

**Fondo
Adaptación**

Trabajamos en la Reconstrucción
Gestionando el Riesgo de Desastres



SI

SUELOS INGENIERÍA S.A.S.
Estudios, diseños y construcciones en geotecnia

**EVALUACIÓN GEOTÉCNICA Y ESTRUCTURAL DE HASTA
28 OBRAS DE PROTECCIÓN HIDRÁULICA LOCALIZADAS
EN LOS 11 MUNICIPIOS QUE CONFORMAN EL NÚCLEO
DE LA REGIÓN DE LA MOJANA**



INFORME DE INDICES PARAMETRICOS

**OCTUBRE
2015**

Nombre del proyecto:	EVALUACIÓN GEOTÉCNICA Y ESTRUCTURAL DE HASTA 28 OBRAS DE PROTECCIÓN HIDRÁULICA LOCALIZADAS EN LOS 11 MUNICIPIOS QUE CONFORMAN EL NÚCLEO DE LA REGIÓN DE LA MOJANA, QUE PERMITA OBTENER UN DIAGNOSTICO DETALLADO DE LAS CONDICIONES ACTUALES DE LAS CITADAS ESTRUCTURAS	
Orden de trabajo:	202-001-15	
Nombre del Informe:	ANÁLISIS ÍNDICES PARAMÉTRICOS	
Versión	Cambios Realizados	Fecha
0	Versión original	AGOSTO 18 2015
1	Se hicieron cambios en el documento de acuerdo a las indicaciones de la interventoría	SEPTIEMBRE-26-2015
2	Se hicieron cambios en el documento de acuerdo a las indicaciones de la interventoría	OCTUBRE- 02 -2015
3	Se hicieron cambios en el documento de acuerdo a las indicaciones de la interventoría	OCTUBRE- 06 -2015

ELABORADO POR:

Versión	Nombre	Firma	Fecha
0			AGOSTO 18 2015
1			SEPTIEMBRE 26 2015
2			OCTUBRE- 02 -2015
3	VLADIMIR BUELVAS HERNÁNDEZ		OCTUBRE- 06 -2015

REVISADO POR:

Versión	Nombre	Firma	Fecha
0			AGOSTO 18 2015
1			SEPTIEMBRE 26 2015
2			OCTUBRE- 02 -2015
3	DONALDO CASTILLA		OCTUBRE- 06 -2015

APROBADO POR:

Versión	Nombre	Firma	Fecha
0			AGOSTO 18 2015
1			SEPTIEMBRE 26 2015
2			OCTUBRE- 02 -2015
3	ALBERTO DURÁN		OCTUBRE- 06 -2015

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	11
2. OBJETIVOS.....	12
2.1 OBJETIVOS GENERALES.....	12
3. REGIÓN DE LA MOJANA.....	13
3.1 GEOLOGÍA DIQUE MARGINAL.....	14
3.1.1 ESTRATIGRAFÍA REGIONAL.....	14
3.1.2 GEOMORFOLOGÍA REGIONAL.....	16
3.1.3 PLANICIE ALUVIAL.....	17
3.1.4 LLANURA DE INUNDACIÓN.....	18
3.1.5 Humedales de La Mojana (HLM).....	18
3.1.6 Colinas Bajas (CB).....	18
3.1.7 Superficie de erosión de San Lucas (SESL).....	19
3.2 GEOLOGÍA MAGANGUÉ, TACASALUMA, SUCRE.....	19
3.2.1 Estratigrafía Regional.....	19
3.2.2 Formación Zambrano (N_1N_{2z}).....	20
3.2.3 Formación Astrea – Cuesta (N_2Q1ac).....	21
3.2.4 Depósitos no litificados.....	23
3.2.5 Terrazas Antiguas.....	23
3.2.6 Llanuras de inundación ($Q1-Q2fa$).....	23
3.2.7 Depósitos fluvioacustres ($Q2fl$).....	26
3.2.8 Depósitos fluviales de canal ($Q2fc$).....	27
3.2.9 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	28
3.2.10 ALINEAMIENTOS.....	29
3.2.11 Alineamiento Mompox.....	29
3.2.12 Alineamiento Guataca.....	29
3.2.13 Alineamiento Violo.....	30
3.2.14 Alineamiento Chicagua.....	30
3.2.15 Alineamiento la Culebra.....	30
3.2.16 Alineamiento El Palmar.....	30
3.3 GEOLOGÍA DIQUE SEHEBE 1 Y 2.....	30
3.3.1 ESTRATIGRAFÍA.....	30
3.3.2 ROCAS SEDIMENTARIAS.....	30
3.3.3 GRUPO SINCELEJO (N_2Q1s).....	31
3.3.4 Espesores.....	35
3.3.5 Contactos.....	35
3.3.6 Origen.....	35
3.4 DIQUE PINILLOS.....	36
3.4.1 ESTRATIGRAFÍA REGIONAL.....	36
3.4.2 Proterozoico.....	36
3.4.3 Paleozoico.....	37
3.4.4 Triásico - Jurásico.....	38

3.4.5	Granitoides de San Lucas (Jgsl)	39
	Depósitos de Abanicos y Terrazas Aluviales (Qcal).....	39
3.4.6	Llanuras de inundación (Qfal)	40
3.4.7	Depósitos Fluvioacústres (Qfl)	40
3.4.8	Depósitos de Coluvión (Qco)	41
3.4.9	Depósitos fluviales de canal (Qfc).....	41
3.4.10	Suelos Residuales (Qs)	41
3.4.11	GEOLOGIA ESTRUCTURAL.....	41
3.4.12	Pliegues	42
3.5	GEOLOGÍA ACHÍ, SAN BENITO, MAJAGUAL, GUARANDA.....	42
3.5.1	ESTRATIGRAFÍA REGIONAL	42
3.5.2	GEOMORFOLOGÍA.....	48
3.5.3	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	50
3.5.4	LLANURA DE INUNDACIÓN.....	52
3.6	CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA	52
4.	ANTECEDENTES	53
4.1	DIQUES	53
4.1.1	Dique 1 y 2: Sehebe.....	53
4.1.2	Dique 3: Pinillos	54
4.1.3	Diques 4 y 5: San Benito Abad-Sucre.....	55
4.1.4	Dique 6: Tramo Colorado – Nechí	56
4.1.5	Dique 7: Magangué Retiro	57
4.1.6	Dique 8: Tramo Nechí – San Jacinto	57
4.1.7	Dique 9: Tramo San Jacinto – Astilleros.....	58
4.1.8	Dique 10: Magangué.....	59
4.1.9	Diques 11 y 12: Tacasaluma.....	59
4.2	MUROS.....	60
4.2.1	Muro 1: Sucre.....	61
4.2.2	Muro 2: Majagual	61
4.2.3	Muro 3: Achí:.....	62
4.2.4	Muro 4: San Benito Abad:.....	63
4.2.5	Muro 5: Nechí.....	63
4.2.6	Muro 6: Guaranda	64
4.2.7	Muro 7: Retiro	65
4.2.8	Muro 8: Magangué.....	66
4.2.9	Muro 9: San Jacinto del Cauca	66
4.3	ESPIGONES.....	67
4.3.1	Espigón Laredo	67
4.3.2	Espigón Santa Anita.....	68
4.3.3	Espigón Pedro Ignacio	68
4.4	PROTECCIÓN DE ORILLA.....	69
4.4.1	Protección de orilla San Jacinto.....	69
4.4.2	Protección de orilla Achí	70
5.	METODOLOGÍA Y CRITERIOS	72
5.1	DIQUES	72
5.2	MUROS.....	73

5.3	ESPIGON.....	74
5.4	PROTECCIÓN DE ORILLA.....	75
5.5	CRITERIOS GENERALES PARA LOS ANÁLISIS	75
5.6	INSUMOS Y CONSIDERACIONES PARA LOS ANÁLISIS DE ESTABILIDAD	76
5.6.1	Información básica	76
6.	ÍNDICES PARAMÉTRICOS.....	77
6.1	DIQUES	77
6.2	MUROS.....	81
6.3	ESPIGÓN.....	85
6.4	PROTECCIÓN DE ORILLA.....	88
7.	LIMITACIONES.....	90
8.	CONCLUSIONES.....	91
9.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93

LISTA DE FIGURAS

Figura 3-1. Ubicación de la zona de La Mojana dentro el territorio norte de Colombia.....	13
Figura 3-2. Afloramiento de esquistos grises oscuros en el Cerro Astilleros.	15
Figura 3-3. Afloramientos de roca meteorizada en el sector de Santa Anita.	15
Figura 3-4. Afloramiento de areniscas conglomeráticas de la Formación Sincelejo en la vía Caucasia – Nechí, cerca al corregimiento de Colorado.....	16
Figura 3-5. Depósito aluvial poco consolidado en la margen occidental del Río Cauca.	16
Figura 3-6. . Mapa físico de Colombia	17
Figura 3-7. Planicie aluvial en la zona de estudio. Dique Marginal.	17
Figura 3-8. Llanura aluvial del río Cauca cerca de Nechí.	18
Figura 3-9. Paisajes de las unidades geomorfológicas	19
Figura 3-10. Afloramiento de areniscas calcáreas fosilíferas, sobre la vía principal a Ricaurte, estación ODC-0001, tomada hacia el NE.	20
Figura 3-11. Formación Zambrano, areniscas semi-litificadas, arcillolitas muy meteorizadas y estratificadas, vía Guamal –Astrea, cruce Sabana del Hosco, estación ODC-0046, tomada hacia el SW.	20
Figura 3-12. Expresiones morfológicas de topografía suave y ondulada, sector de Hato Viejo, estación ODC-0035, tomada hacia el NW.	21
Figura 3-13. A) Cantera que descubre sedimentos asociados a la Formación Astrea – Cuesta, sector de San Antonio, estación ODC-0058, tomada hacia el NE. B.) Corte sobre vía Loma de Simón - ciénaga El Pozuelo, estación LCT-0086. Tomada hacia el S.	22
Figura 3-14. Morfología Formación Astrea en la Plancha 54 - Mompox, vía Montebello - Los Algarrobos, estación LCT-0034.....	22
Figura 3-15. Orillas escarpadas de terraza antigua a orillas del Brazo del Mompox. Sector del municipio de Guamal, estación WVG-000, tomada hacia el N.	23
Figura 3-16. A) Expresión morfológica de llanura de inundación, sector vereda Caimital, estación ODC-0076, tomada hacia el N. B) Terraza con leve ondulación, sector vereda Mamoncito. ..	24
Figura 3-17. A) Terraza aluvial, sector río Chicagua, tomada hacia el NE. B.) Columna estratigráfica de la terraza aluvial, estación LCT-0110.....	25
Figura 3-18. Rasgos geomorfológicos de los depósitos fluvio lacustres A). Sector Hato Viejo, estación ODC-0034.	26
Figura 3-19. A) Material detrítico, sector Ricaurte finca el Porvenir, estación ODC-0038.....	27
Figura 3-20. Panorámica que exhibe la terraza aluvial del río Magdalena (Brazo de Loba).....	28
Figura 3-21. Mapa de alineamientos principales Plancha 54 - Mompox.	29
Figura 3-22. Morfología plana levemente ondulada, observada a los lados y al fondo de la vía, cerca de la quebrada carrizal (vista al Norte), estación LCT-0168, Coordenadas.1401570mN, 883805mE (H-1).	32
Figura 3-23. Morfología levemente ondulada de colinas muy bajas, finca la Loma (vista al noroeste), Estación ENA-014, Coordenadas,1409059mN, 885122mE (G-2).	33
Figura 3-24. Localización del dique Ayapel Morfología del terreno plano y fuertemente incitado, generando ondulaciones por erosión (vista al noroeste), Finca El Tesoro, Estación ODC-0166, Coordenadas, 1403108mN, 886542mE (G-2).	33
Figura 3-25. Perfil de conglomerado polimítico que grada al techo a arenisca conglomerática, Sector La Inmaculada (vista al Este), estación ODC-0155, Coordenadas 1410094mN, 881097m E (F-1).	34

Figura 3-26. Cantera en arenisca (vista al noreste), Sector Loma Grande, estación LCT-0169, Coordenadas 1402245mN, 882434mE (H-1).	34
Figura 3-27. Arcillolita arenosa en la base y arenisca arcillosa al techo, abigarradas (vista al Norte), Sector El Dorado Estación ENA-0146. Coordenadas 1402912mN, 902439mE (H-5).	35
Figura 3-28. Panorámica de la ciénaga de Jejenal. Morfología del Neis de San Lucas (MPsl) y de la Formación.....	36
Figura 3-29. Morfología de los depósitos de Llanura de Inundación (Qfal). Tomada al norte del municipio de Pinillos. Río Magdalena	40
Figura 3-30. Morfología de los depósitos Fluviolacustres (Qfl). Tomada al en la ciénaga de Tacasaluma.	40
Figura 3-31. Afloramiento de esquistos grises oscuros en el Cerro Astilleros.	43
Figura 3-32. Relieve levemente ondulado asociado al Grupo Sincelejo. Sector Las Tuluas. Vista al NE. Estación AMM 101. Coordenadas 1471066m.N, 884587m.E y 1470627Mn	44
Figura 3-33. Detalle de conglomerados, areniscas conglomeraticas a arcillosas y arcillolitas arenosas cantera Las Mercedes. Hacienda Santo Domingo. 100 m al sur de la Estación AMM-0101. Coordenadas, 1470627m.N, 884587m	44
Figura 3-34. Excavación en morfología plana. Campo Alegre. Vista al W. Estación ABM-0118. Coordenadas 1478484m.N, 930924m.E.....	45
Figura 3-35. Delimitación del Abanico Aluvial de la Mojana, (contorno línea amarilla) sobre el Modelo del terrenos Natural (DEM).....	46
Figura 3-36. Red de drenaje del Abanico Aluvial de la Mojana	47
Figura 3-37. Sedimentos mezclados con materia orgánica, desarrollado en ambiente fluviolacustre sobre sedimentos del Grupo Sincelejo. Sector de Caño Viejo. Estación ABM-0057. Coordenadas 1473536m.N, 907416m.E.....	48
Figura 3-38. Mapa de Rangos de Pendientes en el área de la Mojana (Modificado de Romero, 2012).	49
Figura 3-39. Morfología de planicie con ondulaciones suaves, incisadas levemente, en el Grupo Sincelejo. Visual al SW. Sector Los cayitos entre estaciones AMM-100 y LTG-002. Municipio de Caimito. 1471381m.N, 882183m.E.	49
Figura 3-40. Geoforma lacustre. Sector Isla del Coco. Estación AMM-0133. Vista al W. Coordenadas 1476098m.N, 916306m.E.....	50
Figura 3-41. Llanura aluvial del río Cauca cerca de Nechí. Lineamientos en la Plancha 63 - San Marcos.....	51
Figura 3-42. Llanura aluvial del río Cauca cerca de Nechí.	52
Figura 4-1. Sección típica de la geometría del nuevo dique para el dique Ayapel	54
Figura 4-2. Esquema de la sección de análisis.....	54
Figura 4-3. Esquema de la estructura seleccionada para los nuevos diques de San Benito	55
Figura 4-4. Esquema de la estructura seleccionada para el dique marginal, Tramo Colorado – Nechí.	56
Figura 4-5. Esquema de la sección de análisis.....	57
Figura 4-6. Esquema de la sección escogida para el Dique Marginal, Tramo Nechí – San Jacinto	58
Figura 4-7. Esquema de la sección escogida para el Dique Marginal, Tramo San Jacinto - Astilleros	58
Figura 4-8. Esquema de la sección escogida para el Dique Magangué.....	59
Figura 4-9. Esquema de la alternativa escogida donde se adecua el dique con distintos componentes.	60

Figura 4-10. Esquema de una sección típica donde se adecua el muro con distintos componentes.	61
Figura 4-11. Esquema de una sección típica donde se adecua el muro con distintos componentes.	62
Figura 4-12. Esquema de una sección típica donde se adecua el muro con distintos componentes.	62
Figura 4-13. Esquema de una sección típica donde se adecua el muro con distintos componentes.	63
Figura 4-14. Esquema de una sección típica donde se adecua el muro con distintos componentes.	64
Figura 4-15. Esquema de una sección típica donde se adecua el muro con distintos componentes.	65
Figura 4-16. Sección representativa del muro metálico.	65
Figura 4-17. Esquema de una sección típica donde se adecua el muro con distintos componentes.	66
Figura 4-18. Esquema de una sección típica donde se adecua el muro con distintos componentes.	67
Figura 4-19. Esquema de una sección típica donde se adecua el espigón con distintos componentes.	67
Figura 4-20. Esquema de una sección típica donde se adecua el espigón con distintos componentes.	68
Figura 4-21. Esquema de una sección típica donde se adecua el espigón con distintos componentes.	69
Figura 4-22. Esquema de una sección típica donde se adecua la protección de orilla con distintos componentes.	70
Figura 4-23. Esquema de una sección típica donde se adecua la protección de orilla con distintos componentes.	71
Figura 6-1. Volumen de relleno seleccionado (m ³ /m) en diques Vs altura del mismo.	79
Figura 6-2. Costo total dique nuevo por metro lineal.	79
Figura 6-3. Gráfica de altura (H (m)) Vs. Volumen de concreto (m ³ /m).	82
Figura 6-4. Kilogramos de acero de refuerzo de muros Vs de altura (H (m)).	83
Figura 6-5. Gráfica de altura (H (m)) Vs. Costo de concreto por metro lineal de muro (\$/m).	83
Figura 6-6. Gráfica de altura (H (m)) Vs. Costo de acero por metro lineal de muro (\$/m).	84
Figura 6-7. Gráfica de altura (H (m)) Vs. Costo total por metro lineal de muro (\$/m).	85
Figura 6-8. Gráfica de H altura (m) Vs. Área de relleno (m ²).	87
Figura 6-9. Gráfica de H altura (m) Vs. Costo (\$).	88

LISTA DE TABLAS

Tabla 4-1. Resumen de costos para el dique marginal Colorado Nechí.	56
Tabla 4-2. Resumen de la geometría del muro Sucre.	61
Tabla 4-3. Resumen de la geometría del muro Majagual.	61
Tabla 4-4. Resumen de la geometría del muro 4, San Benito.	63
Tabla 4-5. Resumen de la geometría del muro Nechí.	63
Tabla 4-6. Resumen de la geometría del muro Guaranda.	64
Tabla 4-7. Resumen de la geometría del muro Magangué.	66
Tabla 4-8. Resumen de la geometría del muro San Jacinto.	66
Tabla 6-1. Resumen de propiedades y costos de todos los diques estudiados en este proyecto ...	77
Tabla 6-2. Porcentajes promedio de relleno en los diques.	78
Tabla 6-3. Costo de los diques por metro lineal.	80
Tabla 6-4. Resumen de propiedades y costos de todos los muros estudiados en este proyecto.	81
Tabla 6-5. Porcentaje promedio del acero y concreto de los muros.	81
Tabla 6-6. Resumen de costos de Espigones.	85
Tabla 6-7. Porcentaje promedio de la protección en las superficies de los espigones.	86
Tabla 6-8. Resumen de costos de Protección Orilla.	88
Tabla 6-9. Porcentaje promedio de la protección en las superficies de los espigones.	89

LISTA DE ANEXOS

- Anexo A. Campaña de exploración y ensayos de laboratorio
- Anexo B. Perfiles geológico geotécnicos
- Anexo C. Factores de Seguridad de las respectivas estructuras
- Anexo D. Presupuestos
- Anexo E. APU's

1. INTRODUCCIÓN

Este informe es parte del contrato número 200 del 2014 entre el FONDO ADAPTACIÓN (en adelante FA) y la empresa SUELOS INGENIERÍA S.A.S (en adelante SI) para la evaluación geotécnica y estructural de 28 obras de protección hidráulica en la zona de la Mojana.

La Mojana es una zona de llanuras de inundación de los ríos que nacen en la parte alta de la montaña tales como; el río Cauca, San Jorge y Sinú. Las inundaciones es uno de los problemas que enfrenta con frecuencia la zona, presentándose pérdidas tanto económicas como de vidas humanas. En el caso particular de La Mojana fuertes eventos de inundación han generado pérdidas importantes, que han motivado la evaluación de las estructuras de regulación hidráulica de la zona.

De acuerdo al alcance de este estudio, se realizó una revisión de 28 estructuras de regulación hidráulica de la zona. Entre las que se encuentran:

- 12 Diques: Dique 1 y 2 Sehebe, Dique 3 Pinillos, Diques 4 y 5 San Benito Abad-Sucre, Dique 6 Nechí Tramo Colorado, Dique 7 Magangué Retiro, Dique 8: Tramo Nechí – San Jacinto, Dique 9: Tramo San Jacinto – Astilleros, Dique 10: Magangué, Diques 11 y 12: Tacasaluma.
- 9 muros; Muro 1 Sucre, Muro 2: Majagual, Muro 3 Achí, Muro 4: San Benito Abad, Muro 5: Nechí, Muro 6: Guaranda, Muro 7 Retiro, Muro 8 Magangué, Muro 9 San Jacinto del Cauca
- 3 espigones: Espigón Laredo, Espigón Santa Anita y Espigón Pedro Ignacio,
- 4 protecciones de orilla: Protección de orilla San Jacinto, 2 Protección de orilla Achí y El retiro

El estudio incluyó inicialmente la caracterización de los materiales de fundación por medio de una campaña de exploración de campo e inventario del estado actual de las estructuras. Luego, se realizó un análisis desde el punto de vista de estabilidad general y ante posibles mecanismos de falla que puede sufrir las estructuras, por la aplicación de cargas a las que se espera esté sometida durante su vida útil. Por último se llevó a cabo un diseño a nivel de ingeniería básica en los casos que se encontró pertinente, para la reparación o remplazo de la estructura existente. El diseño a nivel de ingeniería básica, incluyó el cálculo de cantidades y presupuesto de la alternativa propuesta de remplazo o reparación de la estructura existente.

