

**ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE OBRAS
DE MITIGACIÓN PARA LAS VIVIENDAS UBICADAS EN DEL BARRIO LOS
TAMARINDOS EN LA COMUNA IV DE BARRANCABERMEJA**

CAMILO ANDRES SERRANO CARRANZA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECHANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
MAESTRIA EN GEOTECNIA
BUCARAMANGA**

2018

**ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE OBRAS
DE MITIGACIÓN PARA LAS VIVIENDAS UBICADAS EN DEL BARRIO LOS
TAMARINDOS EN LA COMUNA IV DE BARRANCABERMEJA**

CAMILO ANDRES SERRANO CARRANZA

Director

Wilfredo del Toro

Msc Geotecnia

**Trabajo de grado como requisito para optar el título de
Magister en Geotécnia**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECHANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
MAESTRIA EN GEOTECNIA
BUCARAMANGA**

2018

CONTENIDO

	pág.
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
2. JUSTIFICACIÓN	22
3. OBJETIVOS	23
3.1 OBJETIVO GENERAL	23
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
4. MARCO TEÓRICO	24
4.1 MÉTODOS DE EQUILIBRIO LÍMITE	24
4.1.1 Factor de Seguridad.	27
4.1.2 Método De Bishop (1955).	28
4.1.3 Método De Jambú (1968).	29
4.1.4 Método De Morgenstern Y Price (1965).	30
4.1.5 Método De Spencer (1967).	31
4.1.6 Método Ordinario De Fellenius (1927).	31
4.2 MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS (M.E.F)	32
4.2.1 Condiciones de equilibrio.	34
4.2.2 Condiciones de compatibilidad.	35
4.2.3 Ley constitutiva.	35

4.2.4 Condiciones de borde.	36
4.3 MECANISMOS DE FALLA	37
4.3.1 Deslizamiento.	38
4.3.2 Deslizamiento Rotacional.	42
4.3.3 Deslizamientos Traslacionales.	44
4.3.4 Reptaciones (CREEP).	44
4.3.5 Flujos	45
4.3.6 Extensiones Laterales.	47
4.4 RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE	48
4.4.1 Criterio De Falla De Mohr Coulomb (1900).	49
4.4.2 Resistencia pico y resistencia residual.	52
4.5 PRESIÓN DE POROS μ	53
4.6 ESFUERZO EFECTIVO σ'	54
4.7 ESFUERZO TOTAL σ	55
4.8 RELACIÓN DE ESFUERZO TOTAL, EFECTIVO Y PRESIÓN DE POROS EN SUELOS SATURADOS SOMETIDOS A SOBRECARGA	56
4.9 ENSAYO DE CORTE DIRECTO	58
4.9.1 Ensayo de corte directo en arenas sueltas.	62
4.9.2 Ensayo de corte directo en arenas densas.	62
4.9.3 Ensayo de corte directo drenado en arcilla preconsolidadas.	62
4.9.4 Ensayo de corte directo drenado en arcillas normalmente consolidadas.	63
4.10 ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE	63
4.11 ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT)	65

4.11.1 Correlaciones para suelos arcillosos.	71
4.11.2 Correlaciones para suelo granular.	73
5. GEOLOGÍA REGIONAL	77
5.1 GEOLOGÍA DE BARRANCABERMEJA	77
5.2 GEOMORFOLOGÍA DE BARRANCABERMEJA	81
5.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	86
5.4 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA LOCAL	89
6. CLIMATOLOGÍA DE BARRANCABERMEJA	91
7. ZONA DE AMENAZA SÍSMICA	93
8. CONSIDERACIONES GENERALES	95
8.1 LOCALIZACIÓN	95
8.2 ANTECEDENTES Y PROBLEMÁTICA ACTUAL	97
9. INVESTIGACIÓN Y EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA	104
9.1 SONDEOS GEOTÉCNICOS	104
9.1.1 Sondeo No.1.	106
9.1.2 Sondeo No. 2.	108
9.1.3 Sondeo No.3.	110
9.1.4 Sondeo No. 4.	111
9.1.5 Sondeo No. 1 Talud Viviendas.	112
9.1.6 Sondeo No.2 Talud Viviendas.	113

9.1.7 Sondeo No.1 Talud Carrilera.	114
9.1.8 Sondeo No.2 Talud Carrilera.	115
9.1.9 Sondeo No.3 Talud Carrilera.	116
9.1.10 Tabla de Resumen ensayos de laboratorio.	117
9.2 OBTENCIÓN DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO	119
9.3 SONDEOS CARRILERA.	123
9.4 SONDEOS VIVIENDAS.	126
9.5 SONDEOS CANCHA.	128
10. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD TALUD CARRILERA	131
11. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD TALUD VIVIENDAS	138
12. PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN PARA TALUD CARRILERA Y VIVIENDAS	144
13. PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN PARA TALUD CANCHA DE TIERRA	158
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	160
BIBLIOGRAFIA	164
ANEXOS	166

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Relación entre la consistencia y resistencia a la compresión simple de algunas arcillas	65
Tabla 2. Dimensiones nominales de la zapata de hincado y el tubo bipartido.	67
Tabla 3. Factores nH , nB , nS , nR según Skempton.	69
Tabla 4. Consistencia para las arcillas con la resistencia a la compresión simple qu y el número de penetración estandar.	72
Tabla 5. Relaciones empíricas para factor de corrección por confinamiento.	74
Tabla 6. Unidades Geomorfológicas de Barrancabermeja.	82
Tabla 7. Valores de $KSTamáx$ según tipo de material y análisis.	93
Tabla 8. Factores de seguridad básicos mínimos directos.	94
Tabla 9. Sondeos 1 al 4 Talud norte equipamientos colectivos (ver imagen No.15), muestra clasificación, granulometrías, propiedades índice y ensayos de corte directo.	118
Tabla 10. Sondeos 1 al 3 Talud sur carrilera (ver imagen No.15), muestra clasificación, granulometrías, propiedades índice y ensayos de corte directo.	119
Tabla 11. Resumen de parámetros de resistencia para talud carrilera.	124
Tabla 12. Parámetros de resistencia acogidos para talud carrilera.	125
Tabla 13. Resumen de parámetros de resistencia talud viviendas.	126
Tabla 14. Muestra parámetros de resistencia adoptados para talud viviendas.	127
Tabla 15. Muestra resumen de parámetros de resistencia para zona de cancha de tierra.	129

Tabla 16. Muestra parámetros de resistencia adoptados para talud cancha de tierra.	130
Tabla 17. Muestra factores de seguridad para análisis de estabilidad global estático y dinámico talud carrilera.	133
Tabla 18. Muestra factores de seguridad para análisis de estabilidad global estático y dinámico talud viviendas.	139
Tabla 19. Dimensionamiento de anclajes activos para estabilización de talud viviendas y carrilera.	145
Tabla 20. Factores de seguridad análisis de estabilidad global caso estático y dinámico.	159

LISTA DE GRÁFICAS

	pág.
Gráfica 1. (a) Superficie de falla subdividida en dovelas, (b) Fuerzas que actúan en una dovela.	25
Gráfica 2. Dimensiones tenidas en cuenta para el cálculo del factor de corrección f_o .	29
Gráfica 3. Dominio y subregiones de malla para elementos finitos.	33
Gráfica 4. Configuraciones típicas para elementos en una, dos y tres dimensiones.	33
Gráfica 5. Esquema de un deslizamiento rotacional Varnes (1978).	39
Gráfica 6. Dimensiones de los movimientos en masa según IAEG.	41
Gráfica 7. Esquema de un deslizamiento rotacional Varnes (1978).	42
Gráfica 8. Esquema de un deslizamiento traslacional en suelos.	44
Gráfica 9. Movimiento de reptación.	45
Gráfica 10. Esquema típico de un flujo en suelos.	46
Gráfica 11. Extensión lateral: "Libro Deslizamientos Cap. 1 (Suarez, 2015)".	47
Gráfica 12. Envolvente de falla de Mohr-Coulomb.	50
Gráfica 13. Resistencia pico y resistencia residual.	52
Gráfica 14. Gráfica comparativa esfuerzo cortante vs Esfuerzos totales esfuerzos efectivos.	55
Gráfica 15. Esquema de máquina de corte directo.	59
Gráfica 16. Gráfica de esfuerzo efectivo vs esfuerzo cortante.	61
Gráfica 17. Resistencia recorte no drenado.	64

Gráfica 18. Columna litológica del Valle del Magdalena Medio.	77
Gráfica 19. Perfil geomorfológico del área urbana de Barrancabermeja.	82
Gráfica 20. Geomorfología de Barrancabermeja.	83
Gráfica 21. Fragmento del mapa geológico“Map of Quaternary Faults and Folds of Colombia and Its Offshore Regions” “Map of Quaternary Faults and Folds of Colombia and Its Offshore Regions”	87
Gráfica 22. Esquema estructural del valle del magdalena medio.	89
Gráfica 23. Muestra la cartografía de las unidades de los periodos paleógeno y neógeno formación mesa y grupo real.	90
Gráfica 24. Talud Norte de la zona de estudio urbanización Tamarindos Club, conformado por areniscas conglomeraticas de color pardo amarillento, con guijos cuarzosos finos a gruesos, en matriz areno arcillosa, provistos con poca o nada de vegetación.	90
Gráfica 25. Tablas de temperaturas medias mes, y humedad relativa.	91
Gráfica 26. Tablas de precipitaciones media mes y día.	92
Gráfica 27. Mapa de la provincia de mares, localización del municipio de Barrancabermeja	95
Gráfica 28. Mapa de localización de la Comuna IV del municipio de Barrancabermeja.	96
Gráfica 29. Vista general de la zona de estudio.	96
Gráfica 30. Localización de manzanas y cancha de fútbol.	97
Gráfica 31. Agrietamiento diagonal a 45° en muro en mampostería.	98
Gráfica 32. Agrietamiento en pisos de patios de viviendas localizadas en la parte superior del talud.	99
Gráfica 33. Agrietamiento diagonal a 45° en muro en mampostería.	100
Gráfica 34. Patio anegado con dificultad para evacuación de aguas, posible rotura de ductos. También se observan humedades en la parte inferior de los muros.	100

Gráfica 35. Muros de contención localizados en el sector sur-oriental a la cancha de futbol, la imagen muestra la falla de muros en mampostería convencional con contrafuertes.	101
Gráfica 36. Talud entre las manzanas No.2 y No.3, desprovisto de cobertura vegetal, y con cuneta de coronación agrietada.	102
Gráfica 37. Fragmento tomado del plano “mapa de susceptibilidad de amenazas naturales por fenómenos de remoción en masas e inundación”.	103
Gráfica 38. Localización de sondeos SPT, en laderas de la Urbanización los Tamarindos, talud viviendas (dos unidades), talud carrilera (dos unidades), equipamientos (cuatro unidades).	106
Gráfica 39. Localización de sondeo No.1, proceso de ejecución con equipo de percusión manual.	107
Gráfica 40. Muestra No.4 Sondeo No.1, limo inorgánico de alta plasticidad color amarillo.	107
Gráfica 41. Muestra No.2 Sondeo No.2, arena limosa de consistencia media.	109
Gráfica 42. Muestra No.3 Sondeo No.3, arena arcillosa amarilla de consistencia media.	110
Gráfica 43. Localización de sondeo No.4, proceso de ejecución con equipo de percusión manual.	111
Gráfica 44. Sondeo No.1 Talud norte, muestra de suelo extraída.	113
Gráfica 45. Sondeo No.1 Talud norte, muestra de suelo extraída.	114
Gráfica 46. Sondeo No.1 Talud norte muestra No.5, arena limosa color amarillo rojizo de consistencia media firme.	115
Gráfica 47. Sondeo No.2 Talud norte muestra No.4, limo inorgánico de media a baja plasticidad color amarillo.	116
Gráfica 48. Sondeo No.3 Talud norte muestra No.5, arena arcillosa color amarillo claro de consistencia media.	117
Gráfica 49. Muestra secciones transversales evaluadas en el análisis para obtención de sección transversal crítica: En amarillo corte 1-1 talud carrilera, verde corte 2-2 talud viviendas, azul corte 3-3 cancha de tierra.	121

Gráfica 50. Localización de los sondeos y clasificación de las muestras para el talud de la carrilera.	123
Gráfica 51. Columna estratigráfica talud carrilera.	125
Gráfica 52. Localización de los sondeos talud viviendas.	126
Gráfica 53. Muestra columna estratigráfica para talud viviendas.	127
Gráfica 54. Muestra perfil y localización de los sondeos cancha de tierra.	128
Gráfica 55. Muestra perfil estratigráfico cancha de tierra.	129
Gráfica 56. Muestra perfiles para talud carrilera y talud viviendas.	131
Gráfica 57. Muestra perfiles para cancha de tierra.	131
Gráfica 58. Muestra análisis de estabilidad global para condiciones estáticas $A=0.12g$ talud carrilera.	132
Gráfica 59. Muestra análisis de estabilidad global para condiciones pseudo estáticas $A=0.12g$ talud carrilera	132
Gráfica 60. Muestra malla deformada modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 1-1´.	133
Gráfica 61. Muestra diagrama de esfuerzos efectivos (máximo -165.18 kN/m^2) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 1-1´.	134
Gráfica 62. Muestra diagrama de flechas desplazamientos totales (máximo $17.45 \times 10^{-3} \text{ m}$) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 1-1´	134
Gráfica 63. Muestra diagrama contornos desplazamientos totales (máximo $17.45 \times 10^{-3} \text{ m}$) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 1-1´	135
Gráfica 64. Muestra diagrama contornos desplazamientos verticales (máximo $-7.73 \times 10^{-3} \text{ m}$) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 1-1´	135
Gráfica 65. Muestra diagrama contornos desplazamientos horizontales (máximo $17.33 \times 10^{-3} \text{ m}$) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 1-1´	136

Gráfica 66. Muestra análisis de estabilidad global para condiciones estáticas talud viviendas.	138
Gráfica 67 Muestra análisis de estabilidad global para condiciones pseudo-estáticas talud viviendas $A=0.12g$.	138
Gráfica 68. Muestra malla deformada modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 2-2´	139
Gráfica 69. Muestra diagrama de esfuerzos efectivos (máximo -98.08 kN/m^2) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 2-2´	140
Gráfica 70. Muestra diagrama de flechas desplazamientos totales (máximo $12.89 \times 10^{-3} \text{ m}$) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 2-2´	140
Gráfica 71. Muestra diagrama contornos desplazamientos totales (máximo $12.89 \times 10^{-3} \text{ m}$) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 2-2´	141
Gráfica 72. Muestra diagrama contornos desplazamientos verticales (máximo $-10.03 \times 10^{-3} \text{ m}$) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 2-2´	141
Gráfica 73 Muestra diagrama contornos desplazamientos horizontales (máximo $12.79 \times 10^{-3} \text{ m}$) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 2-2´	142
Gráfica 74. Muestra malla deformada aplicando la propuesta de estabilización (máximo $16.02 \times 10^{-3} \text{ m}$) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 1-1´	147
Gráfica 75. Muestra diagrama de esfuerzos efectivos con sus direcciones principales (máx -307.14 kN/m^2) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 1-1´	147
Gráfica 76. Muestra diagrama de esfuerzos efectivos (máximo -123.58 kN/m^2) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 1-1´	148
Gráfica 77. Muestra desplazamientos horizontales (máximo $U_x 15.95 \times 10^{-3} \text{ m}$) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 1-1´	148

Gráfica 78 Muestra desplazamientos verticales (máximo $U_y -9.91 \times 10^{-3} \text{m}$) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 1-1´	149
Gráfica 79 Muestra desplazamientos verticales (máximo $U_y -9.91 \times 10^{-3} \text{m}$) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 1-1´	149
Gráfica 80 Muestra diagrama de fuerza axial (fuerza axial 68.85 kN/m) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 1-1´	150
Gráfica 81 Muestra diagrama de cortante (fuerza cortante 118.91 kN/m) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 1-1´	150
Gráfica 82. Muestra diagrama de momentos (momento -113.36 kN*m/m) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 1-1´	151
Gráfica 83. Muestra malla deformada aplicando la propuesta de estabilización (máximo $17.28 \times 10^{-3} \text{m}$) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 2-2´	151
Gráfica 84. Muestra diagrama de esfuerzos efectivos con sus direcciones principales (máx -318.39 kN/m ²) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 2-2´	152
Gráfica 85. Muestra diagrama de esfuerzos efectivos con sus direcciones principales (máx -318.39 kN/m ²) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 2-2´	152
Gráfica 86. Muestra diagrama de esfuerzos efectivos (máximo -318.39 kN/m ²) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 2-2´	153
Gráfica 87. Muestra desplazamientos horizontales (máximo $U_x 17.03 \times 10^{-3} \text{m}$) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 2-2´	153
Gráfica 88. Muestra desplazamientos verticales (máximo $U_y -8.17 \times 10^{-3} \text{m}$) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 2-2´	154

Gráfica 89. Muestra desplazamientos totales (máximo $U_{tot} 17.28 \times 10^{-3}m$) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 2-2´	154
Gráfica 90. Muestra diagrama de fuerza axial (fuerza axial 72.82kN/m) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 2-2´	155
Gráfica 91. Muestra diagrama de cortante (fuerza cortante 120.18 kN/m) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 2-2´	155
Gráfica 92. Muestra detalle propuesta de estabilización para el talud de las viviendas.	157
Gráfica 93. Muestra análisis de estabilidad global estático para talud cancha de tierra.	158
Gráfica 94. Muestra análisis de estabilidad global pseudo-estático $A=0.12g$ para talud cancha de tierra.	159

LISTA DE ANEXOS

	pág.
ANEXO A. LABORATORIOS	166

RESUMEN

TITULO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE OBRAS DE MITIGACIÓN PARA LAS VIVIENDAS UBICADAS EN DEL BARRIO LOS TAMARINDOS EN LA COMUNA IV DE BARRANCABERMEJA*

AUTOR: CAMILO ANDRES SERRANO CARRANZA**

PALABRAS CLAVE: Límite, Esfuerzo, Deformación, Cortante, Geotecnia, Talud, Estratigrafía, Sedimentario

CONTENIDO

Durante el constante crecimiento de la población en Barrancabermeja mucha de las veces, es evidente la escases de lugares adecuados para los asentamientos humanos debido al sobre costo de los terrenos baldíos, o en general de las viviendas existentes generados por el desarrollo de la industria del petróleo, obligando de esta manera a las personas que cuentan con menor capacidad adquisitiva a emplear lugares los cuales están menos adecuados para el desarrollo de sus viviendas, las cuales son ubicadas sobre terrenos no adecuados como llanuras de inundación de cuerpos hídricos (río Magdalena, o Ciénegas periféricas), también son empleadas con bastante frecuencia las laderas, en las cuales implementan rellenos no tecnificados con materiales de desechos y escombros para incrementar el área de construcción, o en la mayoría de los casos implementan cortes en estas laderas para conformar el espacio para sus viviendas. El empleo de estas prácticas (antrópicas) hacen que se modifiquen las condiciones naturales de estas laderas, alterando su estado de equilibrio generando de esta manera factores que condicionan la estabilidad de los taludes, otros factores que deben tenerse en cuenta en el momento de evaluar la estabilidad son los relacionados con la sismicidad propia de la zona y la hidrología del sector, los cuales se consideran como factores detonantes de inestabilidades en taludes. El presente trabajo de aplicación busca realizar un análisis de estabilidad, con el fin de aportar una alternativa de estabilización de las viviendas que se encuentran en la zona de talud y de equipamientos colectivos de la urbanización Tamarindos.

* Proyecto de Grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, Escuela de Ingeniería Civil, Maestría en Geotecnia

ABSTRACT

TITLE: ANALYSIS OF STABILITY AND PROPOSAL OF ALTERNATIVES OF MITIGATION WORKS FOR HOUSES LOCATED IN LOS TAMARINDOS NEIGHBORHOOD IN COMUNA IV DE BARRANCABERMEJA*

AUTHOR: CAMILO ANDRES SERRANO CARRANZA**

KEYWORDS: Limit, Effort, Deformation, Cutting, Geotechnics, Slope, Stratigraphy, Sedimentary

CONTENTS

During the constant growth of the population in Barrancabermeja a lot of the times, it is evident the scarcity of adequate places for human settlements due to the cost overrun of vacant lots, or in general of the existing houses generated by the development of the oil industry, thus obliging people who have lower purchasing power to use places which are less suitable for the development of their homes, which are located on land not suitable as floodplains of water bodies (Magdalena River, or peripheral Ciénegas), slopes are also used quite frequently, in which they implement non-technified fillings with waste materials and debris to increase the construction area, or in most cases they implement cuts in these hillsides to make up the space for their homes . The use of these practices (anthropic) causes the natural conditions of these slopes to be altered, altering their equilibrium state, generating in this way factors that condition the stability of the slopes, other factors that must be taken into account when evaluating the stability are those related to the seismicity of the area and the hydrology of the sector, which are considered as triggers of slope instabilities. This application work seeks to perform a stability analysis, in order to provide an alternative stabilization of the houses that are in the slope area and collective facilities of the Tamarindos urbanization.

* Project of Degree

** Faculty of Physicomechanical Engineering, School of Civil Engineering, Master of Geotechnics

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Durante el constante crecimiento de la población en Barrancabermeja es evidente la escases de lugares adecuados para los asentamientos humanos debido al sobre costo de los terrenos baldíos, o en general de las viviendas existentes generados por el desarrollo de la industria del petróleo, obligando a las personas con menor capacidad adquisitiva a emplear lugares menos adecuados para el desarrollo de sus viviendas, las cuales son ubicadas sobre terrenos no adecuados como llanuras de inundación de cuerpos hídricos (río Magdalena, o Ciénegas periféricas), también son empleadas con bastante frecuencia las laderas, en las cuales implementan rellenos no tecnificados con materiales de desechos y escombros para incrementar el área de construcción, o en la mayoría de los casos implementan cortes en estas laderas para conformar el espacio para sus viviendas.

El empleo de estas prácticas (antrópicas) hacen que se modifiquen las condiciones naturales de estas laderas, alterando su estado de equilibrio generando de esta manera factores que condicionan la estabilidad de los taludes, otros factores que deben tenerse en cuenta en el momento de evaluar la estabilidad son los relacionados con la sismicidad propia de la zona y la hidrología del sector, los cuales se consideran como factores detonantes de inestabilidades en taludes. El presente trabajo de aplicación busca realizar un análisis de estabilidad, con el fin de aportar una alternativa de estabilización de las viviendas que se encuentran en la zona de talud y de equipamientos colectivos de la urbanización Tamarindos.

2. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto tiene como fin, reunir la diferente información geológica, geotécnica y topográfica, con el fin de realizar un análisis de estabilidad de las viviendas localizadas en (CRA 46/ 36B-14; 36B-20; 36B-26; 36B-32; 36B-38; 36B-44; 36B-50; 36B-54; 36B-62; 36B-68; 36B-74; 36B-80; 36B-86) corona del talud generado por el mayor desnivel en el barrio, y la falla de los muros de contención; (cancha de tierra, y zona verde sector noroccidental en frente de la carrera 36B). Esta información permitirá obtener un modelo geológico geotécnico, con el fin de proponer alternativas que permitan garantizar la seguridad de las viviendas y zonas mencionadas las cuales se pueden implementar como alternativa de solución de las afectaciones que se viene presentando en el sector, además también puede ser empleada como diseño preliminar que permita la elaboración de presupuestos y la implementación de obras futuras que generen una mayor seguridad en las viviendas.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Hacer un análisis de estabilidad por medio de la obtención de los factores de seguridad y proponer las obras que permitan la estabilización de las viviendas y equipamientos colectivos de la urbanización Tamarindos de la Comuna IV de Barrancabermeja.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obtener la caracterización geo-mecánica del área de estudio.
- Analizar las condiciones de estabilidad del talud por medio de software modelando en condiciones estáticas y pseudo-estáticas.
- Obtener los factores de seguridad del talud, en condiciones críticas.
- Establecer medidas de mitigación que contribuyan con la estabilidad de las viviendas.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 MÉTODOS DE EQUILIBRIO LÍMITE

Estos métodos de análisis de estabilidad de taludes están orientados a determinar factores de seguridad en función de superficies de rotura supuestas, de las cuales se obtiene un factor de seguridad para cada superficie de falla. Es seleccionado el menor factor de seguridad obtenido para el conjunto de supuestos de superficies de rotura.

Los métodos de equilibrio límite están fundamentados en las leyes de la estática para determinar el estado de equilibrio de una masa potencialmente inestable, haciendo una comparación entre las fuerzas y momentos que resisten el deslizamiento contra los momentos y las fuerzas que actúan sobre una determinada superficie de falla, para obtener un factor de seguridad que se asume igual para todos los puntos de la superficie de falla, por lo que este valor representa el promedio del valor total en toda la superficie de falla. Suponen que la resistencia al corte se moviliza total y simultáneamente a lo largo de la superficie de corte¹.

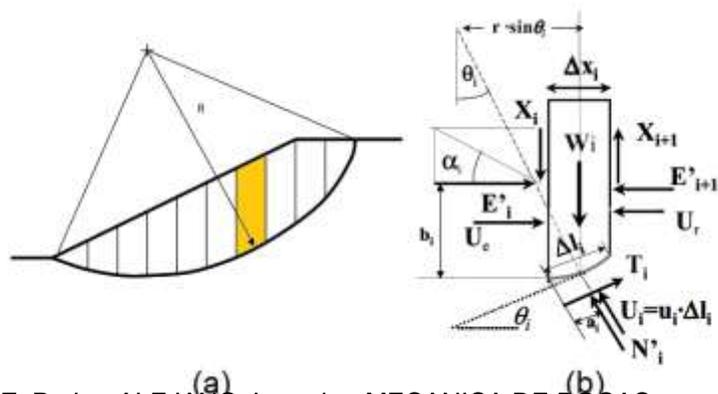
Los métodos de equilibrio límite se pueden dividir en dos grandes grupos, exactos y no exactos. Métodos exactos: Este grupo satisface las ecuaciones de la estática (rotura plana y rotura en cuña) en la cual se asume una superficie de rotura plana o de cuña. Suponen un factor de seguridad constante en toda la superficie de falla. Métodos aproximados: No cumplen con todas las condiciones de la estática, debido a que estas no son fáciles de aplicar a causa de la complejidad de las superficies de rotura, para su resolución será necesario hacer el planteamiento de

¹ IGME (1987). "MANUAL DE TALUDES". Primera edición. Instituto Geológico y Minero de España. Páginas 187 a 193

una serie de hipótesis que están orientadas a reducir el número de incógnitas. En la resolución de este tipo de métodos se obtiene la distribución de fuerzas tangenciales sobre la superficie de corte, en la cual se supone que el cortante es constante y se moviliza en su totalidad a lo largo de esta.

Los métodos de equilibrio límite son similares en su planteamiento y consisten en dividir la masa susceptible al deslizamiento en una serie de rebanadas las cuales se encuentran entre la cara del talud y la superficie supuesta de falla (ver gráfica 1). Se estudia el equilibrio de fuerzas actuantes en cada una de las rebanadas por separado, teniendo en cuenta la influencia de todas las demás, el problema resulta ser hiperestático ya que se obtienen más incógnitas que ecuaciones para su resolución motivo por el cual se hace necesario hacer una serie de supuestos para reducir las incógnitas, la diferencia entre los diferentes métodos deriva en el planteamiento de las hipótesis para su resolución. La posición de la superficie de falla más probable se encuentra por medio de iteraciones. A continuación se presenta una figura en la cual se representa la superficie de falla en una masa de suelo, en la cual se ha dividido en una serie de rebanadas, aislando una de ellas y representado las fuerzas que intervienen en las caras de la dovela, tal y como se muestra en la siguiente figura

Gráfica 1. (a) Superficie de falla subdividida en dovelas, (b) Fuerzas que actúan en una dovela.



Fuente: RAMIREZ, Pedro. ALEJANO, Leandro. MECANICA DE ROCAS

En las caras de la dovela actúan las componentes de las fuerzas que son las resultantes de los esfuerzos efectivos, que actúan en forma normal y tangencial a la dovela y las resultantes de la presión de poros. En la base de la dovela, la cual representa una porción de la superficie de falla actúan la resultante de la fuerza normal producto de los esfuerzos efectivos, la resistencias al cortante y las presiones de poros. Las presiones de poros se suponen conocidas ya que estas se pueden determinar por la posición del nivel freático. En la figura tenemos que:

Δ_{x_i} : Base de la dovela

U_e, U_r, U_i : Presiones de poros

W_i : Peso de la cuña de suelo

X_i, X_{i+1} : Fuerzas tangenciales o de corte en la dovela

E'_i, E'_{i+1} : Fuerzas normales, empujes pasivos y activos actuando en la dovela

T_i : Resistencia al cortante

N'_i : Fuerza normal

θ_i : Ángulo del radio de la superficie de falla con la normal

b_i : Punto de aplicación de la fuerza normal

Los métodos de dovelas admiten hacer el análisis del talud en forma plana, permiten la aplicación de cargas externas y se pueden aplicar a suelos estratificados con diferentes configuraciones de superficies de falla, las incógnitas que se tienen en la resolución del problema son las siguientes; los n valores de las fuerzas normales N'_i actuando en la base de las dovelas, los $n - 1$ valores de las fuerzas E'_i normales a las caras de las dovelas, los $n - 1$ valores de las fuerzas tangenciales X_i actuando en las caras laterales de las dovelas, los $n - 1$ valores de b_i que definen el punto de aplicación de las fuerzas, un valor del factor de seguridad $F.S.$ Se supone que los valores de T_i , y de N'_i se pueden determinar por medio de los parámetros de resistencia cohesión y fricción, también se hace la

suposición de que $a_i = \Delta_i/2$ debido a que se tiene un número de dovelas tendiente a infinito, para lo cual se tendrán un número de incógnitas $4n - 2$, por otra parte el número de ecuaciones disponibles es de $3n$ lo que conlleva a un problema estáticamente indeterminado ya que hay $n - 2$ incógnitas más que ecuaciones, las cuales se podrían solucionar incrementando el número de ecuaciones, en cuyo caso sería preciso introducir las relaciones tensión-deformación del suelo y los requerimientos de compatibilidad de deformaciones², o haciendo una serie de hipótesis para reducir el número de incógnitas en cuyo caso se tendrán soluciones de métodos aproximados o métodos completos.

Los métodos aproximados proporcionan soluciones razonablemente adecuadas en la resolución de la mayoría de los problemas que se plantean en la práctica, consisten en hacer más hipótesis que las que se requieren generalmente $n - 1$ hipótesis las cuales eliminan $n - 1$ incógnitas, están relacionadas con la ubicación o dirección de los empujes laterales, al haber más hipótesis que ecuaciones no se cumplirán todas las condiciones de equilibrio, lo que genera un sistema sobredeterminado.

Los métodos precisos hacen la hipótesis de los $n - 1$ valores de las fuerzas tangenciales siguen una ley general que depende de un nuevo parámetro, introduciéndose así una nueva incógnita que completa el problema³.

4.1.1 Factor de Seguridad. Este expresa la seguridad de un talud y se define como el coeficiente entre la resistencia al cortante en la superficie de deslizamiento calculada con las características del material, y los esfuerzos de corte críticos que tratan de producir la falla en la masa susceptible al

² IGME (1987). "MANUAL DE TALUDES". Primera edición. Instituto Geológico y Minero de España. Páginas 187 a 193.

³ IGME (1987). "MANUAL DE TALUDES". Primera edición. Instituto Geológico y Minero de España. Páginas 187 a 193

deslizamiento. Los valores para el factor de seguridad $F.S$ se calculan para cada superficie de falla asumida, y se pueden obtener:

$$F.S = \frac{\text{Resistencia al cortante disponible}}{\text{Esfuerzo al cortante actuante}} \quad (\text{EC-1})$$

$$F.S = \frac{\text{Momento resistente disponible}}{\text{Momento actuante}} \quad (\text{EC-2})$$

Debido al desconocimiento de la localización de la superficie de rotura, entonces se deben asumir diferentes superficies para las cuales se debe calcular el correspondiente valor $F.S$, se define como factor de seguridad del talud el mínimo obtenido⁴ entre las diferentes superficies de falla analizadas. Razón por la cual se deben realizar diferentes iteraciones con el objetivo de encontrar el menor valor para el factor de seguridad. Los métodos de equilibrio límite suponen que durante la falla, las fuerzas actuantes y resistentes, son iguales a lo largo de la superficie de falla y equivalentes a un factor de seguridad de 1.0 (Suarez, 2015).

4.1.2 Método De Bishop (1955). Satisface solo el equilibrio de momentos, supone que las fuerzas entre dovelas actúan solamente en la dirección horizontal por lo que no tiene en cuenta la acción de las fuerzas cortantes entre dovelas, el factor de seguridad se obtiene mediante un proceso de iteración, ya que el valor de este se encuentra en ambos términos de la expresión, tal y como sigue:

$$F.S = \frac{\sum \left[\frac{c' \Delta l \cos \alpha + (W u \Delta l \cos \alpha) \tan \phi'}{\cos \alpha + \frac{(\text{Sen} \alpha \tan \phi')}{F.S}} \right]}{\sum W \text{Sen} \alpha} \quad (\text{EC-3})$$

En donde:

Δl : Longitud de arco en la base de la dovela

W : Peso de la dovela

⁴ IGME (1987). "MANUAL DE TALUDES". Primera edición. Instituto Geológico y Minero de España. Páginas 187 a 193

c' : Cohesión efectiva

ϕ' : Ángulo de fricción efectivo

u : Presión de poros en la base de la dovela

α : Ángulo entre el radio y la vertical

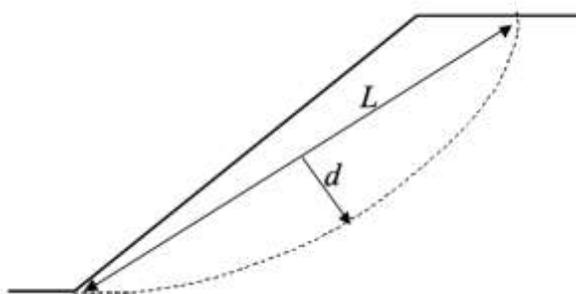
Este método se aplica a superficies de rotura circulares.

4.1.3 Método De Jambú (1968). Este método supone que el punto de aplicación de la fuerza normal en la cara de las dovelas es conocido, también al igual que el método de Bishop desprecia la acción de las fuerzas cortantes entre dovelas. Satisface el equilibrio de fuerzas, pero no el de momentos, asume superficie de rotura diferente a la superficie circular, motivo por el cual propone un factor de corrección f_0 con el fin de tener en cuenta un ajuste por equilibrio de momentos y geometría (ver gráfica No.2), el factor de seguridad se calcula como sigue:

$$F.S = \frac{f_0 \sum \left\{ [c' b + (W - ub) \tan \phi] \frac{1}{\cos \alpha} \right\}}{\sum (W \tan \alpha)} \quad (\text{EC-4})$$

El factor de corrección se puede calcular por medio de

Gráfica 2. Dimensiones tenidas en cuenta para el cálculo del factor de corrección f_0 .



Fuente: Suarez, 2015

$$f_0 = 1 + b_1 \left[\frac{d}{L} - 1.4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right] \quad (\text{EC-5})$$

En donde los valores de b_1 se seleccionan de acuerdo con el tipo de suelo; para suelos cohesivos $b_1 = 0.69$, suelos friccionantes $b_1 = 0.31$, suelos con cohesión y fricción $b_1 = 0.50$.

También los parámetros geométricos de rotura se representan en la gráfica anterior, y se expresan d y L respectivamente.

4.1.4 Método De Morgenstern Y Price (1965). Este asume cualquier forma de superficie de rotura, lo que facilita que el método se aplique a una gran variedad de geometrías del terreno. Satisface las condiciones de equilibrio y es considerado muy preciso. Propone una relación entre la resultante de las fuerzas tangenciales y normales en la cara de la dovela, en la cual el ángulo de inclinación de la resultante α varía con una función arbitraria $f(x)$, como sigue en la siguiente ecuación:

$$\alpha = \frac{X}{E} = \lambda \cdot f(x) \quad (\text{EC-6})$$

En donde

X : Fuerza tangencial entre dovelas

E : Fuerza normal entre dovelas

λ : Factor de escala

La función seleccionada introduce una incógnita adicional, dejando el sistema completamente determinado con $3n$ ecuaciones e incógnitas.

4.1.5 Método De Spencer (1967). Este método consiste en hacer equilibrio de fuerzas y de momentos, supone que la fuerza lateral en las dovelas tiene una inclinación desconocida, pero todas son paralelas entre sí. La inclinación se supone entonces como una incógnita planteando la hipótesis de que la fuerza lateral sobre la dovela forma un ángulo α con la horizontal

$$\frac{X}{N} = \tan\alpha \quad (\text{EC-7})$$

La inclusión de esta hipótesis proporciona un sistema totalmente determinado al incluir la incógnita relacionada con la inclinación de la fuerza. Es útil para evaluar cualquier tipo de superficie de rotura.

4.1.6 Método Ordinario De Fellenius (1927). Este método también recibe otras denominaciones, método ordinario, método Sueco, método de dovelas entre otros. En la resolución de este se hace la suposición de que no hay fuerzas entre dovelas, por lo que solo satisface el equilibrio de momentos, y no se logra obtener el equilibrio de la masa deslizante.

La superficie de falla para este método se asume como circular y presume que las fuerzas en laterales de las dovelas son iguales y opuestas (razón por la cual se anulan), entonces será necesario determinar las fuerzas que intervienen en la superficie de rotura, por lo que el factor de seguridad se puede expresar en la forma que sigue:

$$F.S = \frac{cb + \tan\phi \sum_{i=1}^{i=n} [W_i \cos\alpha_i + u_i \Delta l_i]}{\sum_{i=1}^{i=n} [W_i \sin\alpha_i]} \quad (\text{EC-8})$$

Debido a que se disponen de más ecuaciones que de incógnitas este procedimiento está sobre determinado y el factor de seguridad que se obtiene

también está sobre determinado, alcanzándose valores de dicho coeficiente hasta 1.5 veces menores que el real, normalmente siempre del lado de la seguridad⁵.

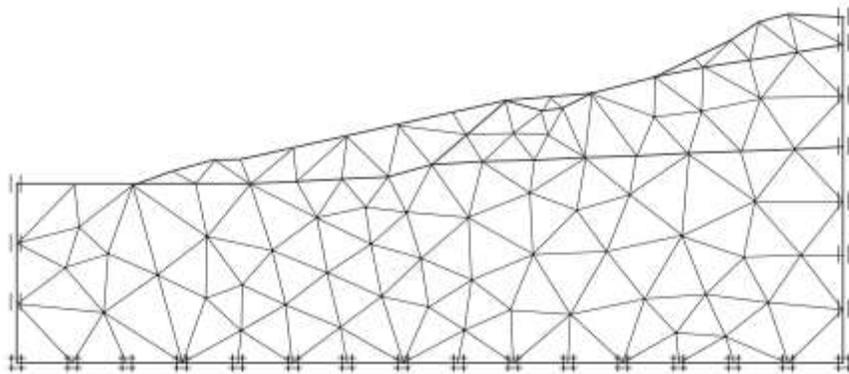
4.2 MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS (M.E.F)

Los métodos de elementos finitos, son procesos aproximados que se basan en la solución numérica de las ecuaciones diferenciales que describen el comportamiento mecánico de los materiales. Esta solución consiste en obtener las relaciones de esfuerzo deformación, o desplazamientos, como solución del modelo. El método consiste en realizar un modelo que simula todo el material por analizar, este se define como un dominio, en el cual se aplican una serie de variables que rigen el comportamiento del material, tales como propiedades elásticas, densidad, y propiedades en el momento de la falla y posterior a esta.

La región a analizar se define como un medio continuo, en el cual se limita el área de estudio a un dominio, este se subdivide en regiones más pequeñas discretas, las cuales tienen geometría conocida y en las cuales se pueden aplicar las propiedades del material. Esta subregiones o subdominios se denominada elementos, tal y como se aprecia en la siguiente figura.

⁵ PEDRO RAMÍREZ (2004), "MECÁNICA DE ROCAS: FUNDAMENTOS E INGENIERÍA DE TALUDES". Red DESIR, Madrid. Páginas 386 a 401.

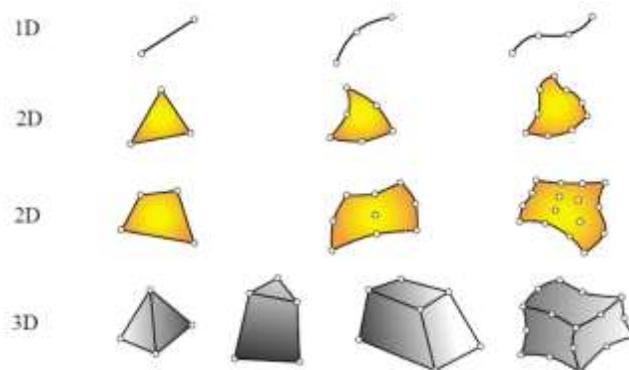
Gráfica 3. Dominio y subregiones de malla para elementos finitos.



Fuente: TELFORD, Thomas. Guidelines for the use of advanced numerical analysis 2002.

Para cada uno de los elementos se analizan la interacción con los elementos adyacentes, los cuales están interconectados por medio de los bordes, y los elementos denominados nodos, estos son puntos dentro del dominio en donde se pueden conocer los desplazamientos, rotaciones, y esfuerzos. El tamaño y la forma de los elementos influye en gran manera sobre los resultados obtenidos (Suarez, 2015), estos pueden tener diferentes geometrías tal y como se muestra en la siguiente figura

Gráfica 4. Configuraciones típicas para elementos en una, dos y tres dimensiones.



Fuente: Suarez, 2015

Para los modelos en dos dimensiones se acostumbra a emplear configuraciones de mallas con cuadriláteros o triángulos, los cuadriláteros son más convenientes, pero en la práctica es usual utilizar triángulos ya que estos se ajustan mejor en esquinas, vértices o lugares en los cuales se requiera refinar la malla para obtener resultados más acertados. Cuanto mayor sea el número de elementos mayor será la aproximación de la realidad⁶. Para la elaboración del modelo, se definen las condiciones de frontera (cargas, desplazamientos) estas influyen cambios en el desarrollo del sistema, compatibilidad, equilibrio y leyes constitutivas.

El dominio es dividido en regiones más pequeñas (elementos) finitas, en las cuales se pueden adicionar las propiedades del material y en conjunto estas forman una red o malla interconectada por sus lados laterales y nodos (ver gráfica No.3), en estos se obtiene la solución exacta del problema, esta solución se puede extender a las regiones interiores de los elementos por medio interpolación y solo será reflejada como una aproximación de la solución.

4.2.1 Condiciones de equilibrio. El equilibrio básicamente está compuesto por el global y el interno. El primero de ellos, obedece al equilibrio de fuerzas y de momentos, en tanto el segundo corresponde al estado de esfuerzos. El equilibrio para un medio continuo se puede expresar de la siguiente forma:

$$L^T \sigma + b = 0 \quad (\text{EC-9})$$

En donde L^T es la transpuesta de operador diferencial

⁶ PEDRO RAMÍREZ (2004), "MECÁNICA DE ROCAS: FUNDAMENTOS E INGENIERÍA DE TALUDES". Red DESIR, Madrid. Páginas 386 a 401.

$$\mathbf{L}^T = \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial x} & 0 & 0 & \frac{\partial}{\partial y} & 0 & \frac{\partial}{\partial z} \\ 0 & \frac{\partial}{\partial y} & 0 & \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial z} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\partial}{\partial z} & 0 & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial x} \end{bmatrix}$$

Esta ecuación relaciona las componentes cartesianas del esfuerzo; $\sigma_{xy}, \sigma_{xz}, \sigma_{yz}, \sigma_{xx}, \sigma_{yy}, \sigma_{zz}$ las cuales están representadas por el vector de esfuerzos σ , con las fuerzas de masa y las fuerzas inerciales.

4.2.2 Condiciones de compatibilidad. Estas relacionan los desplazamientos con las deformaciones, en la cual las partículas del material no se deben traslapar ni se deben separar, y se puede expresar con la ayuda de la siguiente ecuación cinemática

$$\varepsilon = Lu \quad (\text{EC-10})$$

En la cual

ε : Vector que relaciona las seis componentes de la deformación

u : Vector que contiene las derivadas de los desplazamientos

L : Operador diferencial

4.2.3 Ley constitutiva. Esta representa el comportamiento de material, relacionando las deformaciones y los esfuerzos, para lo cual establece la relación entre las condiciones de equilibrio y compatibilidad, y se expresan por medio de la siguiente ecuación:

$$\sigma = M\varepsilon \quad (\text{EC-11})$$

Debido a que el suelo en su comportamiento es un material no elástico, no isotrópico, no homogéneo, no lineal y su respuesta a cargas aplicadas será una función de la historia geológica del material⁷, la ecuación anterior representa los incrementos de esfuerzos por medio de σ , deformaciones ε , y M representa las componentes y propiedades del suelo.

4.2.4 Condiciones de borde. Estas definen las fronteras del modelo, y en ellas se pueden incluir la geometría y límites del problema, así como las cargas aplicadas, variaciones de presiones de poros, procesos de construcción y excavación entre otros.

En los métodos de elementos finitos (M.E.F) las condiciones anteriores se cumplen, y se pueden solucionar por medio de los métodos numéricos, aunque de esto dependa también emplear una serie de simplificaciones.

Entre las principales ventajas de la aplicación de los métodos de elementos finitos se pueden destacar, según (Suarez, 2015):

- Se puede considerar el comportamiento no lineal de los materiales en la totalidad del dominio analizado.
- La falla es progresiva.
- Se puede introducir un comportamiento de los materiales con base en el tiempo.

⁷ SALAZAR FERRERO (2008), "EXCAVACIONES EN CONDICIONES COMPLEJAS". Escuela Colombiana de Ingeniería, Colombia Páginas 79 a 102.

- Es posible modelar la secuencia de la excavación incluyendo la instalación de refuerzos y sistemas de estructura de soporte.

A pesar de que se tienen estas ventajas con la aplicación de los métodos de elementos finitos, que en contraste con los métodos de equilibrio límite los cuales no pueden hacer un análisis con superficie de falla progresiva y están fundamentados en condiciones de la equilibrio, los (M.E.F) también tienen algunos factores que limitan el potencial de esta herramienta numérica, ya que esta solamente puede proporcionar una solución aproximada, y la elaboración del modelo depende en gran medida de la habilidad con la cual se obtienen los parámetros que se sustraen de las técnicas de exploración y esta a su vez no proporciona la información que caracterice el comportamiento de material de una manera adecuada, el estudio no permite determinar las dos constantes básicas de cada estrato: Módulo elástico y relación de Poisson⁸, por otra parte los sistemas de ecuaciones resultantes son bastante extensos y requieren de una buena disposición de memoria por parte del ordenador y el tiempo requerido para determinar la solución en ocasiones es extenso.

4.3 MECANISMOS DE FALLA

La falla en un material geotécnico se puede producir debido a la pérdida de resistencia al esfuerzo cortante, aumento de los esfuerzos de corte, o una combinación de los dos. El tipo de material está directamente relacionado con el tipo de falla que se pueda generarse, ya que condiciona de manera directa el material, es así como la geología, la litología, morfología y la hidrología condicionan la naturaleza intrínseca del tipo de material. También otros factores pueden llegar a ser detonantes de inestabilidades, tales como la sismicidad, el

⁸ SALAZAR FERRERO (2008), "EXCAVACIONES EN CONDICIONES COMPLEJAS". Escuela Colombiana de Ingeniería, Colombia Páginas 79 a 102.

régimen de lluvias, y otros factores independientes relacionados con las actividades humanas (minería, obra civil, entre otros) que pueden incidir directa o indirectamente sobre el material y su comportamiento.

Las fallas se pueden favorecer gracias a las condiciones del tipo de material, es así como los cambios de estratos de material, fisuras, pueden inducir fallas en los materiales tipo suelo, el suelo es considerado como un conjunto de partículas sólidas que pueden estar cementadas o parcialmente sueltas, en las cuales pueden tener fluido intersticial en sus oquedades, estando llenos o parcialmente llenos (aire y agua), y que cuentan con cierto grado de consolidación. Esto hace que la forma del material, grado de redondez o angulosidad de sus granos, así como la naturaleza de su matriz (grado de cementación) puedan influir de manera directa en el tipo de falla que se pueda presentar. Es por esto que es usual que los suelos se consideren como un medio continuo y homogéneo. Las superficies de rotura se desarrollan en su interior, sin seguir una dirección preexistente⁹.

4.3.1 Deslizamiento. Consiste en un desplazamiento del material, el cual puede suceder a través de una o varias superficies de corte, este se genera al superarse la resistencia al corte del material. Este puede ser de una sola masa coherente que se mueve, o puede tener varias unidades semi independientes (Suarez, 2015). La falla puede presentarse de manera gradual, en la cual la resistencia se genera en forma progresiva y no se desarrolla de manera inmediata en todos los puntos de la superficie de falla. Las superficies de falla pueden ser individuales, o a través de una franja relativamente estrecha de material¹⁰.

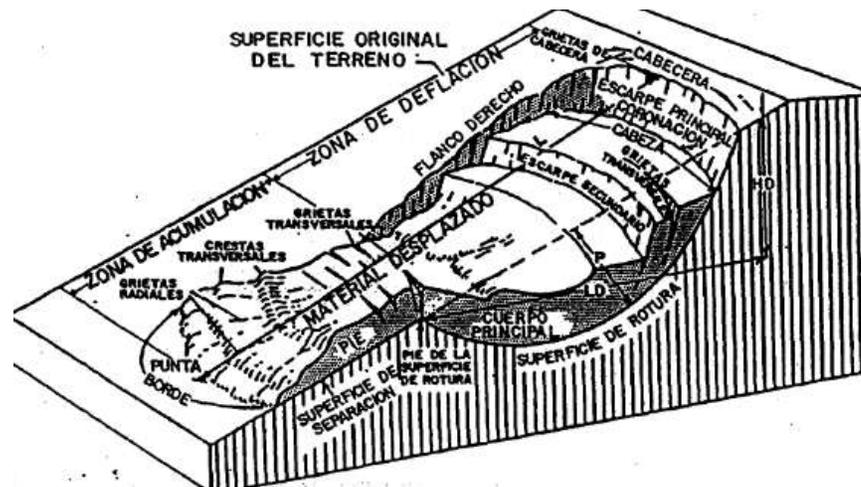
Los deslizamientos que tienen lugar en materiales tipo suelo se pueden clasificar en rotacionales, traslacionales, flujos, extensiones laterales, vuelcos, entre otros.

⁹ IGME (1987). "MANUAL DE TALUDES". Primera edición. Instituto Geológico y Minero de España. Páginas 11 a 38.

¹⁰ IGME (1987). "MANUAL DE TALUDES". Primera edición. Instituto Geológico y Minero de España. Páginas 11 a 38.

La morfología de un deslizamiento según Varnes (1978), puede esquematizarse de la siguiente manera (ver figura a continuación) en la cual se pueden distinguir las siguientes características; cabecera, escarpe principal coronación, grietas de tracción, cabeza, escarpe secundario, cuerpo principal, flancos, superficie de rotura, pie de la superficie de rotura, superficie de separación, pie, borde, punta, profundidad del deslizamiento H_d , distancia horizontal L_d , zona de deflación y acumulación.

Gráfica 5. Esquema de un deslizamiento rotacional Varnes (1978).



Fuente: "IGME. Manual de Taludes"

Escarpe principal: Superficie que se forma sobre el terreno no desplazado y la parte perimetral del deslizamiento.

Escarpe secundario: Superficie escarpada que se encuentra dentro del material desplazado, el cual es ocasionado por los desplazamientos diferenciales del deslizamiento.

Cabecera: Parte superior del material desplazado.

Corona: Punto más alto entre el material desplazado y el escarpe principal.

Pie de la superficie de rotura: Intersección entre la parte inferior de la superficie de rotura y la superficie original del terreno.

Borde del material deslizado: Parte del material desplazado más distante del escarpe principal.

Punta: Límite del material deslizado más distante de la coronación.

Cuerpo principal: Está conformada por el material que se deposita sobre la superficie de rotura.

Cabecera: Material que está en sitio junto a la parte superior del escarpe principal.

Superficie de rotura: Superficie en la cual se produjo el movimiento del terreno.

Superficie de separación: Separa el material natural del alterado.

Zona de deflación: Lugar en el cual el material se encuentra por debajo de la superficie original del terreno, en esta zona se encuentran los escarpes generados por el asentamiento del terreno.

Longitud del desplazamiento: Medida paralela al plano del talud, con longitud desde la corona hasta el borde.

Profundidad de la superficie de rotura: Medida tomada en forma ortogonal a la superficie original del talud.

Volumen de un deslizamiento: El volumen aproximado de un deslizamiento rotación en metros cúbicos se puede calcular con la siguiente expresión:

$$Vol_{DESLIZAMIENTO} = \left(\frac{1}{6}\pi D_R W_R L_R\right) F_{exp} \quad (EC-12)$$

En dónde;

D_R : Es la medida perpendicular desde la superficie original del talud hasta la superficie de deslizamiento.

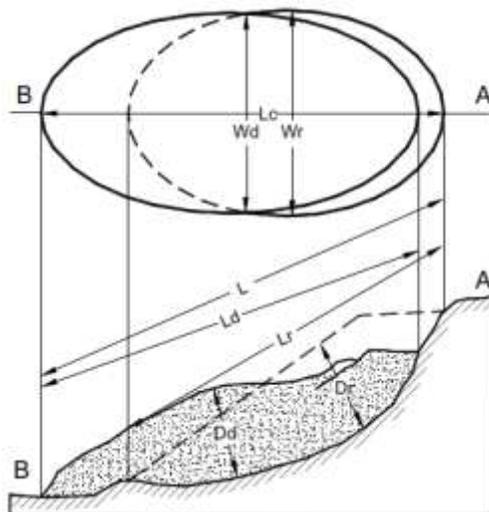
W_R : Es el máximo ancho entre flancos del deslizamiento.

L_R : Distancia desde el pie de la superficie de falla hasta la corona.

F_{exp} : Factor de expansión del suelo.

El volumen del material suelto aumenta con respecto al material en su estado natural, esto debido a la tendencia del material a dilatarse después de la falla. Las dimensiones de un deslizamiento se pueden apreciar en la siguiente figura

Gráfica 6. Dimensiones de los movimientos en masa según IAEG.

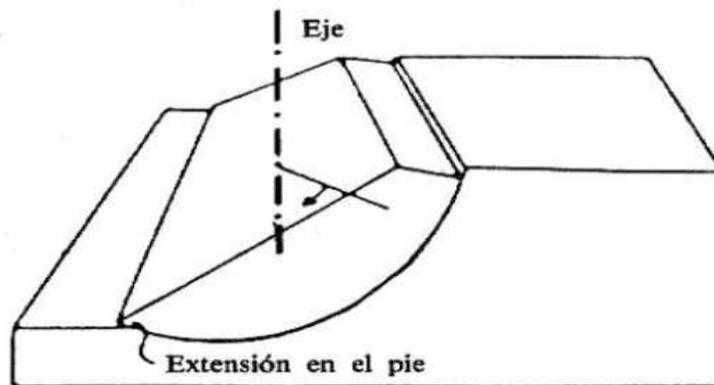


Fuente: Libro de deslizamientos Suarez, 2015.

Los valores para los factores de expansión entre 1.25 a 1.30, en el caso de roca puede ser hasta de un 70% ($F_{exp} = 1.70$), según (Suarez, 2015).

4.3.2 Deslizamiento Rotacional. Este tipo de mecanismo de falla se produce en el caso de materiales tipo suelo, macizos rocosos de muy baja calidad altamente alterados o meteorizados, en el cual la falla no sigue ninguna superficie de debilidad (plano de estratificación, discontinuidad) sino en su lugar sigue una trayectoria de menor resistencia a través de la masa. La falla se genera a lo largo de una superficie de deslizamiento interna, y esta presenta una geometría cóncava y curva, produciéndose un movimiento más o menos circular, el cual tiende a rotar con respecto a un eje que es paralelo a la cara del talud, tal y como se muestra en la siguiente figura

Gráfica 7. Esquema de un deslizamiento rotacional Varnes (1978).



Fuente: "IGME. Manual de Taludes".

Se puede demostrar que en suelos homogéneos la superficie de rotura es una espiral logarítmica y que, por tanto, se aproxima mucho a un círculo¹¹. La superficie de rotura según el tipo de material y la pendiente se pueden manifestar

¹¹ PEDRO RAMÍREZ (2004), "MECÁNICA DE ROCAS: FUNDAMENTOS E INGENIERÍA DE TALUDES". Red DESIR, Madrid. Páginas 383 a 391.

con frecuencia en tres zonas diferentes, esto es en la cara del talud, en el pie del talud y por debajo del pie del talud y en la base de este.

La morfología de este tipo de movimiento suele estar acompañada por una serie de grietas de tracción la cuales son concéntricas y cóncavas en dirección del movimiento, en la parte superior se evidencia la aparición del escarpe principal, el cual tiende a ser mayor altura a medida que la magnitud del movimiento se incrementa.

La velocidad de este movimiento está directamente relacionada con el grado de saturación, el tipo de material y la inclinación de la superficie de rotura, la velocidad de este tipo de movimiento es varía entre lenta a moderada.

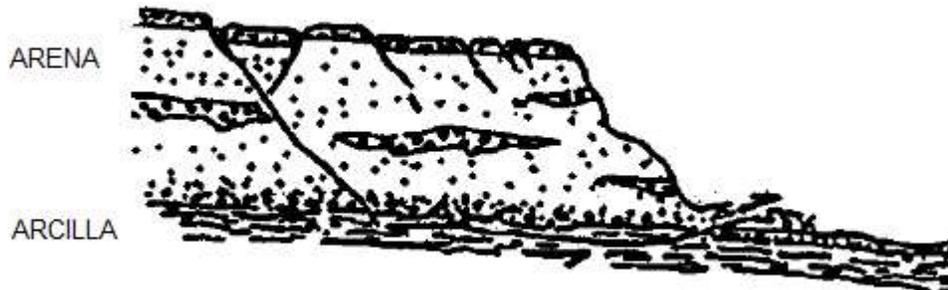
Este tipo de movimiento se caracteriza por tener una zona de deflación que es el lugar en donde se deprime el material alterado y en el cual queda reposando sobre la superficie de deslizamiento, esta región se encuentra entre el escarpe principal y el pie de la superficie de rotura. Por otra parte también hay una zona en donde se acumula el material desplazado y se denomina zona de acumulación en la cual el material aumenta de cota.

El límite entre estas dos regiones se puede evidenciar por medio de unas grietas de tracción transversales que aparecen en este lugar, justo sobre el pie de la superficie de rotura.

La relación entre la longitud y la profundidad $0.15 \leq D_R/L_R \leq 0.33$ para este tipo de movimiento.

4.3.3 Deslizamientos Traslacionales. En este tipo de movimiento la masa del suelo se desliza hacia afuera y hacia abajo, el material que se desplaza suele quedar sobre la superficie de deslizamiento, la cual se caracteriza por ser más o menos plana y ondulada. Este tipo de movimiento suele estar controlado por planos de estratificación en los cuales la resistencia al corte difiere. Los movimientos traslacionales generalmente tienen una relación D_R/L_R de menos de 0.1 (Suarez, 2015), y el progreso de estos movimientos tiene la tendencia a ser indefinidos, siempre que la inclinación de la superficie de deslizamiento sea lo suficiente inclinada como para superar la resistencia al corte, en la siguiente figura se muestra este tipo de deslizamiento.

Gráfica 8. Esquema de un deslizamiento traslacional en suelos.



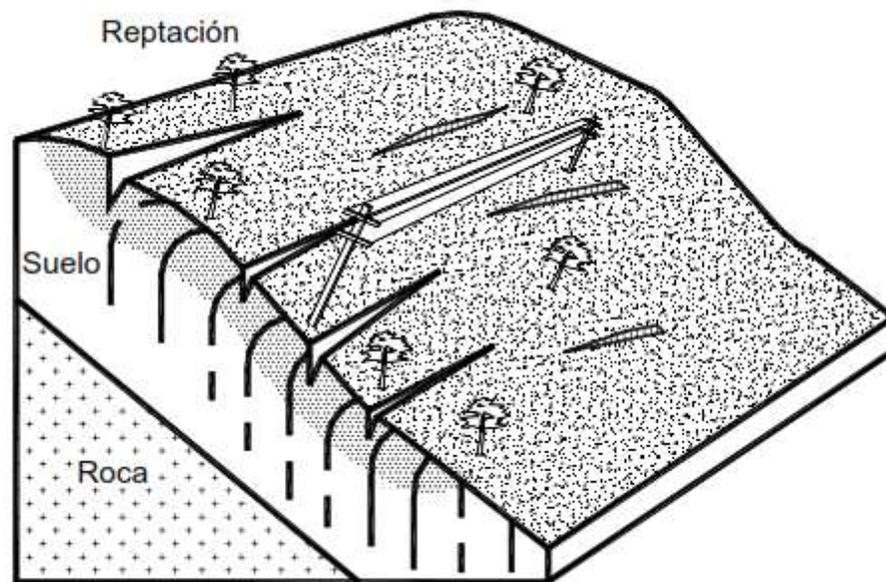
Fuente: "IGME. Manual de Taludes"

Usualmente en este tipo de movimientos tienen una velocidad que varía entre extremadamente rápido a extremadamente lento, esto dependiendo del tipo de material, planos de estratificación diaclasas y pendiente.

4.3.4 Reptaciones (CREEP). Este tipo de movimiento suele presentarse en laderas de baja a media pendiente, usualmente en depósitos de suelos arcillosos los cuales se alteran durante los ciclos de humedecimiento y secado. Este tipo de

movimientos suele caracterizarse por tener poca profundidad, pero en algunas ocasiones puede tener varios metros, sin embargo no cuentan con una superficie de falla definida, a continuación se esquematiza este tipo de movimiento en la siguiente figura (figura No.5), las velocidades de este tipo de movimiento suelen ser muy lentas, las cuales se consideran casi imperceptibles, las deformaciones en el terreno se perciben por troncos de árboles y arbustos encorvados, inclinación de postes de energía eléctrica y de cercas.

Gráfica 9. Movimiento de reptación.



Fuente: "Libro Deslizamientos Cap. 1 (Suarez, 2015)".

4.3.5 Flujos. Este tipo de movimientos se denomina flujo debido a la similitud que estos tienen con los fluidos viscosos. Esto es debido a que los materiales con características de suelo al saturarse tienden a la pérdida de resistencia al esfuerzo cortante producida por la pérdida de succión del material. Son movimientos que se

inician en materiales con porcentaje de finos superior al 50%, lo que al saturarse hace que estos se comporten como un material fluido.

El material que se desplaza y se comporta como flujo se encuentra separado por una ligera superficie en la cual hay una marcada diferencia entre la resistencia al corte entre los dos materiales. La velocidad de este tipo de movimientos suele ser alta, pero en algunas ocasiones se pueden presentar movimientos con una extrema lentitud. A continuación se presenta un esquema de este tipo de movimiento

Gráfica 10. Esquema típico de un flujo en suelos.



Fuente: "IGME. Manual de Taludes".

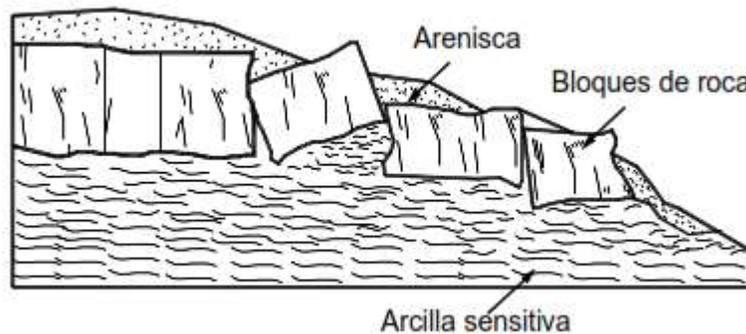
En materiales tipo suelo estos pueden llegar a tener el comportamiento neto de un fluido, cuando el grado de saturación es netamente elevado, llegando al punto de hablar de suelos suspendidos en agua (Suarez, 2015).

La morfología de este movimiento se encuentra caracterizada por iniciar en un movimiento de tipo rotacional o traslacional, es decir el movimiento se origina en la zona de deposición de materiales producto del deslizamiento, depósito en el cual se encuentra un material bastante alterado que al saturarse puede llegar a

comportarse como un fluido viscoso, el cual desciende por un canal principal hasta llegar a una zona de deposición la cual generalmente posee baja pendiente tiende a acumularse el material en forma de cono de eyección o de abanico.

4.3.6 Extensiones Laterales. El movimiento consiste en el desplazamiento lateral de materiales, los cuales están controlados por superficies de corte y grietas de tracción. La rotura que se presenta en el material generalmente es complicada, debido a que en este tipo de movimiento se pueden presentar una mezcla de movimientos de rotación, traslación, licuación y flujos. Una gráfica de la caracterización de este tipo de movimiento se presenta a continuación:

Gráfica 11. Extensión lateral: “Libro Deslizamientos Cap. 1 (Suarez, 2015)”.



Fuente: Suarez, 2015

El movimiento se origina sobre materiales de competencias diferentes, sin que se reconozca o exista una superficie basal neta de corte o se produzca un flujo plástico¹², propios de medios estratificados.

Sin embargo también se puede originar el movimiento de extensión, en el cual el material más competente se fractura debido a que el material sobre el cual reposa

¹² IGME (1987). “MANUAL DE TALUDES”. Primera edición. Instituto Geológico y Minero de España. Páginas 11 a 38.

puede ser sometido a licuación o a flujo plástico, como producto de este tipo de movimiento puede hacer que se presenten movimientos de traslación, rotación, licuación y subsidencia.

4.4 RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE

Para evaluar cualquier análisis relacionado con la estabilidad de la masa de suelo, tal como la presión lateral de tierra ejercida sobre un muro, la capacidad de carga para una cimentación, o análisis relacionados con la estabilidad de taludes, se debe tener una concepción clara sobre el esfuerzo cortante. El cual se define como la resistencia interna por área unitaria que la masa de suelo ofrece para resistir la falla y el deslizamiento a lo largo de cualquier plano dentro de él¹³. Los suelos saturados están compuestos por dos fases, una fase sólida representada por el esqueleto de suelo, y una fase líquida representada por el agua que ocupa el espacio entre las partículas del suelo.

Debido a la incapacidad del agua de resistir esfuerzos de corte, es claro que el esqueleto del suelo es quien proporciona la resistencia al esfuerzo cortante, la cual se genera entre los puntos de contacto de las partículas de suelo en donde se desarrolla una fuerza normal y una fuerza tangencial al área de contacto, La máxima tensión tangencial movilizable en un plano es mayor a medida que aumenta la tensión efectiva normal que actúa sobre dicho plano. Es decir el suelo es más resistente cuanto mayor es su nivel de tensiones efectivas.¹⁴

La resistencia al esfuerzo cortante en materiales geotécnicos es representada por medio de las teorías de Mohr-Coulomb (1900), la cual asume que la resistencia al

¹³ BARAHA M DAS (2001). "FUNDAMENTOS DE LA INGENIERIA GEOTECNICA". THOMSON LEARNING. Páginas 207 a 211.

¹⁴ LUIS I. GONZALEZ DE VALLEJO (2002.) "INGENIERIA GEOLOGICA". PEARSON PRENTICE HALL. Páginas 74 a 75

cortante varia de manera lineal, y los parámetros de cohesión y ángulo de fricción se suponen constantes.

4.4.1 Criterio De Falla De Mohr Coulomb (1900). El criterio de falla propuesto por Mohr y Coulomb es uno de los más empleados, y se basa en la ley de fricción de Amonton para el deslizamiento de dos superficies planas¹⁵, este relaciona el esfuerzo efectivo normal, y el esfuerzo cortante que actúan sobre cualquier plano del suelo y viene dado por la ecuación:

$$\tau = c' + (\sigma_n - \mu) \tan \phi' \quad (\text{EC-13})$$

En dónde;

τ : Resistencia al cortante del suelo.

c' : Cohesión efectiva.

μ : Presión de poros.

ϕ' : Ángulo de fricción.

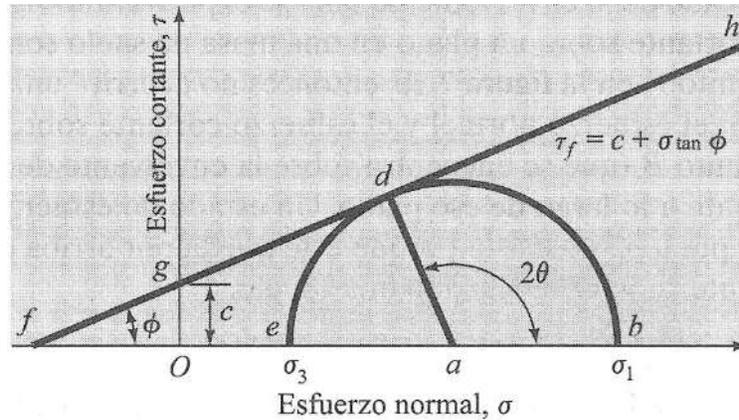
La cual representa una relación lineal entre el esfuerzo normal efectivo en un plano que pasa por el elemento de suelo y el máximo esfuerzo cortante que se puede movilizar en dicho plano. La falla en la masa de suelo es generada por una combinación crítica de esfuerzo normal y esfuerzo cortante¹⁶, y no debido a un máximo esfuerzo normal o esfuerzo de corte sobre el plano de falla.

La ecuación No.13 representa la envolvente de falla de Mohr-Coulomb, la cual se puede apreciar en la siguiente gráfica.

¹⁵ PETER L BERRY-DAVID REID. "MECANICA DE SUELOS" MC GRAWHILL, Página 181.

¹⁶ BARAHA M DAS (2001). "FUNDAMENTOS DE LA INGENIERIA GEOTECNICA". THOMSON LEARNING. Páginas 207 a 211.

Gráfica 12. Envolvente de falla de Mohr-Coulomb.



Fuente Barahá M Das (2001). "Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica"

El punto d en la gráfica representa el estado de rotura, para el cual existe una relación de esfuerzo efectivo normal y esfuerzo cortante que generan la falla en la masa de suelo. Una combinación menor de esfuerzos que se localice por debajo de la envolvente de falla no produce la falla ya que para estos valores de esfuerzo efectivo se genera un esfuerzo cortante que no produce la falla.

Para una combinación de esfuerzo efectivo y cortante que se localice por encima de la envolvente de falla, representan un estado de tensiones que superan los máximos valores de σ' y τ' , para esta combinación de esfuerzos el suelo ya habrá fallado.

El plano de falla forma un ángulo θ con el plano principal mayor, el cual está representado en la figura No.1 como la línea ab , el valor de este ángulo se puede encontrar con la siguiente expresión:

$$\theta = 45 + \frac{\phi'}{2} \text{ (EC-14)}$$

El criterio de falla de Mohr-Coulomb, puede expresarse en función de los esfuerzos principales mayor y menor, como sigue:

$$\sigma_1 = \sigma_3 \tan^2 \left(45 + \frac{\phi'}{2} \right) + 2c' \left(45 + \frac{\phi'}{2} \right) \text{ (EC-15)}$$

En dónde;

σ_1 : Esfuerzo principal mayor.

σ_3 : Esfuerzo principal menor.

La ecuación de Coulomb está en función de sus parámetros principales, ángulo de fricción y cohesión, los cuales están íntimamente ligados a las características propias de cada suelo y se definen a continuación:

Cohesión: Representa la máxima resistencia al esfuerzo cortante en el plano de suelo en el cual el esfuerzo normal efectivo es cero. La cohesión es una medida de la cementación o adherencia entre las partículas del suelo¹⁷, para suelos en los cuales no se tiene adherencia entre las partículas (suelos granulares $c = 0$), el valor de c para arena y el limo inorgánico es 0. Para arcillas normalmente consolidadas, c se considera igual a 0. Las arcillas sobreconsolidadas tienen valores de c que son mayores que 0¹⁸.

Ángulo de fricción: El ángulo de fricción ϕ , es otra propiedad intrínseca del suelo, y este depende de la forma de las partículas, del tamaño, de la fábrica, de la presión de confinamiento, entre otros. A mayor presión de confinamiento las partículas del suelo tienden a encajar en los espacios vacíos lo cual produce un aumento en la densidad del suelo y con esta un incremento en el ángulo de fricción, pero si esta

¹⁷ JAIME SUAREZ (2015). "DESLIZAMIENTOS, ANALISIS GEOTECNICO Vol.1". Páginas 75 a 124.

