sino que se va dando a medida que avanza el periodo de curado del suelo. Esto se sabe con la aplicación del ensayo de CBR.

CAPITULO III: Procedimiento técnico de trabajo de campo y de laboratorio.

3.1 Localización del sitio

El lugar de la extracción de muestra se encuentra en el municipio de La Paz departamento de Carazo a 56 km de distancia del departamento de Managua. (Ver más detalle del sitio en el anexo B, imagen 11 y 12, pág.LVI)

3.1.1 Detalles del suelo en estudio

Se realizaron 7 sondeos de 1.50m profundidad con una separación de 50m cada uno, todos los sondeos fueron hechos manualmente, cada sondeo realizado se obtuvieron 2 muestras a excepción del segundo sondeo que se pudieron obtener 3 muestras. El total de muestra recolectada fueron 15. El suelo que más predominada en el sitio era la arcilla, los colores de la muestra que se encontrada de cada sondeo era similares debido a su alta cantidad de arcilla.

Cada muestra la determinamos por el cambio de color que tiene el extracto de suelo en diferentes profundidades de cada sondeo.

3.2 Trabajo de campo

Para el estudio monográfico se realizaron sondeos manuales de una profundidad de 1.50 m, para ver la condición natural que se encontraba y poder determinar los estabilizantes necesarios para su mejor comportamiento. Dicha muestra fue llevada al laboratorio de Materiales y Suelos de la Universidad Nacional de Ingeniería.

En el momento de la extracción del sondeo manual, pudimos encontrar diferentes tipos de colores del suelo con la cual nos basamos para diferenciar las muestras por cada sondeo. Colocamos cada muestra diferente en una bolsa debidamente

rotulada con su número de sondeo y muestra, profundidad y color. (Tarjetas de identificación de cada sondeo en anexo A, pág.I-VI)

Imagen 1: Extracción de la muestra



Fuente: Propia

3.3 Trabajo de laboratorio

Con la extracción de muestra, realizamos los debidos ensayos para determinar su estado natural. Las normas base utilizadas para el ensayo de dicha muestra fueron A.S.T.M Y AASHTO.

Los ensayos que se realizaron fueron:

Tabla 1: Ensayos de las muestras de suelo

Ensaye	Norma
Análisis granulométrico	AASHTO T-88, A.S.T.M D-422
Límite de Atterberg	AASHTO 89 – 90, A.S.T.M D-4318
Próctor Estándar	AASHTO T 99, ASTM D- 698 - 91
Valor relativo de soporte CBR	AASHTO T 193, A.S.T.M D 1883-07

Fuente: Propia

3.3.1 Resultado de laboratorio

Los ensayos de cada muestra se realizaron conforme las normas y requerimiento que se necesita para poder tratar el suelo de la mejor manera, para un resultado eficaz para el mejoramiento que se necesita. Para la clasificación del suelo se efectuó bajo la norma AASHTO M-145 (ver tabla en anexo A, Tabla 133 en pág. LIII). De acuerdo con el tamaño de las partículas que forman los suelos, la norma AASHTO M -145, que los clasifica de la siguiente manera:

- ✓ **Grava:** de un tamaño menor a 76.2mm (3") hasta el tamiz No 10 (2mm).
- ✓ **Arena Gruesa:** de un tamaño menor a 2mm hasta el tamiz No 40 (0.425mm).
- ✓ **Arena Fina:** de un tamaño menor a 0.425mm hasta el tamiz No 200 (0.075mm).
- ✓ **Limos y Arcillas:** tamaños menores de 0.075mm

3.3.1.1 Ensayo de granulometría

El análisis granulométrico se realizó para obtener cuantitativamente los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices hasta la malla (Nº200), la norma A.S.T.M D-422 nos ayuda a identificar los tipos de suelo que tenemos en cada sondeo. Se realizó el ensaye de granulometría mecánica en las 15 muestras que recolectamos en el campo, el 100% del material pasó por la malla No.4.

Las mallas utilizadas en la granulometría fueron la N° 10, 40 y 200 según la tabla de clasificación de suelo y mezcla de agregados de suelos para propósito de construcción de carreteras regido por las normas AASHTO M-145/ASTM D-3282.

Imagen 2: Lavado del material en el tamiz No200



Fuente Propia

En las siguientes tablas podremos observar los resultados obtenidos por cada una de las muestras con sus respectivas gráficas de granulométrica.

Sondeo 1 Muestra 1

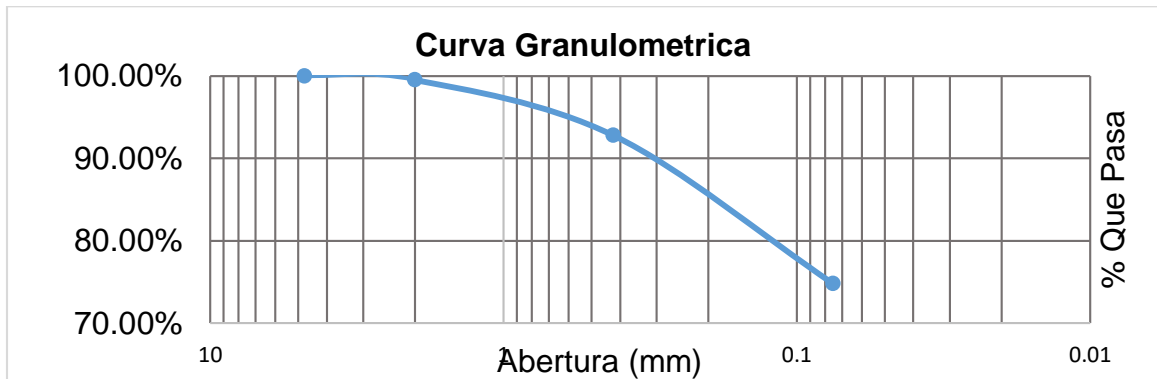
Tabla 2 Granulometría Sondeo 1 Muestra 1

Tamiz No.	Peso Retenido Parcial (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que pasa
No.4	-	-	-	100.00
No.10	0.40	0.48	0.48	99.52
No.40	5.70	6.78	7.25	92.75
No.200	15.10	17.95	25.21	74.79
PASA No.200	62.90	74.79	100.00	0.0
SUMA	84.10	100.00		

Fuente: Propia

En el ensayo de granulometría del sondeo 1 muestra 1 el porcentaje de limos y arcillas es del 74.79% y de arena es de 25.21%. (Ver tabla completa en Anexo A, tabla 73, Pág. VII)

Gráfica 1 Granulometría Sondeo 1 Muestra 1



Fuente: Propia

Sondeo 1 Muestra 2

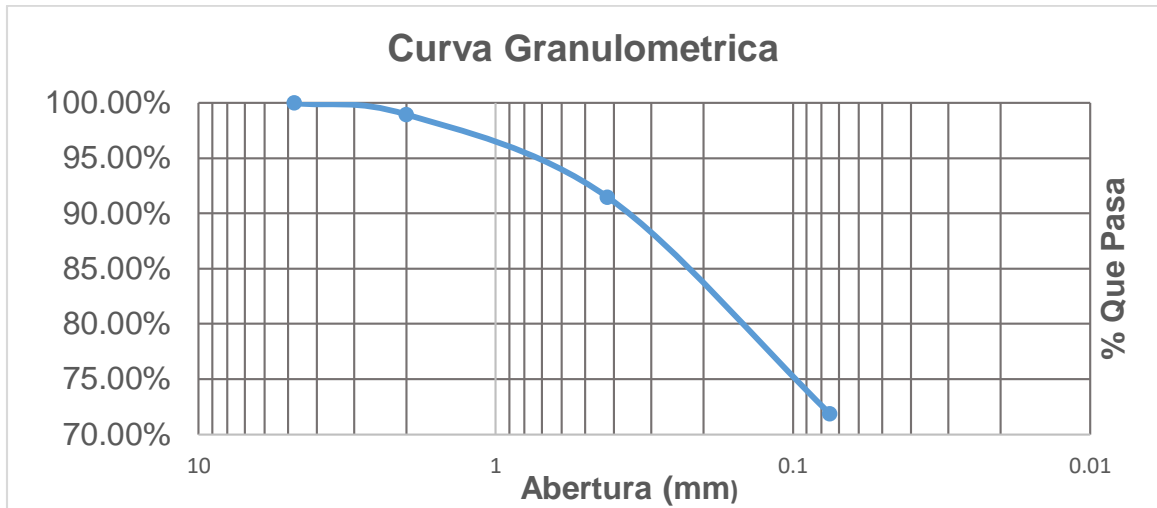
Tabla 3 Granulometría Sondeo 1 Muestra 2

Tamiz No.	Peso Retenido Parcial (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que pasa
No.4	-	-	-	100.00%
No.10	0.90	1.04	1.04%	98.96%
No.40	6.50	7.50	8.54%	91.46%
No.200	17.00	19.61	28.14%	71.86%
PASA No.200	62.30	71.86	100.00%	0.00%
SUMA	86.70	100.00		

Fuente: Propia

En el ensayo de granulometría del sondeo 1 muestra 2 el porcentaje de limos y arcillas es del 71.86% y 28.14% es de arena. (Ver tabla completa en Anexo A, tabla 74, Pág. VII)

Gráfica 2: Granulometría Sondeo 1 Muestra 2



Fuente. Propia

Sondeo 2 Muestra 1

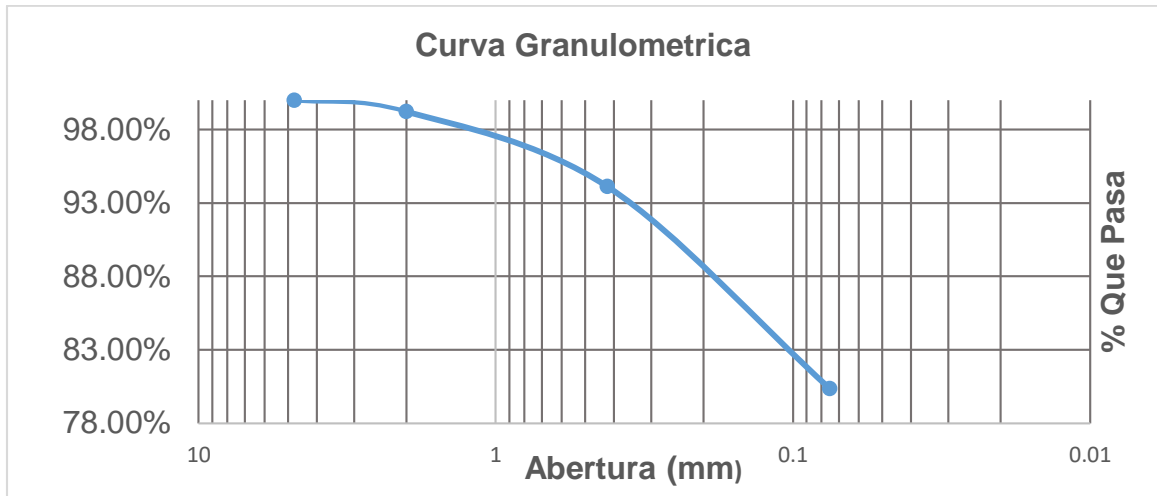
Tabla 4: Granulometría Sondeo 2 Muestra 1

Tamiz No.	Peso Retenido Parcial (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que pasa
No.4	-	-	-	100.00
No.10	0.70	0.77	0.77	99.23
No.40	4.70	5.14	5.90	94.10
No.200	12.60	13.77	19.67	80.33
PASA No.200	73.50	80.33	100.00	0.00
SUMA	91.50	100.00		

Fuente: Propia

En el ensayo de granulometría del sondeo 2 muestra 1 el porcentaje de limos y arcillas es del 80.33% y de arena es de 19.67%. (Ver tabla completa en Anexo A, tabla 75, Pág. VII)

Gráfica 3: Granulometría Sondeo 2 Muestra 1



Fuente: Propia

Sondeo 2 Muestra 2

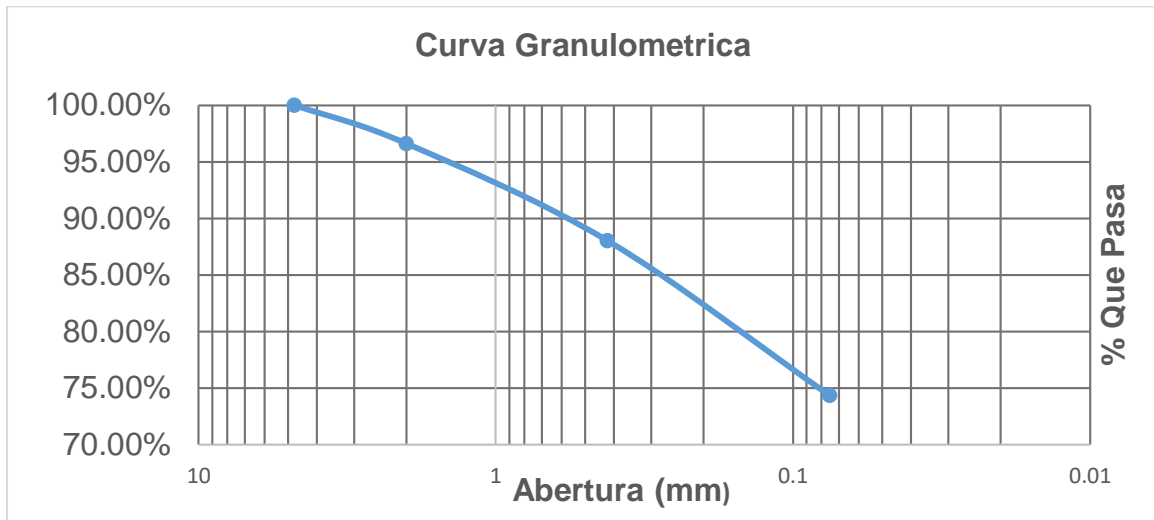
Tabla 5: Granulometría Sondeo 2 Muestra 2

Tamiz No.	Peso Retenido Parcial (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que pasa
No.4	-	-	-	100.00
No.10	3.00	3.39	3.39	96.61
No.40	7.60	8.60	11.99	88.01
No.200	12.10	13.69	25.68	74.32
PASA No.200	65.70	74.32	100.00	0.0
SUMA	88.40	100.00		

Fuente: Propia

En el ensayo de granulometría del sondeo 2 muestra 2 el porcentaje de limos y arcillas es del 74.32% y de arena es de 25.68%. (Ver tabla completa en Anexo A, tabla 76, Pág. VIII)

Gráfica 4: Granulometría Sondeo 2 Muestra 2



Fuente: Propia

Sondeo 2 Muestra 3

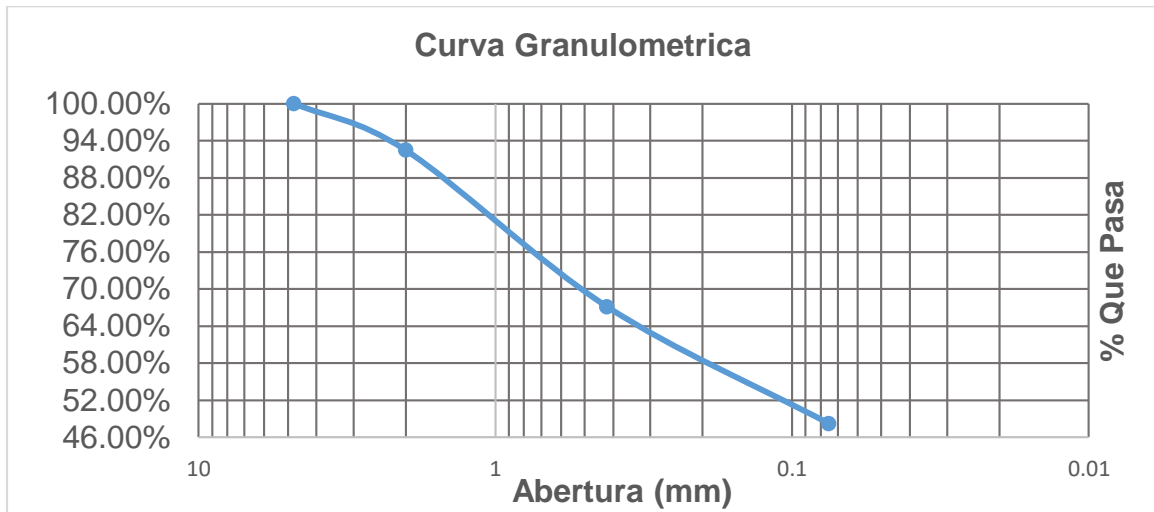
Tabla 6 Granulometría Sondeo 2 Muestra 3

Tamiz No.	Peso Retenido Parcial (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que pasa
No.4	-	-	-	100.00
No.10	6.40	7.57	7.57	92.43
No.40	21.40	25.30	32.86	67.14
No.200	16.00	18.91	51.77	48.23
PASA No.200	40.80	48.23	100.00	0.00
SUMA	84.60	100.00		

Fuente: Propia

En el ensayo de granulometría del sondeo 2 muestra 3 el porcentaje de limos y arcillas es del 48.23% y de arena es de 51.77%. (Ver tabla completa en Anexo A, tabla 77, Pág. VIII:)

Gráfica 5: Granulometría Sondeo 2 Muestra 3



Fuente: Propia

Sondeo 3 Muestra 1

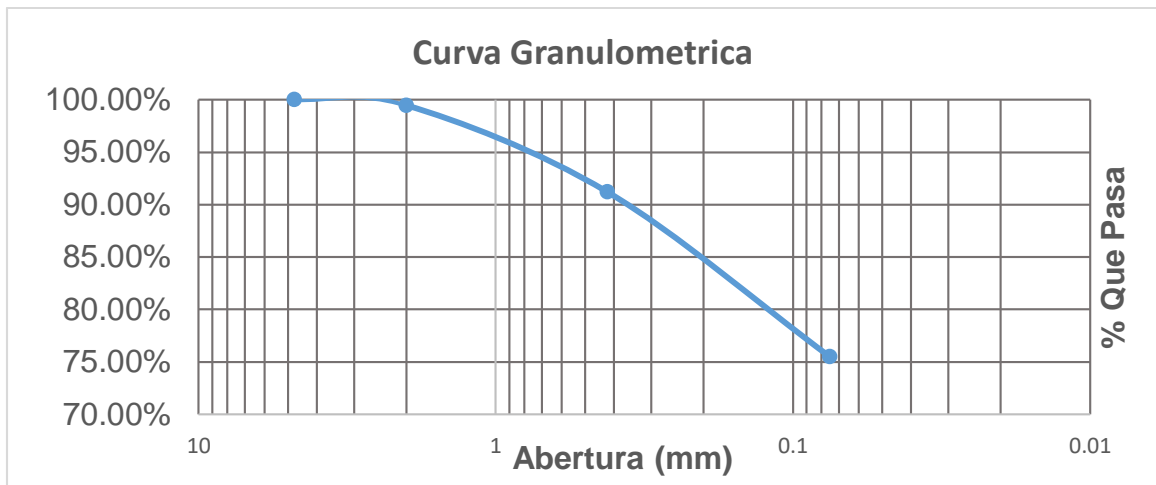
Tabla 7 Granulometría Sondeo 3 Muestra 1

Tamiz No.	Peso Retenido Parcial (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que pasa
No.4	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
No.10	0.40	0.53%	0.53%	99.47%
No.40	6.20	8.27%	8.80%	91.20%
No.200	11.80	15.73%	24.53%	75.47%
PASA No.200	56.60	75.47%	100.00%	0.00%
SUMA	75.00	100.00%		

Fuente: Propia

En el ensayo de granulometría del sondeo 3 muestra 1 el porcentaje de limos y arcillas es del 75.47% y el de arena es de 24.53%. (Ver tabla completa en Anexo A, tabla 78, Pág. VIII)

Gráfica 6: Granulometría Sondeo 3 Muestra 1



Fuente: Propia

Sondeo 3 Muestra 2

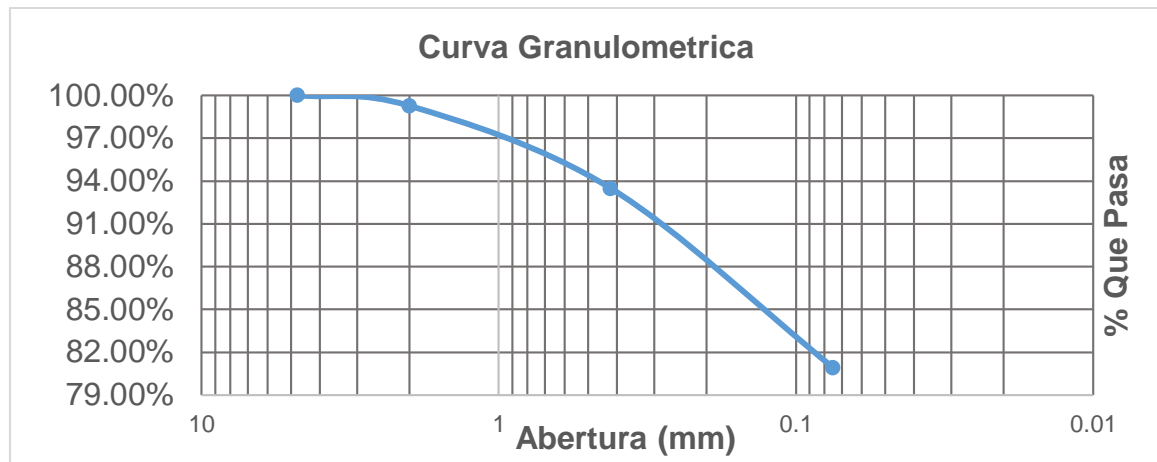
Tabla 8 Granulometría Sondeo 3 Muestra 2

Tamiz No.	Peso Retenido Parcial (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que pasa
No.4	-	-	-	100.00
No.10	0.60	0.74	0.74	99.26
No.40	4.70	5.79	6.53	93.47
No.200	10.20	12.56	19.09	80.91
PASA No.200	65.70	80.91	100.00	
SUMA	81.20	100.00		

Fuente: Propia

En el ensayo de granulometría del sondeo 3 muestra 2 el porcentaje de limos y arcillas es del 80.91% y de arena es de 19.09%. (Ver tabla completa en Anexo A, tabla 79, Pág. XIX)

Gráfica 7: Granulometría Sondeo 3 Muestra 2



Fuente: Propia

Sondeo 4 Muestra 1

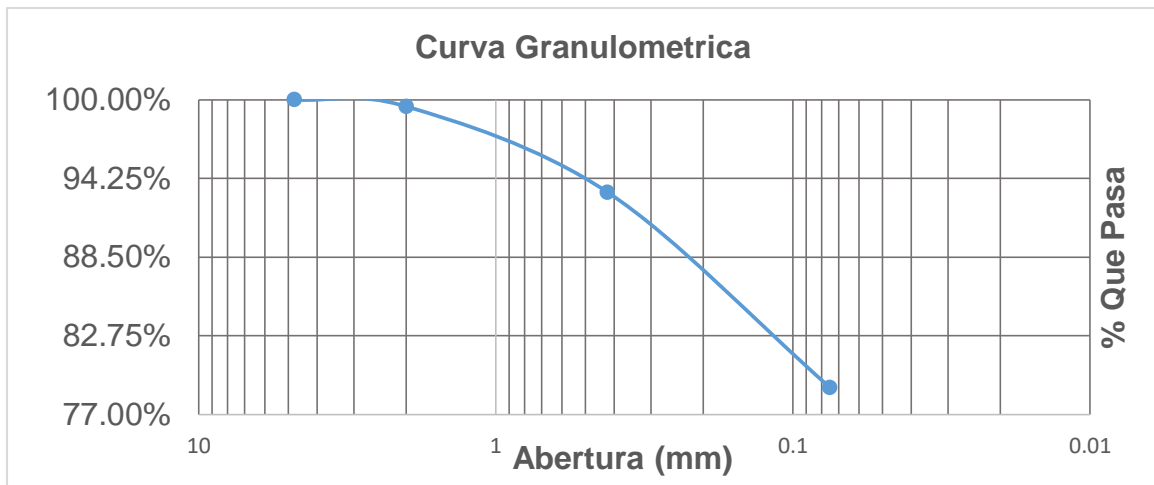
Tabla 9 Granulometría Sondeo 4 Muestra 1

Tamiz No.	Peso Retenido Parcial (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que pasa
No.4	-	-	-	100.00
No.10	0.40	0.49	0.49	99.51
No.40	5.10	6.27	6.77	93.23
No.200	11.60	14.27	21.03	78.97
PASA No.200	64.20	78.97	100.00	
SUMA	81.30	100.00		

Fuente: Propia

En el ensayo de granulometría del sondeo 4 muestra 1 el porcentaje de limos y arcillas es del 78.97% y de arena es de 21.03%. (Ver tabla completa en Anexo A, tabla 80, Pág. XIX)

Gráfica 8: Granulometría Sondeo 4 Muestra 1



Fuente: Propia

Sondeo 4 Muestra 2

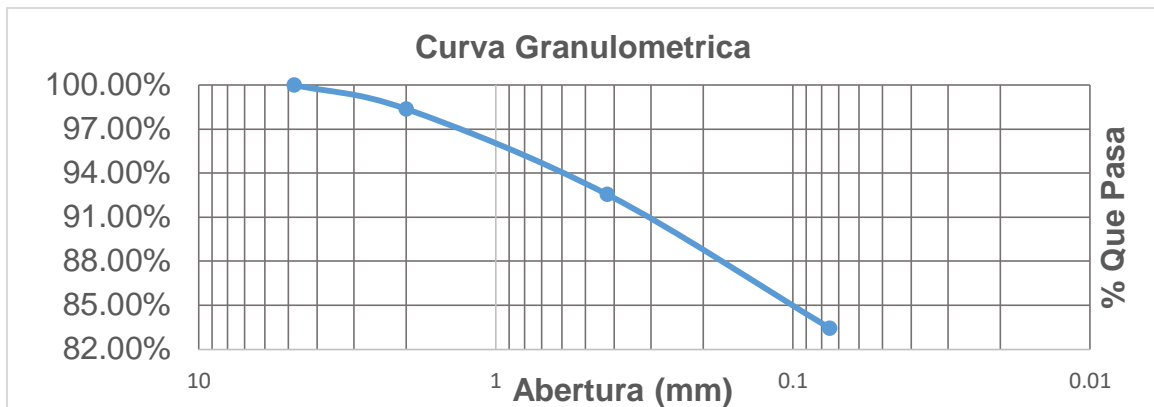
Tabla 10: Granulometría Sondeo 4 Muestra 2

Tamiz No.	Peso Retenido Parcial (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que pasa
No.4	-	-	-	100.00
No.10	1.40	1.63	1.63	98.37
No.40	5.00	5.83	7.47	92.53
No.200	7.80	9.10	16.57	83.43
PASA No.200	71.50	83.43	100.00	
SUMA	85.70	100.00		

Fuente: Propia

En el ensayo de granulometría del sondeo 4 muestra 2 el porcentaje de limos y arcillas es del 83.43% y de arena es de 16.57%. (Ver tabla completa en Anexo A, tabla 81, Pág. XIX)

Gráfica 9: Granulometría Sondeo 4 Muestra 2



Fuente: Propia

Sondeo 5 Muestra 1

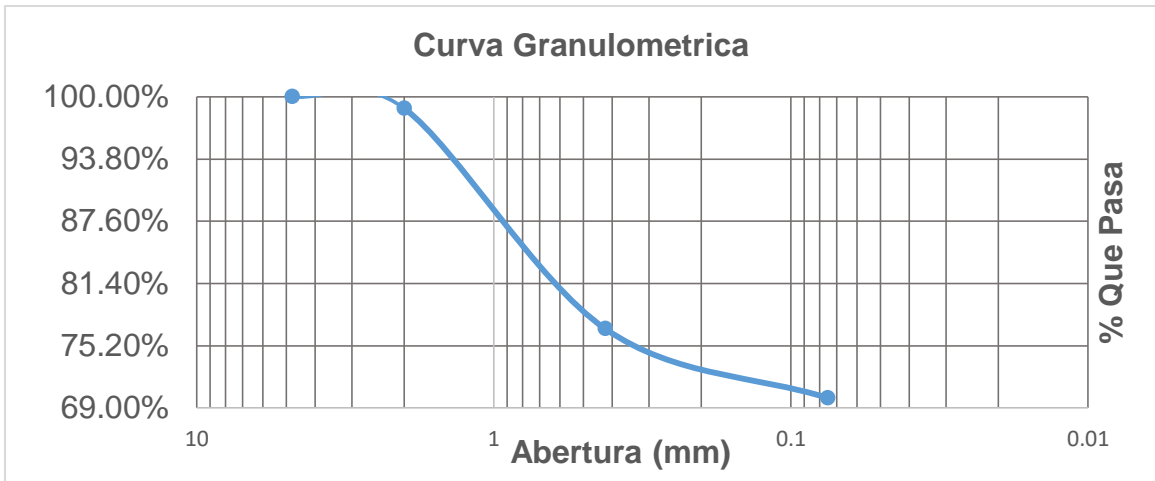
Tabla 11: Granulometría Sondeo 5 Muestra 1

Tamiz No.	Peso Retenido Parcial (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que pasa
No.4	-	-	-	100.00
No.10	1.00	1.16	1.16	98.84
No.40	18.90	21.98	23.14	76.86
No.200	5.90	6.86	30.00	70.00
PASA No.200	60.19	70.00	100.00	0.0
SUMA	85.99	100.00		

Fuente: Propia

En el ensayo de granulometría del sondeo 5 muestra 1 el porcentaje de limos y arcillas es del 70% y de arena es de 30%. (Ver tabla completa en Anexo A, tabla 82, Pág. X)

Gráfica 10: Granulometría Sondeo 5 Muestra 1



Fuente: Propia

Sondeo 5 Muestra 2

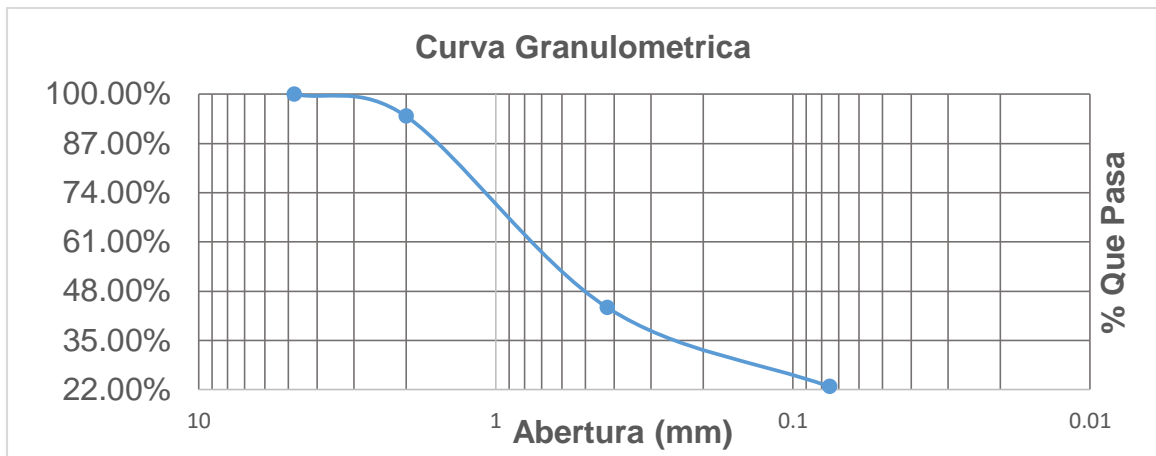
Tabla 12: Granulometría Sondeo 5 Muestra 2

Tamiz No.	Peso Retenido Parcial (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que pasa
No.4	-	-	-	100.00
No.10	4.50	5.86	5.86	94.14
No.40	38.80	50.52	56.38	43.62
No.200	16.00	20.83	77.21	22.79
PASA No.200	17.50	22.79	100.00	
SUMA	76.80	100.00		

Fuente: Propia

En el ensayo de granulometría del sondeo 5 muestra 2 el porcentaje de limos y arcillas es del 22.79% y de arena es de 77.21%. (Ver tabla completa en Anexo A, tabla 83, Pág. X)

Gráfica 11: Granulometría Sondeo 5 Muestra 2



Fuente: Propia

Sondeo 6 Muestra 1

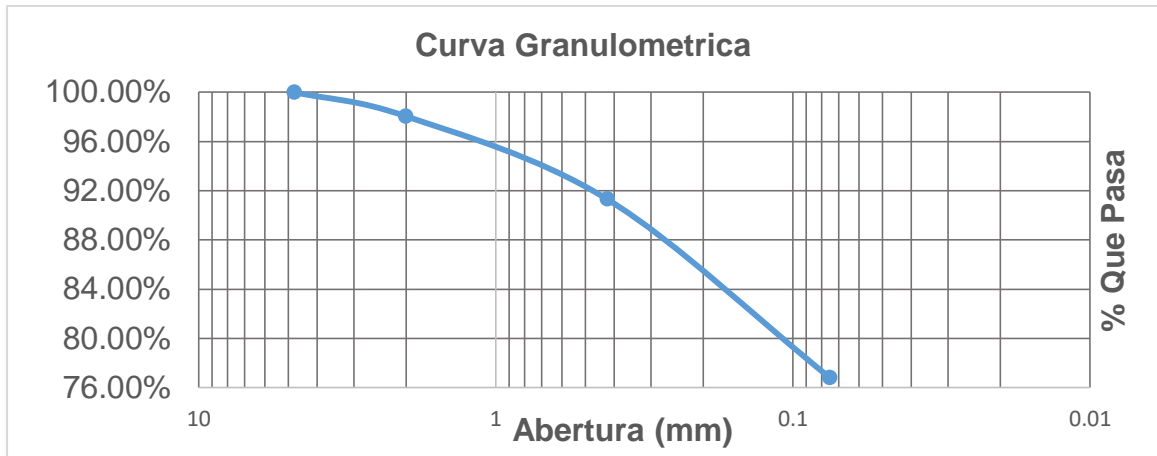
Tabla 13 Granulometría Sondeo 6 Muestra 1

Tamiz No.	Peso Retenido Parcial (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que pasa
No.40	-	-	-	100.00
No.10	1.60	1.96	1.96	98.04
No.40	5.50	6.75	8.71	91.29
No.200	11.80	14.48	23.19	76.81
PASA No.200	62.60	76.81	100.00	
SUMA	81.50	100.00		

Fuente: Propia

En el ensayo de granulometría del sondeo 6 muestra 1 el porcentaje de limos y arcillas es del 76.81% y de arena es de 23.19%. (Ver tabla completa en Anexo A, tabla 84, Pág. X)

Gráfica 12: Granulometría Sondeo 6 Muestra 1



Fuente: Propia

Sondeo 6 Muestra 2

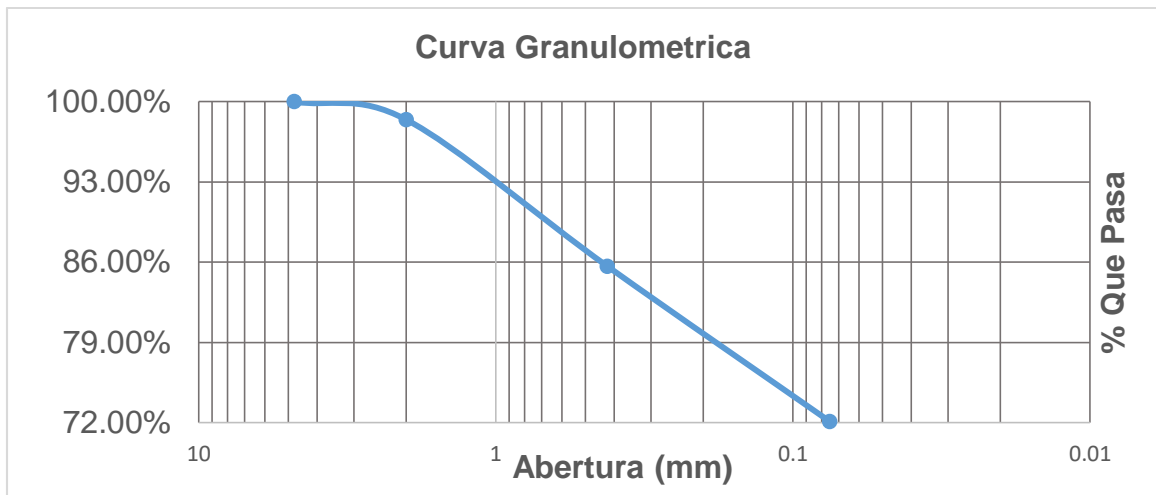
Tabla 14 Granulometría 6 Muestra 2

Tamiz No.	Peso Retenido Parcial (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que pasa
No.4	-	-	-	100.00
No.10	1.30	1.57	1.57	98.43
No.40	10.60	12.80	14.37	85.63
No.200	11.20	13.53	27.90	72.10
PASA No.200	59.70	72.10	100.00	
SUMA	82.80	100.00		

Fuente: Propia

En el ensayo de granulometría del sondeo 6 muestra 2 el porcentaje de limos y arcillas es del 72.10% y de arena es de 27.9%.(Ver tabla completa en Anexo A, tabla 85, Pág.XI)

Gráfica 13: Granulometría Sondeo 6 Muestra 2



Fuente: Propia

Sondeo 7 Muestra 1

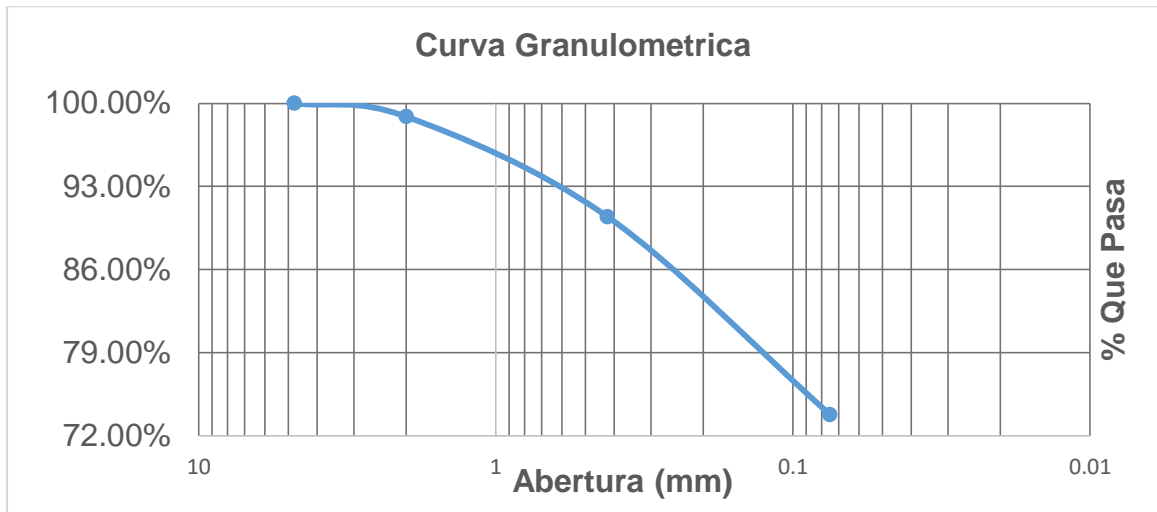
Tabla 15 Granulometría Sondeo 7 Muestra 1

Tamiz No.	Peso Retenido Parcial (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que pasa
No.4	-	-	-	100.00
No.10	1.00	1.12	1.12	98.88
No.40	7.50	8.44	9.56	90.44
No.200	14.80	16.65	26.21	73.79
PASA No.200	65.59	73.79	100.00	0.00
SUMA	88.89	100.00		

Fuente: Propia

En el ensayo de granulometría del sondeo 7 muestra 1 el porcentaje de limos y arcillas es del 73.79% y de arena es de 26.21%. (Ver tabla completa en Anexo A, tabla 86, Pág. XI)

Gráfica 14: Granulometría Sondeo 7 Muestra 1



Fuente: Propia

Sondeo 7 Muestra 2

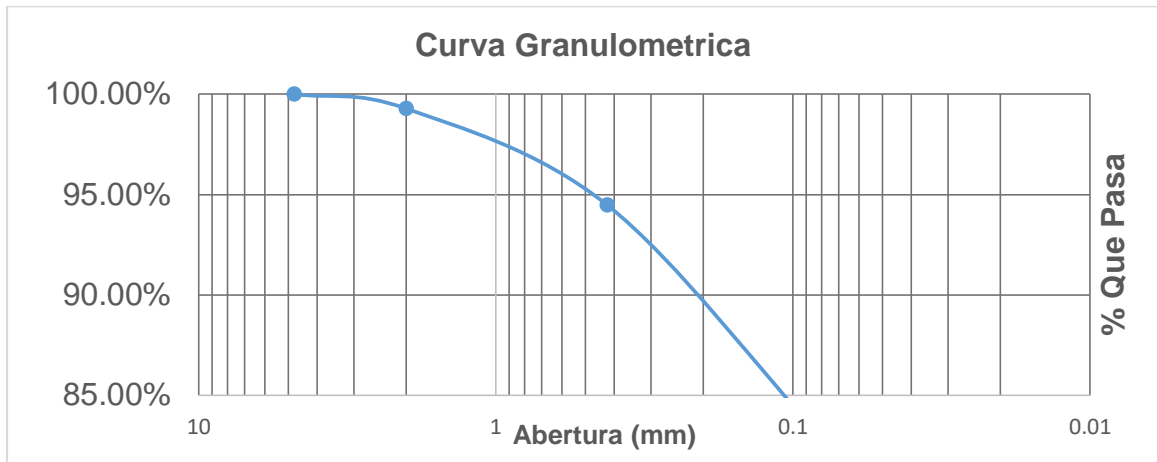
Tabla 16 Granulometría 7 Muestra 2

Tamiz No.	Peso Retenido Parcial (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que pasa
No.40	-	-	-	100.00
No.10	0.60	0.72	0.72	99.28
No.40	4.00	4.82	5.54	94.46
No.200	10.00	12.05	17.59	82.41
PASA No.200	68.40	82.41	100.00	
SUMA	83.00	100.00		

Fuente: Propia

En el ensayo de granulometría del sondeo 7 muestra 2 el porcentaje de limos y arcillas es del 82.41% y de arena es de 17.59%. (Ver tabla completa en Anexo A, tabla 87, Pág. XI)

Gráfica 15: Granulometría Sondeo 7 Muestra 2



Fuente: Propia

3.3.1.2 Ensayo de Límite de Atterberg al suelo natural

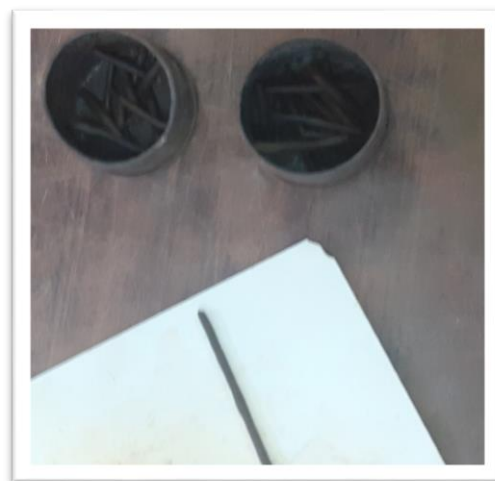
Este ensayo se realizó conforme a las normas AASHTO 89-90 Y ASTM-4318. Antes de ejecutar el ensayo, se procedió a tomar una pequeña muestra con las manos para denotar si el suelo era plástico agregándole un porcentaje de humedad, al haber realizado esta prueba pudimos definir que el Sondeo 5 Muestra 2 es un suelo no plástico, por lo tanto no se procedió a realizar la prueba del límite líquido y límite plástico.