El presupuesto de estas estructuras permitió el cálculo de los índices paramétricos por medio de los cuales puede hacerse una verificación del costo de una estructura similar, en otra ubicación y/o con otras dimensiones. Con la integración de todos los presupuestos y cantidades para cada tipo de estructura, se determinaron los índices para diques, muros, protecciones de orilla y espigones. En este informe se presenta el cálculo de los índices paramétricos para todas las estructuras analizadas en este estudio.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GENERALES

Obtener los índices paramétricos de costos de construcción para las diferentes estructuras, con base en las cantidades y presupuestos de las alternativas propuestas durante el diseño a nivel de ingeniería básica de los muros que hicieron parte de este estudio. Esto con el fin de poder calcular el costo de estructuras similares en la zona, sin la necesidad de un estudio detallado de cada alternativa.

3. REGIÓN DE LA MOJANA

La región de la Mojana pertenece a un gran complejo de humedales en la región Momposina (Figura 3-1). La Mojana ha cumplido la función de regular principalmente los caudales del río Cauca, del río San Jorge, y del río Magdalena. En épocas precolombinas las inundaciones permitían a los pobladores de la zona, tomar el sedimento de los ríos como abono para la agricultura. Durante la colonización española la ganadería fue tomando un lugar cada vez más importante dentro del marco regional y la zona se fue poblando cada vez más. Esto redujo la selva tropical en la zona, haciendo más vulnerable inundaciones a las personas de la región. Adicionalmente se han desarrollado actividades mineras sobre el río, lo que ha incrementado la contaminación con mercurio sobre el río.

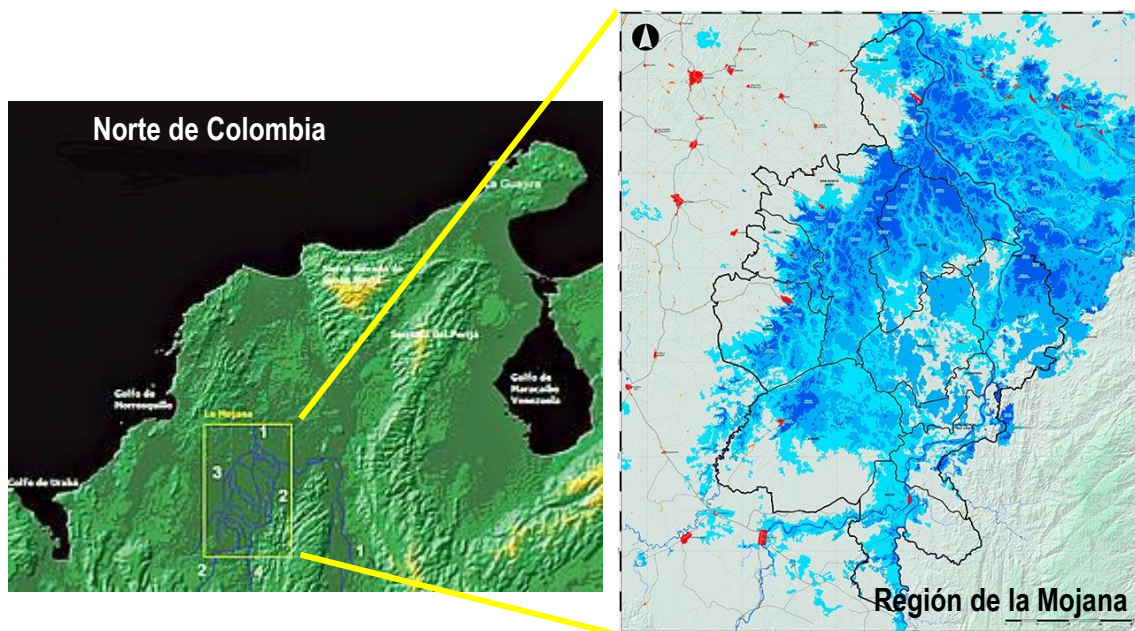


Figura 3-1. Ubicación de la zona de La Mojana dentro el territorio norte de Colombia.

La subregión de La Mojana comprende once municipios en cuatro departamentos Antioquia (Nechí); Bolívar (Magangué, Achí y San Jacinto del Cauca); Córdoba (Ayapel) y Sucre (San Marcos, Guaranda, Majagual, Sucre, Caimito y San Benito Abad). Está delimitada geográficamente al oriente con el río Cauca, al occidente con el río San Jorge y ciénaga de Ayapel, al nororiente con el brazo de Loba del río Magdalena, y al sur con las tierras altas de Caucasia y la serranía de Ayapel. La conforma un área de 500.000 hectáreas, aproximadamente, de las cuales el 72% pertenecen al departamento de Sucre.

Las actividades económicas que se desarrollan en la región se han visto afectadas por el proceso natural del control del caudal en el río Cauca. Esto ha obligado a sus pobladores a interactuar con las inundaciones periódicas que presenta la región. Durante la etapa precolombina se habitaban ciertos lugares únicamente en periodos de lluvia, lo que coloquialmente se conoce en nuestro país como invierno. Además se construyeron algunos canales de agua y terraplenes con el fin de controlar las inundaciones. Durante los últimos años se han desarrollado grandes proyectos

cercanos a la Mojana como es la represa de Urrá sobre el Río Sinú, y la vía Montería-Cerete-Lorica, además de varios diques viales como el estudiado en este informe entre Colorado y Nechí.

Los once municipios que pertenecen a La Mojana tienen una población total de 436.209 habitantes, según proyecciones del DANE para el 2003, de los cuales el 52.3% están localizados en las cabeceras y 47.7% en la zona rural, con tasas de crecimientos anual de 2%, 2.4% y 1.5%, respectivamente. La mayoría de la población se concentra en los municipios de Magangué, Ayapel, Majagual, San Marcos y Achí.

La Mojana se caracteriza por tener condiciones de aislamiento geográfico en las áreas rurales, donde no existen medios de transportes eficientes, siendo este el mayor obstáculo para comercializar sus productos, o complicar actividades tan simples como llegar a los centros de salud, escuelas u otros servicios para satisfacer sus necesidades domésticas. De los 562.1 Km. de vías de la subregión, el 99% están en afirmado sobre los diques y tierra. La mayoría son caminos y trochas en pésimo estado que atraviesan ciénagas y caños. En épocas de invierno por los desbordamientos de los cuerpos de agua se hacen intransitables o desaparecen. Existen dos vías de importancia. Una es la de San Marcos-San Benito Abad, con salida hacia Sincelejo y Montería, mantiene buenas condiciones durante el año pero con algunas limitaciones en invierno. La otra vía que penetra a La Mojana es el carreteable San Marcos-Majagual, la cual es intransitable en época de lluvias.

Para caracterizar los materiales y estructuras de la zona en estudio se llevó a cabo una exploración y ensayos de laboratorio, la cual se relaciona en el Anexo A. A continuación se describe de manera sucinta la geología de diferentes zonas estudiadas del área general que fue la Mojana.

3.1 GEOLOGÍA DIQUE MARGINAL

3.1.1 ESTRATIGRAFÍA REGIONAL

En la zona de La Mojana se distinguen tres grandes unidades geológicas, el cinturón de San Jacinto, la cuenca Plato San Jorge y la serranía de San Lucas. Las rocas más antiguas de la zona de estudio son metamórficas y afloran al Suroriente (serranía de San Lucas), siguiendo el curso del Río Cauca (margen derecha), ocupando una franja angosta entre las poblaciones de Nechí (Antioquia) y Guaranda (Sucre). Estas rocas son principalmente esquistos negros, esquistos cuarzo-sericíticos, moscovíticos y en menor proporción cloríticos. El grado de metamorfismo de estas rocas corresponde a las facies de esquistos verde. También afloran neises, cuarzo-feldespáticos, anfibólicos bien bandeados con segregaciones de capas máficas (oscuras) milimétricas, ricas en biotita y hornblenda. Véase Figura 3-2.



Figura 3-2. Afloramiento de esquistos grises oscuros en el Cerro Astilleros.

Las rocas del flanco más occidental del complejo metamórfico están profundamente meteorizadas desarrollando un espeso saprolito de carácter arcilloso. Se presentan suelos arcillo-limosos abigarrados de colores naranja claro, naranja oscuro, café oscuro y amarillo-rojizo. El espesor puede sobrepasar los 15.0 m en aquellos sitios donde la pendiente es baja (Alto de Santa Anita-Bermúdez). Afloramientos de roca fresca se aprecian en algunos tramos del cauce del Río Cauca entre Colorado y Astilleros.

Los materiales anteriores originan unas salientes topográficas, con cuchillas alargadas en el sentido de las estructuras. Los mejores afloramientos se encuentran en el sector de Santa Anita (Bermúdez) [¡Error! No se encuentra el origen de a referencia.] (Ver Figura 3-3), las Brisas-Astilleros - Berlín.



Figura 3-3. Afloramientos de roca meteorizada en el sector de Santa Anita.

Rocas sedimentarias del Terciario superior-Pleistoceno, pertenecientes al cinturón de San Jacinto, afloran al suroccidente del área de estudio. Se trata en este caso de areniscas, arcillolitas, limolitas y conglomerados (Formación Betulia), véase Figura 3-4. Al occidente afloran gruesas capas de areniscas conglomeráticas con estratificación cruzada, abundantes intercalaciones de arcillolitas (Formación Sincelejo). Estas rocas y los materiales no consolidados infrayacen la cobertura fluvio-lacustre de la región de La Mojana



Figura 3-4. Afloramiento de areniscas conglomeráticas de la Formación Sincelejo en la vía Caucasia – Nechí, cerca al corregimiento de Colorado.

Los materiales más recientes (Cuaternario - Holoceno) conforman una gran planicie, suavemente inclinada al NW, característica evidenciada por la dirección del drenaje en la zona. En su parte más superficial (aproximadamente los 10 primeros metros) está conformada por limos arcillosos de color pardo claro a amarillo claro ligeramente compactados.

El área Colorado-Astilleros presenta acumulaciones arenosas con espesores mayores o iguales a 20.0 m, alternando con capas de arcillas a veces limosas y limos en superficie que varían entre tres y seis metros de espesor. Estos materiales reposan sobre “gravillas de fondo”. La estratigrafía anterior está basada en los sondeos realizados por Suelos Ingeniería S.A.S. para el presente estudio (Figura 3-5).

Las zonas de depresiones a veces ocupadas por ciénagas, tanto temporales como permanentes, almacenan limos arcillosos sueltos, los cuales, reposan sobre capas de limos más compactas.



Figura 3-5. Depósito aluvial poco consolidado en la margen occidental del Río Cauca.

3.1.2 GEOMORFOLOGÍA REGIONAL

Geomorfológicamente, la región de La Mojana hace parte de un relieve transicional, que se desarrolla entre la culminación de valles intermontanos y la iniciación divagante de cursos fluviales, a lo largo de una amplia llanura, donde dichos cursos cumplen su periodo de senectud (véase). En esta zona desaparecen las cadenas montañosas que conforman la cordillera central y occidental del país y comienza una extensa región denominada fisiográficamente llanuras costeras del caribe, véase Figura 3-7.



Figura 3-6. . Mapa físico de Colombia



Figura 3-7. Planicie aluvial en la zona de estudio. Dique Marginal.

El área de investigación del presente trabajo se encuentra en la Plancha 83 (Nechí), la cual se localiza en la subregión del Bajo Cauca, la parte noreste en la zona de la Mojana y el borde oriental está delimitada por las estribaciones de la Serranía de San Lucas y está atravesada por los ríos Cauca y Nechí. Geomorfológicamente la plancha se divide en cuatro unidades claramente relacionadas con la fisiografía: Planicie Aluvial (PA), el humedal de La Mojana (HLM), Colinas Bajas (CB) y Superficie de Erosión de San Lucas (SESL), véase Figura 4.7.

3.1.3 PLANICIE ALUVIAL

La Planicie Aluvial la conforman las llanuras de inundación de los ríos Cauca, Nechí y Caribona con un área de 624000 000 m². Las terrazas aluviales se localizan en ambas márgenes del río Cauca y en la orilla occidental del río Nechí.

La llanura de inundación del río Cauca en la plancha 83 tiene en promedio cinco (5000) m de ancho hasta el sitio donde se integra con la llanura de inundación del río Nechí. Juntas en las cercanías a la confluencia de estos dos ríos alcanzan los 20000 m de amplitud, formando zonas planas anegables, conformadas por depósitos de arcillas y arenas cubiertos por vegetación rala (Figura 3-9). También se incluyen las pequeñas islas en el cauce del río Cauca, meandros abandonados debidos a la dinámica fluvial con frecuentes cambios de curso. Las terrazas aluviales se depositaron en varios niveles paralelos a los ríos Cauca y Nechí y se encuentran entre 30 y 100 msnm. Actualmente se conservan pocos indicios debido a la explotación minera de éstas. Éstas presentan cimas planas con baja pendiente y con baja incisión; y las componen depósitos poco consolidados de lodos, arenas y gravas.

3.1.4 LLANURA DE INUNDACIÓN

Estos sedimentos están compuestos por material areno arcilloso y gravas con guijos de cuarzo lechoso matriz soportadas.

La llanura aluvial del río Cauca se observó con alturas entre 0,20 y 1,00 m sobre el cauce que ocupa el río en el momento, está compuesta por limos y arenas cuarzosas muy finas de color gris, y su amplitud varía según la topografía. La llanura está sometida a erosión en las temporadas de mayor caudal, por lo que algunas poblaciones (como Margento) ubicadas sobre la llanura han tenido que ser evacuadas y reubicada. Debido a la dinámica del río con cambiante trayectoria y por la intervención antrópica, se forman barras en forma de islas.



Figura 3-8. Llanura aluvial del río Cauca cerca de Nechí.

3.1.5 Humedales de La Mojana (HLM)

Esta unidad geomorfológica que hace parte de la Depresión Momposina, se ubica en la esquina Noreste de la plancha 83 con un área de 158000000 m², en la triple unión de los departamentos de Antioquia, Bolívar y Córdoba, incluye las partes más bajas de las cuencas de los ríos San Jorge, Cauca-Nechí y las ciénagas relacionadas a estas corrientes. El Ministerio del medio Ambiente ha adoptado la definición de la Convención de Ramsar, para definir los humedales del tipo la Mojana, de esta manera: "son humedales aquellas extensiones de marismas, pantanos, turberas o aguas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluyendo las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros". (Fide Scott y Carbonell 1986 en MMA. Política Nacional Para Humedales Interiores de Colombia Estrategias para su conservación y uso racional, 2001).

El territorio de La Mojana se localiza por debajo de los 30 msnm y presenta un paisaje cenagoso que buena parte del año permanece inundado, en las ciénagas se conserva el agua permanentemente. La acumulación de sedimentos hace estas tierras aptas para cultivos de arroz, plátano, banano, así como para la pesca y ganadería. Véase Figura 3-9 b.

3.1.6 Colinas Bajas (CB)

Se manifiestan como una planicie suavemente ondulada, que se extiende en un área de 1194 Km² dentro de la plancha 83 entre las cotas 50 y 100 m, son colinas redondeadas a alargadas, disectadas con valles poco profundos que le dan apariencia de montículos aislados con diferencia de altura que no supera los 20.0 m, localizadas entre los ríos Cauca y Nechí. Las pendientes son suaves, no superan el 15%, el drenaje es ralo, están cubiertas por pastizales y se desarrollan sobre las rocas del Grupo Sincelejo. Véase Figura 3-9 c.

3.1.7 Superficie de erosión de San Lucas (SESL)

Se desarrolla en el borde oriental de la plancha en las estribaciones de la Serranía de San Lucas con altura entre 100 y 500 m y generalmente está cubierta de bosques tropicales. Forma un relieve colinado que se extiende aproximadamente 424 Km² dentro de la plancha, tiene topos amplios disectados con filos alargados, con pendientes fuertes hasta de 35°, el drenaje principal es subparalelo y el drenaje secundario rectangular. Esta unidad la conforman rocas de la Diorita de Segovia (Batolito de Segovia) y rocas metamórficas (Neis de Nechí y Neis Cuarzo Feldespático de San Lucas). Véase Figura 3-9 d.



a. Planicie aluvial.



b. La Mojana



c. Colinas bajas.



d. Superficie de erosión San Lucas.

Figura 3-9. Paisajes de las unidades geomorfológicas

3.2 GEOLOGÍA MAGANGUÉ, TACASALUMA, SUCRE.

3.2.1 Estratigrafía Regional

Las unidades estratigráficas que afloran en la Plancha 54 - Mompox, corresponden a rocas sedimentarias litificadas y semi-litificadas de edad neógena de origen marino somero y continental que han sido descritas como Formación Zambrano y Formación Astrea Cuesta. Los depósitos cuaternarios abarcan gran parte del área total de la plancha y están constituidos por materiales formados en las llanuras de inundación, flujos de canal, terrazas antiguas y en los materiales formados por la acción fluvio-lacustre de las ciénagas. Los depósitos recientes no consolidados o semiconsolidados se asocian a las llanuras de inundación de ciénagas y ríos clasificados como fluvio-lacustres y aluviales, en una secuencia de 2000 m de espesor, aproximadamente, (Herrera et al., 2001).

3.2.2 Formación Zambrano (N₁N_{2z})

Duque Caro et al. (1991) elevan de rango a las Capas de Zambrano y le asignan el nombre de Formación Zambrano que se caracteriza por ser un conjunto arenoso con intercalaciones de lodolita y limolitas en capas gruesas y finas, con ocasional presencia de yeso y es común la presencia de conchas de bivalvos y gasterópodos (véase **Figura 3-10**).



Figura 3-10. Afloramiento de areniscas calcáreas fosilíferas, sobre la vía principal a Ricaurte, estación ODC-0001, tomada hacia el NE.

La Formación Zambrano está compuesta por sedimentos finos moderadamente litificados con variaciones en tamaño de grano desde lodolitas hasta areniscas conglomeráticas semilitificadas, dispuestas en capas delgadas de geometría plano paralela continua de color anaranjado amarillento. Se extiende al noreste de la Plancha 54 - Mompox y abarca las veredas El Coco, La Pacha, Ricaurte y Hato Viejo. Las principales manifestaciones de paquetes de lodolitas y riegos sueltos de concreciones ferrosas (véase **Figura 3-11**).



Figura 3-11. Formación Zambrano, areniscas semi-litificadas, arcillolitas muy meteorizadas y estratificadas, vía Guamal –Astrea, cruce Sabana del Hosco, estación ODC-0046, tomada hacia el SW.

3.2.2.1 Características Morfológicas

Las areniscas calcáreas fosilíferas se presentan como remanentes rocosos de poca extensión, moderada a baja litificación y sin evidencia de estructuras sedimentarias, la disolución diferencial de los carbonatos hace que el terreno se hunda y forme depresiones topográficas. Los sedimentos arenosos o arcillo limosos no consolidados son típicos en zonas de colinas suaves y onduladas que alternan con zonas planas o de acumulación producto de los procesos erosivos sufridos por las rocas menos resistentes y poco litificadas, incizadas por caños menores de 1m de profundidad con tendencia general noreste. (Véase **Figura 3-12**).



Figura 3-12. Expresiones morfológicas de topografía suave y ondulada, sector de Hato Viejo, estación ODC-0035, tomada hacia el NW.

Duque Caro et al. (1991) proponen para la Formación Zambrano un origen de un ambiente marino muy somero asociado a depósitos de relleno de canal con abundante cantidad de conchas transportadas y mezcladas con fragmentos redondeadas de chert (sílex) y lodolitas. También parece estar asociada con ambientes de pantano y lagunas evaporíticas, de acuerdo con la ocurrencia de yeso laminar. Duque Caro et al. (1991) asignan a la Formación Zambrano una edad Plioceno Inferior.

3.2.3 **Formación Astrea – Cuesta (N2Q1ac)**

González et al. (2002) cartografiaron la Formación Astrea Cuesta en una franja al occidente de las Planchas 40 - Bosconia y 47 - Chiriguana, en la carretera entre Arjona y El Difícil. La unidad está constituida por intercalaciones de paquetes gruesos de conglomerados polimícticos matriz soportados, color pardo rojizo, altamente meteorizados. La secuencia presenta paquetes potentes de areniscas conglomeráticas homogéneas, mal seleccionadas, color naranja grisáceo, masivas, con alto contenido de óxidos de hierro, intercaladas con capas gruesas de lodolitas, color marrón amarillento y areniscas masivas de color marrón claro (véase **Figura 3-13**).



Figura 3-13. A) Cantera que descubre sedimentos asociados a la Formación Astrea – Cuesta, sector de San Antonio, estación ODC-0058, tomada hacia el NE. B.) Corte sobre vía Loma de Simón - ciénaga El Pozuelo, estación LCT-0086. Tomada hacia el S.