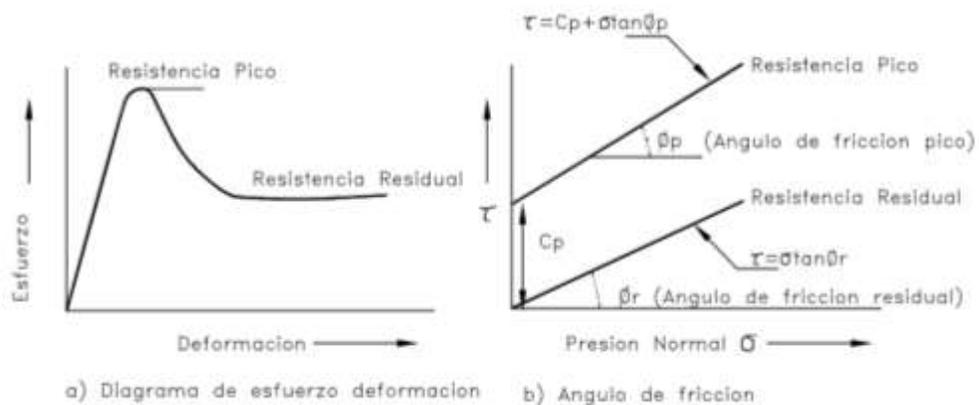
¹⁸ BARAHA M DAS (2001). "FUNDAMENTOS DE LA INGENIERIA GEOTECNICA". THOMSON LEARNING. Páginas 207 a 211.

presión de confinamiento continua aumentando esta tiende a romper las partículas del suelo y por ende se genera una pérdida de fricción. Para arcillas normalmente consolidadas, el ángulo de fricción varía entre 20° y 30° . Para arcillas preconsolidadas la magnitud de ϕ decrece (DAS 2001).

4.4.2 Resistencia pico y resistencia residual. La resistencia pico es la máxima resistencia al esfuerzo cortante que posee una masa de suelo antes de la falla, en la cual no se ha producido la falla con anterioridad.

La resistencia residual corresponde al valor del esfuerzo cortante que queda después de que se ha producido la falla (ver gráfica No.13).

Gráfica 13. Resistencia pico y resistencia residual.



Fuente Jaime Suarez (2009). "Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales".

La resistencia residual en los suelos cohesivos se debe tener en cuenta cuando existe una superficie previa de corte donde han ocurrido desplazamientos en el pasado y en suelos licuables, expuestos a sismos de gran magnitud Suarez (2015).

Cuando se produce la falla se genera una pérdida de resistencia, la cual corresponde a pérdida de adherencia entre las partículas del suelo, (pérdida de cohesión). El ángulo de fricción después de la falla tiene una reducción que no es tan significativa (ver imagen No.13), ya que en alguna manera conservan valores similares.

4.5 PRESIÓN DE POROS μ

El suelo está constituido por un sistema de fases múltiples, en la cual el esqueleto de suelo representa la fase sólida, los vacíos están ocupados por agua y aire. El agua que ocupa los espacios entre partículas de suelo es considerado como un espacio continuo y en estos vacíos ocupados por agua se produce la presión de poros, la cual tiende a separar los granos del suelo, reduciendo los esfuerzos normales entre partículas, y de esta manera también la resistencia al corte. Si el agua en el suelo no está en movimiento, la altura del agua genera un fenómeno de presión hidrostática¹⁹, en donde:

$$\mu = \gamma_w z_w \text{ (EC-16)}$$

γ_w : Peso unitario del agua.

z_w : Profundidad vertical del punto, debajo del nivel de agua freática.

Cuando el agua está en movimiento dentro del suelo, se pueden generar incrementos de presiones, en los cuales es necesario calcular la carga hidrostática h_w . En este caso μ se calcula (Suarez, 2015) como sigue:

$$\mu = \gamma_w h_w \cos^2 \alpha \text{ (EC-17)}$$

¹⁹ JAIME SUAREZ (2015). "DESLIZAMIENTOS, ANALISIS GEOTECNICO Vol.1". Páginas 75 a 124.

En donde α , representa la inclinación del nivel freático con la horizontal.

4.6 ESFUERZO EFECTIVO σ'

El principio de esfuerzo efectivo fue postulado por (Terzaghi, 1923), y describe el comportamiento de un suelo saturado en el cual hay dos fases, la fase sólida representada por el esqueleto del suelo y los vacíos del suelo los cuales están ocupados totalmente por agua. Cuando un suelo es sometido a la acción de una carga, esta generara en el suelo un incremento de esfuerzo. El cual es recibido una parte por el esqueleto de suelo, y la otra por la presión intersticial de poros la cual se distribuye en todas direcciones y es igual en intensidad. Como el agua no es capaz de tolerar esfuerzos de corte, entonces con el tiempo la presión de poros es disipada y el esfuerzo producido por la sobrecarga entonces es asumido exclusivamente por el esqueleto de suelo.

$$\sigma' = \sigma - \mu \text{ (EC-18)}$$

En la cual, σ' representa el esfuerzo efectivo en la masa de suelo. Es la componente vertical de las fuerzas en puntos de contacto de sólido con sólido sobre un área de sección transversal unitaria²⁰.

Las variaciones de esfuerzo efectivo producen cambios apreciables en la masa de suelo, tales como variaciones de volumen, acomodación del esqueleto de suelo, cambios en la relación de vacíos, y cambios en la densidad y resistencia al corte.

²⁰ BARAHA M DAS (2012). "FUNDAMENTOS DE LA INGENIERIA DE CIMENTACIONES". Séptima edición CENGAGE LEARNING. Páginas 30 a 32.

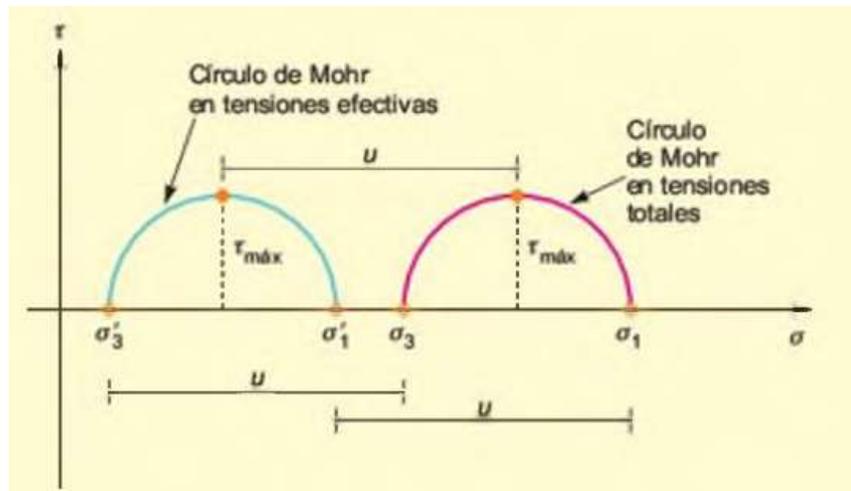
Si en un suelo saturado no se produce cambio de volumen ni distorsión, es porque sus tensiones efectivas no han variado²¹.

4.7 ESFUERZO TOTAL σ

Es la suma de esfuerzo efectivo transmitido en los puntos de contacto entre partículas, y la presión neutra generada por el agua que ocupa los vacíos del suelo.

$$\sigma = \sigma' + u \quad (\text{EC-19})$$

Gráfica 14. Gráfica comparativa esfuerzo cortante vs Esfuerzos totales esfuerzos efectivos.



Fuente: LUIS I GONZALEZ (2002). "Ingeniería Geológica".

Tal y como se puede percibir en la figura anterior, la magnitud del esfuerzo cortante es igual para esfuerzos efectivos y esfuerzos totales, esto se debe a que

²¹ LUIS I. GONZALEZ DE VALLEJO (2002.) "INGENIERIA GEOLOGICA". PEARSON PRENTICE HALL. Páginas 39 a 42.

el agua no es capaz de resistir esfuerzos de corte, de forma tal que los esfuerzos de corte en un suelo saturado son tomados por el esqueleto del suelo. El máximo valor del esfuerzo cortante está representado por el radio del círculo de Mohr, el cual se expresa como sigue:

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \quad (\text{EC-20})$$

En donde el esfuerzo cortante está representado por los esfuerzos principales actuando sobre un plano (esfuerzo plano) los cuales actúan sobre los planos principales y están orientados en una forma tal que sobre estos planos no existe esfuerzo tangencial, ellos representan los esfuerzos totales principales del círculo de Mohr. Sin embargo el círculo de Mohr de la izquierda en la figura, representa los esfuerzos efectivos, a los cuales se les resta la presión de poros tal y como se expresa en el postulado de Terzaghi;

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{\sigma'_1 - \sigma'_3}{2}$$

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{[(\sigma_1 - \mu) - (\sigma_3 - \mu)]}{2}$$

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \quad (\text{EC-21})$$

De esta forma se aprecia que el esfuerzo cortante máximo es el mismo tanto para el esfuerzo efectivo como para los esfuerzos totales.

4.8 RELACIÓN DE ESFUERZO TOTAL, EFECTIVO Y PRESIÓN DE POROS EN SUELOS SATURADOS SOMETIDOS A SOBRECARGA

Cuando un suelo saturado es sometido a la aplicación de una carga, se genera un incremento de esfuerzo total, y este a su vez se traduce en un incremento de la

presión de poros y esfuerzo efectivo como respuesta a la sollicitación se esta carga. La carga aplicada sobre el suelo saturado genera un cambio en las tensiones del suelo, las cuales estaban en equilibrio, razón por la cual se produce una redistribución de esfuerzos, en una zona de influencia cercana a la aplicación de la carga, de conformidad con el postulado de Terzaghi, se tiene entonces:

$\sigma_0 = \sigma'_0 + \mu_0$ Condiciones iniciales, antes de la aplicación de la carga.

$\sigma_0 + \Delta\sigma = (\sigma'_0 + \Delta\sigma') + (\mu_0 + \Delta\mu)$ Inmediatamente después de aplicada la carga.

La aplicación de la carga genera entonces un incremento de esfuerzo en el suelo cercano, y se puede expresar de la siguiente forma:

$$\Delta\sigma = \Delta\sigma' + \Delta\mu \quad (\text{EC-22})$$

Únicamente en la zona de influencia se manifiesta este incremento de esfuerzos, el cual en el momento inmediatamente siguiente a la aplicación de la carga se traduce en aumento de la presión de poros, la cual hace que se cause un flujo de la zona de influencia de la carga al suelo circundante en el cual la presión de poros continua en sus condiciones iniciales. Este efecto continúa hasta que el exceso de presión de poros es disipado por el flujo de agua al exterior de la zona de dominio. A medida que la presión de poros en exceso decrece, se genera un incremento de la presión efectiva, hasta el punto en el cual la presión intersticial en exceso es disipada y el incremento de esfuerzo producido por la carga es asumido en su totalidad por el incremento de esfuerzo efectivo.

La rapidez con la que ocurre este fenómeno depende directamente de la permeabilidad del suelo, y como consecuencia se producen cambios de volumen en la masa de suelo. En suelos granulares la reducción del volumen ocurre de manera simultánea con la aplicación de la carga, mientras que en suelos

cohesivos la permeabilidad es mucho más baja, motivo por el cual este proceso se hace más lento.

Cuando un suelo se carga rápidamente de manera tal que la velocidad con la que se carga el suelo sea mayor que la velocidad con la que el suelo es capaz de drenar el exceso de presión de poros, si esta sobrecarga genera la falla se dice entonces que se genera una “condición no drenada”. En la condición drenada el volumen de suelo no varía²², y el análisis de cargas se hace teniendo en cuenta los esfuerzos totales.

El proceso contrario a este, en el cual la sobrecarga no produce un incremento de presión de poros debido a que el drenaje del suelo es más rápido que la velocidad con la que la cual el suelo es cargado, no se genera entonces exceso de presión intersticial, esta situación se define como “condición drenada”, el análisis de esta situación se debe realizar en términos de esfuerzos efectivos. La condición drenada se presenta cuando la carga ha sido aplicada por un periodo suficiente de tiempo, de tal forma, que el suelo ya ha sido drenado (Suarez, 2015).

El suelo muestra variaciones en la resistencia al cortante dependiendo de las condiciones de drenaje, ya que a medida que el suelo drena y disipa el exceso de presión intersticial se genera un incremento de esfuerzo efectivo, el cual a su vez produce variaciones en la resistencia al corte del suelo.

4.9 ENSAYO DE CORTE DIRECTO

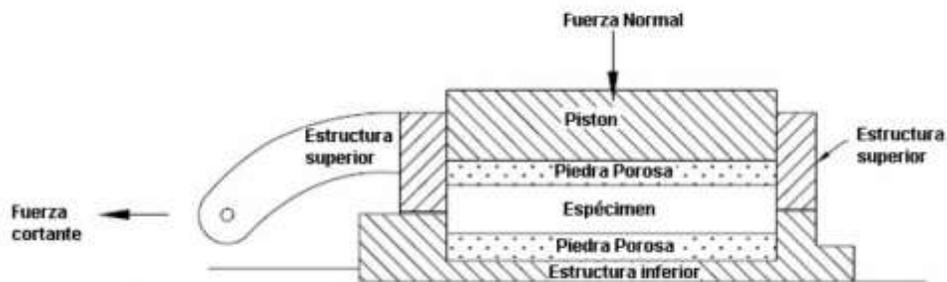
El ensayo de corte directo es útil para determinar la resistencia al cortante en suelos granulares, ya que estos debido a sus cualidades para disipar los excesos

²² LUIS I. GONZALEZ DE VALLEJO (2002.) “INGENIERIA GEOLOGICA”. PEARSON PRENTICE HALL. Páginas 50 a 54.

de presión de poros fallan en condiciones drenadas. Este ensayo consiste en fallar una muestra de suelo, la cual se deposita en un recipiente metálico de corte que puede tener forma cuadrada o circular (ver gráfica No.15). La caja está dividida en dos partes para inducir la superficie de corte. A la muestra se le aplica una fuerza normal en la parte superior de la caja de corte (esfuerzo normal), el esfuerzo cortante es aplicado induciendo una fuerza horizontal a una de las mitades de la caja y dejando que esta parte se desplace con respecto de la otra (extremo fijo).

El ensayo puede ser controlado por deformación unitaria, o por esfuerzo. Cuando el ensayo es controlado por deformación unitaria este permite estimar valores para la resistencia última y la resistencia al esfuerzo cortante residual. En tanto cuando el ensayo es controlado por esfuerzo, este proporciona un valor aproximado de la resistencia pico, ya que para llevar el suelo a la falla se hace incrementado las cargas de manera cíclica, y entre la acción de una carga y la siguiente se produce la falla.

Gráfica 15. Esquema de máquina de corte directo.



Fuente: Norma INV E-154-07.

Una de las limitantes del ensayo de corte directo se presenta en la dificultad que se tiene para controlar las condiciones de drenaje. Aunque se presenta este

problema, también se pueden realizar ensayos de corte directo en suelos arcillosos. Una prueba que se puede realizar es la de resistencia drenada, primero se consolida por completo la muestra bajo la carga normal y luego se corta la muestra a una velocidad lo suficientemente lenta para asegurarse de la disipación inmediata del exceso de presión intersticial que se produce durante el corte; de este modo $\mu = 0$ durante el proceso de corte²³. También se puede fallar la muestra cargándola en forma rápida (es decir a una velocidad mayor que la que tarda el suelo en drenar), pero existe la inseguridad si el ensayo realmente sucedió en condiciones no drenadas, esto debido a la incapacidad del equipo para controlar el drenaje de la muestra. Para este tipo de ensayo es preferible emplear el equipo triaxial, el cual tiene la capacidad de controlar el drenaje de la muestra.

El esfuerzo cortante y el esfuerzo normal en la falla se pueden obtener con la ayuda de las siguientes expresiones:

$$\tau = \frac{R}{A} \quad (\text{EC-23})$$

$$\sigma' = \frac{N}{A} \quad (\text{EC-24})$$

En la cual;

A: Área de falla, área de la sección transversal de la caja de corte.

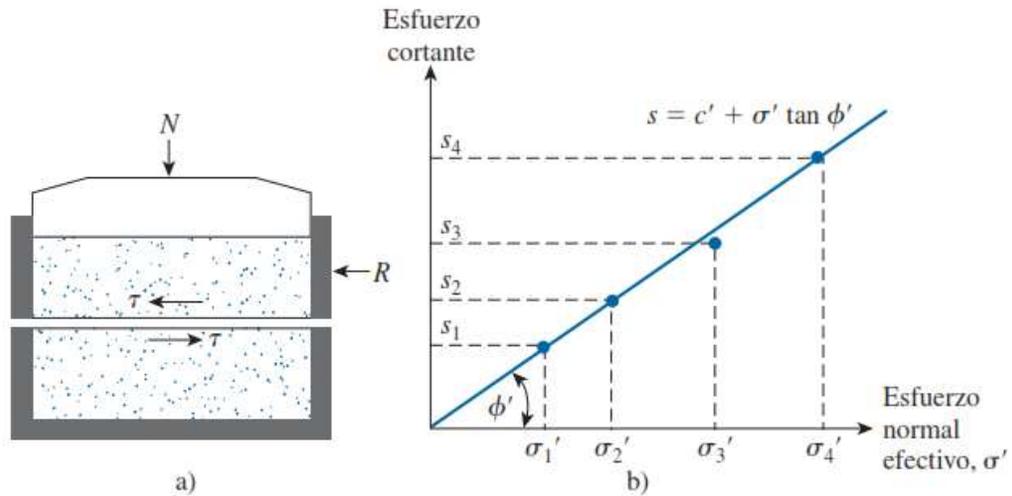
N: Fuerza normal aplicada a la parte superior de la muestra.

R: Fuerza de corte aplicada a la muestra.

La envolvente de falla en la prueba de corte directo se obtiene aplicando diferentes valores de esfuerzo normal, y obteniendo los correspondientes valores de esfuerzo cortante, en muestras de suelo similares, con los cuales se obtiene la siguiente gráfica:

²³ PETER L BERRY-DAVID REID. "MECANICA DE SUELOS" MC GRAWHILL, Página 182 a 186.

Gráfica 16. Gráfica de esfuerzo efectivo vs esfuerzo cortante.



Fuente Barahá M Das (2012). “Fundamentos de la Ingeniería de Cimentaciones 7ª edición”.

La cual representa la envolvente de falla, en donde están representados los parámetros del suelo. La envolvente de falla queda representada por la ecuación No. 1. Nótese que $\sigma' = \sigma$, y el ángulo de fricción queda representado por esta expresión, como sigue:

$$\phi' = \tan^{-1} \frac{\tau_f}{\sigma} \quad (\text{EC-25})$$

En la cual τ_f representa el esfuerzo cortante en la falla para el respectivo esfuerzo normal.

El ángulo de fricción obtenido en una prueba de corte directo drenado en arena saturada será la misma que para un espécimen similar de arena seca²⁴, para arenas y arcilla normalmente consolidada el valor de cohesión $c' = 0$, pero para

²⁴ BARAHA M DAS (2001). “FUNDAMENTOS DE LA INGENIERIA GEOTECNICA”. THOMSON LEARNING. Páginas 212 a 215.

arcillas preconsolidadas y arenas cementadas en sitio la cohesión es diferente de cero.

4.9.1 Ensayo de corte directo en arenas sueltas. En arenas sueltas se aprecia una disminución del volumen a medida que se aplica el corte, esto debido a un reacomodo de las partículas en el plano de falla, las cuales tienden a ocupar los espacios vacíos, hasta obtenerse una configuración más densa. Para deformaciones unitarias mayores al 20% la muestra se corta a volumen constante con un valor constante del esfuerzo cortante “estado de relación de vacíos crítica”. La falla ocurre para valores de deformación unitaria que están entre 6% y el 12%.

4.9.2 Ensayo de corte directo en arenas densas. Caso contrario ocurre en arenas densas durante la aplicación de la fuerza de corte, en estas se presenta un fenómeno de “dilatancia” en el cual las partículas se reorientan montándose unas sobre las otras en un movimiento que se opone a la presión de confinamiento.

La resistencia al corte residual que se obtiene en una muestra de arena densa es similar a la resistencia máxima al corte para una arena suelta. La falla al corte en arenas densas se obtiene para valores de deformaciones unitarias que oscilan entre el 2% y el 4%.

4.9.3 Ensayo de corte directo drenado en arcilla preconsolidadas. Este tipo de arcillas poseen cohesión, la cual es equivalente al valor del intercepto de la envolvente de falla con el eje de ordenadas del esfuerzo cortante. Los valores de cohesión oscilan entre $5 \frac{Kn}{m^2} \leq c' \leq 30 \frac{Kn}{m^2}$.

En este tipo de arcillas se presenta una disminución de la resistencia pico a la resistencia residual, como resultado parcial de la dilatancia en el plano de falla, y

parcialmente también por el alineamiento horizontal de las partículas de arcilla²⁵. El ángulo de fricción varía entre $20^{\circ} \leq \phi' \leq 30^{\circ}$, con la tendencia a disminuir su valor cuando se incrementa el índice de plasticidad.

4.9.4 Ensayo de corte directo drenado en arcillas normalmente consolidadas.

La cohesión para este tipo de arcillas es cero. La pérdida de resistencia entre la resistencia pico y la resistencia residual se debe a la orientación de los minerales de arcilla los cuales en el momento de la falla se encuentran alineados con la superficie de falla lo que deriva en una pérdida de resistencia.

El ángulo de fricción tiende a variar entre $20^{\circ} \leq \phi' \leq 30^{\circ}$ al igual que para arcillas preconsolidadas.

4.10 ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE

Este tipo de ensayo es empleado para muestras de suelos cohesivos, y permite determinar la resistencia no drenada, la cual es similar a una prueba triaxial de resistencia no consolidada no drenada, en donde la presión de confinamiento $\sigma_3 = 0$, y el esfuerzo axial $\Delta\sigma$ se aplica a una muestra hasta producir la falla $\Delta\sigma = \Delta\sigma_f$. La muestra es cilíndrica con relación de altura igual al doble de su diámetro. El resultado está en función de esfuerzos totales:

Esfuerzo principal mayor: $\Delta\sigma_f = q_u$

Esfuerzo principal menor: $\sigma_3 = 0$

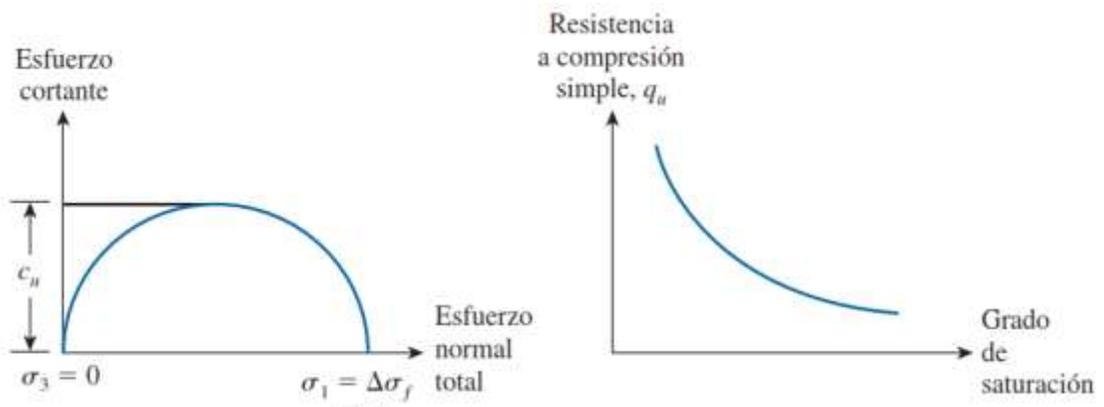
²⁵ PETER L BERRY-DAVID REID. "MECANICA DE SUELOS" MC GRAWHILL, Página 185.

Esfuerzo axial en el momento de la falla se denomina con frecuencia resistencia a la compresión simple q_u , con la cual se determina la resistencia cortante para arcillas saturadas:

$$s = c_u = \frac{q_u}{2} \quad (\text{EC-30})$$

La resistencia a la compresión simple, y por ende la resistencia al esfuerzo cortante se obtiene de la envolvente de falla que se muestra en la siguiente figura y para la cual $\phi = 0$.

Gráfica 17. Resistencia recorte no drenado.



Fuente Barahá M Das (2012). "Fundamentos de la Ingeniería de Cimentaciones 7ª edición".

Las pruebas de compresión simple sobre arcillas saturadas dan valores ligeramente menores de c_u que los obtenidos en pruebas no consolidadas no drenadas²⁶, la resistencia a la compresión simple se reduce cuando se incrementa el grado de saturación (ver gráfica No.17).

²⁶ BARAHA M DAS (2001). "FUNDAMENTOS DE LA INGENIERIA GEOTECNICA". THOMSON LEARNING. Páginas 234 a 236.

Esta prueba es útil para obtener un estimativo de la resistencia no drenada, y solo es aplicado a suelos en los cuales el drenaje sea demasiado lento (suelos cohesivos), para suelos que permiten disipar rápidamente la presión de poros este ensayo no tiene ningún tipo de utilidad, es decir ensayos en limos o arenas o materiales fisurados (Suarez, 2015). En la siguiente tabla se muestra la relación entre la consistencia y resistencia a la compresión simple de algunas arcillas (ver tabla No.1)

Tabla 1. Relación entre la consistencia y resistencia a la compresión simple de algunas arcillas

Consistencia	q_u (kN/m ²)
Muy blanda	0–25
Blanda	25–50
Media	50–100
Firme	100–200
Muy firme	200–400
Dura	> 400

Fuente Barahá M Das (2001). “FUNDAMENTOS DE LA INGENIERIA GEOTECNICA”.

4.11 ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT)

Se denomina de esta forma gracias a su sigla en inglés (Standard Penetration Test), este ensayo se realiza al interior de los sondeos o perforaciones con frecuencias variables, algunas veces entre cada uno con cincuenta, y cada cinco metros. Con esta prueba se obtiene **N** el cual representa el número de penetración estándar, o la resistencia a la penetración representada por el número de golpes que se requieren para hincar él toma muestras una longitud de treinta centímetros (dos tercios centrales). Con los valores de **N** y mediante el empleo de

correlaciones se pueden obtener valores como; el ángulo de fricción efectivo ϕ' , la cohesión efectiva c' , la capacidad de carga última Q_u , la densidad relativa, entre otros. También se obtiene una muestra alterada, la cual es empleada para la clasificación y propiedades índice del suelo.

Este ensayo se puede realizar en suelos granulares, cohesivos, y en algunas ocasiones en roca bastante alterada.

El equipo que se emplea para tomar las muestras consiste en una zapata de hincado en acero, un tubo bipartido longitudinalmente, y acople para barra de perforación, tal y como se muestra en la siguiente imagen

Imagen 1. Componentes de muestrador SPT.



Fuente Barahá M Das (2012). "Fundamentos de la Ingeniería de Cimentaciones 7ª edición".

Las dimensiones nominales de la zapata de hincado y el tubo bipartido se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 2. Dimensiones nominales de la zapata de hincado y el tubo bipartido.

<i>IMPLEMENTO</i>	<i>DIAMETRO INTERIOR [mm]</i>	<i>DIAMETRO EXTERIOR [mm]</i>	<i>LONGITUD [mm]</i>	<i>FUENTE</i>
ZAPATA DE HINCADO	34,93	50,08	76,20	(DAS, 2012)
ZAPATA DE HINCADO	36,00	50,00	75,00	(SUAREZ,2015)
ZAPATA DE HINCADO	34,90	50,80	76,20	(GONZALEZ, 1999)
TUBO BIPARTIDO	36,00	50,00	460,00	(SUAREZ,2015)
TUBO BIPARTIDO	34,90	50,80	450,00	(GONZALEZ, 1999)
TUBO BIPARTIDO	34,93	50,80	457,20	(DAS, 2012)

Fuente el Autor.

El procedimiento consiste en retirar el barraje de perforación, luego se introduce el equipo toma-muestras, el cual se instala por medio de un acople al varillaje de perforación. Este se debe hincar en el terreno una longitud de 60cm, contando el número de golpes para hincar él toma muestra 15cm, la hinca se hace por medio de un martillo de 63.5 Kg que se deja caer en forma libre desde una altura de 76 cm, el martillo golpea sobre un yunque, y el número de golpes del primer tramo (primeros quince cm) no es tenido en cuenta debido al material de la excavación que pueda haber quedado soportado en el fondo lo que genera distorsión. Se registra el número de golpes requeridos para una penetración del penetrómetro de tres intervalos de 152.4mm. El número de golpes para los dos intermedios

intervalos se suma para obtener el *número de penetración estándar*²⁷, los golpes correspondientes al último tramo de quince centímetros tampoco son tenidos en cuenta por la posible sobre compactación. Por lo tanto el valor de **N** corresponde a la suma del número de golpes de los tramos intermedios. En ocasiones, dada la alta resistencia del terreno, no se consigue el avance del toma muestras. En estos casos, el ensayo se suspende cuando se exceden 100 golpes para avanzar un tramo de 15 cm, y se considera rechazo²⁸. También se considera rechazo sí; (a) N es mayor de 50 golpes/15cm, (b) N es igual a 100 golpes/pie o (c) No hay avance luego de 10 golpes, (González, 1999).

Durante el desarrollo del procedimiento de la prueba hay factores que contribuyen con la variación de los resultados, entre los más notorios encontramos; la eficiencia del martillo, la longitud del varillaje y el diámetro del sondeo, el mecanismo de golpeo ya que este puede ser mecánico o manual, la limpieza y estabilidad de las paredes de la excavación, la forma en la cual se controla la altura de caída, la configuración del tipo de martillo, la presión de confinamiento en el toma-muestra la cual es una función de la presión efectiva. Estas variantes en el resultado se deben considerar ya que producen variaciones en la energía, motivo por el cual se deben realizar ajustes al N de campo. La eficiencia energética del martillo E_r , se puede expresar así:

$$E_r = \frac{\text{energía total del martinete al muestreador}}{\text{energía de entrada}} \times 100\%$$

Energía teórica de entrada: $Wh = (0.623)(0.76) = 0.474KN \cdot m$

En donde el peso del martillo $W = 0.623 KN$

La altura de caída del martillo $h = 0.76mm$

²⁷ BARAHA M DAS (2012). "FUNDAMENTOS DE LA INGENIERIA DE CIMENTACIONES". Séptima edición CENGAGE LEARNING. Páginas 77 a 89.

²⁸ LUIS I. GONZALEZ DE VALLEJO (2002.) "INGENIERIA GEOLOGICA". PEARSON PRENTICE HALL. Páginas 340 a 343.

El valor de la eficiencia energética del martillo puede tener variaciones entre $30\% \leq E_r \leq 90\%$, por lo que en la práctica en los Estados Unidos expresan el valor de N para una relación energética del 60%, es decir N_{60} debido a alteraciones sufridas en el suelo alrededor del toma-muestras (disipación de energía), y la energía de entrada empleada en el hincado

$$N_{60} = \frac{N n_H n_B n_S n_R}{60} \quad (\text{EC-31})$$

En la cual

N_{60} : Número de penetración estándar, corregido por las condiciones de campo

N : Número de penetración medio

n_H : Eficiencia del martillo [%]

n_B : Corrección por el diámetro de perforación

n_S : Corrección del muestreador

n_R : Corrección por longitud de la barra

Los factores n_H , n_B , n_S , n_R según Skempton (1986) se encuentran en la siguiente tabla.

Tabla 3. Factores n_H , n_B , n_S , n_R según Skempton.

Tabla 2.5 Variación de η_H, η_B, η_S , y η_R [E.C. (2.6)].			
1. Variación de η_H			
País	Tipo de martinete	Liberación del martinete	η_H [%]
Japón	Toroide	Caída libre	78
	Toroide	Cuerda y polea	67
Estados Unidos	De seguridad	Cuerda y polea	60
	Toroide	Cuerda y polea	45
Argentina	Toroide	Cuerda y polea	45
China	Toroide	Caída libre	60
	Toroide	Cuerda y polea	50
3. Variación de η_S			
Variable	η_S		
Muestreador estándar	1.0		
Con recubrimiento para arena y arcilla densas	0.8		
Con recubrimiento para arena suelta	0.9		
2. Variación de η_B			
Diámetro, mm		η_B	
60-120		1	
150		1.05	
200		1.15	
4. Variación de η_R			
Longitud de la barra, m		η_R	
> 10		1.0	
6-10		0.95	
4-6		0.85	
0-4		0.75	

Fuente Barahá M Das (2012). "Fundamentos de la Ingeniería de Cimentaciones 7ª edición".

Para Colombia se debe tomar, conservativamente, $E_r = 45\%$ (González, 1999). El valor de N debe corregirse como sigue

$$N_{crr} = NC_n n_1 n_2 n_3 n_4 \quad (\text{EC-32})$$

En donde

N_{crr} : valor del N corregido

N : valor del N de campo

C_n : factor de corrección por confinamiento efectivo

n_1 : factor de energía del martillo ($0.45 \leq n_1 \leq 1$)

n_2 : factor por longitud de varilla ($0.75 \leq n_2 \leq 1$)

n_3 : factor por revestimiento del toma muestras ($0.80 \leq n_3 \leq 1$)

n_4 : factor por diámetro de perforación (> 1 para $D > 5''$, $= 1.15$ para $D = 8''$)

En la literatura existen varias propuestas para obtener el valor del factor de corrección por confinamiento C_N , entre la cual podemos destacar por su sencillez la siguiente expresión propuesta por Liao y Whitman (1986).²⁹

$$C_N = \left[1 / \frac{p_a}{\sigma'_0} \right]^{1/2} \quad (\text{EC-33})$$

En donde:

p_a : Presión atmosférica ($\approx 100 \text{ KN}/\text{m}^2$)

σ'_0 : Presión de sobrecarga efectiva

También existen otras propuestas para obtener el valor de C_N , las cuales se relacionan a continuación:

Peck y colaboradores (1974)

²⁹ BARAHA M DAS (2012). "FUNDAMENTOS DE LA INGENIERIA DE CIMENTACIONES". Séptima edición CENGAGE LEARNING. Páginas 77 a 89.

$$C_N = 0.77 \log \left[\frac{20}{\frac{\sigma'_0}{p_a}} \right] \left(\text{para } \frac{\sigma'_0}{p_a} \geq 0.25 \right) \quad (\text{EC-34})$$

Seed y colaboradores (1975)

$$C_N = 1 - 1.25 \log \left(\frac{\sigma'_0}{p_a} \right) \quad (\text{EC-19})$$

4.11.1 Correlaciones para suelos arcillosos. Las pruebas de penetración estandar son de utilidad para obtener correlaciones con los valores obtenidos de N_{60} para suelos arcillosos. Hara y colaboradores (1971) obtubieron una relación para calcular la resistencia al corte no drenada de la arcilla c_u y N_{60} :

$$\frac{c_u}{p_a} = 0.29(N_{60})^{0.72} \quad (\text{EC-35})$$

p_a : Presión atmosférica ($\approx 100 \text{ KN}/\text{m}^2 \approx 2000 \text{ lb}/\text{in}^2$)

Szechy y Vargi (1978), lograron correlacionar la consistencia para las arcillas con la resistencia a la compresión simple q_u y el número de penetración estandar como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4. Consistencia para las arcillas con la resistencia a la compresión simple q_u y el número de penetración estandar.

Correlación aproximada entre IC, N_{60} y q_u .			
Número de penetración estandar, N_{60}	Consistencia	IC	Resistencia a la compresión simple, q_u (kN/m ²)
< 2	Muy blanda	< 0.5	< 25
2-8	Blanda	0.5-0.75	25-80
8-15	Media	0.75-1.0	80-150
15-30	Firme	1.0-1.5	150-400
> 30	Muy firme	> 1.5	> 400

Fuente: Barahá M Das (2012). "Fundamentos de la Ingeniería de Cimentaciones 7ª edición".

En donde IC reprecenta el índice de consistencia, el cual se puede expresar en la forma siguiente

$$IC = \frac{LL-w}{LL-LP} \quad (EC-36)$$

Donde

w : contenido natural de humedad

LL : límite líquido

LP : límite plástico

Mayne y Kemper (1988) proponen la siguiente ecuación para obtener la relación de sobre consolidación OCR . Con base en el análisis de regresión de 110 puntos de datos³⁰

$$OCR = 0.193 \left(\frac{N_{60}}{\sigma_0} \right)^{0.689} \quad (EC-37)$$

En la cual,

³⁰ BARAHA M DAS (2012). "FUNDAMENTOS DE LA INGENIERIA DE CIMENTACIONES". Séptima edición CENGAGE LEARNING. Páginas 77 a 89.

σ'_0 : Esfuerzo vertical efectivo en $\frac{MN}{m^2}$

Con base en los resultados de pruebas triaxiales no drenadas llevadas a cabo en arcillas insensitivas, Stroud (1974) sugirió que³¹

$$c_u = KN \quad (\text{EC-38})$$

En la cual;

K : Es una constante que varía entre los valores de $3.5 \frac{KN}{m^2} \leq K \leq 6.5 \frac{KN}{m^2}$

N : Número de penetración estándar obtenido en campo

Sin embargo el valor de K puede ser asumido como $4.4 \frac{KN}{m^2}$

Hara y otros (1971) proponen la siguiente ecuación para el cálculo de la resistencia al corte no drenada, en la cual $c_u \left[\frac{KN}{m^2} \right]$

$$c_u = 29N^{0.72} \quad (\text{EC-39})$$

4.11.2 Correlaciones para suelo granular. Para suelos granulares se debe tener en cuenta la alteración del valor de N que se produce por la presión efectiva de sobrecarga σ'_0 , a continuación se presentan una serie de ecuaciones para su cálculo (ver tabla que sigue), las cuales complementan las anteriormente descritas. El valor del número de penetración estándar corregido se puede obtener.

³¹ BARAHA M DAS (2002). "FUNDAMENTOS DE LA INGENIERIA GEOTECNICA". Séptima edición CENGAGE LEARNING. Página 258.

$$(N_1)_{60} = C_N N_{60} \quad (\text{EC-40})$$

Tabla 5. Relaciones empíricas para factor de corrección por confinamiento.

Relaciones empíricas para C_N (Nota: σ'_o está en kN/m^2).

<i>Fuente</i>	C_N
Liao y Whitman (1986)	$9.78 \sqrt{\frac{1}{\sigma'_o}}$
Skempton (1986)	$\frac{2}{1 + 0.01\sigma'_o}$
Seed <i>et al.</i> (1975)	$1 - 1.25 \log\left(\frac{\sigma'_o}{95.6}\right)$
Peck <i>et al.</i> (1974)	$0.77 \log\left(\frac{1912}{\sigma'_o}\right)$ para $\sigma'_o \geq 25 \text{ kN/m}^2$

Fuente Barahá M Das (2012). "Fundamentos de la Ingeniería de Geotécnica"

En donde

$(N_1)_{60}$: Valor de N_{60} corregido a un valor estándar de $\sigma'_o [100 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}]$

Los valores para N_{60} : Número de penetración estándar corregido para las condiciones de campo, se puede calcular con la ayuda de la siguiente expresión

$$N_{60} = \frac{N n_H n_B n_S n_R}{60} \quad (\text{EC-41})$$

En la cual

N : Número de penetración medio

n_H : Eficiencia del martinete (%)

n_B : Corrección por el diámetro de perforación

n_S : Corrección del muestreador

n_R : Corrección por longitud de la barra

Los valores de los factores anteriores se pueden apreciar en la tabla No.4.

A continuación se presentan algunas correlaciones para el cálculo del ángulo de fricción

Peck, Hanson & Thornburn (1974)

$$\phi' = 27.1 + 0.30N_{60} - 0.00054N_{60}^2 \quad (\text{EC-42})$$

Meyerhof, (1965)

$$\phi' = 23.7 + 0.57N_{60} - 0.0006N_{60}^2 \quad (\text{EC-43})$$

Schmertmann, (1975)

$$\phi' = \text{Tan}^{-1} \left[\frac{N_{60}}{12.2 + 20.3 \left(\frac{\sigma_0}{p_a} \right)} \right]^{0.34} \quad (\text{EC-44})$$

Hatanaka y Uchida, (1996)

$$\phi' = \sqrt{20(N_1)_{60}} + 20 \quad (\text{EC-45})$$

Kulhawy y Mayne, (1990) proponen la siguiente relación para calcular el módulo de elasticidad en suelos granulares

$$\frac{E_s}{p_a} = \alpha N_{60} \quad (\text{EC-46})$$

p_a : Presión atmosférica en las mismas unidades que E_s

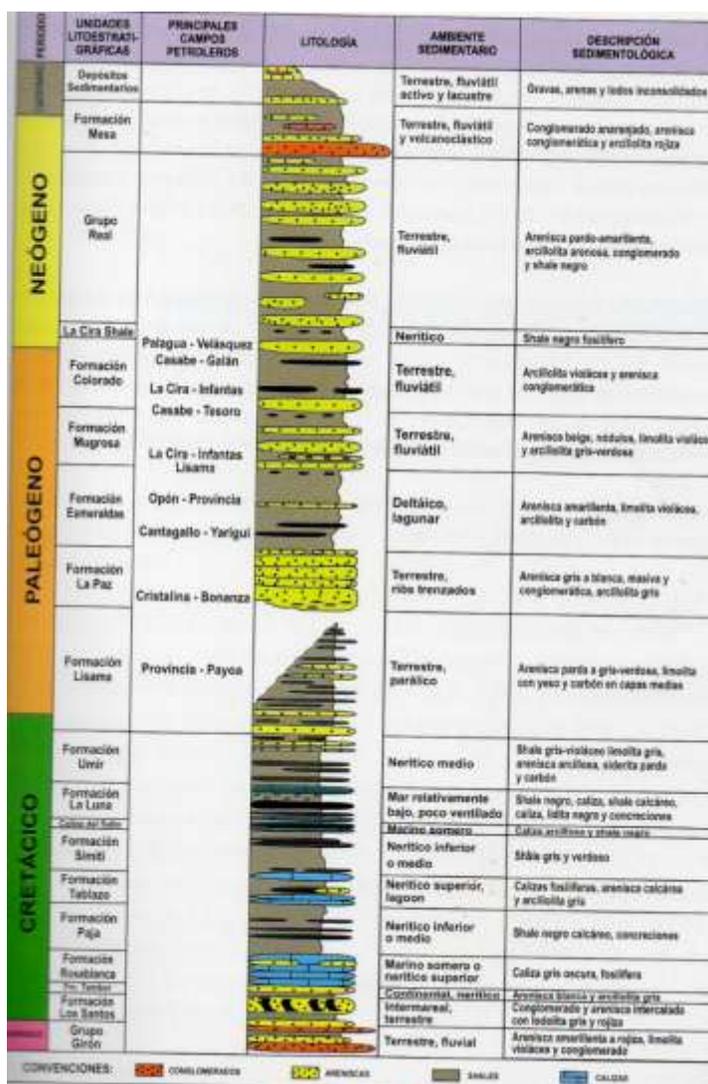
$$\alpha = \begin{cases} 5 & \text{para arenas con finos} \\ 10 & \text{para arena limpia normalmente consolidada} \\ 15 & \text{para arena limpia sobreconsolidada} \end{cases}$$

5. GEOLOGÍA REGIONAL

5.1 GEOLOGÍA DE BARRANCABERMEJA

Barrancabermeja se encuentra en el Valle del Magdalena Medio (VMM), el cual presenta la siguiente columna litológica

Gráfica 18. Columna litológica del Valle del Magdalena Medio.



Fuente: (Reyes y Flórez, 2016) Geología Urbana de Barrancabermeja.

De la cual se pueden resaltar las formaciones que corresponden al periodo cuaternario, neógeno y paleógeno, ya que en estos periodos se encuentran los principales grupos geológicos sobre las cuales se asienta Barrancabermeja. Entre los que podemos resaltar la Formación Colorado se encuentra entre la transición de los periodos Paleógeno y Neógeno, esta constituye la base que soporta las principales formaciones sobre las cuales se cimienta la ciudad y consiste en una serie alternante de areniscas, shales y conglomerados, tal y como se puede evidenciar en la figura anterior.

En el periodo Neógeno y Cuaternario se encuentran las principales formaciones (Formación Real, Formación Mesa) las cuales se pueden apreciar en canteras de explotación minera, cortes de taludes para locaciones petroleras, cortes viales, y en algunos afloramientos en laderas producto de la erosión o inclusive en barrancos contiguos a quebradas o inclusive en el río Magdalena.

En general en Barrancabermeja se encuentran depósitos no consolidados correspondientes al periodo Cuaternario, tales como depósitos de terraza aluvial, lagunares, y los depósitos correspondientes al Río Magdalena. También se evidencian algunos llenos antrópicos.

Según el Servicio Geológico Colombiano (SGC) plancha H-11 (Suescún et al., 1967) Barrancabermeja se encuentra sobre depósitos aluviales (Qal), y la Formación Real (Tmr).

Pero según (Reyes y Flórez, 2016) mencionan en su publicación “Geología Urbana de Barrancabermeja” que la ciudad se encuentra sobre las formaciones; Real y Mesa del periodo neógeno, y depósitos del cuaternario antes mencionados los cuales se describen a continuación:

- *Formación Real (Tmr)*: Son conglomerados superpuestos por capas de areniscas compactas, con intercalaciones de arcillolitas grises³². Según Gómez, (2015) las describe como arenitas líticas con intercalaciones de arcillolitas de color gris verdoso y conglomerados, las simboliza como n4n6-Sc. Sin embargo de acuerdo con Flórez, (2016) es una secuencia de rocas sedimentarias integrada por lodolitas y areniscas de grano fino, en matriz amarillenta, rojiza gris y verde, con xilópalos y restos carbonatados, las simboliza N1-Sr.
- *Formación Mesa (Tpm)*: El miembro inferior conglomerático está conformada por capas de conglomerados de guijos y gujarros redondeados de cuarzo lechoso, rosado y amarillo con diámetros entre diez y doce centímetros embebidos en una matriz arenosa, o clasto soportados, constituye la capa inferior que se encuentra en contacto con la formación Real. En la parte superior de esta formación se encuentra conformada por gránulos y areniscas conglomeráticas de colores amarillo, naranja o blanquecino, que constituyen capas lodosas con arenas y escasos lentes conglomeráticos³³. Reyes y Flórez (2016) proponen la siguiente denominación para el miembro inferior y superior de esta formación como sigue; N2Q1-Smc para el miembro inferior conglomerático, y N2Q1-Sml para el miembro superior lodoso arenoso.
- *Depósitos del Río Magdalena (Qrm)*: Son originados por el material transportado por el río, constan de arenas, gravar, limos, arcillas y arenas, presentan coloraciones en tonos grises, y pardos.
- *Depósitos lagunares (Qla)*: Se encuentran en ciénagas, humedales y bajos los cuales son alimentados por el río Magdalena en épocas de invierno cuando este

³² Alfaro (2000). "Microzonificación Sísmica Preliminar de Barrancabermeja". Instituto Geofísico Universidad Javeriana, Consultoría Colombiana. Páginas 12 a 13.

³³ Reyes y Flórez (2016). "Geología Urbana de Barrancabermeja". Mojica & Asociados Impresores s.a.s Bucaramanga 2016. Páginas 31 a 56.

aumenta su nivel. Están conformados por materiales finos como arcillas, limos y arenas finas e inclusive turbas vegetales.

- *Depósitos de terrazas aluviales (Qta)*: Son provenientes de la erosión de laderas y taludes de la Formación Mesa. Ocupan valles aluviales y laderas y están constituidos por materiales como limos, arenas y gravas con matriz arcillosa o limo arenoso y lentes de materia orgánica³⁴, con colores grises claros y oscuros proporcionados por minerales de arcilla (caolinita, illita, esméctica), pardos amarillosos rojizos producto de la meteorización de óxidos férricos (hematita, limonita y goetita³⁵).
- *Depósitos aluviales resientes (Qar)*: Provenientes de los conglomerados de la Formación Mesa, están constituidos por gravas, guijarros redondeados embebidos en matriz areno arcillosa.
- *Llenos de origen antrópico (Llen)*: Conformados por cortes y descapotés de la Formación Mesa, es una mezcla heterogénea de materiales granulares, escombros entre otros.

En síntesis los materiales geológicos que se encuentran en la ciudad de Barrancabermeja corresponden a las formaciones y depósitos descritos en los numerales anteriores, los cuales corresponden a materiales transportados por el Río Magdalena en algunos casos y otros son extra cuenca; es decir, que procedencia de sus sedimentos, sobre todos los gravosos, no tienen como fuente la cuenca sedimentaria del VMM, sino que pueden provenir de sectores ubicados mucho más al sur, tanto de la Cordillera Oriental (aportes sedimentarios) como de la Central (líticos ígneos), por la denudación del núcleo de los sinclinales sobre el

³⁴ Alfaro (2000). "Microzonificación Sísmica Preliminar de Barrancabermeja". Instituto Geofísico Universidad Javeriana, Consultoría Colombiana. Páginas 12 a 13.

³⁵ Reyes y Flórez (2016). "Geología Urbana de Barrancabermeja". Mojica & Asociados Impresores S.A.S Bucaramanga 2016. Páginas 31 a 56.

flanco oriental del VMM o posiblemente desde las cuencas de los ríos Gaulí, Guarinó, Purino o la Miel³⁶.

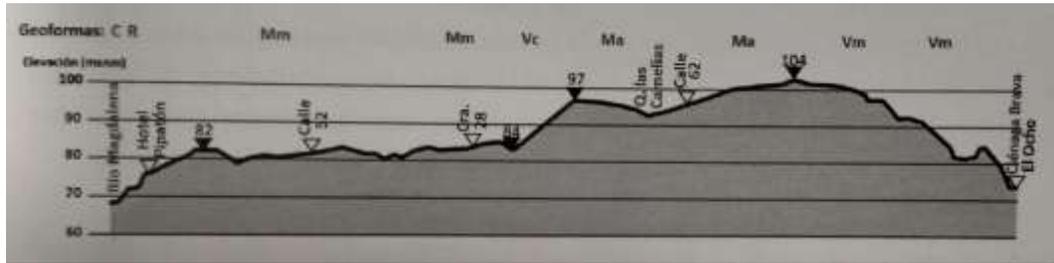
5.2 GEOMORFOLOGÍA DE BARRANCABERMEJA

Las principales características y aspectos de las geo-formas en el área urbana de Barrancabermeja se pueden obtener por medio de la utilización de fotografías aéreas, o por medio de imágenes satelitales de Google Earth, entre otros. Entre los trabajos de investigación en este campo se pueden resaltar los realizados por el IDEAM en 2001, o el estudio realizado de Microzonificación Sísmica Preliminar de Barrancabermeja en el 2000, y el más reciente de ellos el realizado por Reyes y Flórez en 2016 “Geología Urbana de Barrancabermeja”, documentos en los cuales se encuentra una descripción de la geomorfología de Barrancabermeja.

Según Reyes y Flórez (2016), la geomorfología en el área urbana de Barrancabermeja es el resultado de procesos endógenos (tectónicos, fallas y pliegues) y exógenos (procesos agradacional, denudacional), los cuales en conjunto generan las siguiente geomorfología; Cause principal-C-, Meseta Media-Mm-, Meseta Alta-Ma-, Laderas o Vertientes Corta-Vc-, Vertiente Media-Vm-, Ribera-R-, Ciénaga. Las cueles representan las principales geoformas encontradas en un corte (Figura No.4) realizado desde el Hotel Pipatón hasta la Ciénaga Brava en el sector del Ocho, este tiene una longitud de 7.5 Km y las elevaciones están entre 67 msnm hasta los 110 msnm.

³⁶ Reyes y Flórez (2016). “Geología Urbana de Barrancabermeja”. Mojica & Asociados Impresores s.a.s Bucaramanga 2016. Páginas 31 a 56.

Gráfica 19. Perfil geomorfológico del área urbana de Barrancabermeja.



Fuente: (Reyes y Flórez, 2016) Geología Urbana de Barrancabermeja.

Para Alfaro y Torres (2010), la clasificación geomorfológica se fundamentó en el sistema de clasificación fisiográfica del terreno (IGAC, 1992), en el cual presentan el resultado de las unidades geomorfológicas en la siguiente tabla:

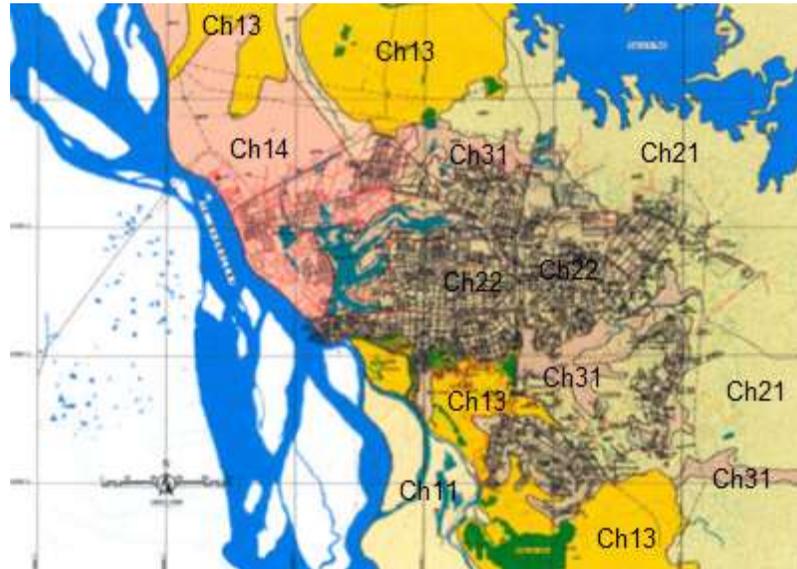
Tabla 6. Unidades Geomorfológicas de Barrancabermeja.

Provincia Fisiográfica	Unidad Climática	Gran Paisaje	Paisaje	Símbolo
Depresión del Magdalena	Cálido Húmedo	Planicie de Desborde del Río Magdalena	Plano de inundación	Ch11
			Dique	Ch12
			Basin	Ch13
			Terraza	Ch14
		Relieve Colinado Estructural Denudativo	Colinas en arcillolitas negras, macizas, areniscas friables, conglomerados y gravas	Ch21
			Colinas en conglomerados superpuestos por capas de areniscas compactas, con intercalaciones de arcillolitas grises y arenas finas a gruesas	Ch22
		Valle intercolinar	Ch31	

Fuente: (Alfaro y Torres, 2010) “Microzonificación Sísmica Preliminar de Barrancabermeja”.

La distribución de las geofomas se puede apreciar en la siguiente imagen (Gráfica No.37).

Gráfica 20. Geomorfología de Barrancabermeja.



Fuente: (Alfaro y Torres, 2010) "Microzonificación Sísmica Preliminar de Barrancabermeja". Instituto Geofísico Universidad Javeriana, Consultoría Colombiana.

En resumen las geoformas en Barrancabermeja son el resultado principalmente de dos factores, el primero de ellos es originado por la sedimentación de material de transportado por el Río Magdalena, y las quebradas y escorrentías, en un proceso de agradación. El segundo está relacionado con factores de meteorización, erosión y transporte de los materiales aportados por las formaciones Mesa, Real, principalmente en un proceso de denudación.

Los procesos erosivos son de tipo laminar o difusa y concentrada, principalmente en surcos, cárcavas, y hondonadas³⁷, a continuación se hace una breve descripción de cada una de las principales geoformas, las cuales están fundamentadas en el sistema morfogénético (*sensu* IDEAM-Universidad Nacional, 1996 y 1998)

³⁷ Reyes y Flórez (2016). "Geología Urbana de Barrancabermeja". Mojica & Asociados Impresores s.a.s Bucaramanga 2016. Páginas 57 a 64.

- *Cause principal (Frp)*: Curso actual del Río Magdalena, en algunos sectores tiene un ancho superior al kilómetro.
- *Llanura de inundación (Fi)*: Funciona como un amortiguador natural de los caudales de exceso transportados por río en el canal principal durante la época de crecidas, en general sus drenajes son bastante regulares, lo cual facilita la permanencia de agua, razón por la cual estas zonas permanecen inundadas la mayor parte del año. Tiene forma plano-cóncava y está compuesto por material limo-arcilloso y localmente con alto contenido de materia orgánica³⁸.
- *Llanura de inundación baja (Fib)*: Sirven como amortiguadores de aguas estacionales, se caracterizan por presentar niveles freáticos altos y pobres drenajes, lo que facilita su inundación.
- *Zona pantanosa llanura de inundación (Fip)*: Se caracterizan por tener pobres drenajes, lo que hace que la mayor parte del año permanezca inundado. En general están asociados con las partes más bajas de la llanura de inundación, con los bordes de ciénagas permanentes³⁹.
- *Ciénaga permanente (Fic)*: Poseen comunicación directa con el río, y permanecen con lámina de agua todo el año, son reguladores de los excesos de caudal del río, ya que en época de grandes crecidas captan los aguas de exceso, y durante la época de verano retornan las aguas captadas ayudando a regular y amortiguar el caudal del río. La unidad de la ciénaga permanente es de forma

³⁸ Martínez, Ceballos y Jaramillo R (2001). "Geomorfología y Susceptibilidad a la Inundación del Valle Fluvial del Río Magdalena" IDEAM 2001. Páginas 5 a 19.

³⁹ Martínez, Ceballos y Jaramillo R (2001). "Geomorfología y Susceptibilidad a la Inundación del Valle Fluvial del Río Magdalena" IDEAM 2001. Páginas 5 a 19.

cóncava y plano-cóncava, con fondos de arcilla y limos orgánicos⁴⁰, es la parte más baja de la llanura de inundación.

- *Dique natural (Fa)*: Esta geoforma favorece la aparición de ciénagas, y zonas inundables, tienen una forma alargada y convexa y están conformados por los materiales transportados por el río generalmente arenas finas y limos.
- *Terraza aluvial (Ft)*: Plataformas que poseen niveles superiores a la base original, los cuales se encuentra conformados por depósitos de materiales que pueden presentar algún grado de disección y están conformados por materiales de diferentes tamaños generalmente estratificados.
- *Colinas y lomeríos (Sc)*: Generalmente de formas curvas, cóncavas y convexas, con alturas medias y bajas que generan apariencias onduladas con pendientes suaves a fuertes, su génesis en general está asociada con bloques fallados y plegados que han sufrido disección fuerte y degradación⁴¹. Esta degradación relacionada con procesos de erosión, las cuales modifican el terreno transportando y acumulado materiales, formado surcos, cárcavas, hondonadas y valles intercolinarios, los cuales transportan materiales de erosión producto de la escorrentía superficial generada durante las precipitaciones produciendo depósitos de materiales recientes provenientes generalmente de la formación mesa.

⁴⁰ Martínez, Ceballos y Jaramillo R (2001). "Geomorfología y Susceptibilidad a la Inundación del Valle Fluvial del Río Magdalena" IDEAM 2001. Páginas 5 a 19.

⁴¹ Martínez, Ceballos y Jaramillo R (2001). "Geomorfología y Susceptibilidad a la Inundación del Valle Fluvial del Río Magdalena" IDEAM 2001. Páginas 5 a 19.

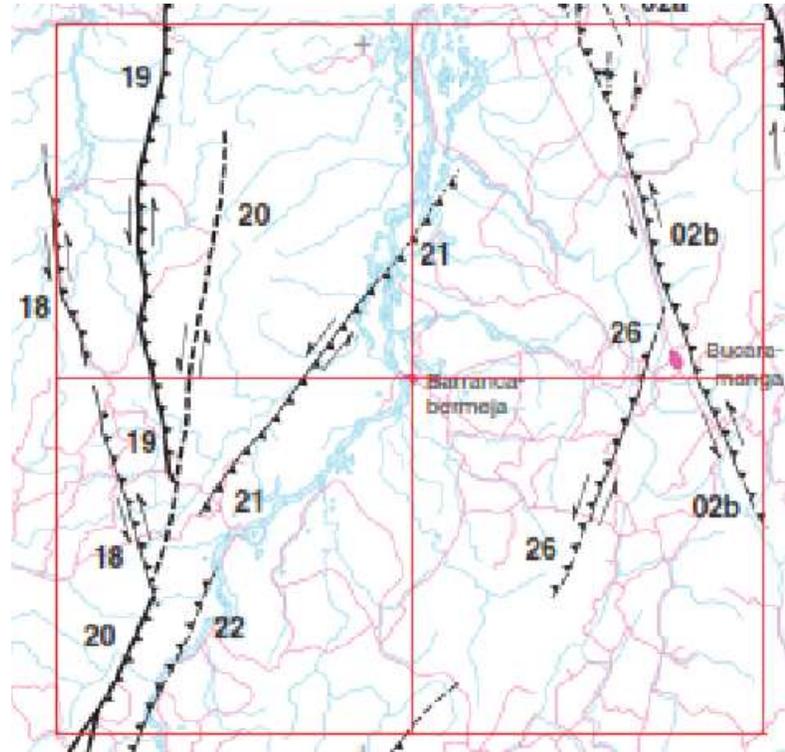
5.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

El municipio de Barrancabermeja se encuentra localizado en el Valle del Magdalena Medio (VMM) en inmediaciones de la cordillera central y oriental de Colombia, en latitud $7^{\circ}3'N$ y $73^{\circ}52'$, región que hace parte de la cuenca sedimentaria del río Magdalena, la cual está asociado a la acción de fuerzas tectónicas actuando sobre rocas sedimentarias, antiguas y recientes, de la edad cuaternaria y terciaria en las cuales se han producido plegamientos y fallas, en sus flancos de cordilleras.

Para la identificación de las principales fallas del cuaternario se empleó el mapa del servicio geológico de los Estados Unidos (USGS) "*Map of Quaternary Faults and Folds of Colombia and Its Offshore Regions*" en el cual se tiene en cuenta una región cuadrada de 2° por 2° con centro en el municipio de Barrancabermeja en donde se localizaron las principales fallas.

De esta revisión se encuentra que en el área señalada anteriormente se encuentran al oriente las fallas de; Co-02 falla Santa Marta Bucaramanga, Co-26 falla Suarez. En el costado occidental se encuentran las siguientes fallas; Co-18 falla de Otú Norte, Co-19 falla Bagre Norte, Co-20 falla Palestina, Co-21 falla Cimitarra, Co-22 falla Mulato Getudo, y al sur la falla Bituima la cual hace parte del sistema de fallas de las Salina, tal y como se muestran en la siguiente figura:

Gráfica 21. Fragmento del mapa geológico “Map of Quaternary Faults and Folds of Colombia and Its Offshore Regions” “Map of Quaternary Faults and Folds of Colombia and Its Offshore Regions”



Fuente USGS.

Al oriente se encuentran una serie de fallas de rumbo de movimiento sinistral, entre la cual se resalta la falla Santa Marta Bucaramanga con una longitud aproximada de 537 a 647 Km desde la costa Caribe hasta el sur de la ciudad de Bucaramanga en la cordillera oriental de Colombia, con un rumbo promedio de $19.1^{\circ} N W 23^{\circ}$, al occidente limita con el macizo de Santa Marta y separa la cuenca inferior de la cuenca del Magdalena desde la cuenca del Cesar y el macizo de Santander desde el VMM. Divide la parte norte de la cordillera oriental en dos regiones estructurales, levantando el bloque oriental compuesto por rocas cristalinas ígneas y metamórficas de la era Paleozoica y Precámbrica con menores cantidades de la era Jurásica con rocas sedimentarias del Terciario y

Triásico⁴². El bloque occidental desciende y en este predominan rocas sedimentarias del Cuaternario, la cual está parcialmente cubierta por depósitos del Cuaternario en el VMM.

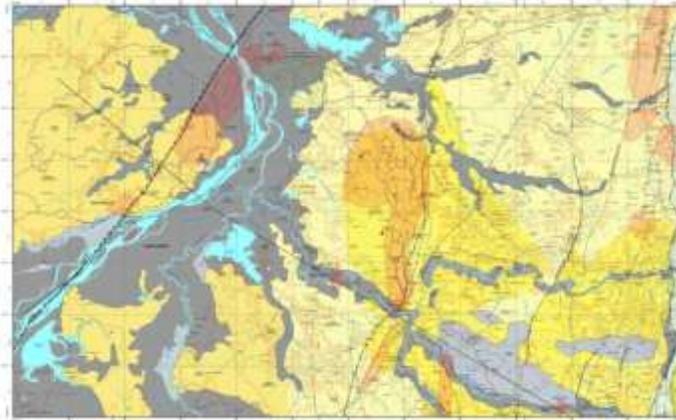
Al oriente la falla de Palestina se extiende desde el volcán Nevado del Ruiz al norte del departamento de Antioquia con dirección sur extendiéndose a lo largo de la ladera oriental de la cordillera central de Colombia, de la falla Palestina se ramifican las fallas del Bagre y Cimitarra. La Falla palestina se extiende una longitud aproximada de 430 Km, y se caracteriza por ser una falla de rumbo de movimiento sinistral con rumbo $17.8^{\circ} N E 11^{\circ}$ la cual conforma un bloque elevado al oriente y una superficie plana al occidente, formando bancos provenientes de depósitos de erosión de material del Mioceno, la falla posee escarpes, crestas de falla y desplaza corrientes en algunos sectores y en otros los obliga a seguir un curso lineal.

En el VMM es una cuenca que se encuentra entre la cordillera central y oriental de Colombia. En la región oriental, la falla de las Salinas eleva las rocas más viejas apartándolas de la cordillera oriental, al occidente una serie de fallas normales con movimiento dextral (falla de Cantagallo, Cimitarra, Casabe) lo limitan con la cordillera central. En general la zona presenta una serie de fallas de rumbo, inversas y pliegues anticlinales y sinclinales los cuales se pueden apreciar en la siguiente figura:

⁴² USGS (2000). "Map and Database of Quaternary Faults and Folds in Colombia and its Offshore Regions". Servicio geológico de los Estados Unidos. Páginas 9 a 10.

En el lugar de estudio se puede apreciar la siguiente morfología; lomas, lomeríos, laderas y terrazas, con pendientes que oscilan entre los 30° y 60°, orientadas en dirección nor-oriental sur-occidental, y nor-occidental sur-oriental (gráfica No. 41).

Gráfica 23. Muestra la cartografía de las unidades de los periodos paleógeno y neógeno formación mesa y grupo real.



Fuente: Ingeominas “cartografía geología y muestreo geoquímico escala 1:100.000 de la plancha 119-barrancabermeja”.

Gráfica 24. Talud Norte de la zona de estudio urbanización Tamarindos Club, conformado por areniscas conglomeráticas de color pardo amarillento, con guijos cuarzosos finos a gruesos, en matriz areno arcillosa, provistos con poca o nada de vegetación.

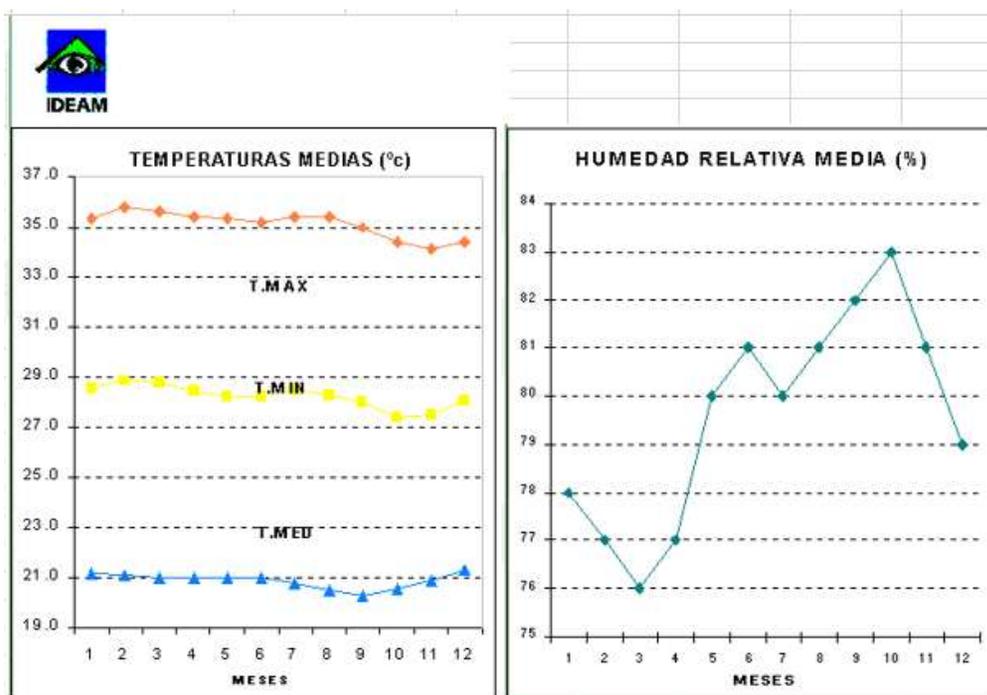


Fuente el autor.

6. CLIMATOLOGÍA DE BARRANCABERMEJA

Según la información suministrada por la estación climatológica del IDEAM, ubicada en el aeropuerto Yariguies de Barrancabermeja, la temperatura promedio oscila alrededor de los 28°, siendo los meses más caluroso en enero, julio y diciembre. La humedad relativa media varía entre 76% al 86%, tal y como se puede observar en la siguiente gráfica (ver gráfica No.25).

Gráfica 25. Tablas de temperaturas medias mes, y humedad relativa.

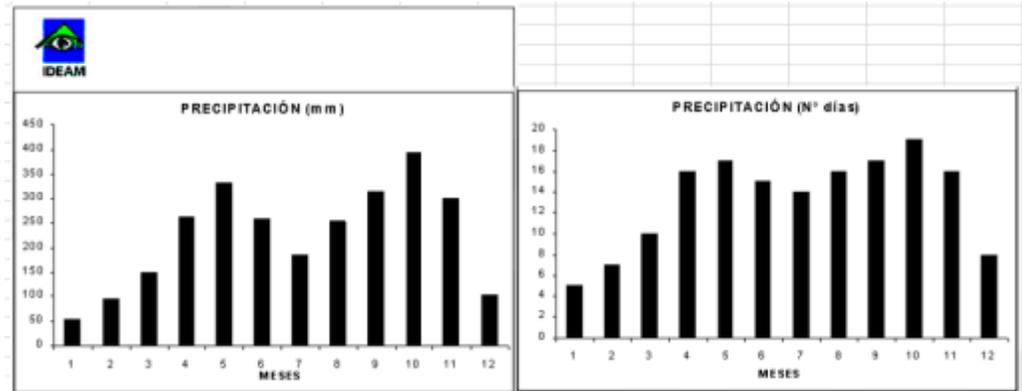


Fuente: Programa de meteorología aeronáutica del IDEAM.

De igual manera la precipitación media anual es de alrededor de 2900mm, siendo los meses con mayores precipitaciones los de abril, mayo, septiembre octubre y noviembre, tal y como se puede observar en el histograma de precipitación

mensual proveniente de la estación localizada en el aeropuerto Yariguies (gráfica No.38).

Gráfica 26. Tablas de precipitaciones media mes y día.



Fuente: Programa de meteorología aeronáutica del IDEAM.

7. ZONA DE AMENAZA SÍSMICA

De acuerdo con el mapa de amenaza sísmica de la norma de construcción sismo resistente NSR-10, el Municipio de Barrancabermeja se encuentra en una zona de amenaza sísmica intermedia, motivo por el cual se tienen los siguientes valores para aceleración horizontal pico efectivo ($A_a=0.15$), y una velocidad horizontal pico efectiva ($A_v=0.15$).

De igual manera, la norma establece el coeficiente sísmico de diseño para el análisis pseudo-estático de taludes denominado K_{ST} , el cual tiene un valor igual o inferior $a_{m\acute{a}x}$ el cual asume los siguientes valores dependiendo de las características y tipo de material terreo (reforzado o no) y el tipo de análisis empleado, los valores de $K_{ST}/a_{m\acute{a}x}$ se encuentran registrados en la siguiente tabla:

Tabla 7. Valores de $K_{ST}/a_{m\acute{a}x}$ según tipo de material y análisis.

Material	$K_{ST}/a_{m\acute{a}x}$ Mínimo	Análisis de Amplificación Mínimo
Suelos, enrocados y macizos rocosos muy fracturados (RQD < 50%)	0.80	Ninguno
Macizos rocosos (RQD > 50%)	1.00	Ninguno
Todos los materiales térreos	0.67	Amplificación de onda unidimensional en dos columnas y promediar
Todos los materiales térreos	0.50	Amplificación de onda bidimensional

Fuente NSR-10 (Tabla H.5.2-1).

De conformidad con lo anteriormente expuesto, para la zona de estudio se tiene que:

$$K_{ST}/a_{m\acute{a}x} = 0.80 \therefore K_{ST} = 0.80(0.15) = 0.12g$$

Estas consideraciones se deben tener en cuenta para el análisis de viviendas que se encuentren o deban proyectarse en cercanías de laderas o taludes que se intervengan, que en conjunto con las condiciones topográficas, características geo-mecánicas del terreno, sobrecargas, condiciones hidrogeológicas, deben también ser valoradas, con el fin de obtener factores de seguridad aceptables (ver tabla No.8), para evitar la posible falla de las viviendas o su cimentación.

Tabla 8. Factores de seguridad básicos mínimos directos.

Condición	F_{SBM}		F_{SBUM}	
	Diseño	Construcción	Diseño	Construcción
Carga Muerta + Carga Viva Normal	1.50	1.25	1.80	1.40
Carga Muerta + Carga Viva Máxima	1.25	1.10	1.40	1.15
Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo de Diseño Seudo estático	1.10	1.00 (*)	No se permite	No se permite
Taludes – Condición Estática y Agua Subterránea Normal	1.50	1.25	1.80	1.40
Taludes – Condición Seudo-estática con Agua Subterránea Normal y Coeficiente Sísmico de Diseño	1.05	1.00 (*)	No se permite	No se permite

Fuente NSR-10 (tabla H.2-4.1)

8. CONSIDERACIONES GENERALES

8.1 LOCALIZACIÓN

El Municipio de Barrancabermeja se encuentra en la parte central occidental del departamento de Santander, en la provincia de Mares, y en el lado derecho del río Magdalena, colinda al norte con los municipios de Puerto Wilches y Sabana de Torres, al oriente con los Municipios de Lebrija, Girón y Betulia, por el sur colinda con los Municipios de San Vicente de Chucuri, Bajo Simacota y Puerto Parra, al occidente lida con el departamento de Bolívar con el Municipio de San Pablo, también con el departamento de Antioquia más exactamente con los Municipios de Yodó y Cantagallo (ver Gráfica No.27). El Municipio de Barrancabermeja se encuentra localizado con latitud $7^{\circ} 3' 50''$ y longitud $73^{\circ} 51' 50''$

Gráfica 27. Mapa de la provincia de mares, localización del municipio de Barrancabermeja



Fuente Barrancabermeja en cifras 2004-2005.