Imagen 3: Ensayo de Límite de Líquido



Fuente: Propia

Imagen 4: Ensayo de límite plástico



Fuente: Propia

A continuación, se muestra los resultados que obtuvimos en el ensaye de Límite de Atterberg con su respectiva tabla y grafica para encontrar el límite liquido de cada muestra que se extrajo en los sondeos manuales.

Sondeo 1 Muestra 1

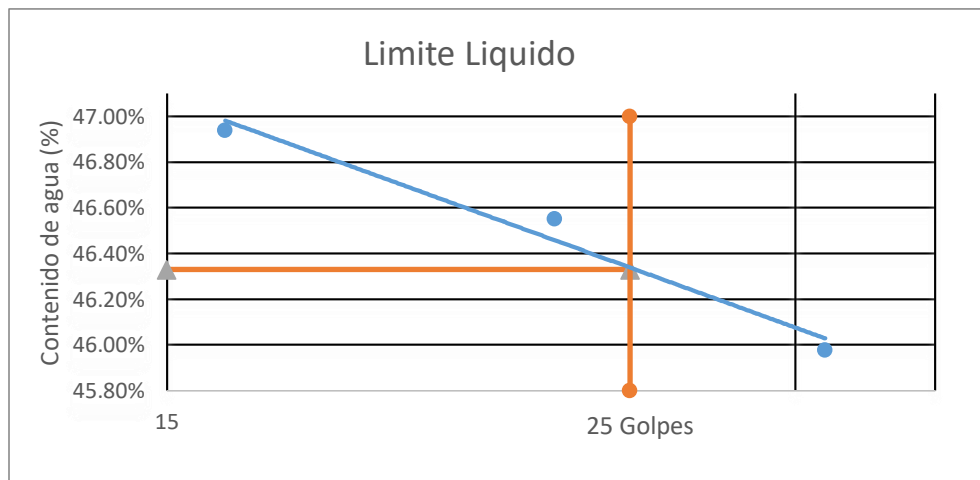
Tabla 17 Limite de Atterberg Sondeo 1 Muestra 1

Límite de Atterberg	
Límite	Valor:
LL	46.33%
LP	35.76%
IP	10.57%

Fuente: Propia

En el ensaye de límite de Atterberg en el Sondeo 1 Muestra 1 tenemos que el Limite Liquido es de 46.33% y el límite Plástico de 35.76% teniendo un Índice de Plasticidad del 10.57% (Ver tabla completa en Anexo A, tabla 88, Pág. XII) con estos datos y lo resultados del ensaye de granulometría podemos clasificar la muestra con la norma AASHTO M-145 y obtuvimos que es un A-7-5.

Gráfica 16: Determinación del Limite Liquido Sondeo 1 Muestra 1



Fuente: Propia

Sondeo 1 Muestra 2

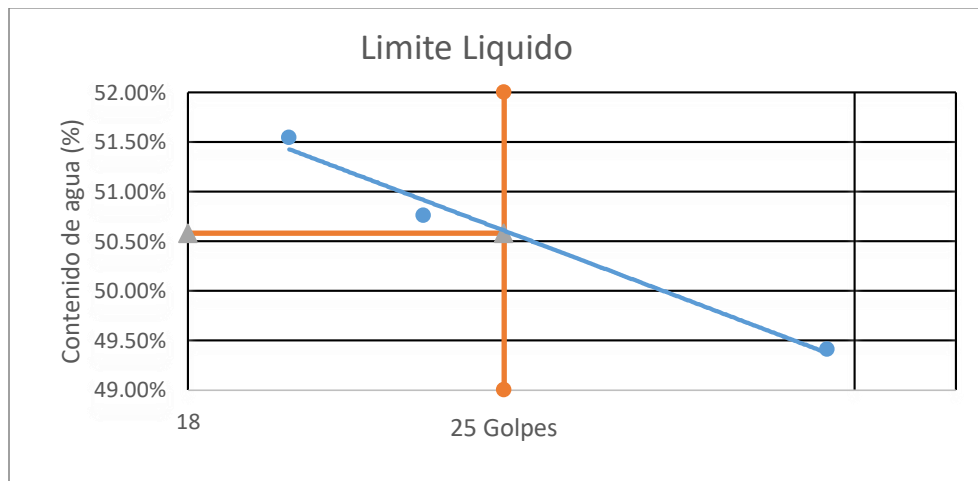
Tabla 18 Limite de Atterberg Sondeo 1 Muestra 2

Límite de Atterberg	
Límite	Valor:
LL	50.52%
LP	34.92%
IP	15.60%

Fuente: Propia

En el ensaye de límite de Atterberg en el Sondeo 1 Muestra 2 tenemos que el Limite Liquido es de 50.52% y el límite Plástico de 34.92% teniendo un Índice de Plasticidad del 15.60%(Ver tabla completa en Anexo A, tabla 89, Pág. XIII) con estos datos y los resultados del ensaye de granulometría se clasifico la muestra con la norma AAHSTO y obtuvimos que es un A-7-5

Gráfica 17: Determinación del límite Liquido Sondeo 1 Muestra 2



Fuente: Propia

Sondeo 2 Muestra 1

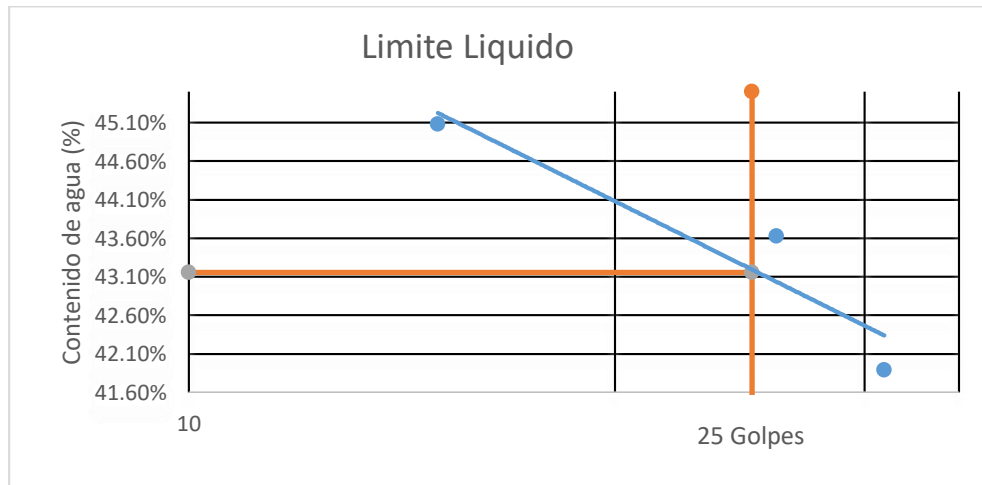
Tabla 19: Limite de Atterberg Sondeo 2 Muestra 1

Límite de Atterberg	
Límite	Valor:
LL	43.12%
LP	34.34%
IP	8.78%

Fuente: Propia

En el ensaye de límite de Atterberg en el Sondeo 2 Muestra 1 tenemos que el Limite Liquido es de 43.12% y el límite Plástico de 34.34% teniendo un Índice de Plasticidad del 8.78% (Ver tabla completa en Anexo A, tabla 90, Pág. XIV) con estos datos y los resultados del ensaye de granulometría se clasifico la muestra con la norma AAHSTO y obtuvimos que es un A-7-5.

Gráfica 18: Determinación del Líquido Sondeo 2 Muestra 1



Fuente: Propia

Sondeo 2 Muestra 2

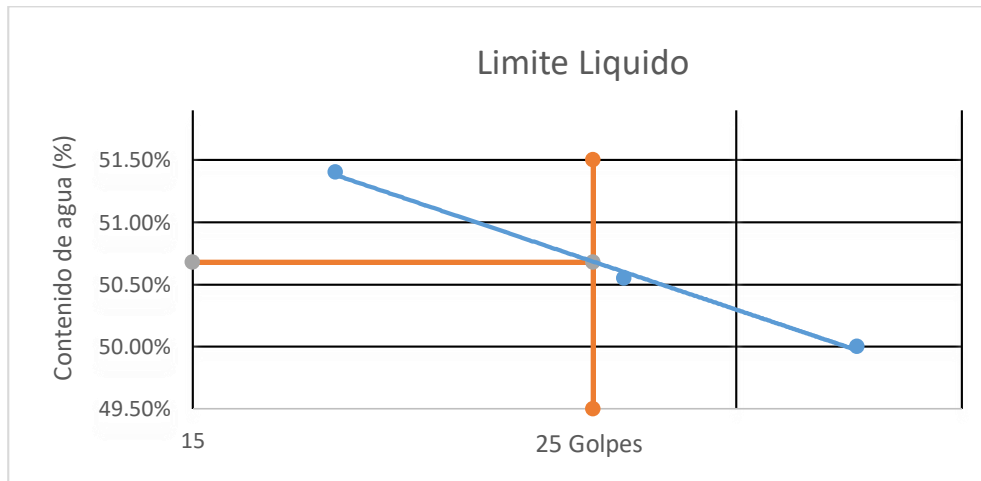
Tabla 20: Limite de Atterberg Sondeo 2 Muestra 2

Límite de Atterberg	
Límite	Valor:
LL	50.74%
LP	36.51%
IP	14.23%

Fuente: Propia

En el ensaye de límite de Atterberg en el Sondeo 2 Muestra 2 tenemos que el Limite Liquido es de 50.74% y el límite Plástico de 36.51% teniendo un Índice de Plasticidad del 14.23% (Ver tabla completa en Anexo A, tabla 91, Pág. XV) con estos datos y los resultados del ensaye de granulometría se clasifico la muestra con la norma AAHSTO y obtuvimos que es un A-7-5.

Gráfica 19: Determinación del Limite Liquido Sondeo 2 Muestra 2



Fuente: Propia

Sondeo 2 Muestra 3

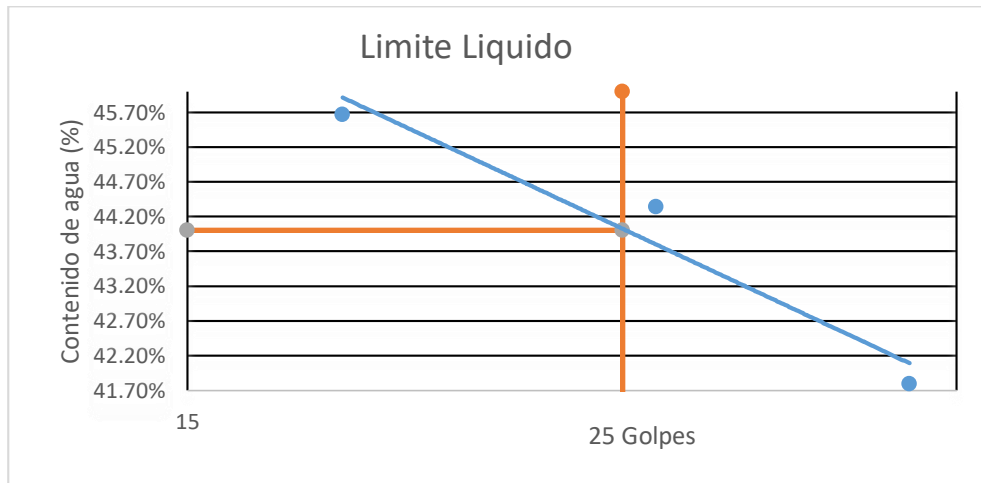
Tabla 21 Limite de Atterberg Sondeo 2 Muestra 3

Límite de Atterberg	
Límite	Valor:
LL	44.17%
LP	27.36%
IP	16.81%

Fuente: Propia

En el ensaye de límite de Atterberg en el Sondeo 2 Muestra 3 tenemos que el Limite Liquido es de 44.17% y el límite Plástico de 27.36% teniendo un Índice de Plasticidad del 16.81% (Ver tabla completa en Anexo A, tabla 92, Pág. XVI) con estos datos y los resultados de granulometría se clasifico la muestra con la norma AAHSTO y obtuvimos que es un A-7-5.

Gráfica 20: Determinación del Limite Liquido Sondeo 2 Muestra 3



Fuente: Propia

Sondeo 3 Muestra 1

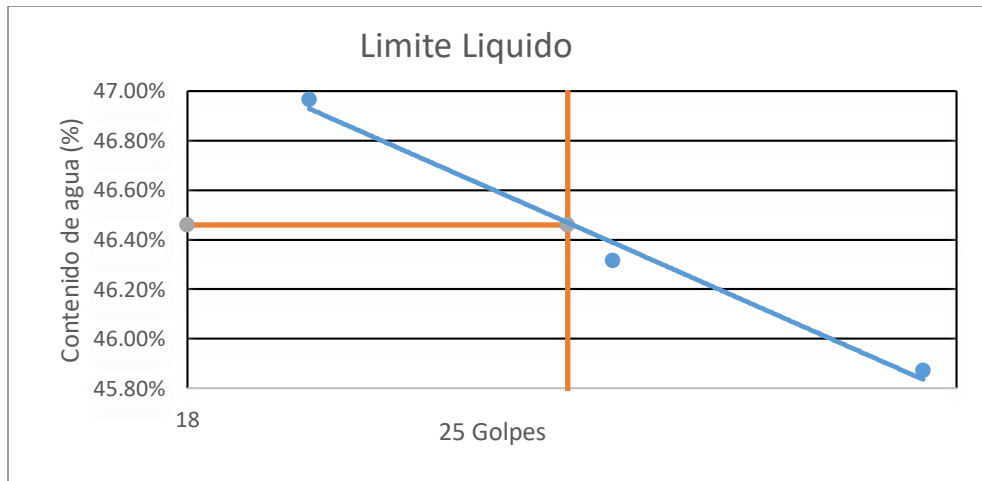
Tabla 22 Limite de Atterberg Sondeo 3 Muestra 1

Límite de Atterberg	
Límite	Valor:
LL	46.45%
LP	38.04%
IP	8.41%

Fuente: Propia

En el ensaye de límite de Atterberg en el Sondeo 3 Muestra 1 tenemos que el Limite Liquido es de 46.81% y el límite Plástico de 38.04% teniendo un Índice de Plasticidad del 8.41% (Ver tabla completa en Anexo A, tabla 93, Pág. XVII) con estos datos y los resultados del ensaye de granulometría se clasifico la muestra con la norma AAHSTO y obtuvimos que es un A-5.

Gráfica 21: Determinación del Limite Liquido Sondeo 3 Muestra 1



Fuente: Propia

Sondeo 3 Muestra 2

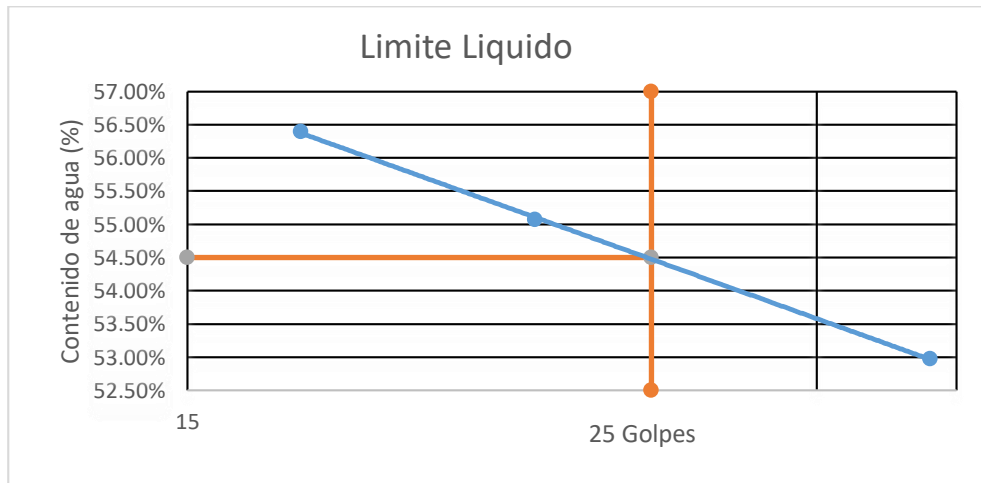
Tabla 23 Limite de Atterberg Sondeo 3 Muestra 2

Límite de Atterberg	
Límite	Valor:
LL	54.53%
LP	32.79%
IP	21.74%

Fuente: Propia

En el ensaye de límite de Atterberg en el Sondeo 3 Muestra 2 tenemos que el Limite Liquido es de 54.53% y el límite Plástico de 32.79% teniendo un Índice de Plasticidad del 21.74% (Ver tabla completa en Anexo A, tabla 94, Pág. XVIII) con estos datos y los resultados del ensaye de granulometría se clasifico la muestra con la norma AAHSTO y obtuvimos que es un A-7-5 .

Gráfica 22: Determinación del Limite Liquido Sondeo 3 Muestra 2



Fuente: Propia

Sondeo 4 Muestra 1

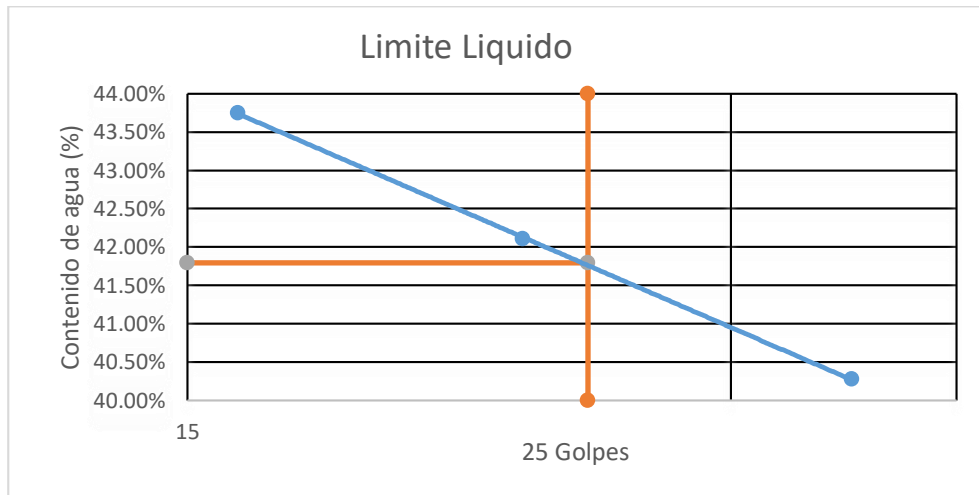
Tabla 24 Limite de Atterberg Sondeo 4 Muestra 1

Límite de Atterberg	
Límite	Valor:
LL	41.87%
LP	30.57%
IP	11.29%

Fuente: Propia

En el ensaye de límite de Atterberg en el Sondeo 4 Muestra 1 tenemos que el Limite Liquido es de 41.87% y el límite Plástico de 30.57% teniendo un Índice de Plasticidad del 11.29% (Ver tabla completa en Anexo A, tabla 95, Pág.XIX) con estos datos y los resultados del ensaye de granulometría se clasificó la muestra con la norma AAHSTO y obtuvimos que es un A-7-5.

Gráfica 23: Determinación del Limite Liquido Sondeo 4 Muestra 1



Fuente: Propia

Sondeo 4 Muestra 2

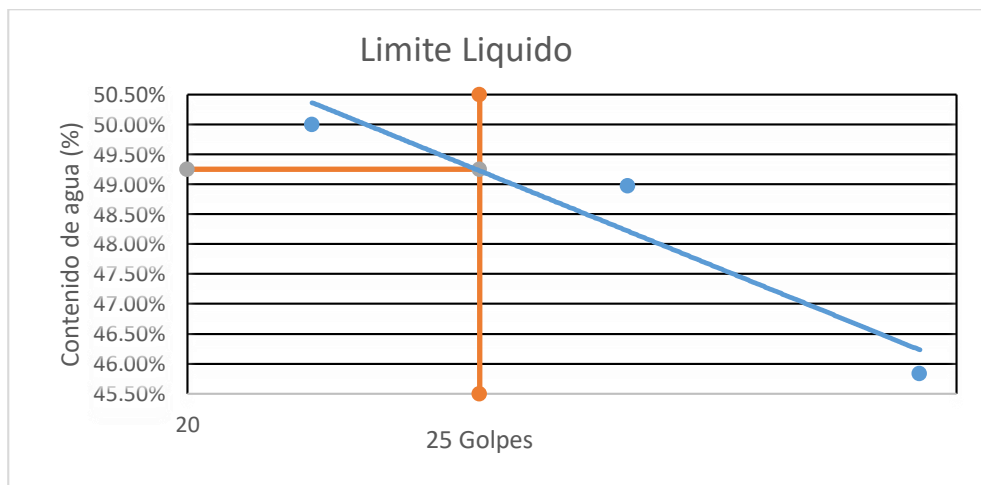
Tabla 25 Limite de Atterberg Sondeo 4 Muestra 2

Límite de Atterberg	
Límite	Valor:
LL	49.26%
LP	30.57%
IP	18.69%

Fuente: Propia

En el ensaye de límite de Atterberg en el Sondeo 4 Muestra 2 tenemos que el Limite Liquido es de 49,26% y el límite Plástico de 30.57% teniendo un Índice de Plasticidad del 18.69% (Ver tabla completa en Anexo A, tabla 96, Pág. XX) con estos datos y los ensayes de granulometría se clasifico la muestra con la norma AAHSTO D-4318 y obtuvimos que es un A-7-5.

Gráfica 24: Determinación del Limite Liquido Sondeo 4 Muestra 2



Fuente: Propia

Sondeo 5 Muestra 1

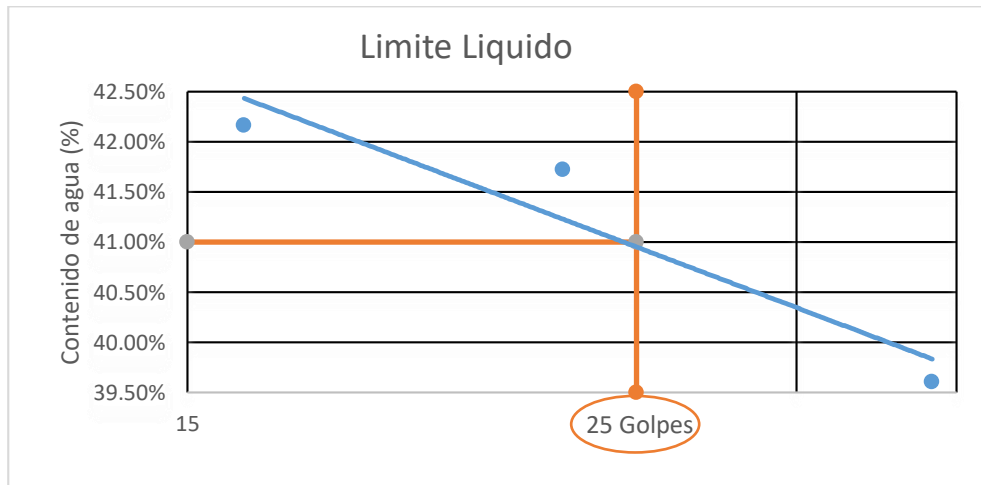
Tabla 26 Limite de Atterberg Sondeo 5 Muestra 1

Límite de Atterberg	
Límite	Valor:
LL	41.03%
LP	36.74%
IP	4.29%

Fuente: Propia

En el ensaye de límite de Atterberg en el Sondeo 5 Muestra 1 tenemos que el Limite Liquido es de 41.03% y el límite Plástico de 36.74% teniendo un Índice de Plasticidad del 4.29% (Ver tabla completa en Anexo A, tabla 97, Pág. XXI) con estos datos y los resultados del ensaye de granulometría se clasifico la muestra con la norma AAHSTO D-4318 y obtuvimos que es un A-5.

Gráfica 25: Determinación del Limite Liquido Sondeo 5 Muestra 1



Fuente: Propia

Sondeo 5 Muestra 2

No tiene plasticidad

Sondeo 6 Muestra 1

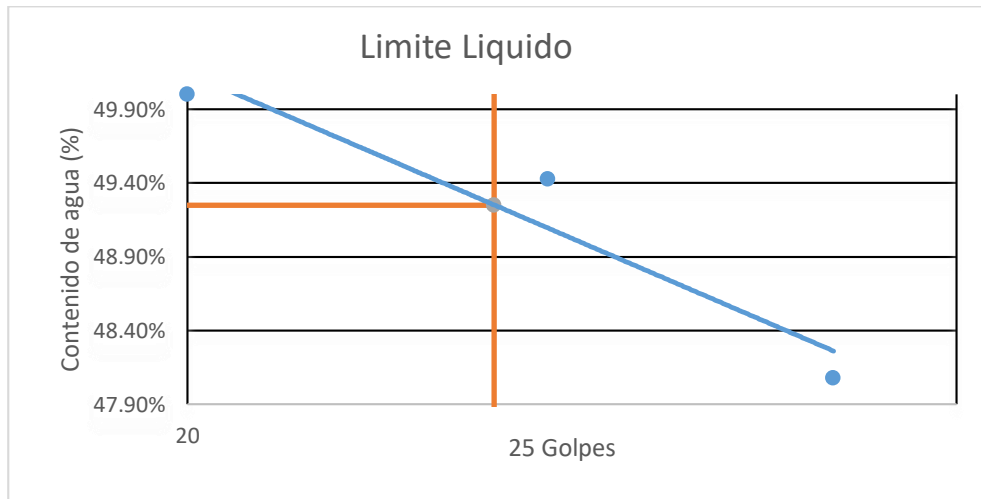
Tabla 27 Limite de Atterberg Sondeo 6 Muestra 1

Límite de Atterberg	
Límite	Valor:
LL	49.28%
LP	29.89%
IP	19.40%

Fuente: Propia

En el ensaye de límite de Atterberg en el Sondeo 6 Muestra 1 tenemos que el Limite Liquido es de 48.28% y el límite Plástico de 29.89% teniendo un Índice de Plasticidad del 19.4% (Ver tabla completa en Anexo A, tabla 98, Pág. XXII) con estos datos y los resultados del ensaye de granulometría se clasifico la muestra con la norma AAHSTO D-4318 y obtuvimos que es un A-7-5.

Gráfica 26: Determinación de Limite Liquido Sondeo 6 Muestra 1



Fuente: Propia

Sondeo 6 Muestra 2

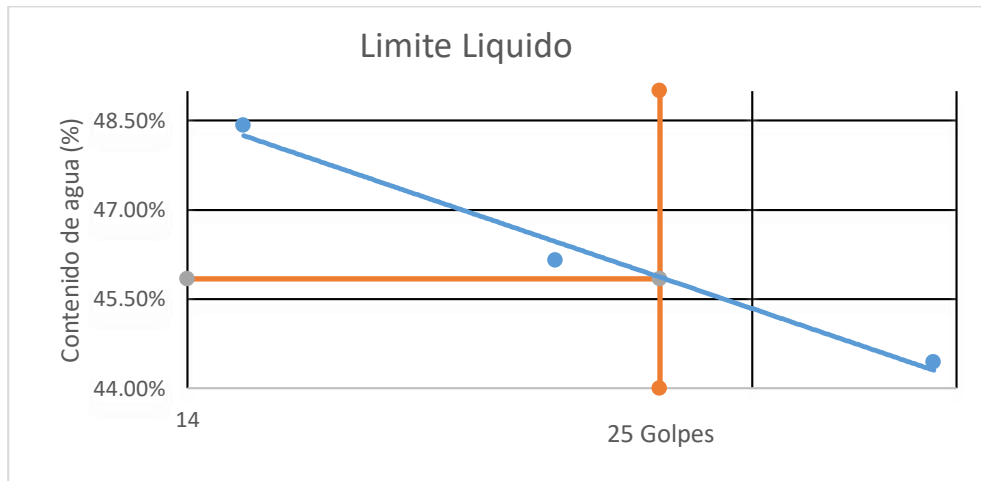
Tabla 28 Limite de Atterberg Sondeo 6 Muestra 2

Límite de Atterberg	
Límite	Valor:
LL	45.73%
LP	29.89%
IP	15.84%

Fuente: Propia

En el ensaye de límite de Atterberg en el Sondeo 6 Muestra 2 tenemos que el Limite Liquido es de 45.73% y el límite Plástico de 29.89% teniendo un Índice de Plasticidad del 15.84% (Ver tabla completa en Anexo A, tabla 99, Pág.XXIII) con estos datos y los resultados del ensaye de granulometría se clasifico la muestra con la norma AAHSTO D-4318 y obtuvimos que es un A-7-5.

Gráfica 27: Determinación del Limite Liquido Sondeo 6 Muestra 2



Fuente: Propia

Sondeo 7 Muestra 1

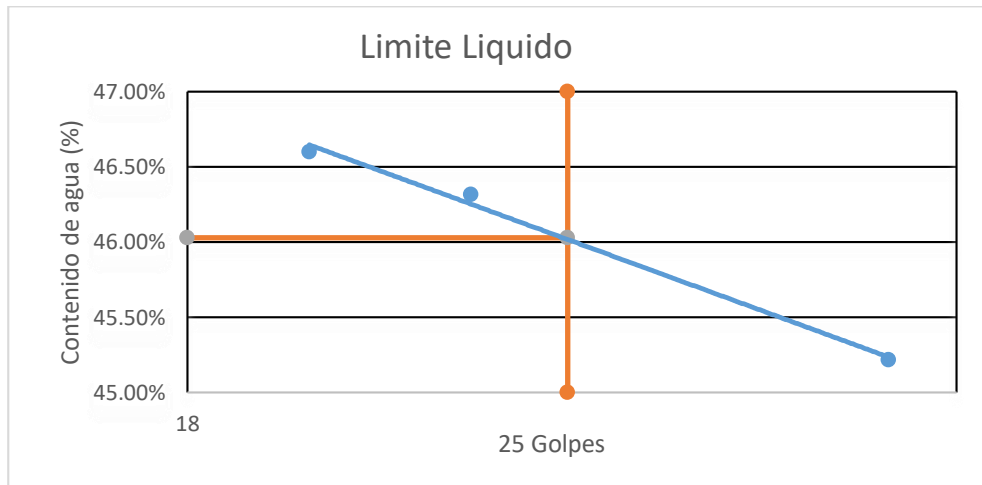
Tabla 29 Limite de Atterberg Sondeo 7 Muestra 1

Límite de Atterberg	
Límite	Valor:
LL	46.09%
LP	31.04%
IP	15.05%

Fuente: Propia

En el ensaye de límite de Atterberg en el Sondeo 7 Muestra 1 tenemos que el Limite Liquido es de 46.09% y el límite Plástico de 31.04% teniendo un Índice de Plasticidad del 15.05% (Ver tabla completa en Anexo A, tabla 100, Pág. XXIV) con estos datos y los resultados del ensaye de granulometría se clasifico la muestra con la norma AAHSTO D-4318 y obtuvimos que es un A-7-5.

Gráfica 28: Determinación del Limite Liquido Sondeo 7 Muestra 1



Fuente: Propia

Sondeo 7 Muestra 2

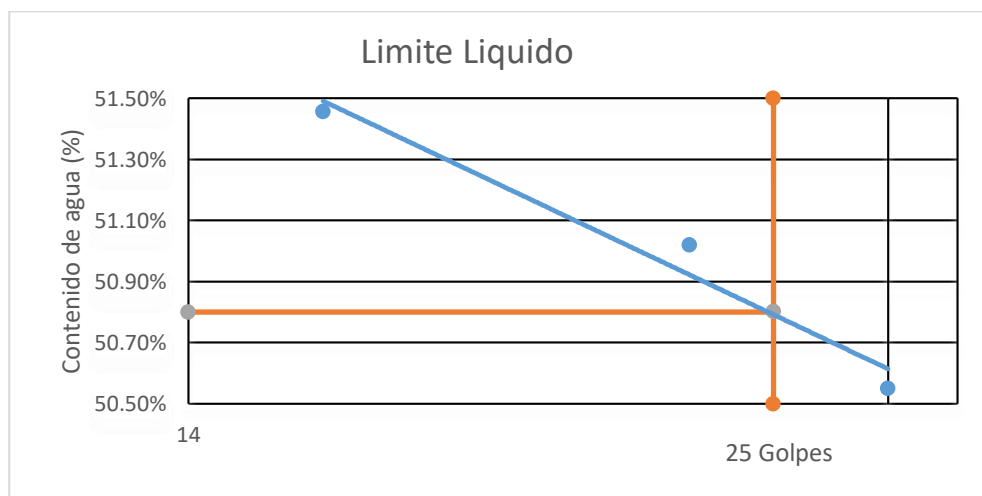
Tabla 30 Limite de Atterberg Sondeo 7 Muestra 2

Límite de Atterberg	
Límite	Valor:
LL	50.69%
LP	29.89%
IP	20.80%

Fuente: Propia

En el ensaye de límite de Atterberg en el Sondeo 7 Muestra 2 tenemos que el Limite Liquido es de 50.69% y el límite Plástico de 29.89% teniendo un Índice de Plasticidad del 20.80% (Ver tabla completa en Anexo A, tabla 101, Pág. XV) con estos datos y los resultados del ensaye de granulometría se clasifico la muestra con la norma AAHSTO D-4318 y obtuvimos que es un A-7-5.

Gráfica 29: Determinación del Limite Liquido Sondeo 7 Muestra 2



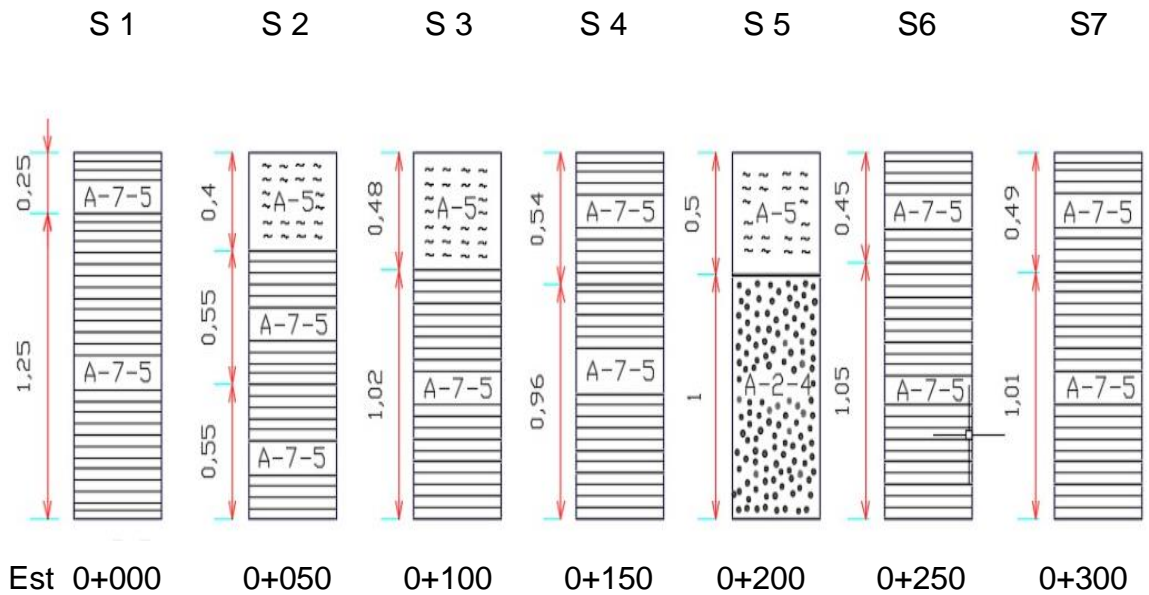
Fuente: Propia

Tabla 31: Tabla resumen de los sondeos

Sondeo	Profundidad (m)	% de Arcilla	LL	LP	IP	Clasificación AASHTO
S1-M1	0.25	75.15	46.33	35.76	10.57	A-7-5
S1-M2	1.25	72.2	50.52	34.92	15.60	A-7-5
S2-M1	0.4	80.55	43.12	34.34	8.78	A-5
S2-M2	0.55	74.32	50.74	36.51	14.23	A-7-5
S2-M3	0.55	48.46	44.17	27.36	16.81	A-7-5
S3-M1	0.48	75.47	46.45	38.04	8.41	A-5
S3-M2	1.02	80.91	54.53	32.79	21.74	A-7-5
S4-M1	0.54	79.09	41.87	30.57	11.29	A-7-5
S4-M2	0.96	83.55	49.26	30.57	18.69	A-7-5
S5-M1	0.5	70.08	41.03	36.74	4.29	A-5
S5-M2	1	23.05	NP			A-2-4
S6-M1	0.45	76.81	49.28	29.89	19.40	A-7-5
S6-M2	1.05	72.58	45.73	29.89	15.84	A-7-5
S7-M1	0.49	73.11	46.09	31.04	15.05	A-7-5
S7-M2	1.01	82.65	50.69	29.89	20.80	A-7-5

Fuente: Propia

Imagen 5 Columnas estratigráficas



Fuente: Propia

Después de realizar el ensaye el, imite de Atterberg y granulometría a las 15 muestras se clasifico el suelo y procedimos a realizar la mezcla de todas las muestras que tuvieran la misma clasificación en este caso decidimos trabajar con el tipo de suelo A-7-5 debido a que predomina más en el sitio y porque es el tipo de suelo que da mayor problema en la construcción. Y es a la que se le realizará los siguientes ensayes para encontrar el porcentaje óptimo de estabilizante.