De acuerdo con las características descritas de la secuencia sedimentaria en el área de la Plancha 54 – Mompox, como estratificación canaliforme y cruzada, laminación ondulosa, geometría cuneiforme y en artesa, se plantea que el origen de la Formación Astrea – Cuesta corresponde a un ambiente continental transicional deltaico de ríos trenzados. La edad que se le asigna a esta formación es Neógeno Medio (por posición estratigráfica). En el sector de la Fosa de Ariguaní se correlaciona con las Sedimentitas de Arjona y se considera de edad post-Plioceno, por el hecho de estar suprayaciendo la Formación Zambrano.

3.2.3.1 Características Morfológicas

Se caracteriza por presentar una topografía suave y ondulada producto de la disposición subhorizontal de sus capas (véase Figura 3-14)



Figura 3-14. Morfología Formación Astrea en la Plancha 54 - Mompox, vía Montebello - Los Algarrobos, estación LCT-0034.

El relieve casi plano o de leves ondulaciones localmente está cubierto por depósitos de inundación de ciénaga, compuestas en su mayoría por material arcillo lodoso.

La unidad Astrea-Cuesta se encuentra en contacto paraconforme sobre la Formación Zambrano y está cubierta a su vez por depósitos recientes no consolidados producto de la actividad fluvial actual.

3.2.4 Depósitos no litificados

Los depósitos no consolidados de la Plancha 54 – Mompox han sido agrupados siguiendo las descripciones realizadas en los trabajos de cartografía geológica de la Plancha 64, Barranco de Loba (Mantilla et al. 2006a). Según las características morfológicas, estratigráficas y de origen de los depósitos sedimentarios no consolidados de la dinámica fluvial y de acumulación, se clasifican en abanicos aluviales y terrazas (Q1t), llanuras de inundación (Q1fal), depósitos fluviolacustres (Q2fl) y depósitos de canal (Q2fc).

3.2.5 Terrazas Antiguas

Este nombre fue utilizado por Clavijo (1996) en la Plancha 75 – Aguachica, para definir los depósitos más jóvenes de esa plancha, con granulometría más fina y mayor extensión, constituidos por una secuencia que alterna capas de gravas, arenas y lodos ubicados con predominio en cercanías del piedemonte y en las zonas topográficas más bajas cercanas al río. Su composición es variada con predominio volcánico y clastos subredondeados y subangulares. Las arenas varían en granulometría de gravas (cerca del piedemonte) a arenas de grano fino (facies distantes).

3.2.5.1 Características Morfológicas

Las terrazas antiguas se caracterizan por tener formas alargadas y planas a levemente onduladas, de pendientes entre 1 y 7%. Las terrazas forman áreas positivas las cuales se levantan entre 4 y 8 metros y presentan taludes verticales a manera de escarpes Herrera et al. (2001). Fotografía 6.



Figura 3-15. Orillas escarpadas de terraza antigua a orillas del Brazo del Mompox. Sector del municipio de Guamal, estación WVG-000, tomada hacia el N.

Las terrazas están constituidas por una secuencia de capas delgadas a medianas poco litificadas de arenas cuarzosas, arenas cuarzo-feldespáticas y arcillas oxidadas. Hacia la superficie del terreno se concentran guijos ferrosos subangulares y clastos tamaño guijarro de rocas volcánicas y sedimentarias principalmente. Herrera et al. (2001) determinaron mediante la técnica de ácidos húmicos tres episodios principales con una edad máxima de Veintiún mil años. (Pleistoceno), basados en 19 muestras recuperadas de la secuencia estratigráfica del pozo Boquillas.

3.2.6 Llanuras de inundación (Q1-Q2fal).

Dueñas et al. (1981), en el cuadrángulo F8 Indica que los depósitos aluviales se presentan a lo largo de las quebradas mayores y bordeando las ciénagas, se componen de arenas, gravas y guijarros redondeados de cuarzo, en una matriz completamente arcillosa de coloración rojiza.

En la Plancha 75 - Aguachica, Clavijo et al. (1996) reconocen varios tipos de depósitos cuaternarios asociados principalmente a ríos y ciénagas, entre ellos las llanuras de inundación.

Debido a la continuidad geográfica y a las características descritas en estos depósitos, se utiliza la misma nomenclatura para la Plancha 54 - Mompox.

3.2.6.1 Características morfológicas

Presentan gran extensión e incluyen diques naturales, llanuras de inundación distal, llanuras de inundación proximal, abanicos por desborde de canal, meandros abandonados, paleocanales, diques naturales antiguos, llanuras de inundación antiguas y penillanuras. Se caracterizan por formar una morfología uniforme, plana a suavemente ondulada (véase **Figura 3-16**).



Figura 3-16. A) Expresión morfológica de llanura de inundación, sector vereda Caimital, estación ODC-0076, tomada hacia el N. B) Terraza con leve ondulación, sector vereda Mamoncito.

3.2.6.2 Contactos

Considerando la ubicación con respecto a los cuerpos de agua y las variaciones litológicas y morfológicas se define un contacto transicional inferido con la unidad Qfl que se encuentra a lo largo de toda la zona de interés presenta una pendiente mucho más suave con contenido de material detrítico más fino.

3.2.6.3 Litología

Las terrazas aluviales del río Chicagua presentan alturas promedio de 4 m, compuestas por una serie de capas intercaladas de espesor centimétrico, conformadas por sedimentos finos con tamaños de grano que varían desde arenas medias, hasta arcillas, de color marrón amarillento claro a oscuro (véase **Figura 3-17**).

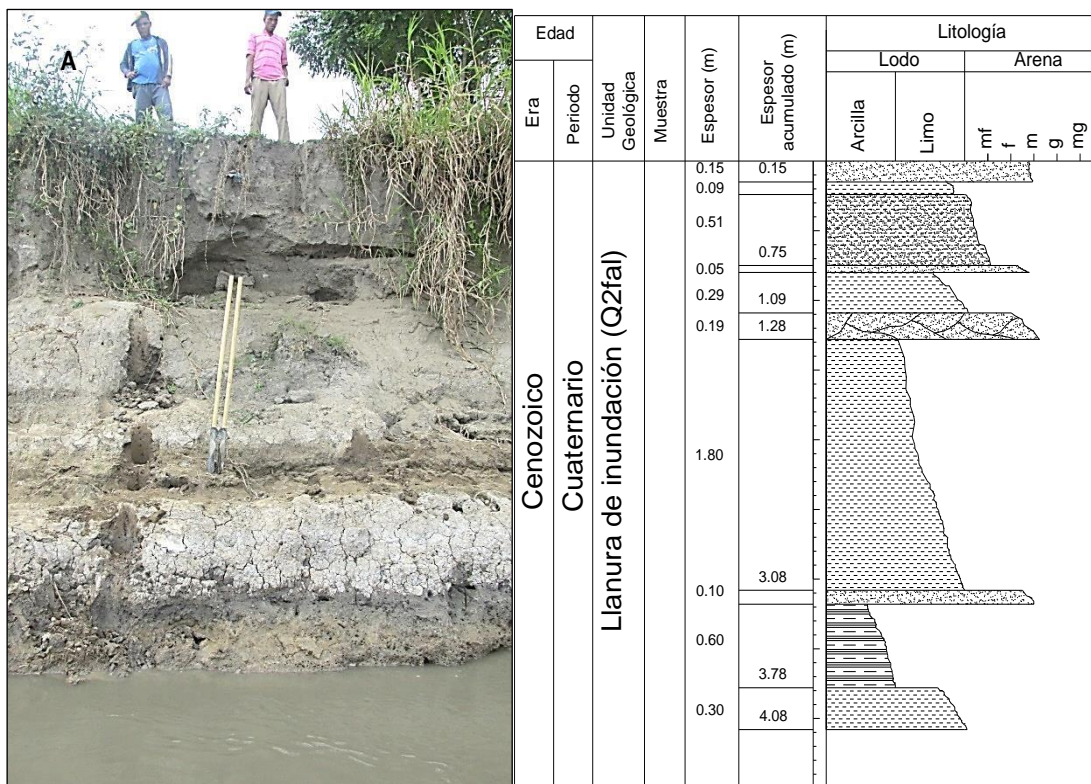


Figura 3-17. A) Terraza aluvial, sector río Chicagua, tomada hacia el NE. B.) Columna estratigráfica de la terraza aluvial, estación LCT-0110.

Las terrazas aluviales ubicadas sobre el Brazo de Loba se componen, hacia la base, por una secuencia de capas gruesas, masivas de composición limosa, con un espesor medido de 2m. Hacia el techo se observan niveles de arenas medias a finas de cuarzo, conformadas por líticos subredondeados, moderadamente seleccionados, intercalados con capas de limos poco compactas de color marrón claro a oscuro. La secuencia refleja un ambiente de meandros de río, ubicados en la zona distal de aporte con períodos alternos de baja y alta energía.

3.2.6.4 Origen

Los clastos en su gran mayoría son producto de erosión y transporte de rocas cristalinas de diferentes composiciones principalmente rocas volcánicas y sedimentarias, guijos de cuarzo lechoso y cristalino, ubicadas en zonas de montaña y luego depositadas en zonas llanas conformadas por sedimentos aluviales gruesos, gravas y arenas.

3.2.6.5 Edad

En la margen del Río Chicagua, 15 Km al sur de Mompox, región de la Depresión Momposina, se ha determinado una serie de dataciones por radio carbono en la secuencia estratigráfica del pozo petrolífero denominado Boquillas. En estas dataciones obtenidas se muestran edades correspondientes al Período Cuaternario entre los 1860 años en superficie, determinados a 0,6 m de profundidad hasta 21000 años determinados a 50 m de profundidad. Esta situación de edades y espesores indican que esta sedimentación se presenta desde la época del Pleistoceno superior hasta el Holoceno, Herrera et al. (2001).

3.2.7 Depósitos fluviolacustres (Q2fl).

Royero (1996) y Clavijo (1996), en los mapas geológicos de las Planchas 65 - Tamalameque y 75 - Aguachica, asignan este nombre a depósitos no consolidados, de tamaño de grano fino, depositados en ambientes de ciénagas, pantanos, lagunas y zonas inundables compuestos por sedimentos limo arcillosos, con presencia frecuente de materia orgánica y escasos fragmentos tamaño grava.

Mantilla et al. (2006b) en la Plancha 64 –Barranco de Loba, utilizan el nombre de esta unidad Qfl para ambientes de lagos, lagunas y ciénagas bordeados por materiales recientes de terrazas de playa que las separan de las zonas de aporte fluvial, compuestas por limos y arcillas finas. Dentro de esta unidad también se observan depósitos asociados a deltas y paleodeltas de antiguas corrientes de agua que desembocaban en las zonas lacustres.

3.2.7.1 Características morfológicas

Los depósitos fluvio lacustres se caracterizan por presentar topografía plana y extensa asociada a penillanuras y llanuras de inundación que son disectadas por abundantes caños y quebradas del sector (véase **Figura 3-18**).

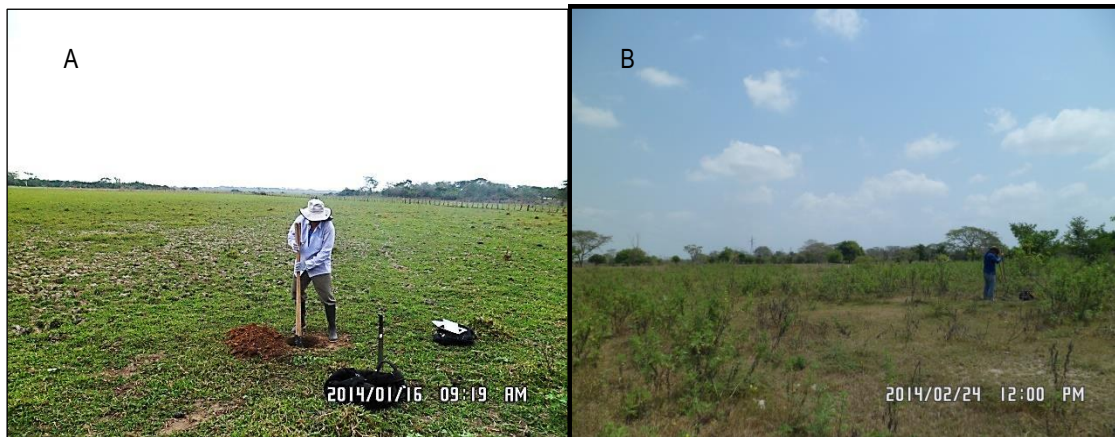


Figura 3-18. Rasgos geomorfológicos de los depósitos fluvio lacustres A). Sector Hato Viejo, estación ODC-0034.

3.2.7.2 Contactos

Esta unidad se encuentra reposando concordantemente sobre los depósitos de llanura de inundación (Q1fal) y gradan lateralmente a zonas con mayor aporte fluvial (Q2fc).

3.2.7.3 Litología

Los depósitos Fluviolacustres están compuestos por sedimentos no consolidados, tamaño arena con presencia de granos de cuarzo y feldespatos, matriz tamaño limo, color naranja amarillento a marrón amarillento oscuro, con leve contenido de materia orgánica generalmente en descomposición. La composición y tamaño de las partículas varía de acuerdo con las fluctuaciones o cambios en la dinámica fluvial de la zona (véase **Figura 3-19**).

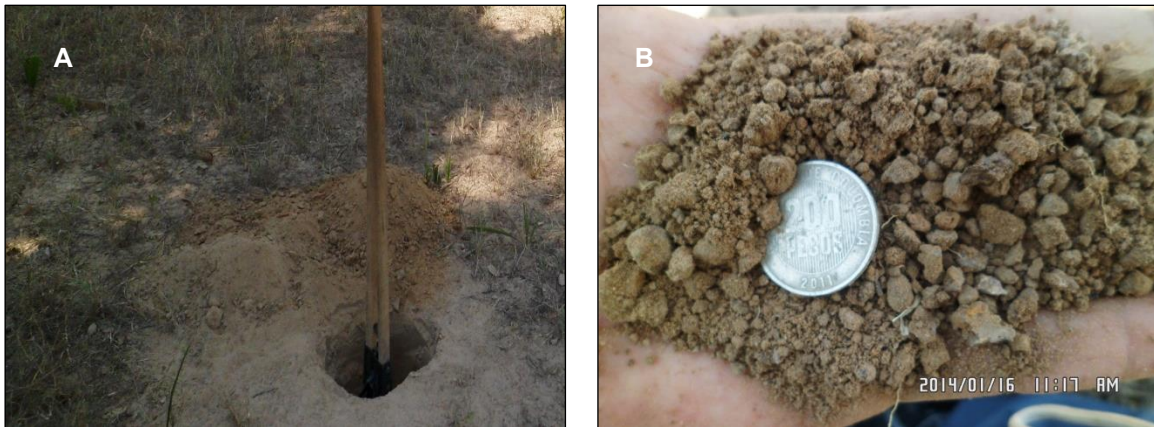


Figura 3-19. A) Material detrítico, sector Ricaurte finca el Porvenir, estación ODC-0038.

Localmente se observan intercalaciones de arenas finas, lodos y clastos tamaño granulo a guijarro pequeño, dispuestos en láminas muy finas con estratificación plana paralela ondulada.

3.2.7.4 Origen

Son depósitos formados en áreas de depresión amplias y poco profundas. No tienen límites bien definidos, cambian frecuentemente de acuerdo con el aporte variable de agua, debido a que los ríos avulsionan sus cauces y las van llenando de sedimentos, las aguas de las ciénagas fluyen permanentemente, algunas veces bloqueando las entradas o salidas, haciendo que cambie su configuración. Por los motivos anteriores, las ciénagas reciben sedimentos limosos y con arena fina, diferentes de los típicos lodos que se acumulan en las lagunas. Herrera et al. (2001).

En los análisis efectuados en este trabajo se determina una edad reciente y Cuaternario para esta unidad y un ambiente de formación de pantano continental somero y fluvio lacustre.

3.2.8 **Depósitos fluviales de canal (Q2fc)**

Este nombre fue utilizado por Royero (1996) en la Plancha 65 - Tamalameque, Clavijo (1996) en la Plancha 75 - Aguachica. Definen esta unidad como depósitos compuestos por material detrítico que actualmente es arrastrado por la dinámica de los ríos Magdalena y Cauca. Estos depósitos se encuentran confinados a sus canales e incluyen barras puntuales, longitudinales y transversales, diques naturales, islas e islotes.

3.2.8.1 Características geomorfológicas

Los depósitos fluviales de canal están compuestos por material arrastrado debido a la dinámica actual de los ríos Magdalena y Cauca los cuales se encuentran confinados a sus canales. Incluyen barras puntuales, longitudinales y transversales, diques naturales, islas e islotes. Las terrazas fluviales aparecen localmente como superficies planas, paralelas a los cursos de los ríos presentan una morfología plana a suavemente ondulada (véase **Figura 3-20**).



Figura 3-20. Panorámica que exhibe la terraza aluvial del río Magdalena (Brazo de Loba).

3.2.8.2 Contactos

Estos depósitos, por originarse en la dinámica de cauces activos, son los más recientes de los depósitos no consolidados, de esta manera estarían reposando sobre las demás unidades descritas.

3.2.8.3 Litología

Esta unidad se compone principalmente por arenas, gravas y bloques que se depositan en valles intermontanos y de colinas, donde la energía de las corrientes fluviales son altas. En las zonas planas los depósitos se caracterizan por presentar arenas y limos de composición cuarzo, chert y en menor proporción líticos de rocas volcánicas y sedimentarias con estratificación plano paralela, con granos subangulares a subredondeados.

3.2.9 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

La zona donde se ubica la Plancha 54 - Mompox, al norte de Colombia en la Depresión Momposina, se cataloga como de una alta actividad tectónica debido a la interacción de las placas de Nazca, Suramérica y Caribe (Kellog y Vega, 1995). Sin embargo las evidencias en campo encontradas en este trabajo de cartografía no reflejan esta apreciación, ya que no hay afloramientos de rocas plegadas, saltos de falla, saltos verticales de depósitos no litificados, solo algunos leves basculamientos y alineamientos de quebradas o cauces de río. El área está limitada por las fallas de Palestina, Romeral y Chicagua (Ballesteros, 1983; Forero et al. 1997). Las dos primeras fallas son de dirección N - S y la última junto con fallas menores son de dirección NE. y NW. Las fallas transversales son cortas y unen entre si fallas longitudinales extensas.

En la zona de influencia de esta plancha 54-Mompox se presentan, igualmente, grandes alineamientos como el que pasa por el Municipio de Mompox de dirección aproximada N60E, así como también se reconoce la Falla de Santa Marta – Bucaramanga, cuyo trazo pasa al NE de la Ciénaga de Zapatosa en dirección NNW.

En el área del Departamento de Bolívar, Royero (2000), ha diferenciado varias unidades estructurales regionales, las cuales constituyen un mosaico de bloques tectónicos. Estas unidades estructurales mayores se denominan como provincias tectonoestratigráficas, cada una de éstas con características estratigráficas y estructurales propias. Estas provincias son: Magdalena Medio, San Lucas, San Jorge-Plato, San Jacinto y Sinú y han sido afectadas por diferentes eventos tectónicos distintivos y compresivos.

Las estructuras geológicas identificadas en la Plancha 54 - Mompox corresponden a alineamientos estructurales, ya que su gran extensión está cubierta por depósitos sedimentarios de edad neógena y reciente con pocas deformaciones o evidencias de tectónica reciente (véase **Figura 3-21**).

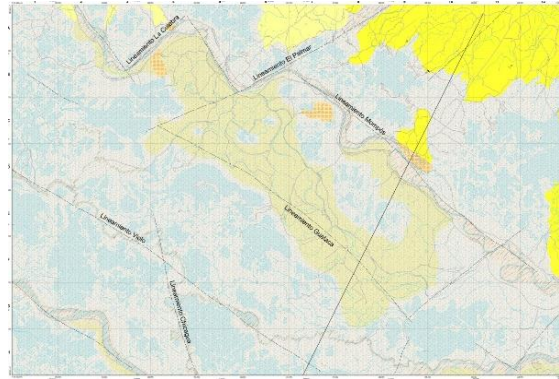


Figura 3-21. Mapa de alineamientos principales Plancha 54 - Mompox.

3.2.10 ALINEAMIENTOS

En observación de sensores remotos se observan cauces de corrientes con cambio súbito de dirección y se alinean con otros cauces de quebradas en distancias de kilómetros, como sucede en los brazos de Mompox, Guataca, Violó, Chicagua, El Palmar y La Culebra.

La estratificación observada en las capas de las Formaciones Zambrano y Astrea-Cuesta, en general es subhorizontal con inclinaciones menores a 5°, la deformación de las capas en superficie es leve, es posible que en profundidad puedan existir pliegues u otras estructuras geológicas en el área de estudio.

3.2.11 Alineamiento Mompox.

Es una estructura de dirección N60W que controla el brazo del río Magdalena que lleva su mismo nombre y presenta una longitud superior a 40Km. En inmediaciones del Municipio de El Banco, el río Magdalena cambia de dirección con un giro de casi 90 grados y forma un complejo sistema de brazos o canales interconectados los cuales encierran áreas inundables e incluso forman extensas masas de agua (ciénagas). Este alineamiento hace parte de un sistema estructural que lleva la misma dirección y está conformado por los alineamientos Guataca y Violo, definidos en este trabajo.