Con una altura de (msnm) 75.94 B.M⁴⁴, cuenta con una área urbana de aproximadamente 3686.78 Ha. Conformada por siete comunas, nuestra zona de estudio se encuentra ubicada en la comuna IV de este Municipio, la urbanización los Tamarindos (ver gráficas No.28 y No.29)

Gráfica 28. Mapa de localización de la Comuna IV del municipio de Barrancabermeja.



Fuente el Autor

Gráfica 29. Vista general de la zona de estudio.



Fuente Aerofotografía IGAC 2009, Revisión extraordinaria del Plan de Ordenamiento del Municipio de Barrancabermeja.

⁴⁴ OFICINA ASESORA DE PLANEACION MUNICIPAL (2004). "BARRANCABERMEJA EN CIFRAS 2004-2005". Primera edición. Páginas 23 a 32.

Se encuentra localizado en el sector sur, aledaño al antiguo Club Cardales, al costado sur de la Calle 37, autopista Barrancabermeja Bucaramanga.

8.2 ANTECEDENTES Y PROBLEMÁTICA ACTUAL

El barrio Tamarindos club está conformado por un conjunto de 52 viviendas distribuidas en tres manzanas (ver imagen No.30), las cuales se edificaron alrededor del año de 1993, estas tienen la siguiente distribución; dos unidades sobre la corona de una ladera (manzanas No.1 y No.2), la tercera unidad se encuentra asentada en el pie del talud (manzana No.3). Estas presentan las siguientes afectaciones.

En las unidades que se ubican en la parte superior de la ladera (manzana No.2) se evidencian agrietamientos desde la zona media hasta la parte posterior o patio, al parecer estos agrietamientos se presentan debido a la explanación realizada en la parte superior de la ladera y los llenos mal tecnificados hacia los extremos, generando taludes mal compactados, en donde se cimentó la parte posterior de las viviendas en las que generalmente se encuentra la sala, patio y cocina respectivamente.

Gráfica 30. Localización de manzanas y cancha de fútbol.



Fuente Aerofotografía IGAC 2009, Revisión extraordinaria del Plan de Ordenamiento del Municipio de Barrancabermeja.

Al norte muestra distribución de viviendas en sobre la corona del talud manzanas No.1 y No.2, al sur en el pie del talud la manzana No.3, en la zona oriental muestra cancha de tierra, o equipamientos colectivos. En la parte nororiental vía Barrancabermeja-Bucaramanga, en el sur-occidente se puede apreciar la carrilera.

Durante las inspecciones oculares se evidenciaron las siguientes patologías: agrietamientos diagonales en muros desde la parte inferior hacia la zona de cubiertas (gráfica No.42)

Gráfica 31. Agrietamiento diagonal a 45° en muro en mampostería.



Fuente el Autor

Gráfica 32. Agrietamiento en pisos de patios de viviendas localizadas en la parte superior del talud.



Fuente el Autor.

Pisos agrietados en la zona de patios de las viviendas, con posible rotura de ductos de aguas lluvias (gráfica No.43), posiblemente debido a malas prácticas de cimentación, adicional a estas patologías en las viviendas también se evidencia puertas y ventanas sin la posibilidad de apertura, posiblemente originadas por asentamientos diferenciales, y humedades en la zona inferior de muros (ver gráfica No.32 y No.33).

Gráfica 33. Agrietamiento diagonal a 45° en muro en mampostería.



Fuente el Autor.

Adicionalmente se puede observar como en algunos de los patios de las viviendas los sifones de piso son incapaces de evacuar las aguas (gráfica No. 45)

Gráfica 34. Patio anegado con dificultad para evacuación de aguas, posible rotura de ductos. También se observan humedades en la parte inferior de los muros.



Fuente el Autor

Estas anomalías se encuentran en la parte posterior de las viviendas, las cuales se localizan en la parte superior del talud (manzanas uno y dos). Adicionalmente a los problemas anteriormente descritos también se pueden observar algunos problemas en equipamientos colectivos, como muros de contención en mampostería fallados debido a deficiencias constructivas, ya que estos se construyeron con mamposterías simples, las cuales son incapaces de resistir los empujes de tierra y las concentraciones de presiones intersticiales que se deben originar en las temporadas de lluvias (gráfica No.46)

Gráfica 35. Muros de contención localizados en el sector sur-oriental a la cancha de fútbol, la imagen muestra la falla de muros en mampostería convencional con contrafuertes.



Fuente el Autor.

También se puede observar que el talud localizado entre las manzanas No.2 y No.3 se encuentra desprovisto de cobertura vegetal, la cuneta de coronación de este talud presenta serios agrietamientos y grandes deformaciones los que impide que funcione de manera adecuada (gráfica No. 47), adicional a los problemas anteriormente descritos se observa que las casas localizadas en la parte inferior del talud presentan problemas de fisuras en muros y humedades localizadas que evidencian la presencia de aguas infiltradas, debido a malos tratamientos de aguas de escorrentía superficial, y deficiencias en los drenajes de las viviendas ubicadas en la parte superior del talud, lo que facilitaría la generación de deslizamientos de este talud, el cual cuenta con contenciones no adecuadas (muros simples de mampostería)

Gráfica 36. Talud entre las manzanas No.2 y No.3, desprovisto de cobertura vegetal, y con cuneta de coronación agrietada.



Fuente el Autor

En informes técnicos previos, realizados por la oficina asesora de Planeación Municipal (2003), y el instituto Colombiano de Geología y Minería (2004), en los cuales insisten en el empleo de malas prácticas constructivas, desde el punto de vista de mala conformación y compactación de taludes, malos manejos de aguas de escorrentía superficial, en los sistemas de captación de aguas lluvias y negras,

deficiencias en cimentaciones de viviendas, que sumados a las características litológicas de los depósitos de gravas superficiales y de las arcillas limosas que conforman el terreno sobre el cual se construyó la urbanización los Tamarindos Club, (gravas sueltas y arcillas limosas poco compactadas, cuya parte fina presenta alta plasticidad), facilitan los procesos erosivos como desprendimiento y arrastre de los materiales, así como la posibilidad de generar deslizamientos en las épocas de fuertes precipitaciones.

De acuerdo con estas consideraciones la zona puede ser considerada como de Amenaza por deslizamientos Moderada a Alta⁴⁵. De conformidad con lo expuesto en el plano de Amenaza Urbana 1D de Planeación Municipal (formulación para POT 2010), en el cual denominan el sector como “ZONA III AMENAZA MEDIA POR FENOMENOS DE REMOCION EN MASA” (ver imagen No.37)

Gráfica 37. Fragmento tomado del plano “mapa de susceptibilidad de amenazas naturales por fenómenos de remoción en masas e inundación”.



Fuente Aerofotografía IGAC 2009, Revisión extraordinaria del Plan de Ordenamiento del Municipio de Barrancabermeja.

⁴⁵ INGEOMINAS, JUAN DIEGO COLEGIA Y CASTRO MARIN (2004). “CONCEPTO TECNICO SOBRE LOS PROBLEMAS DE ESTABILIDAD QUE AFECTAN LA URBANIZACION TAMARINDOS CLUB, MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA, DEPARTAMENTO DE SANTANDER”. Páginas 1 a 11.

9. INVESTIGACIÓN Y EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA

Para la realización del presente estudio se realizaron una serie de visitas al lugar de afectación con el fin de determinar el tipo de formación geológica, las características de la topografía, principales lugares de escorrentía de las aguas superficiales, localización de posibles afloramientos de agua sub-superficiales, valoración de la cubierta vegetal del sector, posibles mecanismos de falla. También se recurrió a la oficina asesora de Planeación Municipal, a la Secretaria de Infraestructura con el fin de recopilar información existente de la zona de estudio proveniente de informes técnicos y estudios previos que sirvieran como fuente de información, además se realizaron una serie de exploraciones, toma de muestras alteradas e inalteradas, laboratorios con el fin de determinar los parámetros geotécnicos necesarios para la elaboración del modelo.

9.1 SONDEOS GEOTÉCNICOS

En el lugar de estudio se realizaron una serie de sondeos obtenidos bajo el contrato de consultoría No. 2176-14 elaborado por la firma SPC SAS suelos pavimentos y concretos en Junio de 2015. También se realizaron otros sondeos elaborados por el autor. Estos sondeos consistieron en una serie de perforaciones con las cuales se lograron obtener muestras alteradas e inalteradas para la elaboración de los trabajos de laboratorio.

Para obtener las muestras se realizaron exploraciones de SPT con equipo de percusión con avance manual mecánico, cumpliendo con la norma INV E-111-07, ensayo de penetración estándar SPT, las muestras fueron empacadas y rotuladas para su posterior análisis en laboratorio. El procedimiento consistió en hincar el muestreador SPT el cual consiste en un equipo conformado por un muestreador

bipartido, varillas de perforación, martinete, cabezote, una guía para el martillo de 140lb. Se marca la varilla de perforación en tres tramos continuos, cada uno de 15 cm respectivamente, y se eleva el martillo una altura de 76 cm, para luego dejarlo caer libremente, se registran los golpes correspondientes a cada avance de 15cm donde los primeros golpes registrados en el primer tramo se consideran de penetración de asentamiento (según norma INV E-11-07), con la suma de golpes para el avance de los dos tramos sucesivos (15cm cada uno) se obtiene el valor de **N** y este se denomina número de penetración estándar, el cual nos proporciona una medida de la resistencia del suelo que se está muestreando además de una muestra de suelo alterada, para una posterior caracterización del mismo. El procedimiento se repite, hasta que se produzca el rechazo, el cual se presenta cuando ocurre alguna de las siguientes condiciones:

- Cuando se empleen más de 50 golpes en cualquiera de los intervalos de 15 cm.
- Cuando en una longitud de 30 cm se empleen más de 100 golpes.
- Cuando no se obtenga avance del muestreador después de aplicar 10 golpes.

El ensayo se puede realizar en intervalos de aproximadamente 1.50m, o en lugares en los cuales se presenten cambios de estratificación.

En el sitio de estudio se realizaron nueve sondeos, los cuales se pueden apreciar en la imagen No.53. En la parte nororiental en la cual se encuentran los equipamientos colectivos, se realizaron cuatro sondeos de SPT con equipo de percusión manual, en talud aledaño a la carrilera se realizaron tres sondeos adicionales, esto con el fin de caracterizar el perfil estratigráfico, propiedades geomecánicas, y propiedades límites, humedad y granulometría del lugar. Para los suelos finos se tomaron muestras tipo Shelby con el fin de obtener parámetros de

resistencia de estas muestras. Estas exploraciones fueron realizadas por la firma SPC S.A.S., los cuales se relacionan a continuación

Gráfica 38. Localización de sondeos SPT, en laderas de la Urbanización los Tamarindos, talud viviendas (dos unidades), talud carrilera (dos unidades), equipamientos (cuatro unidades).



Fuente adaptado de Aerofotografía IGAC 2009, Revisión extraordinaria del Plan de Ordenamiento del Municipio de Barrancabermeja.

9.1.1 Sondeo No.1. En la zona nororiental (imagen que sigue), alcanzo una profundidad de aproximadamente ocho metros, en el cual se obtubieron ocho muestras alteradas, las cuales se emplearon para determinar granulometría, humedad y propiedades límite.

Gráfica 39. Localización de sondeo No.1, proceso de ejecución con equipo de percusión manual.



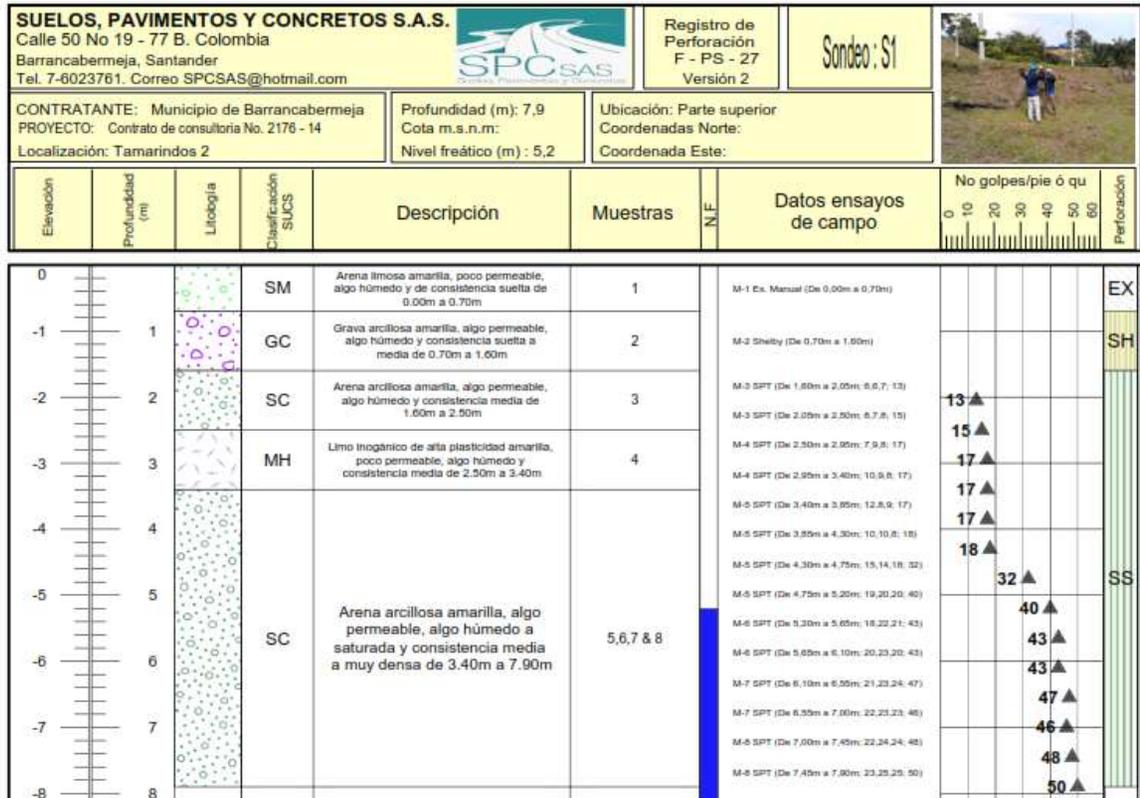
Fuente SPC S.A.S.

Gráfica 40. Muestra No.4 Sondeo No.1, limo inorgánico de alta plasticidad color amarillo.



Fuente SPC S.A.S.

Registro de perforación del sondeo No.1, muestra columna estratigráfica, fuente SPC S.A.S.



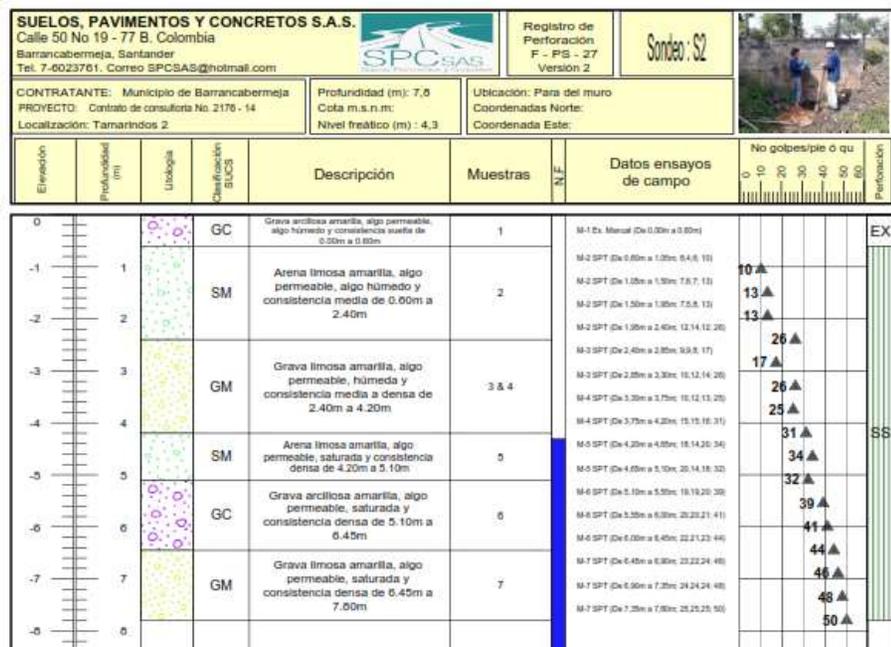
En este sondeo se obtuvieron muestras de suelo tipo arenas, gravas y arena arcillosa, tal y como se puede apreciar en el registro de perforación. Los resultados de las granulometrías y los límites se pueden encontrar en los anexos.

9.1.2 Sondeo No. 2. Según los registros de perforación, este alcanzo una profundidad de alrededor de ocho metros. También se obtuvieron muestras alteradas para la realización de laboratorios, con los cuales se obtuvieron propiedades límite y granulometrías que permitieron la clasificación de la columna estratigráfica. Aquí se encontraron muestras de gravas, arenas y limos principalmente, a continuación se proporciona una imagen del material encontrado

Gráfica 41. Muestra No.2 Sondeo No.2, arena limosa de consistencia media.



Fuente SPC S.A.S.



9.1.3 Sondeo No.3. Esta exploración se encontró la presencia de materiales tipo suelo, conformados principalmente por arenas, limos arcillosos y gravas, en la imagen No.23 se puede apreciar una de las muestras.

Gráfica 42. Muestra No.3 Sondeo No.3, arena arcillosa amarilla de consistencia media.



Fuente SPC S.A.S.

La columna estratigráfica se relaciona adjunta a continuación

SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S. Calle 50 No 19 - 77 B. Colombia Barrancabermeja, Santander Tel: 7-6023761. Correo: SPCASAS@hotmail.com		Registro de Perforación F - PS - 27 Versión 2		Sondeo - S3			
CONTRATANTE: Municipio de Barrancabermeja		Profundidad (m): 6.25		Ubicación: Muro - Calle parte de abajo			
PROYECTO: Contrato de consultoría No. 2176 - 14		Cota m.s.n.m:		Coordenadas Norte:			
Localización: Tamarindos 2		Nivel freático (m): 3.4		Coordenadas Este:			
Elevación	Profundidad (m)	Ubicología	Descripción	Muestras	Datos ensayos de campo	No golpes/pie o qu	Perforación
0		SM	Arena limosa amarilla, algo permeable, algo húmeda y consistencia media de 0.50m a 0.60m	1	M-1 Ex. Menor (Di 0.50m a 0.50m)		EX
-1	1	GM	Grava limosa amarilla, algo permeable, algo húmeda y consistencia media de 0.60m a 3.30m	2	M-2 SPT (Di 0.60m a 1.05m: 5.4, 6, 12) M-2 SPT (Di 1.05m a 1.50m: 6.7, 5, 12) M-2 SPT (Di 1.50m a 1.95m: 6.2, 6, 7) M-2 SPT (Di 1.95m a 2.40m: 6.7, 3, 13) M-2 SPT (Di 2.40m a 2.85m: 5.6, 5, 15) M-2 SPT (Di 2.85m a 3.30m: 6.7, 10, 17)	12 ▲ 12 ▲ 7 ▲ 12 ▲ 15 ▲ 17 ▲ 17 ▲	
-4	4	SM	Arena limosa amarillo grisáceo, algo permeable, saturada y consistencia media a densa de 3.30m a 5.10m	3	M-3 SPT (Di 3.30m a 3.75m: 6.7, 10, 17) M-3 SPT (Di 3.75m a 4.20m: 14, 14, 16, 32) M-3 SPT (Di 4.20m a 4.65m: 22, 20, 10, 38) M-3 SPT (Di 4.65m a 5.10m: 21, 19, 23, 41)	32 ▲ 39 ▲	SS
-5	5	GC	Grava arcillosa amarilla, algo permeable, saturada y consistencia media a densa de 5.10m a 6.45m	4	M-4 SPT (Di 5.10m a 5.55m: 19, 21, 20, 41) M-4 SPT (Di 5.55m a 6.00m: 21, 22, 23, 49) M-4 SPT (Di 6.00m a 6.45m: 22, 21, 23, 44)	41 ▲ 41 ▲ 45 ▲	
-6	6	SC	Arena arcillosa amarilla, algo permeable, saturada y consistencia densa de 6.45m a 6.25m	5 & 6	M-5 SPT (Di 6.45m a 6.90m: 23, 23, 24, 47) M-5 SPT (Di 6.90m a 7.35m: 24, 24, 20, 48) M-5 SPT (Di 7.35m a 7.80m: 25, 23, 24, 48) M-5 SPT (Di 7.80m a 8.25m: 26, 23, 25, 58)	44 ▲ 47 ▲ 49 ▲ 49 ▲ 50 ▲	

9.1.4 Sondeo No. 4. En esta exploración se encontraron arenas arcillosas y gravas arcillosas. El proceso de ejecución del ensayo de SPT se muestra a continuación. La clasificación y la descripción de los suelos de encuentra en la tabla siguiente.

Gráfica 43. Localización de sondeo No.4, proceso de ejecución con equipo de percusión manual.



Fuente SPC S.A.S

Los resultados de la exploración se pueden ver a continuación

SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S. Calle 90 No 19 - 77 B. Colombia Barrancabermeja, Santander Tel: 7.6023761. Correo: SPCBAS@outmail.com		Registro de Perforación F - PS - 27 Versión 2		Sondeo: S4				
CONTRATANTE: Municipio de Barrancabermeja PROYECTO: Contrato de consultoría No. 2178 - 14 Localización: Tamarindos 2		Profundidad (m): 7.9 Cota m.s.n.m.: Nivel freático (m): 3.4		Ubicación: Maru - Calle parte de abajo Coordenadas Norte: Coordenada Este:				
Elevación	Profundidad (m)	Litología	Clasificación SUCS	Descripción	Muestras	Datos ensayos de campo	No golpes/pie ó qu	Perforación
0			SC	Arena arcillosa amarilla, algo permeable, algo húmeda y de consistencia suelta de 0.80m a 0.70m	1	90.1 SPT (0m a 0.70m a 0.70m)		EX
-1	1		GC	Grava arcillosa amarilla, algo permeable, algo húmeda y consistencia media de 0.70m a 1.00m	2	90.2 SPT (0m a 0.70m a 1.00m a 0.8. 7. 10) 90.3 SPT (0m a 1.00m a 1.00m a 0.8. 8. 14)	13 ▲ 14 ▲	
-2	2		SC	Arena arcillosa amarilla, algo permeable, húmeda y consistencia media a densa de 1.00m a 3.40m	3	90.4 SPT (0m a 1.00m a 2.00m a 0.8. 11. 20) 90.5 SPT (0m a 2.00m a 2.00m a 0.8. 10. 18) 90.6 SPT (0m a 2.00m a 2.00m a 10. 11. 22) 90.7 SPT (0m a 2.00m a 3.40m a 0.8. 14. 25)	20 ▲ 16 ▲ 22 ▲ 26 ▲	
-3	3					90.8 SPT (0m a 3.40m a 3.40m a 11. 21. 18. 22)	32 ▲	
-4	4					90.9 SPT (0m a 3.40m a 4.00m a 16. 20. 26. 35)	40 ▲	SS
-5	5					90.10 SPT (0m a 4.00m a 4.00m a 19. 24. 28. 35)	46 ▲	
-6	6					90.11 SPT (0m a 4.00m a 5.00m a 24. 28. 35)	50 ▲	
-7	7					90.12 SPT (0m a 5.00m a 5.00m a 32. 33. 31)	47 ▲	
-8	8					90.13 SPT (0m a 5.00m a 6.00m a 24. 27. 31)	51 ▲	
-9	9					90.14 SPT (0m a 6.00m a 6.00m a 24. 24. 26. 35)	49 ▲	
-10	10					90.15 SPT (0m a 6.00m a 7.00m a 22. 22. 35)	45 ▲	
-11	11					90.16 SPT (0m a 7.00m a 7.00m a 21. 22. 35)	45 ▲	
-12	12					90.17 SPT (0m a 7.00m a 7.90m a 27. 27. 35)	53 ▲	

En el talud de la parte norte entre las viviendas localizadas en la manzana superior e inferior se realizaron dos exploraciones con el apoyo de Arinco Estudios S.A.S., las cuales se describen a continuación.

9.1.5 Sondeo No. 1 Talud Viviendas. En las exploraciones realizadas en este talud, entre las manzanas de viviendas superior e inferior al talud se obtuvieron los siguientes resultados. Material orgánico, arcillas, y arenas arcillosas, los resultados del sondeo se pueden apreciar en la siguiente gráfica

LOCALIZACION:		PARTE ALTA DEL TALUD			FORMATO	F-AL-01
PROFUNDIDAD:		4,00 m	FECHA	OCTUBRE DEL 2016	SONDEO N°	1
PERFORACION (M)	SIMBOLO	MUESTRA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA			SPT N GOLPES/PI
0,00-0,30	OL		MATERIAL ORGANICO			8
0,30-0,60						8
0,60-0,90	CL		ARCILLA COLOR CAFÉ ROJIZA			14
0,90-1,20						14
1,20-1,50						14
1,50-1,80						20
1,80-2,10						25
2,10-2,40						30
2,40-2,70						33
2,70-3,00	SC		ARENA ARCILLOSA COLOR NARANJA			43
3,00-3,30						40
3,30-3,60						45
3,60-3,90						48
3,90-4,20						50
4,20-4,50						52
4,50-4,80						54
4,80-5,10						58
5,10-5,40						60
5,40-5,70						60
5,70-6,00					8	

En la siguiente imagen se pueden apreciar muestra de suelo, arena arcillosa de color naranja

Gráfica 44. Sondeo No.1 Talud norte, muestra de suelo extraída.



Fuente ARINCO ESTUDIOS S.A.S.

9.1.6 Sondeo No.2 Talud Viviendas. Este se realizó en el pie del talud, en el cual se encuentran localizadas las viviendas de la zona inferior, en esta exploración se encontraron estratos areno arcillosos de colores amarillo y naranja, los resultados del ensayo se aprecian en la tabla.

PROFUNDIDAD		4,00 m	FECHA	OCTUBRE DEL 2016	SONDEO N°	2
PERFORACION (M)	SIMBOLO	MUESTRA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA			SPT N GOLPES/PI
0,00-0,30	SC		ARENA ARCILLOSA COLOR AMARILLA			
0,30-0,60						12
0,60-0,90						19
0,90-1,20						22
1,20-1,50						25
1,50-1,80						26
1,80-2,10						30
2,10-2,40						32
2,40-2,70						34
2,70-3,00						39
3,00-3,30	SC		ARENA ARCILLOSA COLOR NARANJA CON AMARILLO			40
3,30-3,60						43
3,60-3,90						48
3,90-4,20						50
4,20-4,50						52
4,50-4,80						57
4,80-5,10						59
5,10-5,40						60
5,40-5,70						60
5,70-6,00						R

Gráfica 46. Sondeo No.1 Talud norte muestra No.5, arena limosa color amarillo rojizo de consistencia media firme.



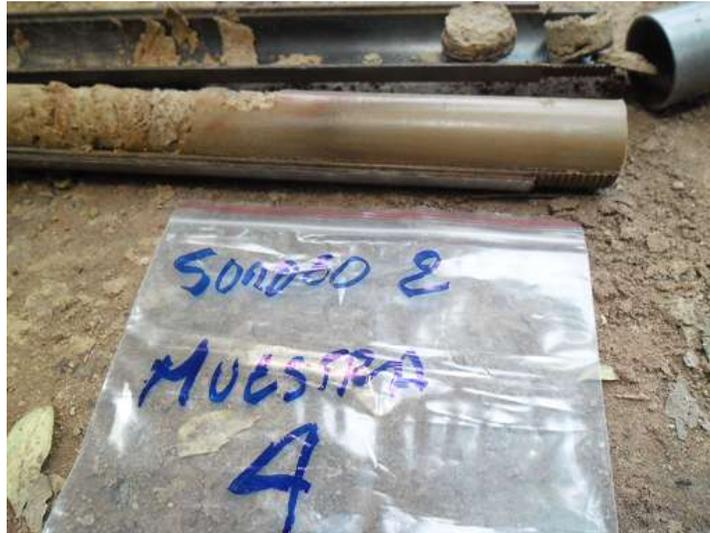
Fuente SPC S.A.S

9.1.8 Sondeo No.2 Talud Carrilera. Este sondeo se localizó en la parte inferior del talud. Se obtuvieron muestras de arenas arcillosas de color amarillo, limos inorgánicos, y arenas arcillosas de color claro. El registro de la perforación mostro los datos siguientes

SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.				Registro del Perforamiento		Perforación No. 2	
Calle 50 No 19 - 77 B, Colombia Barranquilla, Santander Tel: F-8022111, Correo: SPCIAS@outlook.com				Problemas (No): 9, 15 Cota (m.s.n.m.): 101,2 Nivel (metros c.m.): 908		Ubicación: PAB. DEL TALUD Coordinadas Norte: 1005200, 714 Coordinada Este: 1270000, 293	
Profundidad (m)	Profundidad (ft)	Descripción	Muestras	SL	Datos seriales de campo	Perforación (m)	EX
0	0						
1	3	DC Arena arcillosa amarilla, poco permeable, húmeda y de consistencia suelta a media de 0,00m a 1,70m	1		SPC101-01-01-01-01-01 SPC101-01-01-01-01-01-01 SPC101-01-01-01-01-01-01	14A	BS
2	6	SM Arena limosa amarilla, poco permeable, húmeda y de consistencia suelta a media de 1,70m a 3,10m	2, 3		SPC101-01-01-01-01-01-01 SPC101-01-01-01-01-01-01 SPC101-01-01-01-01-01-01 SPC101-01-01-01-01-01-01 SPC101-01-01-01-01-01-01	27A 36A 28A	CS
3	9	ML Limo inorgánico de medio a bajo plasticidad amarilla, poco permeable, húmeda y de consistencia suelta a media de 3,10m a 4,40m	4		SPC101-01-01-01-01-01-01 SPC101-01-01-01-01-01-01 SPC101-01-01-01-01-01-01	40A 39A	CS
4	12	CL Suelo arcilloso de medio a bajo plasticidad amarilla, poco permeable, húmedo y de consistencia suelta a media de 4,40m a 7,00m	5		SPC101-01-01-01-01-01-01 SPC101-01-01-01-01-01-01 SPC101-01-01-01-01-01-01	37A 38A 39A	CS
5	15	SC Arena arcillosa amarilla clara, poco permeable, húmeda y de consistencia suelta de 7,00m a 8,10m	6, 7		SPC101-01-01-01-01-01-01 SPC101-01-01-01-01-01-01 SPC101-01-01-01-01-01-01	41A 42A 44A	CS
6	18				SPC101-01-01-01-01-01-01 SPC101-01-01-01-01-01-01	47A	CS

En la siguiente imagen se puede apreciar una muestra del suelo obtenido

Gráfica 47. Sondeo No.2 Talud norte muestra No.4, limo inorgánico de media a baja plasticidad color amarillo.



Fuente SPC S.A.S

9.1.9 Sondeo No.3 Talud Carrilera. En esta exploración también se encontraron arcillas, limos y arenas arcillosas de color amarillo claro. Los registros de sondeo se encuentran en la tabla que sigue

SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S		Registro en Participación					
Calle 50 No 19-77 B. Ciénega		Código SPC					
Barranquilla, Colombia		Código SPC					
Tel: 4439991 correo: info@spc.com.co		Código SPC					
CONTRATANTE: Municipio de Barranquilla		Profesional: UNY S.35					
PROYECTO: Control de erosión No 219		Código: 10.0.0.0.100.0					
Ubicación: Páramo del Talud		Código: 10.0.0.0.100.0					
Contratador: Suroeste S.A.S		Código: 10.0.0.0.100.0					
Profundidad (m)	Profundidad (ft)	Descripción	Muestras	Datos ensayos de campo	Moisture (%)	Specific Gravity	Soil Index
0	0						
1	3	Limo inorgánico de media a baja plasticidad amarilla, para construcción, humedad y consistencia máximas a 25°C. Límite de 15.0% a 1.75mm.	1	SPC 1001/01/01/01/01/01/01	12.4		
2	6	Limo inorgánico de media a baja plasticidad amarilla, para construcción, humedad y consistencia máximas a 25°C. Límite de 15.0% a 1.75mm.	2	SPC 1001/01/01/01/01/01/01	9.4		
3	9	Limo inorgánico de media a baja plasticidad amarilla, para construcción, humedad y consistencia máximas a 25°C. Límite de 15.0% a 1.75mm.	3	SPC 1001/01/01/01/01/01/01	9.4		
4	12	Limo inorgánico de media a baja plasticidad amarilla, para construcción, humedad y consistencia máximas a 25°C. Límite de 15.0% a 1.75mm.	4	SPC 1001/01/01/01/01/01/01	10.4		
5	15	Limo inorgánico de media a baja plasticidad amarilla, para construcción, humedad y consistencia máximas a 25°C. Límite de 15.0% a 1.75mm.	5	SPC 1001/01/01/01/01/01/01	14.4		
6	18	Limo inorgánico de media a baja plasticidad amarilla, para construcción, humedad y consistencia máximas a 25°C. Límite de 15.0% a 1.75mm.	6	SPC 1001/01/01/01/01/01/01	18.4		
7	21	Arena arcillosa amarilla clara, para construcción, humedad y consistencia máximas a 25°C. Límite de 15.0% a 1.75mm.	7	SPC 1001/01/01/01/01/01/01	22.4		
8	24	Arena arcillosa amarilla clara, para construcción, humedad y consistencia máximas a 25°C. Límite de 15.0% a 1.75mm.	8	SPC 1001/01/01/01/01/01/01	28.4		
9	27	Arena arcillosa amarilla clara, para construcción, humedad y consistencia máximas a 25°C. Límite de 15.0% a 1.75mm.	9	SPC 1001/01/01/01/01/01/01	32.4		
10	30	Arena arcillosa amarilla clara, para construcción, humedad y consistencia máximas a 25°C. Límite de 15.0% a 1.75mm.	10	SPC 1001/01/01/01/01/01/01	42.4		
11	33	Arena arcillosa amarilla clara, para construcción, humedad y consistencia máximas a 25°C. Límite de 15.0% a 1.75mm.	11	SPC 1001/01/01/01/01/01/01	48.4		
12	36	Arena arcillosa amarilla clara, para construcción, humedad y consistencia máximas a 25°C. Límite de 15.0% a 1.75mm.	12	SPC 1001/01/01/01/01/01/01	48.4		
13	39	Arena arcillosa amarilla clara, para construcción, humedad y consistencia máximas a 25°C. Límite de 15.0% a 1.75mm.	13	SPC 1001/01/01/01/01/01/01	48.4		
14	42	Arena arcillosa amarilla clara, para construcción, humedad y consistencia máximas a 25°C. Límite de 15.0% a 1.75mm.	14	SPC 1001/01/01/01/01/01/01	48.4		
15	45	Arena arcillosa amarilla clara, para construcción, humedad y consistencia máximas a 25°C. Límite de 15.0% a 1.75mm.	15	SPC 1001/01/01/01/01/01/01	48.4		
16	48	Arena arcillosa amarilla clara, para construcción, humedad y consistencia máximas a 25°C. Límite de 15.0% a 1.75mm.	16	SPC 1001/01/01/01/01/01/01	48.4		
17	51	Arena arcillosa amarilla clara, para construcción, humedad y consistencia máximas a 25°C. Límite de 15.0% a 1.75mm.	17	SPC 1001/01/01/01/01/01/01	48.4		
18	54	Arena arcillosa amarilla clara, para construcción, humedad y consistencia máximas a 25°C. Límite de 15.0% a 1.75mm.	18	SPC 1001/01/01/01/01/01/01	48.4		
19	57	Arena arcillosa amarilla clara, para construcción, humedad y consistencia máximas a 25°C. Límite de 15.0% a 1.75mm.	19	SPC 1001/01/01/01/01/01/01	48.4		
20	60	Arena arcillosa amarilla clara, para construcción, humedad y consistencia máximas a 25°C. Límite de 15.0% a 1.75mm.	20	SPC 1001/01/01/01/01/01/01	48.4		

En esta exploración también se encontraron muestras de arena arcillosa de color amarilla clara (gráfica No.63)

Gráfica 48. Sondeo No.3 Talud norte muestra No.5, arena arcillosa color amarillo claro de consistencia media.



Fuente SPC S.A.S

9.1.10 Tabla de Resumen ensayos de laboratorio. A continuación se adjunta la siguiente tabla en el cual podemos encontrar las principales características de los laboratorios realizados a cada una de las muestras, procedentes de las diferentes exploraciones

Para los ensayos de SPT en el talud norte (equipamientos colectivos), los resúmenes fueron los siguientes

Tabla 9. Sondeos 1 al 4 Talud norte equipamientos colectivos (ver imagen No.15), muestra clasificación, granulometrías, propiedades índice y ensayos de corte directo.

SONDEO No.	PROFUNDIDAD [m]			DESCRIPCIÓN		GRANULOMETRÍA			PROPIEDADES ÍNDICE				CORTE DIRECTO	
	Desde	Hasta	Promedio	TIPO DE SUELO	CLASIFICACIÓN S.U.C.S.	GRAVA (%)	ARENA (%)	FINOS (%)	HUMEDAD NATURAL (%)	LÍMITE LÍQUIDO (%)	LÍMITE PLÁSTICO (%)	ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	ÁNGULO DE FRICCIÓN (φ) (°)	COHESIÓN (c) (kPa)
S1	0,00	- 0,70	0,35	Arena	SM	11,36	49,21	39,43	17,98	32,23	26,31	5,91		
	0,70	- 1,60	1,15	Grava	GC	44,22	33,51	22,26	14,46	40,17	23,93	16,24	32,40	8,70
	1,60	- 2,50	2,05	Arena	SC	6,29	44,02	49,69	13,21	38,33	23,31	15,02		
	2,50	- 3,40	2,95	Limo	MH	0,00	18,15	81,85	19,10	51,2	30,83	20,38		
	3,40	- 4,30	3,85	Arena	SC	13,35	50,83	35,83	17,47	44,3	26,72	17,58		
	4,30	- 5,20	4,75			13,35	50,83	35,83	17,53	44,3	26,72	17,58		
	5,20	- 6,10	5,65			40,53	29,7	20,77	14,81	35,95	19,45	16,49		
	6,10	- 7,00	6,55			12,95	43,9	43,15	14,18	35,7	23,74	11,96		
7,00	- 7,90	7,45	22,66			30,32	47,02	14,84	28,75	19,46	9,29			
7,90	- 8,80	8,35												
S2	0,00	- 0,60	0,30	Grava	GC	52,04	23,92	24,05	13,56	39,19	19,45	19,74		
	0,60	- 1,50	1,05	Arena	SM	26,22	37,74	36,04	15,69	39,97	26,63	13,33		
	1,50	- 2,40	1,95			26,22	37,74	36,04	18,69	39,97	26,63	13,33		
	2,40	- 3,30	2,85	Grava	GM	61,48	24,07	14,45	16,42	30,93	24,28	6,65		
	3,30	- 4,20	3,75			40,73	35,66	23,61	17,13	41,08	26,74	14,34		
	4,20	- 5,10	4,65	Arena	SM	29,86	37,17	32,98	8,88	38,64	26,31	12,33		
	5,10	- 6,45	5,78	Grava	GC	54,86	18,77	26,37	20,15	30,23	18,93	11,3		
	6,45	- 7,80	7,13			46,62	23,34	30,04	16,44	35,78	26,41	9,37		
7,80	- 8,70	8,25												
S3	0,00	- 0,60	0,30	Arena	SM	33,01	38,86	28,12	8,75	33,61	25,94	7,67		
	0,60	- 1,50	1,05	Grava	GM	61,95	21,13	16,93	14,88	32,26	24,72	7,54		
	1,50	- 2,40	1,95			61,95	21,13	16,93	10,30	32,26	24,72	7,54		
	2,40	- 3,30	2,85			61,95	21,13	16,93	27,18	32,26	24,72	7,54		
	3,30	- 4,20	3,75	Arena	SM	15,40	67,85	16,75	35,3	48,21	25,38	22,83		
	4,20	- 5,10	4,65			15,40	67,85	16,75	34,09	48,21	25,38	22,83		
	5,10	- 6,45	5,78	Grava	GC	51,91	27,54	20,55	13,43	30,40	19,99	10,41		
	6,45	- 7,80	7,13	Arena	SC	3,07	51,76	45,17	17,72	34,57	23,03	11,54		
7,80	- 8,25	8,03	26,33			32,28	41,39	15,07	33,64	22,24	11,4			
8,25	- 9,15	8,70												
S4	0,00	- 0,70	0,35	Arena	SC	13	47,83	39,17	20,53	28,57	15,11	13,46		
	0,70	- 1,60	1,15	Grava	GC	49,09	31,44	19,47	17,72	31,61	19,43	12,18		
	1,60	- 2,50	2,05	Arena	SC	26,8	49,69	23,5	33,03	30,68	21,37	9,31		
	2,50	- 3,40	2,95			26,8	49,69	23,5	31,39	30,68	21,37	9,31		
	3,40	- 4,30	3,85			0,47	56,62	42,91	43,42	34,39	23,04	11,35		
	4,30	- 5,20	4,75			26,8	49,69	23,5	27,75	30,68	21,37	9,31		
	5,20	- 6,10	5,65			20,35	30,9	48,74	23,64	28,97	16,77	12,2		
	6,10	- 7,90	7,00			22,96	31,31	45,73	16,33	36,48	22,72	13,76		
7,90	- 8,80	8,35												

Fuente SPC S.A.S

Para los ensayos de SPT localizados en el talud sur, entre las viviendas y la carrilera los resultados se muestran en la siguiente tabla de resumen

Tabla 10. Sondeos 1 al 3 Talud sur carrilera (ver imagen No.15), muestra clasificación, granulometrías, propiedades índice y ensayos de corte directo.

SONDEO No.	PROFUNDIDAD [m]			DESCRIPCIÓN		GRANULOMETRÍA			PROPIEDADES ÍNDICE				ORTE DIRECTO		RELACIONES VOLUMÉTRICAS						
	Desde	Hasta	Promedio	TIPO DE SUELO	CLASIFICACIÓN S.U.C.S.	GRAVA [%]	ARENA [%]	FINOS [%]	HUMEDAD NATURAL [%]	LÍMITE LÍQUIDO [%]	LÍMITE PLÁSTICO [%]	ÍNDICE DE PLASTICIDAD [%]	ÁNGULO DE FRICCIÓN (φ) [°]	COHESIÓN (c) [kPa]	v _h [kN/m ²]	v _v [kN/m ²]	RELACION DE VACÍOS (e)	SATURACIÓN (s) [%]	Gravedad Específica [Gs]		
1	0,00	- 0,70	0,35	Arena	SC	0,00	56,39	43,61	12,43	28,98	19,08	9,90									
	0,70	- 1,60	1,15			0,00	59,83	40,17	11,74	27,93	19,76	8,17									
	1,60	- 1,90	1,75	Limo	MH	0,00	31,89	68,11	27,25	60,71	34,80	25,92	23,90	27,90	16,55	13,01	0,85	50,00	2,76		
	1,90	- 2,80	2,35			0,00	31,89	68,11	26,69	60,71	34,80	25,92									
	2,80	- 3,70	3,25			0,12	23,82	76,06	27,17	56,36	37,03	19,33									
	3,70	- 4,60	4,15	Arena	SM	0,00	65,57	34,43	31,21	44,72	36,11	8,61									
	4,60	- 6,40	5,50	Limo	ML	0,00	23,90	76,10	28,24	43,85	33,36	10,48									
	6,40	- 8,20	7,30			0,00	32,96	67,02	17,23	33,93	24,75	9,18									
	8,20	- 9,10	8,65	Arcilla	CL	0,00	22,98	77,02	16,56	34,81	17,69	17,12									
	2	0,00	- 0,80	0,40	Arena	SC	22,18	39,42	38,40	32,07	45,65	33,02	12,63								
0,80		- 1,70	1,25	22,18			39,42	38,40	29,99	45,65	33,02	12,63									
1,70		- 2,30	2,00	Limo	SM	0,00	72,54	27,46	27,00	30,28	24,11	6,18	31,70	4,80	19,79	15,58	0,68	45,00	2,67		
2,30		- 3,65	2,98			0,26	59,09	40,65	28,01	31,34	24,15	7,18									
3,65		- 5,10	4,38			0,26	59,09	40,65	12,43	31,34	24,15	7,18									
5,10		- 6,45	5,78	Limo	ML	0,75	48,18	51,08	24,81	41,11	28,24	12,87									
6,45		- 7,35	6,90	Arcilla	CL	0,00	32,07	67,93	28,01	30,39	21,27	9,12									
7,35		- 8,25	7,80	Arena	SC	15,33	45,84	36,83	23,98	34,97	21,71	13,26									
8,25		- 9,15	8,70			4,50	46,15	49,35	14,98	31,69	19,89	11,80									
3		0,00	- 0,80	0,40	Limo	ML	0,12	42,24	57,63	24,15	47,04	28,50	18,54								
	0,80	- 1,70	1,25	0,12			42,24	57,63	26,95	47,04	28,50	18,54									
	1,70	- 2,60	2,15	Limo	ML	0,00	18,69	81,31	27,72	43,93	29,73	14,21									
	2,60	- 3,50	3,05			0,00	31,06	68,94	27,15	21,01	18,06	2,95									
	3,50	- 4,40	3,95			0,00	15,77	84,23	36,75	40,09	27,80	12,29									
	4,40	- 5,30	4,85	Arena	SC	0,00	69,74	30,26	40,36	34,14	21,71	12,42									
	5,30	- 5,75	5,53			0,00	69,74	30,26	31,53	34,14	21,71	12,42									
	5,75	- 6,65	6,20	Arcilla	CL	0,00	33,78	66,22	26,23	30,51	17,17	13,35									
	6,65	- 8,00	7,33			0,00	17,43	82,57	16,72	29,13	17,90	11,52									
	8,00	- 9,35	8,68			0,00	30,09	69,91	22,34	27,74	18,71	9,03									

Fuente SPC S.A.S

9.2 OBTENCIÓN DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Para obtener la sección transversal representativa de cada una de las zonas afectadas (talud viviendas, cancha de tierra) se emplearon el levantamiento topográfico⁴⁶ disponible, relacionandola con la geología de la zona en el cual se afirma que en la sitio de estudio se encuentra asentada sobre las Formaciones Mesa y Real pertenecientes al periodo cuaternario, las cuales están conformadas por litologías alternantes de areniscas, shales y conglomerados. La Formación

⁴⁶ Plano topográfico, contrato de consultoría No. 2176-14 elaborado por la firma SPC SAS suelos pavimentos y concretos en Junio de 2015.

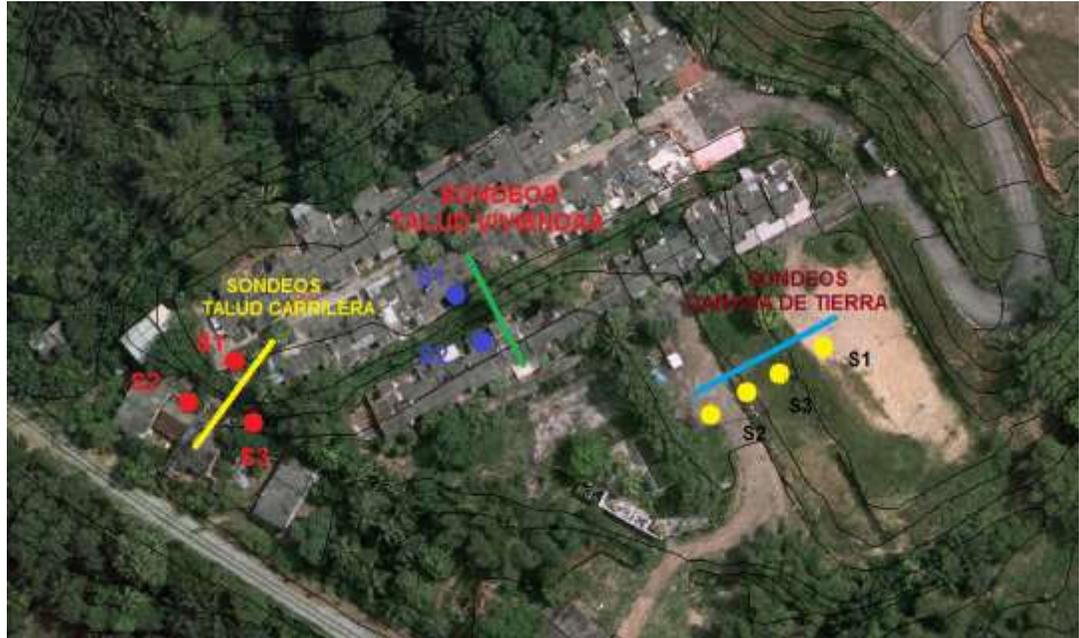
Mesa está conformada por un miembro superior de capas alternantes lodosas y arenosas, y un miembro inferior conglomerático en contacto plano paralelo con la Formación Real. El contacto del miembro inferior de la Formación Mesa con la infrayacente Formación Real corresponde a una discordancia agular, pues los niveles de esta última unidad presentan buzamientos suaves de hasta 20°, mientras que los conglomerados yacen horizontalizados⁴⁷. La Formación Mesa posee una estratificación granulo creciente en la cual las primeras capas están conformadas por arcillolitas, limolitas, y areniscas de colores rojizos originados por óxidos ferricos (hematita, limolita, geotita), moteados debido a la presencia de caolinita e illita la cual proporciona tonos claros a beige, o colores pardos rojizos. Esta capa superior tiene un espesor promedio de 25m a 30m. Por otra parte el miembro inferior de la Formación Mesa se encuentra conformado por capas alternantes de areniscas conglomeráticas de matriz arenosa, arcilloza o limosa con gijos de cuarzo lechoso o sedimentarios. Estas poseen colores amarillos a pardos rojizos con espesores promedio de 20m.

Adicionalmente se tuvieron en cuenta las exploraciones geotécnicas que junto con la metodología propuesta por (Gonzalez, 1999) y la información obtenida de laboratorios proporcionaron la columna estratigráfica para cada una de las zonas de interés.

A continuación se presenta una aerofotografía con la localización de los sondeos para las zonas carrilera, viviendas y cancha de tierra. En total se realizaron nueve exploraciones de las cuales se obtuvieron muestras para la elaboración de los laboratorios.

⁴⁷ Reyes y Flórez (2016). "Geología Urbana de Barrancabermeja". Mojica & Asociados Impresores s.a.s Bucaramanga 2016. Páginas 41 a 56.

Gráfica 49. Muestra secciones transversales evaluadas en el análisis para obtención de sección transversal crítica: En amarillo corte 1-1 talud carrilera, verde corte 2-2 talud viviendas, azul corte 3-3 cancha de tierra.



Fuente: Adaptado y modificado de aerofotografía IGAC 2009, Revisión extraordinaria del Plan de Ordenamiento del Municipio de Barrancabermeja.

En base a los laboratorios realizados a las muestras extraídas de las exploraciones, se puede observar que en el lugar de estudio predominan principalmente depósitos de arenas arcillosas, arenas limosas, limos, arcillas y gravas tanto limosas como arcillosas. Los ensayos de SPT y laboratorios ejecutados son empleados para obtener los parámetros del suelo con ayuda de la metodología propuesta por González, (1999) y correlaciones provenientes de la literatura.

El procedimiento consiste en hacer las correcciones al valor de **N** de campo por energía (principalmente la debida al impacto del martillo, la cual se asume para

Colombia del orden del 45%) y por presión de sobrecarga efectiva. Existen numerosas propuestas para calcular el factor C_N el cual estandariza la relación entre el esfuerzo vertical efectivo y la presión atmosférica por medio del valor de R_s . Las ecuaciones empleadas fueron las siguientes

Peck	$C_n = \log(20/R_s)/\log(20)$	(5a)
Seed	$C_n = 1 - 1.25\log(R_s)$	(5b)
Meyerhof-Ishihara	$C_n = 1.7/(0.7+R_s)$	(5c)
Liao-Whitman	$C_n = (1/R_s)^{0.5}$	(5d)
Skempton	$C_n = 2/(1+R_s)$	(5e)
Seed-Idriss (Marcuson)	$C_n = 1 - K \log R_s$ ($K=1.41$ para $R_s < 1$; $K=0.92$ para $R_s \geq 1$)	(5f)
González (Logaritmo)	$C_n = \log(10/R_s)$	(5g)
Schnertmann	$C_n = 32.5/(10.2+20.3R_s)$	(5h)

Fuente: González 1999.

Para el cálculo del ángulo de fricción efectivo, González invita el empleo de la siguiente expresión

$$\phi' = 15 + \sqrt{12.5(N1)_{45}} \quad \text{Kishida (1969)}$$

Según la metodología de González, después de obtenidos los valores para los ángulo de fricción, estos se agrupan por estratos de materiales con las mismas características, y con estos se obtienen los valores de t para cada valor obtenido del ángulo de fricción en el estrato, valores con los cuales se hace una regresión para obtener los valores de C' y ϕ' . Si se obtiene valores negativos para la cohesión, entonces se obliga a la regresión a pasar por cero⁴⁸. Además de las correlaciones para la obtención del ángulo de fricción, también existen para la obtención del módulo de elasticidad, la cual se puede determinar con ayuda de la siguiente ecuación

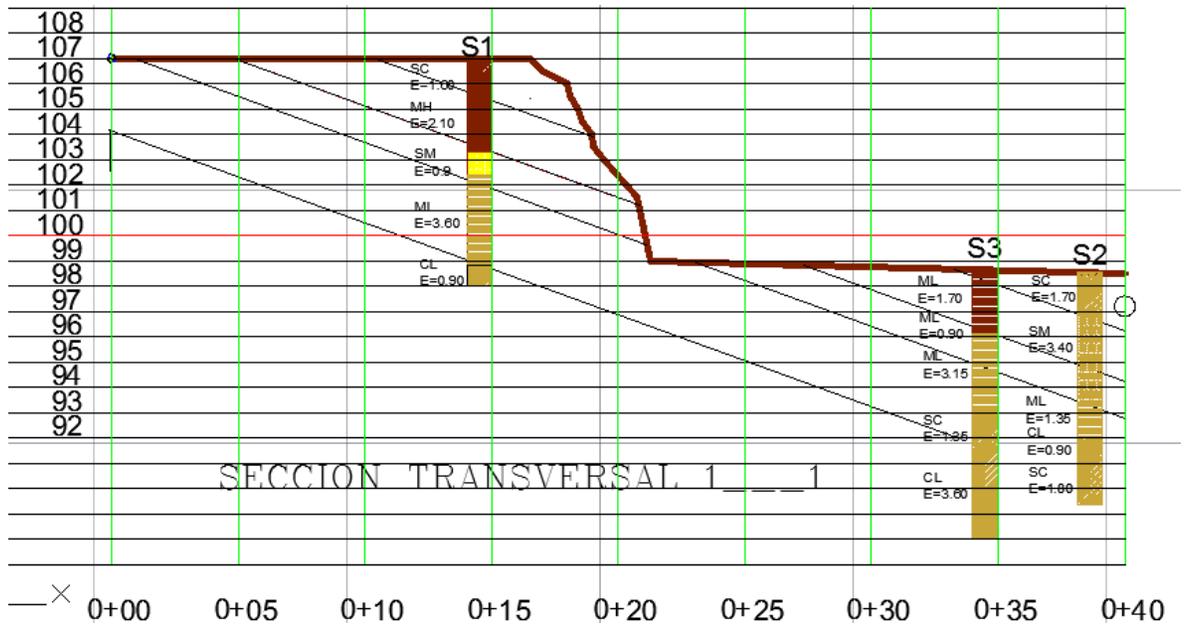
$$E_s = \alpha N_{60} P_a \quad \text{Kulhawy y Mayne (1990)}$$

⁴⁸ A. González, "Estimativos de parámetros efectivos de resistencia con el SPT", X Jornadas Geotécnicas de la ingeniería colombiana, 1999.

En la cual α puede tomar los valores de cinco para arenas con finos, diez para arenas limpias normalmente consolidadas y quince para arena limpia sobre consolidada.

9.3 SONDEOS CARRILERA. Representados con color rojo en la gráfica No.1 correspondientes a S1, S2, S3 respectivamente, en línea amarilla el perfil representativo. El resultado de las exploraciones se puede apreciar en la siguiente imagen

Gráfica 50. Localización de los sondeos y clasificación de las muestras para el talud de la carrilera.



Fuente: El Autor

La clasificación de los grupos de suelos es acorde al buzamiento suave de 20° sugerido por Reyes y Flórez (2016). El resumen de los parámetros obtenidos con la metodología de González 1999 y resultados de ensayos de laboratorio se puede

ver en la siguiente tabla. El cálculo de los parámetros de resistencia siguiendo la metodología propuesta se encuentra en los anexos.

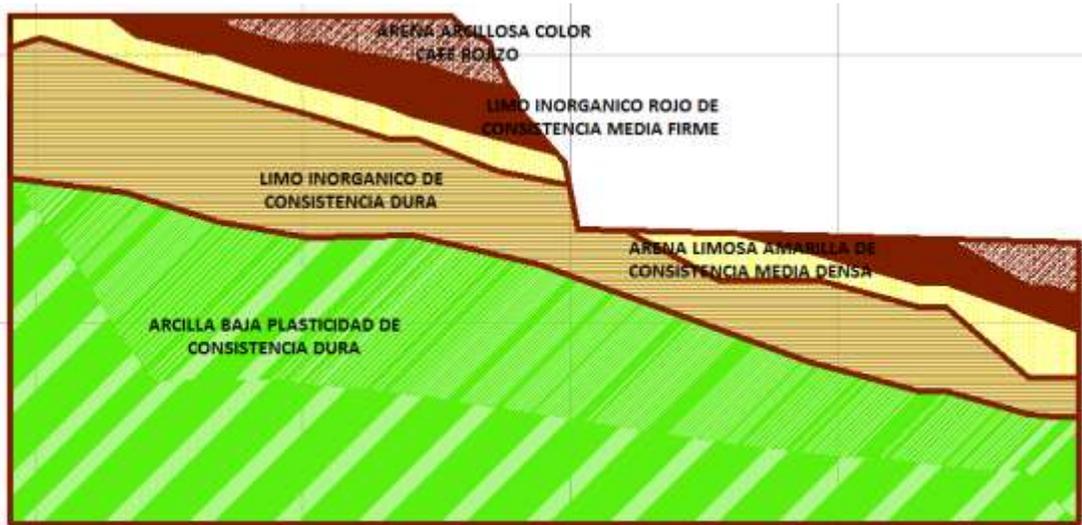
Tabla 11. Resumen de parámetros de resistencia para talud carrilera.

CUADRO DE RESUMEN EXPLORACIONES SONDEOS CARRILERA S1, S2, S3														
SONDEO	MUESTRA	ESPESOR [M]			DESCRIPCION	γ_{sat} [kN/m ³]	γ [kN/m ³]	E [kN/m ²]	CORTE DIRECTO RESISTENCIA PICO		CORTE DIRECTO RESISTENCIA RESIDUAL		METODOLOGIA DE GONZALEZ, 1999	
		INICIAL	FINAL	Δz					C [kN/m ²]	ϕ [°]	C [kN/m ²]	ϕ [°]	C [kN/m ²]	ϕ [°]
S1	M1	0,00	1,60	1,60	ARENA ARCILLOSA DE	22,05	19,61	7500					1,15	21,85
S1	M2	0,00	1,60	1,60	CONSISTENCIA SUELTA A	22,22	19,88	7500					1,15	21,85
S2	M1	1,70	2,30	0,60	MEDIA COLOR CAFÉ ROJIZO	18,60	14,08	31500					0,00	28,46
S1	M3	1,60	3,70	2,10	LIMO INORGANICO PARDO	19,40	19,00	26000	27,90	23,90	8,90	21,60	21,18	24,53
S1	M4	1,60	3,70	2,10	ROJIZO DE CONSISTENCIA	20,42	16,85	26000					21,18	24,53
S3	M1	0,00	2,60	2,60	FIRME	19,90	16,03	27000					17,78	26,44
S3	M2	0,00	2,60	2,60		19,35	15,15	27000					17,78	26,44
S1	M5	4,40	5,75	1,35	ARENA LIMOSA AMARILLA DE	18,86	14,37	45000					0,00	36,41
S2	M2	1,70	5,10	3,40	CONSISTENCIA MEDIA	19,40	19,00	44000	31,70	4,80	0,00	29,09	0,00	36,20
S2	M3	1,70	5,10	3,40		19,10	14,92	44000					0,00	36,20
S1	M6	4,60	8,20	3,60		19,27	15,03	44000					13,95	31,08
S1	M7	4,60	8,20	3,60	LIMO INORGANICO DE	21,19	18,08	44000					13,95	31,08
S2	M4	5,10	6,45	1,35	CONSISTENCIA DURA COLOR	19,64	15,93	42000					23,62	22,95
S3	M3	2,60	5,75	3,15	AMARILLO	18,18	13,30	46500					0,00	30,64
S3	M4	2,60	5,75	3,15		19,43	15,28	46500					0,00	30,64
S1	M8	8,20	9,10	0,90	ARCILLA DE BAJA	21,87	18,77	55000					0,00	37,33
S2	M5	6,45	7,35	0,90	PLASTICIDAD DE	19,71	15,39	43500					25,24	33,85
S3	M6	5,75	9,35	3,60	CONSISTENCIA DURA COLOR	19,99	15,84	43500					32,11	33,88
S3	M7	5,75	9,35	3,60	AMARILLO CLARO	21,84	18,71	43500					32,11	33,88
S3	M8	5,75	9,35	3,60		20,49	16,61	43500					32,11	33,88

Fuente: El Autor

El perfil representativo de este sector se encuentra en la siguiente imagen

Gráfica 51. Columna estratigráfica talud carrilera.



Fuente: El Autor

Los parámetros de resistencia para este perfil adoptados para el análisis son los siguientes

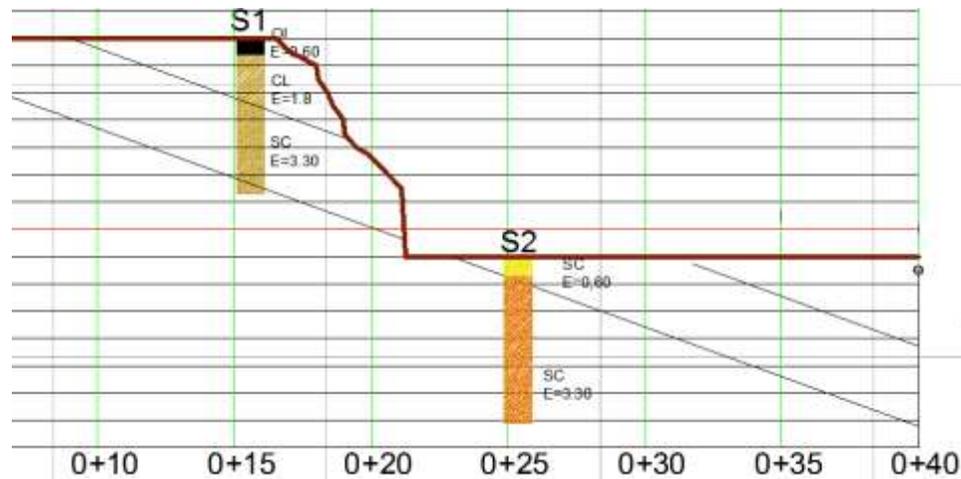
Tabla 12. Parámetros de resistencia acogidos para talud carrilera.

PARÁMETROS DE RESISTENCIA ADOPTADOS TALUD CARRILERA						
ESPESOR	DESCRIPCION	γ_{sat} [kN/m ³]	γ [kN/m ³]	E [kN/m ²]	C [kN/m ²]	ϕ [°]
1,60	ARENA ARCILLOSA DE CONSISTENCIA SUELTA A MEDIA COLOR CAFÉ ROJOZO	22,05	19,61	7500	1,51	28,46
2,60	LIMO INORGANICO PARDO ROJIZO DE CONSISTENCIA FORME	19,40	19,00	27000	27,90	23,90
3,40	ARENA LIMOSA AMARILLA DE CONSISTENCIA MEDIA	18,86	19,00	45000	31,20	48,00
3,60	LIMO INORGANICO DE CONSISTENCIA DURA COLOR AMARILLO	22,00	18,08	46500	13,95	31,08
3,60	ARCILLA DE BAJA PLATICIDAD DE CONSISTENCIA DURA COLOR AMARILLO	21,84	18,71	43500	32,12	33,80

Fuente: El Autor

9.4 SONDEOS VIVIENDAS. Representados con color azul en la gráfica No.1 correspondientes a S1, S2 respectivamente, en línea verde el perfil representativo. El resultado de las exploraciones se puede apreciar en la siguiente imagen

Gráfica 52. Localización de los sondeos talud viviendas.



Fuente: El Autor

El cálculo de los parámetros de resistencia siguiendo la metodología propuesta se encuentra en los anexos, los resultados son los siguientes

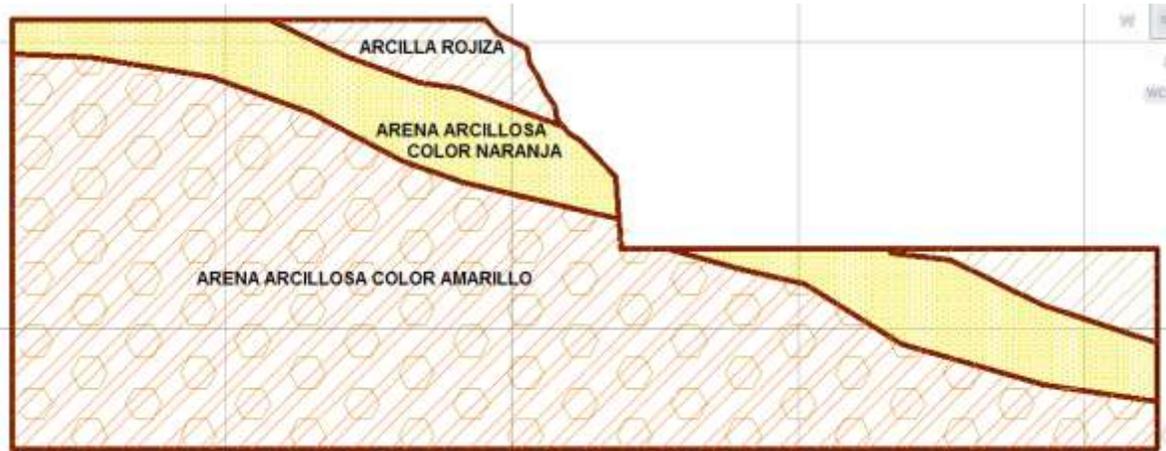
Tabla 13. Resumen de parámetros de resistencia talud viviendas.

CUADRO DE RESUMEN EXPLORACIONES SONDEOS TALUD VIVIENDAS S1, S2														
SONDEO	MUESTRA	ESPESOR [M]			DESCRIPCION	X_{int} [kN/m ³]	X [kN/m ³]	E [kN/m ²]	CORTE DIRECTO RESISTENCIA PICO		CORTE DIRECTO RESISTENCIA RESIDUAL		METODOLOGIA DE GONZALEZ, 1999	
		INICIAL	FINAL	Δz					C	ϕ	C	ϕ	C	ϕ
		[kN/m ²]	[°]	[kN/m ²]					[°]	[kN/m ²]	[°]			
S1	M2	0,30	2,40	2,10	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD COLOR ROJIZO	18,68	14,09	18000	21,66	14,09	19,66	27,57	0,00	34,79
S1	M3	2,40	6,00	3,60	ARNEA ARCILLOSA COLOR PARDO ROJIZO	18,51	13,97	27500					0,00	40,64
				0,00										
S2	M2	0,60	6,00	5,40	ARNEA ARCILLOSA COLOR AMARILLO	18,05	13,23	37000	28,65	19,95	21,61	14,09	0,00	37,92
S2	M3			0,00										
				0,00										

Fuente: El Autor

El perfil representativo de este sector se encuentra en la siguiente imagen

Gráfica 53. Muestra columna estratigráfica para talud viviendas.



Fuente: El Autor

Los parámetros de resistencia para el perfil de las viviendas adoptados para el análisis son los siguientes. Estos provienen de ensayos de corte directo y la metodología propuesta por González 1999.

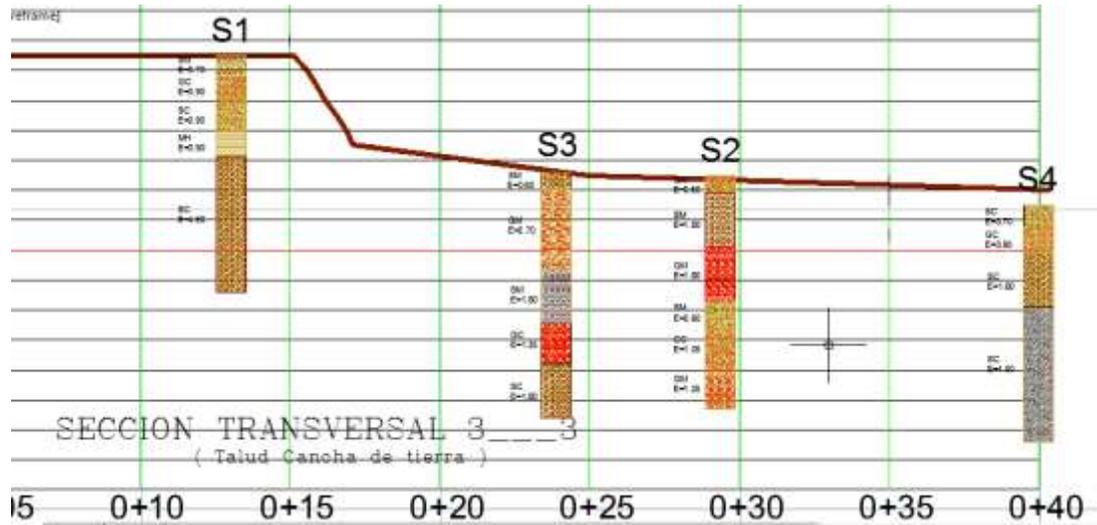
Tabla 14. Muestra parámetros de resistencia adoptados para talud viviendas.

PARÁMETROS DE RESISTENCIA ADOPTADOS TALUD VIVIENDAS						
ESPESOR	DESCRIPCION	γ_{sat} [kN/m ³]	γ [kN/m ³]	E [kN/m ²]	C [kN/m ²]	ϕ [°]
2,10	ARCILLA INORGANCA DE BAJA PLASTICIDAD COLOR ROJIZO	18,69	18,68	18000	19,66	27,57
3,60	ARENA ARCILLOSA COLOR NARANJA CON AMARILLO	18,51	18,51	27500	16,49	40,64
5,40	ARENA ARCILLOSA COLOR AMARILLO CLARO	18,05	18,05	37000	9,49	37,92

Fuente: El Autor

9.5 SONDEOS CANCHA. Representados con color azul en la gráfica No.1 correspondientes a S1, S2, S3, S4 respectivamente, en línea azul el perfil representativo. El resultado de las exploraciones se puede apreciar en la siguiente imagen.

Gráfica 54. Muestra perfil y localización de los sondeos cancha de tierra.



Fuente: El Autor

El cálculo de los parámetros de resistencia siguiendo la metodología propuesta se encuentra en los anexos, los resultados son los siguientes:

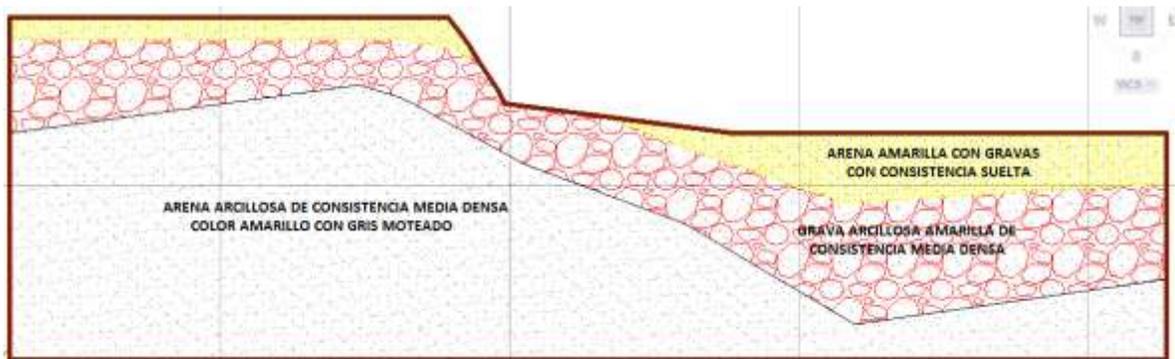
Tabla 15. Muestra resumen de parámetros de resistencia para zona de cancha de tierra.

