

 LO HACEMOS MEJOR GOBIERNO DEL CESAR	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS 2020, EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR	DEPARTAMENTO DEL CESAR SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA NIT.892.399.999-1 Calle 16 # 12 - 120 – Edificio Alfonso López Michelsen Valledupar - Cesar Teléfonos: (575)-5709866 www.cesar.gov.co
	INFORME FINAL TRAMO ARJONA - ASTREA	

**DEPARTAMENTO DEL CESAR
SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA**

**CONTRATO ELECTRONICO DE CONSULTORIA No 2021010010 del 26 de febrero del 2021
(CONCURSO DE MERITOS CMA-SIN- 0003 -2020)**

**ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS SECUNDARIAS Y
TERCIARIAS 2020, EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR**

VOLUMEN IV

**ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES
DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE
Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y
ESTABILIZACIÓN**

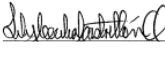
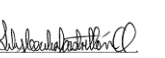
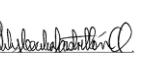
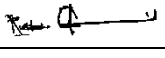
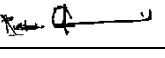
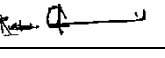
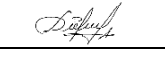
TRAMO ARJONA - ASTREA

SANTIAGO DE CALI, FEBRERO DE 2026

 GEICOL S.A.S. GRUPO EMPRESARIAL DE INFRAESTRUCTURA COLOMBIANO S.A.S NIT 800.256.897-0	VOLUMEN IV ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y ESTABILIZACIÓN	Calle 37 Norte No. 3 G-N-19 Teléfono 6656005 - 6544200 Celular 311-4779615 CALI www.geicol.net e-mail: info@geicol.net rceron@geicol.net
	AUTOR: EBERTO ORTEGA	PAG.0

 LO HACEMOS MEJOR GOBIERNO DEL CESAR	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS 2020, EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR	DEPARTAMENTO DEL CESAR SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA NIT. 892.399.999-1 Calle 16 # 12 - 120 – Edificio Alfonso López Michelsen Valledupar - Cesar Teléfonos: (575)-5709866 www.cesar.gov.co
	INFORME FINAL TRAMO ARJONA - ASTREA	

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

DOCUMENTO No.			INFORME FINAL TRAMO 4. ARJONA - ASTREA			
TITULO DOCUMENTO			VOLUMEN IV ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y ESTABILIZACIÓN CONTRATO ELECTRONICO DE CONSULTORIA No 2021010010 del 26 de febrero del 2021 - ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS 2020, EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR			
CLASE DE DOCUMENTO			DOCUMENTO TÉCNICO			
A P R O B A C I O N	NUMERO DE REVISIÓN		0	1	2	3
	Responsable por elaboración	Nombre	ING. LILY CECILIA CASTRILLÓN	ING. LILY CECILIA CASTRILLÓN	ING. LILY CECILIA CASTRILLÓN	
		Firma				
		Fecha	MAYO DE 2021	DICIEMBRE DE 2021	MARZO DE 2025	
	Responsable por revisión	Nombre	ARQ. RUBÉN DARIO CERÓN	ARQ. RUBÉN DARIO CERÓN	ARQ. RUBÉN DARIO CERÓN	
		Firma				
		Fecha	MAYO DE 2021	DICIEMBRE DE 2021	MARZO DE 2025	
	Control de calidad	Nombre	ING. DIANA MUÑOZ LASSO	ING. DIANA MUÑOZ LASSO	ING. DIANA MUÑOZ LASSO	
		Firma				
		Fecha	MAYO DE 2021	DICIEMBRE DE 2021	MARZO DE 2025	
	Responsable por aprobación	Nombre	ING. RODRIGO CERÓN	ING. RODRIGO CERÓN	ING. RODRIGO CERÓN	
		Firma				
		Fecha	MAYO DE 2021	DICIEMBRE DE 2021	MARZO DE 2025	

 GEICOL S.A.S. GRUPO EMPRESARIAL DE INFRAESTRUCTURA COLOMBIANO S.A.S. NIT 800.256.897-0	VOLUMEN IV ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y ESTABILIZACIÓN	Calle 37 Norte No. 3 G-N-19 Teléfono 6656005 - 6544200 Celular 311-4779615 CALI www.geicol.net e-mail: info@geicol.net rceron@geicol.net
	AUTOR: EBERTO ORTEGA	PAG.2

 LO HACEMOS MEJOR GOBIERNO DEL CESAR	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS 2020, EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR	DEPARTAMENTO DEL CESAR SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA NIT. 892.399.999-1 Calle 16 # 12 - 120 – Edificio Alfonso López Michelsen Valledupar - Cesar Teléfonos: (575)-5709866 www.cesar.gov.co
	INFORME FINAL TRAMO ARJONA - ASTREA	

GRUPO DE TRABAJO

Ingeniero RODRIGO CERÓN Y CERÓN

Director del Proyecto

MSc en Ingeniería de Tránsito y Transporte,
Ingeniería Ambiental y Recursos Hídricos

Arquitecto RUBEN DARIO CERÓN GUEVARA

MSc Planificación Urbana

Coordinador General del Proyecto

Ingeniera DIANA ELIZABETH MUÑOZ LASSO

Coordinadora Calidad - SGC

Especialista en Administración de la Calidad y Productividad –

Ingeniero FABIAN ÑAÑEZ CERÓN

Ingeniero WILMER LICIMACO POSSO

CMSc Ingeniería de Pavimentos

Ingeniero de Campo

Ingeniero RUBEN DARIO TORRES

Especialista en Tránsito y Transporte

Ingeniero ELMER JAVIER ZUÑIGA VEGA

Ingeniero DIEGO RENGIFO

Especialista en Vías – Diseño Geométrico

Ingeniera LILY CECILIA CASTRILLÓN

Ingeniera. YARITZA ANDREA ANAYA

Ingeniero EBERTO RAFAEL ORTEGA SINNING

MSc en Geotecnia y Pavimentos

Ingeniero DIEGO ESTRADA PAZ

Ingeniero MARLON MARTINEZ

Especialista en Estructuras

Ingeniera BRENDA LEONOR CASTRILLÓN ORDÓÑEZ

Ingeniera GLORIA ELIZABETH CASTRILLÓN ORDÓÑEZ

Ingeniero DARIO FERNANDO RENDON BORRERO

Biólogo LEONARDO GUEVARA

Especialistas Ambientales

Ingeniero IVAN DARIO GOMEZ BETANCOURT

Topógrafo HANER PATIÑO

Topografía

Ingeniero JUAN GABRIEL CASAS LOSADA

Ingeniero MARIANO ALBERTO PEDROZA LAGOS

Especialistas hidrología, hidráulica y socavación

Ingeniero JORGE LOPEZ

Ingeniera VIVIANA ORTEGA

Especialistas en Presupuesto y programación de obra

 GEICOL S.A.S. GRUPO EMPRESARIAL DE INFRAESTRUCTURA COLOMBIANO S.A.S. NIT 800.256.897-0	VOLUMEN IV ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y ESTABILIZACIÓN AUTOR: EBERTO ORTEGA	Calle 37 Norte No. 3 G-N-19 Teléfono 6656005 - 6544200 Celular 311-4779615 CALI www.geicol.net e-mail: info@geicol.net rceron@geicol.net PAG.3
--	--	---

 LO HACEMOS MEJOR GOBIERNO DEL CESAR	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS 2020, EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR	DEPARTAMENTO DEL CESAR SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA NIT.892.399.999-1 Calle 16 # 12 - 120 – Edificio Alfonso López Michelsen Valledupar - Cesar Teléfonos: (575)-5709866 www.cesar.gov.co
	INFORME FINAL TRAMO ARJONA - ASTREA	

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	8
1 OBJETIVOS Y ALCANCES	10
1.1 OBJETIVO.....	10
1.2 ALCANCES	10
2 LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	11
2.1 LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	11
2.2 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	13
2.2.1 Trazado y Diseño Geométrico.....	13
2.2.2 Hidrología, hidráulica y socavación	14
3 DIAGNÓSTICO DEL CORREDOR	15
3.1 VISITA DE DIAGNÓSTICO Y RECONOCIMIENTO	15
3.2 BASE DE DATOS DE VISITA DE DIAGNÓSTICO Y RECONOCIMIENTO	15
3.3 INVENTARIO DE SITIOS CRÍTICOS.....	17
4 CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA.....	18
4.1 GEOLOGÍA PARA INGENIERÍA	18
4.2 PLAN DE INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO.....	20
4.2.1 Fases del plan de investigación del subsuelo	20
4.2.2 Definición plan de exploración	23
4.3 ENSAYOS DE CAMPO Y LABORATORIO	24
4.4 CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y GEOMECAÁNICA.....	33
5 ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA.....	37
5.1 ZONAS DE COMPORTAMIENTO HOMOGÉNEO.....	37
5.2 CARACTERIZACIÓN DE ZONAS DE COMPORTAMIENTO HOMOGÉNEO.....	39
6 CONDICIONES GEOTÉCNICAS ESPECIALES.....	41
6.1 POTENCIAL DE EXPANSIÓN	41
6.2 SUSCEPTIBILIDAD A LA LICUACIÓN	42
6.2.1 Validación de la susceptibilidad a la licuación	42
6.3 SUELOS COLAPSABLES.....	45
7 PARÁMETROS DE DISEÑO SÍSMICO	46
7.1 ASPECTOS SÍSMICOS DEL REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE – NSR10.....	46
7.1.1 Zona de amenaza sísmica	46
7.1.2 Efectos locales.....	46
7.1.3 Determinación de parámetros de diseño sísmico	49
8 ANÁLISIS Y DISEÑOS GEOTÉCNICOS	50
8.1 METODOLOGÍAS Y CRITERIOS DE LOS ANÁLISIS Y DISEÑOS	50
9 DISEÑO DE CIMENTACIONES PARA BOX CULVERTS	51
9.1 MÓDULO DE REACCIÓN VERTICAL	52
9.2 ASENTAMIENTOS.....	53
10 DISEÑO DE CIMENTACIONES PARA MUROS EN CONCRETO REFORZADO	54
10.1 MÓDULO DE REACCIÓN VERTICAL	55

 GEICOL S.A.S. GRUPO EMPRESARIAL DE INFRAESTRUCTURA COLOMBIANO S.A.S. NIT 800.256.897-0	VOLUMEN IV ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y ESTABILIZACIÓN AUTOR: EBERTO ORTEGA	Calle 37 Norte No. 3 G-N-19 Teléfono 6656005 - 6544200 Celular 311-4779615 CALI www.geicol.net e-mail: info@geicol.net rceron@geicol.net PAG.4
---	--	--

 LO HACEMOS MEJOR GOBIERNO DEL CESAR	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS 2020, EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR	DEPARTAMENTO DEL CESAR SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA NIT. 892.399.999-1 Calle 16 # 12 - 120 – Edificio Alfonso López Michelsen Valledupar - Cesar Teléfonos: (575)-5709866 www.cesar.gov.co
	INFORME FINAL TRAMO ARJONA - ASTREA	

10.2	ASENTAMIENTOS.....	57
10.3	EMPUJES LATERALES DE TERRENO	57
10.4	ESTABILIDAD DE TALUDES.....	59
11	CONCLUSIONES	60
11.1	GENERALES.....	60
11.2	DISEÑO SÍSMICO.....	61
11.3	CIMENTACIÓN	61
12	RECOMENDACIONES	66
12.1	GENERALES.....	66
12.2	ADECUACIÓN DEL TERRENO	66
12.3	EXCAVACIONES	66
12.4	MUROS DE CONTENCIÓN	67

ANEXOS

1. Registro de Campo Apiques.
2. Laboratorios de granulometría
3. Estudios de CBR

 GEICOL S.A.S. GRUPO EMPRESARIAL DE INFRAESTRUCTURA COLOMBIANO S.A.S NIT 800.256.897-0	VOLUMEN IV ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y ESTABILIZACIÓN	Calle 37 Norte No. 3 G-N-19 Teléfono 6656005 - 6544200 Celular 311-4779615 CALI www.geicol.net e-mail: info@geicol.net rceron@geicol.net
	AUTOR: EBERTO ORTEGA	PAG.5

	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS 2020, EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR	DEPARTAMENTO DEL CESAR SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA NIT. 892.399.999-1 Calle 16 # 12 - 120 – Edificio Alfonso López Michelsen Valledupar - Cesar Teléfonos: (575)-5709866 www.cesar.gov.co
	INFORME FINAL TRAMO ARJONA - ASTREA	

LISTADO DE TABLAS

Tabla No. 1 Tramos viales del contrato.....	9
Tabla No. 2 Tipo y cantidad de obras existentes.....	13
Tabla No. 3 Tipo y cantidad de obras requeridas.....	14
Tabla No. 4 Diagnóstico de obras requeridas.....	16
Tabla No. 5 Puntos críticos.....	19
Tabla No. 6 Ubicación de los apiques para muros.....	19
Tabla No. 7 Exploración del subsuelo – Primera fase (pavimentos).....	21
Tabla No. 8 Ubicación de los apiques.....	24
Tabla No. 9 Resultados de CBR.....	25
Tabla No. 10 Resultados del análisis granulométrico.....	26
Tabla No. 11 Resultados de los límites de Atterberg.....	29
Tabla No. 12 Resultados del ensayo de contenido de humedad.....	31
Tabla No. 13 Cantidad de ensayos de laboratorio ejecutados – Segunda y tercera fase.....	33
Tabla No. 14 Clasificación de suelos granulares según Terzaghi y Peck.....	34
Tabla No. 15 Clasificación de suelos cohesivos según Terzaghi y Peck.....	34
Tabla No. 16 Propiedades índice del suelo.....	35
Tabla No. 17 Propiedades geomecánicas del suelo.....	35
Tabla No. 18 Propiedades del suelo.....	39
Tabla No. 19 Propiedades modelo geológico-geotécnico.....	40
Tabla No. 20 Clasificación suelos expansivos.....	41
Tabla No. 21 Capacidad del potencial de expansión.....	41
Tabla No. 22 Clasificación del perfil de suelo. Apéndice H-1. Norma NSR-10.....	47
Tabla No. 23 Parámetros de diseño sísmico NSR-10.....	49
Tabla No. 24 Factor de seguridad FS para análisis geotécnico de cimentaciones NSR-10.....	50
Tabla No. 25 Módulo de reacción vertical – Box culverts.....	52
Tabla No. 26 Asentamiento Inmediato – Box culverts.....	53
Tabla No. 27 Módulo de reacción vertical – Muros.....	55
Tabla No. 28 Asentamiento Inmediato – Muros.....	57
Tabla No. 29 Empujes sobre muros.....	58
Tabla No. 30 Parámetros de diseño sísmico NSR-10.....	61
Tabla No. 31 Sistema de cimentación superficial – Box culverts.....	61
Tabla No. 32 Sistema de cimentación superficial – Muros con base de 1.00m a 2.00m.....	62
Tabla No. 33 Sistema de cimentación superficial – Muros con base de 2.25m a 3.25m.....	63
Tabla No. 34 Sistema de cimentación superficial – Muros con base de 3.50m a 4.50m.....	64

 NIT 800.256.897-0	VOLUMEN IV ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y ESTABILIZACIÓN AUTOR: EBERTO ORTEGA	Calle 37 Norte No. 3 G-N-19 Teléfono 6656005 - 6544200 Celular 311-4779615 CALI www.geicol.net e-mail: info@geicol.net rceron@geicol.net PAG.6
---	---	--

 LO HACEMOS MEJOR GOBIERNO DEL CESAR	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS 2020, EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR	DEPARTAMENTO DEL CESAR SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA NIT.892.399.999-1 Calle 16 # 12 - 120 – Edificio Alfonso López Michelsen Valledupar - Cesar Teléfonos: (575)-5709866 www.cesar.gov.co
	INFORME FINAL TRAMO ARJONA - ASTREA	

LISTADO DE FIGURAS

Figura No. 1 – Localización general del proyecto.....	11
Figura No. 2 – Zona Nor-occidental del departamento	11
Figura No. 3 – Localización tramo del proyecto	12
Figura No. 4 – Planta-Perfil del tramo vial	13
Figura No. 5 – Perfil estratigráfico para pavimentos	22
Figura No. 6 – Carta de plasticidad de suelos.....	33
Figura No. 7 – Variación N campo en profundidad	35
Figura No. 8 – Estimación de parámetros de resistencia a partir del SPT – Evaluación SPT metodología González (1999)	36
Figura No. 9 – Composición contenido suelos	37
Figura No. 10 – Perfil estratigráfico deducido	38
Figura No. 11 – Contenido de material.....	38
Figura No. 12 – Variación límites de consistencia	38
Figura No. 13 – Curva de licuación.....	44
Figura No. 14 – Factor de seguridad de licuación	44
Figura No. 15 – Capacidad portante admisible vs ancho de cimentación para B/L con Df=0.50m – Box culverts	51
Figura No. 16 – Sección ilustrativa funcionamiento de los muros de confinamiento en concreto reforzado....	54
Figura No. 17 – Esquema predimensionamiento muro de voladizo en concreto reforzado	54
Figura No. 18 – Capacidad portante admisible vs ancho de cimentación para B/L con Df=0.60m – Muros con base de 1.00m a 4.50m.....	55

 GEICOL S.A.S. GRUPO EMPRESARIAL DE INFRAESTRUCTURA COLOMBIANO S.A.S. NIT 800.256.897-0	VOLUMEN IV ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y ESTABILIZACIÓN	Calle 37 Norte No. 3 G-N-19 Teléfono 6656005 - 6544200 Celular 311-4779615 CALI www.geicol.net e-mail: info@geicol.net rceron@geicol.net
	AUTOR: EBERTO ORTEGA	PAG.7

 LO HACEMOS MEJOR GOBIERNO DEL CESAR	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS 2020, EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR	DEPARTAMENTO DEL CESAR SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA NIT. 892.399.999-1 Calle 16 # 12 - 120 – Edificio Alfonso López Michelsen Valledupar - Cesar Teléfonos: (575)-5709866 www.cesar.gov.co
	INFORME FINAL TRAMO ARJONA - ASTREA	

INTRODUCCIÓN

El presente documento contiene el desarrollo a nivel de Fase 3 de la elaboración del VOLUMEN ESTUDIO DE SUELOS PARA FUNDACIONES para el **TRAMO VIAL ARJONA – ASTREA** del proyecto “ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS SECUNDARIAS 2025, EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR”, en desarrollo del CONTRATO DE CONSULTORÍA No 2021010010, suscrito entre GEICOL SAS, y la GOBERNACIÓN DEL CESAR el cual hace parte de los documentos técnicos que soportan el proyecto **“MEJORAMIENTO DEL TRAMO VIAL QUE DEL CORREGIMIENTO DE ARJONA CONDUCE A LA CABECERA DEL MUNICIPIO DE ASTREA EN LIMITES CON EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA PERMITIENDO LA INTERCONEXIÓN VIAL PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO, SOCIAL, AGRÍCOLA Y TURÍSTICO DE LA SUBREGIÓN FUNCIONAL 47 DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR”**

El Plan Vial del departamento del Cesar, pretende optimizar su infraestructura vial secundaria y terciaria, con el propósito de mejorar la calidad de vida de los Cesarenses, garantizando la interconectividad modal, aportando a la seguridad, maximizando el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales del territorio, estabilizando la convivencia de los diferentes grupos étnicos y desarrollando una economía incluyente y competitiva que dé autonomía y permita alcanzar los máximos estándares de desarrollo humano.

Es por ello que desde las sectoriales técnicas de la Gobernación del Cesar, tales como Secretaría de Infraestructura y Secretaría de Planeación se han venido articulando con el Ministerio de Transporte, en procura de optimizar las dinámicas que proporcionan desarrollo, la estructuración del Plan Vial con el fin de desarrollar una infraestructura vial competitiva que permita la apertura y el sostenimiento de mercados locales, regionales, nacionales e internacionales, fortaleciendo la economía de nuestro departamento.

Este proyecto tiene como finalidad realizar los estudios y diseños para los tramos viales del departamento del Cesar que actualmente se encuentran con su malla vial deteriorada, enfocado en la atención prioritaria de los corredores viales a su cargo, sin perder de vista el pésimo estado en que se encuentran algunas vías terciarias que se han considerado como estratégicas para el desarrollo del territorio y por ende el apoyo al crecimiento de sus comunidades.

Por lo anterior el departamento del Cesar vio la necesidad de abrir un Concurso de Méritos para los estudios y diseños para la rehabilitación y pavimentación de vías secundarias y terciarias, de las diferentes zonas sectorizadas y denominadas Zona Norte, Zona Noroccidente, Zona Centro y Zona Sur.

 GEICOL S.A.S. GRUPO EMPRESARIAL DE INFRAESTRUCTURA COLOMBIANO S.A.S. NIT 800.256.897-0	VOLUMEN IV ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y ESTABILIZACIÓN	Calle 37 Norte No. 3 G-N-19 Teléfono 6656005 - 6544200 Celular 311-4779615 CALI www.geicol.net e-mail: info@geicol.net rceron@geicol.net
	AUTOR: EBERTO ORTEGA	PAG.8

 LO HACEMOS MEJOR GOBIERNO DEL CESAR	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS 2020, EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR	DEPARTAMENTO DEL CESAR SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA NIT. 892.399.999-1 Calle 16 # 12 - 120 – Edificio Alfonso López Michelsen Valledupar - Cesar Teléfonos: (575)-5709866 www.cesar.gov.co
	INFORME FINAL TRAMO ARJONA - ASTREA	

Tabla No. 1 Tramos viales del contrato

	Nº	DESCRIPCION DEL CORREDOR VIAL	LONGITUD (Km)	MUNICIPIO
ZONA NORTE	1	RAMAL A NABUSIMAQUE	19,8	PUEBLO BELLO
	2	LA PAZ - MANAURE	16	LA PAZ - MANAURE
	3	LA DUDA - LOS MILAGROS - CAÑO FRIO	16,8	CODAZZI
	17	VIA NACIONAL - GUACOCHE	11	VALLEDUPAR
	18	MARIANGOLA - VILLA GERMANIA	25,9	VALLEDUPAR
	19	LA MESA-REGION DE AZUCAR BUENA	13,9	VALLEDUPAR
ZONA NOR-OCCIDENTE	4	ASTREA-ARJONA	7,840	ASTREA
	5	BOSCONIA - EL EDÉN	15	BOSCONIA
ZONA CENTRO	7	PAILITAS - EI TERROR - CORREGIMIENTO LOS LLANOS	25,1	PAILITAS
	9	Vía Candelaria - Puerto Sempegua	10,4	CHIMICHAGUA
	21	CURUMANI - BOBILANDIA	33,5	CURUMANÍ
ZONA SUR	10	MONSERRATE-TRINIDAD-FUNDACION-DELICIAS-21 DE ABRIL	28,7	SAN ALBERTO
	11	SAN MARTIN SECTOR DEL HOSPITAL - BOCATOMA ACUEDCTO - LA VEGA DEL OSO	8	SAN MARTIN
	12	VIA NACIONAL- PLANTA DE POTABILIZACION – MARINILLA	25	AGUACHICA
	13	LA ESTACION - PALENQUILLO	11,2	GAMARRA
	14	MORRINSON - LOS ANGELES - PLATANAL	11,3	RIO DE ORO
	15	AYACUCHO - LAS NUBES	18	LA GLORIA
	16	LOS PINOS-QUEBRADA AGUA DE LA VIRGEN	14	LA GLORIA Y PELAYA
	20	MÁRQUEZ - PUERTO PATIÑO	4	AGUACHICA
		TOTAL	315,95	

El presente documento contiene los análisis y desarrollo del Estudio Geotécnico para Diseño de Fundaciones de Pontones y Obras Menores, Obras de Arte y Otras Estructuras de Contención y Estabilización del Tramo No.4 Arjona - Astrea.

 GEICOL S.A.S. GRUPO EMPRESARIAL DE INFRAESTRUCTURA COLOMBIANO S.A.S. NIT 800.256.897-0	VOLUMEN IV ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y ESTABILIZACIÓN	Calle 37 Norte No. 3 G-N-19 Teléfono 6656005 - 6544200 Celular 311-4779615 CALI www.geicol.net e-mail: info@geicol.net rceron@geicol.net
	AUTOR: EBERTO ORTEGA	PAG.9

	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS 2020, EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR	DEPARTAMENTO DEL CESAR SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA NIT. 892.399.999-1 Calle 16 # 12 - 120 – Edificio Alfonso López Michelsen Valledupar - Cesar Teléfonos: (575)-5709866 www.cesar.gov.co
	INFORME FINAL TRAMO ARJONA - ASTREA	

1 OBJETIVOS Y ALCANCES

1.1 OBJETIVO

Realizar el estudio geotécnico para el diseño de las cimentaciones de las obras requeridas en el corredor del proyecto *Arjona - Astrea*.

1.2 ALCANCES

- Realizar el estudio de la información disponible.
- Establecer el modelo geológico-geotécnico a lo largo del corredor vial.
- Establecer el perfil geotécnico promedio para las estructuras a cimentar.
- Determinar las propiedades geomecánicas de los diferentes materiales que componen el perfil geotécnico.
- Realizar los análisis geotécnicos correspondientes a la cimentación de las estructuras objeto de estudio.
- Presentar recomendaciones constructivas de las estructuras de cimentación diseñadas.