3.2.12 Alineamiento Guataca.

Es un rasgo estructural de dirección N60W, que se observa en la parte central de la zona de estudio, con una longitud cercana a los 30 Km, está cubierto por depósitos de la unidad Q1fal, controla una serie de caños como Belén, Guacamayo y alinea varios cuerpos de ciénagas entre las más importantes Los Troncos, El Palmar y El Uvero.

3.2.13 Alineamiento Violo.

Se ubica hacia la parte Suroeste de la plancha con dirección aproximada N60W, tiene una expresión de cerca a los 35 Km, hace parte del sistema estructural de Mompox. Toma el nombre del caño del mismo nombre el cual controla y limita a un sistema de ciénagas y caños alineados al cauce principal.

3.2.14 Alineamiento Chicagua.

Este alineamiento ubicado al suroeste de la plancha tiene una dirección N10W y forma un sistema en tijera con el alineamiento Violo, a la altura de las ciénagas Cusuba y La Palma (F-4). Tiene una longitud de 22 Km, este rasgo controla el cauce del río del mismo nombre y es discontinuo hacia el norte en las ciénagas Las Monjas y Pataemula (C-3, D-3).

3.2.15 Alineamiento la Culebra.

Se localiza en el sector noroeste de la plancha con un trazo en sentido NE, de aproximadamente 35 Km, toma el nombre de la quebrada la Culebra en la Plancha 46 – Santa Ana. En la Plancha 54 - Mompox hace que el brazo Mompox tome un giro de 90° hacia el SW en inmediaciones de Puerto Arturo (A-5), presenta una longitud de 12 km aproximadamente. El trazo de este alineamiento es truncado en el sector de Caño Ancón (B-3), donde nuevamente el brazo de Mompox vuelve a tomar una dirección NW.

3.2.16 Alineamiento El Palmar.

Se localiza al extremo Norte de la plancha, con una longitud cercana a los 30 Km, presenta un trazo que se continúa en la Plancha 46 – Santa Ana e imprime un control estructural de los drenajes en sentido NE. Su trazo hace que el brazo de Mompox gire 90 grados hacia el SW en inmediaciones del poblado de San Sebastián de Buenavista (B-7). Este alineamiento afecta la Formación Zambrano y está cubierto por los depósitos no consolidados correspondientes a las unidades Q1fal y Q2fal, aunque no se observaron evidencias de movimiento en campo, se determinó por la expresión morfológica detectada mediante la fotointerpretación.

3.3 GEOLOGÍA DIQUE SEHEBE 1 Y 2

3.3.1 ESTRATIGRAFÍA

En la Plancha 73- Ayapel afloran rocas sedimentarias pertenecientes al Grupo Sincelejo y depósitos recientes que van desde el Mioceno al cuaternario, las cuales se presentan a continuación.

3.3.2 ROCAS SEDIMENTARIAS

Las rocas sedimentarias son el único tipo de rocas aflorantes en la Plancha 73 -Ayapel, están representadas principalmente por conglomerados y areniscas pertenecientes al Grupo Sincelejo y por arenas finas limos y arcillas de depósitos cuaternarios de origen aluvial como son los depósitos de llanura de inundación, abanicos aluviales y lacustres

3.3.3 GRUPO SINCELEJO (N2Q1s)

El primer autor que escribió las unidades de las rocas que hoy se denominan Grupo Sincelejo fue Beck (1921) quien describió las unidades rocosas en la región de Sincelejo y las denominó Formación San Antonio.

Werenfels (1926) define la parte superior como Sincelejo *Sandstone*, conformada por los sedimentos arenosos pobremente consolidados y discordantes sobre *Sabana sandstone*.

Kassemet *et al.* (1967) define la Formación Sincelejo Superior como una unidad compuesta por un nivel arenoso y la Formación Sincelejo Inferior compuesta por un nivel arcilloso; además, indican que los rápidos cambios faciales hacia el Norte hacen que divida la secuencia en tres unidades, así: Sincelejo, Morroa y Betulia.

Dueñas & Duque (1980 y 1981) proponen, con base en las descripciones realizadas por Werenfels (1926), que el tope de la Formación Cerrito, que está compuesta de conglomerados arenosos y ferruginosos, corresponde al inicio de la secuencia continental y por tanto, lo incluyen dentro de la Formación Sincelejo. Los cambios faciales en superficie y en profundidad hacen que se aferren a la división realizada por Kassemet *et al.* (1967).

Clavijo *et al.* (1998a, b) describen separadamente a la Formación Sincelejo de la Formación Betulia, donde esta última cubre a la Formación Sincelejo.

Barrera (1999) en el mapa Geología del Departamento de Sucre define las siguientes unidades: Formación Betulia, compuesta por conjuntos arenosos, arenas limosas de color naranja con capas discontinuas de gravas. Formación Sincelejo, Miembro Morroa, compuesto de areniscas friables con intercalaciones de conglomerados y arcillolitas que localmente, presenta numerosos nódulos de areniscas calcáreas y restos de troncos silicificados.

Formación Sincelejo, areniscas friables de grano variable con lentes de conglomerado polimítico y arcillas de color verde oliva pálido, además presenta concreciones compactas de areniscas calcáreas.

Clavijo y Barrera (2001) incluyen dentro de lo que ellos denominan Formación Sincelejo a las Formaciones Sincelejo Inferior, Sincelejo superior y Morroa, diferenciadas en trabajos anteriores por Kassemet *et al.* (1967).

Gómez *et al.* (2007) definen la presencia de dos unidades; la primera corresponde a los alrededores de Sincelejo con nomenclatura N2-Sc (Sincelejo) del plioceno medio, compuesta por conglomerados y arenitas líticas conglomeráticas intercaladas con arcillolitas, limolitas y turbas; la segunda unidad Q1-I compuesta por arcillas, turbas, arcillas arenosas con niveles delgados de gravas, localmente, con capas de Diatomitas.

Rodríguez *et al.* (2011, 2012) dividen el Grupo Sincelejo en tres unidades: una primera unidad de capas medias de cuarzoareniscas lodosas de tamaño fino, intercaladas con niveles arcillosos y gravas; una segunda unidad de areniscas conglomeráticas e intercalaciones de areniscas lodosas y la tercera unidad compuesta de areniscas que definen cinturones plegados y fallados.

Bermúdez *et al.* (2012) se apegan a la definición dada por Clavijo & Barrera (1999) quienes dividen la Formación Sincelejo en miembro Sincelejo Inferior, Miembro Sincelejo Superior y Morroa. Apoyados por información de pozos y estudios de campo, ellos concluyen que la unidad que aflora en el área corresponde al Grupo Sincelejo.

Zapata *et al.* (2013) se acogen a lo que Kassemet *et al.* (1967) denominan miembro superior del Grupo Sincelejo lo que corresponde a la Formación Betulia (Clavijo y Barrera (2001) pero aclaran que no se puede separar en formaciones porque se carece de suficiente información de superficie en la cartografía geológica.

Rodríguez *et al.* (2013) dividen el Grupo Sincelejo en Miembro Superior y Miembro Inferior.

En este informe se utiliza el nombre en el sentido utilizado por Rodríguez *et al.*, (2013) como la parte superior del Grupo Sincelajo.

3.3.3.1 Distribución geográfica:

Esta unidad aflora en el costado suroccidental del área de estudio y se observa a lo largo de la vía que comunica a Ayapel con la vereda Hoyo de los Bagres, Corregimiento de El Cedro (plancha 73-III-C) al sur del casco urbano (cruzando o rodeando la ciénaga de Ayapel) en los lugares conocidos como finca Loma Grande y finca Madeira (G1, G2); y en el acceso al corregimiento de Popales (Pueblo Nuevo), plancha 73-III-D (H5); también se encuentra en la plancha 73-III-A en parte cubierto con las zonas de ciénaga, cerca al casco urbano del municipio de Ayapel (F1) y limitan al sur de la plancha 73-III-A sobre los sectores de las Margaritas y el Palmar (H1, H2).

3.3.3.2 Características Morfológicas:

Esta unidad presenta un relieve semiplano a levemente ondulado, característico de colinas muy bajas de tope redondeadas con pendientes suaves y alargadas (Figura 3-22. Morfología plana levemente ondulada, observada a los lados y al fondo de la vía, cerca de la quebrada carrizal (vista al Norte), estación LCT-0168, Coordenadas.1401570mN, 883805mE (H-1).).



Figura 3-22. Morfología plana levemente ondulada, observada a los lados y al fondo de la vía, cerca de la quebrada carrizal (vista al Norte), estación LCT-0168, Coordenadas.1401570mN, 883805mE (H-1).



Figura 3-23. Morfología levemente ondulada de colinas muy bajas, finca la Loma (vista al nororiente), Estación ENA-014, Coordenadas, 1409059mN, 885122mE (G-2).

La erosión generada por acción de la lluvia y la escorrentía, ha modelado el terreno dejando al descubierto la superficie del suelo y en partes la erosión concentrada genera una superficie ondulada en el sector, como lo muestra la Figura 3-24.



Figura 3-24. Localización del dique Ayapel Morfología del terreno plano y fuertemente incitado, generando ondulaciones por erosión (vista al noroeste), Finca El Tesoro, Estación ODC-0166, Coordenadas, 1403108mN, 886542mE (G-2).

Litología.

En la Plancha 73 – Ayapel, El Grupo Sincelejo está compuesto por conglomerados, areniscas conglomeráticas, areniscas y arcillolitas intercaladas dispuestas en estratos con espesores entre 0.1 m a 3 m. mal gradadas verticalmente y fuerte gradación lateral en decenas de metros, son siliciclásticas y presentan color amarilliso a naranja claro por contenido de finos (arcillas y lodos) con óxidos de hierro.

Conglomerados: su composición es polimíctica, con clastos de cuarzo, lutitas grises y cafés, feldespatos, presenta estructuras internas imbricadas (Figura 3-25.).



Figura 3-25. Perfil de conglomerado polimíctico que gradúa al techo a arenisca conglomerática, Sector La Inmaculada (vista al Este), estación ODC-0155, Coordenadas 1410094mN, 881097m E (F-1).

Areniscas: Las areniscas aflorantes presentan pobre selección, son mal gradadas y varían de areniscas conglomeráticas a areniscas limo arcillosas; están compuestas por clastos de cuarzo, feldespato y líticos, subangulares, presentan alto grado de meteorización y oxidación de color marrón rojizo en las zonas de colinas (Figura 3-26); en las zonas planas hacia las cercanías con las ciénagas, presentan coloraciones naranja – amarillo pálido.



Figura 3-26. Cantera en arenisca (vista al noreste), Sector Loma Grande, estación LCT-0169, Coordenadas 1402245mN, 882434mE (H-1).

Arcillolitas: Las arcillolitas se encuentran aflorando interestratificadas con areniscas y conglomerados; presentan buena a pobre selección según el sector donde afloran, varían de arcillolitas limosas a arcillolitas arenosas hasta llegar a arcillolitas conglomeráticas; poco consolidadas, con espesores entre 0,10 m y 1,0 m, altamente meteorizada y oxidadas (abigarrada) en contacto con la capa de arenisca arcillosa marrón claro con un espesor de 0,60 m, color 5YR 5/6, semi-consolidada, tamaño de grano fino, buena selección, clastos subangulares de cuarzo, feldespato y líticos, la roca se encuentra altamente meteorizada (Figura 3-27.)



Figura 3-27. Arcillolita arenosa en la base y arenisca arcillosa al techo, abigarradas (vista al Norte), Sector El Dorado Estación ENA-0146. Coordenadas 1402912mN, 902439mE (H-5).

3.3.4 Espesores

Dueñas y Duque (1981) indican para el cuadrángulo F-8 un espesor de 2000 metros para esta unidad, el cual aumenta hacia el norte. En la descripción del pozo Ayapel (Universidad de Calda – ANH, 2009) indican que en base a la definición de Kassem et al., (1967) el Grupo Sincelejo se divide en Formación Sincelejo a la base con un espesor entre 350 y 400 metros, la Formación Morroa la calculan con 500 a 800 metros de espesor y la Formación Betulia tiene un espesor de 1500 a 1700 metros por información de pozos, pero en los pozos P14-El Varal y P17-Nueva Colombia indican espesores de 196.4 y 429.7 metros respectivamente al norte de la Plancha 72.

En la sección levantada en la Plancha 72 entre Montelíbano y Cerromatoso Bermúdez et al. (2012) determinaron un espesor de 1289 metros.

3.3.5 Contactos

Los contactos de esta unidad según información del pozo 14-El Varal (Universidad de Caldas – ANH, 2009) se presenta discordante sobre la Formación El Floral y más al norte de este punto se encuentra discordante sobre la Formación Ciénaga de Oro.

En el área de estudio se encuentra suprayacido por sedimentos recientes que conforman los depósitos cuaternarios y no se tiene certeza de su contacto a profundidad.

3.3.6 Origen

Las rocas sedimentarias del Grupo Sincelejo presentan características clásticas con variedad de tamaños, silíceas, con redondez y esfericidad de clastos, presencia de oxidación, lo que evidencia un ambiente aéreo como lo muestra el diagrama de Dickinson&Suczek (1979) realizado para rocas del Grupo Sincelejo. Donde el 100% de las muestras pertenecen a bloques continentales.

3.4 DIQUE PINILLOS

3.4.1 ESTRATIGRAFÍA REGIONAL

En el área de la Plancha 64 afloran rocas constituidas por metamorfitas, volcanoclastitas, magmatitas y sedimentitas que varían en edad desde Mezoproterozoica hasta probablemente Neógena, y ocupan aproximadamente el 24% del área de la Plancha. Estas rocas se presentan mayoritariamente en la región oriental de la misma y hacen parte del flanco noroccidental de la Serranía de San Lucas. Los depósitos consolidados y no consolidados del Pleistoceno-Holoceno cubren el 76% restante de su superficie y rellenan la Cuenca del Valle Medio del Magdalena.

Las características litológicas de las rocas fueron los principales criterios utilizados para agruparlas en unidades del rango de Formación o equivalentes. Para designarlas se adoptó la nomenclatura utilizada anteriormente por INGEOMINAS en los mapas geológicos de las Planchas adyacentes (75 y 65). La mayoría de las unidades descritas en este subcapítulo son formales. Se proponen por primera vez, en calidad de unidades informales, la Unidad Metamórfica de Rosario (PZr), con sus dos conjuntos: Esquistos de Armenia (PZea) y Filitas de Tapoa (PZft). En la gran mayoría de los casos la edad de las unidades se estableció directamente con base en dataciones radiométricas; la de las restantes se estableció con base en su posición estratigráfica y correlación litológica con unidades que fueron anteriormente cartografiadas en la Plancha 65, algunas de las cuales se continúan en el área de Plancha 64. Las unidades se describen de más antiguas a más jóvenes.

3.4.2 Proterozoico

3.4.2.1 Neis de San Lucas (MPsl)

Esta unidad metamórfica, fue inicialmente propuesta por Royero (1997), para designar un conjunto de neises anfibólicos presentes en el área del Corregimiento de Pueblo Nuevo, margen Occidental del Brazo Papayal. La unidad toma el nombre de la Serranía de San Lucas, cuya estribación Oeste cubre la región Oriental de la Plancha 64. En este trabajo se propone denominarla formalmente como Neis de San Lucas. Geográficamente, la unidad se encuentra distribuida en dos sectores principales, uno Oriental y otro Occidental.

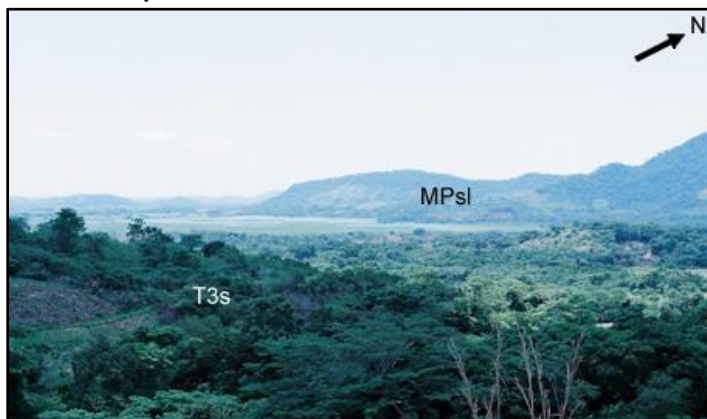


Figura 3-28. Panorámica de la ciénaga de Jejenal. Morfología del Neis de San Lucas (MPsl) y de la Formación Sudán (T3s).

3.4.3 Paleozoico

3.4.3.1 Unidad Metamórfica de Pinillos (Pzp)

Se propone en este trabajo siguiendo las indicaciones de la Guía Estratigráfica Internacional (Salvador, 1994), emplear el nombre informal de Unidad Metamórfica de Pinillos, para designar la secuencia de rocas metamórficas, aflorantes en los cerros que sobresalen de la Ciénaga del Rosario (cuadrícula B-6), el brazo de Tapoa, y los que emergen del sistema de ciénagas del Brazo de Loba, entre el Corregimiento de Río Nuevo (cuadrícula C-8) y el Municipio de Pinillos (cuadrícula A-4).

Esta Unidad está conformada por dos litologías predominantes, una inferior denominada Esquistos de Armenia y otra superior denominado Filitas de Tapoa. El conjunto inferior, está compuesto por esquistos andalucíticos (variedad Quiastolita), esquistos cuarcítico - anfibolíticos a cuarcítico - biotíticos, e incluso feldespático-cuarzosos con biotita. El conjunto superior, está constituido predominantemente por filitas y en menor proporción por cuarcitas).

3.4.3.2 Esquistos de Armenia (Pzea)

Se emplea en este trabajo el nombre de Miembro Esquistos de Armenia, para designar la secuencia de esquistos presentes al noroeste de las estribaciones de la Serranía de San Lucas. Estas rocas afloran principalmente al Sur del Corregimiento de Armenia (cuadrícula A-6), del cual toma el nombre, en forma de cerros aislados, a modo de islas en medio de las ciénagas (FIGURA 5), como son los cerros 'La Caimanera' (cuadrícula B-6) y 'San Pedro' (cuadrícula B-6), al igual que los grandes cerros localizados en el borde Sur de la Ciénaga El Rosario (cuadrícula B-6).

Los Esquistos de Armenia se caracterizan litológicamente por ser una secuencia muy monótona compuesta fundamentalmente de esquistos pelíticos con andalucita de variedad quiaistolita, presentes en el cerro La Caimanera (cuadrícula B-6), con textura porfidoblástica (entorno a 10%), en una matriz afanítica (entorno al 90%). En estas rocas se reconocen entre los porfiroblastos, cristales alargados de andalucita y biotita en menor proporción, los cuales al romperse permiten ver la cruz característica de la variedad quiaistolita. Análisis preliminares de estas rocas mediante microscopía óptica, permiten identificar en la matriz cristales de cuarzo, plagioclasa, moscovita, biotita, sericita, clorita, grafito, circón y rutilo.

Filits de Tapoa (Pzft)

Con el nombre de Filits de Tapoa, se define una secuencia de filits y cuarcitas expuestas en los cerros de Tapoa (cuadrícula C-7) y Guayabal (B-7), entre los corregimientos de Santa Rosa (B-6) y Río Nuevo (C-8). El nombre de esta unidad proviene del cerro Tapoa, localizado 8 km al Sudeste del Corregimiento de Armenia (A-6). Los trabajos e investigaciones geológicas disponibles actualmente en las estribaciones del área de la Serranía de San Lucas, no reportan filits o cuarcitas como las observadas en el área de la Plancha 64, siendo esta la primera referencia de este tipo de rocas en la región Septentrional de la Serranía

La secuencia presenta una foliación metamórfica regional entre N10-40°E, con foliaciones al NW y SE, intensamente plegadas y afectadas por pequeñas fallas, como la que se presenta en la escuela del Cerro Tapoa, en donde se observa un cambio definido del rumbo e inclinación de la foliación de N10E/42NW a N20W/84SW en un ancho de 10 m. El rumbo y las direcciones de la foliación, regionalmente son paralelos con el trazo de la falla de Palestina, inferido a partir de información aeromagnética. Esta concordancia estructural habla a favor de un acrecentamiento de las rocas del Miembro Filits de Tapoa, contra un antiguo margen continental conformado por rocas del Proterozoico de la Formación Neis de San Lucas, separadas entre sí por el trazo de la Falla de Palestina.

Litológicamente esta unidad es correlacionable con la parte más superior del Grupo Quetame en la región del Piedemonte Llanero y probablemente con la parte superior de las filitas de Ometá en la región de Paz del Río. No es clara su comparación con unidades litológicas en la región del Macizo de Santander.

3.4.4 Triásico - Jurásico

Las rocas de edad Triásica, están constituidas por secuencias sedimentarias, en tanto el Jurásico por secuencias vulcanosedimentarias definidas como:

3.4.4.1 Formación El Sudán (T3s)

Esta Formación fue definida por Geyer en 1976, en la sección aflorante entre el Caserío de El Sudán (la G-9) y Loma Los Ángeles (G-10) y en la sección aflorante en la Quebrada La Mojana. Según Geyer (1982), esta unidad hace parte junto con otras formaciones del Mesozoico de los Andes Septentrionales, de seis magnafacies (I a VI). El autor incluye en la magnafacies I formaciones de edad Triásico - Jurásico, agrupando areniscas y conglomerados rojos, con intercalaciones de evaporitas y vulcanitas, que comprenden las Formaciones Mitú, Luisa y El Sudán. Según el autor la Formación El Sudán está constituida por areniscas rojas y conglomerados comparativamente similares a los descritos en la Formación Luisa, del Valle del Medio del Magdalena.