CUADRO DE RESUMEN EXPLORACIONES SONDEOS CANCHA DE TIERRA S1, S2, S3, S4														
SONDEO	MUESTRA	ESPESOR [M]			DESCRIPCION	X_{sat} [kN/m ³]	γ [kN/m ³]	E [kN/m ²]	CORTE DIRECTO RESISTENCIA PICO		CORTE DIRECTO RESISTENCIA RESIDUAL		METODOLOGIA DE GONZALEZ, 1999	
		INICIAL	FINAL	Δz					C [kN/m ²]	ϕ [°]	C [kN/m ²]	ϕ [°]	C [kN/m ²]	ϕ [°]
S1	M1	0,00	0,70	0,70	ARENA AMARILLA CON GRAVAS CON CONSISTENCIA SUELTA	20,77	17,61							
S2	M1	0,60	2,40	1,80		21,47	18,72	30000					0,00	31,77
S3	M2	0,00	0,60	0,60		22,95	21,10							
S4	M1	0,00	0,70	0,70		21,87	18,14							
S1	M2	0,70	1,60	0,90	GRAVA ARCILLOSA AMARILLA DE CONSISTENCIA MEDIA DENSA	19,40	19,00		8,70	32,40	10,50	17,00		
S2	M3	2,40	4,20	1,80		21,14	18,16	29000					12,59	31,32
S2	M4	2,40	4,20	1,80		21,00	17,93	29000					12,59	31,32
S3	M2	0,60	3,30	2,70		21,48	18,69	27000					0,00	30,63
S4	M2	0,70	1,60	0,90	20,88	17,74	30000					0,00	30,63	
S1	M5	1,60	7,90	6,30	ARENA ARCILLOSA DE CONSISTENCIA MEDIA DENSA COLOR AMARILLO CON GRIS MOTEADO	20,87	17,77	40500					0,00	31,42
	M6	1,60	7,90	6,30		21,43	18,67	40500					0,00	31,42
	M7	1,60	7,90	6,30		21,58	18,90	40500					0,00	31,42
	M8	1,60	7,90	6,30		21,43	18,66	40500					0,00	31,42
S2	M5	4,20	5,10	0,90		22,91	21,04	39000					36,60	29,71
S3	M3	3,30	5,10	1,80		21,09	18,11	49500					0,00	34,32
S4	M3	1,60	7,90	6,30	18,17	13,43	54000					0,00	34,80	
	M4	1,60	7,90	6,30	21,75	19,17	54000					0,00	34,80	
	M5	1,60	7,90	6,30	20,82	17,69	54000					0,00	34,80	
	M6	1,60	7,90	6,30	21,38	18,58	54000					0,00	34,80	

Fuente: El Autor

El perfil representativo de este sector se encuentra en la siguiente imagen

Gráfica 55. Muestra perfil estratigráfico cancha de tierra.



Fuente: El Autor

Los parámetros de resistencia adoptados para este perfil son los siguientes. Estos provienen de ensayos de corte directo y la metodología propuesta por González 1999.

Tabla 16. Muestra parámetros de resistencia adoptados para talud cancha de tierra.

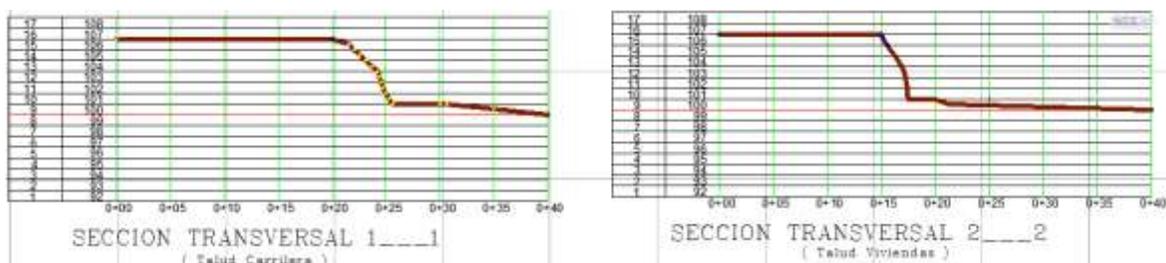
<i>PARÁMETROS DE RESISTENCIA ADOPTADOS TALUD CANCHA DE TIERRA</i>						
ESPESOR	DESCRIPCION	γ_{sat} [kN/m³]	γ [kN/m³]	E [kN/m²]	C [kN/m²]	Φ [°]
1,80	ARENA AMARILLA CON GRAVAS CON CONSISTENCIA SUELTA	21,47	18,72	30000	0,00	31,77
2,70	GRAVA ARCILLOSA AMARILLA DE CONSISTENCIA MEDIA DENSA	21,00	17,93	30000	8,70	32,40
6,30	ARENA ARCILLOSA DE CONSISTENCIA MEDIA DENSA COLOR AMARILLO CON GRIS MOTEADO	21,75	19,77	40500	0,00	34,80

Fuente: El Autor

10. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD TALUD CARRILERA

El análisis se realizó con la ayuda de las herramientas software Slope/W y Plaxis, en condiciones estáticas y dinámicas. Con las secciones transversales provenientes de la topografía junto con la columna estratigráfica obtenida para cada sitio, se realizaron análisis de estabilidad global empleando modelos de métodos de equilibrio límite con los que se evaluaron los factores de seguridad con el fin de obtener un modelo geológico geotécnico el cual involucre la superficie de rotura más crítica esto conforme por lo exigido el título H, numeral H.5.2.3 de la NSR-10. Las secciones transversales evaluadas para la zona de las viviendas y la cancha de tierra se ven en las dos siguientes imágenes:

Gráfica 56. Muestra perfiles para talud carrilera y talud viviendas.



Fuente: El Autor

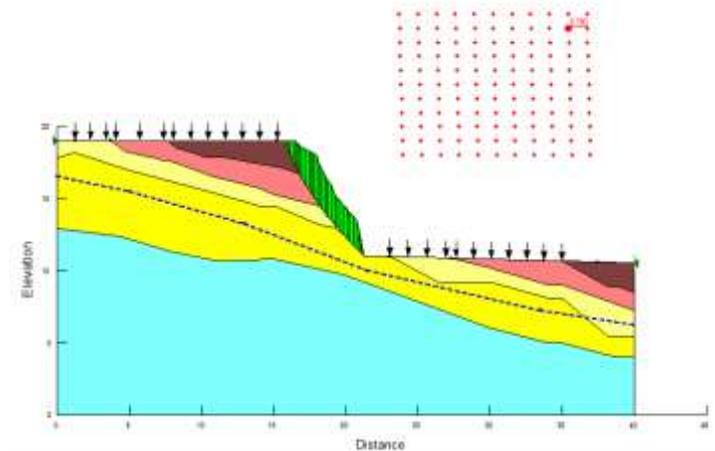
Gráfica 57. Muestra perfiles para cancha de tierra.



Fuente: El Autor

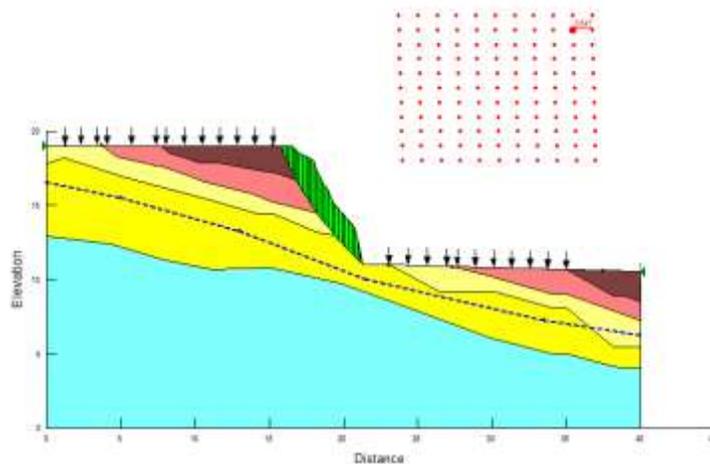
A continuación se pueden observar los factores de seguridad estático y dinámico para las condiciones actuales del talud de la carrilera.

Gráfica 58. Muestra análisis de estabilidad global para condiciones estáticas $A=0.12g$ talud carrilera.



Fuente: El Autor

Gráfica 59. Muestra análisis de estabilidad global para condiciones seudo estáticas $A=0.12g$ talud carrilera



Fuente: El Autor

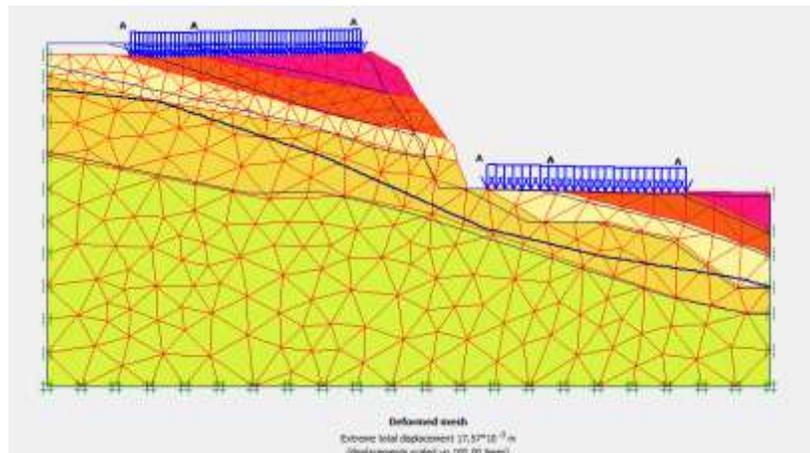
Los resúmenes de los análisis de estabilidad global para el talud de la carrilera se pueden observar en la tabla que sigue

Tabla 17. Muestra factores de seguridad para análisis de estabilidad global estático y dinámico talud carrilera.

RESUMEN FACTORES DE SEGURIDAD TALUD CARRILERA PARA ANALISIS DE ESTABILIDAD GLOBAL				
ANALISIS	F.S Ordinario	F.S Bishop	F.S Janbu	F.S Spencer
Análisis estático condición actual	0,763	0,777	0,745	0,780
Análisis dinámico con carga sísmica 0,12g condición actual	0,625	0,645	0,606	0,647

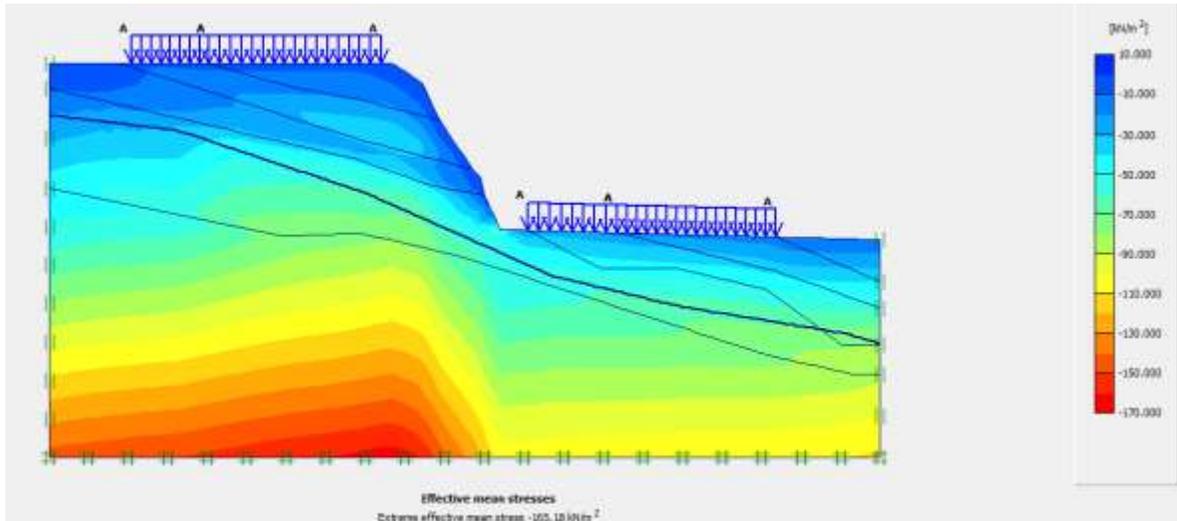
Fuente: El Autor

Gráfica 60. Muestra malla deformada modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 1-1´.



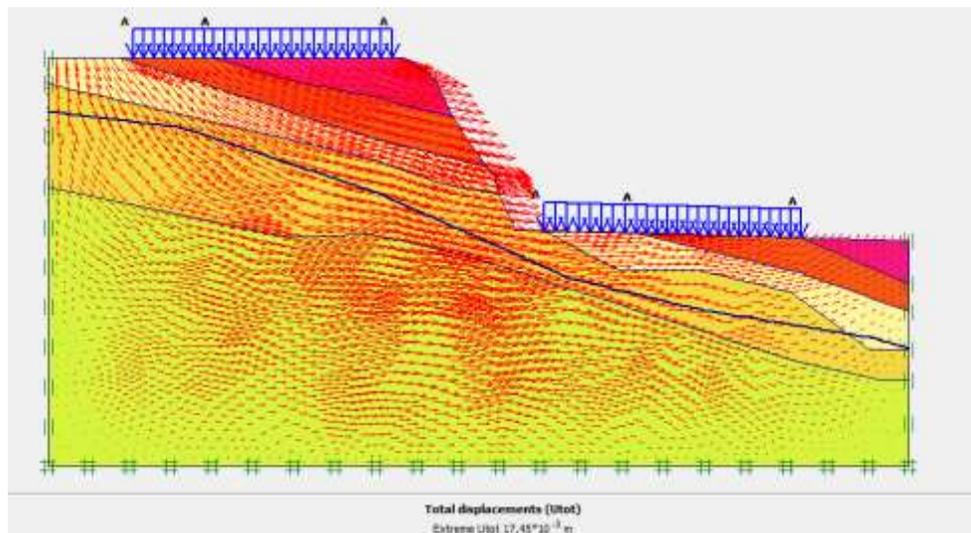
Fuente: El Autor

Gráfica 61. Muestra diagrama de esfuerzos efectivos (máximo -165.18 kN/m^2) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 1-1´.



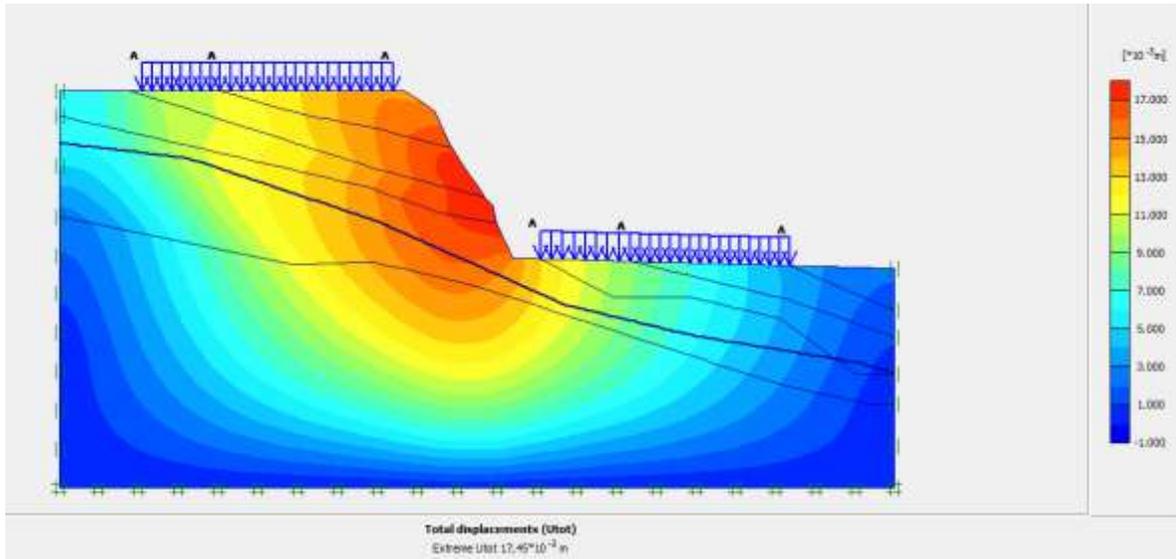
Fuente: El Autor

Gráfica 62. Muestra diagrama de flechas desplazamientos totales (máximo $17.45 \times 10^{-3} \text{ m}$) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 1-1´.



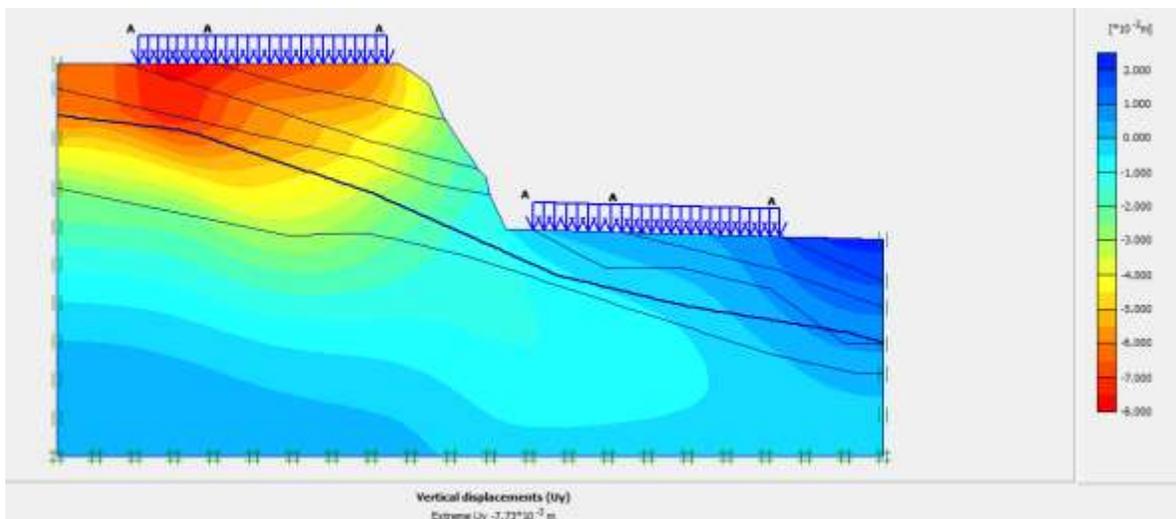
Fuente: El Autor

Gráfica 63. Muestra diagrama contornos desplazamientos totales (máximo $17.45 \times 10^{-3} \text{m}$) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 1-1´



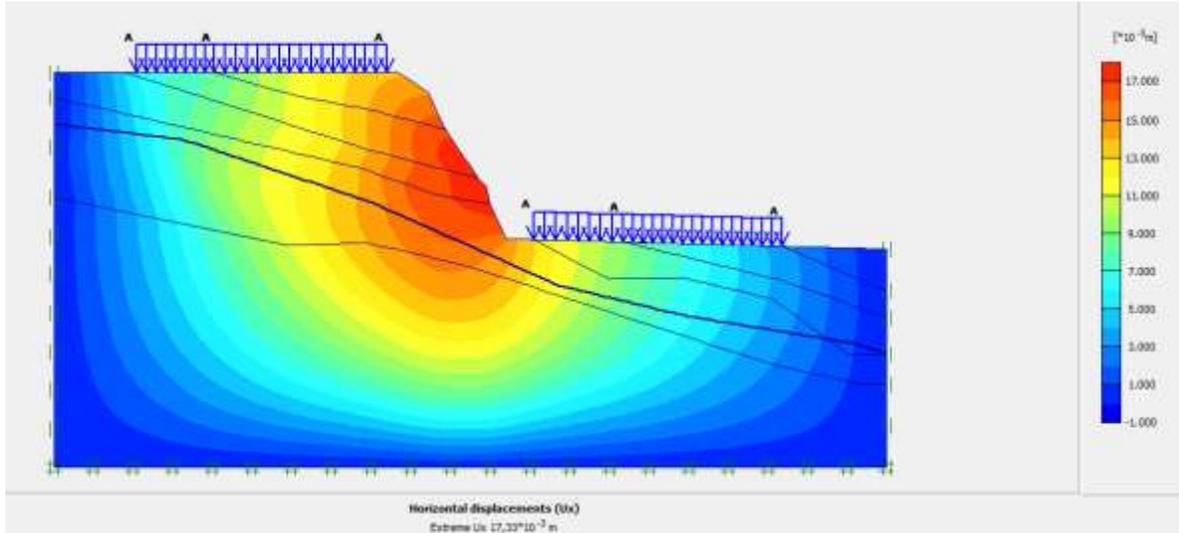
Fuente: El Autor

Gráfica 64. Muestra diagrama contornos desplazamientos verticales (máximo $-7.73 \times 10^{-3} \text{m}$) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 1-1´



Fuente: El Autor

Gráfica 65. Muestra diagrama contornos desplazamientos horizontales (máximo $17.33 \times 10^{-3} \text{m}$) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 1-1´



Fuente: El Autor

El análisis se hace con el fin de obtener los factores de seguridad, superficies potenciales de falla y desplazamientos del talud en las condiciones actuales, para lo cual en la primera etapa se emplea el programa Slope/W ya que este emplea métodos de equilibrio límite en la obtención de los factores de seguridad. Los métodos de rebanadas empleados en el análisis fueron, Janbu, Ordinario, Bishop y Spencer, este último emplea equilibrio de fuerzas y momentos, esto conforme a lo sugerido en el numeral 5.7.3 de FHWA-IF-99-015 en el cual recomiendan la utilización de los métodos de equilibrio límite para la ubicación de la superficie de falla.

El análisis con el empleo del software Plaxis permite determinar los desplazamientos y esfuerzos para el modelo en las condiciones actuales. En este análisis se puede observar el comportamiento de los desplazamientos, como por ejemplo el que se muestra en la imagen No.13 en el cual se pueden ver los

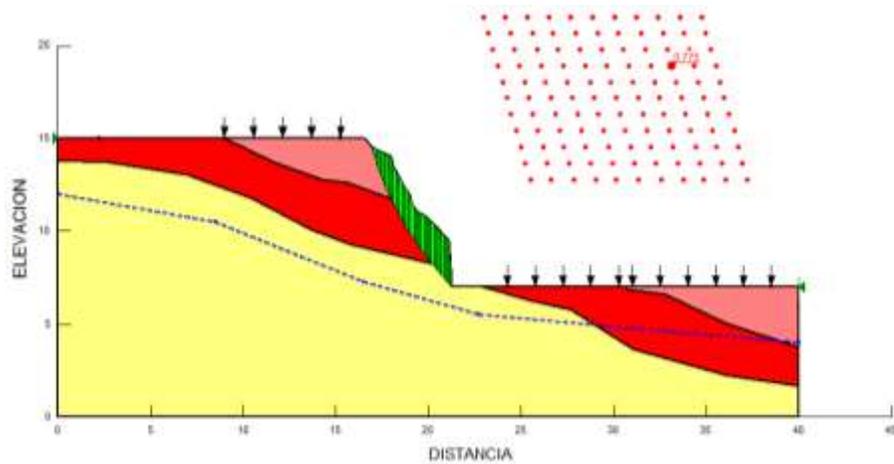
desplazamientos totales (máx. $17.45 \times 10^{-3} \text{m}$) y sus trayectorias que sugieren un posible movimiento rotacional. Adicionalmente en las imágenes No. 15 y 16 se pueden ver los desplazamientos tanto en la dirección vertical como horizontal (máximo desplazamiento en la dirección "x" $17.33 \times 10^{-3} \text{m}$ y en la dirección "y" - $7.73 \times 10^{-3} \text{m}$)

La concentración de estos desplazamientos se encuentra localizada en la corona y pie del talud, afectando las viviendas que se encuentran ubicadas en la parte superior, tal y como se puede apreciar en las imágenes (patologías), en las que se muestran las afecciones que en general sufren las viviendas desde la parte media hasta la parte posterior colindante con la corona del talud. Entre las cuales podemos destacar grietas a 45 grados, marcos de ventanas y puertas trabadas, grietas en pisos con posible compromiso de las tuberías de drenaje de aguas lluvias. Estas patologías originadas por asentamientos diferenciales y cimentaciones deficientes.

11. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD TALUD VIVIENDAS

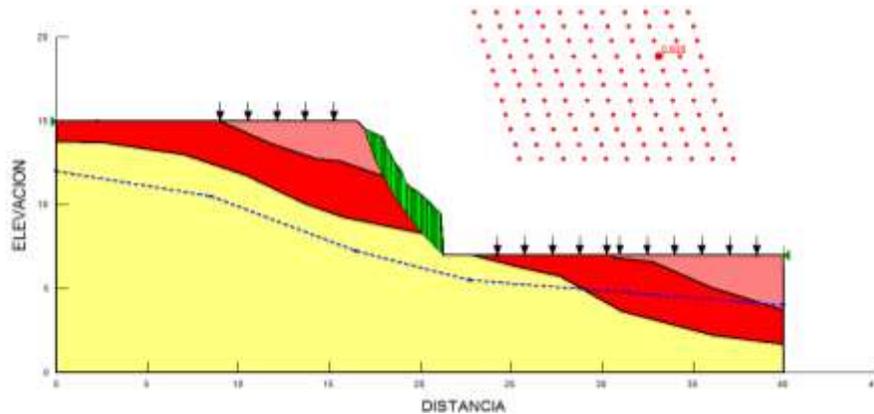
La metodología aplicada en el numeral anterior también se emplea para realizar este análisis

Gráfica 66. Muestra análisis de estabilidad global para condiciones estáticas talud viviendas.



Fuente: El Autor

Gráfica 67 Muestra análisis de estabilidad global para condiciones pseudo-estáticas talud viviendas $A=0.12g$.



Fuente: El Autor

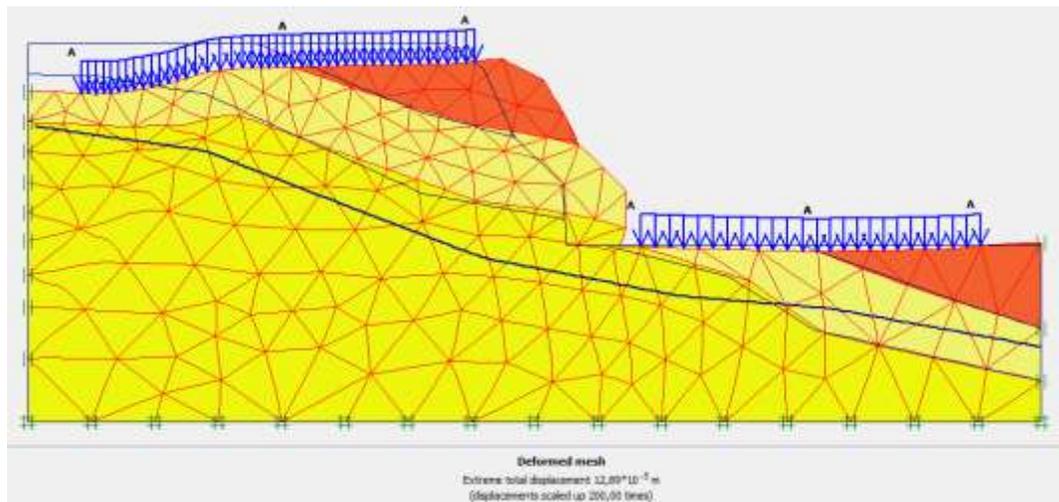
Resumen de resultados para el análisis de estabilidad global se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 18. Muestra factores de seguridad para análisis de estabilidad global estático y dinámico talud viviendas.

<i>RESUMEN FACTORES DE SEGURIDAD TALUD VIVIENDAS PARA ANALISIS DE ESTABILIDAD GLOBAL</i>				
<i>ANALISIS</i>	<i>F.S Ordinario</i>	<i>F.S Bishop</i>	<i>F.S Janbu</i>	<i>F.S Spencer</i>
<i>Análisis estático condición actual</i>	0,754	0,796	0,745	0,775
<i>Análisis dinámico con carga sísmica 0,12g condición actual</i>	0,609	0,653	0,598	0,639

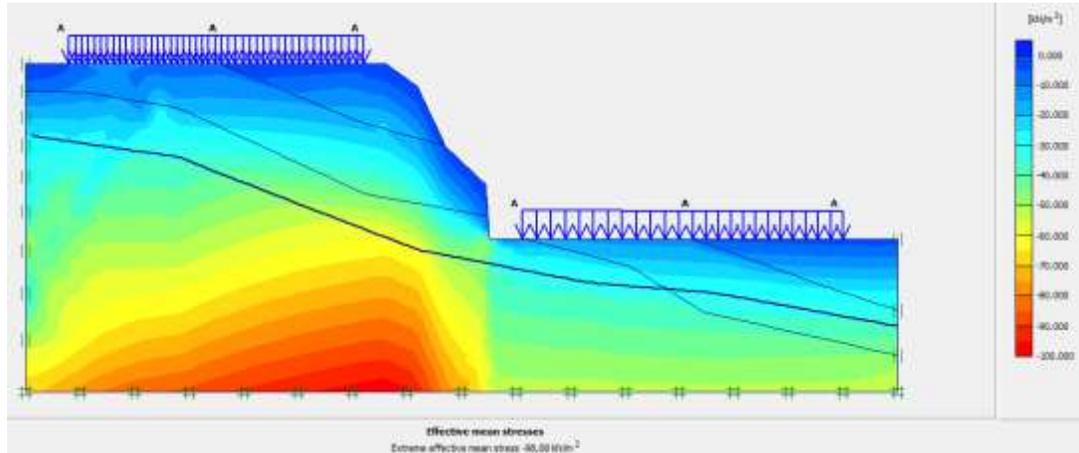
Fuente: El Autor

Gráfica 68. Muestra malla deformada modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 2-2'



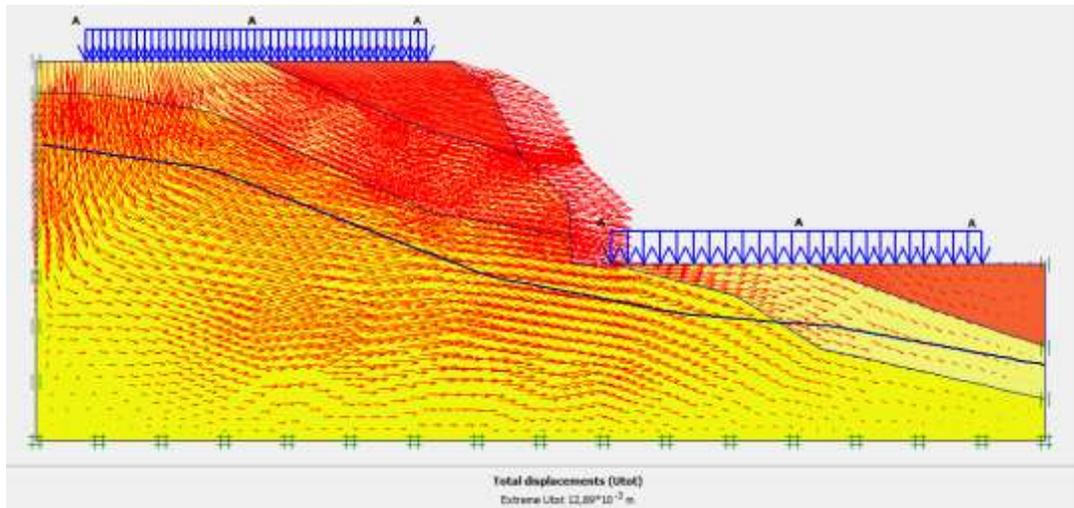
Fuente: El Autor

Gráfica 69. Muestra diagrama de esfuerzos efectivos (máximo -98.08 kN/m^2) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 2-2'



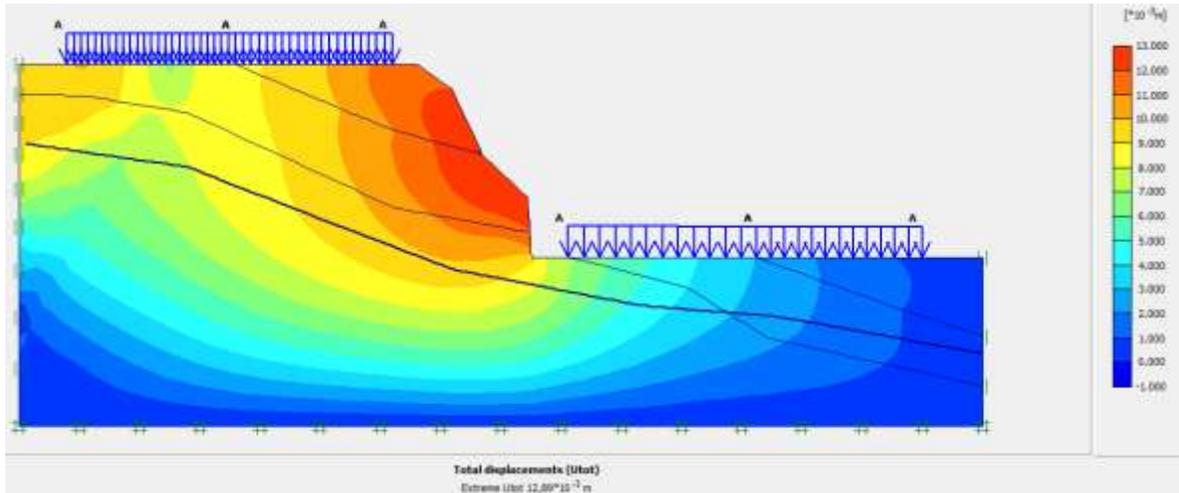
Fuente: El Autor

Gráfica 70. Muestra diagrama de flechas desplazamientos totales (máximo $12.89 \times 10^{-3} \text{ m}$) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 2-2'



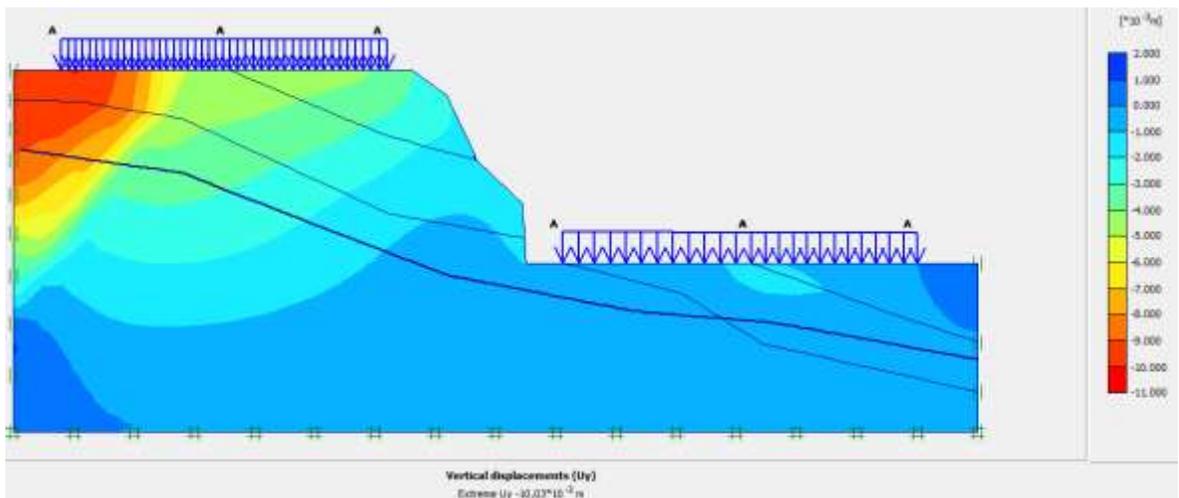
Fuente: El Autor

Gráfica 71. Muestra diagrama contornos desplazamientos totales (máximo $12.89 \times 10^{-3} \text{m}$) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 2-2'



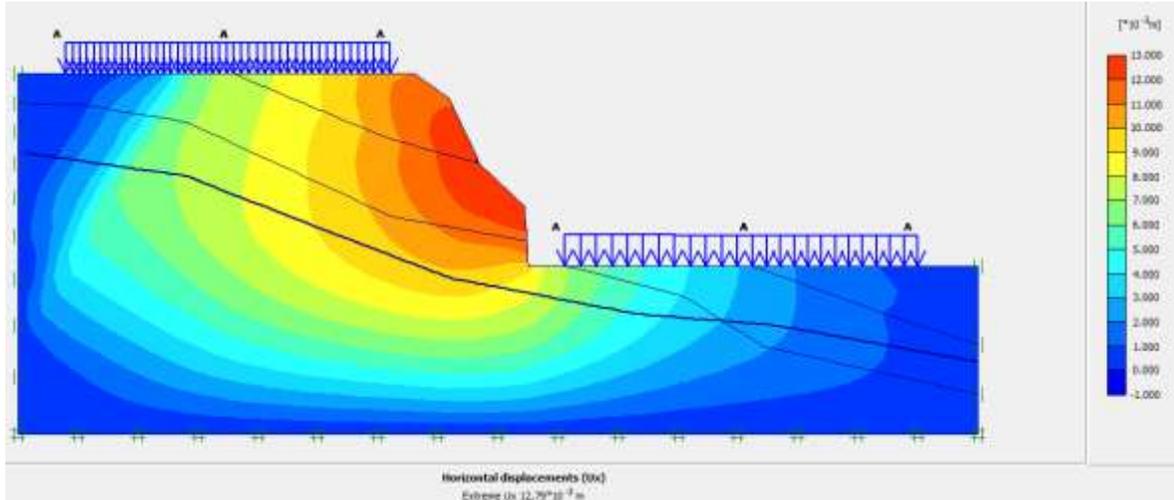
Fuente: El Autor

Gráfica 72. Muestra diagrama contornos desplazamientos verticales (máximo $-10.03 \times 10^{-3} \text{m}$) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 2-2'



Fuente: El Autor

Gráfica 73 Muestra diagrama contornos desplazamientos horizontales (máximo $12.79 \times 10^{-3} \text{m}$) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 2-2'



Fuente: El Autor

El análisis se hace con el fin de obtener los factores de seguridad, superficies potenciales de falla y desplazamientos del talud en las condiciones actuales, para lo cual en la primera etapa se emplea el programa Slope/W ya que este emplea métodos de equilibrio límite en la obtención de los factores de seguridad. Los métodos de rebanadas empleados en el análisis fueron, Janbu, Ordinario, Bishop y Spencer, este último emplea equilibrio de fuerzas y momentos, esto conforme a lo sugerido en el numeral 5.7.3 de FHWA-IF-99-015 en el cual recomiendan la utilización de los métodos de equilibrio límite para la ubicación de la superficie de falla.

El análisis con el empleo del software Plaxis permite determinar los desplazamientos y esfuerzos para el modelo en las condiciones actuales. En este análisis se puede observar el comportamiento de los desplazamientos, como por ejemplo el que se muestra en la imagen No.21 en el cual se pueden ver los desplazamientos totales (máx. $12.89 \times 10^{-3} \text{m}$) y sus trayectorias que sugieren un posible movimiento rotacional. Adicionalmente en las imágenes No. 23 y 24 se

pueden ver los desplazamientos tanto en la dirección vertical como horizontal (máximo desplazamiento en la dirección “x” $12.79 \times 10^{-3} \text{m}$ y en la dirección “y” - $10.03 \times 10^{-3} \text{m}$)

La concentración de estos desplazamientos se encuentra localizada en la corona y pie del talud, afectando las viviendas que se encuentran ubicadas en la parte superior, tal y como se puede apreciar en las imágenes (patologías), en las que se muestran las afecciones que en general sufren las viviendas desde la parte media hasta la parte posterior colindante con la corona del talud. Entre las cuales podemos destacar grietas a 45 grados, marcos de ventanas y puertas trabadas, grietas en pisos con posible compromiso de las tuberías de drenaje de aguas lluvias. Estas patologías originadas por asentamientos diferenciales y cimentaciones deficientes.

12. PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN PARA TALUD CARRILERA Y VIVIENDAS

Como alternativa de estabilización se propone conformar el talud (1V: 0.78H 52°) haciendo un pequeño corte que permita reducir la inclinación, adicionalmente se implementaran dos filas de anclajes con longitud 10m cada uno, y una inclinación de 15° separados horizontalmente cada dos metros con cargas de 25 ton para la fila superior y 20 toneladas para la fila inferior, también se recomienda la implementación de una cara de concreto lanzado de 3000 psi con espesor de 0.15m. Adicionalmente se debera instalar drenes de perforacion para abatimiento de niveles freaticos, para la propuesta los resultados del análisis son los siguientes.

Según la FHWA-IF-99-015 en el numeral 5.3.4 tiene las siguientes consideraciones respecto a la longitud libre de anclado la cual establece un mínimo de 4.5m para torones, y sugiere emplear una distancia de 1.5m o H/5 detrás de la superficie critica de falla como extensión de la longitud libre de anclado.

De igual forma la FHWA-IF-99-015 en el numeral 5.3.6 establece que la longitud de anclado dependerá de características como el método de perforación, la calidad y la limpieza del barreno así como del diámetro de perforación. Para cargas de diseño que se encuentren entre 260kN y 1160kN y diámetros menores a 150mm sugieren las siguientes recomendaciones;

- Inclinación para anclajes entre 10° y 45°.
- Una longitud libre de anclaje de 3 metros para barras y 4.5m para torones.

- Longitud de anclaje para sistemas de instalación de grouting por gravedad, inyectado y reinyectados sugiere 4.5 a 12 metros esto debido a que longitudes superiores a 12m no proporcionan mayores incrementos en la capacidad de anclaje.

Las características principales para los anclajes empleados en el modelo se muestran en la tabla que sigue:

Tabla 19. Dimensionamiento de anclajes activos para estabilización de talud viviendas y carrilera.

NIVEL	ELEMENTO DE ANCLAJE	AREA [mm ²]	Es [tf]	Tg [tf]	Fpu [tf]	Ta [tf]	TENSIÓN [tf]	LONGITUD DE PERFORACION	LONGITUD DE BULBO
93,50	Ø26DY	551	41	47	58	28	25	10,0	4,5
95,50	Ø26DY	551	41	47	58	28	20	10,0	4,5

Fuente: El Autor

Por lo tanto, al utilizar anclajes permanentes la carga de tracción máxima admisible (service load o designa load) corresponde a⁴⁹:

$$T_a \leq 0.60T_g$$

$$T_a \leq 0.60[A * F_{pu}]$$

T_g : Carga que representa el límite elástico al 0.1% de la deformación unitaria, en el diagrama de esfuerzo deformación para barras o cables.

0.60: Coeficiente de seguridad para anclajes permanentes.

F_{pu} : Carga de rotura

A: Área de sección transversal del elemento

⁴⁹ Roberto Ucar Navarro, "Manual de Anclajes en Obras de Tierra", Facultad de Ingeniería Mérida Venezuela, 2002.

Para el tipo de barra seleccionada la carga de tracción máxima admisible es

$$T_a = 0.60 \left[(551 \text{mm}^2) (834 \text{N/mm}^2) \right] = 276 \text{kN}$$

Para el cálculo de la longitud de anclaje (longitud del bulbo) se empleó la siguiente expresión

$$L_b = \frac{Q_R}{\varphi \pi d \tau_n}$$

φ : Factor de resistencia para el arrancamiento del anclaje

Q_R : Resistencia mayorada al arrancamiento de los anclajes de eje recto

τ_n : Tensión nominal de adherencia del anclaje

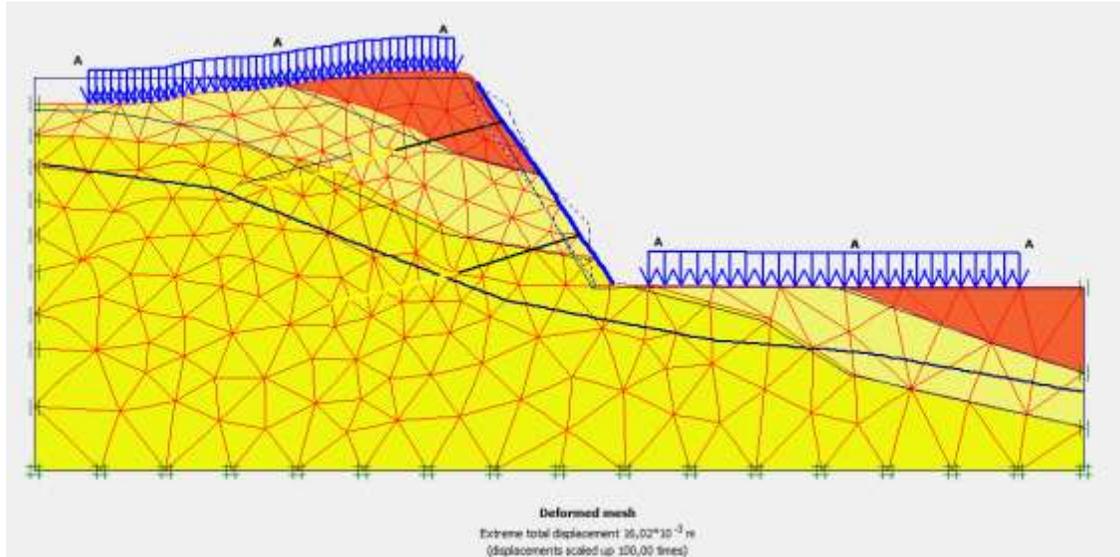
L_b : Longitud de adherencia del anclaje

Teniendo en cuenta la expresión anterior se calcula la longitud de anclaje como sigue

$$L_b = \frac{276}{0.65 * \pi * 0.10 * 0.30} = 4505.31 \text{mm} \approx 4.5 \text{m}$$

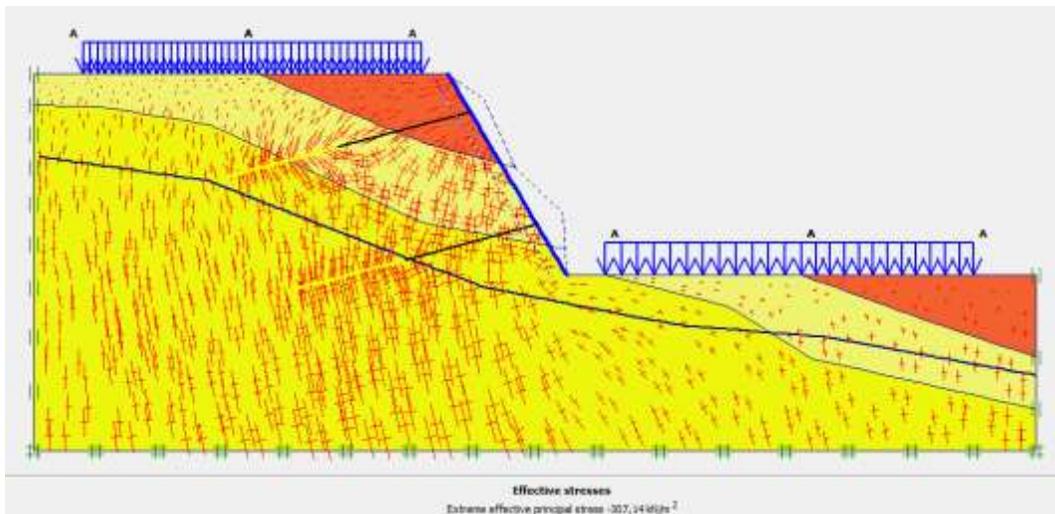
Las dimensiones de los anclajes se pueden ver en la tabla No.9. Para el análisis de esfuerzo deformación y momentos se utilizó un software de elementos finitos (PLAXIS 2D). Los resultados son los siguientes en su orden primero para el talud de las viviendas y posteriormente para el talud de carrilera.

Gráfica 74. Muestra malla deformada aplicando la propuesta de estabilización (máximo $16.02 \times 10^{-3} \text{m}$) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 1-1'



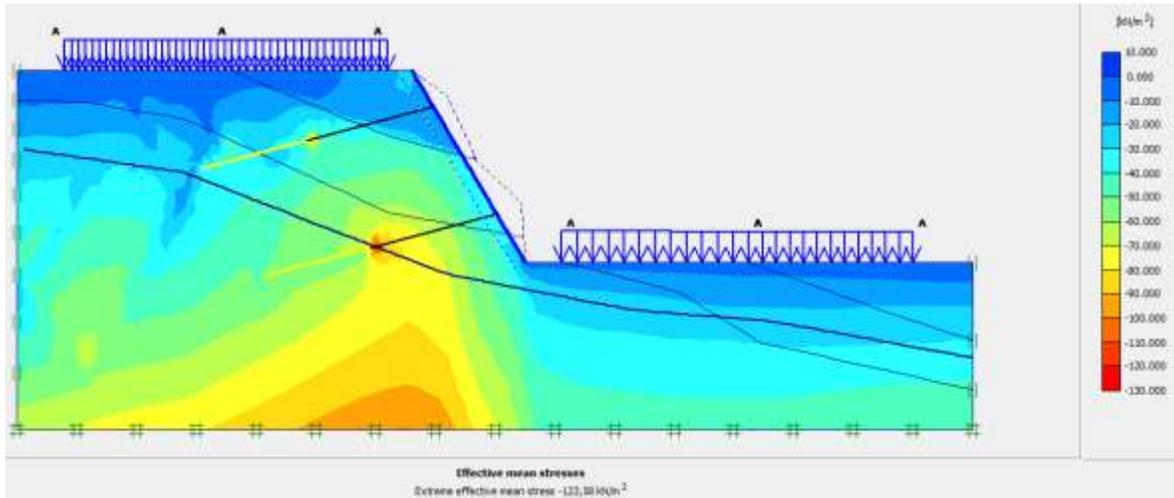
Fuente: El Autor

Gráfica 75. Muestra diagrama de esfuerzos efectivos con sus direcciones principales (máx -307.14 kN/m^2) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 1-1'



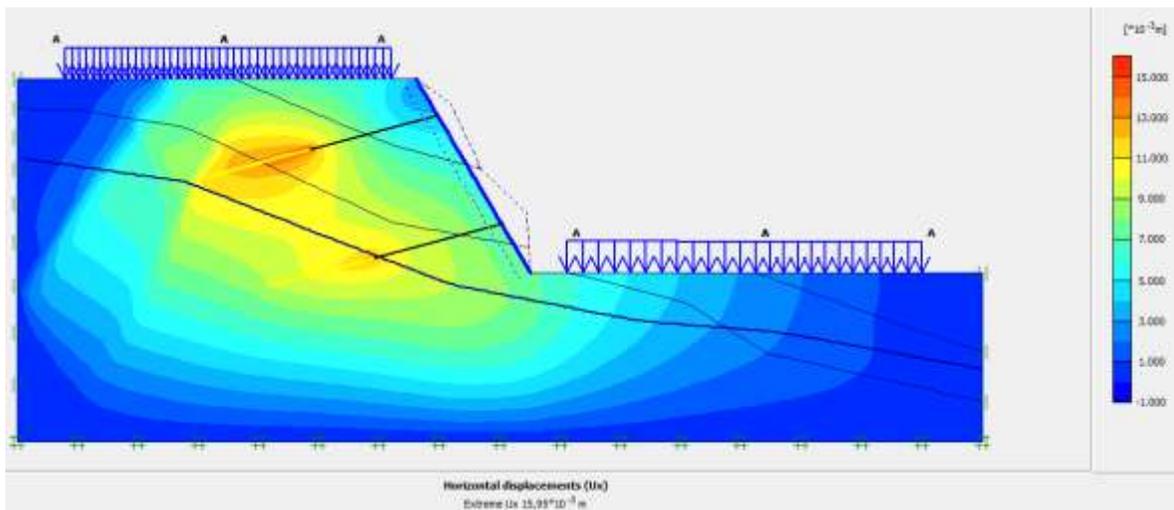
Fuente: El Autor

Gráfica 76. Muestra diagrama de esfuerzos efectivos (máximo -123.58 kN/m^2) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 1-1´



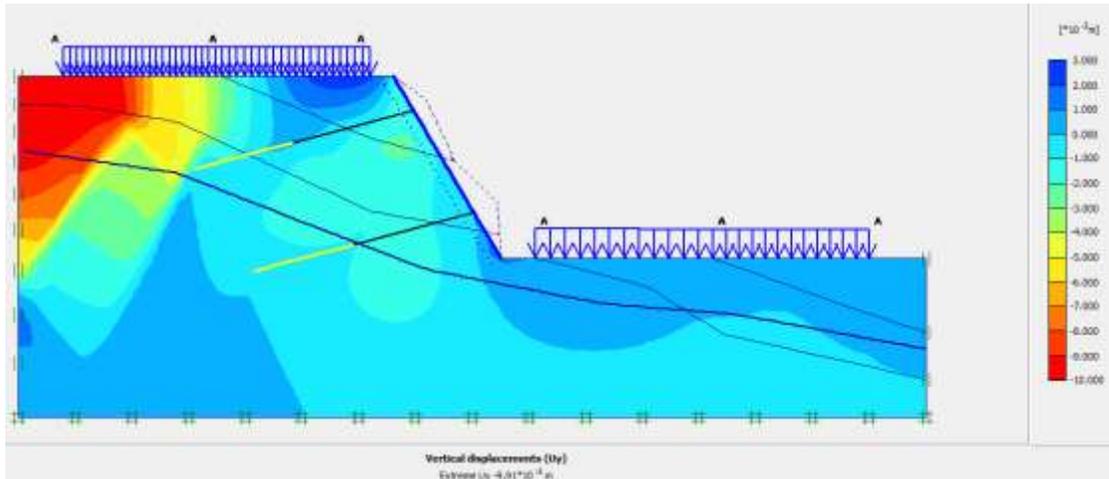
Fuente: El Autor

Gráfica 77. Muestra desplazamientos horizontales (máximo $U_x 15.95 \times 10^{-3} \text{ m}$) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 1-1´



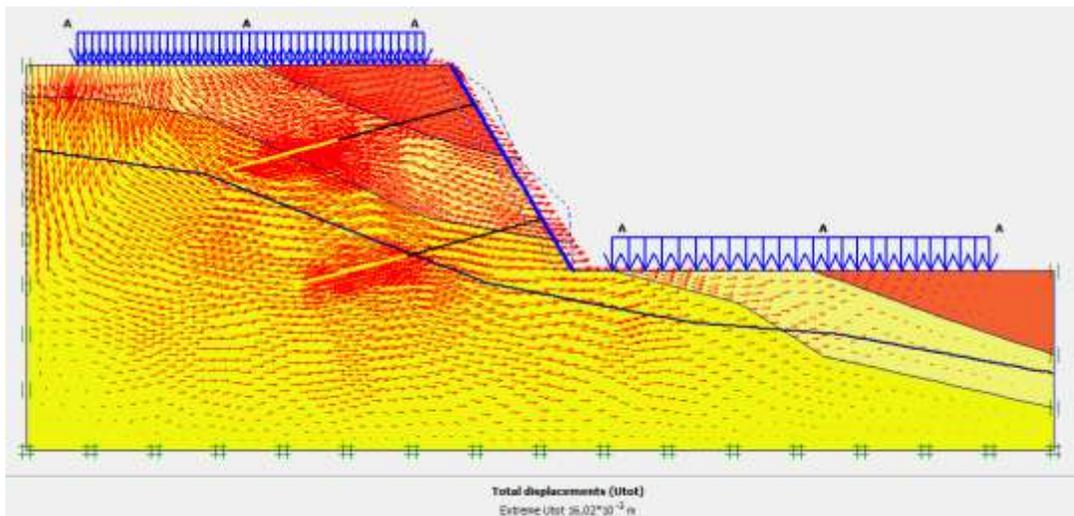
Fuente: El Autor

Gráfica 78 Muestra desplazamientos verticales (máximo U_y $-9.91 \times 10^{-3} \text{m}$) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 1-1´



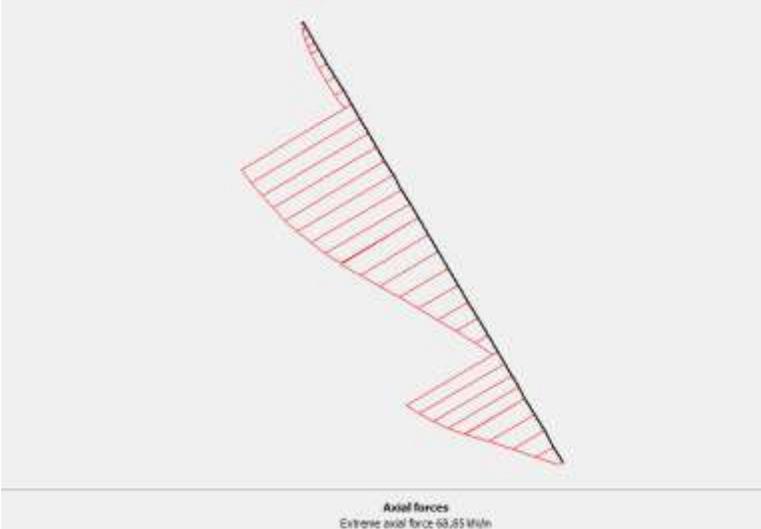
Fuente: El Autor

Gráfica 79 Muestra desplazamientos verticales (máximo U_y $-9.91 \times 10^{-3} \text{m}$) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 1-1´



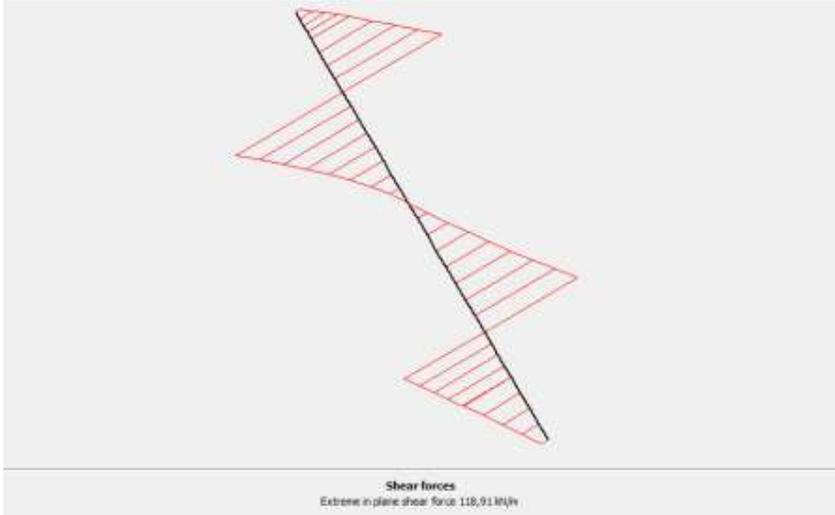
Fuente: El Autor

Gráfica 80 Muestra diagrama de fuerza axial (fuerza axial 68.85 kN/m) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 1-1´



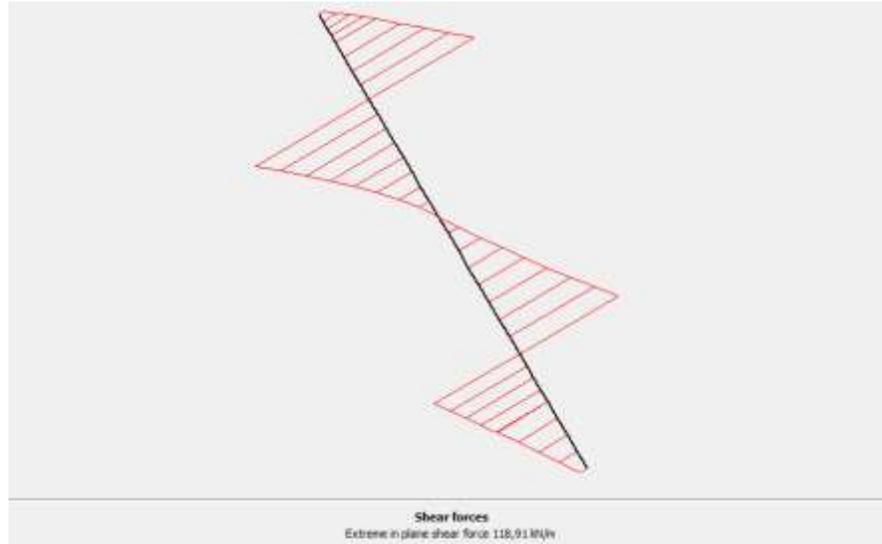
Fuente: El Autor

Gráfica 81 Muestra diagrama de cortante (fuerza cortante 118.91 kN/m) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 1-1´



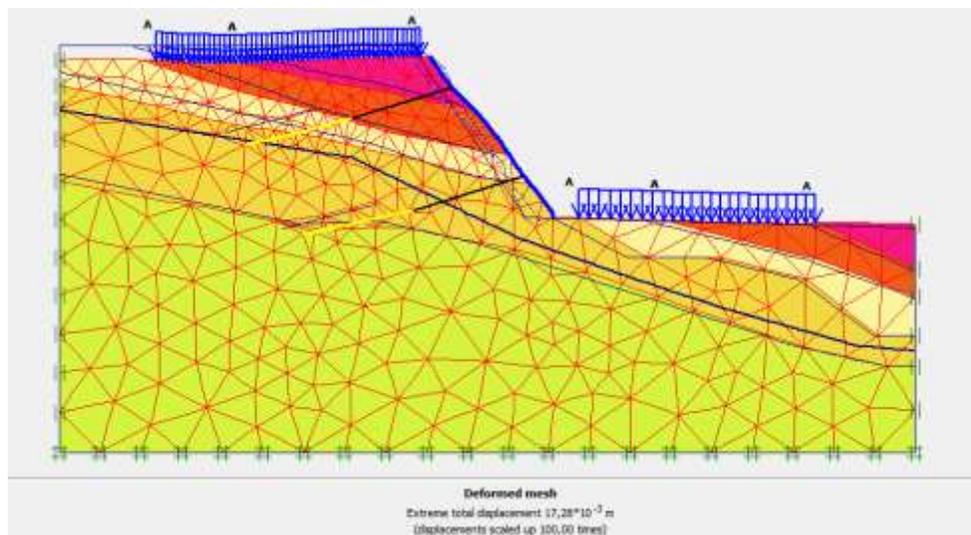
Fuente: El Autor

Gráfica 82. Muestra diagrama de momentos (momento -113.36 kN*m/m) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 1-1´



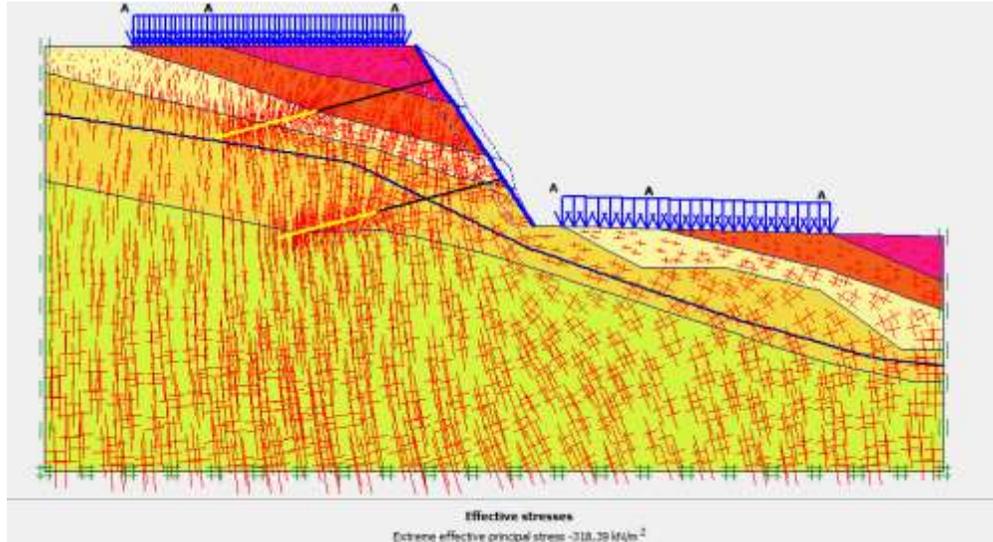
Fuente: El Autor

Gráfica 83. Muestra malla deformada aplicando la propuesta de estabilización (máximo $17.28 \times 10^{-3} \text{ m}$) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 2-2´



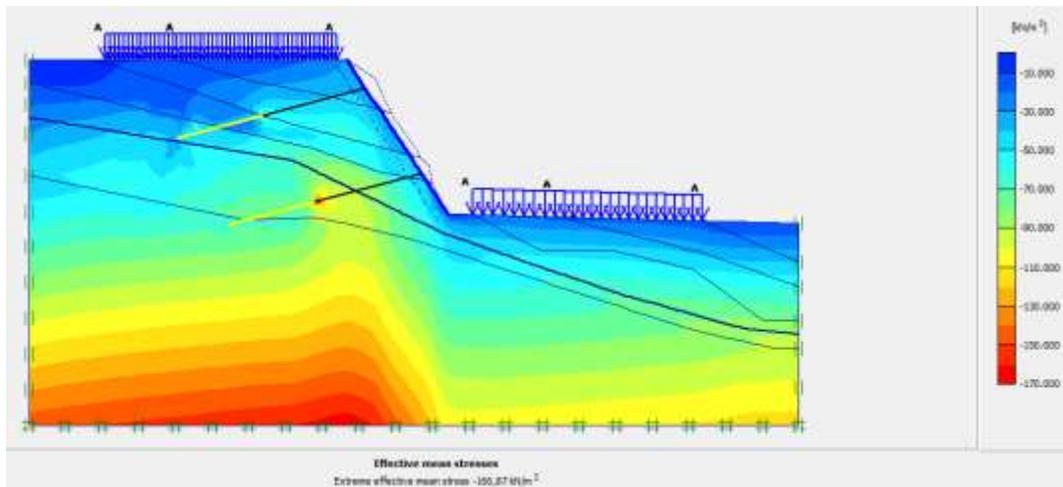
Fuente: El Autor

Gráfica 84. Muestra diagrama de esfuerzos efectivos con sus direcciones principales (máx -318.39 kN/m²) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 2-2'



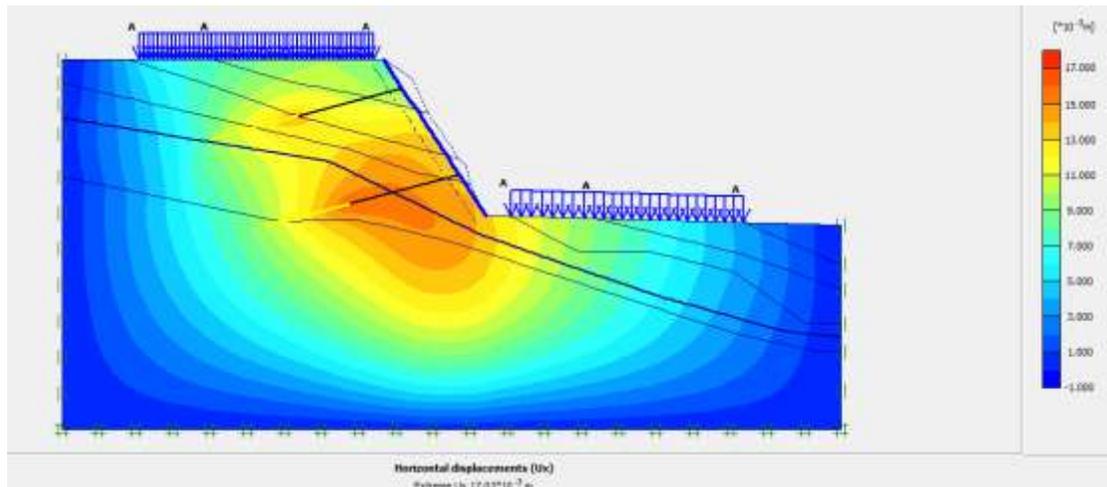
Fuente: El Autor

Gráfica 85. Muestra diagrama de esfuerzos efectivos con sus direcciones principales (máx -318.39 kN/m²) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 2-2'



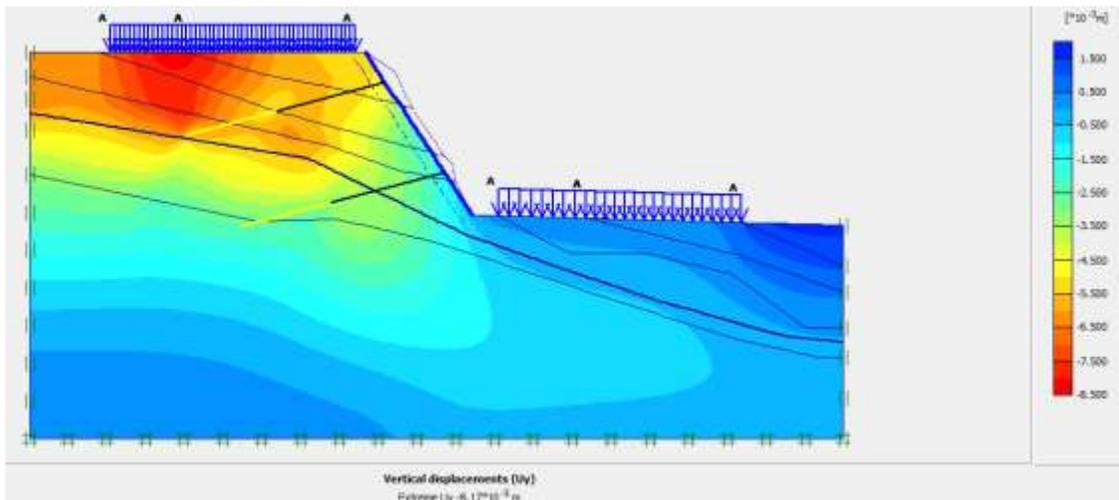
Fuente: El Autor

Gráfica 86. Muestra diagrama de esfuerzos efectivos (máximo -318.39 kN/m²) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 2-2´



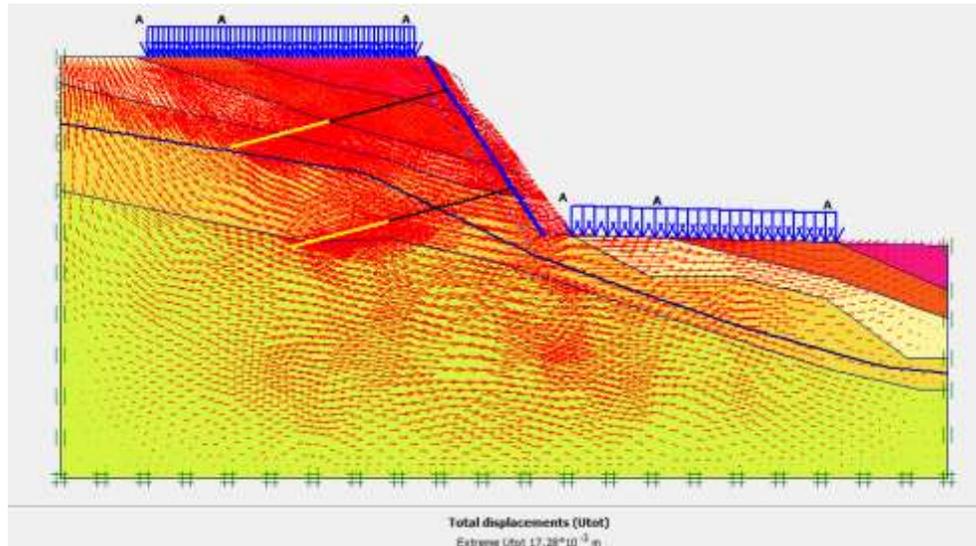
Fuente: El Autor

Gráfica 87. Muestra desplazamientos horizontales (máximo $U_x 17.03 \times 10^{-3} m$) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 2-2´



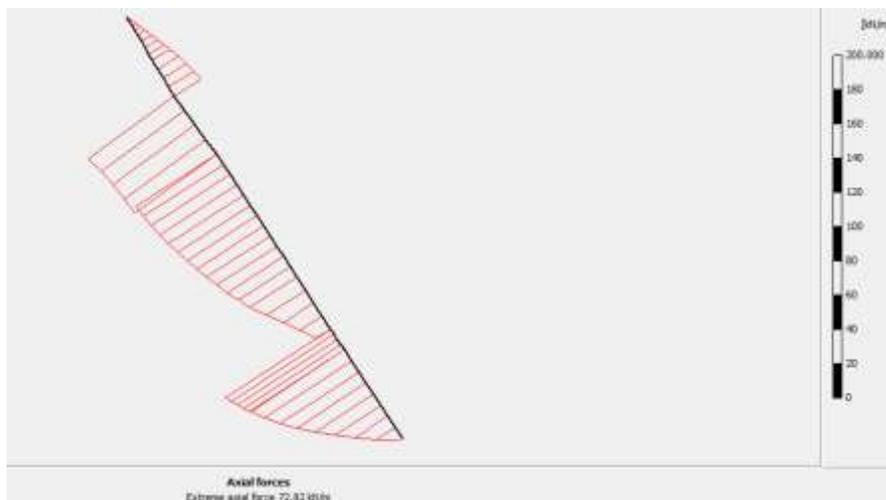
Fuente: El Autor

Gráfica 88. Muestra desplazamientos verticales (máximo $U_y -8.17 \times 10^{-3} \text{m}$) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 2-2'



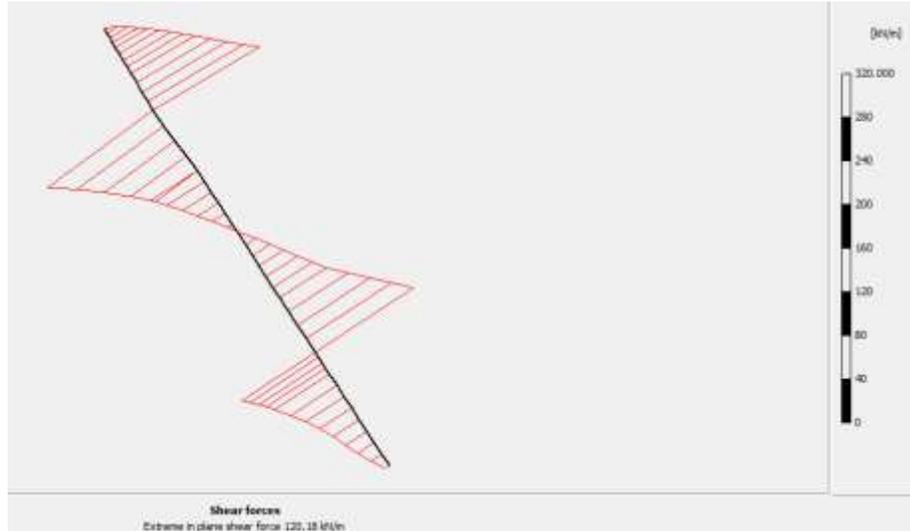
Fuente: El Autor

Gráfica 89. Muestra desplazamientos totales (máximo $U_{tot} 17.28 \times 10^{-3} \text{m}$) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 2-2'



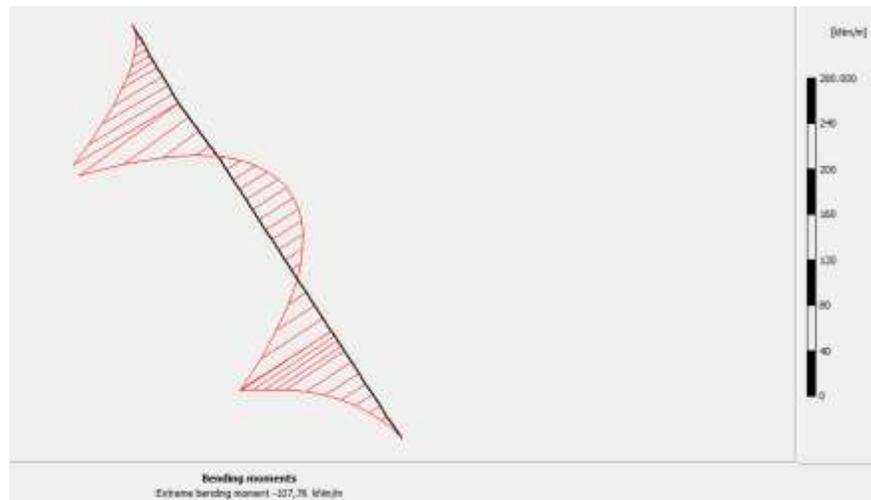
Fuente: El Autor

Gráfica 90. Muestra diagrama de fuerza axial (fuerza axial 72.82kN/m) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 2-2´



Fuente: El Autor

Gráfica 91. Muestra diagrama de cortante (fuerza cortante 120.18 kN/m) modelo geotécnico bidimensional talud carrilera condiciones actuales. Sección transversal 2-2´



Fuente: El Autor

Con la propuesta de estabilización se observa que se restringen los desplazamientos verticales en la corona del talud, esto evita que se continuen presentando las patologías de las viviendas.