 NIT 800.256.897-0	VOLUMEN IV ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y ESTABILIZACIÓN	Calle 37 Norte No. 3 G-N-19 Teléfono 6656005 - 6544200 Celular 311-4779615 CALI www.geicol.net e-mail: info@geicol.net rceron@geicol.net
	AUTOR: EBERTO ORTEGA	PÁG.10

 LO HACEMOS MEJOR GOBIERNO DEL CESAR	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS 2020, EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR	DEPARTAMENTO DEL CESAR SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA NIT. 892.399.999-1 Calle 16 # 12 - 120 – Edificio Alfonso López Michelsen Valledupar - Cesar Teléfonos: (575)-5709866 www.cesar.gov.co
	INFORME FINAL TRAMO ARJONA - ASTREA	

2 LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

2.1 LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se encuentra en el departamento del Cesar, en el municipio de Astrea, el cual se encuentra localizado en el centro nodal de la subregión noroccidental del departamento. El municipio limita con: Norte: departamento del Magdalena (municipio Pijiño del Carmen) y El Paso, Sur: departamento del Magdalena (municipios de Guamal y San Sebastián de Buenavista) y Chimichagua, Oeste: departamento del Magdalena (municipio Pijiño del Carmen), y Este: El Paso, Chimichagua y Chiriguana.

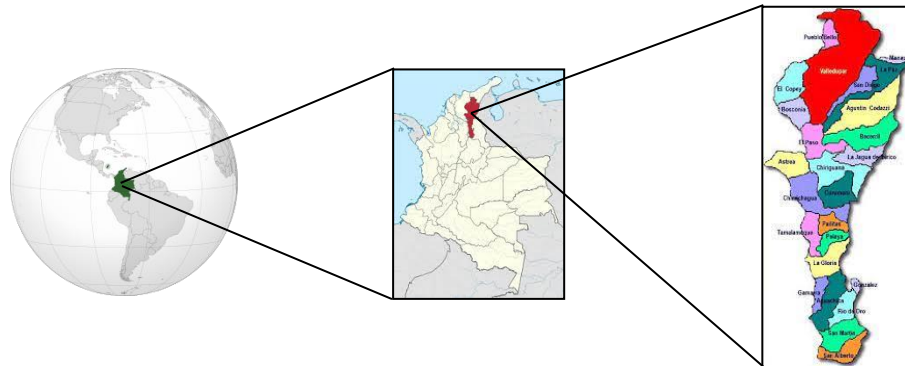


Figura No. 1 – Localización general del proyecto

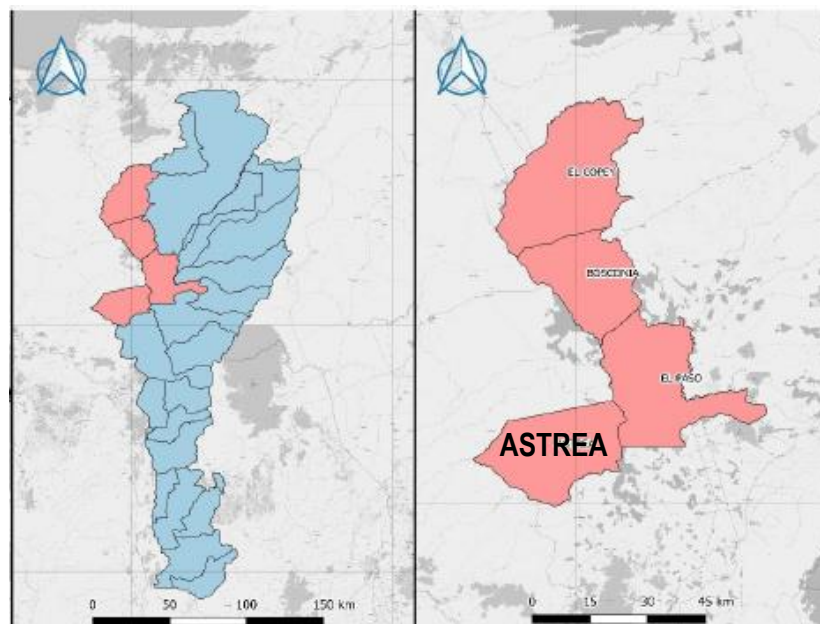


Figura No. 2 – Zona Nor-occidental del departamento

Fuente: Documento contractual *Exposición inicial y localización*

 GEICOL S.A.S. GRUPO EMPRESARIAL DE INFRAESTRUCTURA COLOMBIANO S.A.S. NIT 800.256.897-0	VOLUMEN IV ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y ESTABILIZACIÓN	Calle 37 Norte No. 3 G-N-19 Teléfono 6656005 - 6544200 Celular 311-4779615 CALI www.geicol.net e-mail: info@geicol.net rceron@geicol.net
	AUTOR: EBERTO ORTEGA	PÁG.11

 LO HACEMOS MEJOR GOBIERNO DEL CESAR	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS 2020, EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR INFORME FINAL TRAMO ARJONA - ASTREA	DEPARTAMENTO DEL CESAR SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA NIT. 892.399.999-1 Calle 16 # 12 - 120 – Edificio Alfonso López Michelsen Valledupar - Cesar Teléfonos: (575)-5709866 www.cesar.gov.co
--	--	--

El tramo vial en estudio se localiza en el municipio de Astrea y comunica la cabecera municipal con el corregimiento de Arjona con una longitud aproximada es 7.840 km.

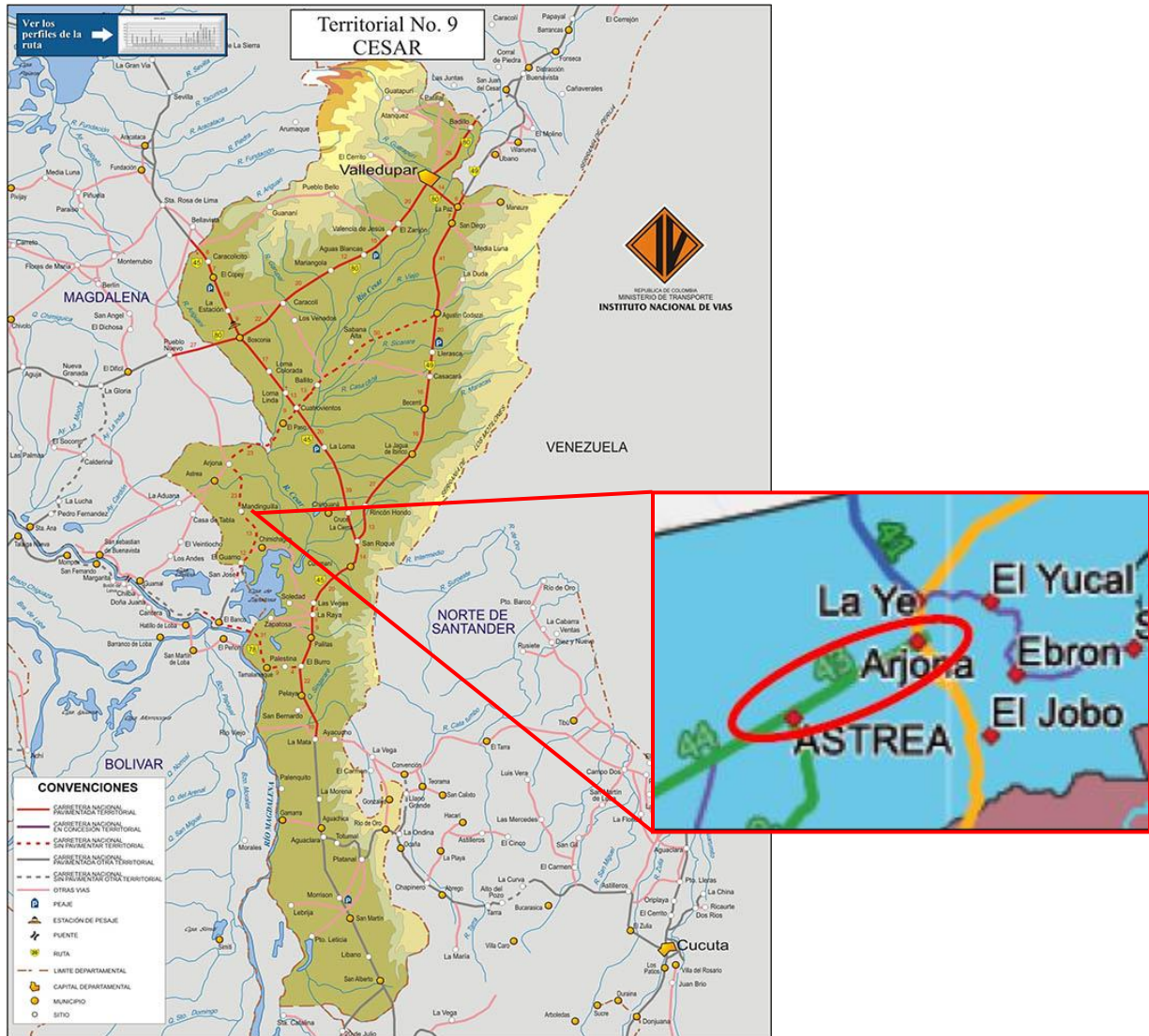


Figura No. 3 – Localización tramo del proyecto
Fuente: <http://cesar.gov.co/d/index.php/es/mainmeneldpto/mendepmap>

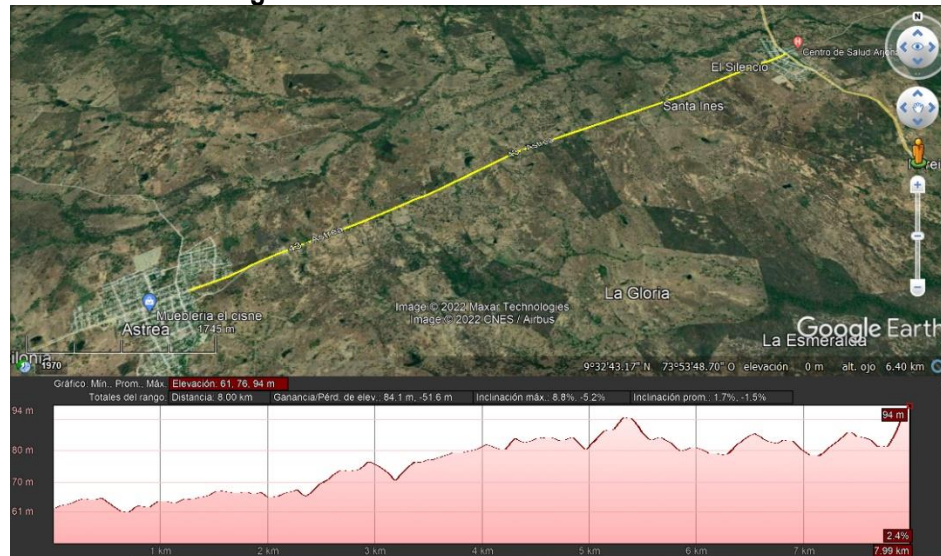
En el Anexo 1 se presenta la localización general del proyecto.

La vía es de orden secundario, tiene una longitud de 7,840 kilómetros con un ancho entre 6 y 7 metros aproximadamente, se desarrolla sobre un terreno plano, actualmente, se encuentra pavimentada con una estructura flexible, el tramo vial comprendido entre las abscisas K0+180 a K1+250 y K6+800 A K8+020 se encuentra en buen estado, sin embargo se presentan deterioros los cuales pueden afectar a futuro a la carpeta asfáltica.

 GEICOL S.A.S. GRUPO EMPRESARIAL DE INFRAESTRUCTURA COLOMBIANO S.A.S. NIT 800.256.897-0	VOLUMEN IV ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y ESTABILIZACIÓN AUTOR: EBERTO ORTEGA	Calle 37 Norte No. 3 G-N-19 Teléfono 6656005 - 6544200 Celular 311-4779615 CALI www.geicol.net e-mail: info@geicol.net rceron@geicol.net PÁG.12
---	--	--

El tramo transcurrido entre el K0+180 y K3+500 se encuentra en un estado deficiente con múltiples deterioros, con tramos donde la carpeta asfáltica está en extremo deterioro debido a la gravedad de los mismos, como es el caso del abscisado K3+500 al K6+800.

Figura No. 4 – Planta-Perfil del tramo vial



Fuente: Google Earth

2.2 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

El estudio de suelos para el diseño de obras menores se basa en la información recopilada de los siguientes documentos.

- Estudio de Trazado y Diseño Geométrico
- Estudio de Geología para ingeniería y geotecnia
- Estudio Geotécnico para diseño de pavimentos
- Estudio de Hidrología, hidráulica y socavación

2.2.1 Trazado y Diseño Geométrico

Actualmente funciona como una vía secundaria pavimentada en pavimento flexible, en buenas condiciones en el tramo K6+800 al K8+020 y un estado deficiente en el tramo K3+500 al K6+800, con un ancho de calzada existente que varía entre 6 y 7 metros sin bermas ni cunetas.

En su desarrollo se identificaron, describieron y ubicaron las estructuras existentes que se indican a continuación.

Tabla No. 2 Tipo y cantidad de obras existentes

TIPO DE OBRA	CANTIDAD EXISTENTE
Puente	0
Batea	0

TIPO DE OBRA	CANTIDAD EXISTENTE
Alcantarilla	16
Box Culvert	7
Estructura de contención / Gavión	0
Talud de corte	0
Terraplén	0

El diseño geométrico busca un mejoramiento en la sección transversal a lo largo del eje de la vía de modo que cumpla con las recomendaciones del manual de diseño geométrico (INV-2008), en el cual se especifica para carreteras de segundo orden, en terrenos ondulados-planos: anchos de carril de 3.65 m, ancho de calzada de 7.30 m, se propone preliminarmente una berma de 1.00 m y cuneta de 1.00.

2.2.2 Hidrología, hidráulica y socavación

Se adelantó la inspección de las obras de drenaje existentes en la vía actual, observándose su condición y funcionamiento con el fin de evaluar si su actual dimensionamiento es adecuado para el manejo de la escorrentía local. En el numeral 8.1 “Inventario de obras de drenaje” del Estudio de Hidrología, Hidráulica y Socavación, se presenta el listado que numera cada una de las estructuras detectadas.

A partir del diseño geométrico se define la zona que requiere cunetas. Para las demás estructuras transversales, alcantarillas y Box Culvert no se adelantaron análisis de socavación específicos.

Como parte del desarrollo del proyecto y para garantizar la seguridad y funcionalidad del tramo de interés, la vía requiere el análisis y diseño de obras de arte e infraestructura como muros, cortes, puentes, bateas y box culverts, entre otros. Partiendo del diseño geométrico desarrollado y como una aproximación a las necesidades del proyecto, se llevó a cabo un inventario detallado de obras requeridas para la construcción de la vía. Como resultado de dicho inventario se contabilizó y discretizó el número de obras de arte y obras mayores, en función de su tipo, longitud y altura máxima. En la siguiente tabla se presenta la síntesis y el resumen del inventario.

Tabla No. 3 Tipo y cantidad de obras requeridas

TIPO DE OBRA	CANTIDAD REQUERIDA
Puente	0
Batea	0
Alcantarilla	4
Box Culvert	33
Estructura de contención	5
Talud de corte	0
Terraplén	0

Todos los Box-Culvert nuevos proyectados tienen dimensiones de 1.00 m de ancho y 1.00 m de alto.

Para el confinamiento de materiales necesarios para la conformación de la estructura de pavimento, se requiere la construcción de estructuras de contención.

 LO HACEMOS MEJOR GOBIERNO DEL CESAR	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS 2020, EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR	DEPARTAMENTO DEL CESAR SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA NIT. 892.399.999-1 Calle 16 # 12 - 120 – Edificio Alfonso López Michelsen Valledupar - Cesar Teléfonos: (575)-5709866 www.cesar.gov.co
	INFORME FINAL TRAMO ARJONA - ASTREA	

3 DIAGNÓSTICO DEL CORREDOR

El diagnostico geotécnico del corredor vial en estudio, como primera actividad pretende identificar las características técnicas del corredor existente y como una aproximación, dimensionar la magnitud y volumen de los requerimientos de información para los análisis y diseños geotécnicos

3.1 VISITA DE DIAGNÓSTICO Y RECONOCIMIENTO

Se realizó la visita técnica de reconocimiento y diagnóstico del corredor vial. A lo largo de los 7,840 km se identificaron características geométricas (tipo sección de la vía y la altura de los taludes de corte), ambientes geológicos, tipos de materiales que predominan, se identificaron y registraron las abscisas donde se encuentran diferentes tipos de obras de arte y obras mayores como bateas, puentes y estructuras de contención principalmente.

3.2 BASE DE DATOS DE VISITA DE DIAGNÓSTICO Y RECONOCIMIENTO

Los datos levantados en campo han sido compilados y procesados para generar una base de datos donde se integra y sintetiza toda la información recogida en campo durante la visita técnica de diagnóstico y reconocimiento del corredor. La base de datos generada ha sido usada para facilitar y optimizar los trabajos de campo y oficina para los análisis geotécnicos. En la información se han consignado los siguientes datos:

- Geometría de la sección de la vía: Se clasificó la sección de la vía en 5 diferentes tipos. Sección en corte, sección en relleno, sección mixta, sección en cajón, sección en terraplén y sección en nivel.
La geometría de la vía corresponde en su mayor extensión a sección en nivel.
- Altura de los taludes: Para el registro de la base de datos se consideraron 4 categorías, taludes menores a 3 metros, taludes con altura comprendida entre 3 y 5 metros, taludes con alturas entre 5 y 10 metros y taludes con alturas mayores a 10 metros.
No se presentan taludes de corte.
- Obras de contención: Las estructuras de contención se dividieron en muros en concreto reforzado (MCR), muros en gaviones (MG), muros en tierra armada (MTA), mallas (MAL), y pantallas (PAN).
Se plantea el manejo con estructuras de contención con muros en concreto reforzado (MCR).
- Obras hidráulicas: En los drenajes que cruzan la vía se registró la presencia de Box-Culvert (BOX), bateas (BAT), puentes (PUENTE), alcantarillas (ALC), y zonas sin manejo de aguas.
En el tramo vial se presentan Box-Culvert y alcantarillas.
- Proceso de inestabilidad: Clase, actividad y tipo de afectación sobre la vía existente.
En el trazado de la vía no se evidencian zonas con proceso de inestabilidad.
- Abscisa del punto de toma de datos.

El registro se condensa en la tabla que se presenta a continuación.

 GEICOL S.A.S. GRUPO EMPRESARIAL DE INFRAESTRUCTURA COLOMBIANO S.A.S. NIT 800.256.897-0	VOLUMEN IV ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y ESTABILIZACIÓN	Calle 37 Norte No. 3 G-N-19 Teléfono 6656005 - 6544200 Celular 311-4779615 CALI www.geicol.net e-mail: info@geicol.net rceron@geicol.net
	AUTOR: EBERTO ORTEGA	PÁG.15

 LO HACEMOS MEJOR GOBIERNO DEL CESAR	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS 2020, EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR	DEPARTAMENTO DEL CESAR SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA NIT. 892.399.999-1 Calle 16 # 12 - 120 – Edificio Alfonso López Michelsen Valledupar - Cesar Teléfonos: (575)-5709866 www.cesar.gov.co
	INFORME FINAL TRAMO ARJONA - ASTREA	

Tabla No. 4 Diagnóstico de obras requeridas

No.	ABS.	TIPO DE OBRA	OBSERVACIONES
1	0+370	Box1,00x1,00 m	Construcción Nueva
2	0+500	Box1,00x1,00 m	Construcción Nueva
3	0+662	Box1,00x1,00 m	Demolición / Construcción Nueva
4	0+750	Box1,00x1,00 m	Construcción Nueva
5	0+935	Box1,00x1,00 m	Construcción Nueva
6	1+170	Box1,00x1,00 m	Construcción Nueva
7	1+306	Box1,00x1,00 m	Demolición / Construcción Nueva
8	1+500	Box1,00x1,00 m	Construcción Nueva
9	1+782	Box1,00x1,00 m	Construcción Nueva
10	1+950	Box1,00x1,00 m	Construcción Nueva
11	2+047	Box1,00x,100 m	Demolición / Construcción Nueva
12	2+400	Box1,00x1,00 m	Construcción Nueva
13	2+600	Box1,00x1,00 m	Construcción Nueva
14	2+840	Box1,00x1,00 m	Construcción Nueva
15	3+102	Box1,00x1,00 m	Construcción Nueva
16	3+288	Alc 36"	Demolición / Construcción Nueva
17	3+320	Box1,00x1,00 m	Construcción Nueva
18	3+445	Box100x1,00 m	Construcción Nueva
19	3+550	Alc 36"	Construcción Nueva
20	3+637	Alc 36"	Demolición / Construcción Nueva
21	3+932	Box1,00x1,00 m	Construcción Nueva
22	4+130	Box1,00x1,00 m	Construcción Nueva
23	4+320	Box1,00x1,00 m	Construcción Nueva
24	4+445	Box1,00x1,00 m	Construcción Nueva
25	4+675	Box1,00x1,00 m	Construcción Nueva
26	4+950	Alc 36"	Construcción Nueva
27	5+200	Box1,00x1,00 m	Construcción Nueva
28	5+450	Box1,00x1,00 m	Construcción Nueva
29	5+600	Box1,00x1,00 m	Construcción Nueva
30	5+810	Box1,00x1,00 m	Construcción Nueva
31	6+245	Box1,00x1,00 m	Construcción Nueva

 GEICOL S.A.S. GRUPO EMPRESARIAL DE INFRAESTRUCTURA COLOMBIANO S.A.S. NIT 800.256.897-0	VOLUMEN IV ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y ESTABILIZACIÓN	Calle 37 Norte No. 3 G-N-19 Teléfono 6656005 - 6544200 Celular 311-4779615 CALI www.geicol.net e-mail: info@geicol.net rceron@geicol.net
	AUTOR: EBERTO ORTEGA	PÁG.16

	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS 2020, EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR	DEPARTAMENTO DEL CESAR SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA NIT. 892.399.999-1 Calle 16 # 12 - 120 – Edificio Alfonso López Michelsen Valledupar - Cesar Teléfonos: (575)-5709866 www.cesar.gov.co
	INFORME FINAL TRAMO ARJONA - ASTREA	

32	6+665	Box1,00x1,00 m	Construcción Nueva
33	6+732	Box1,00x1,00 m	Demolición / Construcción Nueva
34	6+813	Box1,00x1,00 m	Construcción Nueva
35	7+150	Box1,00x1,00 m	Construcción Nueva
36	7+300	Box1,00x1,00 m	Construcción Nueva
37	7+700	Box1,00x1,00 m	Construcción Nueva

Para las 37 obras hidráulicas descritas en la tabla anterior se ejecutaron apiques de verificación geotécnica en la respectiva abscisa de cada estructura, realizando dos apiques por obra, uno ubicado en el margen izquierdo y otro en el margen derecho de la vía. En total se llevaron a cabo 74 apiques, los cuales fueron excavados con el fin de identificar las características del material de fundación y de los suelos circundantes. A cada uno de estos apiques se les practicó el ensayo de granulometría, de acuerdo con los procedimientos establecidos en las normas del INVIAS y las Normas Técnicas Colombianas (NTC), con el propósito de determinar la distribución de tamaños de partículas y aportar información fundamental para la evaluación geotécnica y el diseño de las respectivas obras hidráulicas. El ensayo se puede visualizar en el respectivo anexo.

3.3 INVENTARIO DE SITIOS CRÍTICOS

Durante el recorrido realizado como parte de la visita de reconocimiento y diagnóstico la vía es de orden secundario, tiene una longitud de 7,840 kilómetros con un ancho entre 6 y 7 metros aproximadamente, se desarrolla sobre un terreno plano, actualmente, se encuentra pavimentada con una estructura flexible, con un deterioro sectorizado. Estos sitios se clasifican y caracterizan como Sitios Críticos.

De forma general se ilustra a continuación la situación que presenta el tramo.

	VOLUMEN IV ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y ESTABILIZACIÓN	Calle 37 Norte No. 3 G-N-19 Teléfono 6656005 - 6544200 Celular 311-4779615 CALI www.geicol.net e-mail: info@geicol.net rceron@geicol.net
	AUTOR: EBERTO ORTEGA	PÁG.17

 LO HACEMOS MEJOR GOBIERNO DEL CESAR	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS 2020, EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR	DEPARTAMENTO DEL CESAR SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA NIT. 892.399.999-1 Calle 16 # 12 - 120 – Edificio Alfonso López Michelsen Valledupar - Cesar Teléfonos: (575)-5709866 www.cesar.gov.co
	INFORME FINAL TRAMO ARJONA - ASTREA	



4 CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA

4.1 GEOLOGÍA PARA INGENIERÍA

La información presentada en este numeral ha sido extraída del volumen III, correspondiente al estudio detallado de geología para ingeniería, el cual puede ser consultado en caso de requerir más información sobre la geología y geomorfología del corredor en estudio. A continuación, se presenta una breve descripción de las características geológicas de las zonas que componen el corredor.

En términos generales, el tramo presenta condiciones geotécnicas y geomorfológicas que limitan la conformación de taludes estables, especialmente en sectores con presencia de materiales arcillosos blandos y pendientes inestables. El trazado del corredor atraviesa predominantemente materiales pertenecientes a la Formación Astrea – Cuesta, la cual está compuesta geológicamente por conglomerados y areniscas en las cercanías del municipio de Astrea, donde se desarrollan colinas redondeadas; hacia la zona de Arjona, predominan los materiales arcillosos blandos, con una morfología que varía de plana a ondulada.