Imagen 6: Agrupación de las muestras A-7-5



Fuente: Propia

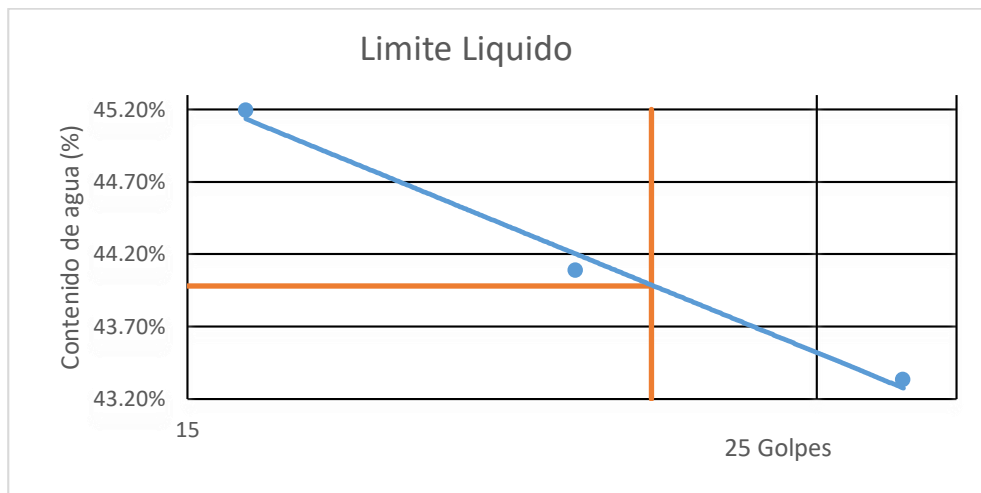
3.3.1.3 Ensaye del Límite de Atterberg al suelo natural A-7-5

Tabla 32: Ensaye de límite de Atterberg al suelo natural A-7-5

Límite de Atterberg	
Límite	Valor:
LL	43.89%
LP	28.00%
IP	15.89%

Fuente: Propia (Ver tabla completa en Anexo A, tabla 102, Pág. XXVI)

Gráfica 30: Determinación del Límite líquido para el suelo A-7-5



Fuente Propia

3.3.1.4 Ensaye de Próctor estándar al suelo natural A-7-5

Para el ensayo del Próctor estándar, utilizamos la norma ASTM D- 698 –91 la que nos indica como poder utilizar los equipos y el material. Esta norma nos ayuda a obtener una densidad seca a través de una compactación con un aumento de humedad. Al pasar el 100% del material en el tamiz No.4 y ser un material bastante arcilloso como lo reflejo el ensayo de Atterberg, pudimos optar y ejecutar por el método A de la norma ya antes mencionada.

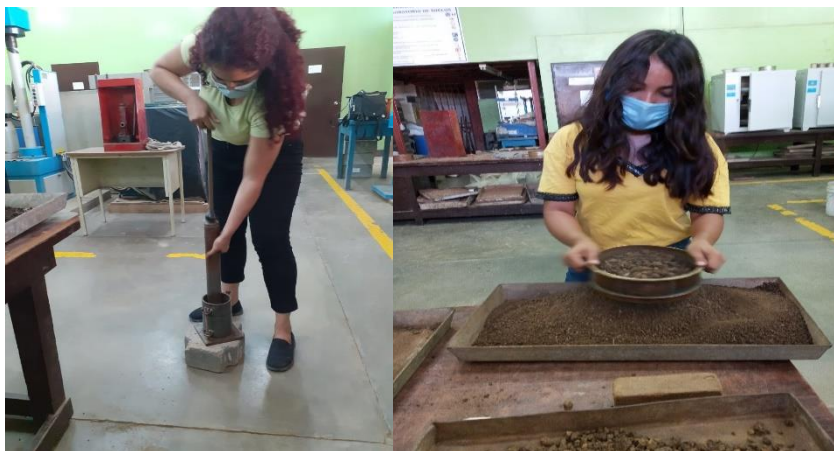
La compactación es la solidificación del suelo por la eliminación de aire lo que requiere la energía mecánica y el agua que actúa como agente suavizante sobre las partículas de suelo. Para este ensaye se realizaron 6 puntos para encontrar el valor de la densidad seca máxima y la humedad óptima. Como se puede apreciar en la tabla No 31. El peso del material + molde va aumentando a medida que se aumenta el contenido de humedad y después disminuye al aumentar gradualmente la humedad esto pasa debido a que el agua llena los espacios que han sido ocupado por las partículas sólidas y es aquí cuando se deja de realizar más puntos. (Ver tabla completa en Anexo A, tabla 104, Pág. XXVIII)

Tabla 33: Recolección de datos del ensaye de Próctor estándar en el laboratorio

Ensayo No.	1	3	4	5	6
Volumen del cilindro (m³)	0.000944	0.000944	0.000944	0.000944	0.000944
Peso del molde cilíndrico (Kg)	4.28	4.28	4.28	4.28	4.28
Peso del material + molde cilíndrico (Kg)	5.78	5.93	6.00	6.02	5.98

Fuente: Propia

Imagen 7: Tamizado y compactación de la muestra para el ensaye del Próctor estándar



Fuente: Propia

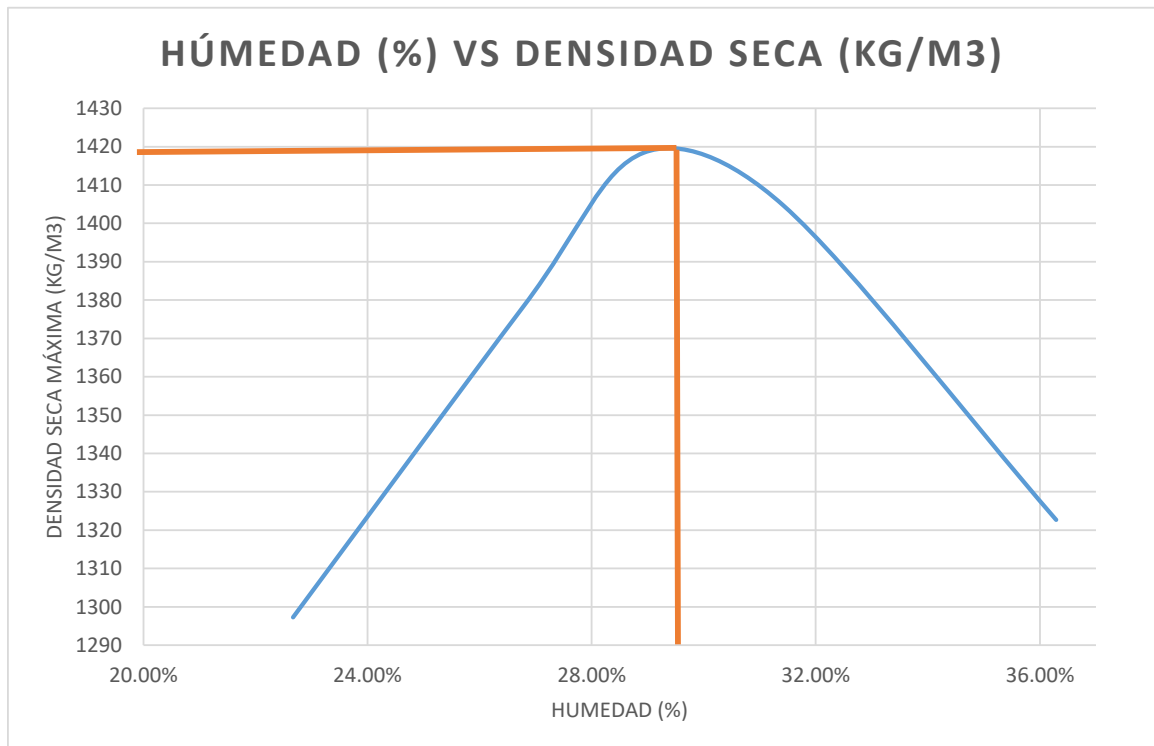
A continuación en la tabla No 32 se muestra los valores calculados de los % de humedad, peso volumétrico húmedo y peso volumétrico seco y posterior la gráfica No 31 donde muestra la Humedad vs peso volumétrico seco para encontrar la humedad óptima y el peso volumétrico seco máximo.

Tabla 34: Resultados obtenidos del ensaye de Próctor estándar.

% de Humedad	22.67%	26.79%	28.93%	31.42%	36.29%
Peso Volumétrico Húmedo (Kg/m³)	1591.42	1747.78	1828.71	1846.08	1802.65
Peso Volumétrico Seco (Kg/m³)	1297.30	1378.47	1418.36	1404.69	1322.64

Fuente: Propia

Gráfica 31: Humedad VS Densidad seca



Fuente: Propia

3.3.1.5 Ensayo de Valor relativo de soporte al suelo natural A-7-5(CBR)

Este método de ensayo se utiliza para evaluar la resistencia potencial resistencia del material de la subbrasante, la subbase y la capa de base. Los valores del CBR obtenido en este ensayo son fundamental para los diferentes tipos de pavimento flexibles. El peso unitario seco especificado es normalmente el porcentaje mínimo de compactación permitido por la norma ASTM D-1883.

El procedimiento que se sigue para el ensayo del CBR son tres: preparación de la muestra, elaboración del espécimen, inmersión y determinación de la resistencia a la penetración, todo esto se detalla en la norma.

Imagen 8: Compactación de la muestra y lectura del ensayo CBR



Fuente: Propia

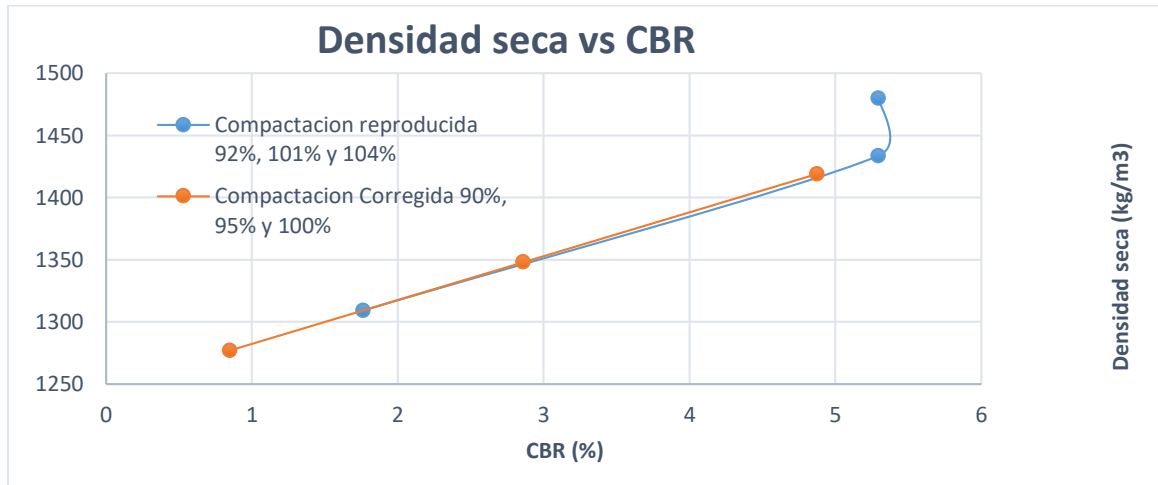
Tabla 35 Valor relativo de soporte (CBR) del suelo natural A-7-5

Ensayo de compactación	Golpes 10	Golpes 25	Golpes 56
Wmuestra compactada	3.4	3.8	3.8
Densidad H (kg/m3)	1657.74	1849.11	1872.55
Wagua	37.7	47.7	25.5
Wseca	141.7	164.7	96.2
Humedad (%)	26.61	28.96	26.51
Densidad seca (kg/m3)	1309.37	1433.85	1480.19
Li	0	0	0
Lf	1.17	1.13	0.92
Hinchamiento %	10.3540%	10.08929%	8%
CBR (%)	1.77	5.30	5.30
Compactación	92%	101%	104%
CBR Corregido			
CBR % 0.1"	0.85	2.86	4.87
Compactación	90%	95%	100%
Densidad seca (kg/m3)	1277.10	1348.05	1419.00

Fuente: Propia

Los valores de CBR estándar encontrado en el suelo de natural al 90% de compactación a 0.1" de penetración es de 0.85, en 95% grado de compactación fue de 2.86 y para el 100% obtuvimos un valor de 4.87.

Gráfica 32: Densidad Seca vs CBR del suelo natural A-7-5



Fuente: Propia

3.3.1.6 Ensaye de Resistencia a la compresión no confinada al suelo natural A-7-5.

Se ensayaron 3 especímenes del suelo natural A-7-5, cada espécimen se preparó con tres capas y cada capa recibió 25 golpes con el pistón de 2.5 kg, como resultado se encontró un esfuerzo promedio de 2.27 Kg/Cm² como se puede ver en la tabla no.36 (ver tabla completa en anexo A, pág. XXIX-XXX). El factor de conversión de la maquina CBR es 52.95 lb/lectura.

Tabla 36: Esfuerzos del suelo natural A-7-5

Especímen		1	2	3
Estabilizante %		0%	0%	0%
Lectura		8	7	8
Carga (lb)		423.60	370.65	423.60
Área (in2)		12.57	12.57	12.57
Esfuerzo	PSI	33.70	29.49	33.70
	Kg/cm2	2.37	2.07	2.37
Esfuerzo promedio		2.27		

Fuente: Propia

3.3.1.7 Determinación del porcentaje óptimo de estabilizantes utilizados en este estudio.

En esta investigación se utilizó cemento y cal como estabilizante, usando diferentes porcentajes de agente con el fin de encontrar el porcentaje óptimo y obtener mejoras en las propiedades del suelo en estudio. Se tomaron 3 dosificaciones de agente para cal y cemento de 8%,13% y 18%, para la elección de estos porcentajes nos basamos de siguiente tabla que especifica el porcentaje recomendado de cemento de acuerdo a su tipo de suelo (ver tabla 103 en Anexo A, Pág. XXVII).

Los ensayos que se realizaron para las muestras con agente son: Límites de Atterberg, Valor Relativo Soporte (CBR) y Resistencia a la compresión simple no confinada y con este ensaye debe de cumplir con las especificaciones de resistencia, la cual es de 21 Kg/cm² (norma I.N.V E-614).

3.3.2.1 Procedimiento para calcular el peso de los materiales para el ensaye de resistencia a la compresión no confinada.

Se calcula para tres probetas de cilindros Próctor.

1. De la densidad seca máxima y humedad óptima se obtiene el % corregido de estabilizante.

$$PSS = \frac{\text{Densidad Seca maxima}}{1 + \frac{\%estabilizante}{100}}$$

PSC= Peso del suelo Seco

2. La cantidad de suelo seco por espécimen será de:

$$Pesp = \frac{PSC \cdot 0.944}{1000}$$

3. Para encontrar la cantidad de suelo requerido para las probetas se multiplica por 3 para fabricar las 3 que se necesitan para el ensaye. A esta cantidad se le adiciona el 15% como desperdicio.
4. Determinación de la cantidad de estabilizante (Ce).

$$Ce = \text{cantidad total de suelo} \times \% \text{ de estabilizante en tanto por ciento}$$

Cantidad de agua añadir

$$Aa = \frac{Wt(W_{opt} - W_{nat})}{(1 + wat) \times \gamma_w}$$

Donde:

Aa=agua a añadir

Wt=peso total de la muestra a ensayar

Wopt=Humedad optima del material obtenido del Próctor.

Wnat=Humedad natural del suelo

γ_w = Densidad del agua

Los resultados de este procedimiento se utilizan para los 2 tipos de estabilizantes.

Tabla 37: Peso para los especímenes con estabilizante

% Estabilizante	8%	13%	18%
Peso muestra (g)	4279.07	4089.734	3916.44
Ce (kg)	342.33	531.67	704.959
Aa (ml)	1252.48	1197.07	1146.34

Fuente: Propia

3.3.1.2 Resultados de los ensayos para el 8% de Cemento.

3.3.1.2.1 Ensaye de Límite de Atterberg

Imagen 9: Tamizado del suelo natural con estabilizante para el ensaye de límite líquido



Fuente: Propia

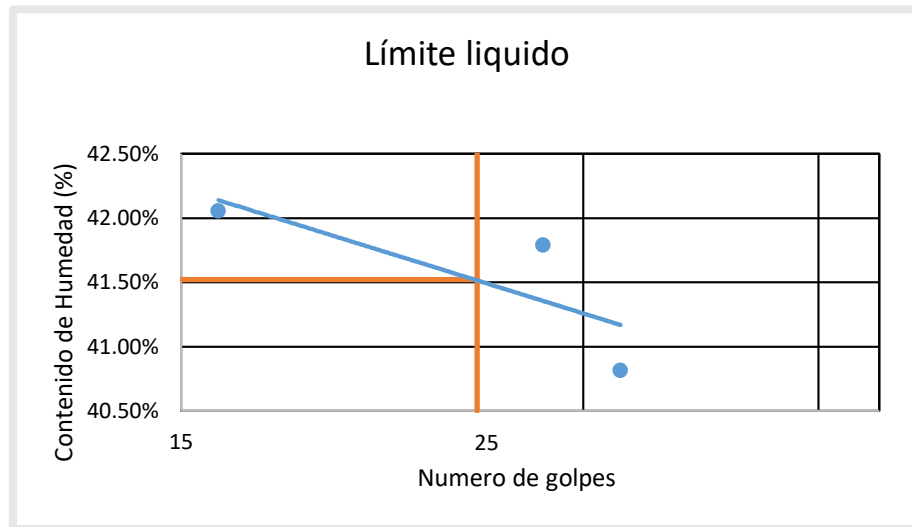
Tabla 38: Límite de Atterberg del suelo A-7-5 con 8% de cemento

Límite de Atterberg con 8% Cemento	
Límite	Valor:
LL	41.52%
LP	34.95%
IP	6.57%

Fuente: Propia

En el ensaye de límite de Atterberg para el 8% de Cemento, tenemos que el Límite Líquido es de 41.52% y el límite Plástico de 34.95% teniendo un Índice de Plasticidad del 6.57%. (Ver tabla completa en anexo A, pág. XXXII)

Gráfica 33: Determinación del Límite Líquido del suelo A-7-5 con 8% de cemento



Fuente: Propia

3.3.1.2.2 Ensaye de resistencia a la compresión no confinada

Imagen 10: Ensaye de resistencia a la compresión no confinada



Fuente: Propia

Tabla 39: Esfuerzos del suelo A-7-5 con 8% de cemento

Espécimen	1	2	3	
Estabilizante %	8	8	8	
Lectura	37	35	37	
Carga (lb)	1959.15	1853.25	1959.15	
Área (in ²)	12.57	12.57	12.57	
Esfuerzo	PSI	155.86	147.43	155.86
	Kg/cm ²	10.96	10.37	10.96
Esfuerzo promedio	10.76			

Fuente: Propia

Se ensayaron 3 especímenes con el 8% de Cemento se encontró un esfuerzo promedio de 10.76 Kg/Cm². ver tabla completa en anexo A, tabla 126 pág.L)

3.3.1.2.3 Ensaye de Valor Relativo Soporte (CBR)

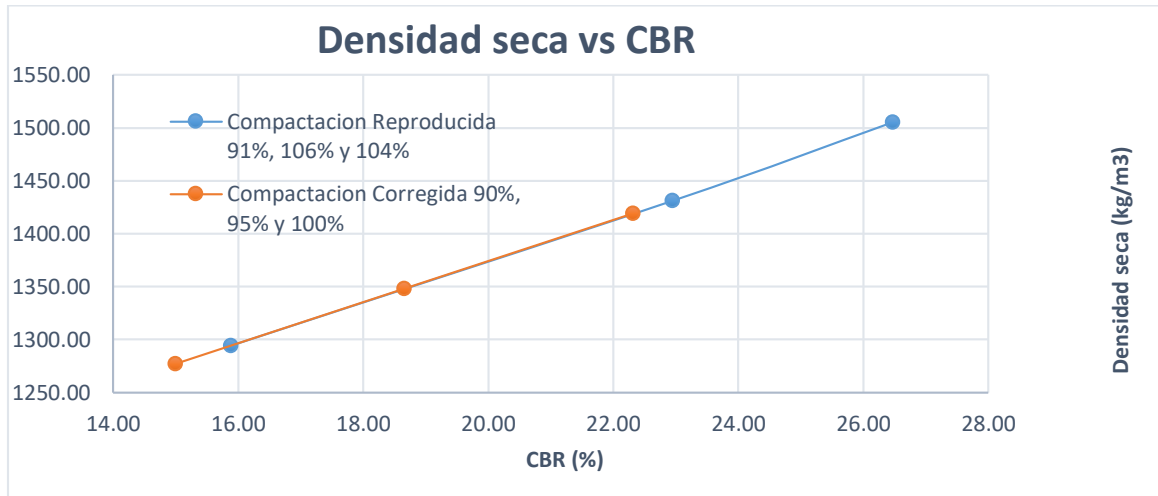
Tabla 40: Valor Relativo Soporte (CBR) del suelo A-7-5 con 8% de cemento

Ensayo de compactación	Golpes 10	Golpes 25	Golpes 56
Wmuestra compactada	3.3	3.7	3.9
Densidad H (kg/m ³)	1619.26	1807.95	1887.05
Wagua	43.9	34.1	37.9
Wseca	174.9	129.5	149.5
Humedad (%)	25.10	26.33	25.35
Densidad seca (kg/m ³)	1294.37	1431.11	1505.41
Li	0	0	0
Lf	1.02	0.99	0.87
Hinchamiento %	9%	9%	8%
CBR (%)	15.89	22.95	26.48
Compactación	91%	101%	106%
CBR Corregido			
CBR % 0.1"	14.99	18.66	22.32
Compactación	90%	95%	100%
Densidad seca (kg/m ³)	1277.10	1348.05	1419.00

Fuente: Propia

Los valores de CBR encontrado en el suelo con 8% de Cemento al 90% de compactación a 0.1" de penetración es de 14.99, en 95% de compactación fue de 18.66 y para el 100% obtuvimos un valor de 22.32.(Ver tabla completa en anexo A, tabla 108, pág.XXXII)

Gráfica 34: Densidad seca vs CBR del suelo A-7-5 con 8% de cemento



Fuente: Propia

3.3.1.3 Resultados de los ensayos para el 13% de Cemento

3.3.1.3.1 Ensayo de Límite de Atterberg

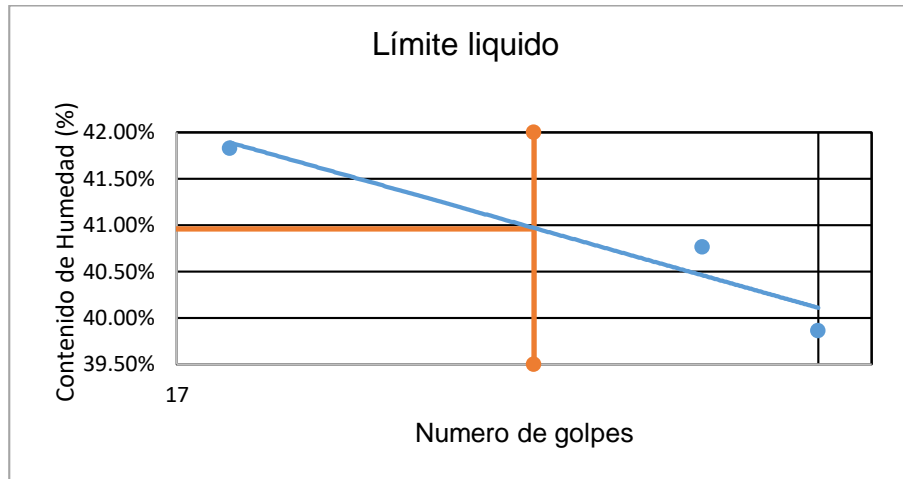
Tabla 41: Límite de Atterberg del suelo A-7-5 con el 13% de cemento

Límite de Atterberg con 13% Cemento	
Limite	Valor:
LL	40.99%
LP	35.00%
IP	5.99%

Fuente: Propia

En el ensayo de límite de Atterberg para el 13% de Cemento, tenemos que el Limite Liquido es de 40.99% y el límite Plástico de 35% teniendo un Índice de Plasticidad del 5.99%. (Ver tabla completa en anexo A, tabla 111, pág. XXXV)

Gráfica 35: Determinación del Límite Líquido del suelo A-7-5 con 13% de cemento



Fuente: Propia

3.3.1.3.2 Ensaye de Resistencia a la compresión no confinada

Tabla 42: Esfuerzos del suelo A-7-5 con 13% de cemento

Espécimen	1	2	3	
Estabilizante %	13%	13%	13%	
Lectura	54	55	54	
Carga (lb)	2859.30	2912.25	2859.30	
Área (in ²)	12.57	12.57	12.57	
Esfuerzo	PSI	227.47	231.68	227.47
	Kg/cm ²	16.00	16.29	16.00
Esfuerzo promedio	16.10			

Fuente: Propia

Se ensayaron 3 especímenes con el 13% de Cemento se encontró un esfuerzo promedio de 16.10 Kg/Cm².(Ver tabla completa en anexo A, tabla 128, pág. LI)

3.3.1.3.3 Ensaye de Valor Relativo de Soporte (CBR)

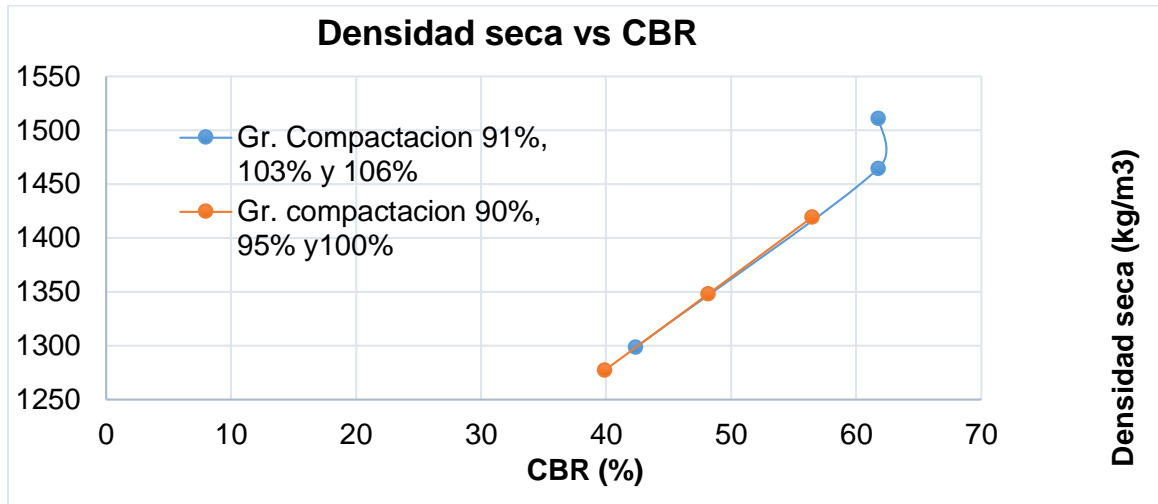
Tabla 43: Valor Relativo Soporte (CBR) del suelo A-7-5 con 13% de cemento

Ensayo de compactación	Golpes 10	Golpes 25	Golpes 56
Wmuestra compactada (kg)	3.4	3.7	3.9
Densidad Húmeda (kg/m ³)	1652.41	1843.55	1885.68
Wagua	42.6	33.3	31.6
Wseca	156.1	128.6	127.3
Humedad (%)	27.29	25.89	24.82
Densidad seca (kg/m ³)	1298.15	1464.36	1510.68
Li	0	0	0
Lf	0.96	0.34	0.24
Hinchamiento %	8%	3%	2%
CBR (%)	42.36	61.78	61.78
Compactación	91%	103%	106%
CBR Corregido			
CBR % 0.1"	39.9	48.19	56.48
Compactación	90%	95%	100%
Densidad seca (kg/m ³)	1277.10	1348.05	1419

Fuente: Propia

Los valores de CBR encontrado en el suelo con 13% de Cemento al 90% de compactación a 0.1" de penetración es de 38.9, en 95% de compactación fue de 48.19 y para el 100% obtuvimos un valor de 56.48. (Ver tabla completa en anexo A, tabla 115 -116, pág. XXXVI-XXXVII)

Gráfica 36: Densidad Seca vs CBR del suelo A-7-5 con 13% de cemento



Fuente: Propia

3.3.1.4 Resultados de los ensayos para el 18% de cemento

3.3.1.4.1 Ensaye de Límite de Atterberg

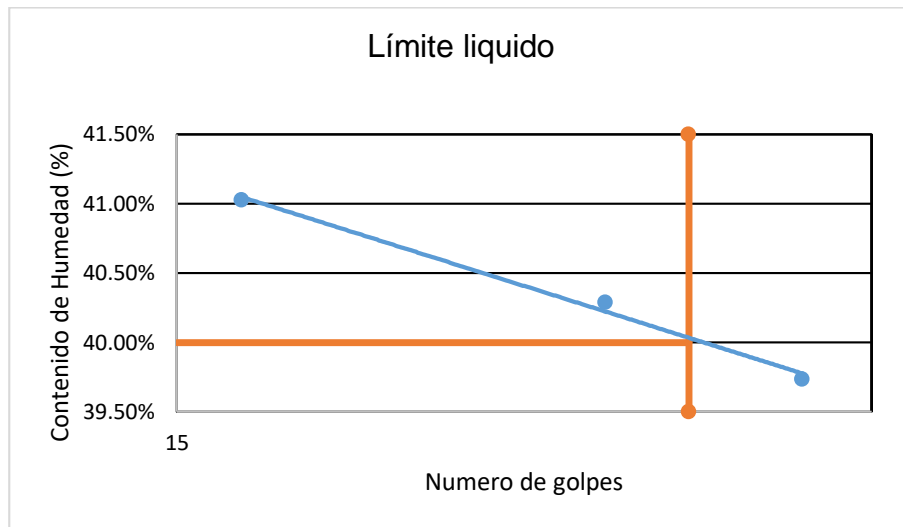
Tabla 44: Límite de Atterberg del suelo A-7-5 con 18% de cemento

Límite de Atterberg con 18% Cemento	
Limite	Valor:
LL	39.02%
LP	35.94%
IP	4.01%

Fuente: Propia

En el ensaye de límite de Atterberg para el 18% de Cemento, tenemos que el Limite Liquido es de 39.02% y el límite Plástico de 35.94% teniendo un Índice de Plasticidad del 4.01%. (Ver tabla completa en anexo A, tabla 114, pág. XXXVIII)

Gráfica 37: Determinación del Límite Líquido del suelo A-7-5 con 18% de cemento



Fuente: Propia

3.3.1.4.2 Ensayo de Resistencia a la compresión no confinada

Tabla 45: Esfuerzos del suelo A-7-5 con 18% de cemento

Espécimen	1	2	3	
Estabilizante %	18%	18%	18%	
Lectura	72	72	71	
Carga (lb)	3812.40	3812.40	3759.45	
Área (in ²)	12.57	12.57	12.57	
Esfuerzo	PSI	303.29	303.29	299.08
	Kg/cm ²	21.33	21.33	21.03
Esfuerzo promedio	21.23			

Fuente: Propia

Se ensayaron 3 especímenes con el 18% de Cemento se encontró un esfuerzo promedio de 21.23 Kg/Cm². (Ver tabla completa en anexo A, tabla 129, pág. LI)

3.3.1.4.3 Ensayo de Valor Relativo de Soporte (CBR)

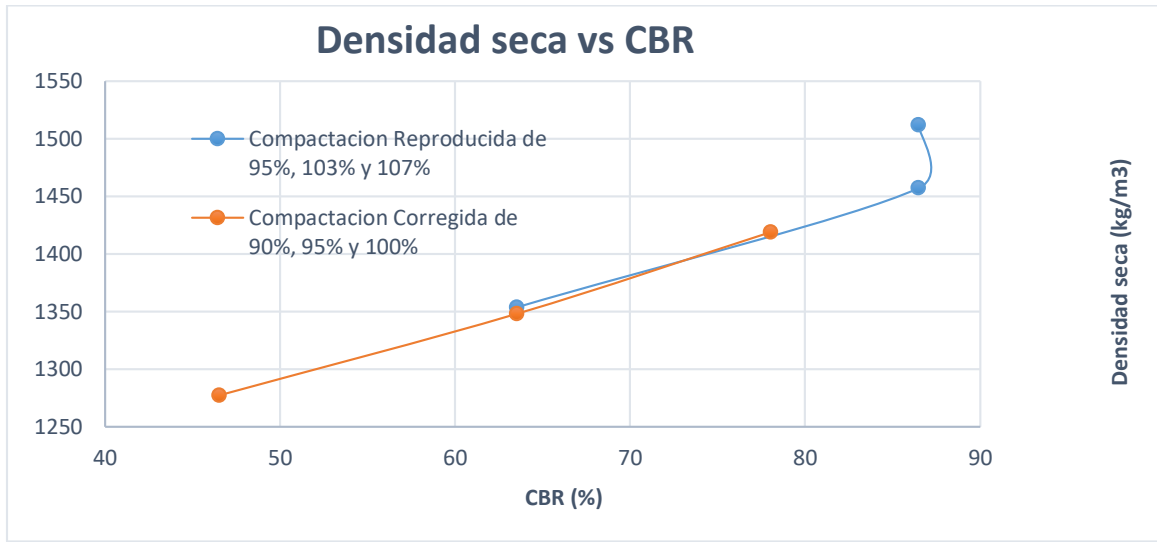
Tabla 46: Valor Relativo de Soporte (CBR) del suelo A-7-5 con 18% de cemento

Ensayo de compactación	Golpes 10	Golpes 25	Golpes 56
Wmuestra compactada	3.5	3.7	3.9
Densidad H (kg/m ³)	1698.98	1815.63	1899.89
Wagua	21.5	32.7	41.6
Wseca	84.3	132.9	162.2
Humedad (%)	25.50	24.60	25.65
Densidad seca (kg/m ³)	1353.72	1457.11	1512.08
Li	0	0	0
Lf	0.8	0.35	0.26
Hinchamiento %	7%	3%	2%
CBR (%)	63.54	86.49	86.49
Compactación	95%	103%	107%
CBR Corregido			
CBR % 0.1"	46.54	63.54	78.03
Compactación	90%	95%	100%
Densidad seca (kg/m ³)	1277.10	1348.05	1419

Fuente: Propia

Los valores de CBR encontrado en el suelo con 18% de Cemento al 90% de compactación a 0.1" de penetración es de 46.54, en 95% de compactación fue de 63.54 y para el 100% obtuvimos un valor de 78.03. (Ver tabla completa en anexo A, tabla 115-116, pág. XXXIX-XL)

Gráfica 38: Densidad vs CBR del suelo A-7-5 con 18% de cemento



Fuente: Propia

3.3.1.5 Resultados de los ensayos para el 8% de Cal

3.3.1.5.1 Ensayo de Límite de Atterberg

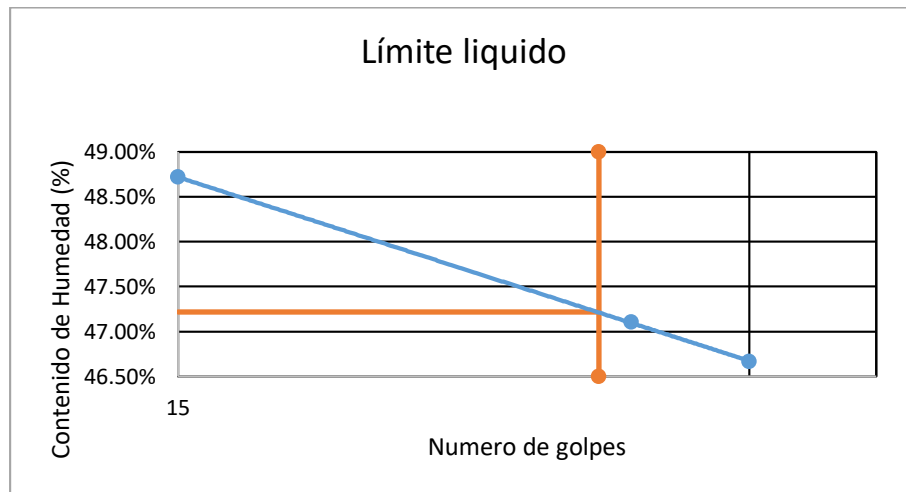
Tabla 47: Límite de Atterberg del suelo A-7-5 con 8% de Cal

Límite de Atterberg con 8% Cal	
Limite	Valor:
LL	47.22%
LP	43.44%
IP	3.78%

Fuente: Propia

En el ensayo de límite de Atterberg para el 8% de cal, tenemos que el Limite Liquido es de 47.22% y el límite Plástico de 43.44% teniendo un Índice de Plasticidad del 3.78%. (Ver tabla completa en anexo A, tabla 117, pág. XLI)

Gráfica 39: Determinación del Límite Líquido del suelo A-7-5 con 8% de Cal



Fuente: Propia

3.3.1.5.2 Ensaye de Resistencia a la compresión no confinada

Tabla 48: Esfuerzos del suelo A-7-5 con 8% de Cal

Especimen		1	2	3
Estabilizante %		8%	8%	8%
Lectura		17	16	17
Carga (lb)		900.15	847.20	900.15
Área (in2)		12.57	12.57	12.57
Esfuerzo	PSI	71.61	67.40	71.61
	Kg/cm2	5.04	4.74	5.04
Esfuerzo promedio		4.94		

Fuente: Propia

Se ensayaron 3 especímenes con el 8% de cal se encontró un esfuerzo promedio de 4.94 Kg/Cm². (Ver tabla completa en anexo A, tabla 130, pág. LII)

3.3.1.5.3 Ensaye de Valor Relativo de Soporte (CBR)

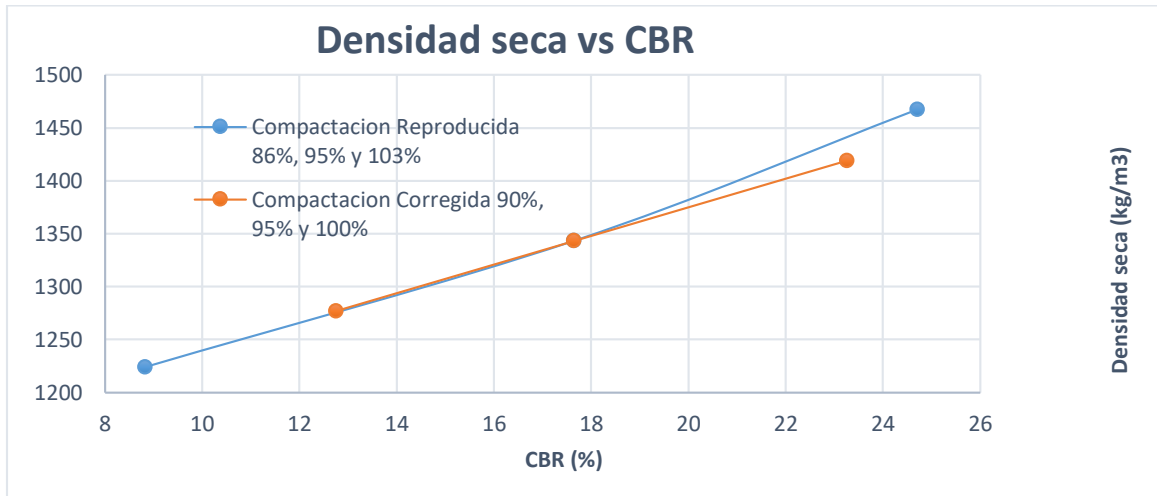
Tabla 49: Valor Relativo de Soporte (CBR) del suelo A-7-5 con 8% de Cal