Para esta propuesta también se da una valoración preliminar de la resistencia de la capa de recubrimiento propuesta para el talud, este con el fin de protegerlo contra fenómenos de erosión entre otros. El factor de resistencia es de 0.90 para concreto de densidad normal teniendo en cuenta el numeral 5.5.4.2 del CCP-14.

$$d = 15 - 5.0 = 10 \text{ cm} = 3.93 \text{ in}$$

$$b = 100 = 39.37 \text{ in}$$

$$V_u = 250 \text{ KN} = 56.20 \text{ Kip}$$

$$f'_c = 3 \text{ Ksi}$$

$$v_u = V_u / (\phi b d)$$

$$v_u = 56.20 / (0.9 * 39.37 * 3.93) = 0.404 \text{ Ksi}$$

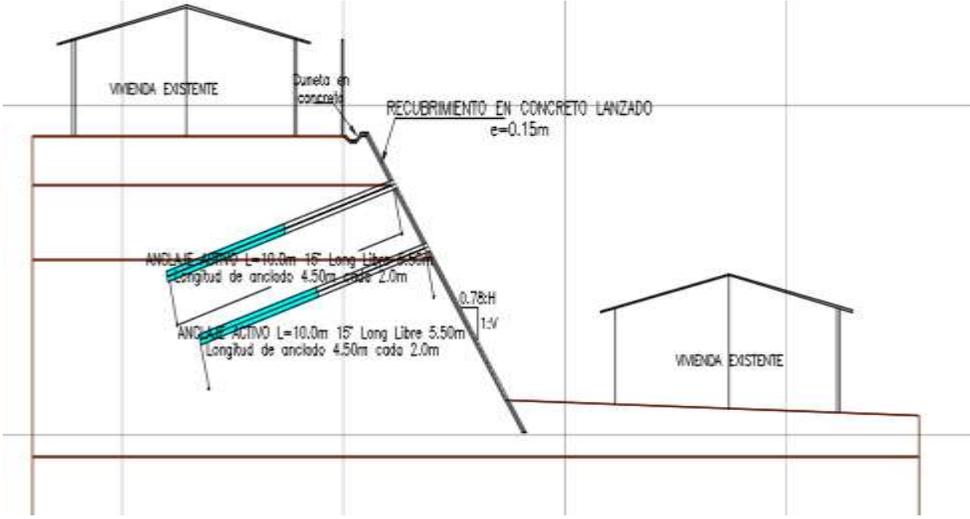
El esfuerzo admisible del concreto es=

$$V_c = 0.0316 * \phi * \sqrt{f'_c} = 0.0316 * 2 * \sqrt{3} = 0.109 \text{ Ksi}$$

$$0.404 \text{ Ksi} < 0.075 \text{ Ksi}$$

La sección es insuficiente, se requiere incremento de sección en las zonas bajo la acción del anclaje para evitar una falla por punzonamiento.

Gráfica 92. Muestra detalle propuesta de estabilización para el talud de las viviendas.



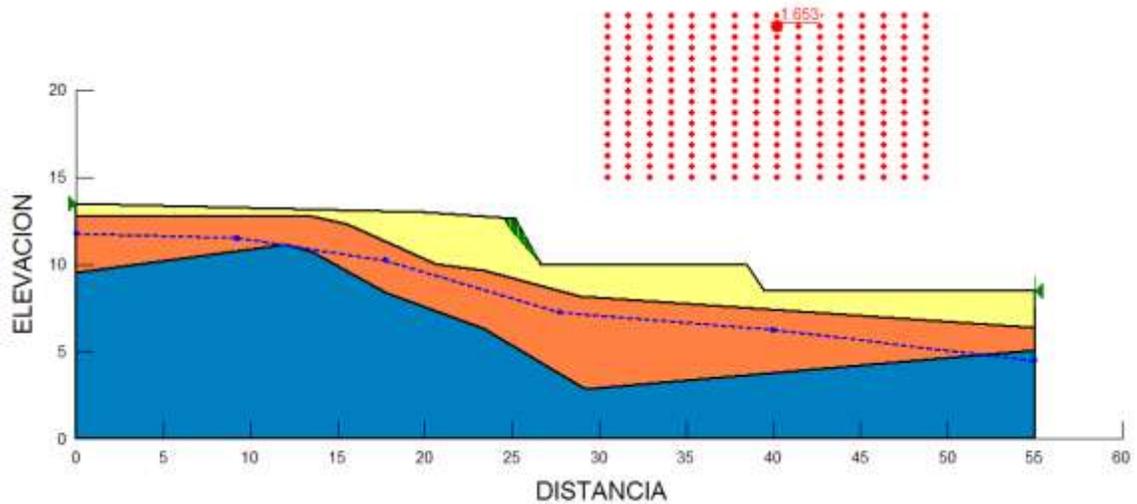
Fuente: El Autor

13. PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN PARA TALUD CANCHA DE TIERRA

Se procede a realizar el perfil con la geometría actual proveniente del levantamiento con las curvas de nivel (ver imagen No.8). En el sitio se encuentra dos muros de mampostería en cantiliver, con alturas (desde la corona hasta la parte inferior del desplante) de 2.5 m y 1.20 m respectivamente.

Para el análisis de estabilidad global se procede a evaluar la geometría y estratigrafías obtenidas realizando una sección transversal en el lugar en el cual se presenta la falla de los muros de contención, para lo cual se plantea demoler los muros existentes fallados y conformar el talud (1V: 0.78H 52°) para reducir su inclinación, y empradizar con el fin de protegerlo de la erosión. La propuesta es la siguiente

Gráfica 93. Muestra análisis de estabilidad global estático para talud cancha de tierra.



Fuente: El Autor

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el siguiente trabajo se emplearon procesos determinísticos entre ellos los relacionados con los métodos de equilibrio límite y elementos finitos con el fin de poder analizar la estabilidad del talud de las viviendas y de los equipamientos colectivos, por medio del empleo de estas metodologías se pudieron determinar los factores de seguridad y desplazamientos para los casos más críticos.

En la implementación del modelo geológico-geotécnico, se tuvieron en cuenta los factores condicionantes tales como; la estructura, litología, geología, geomorfología, topografía, hidrología. También se tuvieron en cuenta factores desencadenantes tales como la sismicidad y el factor antrópico.

En la zona de estudio se tiene una morfología de terrazas, lomas y lomeríos en la cual se encuentran principalmente depósitos de terrazas y aluviales poco consolidados provenientes de la Formación Mesa. Adicionalmente también hay materiales de origen antrópico originados por cortes, descapotes y rellenos realizados con materiales de la Formación Mesa y mezcla de escombros.

Para la obtención de los parámetros de resistencia se emplearon ensayos de laboratorio, corte directo, propiedades límite y SPT, con los cuales junto a la metodología propuesta por (González, 1999) se utilizaron algunas correlaciones para la obtención del ángulo de fricción y cohesión por medio de regresiones. Aunque la obtención de los parámetros de resistencia con la ayuda de esta metodología se hace principalmente para suelos granulares, en la práctica se emplea con frecuencia, no obstante se debe tener en cuenta que se puede generar cierto grado de incertidumbre en suelos finos debido al efecto de la adherencia que se genera entre él toma muestra y el suelo además de los

cambios generados en la presión de poros al hincar el muestreador por medio de los golpes del martillo de SPT.

En el análisis realizado con el software Plaxis se determinaron deformaciones y esfuerzos. En el talud de las viviendas se puede observar el desarrollo de un mecanismo de falla de tipo rotacional (ver imagen No.21, No.13), el cual produce desplazamientos horizontales en la parte inferior del talud, y vertical en la corona del talud, lo que asociado a la construcción deficiente de las viviendas genero asentamientos diferenciales que afectaron principalmente la apertura de puertas y ventanas, favoreciendo también la aparición de grietas y fisuras a 45° en muros, además de las fracturas en pisos y posiblemente en algunos drenajes, lo que facilita la saturación del talud pudiendo llegar a generar una pérdida de resistencia.

Para la estabilización del talud de las viviendas se propone conformarlo haciendo un corte con el fin de reducir la inclinación, adicionalmente se recomienda la implementación de drenes de perforación que permitan el drenaje del agua de escorrentia sub-superficial y aguas que puedan estar saturando el terreno como por ejemplo las provenientes de los sistemas de aguas lluvias o negras. También se deberá implementar un sistema de refuerzo al talud consistente en un sistema anclado en dos filas, ya que este tipo de sistema incrementa los esfuerzos normales sobre la superficie de falla, y es un método ampliamente utilizado para la estabilización de taludes tanto previo a la falla como taludes fallados. Con el ánimo de proteger el talud contra fenómenos de erosión se recomienda implementar una capa de concreto lanzado.

Esta propuesta de estabilización permitirá mejorar considerablemente los factores de seguridad hasta niveles aceptables por norma sísmo resistente, además de reducir los desplazamientos verticales que han generado las diferentes patologías desarrolladas en la viviendas que se encuentran localizadas en la parte superior

del talud, las cuales en general están afectadas desde la zona media hasta la parte posterior aledaña a la corona del talud.

Aunque se pueden emplear diversas propuestas para mejorar la resistencia mecánica del talud de las viviendas como por ejemplo la implementación de un sistema de pilotes con viga cabezal, o un muro anclado implementado un corte vertical, estas no se tuvieron en cuenta para este análisis ya que este tipo de intervenciones obligarían a realizar demoliciones en la parte posterior de las viviendas ubicadas tanto en corona y pie de talud, esto para el ingreso de equipos, y excavación. Por esta razón se propone la conformación del talud la cual se puede hacer en forma manual, y el anclado del mismo, ya que este requiere de poco espacio y se puede hacer con poco personal, sin tener que recurrir a una gran excavación y demoliciones parciales en viviendas.

Aunque en la zona de los equipamientos colectivos no se detectó la presencia de nivel freático a poca profundidad, las patologías desarrolladas en los muros de contención en mampostería, se puede originar por el desarrollo de presiones intersticiales asociadas con aguas que se pueden infiltrar durante precipitaciones de gran intensidad y larga duración, ya que la cancha de fútbol cuenta con área aferente amplia que favorece la infiltración. Adicionalmente también se puede observar que el sistema de contención en mampostería con contrafuertes es deficiente, ya que este tipo de material es inadecuado para resistir las sollicitaciones a flexión inducidas por el material contenido, que aunado a la cimentación superficial de este muro favorecieron el colapso del mismo.

Otros sistemas de contención para la estabilización del corte de los equipamientos colectivos pueden ser tenidos en cuenta, como por ejemplo un sistema en muro de gaviones, ya que este tipo de estructura facilita el drenaje de aguas sub-superficiales lo que impediría el desarrollo de presión de poros. Con el análisis de estabilidad se puede determinar que con una simple conformación de los taludes

para reducir su inclinación y con la instalación de una cubierta vegetal basta para evitar procesos de erosión laminar y concentrada.

Se recomienda la implementación de sistemas de recolección, captación y conducción de aguas de escorrentía superficial, por ejemplo en el talud de las viviendas se deben implementar cunetas de corona y pie de talud las cuales deben llevar el agua a un dissipador de energía. Por otra parte para la zona de la cancha de fútbol se recomienda hacer cuneta de coronación que permita la evacuación de las aguas de escorrentía superficial.

Se puede recomendar hacer un sistema de drenaje de aguas superficiales, con el fin de encausarlas y evitar su efecto erosivo sobre las áreas expuestas y los taludes.

BIBLIOGRAFIA

CRESPO, CARLOS V. 1998. "Mecánica de Suelos y Cimentaciones" Limusa.
PETER L. BERRY. "Mecánica de Suelos" Mc Graw Hill.

DAS, BARAJA. 2001. "Principios de la Ingeniería de Cimentaciones" Thompson
Lernin.

DAS, BARAJA. 2012. "Fundamentos de ingeniería de cimentaciones" CENGAGE
Learning.

FHWA-IF-99-015. 1999. "GEOTECHNICAL ENGINEERING CIRCULAR NO. 4"
U.S Departament of Transportation Federal Highway Administration.

FROLICH, 1954. " General theory of stability of slopes". Proceeding of the
Conference on the Stability of Earth Slopes in Stockholm in 1954, Geotechnique,
Vol.4

GEMMA. 2007. "Movimientos en masa en la región andina: una guía para la
evaluación de amenaza". INGEOMINAS.

JUAREZ BADILLO, 1973. "Mecánica de Suelos Tomo 1" Limusa

LUIS L. GONZALEZ. 2002. "Ingeniería Geológica" Pearson Prentice Hall.

PEDRO RAMIREZ O. 2004. "Fundamentos de la ingeniería de taludes"

UNE-EN 1538, 2000. "Ejecución de Trabajos Geotécnicos Especiales, Titulo
Muros Pantalla". Aenor. Sociedad Española de Normalización y Certificación.

SGC y UNAL.2015. “Guía Metodológica para estudios de amenaza vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa” Imprenta Nacional de Colombia.

SUAREZ JAIME, 2005 “Normas Geotécnicas para la ejecución de Proyectos de Desarrollo en la zona Metropolitana de Bucaramanga” CDMB

UNE-EN 1537, 2000. “Ejecución de Trabajos Geotécnicos Especiales, Titulo Anclajes”. Aenor. Sociedad Española de Normalización y Certificación.

ANEXOS

ANEXO A. LABORATORIOS

SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S. Calle 50 No 19 - 77 B, Colombia Barrancabermeja, Santander Tel: 7-8023781. Correo: SPCAS@netel.com				Registro de Perforación F - PG - 27 Versión 2		Sonda: S1			
CONTRATANTE: Municipio de Barrancabermeja PROYECTO: Contrato de consultoría No. 2175-14 Localización: Barrio Tamarindo			Profundidad (m): 3.7 Cota m.a.s.n.m.: 100 Nivel final: (m) / N/E		Ubicación: Corona del Talud Coordenada Norte: 1026231.11 Coordenada Este: 1270811.298				
Distancia	Profundidad (m)	Litología	Descripción	Muestras	UTM	Datos ensayos de campo		No golpes por c/pe	
0									
-1	1	DC	Arena gruesa color rojo, poco permeable, húmeda y de consistencia muy suelta de 0.00m a 1.00m	1.1.2		W 1.0 (0.00m a 0.75m)			
-2	2	MH	Limo inorgánico de alta plasticidad rojo, poco permeable, húmedo y consistencia medio firme de 1.00m a 2.70m	3.1.4		W 2.0 (0.75m a 1.50m)	3 A		
-3	3					W 3.0 (1.50m a 2.25m)	3 A		
-4	4	SM	Arena limosa amarillo rojo, algo permeable, húmeda y consistencia media a densa de 2.70m a 4.00m	5		W 4.0 (2.25m a 3.00m)	10 A		
-5	5					W 5.0 (3.00m a 3.75m)	10 A		
-6	6	ML	Limo inorgánico de media a baja plasticidad amarillo, poco permeable, húmeda y consistencia (baja de 4.00m a 5.20m)	5.1.7		W 6.0 (3.75m a 4.50m)	10 A		
-7	7					W 7.0 (4.50m a 5.25m)	20 A		
-8	8					W 8.0 (5.25m a 6.00m)	46 A		
-9	9	CL	Arcilla inorgánica de media a baja plasticidad amarilla, poco permeable, húmeda y consistencia (baja de 6.00m a 7.20m)	6		W 9.0 (6.00m a 6.75m)	46 A		
-10	10					W 10.0 (6.75m a 7.50m)	48 A		
-11	11					W 11.0 (7.50m a 8.25m)	48 A		
-12	12					W 12.0 (8.25m a 9.00m)	48 A		
-13	13					W 13.0 (9.00m a 9.75m)	48 A		
-14	14					W 14.0 (9.75m a 10.50m)	50 A		
-15	15					W 15.0 (10.50m a 11.25m)	52 A		
						W 16.0 (11.25m a 12.00m)	52 A		
						W 17.0 (12.00m a 12.75m)	53 A		
						W 18.0 (12.75m a 13.50m)	55 A		

Convenciones ● Símbolo SPT ● Símbolo Perforación ● Símbolo Nivel ● Símbolo Nivel Final	Muestras ● Símbolo SPT ● Símbolo SPT ● Símbolo SPT ● Símbolo SPT	Personal de campo Operador: Hurdasto Yepes Supervisor: Ing. Juan Camilo	Revisión Celdad: Ing. Néstor Guillermo Fecha: 15/05/2015	Fecha Inicio: 06/05/15 Fecha Final: 06/05/15 Estado: Sin Datos Perf. (cm): 12.5	Página 1 of 1
---	---	--	---	--	-------------------------

SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETOS B.A.S. Calle 50 No 19 - 77 B. Colombia Barrancabermeja, Santander Tel. 7-6227811. Correo SPCBAS@fulmat.com			Registro de Perforación F - PS - 27 Versión 2	Serie: 02					
CONTRATANTE: Municipio de Barrancabermeja PROYECTO: Control de erosión No. 2178-14 Localización: Barro Tamaraite		Profundidad (m): 9.15 Cota m.s.n.m.: 101.3 Nivel topográfico (m): N/E	Ubicación: Pata del Talud Coordenada Norte: 1056209.714 Coordenada Este: 1279831.953						
Elementos	Profundidad (m)	Localización	Clasificación (SUS)	Descripción	Muestras	Datos ensayos de campo		No golpeable (kg)	Perforación

0			SC	Arena arcillosa amarilla, poco permeable, húmeda y de consistencia suelta a media de 0.02m a 1.70m	1	9.15m Nivel (2x1.00m x 1.00m) 9.197 (2x0.50m x 1.00m 12.0.0) 9.197 (2x1.25m x 1.70m 13.0.0)	5 ▲		EX
-1	1						14 ▲		SS
-2	2		SM	Arena limosa amarilla, poco permeable, húmeda y de consistencia media a densa de 1.73m a 5.10m	2 & 3	9.196 (2x1.00m x 2.00m) 9.197 (2x0.50m x 2.00m 10.0.0.00) 9.197 (2x1.00m x 2.00m 10.0.0.00) 9.197 (2x1.00m x 2.00m 11.0.0.00) 9.197 (2x0.50m x 2.00m 10.0.0.00)	27 ▲		SS
-3	3						30 ▲		SS
-4	4						26 ▲		SS
-5	5						44 ▲		AV
-6	6		ML	Limo inorgánico de media a baja plasticidad amarillo, poco permeable, húmedo y consistencia dura de 5.10m a 8.40m	4	9.197 (2x1.00m x 1.00m 10.0.0.00) 9.197 (2x1.00m x 1.00m 10.0.0.00) 9.197 (2x0.50m x 1.00m 10.0.0.00)	40 ▲		SS
-7	7		CL	Arcilla inorgánica de media a baja plasticidad amarilla, poco permeable, húmeda y consistencia base de 8.40m a 9.15m	5	9.197 (2x1.00m x 1.00m 10.0.0.00) 9.197 (2x1.00m x 1.00m 10.0.0.00)	36 ▲		SS
-8	8		SC	Arena arcillosa amarillo claro, poco permeable, húmeda y de consistencia densa de 7.35m a 9.15m	6 & 7	9.197 (2x1.00m x 1.00m 10.0.0.00) 9.197 (2x1.00m x 1.00m 10.0.0.00) 9.197 (2x0.50m x 1.00m 10.0.0.00)	38 ▲		SS
-9	9						39 ▲		SS
-10	10						41 ▲		SS
-11	11						43 ▲		SS
-12	12						44 ▲		SS
-13	13						47 ▲		SS
-14	14								
-15	15								

Convenciones ▲ N campo SPT ● m Perforación ◆ m Viento ■ Nivel Piezométrico	Muestras ■ Duro ■ Suelo ■ Suro ■ Suro	Personal de campo Operador: Humberto Yaguez Supervisor: Ing. Juan Camilo	Perforador Calidad: Ing. Néstor Gutiérrez Fecha: 15/05/2015	Datos Perforación Fecha Inicio: 05/05/15 Fecha Final: 05/05/15 Estado: Sin Días Perforación: 12.5	Página 1 of 1
---	--	---	--	--	-------------------------

BUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S. Calle 50 No 19 - 77 B. Colombia Barrancobermeja, Santander Tel: 7-6023761. Correo: SPCASAS@hotmail.com				Registro de Perforación F - PS - 27 Versión 2		Sondeo: S1			
CONTRATANTE: Municipio de Barrancobermeja PROYECTO: Cambio de consulta No. 2115 - 14 Localización: Barro Tamaremba			Profundidad (m): 9.35 Cota m.s.n.m.: 100.3 Nivel Peñón (m): N/E		Ubicación: Palo del Tatu Coordenadas Norte: 1026239.57 Coordenada Este: 1270832.908				
Profundidad (m)	Medio	Descripción	Muestras	Datos ensayos de campo		No golpearse o qu			

Profundidad (m)	Medio	Descripción	Muestras	Datos ensayos de campo		No golpearse o qu				
0										
-1	1	Limo orgánico de media a baja plasticidad rojo, poco permeable, húmedo y consistencia firme a medio firme de 0.00m a 1.70m	1	S1.1a: Nivel (0x0.00m a 0.00m) S1.1PT (0x0.00m a 1.00m) S1.1a S1.1PT (0x1.00m a 1.70m) S1.1a	12 A					
-2	2	Limo orgánico de media a baja plasticidad rojo poco permeable, húmedo y consistencia medio firme de 1.70m a 2.00m	2	S2.1PT (0x1.70m a 2.00m) S2.1a S2.1PT (0x2.00m a 2.00m) S2.1a	8 A					
-3	3	Limo orgánico de media a baja plasticidad amarillo, poco permeable, húmedo y consistencia medio firme a firme de 2.00m a 5.75m	2 & 4	S3.1PT (0x2.00m a 2.00m) S3.1a S3.1PT (0x2.00m a 2.00m) S3.1a S3.1PT (0x2.00m a 2.00m) S3.1a S3.1PT (0x2.00m a 2.00m) S3.1a	8 A	10 A	10 A			
-4	4			S3.1PT (0x2.00m a 2.00m) S3.1a	14 A					
-5	5	Arena arcillosa amarillo claro, poco permeable, húmedo y de consistencia densa de 4.40m a 5.75m	5	S5.1PT (0x4.40m a 4.40m) S5.1a S5.1PT (0x4.40m a 4.40m) S5.1a S5.1PT (0x4.40m a 4.40m) S5.1a S5.1PT (0x4.40m a 4.40m) S5.1a	18 A	24 A				
-6	6			S5.1PT (0x4.40m a 4.40m) S5.1a	32 A					
-7	7	Arcilla lipárgica de media a baja plasticidad amarilla, poco permeable, húmedo y consistencia dura de 5.75m a 9.35m	8, 7 & 8	S7.1PT (0x5.75m a 5.75m) S7.1a S7.1PT (0x5.75m a 5.75m) S7.1a	42 A	38 A	40 A	41 A	44 A	44 A
-8	8			S7.1PT (0x5.75m a 5.75m) S7.1a	46 A					
-9	9			S7.1PT (0x5.75m a 5.75m) S7.1a	48 A					
-10	10			S7.1PT (0x5.75m a 5.75m) S7.1a	50 A					
-11	11									
-12	12									
-13	13									
-14	14									
-15	15									

Convenciones  M. Campo SPT  S. Perforación  S. Nivel  Nivel Peñón	Muestras  Sello  Sello  Sello  Sello	Personal de campo: Operador: Humberto Yegor Supervisor: Ing. Juan Camilo	Revisión Caldad: Ing. Néstor Gutiérrez Fecha: 15/05/2015	Datos Perforación: Fecha Inicio: 06/05/15 Fecha Final: 06/05/15 Estabilidad: Sin Datos Perf. (m): 12.5	Página 1 of 1
--	---	---	---	---	-------------------------



CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
 PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2175-14
 FECHA: 15/05/2015

Determinación en el laboratorio del contenido de agua (humedad) del suelo

SONDEO	1
MUESTRA	3
PROFUNDIDAD (m)	1,50 - 2,50
RECIPIENTE No.:	E8
W ₁ + W ₂ [g]:	65,60
W ₁ + W ₂ [g]:	55,75
W ₁ [g]:	10,55
W ₂ [g]:	9,55
W ₂ [g]:	38,50
w:	26,63%

SONDEO	2	
	1	3
MUESTRA		
PROFUNDIDAD (m)	0,50 - 1,70	3,50 - 4,10
RECIPIENTE No.:	H1	V7
W ₁ + W ₂ [g]:	62,60	72,15
W ₁ + W ₂ [g]:	67,50	65,25
W ₁ [g]:	10,45	9,75
W ₂ [g]:	14,00	6,90
W ₂ [g]:	49,55	55,50
w:	29,99%	12,43%

OBSERVACIONES: * Determinación del contenido de agua (humedad) según norma I.N.V. E - 122 - 07

REALIZO: Eriella Rocha Cerpe REVISÓ: Henry A. Mercado Otero VoBo: Juan Carlos Jerez Gómez
 Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio Mec. Geotécnica - Ing. Civil



Documento:	HUMEDAD NATURAL DE LOS SUELOS	Código:	F-PS-17
		Versión:	1
		Página:	1 DE 1
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S. NIT: 829.000.738-4 Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia, Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176-14
FECHA: 15/05/2015

Determinación en el laboratorio del contenido de agua (humedad) del suelo

SONDEO	3	
MUESTRA	1	2
PROFUNDIDAD (m)	0,50 - 1,70	5,30 - 5,75
RECIPIENTE No.:	V36	V31
W _r + W _s [g]:	71,90	96,55
W _r + W _s [g]:	55,50	75,50
W _r [g]:	10,20	10,00
W _s [g]:	13,10	20,75
W _s [g]:	40,50	65,50
w:	26,95%	31,53%

OBSERVACIONES: * Determinación del contenido de agua (humedad) según norma I.N.V. E -122 - 07

REALIZO: Erielle Rocha Cerpe REVISÓ: Henry A. Mercado Otayo VoBo: Juan Camilo Jerez Gómez
Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio Mec. Geotécnica - Ing. Civil



CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S		Código: Nombre: Página:	F-00-10 1 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S. NIT: 829.009.738-4 Calle 58 No. 19-77, Barrio Colombia, Tela.: 602 37 81 - 629 13 98. e-mail: spcxxx@hotmail.com Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176.12
LOCALIZACIÓN: BARRIO ISGARRISCO, TALLEZ CARRETERA
MUESTRA No.: 1 **SONDEO No.:** 1 **PROFUNDIDAD:** 0.30 a 0.70 **FECHA:** 10/05/2016

LIMITES DE ATTERBERG Y HUMEDAD

DESCRIPCIÓN	LIMITE PLÁSTICO (L.P.)			LIMITE LÍQUIDO (L.L.)			HUMEDAD (w)
	1	2	3	1	2	3	1
UNIFORMITY No.	21	21	24	210	27	250	54
Soil Classification	SL	SL	SL	U	U	U	SL
W + W _p (%)	14.75	14.15	14.50	23.15	22.20	20.85	108.50
W _p + W _L (%)	13.80	13.10	12.95	19.45	18.20	17.40	1015.35
W _L (%)	7.80	7.55	7.90	7.55	7.50	7.85	118.50
W _p (%)	1.10	1.05	1.05	3.85	3.30	2.95	111.45
W _L (%)	0.50	0.55	0.25	11.80	11.40	9.75	598.35
w	18.32%	18.32%	20.06%	30.67%	28.90%	27.88%	12.43%



RESUMEN DE RESULTADOS	
LIMITE LÍQUIDO (L.L.)	28.98 %
LIMITE PLÁSTICO (L.P.)	18.88 %
INDICE DE PLASTICIDAD (I.P. = L.L. - L.P.)	9.80 %
HUMEDAD NATURAL (w)	12.43 %

OBSERVACIONES: * Determinación del contenido de agua (humedad) según norma (AASHTO) T 208 - 07
 ** Determinación del Índice Líquido según norma (AASHTO) T 209 - 07
 *** Límite Plástico e Índice de Plasticidad según norma (AASHTO) T 200 - 07

REALIZÓ: Eduardo Rocha Cordero **REVISÓ:** Henny & Mercedes Olascoaga **VOÓ:** Juan Camilo Jirón Gómez
 Soc. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing. Civil Soc. Geotécnica - Ing. Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S.	Código:	F-05-15
		Versión:	1
		Página:	2 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia, Tels.: 002 37 61 - 620 13 90, e-mail: apcsas@hotmail.com Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 21/15-14
LOCALIZACIÓN: BARRIO TAMARINDOS - TALUD CARRETERA
MUESTRA No.: 2 **SONDEO No.:** 1 **PROFUNDIDAD:** 0.70 A 1.00 **FECHA:** 15/05/2015

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ	W _u [g]	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	0.00	0.00	100.00
2"	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	0.00	0.00	100.00
1"	0.00	0.00	100.00
3/4"	0.00	0.00	100.00
3/8"	0.00	0.00	100.00
No. 4	0.00	0.00	100.00
No. 6	0.00	0.00	100.00
No. 10	0.00	0.00	100.00
No. 16	0.10	0.05	99.95
No. 20	0.10	0.55	99.45
No. 30	0.25	0.13	99.87
No. 40	2.35	1.25	98.75
No. 50	28.25	15.05	84.95
No. 60	30.30	16.14	83.86
No. 100	41.55	22.13	77.87
No. 200	6.45	3.53	96.47
POUNDO	0.05	0.03	-
W _{líquida}	112.40	W _{plástica} [g]	187.77



TAMAÑO MÁXIMO, (TM)	No. 10
	2 mm

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL, (TMN)	No. 40
	0.425 mm

% GRAVA	0.00
% ARENA	59.83
% FINOS	40.17

CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	SC	DESCRIPCIÓN:	ARENA ARCILLOSA
-------------------------	----	--------------	-----------------

OBSERVACIONES: * El análisis granulométrico de suelos por tamizado de reales según norma I.R.V. E - 123 - 07
 * El análisis se hizo después de separar los finos por lavado sobre tamiz No. 200

REALIZÓ: Evelia Rocha Cerpa **REVISO:** Henry A. Mercado Olivo **VOLO:** Juan Carlos Jerez Gómez
 Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing. Civil Mtro. Geotecnia - Ing. Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S	Código:	FPB-13
		Versión:	1
		Página:	1 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 01 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com			
Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176-14
LOCALIZACIÓN: BARRIO TAMARINDOS - TALUD CARRETERA
MUESTRA No.: 3 **SONDEO No.:** 1 **PROFUNDIDAD:** 1,60 A 1,90 **FECHA:** 15/05/2015

LIMITES DE ATTERBERG Y HUMEDAD

ENSAYO No.:	LIMITE PLÁSTICO (L.P.)			LIMITE LIQUIDO (L.L.)			HUMEDAD (w)
	1	2	3	1	2	3	1
RECIPIENTE No.:	E14	E11	E1	VJ	V11	V10	N5
No. DE GOLPES:	N/A	N/A	N/A	18	28	44	N/A
W ₊ + W _g (g):	26,70	19,60	22,80	22,30	23,20	22,75	524,15
W ₊ + W _g (g):	24,05	16,55	21,30	17,65	16,15	15,10	441,00
W _g (g):	19,55	13,55	16,55	10,30	9,70	8,90	135,00
W ₊ (g):	1,65	1,05	1,50	4,65	5,05	4,65	82,35
W _g (g):	5,30	3,00	4,35	7,35	6,45	6,20	302,20
w:	34,91%	35,00%	34,46%	63,27%	59,76%	56,71%	27,25%



RESUMEN DE RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	60,71 %
LIMITE PLÁSTICO (L.P.)	34,80 %
INDICE DE PLASTICIDAD (I.P. = L.L. - L.P.)	25,92 %
HUMEDAD NATURAL (w)	27,25 %

OBSERVACIONES: * Determinación del contenido de agua (humedad) según norma I.N.V. E - 122 - 07.
 * Determinación del Límite Líquido según norma I.N.V. E - 125 - 07.
 * Límite Plástico e Índice de Plasticidad según norma I.N.V. E - 126 - 07.

REALIZÓ: Eriella Rocha Cerpa **REVISÓ:** Henry A. Mercado Otavo **VoBo:** Juan Camilo Jerez Gómez
 Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing Civil Mec. Geotécnica - Ing Civil



Documento: **CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S.** Código: **FP8-13**
 Versión: **1**
 Página: **2 DE 2**

SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.

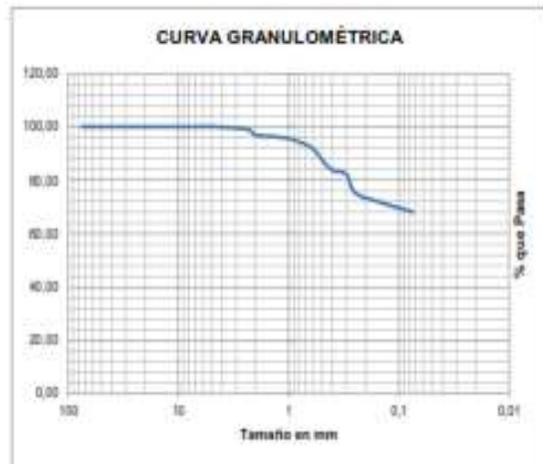
NIT: 829.000.738-4

Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com
 Barrancabermeja - Santander - Colombia

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
 PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176-14
 LOCALIZACIÓN: BARRIO TAMARINDOS - TALUD CARRILERA
 MUESTRA No: 3 SONDEO No.: 1 PROFUNDIDAD: 1,00 A 1,00 FECHA: 15/05/2015

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ	W _{ret} (g)	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	0,00	0,00	100,00
2"	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	100,00
1"	0,00	0,00	100,00
3/4"	0,00	0,00	100,00
3/8"	0,00	0,00	100,00
No. 4	0,00	0,00	100,00
No. 6	1,45	0,94	99,06
No. 10	3,30	2,13	97,87
No. 16	1,53	0,99	99,01
No. 20	1,60	1,10	98,90
No. 30	4,69	3,03	96,97
No. 40	11,32	7,31	92,69
No. 50	5,45	2,23	97,77
No. 60	10,66	6,89	93,11
No. 100	5,42	3,50	96,50
No. 200	5,74	3,71	96,29
FONDO	0,00	0,00	-
W _{total}	49,36	W _{humedad} (g):	154,70



TAMANO MAXIMO (TM)	No. 4 4,75 mm
--------------------	------------------

TAMANO MAXIMO NOMINAL (TMN)	No. 30 0,6 mm
-----------------------------	------------------

% GRAVA	0,00
% ARENA	31,09
% FINOS	68,91

CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	MH	DESCRIPCIÓN:	LIMO INORGANICO DE ALTA PLASTICIDAD
-------------------------	----	--------------	-------------------------------------

OBSERVACIONES: * El análisis granulométrico de suelos por tamizado de realidad según norma IN.V. E - 123 - 07
 * El análisis se hizo después de separar los finos por lavado sobre tamiz No. 200

REALIZÓ: Eridia Rocha Cerpa REVISÓ: Henry A. Mercado Otavo VoBo: Juan Camilo Jerez Gómez
 Asa. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing. Civil Mic. Geotecnia - Ing. Civil

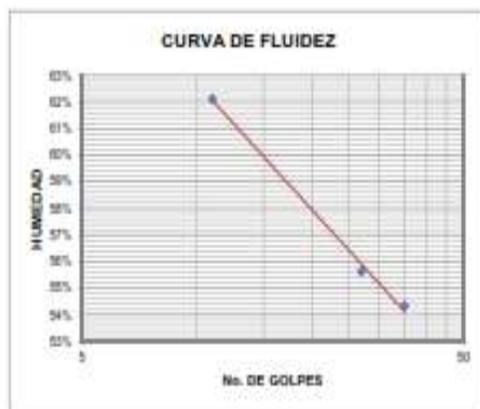


Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S	Código:	FPB-15
		Versión:	1
		Página:	1 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176-14
LOCALIZACIÓN: BARRIO TAMARINDOS - TALUD CARRIELERA
MUESTRA No.: 4 **SONDEO No.:** 1 **PROFUNDIDAD:** 2,00 A 3,70 **FECHA:** 13/05/2015

LIMITES DE ATTERBERG Y HUMEDAD

ENSAYO No.:	LIMITE PLÁSTICO (L.P.)			LIMITE LIQUIDO (L.L.)			HUMEDAD (w)
	1	2	3	1	2	3	1
RECIPIENTE No.:	E5	H11	E1	V34	V31	V7	I2
No. DE GOLPES:	N/A	N/A	N/A	11	27	33	N/A
W ₁ + W ₂ [g]:	24,05	22,40	24,90	21,10	21,05	20,45	901,70
W ₁ + W ₂ [g]:	23,20	20,65	23,20	17,00	17,10	16,70	734,75
W ₁ [g]:	10,00	16,00	16,75	10,40	10,00	9,80	120,35
W ₂ [g]:	1,05	1,75	1,60	4,10	3,95	3,75	166,90
W ₂ [g]:	4,40	4,65	4,45	6,60	7,10	6,90	614,40
w:	37,56%	37,63%	35,96%	62,12%	55,63%	54,35%	27,17%



RESUMEN DE RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	56,36 %
LIMITE PLÁSTICO (L.P.)	37,63 %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P. = L.L. - L.P.)	18,33 %
HUMEDAD NATURAL (w)	27,17 %

OBSERVACIONES: * Determinación del contenido de agua (humedad) según norma I.N.V. E - 122 - 07
 * Determinación del Límite Líquido según norma I.N.V. E - 125 - 07
 * Límite Plástico e Índice de Plasticidad según norma I.N.V. E - 126 - 07

REALIZÓ: Eriedia Rocha Cerpa **REVISÓ:** Henry A. Mercado Otavo **VoBo:** Juan Camilo Jerez Gómez
 Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing. Civil Mec. Geotécnica - Ing. Civil



Documento:

**CLASIFICACIÓN DE SUELOS
S.U.C.S.**

Código: F-PB-13
Versión: 1
Página: 2 DE 2

SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.

NIT: 829.000.738-4

Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90, e-mail: spcsas@hotmail.com
Barrancabermeja - Santander - Colombia

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176-14
LOCALIZACIÓN: BARRIO TAMARINDOS - TALUD CARRILEERA
MUESTRA No.: 4 **SONDEO No.:** 1 **PROFUNDIDAD:** 2,80 A 3,70 **FECHA:** 15/05/2015

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ	W _{ret} [g]	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	0,00	0,00	100,00
2"	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	100,00
1"	0,00	0,00	100,00
3/4"	0,00	0,00	100,00
3/8"	0,00	0,00	100,00
No. 4	0,20	0,12	99,88
No. 6	0,95	0,58	99,29
No. 10	0,95	0,03	99,26
No. 16	0,45	0,26	90,98
No. 20	0,15	0,09	90,88
No. 30	0,40	0,25	90,65
No. 40	0,60	0,37	90,26
No. 60	3,00	1,54	90,44
No. 80	3,10	1,90	84,54
No. 100	11,25	6,91	87,63
No. 200	18,85	11,57	76,06
FONDO	0,00	0,00	-
W _{total}	39,00	W _{total} [g]	162,00



TAMANO MAXIMO, (TM)	3/8"
	9,5 mm

TAMANO MAXIMO NOMINAL, (TMN)	No. 100
	0,15 mm

% GRAVA	0,12
% ARENA	23,82
% FINOS	76,06

CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	MH	DESCRIPCIÓN:	LIMO INORGANICO DE ALTA PLASTICIDAD
-------------------------	----	--------------	-------------------------------------

OBSERVACIONES: * El análisis granulométrico de suelos por tamizado de realizó según norma UN.V. E - 123 - 07
* El análisis se hizo después de separar los finos por lavado sobre tamiz No. 200

REALIZO: Erielle Rocha Carpa
Aux. Laboratorio

REVISO: Henry A. Mercado Olavo
Jefe de Laboratorio - Ing Civil

VoBo: Juan Camilo Jerez Gómez
Mec. Geotécnica - Ing. Civil



Documento: **CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S.** Código: **FP8-13**
 Versión: **1**
 Página: **2 DE 2**

SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.

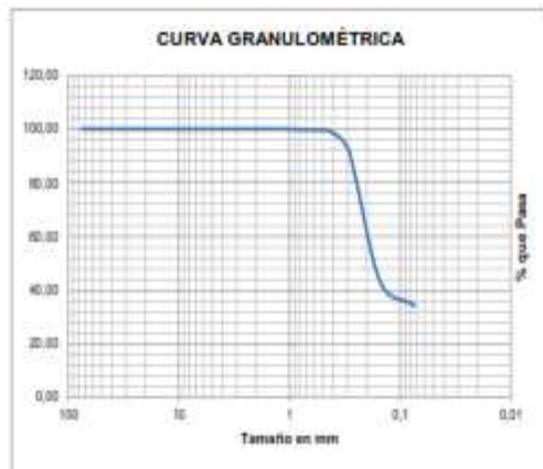
NIT: 829.000.738-4

Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com
 Barrancabermeja - Santander - Colombia

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
 PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176-14
 LOCALIZACIÓN: BARRIO TAMARINDOS - TALUD CARRILERA
 MUESTRA No: 5 SONDEO No: 1 PROFUNDIDAD: 3,70 A 4,80 FECHA: 15/05/2015

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ	W _{ret} [g]	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	0,00	0,00	100,00
2"	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	100,00
1"	0,00	0,00	100,00
3/4"	0,00	0,00	100,00
3/8"	0,00	0,00	100,00
No. 4	0,00	0,00	100,00
No. 6	0,00	0,00	100,00
No. 10	0,00	0,00	100,00
No. 16	0,05	0,03	99,97
No. 20	0,30	0,16	99,81
No. 30	0,30	0,16	99,85
No. 40	1,15	0,62	99,38
No. 50	10,85	5,82	93,22
No. 60	23,00	12,34	87,66
No. 100	71,00	38,00	42,00
No. 200	15,60	8,37	34,43
FONDO	0,00	0,00	-
W _{total}	122,25	W _{muestra} [g]:	105,44



TAMANO MAXIMO, (TM)	No. 10
	2 mm

TAMANO MAXIMO NOMINAL, (TMN)	No. 50
	0,3 mm

% GRAVA	0,00
% ARENA	65,57
% FINOS	34,43

CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	SM	DESCRIPCIÓN:	ARENA LIMOSA
-------------------------	----	--------------	--------------

OBSERVACIONES: * El análisis granulométrico de suelos por tamizado de realice según norma I.N.V. E - 123 - 07
 * El análisis se hizo después de separar los finos por lavado sobre tamiz No. 200

REALIZÓ: Evelia Rocha Carpa Aca. Laboratorio
 REVISÓ: Henry A. Mercado Otavo Jefe de Laboratorio - Ing Civil
 VbBo: Juan Camilo Jerez Gómez Mic. Geotecnia - Ing Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S	Código:	F-P8-13
		Versión:	1
		Página:	1 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com			
Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2175-14
LOCALIZACIÓN: BARRIO TAMARINDOS - TALUD CARRIELERA
MUESTRA No.: II **SONDEO No.:** 1 **PROFUNDIDAD:** 4,80 A 6,40 **FECHA:** 15/05/2015

LIMITES DE ATTERBERG Y HUMEDAD

ENSAYO No.:	LIMITE PLÁSTICO (L.P.)			LIMITE LIQUIDO (L.L.)			HUMEDAD (w)
	1	2	3	1	2	3	1
RECIPIENTE No.:	E7	H2	H3	E13	E12	I2	82
No. DE GOLPES:	N/A	N/A	N/A	17	25	33	N/A
W + W _o [g]:	23,43	23,00	22,10	32,50	31,05	30,25	742,40
W _o + W _u [g]:	21,00	21,05	20,65	26,35	26,00	25,65	607,20
W _u [g]:	16,70	15,05	16,40	19,25	19,70	15,50	128,45
W _o [g]:	1,65	1,95	1,45	4,15	3,65	4,40	135,20
W _u [g]:	5,10	5,00	4,25	9,10	6,30	10,35	475,72
W:	32,35%	33,62%	34,12%	45,60%	43,98%	42,51%	28,24%



RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO (L.L.)	43,98 %
LIMITE PLASTICO (L.P.)	33,36 %
INDICE DE PLASTICIDAD (I.P. = L.L. - L.P.)	10,48 %
HUMEDAD NATURAL (w)	28,24 %

OBSERVACIONES: * Determinación del contenido de agua (humedad) según norma I.N.V. E - 122 - 07
 * Determinación del Límite Líquido según norma I.N.V. E - 125 - 07
 * Límite Plástico e Índice de Plasticidad según norma I.N.V. E - 126 - 07

REALIZO: Erlinda Rocha Cerpa **Aux. Laboratorio**
 REVISÓ: Henry A. Mercado Otazo **Jefe de Laboratorio - Ing. Civil**
 VOBO: Juan Camilo Jerez Gómez **Msc. Geotecnia - Ing. Civil**



Documento	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S	Código: Versión:	FPB-15 1
		Página:	1 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176-14
LOCALIZACIÓN: BARRIO TAMARINDOS - TALUD CARRIELERA
MUESTRA No.: 7 **SONDEO No.:** 1 **PROFUNDIDAD:** 6.40 A 8.20 **FECHA:** 15/05/2015

LIMITES DE ATTERBERG Y HUMEDAD

ENSAYO No.:	LIMITE PLÁSTICO (L.P.)			LIMITE LIQUIDO (L.L.)			HUMEDAD (w)
	1	2	3	1	2	3	1
RECIPIENTE No.:	W12	E6	H11	H9	E12	E9	V22
No. DE GOLPES:	N/A	N/A	N/A	16	29	41	N/A
W _p + W _n [g]:	23,49	21,48	21,30	29,63	30,93	25,70	93,15
W _p + W _n [g]:	22,75	20,40	20,25	26,62	26,13	23,20	60,95
W _n [g]:	19,70	16,13	16,00	16,57	19,68	14,91	10,15
W _n [g]:	0,74	1,06	1,05	3,01	2,60	2,30	12,20
W _n [g]:	3,05	4,27	4,25	8,05	8,45	8,29	70,80
w:	24,26%	25,29%	24,71%	37,39%	33,14%	30,16%	17,23%



RESUMEN DE RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	33,93 %
LIMITE PLÁSTICO (L.P.)	24,75 %
INDICE DE PLASTICIDAD (I.P. = L.L. - L.P.)	9,18 %
HUMEDAD NATURAL (w)	17,23 %

OBSERVACIONES: * Determinación del contenido de agua (humedad) según norma I.N.V. E - 122 - 07
 * Determinación del Límite Líquido según norma I.N.V. E - 125 - 07
 * Límite Plástico e Índice de Plasticidad según norma I.N.V. E - 126 - 07.

REALIZÓ: Eneida Rocha Cerpa **REVISÓ:** Henry A. Mercado Otavo **VoBo:** Juan Camilo Jerez Gómez
 Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing. Civil Mec. Geotécnicas - Ing. Civil

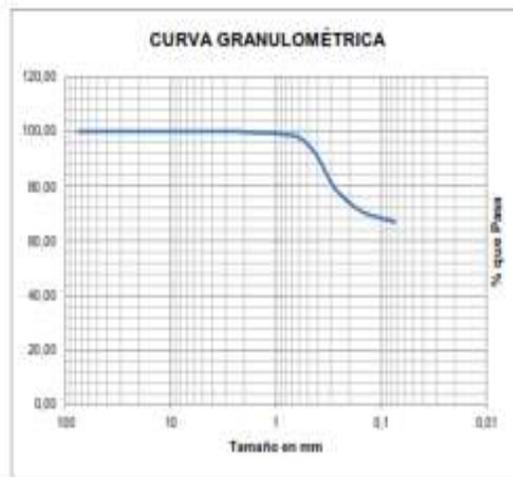


Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S.	Código:	F-P8-13
		Versión:	1
		Página:	2 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2175-14
LOCALIZACIÓN: BARRIO TAMARINDOS - TALUD CARRILERA
MUESTRA No.: 7 **SONDEO No.:** 1 **PROFUNDIDAD:** 0,40 A 0,20 **FECHA:** 15/05/2015

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ	W _{ret} (g)	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	0,00	0,00	100,00
2"	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	100,00
1"	0,00	0,00	100,00
3/4"	0,00	0,00	100,00
3/8"	0,00	0,00	100,00
No. 4	0,00	0,00	100,00
No. 6	0,00	0,00	100,00
No. 10	0,44	0,20	99,80
No. 16	1,03	0,46	99,54
No. 20	0,94	0,42	99,58
No. 30	2,76	1,24	97,76
No. 40	12,61	5,62	92,07
No. 50	23,60	10,61	81,46
No. 60	9,19	4,06	77,36
No. 100	15,26	6,80	70,56
No. 200	7,97	3,55	67,02
FONDO	0,00	0,00	-
W _{total}	73,56	W _{residuo} (g):	224,34



TAMANO MAXIMO (TM)	No. 6
	2,36 mm

TAMANO MAXIMO NOMINAL (TMN)	No. 40
	0,425 mm

% GRAVA	0,00
% ARENA	32,56
% FINOS	67,02

CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	ML	DESCRIPCIÓN:	LIMO INORGANICO DE MEDIA A BAJA PLASTICIDAD
-------------------------	----	--------------	---

OBSERVACIONES: * El análisis granulométrico de suelos por tamizado de residos según norma I.N.V. E -123 - 07
 * El análisis se hizo después de sejar los finos por lavado sobre tamiz No. 200

REALIZO: Eridia Rocha Cerpa **REVISÓ:** Henry A. Mercado Olavo **VcBo:** Juan Camilo Jerez Gómez
 Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing. Civil Mec. Geotecnia - Ing. Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S	Código:	F-PS-13
		Versión:	1
		Página:	1 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com			
Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176-14
LOCALIZACIÓN: BARRIO TAMARINDOS - TALUD CARRETERA
MUESTRA No.: 8 **SONDEO No.:** 1 **PROFUNDIDAD:** 8,20 A 9,10 **FECHA:** 15/05/2015

LIMITES DE ATTERBERG Y HUMEDAD

ENSAYO No.:	LIMITE PLÁSTICO (L.P.)			LIMITE LIQUIDO (L.L.)			HUMEDAD (w)
	1	2	3	1	2	3	1
RECIPIENTE No.:	14	H13	E7	14	H3	11	35
No. DE GOLPES:	N/A	N/A	N/A	12	24	33	N/A
W ₊ + W _g [g]:	24,80	22,65	21,70	29,85	32,45	34,95	64,70
W _g [g]:	23,90	21,65	20,85	25,90	26,80	31,60	56,70
W ₊ [g]:	16,70	16,05	16,10	18,80	19,40	19,65	8,40
W ₊ [g]:	0,90	1,00	0,85	3,75	3,65	3,35	6,00
W _g [g]:	5,20	5,60	4,75	7,30	9,40	11,95	48,30
w:	17,31%	17,66%	17,89%	51,37%	38,83%	28,83%	16,56%



RESUMEN DE RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	34,81 %
LIMITE PLASTICO (L.P.)	17,69 %
INDICE DE PLASTICIDAD (I.P. = L.L. - L.P.)	17,12 %
HUMEDAD NATURAL (w)	16,56 %

OBSERVACIONES: * Determinación del contenido de agua (humedad) según norma I.N.V. E - 122 - 07
 * Determinación del Límite Líquido según norma I.N.V. E - 125 - 07
 * Límite Plástico e Índice de Plasticidad según norma I.N.V. E - 126 - 07

REALIZO: Eridia Rocha Cerpa **REVISÓ:** Henry A. Mercado Otero **VoBo:** Juan Camilo Jerez Gómez
 Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing. Civil Mec. Geotecnia - Ing. Civil

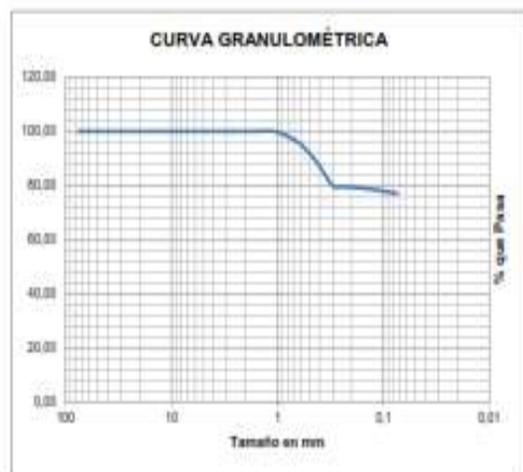


Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S.	Código:	FPB-13
		Versión:	1
		Página:	2 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com			
Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176-14
LOCALIZACIÓN: BARRIO TAMARINDOS - TALUD CARRETERA
MUESTRA No.: B **SONDEO No.:** 1 **PROFUNDIDAD:** 8.20 A 8.10 **FECHA:** 15/05/2015

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ	W _{ret} (g)	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	0,00	0,00	100,00
2"	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	100,00
1"	0,00	0,00	100,00
3/4"	0,00	0,00	100,00
3/8"	0,00	0,00	100,00
No. 4	0,00	0,00	100,00
No. 6	0,00	0,00	100,00
No. 10	0,00	0,00	100,00
No. 16	0,00	0,00	100,00
No. 20	2,55	1,36	98,62
No. 30	6,48	3,50	96,50
No. 40	12,13	6,54	93,46
No. 50	16,25	8,77	91,23
No. 60	0,45	0,24	99,76
No. 100	1,25	0,67	99,33
No. 200	3,48	1,86	98,14
FONDO	0,16	0,09	-
W_{total}	42,75	W_{humedad} (%):	105,34



TAMAÑO MÁXIMO, (TM)	No. 10 1,1 mm
---------------------	------------------

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL, (TMN)	No. 40 0,425 mm
------------------------------	--------------------

% GRAVA	0,00
% ARENA	22,96
% FINOS	77,02

CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	CL	DESCRIPCIÓN:	ARCILLA INORGÁNICA DE MEDIA A BAJA PLASTICIDAD
-------------------------	----	--------------	--

OBSERVACIONES: * El análisis granulométrico de suelos por lavizado de realizo según norma I.N.V. E -123 - 07
 * El análisis se hizo después de separar los finos por lavado sobre tamiz No. 200

REALIZO: Eneida Rocha Cerpa, Aux. Laboratorio
REVISÓ: Henry A. Mercado Olayo, Jefe de Laboratorio - Ing. Civil
VOBO: Juan Camilo Jerez Gómez, Mec. Geotécnica - Ing. Civil



Documento:	CLASIFICACION DE SUELOS S.U.C.S	Código Versión:	F-PB-13 1
		Página:	1 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 90 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com			
Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2175-14
LOCALIZACIÓN: BARRIO TAMARINDOS - TALUD CARRETERA
MUESTRA No.: 1 **SONDEO No.:** 2 **PROFUNDIDAD:** 0,00 A 0,60 **FECHA:** 15/05/2015

LIMITES DE ATTERBERG Y HUMEDAD

ENSAYO No.:	LIMITE PLÁSTICO (L.P.)			LIMITE LIQUIDO (L.L.)			HUMEDAD (w)
	1	2	3	1	2	3	1
RECIPIENTE No.:	H2	E2	H11	V19	V15	V31	S3
No. DE GOLPES:	N/A	N/A	N/A	13	26	31	N/A
W ₊ + W ₋ [g]:	20,00	19,70	20,50	20,50	26,10	27,20	722,50
W ₊ [g]:	16,60	16,50	16,40	17,20	21,10	21,65	579,60
W ₋ [g]:	15,90	15,00	16,00	10,25	10,10	10,00	134,00
W ₊ [g]:	1,20	1,20	1,10	3,30	5,00	5,35	142,90
W ₋ [g]:	3,70	3,50	3,40	6,95	11,00	11,85	445,60
w:	32,43%	34,29%	32,35%	47,48%	45,45%	45,15%	32,07%



RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO (L.L.)	45,65 %
LIMITE PLÁSTICO (L.P.)	33,02 %
INDICE DE PLASTICIDAD (I.P. = L.L. - L.P.)	12,63 %
HUMEDAD NATURAL (w)	32,07 %

OBSERVACIONES: * Determinación del contenido de agua (humedad) según norma I.N.V. E - 122 - 07
 * Determinación del Límite Líquido según norma I.N.V. E - 125 - 07
 * Límite Plástico e Índice de Plasticidad según norma I.N.V. E - 126 - 07

REALIZÓ: Eriella Rocha Cerpa **REVISÓ:** Henry A. Mercado Olivo **VoBo:** Juan Camilo Jerez Gómez
 Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing. Civil Mec. Geotécnica - Ing. Civil



Documento: **CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S.** Código: **FPB-13**
 Versión: **1**
 Página: **2 DE 2**

SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.
 NIT: 829.000.738-4
 Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com
 Barrancabermeja - Santander - Colombia

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
 PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176-14
 LOCALIZACIÓN: BARRIO TAMARINDOS - TALUD CARRETERA
 MUESTRA No.: 1 SONDEO No.: 2 PROFUNDIDAD: 0,00 A 0,80 FECHA: 15/05/2015

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ	W _{ret} [g]	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	0,00	0,00	100,00
2"	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	100,00
1"	12,10	8,68	91,34
3/4"	0,00	0,00	91,34
3/8"	7,80	5,44	85,91
No. 4	11,30	8,08	77,82
No. 6	8,45	6,05	71,77
No. 10	1,50	1,07	70,70
No. 16	4,65	3,33	67,37
No. 20	2,30	1,65	65,73
No. 30	2,85	2,04	63,69
No. 40	2,50	2,00	61,69
No. 50	3,80	2,56	59,11
No. 60	1,40	1,00	58,11
No. 100	3,85	2,75	55,35
No. 200	23,70	16,96	38,40
FONDO	0,00	0,00	-
W _{LÍQUIDO}	66,10	W _{MOJADO} [g]	139,77



TAMANO MAXIMO, (TM)	1 1/2"	37,5 mm
TAMANO MAXIMO NOMINAL, (TMN)	3/8"	9,5 mm

% GRAVA	22,16
% ARENA	39,42
% FINOS	38,40

CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	SM	DESCRIPCIÓN:	ARENA LIMOSA
-------------------------	----	--------------	--------------

OBSERVACIONES: * El análisis granulométrico de suelos por tamizado de realizar según norma I.N.V. E - 123 - 07
 * El análisis se hizo después de separar los finos por lavado sobre tamiz No. 200

REALIZO: Erlinda Rocha Cerpa Aux. Laboratorio
 REVISO: Henry A. Mercado Olivo Jefe de Laboratorio - Ing. Civil
 VoBo: Juan Camilo Jerez Gómez Mec. Geotécnica - Ing. Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S	Código:	FPB-13
		Versión:	1
		Página:	1 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com			
Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2178-14
LOCALIZACIÓN: BARRIO TAMARINDOS - TALUD CARRETERA
MUESTRA No.: 2 **SONDEO No.:** 2 **PROFUNDIDAD:** 1,70 A 2,30 **FECHA:** 15/05/2015

LIMITES DE ATTERBERG Y HUMEDAD

ENSAYO No.:	LIMITE PLÁSTICO (L.P.)			LIMITE LIQUIDO (L.L.)			HUMEDAD (w)
	1	2	3	1	2	3	1
RECIPIENTE No.:	H3	E4	H8	E13	E6	E5	81
No. DE GOLPES:	N/A	N/A	N/A	19	26	41	N/A
W ₊ W ₁ [g]:	16,55	16,25	21,20	25,45	16,00	24,80	691,55
W ₊ W ₂ [g]:	17,00	16,35	16,70	21,45	15,65	21,25	574,00
W ₁ [g]:	0,00	0,55	9,00	9,05	0,65	0,75	136,55
W ₂ [g]:	1,85	1,90	2,42	4,00	2,55	3,55	117,55
W _n [g]:	0,40	7,00	9,70	12,40	9,76	12,50	435,45
W:	23,21%	24,36%	24,74%	32,26%	30,23%	28,40%	27,00%



RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO (L.L.)	30,28 %
LIMITE PLÁSTICO (L.P.)	24,11 %
INDICE DE PLASTICIDAD (I.P. = L.L. - L.P.)	6,18 %
HUMEDAD NATURAL (w)	27,00 %

OBSERVACIONES: * Determinación del contenido de agua (humedad) según norma I.N.V. E - 122 - 07
 * Determinación del Límite Líquido según norma I.N.V. E - 125 - 07
 * Límite Plástico e Índice de Plasticidad según norma I.N.V. E - 126 - 07

REALIZO: Eridia Rocha Carpa **REVISÓ:** Henry A. Mercado Olave **VoBo:** Juan Camilo Jerez Gómez
 Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing. Civil Mec. Geotécnica - Ing. Civil



Documento: **CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S.** Código: **F-PS-13**
 Versión: **1**
 Página: **2 DE 2**

SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.
 NIT: 829.000.738-4
 Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com
 Barrancabermeja - Santander - Colombia

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
 PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176-14
 LOCALIZACIÓN: BARRIO TAMARINDOS - TALUD CARRETERA
 MUESTRA No.: 2 SONDEO No.: 2 PROFUNDIDAD: 1,70 A 2,30 FECHA: 15/05/2015

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ	W _{ret} [g]	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	0,00	0,00	100,00
2"	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	100,00
1"	0,00	0,00	100,00
3/4"	0,00	0,00	100,00
3/8"	0,00	0,00	100,00
No. 4	0,00	0,00	100,00
No. 6	0,10	0,06	99,94
No. 10	0,10	0,06	99,94
No. 15	0,50	0,32	99,68
No. 20	0,70	0,44	99,56
No. 30	0,70	0,44	99,56
No. 40	1,50	0,85	99,15
No. 50	2,65	1,61	98,39
No. 60	3,10	1,97	98,03
No. 100	30,55	24,73	75,27
No. 200	65,75	41,74	58,26
FONDO	1,60	1,02	-
W _{LAVADO}	115,85	W _{REMANENTE} [g]:	157,51



TAMANO MAXIMO, (TM)	No. 4 4,75 mm
---------------------	------------------

TAMANO MAXIMO NOMINAL, (TMN)	No. 60 0,25 mm
------------------------------	-------------------

% GRAVA	0,00
% ARENA	72,54
% FINOS	27,46

CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	SM	DESCRIPCIÓN:	ARENA LIMOSA
-------------------------	----	--------------	--------------

OBSERVACIONES: * El análisis granulométrico de suelos por tamizado se realizó según norma I.N.V. E-123 - 07
 * El análisis se hizo después de separar los fines por lavado sobre tamiz No. 200

REALIZO: Eridia Rocha Cerpa REVISO: Henry A. Mercado Olivo VoBo: Juan Camilo Jerez Gómez
 Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing. Civil Mic. Geotécnica - Ing. Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S	Código:	F-PS-13
		Versión:	1
		Página:	1 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com			
Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No 2178-14
LOCALIZACIÓN: BARRIO TAMARINDOS - TALUD CARRETERA
MUESTRA No.: 3 **SONDEO No.:** 2 **PROFUNDIDAD:** 2,30 A 3,05 **FECHA:** 15/05/2015

LIMITES DE ATTERBERG Y HUMEDAD

ENSAYO No.:	LIMITE PLÁSTICO (L.P.)			LIMITE LIQUIDO (L.L.)			HUMEDAD (w)
	1	2	3	1	2	3	1
RECIPIENTE No.:	E11	E3	H5	E9	E3	E14	M
No. DE GOLPES:	N/A	N/A	N/A	11	30	40	N/A
W _n + W _l [g]:	23,70	26,20	25,70	25,55	35,15	29,65	613,35
W _n + W _l [g]:	22,10	26,40	24,31	22,80	30,25	27,40	507,05
W _n [g]:	15,55	16,00	16,60	14,85	14,38	19,75	131,20
W _l [g]:	1,60	1,00	1,39	2,75	4,90	2,25	105,90
W _n [%]:	6,55	7,60	5,71	7,95	15,67	7,60	376,65
W _l [%]:	24,43%	23,68%	24,34%	34,98%	30,88%	29,41%	28,01%



RESUMEN DE RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	31,34 %
LIMITE PLÁSTICO (L.P.)	24,15 %
INDICE DE PLASTICIDAD (I.P. = L.L. - L.P.)	7,18 %
HUMEDAD NATURAL (w)	28,01 %

OBSERVACIONES: * Determinación del contenido de agua (humedad) según norma I.N.V. E - 122 - 07
 * Determinación del Límite Líquido según norma I.N.V. E - 125 - 07
 * Límite Plástico e Índice de Plasticidad según norma I.N.V. E - 126 - 07

REALIZÓ: Erelida Rocha Carpa **REVISÓ:** Henry A. Mercado Olave **VoBo:** Juan Camilo Jerez Gómez
 Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing. Civil Mec. Geotécnica - Ing. Civil



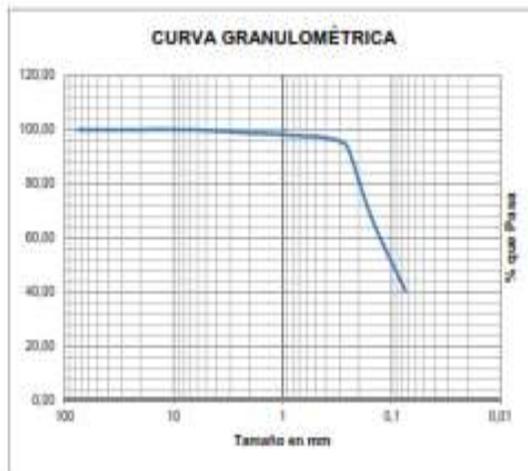
Documento: **CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S.** Código: **FP-15**
 Versión: **1**
 Página: **2 DE 2**

SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.
 NIT: 829.000.738-4
 Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com
 Barrancabermeja - Santander - Colombia

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
 PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176-14
 LOCALIZACIÓN: BARRIO TAMARINDOS - TALUD GARNELERA
 MUESTRA No.: 3 SONDEO No.: 2 PROFUNDIDAD: 2,30 A 3,65 FECHA: 15/05/2015

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ	W _{ret} [g]	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	0,00	0,00	100,00
2"	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	100,00
1"	0,00	0,00	100,00
3/4"	0,00	0,00	100,00
3/8"	0,00	0,00	100,00
No. 4	0,40	0,26	99,74
No. 8	1,20	0,78	99,22
No. 10	0,25	0,16	99,84
No. 16	0,70	0,45	99,55
No. 20	0,65	0,42	99,58
No. 30	0,55	0,36	99,64
No. 40	0,70	0,45	99,55
No. 50	2,15	1,40	98,60
No. 60	4,05	2,63	97,37
No. 100	40,60	26,38	73,62
No. 200	40,10	26,05	73,95
FONDO	0,90	0,58	-
W _{total}	92,23	W _{total} [g]	133,91



TAMANO MAXIMO, (TM)	30"	9,5 mm
---------------------	-----	--------

TAMANO MAXIMO NOMINAL, (TMN)	No. 60	0,25 mm
------------------------------	--------	---------

% GRAVA	0,26
% ARENA	59,09
% FINOS	40,65

CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	SM	DESCRIPCIÓN:	ARENA LIMOSA
-------------------------	----	--------------	--------------

OBSERVACIONES: * El análisis granulométrico de suelos por tamizado de resalta según norma I.N.V. E - 123 - 07
 * El análisis se hizo después de separar los finos por lavado sobre tamiz No. 200

REALIZO: Eledia Rocha Cerpa Aux. Laboratorio
 REVISO: Henry A. Mercado Otazo Jefe de Laboratorio - Ing. Civil
 VoBo: Juan Camilo Jerez Gómez Mec. Geotecnia - Ing. Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S	Código:	FPS-13
		Versión:	1
		Página:	1 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com			
Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CUENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA

PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2178-14

LOCALIZACIÓN: BARRIO TAMARINDOS - TALLUD CARRILERA

MUESTRA No.: 4 **SONDEO No.:** 2 **PROFUNDIDAD:** 5,10 A 6,45 **FECHA:** 15/05/2015

LIMITES DE ATTERBERG Y HUMEDAD

ENSAYO No.:	LIMITE PLÁSTICO (L.P.)			LIMITE LIQUIDO (L.L.)			HUMEDAD (w)
	1	2	3	1	2	3	1
RECIPIENTE No.:	T1	H4	H1	R17	E40	E4	F1
No. DE GOLPES:	N/A	N/A	N/A	17	22	45	N/A
W ₊ W _g [g]:	13,90	13,20	13,75	20,05	21,75	22,60	635,50
W ₊ W _g [g]:	12,55	12,00	12,35	16,40	17,75	18,50	535,15
W _g [g]:	7,60	7,60	7,50	7,65	8,00	7,70	130,65
W ₊ [g]:	1,35	1,20	1,40	3,65	4,00	4,35	100,35
W _g [g]:	4,95	4,20	4,65	5,75	9,70	10,60	404,50
W:	27,27%	28,57%	28,87%	41,71%	41,24%	46,28%	24,81%



RESUMEN DE RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	41,11 %
LIMITE PLASTICO (L.P.)	28,24 %
INDICE DE PLASTICIDAD (I.P. = L.L. - L.P.)	12,87 %
HUMEDAD NATURAL (w)	24,81 %

OBSERVACIONES:

- * Determinación del contenido de agua (humedad) según norma I.N.V. E - 122 - 07
- * Determinación del Límite Líquido según norma I.N.V. E - 125 - 07
- * Límite Plástico e Índice de Plasticidad según norma I.N.V. E - 126 - 07

REALIZÓ: Eriedia Rocha Cerpa, Aux. Laboratorio

REVISÓ: Henry A. Mercado Olayo, Jefe de Laboratorio - Ing. Civil

VoBo: Juan Camilo Jerez Gómez, Mec. Geotécnica - Ing. Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S	Código:	F-P5-13
		Versión:	1
		Página:	1 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com			
Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176-14
LOCALIZACIÓN: BARRIO TAMARINDOS - TALUD CARRETERA
MUESTRA No.: 5 **SONDEO No.:** 2 **PROFUNDIDAD:** 6,45 A 7,35 **FECHA:** 15/03/2015

LIMITES DE ATTERBERG Y HUMEDAD

ENSAYO No.:	LIMITE PLÁSTICO (L.P.)			LIMITE LIQUIDO (L.L.)			HUMEDAD (w)
	1	2	3	1	2	3	1
RECIPIENTE No.:	H3	E4	H6	E13	E6	E5	14
No. DE GOLPES:	N/A	N/A	N/A	17	27	37	N/A
W ₊ + W _g [g]:	16,95	16,25	21,20	25,45	16,60	24,00	613,35
W ₊ + W _g [g]:	17,10	16,55	19,10	21,45	15,65	21,25	507,65
W _g [g]:	0,00	0,55	9,00	9,00	5,85	6,70	131,20
W _n [g]:	1,65	1,70	2,10	4,00	2,95	3,50	105,90
W _n [g]:	6,50	6,00	10,10	12,40	9,70	12,50	376,65
W:	21,76%	21,25%	20,79%	32,26%	30,23%	28,40%	28,01%



RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO (L.L.)	30,39 %
LIMITE PLÁSTICO (L.P.)	21,27 %
INDICE DE PLASTICIDAD (I.P. = L.L. - L.P.)	9,12 %
HUMEDAD NATURAL (w)	28,01 %