La geomorfología de la zona la constituyen geoformas de colinas, con un índice de relieve muy bajo, donde se desarrollan topos redondeados a subredondeados y vertientes con inclinaciones suaves, de longitudes cortas a muy cortas. Estas características son más marcadas en la zona de Astrea, donde predominan rocas con texturas

 GEICOL S.A.S. GRUPO EMPRESARIAL DE INFRAESTRUCTURA COLOMBIANO S.A.S. NIT 800.256.897-0	VOLUMEN IV ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y ESTABILIZACIÓN	Calle 37 Norte No. 3 G-N-19 Teléfono 6656005 - 6544200 Celular 311-4779615 CALI www.geicol.net e-mail: info@geicol.net rceron@geicol.net
	AUTOR: EBERTO ORTEGA	PÁG.18

de gravas y arenas competentes, que le otorgan una expresión ondulada a plana. En contraste, en las cercanías de Arjona, donde la litología es principalmente arcillosa y blanda, el relieve tiende a ser anegable.

Estructuralmente a nivel regional, las estructuras de pliegues son muy suaves, con flancos de buzamientos bajos de dirección N-S.

Las amenazas naturales de son cualitativamente de riesgo bajo y medio, originadas por desplomes, pequeños deslizamientos y caídas de suelos en taludes de cortes de vía, favorecida en épocas de invernales por las precipitaciones, así como inundación en la topografía de relieves bajos y arcillosos.

Los procesos morfodinámicos evidentes que pueden generar daños a la vía corresponden a erosión fluvial y de tipo lateral en los canales de riego y los drenajes naturales que son atravesados por la vía. La erosión se presenta superficial, sin significar un elemento de alto riesgo, debido a la topografía principalmente de planicie característica del área.

Adicionalmente, se requiere implementar medidas de estabilidad de taludes en cinco tramos críticos del corredor. Para ello se realizaron cinco apiques realizados en el punto medio de cada uno de los muros que se detallan a continuación, se aclara que los respectivos estudios de granulometría se pueden visualizar en su respectivo anexo

Tabla No. 5 Puntos críticos

Numero	Abscisa inicial	Abscisa final	Longitud	Obra	Lado
1	K04+160	K04+200	40	Muro	Izquierda
2	K04+375	K04+425	50	Muro	Derecha
3	K04+425	K04+475	50	Muro	Derecha
4	K04+475	K04+505	30	Muro	Derecha
5	K05+160	K05+200	40	Muro	Derecha

Tabla No. 6 Ubicación de los apiques para muros

APIQUES	ABSCISA	CLASIF. S.U.C.S.	CLASIF. AASHTO	LÍMITES DE ATTERBERG			
				L.L	L.P	IP	W (%)
APIQUE 1	K4+180	SC-SM	A-4	26.0	19.4	6.6	20.0
APIQUE 2	K4+400	SM	A-2-4	21.0	19.4	1.6	12.9
APIQUE 3	K4+450		A-4	26.0	19.4	6.6	20.0
APIQUE 4	K4+490	SM	A-2-4	20.0	19.4	0.6	14.3
APIQUE 5	K5+180	SC	A-2-4	27.0	19.4	7.6	9.1

Fuente. Autores

Estos sectores presentan condiciones geotécnicas susceptibles a inestabilidad por deslizamientos, caídas de material o erosión acelerada, por lo cual se recomienda la ejecución de intervenciones que incluyan obras de sostenimiento, sistemas de drenaje superficial y subterráneo, así como control de escorrentías, a fin de garantizar la seguridad y funcionalidad de la infraestructura vial.

	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS 2020, EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR	DEPARTAMENTO DEL CESAR SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA NIT. 892.399.999-1 Calle 16 # 12 - 120 – Edificio Alfonso López Michelsen Valledupar - Cesar Teléfonos: (575)-5709866 www.cesar.gov.co
	INFORME FINAL TRAMO ARJONA - ASTREA	

4.2 PLAN DE INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO

Teniendo en cuenta toda la información recopilada y generada especialmente por el área de geología, y con base en el diagnóstico del corredor vial se planteó una serie de actividades de exploración e investigación del subsuelo cuyo objetivo es identificar y caracterizar los materiales, en especial en los sectores que requieren un mayor detalle geotécnico.

En general el programa de investigación busca cubrir la totalidad del corredor y determinar los modelos geotécnicos generales y locales que sirvan de sustento a los análisis y diseños geotécnicos de las obras requeridas.

El plan de investigación del subsuelo contempla la ejecución de pruebas de exploración directa como sondeos manuales y/o mecánicos y apiques de profundidad variable.

Durante las labores de exploración se lleva un registro del personal de campo, los equipos utilizados, tipos de brocas, diámetro de la tubería de revestimiento, materiales encontrados, niveles de agua, rendimientos obtenidos y de cualquier situación particular que se haya presentado.

4.2.1 Fases del plan de investigación del subsuelo

Para ejecutar todo lo mencionado el plan se realiza por fases. El planteamiento por fases permite ajustar los tipos de métodos y las cantidades de exploración a las necesidades del proyecto, optimizando los recursos.

Básicamente las fases de exploración se han programado y analizado teniendo en cuenta las zonas de análisis de detalle.

- Primera fase de exploración: Esta fase corresponde a la recopilación de información del subsuelo requerida para la generación de una zonificación geológica - geotécnica (zonas de comportamiento homogéneo) y la caracterización y análisis de la geotecnia para pavimentos.

Se realizaron 32 apiques manuales espaciados mínimo 250 m hasta una profundidad de 1.50 m (Ver Anexo 2).

 NIT 800.256.897-0	VOLUMEN IV ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y ESTABILIZACIÓN	Calle 37 Norte No. 3 G-N-19 Teléfono 6656005 - 6544200 Celular 311-4779615 CALI www.geicol.net e-mail: info@geicol.net rceron@geicol.net
	AUTOR: EBERTO ORTEGA	PÁG.20



LO HACEMOS MEJOR
GOBIERNO DEL CESAR

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE
VIAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS 2020,
EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR

INFORME FINAL
TRAMO ARJONA - ASTREA

DEPARTAMENTO DEL CESAR
SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA
NIT. 892.399.999-1

Calle 16 # 12 - 120 –
Edificio Alfonso López Michelsen
Valledupar - Cesar
Teléfonos: (575)-5709866

www.cesar.gov.co

Tabla No. 7 Exploración del subsuelo – Primera fase (pavimentos)

ABSCISA	APIQUES	MUESTRA	PROF(m)	CLASIF. S.U.C.S.	CLASIF. AASHTO	LÍMITES DE ATTERBERG			GRANULOMETRÍA % QUE PASA		
						LL	LP	IP	Area	Finos	Grava
K0+180	APIQUE 1	1	0.0 - 0.20	SP	A-1-a	NL	NL	NP	54,3	4,7	65,5
		2	0.20 - 1.20	SM	A-4	NL	NL	NP	30	36,3	35,1
		3	1.20 - 1.50	SC	A-4	29,3	16,4	10,9	34,9	26,3	36,2
K0+430	APIQUE 2	1	0.0 - 0.20	GM	A-4	NL	NL	NP	64,4	47,8	6,9
		2	0.20 - 1.50	SM	A-4	NL	NL	NP	80,7	49,1	81,2
K0+680	APIQUE 3	1	0.0 - 0.20	GM	A-2-4	NL	NL	NP	57,8	27,5	66,7
		2	0.20 - 1.50	SM	A-4	NL	NL	NP	77,1	47	84,3
K0+930	APIQUE 4	1	0.0 - 0.20	GP-GM	A-1-a	NL	NL	NP	48,8	3,2	63,8
		2	0.20 - 1.20	SC	A-1-a	27,8	20,7	7,1	65,1	19,3	81,4
		3	1.20 - 1.50	CL	A-4	33,2	23,3	3,3	100	70,3	100
K1+180	APIQUE 5	1	0.0 - 0.20	GP	A-1-a	NL	NL	NP	48	2,2	62,7
		2	0.20 - 1.20	SC	A-6	29,3	15,3	13,3	31,7	37,4	38
		3	1.20 - 1.50	SM	A-2-4	NL	NL	NP	83,3	20,6	95,4
K1+430	APIQUE 6	1	0.0 - 0.20	GM	A-2-4	NL	NL	NP	57,8	27,5	66,7
		2	0.20 - 1.50	SM	A-4	NL	NL	NP	77,1	47	84,3
K1+680	APIQUE 7	1	0.0 - 0.20	GM	A-2-4	NL	NL	NP	56,3	35,1	67,9
		2	0.20 - 1.50	GM	A-2-4	NL	NL	NP	54,3	34,3	61,4
K1+930	APIQUE 8	1	0.0 - 0.20	GM	A-4	NL	NL	NP	66,6	42	78,1
		2	0.20 - 0.50	SM	A-4	NL	NL	NP	73	35,5	73,4
		3	0.50 - 1.50	SM	A-2-4	NL	NL	NP	74,6	13,5	80,4
K2+180	APIQUE 9	1	0.0 - 0.20	GM	A-2-4	NL	NL	NP	57,8	27,5	66,7
		2	0.20 - 1.50	SM	A-4	NL	NL	NP	77,1	47	84,3
K2+430	APIQUE 10	1	0.0 - 0.16	SM	A-2-4	NL	NL	NP	79,3	29,1	86,4
		2	0.16 - 1.50	CL-ML	A-4	27,3	20,8	6,5	32,3	53,2	36,8
K2+680	APIQUE 11	1	0.0 - 1.50	SM	A-2-4	NL	NL	NP	37,6	22,3	36,7
		2	0.0 - 0.40	SM	A-2-4	NL	NL	NP	67,8	31,3	73,2
K2+930	APIQUE 12	1	0.40 - 1.00	ML	A-4	24,4	20,3	3,5	36,8	72,7	38
		2	0.20 - 0.50	SM	A-4	NL	NL	NP	73	35,5	73,4
		3	1.00 - 1.50	CL	A-4	31,2	21,7	3,5	100	73,6	100
K3+180	APIQUE 13	1	0.0 - 0.16	SM	A-2-4	NL	NL	NP	79,3	29,1	86,4
		2	0.16 - 1.50	CL-ML	A-4	27,3	20,8	6,5	32,3	53,2	36,8
K3+430	APIQUE 14	1	0.00 - 0.50	GP-GM	A-1-a	NL	NL	NP	52,1	11	63,8
		2	0.50 - 1.50	SC	A-2-4	28,8	19,5	3,2	78,1	25,3	86,3
K3+680	APIQUE 15	1	0.0 - 1.50	SC	A-2-4	28,6	21,1	7,5	69,8	24,8	77,3
		2	0.0 - 0.70	CL	A-4	29,5	20,3	8,5	100	65,5	100
K4+180	APIQUE 17	1	0.0 - 0.16	SM	A-2-4	NL	NL	NP	79,3	29,1	86,4
		2	0.16 - 1.50	CL-ML	A-4	27,3	20,8	6,5	32,3	53,2	36,8
		3	0.0 - 0.20	GM	A-1-b	NL	NL	NP	47,3	15,68	64,1
K4+430	APIQUE 18	1	0.0 - 0.20	GP-GM	A-1-a	NL	NL	NP	51,1	12	57,8
		2	0.20 - 0.30	SC-SM	A-2-4	26,3	20,6	5,7	84,5	22,2	30
		3	0.30 - 1.20	SM	A-2-4	NL	NL	NP	71,7	21,8	81,8
K4+680	APIQUE 19	1	0.0 - 0.20	GP-GM	A-1-a	NL	NL	NP	49,1	11,32	66
		2	0.20 - 0.30	GP-GM	A-1-a	NL	NL	NP	47,5	12	53,7
		3	0.30 - 1.20	SP-SM	A-1-b	NL	NL	NP	63,6	11,3	71,8
		4	1.20 - 1.50	CL	A-4	28,4	19,8	8,6	33,5	79,1	36,4
K4+930	APIQUE 20	1	0.0 - 0.20	GM	A-1-a	NL	NL	NP	43,8	12,29	67
		2	0.20 - 0.30	SM	A-1-a	NL	NL	NP	70,7	26,8	73,6
		3	0.30 - 1.50	CL-ML	A-4	27,6	21,7	5,3	32,8	78,1	35,5
K5+180	APIQUE 21	1	0.07 - 0.50	GM	A-1-b	NL	NL	NP	52,3	15,09	67,9
		2	0.50 - 1.50	SM	A-1-b	NL	NL	NP	64	23,1	69,7
K5+430	APIQUE 22	1	0.0 - 0.30	SC	A-2-4	27,2	19,3	7,3	73,7	20,9	86,2
		2	0.30 - 1.50	ML	A-4	NL	NL	NP	80	50,8	87
K5+680	APIQUE 23	1	0.0 - 0.30	GP-GM	A-1-a	NL	NL	NP	47,2	10,13	64,3
		2	0.30 - 0.30	SM	A-1-b	NL	NL	NP	66,1	15,6	72,3
		3	0.30 - 1.50	SM	A-2-4	NL	NL	NP	66,6	28,6	70,3
K5+930	APIQUE 24	1	0.0 - 0.20	GP-GM	A-1-a	NL	NL	NP	46,5	9,7	65,3
		2	0.20 - 0.80	SM	A-1-b	NL	NL	NP	73,3	23,5	82,2
		3	0.80 - 1.50	SM	A-2-4	NL	NL	NP	64,8	28,2	68,3
K6+180	APIQUE 25	1	0.0 - 0.20	GM	A-1-a	NL	NL	NP	49,8	12,29	67
		2	0.20 - 0.30	SM	A-1-a	NL	NL	NP	70,7	26,8	73,6
		3	0.30 - 1.50	CL-ML	A-4	27,6	21,7	5,3	32,8	78,1	35,5
K6+430	APIQUE 26	1	0.07 - 0.20	GP-GM	A-1-a	NL	NL	NP	45,6	10,15	63,5
		2	0.20 - 0.80	SM	A-2-7	NL	NL	NP	72,7	24,3	83,5
		3	0.80 - 1.50	SM	A-2-4	NL	NL	NP	63,2	25,1	67,3
K6+680	APIQUE 27	1	0.0 - 0.20	GM	A-1-a	NL	NL	NP	67,4	29,02	76,1
		2	0.20 - 0.80	SM	A-1-b	NL	NL	NP	79,4	22,3	83,2
		3	0.80 - 1.50	SM	A-2-4	NL	NL	NP	93,4	16,3	96,3
K6+930	APIQUE 28	1	0.0 - 0.30	SC	A-2-4	NL	NL	NP	53,4	15,3	68,2
		2	0.30 - 0.80	SM	A-2-7	NL	NL	NP	59,3	15,2	69,1
		3	0.80 - 1.50	SM	A-2-4	NL	NL	NP	74,3	31,4	79,1
K7+180	APIQUE 29	1	0.07 - 0.25	GP-GM	A-1-a	NL	NL	NP	37	6,11	62,3
		2	0.25 - 0.30	SC	A-2-4	27,8	20,6	7,2	66,1	18,3	75,2
		3	0.30 - 1.50	SM	A-2-4	NL	NL	NP	66,4	26,8	71,5
K7+430	APIQUE 30	1	0.0 - 0.30	SC	A-12-6	29,4	17,3	12,1	70,4	33,5	81,2
		2	0.30 - 0.36	CL	A-4	27,3	20,5	7,5	100	71,5	100
		3	0.36 - 1.50	CL-ML	A-4	26,6	22,6	4,1	39	52,5	100
K7+680	APIQUE 31	1	0.0 - 0.20	GP-GM	A-1-a	NL	NL	NP	49,1	11,32	66
		2	0.20 - 0.30	GP-GM	A-1-a	NL	NL	NP	47,5	12	53,7
		3	0.30 - 1.20	SP-SM	A-1-b	NL	NL	NP	63,6	11,3	71,8
K7+930	APIQUE 32	1	0.07 - 0.50	GM	A-1-b	NL	NL	NP	52,3	15,09	67,9
		2	0.50 - 1.50	SM	A-1-b	NL	NL	NP	64	23,1	69,7

Fuente: Volumen VI Estudio geotécnico para diseño del pavimento Tramo 4



NIT 800.256.897-0

VOLUMEN IV
ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES
DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE Y
OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y
ESTABILIZACIÓN

AUTOR: EBERTO ORTEGA

Calle 37 Norte No. 3 G-N-19
Teléfono 6656005 - 6544200
Celular 311-4779615
CALI

www.geicol.net

e-mail:
info@geicol.net
rceron@geicol.net

PÁG.21

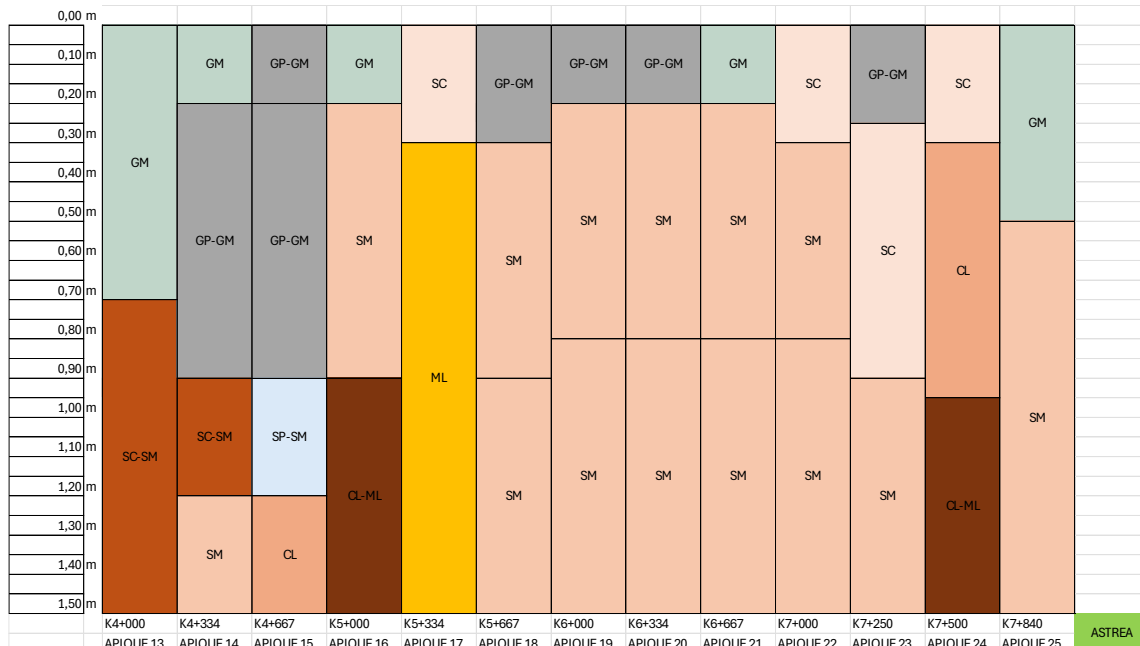
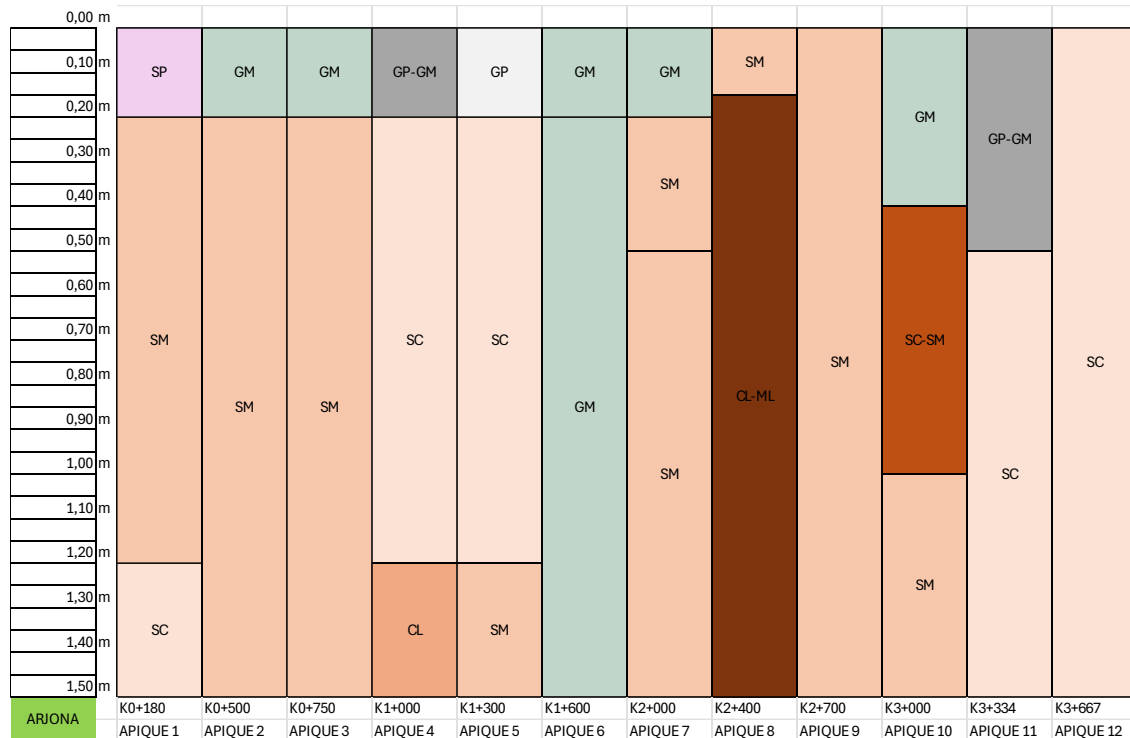


Figura No. 5 – Perfil estratigráfico para pavimentos
 Fuente: Volumen VI Estudio geotécnico para diseño del pavimento Tramo 4

 LO HACEMOS MEJOR GOBIERNO DEL CESAR	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS 2020, EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR	DEPARTAMENTO DEL CESAR SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA NIT. 892.399.999-1 Calle 16 # 12 - 120 – Edificio Alfonso López Michelsen Valledupar - Cesar Teléfonos: (575)-5709866 www.cesar.gov.co
	INFORME FINAL TRAMO ARJONA - ASTREA	

Los suelos encontrados a lo largo del tramo vial de acuerdo a su clasificación, se caracterizan por presentar buenas características de compactación, drenajes deficientes y en su mayoría son suelos impermeables esto debido a la presencia de material arcilloso en la mayoría de los suelos encontrados excepto los suelos granulares como las gravas limosas y arenas mal gradadas. Si bien los materiales tienen un bajo grado de expansión según la predicción de la expansividad a partir del límite líquido e índice de plasticidad expuesta en la norma INV. E- 132 del 2013, por la naturaleza del mismo mantiene estas características. Los perfiles muestran cierta homogeneidad sobre todo hacia los últimos apiques realizados, es decir cercano a la cabecera municipal de Astrea, esto está totalmente relacionado con las características geológicas, climáticas, topográficas, etc. Los suelos predominantes son las arenas limosas, seguido de las arcillas inorgánicas, en menor proporción se encuentran los limos y arenas mal gradada.

- Segunda fase de exploración: Esta fase corresponde a la recopilación de información del subsuelo requerida para el análisis y diseño de obras menores del corredor vial. Para determinar los puntos donde se requiere realizar exploración, se parte del diagnóstico realizado al corredor. Con esta información se define la exploración para estructuras hidráulicas, estructuras de contención, y demás puntos que requieran un análisis geotécnico detallado.

4.2.2 Definición plan de exploración

Teniendo en cuenta la dimensión de las obras, la longitud del tramo vial, el planeamiento del programa de exploración se adelanta a partir del diseño geométrico, con el conocimiento base de la geología, y de acuerdo a la morfometría local de los posibles sitios de implantación de las obras, se establece un programa que da respuesta a las necesidades del proyecto con los siguientes criterios:

- Cubrir la totalidad del corredor vial, para determinar la zonificación geotécnica de corredor.
- Priorizar la investigación en las zonas donde se proyecta la construcción de las obras de mayor magnitud como los puentes.
- Establecer modelos geotécnicos para los terraplenes, cortes, muros, box-culverts y alcantarillas requeridas para la conformación de la banca vial.

Se programaron los trabajos de auscultación del terreno mediante la ejecución sondeos hasta una profundidad de 2.00 metros, distribuidas espacialmente entre la ubicación de box-culverts nuevos y muros.

 GEICOL S.A.S. GRUPO EMPRESARIAL DE INFRAESTRUCTURA COLOMBIANO S.A.S. NIT 800.256.897-0	VOLUMEN IV ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y ESTABILIZACIÓN	Calle 37 Norte No. 3 G-N-19 Teléfono 6656005 - 6544200 Celular 311-4779615 CALI www.geicol.net e-mail: info@geicol.net rceron@geicol.net
	AUTOR: EBERTO ORTEGA	PÁG.23

4.3 ENSAYOS DE CAMPO Y LABORATORIO

Se realizaron ensayos de campo (Ensayo de Penetración Estándar - SPT) y laboratorio con el fin de realizar la clasificación y caracterización geomecánica de los materiales presentes (suelos) en la zona del proyecto.

La exploración geotécnica corresponde con los siguientes criterios:

- Durante los trabajos de campo se extrajeron muestras alteradas e inalteradas para la ejecución de las pruebas de laboratorio. Adicionalmente se realizó el ensayo de penetración estándar (SPT), el cual consiste en el número de golpes requerido para hincar 30 cm la cuchara muestreadora estándar, mediante el golpe en caída libre de una masa de 65 kilogramos, desde una altura de 75 cm.
- La toma de muestras de tipo alterado se realiza mediante el recobro de la cuchara partida, durante la ejecución del ensayo de penetración estándar.
- Las perforaciones se profundizaron hasta identificar la posición de estratos de suelo o materiales competentes para las estructuras proyectadas.
- Los sondeos se llevaron hasta las profundidades requeridas.