Ensayo de compactación	Golpes 10	Golpes 25	Golpes 56
Wmuestra compactada	3.2	3.4	3.8
Densidad H (kg/m3)	1559.96	1677.61	1853.35
Wagua	47.2	34.9	38.3
Wseca	172.0	140.2	145.5
Humedad (%)	27.44	24.89	26.32
Densidad seca (kg/m3)	1224.06	1343.24	1467.16
Li	0	0	0
Lf	1.02	0.99	0.87
Hinchamiento %	9%	9%	8%
CBR (%)	8.83	17.65	24.71
Compactación	86%	95%	103%
CBR Corregido			
CBR % 0.1"	12.75	10.2	23.26
Compactación	90%	95%	100%
Densidad seca (kg/m3)	1277.10	1348.05	1419

Fuente: Propia

Los valores de CBR encontrado en el suelo con 8% de Cal al 90% de compactación a 0.1" de penetración es de 12.75, en 95% de compactación fue de 10.2 y para el 100% obtuvimos un valor de 23.26. (Ver tabla completa en anexo A, tabla 118-119, pág. XLII-XLIII)

Gráfica 40: Densidad vs CBR del suelo A-7-5 con 8% de Cal



Fuente: Propia

3.3.1.6 Resultados de los ensayos para el 13% de cal

3.3.1.6.1 Ensayo de Límite de Atterberg

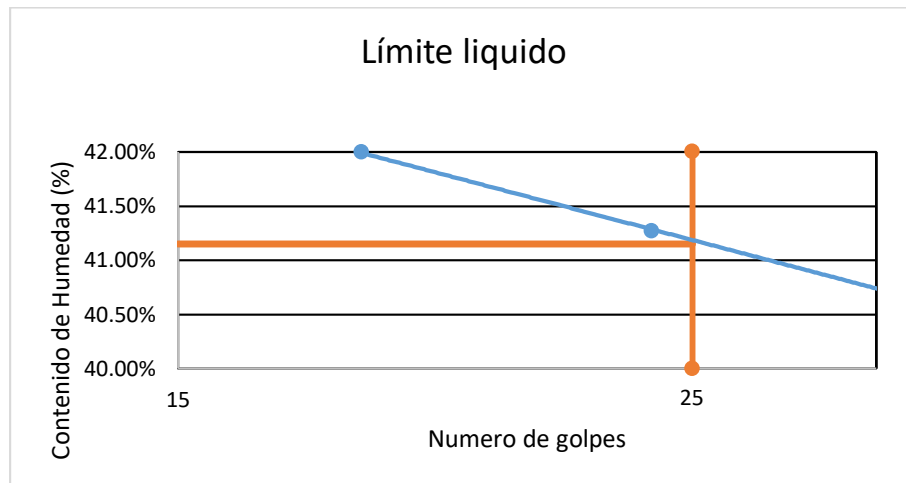
Tabla 50: Límite de Atterberg del suelo A-7-5 con 13% de Cal

Límite de Atterberg con 13% Cal	
Límite	Valor:
LL	41.34%
LP	38.03%
IP	3.31%

Fuente: Propia

En el ensayo de límite de Atterberg para el 13% de Cal, tenemos que el Límite Líquido es de 41.34% y el límite Plástico de 38.03% teniendo un Índice de Plasticidad del 3.31%. (Ver tabla completa en anexo A, tabla 120, pág. XLIV)

Gráfica 41: Determinación del Límite Líquido del suelo A-7-5 con 13% de Cal



Fuente: Propia

3.3.1.6.2 Ensaye de Resistencia a la compresión no confinada

Tabla 51: Esfuerzos del suelo A-7-5 13% de Cal:

Especímen		1	2	3
Estabilizante %		13%	13%	13%
Lectura		32	33	33
Carga (lb)		1694.40	1747.35	1747.35
Área (in ²)		12.57	12.57	12.57
Esfuerzo	PSI	134.80	139.01	139.01
	Kg/cm ²	9.48	9.78	9.78
Esfuerzo promedio		9.68		

Fuente: Propia

Se ensayaron 3 especímenes con el 13% de cal se encontró un esfuerzo promedio de 9.68 Kg/Cm². (Ver tabla completa en anexo A, tabla 131, pág. LII)

3.3.1.6.3 Ensaye de Valor Relativo de Soporte (CBR)

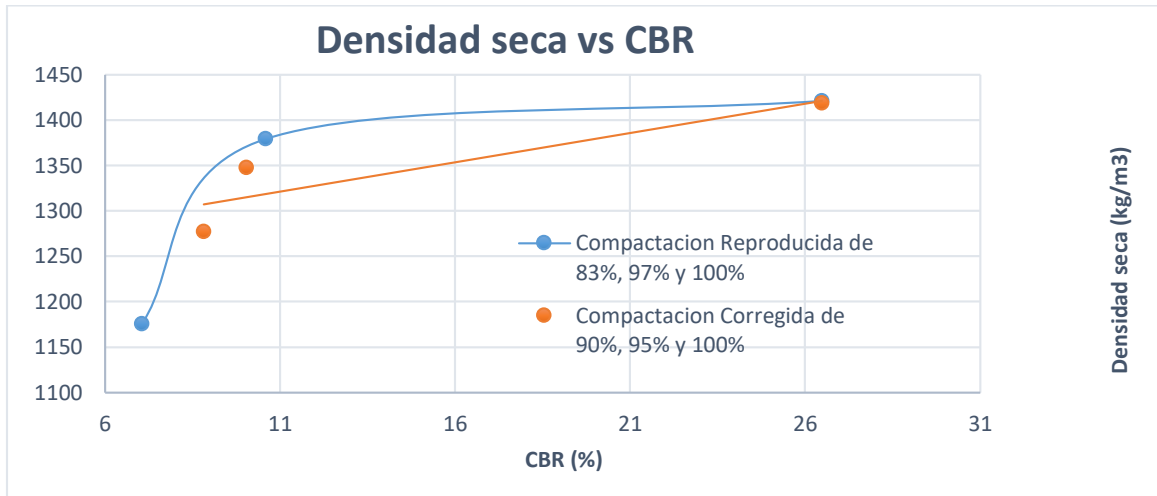
Tabla 52: Valor Relativo de Soporte (CBR) del suelo A-7-5 con 13% de Cal

Ensayo de compactación	Golpes 10	Golpes 25	Golpes 56
Wmuestra compactada	3.2	3.7	3.8
Densidad H (kg/m3)	1528.84	1800.22	1851.45
Wagua	49.8	37.1	49.8
Wseca	165.8	121.6	164.7
Humedad (%)	30.04	30.49	30.24
Densidad seca (kg/m3)	1175.70	1379.58	1421.60
Li	0	0	0
Lf	1.17	1.13	0.92
Hinchamiento %	10%	10%	8%
CBR (%)	7.06	10.59	26.48
Compactación	83%	97%	100%
CBR Corregido			
CBR % 0.1"	8.82	10.04	26.48
Compactación	90%	95%	100%
Densidad seca (kg/m3)	1277.10	1348.05	1419

Fuente: Propia

Los valores de CBR encontrado en el suelo con 8% de Cal al 90% de compactación a 0.1" de penetración es de 8.82, en 95% de compactación fue de 10.04 y para el 100% obtuvimos un valor de 26.48. (Ver tabla completa en anexo A, tabla 121-122, pág. XLV-XLVI)

Gráfica 42: Densidad seca vs CBR del suelo A-7-5 con 13% de Cal



Fuente: Propia

3.3.1.7 Resultados de los ensayos para 18% de cal

3.3.1.7.1 Ensayo de Límite de Atterberg

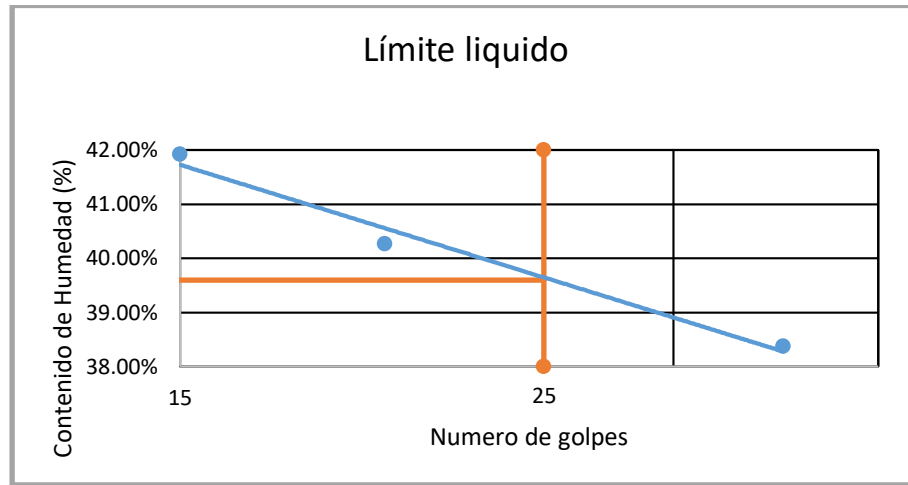
Tabla 53: Límite de Atterberg del suelo A-7-5 con 18% de Cal

Límite de Atterberg con 18% Cal	
Límite	Valor:
LL	39.54%
LP	36.89%
IP	2.65%

Fuente: Propia

En el ensayo de límite de Atterberg para el 18% de Cal, tenemos que el Límite Líquido es de 39.54% y el límite Plástico de 36.89% teniendo un Índice de Plasticidad del 2.65%. (Ver tabla completa en anexo A, tabla 123, pág. XLVII)

Gráfica 43: Determinación del Límite Líquido del suelo A-7-5 con 18% de Cal



Fuente: Propia

3.3.1.7.2 Ensaye de Resistencia a la compresión no confinada

Tabla 54: Esfuerzos del suelo A-7-5 con 18% de Cal

Especímen		1	2	3
Estabilizante %		18%	18%	18%
Lectura		64	64	66
Carga (lb)		3388.80	3388.80	3494.70
Área (in ²)		12.57	12.57	12.57
Esfuerzo	PSI	269.59	269.59	278.02
	Kg/cm ²	18.96	18.96	19.55
Esfuerzo promedio		19.16		

Fuente: Propia

Se ensayaron 3 especímenes con el 18% de cal se encontró un esfuerzo promedio de 19.16 Kg/Cm². (Ver tabla completa en anexo A, tabla 132, pág. LIII)

3.3.1.7.3 Ensayo de Valor Relativo de Soporte (CBR)

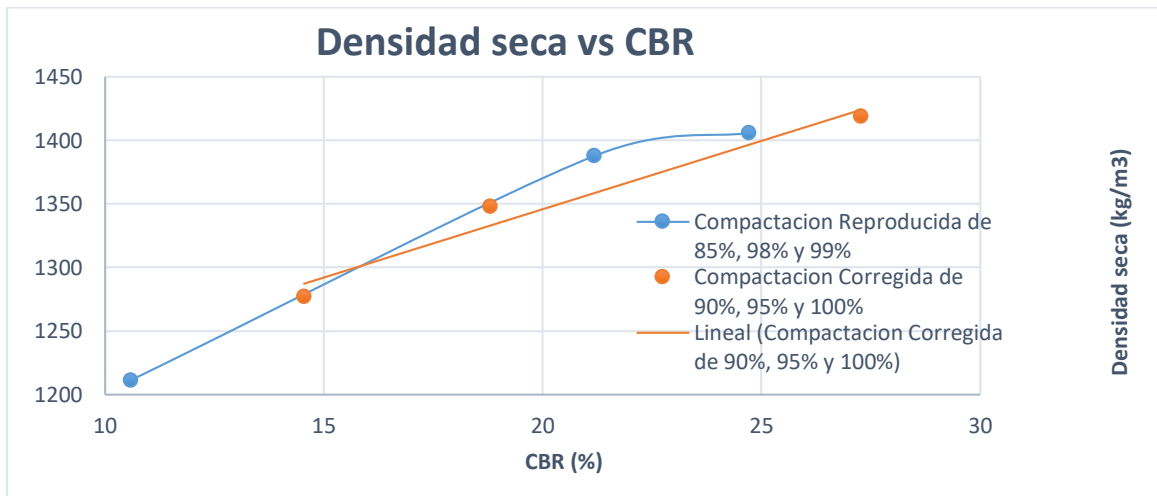
Tabla 55: Valor Relativo de Soporte (CBR) 18% Cal

Ensayo de compactación	Golpes 10	Golpes 25	Golpes 56
Wmuestra compactada	3.2	3.6	3.7
Densidad H (kg/m ³)	1565.19	1760.38	1829.33
Wagua	32.0	47.4	42.5
Wseca	109.4	176.5	141.1
Humedad (%)	29.25	26.85	30.12
Densidad seca (kg/m ³)	1210.97	1387.79	1405.87
Li	0	0	0
Lf	1.17	1.13	0.92
Hinchamiento %	10%	10%	8%
CBR (%)	10.59	21.18	24.71
Compactación	85%	98%	99%
CBR Corregido			
CBR % 0.1"	14.55	18.8	27.27
Compactación	90%	95%	100%
Densidad seca (kg/m ³)	1277.10	1348.05	1419

Fuente: Propia

Los valores de CBR encontrado en el suelo con 18% de Cal al 90% de compactación a 0.1" de penetración es de 14.55, en 95% de compactación fue de 18.8 y para el 100% obtuvimos un valor de 27.27. (Ver tabla completa en anexo A, tabla 124-125, pág. XLVIII-XLIX)

Gráfica 44: Densidad Seca vs CBR del suelo A-7-5 con 18% de Cal



Fuente: Propia

3.3.1.8 Selección del agente estabilizante

3.3.1.8.1 Suelo-Cemento

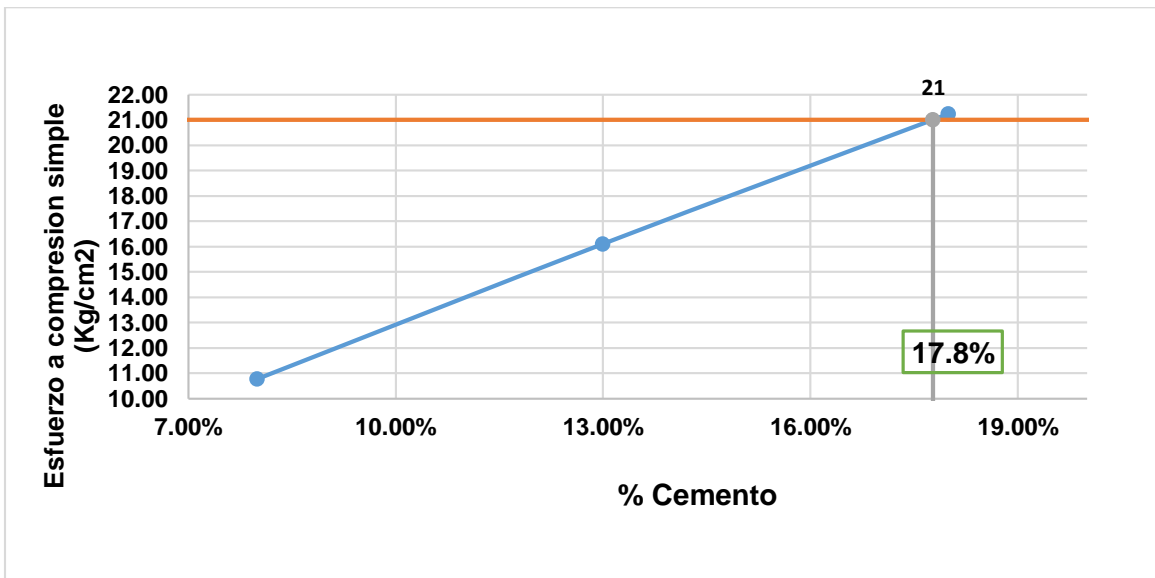
Tabla 56: Mezcla- Esfuerzos Suelo-Cemento

Especimen		1	2	3
Mezcla:	Suelo (%)	92%	87%	82%
	Cemento (%)	8%	13%	18%
Esfuerzo (kg/cm ²)		10.76	16.10	21.23

Fuente: Propia

Con los valores encontrados en el ensaye de resistencia a la compresión no confinada se calculó el porcentaje óptimo de cemento que cumple con el esfuerzo de 21 Kg/cm² es de 17.8% de cemento.

Gráfica 1: Esfuerzo de espécimen suelo-cemento vs % Cemento



Fuente: Propia

3.3.1.8.2 Suelo-Cal

Tabla 57: Mezcla-Esfuerzo Suelo-Cal

Espécimen		1	2	3
Mezcla:	Suelo (%)	92%	87%	82%
	Cal (%)	8%	13%	18%
Esfuerzo (kg/cm ²)		4.94	9.68	19.16

Fuente: Propia

En el ensaye de resistencia a la compresión no confinada en cal no se puedo lograr el cálculo del porcentaje óptimo debido a que los esfuerzos están por debajo de 21 Kg/cm².

CAPITULO IV:

4.1 Conclusiones

Se realizó sondeos manuales a cada 50 metros sobre la longitud de la calle de acceso a la colonia del periodista, en total se obtuvieron siete sondeos, cada sondeo se extrajeron dos muestras exceptuando el sondeo número dos que se obtuvo tres muestras teniendo un total de quince muestras.

La granulometría del suelo es de partículas pequeñas, donde las muestras pasan más del 35% de la malla N°200 exceptuando el sondeo 5 muestra 2 con un porcentaje de 23%, basándonos en la tabla de clasificación de la AASHTO T-88 y ASTM D – 422. Los límites de consistencia de las muestras en estudio están en un rango de media y alta plasticidad, siendo el de más alta plasticidad el sondeo 7 muestra 2 con un IP de 21. Mediante los resultados obtenidos de los ensayos de granulometría y límite de Atterberg, se pudo clasificar con la norma AASHTO M-145 tres tipos diferente de suelo, ver tabla 133 anexo A Pág. LIII.

A la mezcla de la muestra de la clasificación más decadente (A-7-5) se realizaron los ensayos para la estabilización, se practicó el ensayo de Próctor estándar obteniéndose una densidad seca máxima de 1419 kg/cm² y la humedad optima de según la norma AASHTO T 99 y ASTM D-698.

Se propuso porcentajes para el estabilizante de cal y cemento de 8%, 13% y 18% basándonos en datos que se muestran en la tabla 105 en el anexo A página XXVII, donde se realizó para cada % de estabilizante el ensayo límites de Atterberg, dando como resultado una disminución del índice de plasticidad teniendo un IP 15.89 del suelo natural y con estabilizante de cemento se obtuvo un IP de 6.56%, 5.99% y 4.01% en orden decreciente de los porcentajes de estabilizante e igual que con estabilizante con cal fue de 3.63% 3.31% y 2.65%, mejorando la calidad del suelo de los Límites de Atterberg del suelo natural.

El ensayo de Resistencia a la compresión no confinada se realizó conforme la norma ASTM D-2166 al suelo natural y con estabilizante, obteniendo un esfuerzo promedio de 2.27 Kg/cm² al suelo natural, en los resultados del ensaye de resistencia a la compresión no confinado con 8%,13% y 18% de cementos obtuvimos valores de 10.76 Kg/cm², 16.10 Kg/cm² y 21.23 Kg/cm² respectivamente, en el caso de la cal se obtuvo valores de 4.94 Kg/cm², 9.68 Kg/cm² y de 19.16 Kg/cm², para encontrar el porcentaje óptimo de estabilización se utilizó los valores de resistencia a la compresión no confinada vs % estabilizante, cumpliendo la resistencia requerida el suelo-cemento, se gráfica y se obtiene un % óptimo de 17.8% ≈18%.

El ensayó de Valor Relativo de Soporte Normal (CBR) del suelo natural es de 2.85 al 95% de compactación al 0.1" de penetración, este suelo es de clasificación muy pobre, no es apto para ser utilizado como terraplén, a diferencia del suelo con estabilizante de 8%, 13% y 18% de cemento a un 95% de compactación, se obtuvo valores de 18.66, 48.19 y 63.54 a 0.1" de penetración, teniendo una clasificación según la norma AASHTO T 193 de bueno a excelente cuando es mayor de 50, con el porcentaje optimo este suelo es apto para utilizarse paran terraza. En el caso cal en el ensaye de CBR al 95% de compactación obtuvimos resultado de 10.02, 10.04 y 18.8 a 0.1" de penetración para 8%,13% y 18% de cal con una clasificación de mala a regular.

En base a los datos obtenidos en los ensayos de resistencia a la compresión no confinado y CBR efectuados a los especímenes natural y estabilizados, se concluye que la estabilización con cemento a un 18% logra mayores valores de resistencia, en comparación con la cal; quedando ésta en un segundo plano, debido a que los especímenes con cal no lograron alcanzar las resistencias requeridas, teniendo como mínimo una resistencia de 21 Kg/cm²

4.2 Recomendaciones

A continuación, se proponen las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda estabilizar este suelo debido a que sus características son desfavorable para la construcción de dicha carretera
- Se recomienda el uso del cemento canal tipo GU debido a sus características de fraguado rápido y de mayor trabajabilidad, con un porcentaje del 18%, ya que con este se obtienen las mejores condiciones del suelo cumpliendo con las resistencias requeridas
- Se recomienda hacer otro tipo de análisis para otro tipo uso del suelo ya que este estudio no lo abarca el uso de la cal viva y determinar si con diferentes tipos de porcentajes logra llegar a mejores resultados en cuanto a los ensayos de resistencia a la compresión no confinada y el ensaye de CBR.

Bibliografía

- Almeida Lema, V. F., & Hidalgo Benavides, D. I. (2016). *UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO*. Obtenido de UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/24610>
- Blandon Molina, F. L., & Ramirez Guzmán, B. d. (26 de Julio de 2016). *Repositorio Institucional UNA*. Obtenido de Repositorio Institucional UNA: <http://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/3328>
- Corral, J. T. (2008). El Suelo-Cemento como material de construcción. *Ciencia y sociedad*, 552.
- Crespo Villalaz, C. (2004). *Mecánica de suelo y cimentaciones*. México: Limusa Noriega Editores.
- Das, B. M. (2015). *Fundamentos de la ingeniería geotécnica*. Mexico DF: Cengage Learning Editores S.A.
- Geologia Web. (s.f.). *Geologia Web*. Obtenido de Geologia Web: <https://geologiaweb.com/ingenieria-geologica/origen-formacion-suelos/>
- Juárez Badillo, E., & Rico Rodríguez, A. (2005). *Mecánica de suelos. TOMO 1. Fundamentos de la mecánica de suelos*. México: Limusa Noriega Editores.
- Nacional Lime Association. (Enero de 2004). *LIME*. Obtenido de LIME: [www.lime.org › construct-manual-spanish2004](http://www.lime.org/construct-manual-spanish2004)
- Soza Carrion, M. M., & Bustamante Arteaga, J. F. (Octubre de 2003). *Biblioteca. MTI*. Obtenido de Biblioteca. MTI: <http://biblioteca.mti.gob.ni:8080/docushare/dsweb/Get/Tesis-34/Estudio%20para%20estabilizaci%C3%B3n%20de%20suelo%20EI%20Boquete-Santa%20Ana%2001194%20CON-N.pdf>
- Ulloa López, H. (2015). *Repositorio Institucional UNAN-Mangua*. Obtenido de Repositorio Institucional UNAN-Mangua: <https://repositorio.unan.edu.ni/6456/>

Anexos

Anexo A

Tabla 58: Tarjeta de identificación del Sondeo 1 Muestra 1

Proyecto	“Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento de Carazo”
Localización	La Paz, Carazo
Sondeo	1
Muestra	1
Color de la muestra	Café Claro
Profundidad de la muestra (m)	0.0-0.25
Estación	0+000

Fuente: Propia

Tabla 59: Tarjeta de identificación del Sondeo 1 Muestra 2

Proyecto	“Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento de Carazo”
Localización	La Paz, Carazo
Sondeo	1
Muestra	2
Color de la muestra	Café Oscuro
Profundidad de la muestra (m)	0.25-1.5
Estación	0+000

Fuente: Propia

Tabla 60: Tarjeta de identificación del Sonde 2 Muestra 1

Proyecto	“Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento de Carazo”
Localización	La Paz, Carazo
Sondeo	2
Muestra	1
Color de la muestra	Café Claro
Profundidad de la muestra (m)	0.0-0.40
Estación	0+050

Fuente: Propia

Tabla 61. Tarjeta de identificación del Sondeo 2 Muestra 2

Proyecto	“Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento de Carazo”
Localización	La Paz, Carazo
Sondeo	2
Muestra	2
Color de la muestra	Negro
Profundidad de la muestra (m)	0.40-0.95
Estación	0+050

Fuente: Propia

Tabla 62: Tarjeta de identificación del Sondeo 2 Muestra 3

Proyecto	“Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento de Carazo”
Localización	La Paz, Carazo
Sondeo	2
Muestra	3
Color de la muestra	Café Oscuro
Profundidad de la muestra (m)	0.95-1-50
Estación	0+050

Fuente: Propia

Tabla 63: Tarjeta de identificación del Sondeo 3 Muestra 1

Proyecto	“Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento de Carazo”
Localización	La Paz, Carazo
Sondeo	3
Muestra	1
Color de la muestra	Café Claro
Profundidad de la muestra (m)	0.0-0.48
Estación	0+100

Fuente: Propia

Tabla 64: Tarjeta de identificación del Sondeo 3 Muestra 2

Proyecto	“Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento de Carazo”
Localización	La Paz, Carazo
Sondeo	3
Muestra	2
Color de la muestra	Café Oscuro
Profundidad de la muestra (m)	0.48-1.50
Estación	0+100

Fuente: Propia

Tabla 65: Tarjeta de identificación del Sondeo 4 Muestra 1

Proyecto	“Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento de Carazo”
Localización	La Paz, Carazo
Sondeo	4
Muestra	1
Color de la muestra	Café Claro
Profundidad de la muestra (m)	0.0-0.54
Estación	0+150

Fuente: Propia

Tabla 66: Tarjeta de identificación del Sondeo 4 Muestra 2

Proyecto	“Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento de Carazo”
Localización	La Paz, Carazo
Sondeo	4
Muestra	2
Color de la muestra	Café Oscuro
Profundidad de la muestra (m)	0.54-1-50
Estación	0+150

Fuente: Propia

Tabla 67: Tarjeta de identificación del Sondeo 5 Muestra 1

Proyecto	“Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento de Carazo”
Localización	La Paz, Carazo
Sondeo	5
Muestra	1
Color de la muestra	Café Claro
Profundidad de la muestra (m)	0.0-0.50
Estación	0+200

Fuente: Propia

Tabla 68: Tarjeta de identificación del Sondeo 5 Muestra 2

Proyecto	“Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento de Carazo”
Localización	La Paz, Carazo
Sondeo	5
Muestra	2
Color de la muestra	Amarillo
Profundidad de la muestra (m)	0.5-1.50
Estación	0+200

Fuente: Propia

Tabla 69: Tarjeta de identificación del Sondeo 6 Muestra 1

Proyecto	“Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento de Carazo”
Localización	La Paz, Carazo
Sondeo	6
Muestra	1
Color de la muestra	Café Claro
Profundidad de la muestra (m)	0.45-1.50
Estación	0+250

Fuente: Propia

Tabla 70: Tarjeta de identificación del Sondeo 6 Muestra 2

Proyecto	“Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento de Carazo”
Localización	La Paz, Carazo
Sondeo	6
Muestra	2
Color de la muestra	Café Oscuro
Profundidad de la muestra (m)	0.45-1.50
Estación	0+250

Fuente: Propia

Tabla 71: Tarjeta de identificación del Sondeo 7 Muestra 1

Proyecto	“Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento de Carazo”
Localización	La Paz, Carazo
Sondeo	7
Muestra	1
Color de la muestra	Café Claro
Profundidad de la muestra (m)	0.0-0.49
Estación	0+300


Fuente: Propia

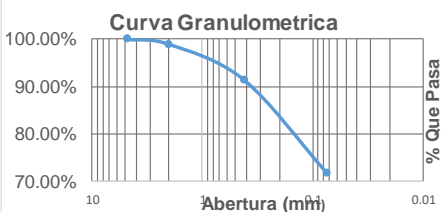
Tabla 72: Tarjeta de identificación del Sondeo 7 Muestra 2

Proyecto	“Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento de Carazo”
Localización	La Paz, Carazo
Sondeo	7
Muestra	2
Color de la muestra	Café Oscuro
Profundidad de la muestra (m)	0.49-1.50
Estación	0+300

Fuente: Propia


Tabla 73: Granulométrica del Sondeo 1 Muestra 1

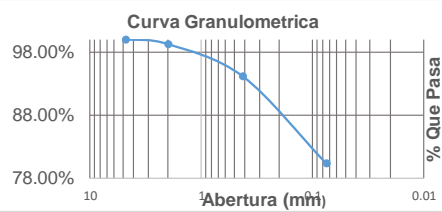
		METODO DE ENSAYO		AASHTO T-88; ASTM D - 422	
		Análisis Granulométrico de la muestra.			
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento de Carazo"					
Muestra:	SM1-M2		Fecha:	19-ene-21	
Clasificación SUCS:	MH		Clasificación HRB:	A-7-5	
METODO DE ENSAYO: AASHTO T-88; ASTM D - 422			Profundidad (m):	0.25-1.5	
Tamiz No.	Aberturas Estandar (mm)	Peso Retenido Parcial (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que pasa
No.4	4.76	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
No.10	2	0.90	1.04%	1.04%	98.96%
No.40	0.42	6.50	7.50%	8.54%	91.46%
No.200	0.075	17.00	19.61%	28.14%	71.86%
PASA No.200		62.30	71.86%	100.00%	
SUMA		86.70	100.00%		



Fuente: Propia


Tabla 74: Granulométrica del Sondeo 1 Muestra 2

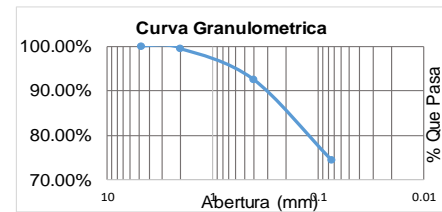
		METODO DE ENSAYO		AASHTO T-88; ASTM D - 422	
		Análisis Granulométrico de la muestra.			
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento de Carazo"					
Muestra:	SM2-M1		Fecha:	19-ene-21	
Clasificación SUCS:	ML		Clasificación HRB:	A-5	
METODO DE ENSAYO: AASHTO T-88; ASTM D - 422			Profundidad (m):	0-0.4	
Tamiz No.	Aberturas Estandar (mm)	Peso Retenido Parcial (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que pasa
No.4	4.76	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
No.10	2	0.70	0.77%	0.77%	99.23%
No.40	0.42	4.70	5.14%	5.90%	94.10%
No.200	0.075	12.60	13.77%	19.67%	80.33%
PASA No.200		73.50	80.33%	100.00%	
SUMA		91.50	100.00%		



Fuente: Propia


Tabla 75: Granulométrica del Sondeo 2 Muestra 1

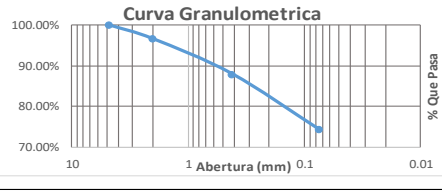
		METODO DE ENSAYO		AASHTO T-88; ASTM D - 422	
		Análisis Granulométrico de la muestra.			
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento de Carazo"					
Muestra:	SM1-M1		Fecha:	19-ene-21	
Clasificación SUCS:	ML		Clasificación HRB:	A-7-5	
METODO DE ENSAYO: AASHTO T-88; ASTM D - 422			Profundidad (m):	0-0.25	
Tamiz No.	Aberturas Estandar (mm)	Peso Retenido Parcial (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que pasa
No.4	4.76	0.00	0.00%		100.00%
No.10	2	0.40	0.48%	0.48%	99.52%
No.40	0.42	5.70	6.78%	7.25%	92.75%
No.200	0.075	15.10	17.95%	25.21%	74.79%
PASA No.200		62.90	74.79%	100.00%	
SUMA		84.10	100.00%		



Fuente: Propia


Tabla 76: Granulométrica del Sondeo 2 Muestra 2

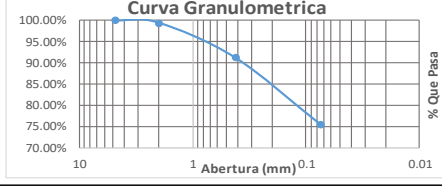
		METODO DE ENSAYO		AASHTO T-88; ASTM D - 422	
Análisis Granulométrico de la muestra.					
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento de Carazo"					
Muestra:	SM2-M2		Fecha:	19-ene-21	
Clasificación SUCS:	MH		Clasificación HRB:	A-7-5	
METODO DE ENSAYO: AASHTO T-88; ASTM D - 422			Profundidad (m):	0.4-0.95	
Tamiz No.	Aberturas Estandar (mm)	Peso Retenido Parcial (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que pasa
No.4	4.76	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
No.10	2	3.00	3.39%	3.39%	96.61%
No.40	0.42	7.60	8.60%	11.99%	88.01%
No.200	0.075	12.10	13.69%	25.68%	74.32%
PASA No.200		65.70	74.32%	100.00%	
SUMA		88.40	100.00%		



Fuente: Propia


Tabla 77: Granulométrica del Sondeo 2 Muestra 3

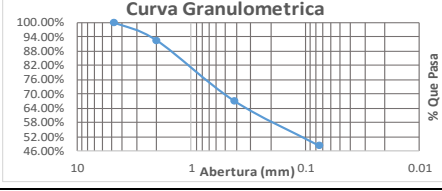
		METODO DE ENSAYO		AASHTO T-88; ASTM D - 422	
Análisis Granulométrico de la muestra.					
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento de Carazo"					
Muestra:	SM3-M1		Fecha:	19-ene-21	
Clasificación SUCS:	ML		Clasificación HRB:	A-5	
METODO DE ENSAYO: AASHTO T-88; ASTM D - 422			Profundidad (m):	0-0.48	
Tamiz No.	Aberturas Estandar (mm)	Peso Retenido Parcial (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que pasa
No.4	4.76	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
No.10	2	0.40	0.53%	0.53%	99.47%
No.40	0.42	6.20	8.27%	8.80%	91.20%
No.200	0.075	11.80	15.73%	24.53%	75.47%
PASA No.200		56.60	75.47%	100.00%	
SUMA		75.00	100.00%		



Fuente: Propia

Tabla 78: Granulométrica del Sondeo 3 Muestra 1

		METODO DE ENSAYO		AASHTO T-88; ASTM D - 422	
Análisis Granulométrico de la muestra.					
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento de Carazo"					
Muestra:	SM2-M3		Fecha:	19-ene-21	
Clasificación SUCS:	CL		Clasificación HRB:	A-7-5	
METODO DE ENSAYO: AASHTO T-88; ASTM D - 422			Profundidad (m):	0.95-1.5	
Tamiz No.	Aberturas Estandar (mm)	Peso Retenido Parcial (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que pasa
No.4	4.76	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
No.10	2	6.40	7.57%	7.57%	92.43%
No.40	0.42	21.40	25.30%	32.86%	67.14%
No.200	0.075	16.00	18.91%	51.77%	48.23%
PASA No.200		40.80	48.23%	100.00%	
SUMA		84.60	100.00%		



Fuente: Propia

Tabla 79: Granulométrica del Sondeo 3 Muestra 2

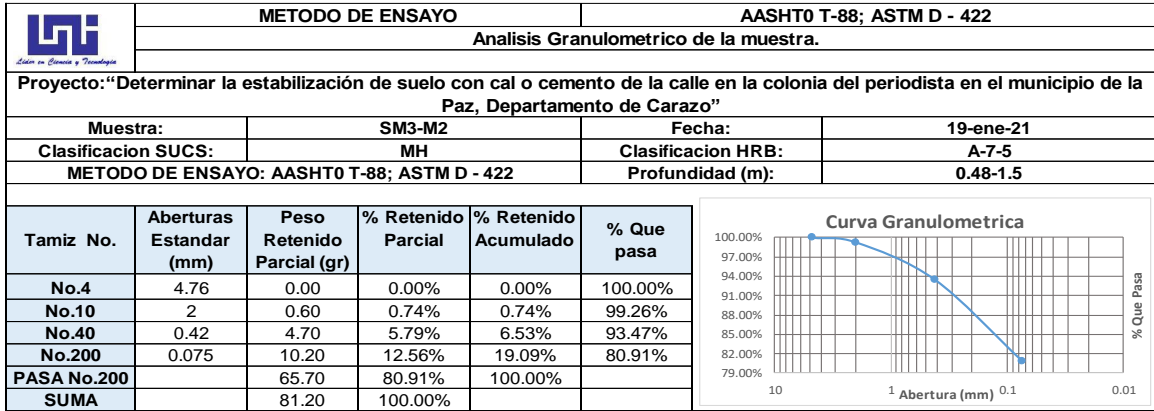


Tabla 80: Granulométrica del Sondeo 4 Muestra 1

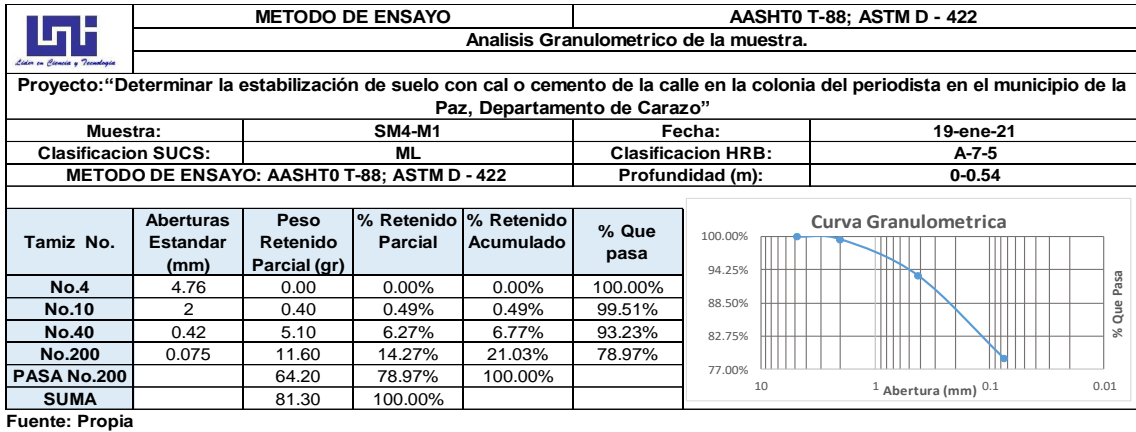


Tabla 81: Granulométrica del Sondeo 4 Muestra 2

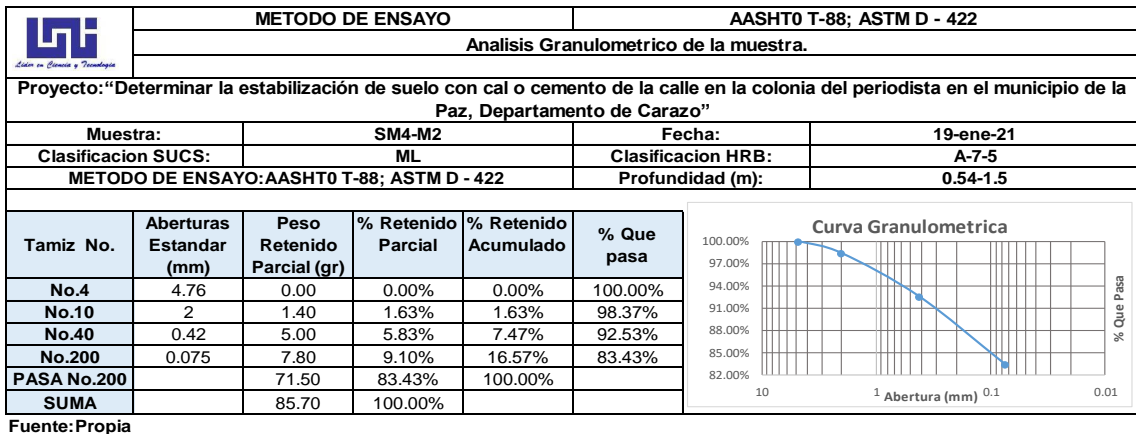

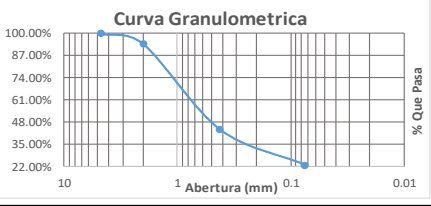



Tabla 82: Granulométrica del Sondeo 5 Muestra 1

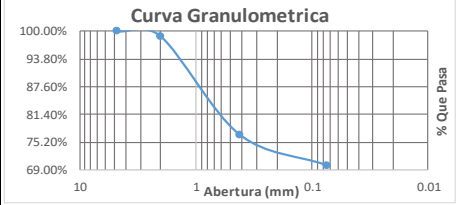
	METODO DE ENSAYO		AASHTO T-88; ASTM D - 422		
	Análisis Granulométrico de la muestra.				
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento de Carazo"					
Muestra:	SM5-M2		Fecha:	19-ene-21	
Clasificación SUCS:			Clasificación HRB:		
METODO DE ENSAYO: AASHTO T-88; ASTM D - 422			Profundidad (m):	0.5-1.5	
Tamiz No.	Aberturas Estandar (mm)	Peso Retenido Parcial (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que pasa
No.4	4.76	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
No.10	2	4.50	5.86%	5.86%	94.14%
No.40	0.42	38.80	50.52%	56.38%	43.62%
No.200	0.075	16.00	20.83%	77.21%	22.79%
PASA No.200		17.50	22.79%	100.00%	
SUMA		76.80	100.00%		