OBSERVACIONES: * Determinación del contenido de agua (humedad) según norma I.N.V. E - 122 - 07
 * Determinación del Limite Líquido según norma I.N.V. E - 125 - 07
 * Limite Plástico e Índice de Plasticidad según norma I.N.V. E - 126 - 07

REALIZÓ: Eledia Rocha Cerpa **REVISÓ:** Henry A. Mercado Otazo **VcBo:** Juan Camilo Jerez Gómez
 Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing. Civil Mec. Geotécnica - Ing. Civil



Documento: **CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S.** Código: **FP8-15**
 Versión: **1**
 Página: **2 DE 2**

SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.
 NIT: 829.000.738-4
 Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com
 Barrancabermeja - Santander - Colombia

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA

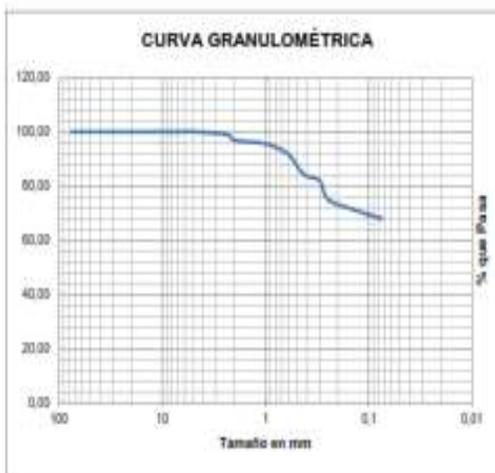
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176-14

LOCALIZACIÓN: BARRIO TAMARINDOS - TALUD CARRETERA

MUESTRA No: 5 SONDEO No.: 2 PROFUNDIDAD: 6,45 A 7,35 FECHA: 15/05/2015

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ	W _{ret} (g)	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	0,00	0,00	100,00
2"	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	100,00
1"	0,00	0,00	100,00
3/4"	0,00	0,00	100,00
3/8"	0,00	0,00	100,00
No. 4	0,00	0,00	100,00
No. 8	1,43	0,94	99,06
No. 10	3,30	2,14	97,86
No. 16	1,53	0,99	99,01
No. 20	1,80	1,17	98,83
No. 30	4,69	3,05	96,95
No. 40	11,32	7,35	92,65
No. 50	3,43	2,24	97,76
No. 60	10,66	6,93	93,07
No. 100	5,42	3,52	96,48
No. 200	5,74	3,73	96,27
FONDO	0,00	0,00	-
W _{líquida}	49,36	W _{plástica} (g)	133,91



TAMANO MAXIMO (TM)	No. 4
	4,75 mm

TAMANO MAXIMO NOMINAL (TMN)	No. 30
	0,6 mm

% GRAVA	0,00
% ARENA	32,07
% FINOS	67,93

CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	CL	DESCRIPCIÓN:	ARCILLA INORGANICA DE MEDIA A BAJA PLASTICIDAD
-------------------------	----	--------------	--

OBSERVACIONES: * El análisis granulométrico de suelos por tamizado de realizo según norma I.N.V. E - 123 - 07
 * El análisis se hizo después de separar los finos por lavado sobre tamiz No. 200

REALIZÓ: Erlinda Rocha Carpa REVISÓ: Henry A. Mercado Otavo VoBo: Juan Camilo Jerez Gómez
 Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing. Civil Mec. Geotécnica - Ing. Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S	Código:	F-PS-13
		Versión:	1
		Página:	1 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com			
Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176-14
LOCALIZACIÓN: BARRIO TAMARINDOS - TALUD CARRILERA
MUESTRA No.: 8 **SONDEO No.:** 2 **PROFUNDIDAD:** 7.35 A 8.25 **FECHA:** 15/05/2015

LIMITES DE ATTERBERG Y HUMEDAD

ENSAYO No.:	LIMITE PLÁSTICO (L.P.)			LIMITE LIQUIDO (L.L.)			HUMEDAD (w)
	1	2	3	1	2	3	1
RECIPIENTE No.:	E3	E2	E14	E13	H12	E3	W
No. DE GOLPES:	N/A	N/A	N/A	15	25	35	N/A
W ₁ + W ₂ [g]:	23,49	21,45	21,30	30,06	30,01	36,15	503,40
W ₁ + W ₂ [g]:	22,90	20,55	20,35	27,21	27,15	33,25	430,00
W ₁ [g]:	19,70	16,13	16,00	19,36	19,12	24,47	123,55
W ₂ [g]:	0,69	0,93	0,95	2,67	2,66	2,93	73,40
W _n [g]:	3,10	4,42	4,35	7,63	6,03	6,70	306,11
w:	22,26%	21,04%	21,84%	36,65%	33,62%	33,37%	23,98%



RESUMEN DE RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	34,97 %
LIMITE PLÁSTICO (L.P.)	21,71 %
INDICE DE PLASTICIDAD (I.P. = L.L. - L.P.)	13,26 %
HUMEDAD NATURAL (w)	23,98 %

OBSERVACIONES: ¹ Determinación del contenido de agua (humedad) según norma IN.V. E - 122 - 07
² Determinación del Límite Líquido según norma IN.V. E - 125 - 07
³ Límite Plástico e Índice de Plasticidad según norma IN.V. E - 126 - 07

REALIZO: Eriella Rocha Carpa
 Asa. Laboratorio

REVISÓ: Henry A. Mercado Olavo
 Jefe de Laboratorio - Ing. Civil

VoBo: Juan Camilo Jerez Gómez
 Mec. Geotécnica - Ing. Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S.	Código:	FPB-13
		Versión:	1
		Página:	2 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com			
Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2178-14
LOCALIZACIÓN: BARRIO TAMARINDOS - TALUD CARRELEIRA
MUESTRA No.: 7 **SONDEO No.:** 2 **PROFUNDIDAD:** 0,25 A 0,15 **FECHA:** 15/05/2015

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ	W _{ret} [g]	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	0,00	0,00	100,00
2"	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	100,00
1"	0,00	0,00	100,00
3/4"	0,00	0,00	100,00
3/8"	7,00	3,00	96,20
No. 4	1,30	0,71	95,50
No. 5	1,25	0,66	94,82
No. 10	0,80	0,43	94,38
No. 16	1,75	2,03	92,35
No. 20	2,50	1,36	90,99
No. 30	3,40	1,64	89,15
No. 40	6,75	3,26	85,49
No. 50	12,70	6,89	78,56
No. 60	7,45	4,04	74,55
No. 100	27,45	14,89	59,66
No. 200	19,00	10,31	49,35
FONDO	0,00	0,00	-
W _{LIBRE}	93,35	W _{humedad} [%]:	164,30



TAMANO MAXIMO, (TM)	3/4"
	19 mm

TAMANO MAXIMO NOMINAL, (TMN)	No. 40
	0,425 mm

% GRAVA	4,30
% ARENA	46,15
% FINOS	49,35

CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	SC	DESCRIPCIÓN:	ARENA ARCILLOSA
-------------------------	----	--------------	-----------------

OBSERVACIONES: * El análisis granulométrico de suelos por lavado se realiza según norma I.N.V. E - 123 - 07
 * El análisis se hizo después de separar los finos por lavado sobre tamiz No. 200

REALIZO: Erietta Rocha Cerpa **REVISÓ:** Henry A. Mercado Olaso **VOBO:** Juan Camilo Jerez Gómez
 Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing. Civil Masc. Geotecnia - Ing. Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S	Código:	FPB-13
		Versión:	1
		Página:	1 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia, Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com			
Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176-14
LOCALIZACIÓN: BARRIO TAMARINDOS - TALUD CARRETERA
MUESTRA No.: 1 **SONDEO No.:** 3 **PROFUNDIDAD:** 0,00 A 0,00 **FECHA:** 15/05/2015

LIMITES DE ATTERBERG Y HUMEDAD

ENSAYO No.:	LIMITE PLÁSTICO (L.P.)			LIMITE LIQUIDO (L.L.)			HUMEDAD (w)
	1	2	3	1	2	3	1
RECIPIENTE No.:	E13	V25	V10	V1	V23	V35	N5
No. DE GOLPES:	N/A	N/A	N/A	14	29	45	N/A
W _o + W ₁ [g]:	27,00	16,70	21,30	22,15	22,80	22,55	674,25
W _o + W ₂ [g]:	25,70	16,00	20,45	18,10	18,90	19,05	731,45
W ₁ [g]:	19,30	10,35	10,00	10,25	10,45	9,90	140,20
W ₂ [g]:	2,10	2,10	0,85	4,05	3,90	3,90	142,00
W _o [g]:	6,40	6,25	4,45	7,85	6,45	9,15	591,25
W _o [%]:	32,81%	33,60%	19,10%	51,59%	46,15%	42,82%	24,15%



RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO (L.L.)	47,04 %
LIMITE PLÁSTICO (L.P.)	28,30 %
INDICE DE PLASTICIDAD (I.P. = L.L. - L.P.)	18,54 %
HUMEDAD NATURAL (w)	24,15 %

OBSERVACIONES: * Determinación del contenido de agua (humedad) según norma I.N.V. E - 122 - 07
 * Determinación del Límite Líquido según norma I.N.V. E - 125 - 07
 * Límite Plástico e Índice de Plasticidad según norma I.N.V. E - 126 - 07

REALIZO: Erlinda Rocha Corpas **REVISÓ:** Henry A. Mercado Otáero **VOBO:** Juan Camilo Jerez Gómez
 Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing. Civil Mec. Geotécnica - Ing. Civil



Documento: **CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S.** Código: **FP8-13**
 Versión: **1**
 Página: **2 DE 2**

SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.
 NIT: 829.000.738-4
 Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com
 Barrancabermeja - Santander - Colombia

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
 PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176-14
 LOCALIZACIÓN: BARRIO TAMARINDOS - TALUD CARRETERA
 MUESTRA No.: 1 SONDEO No.: 3 PROFUNDIDAD: 0.00 A 0.00 FECHA: 15/05/2015

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ	W _{ret} (g)	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	0.00	0.00	100.00
2"	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	0.00	0.00	100.00
1"	0.00	0.00	100.00
3/4"	0.00	0.00	100.00
3/8"	0.00	0.00	100.00
No. 4	0.20	0.12	99.88
No. 6	0.30	0.19	99.81
No. 10	0.50	0.31	99.69
No. 15	0.30	0.19	99.81
No. 20	0.35	0.22	99.78
No. 30	0.25	0.16	99.84
No. 40	0.10	0.06	99.94
No. 50	0.60	0.37	99.63
No. 60	0.90	0.56	99.44
No. 100	42.45	26.47	73.53
No. 200	22.00	13.72	86.28
FONDO	0.10	0.06	-
W _{total}	60.03	W _{humedad} (g)	100.38



TAMANO MAXIMO, (TM)	3/8"
	9.5 mm

TAMANO MAXIMO NOMINAL, (TMN)	No. 60
	0.25 mm

% GRAVA	0.12
% ARENA	42.24
% FINOS	57.63

CLASIFICACIÓN S.U.C.S.: **ML** DESCRIPCIÓN: **LIMO INORGÁNICO DE MEDIA A BAJA PLASTICIDAD**

OBSERVACIONES: * El análisis granulométrico de suelos por tamizado se realizó según norma I.N.V. E - 123 - 07
 * El análisis se hizo después de separar los finos por lavado sobre tamiz No. 200

REALIZÓ: Evelia Rocha Carpa REVISÓ: Henry A. Mercado Otayo VoBo: Juan Camilo Jerez Gómez
 Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing. Civil Mec. Geotécnica - Ing. Civil



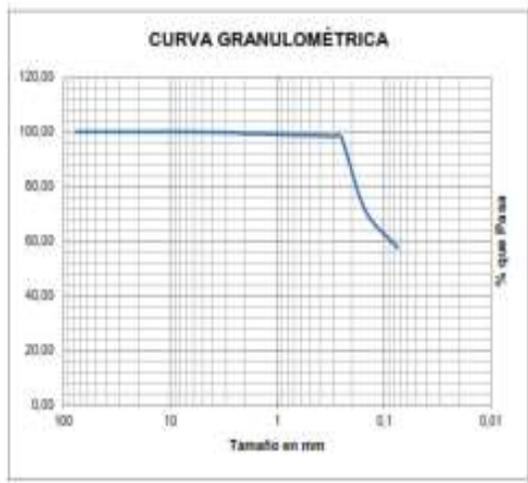
Documento: **CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S.** Código: **F-P8-13**
 Versión: **1**
 Página: **2 DE 2**

SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.
 NIT: 829.000.738-4
 Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com
 Barrancabermeja - Santander - Colombia

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
 PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No 2176-14
 LOCALIZACIÓN: BARRIO TAMARINDOS - TALUD CARRETERA
 MUESTRA No: 1 SONDEO No.: 3 PROFUNDIDAD: 0.00 A 0.00 FECHA: 15/05/2015

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ	W _{ret} (g)	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	0.00	0.00	100.00
2"	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	0.00	0.00	100.00
1"	0.00	0.00	100.00
3/4"	0.00	0.00	100.00
3/8"	0.00	0.00	100.00
No. 4	0.20	0.12	99.88
No. 6	0.30	0.19	99.81
No. 10	0.50	0.31	99.69
No. 15	0.30	0.19	99.81
No. 20	0.35	0.22	99.78
No. 30	0.25	0.16	99.84
No. 40	0.10	0.06	99.94
No. 50	0.60	0.37	99.63
No. 60	0.90	0.56	99.44
No. 100	42.45	26.47	73.53
No. 200	22.00	13.72	86.28
FONDO	0.10	0.06	99.94
W _{total}	65.03	W _{humedad} (g):	100.38



TAMANO MÁXIMO (TM)	3/8"	9.5 mm
--------------------	------	--------

TAMANO MÁXIMO NOMINAL (TMN)	No. 60	0.25 mm
-----------------------------	--------	---------

% GRAVA	0.12
% ARENA	42.24
% FINOS	57.63

CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	ML	DESCRIPCIÓN:	LIMO INORGÁNICO DE MEDIA A BAJA PLASTICIDAD
-------------------------	----	--------------	---

OBSERVACIONES: * El análisis granulométrico de suelos por tamizado se realizó según norma I.N.V. E - 123 - 07
 * El análisis se hizo después de separar los finos por lavado sobre tamiz No. 200

REALIZÓ: Evelin Rocha Carpa Aux. Laboratorio
 REVISÓ: Henry A. Mercado Otero Jefe de Laboratorio - Ing. Civil
 VoBo: Juan Carrillo Jerez Gómez Msc. Geotecnia - Ing. Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S	Código:	FP-8-13
		Versión:	1
		Página:	1 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com			
Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 3175-14
LOCALIZACIÓN: BARRIO TAMARINDOS - TALUD CARRETERA
MUESTRA No.: 2 **SONDEO No.:** 3 **PROFUNDIDAD:** 1,70 A 2,00 **FECHA:** 15/05/2015

LIMITES DE ATTERBERG Y HUMEDAD

ENSAYO No.:	LIMITE PLASTICO (L.P.)			LIMITE LIQUIDO (L.L.)			HUMEDAD (w)
	1	2	3	1	2	3	1
RECIPIENTE No.:	R17	E7	R10	R5	E10	R20	87
No. DE GOLPES:	N/A	N/A	N/A	18	21	40	N/A
W ₊ + W _u [g]:	13,05	12,45	13,50	24,35	20,00	16,00	675,00
W ₊ + W _u [g]:	12,55	11,55	12,20	19,40	16,00	15,45	500,10
W _u [g]:	0,20	7,00	7,00	6,40	7,00	7,45	134,00
W ₊ [g]:	1,30	1,10	1,30	4,95	4,00	3,40	117,90
W _u [g]:	4,29	3,75	4,40	11,00	9,00	6,00	425,30
w:	30,30%	29,33%	29,55%	45,00%	44,44%	42,50%	27,72%



RESUMEN DE RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	43,93 %
LIMITE PLASTICO (L.P.)	29,73 %
INDICE DE PLASTICIDAD (I.P. = L.L. - L.P.)	14,21 %
HUMEDAD NATURAL (w)	27,72 %

OBSERVACIONES: * Determinación del contenido de agua (humedad) según norma I.N.V. E - 122 - 07
 * Determinación del Límite Líquido según norma I.N.V. E - 125 - 07
 * Límite Plástico e Índice de Plasticidad según norma I.N.V. E - 126 - 07

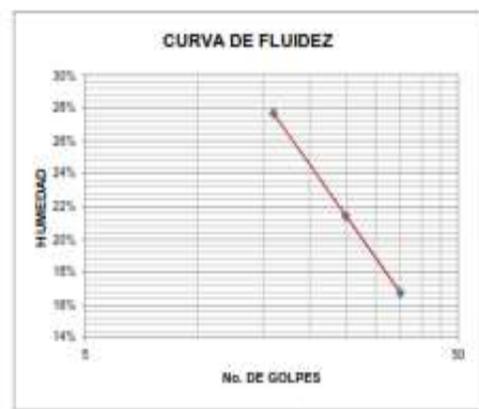
REALIZO: Erielle Rocha Cerpa, Asst. Laboratorio
REVISÓ: Henry A. Mercado Olayo, Jefe de Laboratorio - Ing. Civil
VOBO: Juan Camilo Jerez Gómez, Mec. Geotécnica - Ing. Civil

	Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S	Código:	F-P8-15
			Verstón:	1
			Página:	1 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.				
NIT: 829.000.738-4				
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Teles.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com				
Barrancabermeja - Santander - Colombia				

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176-14
LOCALIZACIÓN: BARRIO TAMARINDOS - TALUD CARRETERA
MUESTRA No.: 3 **SONDEO No.:** 3 **PROFUNDIDAD:** 2,00 A 3,00 **FECHA:** 15/05/2015

LIMITES DE ATTERBERG Y HUMEDAD

ENSAYO No.:	LIMITE PLÁSTICO (L.P.)			LIMITE LIQUIDO (L.L.)			HUMEDAD (w)
	1	2	3	1	2	3	1
RECIPIENTE No.:	H	B	B20	H2	H15	H3	B23
No. DE GOLPES:	N/A	N/A	N/A	16	25	35	N/A
W ₊ + W ₁ [g]:	15,26	15,10	15,40	40,73	39,15	37,55	305,90
W ₊ + W ₂ [g]:	14,50	14,33	14,60	35,52	35,42	34,50	265,90
W ₊ [g]:	10,14	10,23	10,03	16,70	16,03	16,30	118,55
W ₁ [g]:	0,78	0,77	0,80	9,21	3,73	3,65	40,00
W ₂ [g]:	4,36	4,10	4,57	16,82	17,39	18,20	147,35
W:	17,89%	18,78%	17,91%	27,68%	21,43%	16,76%	27,15%



RESUMEN DE RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	21,01 %
LIMITE PLÁSTICO (L.P.)	18,06 %
INDICE DE PLASTICIDAD (I.P. = L.L. - L.P.)	2,95 %
HUMEDAD NATURAL (w)	27,15 %

OBSERVACIONES: * Determinación del contenido de agua (humedad) según norma I.N.V. E - 122 - 07
 * Determinación del Límite Líquido según norma I.N.V. E - 125 - 07
 * Límite Plástico e Índice de Plasticidad según norma I.N.V. E - 126 - 07

REALIZO: Evelia Rocha Cerpa **REVISO:** Henry A. Mercado Otazo **VOBO:** Juan Camilo Jerez Gómez
 Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing. Civil Mec. Geotécnica - Ing. Civil



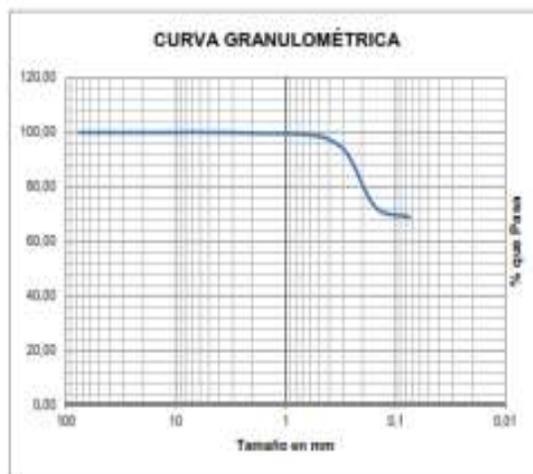
Documento: **CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S.** Código: **F-P8-13**
 Versión: **1**
 Página: **2 DE 2**

SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.
 NIT: 829.000.738-4
 Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com
 Barrancabermeja - Santander - Colombia

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
 PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2178-14
 LOCALIZACIÓN: BARRIO TAMARINDOS - TALUD CARRETERA
 MUESTRA No.: 3 SONDEO No.: 3 PROFUNDIDAD: 2.00 A 3.50 FECHA: 15/05/2015

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ	W _{ret} [g]	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	0.00	0.00	100.00
2"	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	0.00	0.00	100.00
1"	0.00	0.00	100.00
3/4"	0.00	0.00	100.00
3/8"	0.00	0.00	100.00
No. 4	0.00	0.00	100.00
No. 6	0.40	0.21	99.79
No. 10	0.10	0.05	99.74
No. 16	0.30	0.16	99.58
No. 20	0.20	0.11	99.47
No. 30	0.60	0.42	99.05
No. 40	2.30	1.22	97.83
No. 50	7.30	3.66	93.98
No. 60	5.75	4.62	89.30
No. 100	32.15	16.96	72.37
No. 200	6.50	3.43	66.94
FONDO	0.00	0.00	-
W _{total}	50.60	W _{humedad} [g]:	109.30



TAMANO MAXIMO (TM)	No. 4 4.75 mm
--------------------	------------------

TAMANO MAXIMO NOMINAL (TMN)	No. 60 0.25 mm
-----------------------------	-------------------

% GRAVA	0.00
% ARENA	31.00
% FINOS	68.94

CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	ML	DESCRIPCIÓN:	LIMO INORGANICO DE MEDIA A BAJA PLASTICIDAD
-------------------------	----	--------------	---

OBSERVACIONES: * El análisis granulométrico de suelos por tamizado de resaca según norma I.N.V. E - 123 - 07
 * El análisis se hizo después de separar los finos por lavado sobre tamiz No. 200

REALIZO: Eledia Rocha Cerpa REVISO: Henry A. Mercado Otero VoBo: Juan Camilo Jerez Gómez
 Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing Civil Mec. Geotecnia - Ing Civil



Documento: **CLASIFICACION DE SUELOS S.U.C.S**

Código Versión: **F-#8-13**
 1
 Página: 1 DE 2

SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.
 NIT: 829.000.738-4
 Calle 30 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com
 Barrancabermeja - Santander - Colombia

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA

PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176-14

LOCALIZACIÓN: BARRIO TAMARINDOS - TALUD CARRETERA

MUESTRA No.: 4 SONDEO No.: 3 PROFUNDIDAD: 3.50 A 4.40 FECHA: 15/05/2015

LIMITES DE ATTERBERG Y HUMEDAD

ENSAYO No.:	LIMITE PLÁSTICO (L.P.)			LIMITE LIQUIDO (L.L.)			HUMEDAD (w)
	1	2	3	1	2	3	1
RECIPIENTE No.:	H4	E7	V6	E4	I4	H11	V13
No. DE GOLPES:	N/A	N/A	N/A	16	26	40	N/A
W _p + W _n [g]:	20,10	21,00	23,15	20,00	29,40	30,45	75,75
W _p + W _n [g]:	19,00	19,90	20,00	24,25	25,60	26,90	60,30
W _n [g]:	15,15	15,70	9,00	16,00	16,10	16,70	10,10
W _p [g]:	1,10	1,10	3,15	3,75	3,80	3,55	16,45
W _n [g]:	3,85	4,20	11,00	8,25	9,50	10,20	50,20
w:	28,57%	26,18%	28,64%	45,45%	40,80%	34,80%	36,75%



RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO (L.L.)	40,80 %
LIMITE PLÁSTICO (L.P.)	27,80 %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P. = L.L. - L.P.)	12,29 %
HUMEDAD NATURAL (w)	36,75 %

OBSERVACIONES: * Determinación del contenido de agua (humedad) según norma I.N.V. E - 122 - 07
 * Determinación del Límite Líquido según norma I.N.V. E - 125 - 07
 * Límite Plástico e Índice de Plasticidad según norma I.N.V. E - 126 - 07

REALIZÓ: Eledia Rocha Cerpa Aux. Laboratorio

REVISÓ: Henry A. Mercado Olivo Jefe de Laboratorio - Ing. Civil

VoBo: Juan Camilo Jerez Gómez Mec. Geotecnia - Ing. Civil



Documento: **CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S.** Código: **FPB-13**
 Versión: **1**
 Página: **2 DE 2**

SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.
 NIT: 829.000.738-4
 Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com
 Barrancabermeja - Santander - Colombia

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
 PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176-14
 LOCALIZACIÓN: BARRIO TAMARINDOS - TALUD CARRETERA
 MUESTRA No.: 4 SONDEO No.: 3 PROFUNDIDAD: 3,50 A 4,40 FECHA: 15/05/2015

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ	W _{ret} [g]	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	0,00	0,00	100,00
2"	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	100,00
1"	0,00	0,00	100,00
3/4"	0,00	0,00	100,00
3/8"	0,00	0,00	100,00
No. 4	0,00	0,00	100,00
No. 5	0,00	0,00	100,00
No. 10	0,00	0,00	100,00
No. 16	0,10	0,08	99,92
No. 20	0,05	0,04	99,96
No. 30	0,03	0,04	99,96
No. 40	0,05	0,04	99,96
No. 50	0,70	0,53	99,47
No. 60	0,75	0,56	99,44
No. 100	14,45	10,85	89,15
No. 200	4,85	3,64	96,36
FONDO	0,05	0,04	-
W _{ESTR}	21,05	W _{humedad} [g]	133,20



TAMANO MÁXIMO, (TM)	No. 10 2 mm
---------------------	----------------

TAMANO MÁXIMO NOMINAL, (TMN)	No. 100 0,15 mm
------------------------------	--------------------

% GRAVA	0,00
% ARENA	15,77
% FINOS	84,23

CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	ML	DESCRIPCIÓN:	LIMO INORGANICO DE MEDIA A BAJA PLASTICIDAD
-------------------------	----	--------------	---

OBSERVACIONES: * El análisis granulométrico de suelos por tamizado de resitas según norma I.N.V. E - 123 - 07
 * El análisis se hizo después de separar los finos por lavado sobre tamiz No. 200

REALIZO Eridia Rocha Carpa REVISO Henry A. Mercado Otáñez VoBo Juan Camilo Jerez Gómez
 Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing. Civil Mec. Geotecnia - Ing. Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S	Código:	F-PS-13
		Versión:	1
		Página:	1 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com			
Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No 2176-14
LOCALIZACIÓN: BARRIO TAMARINDOS - TALUD CARRETERA
MUESTRA No.: 5 **SONDEO No.:** 3 **PROFUNDIDAD:** 4,46 A 5,30 **FECHA:** 15/05/2015

LIMITES DE ATTERBERG Y HUMEDAD

ENSAYO No.:	LIMITE PLÁSTICO (L.P.)			LIMITE LIQUIDO (L.L.)			HUMEDAD (w)
	1	2	3	1	2	3	1
RECIPIENTE No.:	36	49	20	V25	V36	V7	V25
No. DE GOLPES:	N/A	N/A	N/A	11	21	43	N/A
W ₊ + W ₋ (g):	16,91	11,09	14,74	21,53	21,90	22,01	106,25
W ₊ (g):	15,62	11,19	13,65	18,26	18,68	19,27	80,10
W ₋ (g):	10,76	8,01	8,60	10,16	9,65	10,25	10,35
W ₊ (g):	1,09	0,70	1,09	3,27	3,22	2,74	26,15
W ₋ (g):	5,06	3,18	5,05	6,10	5,83	5,02	65,75
w:	21,34%	22,01%	21,56%	40,37%	35,66%	30,38%	40,36%



RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO (L.L.)	34,14 %
LIMITE PLÁSTICO (L.P.)	21,71 %
INDICE DE PLASTICIDAD (I.P. = L.L. - L.P.)	12,42 %
HUMEDAD NATURAL (w)	40,36 %

OBSERVACIONES: * Determinación del contenido de agua (humedad) según norma I.N.V. E - 122 - 07
 * Determinación del Límite Líquido según norma I.N.V. E - 125 - 07
 * Límite Plástico e Índice de Plasticidad según norma I.N.V. E - 126 - 07

REALIZÓ: Eriadie Rocha Carpa **REVISÓ:** Henry A. Mercado Otávo **VOBO:** Juan Camilo Jara Gómez
 Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing. Civil Msc. Geotecnia - Ing. Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S.	Código:	FPB-13
		Versión:	1
		Página:	2 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com			
Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176-14
LOCALIZACIÓN: BARRIO TAMARINDOS - TALUD CARRETERA
MUESTRA No.: 5 **SONDEO No.:** 3 **PROFUNDIDAD:** 4.40 A 5.30 **FECHA:** 15/05/2015

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ	W _{ret} [g]	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	0,00	0,00	100,00
2"	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	100,00
1"	0,00	0,00	100,00
3/4"	0,00	0,00	100,00
3/8"	0,00	0,00	100,00
No. 4	0,00	0,00	100,00
No. 6	0,55	0,32	99,68
No. 10	1,05	0,62	99,06
No. 16	0,70	0,41	99,04
No. 20	1,25	0,74	97,90
No. 30	2,15	1,27	96,64
No. 40	6,65	4,04	92,59
No. 50	9,50	5,81	88,98
No. 60	53,90	31,82	55,17
No. 100	41,35	24,41	30,76
No. 200	0,65	0,50	30,26
FONDO	0,05	0,03	-
W _{LÍQUIDA}	116,20	W _{PLASTICA} [g]:	169,41



TAMANO MÁXIMO, (TM)	No. 4 4,75 mm
---------------------	------------------

TAMANO MÁXIMO NOMINAL, (TMN)	No. 50 0,3 mm
------------------------------	------------------

% GRAVA	0,00
% ARENA	69,74
% FINOS	30,26

CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	SC	DESCRIPCIÓN:	ARENA ARCILLOSA
-------------------------	----	--------------	-----------------

OBSERVACIONES: * El análisis granulométrico de suelos por tamizado de resaltes según norma I.N.V. E - 123 - 07
 * El análisis se hizo después de separar los finos por lavado sobre tamiz No. 200

REALIZO: Eriedia Rocha Cerpa, Aux. Laboratorio
REVISÓ: Henry A. Mercado Oliva, Jefe de Laboratorio - Ing. Civil
VOBO: Juan Camilo Jerez Gómez, Msc. Geotecnia - Ing. Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S	Código:	FP8-13
		Versión:	1
		Página:	1 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com			
Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORA No. 2176-14
LOCALIZACIÓN: BARRIO TAMARINDOS - TALUD CARRETERA
MUESTRA No.: II **SONDEO No.:** 3 **PROFUNDIDAD:** 3,75 A 6,00 **FECHA:** 15/05/2015

LIMITES DE ATTERBERG Y HUMEDAD

ENSAYO No.:	LIMITE PLASTICO (L.P.)			LIMITE LIQUIDO (L.L.)			HUMEDAD (w)
	1	2	3	1	2	3	1
RECIPIENTE No.:	E4	T24	H4	I2	I1	E14	V7
No. DE GOLPES:	N/A	N/A	N/A	15	26	35	N/A
W ₊ + W ₁ [g]:	21,00	16,70	26,75	29,00	23,10	34,00	17,95
W ₊ + W ₂ [g]:	21,00	16,15	20,75	25,75	20,10	21,15	16,35
W ₁ [g]:	16,50	15,00	15,60	15,50	10,20	10,35	10,25
W ₂ [g]:	0,60	0,55	1,20	3,05	3,00	2,65	1,60
W ₃ [g]:	4,50	3,15	6,15	10,25	9,90	10,80	6,10
W:	17,78%	17,46%	16,16%	37,56%	30,30%	26,39%	26,23%



RESUMEN DE RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	30,51 %
LIMITE PLASTICO (L.P.)	17,17 %
INDICE DE PLASTICIDAD (I.P. = L.L. - L.P.)	13,35 %
HUMEDAD NATURAL (w)	26,23 %

OBSERVACIONES: * Determinación del contenido de agua (humedad) según norma I.N.V. E - 122 - 07
 * Determinación del Límite Líquido según norma I.N.V. E - 125 - 07
 * Límite Plástico e Índice de Plasticidad según norma I.N.V. E - 126 - 07

REALIZO: Eledis Rocha Carpa **REVISO:** Henry A. Mercado Otavo **VoBo:** Juan Camilo Jerez Gómez
 Asst. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing. Civil Mec. Geotécnica - Ing. Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S.	Código:	FPB-13
		Versión:	1
		Página:	2 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com			
Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2178-14
LOCALIZACIÓN: BARRIO TAMARINDOS - TALUD CARRETERA
MUESTRA No.: 8 **SONDEO No.:** 3 **PROFUNDIDAD:** 5,75 A 6,03 **FECHA:** 15/05/2015

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ	W _{ret} [g]	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	0,00	0,00	100,00
2"	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	100,00
1"	0,00	0,00	100,00
3/4"	0,00	0,00	100,00
3/8"	0,00	0,00	100,00
No. 4	0,00	0,00	100,00
No. 8	0,50	0,33	99,67
No. 10	0,05	0,03	99,97
No. 16	0,30	0,20	99,80
No. 20	0,15	0,10	99,90
No. 30	0,20	0,13	99,87
No. 40	0,30	0,20	99,80
No. 50	1,75	1,15	98,85
No. 60	5,85	3,64	96,36
No. 100	20,00	13,44	86,56
No. 200	75,00	48,22	51,78
FONDO	152,15	-	-
W _{sat}	51,30	W _{muestra} [g]:	152,15



TAMAÑO MÁXIMO, (TM)	No. 4
	4,75 mm

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL, (TMN)	No. 60
	0,25 mm

% GRAVA	0,00
% ARENA	33,70
% FINOS	66,30

CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	CL	DESCRIPCIÓN:	ARCILLA INORGANICA DE MEDIA A BAJA PLASTICIDAD
-------------------------	----	--------------	--

OBSERVACIONES: * El análisis granulométrico de suelos por tamizado de realzo según norma I.N.V. E-123-07
 * El análisis se hizo después de separar los finos por lavado sobre tamiz No. 200

REALIZÓ: Evelin Rocha Cerpa **REVISÓ:** Henry A. Mercado Otero **VoBo:** Juan Camilo Jerez Gómez
 Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing Civil Msc. Geotecnia - Ing. Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S	Código:	F-PS-13
		Versión:	1
		Página:	1 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com			
Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2178-14
LOCALIZACIÓN: BARRIO TAMARINDOS - TALUD CARRIZERA
MUESTRA No.: 7 **SONDEO No.:** 3 **PROFUNDIDAD:** 6.05 A 8.00 **FECHA:** 15/05/2015

LIMITES DE ATTERBERG Y HUMEDAD

ENSAYO No.:	LIMITE PLÁSTICO (L.P.)			LIMITE LIQUIDO (L.L.)			HUMEDAD (w)
	1	2	3	1	2	3	1
RECIPIENTE No.:	H3	H7	H12	E4	H2	H3	B32
No. DE GOLPES:	N/A	N/A	N/A	17	26	34	N/A
W ₊ + W ₋ [g]:	22,43	21,00	20,25	29,25	31,15	34,05	1075,00
W ₊ [g]:	21,65	20,70	19,45	26,00	27,75	30,85	939,20
W ₋ [g]:	17,00	15,05	14,95	16,00	15,00	19,00	122,20
W ₊ [g]:	0,80	0,90	0,80	3,25	3,40	3,20	136,60
W ₋ [g]:	4,65	5,05	4,50	10,00	11,95	11,55	617,00
w:	17,20%	17,82%	17,78%	32,50%	28,45%	27,80%	16,72%



RESUMEN DE RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	29,13 %
LIMITE PLÁSTICO (L.P.)	17,00 %
INDICE DE PLASTICIDAD (I.P. = L.L. - L.P.)	11,52 %
HUMEDAD NATURAL (w)	16,72 %

OBSERVACIONES: * Determinación del contenido de agua (humedad) según norma I.N.V. E - 122 - 07
 * Determinación del Límite Líquido según norma I.N.V. E - 125 - 07
 * Límite Plástico e Índice de Plasticidad según norma I.N.V. E - 126 - 07

REALIZO: Eledia Rocha Carpa, Aux. Laboratorio
REVISÓ: Henry A. Mercado Olayo, Jefe de Laboratorio - Ing. Civil
VoBo: Juan Camilo Jerez Gómez, Mec. Geotécnica - Ing. Civil



Documento: **CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S.** Código: **FPB-15**
 Versión: **1**
 Página: **2 DE 2**

SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.
 NIT: 829.000.738-4
 Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com
 Barrancabermeja - Santander - Colombia

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
 PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2175-14
 LOCALIZACIÓN: BARRIO TAMARINDOS - TALUD CARRETERA
 MUESTRA No.: 7 SONDEO No.: 3 PROFUNDIDAD: 6.00 A 8.00 FECHA: 15/05/2015

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ	W _{ret} [g]	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	0,00	0,00	100,00
2"	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	100,00
1"	0,00	0,00	100,00
3/4"	0,00	0,00	100,00
3/8"	0,00	0,00	100,00
No. 4	0,00	0,00	100,00
No. 6	5,30	2,10	97,90
No. 10	1,05	0,43	97,47
No. 16	4,30	1,71	95,76
No. 20	3,32	1,32	94,44
No. 30	6,46	2,56	91,06
No. 40	2,42	0,96	90,92
No. 50	3,22	1,26	89,64
No. 60	3,90	1,55	88,10
No. 100	5,54	2,20	85,90
No. 200	6,38	3,33	82,57
FONDO	0,00	0,00	-
W _{LATON}	43,92	W _{líquida} [g]	252,00



TAMANO MAXIMO, (TM)	No. 4 4,75 mm
---------------------	------------------

TAMANO MAXIMO NOMINAL, (TMN)	No. 100 0,15 mm
------------------------------	--------------------

% GRAVA	0,00
% ARENA	17,43
% FINOS	82,57

CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	CL	DESCRIPCIÓN:	ARCILLA INORGANICA DE MEDIA A BAJA PLASTICIDAD
-------------------------	----	--------------	--

OBSERVACIONES: * El análisis granulométrico de suelos por tamizado de realzo según norma I.N.V. E - 123 - 87
 * El análisis se hizo después de separar los finos por lavado sobre tamiz No. 200

REALIZO: Evelia Rocha Carpa Aux. Laboratorio
 REVISO: Henry A. Mercado Olavo Jefe de Laboratorio - Ing. Civil
 VoBo: Juan Camilo Jerez Gómez Mec. Geotecnia - Ing. Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S	Código:	F-PS-15
		Versión:	1
		Página:	1 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com			
Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176-14
LOCALIZACIÓN: BARRIO TAMARINDOS - TALUD CARRETERA
MUESTRA No.: 7 **SONDEO No.:** 3 **PROFUNDIDAD:** 0,00 A 0,35 **FECHA:** 15/05/2015

LIMITES DE ATTERBERG Y HUMEDAD

ENSAYO No.:	LIMITE PLÁSTICO (L.P.)			LIMITE LIQUIDO (L.L.)			HUMEDAD (w)
	1	2	3	1	2	3	1
RECIPIENTE No.:	E7	H12	E14	V25	V5	V6	V54
No. DE GOLPES:	N/A	N/A	N/A	19	24	34	N/A
W ₁ + W ₂ (g):	29,15	26,04	26,65	25,60	24,52	25,47	132,90
W ₁ + W ₂ (g):	27,14	24,94	27,26	22,21	21,40	22,27	110,00
W ₁ (g):	16,65	15,04	19,67	10,47	10,29	10,13	10,20
W ₂ (g):	2,01	1,10	1,39	3,39	3,12	3,20	22,30
W _n (g):	10,49	5,90	7,59	11,74	11,11	12,14	99,00
w:	19,16%	18,64%	18,31%	28,88%	28,88%	26,36%	22,34%



RESUMEN DE RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	27,74 %
LIMITE PLÁSTICO (L.P.)	18,71 %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P. = L.L. - L.P.)	9,03 %
HUMEDAD NATURAL (w)	22,34 %

OBSERVACIONES: * Determinación del contenido de agua (humedad) según norma I.N.V. E - 122 - 07
 * Determinación del Límite Líquido según norma I.N.V. E - 125 - 07
 * Límite Plástico e Índice de Plasticidad según norma I.N.V. E - 126 - 07

REALIZÓ: Eriella Rocha Cerpa **REVISÓ:** Henry A. Mercado Olivo **VoBo:** Juan Camilo Jerez Gómez
 Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing. Civil Mec. Geotecnia - Ing. Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S.	Código:	FP-8-13
		Versión:	1
		Página:	2 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com			
Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176-14
LOCALIZACIÓN: BARRIO TAMARINDOS - TALUD CARRELEIRA
MUESTRA No.: 7 **SONDEO No.:** 3 **PROFUNDIDAD:** 8,00 A 8,35 **FECHA:** 15/05/2015

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ	W _{ret} [g]	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	0,00	0,00	100,00
2"	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	100,00
1"	0,00	0,00	100,00
3/4"	0,00	0,00	100,00
3/8"	0,00	0,00	100,00
No. 4	0,00	0,00	100,00
No. 8	0,70	0,33	99,67
No. 10	0,17	0,08	99,92
No. 16	0,69	0,42	99,58
No. 20	2,42	1,14	98,86
No. 30	2,32	1,09	98,91
No. 40	10,70	5,04	94,96
No. 50	14,95	7,04	92,96
No. 60	7,82	3,66	96,34
No. 100	13,93	6,58	93,42
No. 200	10,00	4,71	95,29
FONDO	0,03	0,01	-
W _{total}	83,93	W _{humedad} [%]	212,39



TAMANO MAXIMO (TM)	No. 4 4,75 mm
--------------------	------------------

TAMANO MAXIMO NOMINAL (TMN)	No. 40 0,425 mm
-----------------------------	--------------------

% GRAVA	0,00
% ARENA	30,08
% FINOS	69,92

CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	CL	DESCRIPCIÓN:	ARCILLA INORGANICA DE MEDIA A BAJA PLASTICIDAD
-------------------------	----	--------------	--

OBSERVACIONES: * El análisis granulométrico de suelos por tamizado se realizó según norma UNV E -123 - 07
 * El análisis se hizo después de separar los finos por levante sobre tamiz No. 200

REALIZÓ: Erika Rocha Cerpa **REVISÓ:** Henry A. Mercado Olivo **VoBo:** Juan Camilo Jerez Gómez
 Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing Civil Mec. Geotécnica - Ing Civil

	Documento:	Código: F-PS-29																							
	GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SÓLIDOS	Versión: 3																							
		Página: 1 de 1																							
DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SUELOS Y DEL LLENANTE MINERAL NORMA: INV-E-128-07																									
SOLICITANTE:	MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA																								
NOMBRE S.U.C.S	LIMO INORGANICO DE ALTA PLASTICIDAD																								
FECHA DE TOMA DE LA MUESTRA:	08 DE MAYO DEL 2015																								
FECHA DE ENSAYO:	15 DE MAYO DEL 2015																								
METODO DE EXTRACCIÓN:	TURO TIPO SHELBY																								
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	SONDEO No. 1 - M3 - COLOR ROJO																								
PROFUNDIDAD (m) :	1.60 - 1.90																								
DATOS CALIBRACIÓN																									
Ensayo	Agua al clima	Agua caliente	Agua Fría																						
Peso matraz (gr)	191,75	221,20	197,50																						
Peso matraz + agua (gr)	709,7	685,25	712,2																						
Temperatura °C	27	60	15																						
Temperatura Ambiente °C	30																								
Peso matraz calibrado (gr)	707,30																								
Volumen matraz calibrado (cm3)	508,01																								
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ensayo</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>W matraz + Ws + agua (gr)</td> <td>725,50</td> </tr> <tr> <td>No. Recipiente</td> <td>M10</td> </tr> <tr> <td>W recipiente (gr)</td> <td>127,4</td> </tr> <tr> <td>W recipiente + W húmedo (gr)</td> <td>715,3</td> </tr> <tr> <td>W recipiente + W seco (gr)</td> <td>155,9</td> </tr> <tr> <td>W seco (gr)</td> <td>28,5</td> </tr> <tr> <td>G₁</td> <td>2,77</td> </tr> <tr> <td>G₂₀</td> <td>2,78</td> </tr> </table>			ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA		Ensayo	1	W matraz + Ws + agua (gr)	725,50	No. Recipiente	M10	W recipiente (gr)	127,4	W recipiente + W húmedo (gr)	715,3	W recipiente + W seco (gr)	155,9	W seco (gr)	28,5	G ₁	2,77	G ₂₀	2,78	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Peso matraz a temperatura ensayo (gr)</td> <td>707,30</td> </tr> </table>	Peso matraz a temperatura ensayo (gr)	707,30
ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA																									
Ensayo	1																								
W matraz + Ws + agua (gr)	725,50																								
No. Recipiente	M10																								
W recipiente (gr)	127,4																								
W recipiente + W húmedo (gr)	715,3																								
W recipiente + W seco (gr)	155,9																								
W seco (gr)	28,5																								
G ₁	2,77																								
G ₂₀	2,78																								
Peso matraz a temperatura ensayo (gr)	707,30																								
																									
OBSERVACIONES:																									
¹ El ensayo de gravedad específica se realizó según la norma INV E-128-13																									
² El ensayo se ejecutó mediante el método B (Suelo Seco) y pasado por el tamiz No-40 según la norma INV E-128-07																									
³ El valor de gravedad específica real es el calculado a temperatura del 20°C																									
Realizó:	Revisó:	VoBo:																							
Erladio Rocha Corp Aux. Laboratorio	Henry Andrey Mercado O. Jefe de Laboratorio - Ing. Civil	Juan Camilo Jerez Gómez Mec. Geotécnica - Ingeniero Civil																							
Nota: no se debe reproducir el informe de ensayo en su totalidad o parcial, sin la aprobación escrita del laboratorio																									

	PESO ESPECIFICO Y RELACIONES VOLUMETRICAS DE LOS SUELOS		Hoja: 1 de: 1
	SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S. NIT: 829.000.738-4 Calle 90 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com Barrancabermaja - Santander - Colombia		

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA **FECHA:** 15/03/15
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2175-14 **LOCALIZACION:** BARRIO TAMANINDOS - SECTOR CAMPESINA
SONDEO No.: 1 **MUESTRA No.:** 2 **PROFUNDIDAD (m):** 1.00 - 1.00 **COORDENADAS:** RE
DESCRIPCION DE LA MUESTRA: LIMO INORGANICO DE ALTA PLASTICIDAD MOJO

INFORMACION DE LA MUESTRA (ESPÉCIMEN)

CONTENIDO DE HUMEDAD (Tabla1)			
No Muestra No.	3	-	-
No de tara	NO	-	-
Peso de la tara	130.00	-	-
Peso de la tara + suelo húmedo	524.15	-	-
Peso de la tara + suelo seco	441.20	-	-
Peso del agua	82.95	-	-
Peso del suelo seco	302.25	-	-
Contenido de humedad (W%)	27.25	-	-

RELACIONES VOLUMETRICAS DATOS PRELIMINARES			
No Muestra No.	3	-	-
1 Peso de suelo húmedo (gr)	30.15	-	-
2 Peso de suelo + parafina (gr)	32.25	-	-
3 Peso de suelo + parafina (SUMERGIDO) (gr)	18.20	-	-
4 Peso de la parafina = (No2)-(No1) (gr)	2.10	-	-
5 Peso específico de la parafina (CONSTANTE)	0.80	-	-
6 Volumen de la parafina (No2 - No1) / No5 (cm3)	2.33	-	-

RELACIONES VOLUMETRICAS			
No Muestra	3	-	-
7 Volumen del suelo tablero = No3 - No6	13.87	-	-
8 Densidad Seca = No1/No7	1.30	-	-
9 Peso específico húmedo = No1/No8	18.64	-	-
10 Humedad (W%) No.8	27.25	-	-
11 Peso específico seco = No8 / ((1+No10/100))	14.65	-	-
12 Gravedad específica de los sólidos (Gs) (Vw/Emv)	2.70	-	-
13 Relación de vacíos = (((1+No10/100)*(No12/0.81)/No8) - 1	0.50	-	-
14 Porosidad n(%) = (No13 / ((1+No13)/100))	45.90	-	-
15 % Saturación S = No12/No10/No14	0.50	-	-

Nota: y agua = 0.81 (cm3)

RESUMEN DE RESULTADOS			
	UNO	MUESTRAS	
		3	-
Profundidad	m	1.30 - 1.00	-
Peso específico húmedo (yt)	(N/m ³)	18.64	-
Peso específico seco (yd)	(N/m ³)	14.65	-
Humedad (w%)	%	27.25	-
Relación de vacíos (e)	-	0.50	-
Gravedad específica (Gs)	-	2.70	-
% Saturación (S)	%	0.50	-

OBSERVACIONES: Suelo parcialmente húmedo
 No se presentó la existencia del nivel freático.

REALIZO: Erika Rocha Serpa **Revisó:** Henry Andry Mercado Otero **Valió:** Juan Camilo Jerez Gómez
 Asa. Laboratorio: Asa. Laboratorio - Ing. Cif **Jefe de Laboratorio - Ing. Cif** **Mc. Geología - Ing. Cif**



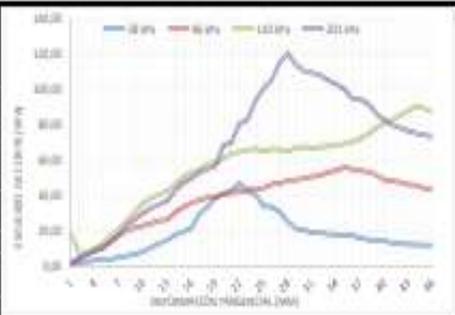
SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.
 Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com

Registro de ensayos de Corte Directo
 Versión 4
 Formato: CD 1001
 Página 2 de 2

Proyecto: Municipio de Barrancabermeja
 Coordenadas: Contrato de consultoría No. 2175-14
 Material: Limo Inorgánico de alta plasticidad
 Descripción: Color rojo - Consistencia Blanda

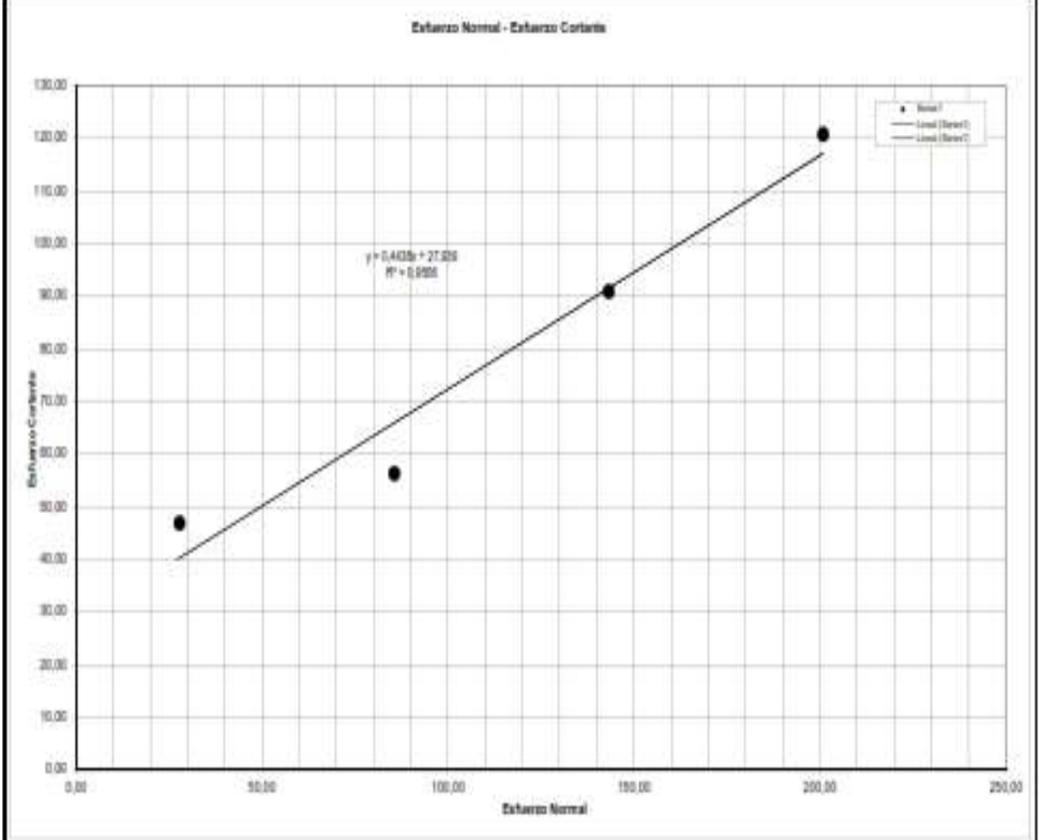
Fecha de ensayo: 15/05/2015
 Fecha de muestreo: 20/05/08
 Ensayo No. 1016

RESULTADOS DE ENSAYO				
Sonda:	S1			
Profundidad:	1.60 - 1.80			
Descripción:	Color rojo - Consistencia Blanda			
Dámetro (mm):	50.97	50.97	50.97	50.97
Humedad total (%):	15.74	16.00	15.38	15.24
Humedad Plástica (%):	23.66	23.31	19.21	8.05
Grado de saturación (%):	0.62	0.67	0.67	0.62
Peso unitario (g/cm³):	1.80	1.94	0.00	1.80
Área A _o (mm²):	2.040	2.040	2.040	2.040
Velocidad (mm/min):	0.20	0.20	0.20	0.20
Esfuerzo Normal (kPa):	27.66	85.55	143.22	226.80
Esfuerzo de Corte (kPa):	46.90	56.32	90.83	120.69
Cohesión (kPa):		27.9		
Ángulo de fricción:		33.9°		



Observaciones:

Realizó: Piero Andrey Mercado Olayo Jefe de Laboratorio - Ingeniero Civil
 Vio: Juan Carlos Jerez Gómez Msc. Geotecnia - Ingeniero Civil





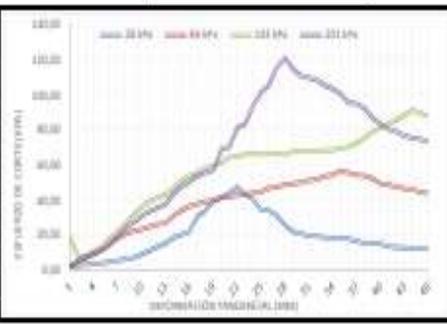
SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.
 Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com

Registro de ensayos de Corte
 Directo
 Versión 4
 Formato: CD 1001
 Página 2 de 2

Material: Limo inorgánico de alta plasticidad
 Descripción: Color rojo - Consistencia Blanda

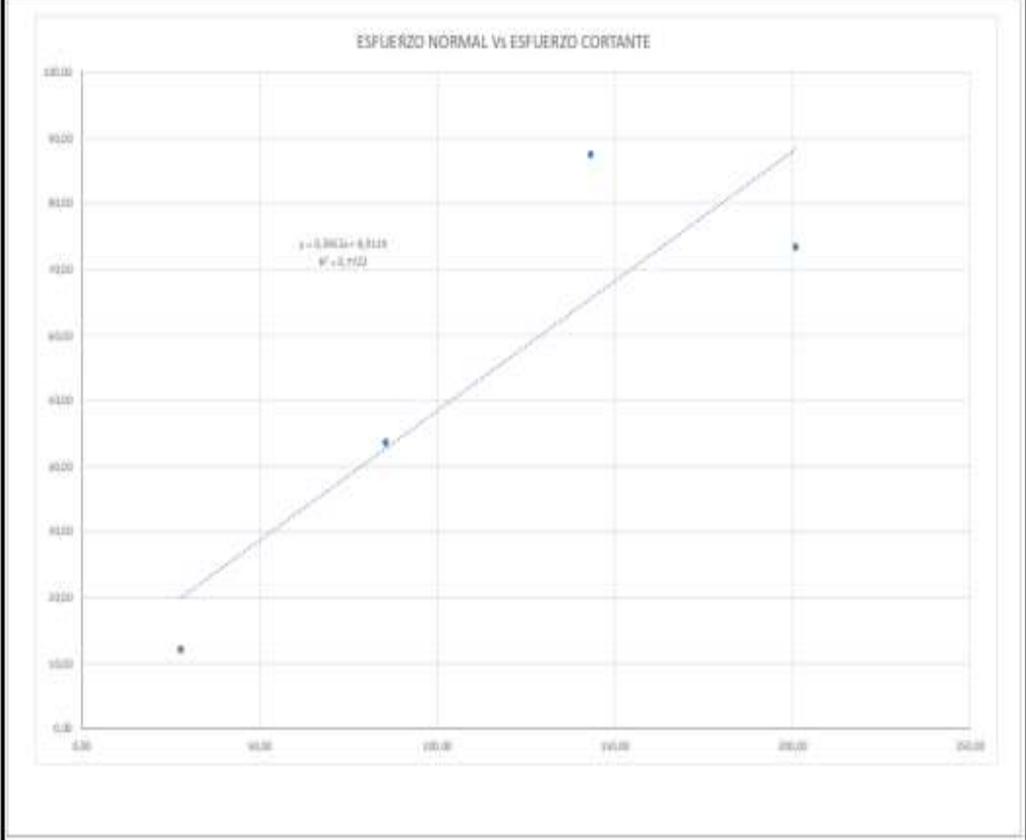
Fecha de ensayo: 15/05/2015
 Fecha de muestreo: 2015/05/06
 Ensayo No.: 1016

RESULTADOS DE ENSAYO				
Sondeo	S1			
Profundidad	1.80 - 1.90			
Descripción	Color rojo - Consistencia Blanda			
Dámetro (mm)	50.97	50.97	50.97	50.97
Humedad Inicial (%)	15.74	16.09	15.96	15.34
Humedad Final (%)	23.96	23.31	19.31	9.65
Grado de saturación (%)	0.62	0.67	0.67	0.52
Peso unitario (g/cm³)	1.90	1.94	0.00	1.90
Área An (mm²)	2.040	2.040	2.040	2.040
Velocidad (mm/min)	0.20	0.20	0.20	0.20
Esfuerzo Normal (kPa)	27.66	85.95	143.22	200.00
Esfuerzo de Corte (kPa)	12.04	43.59	87.45	73.40
Cohesión (kPa)		8.9		
Ángulo de fricción		21.6°		



Observaciones: _____

Realizó: Felix Andres Mercado Obeso Jefe de Laboratorio - Ingeniero Civil
 Való: Juan Camilo Jerez Gomez Mec. Geotécnica - Ingeniero Civil





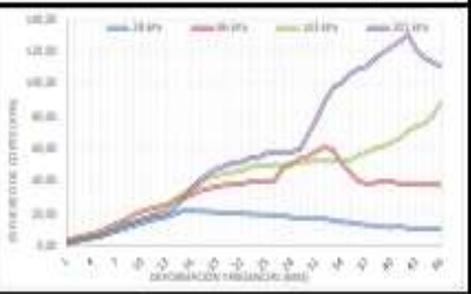
SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.
 Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com

Registro de ensayos de Corte Directo
 Versión 4
 Formato: CD 1001
 Página 2 de 2

Proyecto: Municipio de Barrancabermeja
 Coordenadas: Contrato de Consultoría No. 2170 - 14
 Material: Arena fina
 Descripción: Color amarillo

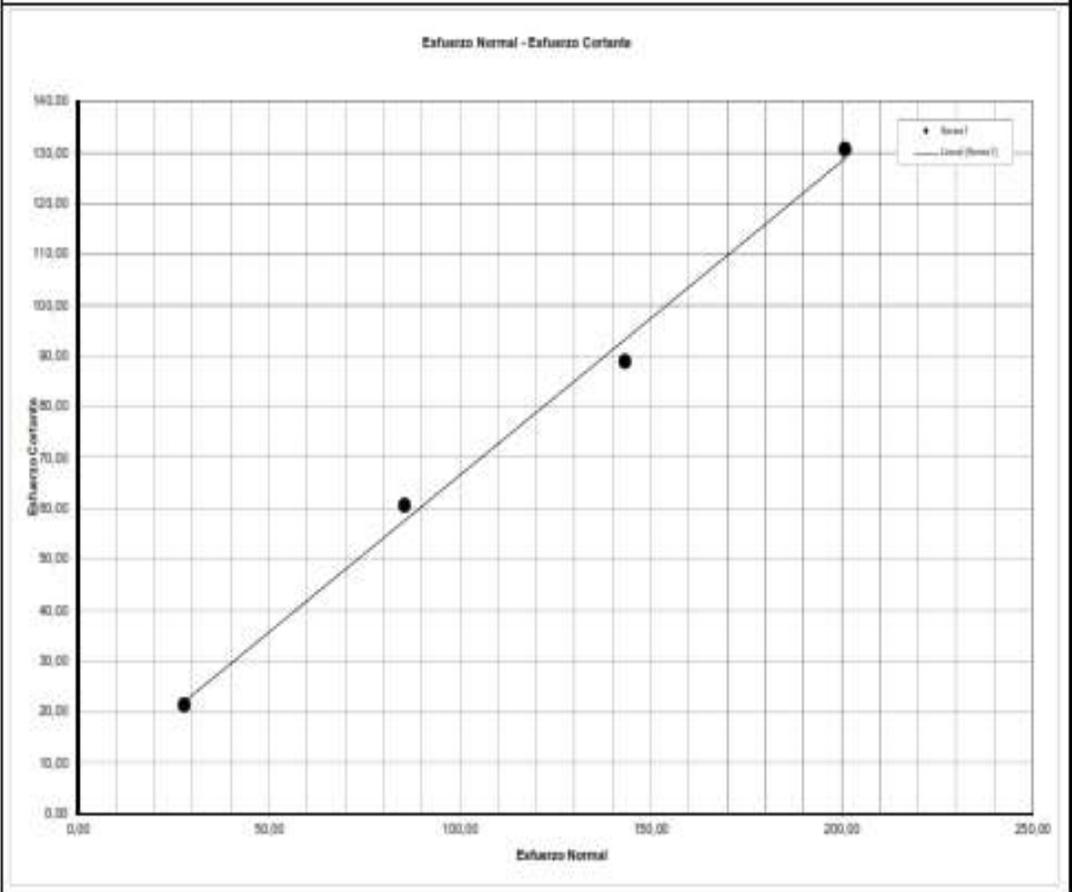
Fecha de ensayo: 15/05/2015
 Fecha de muestreo: 2015/05/08
 Ensayo No.: 1015

RESULTADOS DE ENSAYO				
Sondas	2			
Profundidad	1,70 - 2,30			
Diametro (mm)	50,97	50,97	50,97	50,97
Humedad Inicial (%)	15,74	16,28	15,98	15,24
Humedad Final (%)	23,66	23,31	19,31	6,65
Costo de adición (%)	0,58	0,63	0,57	0,74
Peso unitario (kg/m ³)	1,95	1,94	0,00	1,95
Área An (mm ²)	2,040	2,040	2,040	2,040
Velocidad (mm/min)	0,20	0,20	0,20	0,20
Esfuerzo Normal (kPa)	27,66	85,55	143,32	200,90
Esfuerzo de Corte (kPa)	21,41	80,64	88,97	130,67
Cohesión (kPa)		4,8		
Ángulo de fricción		31,7°		



Observaciones: _____

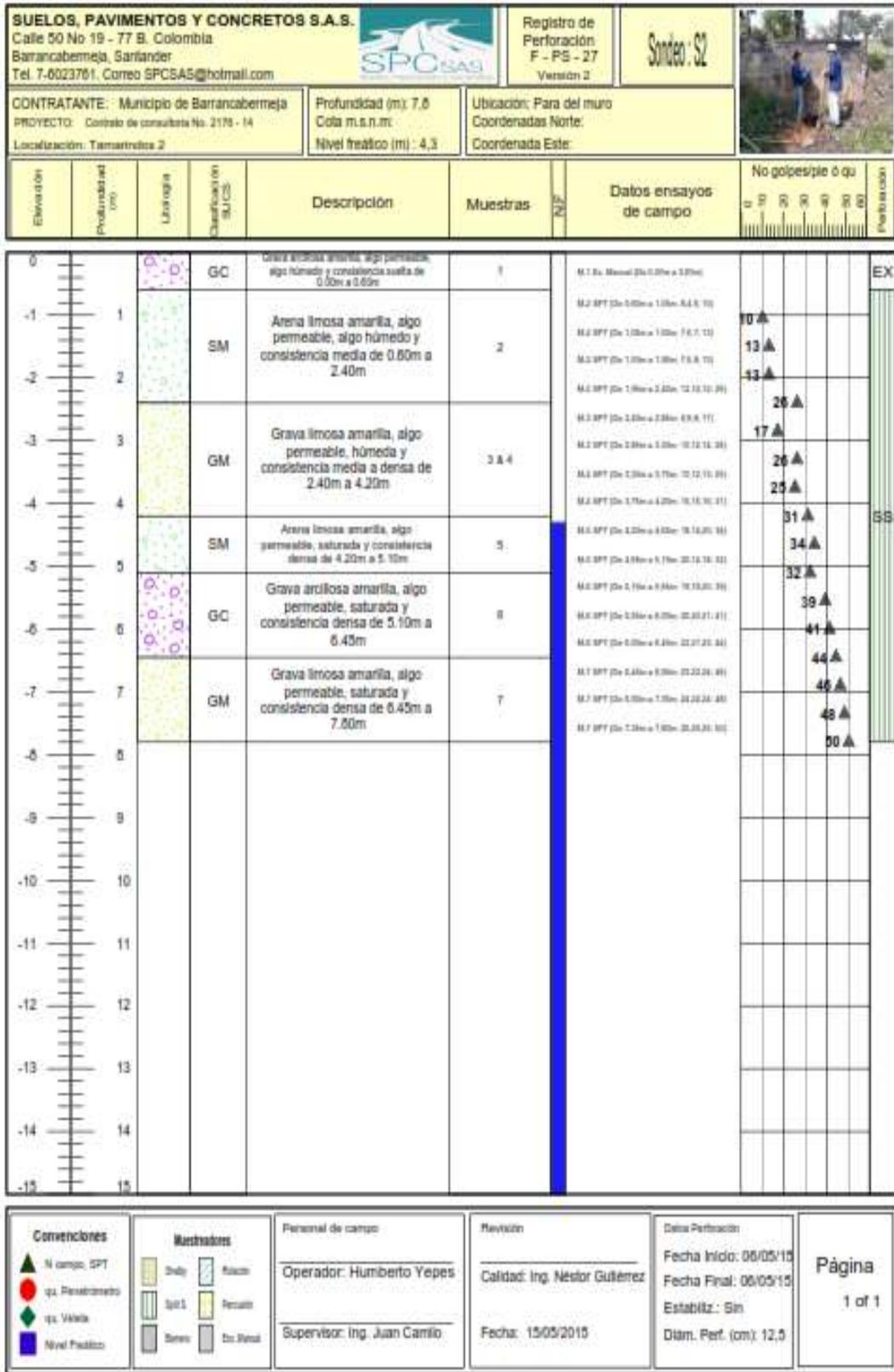
Realizó: Perry Andrey Mercado Olayo Jefe de Laboratorio - Ingeniero Civil
 Voó: Juan Camilo Jerez Gómez Mec. Geotécnica - Ingeniero Civil



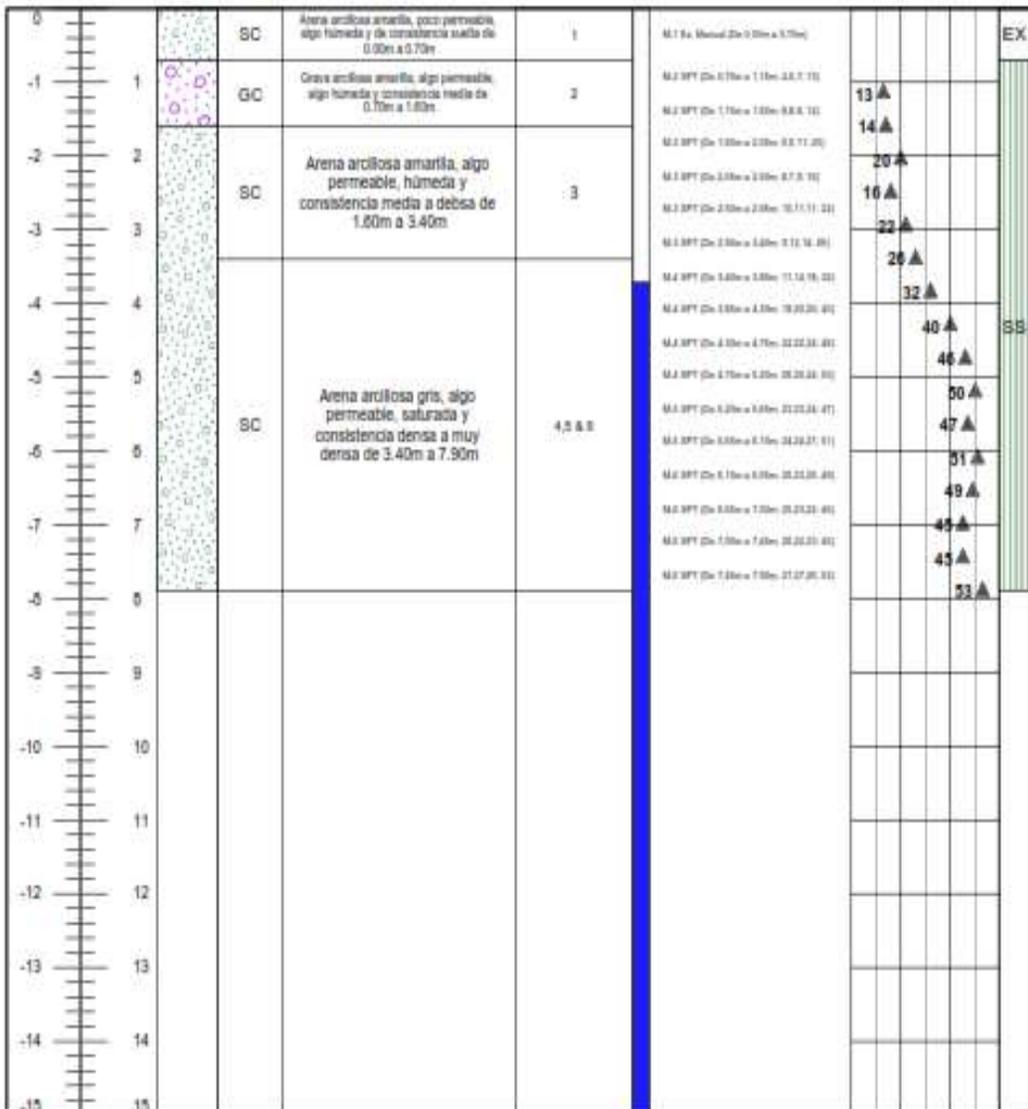
SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S. Calle 50 No 19 - 77 B. Colombia Barrancabermeja, Santander Tel. 7-6023761. Correo SPC5AS@hotmail.com				Registro de Perforación F - PS - 27 Versión 2	Sonda: S1			
CONTRATANTE: Municipio de Barrancabermeja PROYECTO: Control de consulta No. 2176 - 14 Localización: Tamarindos 2		Profundidad (m): 7,9 Cola m.s.n.m. Nivel freático (m) : 5.2	Ubicación: Parte superior Coordenadas Norte: Coordenada Este:					
Elevación (m)	Profundidad (m)	Litología	Clasificación SUCS	Descripción	Muestras	Datos ensayos de campo	No golpes/pe ó qu	Perfil de color

0			SM	Arena fina amarilla, poco permeable, algo húmedo y de consistencia suelta de 0.00m a 0.70m	1	M.1 Su. Manual (De 0.00m a 0.70m)			EX		
-1	1		GC	Grava arcillosa amarilla, algo permeable, algo húmedo y consistencia suelta a media de 0.70m a 1.80m	2	M.2 Sable (De 0.70m a 1.80m)			SH		
-2	2		SC	Arena arcillosa amarilla, algo permeable, algo húmedo y consistencia media de 1.80m a 2.50m	3	M.3 SPT (De 1.80m a 2.50m: 8.7, 15) M.3 SPT (De 2.50m a 3.20m: 8.7, 9, 19)	13 ▲				
-3	3		MH	Limo orgánico de alta plasticidad amarilla, poco permeable, algo húmedo y consistencia media de 2.50m a 3.40m	4	M.4 SPT (De 2.50m a 3.20m: 7.9, 9, 11) M.4 SPT (De 3.20m a 3.90m: 10.9, 9, 17)	15 ▲ 17 ▲ 17 ▲				
-4	4		SC	Arena arcillosa amarilla, algo permeable, algo húmedo a saturada y consistencia media a muy densa de 3.40m a 7.90m	5, 6, 7 & 8	M.5 SPT (De 3.20m a 3.90m: 12.9, 9, 17) M.5 SPT (De 3.90m a 4.60m: 10, 10.9, 18) M.6 SPT (De 4.60m a 5.30m: 10, 14, 16, 32) M.6 SPT (De 5.30m a 6.00m: 16, 20, 21, 23) M.6 SPT (De 6.00m a 6.70m: 20, 20, 20, 23) M.7 SPT (De 6.70m a 7.40m: 21, 20, 21, 21) M.7 SPT (De 7.40m a 7.90m: 22, 22, 23, 24) M.8 SPT (De 7.90m a 8.60m: 22, 22, 23, 24) M.8 SPT (De 8.60m a 9.30m: 22, 22, 23, 24)	17 ▲ 17 ▲ 18 ▲				
-5	5								32 ▲		SB
-6	6								40 ▲ 43 ▲		
-7	7								43 ▲ 47 ▲ 46 ▲		
-8	8								48 ▲ 50 ▲		
-9	9										
-10	10										
-11	11										
-12	12										
-13	13										
-14	14										
-15	15										

Convenciones  N campo, SPT  q _p Penetrómetro  q _p Vialde  Nivel Freático	Muestreadores  Sable  Grava  Lila L.  Permeable  Arcilla  Exp. Suelto	Personal de campo Operador: Humberto Yepes Supervisor: Ing. Juan Camilo	Revisión Calidad: Ing. Nestor Gutiérrez Fecha: 15/05/2015	Datos Perforación Fecha Inicio: 06/05/15 Fecha Final: 06/05/15 Estabiliz.: Sin Diam. Perf. (cm): 12,5	Página 1 of 1
---	--	--	--	--	-------------------------



SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S. Calle 50 No 19 - 77 B. Colombia Barrancabermeja, Santander Tel. 7-6023761. Correo SPCSAS@hotmail.com				Registro de Perforación F - PS - 27 Versión 2		Sondeo: S4			
CONTRATANTE: Municipio de Barrancabermeja PROYECTO: Control de calidad No. 2178 - 14 Localización: Tamarindos 2			Profundidad (m): 7,9 Cola m.s.n.m. Nivel freático (m) : 3,4		Ubicación: Muro - Calle parte de abajo Coordenadas Norte: Coordenada Este:				
Elevación	Profundidad (m)	Litología	Clasificación SUCS	Descripción	Muestras	Datos ensayos de campo	No golpes/pie ó qu		Perforación



Convenciones ▲ Si campo, SPT ● q _a Penetrómetro ● q _v Vialta ■ Nivel Freático	Muestreadores  Arenoso  Silty  Arcilloso  Arena  Arcilla	Personal de campo Operador: Humberto Yepes Supervisor: Ing. Juan Camilo	Revisión Calidad: Ing. Nestor Gutiérrez Fecha: 15/05/2015	Datos Perforación Fecha Inicio: 06/05/15 Fecha Final: 06/05/15 Estabiliz.: Sin Diám. Perf. (cm): 12,5	Página 1 of 1
--	---	--	--	--	-------------------------



Documento:	HUMEDAD NATURAL DE LOS SUELOS	Código:	F-PS-17
		Versión:	1
		Página:	1 DE 1
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com			
Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA

PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176 - 14

LOCALIZACIÓN: TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER

Determinación en el laboratorio del contenido de agua (humedad) del suelo

SONDEO	1
MUESTRA	5
PROFUNDIDAD (m)	4,30 - 5,20
RECIPIENTE No.:	V14
W ₁ + W ₂ [g]:	90,75
W ₃ + W ₄ [g]:	85,55
W ₅ [g]:	10,25
W ₆ [g]:	13,20
W ₇ [g]:	75,30
w:	17,53%

SONDEO	2
MUESTRA	2
PROFUNDIDAD (m)	1,50 - 2,40
RECIPIENTE No.:	V12
W ₁ + W ₂ [g]:	143,30
W ₃ + W ₄ [g]:	122,25
W ₅ [g]:	9,60
W ₆ [g]:	21,05
W ₇ [g]:	112,65
w:	18,69%

OBSERVACIONES: * Determinación del contenido de agua (humedad) según norma I.N.V. E -122 - 07

REALIZÓ: Erlidis Rocha Cerpa REVISÓ: Henry A. Mercado Otavo VoBo: Juan Camilo Jerez Gómez
Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio Msc. Geotecnia - Ing. Civil



Documento:

HUMEDAD NATURAL DE LOS SUELOS

Código:

F-PS-17

Versión:

1

Página:

1 DE 1

SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.