Tabla No. 8 Ubicación de los apiques

APIQUES	ABSCISA	COORDENADAS	
		LATITUD	LONGITUD
APIQUE 1	K0+180	9°32'06.84"N	73°54'41.42"O
APIQUE 2	K0+430	9°32'00.47"N	73°54'53.65"O
APIQUE 3	K0+680	9°31'55.12"N	73°55'01.86"O
APIQUE 4	K0+930	9°31'49.13"N	73°55'12.57"O
APIQUE 5	K1+180	9°31'44.79"N	73°55'20.18"O
APIQUE 6	K1+430	9°31'42.79"N	73°55'25.29"O
APIQUE 7	K1+680	9°31'38.31"N	73°55'30.00"O
APIQUE 8	K1+930	9°31'33.88"N	73°55'42.04"O
APIQUE 9	K2+180	9°31'31.28"N	73°55'47.91"O
APIQUE 10	K2+430	9°31'28.79"N	73°55'51.22"O
APIQUE 11	K2+680	9°31'24.43"N	73°55'59.01"O
APIQUE 12	K2+930	9°31'21.848"N	73°56'06.172"O
APIQUE 13	K3+180	9°31'19.878"N	73°56'08.64"O
APIQUE 14	K3+430	9°31'18.06"N	73°56'13.67"O
APIQUE 15	K3+680	9°31'14.925"N	73°56'20.33"O
APIQUE 16	K3+930	9°31'10.701"N	73°56'27.206"O
APIQUE 17	K4+180	9°31'8.954"N	73°56'31.845"O
APIQUE 18	K4+430	9°31'06.748"N	73°56'36.096"O
APIQUE 19	K4+680	9°30'59.627"N	73°56'46.843"O
APIQUE 20	K4+930	9°30'50.586"N	73°56'59.091"O
APIQUE 21	K5+180	9°30'47.927"N	73°57'05.671"O
APIQUE 22	K5+430	9°30'43.07"N	73°57'10.204"O
APIQUE 23	K5+680	9°30'38.749"N	73°57'19.761"O
APIQUE 24	K5+930	9°30'34.776"N	73°57'25.755"O
APIQUE 25	K6+180	9°30'32.677"N	73°57'29.111"O
APIQUE 26	K6+430	9°30'29.685"N	73°57'34.727"O

 LO HACEMOS MEJOR GOBIERNO DEL CESAR	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS 2020, EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR	DEPARTAMENTO DEL CESAR SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA NIT.892.399.999-1 Calle 16 # 12 - 120 – Edificio Alfonso López Michelsen Valledupar - Cesar Teléfonos: (575)-5709866 www.cesar.gov.co
	INFORME FINAL TRAMO ARJONA - ASTREA	

APIQUE 27	K6+680	9°30'24.093"N	73°57'43.185"O
APIQUE 28	K6+930	9°30'19.566"N	73°57'53.958"O
APIQUE 29	K7+180	9°30'13.23"N	73°58'03.18"O
APIQUE 30	K7+430	9°30'06.66"N	73°58'13.09"O
APIQUE 31	K7+680	9°30'02.347"N	73°58'18.193"O
APIQUE 32	K7+930	9°30'01.19"N	73°58'24.50"O

Fuente. Autores

En la siguiente tabla se presentan los valores de CBR obtenidos para cada uno de los 32 apiques realizados al costado de la vía, los cuales permitieron evaluar la capacidad de soporte de los suelos presentes en la zona del proyecto. Estos resultados constituyen un insumo fundamental para el análisis geotécnico y para la definición de los parámetros de diseño de la estructura del pavimento.

Tabla No. 9 Resultados de CBR

APIQUES	ABSCISA	C BR (%)
APIQUE 1	K0+180	2,40
APIQUE 2	K0+430	3,60
APIQUE 3	K0+680	5,30
APIQUE 4	K0+930	4,80
APIQUE 5	K1+180	4,40
APIQUE 6	K1+430	4,40
APIQUE 7	K1+680	5,30
APIQUE 8	K1+930	4,00
APIQUE 9	K2+180	4,10
APIQUE 10	K2+430	4,65
APIQUE 11	K2+680	5,30
APIQUE 12	K2+930	5,30
APIQUE 13	K3+180	4,30
APIQUE 14	K3+430	3,40
APIQUE 15	K3+680	1,92
APIQUE 16	K3+930	1,49
APIQUE 17	K4+180	1,50
APIQUE 18	K4+430	1,53
APIQUE 19	K4+680	1,51
APIQUE 20	K4+930	1,56
APIQUE 21	K5+180	1,62
APIQUE 22	K5+430	1,74
APIQUE 23	K5+680	1,57
APIQUE 24	K5+930	1,92
APIQUE 25	K6+180	1,67
APIQUE 26	K6+430	1,51
APIQUE 27	K6+680	1,56
APIQUE 28	K6+930	1,10
APIQUE 29	K7+180	1,49
APIQUE 30	K7+430	1,57
APIQUE 31	K7+680	1,55
APIQUE 32	K7+930	1,52

 GEICOL S.A.S. GRUPO EMPRESARIAL DE INFRAESTRUCTURA COLOMBIANO S.A.S. NIT 800.256.897-0	VOLUMEN IV ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y ESTABILIZACIÓN	Calle 37 Norte No. 3 G-N-19 Teléfono 6656005 - 6544200 Celular 311-4779615 CALI www.geicol.net e-mail: info@geicol.net rceron@geicol.net
	AUTOR: EBERTO ORTEGA	PÁG.25

 LO HACEMOS MEJOR GOBIERNO DEL CESAR	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS 2020, EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR	DEPARTAMENTO DEL CESAR SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA NIT. 892.399.999-1 Calle 16 # 12 - 120 – Edificio Alfonso López Michelsen Valledupar - Cesar Teléfonos: (575)-5709866 www.cesar.gov.co
	INFORME FINAL TRAMO ARJONA - ASTREA	

De acuerdo con los resultados del ensayo granulométrico realizado a cada una de las muestras del material que compone la zona de exploración se muestra en la siguiente tabla los resultados obtenidos para el tramo Arjona – Astrea.

Tabla No. 10 Resultados del análisis granulométrico

MUESTRA	ABSCISA	MARGEN	CLASIF. S.U.C.S.	CLASIF. AASHTO	GRANULOMETRÍA % QUE PASA		
					Aren a	Finos	Grava
1	0+370	IZQUIERDO	SM	A-2-4	49,8	32,1	18,1
2	0+370	DERECHO	SC-SM	A-2-4	52,7	26,3	21
3	0+500	IZQUIERDO	SC-SM	A-2-4	49,3	31,8	18,9
4	0+500	DERECHO	SM	A-2-4	52,7	26,3	21
5	0+662	IZQUIERDO	SC-SM	A-2-4	53,6	25,4	21
6	0+662	DERECHO	SC	A-4	46,2	36,9	16,9
7	0+750	IZQUIERDO	SC-SM	A-2-4	48,6	31,9	19,5
8	0+750	DERECHO	SM	A-2-4	48,8	31,7	19,5
9	0+935	IZQUIERDO	SC	A-2-6	54,8	24,2	21
10	0+935	DERECHO	SM	A-2-4	48,7	32,3	19
11	1+170	IZQUIERDO	SC	A-2-4	55,2	23,7	21,1
12	1+170	DERECHO	SM	A-2-4	50,9	28,8	20,3
13	1+306	IZQUIERDO	SC	A-2-4	52,8	27,1	20,1
14	1+306	DERECHO	SM	A-2-4	51	29,4	19,6
15	1+500	IZQUIERDO	SC-SM	A-2-4	50,5	31	18,5
16	1+500	DERECHO	SM	A-1-b	56,2	21,4	22,4
17	1+782	IZQUIERDO	SC-SM	A-2-4	51,6	28,4	20
18	1+782	DERECHO	SM	A-2-4	49,3	31	19,7
19	1+950	IZQUIERDO	SC	A-2-4	56,4	20,5	23,1
20	1+950	DERECHO	SM	A-2-4	51,3	29,4	19,3

 GEICOL S.A.S. GRUPO EMPRESARIAL DE INFRAESTRUCTURA COLOMBIANO S.A.S. NIT 800.256.897-0	VOLUMEN IV ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y ESTABILIZACIÓN	Calle 37 Norte No. 3 G-N-19 Teléfono 6656005 - 6544200 Celular 311-4779615 CALI www.geicol.net e-mail: info@geicol.net rceron@geicol.net
	AUTOR: EBERTO ORTEGA	PÁG.26

 LO HACEMOS MEJOR GOBIERNO DEL CESAR	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS 2020, EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR	DEPARTAMENTO DEL CESAR SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA NIT. 892.399.999-1 Calle 16 # 12 - 120 – Edificio Alfonso López Michelsen Valledupar - Cesar Teléfonos: (575)-5709866 www.cesar.gov.co
	INFORME FINAL TRAMO ARJONA - ASTREA	

21	2+047	IZQUIERDO	SC	A-2-4	50,9	29,7	19,4
22	2+047	DERECHO	SM	A-2-4	48,7	32,8	18,5
23	2+400	IZQUIERDO	SC	A-2-4	53,3	26,3	20,4
24	2+400	DERECHO	SC	A-2-6	54,7	23,5	21,8
25	2+600	IZQUIERDO	SC	A-2-4	54,3	24,9	20,8
26	2+600	DERECHO	SC	A-2-6	54,1	24,3	21,6
27	2+840	IZQUIERDO	SC-SM	A-4	45,2	38,5	16,3
28	2+840	DERECHO	SM	A-2-4	49,3	30,6	20,1
29	3+102	IZQUIERDO	SM	A-2-4	53,7	25,8	20,5
30	3+102	DERECHO	SM	A-2-4	49,8	32,5	17,7
31	3+288	IZQUIERDO	SC	A-2-4	47,4	34,5	18,1
32	3+288	DERECHO	SM	A-2-4	51,3	29,2	19,5
33	3+320	IZQUIERDO	SC	A-2-4	55,7	21,3	23
34	3+320	DERECHO	SM	A-4	45,4	37,7	16,9
35	3+445	IZQUIERDO	SC	A-2-4	58,5	17,3	24,2
36	3+445	DERECHO	SM	A-4	47,1	37,2	15,7
37	3+550	IZQUIERDO		A-4	36,7	49,7	13,6
38	3+550	DERECHO	SM	A-2-4	50,3	29,7	20
39	3+637	IZQUIERDO	SC-SM	A-2-4	50,5	31,4	18,1
40	3+637	DERECHO	SM	A-2-4	50,8	30	19,2
41	3+932	IZQUIERDO	SC	A-2-4	52,2	26,3	21,5
42	3+932	DERECHO	SM	A-2-4	49,9	32,2	17,9
43	4+130	IZQUIERDO	SC	A-2-4	53	25,7	21,3
44	4+130	DERECHO	SM	A-2-4	48,8	33,9	17,3
45	4+320	IZQUIERDO	SC	A-4	44,6	39,5	15,9
46	4+320	DERECHO	SM	A-2-4	48,4	33,9	17,7

 GEICOL S.A.S. GRUPO EMPRESARIAL DE INFRAESTRUCTURA COLOMBIANO S.A.S. NIT 800.256.897-0	VOLUMEN IV ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y ESTABILIZACIÓN	Calle 37 Norte No. 3 G-N-19 Teléfono 6656005 - 6544200 Celular 311-4779615 CALI www.geicol.net e-mail: info@geicol.net rceron@geicol.net
	AUTOR: EBERTO ORTEGA	PÁG.27

 LO HACEMOS MEJOR GOBIERNO DEL CESAR	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS 2020, EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR	DEPARTAMENTO DEL CESAR SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA NIT. 892.399.999-1 Calle 16 # 12 - 120 – Edificio Alfonso López Michelsen Valledupar - Cesar Teléfonos: (575)-5709866 www.cesar.gov.co
	INFORME FINAL TRAMO ARJONA - ASTREA	

47	4+445	IZQUIERDO	SC-SM	A-2-4	49,3	31,8	18,9
48	4+445	DERECHO	SM	A-2-4	52,7	26,3	21
49	4+675	IZQUIERDO	SM	A-2-4	49,8	32,1	18,1
50	4+675	DERECHO	SC-SM	A-2-4	52,7	26,3	21
51	4+950	IZQUIERDO	SC-SM	A-2-4	48,6	31,9	19,5
52	4+950	DERECHO	SM	A-2-4	48,8	31,7	19,5
53	5+200	IZQUIERDO	SC-SM	A-2-4	53,6	25,4	21
54	5+200	DERECHO	SC	A-4	46,2	36,9	16,9
55	5+450	IZQUIERDO	SC	A-2-6	54,8	24,2	21
56	5+450	DERECHO	SM	A-2-4	48,7	32,3	19
57	5+600	IZQUIERDO	SC	A-2-4	50,9	29,7	19,4
58	5+600	DERECHO	SM	A-2-4	48,7	32,8	18,5
59	5+810	IZQUIERDO	SC	A-2-4	54,3	24,9	20,8
60	5+810	DERECHO	SC	A-2-6	54,1	24,3	21,6
61	6+245	IZQUIERDO	SM	A-2-4	53,7	25,8	20,5
62	6+245	DERECHO	SM	A-2-4	49,8	32,5	17,7
63	6+665	IZQUIERDO	SC	A-2-4	55,7	21,3	23
64	6+665	DERECHO	SM	A-4	45,4	37,7	16,9
65	6+732	IZQUIERDO		A-4	36,7	49,7	13,6
66	6+732	DERECHO	SM	A-2-4	50,3	29,7	20
67	6+813	IZQUIERDO	SC-SM	A-2-4	51,6	28,4	20
68	6+813	DERECHO	SM	A-2-4	49,3	31	19,7
69	7+150	IZQUIERDO	SC	A-2-4	56,4	20,5	23,1
70	7+150	DERECHO	SM	A-2-4	51,3	29,4	19,3
71	7+300	IZQUIERDO	SC	A-2-4	52,8	27,1	20,1
72	7+300	DERECHO	SM	A-2-4	51	29,4	19,6

 GEICOL S.A.S. GRUPO EMPRESARIAL DE INFRAESTRUCTURA COLOMBIANO S.A.S. NIT 800.256.897-0	VOLUMEN IV ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y ESTABILIZACIÓN	Calle 37 Norte No. 3 G-N-19 Teléfono 6656005 - 6544200 Celular 311-4779615 CALI www.geicol.net e-mail: info@geicol.net rceron@geicol.net
	AUTOR: EBERTO ORTEGA	PÁG.28

 LO HACEMOS MEJOR GOBIERNO DEL CESAR	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS 2020, EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR	DEPARTAMENTO DEL CESAR SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA NIT. 892.399.999-1 Calle 16 # 12 - 120 – Edificio Alfonso López Michelsen Valledupar - Cesar Teléfonos: (575)-5709866 www.cesar.gov.co
	INFORME FINAL TRAMO ARJONA - ASTREA	

73	7+700	IZQUIERDO	SC	A-2-4	55,2	23,7	21,1
74	7+700	DERECHO	SM	A-2-4	50,9	28,8	20,3

Fuente. Autores

De los datos obtenidos en el ensayo de límites e índice de plasticidad a cada una de las muestras obtenidas se han determinado los valores mostrados en la tabla 11.

Tabla No. 11 Resultados de los límites de Atterberg

MUESTRA	ABSCISA	MARGEN	CLASIF. S.U.C.S.	LÍMITES DE ATTERBERG		
				L.L	L.P	I.P
1	0+370	IZQUIERDO	SM	23.0	19.4	3.6
2	0+370	DERECHO	SC-SM	24.0	19.4	4.6
3	0+500	IZQUIERDO	SC-SM	26.0	19.4	6.6
4	0+500	DERECHO	SM	20.0	19.4	0.6
5	0+662	IZQUIERDO	SC-SM	24.0	19.4	4.6
6	0+662	DERECHO	SC	27.0	19.4	7.6
7	0+750	IZQUIERDO	SC-SM	25.0	19.4	5.6
8	0+750	DERECHO	SM	20.0	19.4	0.6
9	0+935	IZQUIERDO	SC	31.0	19.4	11.6
10	0+935	DERECHO	SM	20.0	19.4	0.6
11	1+170	IZQUIERDO	SC	27.0	19.4	7.6
12	1+170	DERECHO	SM	23.0	19.4	3.6
13	1+306	IZQUIERDO	SC	28.0	19.4	8.6
14	1+306	DERECHO	SM	21.0	19.4	1.6
15	1+500	IZQUIERDO	SC-SM	25.0	19.4	5.6
16	1+500	DERECHO	SM	20.0	19.4	0.6
17	1+782	IZQUIERDO	SC-SM	26.0	19.4	6.6
18	1+782	DERECHO	SM	22.0	19.4	2.6
19	1+950	IZQUIERDO	SC	27.0	19.4	7.6
20	1+950	DERECHO	SM	21.0	19.4	1.6
21	2+047	IZQUIERDO	SC	27.0	19.4	7.6
22	2+047	DERECHO	SM	22.0	19.4	2.6
23	2+400	IZQUIERDO	SC	27.0	19.4	7.6
24	2+400	DERECHO	SC	38.0	19.4	18.6
25	2+600	IZQUIERDO	SC	28.0	19.4	8.6
26	2+600	DERECHO	SC	33.0	19.4	13.6
27	2+840	IZQUIERDO	SC-SM	26.0	19.4	6.6
28	2+840	DERECHO	SM	21.0	19.4	1.6
29	3+102	IZQUIERDO	SM	23.0	19.4	3.6
30	3+102	DERECHO	SM	20.0	19.4	0.6
31	3+288	IZQUIERDO	SC	28.0	19.4	8.6
32	3+288	DERECHO	SM	20.0	19.4	0.6

 GEICOL S.A.S. GRUPO EMPRESARIAL DE INFRAESTRUCTURA COLOMBIANO S.A.S. NIT 800.256.897-0	VOLUMEN IV ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y ESTABILIZACIÓN	Calle 37 Norte No. 3 G-N-19 Teléfono 6656005 - 6544200 Celular 311-4779615 CALI www.geicol.net e-mail: info@geicol.net rceron@geicol.net
	AUTOR: EBERTO ORTEGA	PÁG.29

 LO HACEMOS MEJOR GOBIERNO DEL CESAR	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS 2020, EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR	DEPARTAMENTO DEL CESAR SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA NIT. 892.399.999-1 Calle 16 # 12 - 120 – Edificio Alfonso López Michelsen Valledupar - Cesar Teléfonos: (575)-5709866 www.cesar.gov.co
	INFORME FINAL TRAMO ARJONA - ASTREA	

33	3+320	IZQUIERDO	SC	27.0	19.4	7.6
34	3+320	DERECHO	SM	20.0	19.4	0.6
35	3+445	IZQUIERDO	SC	27.0	19.4	7.6
36	3+445	DERECHO	SM	22.0	19.4	2.6
37	3+550	IZQUIERDO		26.0	19.4	6.6
38	3+550	DERECHO	SM	20.0	19.4	0.6
39	3+637	IZQUIERDO	SC-SM	26.0	19.4	6.6
40	3+637	DERECHO	SM	23.0	19.4	3.6
41	3+932	IZQUIERDO	SC	27.0	19.4	7.6
42	2+932	DERECHO	SM	20.0	19.4	0.6
43	4+130	IZQUIERDO	SC	27.0	19.4	7.6
44	4+130	DERECHO	SM	20.0	19.4	0.6
45	4+320	IZQUIERDO	SC	27.0	19.4	7.6
46	4+320	DERECHO	SM	21.0	19.4	1.6
47	4+445	IZQUIERDO	SC-SM	26.0	19.4	6.6
48	4+445	DERECHO	SM	20.0	19.4	0.6
49	4+675	IZQUIERDO	SM	23.0	19.4	3.6
50	4+675	DERECHO	SC-SM	24.0	19.4	4.6
51	4+950	IZQUIERDO	SC-SM	25.0	19.4	5.6
52	4+950	DERECHO	SM	20.0	19.4	0.6
53	5+200	IZQUIERDO	SC-SM	24.0	19.4	4.6
54	5+200	DERECHO	SC	27.0	19.4	7.6
55	5+450	IZQUIERDO	SC	31.0	19.4	11.6
56	5+450	DERECHO	SM	20.0	19.4	0.6
57	5+600	IZQUIERDO	SC	27.0	19.4	7.6
58	5+600	DERECHO	SM	22.0	19.4	2.6
59	5+810	IZQUIERDO	SC	28.0	19.4	8.6
60	5+810	DERECHO	SC	33.0	19.4	13.6
61	6+245	IZQUIERDO	SM	23.0	19.4	3.6
62	6+245	DERECHO	SM	20.0	19.4	0.6
63	6+665	IZQUIERDO	SC	27.0	19.4	7.6
64	6+665	DERECHO	SM	20.0	19.4	0.6
65	6+732	IZQUIERDO		26.0	19.4	6.6
66	6+732	DERECHO	SM	20.0	19.4	0.6
67	6+813	IZQUIERDO	SC-SM	26.0	19.4	6.6
68	6+813	DERECHO	SM	22.0	19.4	2.6
69	7+150	IZQUIERDO	SC	27.0	19.4	7.6
70	7+150	DERECHO	SM	21.0	19.4	1.6
71	7+300	IZQUIERDO	SC	28.0	19.4	8.6
72	7+300	DERECHO	SM	21.0	19.4	1.6
73	7+700	IZQUIERDO	SC	27.0	19.4	7.6
74	7+700	DERECHO	SM	23.0	19.4	3.6

Fuente. Autores

 GEICOL S.A.S. GRUPO EMPRESARIAL DE INFRAESTRUCTURA COLOMBIANO S.A.S. NIT 800.256.897-0	VOLUMEN IV ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y ESTABILIZACIÓN	Calle 37 Norte No. 3 G-N-19 Teléfono 6656005 - 6544200 Celular 311-4779615 CALI www.geicol.net e-mail: info@geicol.net rceron@geicol.net
	AUTOR: EBERTO ORTEGA	PÁG.30

 LO HACEMOS MEJOR GOBIERNO DEL CESAR	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS 2020, EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR	DEPARTAMENTO DEL CESAR SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA NIT. 892.399.999-1 Calle 16 # 12 - 120 – Edificio Alfonso López Michelsen Valledupar - Cesar Teléfonos: (575)-5709866 www.cesar.gov.co
	INFORME FINAL TRAMO ARJONA - ASTREA	

De acuerdo con la información obtenida en el ensayo de contenido de humedad natural siguiendo el método A, para cada una de las muestras obtenidas se han determinado los valores mostrados en la tabla 12.

Tabla No. 12 Resultados del ensayo de contenido de humedad

MUESTRA	ABSCISA	MARGEN	CLASIF. S.U.C.S.	CONTENIDO DE AGUA DEL ESPECIMEN (g)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
1	0+370	IZQUIERDO	SM	1.60	20.0
2	0+370	DERECHO	SC-SM	1.60	20.0
3	0+500	IZQUIERDO	SC-SM	1.60	20.0
4	0+500	DERECHO	SM	1.60	20.0
5	0+662	IZQUIERDO	SC-SM	1.20	15.0
6	0+662	DERECHO	SC	1.50	18.5
7	0+750	IZQUIERDO	SC-SM	1.00	11.6
8	0+750	DERECHO	SM	1.10	13.8
9	0+935	IZQUIERDO	SC	1.10	13.8
10	0+935	DERECHO	SM	1.50	18.8
11	1+170	IZQUIERDO	SC	1.50	18.5
12	1+170	DERECHO	SM	0.90	12.0
13	1+306	IZQUIERDO	SC	1.10	12.9
14	1+306	DERECHO	SM	0.60	6.7
15	1+500	IZQUIERDO	SC-SM	0.70	7.9
16	1+500	DERECHO	SM	1.50	18.8
17	1+782	IZQUIERDO	SC-SM	1.50	18.5
18	1+782	DERECHO	SM	1.27	15.2
19	1+950	IZQUIERDO	SC	1.60	20.0
20	1+950	DERECHO	SM	0.60	6.7
21	2+047	IZQUIERDO	SC	1.10	13.8
22	2+047	DERECHO	SM	0.90	11.3
23	2+400	IZQUIERDO	SC	1.40	17.5
24	2+400	DERECHO	SC	1.10	13.8
25	2+600	IZQUIERDO	SC	0.60	7.5
26	2+600	DERECHO	SC	1.10	12.9
27	2+840	IZQUIERDO	SC-SM	1.60	20.0
28	2+840	DERECHO	SM	1.10	12.9
29	3+102	IZQUIERDO	SM	0.80	9.6
30	3+102	DERECHO	SM	1.60	20.0
31	3+288	IZQUIERDO	SC	1.20	14.3
32	3+288	DERECHO	SM	1.10	13.8
33	3+320	IZQUIERDO	SC	0.80	9.1
34	3+320	DERECHO	SM	1.60	20.0
35	3+445	IZQUIERDO	SC	1.00	11.6

 GEICOL S.A.S. GRUPO EMPRESARIAL DE INFRAESTRUCTURA COLOMBIANO S.A.S. NIT 800.256.897-0	VOLUMEN IV ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y ESTABILIZACIÓN	Calle 37 Norte No. 3 G-N-19 Teléfono 6656005 - 6544200 Celular 311-4779615 CALI www.geicol.net e-mail: info@geicol.net rceron@geicol.net
	AUTOR: EBERTO ORTEGA	PÁG.31

 LO HACEMOS MEJOR GOBIERNO DEL CESAR	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS 2020, EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR	DEPARTAMENTO DEL CESAR SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA NIT. 892.399.999-1 Calle 16 # 12 - 120 – Edificio Alfonso López Michelsen Valledupar - Cesar Teléfonos: (575)-5709866 www.cesar.gov.co
	INFORME FINAL TRAMO ARJONA - ASTREA	

36	3+445	DERECHO	SM	0.70	7.9
37	3+550	IZQUIERDO		1.60	20.0
38	3+550	DERECHO	SM	1.20	14.3
39	3+637	IZQUIERDO	SC-SM	1.20	14.3
40	3+637	DERECHO	SM	1.30	15.7
41	3+932	IZQUIERDO	SC	1.00	11.6
42	3+932	DERECHO	SM	1.20	14.3
43	4+130	IZQUIERDO	SC	1.00	11.6
44	4+130	DERECHO	SM	1.10	12.9
45	4+320	IZQUIERDO	SC	1.20	14.3
46	4+320	DERECHO	SM	0.80	9.6
47	4+445	IZQUIERDO	SC-SM	1.60	20.0
48	4+445	DERECHO	SM	1.60	20.0
49	4+675	IZQUIERDO	SM	1.60	20.0
50	4+675	DERECHO	SC-SM	1.60	20.0
51	4+950	IZQUIERDO	SC-SM	1.00	11.6
52	4+950	DERECHO	SM	1.10	13.8
53	5+200	IZQUIERDO	SC-SM	1.20	15.0
54	5+200	DERECHO	SC	1.50	18.5
55	5+450	IZQUIERDO	SC	1.10	13.8
56	5+450	DERECHO	SM	1.50	18.8
57	5+600	IZQUIERDO	SC	1.10	13.8
58	5+600	DERECHO	SM	0.90	11.3
59	5+810	IZQUIERDO	SC	0.60	7.5
60	5+810	DERECHO	SC	1.10	12.9
61	6+245	IZQUIERDO	SM	0.80	9.6
62	6+245	DERECHO	SM	1.60	20.0
63	6+665	IZQUIERDO	SC	0.80	9.1
64	6+665	DERECHO	SM	1.60	20.0
65	6+732	IZQUIERDO		1.60	20.0
66	6+732	DERECHO	SM	1.20	14.3
67	6+813	IZQUIERDO	SC-SM	1.50	18.5
68	6+813	DERECHO	SM	1.27	15.2
69	7+150	IZQUIERDO	SC	1.60	20.0
70	7+150	DERECHO	SM	0.60	6.7
71	7+300	IZQUIERDO	SC	1.10	12.9
72	7+300	DERECHO	SM	0.60	6.7
73	7+700	IZQUIERDO	SC	1.50	18.5
74	7+700	DERECHO	SM	0.90	12.0

Fuente. Autores

Ensayos de caracterización física

Se realizaron ensayos de caracterización a las muestras de suelo, principalmente humedades (ASTM D 2216), límites de Atterberg (ASTM D 4318), granulometrías (ASTM D 422) y pesos unitarios (ASTM D 2167).