Durante el reconocimiento cartográfico de la región comprendida en la Plancha 64, fue posible levantar una sección estratigráfica de esta formación entre la Ciénaga El Amparo (G-8 y G-9) y el Corregimiento de El Sudán (G-9). En esta sección es posible observar de base a tope una secuencia sedimentaria lodoso-arenosa de colores rojo grisáceo a gris amarillento con delgadas capas de areniscas conglomeráticas. La unidad presenta fuertes contrastes morfológicos con las unidades infrayacentes y suprayacentes: Neis de San Lucas y Formación Morrocoyal respectivamente.

3.4.4.2 Formación Morrocoyal (J1m)

El nombre de Formación Morrocoyal fue inicialmente empleado por Trumphy (1943), para referirse a una sucesión de arcillolitas y calizas oscuras bien laminadas ricas en amonitas y bivalvos, presente en la región de la Ciénaga de Morrocoyal (cuadrículas F-9, G-8 y G-9). Una descripción detallada y un estudio paleontológico de la unidad, fue efectuada por Geyer (1969), con base en una sección localizada a 2 Km. Del Corregimiento del Sudán (Municipio de Altos del Rosario), Departamento de Bolívar, por el camino que conduce del cementerio de esta localidad hacia la Loma de Los Ángeles (G-10). Según el autor, la unidad se compone de lutitas gris oscuras con un espesor de 80 metros, algunas de las cuales contienen una fauna fósil muy rica en amonitas, las cuales en su mayoría están aplastadas. Hacia la parte superior se observan vulcanitas intercaladas.

El espesor medido para la Formación Morrocoyal es de 65 m en la sección de la Loma de Los Ángeles. El contacto inferior con la Formación El Sudán en esta sección es neto, marcado por el paso de arenitas tobáceas de color amarillo a shales oscuros.

3.4.4.3 Formación Noreán (J1-2n)

El nombre de esta unidad fue propuesto por Clavijo (1996), para una secuencia volcánoclastica que aflora en la carretera Buturama - Bombeadero, de la Plancha 75, Aguachica, la cual fue subdividida de base a techo con base en su litología, composición y estilo de emplazamiento, en cuatro conjuntos: Clástico - piroclástico (Jncp), piroclástico - epiclástico (Jnpe), efusivo dacítico (Jned) e hipoabisal andesítico (Jnha).

En general las rocas de esta unidad constan de tobas y aglomerados cristalino-líticos, de color gris verdoso a rosado en capas planas a ligeramente onduladas, de composición dacítica a riolítica, con fenocristales y cristales de plagioclasa, cuarzo y fragmentos angulares de tobas, con estructuras de flujo. Se intercalan capas de lavas dacíticas las cuales también se observan en forma de diques en algunos sectores.

3.4.5 **Granitoides de San Lucas (Jgsl)**

Esta unidad fue descrita por Clavijo (1996), para describir un conjunto de rocas ígneas que afloran en la región Occidental de la Plancha 65, compuestas por granodioritas con cristales de tamaño fino a medio, de color gris claro a verdoso, con cuarzo, plagioclasa y anfíbol, las cuales varían a cuarzodioritas y cuarzomonzonitas de color rosado. Presenta mineralización con sulfuros, principalmente pirita y calcopirita. Según Clavijo (1996), la textura fina y micrográfica característica de estos cuerpos y su tamaño relativamente pequeño, permiten considerarlos como apófisis del Batolito de Norosí, intrusivo granodiorítico que cubre de Sur a Norte gran parte de la Serranía de San Lucas. En la Plancha 64, estos cuerpos afloran en el extremo Suroriental (FIGURA12), y se extienden por el oriente desde el Caserío de La Pacha (E-10), hacia el Norte pasando por Pueblito Mejía (F-12) y San Antonio (B-12).

3.4.5.1 Cuaternario

Los depósitos identificados, en general pueden clasificarse por su origen en: depósitos de dinámica fluvial y de acumulación, los cuales se agrupan en abanicos aluviales y terrazas (Qcal), llanuras de inundación (Qfal), depósitos fluviolacustres (Qfl), depósitos de Coluvión (Qco), depósitos de canal (Qfc) y depósitos residuales (Qs).

Depósitos de Abanicos y Terrazas Aluviales (Qcal)

Los abanicos corresponden a unidades sedimentarias acumuladas en ambientes fluviales durante el Cuaternario. Se desarrollan en zonas donde se presentan cambios de pendiente que permiten la acumulación del material acarreado por los Ríos desde las partes altas de sus cauces. Presentan leve inclinación por efectos del levantamiento regional y de la acumulación de material. Las terrazas se producen por acumulación de material aluvial y posterior profundización de las corrientes.

En general estos depósitos están conformados por bloques, cantos, gravas, arenas y limos, de composición volcánico-sedimentaria, ígnea y metamórfica, cuyos cantos son subredondeados a redondeados, con tamaños que superan en algunas ocasiones el metro de diámetro en cercanías al piedemonte. Se presentan hacia el flanco noroccidental de la Serranía de San Lucas, al oriente de la población de San Antonio.

3.4.6 Llanuras de inundación (Qfal)

Las llanuras de inundación presentan una gran extensión observándose hacia la parte central de los valles de los Ríos Magdalena y Cauca. Dentro de las geoformas típicas asociadas a las llanuras de inundación se incluyen diques naturales, llanuras de inundación distal, llanuras de inundación proximal, abanicos por desborde de canal, meandros abandonados, paleocanales, diques naturales antiguos y Llanuras de inundación antiguas (Figura 3-29). Algunas llanuras generan terrazas en los cauces de ríos y quebradas y desarrollan geoformas de acumulación a medida que ocurren procesos de migración lateral de corrientes. Estos depósitos se componen principalmente de arenas y limos, aunque también existen gravas y cantos asociados a paleocanales.



Figura 3-29. Morfología de los depósitos de Llanura de Inundación (Qfal). Tomada al norte del municipio de Pinillos. Río Magdalena

3.4.7 Depósitos Fluviolacustres (Qfl)

Estos depósitos están cubiertos por lagos, lagunas y ciénagas, algunas bordeadas por materiales recientes de terrazas de playa que las separan de las zonas de aporte fluvial (Figura 3-30). Dentro de esta unidad también se observan depósitos asociados a deltas y paleodeltas de antiguas corrientes de agua que desembocaban en las zonas lacustres.

En general predominan lodos y arenas finas como resultado de la disminución en el nivel del agua por desecación paulatina de zonas lacustres



Figura 3-30. Morfología de los depósitos Fluviolacustres (Qfl). Tomada al en la ciénaga de Tacasaluma.

3.4.8 Depósitos de Coluvión (Qco)

Estos materiales se originan por acción de la gravedad principalmente asociados a la parte media y baja de las laderas de la Serranía de San Lucas, sector Noroccidental. Su composición varía de acuerdo al tipo de roca parental y están conformados por bloques y cantos angulares dispuestos caóticamente.

3.4.9 Depósitos fluviales de canal (Qfc)

Corresponden al material que actualmente es arrastrado por la dinámica de los Ríos Magdalena y Cauca, los cuales se encuentran confinados a sus canales. Incluye barras puntuales, longitudinales y transversales, diques naturales, islas e islotes. Se incluyen también dentro de esta unidad, estrechos valles en las zonas montañosas cuyas quebradas y ríos transportan el material de las unidades que atraviesan. En general tienen formas de valles levemente cerrados. Se componen de arenas, gravas y bloques hacia las zonas montañosas, mientras que en las zonas planas predominan arenas y limos.

3.4.10 Suelos Residuales (Qs)

Corresponden a materiales completamente meteorizados en las cuales no se observan las características físicas y mineralógicas de la roca original. Estos suelos presentan una alteración que en su etapa inicial genera fragmentos altamente meteorizados de gran tamaño y en su etapa final arcillas. Entre estos dos extremos se puede encontrar una mezcla de diferentes tamaños de grano.

Dentro de esta unidad se incluyen materiales con grados de meteorización moderado a alto (grados VI y V,) y el correspondiente suelo residual (horizontes A, B y C) (Deerman, 1974). La resistencia a la acción mecánica y a la erosión en estos materiales se reduce apreciablemente, incrementándose la porosidad y la susceptibilidad a procesos denudativos.

Los suelos residuales forman una cobertura superficial de espesor no determinado, pero por lo observado en varios cortes viales y en sectores planos a lo largo de la quebrada Mejía, su espesor puede ser en promedio de 5 metros en suelos de origen ígneo, metamórfico y volcánico sedimentario. Dichos materiales se presentan en zonas ligeramente inclinadas y en pendientes bajas a moderadas, encontrándose mejor desarrollados en las rocas ígneas

3.4.11 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

El área de la Plancha 64, está ubicada en el extremo noroccidental de la Serranía de San Lucas. En esta área es posible reconocer diferentes tipos de estructuras tales como pliegues y fallas, relacionadas a procesos de deformación ocurridos en diferentes periodos del tiempo geológico. El principal rasgo estructural presente en la zona, corresponde a la Falla de Palestina, cuya traza está cubierta en su totalidad por depósitos cuaternarios. Otros rasgos estructurales de extensión menor corresponden a fallas de rumbo NE – SW y fallas conjugadas NW – SE, localizadas en zonas donde es notoria la presencia de enjambres de diques de composición variable.

3.4.12 Pliegues

En el área de la Plancha, se observan varios pliegues que afectan a las diferentes unidades presentes en la región. Algunos de estos pliegues se encuentran en la parte Sur de Pueblito Mejía (cuadrícula F12), mientras otros se localizan en la zona de El Sudán (G-9) y la Ciénaga El Amparo (G-8 y G-9).

Los pliegues localizados en la región Sur de Pueblito Mejía afectan rocas del Neis de San Lucas y de la Formación Noreán. El trazo del plano de charnela en superficie de estos pliegues presenta un rumbo NNE – SSW, con una longitud de 2 a 7 Km., y una separación entre flancos superior a los 2 Km. La erosión en la zona ha dejado en las partes altas de estos anticlinales, parches de la Formación Noreán, mientras en los valles de los ríos y quebradas, buenas y extensas exposiciones del Neis de San Lucas.

Estos pliegues se presentan en la zona donde se encuentran las fallas de rumbo conjugadas a la Falla Mejía, guardando un ángulo con respecto a estas estructuras, de 30 a 40° en el sentido de las manecillas del reloj, configurando un arreglo inclinado.

La región de los Corregimientos de El Sudán (G-9) y Colorado (H-8), incluyendo los cerros presentes en las ciénagas de Matahombre (G-8) y Morrocoyal (F-9, G-8 y G-9), muestran unidades sedimentarias Mesozoicas, con pliegues cuyas direcciones oscilan de N – S a NNE – SSW. En general son pliegues con longitudes superiores que varían entre 3 - 10 Km. y anchos de 1 a 2 Km, en donde se destaca el anticlinal del Sudán. Regionalmente parecen estar limitados entre las fallas de Palestina y Mejía, que presentan arreglo en forma inclinada.

El arreglo inclinado (echelon) que muestran ambas regiones con plegamiento y su cercanía a fallas como Mejía y Palestina, hacen pensar que estas estructuras son el resultado de los movimientos diferenciales entre bloques con importantes componentes de rumbo en la región, siendo concordante con los campos de esfuerzos desarrollados en zonas de transpresión.

3.5 GEOLOGÍA ACHÍ, SAN BENITO, MAJAGUAL, GUARANDA.

3.5.1 ESTRATIGRAFÍA REGIONAL

En la zona de La Mojana se distinguen tres grandes unidades geológicas, el cinturón de San Jacinto, la cuenca Plato San Jorge y la serranía de San Lucas.

En la Plancha 63-San Marcos afloran rocas sedimentarias estratificadas levemente litificadas y depósitos cuaternarios, estas condiciones de sedimentación presentan edades entre el Mioceno y el Holoceno.

Las rocas más antiguas de la zona de estudio son metamórficas y afloran al Suroriente (serranía de San Lucas), siguiendo el curso del Río Cauca (margen derecha), ocupando una franja angosta entre las poblaciones de Nechí (Antioquia) y Guaranda (Sucre). Estas rocas son principalmente esquistos negros, esquistos cuarzo-sericíticos, moscovíticos y en menor proporción cloríticos. El grado de metamorfismo de estas rocas corresponde a las facies de esquisto verde. También afloran neises, cuarzo-feldespáticos, anfibólicos bien bandeados con segregaciones de capas máficas (oscuras) milimétricas, ricas en biotita y hornblenda. Véase Figura 3-2.



Figura 3-31. Afloramiento de esquistos grises oscuros en el Cerro Astilleros.

Las rocas del flanco más occidental del complejo metamórfico están profundamente meteorizadas desarrollando un espeso saprolito de carácter arcilloso. Se presentan suelos arcillo-limosos abigarrados de colores naranja claro, naranja oscuro, café oscuro y amarillo-rojizo. El espesor puede sobrepasar los 15.0 m en aquellos sitios donde la pendiente es baja (Alto de Santa Anita-Bermúdez). Afloramientos de roca fresca se aprecian en algunos tramos del cauce del Río Cauca entre Colorado y Astilleros.

Los materiales anteriores originan unas salientes topográficas, con cuchillas alargadas en el sentido de las estructuras. Los mejores afloramientos se encuentran en el sector de Santa Anita (Bermúdez) [3] (ver Figura 3-3), las Brisas-Astilleros - Berlín.

ROCAS SEDIMENTARIAS

Las rocas sedimentarias son el único tipo de rocas aflorantes en la Plancha 63 -San Marcos, están representadas principalmente por conglomerados y areniscas pertenecientes al Grupo Sincelejo y por arenas finas limos y arcillas de depósitos cuaternarios de origen aluvial como son los depósitos de llanura de inundación, abanico aluvial y lacustres.

Zapata *et al.* (2013) se acogen a lo que Kassem *et al.* (1967) denominan miembro superior del Grupo Sincelejo lo que corresponde a la Formación Betulia (Clavijo y Barrera, 2001) pero aclaran que no se puede separar en formaciones porque se carece de suficiente información de superficie en la cartografía geológica.

Características Morfológicas.

La morfología observada en campo de esta unidad varía entre levemente ondulada a colinas muy bajas (Figura 3-3), corresponden a las zonas de mayor altura topográfica en la plancha, con pendientes entre el 3% y 12%. Las colinas están disectadas por acción de la erosión natural de las aguas, lluvias que disgregan el material y la acción del agua de escorrentía en el suelo con el consecuente transporte y sedimentación de éste.



Figura 3-32. Relieve levemente ondulado asociado al Grupo Sincelejo. Sector Las Tuluas. Vista al NE. Estación AMM 101. Coordenadas 1471066m.N, 884587m.E y 1470627Mn

Litología

El Grupo Sincelejo está compuesto por algunos niveles que varían de conglomerados a areniscas conglomeráticas, areniscas arcillosas con gravas, y arcillolitas arenosas a arcillolitas, todas intercaladas entre sí en capas subhorizontales de espesores entre 0,1 m a 3 m., con una fuerte gradación lateral que hace que se presenten como capas lentiformes, además la falta de afloramientos dificulta determinar la continuidad de las capas en largas distancias, por lo tanto no se pudo definir una columna estratigráfica generalizada. Los sedimentos son polimícticos, mal seleccionados, subredondeados, subesféricos y su composición en general es de clastos de cuarzo blanco, chert, y líticos como lutitas, cuarcitas y esquistos (Fotografía 2); particularmente el Grupo Sincelejo en el área evidencia la presencia de fragmentos hasta de 15 cm de largo de Xilópalos.

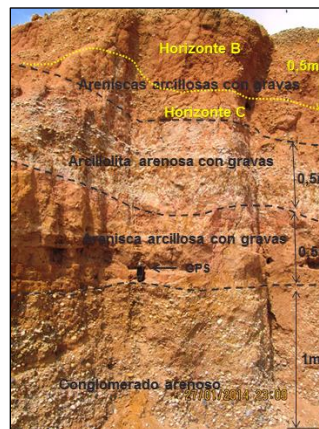


Figura 3-33. Detalle de conglomerados, areniscas conglomeráticas a arcillosas y arcillolitas arenosas cantera Las Mercedes. Hacienda Santo Domingo. 100 m al sur de la Estación AMM-0101. Coordenadas, 1470627m.N, 884587m

En la sección levantada en la Plancha 72 entre Montelibano y Cerromatoso Bermúdez et al. (2012)(2), determinaron un espesor de 1289 metros.

Contactos:

En el área de estudio se encuentra suprayacido por sedimentos recientes que conforman los depósitos cuaternarios y no se tiene certeza de su contacto a profundidad.

Origen:

Las rocas sedimentarias del Grupo Sincelejo presentan características clásticas con variedad de tamaños, arenas, lodos y arcillas, son de composición silíceas, con redondez y esfericidad de clastos, presencia de óxidos, y ausencia total de rocas correlacionables con ambientes marinos por lo que se plantea un origen netamente continental de baja a media energía.

Depósitos sedimentarios no litificados

En el área de la Depresión Momposina, específicamente en la Plancha 63 - San Marcos, se presentan cuerpos de depósitos sedimentarios del cuaternario que han sido agrupados según las descripciones realizadas en el trabajo de cartografía geológica de la plancha 64-Barranco de Loba (Mantilla *et al.* 2006)[27].

Estos cuerpos sedimentarios se dividen en depósitos de llanuras de inundación, abanicos aluviales y fluvio lacustres.

Llanuras de inundación (Q1Q2fal)

La zona de inundación actual del río Cauca está constituida por sedimentos estratificados no litificados conformados por intercalaciones de arenas de grano muy fino, limos y arcillas.

El nombre de esta unidad se toma de Mantilla *et al.* 2006 [27].

Distribución geográfica:

Esta unidad aflora en el extremo noreste de la Plancha 63 - San Marcos, cubre el área entre los sectores de Arboleda y Campo Alegre, vía de acceso desde el municipio de Achí al municipio de Sucre (A-11). Los mejores afloramientos fueron localizados por trabajos que hace el municipio de Sucre en Campo Alegre, con excavaciones para drenado superficial y donde se extraen áridos para la conformación y mantenimiento de los terraplenes de acceso al sector rural e impiden la inundación durante la temporada invernal en el sector Campo Alegre y San Mateo.

Características morfológicas:

La morfología de esta unidad corresponde a zonas planas, conformada por capas de sedimentos no litificados que, ocasionalmente, se encuentran incisados por drenajes (Figura 3-5).



Figura 3-34. Excavación en morfología plana. Campo Alegre. Vista al W. Estación ABM-0118. Coordenadas 1478484m.N, 930924m.E.

Sedimentología:

Está comprendida por una secuencia de niveles sedimentarios estratificados y no litificados que hacen parte de la llanura aluvial de los ríos Cauca y Magdalena (Brazo de Loba); La secuencia está compuesta por variedad de arenas finas a muy finas, limos y arcillas con colores gris oliva claro, que por oxidación varían a colores gris amarillento a marrón amarillento moderado. En la secuencia también aparecen niveles de arcillas con alto contenido de materia orgánica (paleosuelos) que dan un tono oscuro a los sedimentos.

Contactos

En el área de la Plancha 63 – San Marco se encuentra en contacto deposicional con los sedimentos del Grupo Sincelejo, además está suprayacido por los sedimentos del Abanico de la Mojana y los depósitos lacustres.

Origen

Su origen está asociado a la actividad fluvial del río Magdalena y el aporte del río Cauca después de su confluencia con el río Nechí como consecuencia de intercalación de épocas de poca y fuerte erosión en la zona sur o zona montañosa y su deposición en las zonas bajas donde se combinan factores para que se determinen las características de estos depósitos aluviales.

Abanico Aluvial de La Mojana (Q2abm)

Esta unidad fue propuesta por Martínez (1981) como Cono del Río Cauca, en el área de la Depresión Momposina, donde la parte distal del cono llega hasta las depresiones cenagosas de los ríos Magdalena y San Jorge. Barrera (1999) interpreta esta unidad como depósitos aluviales de inundación con arenas, limos y arcillas y abundante materia orgánica.

Distribución geográfica:

Las imágenes satelitales permitieron verificar la delimitación del Abanico Aluvial de la Mojana a gran escala (Figura 3-35); este se extiende entre la confluencia de los ríos Nechí y Cauca, y se prolonga al norte en cercanías del municipio de Pinillos con una distancia aproximada de 100 km; y, entre la ciénaga de Ayapel y el Río San Jorge al occidente, hasta el actual cauce del Río Cauca al oriente, con una amplitud de 55 km. El Abanico Aluvial cubre las áreas de las planchas 63 - San Marcos, 73 - Ayapel y la parte occidental de la Plancha 74 - Guaranda.