Fuente: Propia


Tabla 83: Granulométrica del Sondeo 5 Muestra 2

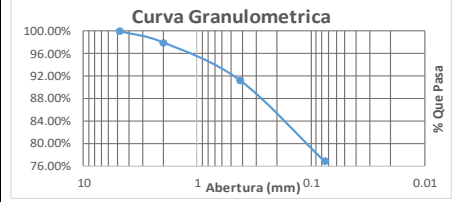
	METODO DE ENSAYO		AASHTO T-88; ASTM D - 422		
	Análisis Granulométrico de la muestra.				
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento de Carazo"					
Muestra:	SM5-M1		Fecha:	19-ene-21	
Clasificación SUCS:	ML		Clasificación HRB:	A-5	
METODO DE ENSAYO: AASHTO T-88; ASTM D - 422			Profundidad (m):	0-0.5	
Tamiz No.	Aberturas Estandar (mm)	Peso Retenido Parcial (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que pasa
No.4	4.76	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
No.10	2	1.00	1.16%	1.16%	98.84%
No.40	0.42	18.90	21.98%	23.14%	76.86%
No.200	0.075	5.90	6.86%	30.00%	70.00%
PASA No.200		60.19	70.00%	100.00%	
SUMA		85.99	100.00%		



Fuente Propia

Tabla 84: Granulométrica del Sondeo 6 Muestra 1

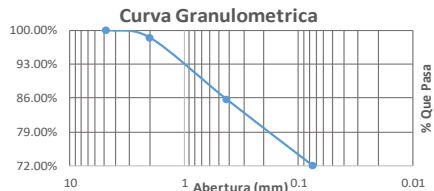
	METODO DE ENSAYO		AASHTO T-88; ASTM D - 422		
	Análisis Granulométrico de la muestra.				
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento de Carazo"					
Muestra:	SM6-M1		Fecha:	19-ene-21	
Clasificación SUCS:	ML		Clasificación HRB:	A-7-5	
METODO DE ENSAYO: AASHTO T-88; ASTM D - 422			Profundidad (m):	0-0.45	
Tamiz No.	Aberturas Estandar (mm)	Peso Retenido Parcial (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que pasa
No.40	4.76	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
No.10	2	1.60	1.96%	1.96%	98.04%
No.40	0.42	5.50	6.75%	8.71%	91.29%
No.200	0.075	11.80	14.48%	23.19%	76.81%
PASA No.200		62.60	76.81%	100.00%	
SUMA		81.50	100.00%		



Fuente: Propia

Tabla 85: Granulométrica del Sondeo 6 Muestra 2

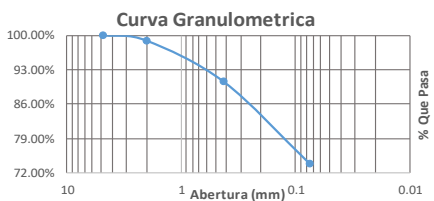
METODO DE ENSAYO		AASHTO T-88; ASTM D - 422			
Análisis Granulométrico de la muestra.					
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento de Carazo"					
Muestra:	SM6-M2	Fecha:	19-ene-21		
Clasificación SUCS:	ML	Clasificación HRB:	A-7-5		
METODO DE ENSAYO: AASHTO T-88; ASTM D - 422		Profundidad (m):		0.45-1.5	
Tamiz No.	Aberturas Estandar (mm)	Peso Retenido Parcial (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que pasa
No.4	4.76	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
No.10	2	1.30	1.57%	1.57%	98.43%
No.40	0.42	10.60	12.80%	14.37%	85.63%
No.200	0.075	11.20	13.53%	27.90%	72.10%
PASA No.200		59.70	72.10%	100.00%	
SUMA		82.80	100.00%		



Fuente: Propia

Tabla 86: Granulométrica del Sondeo 7 Muestra 1

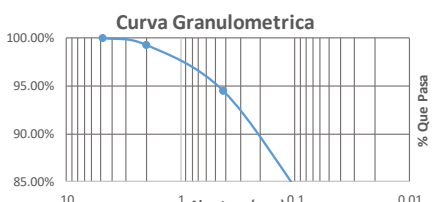
METODO DE ENSAYO		AASHTO T-88; ASTM D - 422			
Análisis Granulométrico de la muestra.					
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento de Carazo"					
Muestra:	SM7-M1	Fecha:	19-ene-21		
Clasificación SUCS:	ML	Clasificación HRB:	A-7-5		
METODO DE ENSAYO: AASHTO T-88; ASTM D - 422		Profundidad (m):		0.45-1.5	
Tamiz No.	Aberturas Estandar (mm)	Peso Retenido Parcial (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que pasa
No.4	4.76	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
No.10	2	1.00	1.12%	1.12%	98.88%
No.40	0.42	7.50	8.44%	9.56%	90.44%
No.200	0.075	14.80	16.65%	26.21%	73.79%
PASA No.200		65.59	73.79%	100.00%	
SUMA		88.89	100.00%		



Fuente: Propia


Tabla 87: Granulométrica del Sondeo 7 Muestra 2

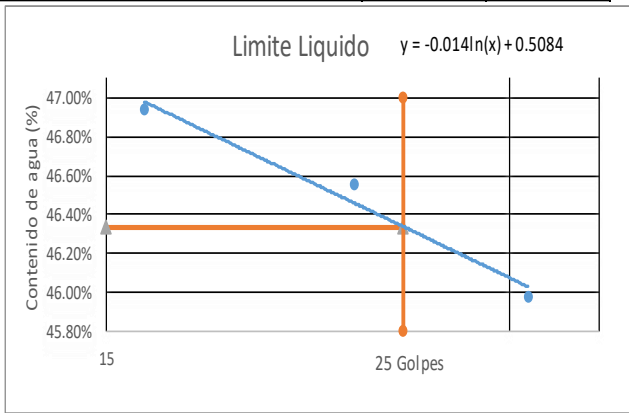
METODO DE ENSAYO		AASHTO T-88; ASTM D - 422			
Análisis Granulométrico de la muestra.					
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento de Carazo"					
Muestra:	SM7-M2	Fecha:	19-ene-21		
Clasificación SUCS:	MH	Clasificación HRB:	A-7-5		
METODO DE ENSAYO: AASHTO T-88; ASTM D - 422		Profundidad (m):		0.45-1.5	
Tamiz No.	Aberturas Estandar (mm)	Peso Retenido Parcial (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que pasa
No.40	4.76	0.000	0.00%	0.00%	100.00%
No.10	2	0.600	0.72%	0.72%	99.28%
No.40	0.42	4.000	4.82%	5.54%	94.46%
No.200	0.075	10.000	12.05%	17.59%	82.41%
PASA No.200		68.400	82.41%	100.00%	
SUMA		83.000	100.00%		



Fuente: Propia


Tabla 88: Ensaye de Límite de Atterberg Sondeo 1 Muestra 1

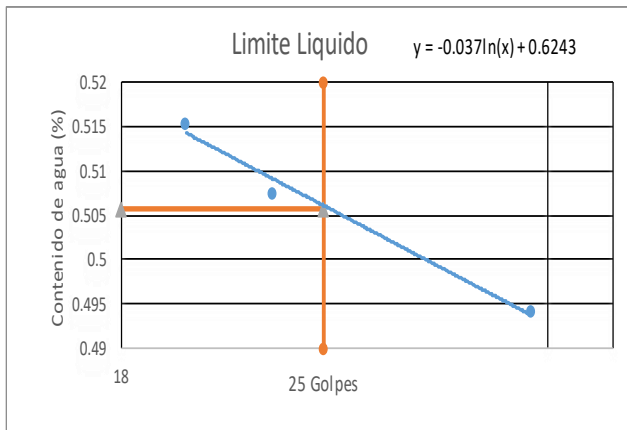
	METODO DE ENSAYO		AASHTO 89 – 90; ASTM D – 4318			
	Límite líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad					
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento de Carazo"						
Muestra:	SM1 - M1		Fecha de ensayo	27-ene-21		
Clasificación SUCS:	ML		Clasificación HRB	A-7-5 (10)		
Límite Líquido	Método de preparación de especímenes: Húmedo					
Método	Límite líquido con puntos múltiples.					
Cantidad de pruebas requeridas	1	2	3	4		
Golpes requerido para el cierre	15-25	20-30	25-35			
Identificación de tara	A-14	A-42	A-16			
Numero de golpes	16	23	31			
Masa de la tara (gr)	21.9	22	22.22			
Masa de muestra humedad + tara (gr)	36.3	39	40			
Masa de muestra seca+tara (gr)	31.7	33.6	34.4			
Masa de la muestra seca (gr)	9.8	11.6	12.18			
Masa de agua (gr)	4.6	5.4	5.6			
Contenido de Humedad (%)	46.94%	46.55%	45.98%			
Límite Plástico		Método de ensayo: Manual				
Método		Límite líquido con puntos múltiples.				
Cantidad de pruebas requeridas	1	2				
Identificación de tara	A-25	H-10				
Masa de la tara (gr)	21.4	21.5				
Masa de muestra humedad tara (gr)	33.53	33.4				
Masa de muestra seca+tara (gr)	30.3	30.3				
Masa de la muestra seca (gr)	8.9	8.8				
Masa de agua (gr)	3.23	3.1				
Contenido de Humedad (%)	36.29%	35.23%				
		Límite Líquido		46.33%		
		Límite de Atterberg				
		Límite		Valor:		
		LL		46.33%		
		LP		35.76%		
		IP		10.57%		
		Observación: Si				
		IP =0 son suelos no plásticos o de nula plasticidad				
		Si IP < 7, son suelos de baja plasticidad				
		Si 7≥IP≤17, son suelos de media plasticidad				
		Si IP > 17, suelos de alta plasticidad				
		Si LP es igual o mayor que LL el suelo NP, Se necesita que tengan una diferencia entre ellos de 1%				
		Límite plástico		35.76%		



Fuente: Propia


Tabla 89: Ensaye de Limite de Atterberg Sondeo 1 Muestra 2

	METODO DE ENSAYO		AASHTO 89 – 90; ASTM D – 4318																																	
	Límite líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad																																			
	Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento de Carazo"																																			
Muestra:	SM1 - M2		Fecha de ensayo	28-ene-21																																
Clasificación SUCS:	MH		Clasificación HRB	A-7-5 (13)																																
Límite Líquido	Método de preparación de especímenes: Húmedo																																			
Método	Límite líquido con puntos múltiples.																																			
Cantidad de pruebas requeridas	1	2	3	4																																
Golpes requerido para el cierre	15-25	20-30	25-35																																	
Identificación de tara	A-39	R-132	A-171																																	
Numero de golpes	20	23	35																																	
Masa de la tara (gr)	21.8	22	21.9																																	
Masa de muestra humedad + tara (gr)	36.5	41.9	34.6																																	
Masa de muestra seca+tara (gr)	31.5	35.2	30.4																																	
Masa de la muestra seca (gr)	9.7	13.2	8.5																																	
Masa de agua (gr)	5	6.7	4.2																																	
Contenido de Humedad (%)	51.55%	50.76%	49.41%																																	
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Límite Plástico</td> <td colspan="2">Método de ensayo: Manual</td> </tr> <tr> <td>Método</td> <td colspan="2">Límite líquido con puntos múltiples.</td> </tr> <tr> <td>Cantidad de pruebas requeridas</td> <td>1</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Identificación de tara</td> <td>B-110</td> <td>ABC</td> </tr> <tr> <td>Masa de la tara (gr)</td> <td>22.1</td> <td>22.3</td> </tr> <tr> <td>Masa de muestra humedad+tara (gr)</td> <td>40.6</td> <td>39</td> </tr> <tr> <td>Masa de muestra seca+tara (gr)</td> <td>35.9</td> <td>34.6</td> </tr> <tr> <td>Masa de la muestra seca (gr)</td> <td>13.8</td> <td>12.3</td> </tr> <tr> <td>Masa de agua (gr)</td> <td>4.7</td> <td>4.4</td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad (%)</td> <td>34.06%</td> <td>35.77%</td> </tr> </table>							Límite Plástico	Método de ensayo: Manual		Método	Límite líquido con puntos múltiples.		Cantidad de pruebas requeridas	1	2	Identificación de tara	B-110	ABC	Masa de la tara (gr)	22.1	22.3	Masa de muestra humedad+tara (gr)	40.6	39	Masa de muestra seca+tara (gr)	35.9	34.6	Masa de la muestra seca (gr)	13.8	12.3	Masa de agua (gr)	4.7	4.4	Contenido de Humedad (%)	34.06%	35.77%
Límite Plástico	Método de ensayo: Manual																																			
Método	Límite líquido con puntos múltiples.																																			
Cantidad de pruebas requeridas	1	2																																		
Identificación de tara	B-110	ABC																																		
Masa de la tara (gr)	22.1	22.3																																		
Masa de muestra humedad+tara (gr)	40.6	39																																		
Masa de muestra seca+tara (gr)	35.9	34.6																																		
Masa de la muestra seca (gr)	13.8	12.3																																		
Masa de agua (gr)	4.7	4.4																																		
Contenido de Humedad (%)	34.06%	35.77%																																		
			Límite Líquido	50.52%																																
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th colspan="2">Límite de Atterberg</th> </tr> <tr> <th>Límite</th> <th>Valor:</th> </tr> <tr> <td>LL</td> <td>50.52%</td> </tr> <tr> <td>LP</td> <td>34.92%</td> </tr> <tr> <td>IP</td> <td>15.60%</td> </tr> </table>							Límite de Atterberg		Límite	Valor:	LL	50.52%	LP	34.92%	IP	15.60%																				
Límite de Atterberg																																				
Límite	Valor:																																			
LL	50.52%																																			
LP	34.92%																																			
IP	15.60%																																			
<p>Observación: Si IP =0 son suelos no plásticos o de nula plasticidad Si IP < 7, son suelos de baja plasticidad Si 7 ≤ IP ≤ 17, son suelos de media plasticidad Si IP > 17, suelos de alta plasticidad Si LP es igual o mayor que LL el suelo NP, Se necesita que tengan una diferencia entre ellos de 1%</p>																																				
			Límite plástico	34.92%																																



Fuente: Propia

Tabla 90: Ensaye de Límite de Atterberg Sondeo 2 Muestra 1

	Método de ensayo		AASHTO 89 – 90; ASTM D – 4318	
	Límite líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad			
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento de Carazo"				
Muestra:	SM2 - M1		Fecha de ensayo	22-ene-21
Clasificación SUCS:	ML		Clasificación HRB	A-5 (9)
Límite Líquido	Método de preparación de especímenes: Húmedo			
Método	Límite líquido con puntos múltiples.			
Cantidad de pruebas requeridas	1	2	3	4
Golpes requerido para el cierre	15-25	20-30	25-35	
Identificación de tara	A-31	R-104	B-04	
Numero de golpes	15	26	31	
Masa de la tara (gr)	21.3	22.3	21.8	
Masa de muestra humedad+tara (gr)	39	43.7	42.8	
Masa de muestra seca+tara (gr)	33.5	37.2	36.6	
Masa de la muestra seca (gr)	12.2	14.9	14.8	
Masa de agua (gr)	5.5	6.5	6.2	
Contenido de Humedad (%)	45.08%	43.62%	41.89%	

Límite Plástico		Método de ensayo: Manual	
Método	Límite líquido con puntos múltiples.		
Cantidad de pruebas requeridas	1	2	
Identificación de tara	A-33	M-102	
Masa de la tara (gr)	21.8	21.4	
Masa de muestra humedad tara (gr)	32.7	32.8	
Masa de muestra seca+tara (gr)	29.9	29.9	
Masa de la muestra seca (gr)	8.1	8.5	
Masa de agua (gr)	2.8	2.9	
Contenido de Humedad (%)	34.57%	34.12%	

Límite Líquido	43.12%
----------------	--------

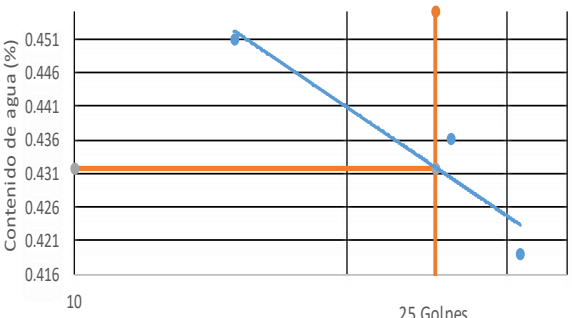
Límite de Atterberg	
Límite	Valor:
LL	43.12%
LP	34.34%
IP	8.78%

Observación: Si IP = 0 son suelos no plásticos o de nula plasticidad
 Si IP < 7, son suelos de baja plasticidad
 Si 7 ≥ IP ≤ 17, son suelos de media plasticidad
 Si IP > 17, suelos de alta plasticidad
 Si LP es igual o mayor que LL el suelo NP, Se necesita que tengan una diferencia entre ellos de 1%

Límite plástico	34.34%
-----------------	--------


Límite Líquido

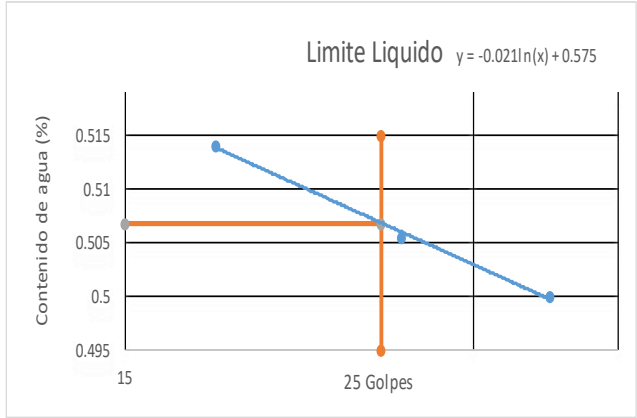
$y = -0.041n(x) + 0.56$



Fuente: Propia


Tabla 91: Ensaye de Límite de Atterberg Sondeo 2 Muestra 2

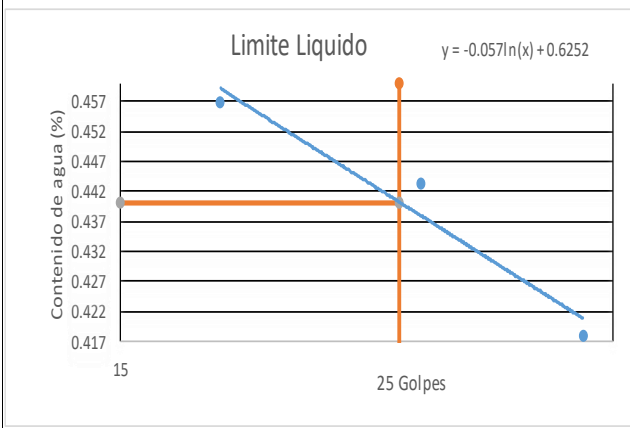
	METODO DE ENSAYO		AASHTO 89 – 90; ASTM D – 4318			
	Límite líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad					
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento de Carazo"						
Muestra:	SM2 - M2		Fecha de ensayo	28-ene-21		
Clasificación SUCS:	MH		Clasificación HRB	A-7-5 (12)		
Límite Líquido	Método de preparación de especímenes: Húmedo					
Método	Límite líquido con puntos múltiples.					
Cantidad de pruebas requeridas	1	2	3	4		
Golpes requerido para el cierre	15-25	20-30	25-35			
Identificación de tara	B-04	B-03	A-46			
Numero de golpes	18	26	35			
Masa de la tara (gr)	21.8	21.8	21.8			
Masa de muestra humedad+tara (gr)	38	35.5	37.1			
Masa de muestra seca+tara (gr)	32.5	30.9	32			
Masa de la muestra seca (gr)	10.7	9.1	10.2			
Masa de agua (gr)	5.5	4.6	5.1			
Contenido de Humedad (%)	51.40%	50.55%	50.00%			
Límite Plástico	Método de ensayo: Manual					
Método	Límite líquido con puntos múltiples.					
Cantidad de pruebas requeridas	1	2				
Identificación de tara	A-20	R-131				
Masa de la tara (gr)	22.6	21.4				
Masa de muestra humedad+tara (gr)	33.5	30.7				
Masa de muestra seca+tara (gr)	30.6	28.2				
Masa de la muestra seca (gr)	8	6.8				
Masa de agua (gr)	2.9	2.5				
Contenido de Humedad (%)	36.25%	36.76%				
			Límite Líquido		50.74%	
Límite de Atterberg						
			Límite		Valor:	
			LL		50.74%	
			LP		36.51%	
			IP		14.23%	
<p>Observación: Si IP = 0 son suelos no plásticos o de nula plasticidad Si IP < 7, son suelos de baja plasticidad Si 7 ≤ IP ≤ 17, son suelos de media plasticidad Si IP > 17, suelos de alta plasticidad Si LP es igual o mayor que LL el suelo NP, Se necesita que tengan una diferencia entre ellos de 1%</p>						
			Límite plástico		36.51%	



Fuente: Propia


Tabla 92: Ensaye de Límite de Atterberg Sondeo 2 Muestra 3

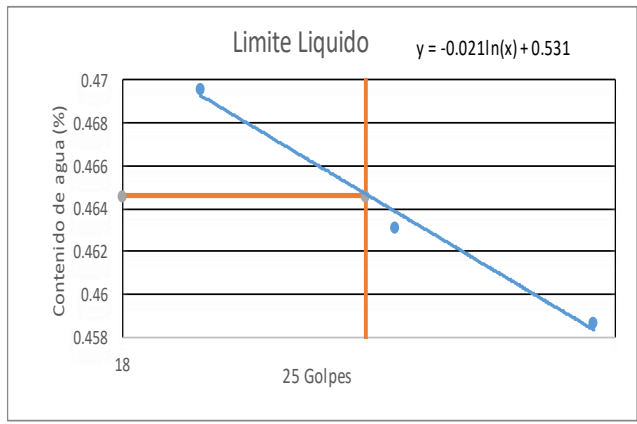
 <small>Laboratorio de Geotecnia y Tecnología</small>	METODO DE ENSAYO		AASHTO 89 – 90; ASTM D – 4318																																	
	Límite líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad																																			
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento de Carazo"																																				
Muestra:	SM2 - M3		Fecha de ensayo	27-ene-21																																
Clasificación SUCS:	CL		Clasificación HRB	A-7-5 (5)																																
Límite Líquido	Método de preparación de especímenes: Húmedo																																			
Método	Límite líquido con puntos múltiples.																																			
Cantidad de pruebas requeridas	1	2	3	4																																
Golpes requerido para el cierre	15-25	20-30	25-35																																	
Identificación de tara	A-02	B-04L	A-321																																	
Numero de golpes	18	26	35																																	
Masa de la tara (gr)	21.4	22	21.8																																	
Masa de muestra humedad+tara (gr)	39.9	37.3	40.8																																	
Masa de muestra seca+tara (gr)	34.1	32.6	35.2																																	
Masa de la muestra seca (gr)	12.7	10.6	13.4																																	
Masa de agua (gr)	5.8	4.7	5.6																																	
Contenido de Humedad (%)	45.67%	44.34%	41.79%																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Límite Plástico</td> <td colspan="2">Método de ensayo: Manual</td> </tr> <tr> <td>Método</td> <td colspan="2">Límite líquido con puntos múltiples.</td> </tr> <tr> <td>Cantidad de pruebas requeridas</td> <td>1</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Identificación de tara</td> <td>A-22</td> <td>R-132</td> </tr> <tr> <td>Masa de la tara (gr)</td> <td>21.9</td> <td>21.1</td> </tr> <tr> <td>Masa de muestra humedad+tara (gr)</td> <td>26.9</td> <td>26.92</td> </tr> <tr> <td>Masa de muestra seca+tara (gr)</td> <td>25.8</td> <td>25.7</td> </tr> <tr> <td>Masa de la muestra seca (gr)</td> <td>3.9</td> <td>4.6</td> </tr> <tr> <td>Masa de agua (gr)</td> <td>1.1</td> <td>1.22</td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad (%)</td> <td>28.21%</td> <td>26.52%</td> </tr> </table>							Límite Plástico	Método de ensayo: Manual		Método	Límite líquido con puntos múltiples.		Cantidad de pruebas requeridas	1	2	Identificación de tara	A-22	R-132	Masa de la tara (gr)	21.9	21.1	Masa de muestra humedad+tara (gr)	26.9	26.92	Masa de muestra seca+tara (gr)	25.8	25.7	Masa de la muestra seca (gr)	3.9	4.6	Masa de agua (gr)	1.1	1.22	Contenido de Humedad (%)	28.21%	26.52%
Límite Plástico	Método de ensayo: Manual																																			
Método	Límite líquido con puntos múltiples.																																			
Cantidad de pruebas requeridas	1	2																																		
Identificación de tara	A-22	R-132																																		
Masa de la tara (gr)	21.9	21.1																																		
Masa de muestra humedad+tara (gr)	26.9	26.92																																		
Masa de muestra seca+tara (gr)	25.8	25.7																																		
Masa de la muestra seca (gr)	3.9	4.6																																		
Masa de agua (gr)	1.1	1.22																																		
Contenido de Humedad (%)	28.21%	26.52%																																		
			Límite Líquido	44.17%																																
Límite de Atterberg																																				
			Límite	Valor:																																
			LL	44.17%																																
			LP	27.36%																																
			IP	16.81%																																
<p>Observación: Si IP = 0 son suelos no plásticos o de nula plasticidad Si IP < 7, son suelos de baja plasticidad Si 7 ≤ IP ≤ 17, son suelos de media plasticidad Si IP > 17, suelos de alta plasticidad Si LP es igual o mayor que LL el suelo NP, Se necesita que tengan una diferencia entre ellos de 1%</p>																																				
			Límite plástico	27.36%																																



Fuente: Propia


Tabla 93: Ensaye de Límite de Atterberg Sondeo 3 Muestra 1

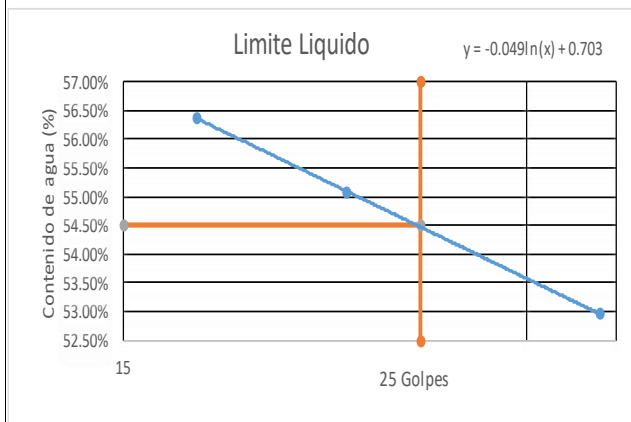
	Método de ensayo		AASHTO 89 – 90; ASTM D – 4318																																	
	Límite líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad																																			
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento de Carazo"																																				
Muestra:	SM3 - M1		Fecha de ensayo	27-ene-21																																
Clasificación SUCS:	ML		Clasificación HRB	A-5 (7)																																
Límite Líquido	Método de preparación de especímenes: Húmedo																																			
Método	Límite líquido con puntos múltiples.																																			
Cantidad de pruebas requeridas	1	2	3	4																																
Golpes requerido para el cierre	15-25	20-30	25-35																																	
Identificación de tara	R-132	B-204	A-22																																	
Numero de golpes	20	26	34																																	
Masa de la tara (gr)	22.1	21.9	22.1																																	
Masa de muestra humedad+tara (gr)	35.9	35.8	38																																	
Masa de muestra seca+tara (gr)	31.49	31.4	33																																	
Masa de la muestra seca (gr)	9.39	9.5	10.9																																	
Masa de agua (gr)	4.41	4.4	5																																	
Contenido de Humedad (%)	46.96%	46.32%	45.87%																																	
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Límite Plástico</td> <td colspan="2">Método de ensayo: Manual</td> </tr> <tr> <td>Método</td> <td colspan="2">Límite líquido con puntos múltiples.</td> </tr> <tr> <td>Cantidad de pruebas requeridas</td> <td>1</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Identificación de tara</td> <td>B-02LH</td> <td>A-46</td> </tr> <tr> <td>Masa de la tara (gr)</td> <td>21.7</td> <td>21.8</td> </tr> <tr> <td>Masa de muestra humedad+tara (gr)</td> <td>40.8</td> <td>41.9</td> </tr> <tr> <td>Masa de muestra seca+tara (gr)</td> <td>35.5</td> <td>36.4</td> </tr> <tr> <td>Masa de la muestra seca (gr)</td> <td>13.8</td> <td>14.6</td> </tr> <tr> <td>Masa de agua (gr)</td> <td>5.3</td> <td>5.5</td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad (%)</td> <td>38.41%</td> <td>37.67%</td> </tr> </table>							Límite Plástico	Método de ensayo: Manual		Método	Límite líquido con puntos múltiples.		Cantidad de pruebas requeridas	1	2	Identificación de tara	B-02LH	A-46	Masa de la tara (gr)	21.7	21.8	Masa de muestra humedad+tara (gr)	40.8	41.9	Masa de muestra seca+tara (gr)	35.5	36.4	Masa de la muestra seca (gr)	13.8	14.6	Masa de agua (gr)	5.3	5.5	Contenido de Humedad (%)	38.41%	37.67%
Límite Plástico	Método de ensayo: Manual																																			
Método	Límite líquido con puntos múltiples.																																			
Cantidad de pruebas requeridas	1	2																																		
Identificación de tara	B-02LH	A-46																																		
Masa de la tara (gr)	21.7	21.8																																		
Masa de muestra humedad+tara (gr)	40.8	41.9																																		
Masa de muestra seca+tara (gr)	35.5	36.4																																		
Masa de la muestra seca (gr)	13.8	14.6																																		
Masa de agua (gr)	5.3	5.5																																		
Contenido de Humedad (%)	38.41%	37.67%																																		
			Límite Líquido		46.45%																															
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th colspan="2">Límite de Atterberg</th> </tr> <tr> <th>Límite</th> <th>Valor:</th> </tr> <tr> <td>LL</td> <td>46.45%</td> </tr> <tr> <td>LP</td> <td>38.04%</td> </tr> <tr> <td>IP</td> <td>8.41%</td> </tr> </table>							Límite de Atterberg		Límite	Valor:	LL	46.45%	LP	38.04%	IP	8.41%																				
Límite de Atterberg																																				
Límite	Valor:																																			
LL	46.45%																																			
LP	38.04%																																			
IP	8.41%																																			
<p>Observación: Si IP = 0 son suelos no plásticos o de nula plasticidad Si IP < 7, son suelos de baja plasticidad Si 7 ≤ IP ≤ 17, son suelos de media plasticidad Si IP > 17, suelos de alta plasticidad Si LP es igual o mayor que LL el suelo NP, Se necesita que tengan una diferencia entre ellos de 1%</p>																																				
			Límite plástico		38.04%																															



Fuente: Propia


Tabla 94: Ensaye de Límite de Atterberg Sondeo 3 Muestra 2

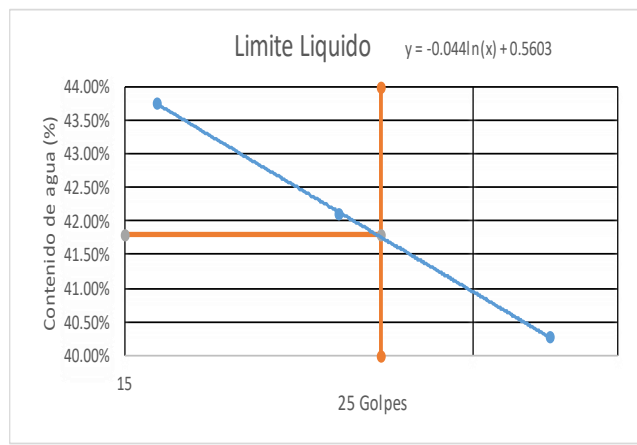
	METODO DE ENSAYO		AASHTO 89 – 90; ASTM D – 4318			
	Límite líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad					
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento de Carazo"						
Muestra:	SM3 - M2		Fecha de ensayo	27-ene-21		
Clasificación SUCS:	MH		Clasificación HRB	A-7-5 (21)		
Límite Líquido	Método de preparación de especímenes: Húmedo					
Método	Límite líquido con puntos múltiples.					
Cantidad de pruebas requeridas	1	2	3	4		
Golpes requerido para el cierre	15-25	20-30	25-35			
Identificación de tara	A-07	R-104	R-117			
Numero de golpes	17	22	34			
Masa de la tara (gr)	22	22.3	21.8			
Masa de muestra humedad+tara (gr)	42.8	43.7	47.5			
Masa de muestra seca+tara (gr)	35.3	36.1	38.6			
Masa de la muestra seca (gr)	13.3	13.8	16.8			
Masa de agua (gr)	7.5	7.6	8.9			
Contenido de Humedad (%)	56.39%	55.07%	52.98%			
Límite Plástico	Metodo de ensayo: Manual					
Método	Límite líquido con puntos múltiples.					
Cantidad de pruebas requeridas	1	2				
Identificación de tara	A-35	B-204				
Masa de la tara (gr)	21.9	21.8				
Masa de muestra humedad+tara (gr)	32.8	34.8				
Masa de muestra seca+tara (gr)	30.1	31.6				
Masa de la muestra seca (gr)	8.2	9.8				
Masa de agua (gr)	2.7	3.2				
Contenido de Humedad (%)	32.93%	32.65%				
			Límite Líquido		54.53%	
			Límite de Atterberg			
			Límite		Valor:	
			LL		54.53%	
			LP		32.79%	
			IP		21.74%	
			Observación: Si IP = 0 son suelos no plásticos o de nula plasticidad Si IP < 7, son suelos de baja plasticidad Si 7 ≤ IP ≤ 17, son suelos de media plasticidad Si IP > 17, suelos de alta plasticidad Si LP es igual o mayor que LL el suelo NP, Se necesita que tengan una diferencia entre ellos de 1%			
			Límite plástico		32.79%	



Fuente: Propia


Tabla 95: Ensaye de Límite de Atterberg Sondeo 4 Muestra 1

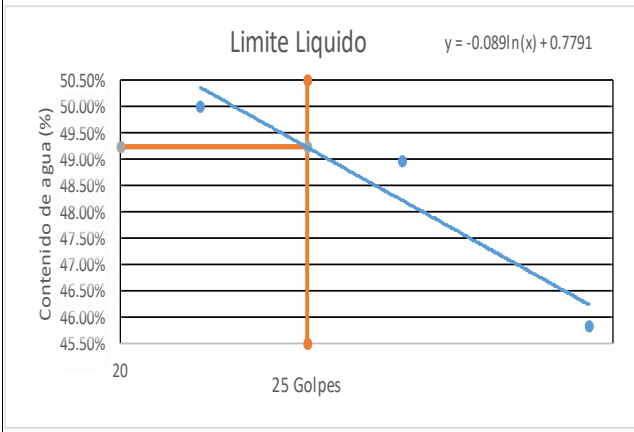
	METODO DE ENSAYO		AASHTO 89 – 90; ASTM D – 4318			
	Límite líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad					
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento de Carazo"						
Muestra:	SM4 - M1		Fecha de ensayo	27-ene-21		
Clasificación SUCS:	ML		Clasificación HRB	A-7-5 (10)		
Límite Líquido	Método de preparación de especímenes: Húmedo					
Método	Límite líquido con puntos múltiples.					
Cantidad de pruebas requeridas	1	2	3	4		
Golpes requerido para el cierre	15-25	20-30	25-35			
Identificación de tara	A-2017	Lee	A-48			
Numero de golpes	16	23	35			
Masa de la tara (gr)	21.8	21.7	22			
Masa de muestra humedad+tara (gr)	40.2	40.6	42.2			
Masa de muestra seca+tara (gr)	34.6	35	36.4			
Masa de la muestra seca (gr)	12.8	13.3	14.4			
Masa de agua (gr)	5.6	5.6	5.8			
Contenido de Humedad (%)	43.75%	42.11%	40.28%			
Límite Plástico			Método de ensayo: Manual			
Método	Límite líquido con puntos múltiples.					
Cantidad de pruebas requeridas	1	2				
Identificación de tara	B-02	B-114				
Masa de la tara (gr)	21.5	22.3				
Masa de muestra humedad+tara (gr)	31.8	32.5				
Masa de muestra seca+tara (gr)	29.4	30.1				
Masa de la muestra seca (gr)	7.9	7.8				
Masa de agua (gr)	2.4	2.4				
Contenido de Humedad (%)	30.38%	30.77%				
			Límite Líquido			
			41.87%			
			Límite de Atterberg			
			Límite		Valor:	
			LL		41.87%	
			LP		30.57%	
			IP		11.29%	
			Observación:			
			Si IP =0 son suelos no plásticos o de nula plasticidad			
			Si IP < 7, son suelos de baja plasticidad			
			Si 7 ≤ IP ≤ 17, son suelos de media plasticidad			
			Si IP > 17, suelos de alta plasticidad			
			Si LP es igual o mayor que LL el suelo NP, Se necesita que tengan una diferencia entre ellos de 1%			
			Límite plástico		30.57%	