 GEICOL S.A.S. GRUPO EMPRESARIAL DE INFRAESTRUCTURA COLOMBIANO S.A.S. NIT 800.256.897-0	VOLUMEN IV ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y ESTABILIZACIÓN	Calle 37 Norte No. 3 G-N-19 Teléfono 6656005 - 6544200 Celular 311-4779615 CALI www.geicol.net e-mail: info@geicol.net rceron@geicol.net
	AUTOR: EBERTO ORTEGA	PÁG.32

Tabla No. 13 Cantidad de ensayos de laboratorio ejecutados – Segunda y tercera fase

GRANULO- METRÍA	LÍMITES CONSISTENCIA	HUMEDAD NATURAL
74	74	74

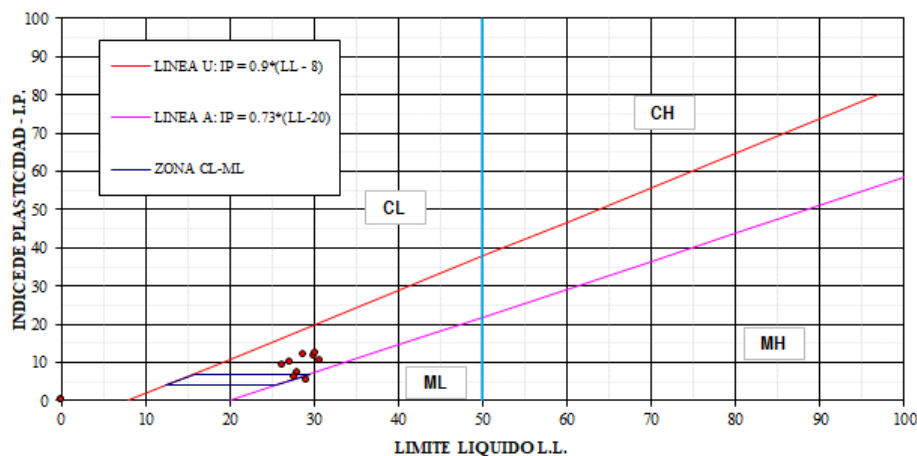


Figura No. 6 – Carta de plasticidad de suelos

4.4 CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y GEOMECÁNICA

Con el fin de desarrollar una sectorización geotécnica del proyecto, se obtiene el perfil estratigráfico de cada perforación en función de los análisis geológicos, geotécnicos, la campaña de exploración efectuada (directa), y los resultados de los ensayos de campo (SPT) y laboratorio. En función de las características litológicas y geomecánicas establecidas por medio de las pruebas realizadas, se determinan las propiedades físicas y mecánicas de los materiales que sean tenidas en cuenta de manera en los cálculos para el diseño de fundaciones.

Es preciso mencionar que posterior a la asignación de los ambientes de formación geológica de cada tipo de material; se realiza un análisis estadístico de la cantidad de muestras que hacen parte de cada una de las categorías de suelos o rocas señaladas por Terzaghi y Peck en sus investigaciones previas a 1950, en las que se clasifica el suelo basándose en el tamaño predominante de la muestra y el resultado de la prueba de SPT en campo.

De acuerdo con esto, se realiza una división entre suelos granulares y cohesivos, como primera medida. La etapa siguiente para la asignación del material geotécnico está encaminada a la calificación mecánica o resistente en función del número de golpes de campo.

La tabla que se presenta a continuación muestra las categorías de Terzaghi y Peck para los suelos granulares.

Tabla No. 14 Clasificación de suelos granulares según Terzaghi y Peck

Clasificación Suelos Granulares	Golpes (N Campo)
Muy suelta	0 - 4
Suelta	5 - 10
Medianamente densa	11 - 30
Densa	31 - 50
Muy densa	>50

Del mismo modo en la siguiente tabla se presentan los niveles de los suelos cohesivos en términos de SPT y de la resistencia al corte no drenado.

Tabla No. 15 Clasificación de suelos cohesivos según Terzaghi y Peck

Clasificación Suelos Cohesivos	Esfuerzo cortante, s_u (kg/cm ²)	Golpes (N Campo)
Muy blando	< 0,125	< 2
Blando	0,125 – 0,250	2 - 4
Moderadamente firme	0,250 – 0,500	5 - 8
Firme	0,500 – 1,000	9 - 15
Muy firme	1,000 – 2,000	16 – 30
Duro	> 2,000	> 30

Una vez clasificados los materiales a partir de su resistencia correlacionada con el número de golpes del SPT, se procede a designar los estratos de suelo y roca con letras, siendo A el estrato más suelto o compresible, B un suelo denso o duro y C hace referencia al macizo rocoso.

La información relacionada con las propiedades físicas de los materiales se compila en una hoja electrónica (*Tabla de Caracterización*) con la que es posible organizar, clasificar y extraer datos para la parametrización geotécnica. Para la estimación de los parámetros de resistencia de los suelos se recurrió a la evaluación de datos del SPT, establecida por González (1999), los resultados de los ensayos de laboratorio, algunas correlaciones como las de Stroud (1974) para la estimación de la cohesión no drenada, Okkels (2013) para una aproximación de la cohesión efectiva, Bowles (1990) para el módulo de elasticidad, así como valores de referencia plasmados en literatura técnica.

A partir de la información recolectada, se logra la identificación de un material principal de suelo con características similares, junto con los parámetros de resistencia establecidos. Este material se describe a continuación.

El proyecto en su totalidad se ubica en su totalidad en la Formación Astrea – Cuesta, compuesta de conglomerados y areniscas en cercanías a Astrea y materiales arcillosos blandos hacia Arjona.

A partir del perfil de variación en profundidad de los valores de N de campo de las pruebas SPT realizadas se puede inferir la presencia de un (1) material: un suelo con una densidad relativa suelta en superficie (hasta 0.50 m) y a muy densa hasta la profundidad sondeada, o en su defecto una consistencia muy firme.

En el Anexo 4 se presentan los resultados de esta evaluación.

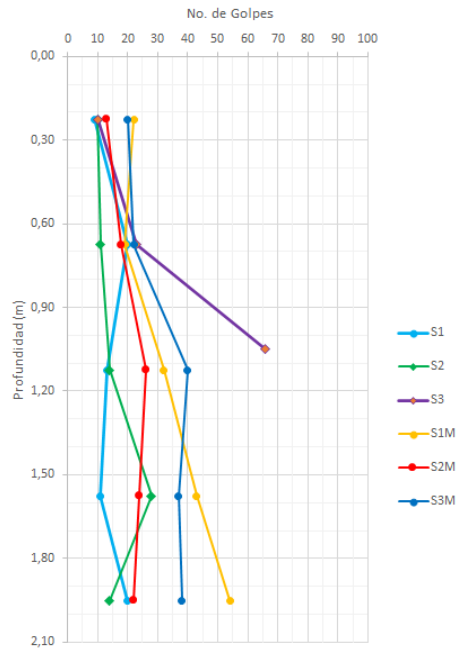


Figura No. 7 – Variación N campo en profundidad

Corresponden en su mayoría con suelos friccionantes finos del tipo arenas arcillosas y arenas limo arcillosas, con finos plásticos, además de arcillas y limos arcillosos de baja plasticidad. En las tablas siguientes se presenta el análisis estadístico de los resultados de las pruebas de campo y laboratorio realizadas para este material.

Tabla No. 16 Propiedades índice del suelo

Parámetro	Mínimo	Máximo	Promedio	Desviación	Mediana	CV	Definido
LL (%)	0	31	23	11,7	28	50%	17,6
LP (%)	0	24	16	8,1	18	51%	11,6
IP (%)	0	12	8	4,4	9	58%	5,1
γ_t (t/m ³)	1,97	2,34	2,12	0,12	2,11	6%	1,97
wn (%)	3,5	13,7	8,7	3,6	8,6	42%	7,2

Tabla No. 17 Propiedades geomecánicas del suelo

Parámetro	Mínimo	Máximo	Promedio	Desviación	Mediana	CV	Definido
N _{campo}	9	66	24	14	21	57%	20

A continuación, se presentan los parámetros geomecánicos obtenidos mediante la corrección y correlación de los valores del ensayo de SPT.

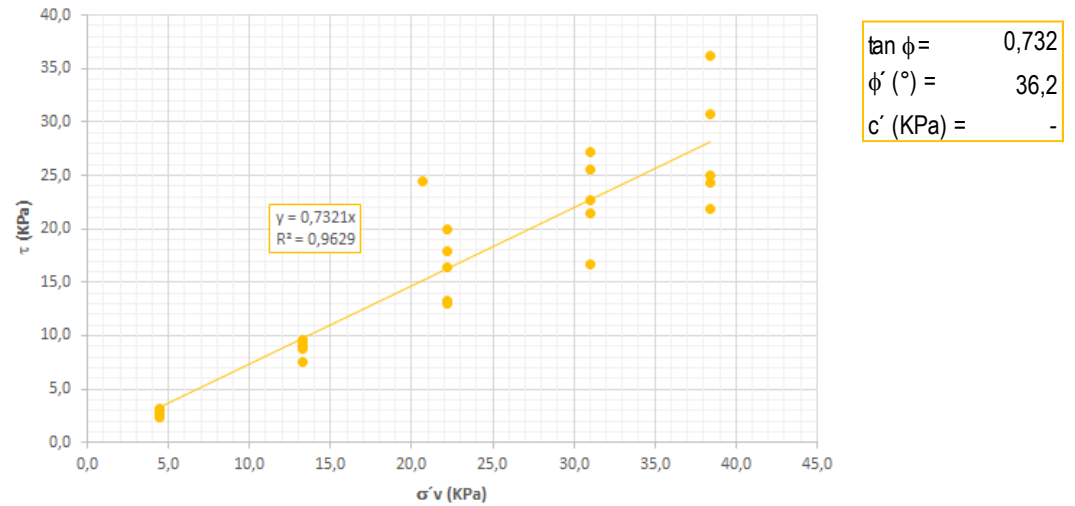


Figura No. 8 – Estimación de parámetros de resistencia a partir del SPT – Evaluación SPT metodología González (1999)

No se registró nivel freático en los sondeos realizados hasta el nivel explorado en el momento en que se ejecutaron.

 LO HACEMOS MEJOR GOBIERNO DEL CESAR	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS 2020, EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR	DEPARTAMENTO DEL CESAR SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA NIT.892.399.999-1 Calle 16 # 12 - 120 – Edificio Alfonso López Michelsen Valledupar - Cesar Teléfonos: (575)-5709866 www.cesar.gov.co
	INFORME FINAL TRAMO ARJONA - ASTREA	

5 ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA

Con el fin de optimizar las etapas de análisis y diseños geotécnicos, se realiza una zonificación de comportamiento homogéneo.

5.1 ZONAS DE COMPORTAMIENTO HOMOGÉNEO

Una vez delimitada la zona geotécnica y conociendo los parámetros índices y de resistencia de los materiales

Se define la zonificación geotécnica tomando como base las características de la zona del proyecto, es decir teniendo en cuenta factores como geomorfología, morfodinámica, y procesos de inestabilidad, y dada la uniformidad en sus factores se define una única zona homogénea.

Con base en la exploración geotécnica y la caracterización realizada se define la presencia de:

En su mayoría se presentan suelos friccionantes finos del tipo arenas arcillosas y arenas limosas y arcillosas, con contenido de gravas entre el 1% y 3.6% en peso (promedio 19%), la humedad natural se encuentra entre el 3.5% y 13.7% (promedio 8.7%), con componente fina plástica con límite líquido que varía entre NL y 31%, un límite plástico que varía entre NP y 21%, y un índice de plasticidad entre NP y 12%. De una densidad suelta a densa hasta la profundidad sondeada (2.10m).

Para los suelos cohesivos encontrados que corresponden a arcillas y limos arcillosos arenosos de baja plasticidad, con un contenido de arenas entre 15% y 39%, con un límite líquido que varía entre 27% y 30%, un límite plástico que varía entre 17% y 24%, y un índice de plasticidad entre 5% y 12%. Con una consistencia firme a muy firme hasta la profundidad sondeada (2.10m).

No se registra nivel freático en los sondeos y apiques realizados.

A continuación, se ilustra el perfil estratigráfico deducido, adicionalmente se presentan parámetros en profundidad como contenido de material (granular, arenas, finos), límites de consistencia, y humedad natural.

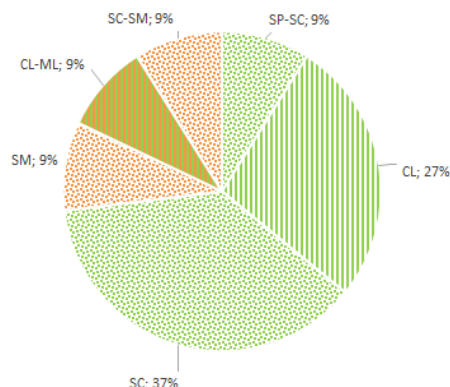


Figura No. 9 – Composición contenido suelos

 GEICOL S.A.S. GRUPO EMPRESARIAL DE INFRAESTRUCTURA COLOMBIANO S.A.S. NIT 800.256.897-0	VOLUMEN IV ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y ESTABILIZACIÓN AUTOR: EBERTO ORTEGA	Calle 37 Norte No. 3 G-N-19 Teléfono 6656005 - 6544200 Celular 311-4779615 CALI www.geicol.net e-mail: info@geicol.net rceron@geicol.net PÁG.37



LO HACEMOS MEJOR
GOBIERNO DEL CESAR

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE
VIAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS 2020,
EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR

INFORME FINAL TRAMO ARJONA - ASTREA

DEPARTAMENTO DEL CESAR
SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA
NIT. 892.399.999-1

Calle 16 # 12 - 120 –
Edificio Alfonso López Michelsen
Valledupar - Cesar
Teléfonos: (575)-5709866

www.cesar.gov.co

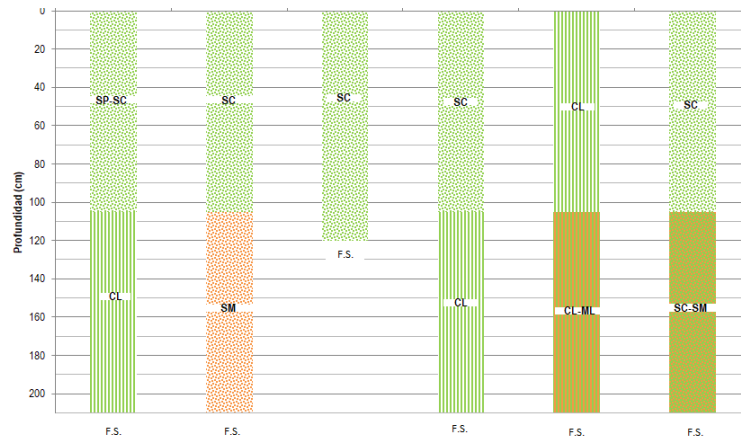


Figura No. 10 – Perfil estratigráfico deducido

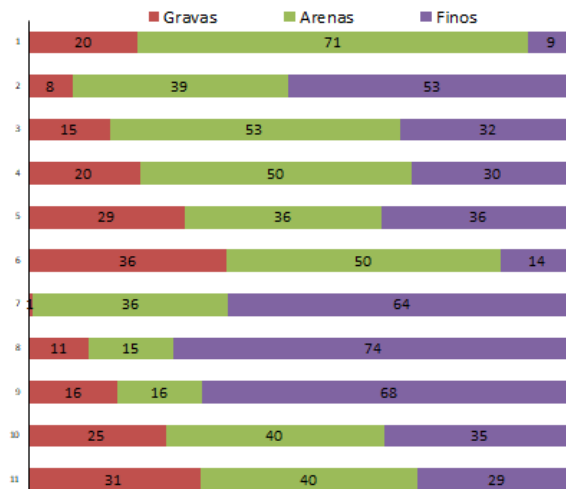


Figura No. 11 – Contenido de material

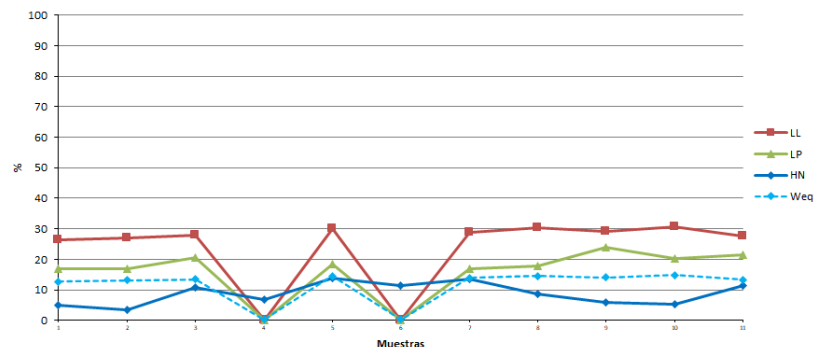


Figura No. 12 – Variación límites de consistencia



NIT 800.256.897-0

VOLUMEN IV
ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES
DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE Y
OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y
ESTABILIZACIÓN

AUTOR: EBERTO ORTEGA

Calle 37 Norte No. 3 G-N-19
Teléfono 6656005 - 6544200
Celular 311-4779615
CALI

www.geicol.net

e-mail:
info@geicol.net
rceron@geicol.net

PÁG.38

 LO HACEMOS MEJOR GOBIERNO DEL CESAR	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS 2020, EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR	DEPARTAMENTO DEL CESAR SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA NIT. 892.399.999-1 Calle 16 # 12 - 120 – Edificio Alfonso López Michelsen Valledupar - Cesar Teléfonos: (575)-5709866 www.cesar.gov.co
	INFORME FINAL TRAMO ARJONA - ASTREA	

Los materiales son muy homogéneos. Las humedades tienden a ser uniformes, se encuentran en el orden del 8.7% entre un 3.5% y 13.7%. La componente fina de los suelos es plástica. La distribución en profundidad permite identificar un componente, caracterizado en su mayoría por la presencia de arenas que alcanzan el orden del 15% al 71% en peso.

La evaluación de la condición del grado de consolidación se realiza a partir de parámetros de consistencia con el método de Mayne y Kemper (1988), definiendo un suelo sobreconsolidado.

La definición de parámetros para consolidación se realiza con base en Skempton (1944), Nagaraj y Murthy (1985), Wroth y Wood (1978) para el índice de compresión (C_c); y para el índice de expansión (C_s) con base en Nagaraj y Murthy (1985), y Kulhawy y Mayne (1990).

Para el cálculo de la velocidad de corte se utilizó el promedio de los métodos de Ohta y Goto (1978), y Yoshida *et al* (1988) aplicables para todo tipo de suelo.

A continuación, se presentan los parámetros obtenidos y su definición.

Tabla No. 18 Propiedades del suelo

Parámetro	Mínimo	Máximo	Promedio	Desviación	Mediana	CV	Definido
Gravas (%)	1	36	19	10,6	20	55%	19,3
Arenas (%)	15	71	41	16,1	40	40%	40,5
Finos (%)	9	74	40	21,5	35	54%	40,2
LL (%)	0	31	23	11,7	28	50%	17,6
LP (%)	0	24	16	8,1	18	51%	11,6
IP (%)	0	12	8	4,4	9	58%	5,1
γ_t (t/m ³)	1,97	2,34	2,12	0,12	2,11	6%	1,97
wn (%)	3,5	13,7	8,7	3,6	8,6	42%	7,2
Es (Kpa)	5921	96259	45742	30858	56453	67%	24925
Vs (m/s)	79	275	170	49,4	175	29%	156
C' (Kpa)	5	33	12	7	11	57%	5
C_s	0,01	0,04	0,03	0,01	0,03	24%	0,02
C_c	0,00	0,19	0,15	0,04	0,16	30%	0,11
ϕ'	26,5	45,2	32,1	4,5	31,8	14%	29,2

5.2 CARACTERIZACIÓN DE ZONAS DE COMPORTAMIENTO HOMOGÉNEO

Una vez delimitada la zona geotécnica y conociendo los parámetros índices y de resistencia de los materiales presentes a lo largo del corredor, se realiza la caracterización de la zona homogénea asignando un perfil estratigráfico promedio y los parámetros más representativos de resistencia.

El perfil estratigráfico y parámetro de resistencia asignado se presentan en la siguiente Tabla.

Los valores presentados en la tabla se definen a partir del análisis de la caracterización geotécnica y geología del proyecto.

 GEICOL S.A.S. GRUPO EMPRESARIAL DE INFRAESTRUCTURA COLOMBIANO S.A.S. NIT 800.256.897-0	VOLUMEN IV ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y ESTABILIZACIÓN	Calle 37 Norte No. 3 G-N-19 Teléfono 6656005 - 6544200 Celular 311-4779615 CALI www.geicol.net e-mail: info@geicol.net rceron@geicol.net
	AUTOR: EBERTO ORTEGA	PÁG.39

 LO HACEMOS MEJOR GOBIERNO DEL CESAR	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS 2020, EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR	DEPARTAMENTO DEL CESAR SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA NIT.892.399.999-1 Calle 16 # 12 - 120 – Edificio Alfonso López Michelsen Valledupar - Cesar Teléfonos: (575)-5709866 www.cesar.gov.co
	INFORME FINAL TRAMO ARJONA - ASTREA	

Tabla No. 19 Propiedades modelo geológico-geotécnico

Unidad geológica superficial	Formación Astrea-Cuesta
Descripción	Conglomerados y areniscas en cercanías a Astrea - Materiales arcillosos blandos hacia Arjona
Profundidad (m)	0,00 - 2,10
Consistencia	Medianamente denso / Muy firme
Número de golpes N	20
Peso unitario γ (T/m ³)	1,97
Angulo de fricción efectiva ϕ (°)	29,2
Cohesion efectiva c (KPa)	5
Cohesión no drenada C_u (KPa)	0,0
Módulo de elasticidad E_s (Kpa)	24925
Velocidad onda de corte V_s (m/s)	156
Índice de Expansión (Cs)	0,02
Índice de Compresión (Cc)	0,11
Gravas (%)	19,3
Arenas (%)	40,5
Finos (%)	40,2
Límite Líquido LL (%)	18
Límite Plástico LP (%)	12
Índice de Plasticidad IP (%)	5
Humedad Natural w_n (%)	7,2
Relación de Poisson μ	0,35

 GEICOL S.A.S. GRUPO EMPRESARIAL DE INFRAESTRUCTURA COLOMBIANO S.A.S NIT 800.256.897-0	VOLUMEN IV ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y ESTABILIZACIÓN	Calle 37 Norte No. 3 G-N-19 Teléfono 6656005 - 6544200 Celular 311-4779615 CALI www.geicol.net e-mail: info@geicol.net rceron@geicol.net
	AUTOR: EBERTO ORTEGA	PÁG.40

6 CONDICIONES GEOTÉCNICAS ESPECIALES

6.1 POTENCIAL DE EXPANSIÓN

De acuerdo con los trabajos de campo y laboratorio los estratos predominantes existentes en superficie en la zona son suelos friccionantes finos tipo arenas con finos plásticos y en menor proporción suelos cohesivos tipo arcillas de baja plasticidad.