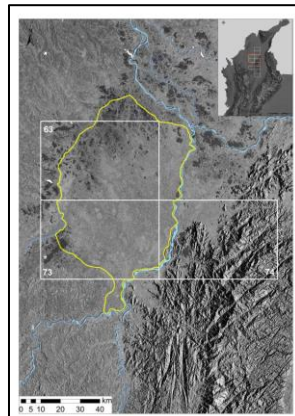


Figura 3-35. Delimitación del Abanico Aluvial de la Mojana, (contorno línea amarilla) sobre el Modelo del terrenos Natural (DEM).

Características morfológicas:

Las características que definen al abanico son el ápice, longitud, ancho, área, pendiente, red de drenaje, además de la subdivisión en las zonas proximal, media y distal donde cada una de ellas presenta sus propias características de longitud, ancho, pendiente, cambios sedimentológicos (granulometría) y composición; el ápice se localiza al suroccidente del casco urbano del municipio de Nechi, Sector denominado Nuevo Mundo.

Red de drenaje:

La red de drenaje que presenta el área del Abanico Aluvial de la Mojana (Figura 3-42) son drenajes alargados en sentido NW a Norte subparalelos con una combinación entre un sistema trezado, drenando hacia la ciénaga de Ayapel y el río San Jorge, donde los drenajes individualmente presentan un aspecto sinuoso a meándrico marcando esto su origen aluvial, definido por Stanistreet & McCarthy (1993).

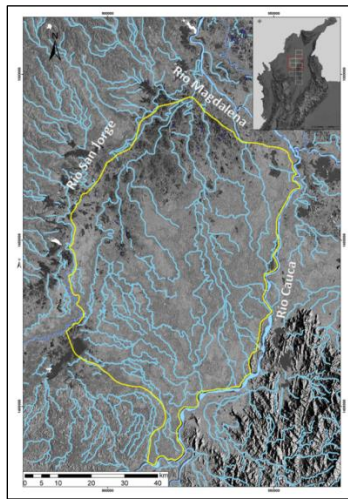


Figura 3-36. Red de drenaje del Abanico Aluvial de la Mojana

Depósitos Fluviolacustres (Q2fl).

En este informe se usa el término de Depósitos Fluviolacustres siguiendo la descripción de Mantilla *et al.*, (2006) donde indican que son depósitos compuestos de arenas finas y lodos.

Esta unidad está distribuida de manera amplia e irregular en el área de la Plancha 63-San Marcos, donde se presentan los grandes cuerpos de agua de ciénagas y humedales que conforman la Mojana Sucreña.

Características morfológicas:

La morfología es de zonas bajas inundadas permanentemente (Ciénagas) o parcialmente (Humedales) con pendientes menores del 3%.

Sedimentología

Por su gran distribución dentro del área de la plancha, hay lugares donde presenta en superficie gran cantidad de restos de conchas y caracoles en descomposición; el suelo presenta espesor de 0,35 metros, está compuesto de arcillas de color gris azulado y parches de color marrón claro indicando la mezcla de arcillas con materia orgánica (Figura 3-37); también se puede encontrar alto contenido de materia orgánica, raíces y troncos de madera, otra característica de la zona son los niveles de suelo con materia orgánica enterrados poco profundos (paleosuelos), lo que estaría indicando la sedimentación de áreas lacustres.

En la zona se presentan perfiles de suelos realizados con pequeñas perforaciones a poca profundidad de espesor variable, desde 0,63 m a 1,30 m, aproximadamente, donde se presentan características como abundante materia orgánica y alto grado de humedad, el color varía entre café amarillento - verdoso claro a color marrón en la base y en la parte superficial varía a un color gris olivo.



Figura 3-37. Sedimentos mezclados con materia orgánica, desarrollado en ambiente fluviolacustre sobre sedimentos del Grupo Sincelejo. Sector de Caño Viejo. Estación ABM-0057. Coordenadas 1473536m.N, 907416m.E.

Contactos:

Esta unidad está conformada por los sedimentos que reposan sobre el Grupo Sincelejo (N2Q1s), Depósitos Fluviolacustres (Q2f), Abanico Aluvial De La Mojana (Q2abm) y de llanura de inundación (Q1 Q2fal).

Origen:

El origen de esta unidad está definido en la sedimentación de material detrítico fino ligado a la acumulación y descomposición de materia orgánica en un ambiente reductor ocasionado por zonas parciales o permanentemente húmedas de la cuenca de la Mojana y alimentadas por las aguas y sedimentos de los ríos Magdalena, Cauca y San Jorge.

3.5.2 GEOMORFOLOGÍA

Para la caracterización geomorfológica de las unidades presentes en la Plancha 63-San Marcos se utilizó la metodología propuesta por Carvajal (2011) [7] que se basa en la división de procesos endógenos y exógenos que a su vez son divididos en ambientes morfogenéticos estructural, denudativo, aluvial y lacustre.

En el área de la Mojana (Figura 3-7, modificada de Romero, 2012) se logran apreciar dos tipos de pendientes: pendientes menores del 3% (zona amarilla), se observan en el centro del área representando las zonas bajas inundadas (cuerpos de agua de las ciénagas) y las zonas inundables en épocas de invierno que al occidente se muestran como

interdigitaciones que penetran en la otra zona (zona naranja), y su descripción es de zona plana a suavemente inclinada. Pendientes entre el 7 y 12% se observan en el extremo occidental y corresponden a la unidad sedimentaria del Grupo Sincelejo y se describe como una ladera inclinada.

Siguiendo con esta clasificación en toda el área de la plancha 63 – San Marcos, se tienen que el índice de relieve que presenta la zona es menor de 50 metros y se clasifica como un relieve muy bajo y la diferencia en la morfología permite establecer, un proceso geodinámica externo o exógeno con dos tipos de ambientes morfogenéticos asociados:

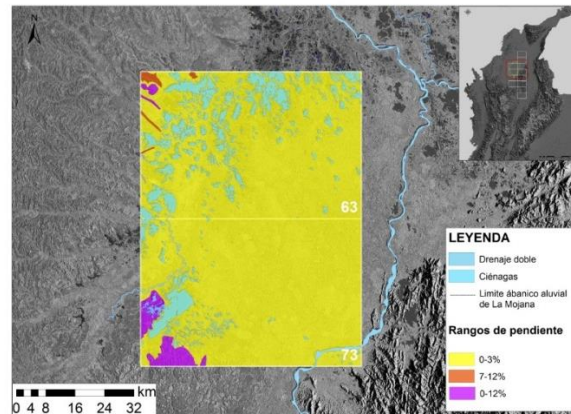


Figura 3-38. Mapa de Rangos de Pendientes en el área de la Mojana (Modificado de Romero, 2012).

Ambiente denudacional

Corresponden a geoformas generadas por la actividad de los procesos de meteorización, erosión, remoción en masa, sobre geoformas preexistentes.

Geoformas de montículos y laderas Denudadas

Esta unidad se delimita claramente en las imágenes de satélite y en los recorridos de campo, sus características geomorfológicas son residuales erosionales, de relieve relativo bajo a muy bajo, con alturas menores de 50 metros en formas de montículos, con laderas planas a inclinadas de forma convexa y pendientes entre 3% y 12%, (Figura 3-39), cubre aproximadamente el 5% del área y se localiza al costado occidental de la plancha, es representativo de rocas sedimentarias del Grupo Sincelejo.



Figura 3-39. Morfología de planicie con ondulaciones suaves, incisadas levemente, en el Grupo Sincelejo. Visual al SW. Sector Los cayitos entre estaciones AMM-100 y LTG-002. Municipio de Caimito. 1471381m.N, 882183m.E.

Ambiente Fluvial y lagunar

Corresponde a las geoformas generadas por procesos de erosión y sedimentación, creadas por corrientes de agua como ríos, arroyos y lagos.

Geoforma de Abanico Aluvial

Esta unidad geomorfológica se delimita claramente en las imágenes de satélite, geoforma asociada a depósitos cuaternarios producidos por los ríos Cauca y Nechí. Presenta un índice de contraste de relieve de muy bajo a bajo, levemente ondulado (Figura 3-40), ocasionalmente en montículos, con laderas planas a inclinadas de forma convexa y pendientes menores del 5%; cubre aproximadamente un 33% del área y se localiza en el centro de la plancha.

Geoforma de Llanura inundación.

Se encuentra al noreste de la zona de estudio, en el área de influencia directa de la confluencia de los ríos Cauca y Magdalena, se caracteriza por ser una zona plana, sinuosa, con una amplitud promedio de 300 m, el índice de contraste en el relieve es muy bajo, es una zona de inundación actualmente activa en temporadas de alta pluviosidad.

Geoformas de Lagos

Corresponde a las geoformas generadas por los cuerpos de agua como lagos naturales que permanecen inundados (ciénagas, caños, etc.) o que se inundan periódicamente en las épocas de invierno en ambiente de sedimentación de material fino con materia orgánica y los sedimentos son aportados por corrientes de ríos, quebradas, arroyos. Etc. En las áreas más bajas en el área de trabajo, esta geoforma cubre aproximadamente el 62% del total de la plancha y corresponde a los depósitos fluviolacustres (Figura 3-40).



Figura 3-40. Geoforma lacustre. Sector Isla del Coco. Estación AMM-0133. Vista al W. Coordenadas 1476098m.N, 916306m.E.

3.5.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

La Plancha 63 – San Marcos presenta los lineamientos San Jorge, y Sucre por el control estructural que presentan los drenajes interpretados con base en los sensores remotos (**Figura 3-41**).

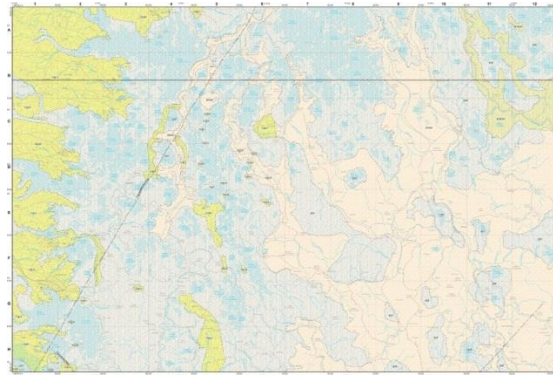


Figura 3-41. Llanura aluvial del río Cauca cerca de Nechí. Lineamientos en la Plancha 63 - San Marcos.

Lineamiento San Jorge

Page (1986) le da el nombre de Falla Ayapel al Lineamiento San Jorge en el sector del Río San Jorge, próximo a su desembocadura en el Río Magdalena, y considera que es una falla normal con buzamiento al SE.

Duque-Caro (1980) indica que es una estructura controlada desde el basamento. Desde la intercepción con el Lineamiento Mompós hacia el NE hasta la Sierra Nevada de Santa Marta forma el límite SE de la Depresión de Plato.

Ujueta-Lozano (2007) indican que el Lineamiento San Jorge es de dirección N40°E, y tiene una longitud aproximada de 250 Km. En superficie el Lineamiento San Jorge se expresa en el cambio brusco de dirección NW-SE a NE-SW que el Río Magdalena presenta a la altura de la población de Magangué y en el control que hacia el SW ejerce sobre el Río San Jorge hasta la población de San Marcos. En el sector de Magangué-San Marcos, este lineamiento hace límite neto entre sedimentos terciarios al NW y abanicos aluviales cuaternarios hacia el SE como lo señala el Mapa Geológico de GEOTEC (1988).

En la **Figura 3-41**, se observa como este lineamiento ejerce control estructural sobre la cuenca del Río San Jorge, pasando por las zonas cenagosas de San Marcos y San Benito Abad, siguiendo al Norte alineado con un tramo del Río Magdalena (Brazo de Loba) antes de juntarse con el Brazo de Mompós a la altura de Magangué. El Lineamiento de San Jorge presenta una tendencia Suroccidente a Noreste, subparalela a la tendencia de las Fallas Sinú-San Jacinto y Espíritu Santo, ambas de carácter regional.

Lineamiento Sucre

El Lineamiento Sucre lo describe Duque-Caro (1980) indicando que presenta una dirección N55W y alcanza la costa caribe entre Sincelejo y Montería y sigue la depresión de Lorica-Sahagún; involucra la Falla de Lorica de dirección NW y separa los Anticlinorios o Bloques de San Jerónimo y de San Jacinto. La orientación de las estructuras localizadas al Nordeste del Lineamiento Sucre, en el Anticlinorio o Bloque de San Jacinto, cambian respecto a las estructuras en el Anticlinorio de San Jerónimo que consta de anticlinales y sinclinales poco numerosos de dirección N-S a N10°E. Hacia el SE de la Depresión de Lorica-Sahagún el lineamiento controla el Arroyo Montegrande que llega con dirección NW a la Ciénaga de La Cruz en cercanías de la población de San Marcos, luego controla el Caño San Martín hasta el caserío San Jacinto sobre el Río Nechí. En su continuación hacia el SE controla la Quebrada San Marcos sobre la Serranía de San Lucas. El lineamiento Sucre atraviesa la Serranía de San Lucas hasta llegar al Río Simití en el borde oriental de la serranía. Los bloques norte y sur, separados por este lineamiento, presentan modelos de drenaje completamente diferentes como se observa en el Mapa Topográfico, Escala 1:500.000, Plancha No.6 del IGAC (1972) en donde se empata con el Lineamiento Sogamoso que Ujueta-Lozano (2007) trae desde los Llanos Orientales hasta el borde oriental de la Serranía de San Lucas. El lineamiento secciona en dos partes la depresión tectónica de San Jorge.

Page (1986) [25] denomina a una característica estructural que hace parte del Lineamiento Sucre, como Falla Colorado y le atribuye rumbo N45W y la extiende por 60 Km desde la Falla Espíritu Santo a la altura de Nechí hasta la Falla de Ayapel (Lineamiento San Jorge) y considera que se trata de una falla normal con desplazamiento hacia el NE.

3.5.4 LLANURA DE INUNDACIÓN

Estos sedimentos están compuestos por material areno arcilloso y gravas con guijos de cuarzo lechoso matriz soportadas.

La llanura aluvial del río Cauca se observó con alturas entre 0,20 y 1,00 m sobre el cauce que ocupa el río en el momento, está compuesta por limos y arenas cuarzosas muy finas de color gris, y su amplitud varía según la topografía. La llanura está sometida a erosión en las temporadas de mayor caudal, por lo que algunas poblaciones (como Margento) ubicadas sobre la llanura han tenido que ser evacuadas y reubicada. Debido a la dinámica del río con cambiante trayectoria y por la intervención antrópica, se forman barras en forma de islas.



Figura 3-42. Llanura aluvial del río Cauca cerca de Nechí.

3.6 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

En el Anexo A se presenta la cantidad de perforaciones tipo percusión y lavado (SPT), con una longitud total de 1289.58m y perforación tipo (CPT) con una longitud total de 946.17m, adicionalmente se ejecutaron 80 apiques. Además se efectuaron 31 tomografías eléctricas. La separación entre exploraciones se encuentra entre 300m y 1000m.

Se efectuaron ensayos caracterización de materiales como: humedad natural. Límites de consistencia, granulometrías, hidrometrías, gravedad específica, entre otros. A nivel de resistencia geomecánica y de compresibilidad se ejecutaron: 84 compresiones confinadas, 21 consolidaciones lentas con descargar, 90 cortes directos, entre otros. La caracterización se complementó con ensayos especializados como: 16 Pin-Hole, 2 expansiones libres en consolidómetros, entre otros. En el anexo A se presentan las cantidades de ensayos realizados por obras.

En general los cuerpos de los diques corresponden a materiales existentes en la zona, los cuales corresponden a depósitos aluviales, compuestos por arcillas limosas a arenas de grano fino a grueso. Estos suelos presentan consistencias media a firme y compactidad suelta a media suelta. En algunas zonas se observa suelos con contenido orgánico y consistencia baja.

En el anexo B se pueden observar los perfiles geológicos geotécnicos de cada uno de las estructuras.

4. ANTECEDENTES

En el marco del análisis de las 28 estructuras, se llevó a cabo el estudio de caracterización, análisis de estructuras existentes y diseño de las mismas en el caso que fuera necesario. Las estructuras, se encuentran divididas en diques, muros de contención, espigones y protecciones de orilla. Dichas estructuras cumplen la función de proteger a la población durante escenarios de amenaza (épocas de crecientes extremas). En los análisis de estas estructuras se realizaron informes de caracterización de la estructura de la fundación del suelo, un estudio detallado de la misma con los posibles mecanismos de falla y un diseño en el caso que se ameritaba. Una vez realizado el diseño, se calcularon para cada estructura unas cantidades de cada ítem y unos precios unitarios por zona lo que conllevó a tener un presupuesto general de todas las estructuras analizadas. A continuación se realiza un breve resumen de las diferentes estructuras diseñadas y al final de cada uno se presenta un resumen del presupuesto a invertir.

4.1 DIQUES

Los diques de protección, constituye las estructuras hidráulicas de mayor importancia de este estudio en la zona de La Mojana. Estas estructuras protegen totalmente a los municipios de la zona, además de otros caseríos y fincas que se encuentran en las zonas bajas de las ciénagas, ríos y todo cuerpo de agua, de las posibles inundaciones que son producto de las crecientes presentadas a través del tiempo. Son estructuras terreas con una geometría definida. A continuación se presenta un breve resumen de las obras de diques analizadas en este estudio: Los factores de seguridad

4.1.1 Dique 1 y 2: Sehebe

Para esta estructura, el cuerpo del dique se reemplazó, debido a que el existente no era capaz de soportar las cargas de acuerdo a los factores de seguridad obtenidos en el informe de análisis de estabilidad, además físicamente la estructura presentaba un gran deterioro. El nuevo dique tendrá una altura promedio de 10 m entre la superficie del terreno natural y la cresta de la estructura. Por otra parte la inclinación de los taludes tanto aguas arriba como aguas abajo siguiendo los requerimientos mínimos se diseñó con pendientes 2.0H:1V. La longitud total del nuevo dique fue de 894.6 metros. Esta estructura no fue tomada en cuenta en los cálculos de los índices paramétricos por ser una estructura completamente nueva, de gran dimensión (fuera del resto de estructura de diques) y porque se debe destruir o quitar por completo la estructura existente para ser sustituida por una nueva. En el Anexo B, se encuentran los perfiles estratigráficos encontrados durante la campaña de exploración geotécnica

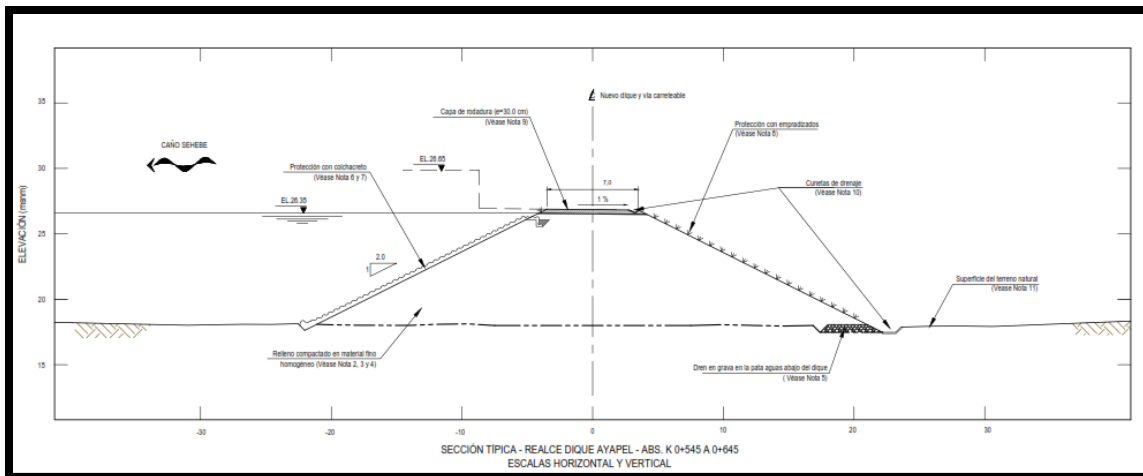


Figura 4-1. Sección típica de la geometría del nuevo dique para el dique Ayapel

4.1.2 Dique 3: Pinillos

El cuerpo del dique debió ser reemplazado debido a que el existente no sería capaz de soportar las cargas impuestas de acuerdo a los factores de seguridad obtenidos en el informe de análisis de estabilidad, además físicamente la estructura presentaba un gran deterioro debido a socavación. El nuevo dique tendrá una altura promedio de 3.4 m entre la superficie del terreno natural y la cresta de la estructura. Por otra parte la inclinación de los taludes tanto aguas arriba como aguas abajo siguiendo los requerimientos mínimos se diseñó con pendientes 2.0H:1V. La longitud total del nuevo dique fue de 296.06 metros. En el Anexo B se encuentran los perfiles estratigráficos encontrados durante la campaña de exploración geotécnica. Los valores de factores de seguridad de cada estructura se encuentran en el Anexo C.