Fuente: Propia


Tabla 96: Ensaye de Límite de Atterberg Sondeo 4 Muestra 2

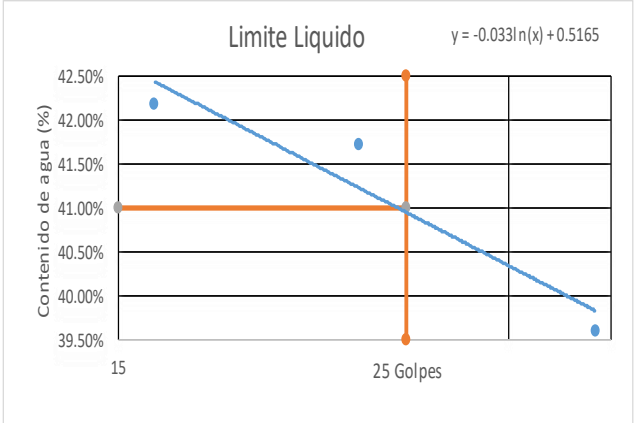
	Método de ensayo		AASHTO 89 – 90; ASTM D – 4318			
	Límite líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad					
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento de Carazo"						
Muestra:	SM4 - M2		Fecha de ensayo	01-feb-21		
Clasificación SUCS:	ML		Clasificación HRB	A-7-5 (18)		
Límite Líquido	Método de preparación de especímenes: Húmedo					
Método	Límite líquido con puntos múltiples.					
Cantidad de pruebas requeridas	1	2	3	4		
Golpes requerido para el cierre	15-25	20-30	25-35			
Identificación de tara	R-126	MI-1	A-14			
Numero de golpes	22	28	35			
Masa de la tara (gr)	22	22.1	21.7			
Masa de muestra humedad+tara (gr)	36.4	36.7	32.2			
Masa de muestra seca+tara (gr)	31.6	31.9	28.9			
Masa de la muestra seca (gr)	9.6	9.8	7.2			
Masa de agua (gr)	4.8	4.8	3.3			
Contenido de Humedad (%)	50.00%	48.98%	45.83%			
Límite Plástico		Método de ensayo: Manual				
Método		Límite líquido con puntos múltiples.				
Cantidad de pruebas requeridas	1	2				
Identificación de tara	B-02	B-114				
Masa de la tara (gr)	21.5	22.3				
Masa de muestra humedad+tara (gr)	31.8	32.5				
Masa de muestra seca+tara (gr)	29.4	30.1				
Masa de la muestra seca (gr)	7.9	7.8				
Masa de agua (gr)	2.4	2.4				
Contenido de Humedad (%)	30.38%	30.77%				
		Límite Líquido		49.26%		
		Límite de Atterberg				
		Límite		Valor:		
		LL		49.26%		
		LP		30.57%		
		IP		18.69%		
		Observación: Si IP = 0 son suelos no plásticos o de nula plasticidad Si IP < 7, son suelos de baja plasticidad Si 7 ≤ IP ≤ 17, son suelos de media plasticidad Si IP > 17, suelos de alta plasticidad Si LP es igual o mayor que LL el suelo NP, Se necesita que tengan una diferencia entre ellos de 1%				
		Límite plástico		30.57%		



Fuente: Propia


Tabla 97: Ensaye de Límite de Atterberg Sondeo 5 Muestra 1

	METODO DE ENSAYO		AASHTO 89 – 90; ASTM D – 4318																																																																									
	Límite líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad																																																																											
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento de Carazo"																																																																												
Muestra:	SM5 - M1		Fecha de ensayo		22-ene-21																																																																							
Clasificación SUCS:	ML		Clasificación HRB		A-5 (4)																																																																							
Límite Líquido			Método de preparación de especímenes: Húmedo																																																																									
Método			Límite líquido con puntos múltiples.																																																																									
Cantidad de pruebas requeridas	1	2	3	4																																																																								
Golpes requerido para el cierre	15-25	20-30	25-35																																																																									
Identificación de tara	A-171	Lee	MI-1																																																																									
Numero de golpes	16	23	35																																																																									
Masa de la tara (gr)	22	21.7	22.2																																																																									
Masa de muestra humedad+tara (gr)	45.6	41.4	36.3																																																																									
Masa de muestra seca+tara (gr)	38.6	35.6	32.3																																																																									
Masa de la muestra seca (gr)	16.6	13.9	10.1																																																																									
Masa de agua (gr)	7	5.8	4																																																																									
Contenido de Humedad (%)	42.17%	41.73%	39.60%																																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Límite Plástico</td> <td colspan="6">Método de ensayo: Manual</td> </tr> <tr> <td>Método</td> <td colspan="6">Límite líquido con puntos múltiples.</td> </tr> <tr> <td>Cantidad de pruebas requeridas</td> <td>1</td> <td>2</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Identificación de tara</td> <td>A-19</td> <td>B-03</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Masa de la tara (gr)</td> <td>21.7</td> <td>21.9</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Masa de muestra humedad tara (gr)</td> <td>29.12</td> <td>30.2</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Masa de muestra seca+tara (gr)</td> <td>27.1</td> <td>28</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Masa de la muestra seca (gr)</td> <td>5.4</td> <td>6.1</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Masa de agua (gr)</td> <td>2.02</td> <td>2.2</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad (%)</td> <td>37.41%</td> <td>36.07%</td> <td colspan="4"></td> </tr> </table>							Límite Plástico	Método de ensayo: Manual						Método	Límite líquido con puntos múltiples.						Cantidad de pruebas requeridas	1	2					Identificación de tara	A-19	B-03					Masa de la tara (gr)	21.7	21.9					Masa de muestra humedad tara (gr)	29.12	30.2					Masa de muestra seca+tara (gr)	27.1	28					Masa de la muestra seca (gr)	5.4	6.1					Masa de agua (gr)	2.02	2.2					Contenido de Humedad (%)	37.41%	36.07%				
Límite Plástico	Método de ensayo: Manual																																																																											
Método	Límite líquido con puntos múltiples.																																																																											
Cantidad de pruebas requeridas	1	2																																																																										
Identificación de tara	A-19	B-03																																																																										
Masa de la tara (gr)	21.7	21.9																																																																										
Masa de muestra humedad tara (gr)	29.12	30.2																																																																										
Masa de muestra seca+tara (gr)	27.1	28																																																																										
Masa de la muestra seca (gr)	5.4	6.1																																																																										
Masa de agua (gr)	2.02	2.2																																																																										
Contenido de Humedad (%)	37.41%	36.07%																																																																										
				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Límite Líquido</td> <td>41.03%</td> </tr> </table>			Límite Líquido	41.03%																																																																				
Límite Líquido	41.03%																																																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">Límite de Atterberg</th> </tr> <tr> <th>Límite</th> <th>Valor:</th> </tr> <tr> <td>LL</td> <td>41.03%</td> </tr> <tr> <td>LP</td> <td>36.74%</td> </tr> <tr> <td>IP</td> <td>4.29%</td> </tr> </table>							Límite de Atterberg		Límite	Valor:	LL	41.03%	LP	36.74%	IP	4.29%																																																												
Límite de Atterberg																																																																												
Límite	Valor:																																																																											
LL	41.03%																																																																											
LP	36.74%																																																																											
IP	4.29%																																																																											
<p>Observación: Si IP = 0 son suelos no plásticos o de nula plasticidad Si IP < 7, son suelos de baja plasticidad Si 7 ≤ IP ≤ 17, son suelos de media plasticidad Si IP > 17, suelos de alta plasticidad Si LP es igual o mayor que LL el suelo NP, Se necesita que tengan una diferencia entre ellos de 1%</p>																																																																												
				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Límite plástico</td> <td>36.74%</td> </tr> </table>			Límite plástico	36.74%																																																																				
Límite plástico	36.74%																																																																											




Fuente: Propia

Tabla 98: Ensaye de Límite de Atterberg Sondeo 6 Muestra 1

	METODO DE ENSAYO		AASHTO 89 – 90; ASTM D – 4318																																																																									
	Límite líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad																																																																											
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento de Carazo"																																																																												
Muestra:	SM6 - M1		Fecha de ensayo		28-ene-21																																																																							
Clasificación SUCS:	ML		Clasificación HRB		A-7-5 (15)																																																																							
Límite Líquido		Método de preparación de especímenes: Húmedo																																																																										
Método		Límite líquido con puntos múltiples.																																																																										
Cantidad de pruebas requeridas	1	2	3	4																																																																								
Golpes requerido para el cierre	15-25	20-30	25-35																																																																									
Identificación de tara	A-321	A-31	A-42																																																																									
Numero de golpes	20	26	32																																																																									
Masa de la tara (gr)	21.6	21.4	21.9																																																																									
Masa de muestra humedad+tara (gr)	36.9	34.4	37.3																																																																									
Masa de muestra seca+tara (gr)	31.8	30.1	32.3																																																																									
Masa de la muestra seca (gr)	10.2	8.7	10.4																																																																									
Masa de agua (gr)	5.1	4.3	5																																																																									
Contenido de Humedad (%)	50.00%	49.43%	48.08%																																																																									
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Límite Plástico</td> <td colspan="2">Método de ensayo: Manual</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Método</td> <td colspan="6">Límite líquido con puntos múltiples.</td> </tr> <tr> <td>Cantidad de pruebas requeridas</td> <td>1</td> <td>2</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Identificación de tara</td> <td>B-06</td> <td>R-061</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Masa de la tara (gr)</td> <td>21.9</td> <td>21.5</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Masa de muestra humedad+tara (gr)</td> <td>29</td> <td>33</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Masa de muestra seca+tara (gr)</td> <td>27.4</td> <td>30.3</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Masa de la muestra seca (gr)</td> <td>5.5</td> <td>8.8</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Masa de agua (gr)</td> <td>1.6</td> <td>2.7</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad (%)</td> <td>29.09%</td> <td>30.68%</td> <td colspan="4"></td> </tr> </table>							Límite Plástico	Método de ensayo: Manual						Método	Límite líquido con puntos múltiples.						Cantidad de pruebas requeridas	1	2					Identificación de tara	B-06	R-061					Masa de la tara (gr)	21.9	21.5					Masa de muestra humedad+tara (gr)	29	33					Masa de muestra seca+tara (gr)	27.4	30.3					Masa de la muestra seca (gr)	5.5	8.8					Masa de agua (gr)	1.6	2.7					Contenido de Humedad (%)	29.09%	30.68%				
Límite Plástico	Método de ensayo: Manual																																																																											
Método	Límite líquido con puntos múltiples.																																																																											
Cantidad de pruebas requeridas	1	2																																																																										
Identificación de tara	B-06	R-061																																																																										
Masa de la tara (gr)	21.9	21.5																																																																										
Masa de muestra humedad+tara (gr)	29	33																																																																										
Masa de muestra seca+tara (gr)	27.4	30.3																																																																										
Masa de la muestra seca (gr)	5.5	8.8																																																																										
Masa de agua (gr)	1.6	2.7																																																																										
Contenido de Humedad (%)	29.09%	30.68%																																																																										
				<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Límite Líquido</td> <td>49.28%</td> </tr> </table>			Límite Líquido	49.28%																																																																				
Límite Líquido	49.28%																																																																											
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th colspan="2">Límite de Atterberg</th> </tr> <tr> <th>Límite</th> <th>Valor:</th> </tr> <tr> <td>LL</td> <td>49.28%</td> </tr> <tr> <td>LP</td> <td>29.89%</td> </tr> <tr> <td>IP</td> <td>19.40%</td> </tr> </table>							Límite de Atterberg		Límite	Valor:	LL	49.28%	LP	29.89%	IP	19.40%																																																												
Límite de Atterberg																																																																												
Límite	Valor:																																																																											
LL	49.28%																																																																											
LP	29.89%																																																																											
IP	19.40%																																																																											
<p>Observación: Si IP = 0 son suelos no plásticos o de nula plasticidad Si IP < 7, son suelos de baja plasticidad Si 7 ≤ IP ≤ 17, son suelos de media plasticidad Si IP > 17, suelos de alta plasticidad Si LP es igual o mayor que LL el suelo NP, Se necesita que tengan una diferencia entre ellos de 1%</p>																																																																												
				<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Límite plástico</td> <td>29.89%</td> </tr> </table>			Límite plástico	29.89%																																																																				
Límite plástico	29.89%																																																																											

Fuente: Propia

Tabla 99: Ensaye de Límite de Atterberg Sondeo 6 Muestra 2

 <small>Laboratorio de Geotecnia y Tecnología</small>		METODO DE ENSAYO		AASHTO 89 – 90; ASTM D – 4318	
		Límite líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad			
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento de Carazo"					
Muestra:	SM6 - M2		Fecha de ensayo	29-ene-21	
Clasificación SUCS:	ML		Clasificación HRB	A-7-5 (12)	
Límite Líquido	Método de preparación de especímenes: Húmedo				
Método	Límite líquido con puntos múltiples.				
Cantidad de pruebas requeridas	1	2	3	4	
Golpes requerido para el cierre	15-25	20-30	25-35		
Identificación de tara	A-33	A-25	R-061		
Numero de golpes	15	22	35		
Masa de la tara (gr)	21.9	21.4	21.6		
Masa de muestra humedad+tara (gr)	36	34.7	33.3		
Masa de muestra seca+tara (gr)	31.4	30.5	29.7		
Masa de la muestra seca (gr)	9.5	9.1	8.1		
Masa de agua (gr)	4.6	4.2	3.6		
Contenido de Humedad (%)	48.42%	46.15%	44.44%		

Límite Plástico	Método de ensayo: Manual
Método	Límite líquido con puntos múltiples.
Cantidad de pruebas requeridas	1 2
Identificación de tara	B-06 R-061
Masa de la tara (gr)	21.9 21.5
Masa de muestra humedad+tara (gr)	29 33
Masa de muestra seca+tara (gr)	27.4 30.3
Masa de la muestra seca (gr)	5.5 8.8
Masa de agua (gr)	1.6 2.7
Contenido de Humedad (%)	29.09% 30.68%

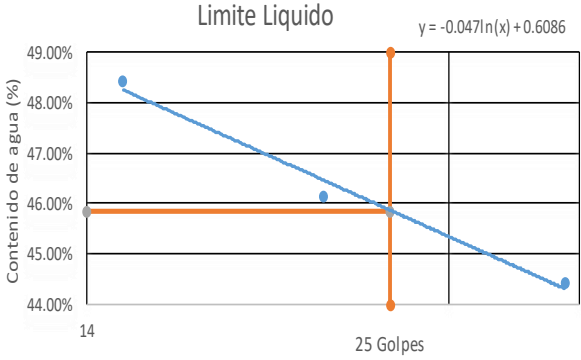
Límite Líquido	45.73%
-----------------------	---------------

Límite de Atterberg	
Límite	Valor:
LL	45.73%
LP	29.89%
IP	15.84%

Observación: Si IP = 0 son suelos no plásticos o de nula plasticidad
 Si IP < 7, son suelos de baja plasticidad
 Si 7 ≤ IP ≤ 17, son suelos de media plasticidad
 Si IP > 17, suelos de alta plasticidad
 Si LP es igual o mayor que LL el suelo NP, Se necesita que tengan una diferencia entre ellos de 1%


Límite plástico	29.89%
------------------------	---------------

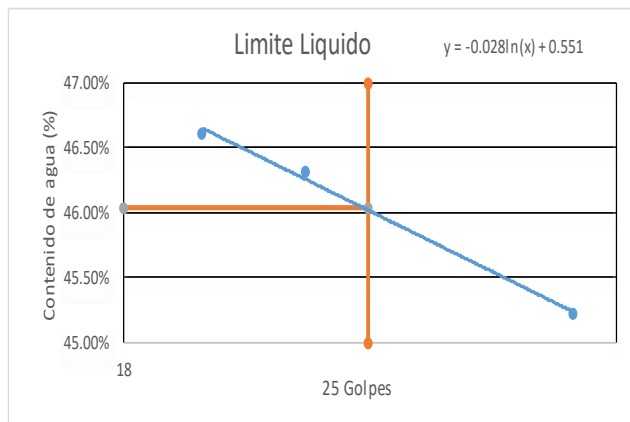
Límite Líquido



Fuente: Propia


Tabla 100: Ensayo de Límite de Atterberg Sondeo 7 Muestra 1

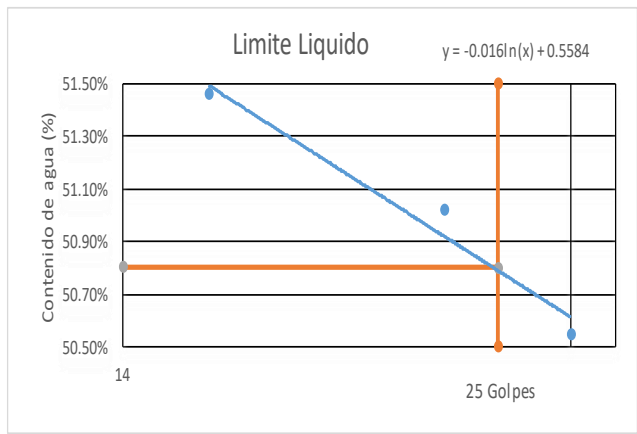
	Método de ensayo		AASHTO 89 – 90; ASTM D – 4318																																	
	Límite líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad																																			
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento de Carazo"																																				
Muestra:	SM7 - M1		Fecha de ensayo	01-feb-21																																
Clasificación SUCS:	ML		Clasificación HRB	A-7-5 (12)																																
Límite Líquido	Método de preparación de especímenes: Húmedo																																			
Método	Límite líquido con puntos múltiples.																																			
Cantidad de pruebas requeridas	1	2	3	4																																
Golpes requerido para el cierre	15-25	20-30	25-35																																	
Identificación de tara	R-061	A-25	B-4																																	
Numero de golpes	20	23	33																																	
Masa de la tara (gr)	21.5	21.4	21.7																																	
Masa de muestra humedad+tara (gr)	36.6	35.3	38.4																																	
Masa de muestra seca+tara (gr)	31.8	30.9	33.2																																	
Masa de la muestra seca (gr)	10.3	9.5	11.5																																	
Masa de agua (gr)	4.8	4.4	5.2																																	
Contenido de Humedad (%)	46.60%	46.32%	45.22%																																	
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Límite Plástico</td> <td colspan="2">Método de ensayo: Manual</td> </tr> <tr> <td>Método</td> <td colspan="2">Límite líquido con puntos múltiples.</td> </tr> <tr> <td>Cantidad de pruebas requeridas</td> <td>1</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Identificación de tara</td> <td>R-21</td> <td>R-116</td> </tr> <tr> <td>Masa de la tara (gr)</td> <td>22.2</td> <td>21.7</td> </tr> <tr> <td>Masa de muestra humedad+tara (gr)</td> <td>33.7</td> <td>33</td> </tr> <tr> <td>Masa de muestra seca+tara (gr)</td> <td>31</td> <td>30.3</td> </tr> <tr> <td>Masa de la muestra seca (gr)</td> <td>8.8</td> <td>8.6</td> </tr> <tr> <td>Masa de agua (gr)</td> <td>2.7</td> <td>2.7</td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad (%)</td> <td>30.68%</td> <td>31.40%</td> </tr> </table>							Límite Plástico	Método de ensayo: Manual		Método	Límite líquido con puntos múltiples.		Cantidad de pruebas requeridas	1	2	Identificación de tara	R-21	R-116	Masa de la tara (gr)	22.2	21.7	Masa de muestra humedad+tara (gr)	33.7	33	Masa de muestra seca+tara (gr)	31	30.3	Masa de la muestra seca (gr)	8.8	8.6	Masa de agua (gr)	2.7	2.7	Contenido de Humedad (%)	30.68%	31.40%
Límite Plástico	Método de ensayo: Manual																																			
Método	Límite líquido con puntos múltiples.																																			
Cantidad de pruebas requeridas	1	2																																		
Identificación de tara	R-21	R-116																																		
Masa de la tara (gr)	22.2	21.7																																		
Masa de muestra humedad+tara (gr)	33.7	33																																		
Masa de muestra seca+tara (gr)	31	30.3																																		
Masa de la muestra seca (gr)	8.8	8.6																																		
Masa de agua (gr)	2.7	2.7																																		
Contenido de Humedad (%)	30.68%	31.40%																																		
			Límite Líquido		46.09%																															
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th colspan="2">Límite de Atterberg</th> </tr> <tr> <td>Límite</td> <td>Valor:</td> </tr> <tr> <td>LL</td> <td>46.09%</td> </tr> <tr> <td>LP</td> <td>31.04%</td> </tr> <tr> <td>IP</td> <td>15.05%</td> </tr> </table>							Límite de Atterberg		Límite	Valor:	LL	46.09%	LP	31.04%	IP	15.05%																				
Límite de Atterberg																																				
Límite	Valor:																																			
LL	46.09%																																			
LP	31.04%																																			
IP	15.05%																																			
<p>Observación: Si IP = 0 son suelos no plásticos o de nula plasticidad Si IP < 7, son suelos de baja plasticidad Si 7 ≥ IP ≤ 17, son suelos de media plasticidad Si IP > 17, suelos de alta plasticidad Si LP es igual o mayor que LL el suelo NP, Se necesita que tengan una diferencia entre ellos de 1%</p>																																				
			Límite plástico		31.04%																															



Fuente: Propia


Tabla 101: Ensayo de Límite de Atterberg Sondeo 7 Muestra 2

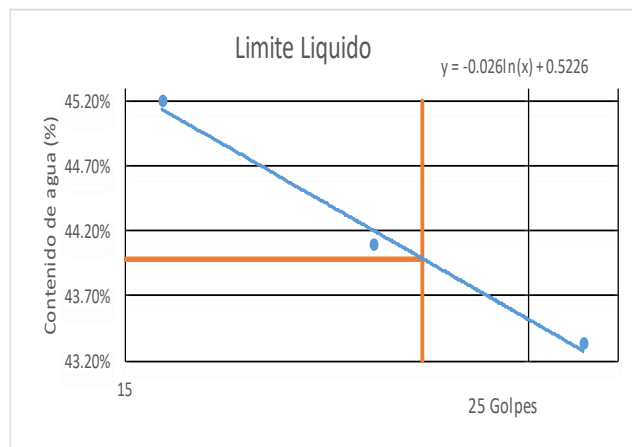
	Método de ensayo		AASHTO 89 – 90; ASTM D – 4318																																	
	Límite líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad																																			
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento de Carazo"																																				
Muestra:	SM7 - M2		Fecha de ensayo	01-feb-21																																
Clasificación SUCS:	MH		Clasificación HRB	A-7-5 (20)																																
Límite Líquido	Método de preparación de especímenes: Húmedo																																			
Método	Límite líquido con puntos múltiples.																																			
Cantidad de pruebas requeridas	1	2	3	4																																
Golpes requerido para el cierre	15-25	20-30	25-35																																	
Identificación de tara	B-04	R-120	A-46																																	
Numero de golpes	16	23	28																																	
Masa de la tara (gr)	21.6	21.1	21.8																																	
Masa de muestra humedad+tara (gr)	37.2	35.9	35.5																																	
Masa de muestra seca+tara (gr)	31.9	30.9	30.9																																	
Masa de la muestra seca (gr)	10.3	9.8	9.1																																	
Masa de agua (gr)	5.3	5	4.6																																	
Contenido de Humedad (%)	51.46%	51.02%	50.55%																																	
<table border="1"> <tr> <td>Límite Plástico</td> <td colspan="2">Método de ensayo: Manual</td> </tr> <tr> <td>Método</td> <td colspan="2">Límite líquido con puntos múltiples.</td> </tr> <tr> <td>Cantidad de pruebas requeridas</td> <td>1</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Identificación de tara</td> <td>B-06</td> <td>R-061</td> </tr> <tr> <td>Masa de la tara (gr)</td> <td>21.9</td> <td>21.5</td> </tr> <tr> <td>Masa de muestra humedad tara (gr)</td> <td>29</td> <td>33</td> </tr> <tr> <td>Masa de muestra seca + tara (gr)</td> <td>27.4</td> <td>30.3</td> </tr> <tr> <td>Masa de la muestra seca (gr)</td> <td>5.5</td> <td>8.8</td> </tr> <tr> <td>Masa de agua (gr)</td> <td>1.6</td> <td>2.7</td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad (%)</td> <td>29.09%</td> <td>30.68%</td> </tr> </table>							Límite Plástico	Método de ensayo: Manual		Método	Límite líquido con puntos múltiples.		Cantidad de pruebas requeridas	1	2	Identificación de tara	B-06	R-061	Masa de la tara (gr)	21.9	21.5	Masa de muestra humedad tara (gr)	29	33	Masa de muestra seca + tara (gr)	27.4	30.3	Masa de la muestra seca (gr)	5.5	8.8	Masa de agua (gr)	1.6	2.7	Contenido de Humedad (%)	29.09%	30.68%
Límite Plástico	Método de ensayo: Manual																																			
Método	Límite líquido con puntos múltiples.																																			
Cantidad de pruebas requeridas	1	2																																		
Identificación de tara	B-06	R-061																																		
Masa de la tara (gr)	21.9	21.5																																		
Masa de muestra humedad tara (gr)	29	33																																		
Masa de muestra seca + tara (gr)	27.4	30.3																																		
Masa de la muestra seca (gr)	5.5	8.8																																		
Masa de agua (gr)	1.6	2.7																																		
Contenido de Humedad (%)	29.09%	30.68%																																		
			Límite Líquido	50.69%																																
<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Limite de Atterberg</th> </tr> <tr> <th>Límite</th> <th>Valor:</th> </tr> <tr> <td>LL</td> <td>50.69%</td> </tr> <tr> <td>LP</td> <td>29.89%</td> </tr> <tr> <td>IP</td> <td>20.80%</td> </tr> </table>							Limite de Atterberg		Límite	Valor:	LL	50.69%	LP	29.89%	IP	20.80%																				
Limite de Atterberg																																				
Límite	Valor:																																			
LL	50.69%																																			
LP	29.89%																																			
IP	20.80%																																			
<p>Observación: Si IP = 0 son suelos no plásticos o de nula plasticidad Si IP < 7, son suelos de baja plasticidad Si 7 ≤ IP ≤ 17, son suelos de media plasticidad Si IP > 17, suelos de alta plasticidad Si LP es igual o mayor que LL el suelo NP, Se necesita que tengan una diferencia entre ellos de 1%</p>																																				
			Límite plástico	29.89%																																



Fuente: Propia

Tabla 102: Ensayo de Limite de Atterberg al suelo A-7-5

	METODO DE ENSAYO		AASHTO 89 – 90; ASTM D – 4318			
	Límite líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad					
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el"						
Muestra:	A-7-5		Fecha de ensayo		04-feb-21	
Clasificación SUCS:	MH		Clasificación HRB		A-7-5 (20)	
Límite Líquido	Método de preparación de especímenes: Húmedo					
Método	Límite líquido con puntos múltiples.					
Cantidad de pruebas requeridas	1	2	3	4		
Golpes requerido para el cierre	15-25	20-30	25-35			
Identificación de tara	R-061	A-25	A-42			
Numero de golpes	16	23	33			
Masa de la tara (gr)	21.5	21.4	21.9			
Masa de muestra humedad+tara (gr)	36.6	34.8	34.8			
Masa de muestra seca+tara (gr)	31.9	30.7	30.9			
Masa de la muestra seca (gr)	10.4	9.3	9			
Masa de agua (gr)	4.7	4.1	3.9			
Contenido de Humedad (%)	45.19%	44.09%	43.33%			
Límite Plástico						
Método	Método de ensayo: Manual					
Método	Límite líquido con puntos múltiples.					
Cantidad de pruebas requeridas	1	2				
Identificación de tara	B-06	R-116				
Masa de la tara (gr)	21.9	21.7				
Masa de muestra humedad tara (gr)	30.1	31.6				
Masa de muestra seca + tara (gr)	28.3	29.4				
Masa de la muestra seca (gr)	6.4	7.7				
Masa de agua (gr)	1.8	2.2				
Contenido de Humedad (%)	28.13%	28.57%				
				Límite Líquido	43.89%	
				Límite de Atterberg		
				Límite	Valor:	
				LL	43.89%	
				LP	28.00%	
				IP	15.89%	
Observación: Si						
IP =0 son suelos no plásticos o de nula plasticidad						
Si IP < 7, son suelos de baja plasticidad						
Si 7 ≤ IP ≤ 17, son suelos de media plasticidad						
Si IP > 17, suelos de alta plasticidad						
Si LP es igual o mayor que LL el suelo NP, Se necesita que tengan una diferencia entre ellos de 1%						
				Límite plástico	28.35%	




Fuente: Propia

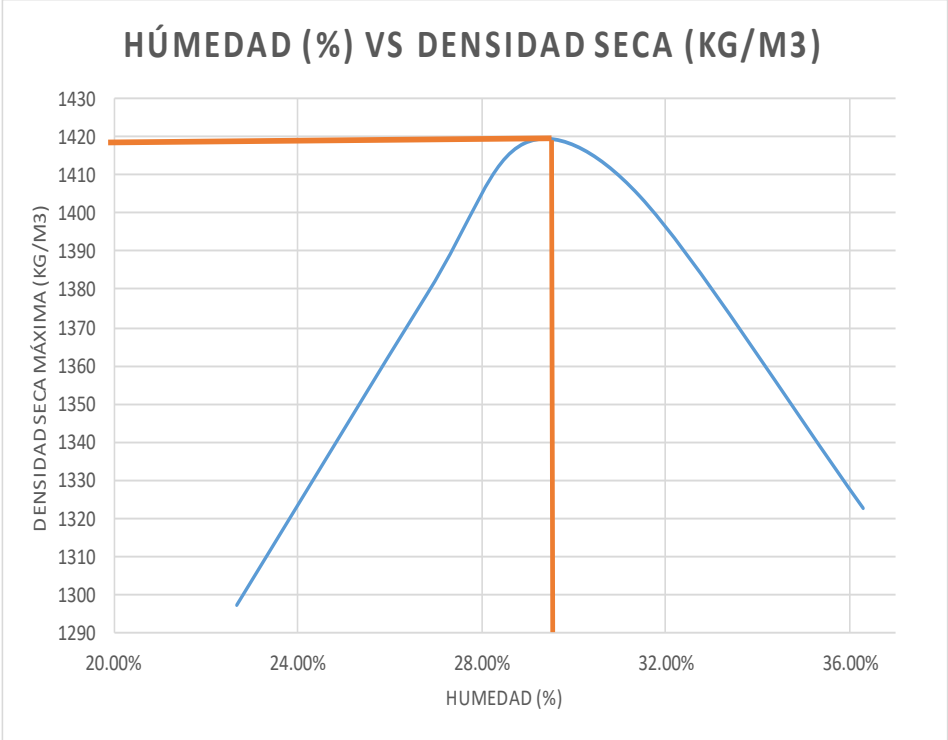
Tabla 103: Porcentaje de cemento recomendado por tipo de suelo

Tipo de suelo	Cantidad del cemento (%)
Roca triturada, grava con arena y arcilla bien graduada	0.5 - 2
Arena bien graduada	2 - 4
Arena pobremente graduada	4 - 6
Arcilla arenosa	4 - 6
Arcilla limosa	6 - 8
Arcilla con plasticidad media	8 - 12
Arcilla con plasticidad alta	12 - 15
Suelos orgánicos	10 - 15

Fuente: (El Suelo-Cemento como material de construcción, 2008)

Tabla 104: Ensaye de Próctor Estándar al suelo natural A-7-5


	METODO DE ENSAYO		AASHTO T 99; ASTM D-698		
	RELACION DENSIDAD-HUMEDAD DE SUELOS				
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento de Carazo"					
Muestra:				Fecha:	04-feb-21
Metodo de ensayo	AASHTO T 99; ASTM D-698		Clasificación HRB:	A-7-5	
Ensaye No.	1	3	4	5	6
Volumen del cilindro (m³)	0.000944	0.000944	0.000944	0.000944	0.000944
Peso del molde cilindrico	4.28	4.28	4.28	4.28	4.28
Peso del material + molde	5.78	5.93	6.00	6.02	5.98
Tara No.	A-03	A-04	0021	A-19	A-08
Peso Tara (gr)	41.1	41.5	41.3	42	39.9
Peso Humedo + Tara (gr)	241.3	321.2	328.3	294.2	297.9
Peso seco + Tara (gr)	204.3	262.1	263.9	233.9	229.2
% de Humedad	22.67%	26.79%	28.93%	31.42%	36.29%
Peso Volumetrico	1591.42	1747.78	1828.71	1846.08	1802.65
Peso Volumetrico Seco	1297.30	1378.47	1418.36	1404.69	1322.64



Humedad optima
29.27%
Densidad seca maxima (kg/m³)
1419


Fuente: Propia

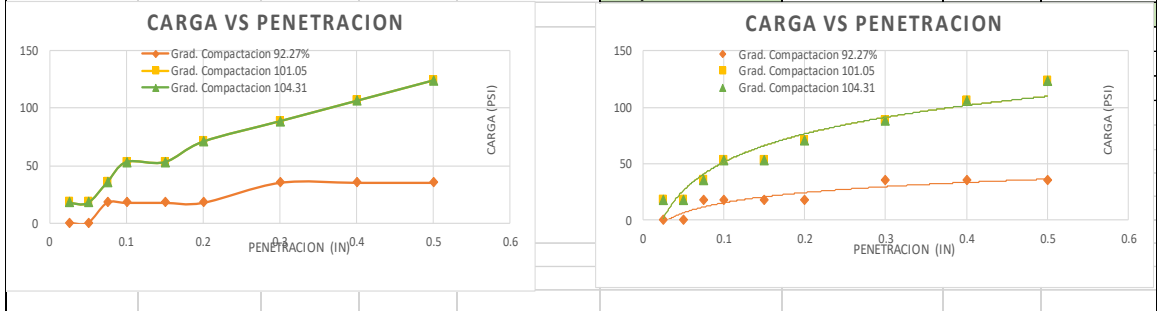
Tabla 105: Ensayo de CBR al suelo natural A-7-5

		METODO DE ENSAYO				AASHTO T 193;ASTM D 1883			
		Especímenes de CBR							
Metodo de preparacion de especímenes: Humedo									
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento de Carazo"									
Muestra:		A-7-5				Fecha de ensayo		10-feb-21	
		Suelo Natural				Clasificación HRB		A-7-5 (10)	
Densidad seca max kg/m3		1419				Humedad Optima (%)		29.27	
Penetracion		N. de golpes por carpa: 10		N. de golpes por carpa: 25		N. de golpes por carpa: 56			
mm	Pulgada	Molde:	A-1	Molde:	A-2	Molde:	A-3		
		Resistencia a la penetracion		Resistencia a la penetracion		Resistencia a la penetracion			
		Lectura deformimetro	Carga (lb)	Lectura deformimetro	Carga (lb)	Lectura deformimetro	Carga (lb)		
0.64	0.025	0	0	1	52.95	1	52.95		
1.27	0.05	0	0	1	52.95	1	52.95		
1.91	0.075	1	52.95	2	105.9	2	105.9		
2.54	0.1	1	52.95	3	158.85	3	158.85		
3.81	0.15	1	52.95	3	158.85	3	158.85		
5.08	0.2	1	52.95	4	211.8	4	211.8		
7.62	0.3	2	105.9	5	264.75	5	264.75		
10.16	0.4	2	105.9	6	317.7	6	317.7		
12.7	0.5	2	105.9	7	370.65	7	370.65		
CBR							Area		3
Penetracion	Carga Standar	A-1		A-2		A-3			
Pulgada	PSI	Lectura	Esfuerzo (psi)	Lectura	Esfuerzo (psi)	Lectura	Esfuerzo (psi)		
0.025	0	0	0	52.95	17.65	52.95	17.65		
0.05	0	0	0	52.95	17.65	52.95	17.65		
0.075	0	52.95	17.65	105.9	35.3	105.9	35.3		
0.1	1	52.95	17.65	158.85	52.95	158.85	52.95		
0.15	0	52.95	17.65	158.85	52.95	158.85	52.95		
0.2	1.5	52.95	17.65	211.8	70.6	211.8	70.6		
0.3	1.9	105.9	35.3	264.75	88.25	264.75	88.25		
0.4	2.3	105.9	35.3	317.7	105.9	317.7	105.9		
0.5	2.6	105.9	35.3	370.65	123.55	370.65	123.55		
CBR Corregido									
Penetracion (in)	N. Molde	A-1		A-2		A-3			
	Grad. Compactacion	92%		101%		104%			
	Carga Standar (psi)	Esfuerzo (psi)	%	Esfuerzo (psi)	%	Esfuerzo (psi)	%		
0.1	1000	17.65	1.77	52.95	5.30	52.95	5.30		
0.2	1500	17.65	1.18	70.60	4.71	70.60	4.71		
Promedio			1.47		5.00		5.00		

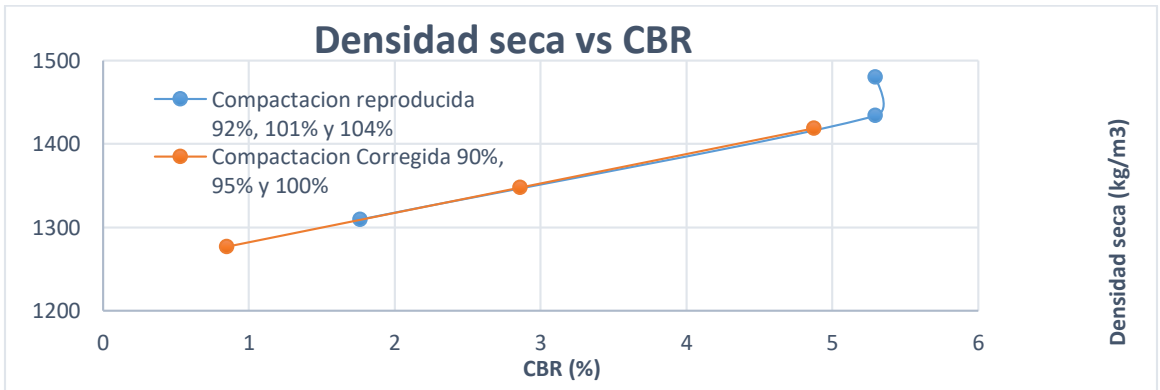
Fuente: Propia

Tabla 106: Ensaye de CBR al suelo natural A-7-5

	METODO DE ENSAYO			AASHTO T 193; ASTM D 1883			
	Especimenes de CBR						
	Metodo de preparacion de especimenes: Humedo						
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento de Carazo"							
Muestra:	A-7-5			Fecha de ensayo	10-feb-21		
				Clasificación HRB	A-7-5 (10)		
Recoleccion de Datos							
Ensayo de compactacion	Golpes 10	Golpes 25	Golpes 56	Ensayo de compactacion	Golpes 10	Golpes 25	Golpes 56
Ensayo	1	2	3	Wmuestra compactada Kg	3.4	3.8	3.8
Wm+Wmolde	10.5	10.8	11.0	Densidad H (kg/m3)	1657.74	1849.11	1872.55
Wmolde	7.1	7.1	7.1	Wagua	37.7	47.7	25.5
No. Molde	A-1	A.2	A-3	Wseca	141.7	164.7	96.2
Ws++Wagua	220.5	260.9	169.3	Humedad (%)	26.61	28.96	26.51
Ws+tara	182.8	213.2	143.8	Densidad seca (kg/m3)	1309.37	1433.85	1480.19
Wtara	41.1	48.5	47.6	Li	0	0	0
No. Tara	IC	N-27	B-12-1	Lf	1.17	1.13	0.92
Volumen m3	0.00207	0.00203	0.00205	Hinchamiento %	10.3540%	10.08929%	8%
52.95 Factor de correccion de lectura				CBR (%)	1.77	5.30	5.30
				Compactacion	92%	101%	104%




Grado Compactacion	CBR CORREGIDO				CBR interpolado				
	CBR		Densidad seca	Promedio del cbr	Grado Compactacion	CBR		Densidad seca	Promedio del cbr
	0.1"	0.2"				0.1"	0.2"		
92%	1.77	1.18	1309.37	1.47	90%	0.85	0.26	1277.10	0.56
101%	5.30	4.71	1433.85	5.00	95%	2.86	2.27	1348.05	2.57
104%	5.30	4.71	1480.19	5.00	100%	4.87	4.29	1419.00	4.58



Fuente: Propia

Tabla 107: Ensayo de límite de Atterberg del suelo A-7-5

	METODO DE ENSAYO		AASHTO 89 – 90; ASTM D – 4318			
	Límite líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad					
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el"						
Muestra:	A-7-5		Fecha de ensayo		04-feb-21	
Clasificación SUCS:	MH		Clasificación HRB		A-7-5 (20)	
Límite Líquido	Método de preparación de especímenes: Húmedo					
Método	Límite líquido con puntos múltiples.					
Cantidad de pruebas requeridas	1	2	3	4		
Golpes requerido para el cierre	15-25	20-30	25-35			
Identificación de tara	R-061	A-25	A-42			
Numero de golpes	16	23	33			
Masa de la tara (gr)	21.5	21.4	21.9			
Masa de muestra humedad+tara (gr)	36.6	34.8	34.8			
Masa de muestra seca+tara (gr)	31.9	30.7	30.9			
Masa de la muestra seca (gr)	10.4	9.3	9			
Masa de agua (gr)	4.7	4.1	3.9			
Contenido de Humedad (%)	45.19%	44.09%	43.33%			

Límite Plástico	Método de ensayo: Manual	
Método	Límite líquido con puntos múltiples.	
Cantidad de pruebas requeridas	1	2
Identificación de tara	B-06	R-116
Masa de la tara (gr)	21.9	21.7
Masa de muestra humedad tara (gr)	30.1	31.6
Masa de muestra seca + tara (gr)	28.3	29.4
Masa de la muestra seca (gr)	6.4	7.7
Masa de agua (gr)	1.8	2.2
Contenido de Humedad (%)	28.13%	28.57%

Límite Líquido	43.89%
----------------	--------

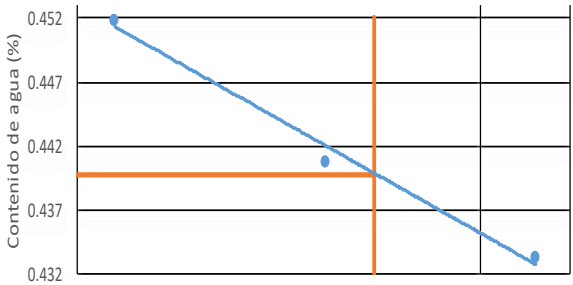
Límite de Atterberg	
Límite	Valor:
LL	43.89%
LP	28.00%
IP	15.89%

Observación: Si IP = 0 son suelos no plásticos o de nula plasticidad
 Si IP < 7, son suelos de baja plasticidad
 Si 7 ≤ IP ≤ 17, son suelos de media plasticidad
 Si IP > 17, suelos de alta plasticidad
 Si LP es igual o mayor que LL el suelo NP, Se necesita que tengan una diferencia entre ellos de 1%

Límite plástico	28.35%
-----------------	--------

Limite Liquido


$y = -0.0261n(x) + 0.5226$



15 25 Golpes

Fuente: Propia

Tabla 108: Ensayo de Limite de Atterberg al suelo A-7-5 con 8% de estabilizante suelo-cemento.