NIT: 829.000.738-4

Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com
Barrancabermeja - Santander - Colombia

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA

PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176 - 14

LOCALIZACIÓN: TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER

Determinación en el laboratorio del contenido de agua (humedad) del suelo

SONDEO	3		
MUESTRA	2	3	
PROFUNDIDAD (m)	1,50 - 2,40	2,40 - 3,30	4,20 - 5,10
RECIPIENTE No.:	4	S30	P17
$W_r + W_h$ [g]:	109,30	642,80	511,10
$W_r + W_s$ [g]:	99,95	537,35	416,60
W_r [g]:	9,45	149,45	139,40
W_w [g]:	9,35	105,45	94,50
W_s [g]:	90,50	387,90	277,20
w:	10,33%	27,18%	34,09%

SONDEO	4	
MUESTRA	3	4
PROFUNDIDAD (m)	2,50 - 3,40	4,30 - 5,20
RECIPIENTE No.:	HB-36	14
$W_r + W_h$ [g]:	60,95	630,70
$W_r + W_s$ [g]:	48,55	522,15
W_r [g]:	9,05	130,95
W_w [g]:	12,40	105,55
W_s [g]:	39,50	391,20
w:	31,39%	27,75%

OBSERVACIONES: * Determinación del contenido de agua (humedad) según norma I.N.V. E -122 - 07

REALIZÓ: Eledis Rocha Cerpa
Aux. Laboratorio

REVISÓ: Henry A. Mercado Otavo
Jefe de Laboratorio

VoBo Juan Camilo Jerez Gómez
Msc. Geotecnia - Ing. Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S	Código:	FP-5-15
		Versión:	1
		Página:	1 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com			
Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176 - 14
LOCALIZACIÓN: TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER
MUESTRA No.: 1 **SONDEO No.:** 1 **PROFUNDIDAD:** 0,00 A 0,70 **FECHA:** 13/03/2015

LIMITES DE ATTERBERG Y HUMEDAD

ENSAYO No.:	LIMITE PLÁSTICO (L.P.)			LIMITE LIQUIDO (L.L.)			HUMEDAD (w)
	1	2	3	1	2	3	1
RECIPIENTE No.:	E1	E2	E12	V39	V15	V9	V5
No. DE GOLPES:	N/A	N/A	N/A	18	24	39	N/A
W ₊ + W _g [g]:	24,23	26,24	26,54	23,03	24,66	23,24	113,15
W ₊ + W _g [g]:	22,72	23,09	26,71	19,79	21,25	20,09	97,45
W _g [g]:	16,97	15,06	19,69	10,32	10,06	9,50	10,15
W ₊ [g]:	1,51	2,35	1,63	3,24	3,63	3,15	15,70
W _g [g]:	5,75	6,63	7,02	9,47	11,19	10,59	67,30
W:	26,26%	26,61%	26,07%	34,21%	32,44%	29,75%	17,98%



RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO (L.L.)	32,23 %
LIMITE PLÁSTICO (L.P.)	26,31 %
INDICE DE PLASTICIDAD (I.P. = L.L. - L.P.)	5,91 %
HUMEDAD NATURAL (w)	17,98 %

OBSERVACIONES: * Determinación del contenido de agua (humedad) según norma I.N.V. E - 122 - 07
 * Determinación del Limite Líquido según norma I.N.V. E - 125 - 07
 * Limite Plástico e Índice de Plasticidad según norma I.N.V. E - 126 - 07

REALIZO: Erielle Rocha Cerpa **REVISÓ:** Henry A. Mercado Obayo **VoBo:** Juan Camilo Jerez Gómez
 Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing. Civil Mec. Geotécnica - Ing. Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S.	Código:	F-18-13
		Versión:	1
		Página:	2 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA

PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No 2178 - 14

LOCALIZACIÓN: TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER

MUESTRA No.: 1 **SONDEO No.:** 1 **PROFUNDIDAD:** 0,00 A 0,70 **FECHA:** 13/05/2013

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ	W _{ret} [g]	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	0,00	0,00	100,00
2"	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	100,00
1"	0,00	0,00	100,00
3/4"	0,00	0,00	100,00
3/8"	15,15	5,78	94,22
No. 4	14,60	5,57	94,43
No. 8	9,45	3,61	96,39
No. 10	2,15	0,82	99,18
No. 16	7,15	2,73	97,27
No. 20	5,60	2,14	97,86
No. 30	10,65	4,07	95,93
No. 40	26,25	10,79	89,21
No. 50	35,30	13,46	86,54
No. 60	7,00	2,67	97,33
No. 100	13,85	5,29	94,71
No. 200	9,50	3,63	96,37
FONDO	0,00	0,00	-
W _{total}	156,65	W _{humedad} [g]	261,92



TAMANO MAXIMO, (TM)	3/4"
	19 mm

TAMANO MAXIMO NOMINAL, (TMN)	No. 4
	0,075 mm

% GRAVA	11,36
% ARENA	49,21
% FINOS	39,43

CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	SM	DESCRIPCIÓN:	ARENA LIMOSA
-------------------------	----	--------------	--------------

OBSERVACIONES: * El análisis granulométrico de suelos por tamizado se realizó según norma I.N.V. E -123 - 07

* El análisis se hizo después de separar los finos por lavado sobre tamiz No. 200

REALIZO: Erietta Rocha Carpa **REVISÓ:** Henry A. Mercado Ojeda **VOBO:** Juan Camilo Jerez Gómez

Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing. Civil Mec. Geotécnica - Ing. Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S	Código:	F-P-15
		Versión:	1
		Página:	1 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia, Tels.: 602 37 61 - 620 13 96. e-mail: spcsas@hotmail.com			
Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176 - 14
LOCALIZACIÓN: TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER
MUESTRA No.: 2 **SONDEO No.:** 1 **PROFUNDIDAD:** 0,70 A 1,60 **FECHA:** 13/05/2015

LIMITES DE ATTERBERG Y HUMEDAD

ENSAYO No.:	LIMITE PLÁSTICO (L.P.)			LIMITE LIQUIDO (L.L.)			HUMEDAD (w)
	1	2	3	1	2	3	1
RECIPIENTE No.:	H1	R5	E13	H4	E9	E11	J25
No. DE GOLPES:	N/A	N/A	N/A	16	28	42	N/A
W ₁ + W ₂ [g]:	14,00	16,00	14,00	21,00	19,95	19,95	976,00
W ₁ + W ₂ [g]:	12,75	14,90	12,75	17,60	16,45	16,50	667,65
W ₁ [g]:	7,50	7,00	7,55	7,00	7,00	7,50	106,10
W ₂ [g]:	1,25	1,70	1,25	4,20	3,50	3,45	110,15
W ₂ [g]:	5,25	7,10	5,20	10,00	6,65	9,00	761,75
WC:	23,81%	23,94%	24,04%	42,00%	39,55%	38,33%	14,46%



RESUMEN DE RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	40,17 %
LIMITE PLÁSTICO (L.P.)	23,93 %
INDICE DE PLASTICIDAD (I.P. = L.L. - L.P.)	16,24 %
HUMEDAD NATURAL (w)	14,46 %

OBSERVACIONES: * Determinación del contenido de agua (humedad) según norma I.N.V. E - 122 - 07
 * Determinación del Límite Líquido según norma I.N.V. E - 125 - 07
 * Límite Plástico e Índice de Plasticidad según norma I.N.V. E - 126 - 07

REALIZÓ: Eriedia Rocha Carpa **REVISÓ:** Henry A. Mercado Olivo **VoBo:** Juan Camilo Jerez Gómez
 Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing Civil Mec. Geotécnica - Ing. Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S.	Código:	F-P8-13
		Versión:	1
		Página:	2 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2178 - 14
LOCALIZACIÓN: TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER
MUESTRA No.: 2 **SONDEO No.:** 1 **PROFUNDIDAD:** 0,75 A 1,60 **FECHA:** 13/05/2015

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ	W _{ret} [g]	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	0,00	0,00	100,00
2"	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	100,00
1"	77,35	26,94	71,06
3/4"	0,00	0,00	71,06
3/8"	27,05	10,10	60,96
No. 4	13,50	5,19	55,78
No. 6	9,70	3,62	52,16
No. 10	10,50	6,16	46,00
No. 16	2,70	1,01	44,99
No. 20	4,60	1,72	43,27
No. 30	4,20	1,57	41,71
No. 40	12,10	4,52	37,19
No. 50	20,40	7,61	29,58
No. 60	4,55	1,70	27,88
No. 100	9,95	3,71	24,17
No. 200	5,10	1,90	22,26
FONDO	0,00	0,00	-
W _{total}	206,30	W _{humedad} [g]:	207,95



TAMANO MAXIMO (TM)	1 1/2"
	37,5 mm

TAMANO MAXIMO NOMINAL (TMN)	1 1/2"
	0,075 mm

% GRAVA	44,22
% ARENA	33,51
% FINOS	22,26

CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	GC	DESCRIPCIÓN:	GRAVA ARCILLOSA
-------------------------	----	--------------	-----------------

OBSERVACIONES: * El análisis granulométrico de suelos por tamizado se realizó según norma I.N.V. E - 123 - 07

* El análisis se hizo después de separar los finos por lavado sobre tamiz No. 200

REALIZÓ: Eriella Rocha Corpá **REVISÓ:** Henry A. Mercado Olivo **VOBO:** Juan Camilo Jerez Gómez
 Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing Civil Mic. Geotecnia - Ing Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S	Código:	F-PS-15
		Versión:	1
		Página:	1 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 01 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com			
Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176 - 14
LOCALIZACIÓN: TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER
MUESTRA No.: 3 **SONDEO No.:** 1 **PROFUNDIDAD:** 1,60 A 2,50 **FECHA:** 13/05/2015

LIMITES DE ATTERBERG Y HUMEDAD

ENSAYO No.:	LIMITE PLASTICO (L.P.)			LIMITE LIQUIDO (L.L.)			HUMEDAD (w)
	1	2	3	1	2	3	1
RECIPIENTE No.:	R8	E4	E24	S22	H28	R4	F1
No. DE GOLPES:	N/A	N/A	N/A	15	24	36	N/A
W ₊ W ₁ [g]:	12,30	14,60	13,55	16,00	22,95	21,45	750,05
W ₊ W ₂ [g]:	11,40	13,30	12,40	14,95	16,65	17,75	665,55
W ₁ [g]:	7,50	7,90	7,35	7,90	7,60	7,55	130,60
W ₂ [g]:	0,90	1,30	1,15	3,05	4,30	3,70	73,30
W ₃ [g]:	3,90	5,40	5,05	7,45	11,05	10,20	354,95
w:	23,08%	24,07%	22,77%	40,94%	38,91%	36,27%	13,21%



RESUMEN DE RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	38,93 %
LIMITE PLASTICO (L.P.)	23,31 %
INDICE DE PLASTICIDAD (I.P. = L.L. - L.P.)	15,62 %
HUMEDAD NATURAL (w)	13,21 %

OBSERVACIONES: * Determinación del contenido de agua (humedad) según norma IN.V. E - 122 - 07
 * Determinación del Límite Líquido según norma IN.V. E - 125 - 07
 * Límite Plástico e Índice de Plasticidad según norma IN.V. E - 126 - 07

REALIZO: Eneida Rocha Carpa **REVISÓ:** Henry A. Mercado Olayo **VOBO:** Juan Camilo Jerez Gómez
 Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing. Civil Mec. Geotécnica - Ing. Civil



Documento:

**CLASIFICACIÓN DE SUELOS
S.U.C.S.**

Código:

FP-13

Versión:

1

Página:

2 DE 2

SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.

NIT: 829.000.738-4

Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com
Barrancabermeja - Santander - Colombia

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
 PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176 - 14
 LOCALIZACIÓN: TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER
 MUESTRA No.: 3 SONDEO No.: 1 PROFUNDIDAD: 1,00 A 2,50 FECHA: 13/05/2015

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ	W _u , [g]	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	0,00	0,00	100,00
2"	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	100,00
1"	0,00	0,00	100,00
3/4"	0,00	0,00	100,00
3/8"	6,35	3,23	96,77
No. 4	6,00	3,05	93,71
No. 8	4,40	2,24	91,48
No. 10	1,50	0,51	90,97
No. 16	3,75	1,91	89,06
No. 20	3,00	1,53	87,03
No. 30	7,10	3,61	83,92
No. 40	19,00	9,67	74,25
No. 50	25,30	12,68	61,37
No. 60	6,40	3,26	56,12
No. 100	10,50	5,34	52,77
No. 200	6,00	3,00	49,69
FONDO	0,00	0,00	-
W _{total}	90,00	W _{residuo} [g]:	190,50



TAMANO MAXIMO, (TM)	3/4"	19 mm
---------------------	------	-------

TAMANO MAXIMO NOMINAL, (TMN)	No. 20	0,075 mm
------------------------------	--------	----------

% GRAVA	6,29
% ARENA	44,02
% FINOS	49,69

CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	SC	DESCRIPCIÓN:	ARENA ARCILLOSA
-------------------------	----	--------------	-----------------

OBSERVACIONES: * El análisis granulométrico de suelos por tamizado se realizó según norma I.N.V. E - 523 - 07

* El análisis se hizo después de separar los finos por lavado sobre tamiz No. 200

REALIZO: Eneida Rocha Cerpa REVISO: Henry A. Mercado Obeso VoBo: Juan Camilo Jerez Gómez
 Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing Civil Mec. Geotécnica - Ing Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S	Código:	FPS-13
		Versión:	1
		Página:	1 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com			
Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA

PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORA No. 2178 - 14

LOCALIZACIÓN: TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER

MUESTRA No.: 4 **SONDEO No.:** 1 **PROFUNDIDAD:** 2,50 A 3,40 **FECHA:** 13/05/2015

LIMITES DE ATTERBERG Y HUMEDAD

ENSAYO No.:	LIMITE PLÁSTICO (L.P.)			LIMITE LIQUIDO (L.L.)			HUMEDAD (w)
	1	2	3	1	2	3	1
RECIPIENTE No.:	R10	E16	R20	R10	R17	E7	M8
No. DE GOLPES:	N/A	N/A	N/A	16	29	34	N/A
W. + W _n [g]:	14,40	13,70	15,95	23,10	20,60	23,00	662,65
W. + W _n [g]:	12,75	12,25	14,20	17,60	16,25	16,15	573,70
W. [g]:	7,00	7,50	6,35	7,60	7,55	6,20	106,65
W _n [g]:	1,65	1,45	1,75	5,50	4,35	4,65	65,15
W. [g]:	5,15	4,75	5,85	10,00	6,70	9,95	466,05
w:	32,04%	30,53%	29,91%	55,00%	50,00%	48,74%	19,10%



RESUMEN DE RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	51,20 %
LIMITE PLÁSTICO (L.P.)	30,83 %
INDICE DE PLASTICIDAD (I.P. = L.L. - L.P.)	20,38 %
HUMEDAD NATURAL (w)	19,10 %

OBSERVACIONES:

- * Determinación del contenido de agua (humedad) según norma I.N.V. E - 122 - 07
- * Determinación del Límite Líquido según norma I.N.V. E - 125 - 07
- * Límite Plástico e Índice de Plasticidad según norma I.N.V. E - 126 - 07

REALIZÓ: Eneida Rocha Corpé **REVISÓ:** Henry A. Mercado Díaz **VOBO:** Juan Camilo Jerez Gómez
 Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing. Civil Mec. Geotécnica - Ing. Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S.	Código:	FPB-13
		Versión:	1
		Página:	2 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA

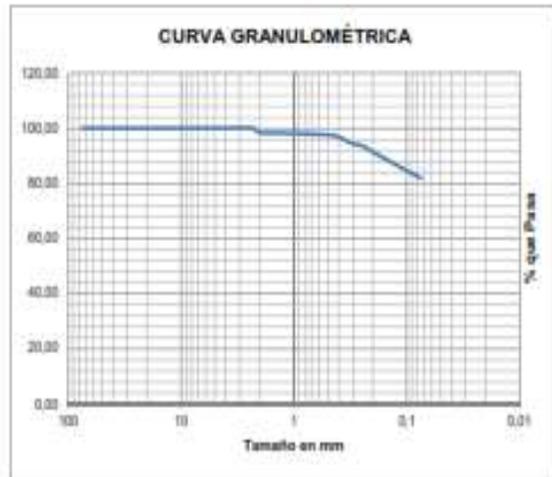
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176 - 14

LOCALIZACIÓN: TALUD TAMARINDOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER

MUESTRA No.: 4 **SONDEO No.:** 1 **PROFUNDIDAD:** 2,30 A 3,40 **FECHA:** 13/05/2015

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ	W _{ret} [g]	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	0,00	0,00	100,00
2"	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	100,00
1"	0,00	0,00	100,00
3/4"	0,00	0,00	100,00
3/8"	0,00	0,00	100,00
No. 4	0,00	0,00	100,00
No. 8	0,00	0,00	100,00
No. 10	3,00	1,64	98,36
No. 16	0,43	0,23	99,77
No. 20	0,30	0,16	99,84
No. 30	0,40	0,22	99,78
No. 40	1,10	0,60	99,40
No. 50	5,15	2,81	97,19
No. 60	1,35	0,74	99,26
No. 100	9,30	5,08	94,92
No. 200	12,20	6,66	93,34
FONDO	0,00	0,00	-
W _{L200}	33,25	W _{límite} [g]:	163,17



TAMANO MAXIMO (TM)	No. 8 2.36 mm
--------------------	------------------

TAMANO MAXIMO NOMINAL (TMN)	No. 100 0.075 mm
-----------------------------	---------------------

% GRAVA	0,00
% ARENA	16,15
% FINOS	83,85

CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	MH	DESCRIPCIÓN:	LIMO INORGANICO DE ALTA PLASTICIDAD
-------------------------	----	--------------	-------------------------------------

OBSERVACIONES: * El análisis granulométrico de suelos por tamizado se realizó según norma I.N.V. E - 123 - 07

* El análisis se hizo después de separar los finos por lavado sobre tamiz No. 200

REALIZO: Erelida Rocha Carpa, Aux. Laboratorio

REVISO: Henry A. Mercado Olave, Jefe de Laboratorio - Ing. Civil

VoBo: Juan Camilo Jerez Gómez, Mec. Geotécnica - Ing. Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S	Código:	FP-13
		Versión:	1
		Página:	1 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com			
Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No 2176 - 14
LOCALIZACIÓN: TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER
MUESTRA No.: 5 **SONDEO No.:** 1 **PROFUNDIDAD:** 3,40 A 4,30 **FECHA:** 13/05/2015

LIMITES DE ATTERBERG Y HUMEDAD

ENSAYO No.:	LIMITE PLÁSTICO (L.P.)			LIMITE LIQUIDO (L.L.)			HUMEDAD (w)
	1	2	3	1	2	3	1
RECIPIENTE No.:	E46	R17	H23	E4	R7	E1	E24
No. DE GOLPES:	N/A	N/A	N/A	15	22	39	N/A
W + W _o [g]:	12,65	14,00	14,75	19,75	19,45	21,25	452,00
W + W ₁ [g]:	11,70	12,65	13,25	15,60	15,75	17,25	425,10
W _o [g]:	8,10	7,65	7,65	7,55	7,60	7,55	126,25
W ₁ [g]:	0,95	1,35	1,30	3,95	3,70	4,00	52,90
W _n [g]:	3,60	5,00	5,60	8,25	8,15	9,70	302,85
W _n %:	28,39%	27,00%	26,79%	47,88%	45,40%	41,24%	17,47%



RESUMEN DE RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	44,30 %
LIMITE PLÁSTICO (L.P.)	26,72 %
INDICE DE PLASTICIDAD (I.P. = L.L. - L.P.)	17,58 %
HUMEDAD NATURAL (w)	17,47 %

OBSERVACIONES: * Determinación del contenido de agua (humedad) según norma I.N.V. E - 122 - 07
 * Determinación del Límite Líquido según norma I.N.V. E - 125 - 07
 * Límite Plástico e Índice de Plasticidad según norma I.N.V. E - 126 - 07

REALIZÓ: Evelia Rocha Cerpa **REVISÓ:** Henry A. Mercado Olavo **VoBo:** Juan Camilo Jerez Gómez
 Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing. Civil Msc. Geotecnia - Ing. Civil

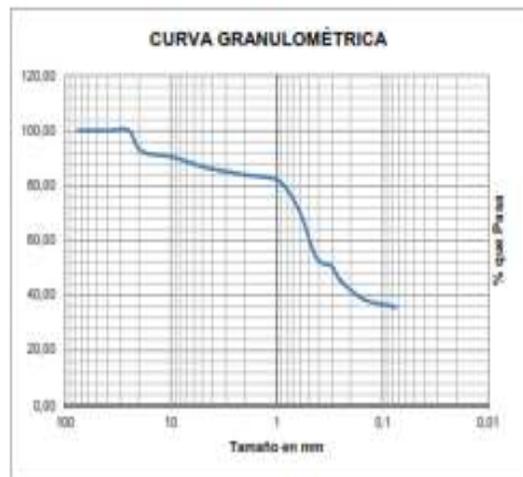


Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S.	Código:	FPS-15
		Versión:	1
		Página:	2 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 96. e-mail: spcsas@hotmail.com			
Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2178 - 14
LOCALIZACIÓN: TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER
MUESTRA No.: 3 **SONDEO No.:** 1 **PROFUNDIDAD:** 3,40 A 4,30 **FECHA:** 13/05/2015

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ	W _u [g]	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	0,00	0,00	100,00
2"	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	100,00
1"	0,00	0,00	100,00
3/4"	13,04	7,47	92,53
3/8"	3,90	2,23	90,29
No. 4	6,35	3,64	86,65
No. 5	4,00	2,29	84,36
No. 10	0,90	0,52	83,85
No. 16	2,15	1,23	82,61
No. 20	4,60	2,75	79,66
No. 30	17,00	9,74	70,12
No. 40	28,20	16,16	53,96
No. 50	6,10	3,50	50,47
No. 60	6,60	3,64	45,43
No. 100	12,00	6,88	36,55
No. 200	4,75	2,72	35,83
FONDO	0,00	0,00	-
W _{LATOS}	111,99	W _{FINOS} [g]:	174,52



TAMANO MAXIMO (TM)	1"
	25 mm

TAMANO MAXIMO NOMINAL (TMN)	No. 4
	0.075 mm

% GRAVA	13.35
% ARENA	50.83
% FINOS	35.83

CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	SC	DESCRIPCIÓN:	ARENA ARCILLOSA
-------------------------	----	--------------	-----------------

OBSERVACIONES: * El análisis granulométrico de suelos por tamizado de realizo según norma I.N.V. E -120 - 07
 * El análisis se hizo después de separar los finos por lavado sobre tamiz No. 200

REALIZÓ: Eneida Rocha Cerpa **REVISÓ:** Henry A. Mercado Olivo **VoBo:** Juan Camilo Jerez Gómez
 Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing. Civil Mec. Geotécnica - Ing. Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S	Código:	F-PS-13
		Versión:	1
		Página:	1 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia, Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com			
Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA

PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2178 - 14

LOCALIZACIÓN: TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER

MUESTRA No.: 6 **SONDEO No.:** 1 **PROFUNDIDAD:** 5,20 A 6,10 **FECHA:** 13/03/2015

LIMITES DE ATTERBERG Y HUMEDAD

ENSAYO No.:	LIMITE PLÁSTICO (L.P.)			LIMITE LIQUIDO (L.L.)			HUMEDAD (w)
	1	2	3	1	2	3	1
RECIPIENTE No.:	V35	V47	V71	H12	V20	E11	S11
No. DE GOLPES:	N/A	N/A	N/A	15	28	38	N/A
W ₊ + W _g [g]:	15,63	16,56	16,09	32,96	33,94	32,85	1067,35
W ₊ + W _g [g]:	14,65	15,49	15,05	29,16	29,25	28,66	963,90
W _g [g]:	9,83	9,66	10,39	19,69	15,97	15,97	130,40
W _g [g]:	0,95	1,07	1,04	3,80	4,69	4,19	123,45
W _n [g]:	4,05	5,63	5,26	9,47	13,20	12,69	633,50
w:	19,99%	19,01%	19,77%	40,13%	35,32%	33,82%	14,81%



RESUMEN DE RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	35,95 %
LIMITE PLÁSTICO (L.P.)	19,45 %
INDICE DE PLASTICIDAD (I.P. = L.L. - L.P.)	16,49 %
HUMEDAD NATURAL (w)	14,81 %

OBSERVACIONES:

* Determinación del contenido de agua (humedad) según norma UN.V. E - 122 - 07

* Determinación del Límite Líquido según norma UN.V. E - 125 - 07

* Límite Plástico e Índice de Plasticidad según norma UN.V. E - 126 - 07

REALIZO: Erietta Rocha Carpa **REVISÓ:** Henry A. Mercado Osorio **VoBo:** Juan Camilo Jerez Gómez
 Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing. Civil Mac. Geotécnica - Ing. Civil



Documento: **CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S.** Código: **FP-15**
 Versión: **1**
 Página: **2 DE 2**

SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.
 NIT: 829.000.738-4
 Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com
 Barrancabermeja - Santander - Colombia

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
 PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176 - 14
 LOCALIZACIÓN: TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER
 MUESTRA No.: e SONDEO No.: 1 PROFUNDIDAD: 5.20 A 6.10 FECHA: 13/05/2015

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ	W., [g]	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	0,00	0,00	100,00
2"	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	100,00
1"	0,00	0,00	100,00
3/4"	12,15	6,75	93,25
3/8"	41,00	22,76	77,24
No. 4	19,65	11,02	88,98
No. 6	16,10	8,94	91,06
No. 10	2,00	1,11	98,89
No. 16	1,75	0,97	99,03
No. 20	2,40	1,33	98,67
No. 30	3,00	1,67	98,33
No. 40	6,65	3,69	96,31
No. 50	6,10	4,50	95,50
No. 60	2,75	1,53	98,47
No. 100	6,20	3,44	96,56
No. 200	4,55	2,53	97,47
FONDO	0,00	0,00	-
W _{LIMITES}	126,50	W _{MAXIMA} [g]:	100,13



TAMANO MAXIMO, (TM)	1"	25 mm
---------------------	----	-------

TAMANO MAXIMO NOMINAL, (TMN)	No. 4	0.075 mm
------------------------------	-------	----------

% GRAVA	40,53
% ARENA	29,70
% FINOS	29,77

CLASIFICACIÓN S.U.C.S.: **SC** DESCRIPCIÓN: **ARENA ARCILLOSA**

OBSERVACIONES: * El análisis granulométrico de suelos por tamizado se realizó según norma I.N.V. E - 123 - 07
 * El análisis se hizo después de separar los finos por lavado sobre tamiz No. 200

REALIZO: Erlinda Rocha Carpa Aux. Laboratorio REVIDO: Henry A. Mercado Otayo Jefe de Laboratorio - Ing. Civil VOBO: Juan Camilo Jerez Gómez Mec. Geotécnica - Ing. Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S	Código:	F-PB-15
		Versión:	1
		Página:	1 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com			
Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2170 - 14
LOCALIZACIÓN: TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER
MUESTRA No.: 7 **SONDEO No.:** 1 **PROFUNDIDAD:** 6,10 A 7,00 **FECHA:** 13/05/2018

LIMITES DE ATTERBERG Y HUMEDAD

ENSAYO No.:	LIMITE PLÁSTICO (L.P.)			LIMITE LIQUIDO (L.L.)			HUMEDAD (w)
	1	2	3	1	2	3	1
RECIPIENTE No.:	E3	E13	H2	4	V36	V22	V37
No. DE GOLPES:	N/A	N/A	N/A	16	27	35	N/A
W + W ₁ [g]:	25,20	23,65	21,25	20,95	22,95	23,35	129,50
W + W ₂ [g]:	24,00	22,80	20,20	17,70	19,60	20,10	114,70
W ₁ [g]:	16,00	19,30	15,00	9,45	10,15	10,20	10,35
W ₂ [g]:	1,20	0,85	1,05	3,25	3,35	3,25	14,00
W ₃ [g]:	5,20	3,50	4,40	6,25	9,45	9,90	104,35
w:	23,08%	24,29%	23,86%	39,39%	35,45%	32,83%	14,18%



RESUMEN DE RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	35,70 %
LIMITE PLÁSTICO (L.P.)	23,74 %
INDICE DE PLASTICIDAD (I.P. = L.L. - L.P.)	11,96 %
HUMEDAD NATURAL (w)	14,18 %

OBSERVACIONES: * Determinación del contenido de agua (humedad) según norma I.N.V. E - 122 - 07
 * Determinación del Límite Líquido según norma I.N.V. E - 125 - 07
 * Límite Plástico e Índice de Plasticidad según norma I.N.V. E - 126 - 07

REALIZO: Eridia Rocha Cepa **REVISÓ:** Henry A. Mercado Obayo **VoBo:** Juan Camilo Jerez Gómez
 Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing. Civil Mec. Geotecnia - Ing. Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S.	Código:	FPB-13
		Versión:	1
		Página:	2 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA

PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No 2176 - 14

LOCALIZACIÓN: TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER

MUESTRA No.: 7 **SONDEO No.:** 1 **PROFUNDIDAD:** 8,10 A 7,00 **FECHA:** 13/05/2015

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ	W _{ret} [g]	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	0,00	0,00	100,00
2"	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	100,00
1"	0,00	0,00	100,00
3/4"	0,00	0,00	100,00
3/8"	14,75	5,42	91,58
No. 4	7,55	4,54	87,05
No. 8	6,70	3,82	83,23
No. 10	1,30	0,74	82,49
No. 16	4,55	2,60	79,89
No. 20	2,50	1,43	78,46
No. 30	3,05	1,74	76,72
No. 40	0,45	3,11	73,61
No. 50	13,50	7,70	65,91
No. 60	0,30	4,74	61,16
No. 100	18,20	10,38	50,78
No. 200	13,40	7,64	43,15
FONDO	0,00	0,00	-
W _{total}	99,65	W _{total} [g]	175,26



TAMANO MAXIMO, (TM)	3/4"	19 mm
---------------------	------	-------

TAMANO MAXIMO NOMINAL, (TMN)	3/8"	0,075 mm
------------------------------	------	----------

% GRAVA	12,96
% ARENA	43,90
% FINOS	43,15

CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	SC	DESCRIPCIÓN:	ARENA ARCILLOSA
-------------------------	----	--------------	-----------------

OBSERVACIONES: * El análisis granulométrico de suelos por tamizado de reales según norma I.N.V. E-123 - 07

* El análisis se hizo después de separar los finos por lavado sobre tamiz No 200

REALIZO: Erieda Rocha Carpa, Aux. Laboratorio

REVISÓ: Henry A. Mercado Ojeda, Jefe de Laboratorio - Ing Civil

VOBO: Juan Camilo Jerez Gómez, Mec. Geotecnia - Ing. Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S	Código:	FP-13
		Versión:	1
		Página:	1 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com			
Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176 - 14
LOCALIZACIÓN: TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER
MUESTRA No.: II **SONDEO No.:** I **PROFUNDIDAD:** 7,00 A 7,90 **FECHA:** 13/05/2015

LIMITES DE ATTERBERG Y HUMEDAD

ENSAYO No.:	LIMITE PLÁSTICO (L.P.)			LIMITE LIQUIDO (L.L.)			HUMEDAD (w)
	1	2	3	1	2	3	1
RECIPIENTE No.:	V5	V25	V35	E11	E1	H12	V5
No. DE GOLPES:	N/A	N/A	N/A	17	23	39	N/A
W ₊ + W _g [g]:	13,55	16,30	13,05	33,70	41,30	38,10	147,25
W ₊ [g]:	12,98	15,30	13,20	29,50	36,25	34,00	129,55
W _g [g]:	10,05	10,25	9,80	15,60	16,75	19,00	10,25
W _n [g]:	0,57	1,00	0,65	4,20	5,05	4,10	17,70
W _n [%]:	2,93	5,05	3,40	13,90	17,50	15,00	119,30
W:	19,45%	19,80%	19,12%	30,22%	28,86%	27,33%	14,84%



RESUMEN DE RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	28,75 %
LIMITE PLÁSTICO (L.P.)	19,46 %
INDICE DE PLASTICIDAD (I.P. = L.L. - L.P.)	9,29 %
HUMEDAD NATURAL (W)	14,84 %

OBSERVACIONES: * Determinación del contenido de agua (humedad) según norma I.N.V. E - 122 - 07
 * Determinación del Límite Líquido según norma I.N.V. E - 125 - 07
 * Límite Plástico e Índice de Plasticidad según norma I.N.V. E - 126 - 07

REALIZO: Eriedia Rocha Cerpe **REVISÓ:** Henry A. Mercado Otavo **VoBo:** Juan Camilo Jerez Gómez
 Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing. Civil Mec. Geotécnica - Ing. Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S.	Código:	FPB-13
		Versión:	1
		Página:	2 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE:	MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO:	CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176 - 14
LOCALIZACIÓN:	TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER
MUESTRA No.:	8
SONDEO No.:	1
PROFUNDIDAD:	7.00 A 7.90
FECHA:	13/05/2015

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ	W _{ret} [g]	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	0.00	0.00	100.00
2"	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	0.00	0.00	100.00
1"	0.00	0.00	100.00
3/4"	0.00	0.00	100.00
3/8"	32.40	17.58	82.01
No. 4	0.40	4.86	77.34
No. 6	0.20	3.44	73.90
No. 10	1.20	0.87	73.23
No. 16	4.15	2.30	70.93
No. 20	1.65	0.82	70.01
No. 30	1.65	1.03	68.98
No. 40	2.45	1.36	67.63
No. 50	7.55	4.19	63.43
No. 60	4.30	2.39	61.04
No. 100	15.80	6.77	52.27
No. 200	8.45	5.25	47.02
FONDO	0.00	0.00	-
W _{total}	95.40	W _{humedad} [%]	100.00



TAMANO MAXIMO (TM)	3/4"
	19 mm

TAMANO MAXIMO NOMINAL (TMN)	3/4"
	0.075 mm

% GRAVA	22.66
% ARENA	30.32
% FINOS	47.02

CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	SC	DESCRIPCIÓN:	ARENA ARCILLOSA
-------------------------	----	--------------	-----------------

OBSERVACIONES: * El análisis granulométrico de suelos por tamizado de realizó según norma I.N.V. E - 123 - 07
 * El análisis se hizo después de separar los finos por lavado sobre tamiz No. 200

REALIZO:	REVISO:	VOBO:
<u>Evelia Rocha Cerpa</u> Aux. Laboratorio	<u>Henry A. Mercado Ojeda</u> Jefe de Laboratorio - Ing Civil	<u>Juan Camilo Jerez Gómez</u> Mec. Geotécnica - Ing Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S	Código:	FP8-13
		Versión:	1
		Página:	1 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com			
Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176 - 14
LOCALIZACIÓN: TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER
MUESTRA No.: 1 **SONDEO No.:** 2 **PROFUNDIDAD:** 0.00 A 0.80 **FECHA:** 13/05/2015

LIMITES DE ATTERBERG Y HUMEDAD

ENSAYO No.:	LIMITE PLÁSTICO (L.P.)			LIMITE LÍQUIDO (L.L.)			HUMEDAD (w)
	1	2	3	1	2	3	1
RECIPIENTE No.:	V10	V31	V2	V9	V12	V5	S32
No. DE GOLPES:	N/A	N/A	N/A	18	21	40	N/A
W ₊ + W _g [g]:	15,63	16,56	16,65	23,80	25,30	24,95	1082,45
W ₊ + W _g [g]:	14,68	15,49	15,65	19,70	20,60	20,95	971,25
W _g [g]:	9,83	9,86	10,39	9,60	9,55	10,20	150,90
W ₊ [g]:	0,85	1,07	1,04	4,10	4,50	4,00	111,20
W _g [g]:	4,85	5,63	5,26	10,10	11,25	10,75	620,35
w:	18,98%	19,81%	19,77%	40,99%	40,80%	37,21%	13,56%



RESUMEN DE RESULTADOS	
LIMITE LÍQUIDO (L.L.)	39,19 %
LIMITE PLÁSTICO (L.P.)	19,45 %
INDICE DE PLASTICIDAD (I.P. = L.L. - L.P.)	19,74 %
HUMEDAD NATURAL (w)	13,56 %

OBSERVACIONES: * Determinación del contenido de agua (humedad) según norma I.N.V. E - 122 - 07
 * Determinación del Límite Líquido según norma I.N.V. E - 125 - 07
 * Límite Plástico e Índice de Plasticidad según norma I.N.V. E - 126 - 07

REALIZO: Erlinda Rocha Ceipa **REVISÓ:** Henry A. Mercado Olayo **VoBo:** Juan Camilo Jerez Gómez
 Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing. Civil Mec. Geotecnia - Ing. Civil



Documento: **CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S.** Código: **FP-13**
 Versión: **1**
 Página: **2 DE 2**

SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.

NIT: 829.000.738-4

Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 01 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com
 Barrancabermeja - Santander - Colombia

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
 PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176 - 14
 LOCALIZACIÓN: TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER
 MUESTRA No.: 1 SONDEO No.: 2 PROFUNDIDAD: 0,00 A 0,60 FECHA: 13/05/2015

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ	W _{ret} [g]	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	0,00	0,00	100,00
2"	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	100,00
1"	45,60	13,40	86,60
3/4"	62,75	17,30	82,70
3/8"	40,60	11,25	88,75
No. 4	35,60	10,09	89,91
No. 6	20,90	5,76	94,24
No. 10	2,50	0,71	99,29
No. 16	7,50	2,07	97,93
No. 20	3,80	0,99	99,01
No. 30	1,40	0,39	99,61
No. 40	9,50	2,62	97,38
No. 50	16,65	4,65	95,35
No. 60	5,85	1,56	98,44
No. 100	11,55	3,15	96,85
No. 200	7,00	1,93	98,07
FONDO	0,00	0,00	-
W _{total}	275,50	W _{total} [g]:	362,72



TAMANO MAXIMO (TM)	1 1/2"	37,5 mm
--------------------	--------	---------

TAMANO MAXIMO NOMINAL (TMN)	1"	0,075 mm
-----------------------------	----	----------

% GRAVA	52,04
% ARENA	23,92
% FINOS	24,05

CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	GC	DESCRIPCIÓN:	GRAVA ARCILLOSA
-------------------------	----	--------------	-----------------

OBSERVACIONES: * El análisis granulométrico de suelos por tamizado de realizó según norma I.N.V.E -125 - 07
 * El análisis se hizo después de separar los finos por lavado sobre tamiz No. 200

REALIZÓ: Eneida Rocha Cerpa Aux. Laboratorio
 REVISÓ: Henry A. Mercado Olavo Jefe de Laboratorio - Ing. Civil
 VoBo: Juan Camilo Jerez Gómez Mac. Gerencia - Ing. Civil



Documento: **CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S** Código: F-PB-13
 Versión: 1
 Página: 1 DE 2

SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.
 NIT: 829.000.738-4
 Calle 30 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com
 Barrancabermeja - Santander - Colombia

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
 PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2178 - 14
 LOCALIZACIÓN: TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER
 MUESTRA No.: 3 SONDEO No.: 3 PROFUNDIDAD: 0,60 A 1,50 FECHA: 13/05/2015

LIMITES DE ATTERBERG Y HUMEDAD

ENSAYO No.:	LIMITE PLÁSTICO (L.P.)			LIMITE LIQUIDO (L.L.)			HUMEDAD (w)
	1	2	3	1	2	3	1
RECIPIENTE No.:	V5	V14	V8	V9	36	V14	S77
No. DE GOLPES:	N/A	N/A	N/A	17	27	36	N/A
W _n + W _u (g):	20,60	19,90	19,15	22,40	19,70	24,20	629,95
W _n + W _u (g):	16,45	17,85	17,25	16,60	16,95	20,75	564,30
W _n (g):	10,30	10,25	10,00	10,75	9,90	10,25	145,65
W _u (g):	2,15	2,10	1,90	3,80	2,75	3,45	65,65
W _n (g):	6,25	7,60	7,25	7,85	7,05	10,50	410,45
w:	26,06%	27,63%	26,21%	48,41%	39,91%	32,86%	15,69%



RESUMEN DE RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	39,97 %
LIMITE PLÁSTICO (L.P.)	26,03 %
INDICE DE PLASTICIDAD (I.P. = L.L. - L.P.)	13,33 %
HUMEDAD NATURAL (w)	15,69 %

OBSERVACIONES: * Determinación del contenido de agua (humedad) según norma I.N.V. E - 122 - 07
 * Determinación del Límite Líquido según norma I.N.V. E - 125 - 07
 * Límite Plástico e Índice de Plasticidad según norma I.N.V. E - 126 - 07

REALIZO: Evelia Rocha Cerpa Auz. Laboratorio
 REVISO: Henry A. Mercado Olivo Jefe de Laboratorio - Ing. Civil
 VOBO: Juan Camilo Jerez Gómez Mec. Geotécnica - Ing. Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S.	Código:	FP-13
		Versión:	1
		Página:	2 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176 - 14
LOCALIZACIÓN: TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER
MUESTRA No.: 2 **SONDEO No.:** 2 **PROFUNDIDAD:** 0.60 A 1.50 **FECHA:** 13/05/2015

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ	W _{ret} [g]	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	0,00	0,00	100,00
2"	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	100,00
1"	0,00	0,00	100,00
3/4"	0,00	0,00	100,00
3/8"	35,70	17,65	82,35
No. 4	17,35	8,55	73,76
No. 6	12,20	6,03	67,73
No. 10	1,40	0,69	67,05
No. 16	4,65	2,30	64,76
No. 20	2,45	1,21	63,55
No. 30	4,50	2,42	61,12
No. 40	6,65	4,37	56,75
No. 50	19,10	9,44	47,31
No. 60	6,50	3,21	44,09
No. 100	10,30	5,09	39,00
No. 200	6,00	2,97	36,04
FONDO	0,00	0,00	-
W _{total}	129,40	W _{total} [g]:	202,30



TAMANO MAXIMO, (TM)	3/4"
	19 mm

TAMANO MAXIMO NOMINAL, (TMN)	3/4"
	0,075 mm

% GRAVA	26,22
% ARENA	37,74
% FINOS	36,04

CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	SM	DESCRIPCIÓN:	ARENA LIMOSA
-------------------------	----	--------------	--------------

OBSERVACIONES: * El análisis granulométrico de suelos por tamizado de realizó según norma I.N.V. E - 123 - 07
 * El análisis se hizo después de separar los finos por lavado sobre tamiz No. 200

REALIZO: Eriéda Rocha Cerpa, Aux. Laboratorio
REVISÓ: Henry A. Mercado Otavo, Jefe de Laboratorio - Ing. Civil
VoBo: Juan Carrillo Jerez Gómez, Mec. Geotécnica - Ing. Civil



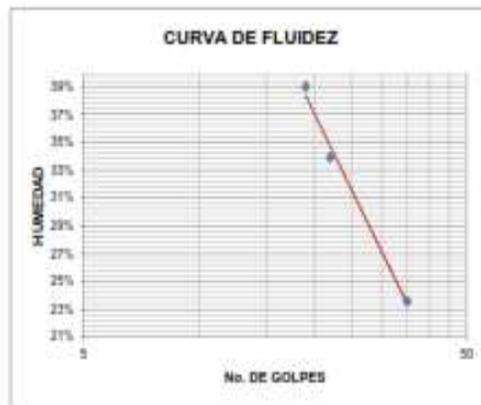
Documento: **CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S** Código: **FPS-13**
 Versión: **1**
 Página: **1 DE 2**

SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.
 NIT: 829.000.738-4
 Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com
 Barrancabermeja - Santander - Colombia

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
 PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176 - 14
 LOCALIZACIÓN: TALLID TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER
 MUESTRA No.: 3 SONDEO No.: 2 PROFUNDIDAD: 2,40 A 3,30 FECHA: 13/05/2015

LIMITES DE ATTERBERG Y HUMEDAD

ENSAYO No.:	LIMITE PLÁSTICO (L.P.)			LIMITE LIQUIDO (L.L.)			HUMEDAD (w)
	1	2	3	1	2	3	1
RECIPIENTE No.:	H12	H1	E7	E3	Q	11	V15
No. DE GOLPES:	N/A	N/A	N/A	19	22	35	N/A
W ₊ + W _o [g]:	25,55	19,10	25,90	30,80	27,65	30,20	77,60
W ₊ + W _o [g]:	24,90	18,30	24,50	27,70	25,00	27,90	66,25
W _o [g]:	19,10	15,00	15,00	19,75	16,60	16,15	10,10
W _o [g]:	1,25	0,80	1,40	3,10	2,85	2,30	9,55
W _o [g]:	5,20	3,30	5,70	7,95	6,40	9,75	50,15
W:	24,04%	24,24%	24,56%	38,99%	33,93%	23,59%	16,42%



RESUMEN DE RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	30,93 %
LIMITE PLÁSTICO (L.P.)	24,28 %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P. = L.L. - L.P.)	6,65 %
HUMEDAD NATURAL (w)	16,42 %

OBSERVACIONES: * Delimitación del contenido de agua (humedad) según norma I.N.V. E - 122 - 07.
 * Determinación del Límite Líquido según norma I.N.V. E - 125 - 07.
 * Límite Plástico e Índice de Plasticidad según norma I.N.V. E - 126 - 07.

REALIZÓ: Eneida Rocha Cerpa Aux. Laboratorio
 REVISÓ: Henry A. Mercado Obeso Jefe de Laboratorio - Ing. Civil
 VoBo: Juan Camilo Jerez Gómez Msc. Geotecnia - Ing. Civil

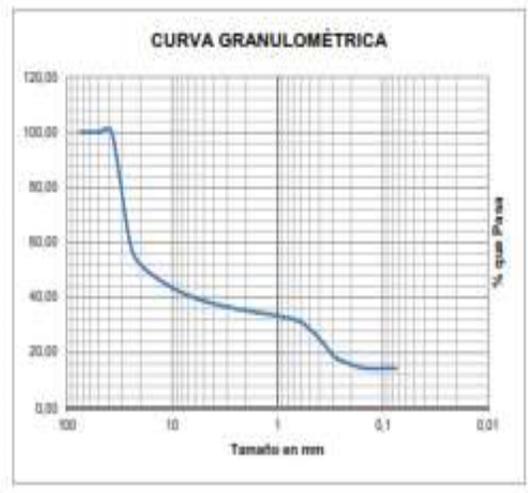


Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S.	Código:	FP8-15
		Versión:	1
		Página:	2 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia, Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcosas@hotmail.com Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176 - 14
LOCALIZACIÓN: TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER
MUESTRA No.: 3 **SONDEO No.:** 2 **PROFUNDIDAD:** 2.40 A 3.30 **FECHA:** 13/05/2015

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ	W _{ret} [g]	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	0.00	0.00	100.00
2"	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	0.00	0.00	100.00
1"	100.30	40.85	59.35
3/4"	20.43	8.29	51.07
3/8"	19.65	7.36	43.10
No. 4	11.30	4.36	35.32
No. 8	6.60	2.67	35.65
No. 10	1.30	0.53	35.32
No. 16	3.90	1.58	33.74
No. 20	2.40	0.97	32.77
No. 30	4.00	1.62	31.15
No. 40	11.95	4.24	26.31
No. 50	17.30	7.01	19.29
No. 60	4.95	2.01	17.29
No. 100	7.00	2.64	14.45
No. 200	0.00	0.00	14.45
FONDO	0.00	0.00	-
W _{total}	211.10	W _{residuo} [g]:	246.70



TAMANO MÁXIMO (TM)	1 1/2"	37.5 mm
--------------------	--------	---------

TAMANO MÁXIMO NOMINAL (TMN)	1 1/2"	0.075 mm
-----------------------------	--------	----------

% GRAVA	61.48
% ARENA	24.07
% FINOS	14.45

CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	GM	DESCRIPCIÓN:	GRAVA LIMOSA
-------------------------	----	--------------	--------------

OBSERVACIONES: * El análisis granulométrico de suelos por tamizado se realizó según norma I.N.V. E - 123 - 07
 * El análisis se hizo después de separar los finos por lavado sobre tamiz No. 200

REALIZÓ: Estelita Rocha Cerpa, Aux. Laboratorio
REVISÓ: Henry A. Mercado Otazo, Jefe de Laboratorio - Ing Civil
VOBO: Juan Camilo Jerez Gómez, Mec. Gerencia - Ing Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S	Código:	F-P8-13
		Revisión:	1
		Página:	1 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com			
Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No 3176 - 14
LOCALIZACIÓN: TALUD TAMARINDOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER
MUESTRA No.: 4 **SONDEO No.:** 2 **PROFUNDIDAD:** 3,30 A 4,20 **FECHA:** 13/05/2015

LIMITES DE ATTERBERG Y HUMEDAD

ENSAYO No.:	LIMITE PLÁSTICO (L.P.)			LIMITE LÍQUIDO (L.L.)			HUMEDAD (w)
	1	2	3	1	2	3	1
RECIPIENTE No.:	V7	V11	V15	V16	V20	5	85
No. DE GOLPES:	N/A	N/A	N/A	11	24	36	N/A
W + W _c [g]:	17,85	17,20	17,70	25,95	24,50	22,35	460,60
W + W _c [g]:	16,00	15,65	16,10	21,05	20,40	18,45	412,80
W _c [g]:	9,90	9,60	10,10	10,20	10,40	6,60	133,60
W _c [g]:	1,05	1,55	1,60	4,90	4,10	3,90	47,80
W _c [g]:	6,10	5,85	6,00	10,65	10,00	9,60	279,00
W:	27,05%	26,50%	26,67%	45,16%	41,68%	38,59%	17,13%



RESUMEN DE RESULTADOS	
LIMITE LÍQUIDO (L.L.)	41,68 %
LIMITE PLÁSTICO (L.P.)	26,74 %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P. = L.L. - L.P.)	14,34 %
HUMEDAD NATURAL (W)	17,13 %

OBSERVACIONES: * Determinación del contenido de agua (humedad) según norma I.N.V. E - 122 - 07
 * Determinación del Límite Líquido según norma I.N.V. E - 125 - 07
 * Límite Plástico e Índice de Plasticidad según norma I.N.V. E - 126 - 07

REALIZÓ: Erieda Rocha Cerpa **REVISÓ:** Henry A. Mercado Olayo **VOBO:** Juan Camilo Jerez Gómez
 Asa. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing. Civil Mec. Geotécnica - Ing. Civil



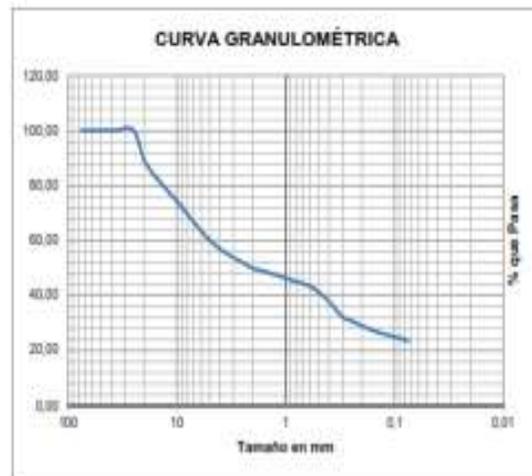
Documento: **CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S.** Código: **FP-8-15**
 Versión: **1**
 Página: **2 DE 2**

SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.
 NIT: 829.000.738-4
 Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com
 Barrancabermeja - Santander - Colombia

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
 PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176 - 14
 LOCALIZACIÓN: TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER
 MUESTRA No.: 4 SONDEO No.: 2 PROFUNDIDAD: 3.30 A 4.20 FECHA: 13/05/2015

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ	W _{ret} [g]	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	0,00	0,00	100,00
2"	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	100,00
1"	0,00	0,00	100,00
3/4"	41,00	12,37	87,63
3/8"	47,70	14,39	85,61
No. 4	46,30	13,97	86,03
No. 6	26,10	7,87	92,13
No. 10	4,75	1,43	98,57
No. 16	10,10	3,05	96,95
No. 20	5,15	1,55	98,45
No. 30	6,00	1,85	98,15
No. 40	14,70	4,43	95,57
No. 50	22,45	6,77	93,23
No. 60	4,40	1,33	98,67
No. 100	12,50	3,66	96,34
No. 200	11,15	3,36	96,64
FONDO	0,00	0,00	-
W _{total}	233,20	W _{humedad} [%]	331,47



TAMANO MAXIMO, (TM)	1"	25 mm
---------------------	----	-------

TAMANO MAXIMO NOMINAL, (TMN)	3/4"	0.075 mm
------------------------------	------	----------

% GRAVA	40,73
% ARENA	35,66
% FINOS	23,61

CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	GM	DESCRIPCIÓN:	GRAVA LIMOSA
-------------------------	----	--------------	--------------

OBSERVACIONES: * El análisis granulométrico de suelos por tamizado de realce según norma L.N.V. E - 123 - 07
 * El análisis se hizo después de separar los finos por lavado sobre tamiz No. 200

REALIZO: Erielle Rocha Cepa Aux. Laboratorio
 REVISO: Henry A. Mercado Otero Jefe de Laboratorio - Ing. Civil
 VoBo: Juan Camilo Jerez Gómez Msc. Geotecnia - Ing. Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S	Código:	FP8-13
		Versión:	1
		Página:	1 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com			
Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176 - 14
LOCALIZACIÓN: TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER
MUESTRA No.: 5 **SONDEO No.:** 2 **PROFUNDIDAD:** 4,26 A 5,10 **FECHA:** 15/05/2015

LIMITES DE ATTERBERG Y HUMEDAD

ENSAYO No.:	LIMITE PLÁSTICO (L.P.)			LIMITE LIQUIDO (L.L.)			HUMEDAD (w)
	1	2	3	1	2	3	1
RECIPIENTE No.:	E7	E14	I1	H4	E3	I2	S3
No. DE GOLPES:	N/A	N/A	N/A	17	25	36	N/A
W ₊ + W ₁ [g]:	23,05	26,00	20,00	30,60	24,45	31,10	704,00
W ₊ + W ₂ [g]:	22,40	25,20	19,00	27,00	22,05	27,90	656,00
W ₁ [g]:	16,05	19,00	16,00	16,55	15,85	16,80	149,55
W ₂ [g]:	1,45	1,40	1,00	3,60	2,40	3,20	45,20
W ₁ [g]:	5,75	5,40	3,60	6,45	6,20	9,10	509,25
W:	25,22%	25,93%	27,78%	42,66%	38,71%	35,16%	8,88%



RESUMEN DE RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	38,64 %
LIMITE PLASTICO (L.P.)	26,31 %
INDICE DE PLASTICIDAD (I.P. = L.L. - L.P.)	12,33 %
HUMEDAD NATURAL (w)	8,88 %

OBSERVACIONES: * Determinación del contenido de agua (humedad) según norma I.N.V. E - 122 - 07
 * Determinación del Límite Líquido según norma I.N.V. E - 125 - 07
 * Límite Plástico e Índice de Plasticidad según norma I.N.V. E - 126 - 07

REALIZO: Eridia Rocha Carpa **REVISÓ:** Henry A. Mercado Olivo **VoBo:** Juan Camilo Jerez Gómez
 Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing. Civil Msc. Geotecnia - Ing. Civil

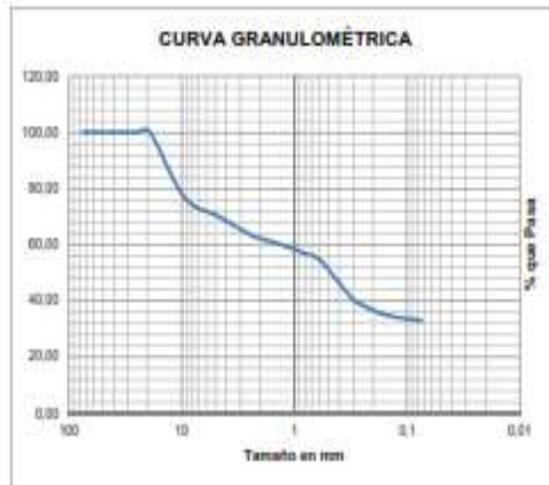


Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S.	Código:	F-PS-15
		Versión:	1
		Página:	2 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176 - 14
LOCALIZACIÓN: TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER.
MUESTRA No.: 5 **SONDEO No.:** 3 **PROFUNDIDAD:** 4,20 A 5,10 **FECHA:** 13/05/2015

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ	W _u [g]	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	0,00	0,00	100,00
2"	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	100,00
1"	0,00	0,00	100,00
3/4"	0,00	0,00	100,00
3/8"	81,40	22,96	77,02
No. 4	24,35	6,87	70,14
No. 8	24,60	6,95	63,20
No. 10	3,40	0,96	62,24
No. 16	11,40	3,22	59,02
No. 20	6,30	1,76	57,24
No. 30	8,50	2,45	54,76
No. 40	25,10	7,09	47,67
No. 50	25,70	7,26	40,41
No. 60	6,65	1,88	38,54
No. 100	13,05	3,68	34,85
No. 200	6,65	1,88	32,96
FONDO	0,00	0,00	-
W _{LIMITES}	237,40	W _{MAXIMA} [g]:	354,20



TAMANO MAXIMO (TM)	3/4"
	19 mm

TAMANO MAXIMO NOMINAL (TMN)	3/4"
	0,075 mm

% GRAVA	29,66
% ARENA	37,17
% FINOS	32,96

CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	SM	DESCRIPCIÓN:	ARENA LIMOSA
-------------------------	----	--------------	--------------

OBSERVACIONES: * El análisis granulométrico de suelos por tamizado de reales según norma I.N.V. E - 123 - 07
 * El análisis se hizo después de separar los finos por levadura sobre tamiz No. 200

REALIZO: Eriella Rocha Cerpa **REVISÓ:** Henry A. Mercado Olivo **VOBO:** Juan Camilo Jerez Gómez
 Asst. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing. Civil Msc. Geotecnia - Ing. Civil



Documento: **CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S** Código: **F-PB-13**
 Versión: **1**
 Página: **1 DE 2**

SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.
 NIT: 829.000.738-4
 Calle 90 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com
 Barrancabermeja - Santander - Colombia

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
 PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2178 - 14
 LOCALIZACIÓN: TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER
 MUESTRA No.: 6 SONDEO No.: 2 PROFUNDIDAD: 3,10 A 6,40 FECHA: 13/05/2015

LIMITES DE ATTERBERG Y HUMEDAD

ENSAYO No.:	LIMITE PLÁSTICO (L.P.)			LIMITE LIQUIDO (L.L.)			HUMEDAD (w)
	1	2	3	1	2	3	1
RECIPIENTE No.:	V12	V30	E9	V31	V6	V20	V1
No. DE GOLPES:	N/A	N/A	N/A	17	25	35	N/A
W + W _c [g]:	14,10	14,20	16,70	29,80	25,20	24,40	90,00
W _c [g]:	13,40	13,55	16,15	25,05	21,70	21,20	63,80
W [g]:	9,00	10,20	15,25	10,30	10,25	9,90	10,35
W _n [g]:	0,70	0,65	0,55	4,75	3,50	3,20	14,00
W _c [g]:	3,60	3,35	2,90	14,75	11,45	11,30	73,45
w:	18,42%	19,40%	18,97%	32,20%	30,57%	28,32%	20,15%



RESUMEN DE RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	30,23 %
LIMITE PLÁSTICO (L.P.)	18,93 %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P. = L.L. - L.P.)	11,30 %
HUMEDAD NATURAL (w)	20,15 %

OBSERVACIONES: * Determinación del contenido de agua (humedad) según norma I.N.V. E - 122 - 07
 * Determinación del Límite Líquido según norma I.N.V. E - 125 - 07
 * Límite Plástico e Índice de Plasticidad según norma I.N.V. E - 126 - 07

REALIZÓ: Eriella Rocha Cerpa REVISÓ: Henry A. Mercado Olivo VOBO: Juan Camilo Jerez Gómez
 Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing. Civil Mec. Geotécnica - Ing. Civil



Documento:

**CLASIFICACIÓN DE SUELOS
S.U.C.S.**

Código:

FPB-13

Versión:

1

Página:

2 DE 2

SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.

NIT: 829.000.738-4

Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia, Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com
Barrancabermeja - Santander - Colombia

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176 - 14
LOCALIZACIÓN: TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER
MUESTRA No.: 8 **SONDEO No.:** 2 **PROFUNDIDAD:** 5.10 A 6.45 **FECHA:** 13/05/2015

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ	W _{ret} [g]	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	0.00	0.00	100.00
2"	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	0.00	0.00	100.00
1"	89.20	39.44	60.56
3/4"	0.00	0.00	60.56
3/8"	22.33	9.88	50.67
No. 4	12.50	5.53	45.14
No. 6	9.63	4.36	40.78
No. 10	1.15	0.51	40.26
No. 16	4.65	2.06	38.22
No. 20	2.05	0.91	37.32
No. 30	2.10	0.93	36.38
No. 40	2.80	1.24	35.15
No. 50	5.60	2.48	32.67
No. 60	2.45	1.06	31.59
No. 100	6.55	2.90	28.69
No. 200	8.25	3.32	26.37
FONDO	0.00	0.00	-
W _{LIBRE}	166.50	W _{REMANENTE} [g]:	226.14



TAMANO MAXIMO (TM)	1 1/2"	37.5 mm
--------------------	--------	---------

TAMANO MAXIMO NOMINAL (TMN)	1 1/2"	0.075 mm
-----------------------------	--------	----------

% GRAVA	54.86
% ARENA	16.77
% FINOS	26.37

CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	GC	DESCRIPCIÓN:	GRAVA ARCILLOSA
-------------------------	----	--------------	-----------------

OBSERVACIONES: * El análisis granulométrico de suelos por tamizado se realizó según norma I.N.V. E - 123 - 07
* El análisis se hizo después de separar los finos por lavado sobre tamiz No. 200

REALIZÓ: Eriella Rocha Carpa
Aux. Laboratorio

REVISÓ: Henry A. Mercado Olavo
Jefe de Laboratorio - Ing. Civil

VOBO: Juan Camilo Jerez Gómez
Nac. Geodesta - Ing. Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S	Código:	F-P9-15
		Versión:	1
		Página:	1 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com			
Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176 - 14
LOCALIZACIÓN: TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER
MUESTRA No.: 7 **SONDEO No.:** 2 **PROFUNDIDAD:** 0,45 A 7,00 **FECHA:** 13/05/2015

LIMITES DE ATTERBERG Y HUMEDAD

ENSAYO No.:	LIMITE PLÁSTICO (L.P.)			LIMITE LIQUIDO (L.L.)			HUMEDAD (w)
	1	2	3	1	2	3	1
RECIPIENTE No.:	E3	E7	E11	V2	V11	V1	8T3
No. DE GOLPES:	N/A	N/A	N/A	11	25	45	N/A
W ₊ + W _g [g]:	21,90	23,10	22,05	23,05	24,05	23,35	907,45
W ₊ [g]:	20,70	21,75	21,35	19,95	20,90	20,10	796,55
W _g [g]:	16,20	16,05	15,60	10,25	9,70	10,35	121,00
W ₊ [g]:	1,20	1,35	1,50	3,90	3,95	3,25	110,90
W _g [g]:	4,90	5,10	5,75	9,70	11,20	9,70	674,75
w:	26,67%	26,47%	26,09%	40,21%	35,27%	33,33%	16,44%



RESUMEN DE RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	35,28 %
LIMITE PLÁSTICO (L.P.)	26,41 %
INDICE DE PLASTICIDAD (I.P. = L.L. - L.P.)	9,37 %
HUMEDAD NATURAL (w)	16,44 %

OBSERVACIONES: * Determinación del contenido de agua (humedad) según norma IN.V. E - 122 - 07.
 * Determinación del Límite Líquido según norma IN.V. E - 125 - 07.
 * Límite Plástico e Índice de Plasticidad según norma IN.V. E - 126 - 07.

REALIZO: Evelio Rocha Carpa **REVISÓ:** Henry A. Mercado Olayo **VOBO:** Juan Camilo Jerez Gómez
 Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing. Civil Mec. Geotécnica - Ing. Civil



Documento:

**CLASIFICACIÓN DE SUELOS
S.U.C.S.**

Código:

FP-13

Versión:

1

Página:

2 DE 2

SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.