Con el objeto de evaluar las características expansivas de los estratos de suelos empleamos un sistema cualitativo que utiliza la correlación presentada en la siguiente Tabla en la cual, a partir del índice de plasticidad se califica el comportamiento expansivo.

Tabla No. 20 Clasificación suelos expansivos

Potencial de Expansión	Expansión (%) medida en Consolidómetro Bajo Presión Vertical de 0.07 Kg/cm ²	Límite Líquido LI, en (%)	Límite de Contracción en (%)	Índice de Plasticidad Ip, en (%)	Porcentaje de partículas menores de una Micra (µ)	Expansión Libre en (%) medida en Probeta
Muy Alto	> 30	> 63	< 10	> 32	> 37	> 100
Alto	20 – 30	50 - 63	6 – 12	23 - 45	18 - 37	> 100
Medio	10 – 20	39 - 50	8 – 18	12 - 34	12 - 27	50 - 100
Bajo	< 10	< 39	> 13	< 20	< 17	< 50

Fuente: NSR-10 – Tabla H.9.1-1 Pág.50.

La determinación del potencial de expansión toma en consideración todos los valores de las propiedades índices del suelo, para cada estrato, adoptando la condición del rango donde se registran todos los valores. Adicionalmente se tiene en cuenta las condiciones de humedad, la profundidad del estrato y la evidencia del comportamiento en zonas aledañas.

Tabla No. 21 Capacidad del potencial de expansión

Estrato	Índice de Plasticidad	Capacidad del Potencial de Expansión – Ip	Límite Líquido	Capacidad del Potencial de Expansión - LI
SP-SC / SC / SM / SC-SM	NP - 12	Bajo	NL - 30	Bajo
CL / CL-ML	5 - 12	Bajo	27 - 30	Bajo

Los suelos registrados presentan índices que los califican con un potencial de expansión bajo.

 LO HACEMOS MEJOR GOBIERNO DEL CESAR	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS 2020, EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR	DEPARTAMENTO DEL CESAR SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA NIT. 892.399.999-1 Calle 16 # 12 - 120 – Edificio Alfonso López Michelsen Valledupar - Cesar Teléfonos: (575)-5709866 www.cesar.gov.co
	INFORME FINAL TRAMO ARJONA - ASTREA	

6.2 SUSCEPTIBILIDAD A LA LICUACIÓN

La licuación es una condición que generalmente ocurre en arenas saturadas de densidad media a suelta, en la cual el suelo pierde su resistencia y se comporta como un fluido, debido a la generación de altas presiones en el agua que se encuentra entre sus granos cuando los esfuerzos de corte inducidos por el sismo llegan a ser críticos, ocasionando grandes desplazamientos verticales y laterales del terreno (flotación de partículas), y por consecuencia, deformaciones de las estructuras apoyadas por los cambios volumétricos severos del subsuelo.

Teniendo en cuenta que no todos los suelos son licuables es importante resaltar algunas de las características del depósito de suelo, que conduce a que sean susceptibles a la licuación. Entre estos criterios y/o parámetros geotécnicos se destacan¹:

- La edad geológica es determinante: depósitos del cuaternario son más susceptibles, y la licuación de depósitos de edades anteriores no es común.
- El depósito del suelo debe estar saturado, o cerca de la saturación.
- Pueden clasificarse como licuables los depósitos de abanicos y planicies aluviales.
- Son muy susceptibles a la licuación las arenas finas y arenas limosas, relativamente uniformes, con densidad suelta y media.
- Los limos, limos arcillosos y arcillas limosas, de baja plasticidad y con la humedad natural cercana al límite líquido, también son susceptibles de presentar licuación.
- Suelos con partículas redondeadas, son más susceptibles que suelos con partículas anguladas, suelos con partículas micáceas (origen volcánico), son más susceptibles.

Con el objeto de validar los criterios y/o características indicadas se considera realizar la evaluación de la susceptibilidad de la licuación.

6.2.1 Validación de la susceptibilidad a la licuación

Metodología NCEER 1996

La evaluación potencial de licuación en suelos se realiza empleando la información de los ensayos SPT (Valor de N) y procedimiento simplificado semi-analítico recomendado en el último Workshop sobre el tema (NCEER, 1996). Adicionalmente, la resistencia a la licuación se suelos arcillosos o finos se efectuó mediante el criterio “cualitativo” basado en los límites de Atterberg (IP, HN/LL) que permite definir indicadores de susceptibilidad (Bray et al. 2006), siendo estas investigaciones aún muy reducidas y de carácter preliminar.

El procedimiento considera la evaluación del máximo esfuerzo cortante que cada capa de suelo puede resistir al estar expuesto a las aceleraciones horizontales; la resistencia de la capa de subsuelo (relación de resistencia cíclica, CRR) depende de factores como su densidad relativa, plasticidad, granulometría y presión de confinamiento inicial. De igual forma se evalúa el esfuerzo cortante promedio inducido por el sismo (relación de esfuerzos cíclicos, CSR), que mide la demanda sísmica del lugar donde se encuentra el depósito de suelo: este

¹ Normatividad aplicable:

- Reglamento Colombiano de Construcción Sismo-resistente, NSR-10: Capítulo H.7.4.4. Susceptibilidad a la licuación.

 GEICOL S.A.S. GRUPO EMPRESARIAL DE INFRAESTRUCTURA COLOMBIANO S.A.S. NIT 800.256.897-0	VOLUMEN IV ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y ESTABILIZACIÓN	Calle 37 Norte No. 3 G-N-19 Teléfono 6656005 - 6544200 Celular 311-4779615 CALI www.geicol.net e-mail: info@geicol.net rceron@geicol.net
	AUTOR: EBERTO ORTEGA	PÁG.42

 LO HACEMOS MEJOR GOBIERNO DEL CESAR	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS 2020, EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR	DEPARTAMENTO DEL CESAR SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA NIT.892.399.999-1 Calle 16 # 12 - 120 – Edificio Alfonso López Michelsen Valledupar - Cesar Teléfonos: (575)-5709866 www.cesar.gov.co
	INFORME FINAL TRAMO ARJONA - ASTREA	

valor depende de factores asociados al sismo de diseño: magnitud, intensidad, duración, contenido frecuencial y máxima aceleración del terreno.

El factor de seguridad (F.S) contra licuación se define como la relación entre el máximo esfuerzo cortante que cada capa o estrato de suelo puede resistir, y el esfuerzo cortante promedio que se espera produzca el sismo de diseño ($F.S = CRR/CSR$), en donde un F.S. = 1.0 define la frontera entre suelos Licuables y No licuables. Se considera un factor de seguridad mínimo (F.S. min) de 1.0 de acuerdo con la incertidumbre en los datos básicos de análisis, valores del factor de seguridad inferiores al mencionado indicarán susceptibilidad o posibilidad de licuación, lo cual será dependiente en mayor o menor medida de los factores de análisis mencionados.

Para este análisis se utilizó un sismo de diseño de magnitud $M_w = 7.5$ (magnitud máxima de las fuentes sismogénicas que más contribuyen al nivel de amenaza sísmica, con una aceleración máxima de 0.25 g valor según la norma NSR-10) para un periodo de retorno de 475 años que corresponden a una probabilidad de excedencia del 10% en un lapso de 50 años.

Los valores de la relación cíclica de esfuerzos inducida por el sismo de diseño (CSR) y de resistencia del suelo a cargas de tipo cíclico (CRR), al igual que los resultados de cálculo del factor de seguridad contra licuación se consideran en las siguientes tablas y se presenta la gráfica de cálculo del factor de seguridad contra licuación.

Los datos de cálculo registrados son:

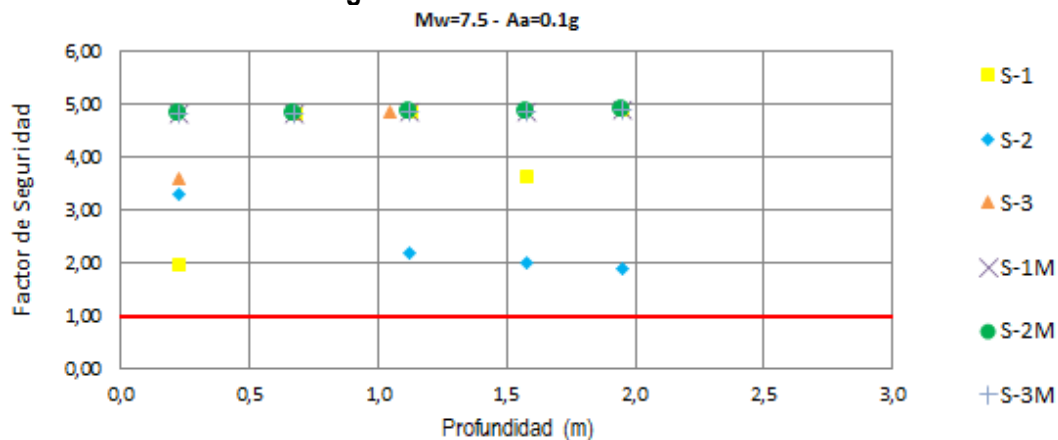
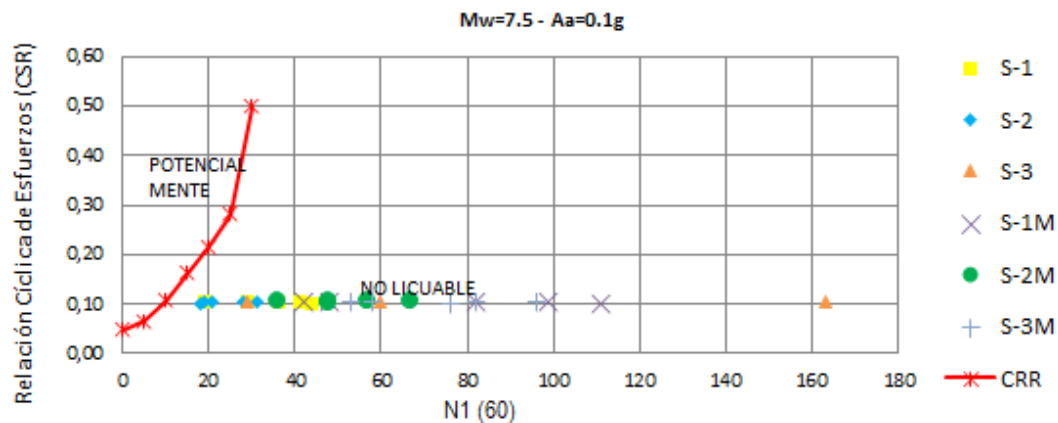
- Numero de capa
- Clasificación del suelo por USCS
- Profundidad de la muestra a la que se le realizo el ensayo de penetración estándar EPS. "Z" en metros.
- Peso unitario total. " G_t " en KN/m^3 .
- Porcentaje de finos (pasa tamiz N°200) de la muestra. " FINOS " en porcentaje.
- Índice de plasticidad de la muestra. " IP " en porcentaje.
- Registro del Ensayo de penetración estándar EPS. " N_{Medido} " en golpes/pie.
- α , Corrección por contenido de finos. " $\alpha = Si \text{ } \%finos \leq 5 = 0 \text{ y } \%finos \geq 35 = 5$ ".
- β , Corrección por finos, Si $\%finos \leq 5 = 1$ y $\%finos \geq 35 = 1.2$
- Corrección por eficiencia de equipo, CE = 60%
- Corrección por presión de confinamiento. " $C_n = (101/s'_{v1}) ^{0.5}$ "
- CB, Corrección por Diámetro
- Factor de corrección por plasticidad. " CP = si $\%finos > 15$ y $IP > 15$ entonces $C_p = 1.1$ ó $CP = 1$ para $IP < 15$ ".
- Valor ensayo de penetración estándar corregido. " $(N_1)_{60} = N_{Medido} * C_n * \beta * C_p * CE/60 + \alpha$ ".
- Esfuerzo vertical total y efectivo. " s_v " y " s'_v " en Kpa.
- Presión de Poros. " m "
- Factor de atenuación de esfuerzos en profundidad. G_d
- Aceleración máxima esperada a nivel de superficie. " $a_{max} = A_a * S$ ".
- CSR, Relación de resistencia Cíclica

 GEICOL S.A.S. GRUPO EMPRESARIAL DE INFRAESTRUCTURA COLOMBIANO S.A.S. NIT 800.256.897-0	VOLUMEN IV ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y ESTABILIZACIÓN	Calle 37 Norte No. 3 G-N-19 Teléfono 6656005 - 6544200 Celular 311-4779615 CALI www.geicol.net e-mail: info@geicol.net rceron@geicol.net
	AUTOR: EBERTO ORTEGA	PÁG.43

- CRR, Relación de Esfuerzo Cíclico
- Condición de licuación o no-licuación. "Si CRR > CSR = Estrato No Licuable "
- Nivel freático Inicial, en metros.
- Nivel Freático final, en metros.
- Diámetro perforación, en mm.
- Mw, Diseño de magnitud.
- Aceleración pico esperada en el sitio a nivel de la roca. " A_a " - Código NSR 10.
- Fa = S, según perfil.

$$\frac{\tau_{av}}{\sigma'_{vo}} = 0.65 \frac{a_{max}}{g} \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} r_d$$

En el Anexo 5 se presentan los análisis y resultados del chequeo de la susceptibilidad a la licuación de los suelos en cada uno de los sondeos.



	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS 2020, EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR	DEPARTAMENTO DEL CESAR SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA NIT. 892.399.999-1 Calle 16 # 12 - 120 – Edificio Alfonso López Michelsen Valledupar - Cesar Teléfonos: (575)-5709866 www.cesar.gov.co
	INFORME FINAL TRAMO ARJONA - ASTREA	

De acuerdo con la evaluación se valida la consideración de una susceptibilidad baja a nula para la ocurrencia de procesos de licuación del terreno por efectos sísmicos, de acuerdo con la información disponible y los análisis realizados.

6.3 SUELOS COLAPSABLES

En general, no se identifican indirectamente en la zona de las perforaciones y apiques unos suelos de características o comportamiento colapsable ante el aumento de la humedad o su saturación (suelos aluviales y coluviales, eólicos, cenizas, residuales), según los criterios del Capítulo H.9 del reglamento NSR-10. Adicionalmente, teniendo en cuenta el Capítulo H.9.3.3 — Criterio de evaluación para la identificación de suelos colapsables, se determinan valores de $\gamma_d / \gamma_{dcrit}$ entre 1.30 y 1.59, mayores a 1.0, es decir, indicando la presencia de suelos no colapsables.

Sin embargo, se identificaron 5 puntos críticos que presentan características de suelos colapsables, por lo tanto, se requiere implementar medidas de estabilidad de taludes en dichos tramos críticos del corredor, específicamente entre los sectores identificados como susceptibles a procesos de inestabilidad. Estos sectores presentan condiciones geotécnicas propensas a deslizamientos, caídas de material o erosión acelerada, por lo cual se recomienda la ejecución de intervenciones que incluyan obras de sostenimiento, sistemas de drenaje superficial y subterráneo, así como control de escorrentías, a fin de garantizar la seguridad y funcionalidad de la infraestructura vial.

 NIT 800.256.897-0	VOLUMEN IV ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y ESTABILIZACIÓN	Calle 37 Norte No. 3 G-N-19 Teléfono 6656005 - 6544200 Celular 311-4779615 CALI www.geicol.net e-mail: info@geicol.net rceron@geicol.net
	AUTOR: EBERTO ORTEGA	PÁG.45

 LO HACEMOS MEJOR GOBIERNO DEL CESAR	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS 2020, EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR	DEPARTAMENTO DEL CESAR SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA NIT. 892.399.999-1 Calle 16 # 12 - 120 – Edificio Alfonso López Michelsen Valledupar - Cesar Teléfonos: (575)-5709866 www.cesar.gov.co
	INFORME FINAL TRAMO ARJONA - ASTREA	

7 PARÁMETROS DE DISEÑO SÍSMICO

Las estructuras se deben diseñar para tener la capacidad de resistir además de las fuerzas y cargas normales debidas a su uso, aquellas debidas a movimientos sísmicos, es decir que podrán presentar daños en elementos no estructurales e incluso en elementos estructurales, pero nunca colapsar. Debido a esto se incluye dentro de los factores de análisis de diseño, el sismo de diseño, el cual corresponde a un sismo fuerte o de gran magnitud. A continuación, se presentan las consideraciones o aspectos sísmicos, registrados en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10), las cuales se aplicarán a los diseños geotécnicos del presente volumen.

7.1 ASPECTOS SÍSMICOS DEL REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE – NSR10

Para efectos del Diseño Sísmico de las estructuras, estas se deben localizar dentro de una de las zonas de amenaza sísmica y además deben utilizarse los movimientos de diseño sísmicos definidos en el Reglamento Colombiano de Construcción sismo resistente NSR- 10, título A, Capítulo A-2.

7.1.1 Zona de amenaza sísmica

La zona del proyecto se localiza en el municipio de Astrea, en el departamento del Cesar, el cual se encuentra en una zona de Amenaza Sísmica Baja, tal como se indica en el Apéndice A-4 de la NSR-10, con valores aplicables de: Aa corresponde a 0,10g, y Av corresponde a la 0,10g.

7.1.2 Efectos locales

A continuación, se describe el procedimiento para determinar los efectos en los movimientos sísmicos de diseño, en la transmisión de las ondas sísmicas en el suelo existente bajo la estructura, en el cual se clasifica el perfil del suelo, según la Tabla A.2.4-1- NSR 10, y se determinan los factores de amplificación del espectro por efectos de sitio F_a (coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos cortos, debido a los efectos de sitio, adimensional) y F_v (coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos intermedios, debido a los efectos de sitio, adimensional).

a. Definición del tipo de perfil de suelo

Se definen seis tipos de perfil de suelo los cuales se presentan en la Tabla A.2.4-4 (NSR-10). Los parámetros utilizados en la clasificación son los correspondientes a los 30 m superiores del perfil para los perfiles tipo A y E.

Los parámetros que se utilizan para definir el tipo de perfil de suelo con base en los 30 m superiores del mismo, considerando ensayos realizados en muestras tomadas al menos cada 1.50 m de espesor del suelo, son: (a) la velocidad media de la onda de cortante, $\bar{v}_s$, en m/s, (b) el número medio de golpes del ensayo de penetración estándar, $\bar{N}$, en golpes/pie a lo largo de todo el perfil, o, (c) cuando se trate de considerar por separado los

 GEICOL S.A.S. GRUPO EMPRESARIAL DE INFRAESTRUCTURA COLOMBIANO S.A.S. NIT 800.256.897-0	VOLUMEN IV ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y ESTABILIZACIÓN	Calle 37 Norte No. 3 G-N-19 Teléfono 6656005 - 6544200 Celular 311-4779615 CALI www.geicol.net e-mail: info@geicol.net rceron@geicol.net
	AUTOR: EBERTO ORTEGA	PÁG.46

 LO HACEMOS MEJOR GOBIERNO DEL CESAR	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS 2020, EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR	DEPARTAMENTO DEL CESAR SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA NIT. 892.399.999-1 Calle 16 # 12 - 120 – Edificio Alfonso López Michelsen Valledupar - Cesar Teléfonos: (575)-5709866 www.cesar.gov.co
	INFORME FINAL TRAMO ARJONA - ASTREA	

estratos no cohesivos y los cohesivos del perfil, para los estratos de suelos no cohesivos se determina el número medio de golpes del ensayo de penetración estándar, $\tilde{N}_{ch}$, en golpes/pie, y para los cohesivos la resistencia media al corte obtenida del ensayo para determinar su resistencia no drenada, $\hat{S}_u$, en kPa. Además, se emplean el Índice de Plasticidad (IP), y el contenido de agua en porcentaje, w.

Teniendo en cuenta que la NSR-10 indica que, aunque el perfil se clasifica utilizando uno de los tres criterios: $\tilde{v}_s$, $\tilde{N}$, o la consideración conjunta de $\tilde{N}_{ch}$ y $\hat{S}_u$, en caso que se cuente $\tilde{v}_s$ prevalecerá la clasificación basada en este criterio.

Criterio 1: $\tilde{v}_s$ (m/s): Velocidad media de la onda cortante
Criterio 2: $\tilde{N}$ o $\tilde{N}_{ch}$: Número de golpes por pie obtenidos en el ensayo
Criterio 3: $\hat{S}_u$ (kPa): Resistencia al corte no drenado

Velocidad media de la onda de cortante: La velocidad media de la onda de cortante se obtiene por medio de:

$$\tilde{V}_s = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{v_{si}}}$$

Donde:

$\tilde{v}_{si}$ = velocidad media de la onda de cortante del suelo del estrato i, medida en campo, en m/s

d_i = espesor del estrato i, localizado dentro de los 30 m superiores del perfil

$$\sum_{i=1}^n d_i = 30 \text{ m}$$

Número de golpes del ensayo de penetración estándar en cualquier perfil de suelo: El número medio de golpes del ensayo de penetración estándar en cualquier perfil de suelo, indistintamente que esté integrado por suelos no cohesivos o cohesivos, se obtiene por medio de:

$$\tilde{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}}$$

donde:

N_i = número de golpes por pie obtenidos en el ensayo de penetración estándar, realizado in situ de acuerdo con la norma ASTM D 1586, haciendo corrección por energía N60, correspondiente al estrato i. El valor de N_i a emplear para obtener el valor medio, no debe exceder 100

Tabla No. 22 Clasificación del perfil de suelo. Apéndice H-1. Norma NSR-10

Paso 1. Verificación de Perfil Tipo F.

* Perfil F ₁ :	Suelos susceptibles a falla o colapso	NO
ó		
* Perfil F ₂ :	Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3m)	NO
ó		
* Perfil F ₃ :	Arcillas de muy alta plasticidad (H>7.5m con IP>75)	NO
ó		
* Perfil F ₄ :	Perfil gran espesor de arcilla de rigidez mediana a blanda (H>36m)	NO

 GEICOL S.A.S. GRUPO EMPRESARIAL DE INFRAESTRUCTURA COLOMBIANO S.A.S. NIT 800.256.897-0	VOLUMEN IV ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y ESTABILIZACIÓN AUTOR: EBERTO ORTEGA	Calle 37 Norte No. 3 G-N-19 Teléfono 6656005 - 6544200 Celular 311-4779615 CALI www.geicol.net e-mail: info@geicol.net rceron@geicol.net PÁG.47
--	---	--

 LO HACEMOS MEJOR GOBIERNO DEL CESAR	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS 2020, EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR INFORME FINAL TRAMO ARJONA - ASTREA	DEPARTAMENTO DEL CESAR SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA NIT. 892.399.999-1 Calle 16 # 12 - 120 – Edificio Alfonso López Michelsen Valledupar - Cesar Teléfonos: (575)-5709866 www.cesar.gov.co
--	--	--

EL PERFIL NO CLASIFICA COMO TIPO F. NO DEBE REALIZARSE ANALISIS DE RESPUESTA DE SITIO

Paso 2. Establecer la existencia de estratos de arcilla blanda.

* Resistencia al corte no drenado menor de 50 kPa (0.50 kgf/cm ²):	NO
y	
* Contenido de humedad (w) mayor del 40%:	NO
y	
* Índice de plasticidad (IP) mayor de 20%:	NO

Si hay un espesor total (H) de 3 m ó más estratos de arcilla que cumplan estas condiciones el perfil clasifica como tipo E.

EL PERFIL NO CLASIFICA COMO TIPO E.

Paso 3. Clasificación según Número de Golpes (N). 30m superiores.

SONDEO 1				CLASIFICACIÓN TIPO SUELO
ESTRATO SUELO	Espesor (d _i) (m)	N _i corregido (Golpes/pie)	d _i /N _i	Criterio 2 Ñ _{ch} (Golpes/pie)
NO COHESIVO / COHESIVO	0,45	32	0,05	D
	0,45	26	0,06	
	0,45	16	0,09	
	0,45	13	0,11	
	0,30	22	0,04	
Σ (d _i) =	2,10	Σ (d _i /N _i) =	0,35	19

SONDEO 2				CLASIFICACIÓN TIPO SUELO
ESTRATO SUELO	Espesor (d _i) (m)	N _i corregido (Golpes/pie)	d _i /N _i	Criterio 2 Ñ _{ch} (Golpes/pie)
NO COHESIVO	0,45	14	0,11	D
	0,45	15	0,10	
	0,45	17	0,09	
	0,45	32	0,05	
	0,30	15	0,07	
Σ (d _i) =	2,10	Σ (d _i /N _i) =	0,40	17

SONDEO 3				CLASIFICACIÓN TIPO SUELO
ESTRATO SUELO	Espesor (d _i) (m)	N _i corregido (Golpes/pie)	d _i /N _i	Criterio 2 Ñ _{ch} (Golpes/pie)
COHESIVO	0,45	14	0,11	D
	0,45	30	0,05	

 GEICOL S.A.S. GRUPO EMPRESARIAL DE INFRAESTRUCTURA COLOMBIANO S.A.S. NIT 800.256.897-0	VOLUMEN IV ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y ESTABILIZACIÓN AUTOR: EBERTO ORTEGA	Calle 37 Norte No. 3 G-N-19 Teléfono 6656005 - 6544200 Celular 311-4779615 CALI www.geicol.net e-mail: info@geicol.net rceron@geicol.net PÁG.48
---	--	---

 LO HACEMOS MEJOR GOBIERNO DEL CESAR	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS 2020, EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR	DEPARTAMENTO DEL CESAR SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA NIT. 892.399.999-1 Calle 16 # 12 - 120 – Edificio Alfonso López Michelsen Valledupar - Cesar Teléfonos: (575)-5709866 www.cesar.gov.co
	INFORME FINAL TRAMO ARJONA - ASTREA	

	0,30	82	0,01	
$\Sigma (d_i) =$	1,20	$\Sigma (d_i/N_i) =$	0,17	24

SONDEO 1-M				CLASIFICACIÓN TIPO SUELO
ESTRATO SUELO	Espesor (d _i) (m)	N _i corregido (Golpes/pie)	d _i /N _i	Criterio 2 $\bar{N}_{ch}$ (Golpes/pie)
NO COHESIVO / COHESIVO	0,45	32	0,05	D
	0,45	25	0,06	
	0,45	39	0,04	
	0,45	49	0,03	
	0,30	59	0,02	
$\Sigma (d_i) =$	2,10	$\Sigma (d_i/N_i) =$	0,19	36

SONDEO 2-M				CLASIFICACIÓN TIPO SUELO
ESTRATO SUELO	Espesor (d _i) (m)	N _i corregido (Golpes/pie)	d _i /N _i	Criterio 2 $\bar{N}_{ch}$ (Golpes/pie)
COHESIVO	0,45	19	0,08	D
	0,45	24	0,06	
	0,45	32	0,05	
	0,45	27	0,05	
	0,30	24	0,04	
$\Sigma (d_i) =$	2,10	$\Sigma (d_i/N_i) =$	0,28	25

SONDEO 3-M				CLASIFICACIÓN TIPO SUELO
ESTRATO SUELO	Espesor (d _i) (m)	N _i corregido (Golpes/pie)	d _i /N _i	Criterio 2 $\bar{N}_{ch}$ (Golpes/pie)
NO COHESIVO	0,45	29	0,05	D
	0,45	29	0,05	
	0,45	49	0,03	
	0,45	42	0,04	
	0,30	41	0,02	
$\Sigma (d_i) =$	2,10	$\Sigma (d_i/N_i) =$	0,19	36

7.1.3 Determinación de parámetros de diseño sísmico

A partir de las Tablas A.2.4-3 y A.2.4-4 (NSR-10), una vez definidos el tipo de perfil y los valores de A_a y A_v, se definen los valores de coeficiente F_a y F_v.