		METODO DE ENSAYO		AASHTO 89 – 90; ASTM D – 4318	
		Límite líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad			
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el"					
Muestra:	A-7-5 Y 8%		Fecha de ensayo	12-feb-21	
	Suelo-Cemento		Clasificación HRB	A-2-5	
Límite Líquido	Método de preparación de especímenes: Húmedo				
Método	Límite líquido con puntos múltiples.				
Cantidad de pruebas requeridas	1	2	3	4	
Golpes requerido para el cierre	15-25	20-30	25-35		
Identificación de tara	A-07	A-02	R-21		
Numero de golpes	16	28	32		
Masa de la tara (gr)	21.9	21.3	22.2		
Masa de muestra humedad+tara (gr)	37.1	40.3	42.9		
Masa de muestra seca+tara (gr)	32.6	34.7	36.9		
Masa de la muestra seca (gr)	10.7	13.4	14.7		
Masa de agua (gr)	4.5	5.6	6		
Contenido de Humedad (%)	42.06%	41.79%	40.82%		

Límite Líquido	41.52%
----------------	--------

Límite Plástico	Método de ensayo: Manual	
Método	Límite líquido con puntos múltiples.	
Cantidad de pruebas requeridas	1	2
Identificación de tara	A-30	B-02LH
Masa de la tara (gr)	21.6	21.8
Masa de muestra humedad+tara (gr)	33.1	35.8
Masa de muestra seca+tara (gr)	30.1	32.2
Masa de la muestra seca (gr)	8.5	10.4
Masa de agua (gr)	3	3.6
Contenido de Humedad (%)	35.29%	34.62%

Límite de Atterberg con 8% de Cemento	
Límite	Valor:
LL	41.52%
LP	34.95%
IP	6.57%

Observación: Si IP = 0 son suelos no plásticos o de nula plasticidad
 Si IP < 7, son suelos de baja plasticidad
 Si 7 ≤ IP ≤ 17, son suelos de media plasticidad
 Si IP > 17, suelos de alta plasticidad
 Si LP es igual o mayor que LL el suelo NP, Se necesita que tengan una diferencia entre ellos de 1%

Límite plástico	34.95%
-----------------	--------

Fuente: Propia

Tabla 109: Ensaye de CBR al suelo A-7-5 con 8% de estabilizante suelo-cemento.


	METODO DE ENSAYO		AASHTO T 193;ASTM D 1883				
	Especimenes de CBR						
	Metodo de preparacion de especimenes: Humedo						
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento"							
Muestra:	A-7-5 y 8% cemento		Fecha de ensayo		08-mar-21		
	Suelo-cemento		Clasificación HRB		A-7-5 (10)		
Densidad seca max kg/m3	1419		Humedad Óptima (%)		29.27		
Penetracion		N. de golpes por carpa: 10		N. de golpes por carpa: 25		N. de golpes por carpa: 56	
mm	Pulgada	Molde:	A-1	Molde:	A-2	Molde:	A-3
		Resistencia a la penetracion		Resistencia a la penetracion		Resistencia a la penetracion	
		Lectura deformimetro	Carga (lb)	Lectura deformimetro	Carga (lb)	Lectura deformimetro	Carga (lb)
0.64	0.025	3	158.85	4	211.8	4	211.8
1.27	0.05	7	370.65	8	423.6	8	423.6
1.91	0.075	8	423.6	11	582.45	12	635.4
2.54	0.1	9	476.55	13	688.35	15	794.25
3.81	0.15	10	529.5	16	847.2	21	1111.95
5.08	0.2	10	529.5	18	953.1	25	1323.75
7.62	0.3	10	529.5	22	1164.9	32	1694.4
10.16	0.4	11	582.45	25	1323.75	36	1906.2
12.7	0.5	12	635.4	27	1429.65	38	2012.1

CBR						Area	3
Penetracion	Carga Standar	A-1		A-2		A-3	
Pulgada	PSI	Lectura	Esfuerzo (psi)	Lectura	Esfuerzo (psi)	Lectura	Esfuerzo (psi)
0.025	0	158.85	52.95	211.8	70.6	211.8	70.6
0.05	0	370.65	123.55	423.6	141.2	423.6	141.2
0.075	0	423.6	141.2	582.45	194.15	635.4	211.8
0.1	1	476.55	158.85	688.35	229.45	794.25	264.75
0.15	0	529.5	176.5	847.2	282.4	1111.95	370.65
0.2	1.5	529.5	176.5	953.1	317.7	1323.75	441.25
0.3	1.9	529.5	176.5	1164.9	388.3	1694.4	564.8
0.4	2.3	582.45	194.15	1323.75	441.25	1906.2	635.4
0.5	2.6	635.4	211.8	1429.65	476.55	2012.1	670.7

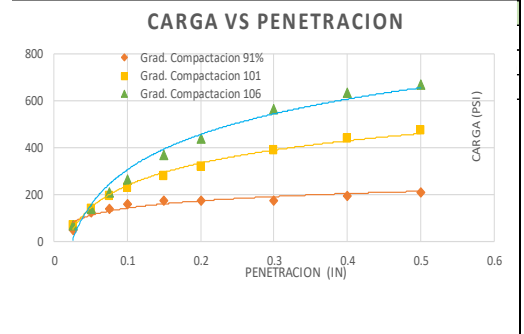
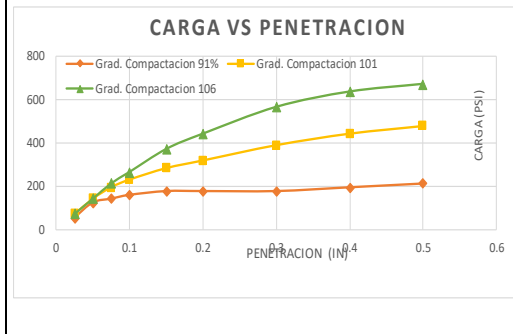
CBR Corregido							
Penetracion (in)	N. Molde	A-1		A-2		A-3	
	Grad. Compactacion	91%		101%		106%	
	Carga Standar (psi)	Esfuerzo (psi)	%	Esfuerzo (psi)	%	Esfuerzo (psi)	%
0.1	1000	158.85	15.89	229.45	22.95	264.75	26.48
0.2	1500	176.50	11.77	317.70	21.18	441.25	29.42
Promedio			13.83		22.06		27.95

Fuente: Propia

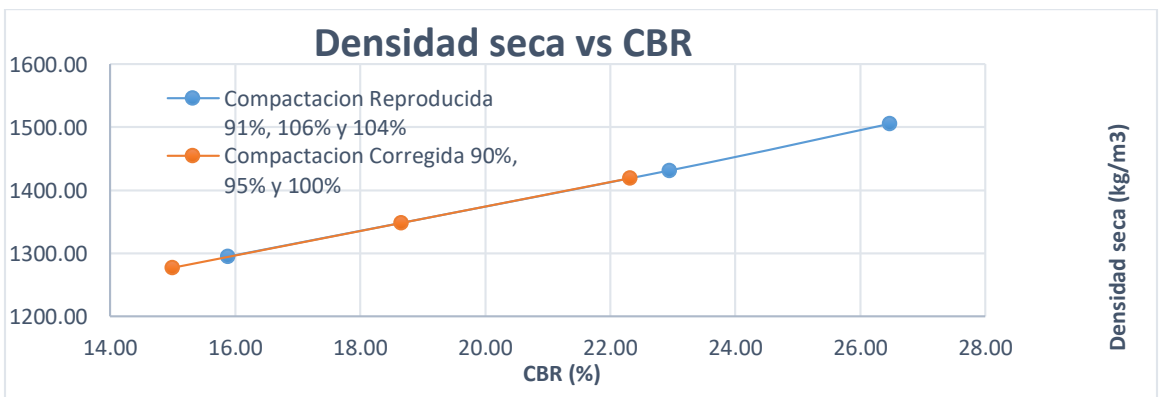
Tabla 110: Ensaye de Límite de Atterberg al suelo A-7-5 con 8% de estabilizante

	METODO DE ENSAYO		AASHTO T 193; ASTM D 1883	
	Especímenes de CBR			
	Metodo de preparación de especímenes: Humedo			
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz,				
Muestra:	A-7-5 y 8% cemento		Fecha de ensayo	08-mar-21
	Suelo-cemento		Clasificación HRB	A-7-5 (10)
No. Golpes				
Ensayo de compactación	10	25	56	
Ensayo	1	2	3	
Wm+Wmolde	10.4	10.8	11.0	
Wmolde	7.1	7.1	7.1	
No. Molde	A-1	A.2	A-3	
Ws+tara+Wagua	258.7	205.9	235.0	
Ws+tara	214.8	171.8	197.1	
Wtara	39.9	42.3	47.6	
No. Tara	A-07	A-100	A-19	
Volumen m3	0.00207	0.00203	0.00205	
52.95 Factor de corrección de lectura				

Ensayo de compactación	Golpes 10	Golpes 25	Golpes 56
Wmuestra compactada	3.3	3.7	3.9
Densidad H (kg/m3)	1619.26	1807.95	1887.05
Wagua	43.9	34.1	37.9
Wseca	174.9	129.5	149.5
Humedad (%)	25.10	26.33	25.35
Densidad seca (kg/m3)	1294.37	1431.11	1505.41
Li	0	0	0
Lf	1.02	0.99	0.87
Hinchamiento %	9%	9%	8%
CBR (%)	15.89	22.95	26.48
Compactación	91%	101%	106%


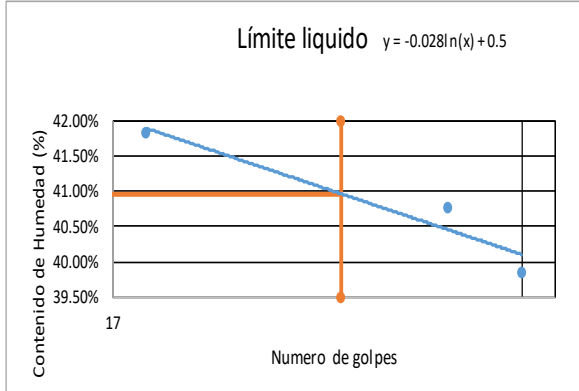


Grado Compactación	CBR CORREGIDO				CBR interpolado				
	0.1"	0.2"	Densidad seca	Promedio del cbr	Grado Compactación	0.1"	0.2"	Densidad seca	Promedio del cbr
91%	15.89	11.77	1294.37	13.83	90%	14.99	10.58	1277.10	12.79
101%	22.95	21.18	1431.11	22.06	95%	18.66	15.46	1348.05	17.06
106%	26.48	29.42	1505.41	27.95	100%	22.32	20.35	1419.00	21.33




Fuente: Propia

Tabla 111: Ensaye de límite de Atterberg del suelo A-7-5 con el 13% de estabilizante suelo-cemento.

	METODO DE ENSAYO		AASHTO 89 – 90; ASTM D – 4318											
	Limite liquido, Limite Plástico e Índice de Plasticidad													
	Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el													
Muestra:	A-7-5 Y 13%		Fecha de ensayo	12-feb-21										
	Suelo-Cemento		Clasificación HRB	A-2-4										
Limite Liquido	Método de preparación de especímenes: Húmedo													
Método	Limite liquido con puntos múltiples.													
Cantidad de pruebas requeridas	1	2	3	4										
Golpes requerido para el cierre	15-25	20-30	25-35											
Identificación de tara	A-42	B-03	AB											
Numero de golpes	18	30	34											
Masa de la tara (gr)	21.9	21.9	21.7											
Masa de muestra humedad+tara (gr)	43.6	44	41.7											
Masa de muestra seca+tara (gr)	37.2	37.6	36											
Masa de la muestra seca (gr)	15.3	15.7	14.3											
Masa de agua (gr)	6.4	6.4	5.7											
Contenido de Humedad (%)	41.83%	40.76%	39.86%											
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">  <p style="text-align: center;">Límite liquido $y = -0.028\ln(x) + 0.5$</p> </div> <div style="width: 45%; border: 1px solid black; padding: 5px;"> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 60%;">Limite Liquido</td> <td>40.99%</td> </tr> </table> </div> </div>							Limite Liquido	40.99%						
Limite Liquido	40.99%													
Límite Atterberg con 13% Cemento														
<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;">Limite</th> <th>Valor:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LL</td> <td>40.99%</td> </tr> <tr> <td>LP</td> <td>35.00%</td> </tr> <tr> <td>IP</td> <td>5.99%</td> </tr> </tbody> </table>							Limite	Valor:	LL	40.99%	LP	35.00%	IP	5.99%
Limite	Valor:													
LL	40.99%													
LP	35.00%													
IP	5.99%													
<p>Observación: Si IP = 0 son suelos no plásticos o de nula plasticidad Si IP < 7, son suelos de baja plasticidad Si 7 ≤ IP ≤ 17, son suelos de media plasticidad Si IP > 17, suelos de alta plasticidad Si LP es igual o mayor que LL el suelo NP, Se necesita que tengan una diferencia entre ellos de 1%</p>														
<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 60%;">Limite plástico</td> <td>35.49%</td> </tr> </table>							Limite plástico	35.49%						
Limite plástico	35.49%													
Limite Plástico	Método de ensayo: Manual													
Método	Limite liquido con puntos múltiples.													
Cantidad de pruebas requeridas	1	2												
Identificación de tara	R-132	R-126												
Masa de la tara (gr)	22	22.2												
Masa de muestra humedad+tara (gr)	30.5	30.5												
Masa de muestra seca+tara (gr)	28.3	28.3												
Masa de la muestra seca (gr)	6.3	6.1												
Masa de agua (gr)	2.2	2.2												
Contenido de Humedad (%)	34.92%	36.07%												


Fuente: Propia

Tabla 112: Ensaye de CBR al suelo A-7-5 con 13% de estabilizante suelo-cemento.

		METODO DE ENSAYO				AASHTO T 193; ASTM D 1883			
		Especimenes de CBR							
		Metodo de preparacion de especimenes: Humedo							
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento"									
Muestra:		A-7-5 y 13%				Fecha de ensayo		10-feb-21	
		Suelo-Cemento				Clasificación HRB		A-7-5 (10)	
Densidad seca max kg/m3		1419				Humedad Optima (%)		29.27	
Penetracion		N. de golpes por carpa: 10		N. de golpes por carpa: 25		N. de golpes por carpa: 56			
mm	Pulgada	Molde:	A-3	Molde:	A-2	Molde:	A-1		
		Resistencia a la penetracion		Resistencia a la penetracion		Resistencia a la penetracion			
		Lectura deformimetro	Carga (lb)	Lectura deformimetro	Carga (lb)	Lectura deformimetro	Carga (lb)		
0.64	0.025	9	476.55	11	582.45	12	635.4		
1.27	0.05	17	900.15	22	1164.9	22	1164.9		
1.91	0.075	21	1111.95	29	1535.55	29	1535.55		
2.54	0.1	24	1270.8	35	1853.25	35	1853.25		
3.81	0.15	28	1482.6	45	2382.75	46	2435.7		
5.08	0.2	30	1588.5	52	2753.4	48	2541.6		
7.62	0.3	34	1800.3	61	3229.95	70	3706.5		
10.16	0.4	36	1906.2	68	3600.6	81	4288.95		
12.7	0.5	38	2012.1	74	3918.3	90	4765.5		
CBR							Area	3	
Penetracion	Carga Standar	A-3		A-2		A-1			
Pulgada	Klb/in2	Lectura	Esfuerzo	Lectura	Esfuerzo	Lectura	Esfuerzo		
0.025	0	476.55	158.85	582.45	194.15	635.4	211.8		
0.05	0	900.15	300.05	1164.9	388.3	1164.9	388.3		
0.075	0	1111.95	370.65	1535.55	511.85	1535.55	511.85		
0.1	1	1270.8	423.6	1853.25	617.75	1853.25	617.75		
0.15	0	1482.6	494.2	2382.75	794.25	2435.7	811.9		
0.2	1.5	1588.5	529.5	2753.4	917.8	2541.6	847.2		
0.3	1.9	1800.3	600.1	3229.95	1076.65	3706.5	1235.5		
0.4	2.3	1906.2	635.4	3600.6	1200.2	4288.95	1429.65		
0.5	2.6	2012.1	670.7	3918.3	1306.1	4765.5	1588.5		
CBR Corregido									
Penetracion (in)	N. Molde	A-3		A-2		A-1			
	Grad. Compactacion	91%		103%		106%			
	Carga Standar (psi)	Esfuerzo (psi)	%	Esfuerzo (psi)	%	Esfuerzo (psi)	%		
0.1	1000	423.60	42.36	617.75	61.78	617.75	61.78		
0.2	1500	529.50	35.30	917.80	61.19	847.20	56.48		
Promedio			38.83		61.48		59.13		

Fuente: Propia

Tabla 113: Ensaye de CBR del suelo natural con 13% de estabilizante suelo-cemento.

		METODO DE ENSAYO		AASHTO T 193; ASTM D 1883		
		Especimenes de CBR				
Metodo de preparacion de especimenes: Humedo						
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz,						
Muestra:	A-7-5 y 13%			Fecha de ensayo	10-feb-21	
	Suelo-Cemento			Clasificación HRB	A-7-5 (10)	
No. Golpes						
Ensayo de compactacion	10	25	56			
Ensayo	1	2	3			
Wm+Wmolde	10.5	10.8	11.0			
Wmolde	7.1	7.1	7.1			
No. Molde	A-3	A-2	A-1			
Ws+tara+Wagua	241.0	201.7	190.8			
Ws+tara	198.4	168.4	159.2			
Wtara	42.3	39.8	31.9			
No. Tara	A-16	A-07	A-100			
Volumen m3	0.00207	0.00203	0.00205			
52.95 Factor de correccion de lectura						

Ensayo de compactacion	Golpes 10	Golpes 25	Golpes 56
Wmuestra compactada	3.4	3.7	3.9
Densidad H (kg/m3)	1652.41	1843.55	1885.68
Wagua	42.6	33.3	31.6
Wseca	156.1	128.6	127.3
Humedad (%)	27.29	25.89	24.82
Densidad seca (kg/m3)	1298.15	1464.36	1510.68
Li	0	0	0
Lf	0.96	0.34	0.24
Hinchamiento %	8%	3%	2%
CBR (%)	42.36	61.78	61.78
Compactacion	91%	103%	106%

Grado Compactacion	CBR CORREGIDO				CBR interpolado				
	CBR		Densidad seca	Promedio del cbr	Grado Compactaci	CBR		Densidad seca	Promedio del cbr
	0.1"	0.2"				0.1"	0.2"		
91%	42.36	35.30	1298.15	38.83	90%	39.90	32.02	1277.10	35.96
103%	61.78	61.19	1464.36	61.48	95%	48.19	43.07	1348.05	45.63
106%	61.78	56.48	1510.68	59.13	100%	56.48	54.12	1419.00	55.30

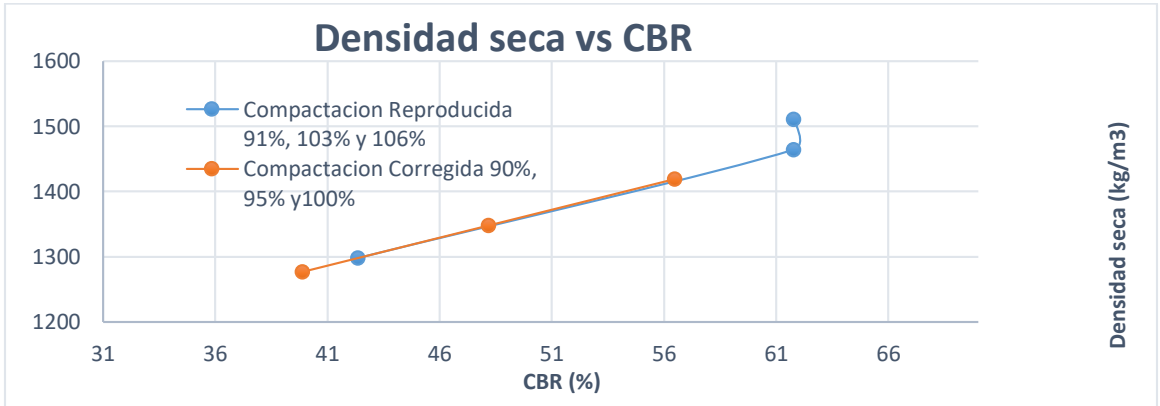

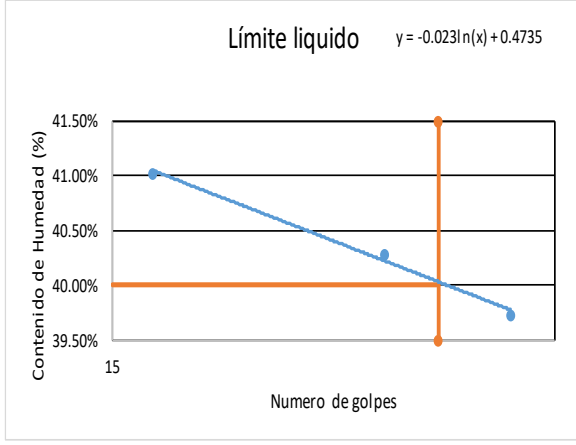



Tabla 114: Ensaye de Limite de Atterberg del suelo A-7-5 con 18% de estabilizante suelo-cemento.

	METODO DE ENSAYO		AASHTO 89 – 90; ASTM D – 4318					
	Limite liquido, Limite Plástico e Índice de Plasticidad							
	Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el"							
Muestra:	A-7-5 Y 18%		Fecha de ensayo	15-feb-21				
	Suelo-Cemento		Clasificación HRB	A-2-4				
Limite Liquido	Método de preparación de especímenes: Húmedo							
Método	Limite liquido con puntos múltiples.							
Cantidad de pruebas requeridas	1	2	3	4				
Golpes requerido para el cierre	15-25	20-30	25-35					
Identificación de tara	H-10	ABC	A-171					
Numero de golpes	16	23	28					
Masa de la tara (gr)	21.5	22.1	21.9					
Masa de muestra humedad+tara (gr)	38	41.6	43					
Masa de muestra seca+tara (gr)	33.2	36	37					
Masa de la muestra seca (gr)	11.7	13.9	15.1					
Masa de agua (gr)	4.8	5.6	6					
Contenido de Humedad (%)	41.03%	40.29%	39.74%					
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 60%;">  </div> <div style="width: 35%;"> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>Limite Liquido</td> <td>39.95%</td> </tr> </table> </div> </div>							Limite Liquido	39.95%
Limite Liquido	39.95%							
Limite de Atterberg con 18% de Cemento								
		Limite	Valor:					
		LL	39.95%					
		LP	35.94%					
		IP	4.01%					
<p>Observación: Si IP = 0 son suelos no plásticos o de nula plasticidad Si IP < 7, son suelos de baja plasticidad Si 7 ≥ IP ≤ 17, son suelos de media plasticidad Si IP > 17, suelos de alta plasticidad Si LP es igual o mayor que LL el suelo NP, Se necesita que tengan una diferencia entre ellos de 1%</p>								
Limite Plástico		Método de ensayo: Manual						
Método		Limite liquido con puntos múltiples.						
Cantidad de pruebas requeridas	1	2						
Identificación de tara	B-04L	M-102						
Masa de la tara (gr)	21.9	21.5						
Masa de muestra humedad+tara (gr)	32.7	33.8						
Masa de muestra seca+tara (gr)	29.8	30.6						
Masa de la muestra seca (gr)	7.9	9.1						
Masa de agua (gr)	2.9	3.2						
Contenido de Humedad (%)	36.71%	35.16%						
		Limite plástico	35.94%					


Fuente: Propia

Tabla 115: Ensaye de CBR del suelo A-7-5 con 18% de estabilizante suelo-cemento.

		METODO DE ENSAYO				AASHTO T 193; ASTM D 1883			
		Especímenes de CBR							
		Metodo de preparacion de especímenes: Humedo							
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento"									
Muestra:		A-7-5 y 18%				Fecha de ensayo		10-feb-21	
		Suelo-Cemento				Clasificación HRB		A-7-5 (10)	
Densidad seca max kg/m3		1419				Humedad Optima (%)		29.27	
Penetracion		N. de golpes por carpa: 10			N. de golpes por carpa: 25		N. de golpes por carpa: 56		
mm	Pulgada	Molde:	A-5		Molde:	A-6		Molde:	A-4
		Resistencia a la penetracion		Resistencia a la penetracion		Resistencia a la penetracion			
		Lectura deformimetro	Carga (lb)	Lectura deformimetro	Carga (lb)	Lectura deformimetro	Carga (lb)		
0.64	0.025	9	476.55	10	529.5	10	529.5		
1.27	0.05	20	1059	24	1270.8	24	1270.8		
1.91	0.075	30	1588.5	38	2012.1	38	2012.1		
2.54	0.1	36	1906.2	49	2594.55	49	2594.55		
3.81	0.15	46	2435.7	68	3600.6	68	3600.6		
5.08	0.2	54	2859.3	82	4341.9	84	4447.8		
7.62	0.3	65	3441.75	103	5453.85	112	5930.4		
10.16	0.4	75	3971.25	118	6248.1	124	6565.8		
12.7	0.5	84	4447.8	130	6883.5	128	6777.6		
CBR								Area	3
Penetracion	Carga Standar	A-5		A-6		A-4			
Pulgada	Klb/in2	Lectura	Esfuerzo	Lectura	Esfuerzo	Lectura	Esfuerzo		
0.025	0	476.55	158.85	529.5	176.5	529.5	176.5		
0.05	0	1059	353	1270.8	423.6	1270.8	423.6		
0.075	0	1588.5	529.5	2012.1	670.7	2012.1	670.7		
0.1	1	1906.2	635.4	2594.55	864.85	2594.55	864.85		
0.15	0	2435.7	811.9	3600.6	1200.2	3600.6	1200.2		
0.2	1.5	2859.3	953.1	4341.9	1447.3	4447.8	1482.6		
0.3	1.9	3441.75	1147.25	5453.85	1817.95	5930.4	1976.8		
0.4	2.3	3971.25	1323.75	6248.1	2082.7	6565.8	2188.6		
0.5	2.6	4447.8	1482.6	6883.5	2294.5	6777.6	2259.2		
CBR Corregido									
Penetracion (in)	N. Molde	A-1		A-2		A-3			
	Grad. Compactacion	95%		103%		107%			
	Carga Standar (psi)	Esfuerzo (psi)	%	Esfuerzo (psi)	%	Esfuerzo (psi)	%		
0.1	1000	635.40	63.54	864.85	86.49	864.85	86.49		
0.2	1500	953.10	63.54	1447.30	96.49	1482.60	98.84		
Promedio			63.54		91.49		92.66		

Fuente: Propia

Tabla 116: Ensayo de CBR al suelo natural A-7-5 con 18% de estabilizante suelo-cemento.

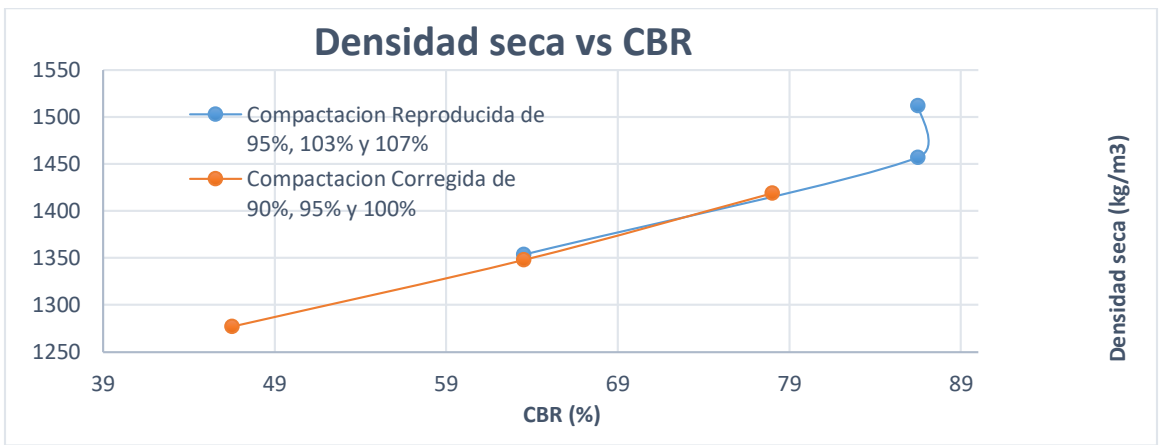
	METODO DE ENSAYO		AASHTO T 193; ASTM D 1883	
	Especímenes de CBR			
Metodo de preparacion de especímenes: Humedo				
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz,				
Muestra:	A-7-5 y 18% Suelo-Cemento		Fecha de ensayo	10-feb-21
			Clasificación HRB	A-7-5 (10)
No. Golpes				
Ensayo de compactacion	10	25	56	
Ensayo	1	2	3	
Wm+Wmolde	10.7	10.8	11.0	
Wmolde	7.1	7.1	7.1	
No. Molde	A-5	A-6	A-4	
Ws+tara+Wagua	152.8	214.0	245.8	
Ws+tara	131.3	181.3	204.2	
Wtara	47.0	48.4	42.0	
No. Tara	B-12-1	N-27	A-19	
Volumen m3	0.00207	0.00203	0.00205	
52.95 Factor de correccion de lectura				

Ensayo de compactacion	Golpes 10	Golpes 25	Golpes 56
Wmuestra compactada	3.5	3.7	3.9
Densidad H (kg/m3)	1698.98	1815.63	1899.89
Wagua	21.5	32.7	41.6
Wseca	84.3	132.9	162.2
Humedad (%)	25.50	24.60	25.65
Densidad seca (kg/m3)	1353.72	1457.11	1512.08
Li	0	0	0
Lf	0.8	0.35	0.26
Hinchamiento %	7%	3%	2%
CBR (%)	63.54	86.49	86.49
Compactacion	95%	103%	107%

CARGA VS PENETRACION


CARGA VS PENETRACION

Grado Compactacion	CBR CORREGIDO				CBR interpolado				
	CBR		Densidad seca	Promedio del cbr	Grado Compactaci	CBR		Densidad seca	Promedio del cbr
	0.1"	0.2"				0.1"	0.2"		
95%	63.54	63.54	1353.72	63.54	90%	46.54	39.12	1277.10	42.83
103%	86.49	96.49	1457.11	91.49	95%	63.54	61.73	1348.05	62.64
107%	86.49	98.84	1512.08	92.66	100%	78.03	84.34	1419.00	81.18



Fuente: Propia

Tabla 117: Ensayo de Limite de Atterberg del suelo natural con el 8% de estabilizante suelo-cal.

	METODO DE ENSAYO		AASHTO 89 – 90; ASTM D – 4318			
	Limite liquido, Limite Plástico e Índice de Plasticidad					
	Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el					
Muestra:	A-7-5 Y 8%		Fecha de ensayo		15-feb-21	
	Suelo-Cal		Clasificación HRB		A-2-4	
Limite Liquido	Método de preparación de especímenes: Húmedo					
Método	Limite liquido con puntos múltiples.					
Cantidad de pruebas requeridas	1	2	3	4		
Golpes requerido para el cierre	15-25	20-30	25-35			
Identificación de tara	A-132021	B-04	R-103			
Numero de golpes	15	26	30			
Masa de la tara (gr)	22.1	21.9	22.3			
Masa de muestra humedad tara (gr)	39.5	42.2	44.3			
Masa de muestra seca+tara (gr)	33.8	35.7	37.3			
Masa de la muestra seca (gr)	11.7	13.8	15			
Masa de agua (gr)	5.7	6.5	7			
Contenido de Humedad (%)	48.72%	47.10%	46.67%			

Limite Liquido	47.06%
----------------	--------

Limite Plástico	Método de ensayo: Manual	
Método	Limite liquido con puntos múltiples.	
Cantidad de pruebas requeridas	1	2
Identificación de tara	A-30	A-22
Masa de la tara (gr)	21.5	21.9
Masa de muestra humedad+tara (gr)	28.1	29.5
Masa de muestra seca+tara (gr)	26.1	27.2
Masa de la muestra seca (gr)	4.6	5.3
Masa de agua (gr)	2	2.3
Contenido de Humedad (%)	43.48%	43.40%


Límite de Atterberg con 8% de Cal	
Limite	Valor:
LL	47.06%
LP	43.44%
IP	3.63%

Observación: Si IP = 0 son suelos no plásticos o de nula plasticidad
 Si IP < 7, son suelos de baja plasticidad
 Si 7 ≤ IP ≤ 17, son suelos de media plasticidad
 Si IP > 17, suelos de alta plasticidad
 Si LP es igual o mayor que LL el suelo NP, Se necesita que tengan una diferencia entre ellos de 1%

Limite plástico	43.44%
-----------------	--------

Fuente: Propia

Tabla 118: Ensaye de CBR al suelo A-7-5 con 8% de estabilizante suelo-cal.

		METODO DE ENSAYO				AASHTO T 193; ASTM D 1883							
		Especimenes de CBR											
		Metodo de preparacion de especimenes: Humedo											
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento"													
Muestra:		A-7-5 y 8%				Fecha de ensayo		10-feb-21					
		Suelo-Cal				Clasificación HRB		A-7-5 (10)					
Densidad seca max kg/m ³		1419				Humedad Optima (%)		29.27					
Penetracion		N. de golpes por carpa: 10				N. de golpes por carpa: 25		N. de golpes por carpa: 56					
mm	Pulgada	Molde:	A-6		Molde:	A-4		Molde:	A-5				
		Resistencia a la penetracion				Resistencia a la penetracion				Resistencia a la penetracion			
		Lectura deformimetro	Carga (lb)		Lectura deformimetro	Carga (lb)		Lectura deformimetro	Carga (lb)				
0.64	0.025	2	105.9		4	211.8		3	158.85				
1.27	0.05	3	158.85		8	423.6		8	423.6				
1.91	0.075	4	211.8		10	529.5		11	582.45				
2.54	0.1	5	264.75		10	529.5		14	741.3				
3.81	0.15	5	264.75		11	582.45		19	1006.05				
5.08	0.2	6	317.7		12	635.4		24	1270.8				
7.62	0.3	7	370.65		13	688.35		30	1588.5				
10.16	0.4	8	423.6		15	794.25		36	1906.2				
12.7	0.5	9	476.55		15	794.25		41	2170.95				
CBR								Area	3				
Penetracion	Carga Standar	A-1				A-2		A-3					
Pulgada	Klb/in ²	Lectura	Esfuerzo		Lectura	Esfuerzo		Lectura	Esfuerzo				
0.025	0	105.9	35.3		211.8	70.6		158.85	52.95				
0.05	0	158.85	52.95		423.6	141.2		423.6	141.2				
0.075	0	211.8	70.6		529.5	176.5		582.45	194.15				
0.1	1	264.75	88.25		529.5	176.5		741.3	247.1				
0.15	0	264.75	88.25		582.45	194.15		1006.05	335.35				
0.2	1.5	317.7	105.9		635.4	211.8		1270.8	423.6				
0.3	1.9	370.65	123.55		688.35	229.45		1588.5	529.5				
0.4	2.3	423.6	141.2		794.25	264.75		1906.2	635.4				
0.5	2.6	476.55	158.85		794.25	264.75		2170.95	723.65				
CBR Corregido													
Penetracion (in)	N. Molde	A-6				A-4		A-3					
	Grad. Compactacion	86%				95%		103%					
	Carga Standar (psi)	Esfuerzo (psi)	%		Esfuerzo (psi)	%		Esfuerzo (psi)	%				
0.1	1000	88.25	8.83		176.50	17.65		247.10	24.71				
0.2	1500	105.90	7.06		211.80	14.12		423.60	28.24				
Promedio		7.94		15.89		26.48							

Fuente: Propia

Tabla 119: Ensaye de CBR al suelo A-7-5 con 8% de estabilizante suelo-cal.