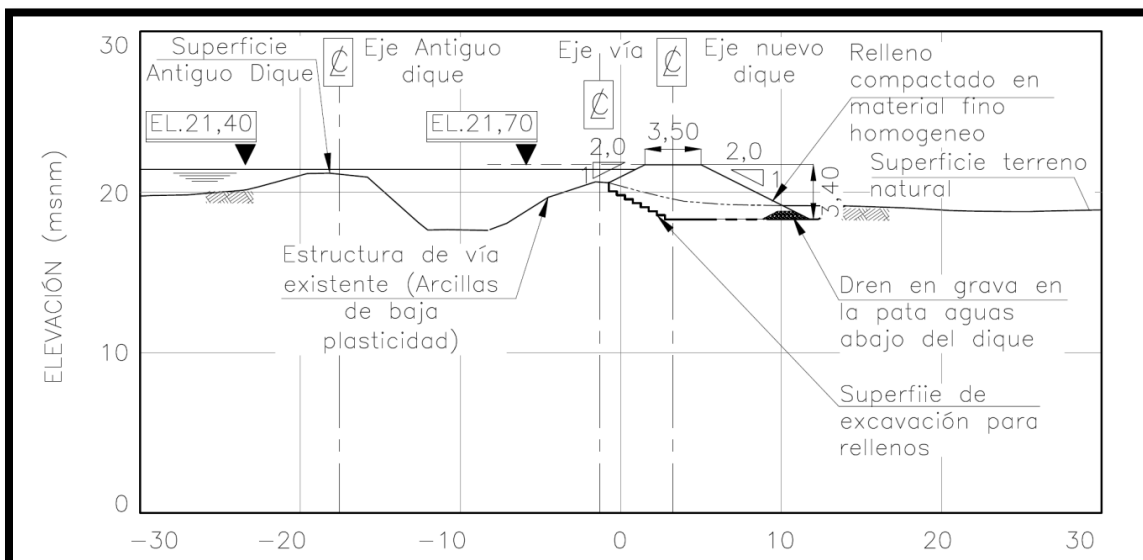


Figura 4-2. Esquema de la sección de análisis.

4.1.3 Diques 4 y 5: San Benito Abad-Sucre

Dique 4:

El dique actual, se encuentra conformado por una estructura en suelo compactado y una capa de rodadura superficial en material granular, cuenta con una longitud de 533 m. El dique no es carretable debido a que la cresta no es lo suficientemente ancha y se ha perdido por la erosión. El dique presenta cuatro roturas hechas por la población para evacuar el agua que queda estancada en la parte aguas abajo del municipio. Este fenómeno se presenta ya que, el municipio se encuentra en una llanura totalmente plana y en épocas de lluvia el agua se acumula y por no tener la pendiente suficiente, esta se estanca por largos periodos de tiempo almacenada, además de ello el municipio no cuenta con alcantarillado y las aguas negras terminan en las inmediaciones del dique. Los materiales que componen el dique no cumplen con los estándares mínimos exigidos para una estructura de este tipo. Este dique se debe reemplazar en su totalidad.

El dique 4 San Benito no cumple como estructura protectora de eventos extremos por tal razón se realizó el diseño de una nueva estructura, la cual tiene una altura entre 3.6 y 4.7 m de altura con pendientes de diseño de 2.0H:1V. En el Anexo B se encuentran los perfiles estratigráficos encontrados durante la campaña de exploración geotécnica. Los valores de factores de seguridad de cada estructura se encuentran en el Anexo C.

Dique 5:

El dique 5, se encuentra en el costado norte del municipio y tiene una longitud de 654m, presenta tres tramos claros, los cuales se clasificaron de acuerdo a su geometría. El dique presenta 3 cortes cercenados antropogenicamente, lo que conlleva a que el muro pierda su función. Los materiales que componen el dique no cumplen con los estándares mínimos exigidos para una estructura de este tipo. Este dique se debe reemplazar en su totalidad.

El dique 5 San Benito no cumple como estructura protectora de eventos extremos por tal razón se realizó el diseño de una nueva estructura, la cual tiene una altura entre 3.6 y 6.3 m de altura con pendientes de diseño de 2.0H:1V. En el Anexo B se encuentran los perfiles estratigráficos encontrados durante la campaña de exploración geotécnica

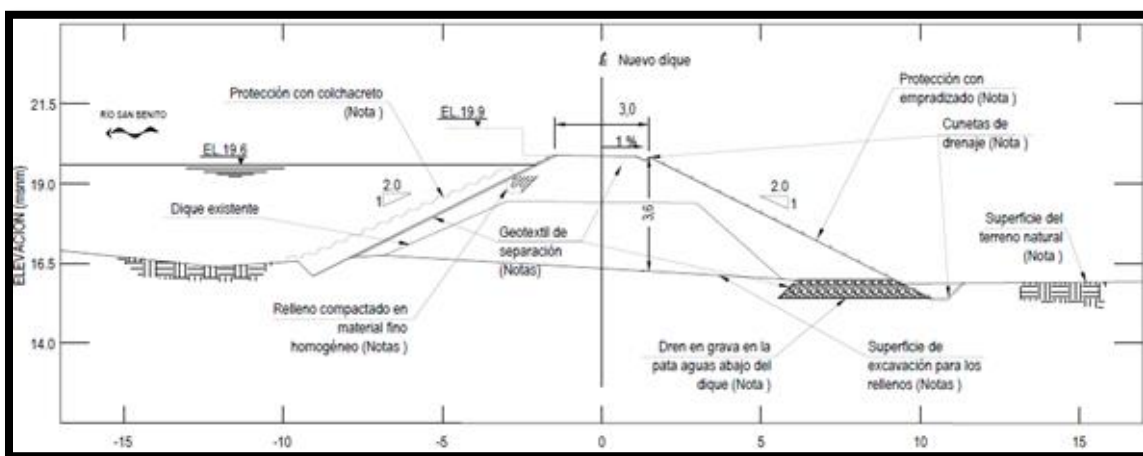


Figura 4-3. Esquema de la estructura seleccionada para los nuevos diques de San Benito

4.1.4 Dique 6: Tramo Colorado – Nechí

Este tramo del dique marginal debió ser reconformado, ya que su elevación resultó ser menor que la altura del nivel de la lámina de agua para un período de retorno de 100 años especificado por el fondo de adaptación. El nuevo dique se alzó para que tuviese una altura promedio de 7.5 m entre la superficie del terreno natural y la cresta de la estructura. Por otra parte la inclinación de los taludes tanto aguas arriba como aguas abajo siguiendo los requerimientos mínimos se diseñó con pendientes 2.0H:1V. La longitud total del nuevo dique fue de 14.422 km

Para este dique fue necesario realizar un mejoramiento de la capa de rodadura que concuerda por general con la cresta de la estructura. Esto debido a que está en la actualidad funciona como una vía carretable además de ser una estructura de contención hidráulica.

La estructura fue tomada en cuenta para el cálculo de los índices paramétricos, a pesar que es una altura de características especiales por la altura del dique y se encontró que los costos por metro lineal son similares a las estructuras de diques, esto se debe a que en algunos tramos no se encontró dique o se observó una estructura de pequeña altura. En el Anexo D se encuentran los perfiles estratigráficos encontrados durante la campaña de exploración geotécnica. Los valores de factores de seguridad de cada estructura se encuentran en el Anexo C.

A continuación se relaciona los costos de los diferentes tramos del dique general en la **Tabla 4-1**.

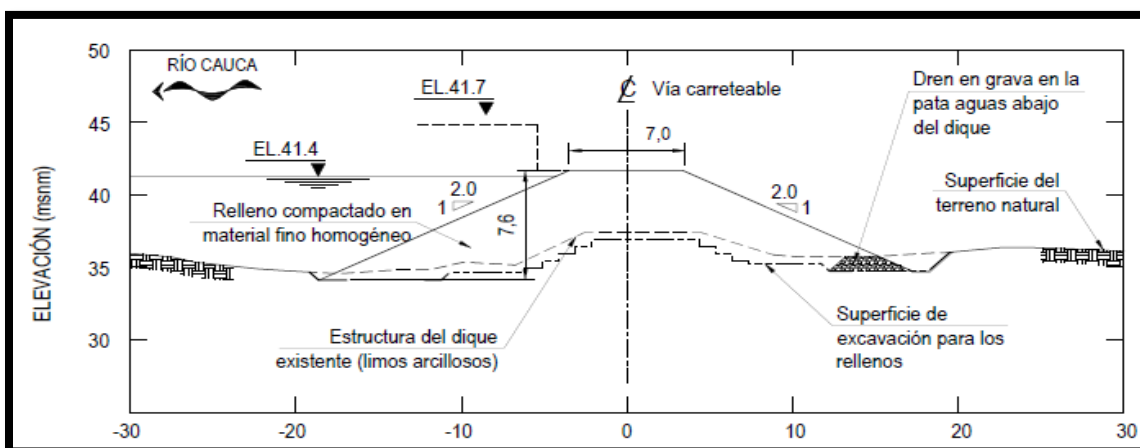


Figura 4-4. Esquema de la estructura seleccionada para el dique marginal, Tramo Colorado – Nechí.

Tabla 4-1. Resumen de costos para el dique marginal Colorado Nechí.

RESUMEN SECTOR PRESUPUESTAL				
Sector presupuestal	Abscisado	Longitud total	Geometría	Total por sección (COP)
Sector presupuestal 1	K 0+000 - K 0+855	885 m	No se encontró dique	\$ 7,345,729,783
Sector presupuestal 2	K 0+855 - K 3+825	2970 m	Se encontró dique	\$ 21,593,366,680
Sector presupuestal 3	K 3+825 - K 3+944	119 m	No se encontró dique	\$ 1,084,184,674
Sector presupuestal 4	K 3+944 - K 7+518	3574m	Se encontró dique	\$ 25,222,595,969
Sector presupuestal 5	K 7+518 - K 7+921	403 m	No se encontró dique	\$ 3,253,264,428
Sector presupuestal 6	K 7+921 - K 14+422	6501 m	Se encontró dique	\$ 45,496,392,102
Costo total (COP)				\$ 108,480,871,999

4.1.5 Dique 7: Magangué Retiro

En la zona a evaluar se encuentran presentes tres (3) sectores diferentes, de acuerdo con el tipo de estructura presente en los mismos, a saber:

- Sector 1: Dique en Suelo Compactado que carece de protección (Dique 7).
- Sector 2: Dique en Suelo Compactado que presenta protección (Dique 7 y Protección de Orilla 5).
- Sector 3: Muro en Estructura Metálica (Muro7).

Para la Zonificación de la zona en cercanías a la población de El Retiro, se tuvo en cuenta la ubicación de cada uno de los sectores anteriormente mencionados, así como también el tipo de afectaciones evidenciadas en cada estructura. La estructura conserva una geometría de un terraplén, altura de aproximadamente 2.50 m con respecto al nivel del terreno natural, inclinación de los taludes cercana a los 45°, ancho en la cresta de entre 2,5 m y 3,0 m y en la base cercano a los 6,0 m en promedio. La estructura presenta una longitud de 1148 metros.

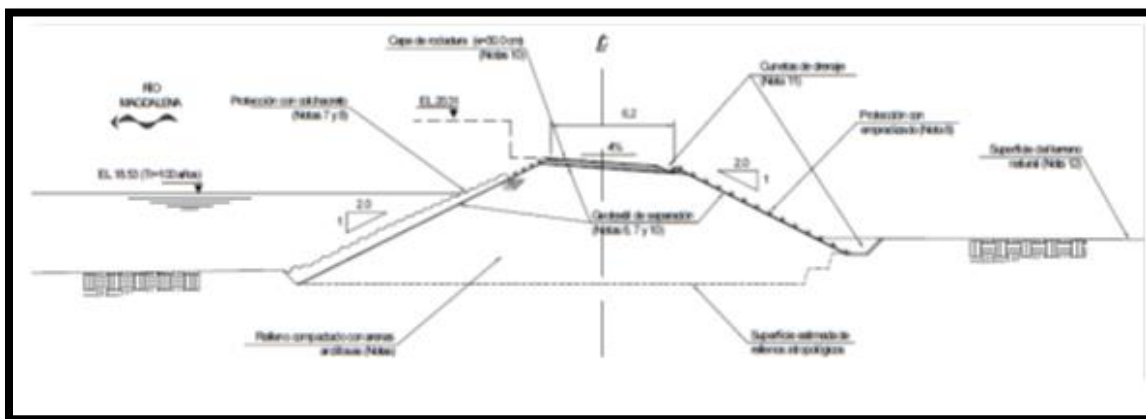


Figura 4-5. Esquema de la sección de análisis

4.1.6 Dique 8: Tramo Nechí – San Jacinto

Este tramo del dique marginal debió ser reconformado, ya que su elevación resultó ser menor que la altura del nivel de la lámina de agua para un período de retorno de 100 años especificado por el fondo de adaptación. El nuevo dique se alzó para que tuviese una altura promedio de 5.5 m entre la superficie del terreno natural y la cresta de la estructura. Además un tramo debió ser desviado y reemplazado completamente debido a que en su fundación se encontró un estrato de turba que no cumplió con los factores de seguridad mínimos requeridos para garantizar la estabilidad de la estructura. Por otra parte la inclinación de los taludes tanto aguas arriba como aguas abajo siguiendo los requerimientos mínimos se diseñó con pendientes 2.0H:1V en tres secciones y 3.5H:1V en una sección. La longitud total del nuevo dique fue de 22.779 km. En el Anexo B se encuentran los perfiles estratigráficos encontrados durante la campaña de exploración geotécnica. Los valores de factores de seguridad de cada estructura se encuentran en el Anexo C.

Para este dique fue necesario realizar un mejoramiento de la capa de rodadura que concuerda por general con la cresta de la estructura. Esto debido a que está en la actualidad funciona como una vía carretable además de ser una estructura de contención hidráulica.

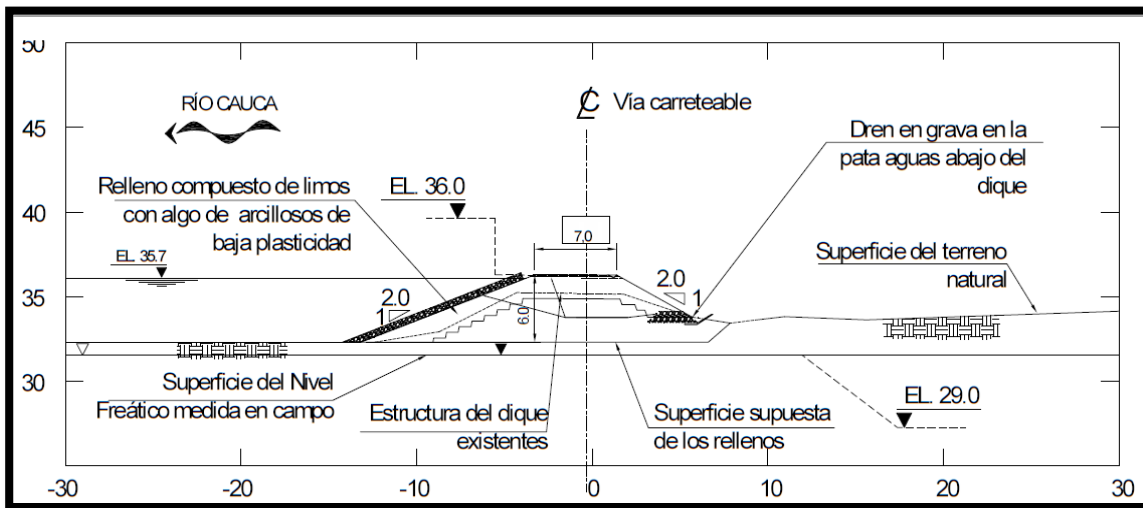


Figura 4-6. Esquema de la sección escogida para el Dique Marginal, Tramo Nechí – San Jacinto

4.1.7 Dique 9: Tramo San Jacinto – Astilleros

Este tramo del dique marginal debió ser reconfigurado, ya que su elevación resultó ser menor que la altura del nivel de la lámina de agua para un período de retorno de 100 años especificado por el fondo de adaptación. El nuevo dique se alzó para que tuviese una altura promedio de 5.6 m entre la superficie del terreno natural y la cresta de la estructura. Por otra parte la inclinación de los taludes tanto aguas arriba como aguas abajo siguiendo los requerimientos mínimos se diseñó con pendientes 2.0H:1V. En el Anexo B se encuentran los perfiles estratigráficos encontrados durante la campaña de exploración geotécnica. Los valores de factores de seguridad de cada estructura se encuentran en el Anexo C. La longitud total del nuevo dique fue de 17.032 km

Para este dique fue necesario realizar un mejoramiento de la capa de rodadura que concuerda por general con la cresta de la estructura. Esto debido a que está en la actualidad funciona como una vía carretable además de ser una estructura de contención hidráulica.

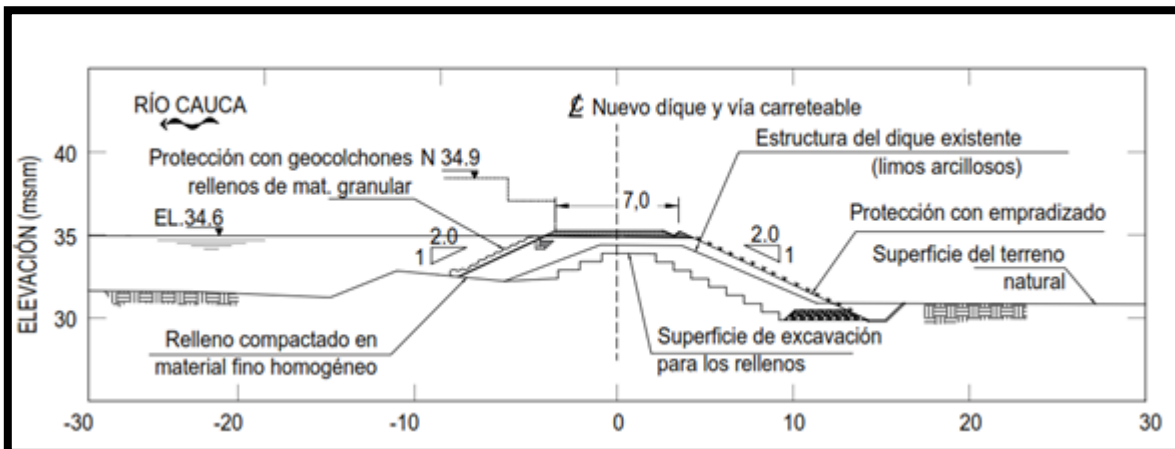


Figura 4-7. Esquema de la sección escogida para el Dique Marginal, Tramo San Jacinto - Astilleros

4.1.8 Dique 10: Magangué

Quando se realizó la caracterización de este dique se confirmó que los materiales presentes se encontraban en buenas condiciones, por esta razón el mejoramiento de la estructura consistió en arreglos físicos netamente ya que en algunos tramos presentaba algún grado de deterioro (socavación, grietas, surcos). El dique tiene una altura promedio de 4.5 m entre la superficie del terreno natural y la cresta de la estructura. Por otra parte la inclinación de los taludes aguas arriba y aguas abajo siguiendo los requerimientos mínimos se diseñó con pendientes 2.0H:1V y 2.5H:1V respectivamente. La longitud total del dique es de 4358 metros. En el Anexo B se encuentran los perfiles estratigráficos encontrados durante la campaña de exploración geotécnica. Los valores de factores de seguridad de cada estructura se encuentran en el Anexo C.

Cabe recordar, que debido a que el máximo rubro de este dique no fue el relleno sino la protección del dique actual, esta estructura no se tuvo en cuenta en el cálculo de los índices paramétricos.

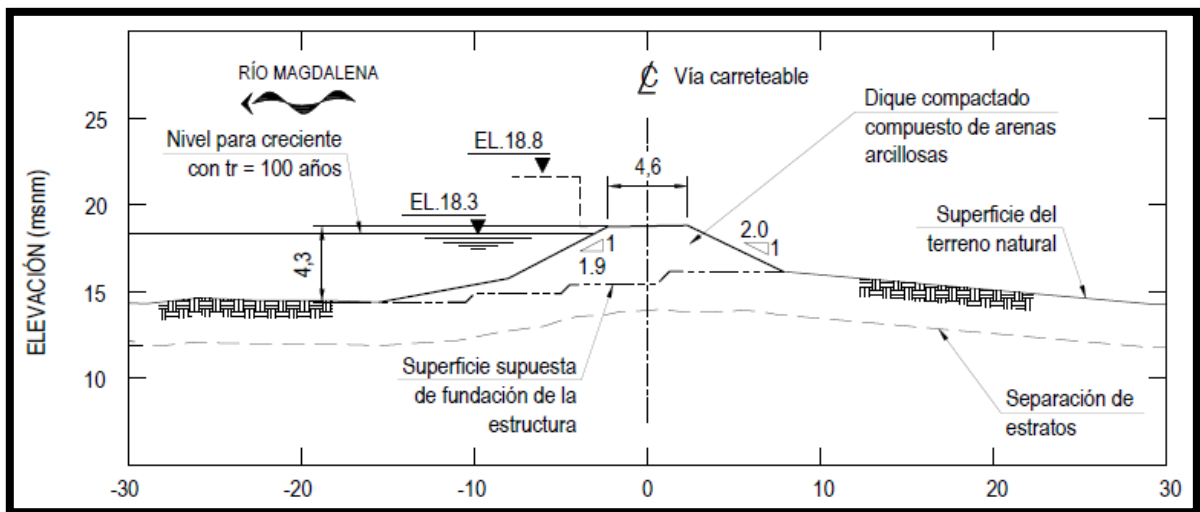


Figura 4-8. Esquema de la sección escogida para el Dique Magangué.