Tabla No. 23 Parámetros de diseño sísmico NSR-10

ZONA SÍSMICA	TIPO DE PERFIL	A _a	A _v	F _a	F _v
BAJA	D	0.10g	0.10g	1.60	2.40

 GEICOL S.A.S. GRUPO EMPRESARIAL DE INFRAESTRUCTURA COLOMBIANO S.A.S. NIT 800.256.897-0	VOLUMEN IV ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y ESTABILIZACIÓN	Calle 37 Norte No. 3 G-N-19 Teléfono 6656005 - 6544200 Celular 311-4779615 CALI www.geicol.net e-mail: info@geicol.net rceron@geicol.net
	AUTOR: EBERTO ORTEGA	PÁG.49

8 ANÁLISIS Y DISEÑOS GEOTÉCNICOS

8.1 METODOLOGÍAS Y CRITERIOS DE LOS ANÁLISIS Y DISEÑOS

Los análisis y diseños geotécnicos de la cimentación de muros en concreto y box-culverts se fundamentan principalmente en las siguientes metodologías de análisis y criterios asociados:

- Para cimentación superficial se utilizó la teoría de capacidad portante por Meyerhof (1963), y se validaron por el método de *Schmertmann, J.H. (1967)*, Hansen (1970), y Vesic (1973, 1975).
- Para el cálculo de los asentamientos elásticos para la opción de cimentación superficial se empleó el procedimiento establecido por *Harr (1966)* para los asentamientos "inmediatos" a partir de la teoría de elasticidad.
- Los parámetros de interacción-suelo estructura (módulos de reacción) para la evaluación de cimientos a condiciones verticales del terreno, se realizaron con base en el procedimiento que se recopila en *Bowles, J.E. (1997)*.
- Los parámetros de interacción-suelo estructura (módulos de reacción) para la evaluación de cimientos en condiciones verticales se realizaron con base en *Vesic (1961a, 1961b)*.

Los análisis de capacidad de carga y capacidad portante admisible se realizaron para una condición de resistencia al corte drenada en los suelos friccionantes y cohesivo ($\phi' > 0^\circ$; $C' \neq 0$), teniendo en cuenta la condición existente registrada en la exploración, de acuerdo con la metodología utilizada.

Criterios y consideraciones de diseño

De acuerdo con los lineamientos de la NSR-10, las cimentaciones de las estructuras deben satisfacer dos criterios independientes de diseño: 1) *Debe tener un factor de seguridad aceptable contra falla por resistencia al esfuerzo cortante del terreno de cimentación*, y 2) *El asentamiento durante la vida útil de la obra no debe ser de una magnitud que cause daño estructural o afecte el nivel de calidad o de servicio de las estructuras*.

Factores de seguridad y Factores de Resistencia

De acuerdo con las metodologías de análisis geotécnico citadas se procede con los cálculos de la capacidad portante para cimentación superficial; estas capacidades se afectan por diversos factores de reducción según el método de evaluación y la reglamentación vigente. En la siguiente Tabla se resumen los factores de reducción según la opción de análisis.

Tabla No. 24 Factor de seguridad FS para análisis geotécnico de cimentaciones NSR-10

Cimentación	Tipo de Análisis	Condición de carga	F.S.
SUPERFICIAL	Capacidad portante	Muerta + Viva Normal	3.00
PROFUNDA	Capacidad portante - Punta	Muerta + Viva Normal	3.00
	Capacidad portante - Fuste	Muerta + Viva Normal	1.50

9 DISEÑO DE CIMENTACIONES PARA BOX CULVERTS

El corredor vial a lo largo de su extensión pasa por una serie drenajes importantes que requieren la implementación de obras hidráulicas tipo alcantarilla, box culvert, o en casos especiales la implementación de puentes; en este capítulo se abordan las recomendaciones de cimentación para las estructuras tipo box culverts.

Para la evaluación de capacidad portante, se utilizó una hoja de cálculo con el fin de obtener resultados con parámetros variables como la relación B/L, para generar curvas de Predimensionamiento de la cimentación. El ancho de la cimentación se analizó para valores entre 1.00 a 4.50 metros y se varió la relación B/L desde 0.1 hasta 1.0, lo anterior con el fin de tener más alternativas de Predimensionamiento que pueden ser adoptadas por el diseñador estructural de acuerdo con las cargas reales de trabajo sobre la cimentación.

Para la determinación de la capacidad portante admisible del suelo se emplearon los factores de seguridad indirectos de 3.0, para una condición de carga tipo: carga muerta + carga viva normal, teniendo en cuenta lo enunciado en el título H de la NSR - 10.

Los resultados del cálculo de la Capacidad Portante para este sistema de cimentación superficial correspondientes son presentados a continuación, y los cálculos se presentan en el Anexo 6.

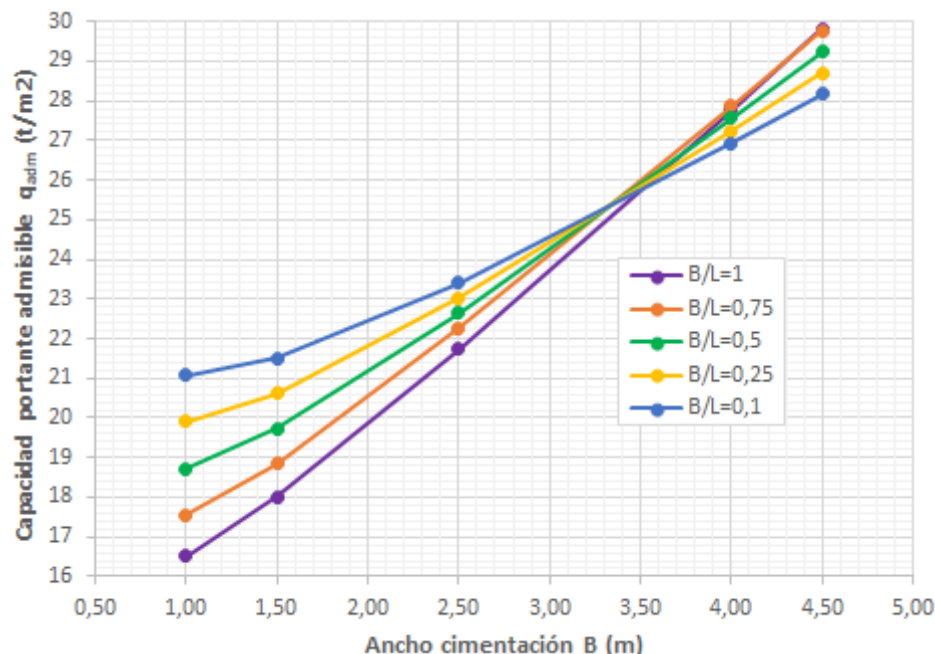


Figura No. 15 – Capacidad portante admisible vs ancho de cimentación para B/L con Df=0.50m – Box culverts

9.1 MÓDULO DE REACCIÓN VERTICAL

Los módulos de reacción vertical del subsuelo k_v para la cimentación varían de acuerdo con las propiedades del estrato, nivel de fundación y los sectores de análisis, según la caracterización geotécnica.

Tabla No. 25 Módulo de reacción vertical – Box culverts

TIPO CIMENTACIÓN	DATOS		MOD. VERT.
	B	B/L	k_v
	m		T/m ³
BOX CULVERT	1,00	0,10	1069
	1,00	0,25	1121
	1,00	0,50	1153
	1,00	0,75	1184
	1,00	1,00	1216
	1,50	0,10	1321
	1,50	0,25	1358
	1,50	0,50	1363
	1,50	0,75	1368
	1,50	1,00	1373
	2,50	0,10	1825
	2,50	0,25	1830
	2,50	0,50	1783
	2,50	0,75	1735
	2,50	1,00	1688
	4,00	0,10	2580
	4,00	0,25	2538
	4,00	0,50	2412
	4,00	0,75	2286
	4,00	1,00	2161
	4,50	0,10	2832
	4,50	0,25	2774
	4,50	0,50	2622
	4,50	0,75	2470
	4,50	1,00	2318

En el Anexo 6 se presentan los cálculos y los resultados evaluados de los módulos de reacción vertical del suelo.

9.2 ASENTAMIENTOS

Una vez realizada la evaluación de la capacidad de carga de seguridad para el sistema de cimentación, se efectúan los análisis de deformabilidad, con el fin de valorar la magnitud de los asentamientos esperados.

Se calculan los asentamientos elásticos considerando la naturaleza del material de cimentación, los cuales son analizados de acuerdo con las propuestas existentes fundamentadas en correlaciones entre el módulo de elasticidad, la relación de Poisson del material de fundación y coeficientes en función de la geometría del cimientto.

Los módulos de elasticidad de los materiales para el análisis de asentamientos elásticos se establecen con base en las correlaciones propuestas por Bowles (1982), así como en los resultados de las modelaciones efectuadas obteniendo como resultado un asentamiento máximo esperado para el sistema de cimentación de **2,67 cm**, para la estructura que se considera presenta condiciones más críticas.

Tabla No. 26 Asentamiento Inmediato – Box culverts

H m	B m	L m	q _o Ton/m ²	μ _s	E _s Ton/m ²	m	□	α	Se Esquina cm	Se Centro cm
4,00	4,00	8,00	12,40	0,35	2492	2	2,24	1,5317	1,34	2,67

10 DISEÑO DE CIMENTACIONES PARA MUROS EN CONCRETO REFORZADO

Para garantizar que la sección de la vía cumpla con las dimensiones estipuladas en el diseño geométrico y de acuerdo con las características morfométricas de las zonas que atraviesa el corredor, requieren del análisis y diseño de muros en concreto reforzado. Se tiene que la mayor parte de las estructuras de contención se ubican en el talud externo, cuya función es confinar los materiales de relleno y materiales que conforman la estructura del pavimento (ver siguiente figura).

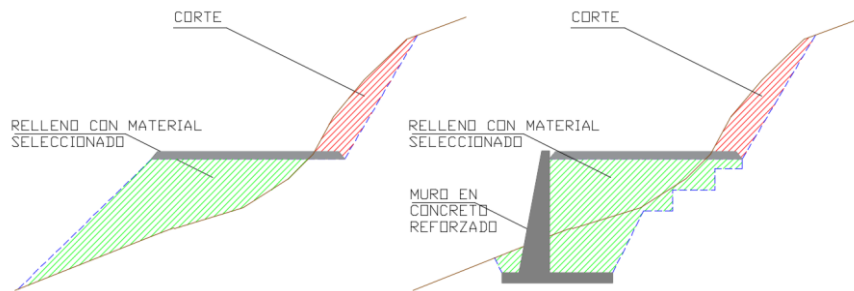


Figura No. 16 – Sección ilustrativa funcionamiento de los muros de confinamiento en concreto reforzado

Una vez llevado a cabo el proceso de implantación de obras se lleva a cabo el Predimensionamiento (ver figura) y diseño de muros de contención en concreto reforzado. Los chequeos de estabilidad interna y externa de muro se desarrollan en el diseño estructural.

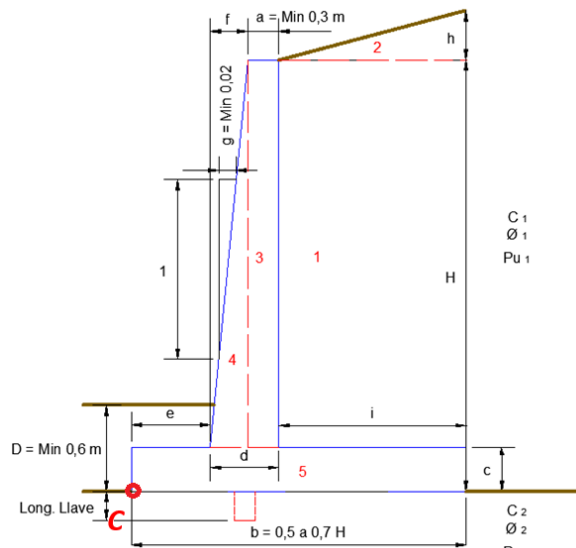


Figura No. 17 – Esquema predimensionamiento muro de voladizo en concreto reforzado

Los resultados del cálculo de la Capacidad Portante para las cimentaciones correspondientes son presentados a continuación, y los cálculos se presentan en el Anexo 6.

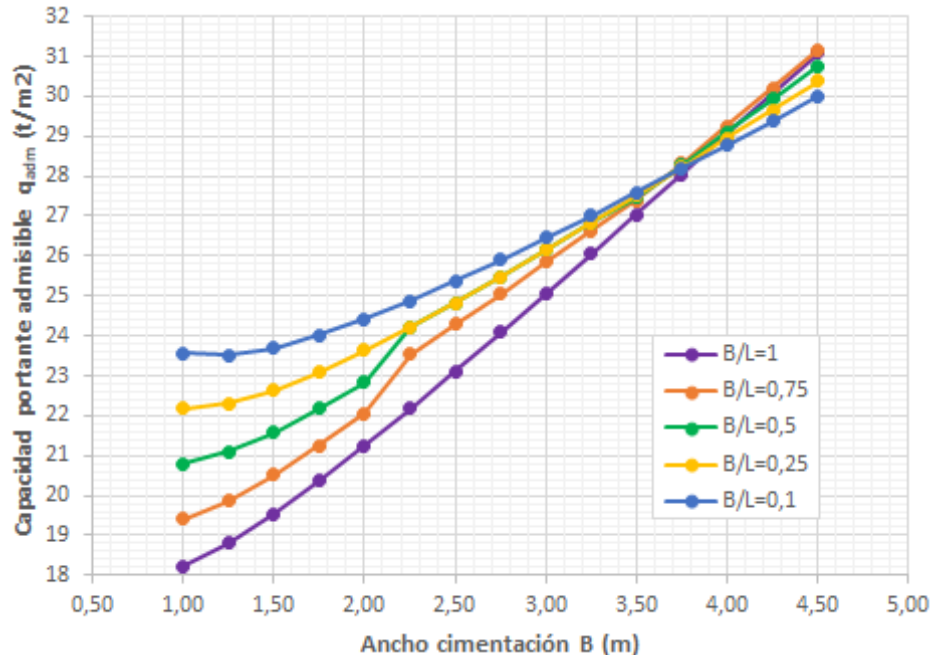


Figura No. 18 – Capacidad portante admisible vs ancho de cimentación para B/L con Df=0.60m – Muros con base de 1.00m a 4.50m

10.1 MÓDULO DE REACCIÓN VERTICAL

Los módulos de reacción vertical del subsuelo k_{sv} para la cimentación varían de acuerdo con las propiedades del estrato, nivel de fundación y los sectores de análisis, según la caracterización geotécnica.

Tabla No. 27 Módulo de reacción vertical – Muros

TIPO CIMENTACIÓN	DATOS		MOD. VERT.	TIPO CIMENTACIÓN	DATOS		MOD. VERT.	TIPO CIMENTACIÓN	DATOS		MOD. VERT.
	B	B/L	k _v		B	B/L	k _v		B	B/L	k _v
	m		T/m³		m		T/m³		m		T/m³
Muros 1	1,0	0,1	1069	Muros 2	2,2	0,1	1699	Muros 3	3,5	0,1	2328
	0	0			5	0			0	0	
	1,0	0,2	1121		2,2	0,2	1712		3,5	0,2	2302
	0	5			5	5			0	5	
Muros 1	1,0	0,5	1153	Muros 2	2,2	0,5	1678	Muros 3	3,5	0,5	2202
	0	0			5	0			0	0	
	1,0	0,7	1184		2,2	0,7	1644		3,5	0,7	2103
	0	5			5	5			0	5	

 LO HACEMOS MEJOR GOBIERNO DEL CESAR	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS 2020, EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR	DEPARTAMENTO DEL CESAR SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA NIT. 892.399.999-1 Calle 16 # 12 - 120 – Edificio Alfonso López Michelsen Valledupar - Cesar Teléfonos: (575)-5709866 www.cesar.gov.co
	INFORME FINAL TRAMO ARJONA - ASTREA	

	1,0 0	1,0 0	1216		2,2 5	1,0 0	1610		3,5 0	1,0 0	2003
	1,2 5	0,1 0	1195		2,5 0	0,1 0	1825		3,7 5	0,1 0	2454
	1,2 5	0,2 5	1239		2,5 0	0,2 5	1830		3,7 5	0,2 5	2420
	1,2 5	0,5 0	1258		2,5 0	0,5 0	1783		3,7 5	0,5 0	2307
	1,2 5	0,7 5	1276		2,5 0	0,7 5	1735		3,7 5	0,7 5	2195
	1,2 5	1,0 0	1295		2,5 0	1,0 0	1688		3,7 5	1,0 0	2082
	1,5 0	0,1 0	1321		2,7 5	0,1 0	1950		4,0 0	0,1 0	2580
	1,5 0	0,2 5	1358		2,7 5	0,2 5	1948		4,0 0	0,2 5	2538
	1,5 0	0,5 0	1363		2,7 5	0,5 0	1888		4,0 0	0,5 0	2412
	1,5 0	0,7 5	1368		2,7 5	0,7 5	1827		4,0 0	0,7 5	2286
	1,5 0	1,0 0	1373		2,7 5	1,0 0	1767		4,0 0	1,0 0	2161
	1,7 5	0,1 0	1447		3,0 0	0,1 0	2076		4,2 5	0,1 0	2706
	1,7 5	0,2 5	1476		3,0 0	0,2 5	2066		4,2 5	0,2 5	2656
	1,7 5	0,5 0	1468		3,0 0	0,5 0	1993		4,2 5	0,5 0	2517
	1,7 5	0,7 5	1460		3,0 0	0,7 5	1919		4,2 5	0,7 5	2378
	1,7 5	1,0 0	1452		3,0 0	1,0 0	1846		4,2 5	1,0 0	2239
	2,0 0	0,1 0	1573		3,2 5	0,1 0	2202		4,5 0	0,1 0	2832
	2,0 0	0,2 5	1594		3,2 5	0,2 5	2184		4,5 0	0,2 5	2774
	2,0 0	0,5 0	1573		3,2 5	0,5 0	2098		4,5 0	0,5 0	2622
	2,0 0	0,7 5	1552		3,2 5	0,7 5	2011		4,5 0	0,7 5	2470
	2,0 0	1,0 0	1531		3,2 5	1,0 0	1924		4,5 0	1,0 0	2318

En el Anexo 6 se presentan los cálculos y los resultados evaluados de los módulos de reacción vertical del suelo.

 GEICOL S.A.S. GRUPO EMPRESARIAL DE INFRAESTRUCTURA COLOMBIANO S.A.S. NIT 800.256.897-0	VOLUMEN IV ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y ESTABILIZACIÓN	Calle 37 Norte No. 3 G-N-19 Teléfono 6656005 - 6544200 Celular 311-4779615 CALI www.geicol.net e-mail: info@geicol.net rceron@geicol.net
	AUTOR: EBERTO ORTEGA	PÁG.56

10.2 ASENTAMIENTOS

Una vez realizada la evaluación de la capacidad de carga de seguridad para el sistema de cimentación, se efectúan los análisis de deformabilidad, con el fin de valorar la magnitud de los asentamientos esperados.

Se calculan los asentamientos elásticos considerando la naturaleza del material de cimentación, los cuales son analizados de acuerdo con las propuestas existentes fundamentadas en correlaciones entre el módulo de elasticidad, la relación de Poisson del material de fundación y coeficientes en función de la geometría del cimiento.

Los módulos de elasticidad de los materiales para el análisis de asentamientos elásticos se establecen con base en las correlaciones propuestas por Bowles (1982), así como en los resultados de las modelaciones efectuadas obteniendo como resultado un asentamiento máximo esperado para el sistema de cimentación de **3,08 cm** para la estructura que se considera presenta condiciones más críticas.

Tabla No. 28 Asentamiento Inmediato – Muros

H m	B m	L m	q _o Ton/m ²	μ _s	E _s Ton/m ²	m	□	α	Se Esquina cm	Se Centro cm
4,00	3,50	10,00	14,25	0,35	2492	2,8571	3,03	1,7526	1,54	3,08

10.3 EMPUJES LATERALES DE TERRENO

La presión que las tierras ejercen sobre la estructura que las contiene mantiene una estrecha interacción entre una y otro. Depende, en términos generales del desplazamiento del conjunto, así: en el estado natural sin deformaciones laterales, se dice que la presión es la del reposo; si el muro cede, la presión disminuye hasta un mínimo que se identifica como el estado activo; si, por el contrario, el muro se desplaza contra el frente de tierra, la presión sube hasta un máximo que se identifica como el estado pasivo. Si el desplazamiento del muro es vertical o implica un giro sobre la base, su distribución debe ser lineal o similar a la hidrostática; si el giro se efectúa alrededor del extremo superior del muro, la distribución debe adoptar una forma curvilínea.

Para el diseño de los muros, los empujes laterales de tierras se podrán calcular con los parámetros indicados en la tabla siguiente. Los análisis geotécnicos asumieron una superficie horizontal del terreno y la condición de un relleno seleccionado importado o el suelo natural existente en el terreno, según la opción de fundación de las estructuras o el procedimiento constructivo adoptado, en lo posible para un escenario de empujes en un estado crítico en reposo (K_o).

Las metodologías de análisis utilizadas para determinar los coeficientes de presión son: Jaky (1944), Rankine (1857), y Coulomb.

Tabla No. 29 Empujes sobre muros

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	RELLENO SELECCIONADO	SUELO NATURAL
γ	Peso unitario del suelo	2,00 g/cm ³	1,97 g/cm ³
ϕ	Angulo de fricción efectivo del material	30	29
α	Ángulo de inclinación de la superficie	0	0
β	Ángulo de inclinación del muro	90	90
δ	Ángulo de fricción del muro	20,0	19,5
Kh	Coefficiente de aceleración horizontal (g) [Kh: 1,5Aa ó 0,5Aa]	0,050	0,050
Kv	Coefficiente de aceleración vertical (g) [Kv: 0,3Kh<Kv<0,5Kh]	0,015	0,015
θ	$\tan^{-1} (Kh/(1-Kv))$	0,05	0,05
Ko	Coefficiente de presión reposo [Jaky, 1944]	0,500	0,512
Ka	Coefficiente de presión activa [Rankine, 1857]	0,333	0,344
Kae	Coefficiente de presión activa con sismo [Coulomb]	0,939	0,951
Kp	Coefficiente de presión pasiva [Rankine, 1857]	3,000	2,909

Para el cálculo de los parámetros, se asumió un coeficiente de aceleración horizontal de 0,5Aa (Kh:1,5Aa a 0,5Aa) y un coeficiente de aceleración vertical de 0,3Kh (Kv: 0,3Kh<Kv<0,5Kh).

Si se considera la presión pasiva para el diseño o chequeo de las estructuras, el empuje pasivo resultante se deberá afectar por un factor de reducción de por lo menos 0,50 para lograr la compatibilidad de deformaciones con el estado de empuje activo y en la etapa de operación y/o funcionamiento de las diferentes obras. Si se utiliza la resistencia pasiva para asegurar la estabilidad adecuada de las estructuras, la resistencia o empuje pasivo calculado del suelo delante de los elementos (paredes y muros convencionales de las obras), debe ser suficiente para prevenir movimientos inaceptables de la estructura hacia adelante.

El diseñador estructural deberá considerar todas las presiones que actúen sobre los elementos enterrados o de contención durante su etapa constructiva y en su vida útil, tales como sobrecargas permanentes, efectos sísmicos, aguas subterráneas, equipos de construcción y permanente, vehículos, etc.