METODO DE ENSAYO		AASHTO T 193; ASTM D 1883	
Especimenes de CBR			
Metodo de preparacion de especimenes: Humedo			
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz,			
Muestra:	A-7-5 y 8% Suelo-Cal	Fecha de ensayo	10-feb-21
		Clasificación HRB	A-7-5 (10)
No. Golpes			
Ensayo de compactacion	10	25	56
Ensayo	1	2	3
Wm+Wmolde	10.3	10.5	10.9
Wmolde	7.1	7.1	7.1
No. Molde	A-6	A-4	A-5
Ws+tara+Wagua	261.4	222.5	232.2
Ws+tara	214.2	187.6	193.9
Wtara	42.2	47.4	48.4
No. Tara	A-16	B-12-1	N-27
Volumen m3	0.00207	0.00203	0.00205
52.95	Factor de correccion de lectura		

Ensayo de compactacion	Golpes 10	Golpes 25	Golpes 56
Wmuestra compactada	3.2	3.4	3.8
Densidad H (kg/m3)	1559.96	1677.61	1853.35
Wagua	47.2	34.9	38.3
Wseca	172.0	140.2	145.5
Humedad (%)	27.44	24.89	26.32
Densidad seca (kg/m3)	1224.06	1343.24	1467.16
Li	0	0	0
Lf	1.02	0.99	0.87
Hinchamiento %	9%	9%	8%
CBR (%)	8.83	17.65	24.71
Compactacion	86%	95%	103%

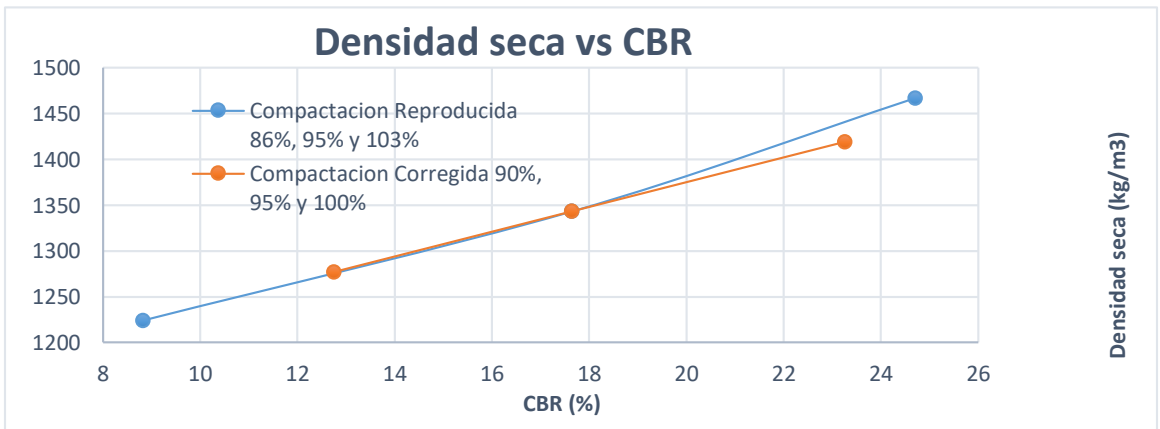
CARGA VS PENETRACION

Grado de compactación: 86% (círculos), 95% (cuadrados), 103% (triángulos). El eje X es PENETRACION (IN) de 0 a 0.6, y el eje Y es CARGA (PSI) de 0 a 800.

CARGA VS PENETRACION


Grado de compactación: 86% (círculos), 95% (cuadrados), 103% (triángulos). El eje X es PENETRACION (IN) de 0 a 0.6, y el eje Y es CARGA (PSI) de 0 a 800.

Grado Compactacion	CBR CORREGIDO				CBR interpolado				
	CBR		Densidad seca	Promedio del cbr	Grado Compactaci	CBR		Densidad seca	Promedio del cbr
0.1"	0.2"	0.1"				0.2"			
86%	8.83	7.06	1224.06	7.94	90%	12.75	10.20	1277.10	11.48
95%	17.65	14.12	1343.24	15.89	95%	17.65	17.65	1343.24	17.65
103%	24.71	28.24	1467.16	26.48	100%	23.26	22.75	1419.00	23.01



Fuente: Propia

Tabla 120: Ensaye de límite de Atterberg al suelo con el 13% de estabilizante suelo-cal.

	METODO DE ENSAYO		AASHTO 89 – 90; ASTM D – 4318			
	Límite líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad					
	Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el"					
Muestra:	A-7-5 Y 13%		Fecha de ensayo		16-feb-21	
	Suelo-Cal		Clasificación HRB		A-2-4	
Límite Líquido	Método de preparación de especímenes: Húmedo					
Método	Límite líquido con puntos múltiples.					
Cantidad de pruebas requeridas	1	2	3	4		
Golpes requerido para el cierre	15-25	20-30	25-35			
Identificación de tara	A-07	A-02	R-103			
Numero de golpes	18	24	34			
Masa de la tara (gr)	21.5	21.2	22			
Masa de muestra humedad+tara (gr)	42.8	39	41.1			
Masa de muestra seca+tara (gr)	36.5	33.8	35.6			
Masa de la muestra seca (gr)	15	12.6	13.6			
Masa de agua (gr)	6.3	5.2	5.5			
Contenido de Humedad (%)	42.00%	41.27%	40.44%			

Límite líquido $y = -0.024\ln(x) + 0.4907$

Límite Líquido	41.34%
-----------------------	---------------

Límite Plástico	Método de ensayo: Manual	
Método	Límite líquido con puntos múltiples.	
Cantidad de pruebas requeridas	1	2
Identificación de tara	A-22	A-48
Masa de la tara (gr)	21.9	21.5
Masa de muestra humedad+tara (gr)	29.5	30.6
Masa de muestra seca+tara (gr)	27.4	28.1
Masa de la muestra seca (gr)	5.5	6.6
Masa de agua (gr)	2.1	2.5
Contenido de Humedad (%)	38.18%	37.88%


Límite de Atterberg con 13% de Cal	
Límite	Valor:
LL	41.34%
LP	38.03%
IP	3.31%

Observación: Si IP = 0 son suelos no plásticos o de nula plasticidad
 Si IP < 7, son suelos de baja plasticidad
 Si 7 ≤ IP ≤ 17, son suelos de media plasticidad
 Si IP > 17, suelos de alta plasticidad
 Si LP es igual o mayor que LL el suelo NP, Se necesita que tengan una diferencia entre ellos de 1%

Límite plástico	38.03%
------------------------	---------------

Fuente: Propia

Tabla 121: Ensayo de CBR al suelo A-7-5 con 13% de estabilizante suelo-cal.

		METODO DE ENSAYO				AASHTO T 193; ASTM D 1883			
		Especimenes de CBR							
		Metodo de preparacion de especimenes: Humedo							
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento"									
Muestra:		A-7-5 y 13%				Fecha de ensayo		10-feb-21	
		Suelo-Cal				Clasificación HRB		A-7-5 (10)	
Densidad seca max kg/m3		1419				Humedad Optima (%)		29.27	
Penetracion		N. de golpes por carpa: 10				N. de golpes por carpa: 25		N. de golpes por carpa: 56	
mm	Pulgada	Molde: A-1		Molde: A-2		Molde: A-3			
		Resistencia a la penetracion		Resistencia a la penetracion		Resistencia a la penetracion			
		Lectura deformimetro	Carga (lb)	Lectura deformimetro	Carga (lb)	Lectura deformimetro	Carga (lb)		
0.64	0.025	2	105.9	2	105.9	3	158.85		
1.27	0.05	3	158.85	3	158.85	7	370.65		
1.91	0.075	3	158.85	4	211.8	11	582.45		
2.54	0.1	4	211.8	6	317.7	15	794.25		
3.81	0.15	5	264.75	8	423.6	21	1111.95		
5.08	0.2	5	264.75	10	529.5	26	1376.7		
7.62	0.3	6	317.7	14	741.3	36	1906.2		
10.16	0.4	7	370.65	17	900.15	42	2223.9		
12.7	0.5	7	370.65	20	1059	48	2541.6		

CBR						Area		3	
Penetracion	Carga Standar	A-1		A-2		A-3			
Pulgada	Klb/in2	Lectura	Esfuerzo	Lectura	Esfuerzo	Lectura	Esfuerzo		
0.025	0	105.9	35.3	105.9	35.3	158.85	52.95		
0.05	0	158.85	52.95	158.85	52.95	370.65	123.55		
0.075	0	158.85	52.95	211.8	70.6	582.45	194.15		
0.1	1	211.8	70.6	317.7	105.9	794.25	264.75		
0.15	0	264.75	88.25	423.6	141.2	1111.95	370.65		
0.2	1.5	264.75	88.25	529.5	176.5	1376.7	458.9		
0.3	1.9	317.7	105.9	741.3	247.1	1906.2	635.4		
0.4	2.3	370.65	123.55	900.15	300.05	2223.9	741.3		
0.5	2.6	370.65	123.55	1059	353	2541.6	847.2		

CBR Corregido							
Penetracion (in)	N. Molde	A-1		A-2		A-3	
	Grad. Compactacion	83%		97%		100%	
	Carga Standar (psi)	Esfuerzo (psi)	%	Esfuerzo (psi)	%	Esfuerzo (psi)	%
0.1	1000	70.60	7.06	105.90	10.59	264.75	26.48
0.2	1500	88.25	5.88	176.50	11.77	458.90	30.59
Promedio			6.47		11.18		28.53

Fuente: Propia

Tabla 122: Ensaye de CBR al suelo A-7-5 con el 13% de estabilizante suelo-cal.

METODO DE ENSAYO		AASHTO T 193; ASTM D 1883	
Especimenes de CBR			
Metodo de preparacion de especimenes: Humedo			
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz,			
Muestra:	A-7-5 y 13% Suelo-Cal	Fecha de ensayo	10-feb-21
		Clasificación HRB	A-7-5 (10)
No. Golpes			
Ensayo de compactacion	10	25	56
Ensayo	1	2	3
Wm+Wmolde	10.3	10.7	10.9
Wmolde	7.1	7.1	7.1
No. Molde	A-1	A.2	A-3
Ws+tara+Wagua	257.8	207.1	256.5
Ws+tara	208.0	170.0	206.7
Wtara	42.2	48.4	42.0
No. Tara	A-16	N-27	A-19
Volumen m3	0.00207	0.00203	0.00205
52.95 Factor de correccion de lectura			

Ensayo de compactacion	Golpes 10	Golpes 25	Golpes 56
Wmuestra compactada	3.2	3.7	3.8
Densidad H (kg/m3)	1528.84	1800.22	1851.45
Wagua	49.8	37.1	49.8
Wseca	165.8	121.6	164.7
Humedad (%)	30.04	30.49	30.24
Densidad seca (kg/m3)	1175.70	1379.58	1421.60
Li	0	0	0
Lf	1.17	1.13	0.92
Hinchamiento %	10%	10%	8%
CBR (%)	7.06	10.59	26.48
Compactacion	83%	97%	100%

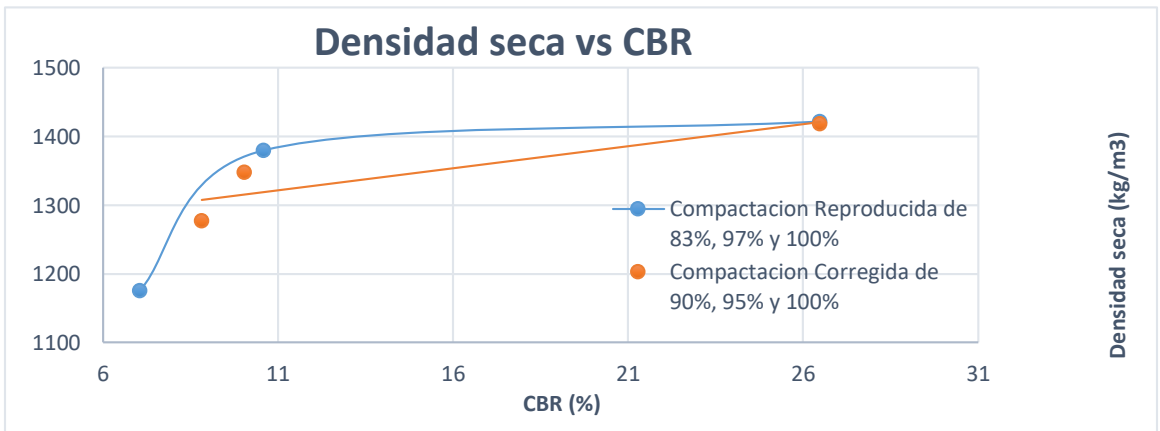
CARGA VS PENETRACION

Legend: Grad. Compactacion 83% (red), Grad. Compactacion 97% (yellow), Grad. Compactacion 100% (green)

CARGA VS PENETRACION


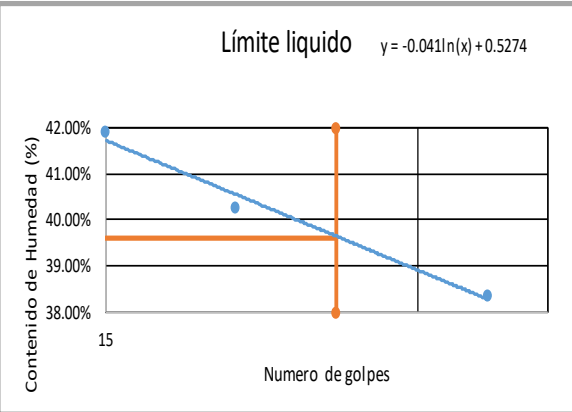
Legend: Grad. Compactacion 83% (red), Grad. Compactacion 97% (yellow), Grad. Compactacion 100% (green)

Grado Compactacion	CBR CORREGIDO				CBR interpolado				
	CBR		Densidad seca	Promedio del cbr	Grado Compactaci	CBR		Densidad seca	Promedio del cbr
	0.1"	0.2"				0.1"	0.2"		
83%	7.06	5.88	1175.70	6.47	90%	8.82	8.81	1277.10	8.81
97%	10.59	11.77	1379.58	11.18	95%	10.04	10.86	1348.05	10.45
100%	26.48	30.59	1421.60	28.53	100%	26.48	30.59	1419.00	28.53




Fuente: Propia

Tabla 123: Ensayo de Limite de Atterberg al suelo A-7-5 con 18% de estabilizante suelo-cal.

	METODO DE ENSAYO		AASHTO 89 – 90; ASTM D – 4318															
	Limite liquido, Limite Plástico e Índice de Plasticidad																	
	Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el"																	
Muestra:	A-7-5 Y 18%		Fecha de ensayo		15-feb-21													
	Suelo-Cal		Clasificación HRB		A-2-4													
Limite Liquido	Método de preparación de especímenes: Húmedo																	
Método	Limite liquido con puntos múltiples.																	
Cantidad de pruebas requeridas	1	2	3	4														
Golpes requerido para el cierre	15-25	20-30	25-35															
Identificación de tara	AB	A-02	B-03															
Numero de golpes	15	20	35															
Masa de la tara (gr)	21.7	21.3	22															
Masa de muestra humedad+tara (gr)	45.4	42.2	47.6															
Masa de muestra seca+tara (gr)	38.4	36.2	40.5															
Masa de la muestra seca (gr)	16.7	14.9	18.5															
Masa de agua (gr)	7	6	7.1															
Contenido de Humedad (%)	41.92%	40.27%	38.38%															
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">  </div> <div style="width: 45%;"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Limite Liquido</td> <td>39.54%</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; margin-top: 5px;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Límite de Atterberg con 18% Cal</th> </tr> <tr> <th>Limite</th> <th>Valor:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LL</td> <td>39.54%</td> </tr> <tr> <td>LP</td> <td>36.89%</td> </tr> <tr> <td>IP</td> <td>2.65%</td> </tr> </tbody> </table> </div> </div>							Limite Liquido	39.54%	Límite de Atterberg con 18% Cal		Limite	Valor:	LL	39.54%	LP	36.89%	IP	2.65%
Limite Liquido	39.54%																	
Límite de Atterberg con 18% Cal																		
Limite	Valor:																	
LL	39.54%																	
LP	36.89%																	
IP	2.65%																	
<p>Observación: Si IP = 0 son suelos no plásticos o de nula plasticidad Si IP < 7, son suelos de baja plasticidad Si 7 ≤ IP ≤ 17, son suelos de media plasticidad Si IP > 17, suelos de alta plasticidad Si LP es igual o mayor que LL el suelo NP, Se necesita que tengan una diferencia entre ellos de 1%</p>																		
Limite Plástico	Método de ensayo: Manual																	
Método	Limite liquido con puntos múltiples.																	
Cantidad de pruebas requeridas	1	2																
Identificación de tara	R-126	A-07																
Masa de la tara (gr)	22	22																
Masa de muestra humedad+tara (gr)	40.1	30.2																
Masa de muestra seca+tara (gr)	35.2	28																
Masa de la muestra seca (gr)	13.2	6																
Masa de agua (gr)	4.9	2.2																
Contenido de Humedad (%)	37.12%	36.67%																
			Limite plástico		36.89%													

Fuente: Propia

Tabla 124: Ensaye de CBR al suelo A-7-5 con el 18% de estabilizante suelo-cal.

		METODO DE ENSAYO				AASHTO T 193; ASTM D 1883							
		Especimenes de CBR											
		Metodo de preparacion de especimenes: Humedo											
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz, Departamento"													
Muestra:		A-7-5 y 18%				Fecha de ensayo		10-feb-21					
		Suelo-Cal				Clasificación HRB		A-7-5 (10)					
Densidad seca max kg/m ³		1419				Humedad Optima (%)		29.27					
Penetracion		N. de golpes por carpa: 10				N. de golpes por carpa: 25		N. de golpes por carpa: 56					
mm	Pulgada	Molde:	A-6		Molde:	A-4		Molde:	A-5				
		Resistencia a la penetracion				Resistencia a la penetracion				Resistencia a la penetracion			
		Lectura deformimetro	Carga (lb)		Lectura deformimetro	Carga (lb)		Lectura deformimetro	Carga (lb)				
0.64	0.025	2	105.9		3	158.85		4	211.8				
1.27	0.05	4	211.8		4	211.8		8	423.6				
1.91	0.075	5	264.75		6	317.7		12	635.4				
2.54	0.1	6	317.7		12	635.4		14	741.3				
3.81	0.15	7	370.65		13	688.35		18	953.1				
5.08	0.2	8	423.6		14	741.3		21	1111.95				
7.62	0.3	11	582.45		20	1059		25	1323.75				
10.16	0.4	12	635.4		25	1323.75		29	1535.55				
12.7	0.5	14	741.3		31	1641.45		34	1800.3				
							Area	3					
Penetracion	Carga Standar	A-6				A-4		A-5					
Pulgada	Klb/in ²	Lectura	Esfuerzo		Lectura	Esfuerzo		Lectura	Esfuerzo				
0.025	0	105.9	35.3		158.85	52.95		211.8	70.6				
0.05	0	211.8	70.6		211.8	70.6		423.6	141.2				
0.075	0	264.75	88.25		317.7	105.9		635.4	211.8				
0.1	1	317.7	105.9		635.4	211.8		741.3	247.1				
0.15	0	370.65	123.55		688.35	229.45		953.1	317.7				
0.2	1.5	423.6	141.2		741.3	247.1		1111.95	370.65				
0.3	1.9	582.45	194.15		1059	353		1323.75	441.25				
0.4	2.3	635.4	211.8		1323.75	441.25		1535.55	511.85				
0.5	2.6	741.3	247.1		1641.45	547.15		1800.3	600.1				
CBR Corregido													
Penetracion (in)	N. Molde	A-6				A-4		A-5					
	Grad. Compactacion	85%				98%		99%					
	Carga Standar (psi)	Esfuerzo (psi)	%		Esfuerzo (psi)	%		Esfuerzo (psi)	%				
0.1	1000	105.90	10.59		211.80	21.18		247.10	24.71				
0.2	1500	141.20	9.41		247.10	16.47		370.65	24.71				
Promedio			10.00			18.83			24.71				

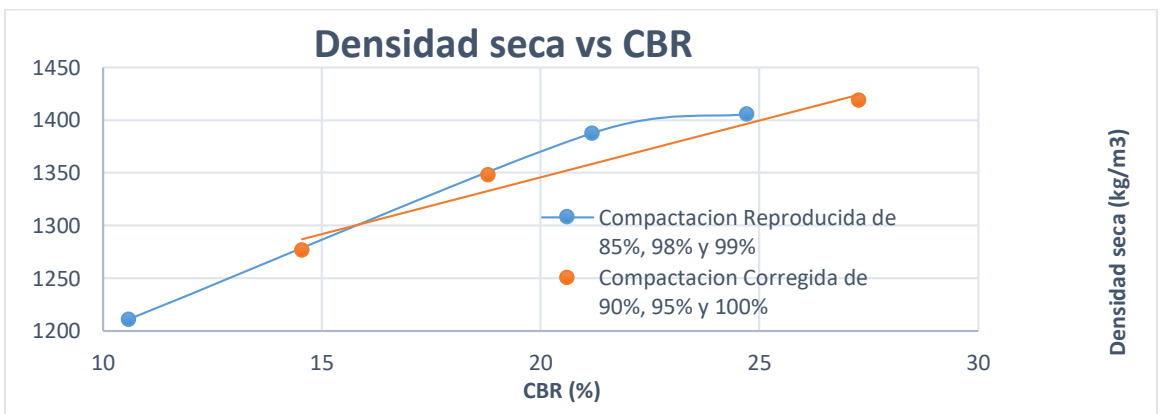
Fuente: Propia

Tabla 125: Ensaye de CBR al suelo A-7-5 con 18% de estabilizante suelo-cal.

METODO DE ENSAYO		AASHTO T 193; ASTM D 1883	
Especimenes de CBR			
Metodo de preparacion de especimenes: Humedo			
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio de la Paz,			
Muestra:	A-7-5 y 18% Suelo-Cal		Fecha de ensayo
			10-feb-21
			Clasificación HRB
			A-7-5 (10)
No. Golpes			
Ensayo de compactacion	10	25	56
Ensayo	1	2	3
Wm+Wmolde	10.3	10.7	10.9
Wmolde	7.1	7.1	7.1
No. Molde	A-6	A-4	A-5
Ws+tara+Wagua	189.0	263.8	215.5
Ws+tara	157.0	216.4	173.0
Wtara	47.6	39.9	31.9
No. Tara	B-12-1	A-07	A-100
Volumen m3	0.00207	0.00203	0.00205
52.95	Factor de correccion de lectura		


Ensayo de compactacion	Golpes 10	Golpes 25	Golpes 56
Wmuestra compactada	3.2	3.6	3.7
Densidad H (kg/m3)	1565.19	1760.38	1829.33
Wagua	32.0	47.4	42.5
Wseca	109.4	176.5	141.1
Humedad (%)	29.25	26.85	30.12
Densidad seca (kg/m3)	1210.97	1387.79	1405.87
Li	0	0	0
Lf	1.17	1.13	0.92
Hinchamiento %	10%	10%	8%
CBR (%)	10.59	21.18	24.71
Compactacion	85%	98%	99%

Grado Compactacion	CBR CORREGIDO				CBR interpolado				
	CBR		Densidad seca	Promedio del cbr	Grado Compactaci	CBR		Densidad seca	Promedio del cbr
0.1"	0.2"	0.1"				0.2"			
85%	10.59	9.41	1210.97	10.00	90%	14.55	12.05	1277.10	13.30
98%	21.18	16.47	1387.79	18.83	95%	18.80	14.89	1348.05	16.84
99%	24.71	24.71	1405.87	24.71	100%	27.27	30.69	1419.00	28.98




Fuente: Propia

Tabla 126: Ensaye de Resistencia a la compresión no confinada al suelo natural A-7-5.

	METODO DE ENSAYO			ASTM D-2166		
	Especimenes					
	Metodo de preparacion de especimenes: Humedo					
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio"						
Muestra:	Suelo			Fecha de ensayo	10-feb-21	
Porcentaje de cemento	0%			Clasificación HRB	A-7-5	
Factor del anillo de la maquina	52.95			Factor de conversión de PSI a Kg/cm2	14.22	
Especimen	1	2	3	Vol Molde	0.944	
Estabilizante %	0%	0%	0%	Peso Especifico seco (kg/m3)	1419.00	
Lectura	8	7	8	Humedad Optima	29.27%	
Carga (lb)	423.60	370.65	423.60	Peso Especifico (kg/m3)	1419.00	
Área (in2)	12.57	12.57	12.57	Pesp + 0.15 (desperdicio) %	-	
Esfuerzo	PSI	33.70	29.49	33.70	Peso muestra (kg)	3000.0000
	Kg/cm2	2.37	2.07	2.37	Ce (kg)	0.000
Esfuerzo promedio	2.27			Aa (ml)	878.10	


Fuente: Propia

Tabla 127: Ensaye de Resistencia a la compresión no confinada al suelo A-7-5 con 8% de estabilizante suelo-cemento.

	METODO DE ENSAYO			ASTM D-2166		
	Especimenes					
	Metodo de preparacion de especimenes: Humedo					
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio"						
Muestra:	Suelo-cemento			Fecha de ensayo	10-feb-21	
Porcentaje de cemento	8%			Clasificación HRB	A-7-5 (10)	
Factor del anillo de la maquina	52.95			Factor de conversión de PSI a Kg/cm2	14.22	
Especimen	1	2	3	Vol Molde	0.944	
Estabilizante %	8	8	8	Peso Especifico seco (kg/m3)	1419.00	
Lectura	37	35	37	Humedad Optima	29.27%	
Carga (lb)	1959.15	1853.25	1959.15	Peso Especifico (kg/m3)	1313.89	
Área (in2)	12.57	12.57	12.57	Pesp + 0.15 (desperdicio) %	1.426	
Esfuerzo	PSI	155.86	147.43	155.86	Peso muestra (kg)	4279.0733
	Kg/cm2	10.96	10.37	10.96	Ce (kg)	342.326
Esfuerzo promedio	10.76			Aa (ml)	1252.48	


Fuente: Propia

Tabla 128: Ensaye de Resistencia a la compresión no confinada al suelo A-7-5 con 13% de estabilizante suelo-cemento.

	METODO DE ENSAYO			ASTM D-2166		
	Especimenes					
	Metodo de preparacion de especimenes: Humedo					
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio"						
Muestra:	Suelo-cemento			Fecha de ensayo	10-feb-21	
Porcentaje de cemento	13%			Clasificacion HRB	A-7-5 (10)	
Factor del anillo de la maquina	52.95			Factor de conversion de PSI a Kg/cm2	14.22	
Especimen	1	2	3	Vol Molde	0.944	
Estabilizante %	13%	13%	13%	Peso Especifico seco (kg/m3)	1419.00	
Lectura	54	55	54	Humedad Optima	29.27%	
Carga (lb)	2859.30	2912.25	2859.30	Peso Especifico (kg/m3)	1255.75	
Área (in2)	12.57	12.57	12.57	Pesp + 0.15 (desperdicio) %	1.363	
Esfuerzo	PSI	227.47	231.68	227.47	Peso muestra (kg)	4089.7338
	Kg/cm2	16.00	16.29	16.00	Ce (kg)	531.665
Esfuerzo promedio	16.10			Aa (ml)	1197.07	


Fuente: Propia

Tabla 129: Ensaye de Resistencia a la compresión no confinada al suelo A-7-5 con 18% de estabilizante suelo-cemento.

	METODO DE ENSAYO			ASTM D-2166		
	Especimenes					
	Metodo de preparacion de especimenes: Humedo					
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio"						
Muestra:	Suelo-cemento			Fecha de ensayo	10-feb-21	
Porcentaje de cemento	18%			Clasificacion HRB	A-7-5 (10)	
Factor del anillo de la maquina	52.95			Factor de conversion de PSI a Kg/cm2	14.22	
Especimen	1	2	3	Vol Molde	0.944	
Estabilizante %	18%	18%	18%	Peso Especifico seco (kg/m3)	1419.00	
Lectura	72	72	71	Humedad Optima	29.27%	
Carga (lb)	3812.40	3812.40	3759.45	Peso Especifico (kg/m3)	1202.54	
Área (in2)	12.57	12.57	12.57	Pesp + 0.15 (desperdicio) %	1.305	
Esfuerzo	PSI	303.29	303.29	299.08	Peso muestra (kg)	3916.4400
	Kg/cm2	21.33	21.33	21.03	Ce (kg)	704.959
Esfuerzo promedio	21.23			Aa (ml)	1146.34	


Fuente: Propia

Tabla 130: Ensaye a la Resistencia no confinada al suelo A-7-5 con 8% de estabilizante suelo-cal.

	METODO DE ENSAYO			ASTM D-2166		
	Especimenes					
	Metodo de preparacion de especimenes: Humedo					
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio"						
Muestra:	Suelo-cal			Fecha de ensayo	11-feb-21	
Porcentaje de cemento	8%			Clasificacion HRB	A-7-5 (10)	
Factor del anillo de la maquina	52.95			Factor de conversion de PSI a Kg/cm2	14.22	
Especimen	1	2	3	Vol Molde	0.944	
Estabilizante %	8%	8%	8%	Peso Especifico seco (kg/m3)	1419.00	
Lectura	17	16	17	Humedad Optima	29.27%	
Carga (lb)	900.15	847.20	900.15	Peso Especifico (kg/m3)	1313.89	
Área (in2)	12.57	12.57	12.57	Pesp + 0.15 (desperdicio) %	1.426	
Esfuerzo	PSI	71.61	67.40	71.61	Peso muestra (kg)	4279.0733
	Kg/cm2	5.04	4.74	5.04	Ce (kg)	342.326
Esfuerzo promedio	4.94			Aa (ml)	1252.48	


Fuente: Propia

Tabla 131: Ensaye a la Resistencia a la compresión no confinada al suelo A-7-5 con el 13% de estabilizante suelo-cal.

	METODO DE ENSAYO			ASTM D-2166		
	Especimenes					
	Metodo de preparacion de especimenes: Humedo					
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio"						
Muestra:	Suelo-cal			Fecha de ensayo	11-feb-21	
Porcentaje de cemento	13%			Clasificacion HRB	A-7-5 (10)	
Factor del anillo de la maquina	52.95			Factor de conversion de PSI a Kg/cm2	14.22	
Especimen	1	2	3	Vol Molde	0.944	
Estabilizante %	13%	13%	13%	Peso Especifico seco (kg/m3)	1419.00	
Lectura	32	33	33	Humedad Optima	29.27%	
Carga (lb)	1694.40	1747.35	1747.35	Peso Especifico (kg/m3)	1255.75	
Área (in2)	12.57	12.57	12.57	Pesp + 0.15 (desperdicio) %	1.363	
Esfuerzo	PSI	134.80	139.01	139.01	Peso muestra (kg)	4089.7338
	Kg/cm2	9.48	9.78	9.78	Ce (kg)	531.665
Esfuerzo promedio	9.68			Aa (ml)	1197.07	

Fuente: Propia

Tabla 132: Ensaye Resistencia a la compresión no confinada al suelo A-7-5 con el 18% de estabilizante suelo-cal.

		METODO DE ENSAYO			ASTM D-2166		
		Especimenes					
Metodo de preparacion de especimenes: Humedo							
Proyecto: "Determinar la estabilización de suelo con cal o cemento de la calle en la colonia del periodista en el municipio"							
Muestra:	Suelo-cal			Fecha de ensayo	15-feb-21		
Porcentaje de cemento	18%			Clasificación HRB	A-7-5 (10)		
Factor del anillo de la maquina	52.95			Factor de conversion de PSI a Kg/cm2	14.22		
Especimen	1	2	3	Vol Molde		0.944	
Estabilizante %	18%	18%	18%	Peso Especifico seco (kg/m3)		1419.00	
Lectura	64	64	66	Humedad Optima		29.27%	
Carga (lb)	3388.80	3388.80	3494.70	Peso Especifico (kg/m3)		1202.54	
Área (in2)	12.57	12.57	12.57	Pesp + 0.15 (desperdicio) %		1.305	
Esfuerzo	PSI	269.59	269.59	278.02	Peso muestra (kg)		3916.4400
	Kg/cm2	18.96	18.96	19.55	Ce (kg)		704.959
Esfuerzo promedio	19.16			Aa (ml)		1146.34	

Fuente: Propia

Tabla 133: Tabla de clasificación de suelo AASHTO M-145

Clasificación General	Materiales granulares (35% ó menos pasan la malla No.200)							Materiales Limo-Arcilla (Más del 35% pasan malla No.200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Clasificación por grupos y sub-grupos	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
	Analisis de malla (%) que pasan por la malla:										
No.10....	50 máx		51 mín								
No.40....	30 máx	50 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx	36 mín	36 mín	36 mín	36 mín
No.200....	15 máx	10 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx	36 mín	36 mín	36 mín	36 mín
Características de la fracción que pasan la malla No.40											
Límite Líquido (%)				40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín
Índice de Plasticidad (%)	6 máx		N.P	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
Tipos usuales de materiales constituyentes significativos	Fragmentos de piedras,grava y arena		Arena Fina	Grava, y arena limosas y arcillosos				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Clasificación general como sub-rasante	Excelente a Bueno							Regular a Pobre			
PROCEDIMIENTO DE CLASIFICACIÓN: Con los datos requeridos y disponibles de prueba, procédase de izquierda a derecha en la carta y por proceso de eliminación, se encontrará el grupo correcto. El primer grupo de la izquierda en el cual coinciden los datos de las pruebas, sera la clasificación correcta											
El I.P del sub-grupo A-7-5 es igual o menor que el LL, menos 30											
El I.P del sub-grupo A-7-6 es mayor que el LL, menos 30											

Fuente: Norma AASHTO M-145

Anexo B

Imagen 11: Macro localización del Sitio de estudio



Fuente: Mapa del departamento de Carazo-INETER

Imagen 12: Micro localización del sitio de estudio



Fuente: Mapa de ubicación de GOOGLE EAR

Imagen 13 Calicata de 1.5m de profundidad.



Fuente: Propia

Imagen 14 Sondeo manual de 1.5m de profundidad.



Fuente: Propia

Imagen 15 Preparación de muestra de cada sondeo.



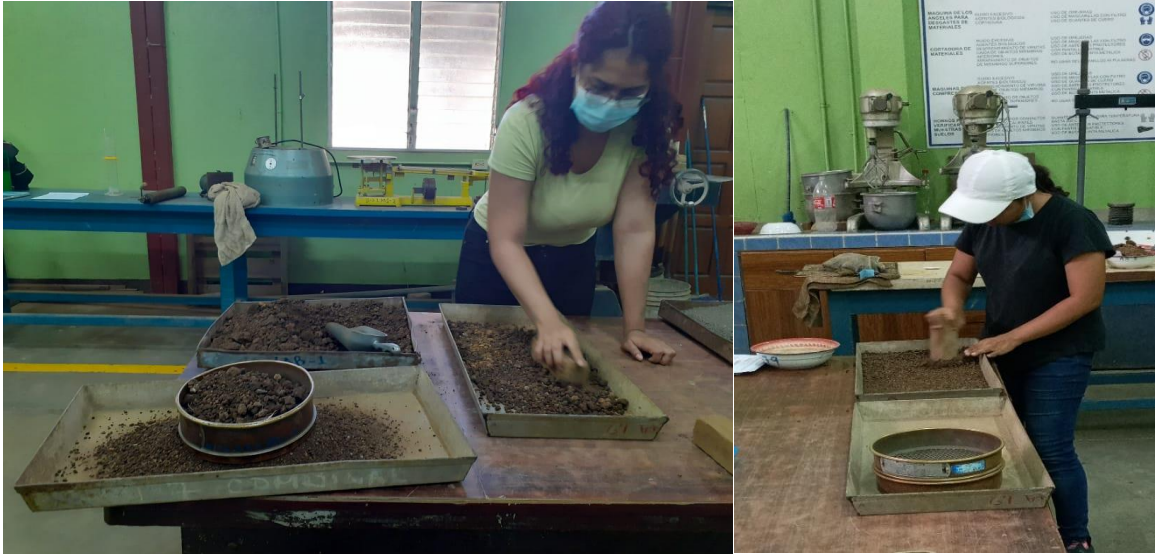
Fuente: Propia

Imagen 16 Material tamizado por la malla N°4.



Fuente: Propia

Imagen 17 Apisonamiento de la muestra para ensayos de granulometría.



Fuente: Propia

Imagen 18: Muestras en remojo por 24hr.



Fuente: Propia

Imagen 19: Lavado del material en la malla N°200.



Fuente: Propia

Imagen 20: Disgregado para el ensayo de Limite de Atterberg.



Fuente: Propia

Imagen 21 Tamizado por la malla N°40.



Fuente: Propia

Imagen 22: Limite Plástico.



Fuente: Propia

Imagen 23: Mezcla de la muestra A-7-5.



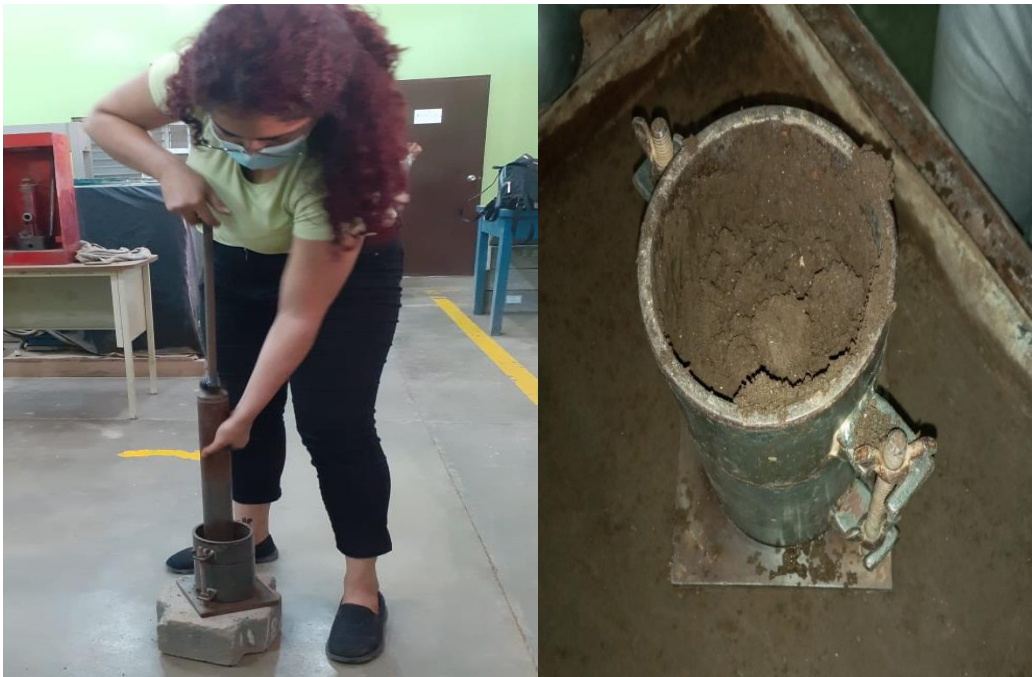
Fuente: Propia

Imagen 24 Añadiendo humedad a la muestra A-7-5 para el ensaye del Próctor estándar.



Fuente: Propia

Imagen 25 Compactación de la muestra para el ensaye del Próctor estándar.



Fuente: Propia

Imagen 26 Extracción de los especímenes para el ensaye a la compresión no confinada.



Fuente Propia

Imagen 27: Especímenes envueltos y sumergidos en agua por 7 días para el ensaye a la compresión no confinada.



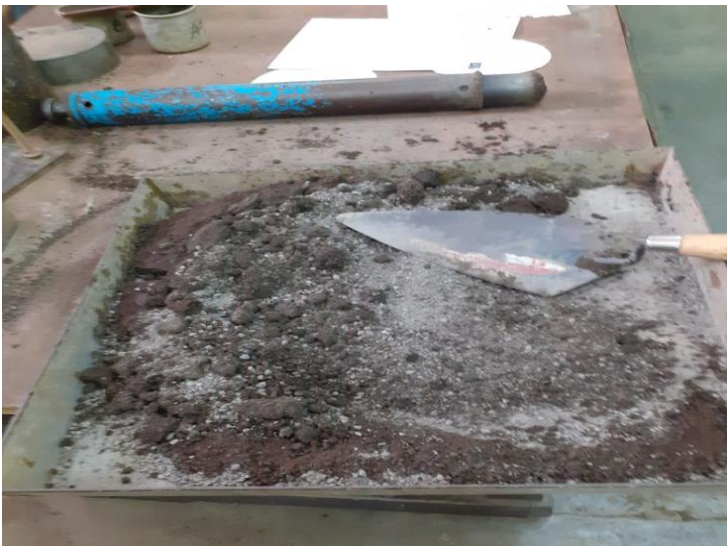
Fuente: Propia

Imagen 28: Ensaye a la compresión no confinada.



Fuente: Propia

Imagen 29: Mezcla del suelo A-7-5 y estabilizante para el ensaye del CBR y compactación.



Fuente: Propia

Imagen 30: Lectura del hinchamiento y sumersión en agua de los CBR por 96 hr.



Fuente: Propia

Imagen 31 Ensayo del CBR.



Fuente: Propi