NIT: 829.000.738-4

Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com
Barrancabermeja - Santander - Colombia

CLIENTE:

MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA

PROYECTO:

CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2178 - 14

LOCALIZACIÓN:

TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER

MUESTRA No.:

7

SONDEO No.:

2

PROFUNDIDAD:

0.45 A 7.80

FECHA:

13/05/2015

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ	W _{ret} [g]	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	0,00	0,00	100,00
2"	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	100,00
1"	35,15	17,75	82,25
3/4"	13,55	7,25	75,00
3/8"	25,45	13,02	61,38
No. 4	14,95	8,00	53,38
No. 8	7,60	4,16	49,20
No. 10	2,00	1,07	48,13
No. 16	4,35	2,33	45,80
No. 20	2,05	1,10	44,70
No. 30	2,25	1,20	43,50
No. 40	2,50	1,34	42,16
No. 50	5,85	3,13	39,03
No. 60	3,15	1,69	37,34
No. 100	8,25	4,42	32,93
No. 200	5,40	2,89	30,04
FONDO	0,05	0,03	-
W _{LaT200}	130,75	W _{retenido} [g]:	100,01



TAMANO MAXIMO (TM)	1 1/2"	37,5 mm
--------------------	--------	---------

TAMANO MAXIMO NOMINAL (TMN)	1 1/2"	0,075 mm
-----------------------------	--------	----------

% GRAVA	46,82
% ARENA	23,34
% FINOS	30,04

CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	GM	DESCRIPCIÓN:	GRAVA LIMOSA
-------------------------	----	--------------	--------------

OBSERVACIONES:

* El análisis granulométrico de suelos por tamizado se realizó según norma I.N.V. E - 123 - 07

* El análisis se hizo después de separar los finos por lavado sobre tamiz No. 200

REALIZÓ:

Eridia Rocha Cerpa
Aux. Laboratorio

REVISÓ:

Henry A. Mercado Olayo
Jefe de Laboratorio - Ing. Civil

VoBo:

Juan Camilo Jerez Gómez
Msc. Geotecnia - Ing. Civil



Documento: **CLASIFICACIÓN DE SUELOS**
S.U.C.S

Código: **FP8-13**
 Versión: **1**
 Página: **1 DE 2**

SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.
 NIT: 829.000.738-4
 Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com
 Barrancabermeja - Santander - Colombia

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA

PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176 - 14

LOCALIZACIÓN: TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER

MUESTRA No.: 1 SONDEO No.: 3 PROFUNDIDAD: 0,00 A 0,00 FECHA: 13/03/2015

LIMITES DE ATTERBERG Y HUMEDAD

ENSAYO No.:	LIMITE PLASTICO (L.P.)			LIMITE LIQUIDO (L.L.)			HUMEDAD (w)
	1	2	3	1	2	3	1
RECIPIENTE No.:	W12	E8	H11	H5	E12	E9	84
No. DE GOLPES:	N/A	N/A	N/A	15	28	40	N/A
W ₊ W ₁ [g]:	23,49	21,48	21,30	29,03	30,93	25,70	61,05
W ₊ W ₂ [g]:	22,70	20,40	20,20	26,62	26,13	23,20	75,95
W ₁ [g]:	19,70	16,13	16,00	15,57	19,66	14,91	8,55
W ₂ [g]:	0,79	1,00	1,10	3,01	2,80	2,30	5,90
W ₃ [g]:	3,00	4,27	4,20	6,05	6,45	6,29	67,40
w:	26,33%	25,29%	26,19%	37,39%	33,14%	30,16%	8,75%



RESUMEN DE RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	33,61 %
LIMITE PLASTICO (L.P.)	25,94 %
INDICE DE PLASTICIDAD (I.P. = L.L. - L.P.)	7,67 %
HUMEDAD NATURAL (w)	8,75 %

OBSERVACIONES: ¹ Determinación del contenido de agua (humedad) según norma IN.V. E - 122 - 07

² Determinación del Límite Líquido según norma IN.V. E - 125 - 07

³ Límite Plástico e Índice de Plasticidad según norma IN.V. E - 126 - 07

REALIZÓ: Evelia Rocha Cerpa Aux. Laboratorio

REVISÓ: Henry A. Mercado Olayo Jefe de Laboratorio - Ing Civil

VoBo: Juan Camilo Jerez Gómez Mec. Geotécnica - Ing Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S.	Código:	FP-15
		Versión:	1
		Página:	2 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176 - 14
LOCALIZACIÓN: TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER
MUESTRA No.: 1 **SONDEO No.:** 3 **PROFUNDIDAD:** 0,00 A 0,60 **FECHA:** 13/05/2015

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ	W _{ret} (g)	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	0,00	0,00	100,00
2"	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	100,00
1"	33,50	13,03	86,97
3/4"	0,00	0,00	86,97
3/8"	25,15	10,85	76,03
No. 4	25,25	9,04	86,98
No. 5	10,30	7,12	99,07
No. 10	3,40	1,32	98,55
No. 16	0,15	3,17	95,36
No. 20	0,05	3,13	92,25
No. 30	4,25	1,65	96,60
No. 40	5,55	2,16	98,44
No. 50	9,90	3,85	94,59
No. 60	17,40	6,77	93,83
No. 100	14,60	5,75	92,07
No. 200	10,15	3,95	86,12
FONDO	0,00	0,00	-
W _{LATOS}	154,85	W _{FINOS} (g):	257,16



TAMANO MAXIMO, (TM)	1 1/2"	37,5 mm
---------------------	--------	---------

TAMANO MAXIMO NOMINAL, (TMN)	3/4"	0,075 mm
------------------------------	------	----------

% GRAVA	33,01
% ARENA	36,86
% FINOS	25,12

CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	SM	DESCRIPCIÓN:	ARENA LIMOSA
-------------------------	----	--------------	--------------

OBSERVACIONES: * El análisis granulométrico de suelos por tamizado de realizó según norma I.N.V. E - 123 - 87
 * El análisis se hizo después de separar los finos por lavado sobre tamiz No. 200

REALIZO: Eréndi Rocha Carpa **Aux. Laboratorio**
 REVISÓ: Henry A. Mercado Otero **Jefe de Laboratorio - Ing Civil**
 VoBo: Juan Camilo Jerez Gómez **Mec. Geotecnia - Ing Civil**



Documento: **CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S**

Código: F-PS-13
Versión: 1
Página: 1 DE 2

SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.
NIT: 829.000.738-4
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com
Barrancabermeja - Santander - Colombia

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA

PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176 - 14

LOCALIZACIÓN: TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER

MUESTRA No.: 2 SONDEO No.: 3 PROFUNDIDAD: 0,85 A 1,50 FECHA: 13/05/2015

LIMITES DE ATTERBERG Y HUMEDAD

ENSAYO No.:	LIMITE PLÁSTICO (L.P.)			LIMITE LIQUIDO (L.L.)			HUMEDAD (w)
	1	2	3	1	2	3	1
RECIPIENTE No.:	H3	HT2	E12	V4	V10	V12	812
No. DE GOLPES:	N/A	N/A	N/A	13	24	31	N/A
W ₊ W ₋ [g]:	26,75	21,50	26,90	24,00	22,70	25,45	464,10
W ₊ W ₋ [g]:	25,20	20,00	25,30	20,10	19,45	21,90	437,40
W ₊ [g]:	19,05	15,55	16,70	10,20	9,55	10,10	123,90
W ₋ [g]:	1,55	1,10	1,60	3,90	3,25	3,50	46,70
W ₊ [g]:	6,15	4,45	6,60	9,90	9,90	11,60	313,90
W _c :	25,20%	24,72%	24,24%	39,39%	32,83%	36,08%	14,88%



RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO (L.L.)	32,26 %
LIMITE PLASTICO (L.P.)	24,72 %
INDICE DE PLASTICIDAD (I.P. = L.L. - L.P.)	7,54 %
HUMEDAD NATURAL (w)	14,88 %

OBSERVACIONES: ¹ Determinación del contenido de agua (humedad) según norma I.N.V. E - 122 - 07

² Determinación del Limite Líquido según norma I.N.V. E - 125 - 07

³ Limite Plástico e Índice de Plasticidad según norma I.N.V. E - 126 - 07

REALIZÓ: Erielle Rocha Cerpa Aux. Laboratorio

REVISÓ: Henry A. Mercado Otero Jefe de Laboratorio - Ing Civil

VOBO: Juan Camilo Jerez Gómez Mec. Geotécnica - Ing Civil



Documento: **CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S.** Código: **FP-8-13**
 Versión: **1**
 Página: **2 DE 2**

SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.
 NIT: 829.000.738-4
 Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com
 Barrancabermeja - Santander - Colombia

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
 PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176 - 14
 LOCALIZACIÓN: TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER
 MUESTRA No.: 2 SONDEO No.: 3 PROFUNDIDAD: 0,00 A 1,50 FECHA: 13/05/2015

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ	W _{ret} (g)	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	0,00	0,00	100,00
2"	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	100,00
1"	0,00	0,00	100,00
3/4"	63,25	29,62	70,38
3/8"	48,25	22,59	47,79
No. 4	20,80	9,74	38,05
No. 8	11,17	5,23	32,82
No. 10	1,30	0,61	32,21
No. 16	4,00	1,87	30,34
No. 20	2,25	1,05	29,29
No. 30	3,05	1,43	27,66
No. 40	4,65	2,16	25,66
No. 50	6,70	3,14	22,55
No. 60	2,40	1,12	21,42
No. 100	5,20	2,43	16,99
No. 200	4,40	2,06	16,93
FONDO	0,00	0,00	-
W _{LISTA}	177,42	W _{MOJADA} (g):	213,57



TAMANO MAXIMO (TM)	1"	25 mm
TAMANO MAXIMO NOMINAL (TMN)	3/4"	0,075 mm

% GRAVA	61,95
% ARENA	21,13
% FINOS	16,93

CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	GM	DESCRIPCIÓN:	GRAVA LIMOSA
-------------------------	----	--------------	--------------

OBSERVACIONES: * El análisis granulométrico de suelos por tamizado de realizó según norma L.N.V. E - 123 - 07
 * El análisis se hizo después de separar los finos por lavado sobre tamiz No. 200

REALIZO: Erietta Roche Carpa Auz. Laboratorio
 REVISO: Henry A. Mercado Otavo Jefe de Laboratorio - Ing. Civil
 VoBo: Juan Camilo Jerez Gómez Mec. Geotécnica - Ing. Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S	Código:	FFS-13
		Versión:	1
		Página:	1 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 30 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com			
Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2178 - 14
LOCALIZACIÓN: TALUD TAMARINDO DCS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER
MUESTRA No.: 3 **SONDEO No.:** 3 **PROFUNDIDAD:** 3,30 A 4,20 **FECHA:** 13/05/2015

LIMITES DE ATTERBERG Y HUMEDAD

ENSAYO No.:	LIMITE PLASTICO (L.P.)			LIMITE LIQUIDO (L.L.)			HUMEDAD (w)
	1	2	3	1	2	3	1
RECIPIENTE No.:	E4	E2	E7	V8	V1	V31	17
No. DE GOLPES:	N/A	N/A	N/A	15	24	35	N/A
W ₊ + W _c [g]:	21,50	22,15	22,00	21,55	20,30	21,00	130,90
W ₋ + W _c [g]:	20,50	20,90	21,00	17,60	17,00	17,70	90,65
W _c [g]:	10,00	10,00	10,00	10,20	10,45	10,30	9,20
W ₊ [g]:	1,00	1,25	1,00	3,95	3,20	3,30	31,65
W ₋ [g]:	3,90	4,90	4,00	7,40	6,55	7,35	69,65
w:	25,64%	25,51%	25,00%	53,38%	48,85%	44,90%	35,30%



RESUMEN DE RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	48,21 %
LIMITE PLASTICO (L.P.)	25,38 %
INDICE DE PLASTICIDAD (I.P. = L.L. - L.P.)	22,83 %
HUMEDAD NATURAL (w)	35,30 %

OBSERVACIONES: * Determinación del contenido de agua (humedad) según norma I.N.V. E - 122 - 07
 * Determinación del Límite Líquido según norma I.N.V. E - 125 - 07
 * Límite Plástico e Índice de Plasticidad según norma I.N.V. E - 126 - 07

REALIZÓ: Evelia Rocha Ceja
Aux. Laboratorio
REVISÓ: Henry A. Mercado Olave
Jefe de Laboratorio - Ing. Civil
VoBo: Juan Camilo Jerez Gómez
Msc. Geotecnia - Ing. Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S.	Código:	FPB-15
		Versión:	1
		Página:	2 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE:	MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO:	CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176 - 14
LOCALIZACIÓN:	TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER
MUESTRA No.:	3 BÓNDEO No.: 3 PROFUNDIDAD: 3,30 A 4,20 FECHA: 13/05/2015

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ	W _{ret} [g]	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	0,00	0,00	100,00
2"	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	100,00
1"	24,85	14,80	85,40
3/4"	0,00	0,00	85,40
3/8"	1,15	0,68	84,72
No. 4	0,20	0,12	84,60
No. 6	0,55	0,33	84,27
No. 10	0,65	0,39	83,84
No. 16	0,70	0,41	83,59
No. 20	1,65	0,98	82,61
No. 30	44,30	26,24	56,61
No. 40	24,55	14,78	41,83
No. 50	5,10	4,60	37,04
No. 60	5,60	3,32	33,72
No. 100	21,60	12,75	20,92
No. 200	7,05	4,16	16,75
FONDO	0,80	0,60	-
W _{total}	140,55	W _{total} [g]:	168,62



TAMANO MAXIMO, (TM)	1 1/2"
	37,5 mm

TAMANO MAXIMO NOMINAL, (TMN)	3/4"
	0,075 mm

% GRAVA	15,40
% ARENA	67,65
% FINOS	16,75

CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	SC	DESCRIPCIÓN:	ARENA ARCILLOSA
-------------------------	----	--------------	-----------------

OBSERVACIONES: * El análisis granulométrico de suelos por tamizado de resacas según norma I.N.V. E - 123 - 87
* El análisis se hizo después de separar los finos por lavado sobre tamiz No. 200

REALIZO	REVISO	VoBo
_____	_____	_____
Evelis Rocha Carpa Aux. Laboratorio	Henry A. Mercado Olave Jefe de Laboratorio - Ing. Civil	Juan Camilo Jerez Gómez Mec. Geotecnia - Ing. Civil



Documento: **CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S**

Código: F-PS-15
 Versión: 1
 Página: 1 DE 2

SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.
 NIT: 829.000.738-4
 Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com
 Barrancabermeja - Santander - Colombia

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA

PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176 - 14

LOCALIZACIÓN: TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER

MUESTRA No.: 4 SONDEO No.: 3 PROFUNDIDAD: 5,10 A 6,40 FECHA: 13/05/2015

LIMITES DE ATTERBERG Y HUMEDAD

ENSAYO No.:	LIMITE PLÁSTICO (L.P.)			LIMITE LIQUIDO (L.L.)			HUMEDAD (w)
	1	2	3	1	2	3	1
RECIPIENTE No.:	E1	I2	E5	V5	V12	V37	M0
No. DE GOLPES:	N/A	N/A	N/A	16	25	45	N/A
W ₊ + W _g [g]:	24,30	22,30	23,55	25,35	24,15	25,70	909,90
W ₊ + W _g [g]:	23,05	21,20	22,75	21,70	20,75	22,30	617,60
W _g [g]:	16,95	15,50	16,75	10,25	9,60	10,35	130,45
W _n [g]:	1,25	1,10	0,80	3,65	3,40	3,40	92,30
W _n [g]:	6,10	5,65	4,00	11,45	11,15	11,95	657,15
w:	20,49%	19,47%	20,00%	31,88%	30,49%	28,45%	13,43%



RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO (L.L.)	30,40 %
LIMITE PLÁSTICO (L.P.)	19,99 %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P. = L.L. - L.P.)	10,41 %
HUMEDAD NATURAL (w)	13,43 %

OBSERVACIONES: * Determinación del contenido de agua (humedad) según norma I.N.V. E - 122 - 07
 * Determinación del Límite Líquido según norma I.N.V. E - 125 - 07
 * Límite Plástico e Índice de Plasticidad según norma I.N.V. E - 126 - 07

REALIZO: Erelida Rocha Cerpa Aux. Laboratorio

REVISÓ: Henry A. Mercado Olivo Jefe de Laboratorio - Ing. Civil

VOBO: Juan Camilo Jerez Gómez Mec. Geotecnia - Ing. Civil



Documento: **CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S.** Código: **F-PB-13**
 Versión: **1**
 Página: **2 DE 2**

SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.
 NIT: 829.000.738-4
 Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com
 Barrancabermeja - Santander - Colombia

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
 PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2178 - 14
 LOCALIZACIÓN: TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER
 MUESTRA No.: 4 SONDEO No.: 3 PROFUNDIDAD: 5,10 A 6,45 FECHA: 13/05/2015

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ	W _{ret} [g]	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	0,00	0,00	100,00
2"	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	100,00
1"	42,50	18,73	81,27
3/4"	36,50	15,16	84,84
3/8"	22,00	8,66	91,34
No. 4	20,65	11,36	88,64
No. 8	17,45	6,67	93,33
No. 10	3,55	1,40	98,60
No. 16	6,50	3,35	96,65
No. 20	3,55	1,40	98,60
No. 30	3,05	1,20	98,80
No. 40	4,30	1,69	98,31
No. 50	9,15	3,60	96,40
No. 60	3,45	1,36	98,64
No. 100	9,50	3,74	96,26
No. 200	7,45	2,93	97,07
FONDO	0,00	0,00	-
W _{total}	201,80	W _{humedad} [%]	253,99



TAMANO MAXIMO, (TM)	1 1/2"
	37,5 mm

TAMANO MAXIMO NOMINAL, (TMN)	1 1/2"
	0,075 mm

% GRAVA	51,91
% ARENA	27,54
% FINOS	20,55

CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	GC	DESCRIPCIÓN:	GRAVA ARCILLOSA
-------------------------	----	--------------	-----------------

OBSERVACIONES: * El análisis granulométrico de suelos por tamizado de resacas según norma I.N.V. E - 123 - 07
 * El análisis se hizo después de separar las finas por lavado sobre tamiz No. 200

REALIZÓ: Eledia Rocha Carpa Aux. Laboratorio
 REVISÓ: Henry A. Mercado Olavo Jefe de Laboratorio - Ing. Civil
 VOBO: Juan Camilo Jerez Gómez Mec. Geotecnia - Ing. Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S	Código:	F-PS-13
		Versión:	1
		Página:	1 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com			
Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176 - 14
LOCALIZACIÓN: TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER
MUESTRA No.: 5 **SONDEO No.:** 3 **PROFUNDIDAD:** 6,45 A 7,60 **FECHA:** 13/05/2013

LIMITES DE ATTERBERG Y HUMEDAD

ENSAYO No.:	LIMITE PLÁSTICO (L.P.)			LIMITE LIQUIDO (L.L.)			HUMEDAD (w)
	1	2	3	1	2	3	1
RECIPIENTE No.:	25	45	32	W1	W12	V5	V33
No. DE GOLPES:	N/A	N/A	N/A	17	26	35	N/A
W ₊ W _g [g]:	15,20	16,50	17,50	25,00	23,30	26,90	109,45
W ₊ W _g [g]:	14,20	15,30	16,00	20,70	19,95	22,90	94,55
W _g [g]:	9,55	10,05	9,55	9,65	10,20	10,00	10,45
W _g [g]:	1,00	1,20	1,50	4,30	3,35	4,00	14,90
W _g [g]:	4,35	5,25	6,45	11,05	9,75	12,90	54,10
W:	22,99%	22,86%	23,26%	38,91%	34,36%	31,91%	17,72%



RESUMEN DE RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	34,37 %
LIMITE PLASTICO (L.P.)	23,03 %
INDICE DE PLASTICIDAD (I.P. = L.L. - L.P.)	11,34 %
HUMEDAD NATURAL (w)	17,72 %

OBSERVACIONES: * Determinación del contenido de agua (humedad) según norma I.N.V. E - 122 - 07
 * Determinación del Límite Líquido según norma I.N.V. E - 125 - 07
 * Límite Plástico e Índice de Plasticidad según norma I.N.V. E - 126 - 07

REALIZO: Eriedia Rocha Carpa **REVISÓ:** Henry A. Mercado Olave **VOBO:** Juan Camilo Jerez Gómez
 Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing. Civil Mec. Geotécnica - Ing. Civil

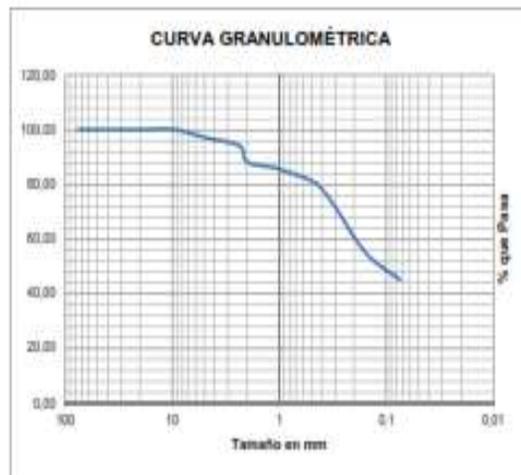


Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S.	Código:	FPS-13
		Versión:	1
		Página:	2 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 90 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176 - 14
LOCALIZACIÓN: TALLID TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER
MUESTRA No.: 5 **SONDEO No.:** 3 **PROFUNDIDAD:** 0,45 A 7,80 **FECHA:** 13/09/2015

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ	W _{ret} [g]	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	0,00	0,00	100,00
2"	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	100,00
1"	0,00	0,00	100,00
3/4"	0,00	0,00	100,00
3/8"	0,00	0,00	100,00
No. 4	0,00	3,07	96,93
No. 6	0,35	2,63	94,11
No. 10	11,15	5,59	88,22
No. 16	4,00	2,11	86,10
No. 20	2,83	1,36	84,54
No. 30	3,70	1,96	82,59
No. 40	5,93	3,14	79,44
No. 50	14,65	7,74	71,70
No. 60	9,20	4,86	66,84
No. 100	23,90	12,63	54,21
No. 200	17,10	9,04	45,17
FONDO	0,05	0,03	-
W _{total}	103,00	W _{humedad} [g]:	189,23



TAMANO MAXIMO (TM)	3/8"
	9,5 mm

TAMANO MAXIMO NOMINAL (TMN)	No. 16
	0,075 mm

% GRAVA	3,07
% ARENA	51,76
% FINOS	45,17

CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	SC	DESCRIPCIÓN:	ARENA ARCILLOSA
-------------------------	----	--------------	-----------------

OBSERVACIONES: * El análisis granulométrico de suelos por tamizado se realizó según norma I.N.V. E -123 - 07
 * El análisis se hizo después de separar los finos por lavado sobre tamiz No. 200

REALIZÓ: Erelida Rocha Carpa **REVISÓ:** Henry A. Mercado Olave **VoBo:** Juan Camilo Jerez Gómez
 Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing Civil Msc. Geotecnia - Ing. Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S	Código:	FF-8-13
		Versión:	1
		Página:	1 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com			
Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176 - 14
LOCALIZACIÓN: TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER
MUESTRA No.: 8 **SONDEO No.:** 3 **PROFUNDIDAD:** 7,80 A 8,25 **FECHA:** 13/05/2015

LIMITES DE ATTERBERG Y HUMEDAD

ENSAYO No.:	LIMITE PLÁSTICO (L.P.)			LIMITE LIQUIDO (L.L.)			HUMEDAD (w)
	1	2	3	1	2	3	1
RECIPIENTE No.:	H12	H3	H1	V5	V20	V18	N5
No. DE GOLPES:	N/A	N/A	N/A	18	27	37	N/A
W + W ₁ [g]:	25,10	22,20	24,05	25,00	22,75	25,70	990,65
W + W ₂ [g]:	24,05	21,15	23,00	21,20	19,55	21,90	676,40
W ₁ [g]:	19,00	16,40	18,40	10,20	8,90	10,35	116,30
W ₂ [g]:	1,10	1,05	1,05	3,00	3,20	3,00	114,25
W ₃ [g]:	5,05	4,75	4,60	11,00	9,65	11,50	756,10
W:	21,78%	22,11%	22,83%	34,35%	33,16%	32,90%	15,07%



RESUMEN DE RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	33,64 %
LIMITE PLÁSTICO (L.P.)	22,24 %
INDICE DE PLASTICIDAD (I.P. = L.L. - L.P.)	11,40 %
HUMEDAD NATURAL (w)	15,07 %

OBSERVACIONES: * Determinación del contenido de agua (humedad) según norma I.N.V. E - 122 - 07
 * Determinación del Límite Líquido según norma I.N.V. E - 125 - 07
 * Límite Plástico e Índice de Plasticidad según norma I.N.V. E - 126 - 07

REALIZO: Eriedia Rocha Carpa **REVISÓ:** Henry A. Mercado Otavo **VoBo:** Juan Camilo Jerez Gómez
 Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing. Civil Mec. Geotécnica - Ing. Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S.	Código:	F-P8-15
		Versión:	1
		Página:	2 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE:	MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO:	CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176 - 14
LOCALIZACIÓN:	TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER
MUESTRA No.:	II SONDEO No.: I PROFUNDIDAD: 7.80 A 8.25 FECHA: 13/05/2015

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ	W _{ret} [g]	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	0,00	0,00	100,00
2"	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	100,00
1"	0,00	0,00	100,00
3/4"	21,60	10,64	89,36
3/8"	12,25	6,15	93,85
No. 4	16,80	9,34	90,66
No. 8	12,25	6,15	93,85
No. 10	1,85	0,93	99,07
No. 16	4,65	2,33	97,67
No. 20	3,20	1,61	98,39
No. 30	4,55	2,28	97,72
No. 40	7,40	3,71	96,29
No. 50	11,10	5,57	94,43
No. 60	3,90	1,96	98,04
No. 100	6,55	4,44	95,56
No. 200	6,55	3,29	96,71
FONDO	0,00	0,00	-
W _{total}	116,75	W _{humedad} [g]:	198,20



TAMANO MAXIMO, (TM)	1"	25 mm
---------------------	----	-------

TAMANO MAXIMO NOMINAL, (TMN)	3/4"	0.075 mm
------------------------------	------	----------

% GRAVA	26,33
% ARENA	32,26
% FINOS	41,36

CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	SC	DESCRIPCIÓN:	ARENA ARCILLOSA
--------------------------------	----	---------------------	-----------------

OBSERVACIONES: * El análisis granulométrico de suelos por tamizado se realizó según norma I.N.V. E - 123 - 07
 * El análisis se hizo después de separar los finos por lavado entre tamiz No. 200

REALIZÓ:	<u>Erlesse Rocha Carpa</u> Aux. Laboratorio	REVISÓ:	<u>Henry A. Mercado Otavo</u> Jefe de Laboratorio - Ing Civil	VoBo	<u>Juan Camilo Jerez Gómez</u> Mec. Gerencia - Ing Civil
-----------------	--	----------------	--	-------------	---

	Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S	Código: Versión:	FP-15 1
			Página:	1 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S. NIT: 829.000.738-4 Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com Barrancabermeja - Santander - Colombia				

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2170 - 14
LOCALIZACIÓN: TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER
MUESTRA No.: 1 **SONDEO No.:** 4 **PROFUNDIDAD:** 0,00 A 0,70 **FECHA:** 13/05/2013

LIMITES DE ATTERBERG Y HUMEDAD

ENSAYO No.:	LIMITE PLÁSTICO (L.P.)			LIMITE LIQUIDO (L.L.)			HUMEDAD (w)
	1	2	3	1	2	3	1
RECIPIENTE No.:	42	33	6	35	48	23	N0
No. DE GOLPES:	N/A	N/A	N/A	12	22	33	N/A
W ₊ + W ₋ [g]:	33,25	34,85	37,80	34,00	33,35	36,55	1008,73
W ₊ + W ₋ [g]:	30,00	31,40	34,00	28,45	27,85	32,00	901,50
W ₊ [g]:	8,55	8,45	8,90	8,90	9,00	8,15	130,65
W ₋ [g]:	3,25	3,45	3,80	6,15	5,90	6,55	158,25
W ₊ [g]:	21,45	22,95	25,10	19,55	18,85	23,85	770,65
w:	15,15%	15,03%	15,14%	31,46%	29,18%	27,46%	20,53%



RESUMEN DE RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	28,57 %
LIMITE PLÁSTICO (L.P.)	15,11 %
INDICE DE PLASTICIDAD (I.P. = L.L. - L.P.)	13,46 %
HUMEDAD NATURAL (w)	20,53 %

OBSERVACIONES: * Determinación del contenido de agua (humedad) según norma I.N.V. E - 122 - 07
 * Determinación del Limite Líquido según norma I.N.V. E - 125 - 07
 * Limite Plástico e Índice de Plasticidad según norma I.N.V. E - 126 - 07

REALIZÓ: Erielle Rocha Carpa **REVISÓ:** Henry A. Mercado Olivo **VoBo:** Juan Camilo Jerez Gómez
 Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing. Civil Mel. Geotecnia - Ing. Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S.	Código:	F-PS-13
		Versión:	1
		Página:	2 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE:	MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO:	CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176 - 14
LOCALIZACIÓN:	TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER
MUESTRA No.:	1
SONDEO No.:	4
PROFUNDIDAD:	0.00 A 0.70
FECHA:	13/05/2015

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ	W _{ret} [g]	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	0,00	0,00	100,00
2"	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	100,00
1"	0,00	0,00	100,00
3/4"	0,00	0,00	100,00
3/8"	12,50	5,71	94,29
No. 4	16,45	7,29	92,70
No. 6	12,15	5,36	94,63
No. 10	2,75	1,22	98,77
No. 15	4,30	1,90	98,10
No. 20	5,90	2,61	97,38
No. 30	10,00	4,43	95,56
No. 40	17,50	7,75	92,24
No. 50	24,00	10,83	89,16
No. 60	0,95	0,42	99,57
No. 100	17,25	7,64	92,35
No. 200	7,20	3,19	96,80
FONDO	0,00	0,00	-
W _{líquida}	137,30	W _{humedad} [%]	225,70



TAMANO MAXIMO (TM)	1 1/2"
	37,5 mm

TAMANO MAXIMO NOMINAL (TMN)	3/4"
	0,075 mm

% GRAVA	13,00
% ARENA	47,83
% FINOS	39,17

CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	SC	DESCRIPCIÓN:	ARENA ARCILLOSA
-------------------------	----	--------------	-----------------

OBSERVACIONES: * El análisis granulométrico de suelos por tamizado de realidad según norma I N V. E - 123 - 07
* El análisis se hizo después de separar los finos por lavado sobre tamiz No. 200

REALIZO:	REVISO:	VoBo:
Eledia Rocha Cerpa Aux. Laboratorio	Henry A. Mercado Olavo Jefe de Laboratorio - Ing. Civil	Juan Camilo Jerez Gómez Mec. Geotecnia - Ing. Civil

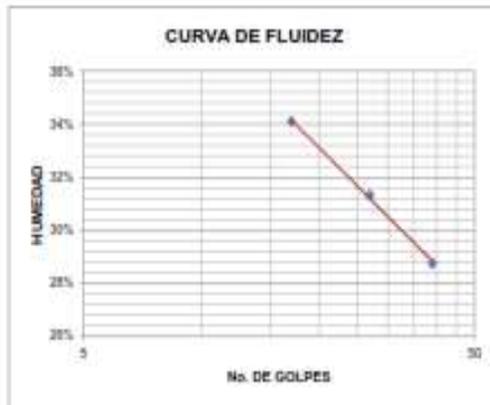


Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S	Código:	F-P8-13
		Versión:	1
		Página:	1 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 01 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com			
Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2178 - 14
LOCALIZACIÓN: TALLO TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER
MUESTRA No.: 2 **SONDEO No.:** 4 **PROFUNDIDAD:** 0,75 A 1,60 **FECHA:** 13/05/2015

LIMITES DE ATTERBERG Y HUMEDAD

ENSAYO No.:	LIMITE PLÁSTICO (L.P.)			LIMITE LIQUIDO (L.L.)			HUMEDAD (w)
	1	2	3	1	2	3	1
RECIPIENTE No.:	E2	H1	I1	H12	H11	H1	29
No. DE GOLPES:	N/A	N/A	N/A	17	27	39	N/A
W ₊ W _u [g]:	24,05	21,35	25,75	21,70	25,40	25,20	54,50
W ₊ W _l [g]:	23,20	20,50	24,65	18,75	21,75	21,85	73,05
W _u [g]:	16,75	16,30	18,05	10,10	10,10	10,20	6,45
W _l [g]:	0,85	0,85	1,10	2,85	3,65	3,35	11,45
W _n [g]:	4,45	4,20	5,80	6,65	11,65	11,65	64,60
w:	19,10%	20,24%	18,97%	34,10%	31,33%	28,76%	17,72%



RESUMEN DE RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	31,61 %
LIMITE PLÁSTICO (L.P.)	19,43 %
INDICE DE PLASTICIDAD (I.P. = L.L. - L.P.)	12,18 %
HUMEDAD NATURAL (w)	17,72 %

OBSERVACIONES: * Determinación del contenido de agua (humedad) según norma I.N.V. E - 122 - 07
 * Determinación del Límite Líquido según norma I.N.V. E - 125 - 07
 * Límite Plástico e Índice de Plasticidad según norma I.N.V. E - 126 - 07

REALIZO: Eriada Flecha Carpa **REVISÓ:** Henry A. Mercado Olayo **VOBO:** Juan Carrillo Jerez Gómez
 Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing. Civil Mec. Geotécnica - Ing. Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S.	Código:	FPB-15
		Versión:	1
		Página:	2 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2178 - 14
LOCALIZACIÓN: TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER
MUESTRA No.: 2 **SONDEO No.:** 4 **PROFUNDIDAD:** 0,70 A 1,00 **FECHA:** 13/05/2015

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ	W _{ret} [g]	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	0,00	0,00	100,00
2"	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	100,00
1"	35,30	14,69	85,31
3/4"	27,30	11,30	73,95
3/8"	36,50	15,19	58,76
No. 4	16,65	7,84	50,91
No. 5	15,15	6,30	44,61
No. 10	2,90	1,21	43,40
No. 16	7,30	3,04	40,36
No. 20	3,65	1,60	38,76
No. 30	5,95	2,45	36,26
No. 40	6,10	3,37	32,91
No. 50	13,10	5,45	27,46
No. 60	4,00	1,66	25,80
No. 100	5,95	4,14	21,66
No. 200	5,25	2,16	19,47
FONDO	0,00	0,00	-
W _{LIBRE}	193,50	W _{LIBRE} [g]:	240,29



TAMANO MAXIMO, (TM)	1 1/2"
	37,5 mm

TAMANO MAXIMO NOMINAL, (TMN)	1"
	0,075 mm

% GRAVA	48,69
% ARENA	31,44
% FINOS	19,47

CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	GC	DESCRIPCIÓN:	GRAVA ARCILLOSA
-------------------------	----	--------------	-----------------

OBSERVACIONES: * El análisis granulométrico de suelos por tamizado de realizar según norma I.N.V. E - 125 - 87
 * El análisis se hizo después de separar los finos por lavado sobre tamiz No. 200

REALIZÓ: Erielle Rocha Cerpa **REVISÓ:** Henry A. Mercado Otazo **VOBO:** Juan Camilo Jerez Gómez
 Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing. Civil Msc. Geotecnia - Ing. Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S	Código:	F-PS-15
		Versión:	1
		Página:	1 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia, Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcosas@hotmail.com			
Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE:	MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO:	CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2178 - 14
LOCALIZACIÓN:	TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER
MUESTRA No.:	3 SONDEO No.: 4 PROFUNDIDAD: 1,00 A 2,50 FECHA: 13/05/2015

LIMITES DE ATTERBERG Y HUMEDAD

ENSAYO No.:	LIMITE PLÁSTICO (L.P.)			LIMITE LIQUIDO (L.L.)			HUMEDAD (w)
	1	2	3	1	2	3	1
RECIPIENTE No.:	E13	E9	E11	V31	V11	V29	E7
No. DE GOLPES:	N/A	N/A	N/A	13	24	36	N/A
W ₊ + W _c [g]:	25,35	23,25	22,21	25,00	20,95	25,42	57,00
W ₊ + W _c [g]:	24,30	21,60	21,04	21,26	18,32	24,31	65,05
W _c [g]:	19,27	14,93	15,61	9,06	9,76	10,31	5,25
W ₊ [g]:	1,05	1,49	1,17	3,20	2,63	4,11	19,75
W _c [g]:	5,03	6,87	5,43	11,42	5,54	14,00	59,00
w:	20,87%	21,89%	21,55%	33,27%	30,80%	29,36%	33,03%



RESUMEN DE RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	30,68 %
LIMITE PLÁSTICO (L.P.)	21,37 %
INDICE DE PLASTICIDAD (I.P. = L.L. - L.P.)	9,31 %
HUMEDAD NATURAL (w)	33,03 %

OBSERVACIONES:

- * Determinación del contenido de agua (humedad) según norma U.N.V. E - 122 - 07
- * Determinación del Límite Líquido según norma U.N.V. E - 125 - 07
- * Límite Plástico e Índice de Plasticidad según norma U.N.V. E - 126 - 07

REALIZÓ:	REVISÓ:	VoBo:
Erietta Rocha Carpa Aux. Laboratorio	Henry A. Mercado Olivo Jefe de Laboratorio - Ing. Civil	Juan Camilo Jerez Gómez Msc. Geotecnia - Ing. Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S.	Código:	FP-8-15
		Versión:	1
		Página:	2 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176 - 14
LOCALIZACIÓN: TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER
MUESTRA No.: 3 **SONDEO No.:** 4 **PROFUNDIDAD:** 1,00 A 2,50 **FECHA:** 13/05/2015

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ	W _{ret} [g]	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	0,00	0,00	100,00
2"	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	100,00
1"	0,00	0,00	100,00
3/4"	0,00	0,00	100,00
3/8"	34,25	17,40	82,60
No. 4	16,50	8,40	73,20
No. 6	16,80	8,55	63,64
No. 10	6,50	4,32	59,32
No. 16	1,75	0,89	58,44
No. 20	0,73	4,45	53,99
No. 30	2,60	1,32	52,67
No. 40	4,15	2,11	50,56
No. 50	19,20	9,76	40,80
No. 60	0,23	2,67	38,14
No. 100	19,70	10,01	28,13
No. 200	9,10	4,62	23,50
FONDO	0,00	0,00	-
W _{total}	150,50	W _{total} [g]:	150,00



TAMANO MAXIMO (TM)	3/4"
	19 mm

TAMANO MAXIMO NOMINAL (TMN)	3/4"
	0,075 mm

% GRAVA	26,00
% ARENA	49,09
% FINOS	23,50

CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	SC	DESCRIPCIÓN:	ARENA ARCILLOSA
-------------------------	----	--------------	-----------------

OBSERVACIONES: * El análisis granulométrico de suelos por tamizado de realizo según norma I.N.V. E -123 - 07
 * El análisis se hizo después de separar los finos por lavado sobre tamiz No. 200

REALIZO: Eledia Rocha Corp **REVISO:** Henry A. Mercado Olaya **VOBO:** Juan Camilo Jerez Gómez
 Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing Civil Mec. Geotécnica - Ing Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S	Código:	FFS-15
		Versión:	1
		Página:	1 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com			
Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176 - 14
LOCALIZACIÓN: TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER
MUESTRA No.: 4 **SONDEO No.:** 4 **PROFUNDIDAD:** 3,48 A 4,38 **FECHA:** 13/05/2015

LIMITES DE ATTERBERG Y HUMEDAD

ENSAYO No.:	LIMITE PLÁSTICO (L.P.)			LIMITE LIQUIDO (L.L.)			HUMEDAD (w)
	1	2	3	1	2	3	1
RECIPIENTE No.:	H2	E14	E4	V4	V6	V10	16
No. DE GOLPES:	N/A	N/A	N/A	10	20	38	N/A
W ₁ + W ₂ [g]:	26,00	24,00	20,25	19,40	21,00	25,25	61,45
W ₁ + W ₂ [g]:	25,30	22,55	20,00	16,90	16,20	21,50	45,00
W ₁ [g]:	16,70	16,15	19,05	10,20	9,60	9,60	9,10
W ₂ [g]:	1,50	1,45	1,05	2,50	2,55	3,75	15,65
W ₁ [g]:	6,00	6,40	6,95	6,70	6,40	11,70	36,50
W:	22,73%	22,66%	23,74%	37,31%	33,93%	32,85%	43,42%



RESUMEN DE RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	34,38 %
LIMITE PLÁSTICO (L.P.)	23,04 %
INDICE DE PLASTICIDAD (I.P. = L.L. - L.P.)	11,35 %
HUMEDAD NATURAL (w)	43,42 %

OBSERVACIONES: * Determinación del contenido de agua (humedad) según norma I.N.V. E - 122 - 07
 * Determinación del Límite Líquido según norma I.N.V. E - 125 - 07
 * Límite Plástico e Índice de Plasticidad según norma I.N.V. E - 126 - 07

REALIZO: Estelita Rocha Cerpa **REVISÓ:** Henry A. Mercado Olayo **VOBO:** Juan Camilo Jerez Gómez
 Aux. Laboratorio Jefe de Laboratorio - Ing. Civil Mec. Geotecnia - Ing. Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S.	Código:	F-PB-13
		Versión:	1
		Página:	2 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 96. e-mail: spcsas@hotmail.com Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No 2178 - 14
LOCALIZACIÓN: TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER
MUESTRA No.: 4 **SONDEO No.:** 4 **PROFUNDIDAD:** 3,40 A 4,30 **FECHA:** 13/05/2015

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ	W _{ret} [g]	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	0,00	0,00	100,00
2"	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	100,00
1"	0,00	0,00	100,00
3/4"	0,00	0,00	100,00
3/8"	0,00	0,00	100,00
No. 4	0,70	0,47	99,53
No. 8	0,20	0,14	99,86
No. 10	0,25	0,17	99,83
No. 16	1,10	0,74	99,26
No. 20	0,80	0,54	99,46
No. 30	1,20	0,81	99,19
No. 40	7,05	4,77	95,23
No. 50	30,40	20,56	79,44
No. 60	9,85	6,67	93,33
No. 100	23,75	16,07	83,93
No. 200	9,05	6,13	93,87
FONDO	0,00	0,00	-
W _{total}	84,35	W _{humedad} [%]	147,70



TAMANO MAXIMO (TM)	3/8"
	9,5 mm

TAMANO MAXIMO NOMINAL (TMNI)	No. 40
	0,075 mm

% GRAVA	0,47
% ARENA	96,62
% FINOS	42,91

CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	SC	DESCRIPCIÓN:	ARENA ARCILLOSA
-------------------------	----	--------------	-----------------

OBSERVACIONES: * El análisis granulométrico de suelos por tamizado se realizó según norma I.N.V. E - 123 - 07
 * El análisis se hizo después de separar los finos por lavado sobre tamiz No. 200

REALIZÓ: Eneida Rocha Carpa, Aux. Laboratorio
REVISÓ: Henry A. Mercado Otazo, Jefe de Laboratorio - Ing Civil
VoBo: Juan Camilo Jerez Gómez, Msc. Geotecnia - Ing. Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S	Código:	FP8-13
		Versión:	1
		Página:	1 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com			
Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CUENTE:	MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA
PROYECTO:	CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176 - 14
LOCALIZACIÓN:	TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER
MUESTRA No.:	1 SONDEO No.: 4 PROFUNDIDAD: 3,30 A 6,10 FECHA: 13/05/2015

LIMITES DE ATTERBERG Y HUMEDAD

ENSAYO No.:	LIMITE PLÁSTICO (L.P.)			LIMITE LIQUIDO (L.L.)			HUMEDAD (w)
	1	2	3	1	2	3	1
RECIPIENTE No.:	V33	V34	V15	V26	V37	V29	V24
No. DE GOLPES:	N/A	N/A	N/A	16	27	39	N/A
W ₊ + W _o [g]:	15,20	16,50	14,05	26,30	30,70	23,40	104,30
W ₊ + W _o [g]:	14,50	15,60	14,00	22,40	26,15	20,60	66,30
W _o [g]:	10,35	10,30	10,05	9,00	10,20	10,20	10,15
W _o [g]:	0,70	0,90	0,65	3,90	4,60	2,80	16,00
W _o [g]:	4,15	5,30	3,95	12,00	15,95	10,40	76,15
W:	16,87%	16,98%	16,46%	30,95%	28,84%	26,92%	23,64%



RESUMEN DE RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	28,97 %
LIMITE PLÁSTICO (L.P.)	16,77 %
INDICE DE PLASTICIDAD (I.P. = L.L. - L.P.)	12,20 %
HUMEDAD NATURAL (w)	23,64 %

OBSERVACIONES: * Determinación del contenido de agua (humedad) según norma I.N.V. E - 122 - 07
 * Determinación del Límite Líquido según norma I.N.V. E - 125 - 07
 * Límite Plástico e Índice de Plasticidad según norma I.N.V. E - 126 - 07

REALIZÓ:	REVISÓ:	VOBO:
Erlinda Rocha Cerpa Aux. Laboratorio	Henry A. Mercado Otazo Jefe de Laboratorio - Ing. Civil	Juan Camilo Jerez Gómez Msc. Geotecnia - Ing. Civil



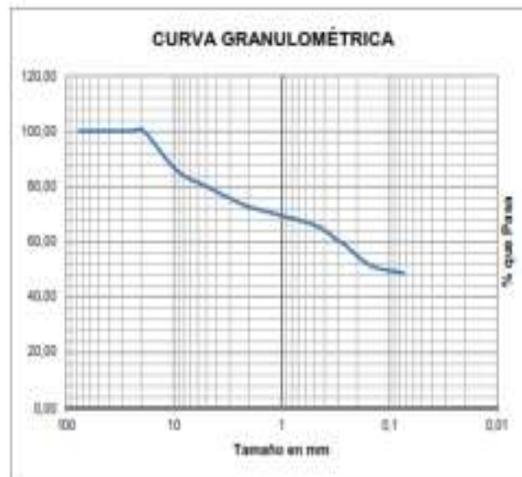
Documento: **CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S.** Código: **FP8-15**
 Versión: **1**
 Página: **2 DE 2**

SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.
 NIT: 829.000.738-4
 Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com
 Barrancabermeja - Santander - Colombia

CLIENTE: **MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA**
 PROYECTO: **CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2176 - 14**
 LOCALIZACIÓN: **TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER**
 MUESTRA No.: **5** SONDEO No.: **4** PROFUNDIDAD: **5,20 A 8,10** FECHA: **13/09/2015**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ	W _{ret} [g]	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	0,00	0,00	100,00
2"	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	100,00
1"	0,00	0,00	100,00
3/4"	0,00	0,00	100,00
3/8"	23,45	14,00	85,94
No. 4	10,50	6,29	79,65
No. 6	10,00	5,99	73,65
No. 10	1,80	1,05	72,57
No. 16	4,35	2,61	69,97
No. 20	2,10	1,26	68,71
No. 30	2,55	1,53	67,18
No. 40	3,90	2,34	64,84
No. 50	7,35	4,41	60,43
No. 60	3,30	1,95	58,48
No. 100	11,65	6,96	51,47
No. 200	4,55	2,73	48,74
FONDO	0,00	0,00	-
W _{total}	65,50	W _{humedad} [%]:	166,01



TAMANO MAXIMO (TM)	3/4"
	19 mm

TAMANO MAXIMO NOMINAL (TMN)	3/8"
	0,075 mm

% GRAVA	20,35
% ARENA	30,90
% FINOS	48,74

CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	SC	DESCRIPCIÓN:	ARENA ARCILLOSA
-------------------------	----	--------------	-----------------

OBSERVACIONES: * El análisis granulométrico de suelos por tamizado de realizó según norma I.N.V. E - 123 - 07
 * El análisis se hizo después de separar los finos por lavado sobre tamiz No. 200

REALIZO: Erielle Rocha Cerpa Aux. Laboratorio
 REVISO: Henry A. Mercado Olayo Jefe de Laboratorio - Ing. Civil
 VOBO: Juan Camilo Jerez Gómez Mec. Geotécnica - Ing. Civil



Documento:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S	Código:	F-PS-13
		Versión:	1
		Página:	1 DE 2
SUELOS PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.			
NIT: 829.000.738-4			
Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia, Teles.: 602 37 61 - 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com			
Barrancabermeja - Santander - Colombia			

CLIENTE: MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA

PROYECTO: CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2178 - 14

LOCALIZACIÓN: TALUD TAMARINDO DOS - BARRANCABERMEJA, SANTANDER

MUESTRA No.: B **SONDEO No.:** 4 **PROFUNDIDAD:** 6,10 A 7,00 **FECHA:** 13/05/2015

LIMITES DE ATTERBERG Y HUMEDAD

ENSAYO No.:	LIMITE PLÁSTICO (L.P.)			LIMITE LIQUIDO (L.L.)			HUMEDAD (w)
	1	2	3	1	2	3	1
RECIPIENTE No.:	H3	W12	E11	V14	V35	V24	V29
No. DE GOLPES:	N/A	N/A	N/A	18	29	40	N/A
W ₊ + W _g [g]:	20,45	24,55	23,00	23,00	21,75	22,15	55,45
W ₊ [g]:	19,70	23,80	21,65	19,50	18,60	19,05	50,10
W _g [g]:	0,75	1,15	1,35	3,50	3,15	3,10	12,35
W _g [g]:	3,25	5,05	6,05	9,35	8,75	8,60	75,05
w:	23,06%	22,77%	22,31%	37,43%	36,00%	35,23%	16,33%



RESUMEN DE RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	36,48 %
LIMITE PLÁSTICO (L.P.)	22,72 %
INDICE DE PLASTICIDAD (I.P. = L.L. - L.P.)	13,76 %
HUMEDAD NATURAL (w)	16,33 %

OBSERVACIONES:

- * Determinación del contenido de agua (humedad) según norma I.N.V. E - 122 - 07
- * Determinación del Límite Líquido según norma I.N.V. E - 125 - 07
- * Límite Plástico e Índice de Plasticidad según norma I.N.V. E - 126 - 07

REALIZÓ: Eneida Rocha Carpa, Aux. Laboratorio

REVISÓ: Henry A. Mercado Olave, Jefe de Laboratorio - Ing. Civil

VOBO: Juan Camilo Jerez Gómez, Mec. Geotécnica - Ing. Civil



SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.

Calle 90 No. 19-77, Barrio Colombia. Tels.: 602 37 61 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com

Registro de ensayos de Corte Directo

Version 4

Formato: CD 1001

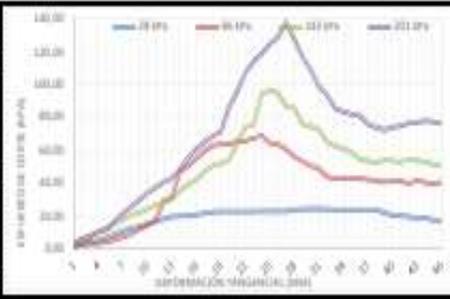
Página 2 de 2

Proyecto: Municipio de Barrancabermeja
 Coordenadas: Control de Consultora No. 2176 - 14
 Material: Grava arcillosa
 Descripción: Consistencia suelta a media de color amarilla, algo permeable y húmeda

Fecha de ensayo: 27/05/2015
 Fecha de muestreo: 20/03/2015

Ensayo No.: 9020

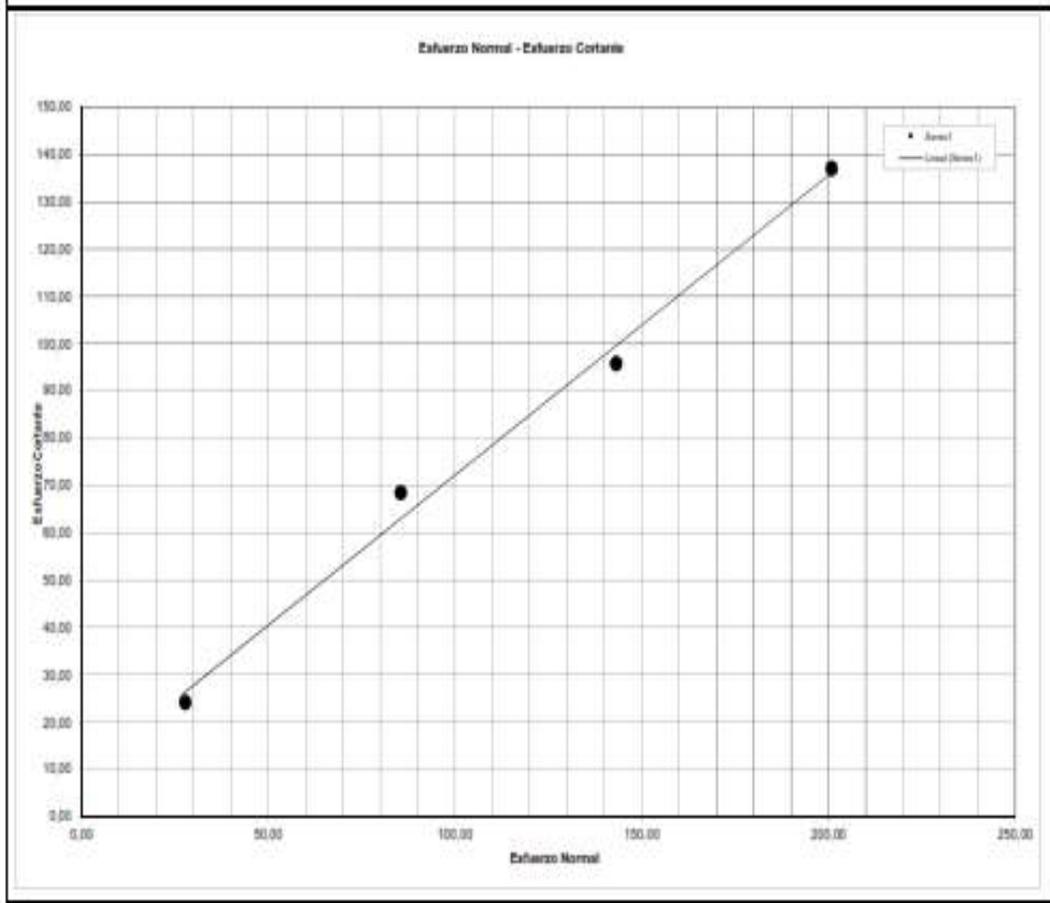
RESULTADOS DE ENSAYO				
Sondeo	1			
Profundidad	1.10 - 1.30			
Diametro (mm)	50.97	50.97	50.97	50.97
Humedad Inicial (%)	15.74	16.08	15.06	15.34
Humedad Final (%)	23.05	23.31	19.31	8.85
Grado de saturación (%)	0.62	0.67	0.67	0.62
Peso unitario (g/cm ³)	1.90	1.94	0.00	1.90
Área Aa (mm ²)	2.040	2.040	2.040	2.040
Velocidad (mm/min)	0.20	0.20	0.20	0.20
Esfuerzo Normal (kpa)	27.03	65.55	143.22	203.90
Esfuerzo de Corte (kpa)	24.15	55.47	95.75	137.00
Cohesión (kPa)		8,7		
Ángulo de fricción		32,4°		



Observaciones:

Realizó: Henry Andrey Mercado Osayo
 Jefe de Laboratorio - Ingeniero Civil

Validó: Juan Carrón Jara Gilmar
 Mac. Geotecnia - Ingeniero Civil





SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETOS S.A.S.

Calle 50 No. 19-77, Barrio Colombia, Tels.: 602 37 61 620 13 90. e-mail: spcsas@hotmail.com

Registro de ensayos de Corte

Directo

Version 4

Formato: CD 1001

Página 2 de 2

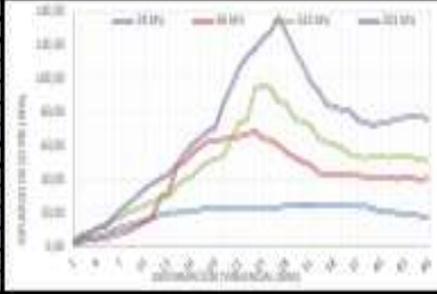
Proyecto: Municipio de Barrancabermeja
 Coordenadas: Contrato de Consultoría No. 2118 - 14
 Material: Grava artificial
 Descripción: Consistencia suelta a media de color amarillo, algo permeable y húmeda

Fecha de ensayo: 27/05/2010
 Fecha de muestreo: 20/05/2010

Ensayo No. 9028

RESULTADOS DE ENSAYO

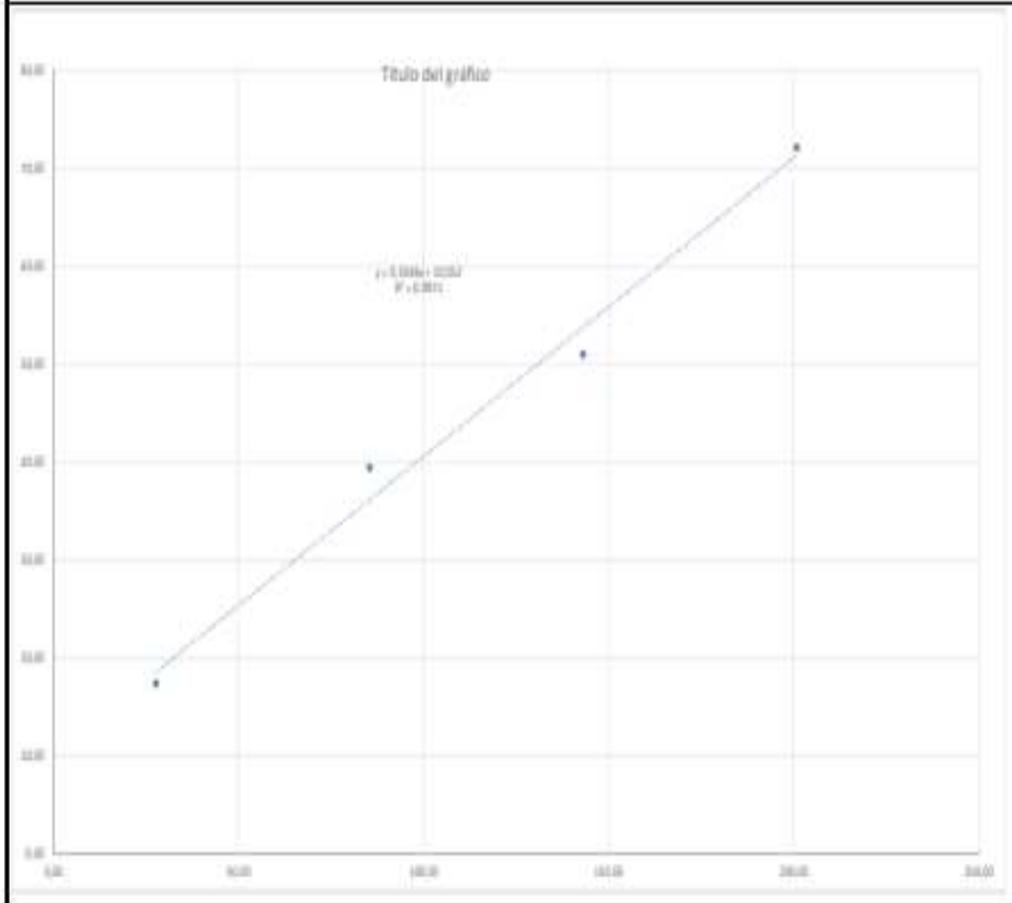
Ítem	1			
Profundidad	1.02 - 1.30			
Diámetro (mm)	50.97	50.97	50.97	50.97
Humedad total (%)	15.74	16.08	15.96	15.54
Humedad Plástica (%)	23.90	23.31	19.31	9.85
Grado de saturación (%)	0.82	0.87	0.87	0.82
Peso unitario (g/cm ³)	1.95	1.84	1.95	1.95
Área An (mm ²)	2.040	2.040	2.040	2.040
Velocidad (mm/min)	0.20	0.20	0.20	0.20
Esfuerzo Normal (kPa)	27.88	89.58	143.22	203.80
Esfuerzo de Corte (kPa)	17.30	39.37	50.96	72.03
Cohesión (kPa)			19.05	
Ángulo de fricción			17.8°	



Observaciones:

Realizó: Henry Anshy Mercado Olaya
 Jefe de Laboratorio - Ingeniero Civil

VoBo: Juan Camilo Jerez Gómez
 Mec. Geotécnica - Ingeniero Civil



		ARINCO ESTUDIO S.A.S				
		LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETOS				
REGISTRO DE PERFORACION SPT						
<i>CLIENTE:</i>		ING. CAMILO SERRANO				
<i>PROYECTO:</i>		ESTABILIDAD DE TALUD LOS TAMARINDOS				
<i>LOCALIZACION:</i>		PARTE ALTA DEL TALUD			FORMATO	F-AL-01
<i>PROFUNDIDAD:</i>		6,00 m	FECHA	OCTUBRE DEL 2016	SONDED N°	1
PERFORACION (M)	SIMBOLO	MUESTRA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA		SPT N GOLPES/PI	
0,00-0,30	OL		MATERIAL ORGANICO			
0,30-0,60					8	
0,60-0,90	CL		ARCILLA COLOR CAPE BOJIZA		14	
0,90-1,20					14	
1,20-1,50					14	
1,50-1,80					20	
1,80-2,10					25	
2,10-2,40					30	
2,40-2,70	SC		ARENA ARCILLOSA COLOR NARANJA		33	
2,70-3,00					45	
3,00-3,30					40	
3,30-3,60					45	
3,60-3,90					46	
3,90-4,20					50	
4,20-4,50					52	
4,50-4,80					54	
4,80-5,10					55	
5,10-5,40					60	
5,40-5,70	60					
5,70-6,00					6	
Nivel Freático:		NP	Para SPT martillo de: 140LB			
REALIZADO POR:		ALFREDO RUEDA PERFORADOR	REVISADO POR:		NETER BAREÑO LEON ING CIVIL	
ARINCO ESTUDIO S.A.S LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETOS Carrera 28 N.48-50 Barrio Palmita . Tel:9622648 E-mail: arinco.estudio.sas@gmail.com Barrancabermeja - Santander - Colombia.						

		ARINCO ESTUDIO S.A.S				
		LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETOS				
REGISTRO DE PERFORACION SPT						
<i>CLIENTE:</i>		ING. CAMILO SERRANO				
<i>PROYECTO:</i>		ESTABILIDAD DE TALUD LOS TAMARINDOS				
<i>LOCALIZACION:</i>		PARTE BAJA DEL TALUD			FORMATO	F-AL-01
<i>PROFUNDIDAD:</i>		6,00 m	FECHA	OCTUBRE DEL 2016	SONDEO N°	2
<i>PERFORACION (M)</i>	<i>SIMBOLO</i>	<i>MUESTRA</i>	<i>DESCRIPCION DE LA MUESTRA</i>	<i>SPT</i>		
				<i>N GOLPES/PI</i>		
0,00-0,30	SC		ARENA ARCILLOSA COLOR AMARILLA			
0,30-0,60				12		
0,60-0,90				19		
0,90-1,20				22		
1,20-1,50				25		
1,50-1,80				26		
1,80-2,10				30		
2,10-2,40	32					
2,40-2,70	34					
2,70-3,00	39					
3,00-3,30	SC		ARENA ARCILLOSA COLOR NARANJA CON AMARILLO	40		
3,30-3,60				43		
3,60-3,90				48		
3,90-4,20				50		
4,20-4,50				52		
4,50-4,80				57		
4,80-5,10				59		
5,10-5,40				60		
5,40-5,70				68		
5,70-6,00				8		
<i>Nivel Erectivo:</i>		NP	Para SPT martillo de: 140LB			
<i>REALIZADO POR:</i>		ALFREDO RUEDA PERFORADOR	<i>REVISADO POR:</i>		NETER BAREÑO LEON ING CIVIL	
ARINCO ESTUDIO S.A.S LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETOS Carrera 28 N.48-50 Barrio Patula - Tel:8022648 E-mail: arinco.estudio.sas@gmail.com Barrancabermeja - Santander - Colombia.						



ARINCO ESTUDIOS SPA

ARINCO ESTUDIO S.A.S

LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETOS

Carrera 28 N° 48-38 Barrio Palovina Tel: 8023483 Email: arinco_estudio_sas@gmail.com

Barrancabermeja Santander

CLIENTE: ING. CAMILO SERRANO OCTUBRE DEL 2018
 PROYECTO: ESTABILIDAD DEL TALUD LOS TAMARINDOS LOCALIZACION: PARTE ALTA DEL TALUD
 SONDEO N°: 1 PROFUNDIDAD: 1.38m FORMATO: F-AL-42
 MUESTRA N°: 1

ENSAYO DE GRANULOMETRIA Y LIMITES DE ATERBERTH INV E-123, NTC 1522 - INV E-125, 126

CLASIFICACION	MATERIAL ORGANICO
---------------	-------------------

SEPARACION

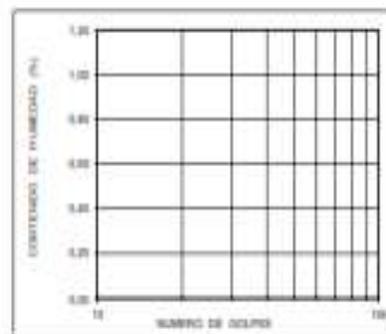
LIMITES DE ATERBERTH

WTMS	706.68	W _{57.200}	147.00
TAMIZ	W _{ret}	% RET.	% PASA
2 1/2"	0.00	0.00	100.00
2"	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	0.00	0.00	100.00
1"	0.00	0.00	100.00
3/4"	0.00	0.00	100.00
1/2"	0.00	0.00	100.00
3/8"	20.00	4.29	95.71
No. 4	23.00	2.88	97.12
No. 8	25.00	2.88	97.12
No. 16	12.00	1.71	98.29
No. 30	15.00	2.14	97.86
No. 40	0.00	0.00	100.00
No. 50	13.00	1.88	98.12
No. 60	16.00	1.43	98.57
No. 100	15.00	2.14	97.86
No. 200	16.00	1.43	98.57
PONDO	0.00	0.00	0.00

No DE GOLPES	LIMITE LIQUIDO					W _h
	1	2	3	4	5	
RECIPROTE No.	1	2	3	4	5	6
P _u - past capsule						5.50
P _u + P _u (P1)						23.50
P _u + P _u (P2)						28.00
P _u						21.00
HUMEDAD EN (%)						12.74

RESULTADOS	
% LIMITE LIQUIDO	
% LIMITE PLASTICO	
% INDICE DE PLASTICIDAD	NP
CLASIFICACION S.U.C.E	OL

RESULTADOS	
% GRAVA	7.14
% ARENA	12.86
% FINO	79.00



Nota: no se debe reproducir el informe de ensayo en su totalidad o parcial, sin la aprobacion escrita del laboratorio.

Laborantista: PABLO MACANA REVISO: ING. MEYER SAREÑO



ARINCO ESTUDIO S.A.S

ARINCO ESTUDIO S.A.S

LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETOS

Carretera 28 N° 45-02 Barro Colorado Tel: 003388 E-mail: arinco_estudio_sas@gmail.com

Barracabonera, San Isidro

CLIENTE: ING. CAMILO SERRANO OCTUBRE DEL 2018
 PROYECTO: ESTABILIDAD DEL TALUD LOS TAMARINDOS LOCALIZACION: PARTE ALTA DEL TALUD
 SONDEO N°: 1 PROFUNDIDAD: 1.80m FORMATO: F-AL-02
 MUESTRA N°: 2

ENSAYO DE GRANULOMETRIA Y LIMITES DE ATERBERTH INV E-123, NTC 1522 - INV E-125,126

CLASIFICACION	ARCILLA COLOR CAPE ROJIZA
---------------	---------------------------

GRADACION

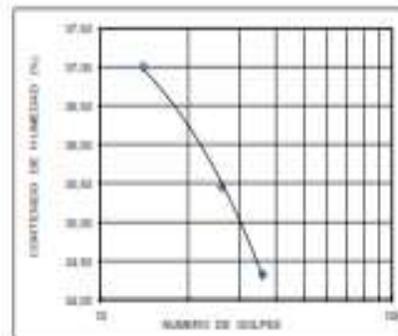
LIMITES DE ATERBERTH

WTMS.	786.08	81.5720	285.38
TAMIZ	W _{ss}	% RET.	% PASA
2 1/2"	0.00	0.00	100.00
2"	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	0.00	0.00	100.00
1"	0.00	0.00	100.00
3/4"	0.00	0.00	100.00
1/2"	0.00	0.00	100.00
3/8"	20.20	2.48	97.52
No. 4	33.80	4.13	95.87
No. 8	35.30	4.26	95.74
No. 16	38.80	4.74	95.26
No. 30	39.30	4.77	95.23
No. 40	39.30	4.77	95.23
No. 60	39.30	4.77	95.23
No. 80	39.30	4.77	95.23
No. 100	44.50	5.40	94.60
No. 200	19.20	2.33	97.67
FONDO	0.20	0.02	99.98

No DE GOLPES	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO			W _p
	14	25	36	10	15	22	
RECIPROTE No.	7	8	9	10	11	12	
P _c - peso capitulo	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50
P _c + P _h (P1)	42.80	41.80	41.80	11.21	12.20	28.31	
P _c + P _h (P2)	32.80	32.30	32.80	10.18	11.08	25.20	
P _h	27.30	26.80	27.18	4.88	5.50	19.79	
HUMEDAD (%)	37.88	35.45	34.32	32.81	21.82	15.74	

RESULTADOS	
% LIMITE LIQUIDO	30.39
% LIMITE PLASTICO	21.81
% INDICE DE PLASTICIDAD	8.57
CLASIFICACION S.U.C.S	CL

RESULTADOS	
% GRANA	10.00
% ARENA	32.21
% FINOS	37.78



Nota: no se debe reproducir el informe de ensayo en su totalidad o parcial, sin la aprobacion escrita del laboratorio.

Laboratorista: PABLO MACANA REVISO: ING. MEYER BARRON



ARINCO ESTUDIO S.A.S

ARINCO ESTUDIO S.A.S

LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETOS

Carrera 28 N° 48-18 Barrio Páez, Bogotá Tel: 6003683 Email: arinco.estudio@gmail.com

Barrancabermeja Santander

CLIENTE: ING. CARLO SERRANO OCTUBRE DEL 2018
 PROYECTO: ESTABILIDAD DEL TALUD LOS TAMARINDOS LOCALIZACION: PARTE ALTA DEL TALUD
 SONDEO N°: 1 PROFUNDIDAD: 1,38m FORMATO: F-AL-02
 MUESTRA N°: 1

ENSAYO DE GRANULOMETRIA Y LIMITES DE ATERBERTH INV E-123, NTC 1522 - INV E-125,126

CLASIFICACION	ARENA ARCILLOSA COLOR NARANJA
---------------	-------------------------------

GRADACION

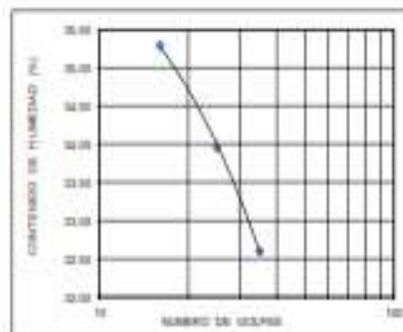
LIMITES DE ATERBERTH

WTMS	850,00	60,00	450,00
TAMIZ	W _{ms}	% RET.	% PASA
2 1/2"	0,00	0,00	100,00
2"	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	100,00
1"	0,00	0,00	100,00
3/4"	0,00	0,00	100,00
1/2"	0,00	0,00	100,00
3/8"	30,50	4,41	95,59
No 4	60,20	8,82	91,18
No 6	40,10	5,88	94,12
No 10	20,10	2,94	97,06
No 20	10,00	1,47	98,53
No 40	5,00	0,73	99,27
No 60	3,00	0,44	99,56
No 100	2,00	0,29	99,71
No 200	1,00	0,15	99,85
FONDO	0,00	0,00	0,00

No DE GOLPES	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO			W _p
	10	25	35	10	17	18	
RECORRENTE No.	13	14	15	16	17	18	
Pc peso capsula	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	
Pc + Pn (P1)	42,30	41,60	41,30	11,75	12,25	28,30	
Pc + Pn (P2)	32,75	32,20	32,00	13,20	11,70	25,00	
Pn	27,20	28,80	27,00	4,70	8,80	28,70	
HUMEDAD EN (%)	38,28	33,98	32,58	28,21	26,54	14,43	

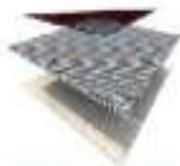
RESULTADOS	
% LIMITE LIQUIDO	31,80
% LIMITE PLASTICO	26,37
% INDICE DE PLASTICIDAD	13,97
CLASIFICACION S.U.C.S	SC

RESULTADOS	
% GRAVA	0,00
% ARENA	100,00
% FINOS	99,85



Nota: no se debe reproducir el informe de ensayo en su totalidad o parcial, sin la aprobación escrita del laboratorio.

Laboratorista: PABLO MACANA REVISO: ING. NEYER BAREÑO



ARINCO ESTUDIO S.A.S

ARINCO ESTUDIO S.A.S

LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETOS

Carrera 29 N° 48-18 Barrio Páramo Tel: 6000885 Email: arinco_estudio@yahoo.com

Barrancabermeja Santander

CLIENTE: ING. CARLO SERRANO OCTUBRE DEL 2018
 PROYECTO: ESTABILIDAD DEL TALUD LOS TAMARINDOS LOCALIZACION: PARTE BAJA DEL TALUD
 SONDEO N°: 3 PROFUNDIDAD: 6,80m FORMATO: F-AL-02
 MUESTRA N°: 1

ENSAYO DE GRANULOMETRIA Y LIMITES DE ATERBERTH INV E-123, NTC 1522 - INV E-125,126

CLASIFICACION	ARCILLA COLOR NARANJA CON AMARELLA
---------------	------------------------------------

GRADACION

WTMS	800,00	WETZOS	288,00
TAMIZ	% PASA	% RET.	% PASA
2 1/2"	0,00	0,00	100,00
2"	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	100,00
1"	0,00	0,00	100,00
3/4"	0,00	0,00	100,00
1/2"	0,00	0,00	100,00
3/8"	0,00	0,00	100,00
No 4	0,00	0,00	100,00
No 8	0,00	0,00	100,00
No 16	0,00	0,12	99,88
No 30	34,40	0,00	93,00
No 40	33,10	0,02	86,18
No 20	44,40	0,00	77,50
No 60	16,80	3,76	73,74
No 100	124,10	24,02	46,52
No 200	31,30	6,38	42,62
PONDO	0,00	0,00	0,00

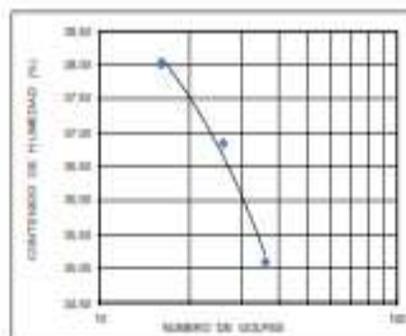
LIMITES DE ATERBERTH

No DE GOLPES	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO			W _u
	1	2	3	4	5	6	
RECURRENTE No	1	2	3	4	5	6	
Pc peso capitulo	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	
P _u + P _v (P1)	42,00	41,00	41,00	11,24	12,10	20,00	
P _u + P _v (P2)	32,00	32,10	32,00	13,20	10,00	25,00	
P _u	27,10	28,00	28,50	4,70	3,40	20,40	
HUMEDAD EN (%)	38,81	38,84	39,09	22,13	22,22	14,20	

RESULTADOS

% LIMITE LIQUIDO	38,83
% LIMITE PLASTICO	22,17
% INDICE DE PLASTICIDAD	14,47
CLASIFICACION S.U.C.S.	SC

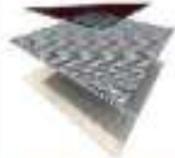
RESULTADOS	
% GRAVA	0,00
% ARENA	37,70
% FINCO	42,62



Nota: no se debe reproducir el informe de ensayo en su totalidad o parcial, sin la aprobación escrita del laboratorio.

Laboratorio: PABLO MACANA

REVISO: ING. NEYER BAREÑO



ARINCO ESTUDIO S.A.S

ARINCO ESTUDIO S.A.S

LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETOS

Carrera 28 N° 48-00 Barrio Patateña Tel: 5022449 Email: arinco_estudio_sas@gmail.com

Barrancabermeja Santander

CLIENTE: ING. CAMILO SERRANO OCTUBRE DEL 2018
 PROYECTO: ESTABILIDAD DEL TALUD LOS TAMARINDOS LOCALIZACION: PARTE BAJA DEL TALUD
 SONDEO N°: 2 PROFUNDIDAD: 0,60m FORMATO: F-AL-02
 MUESTRA N°: 2

ENSAYO DE GRANULOMETRIA Y LIMITES DE ATERBERTH INV E-123, NTC 1522 - INV E-125,126

CLASIFICACION	ARENA ARCILLOSA COLOR NARANJA CON AMARILLA
---------------	--

GRADACION

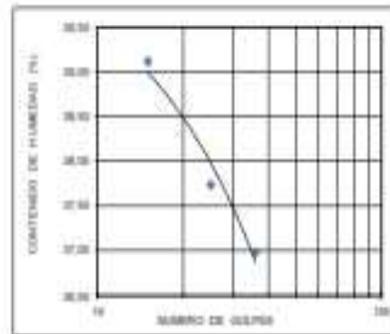
LIMITES DE ATERBERTH

WTMS	90,00	75,00	25,00
TAMIZ	% PASA	% RET.	% PASA
2 1/2"	0,00	0,00	100,00
2"	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	100,00
1"	0,00	0,00	100,00
3/4"	0,00	0,00	100,00
1/2"	0,00	0,00	100,00
3/8"	0,00	0,00	100,00
No. 4	0,00	0,00	100,00
No. 6	0,00	0,00	100,00
No. 10	0,00	0,12	99,88
No. 20	1,10	0,22	98,88
No. 40	23,30	4,58	95,42
No. 60	24,80	5,38	94,62
No. 80	44,80	5,98	79,22
No. 100	124,10	24,82	54,48
No. 200	21,30	0,38	48,18
PONDO	0,00	0,00	0,00

No DE GOLPES	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO			Wp
	15	25	30	10	11	12	
RECIPIENTE No.	7	8	8	10	11	12	
Pc peso capsula	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	
Pc + Pw (P1)	43,20	42,00	41,00	11,27	12,22	27,30	
Pc + Pw (P2)	32,80	32,00	32,00	10,20	10,00	24,90	
Pw	27,10	26,50	26,50	4,70	5,49	19,49	
HUMEDAD EN (%)	38,11	37,74	38,88	22,77	22,58	11,85	

RESULTADOS	
% LIMITE LIQUIDO	37,84
% LIMITE PLASTICO	22,68
% INDICE DE PLASTICIDAD	15,17
CLASIFICACION S.U.C.S	SC

RESULTADOS	
% GRAVA	0,00
% ARENA	97,30
% FINOS	48,18



Nota: no se debe reproducir el informe de ensayo en su totalidad o parcial, sin la aprobación escrita del laboratorio.

Laboratorista: PABLO MACANA REVISO: ING. MEYER BAREÑO