	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS 2020, EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR	DEPARTAMENTO DEL CESAR SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA NIT. 892.399.999-1 Calle 16 # 12 - 120 – Edificio Alfonso López Michelsen Valledupar - Cesar Teléfonos: (575)-5709866 www.cesar.gov.co
	INFORME FINAL TRAMO ARJONA - ASTREA	

10.4 ESTABILIDAD DE TALUDES

La estabilidad de taludes de tipo transitorio y definitivo que se emplearán para la construcción se establece usando el método de Janbu (1968).

Teniendo en cuenta los parámetros geotécnicos del suelo se encontró (Anexo 7) que la altura crítica para los taludes de corte es de 5.60 m con una pendiente de 1H:0,5V. Para cortes verticales se encuentra una altura máxima de 1.15 m.

Para los cortes que superen la altura crítica, se deberá implementar una berma a los 5.50 m con un ancho de 3.0 m y se continua de esta manera hasta alcanzar la altura máxima de corte, adicionalmente, se deberá revegetalizar el talud como protección superficial de las lluvias y viento.

En general para los taludes se recomienda que sean protegidos con empradización para el control de erosión.

 NIT 800.256.897-0	VOLUMEN IV ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y ESTABILIZACIÓN	Calle 37 Norte No. 3 G-N-19 Teléfono 6656005 - 6544200 Celular 311-4779615 CALI www.geicol.net e-mail: info@geicol.net rceron@geicol.net
	AUTOR: EBERTO ORTEGA	PÁG.59

 LO HACEMOS MEJOR GOBIERNO DEL CESAR	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS 2020, EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR	DEPARTAMENTO DEL CESAR SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA NIT. 892.399.999-1 Calle 16 # 12 - 120 – Edificio Alfonso López Michelsen Valledupar - Cesar Teléfonos: (575)-5709866 www.cesar.gov.co
	INFORME FINAL TRAMO ARJONA - ASTREA	

11 CONCLUSIONES

11.1 GENERALES

- El tramo es en general estable y atraviesa principalmente materiales de la Formación Astrea – Cuesta, geológicamente compuesta de conglomerados y areniscas en cercanías a Astrea formando colinas redondeadas y materiales arcillosos blandos hacia Arjona de morfología plana a ondulada.
- Los suelos se constituyen básicamente de friccionantes finos del tipo arenas arcillosas y arenas limo arcillosas, con finos plásticos, además de arcillas y limos arcillosos de baja plasticidad. Se registran arcillas y limos de baja plasticidad en mínima proporción.
- En las exploraciones de campo realizadas no se registra nivel freático al momento de su ejecución hasta la profundidad sondeada (2.00 m).
- De acuerdo con el análisis de los resultados obtenidos de las pruebas efectuadas y toda la información recopilada, se considera que del suelo de fundación corresponde suelos friccionantes finos y/o suelos cohesivos de comportamiento ingenieril aceptable, y que poseen las propiedades mecánicas necesarias para soportar las cargas transferidas (peso propio y cargas por funcionamiento).
- Teniendo en cuenta los suelos encontrados y las estructuras requeridas, para efectos de cálculo se consideran aportes friccionantes y/o cohesivos en la determinación de los parámetros de diseño geotécnicos.
- El suelo investigado presenta una susceptibilidad contracto-expansivo baja. Los suelos presentan una susceptibilidad baja a nula para la ocurrencia de licuación del terreno por efectos sísmicos, además cumple con criterios para comportamientos colapsables, a excepción de los 5 puntos críticos que requieren de la estabilidad de taludes y para los cuales se realizó el diseño correspondiente.
- Para los suelos presentes entre las abscisas K3+500 a K6+800 se evidencia suelos con factores de CBR bajos los cuales corresponden a suelos con características expansivas, esto producto de la presencia de zonas húmedas en ambos para lo cual se recomienda se realice el mejoramiento de la subrasante con material de pedraplén con un espesor 50 cm, esto para garantizar la estabilidad de la estructura de pavimento.

 GEICOL S.A.S. GRUPO EMPRESARIAL DE INFRAESTRUCTURA COLOMBIANO S.A.S. NIT 800.256.897-0	VOLUMEN IV ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y ESTABILIZACIÓN	Calle 37 Norte No. 3 G-N-19 Teléfono 6656005 - 6544200 Celular 311-4779615 CALI www.geicol.net e-mail: info@geicol.net rceron@geicol.net
	AUTOR: EBERTO ORTEGA	PÁG.60

11.2 DISEÑO SÍSMICO

- Para condiciones de diseño sísmico se consideran los parámetros que se indican a continuación.

Tabla No. 30 Parámetros de diseño sísmico NSR-10

ZONA SÍSMICA	TIPO DE PERFIL	Aa	Av	Fa	Fv
BAJA	D	0.10g	0.10g	1.60	2.40

11.3 CIMENTACIÓN

- El nivel de cimentación corresponde con el suelo que brinda una respuesta geomecánica adecuada, y un comportamiento apropiado.
- De acuerdo con las condiciones geotécnicas identificadas y las características de las estructuras proyectadas se sugiere proyectar cimentaciones superficiales.
- Para el diseño de los box-culverts se tienen las capacidades de carga y módulos de reacción vertical, para una profundidad mínima de 0.50 m, que se presentan en la siguiente tabla y se ilustran en la Figura No. 15.

Tabla No. 31 Sistema de cimentación superficial – Box culverts

TIPO CIMENTACIÓN	DATOS								CAP. CARGA		MOD. VERT.
	Df	B	B/L	γ	q _{carga}	Su-C'	$\phi_u-\phi'$	NF	q _u	q _{adm}	k _v
	m	m		T/m ³	T/m ³	kg/cm ²	°	m	T/m ²		T/m ³
BOX CULVERT	0,50	1,00	0,10	1,97	0,99	0,05	30,0	10,0	49,5	16,5	1069
		1,00	0,25						52,7	17,6	1121
		1,00	0,50						56,2	18,7	1153
		1,00	0,75						59,7	19,9	1184
		1,00	1,00						63,3	21,1	1216
	0,50	1,45	0,10	1,97	0,99	0,05	30,0	19,7	54,0	18,0	1321
		1,45	0,25						56,6	18,9	1358
		1,45	0,50						59,2	19,7	1363
		1,45	0,75						61,8	20,6	1368
		1,45	1,00						64,5	21,5	1373
	0,50	3,20	0,10	1,97	0,99	0,05	30,0	19,7	65,2	21,7	1825
		3,20	0,25						66,8	22,3	1830
		3,20	0,50						67,9	22,6	1783

 LO HACEMOS MEJOR GOBIERNO DEL CESAR	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS 2020, EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR	DEPARTAMENTO DEL CESAR SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA NIT. 892.399.999-1 Calle 16 # 12 - 120 – Edificio Alfonso López Michelsen Valledupar - Cesar Teléfonos: (575)-5709866 www.cesar.gov.co
	INFORME FINAL TRAMO ARJONA - ASTREA	

TIPO CIMENTACIÓN	DATOS								CAP. CARGA		MOD. VERT.
	Df	B	B/L	γ	q_{carga}	S_u-C'	$\phi_u-\phi'$	NF	q_u	q_{adm}	k_v
	m	m		T/m ³	T/m ³	kg/cm ²	°	m	T/m ²		T/m ³
		3,20	0,75						69,1	23,0	1735
		3,20	1,00						70,2	23,4	1688
	0,50	4,00	0,10	1,97	0,99	0,05	30,0	19,7	83,3	27,8	2580
		4,00	0,25						83,6	27,9	2538
		4,00	0,50						82,7	27,6	2412
		4,00	0,75						81,7	27,2	2286
		4,00	1,00						80,8	26,9	2161
		4,20	0,10						89,4	29,8	2832
	0,50	4,20	0,25	1,97	0,99	0,05	30,0	0,0	89,3	29,8	2774
		4,20	0,50						87,7	29,2	2622
		4,20	0,75						86,1	28,7	2470
		4,20	1,00						84,5	28,2	2318

- Para el diseño de los muros se tienen las capacidades de carga y módulos de reacción vertical, para una profundidad mínima de cimentación de 0.60 m, que se presentan en las siguientes tablas y se ilustra en la Figura No. 18.

Tabla No. 32 Sistema de cimentación superficial – Muros con base de 1.00m a 2.00m

TIPO CIMENTACIÓN	DATOS								CAP. CARGA		MOD. VERT.
	Df	B	B/L	γ	q_{carga}	S_u-C'	$\phi_u-\phi'$	NF	q_u	q_{adm}	k_v
	m	m		T/m ³	T/m ³	kg/cm ²	°	m	T/m ²		T/m ³
MUROS BASE 1.00m A 2.00m	0,60	1,00	0,10	1,97	1,18	0,05	30,0	10,0	54,7	18,2	1069
		1,00	0,25						58,2	19,4	1121
		1,00	0,50						62,4	20,8	1153
		1,00	0,75						66,5	22,2	1184
		1,00	1,00						70,7	23,6	1216
	0,60	1,25	0,10	1,97	1,18	0,05	30,0	10,0	56,4	18,8	1195
		1,25	0,25						59,6	19,9	1239
		1,25	0,50						63,3	21,1	1258
		1,25	0,75						66,9	22,3	1276
		1,25	1,00						70,5	23,5	1295
	0,60	1,50	0,10	1,97	1,18	0,05	30,0	10,0	58,6	19,5	1321
		1,50	0,25						61,5	20,5	1358
		1,50	0,50						64,7	21,6	1363

 GEICOL S.A.S. GRUPO EMPRESARIAL DE INFRAESTRUCTURA COLOMBIANA S.A.S. NIT 800.256.897-0	VOLUMEN IV ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y ESTABILIZACIÓN	Calle 37 Norte No. 3 G-N-19 Teléfono 6656005 - 6544200 Celular 311-4779615 CALI www.geicol.net e-mail: info@geicol.net rceron@geicol.net
	AUTOR: EBERTO ORTEGA	PÁG.62

 LO HACEMOS MEJOR GOBIERNO DEL CESAR	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS 2020, EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR	DEPARTAMENTO DEL CESAR SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA NIT. 892.399.999-1 Calle 16 # 12 - 120 – Edificio Alfonso López Michelsen Valledupar - Cesar Teléfonos: (575)-5709866 www.cesar.gov.co
	INFORME FINAL TRAMO ARJONA - ASTREA	

TIPO CIMENTACIÓN	DATOS								CAP. CARGA		MOD. VERT.
	Df	B	B/L	γ	q_{carga}	$s_{u-C'}$	$\phi_u-\phi'$	NF	q_u	q_{adm}	k_v
	m	m		T/m ³	T/m ³	kg/cm ²	°	m	T/m ²		T/m ³
		1,50	0,75						67,9	22,6	1368
		1,50	1,00						71,1	23,7	1373
	0,60	1,75	0,10	1,97	1,18	0,05	30,0	10,0	61,1	20,4	1447
		1,75	0,25						63,7	21,2	1476
		1,75	0,50						66,5	22,2	1468
		1,75	0,75						69,3	23,1	1460
		1,75	1,00						72,1	24,0	1452
		2,00	0,10						63,8	21,3	1573
	0,60	2,00	0,25	1,97	1,18	0,05	30,0	10,0	66,1	22,0	1594
		2,00	0,50						68,5	22,8	1573
		2,00	0,75						70,9	23,6	1552
		2,00	1,00						73,3	24,4	1531

Tabla No. 33 Sistema de cimentación superficial – Muros con base de 2.25m a 3.25m

TIPO CIMENTACIÓN	DATOS								CAP. CARGA		MOD. VERT.
	Df	B	B/L	g	q_{carga}	$s_{u-C'}$	$\phi_u-\phi'$	NF	q_u	q_{adm}	k_v
	m	m		T/m ³	T/m ³	kg/cm ²	°	m	T/m ²		T/m ³
MUROS BASE 2.25m A 3.25m	0,60	2,25	0,10	1,97	1,18	0,05	30,0	10,0	66,5	22,2	1699
		2,25	0,25						68,6	22,9	1712
		2,25	0,50						70,6	23,5	1678
		2,25	0,75						72,6	24,2	1644
		2,25	1,00						74,6	24,9	1610
	0,60	2,50	0,10	1,97	1,18	0,05	30,0	10,0	69,4	23,1	1825
		2,50	0,25						71,3	23,8	1830
		2,50	0,50						72,9	24,3	1783
		2,50	0,75						74,5	24,8	1735
		2,50	1,00						76,1	25,4	1688
	0,60	2,75	0,10	1,97	1,18	0,05	30,0	10,0	72,2	24,1	1950
		2,75	0,25						73,9	24,6	1948
		2,75	0,50						75,2	25,1	1888
		2,75	0,75						76,4	25,5	1827
		2,75	1,00						77,7	25,9	1767
	0,60	3,00	0,10	1,97	1,18	0,05	30,0	10,0	75,2	25,1	2076
		3,00	0,25						76,6	25,5	2066

 GEICOL S.A.S. GRUPO EMPRESARIAL DE INFRAESTRUCTURA COLOMBIANA S.A.S. NIT 800.256.897-0	VOLUMEN IV ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y ESTABILIZACIÓN	Calle 37 Norte No. 3 G-N-19 Teléfono 6656005 - 6544200 Celular 311-4779615 CALI www.geicol.net e-mail: info@geicol.net rceron@geicol.net
	AUTOR: EBERTO ORTEGA	PÁG.63

 LO HACEMOS MEJOR GOBIERNO DEL CESAR	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS 2020, EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR	DEPARTAMENTO DEL CESAR SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA NIT. 892.399.999-1 Calle 16 # 12 - 120 – Edificio Alfonso López Michelsen Valledupar - Cesar Teléfonos: (575)-5709866 www.cesar.gov.co
	INFORME FINAL TRAMO ARJONA - ASTREA	

TIPO CIMENTACIÓN	DATOS								CAP. CARGA		MOD. VERT.
	Df	B	B/L	g	q _{carga}	s _u -C'	φ _u -φ'	NF	q _u	q _{adm}	k _v
	m	m		T/m ³	T/m ³	kg/cm ²	°	m	T/m ²		T/m ³
		3,00	0,50						77,5	25,8	1993
		3,00	0,75						78,5	26,2	1919
		3,00	1,00						79,4	26,5	1846
	0,60	3,25	0,10	1,97	1,18	0,05	30,0	10,0	78,1	26,0	2202
		3,25	0,25						79,4	26,5	2184
		3,25	0,50						79,9	26,6	2098
		3,25	0,75						80,5	26,8	2011
		3,25	1,00						81,1	27,0	1924

Tabla No. 34 Sistema de cimentación superficial – Muros con base de 3.50m a 4.50m

TIPO CIMENTACIÓN	DATOS								CAP. CARGA		MOD. VERT.
	Df	B	B/L	γ	q _{carga}	s _u -C'	φ _u -φ'	NF	q _u	q _{adm}	k _v
	m	m		T/m ³	T/m ³	kg/cm ²	°	m	T/m ²		T/m ³
MUROS BASE 3.50m A 4.50m	0,60	3,50	0,10	1,97	1,18	0,05	30,0	10,0	81,1	27,0	2328
		3,50	0,25						82,2	27,4	2302
		3,50	0,50						82,4	27,5	2202
		3,50	0,75						82,6	27,5	2103
		3,50	1,00						82,8	27,6	2003
	0,60	3,75	0,10	1,97	1,18	0,05	30,0	10,0	84,2	28,1	2454
		3,75	0,25						85,0	28,3	2420
		3,75	0,50						84,8	28,3	2307
		3,75	0,75						84,7	28,2	2195
		3,75	1,00						84,6	28,2	2082
	0,60	4,00	0,10	1,97	1,18	0,05	30,0	10,0	87,2	29,1	2580
		4,00	0,25						87,8	29,3	2538
		4,00	0,50						87,3	29,1	2412
		4,00	0,75						86,8	28,9	2286
		4,00	1,00						86,3	28,8	2161
	0,60	4,25	0,10	1,97	1,18	0,05	30,0	10,0	90,2	30,1	2706
		4,25	0,25						90,6	30,2	2656
		4,25	0,50						89,8	29,9	2517
		4,25	0,75						89,0	29,7	2378
		4,25	1,00						88,2	29,4	2239
	0,60	4,50	0,10	1,97	1,18	0,05	30,0	10,0	93,3	31,1	2832

 GEICOL S.A.S. GRUPO EMPRESARIAL DE INFRAESTRUCTURA COLOMBIANO S.A.S. NIT 800.256.897-0	VOLUMEN IV ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y ESTABILIZACIÓN	Calle 37 Norte No. 3 G-N-19 Teléfono 6656005 - 6544200 Celular 311-4779615 CALI www.geicol.net e-mail: info@geicol.net rceron@geicol.net
	AUTOR: EBERTO ORTEGA	PÁG.64

 LO HACEMOS MEJOR GOBIERNO DEL CESAR	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS 2020, EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR	DEPARTAMENTO DEL CESAR SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA NIT. 892.399.999-1 Calle 16 # 12 - 120 – Edificio Alfonso López Michelsen Valledupar - Cesar Teléfonos: (575)-5709866 www.cesar.gov.co
	INFORME FINAL TRAMO ARJONA - ASTREA	

TIPO CIMENTACIÓN	DATOS								CAP. CARGA		MOD. VERT.
	Df	B	B/L	γ	q_{carga}	s_u-c'	$\phi_u-\phi'$	NF	q_u	q_{adm}	k_v
	m	m		T/m ³	T/m ³	kg/cm ²	°	m	T/m ²		T/m ³
		4,50	0,25						93,5	31,2	2774
		4,50	0,50						92,3	30,8	2622
		4,50	0,75						91,2	30,4	2470
		4,50	1,00						90,0	30,0	2318

- Para la cimentación de las alcantarillas se considera:

La capa de cimentación (capa de base en contacto con el suelo natural en el fondo de la excavación), debe tener mínimo 0.10 m de espesor o 1/8 del diámetro de la tubería, y llegar hasta 1/6 del diámetro de la tubería por encima de la parte inferior de la tubería, y para su conformación se recomienda utilizar material granular triturado o grava tamaño máximo 3/4 “.

La zona de atraque (capa ubicada entre la cama de soporte y la línea media de la tubería) y el relleno inicial (material que cubre el resto de la tubería) debe tener mínimo 0.30 m por encima de la parte superior de la tubería, se recomienda utilizar material importado que cumpla norma INV E-220 Suelo adecuado (tam. mayor 1.5 “), compactado al 95% del próctor modificado en capas máximas de 0.20 m de espesor, la compactación debe realizarse manualmente a menos que exista espacio disponible para garantizar una adecuada compactación mecánica y que no le produce daño a la tubería y para su conformación

Para el relleno final o el que alcanza el nivel de la subrasante de la estructura del pavimento se puede rellenar con material seleccionado (libre de contaminación) de sitio compactado al 90% de su proctor modificado en capas máximas de 0.20 m de espesor.

Si llegase a detectarse un fallo del terreno este debe ser retirado y reemplazado por material granular seleccionado importado. Las características del material granular seleccionado importado son las siguientes:

- Índice de plasticidad menor al 10%.
- CBR de laboratorio mayor al 20%
- Pasa tamiz No 200 menor al 20%
- Tamaño máximo de 120 mm.
- Contenido de materia orgánica menor al 1%.
- Expansión en prueba de CBR menor al 2%.

En caso de que el nivel freático se encuentra a la profundidad de cimentación de la tubería, es necesario encapsular el material granular de cimentación con un geotextil no tejido tipo 1600 ó similar.

 GEICOL S.A.S. GRUPO EMPRESARIAL DE INFRAESTRUCTURA COLOMBIANO S.A.S. NIT 800.256.897-0	VOLUMEN IV ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y ESTABILIZACIÓN	Calle 37 Norte No. 3 G-N-19 Teléfono 6656005 - 6544200 Celular 311-4779615 CALI www.geicol.net e-mail: info@geicol.net rceron@geicol.net
	AUTOR: EBERTO ORTEGA	PÁG.65

 LO HACEMOS MEJOR GOBIERNO DEL CESAR	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS 2020, EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR	DEPARTAMENTO DEL CESAR SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA NIT. 892.399.999-1 Calle 16 # 12 - 120 – Edificio Alfonso López Michelsen Valledupar - Cesar Teléfonos: (575)-5709866 www.cesar.gov.co
	INFORME FINAL TRAMO ARJONA - ASTREA	

12 RECOMENDACIONES

12.1 GENERALES

- El proceso constructivo entre la excavación y la fundición del cimiento debe ser lo más rápido posible, para evitar variaciones de humedad en los suelos de la excavación y su afectación en la estabilidad. Como alternativa se puede proyectar un cubrimiento con mortero de las paredes de 3 cm, para evitar el remoldeo y la alteración de las propiedades físico-mecánicas del suelo de fundación por acción de las lluvias y el intemperismo.

12.2 ADECUACIÓN DEL TERRENO

- Para la adecuación de las zonas a intervenir, se hará retiro de suelo, mediante un cajeo o excavación máxima de -0.60 m en las zonas a intervenir. No se espera en esta labor presencia de agua.
- Los trabajos de adecuación y movimientos de tierras corresponden con los niveles de desplante y de fundación de las estructuras (-0.50 m y -0.60 m). Una vez sean retirados este material, el suelo de fundación final se deberá conformar y compactar apropiadamente con equipo adecuado.

12.3 EXCAVACIONES

- Las excavaciones que se presenten corresponden a cimentación, cuyos materiales comprometidos son fáciles de excavar manualmente o con máquina.
- Para las excavaciones previstas de los elementos de cimentación superficiales de las obras consideradas en el proyecto (hasta máximo .60 m de profundidad), en suelos de densidad relativa media / consistencia media, se puede evaluar la opción de efectuar cortes verticales, en caso de requerir inclinar taludes se pueden manejar pendientes entre 1.0H: 1.0V y 1.0H: 1.5V en caso de contar con suficiente espacio, de lo contrario se recomienda emplear sistemas de contención provisionales, con el propósito de garantizar la estabilidad a mediano plazo de toda el área de trabajo.
En las zonas donde se presenten derrumbes locales que puedan entorpecer el proceso constructivo, se acudirá a entibados con tablas juntas y tacos o plaquetas capaces de soportar un empuje en reposo $K_0 = 0.512$ y un peso unitario húmedo del suelo de 1.97 T/m^3 , o a la inclinación del talud hasta $56^\circ - 1H:1.5V$
- Dado que no se registró nivel freático si durante las excavaciones se encuentran aguas freáticas, se deberá lograr un control adecuado del flujo de agua drenada mediante bombeo superficial previo y durante el proceso de excavación, tomando precauciones para limitar los efectos indeseables del mismo. Se solicitará, además, un sistema adecuado de descarga de dichas aguas de manera segura, de tal forma

 GEICOL S.A.S. GRUPO EMPRESARIAL DE INFRAESTRUCTURA COLOMBIANO S.A.S. NIT 800.256.897-0	VOLUMEN IV ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y ESTABILIZACIÓN	Calle 37 Norte No. 3 G-N-19 Teléfono 6656005 - 6544200 Celular 311-4779615 CALI www.geicol.net e-mail: info@geicol.net rceron@geicol.net
	AUTOR: EBERTO ORTEGA	PÁG.66

 LO HACEMOS MEJOR GOBIERNO DEL CESAR	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE VIAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS 2020, EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR	DEPARTAMENTO DEL CESAR SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA NIT.892.399.999-1 Calle 16 # 12 - 120 – Edificio Alfonso López Michelsen Valledupar - Cesar Teléfonos: (575)-5709866 www.cesar.gov.co
	INFORME FINAL TRAMO ARJONA - ASTREA	

que no generen erosión ni saturación de los materiales intervenidos. Lo anterior también garantizará el no incremento de la carga hidrostática o niveles piezométricos bajo la superficie de corte.

- Es de anotar, que pequeños derrumbes locales que se presenten, se controlarán con entibados con madera —tablas juntas o esterilla y tacos o plaquetas— o si el espacio lo permite, con la inclinación del talud hasta 56°— 1H:1.5V.
- El material producto de la excavación debe colocarse como mínimo a un metro de distancia del borde de la excavación.

12.4 MUROS DE CONTENCIÓN

- Es fundamental tener en cuenta que cada uno de los muros en voladizo deberá contar con lloraderos consistentes en pases en tres bolillos para disipar las presiones de poros en el trasdós de éste. Los pases podrán ser por medio de tubería PVC de 2 ½”.
- Los muros deberán contar con material de relleno seleccionado, tipo INVIAS (Artículo 610), en el trasdós del muro con un ancho mínimo igual a 0.60 m. El material empleado como relleno se establece como de carácter granular, seleccionado y susceptible de ser compactado manual o mecánicamente con la finalidad de mejorar la competencia mecánica de los elementos de contención. Adicional a lo anterior, se deberá realizar la instalación de geotextil de separación NT 2000 o similar en el trasdós del muro.
- Se debe proteger la superficie de apoyo de los muros con concreto pobre de 0.07 m de espesor, o con material tolerable tipo recebo de 0.30 m de espesor.
- Es necesario construir filtro en gravilla fina o con tubería ranurada envuelta en gravilla y en geotextil en la base del muro, de acuerdo a los planos de diseño. El filtro granular deberá estar limpio, libre de impurezas y finos plásticos, y el tamaño máximo de los agregados será de 2”.

 GEICOL S.A.S. GRUPO EMPRESARIAL DE INFRAESTRUCTURA COLOMBIANO S.A.S. NIT 800.256.897-0	VOLUMEN IV ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES DE PONTONES Y OBRAS MENORES, OBRAS DE ARTE Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y ESTABILIZACIÓN	Calle 37 Norte No. 3 G-N-19 Teléfono 6656005 - 6544200 Celular 311-4779615 CALI www.geicol.net e-mail: info@geicol.net rceron@geicol.net
	AUTOR: EBERTO ORTEGA	PÁG.67