4.1.9 Diques 11 y 12: Tacasaluma

Para el dique Tacasaluma, se encontró que NO debe ser realizado en ninguna parte de su extensión, pues este cumple con una altura igual o superior la tabla de agua más 30 cm de borde libre. Por lo cual desde este punto de vista el dique cumple con los requerimientos del FONDO ADAPTACIÓN.

Sobre los demás requerimientos y problemas que fueron descritos previamente en el informe de caracterización respectivo, (Suelos Ingeniería 2015), el dique debe ser modificado para subsanar problemas de infiltración y manejo de aguas. Por lo cual, para este dique, se decidió usar la estructura existente y adecuarle un sistema de drenaje y de patas para manejar las aguas en el dique. Esta alternativa que genera un menor impacto en la estructura actual que otras opciones que impliquen la construcción de una nueva estructura, y adicionalmente representa un menor costo. En algunos tramos se determinó realizar realces para que cumpla con la cota de inundación de los 100 años periodo de retorno.

Debido a que este dique necesita obras de protección mayormente, no se tomó en cuenta en los promedio de cálculos realizados.

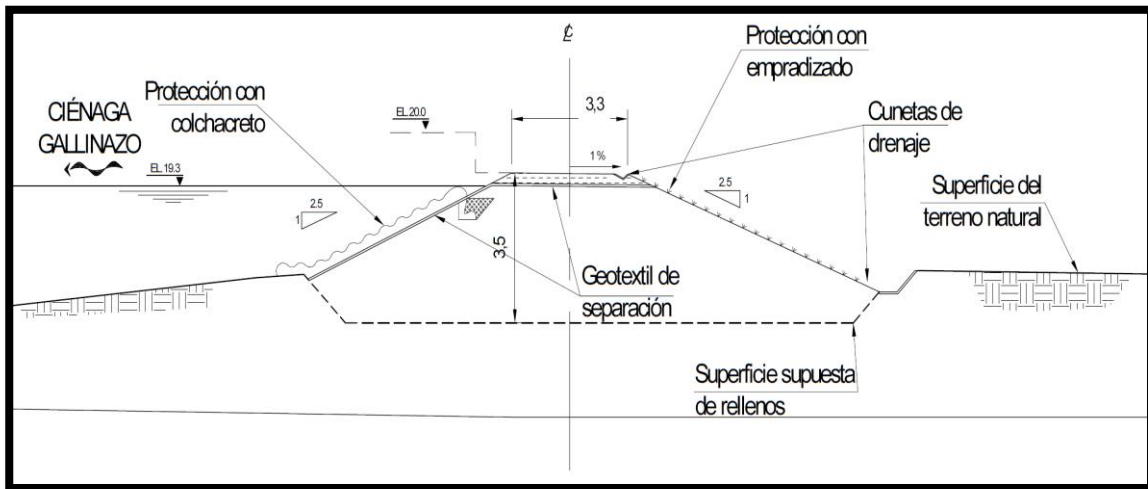


Figura 4-9. Esquema de la alternativa escogida donde se adecua el dique con distintos componentes.

En el Anexo B se encuentran los perfiles estratigráficos encontrados durante la campaña de exploración geotécnica. Los valores de factores de seguridad de cada estructura se encuentran en el Anexo C.

4.2 MUROS

En total se encontraron 9 muros, los cuales en su mayoría presentan patologías tales como: humedecimiento por capilaridad, descascaramiento, degradaciones del concreto y exposición del acero de refuerzo, desprendimiento del material, agrietamiento longitudinal (grieta ancha), también se evidencia deterioro de la estructura debido a la influencia de un ambiente agresivo de mucha humedad y por el contacto con sedimentos de tipo orgánico. Se puede evidenciar una suspensión o interrupción del mismo en varios tramos en longitudes considerables, lo cual se puede llegar a concluir que no cumple la función para la cual fue diseñado y construido. En la mayoría de los casos los muros fueron sustituidos por una estructura de mayor envergadura, a excepción del caso del muro Achí, el cual fue realizado utilizando la misma estructura por otra estructura y un relleno compactado. En el Anexo B se encuentran los perfiles estratigráficos encontrados durante la campaña de exploración geotécnica. Los valores de factores de seguridad de cada estructura se encuentran en el Anexo C.

A continuación se resume las principales características geométricas de los muros propuestos.

4.2.1 Muro 1: Sucre

Tabla 4-2. Resumen de la geometría del muro Sucre.

Sección de diseño No.	Abscisado		Longitud del tramo (m)	Elevación tabla de agua (msnm)	Elevación muro actual (msnm)	Elevación muro propuesto (msnm)	Altura del muro propuesto (m)
	desde	hasta					
1	K0+000	K0+140	140	20,2	19,2	20,5	5,8
2	K0+140	K0+246	106	20,5	19,2	20,8	3,6
	K0+840	K1+505	665	20,5	19,2	20,8	3,6
3	K0+246	K0+840	594	20,5	18,4	20,8	4,4
4	K1+505	K1+575	70	20,5	19,2	20,8	3,6
5	K1+575	K1+969	394	20,5	19,2	20,8	3,6

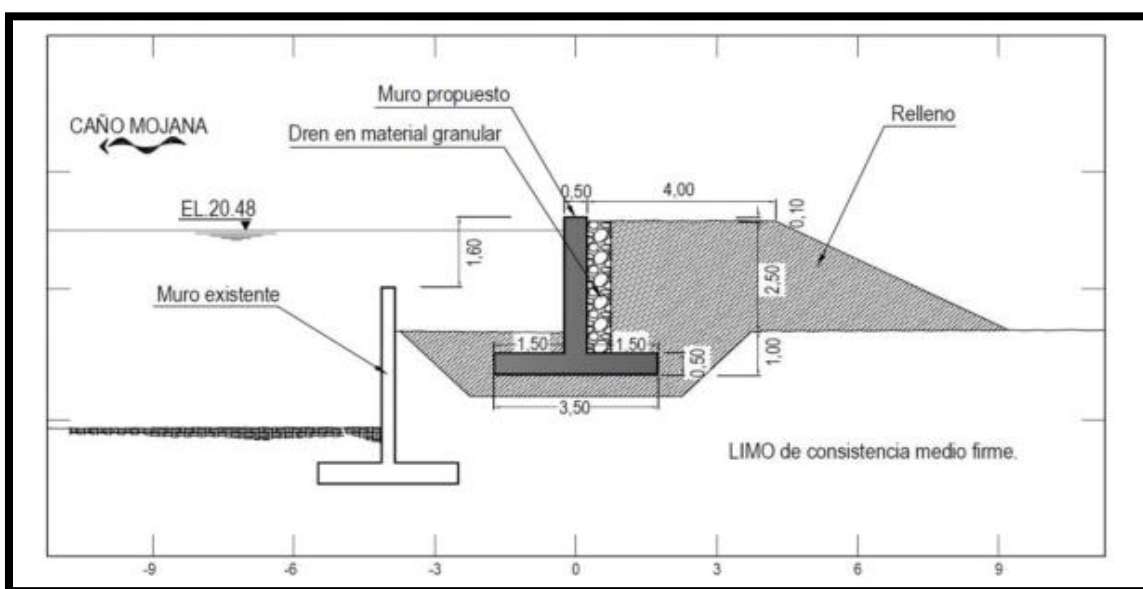


Figura 4-10. Esquema de una sección típica donde se adecua el muro con distintos componentes.

4.2.2 Muro 2: Majagual

Tabla 4-3. Resumen de la geometría del muro Majagual.

Sección de diseño No.	Abscisado		Longitud del tramo (m)	Elevación tabla de agua (msnm)	Elevación muro actual (msnm)	Elevación muro propuesto (msnm)	Altura del muro propuesto (m)
	desde	hasta					
1	K0+000	K0+234	234	21,5	21,9	21,8	2,5
2	K0+234	K1+000	766	21,5	20,9	21,8	3,5
3	K1+000	K1+095	95	21,5	19,9	21,8	4,5
4	K1+095	K1+200	105	21,5	19,9	21,8	4,5
5	K1+200	K1+277	77	21,5	21,4	21,8	4,5

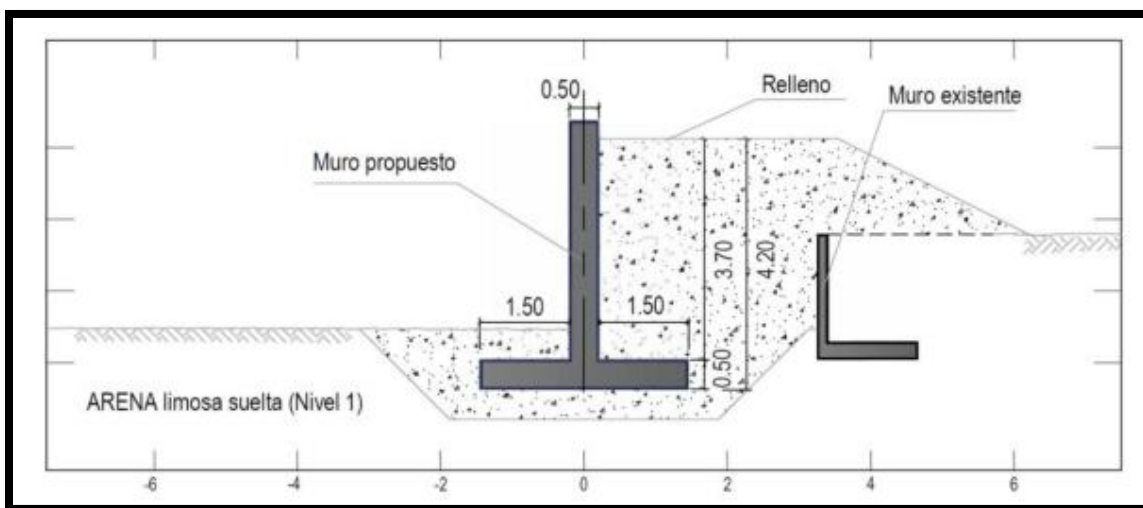


Figura 4-11. Esquema de una sección típica donde se adecua el muro con distintos componentes.

4.2.3 Muro 3: Achí:

Para el caso del muro Achí, el análisis arrojó que se encontraba en buen estado y la solución planteada fue la de realzar el muro con secciones y con material de relleno reforzado con geotextil, esto conlleva a que la obra no se tuviera en cuenta puesto que la mayor concentración de gastos se fue en reconfiguración de un muro armado.

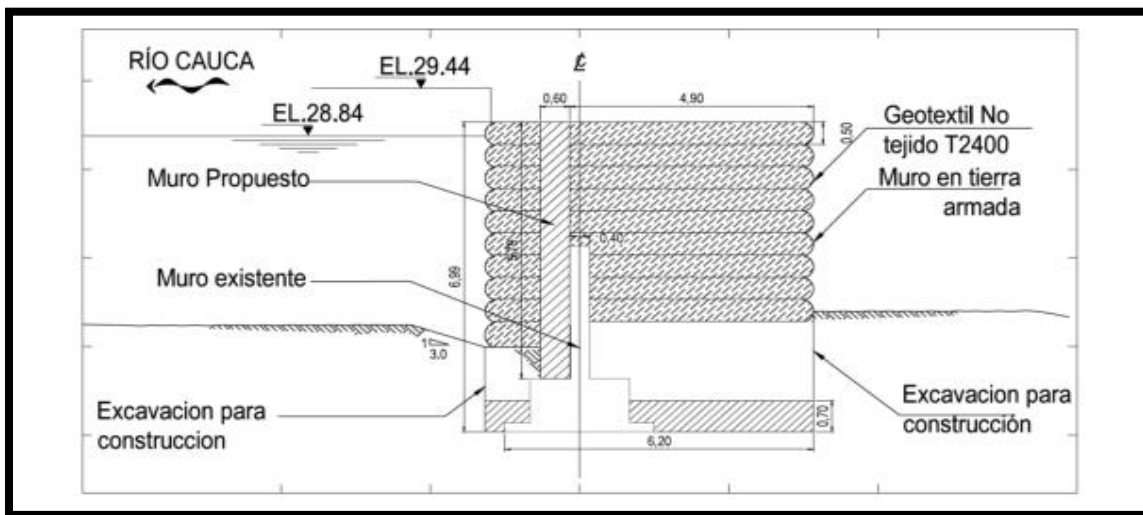


Figura 4-12. Esquema de una sección típica donde se adecua el muro con distintos componentes.

4.2.4 Muro 4: San Benito Abad:

Tabla 4-4. Resumen de la geometría del muro 4, San Benito.

Sección de diseño No.	Abscisado		Longitud del tramo (m)	Elevación tabla de agua (msnm)	Elevación muro actual (msnm)	Elevación muro propuesto (msnm)	Altura del muro propuesto (m)
	desde	hasta					
1	K0+000	K0+140	140	19.6	18.8	19.9	3.5
2	K0+140	K0+250	110	19.6	18.6	19.9	3.5
3	K0+250	K0+395	145	19.6	18.2	19.6	3.5

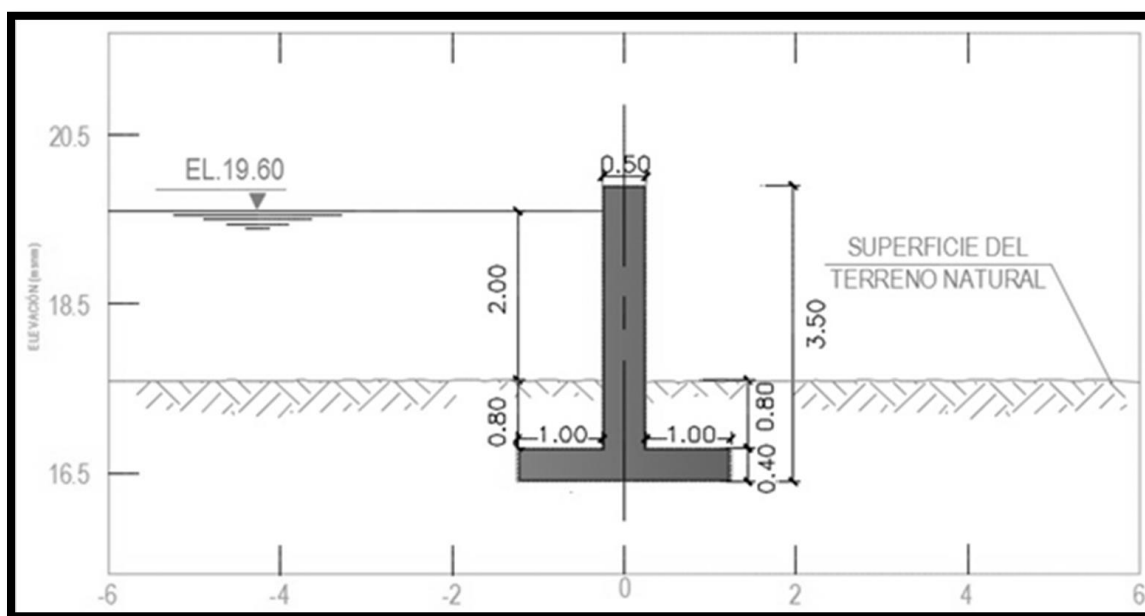


Figura 4-13. Esquema de una sección típica donde se adecua el muro con distintos componentes.

4.2.5 Muro 5: Nechí

Tabla 4-5. Resumen de la geometría del muro Nechí.

Sección de diseño No.	Abscisado		Longitud del tramo (m)	Elevación tabla de agua (msnm)	Elevación muro actual (msnm)	Elevación muro propuesto (msnm)	Altura del muro propuesto (m)
	desde	hasta					
1	K0+000	K0+160	160	37,4	39	39	4,6
2	K0+160	K0+206	46	37,4	37,7	37,7	4,9
3	K0+206	K0+600	394	37,4	34,8	37,7	5,2
4	K0+600	K1+150	550	37,4	33,7	37,7	6,2
5	K1+150	K1+500	350	37,4	34,3	37,7	6,2
6	K1+500	K1+650	150	37,4	35,5	37,7	4,7
7	K1+650	K1+786	136	37,4	35,6	37,7	4,7

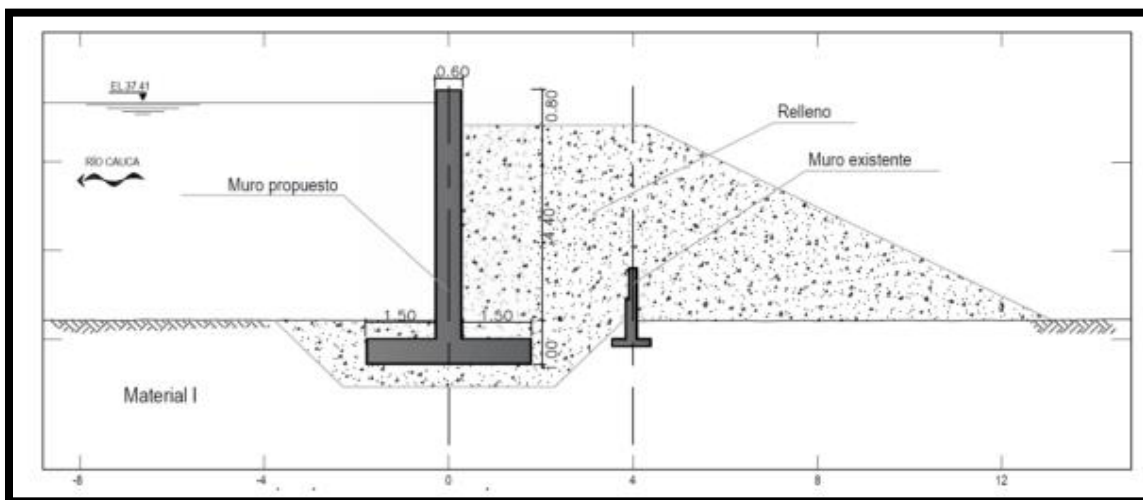


Figura 4-14. Esquema de una sección típica donde se adecua el muro con distintos componentes.

4.2.6 Muro 6: Guaranda

Tabla 4-6. Resumen de la geometría del muro Guaranda.

Sección de diseño No.	Abscisado		Longitud del tramo (m)	Elevación tabla de agua (msnm)	Elevación muro actual (msnm)	Elevación muro propuesto (msnm)	Altura del muro propuesto (m)
	desde	hasta					
1	K1+179	K1+323	144	30,1	25,6	30,4	7,5
2	K1+000	K1+179	179	29,9	27,3	30,2	5,5
3	K0+760	K1+000	240	30,1	24,9	30,4	7,5
4	K0+633	K0+760	127	30,1	24,9	30,4	7,5
5	K0+495	K0+633	138	29,9	26,7	30,2	5,5
6	K0+185	K0+495	310	29,9	27,3	30,2	5,5
7	K0+000	K0+185	185	29,9	27,3	30,2	5,5

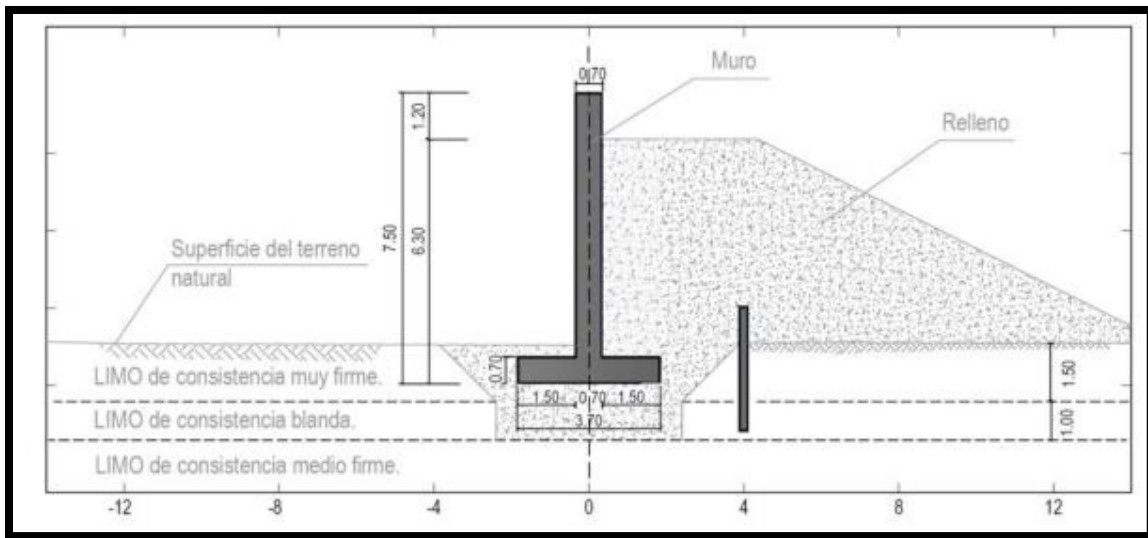


Figura 4-15. Esquema de una sección típica donde se adecua el muro con distintos componentes.

4.2.7 Muro 7: Retiro

En esta zona se encuentra como protección de las inundaciones una estructura conformada por un muro metálico cuyos elementos estructurales verticales son tubos en acero con diámetros que van desde 18 a 20 pulgadas, en tres filas al tres bolillo y entre las mismas se encuentran dispuestas láminas metálicas. La estructura tiene una altura variable que va desde los 2.5 m en el costado sur y cercana a los 9.0 m en la zona norte. Tiene una longitud de 848 m. Por sus características este muro no fue tenido en cuenta en el cálculo de los índices paramétricos.

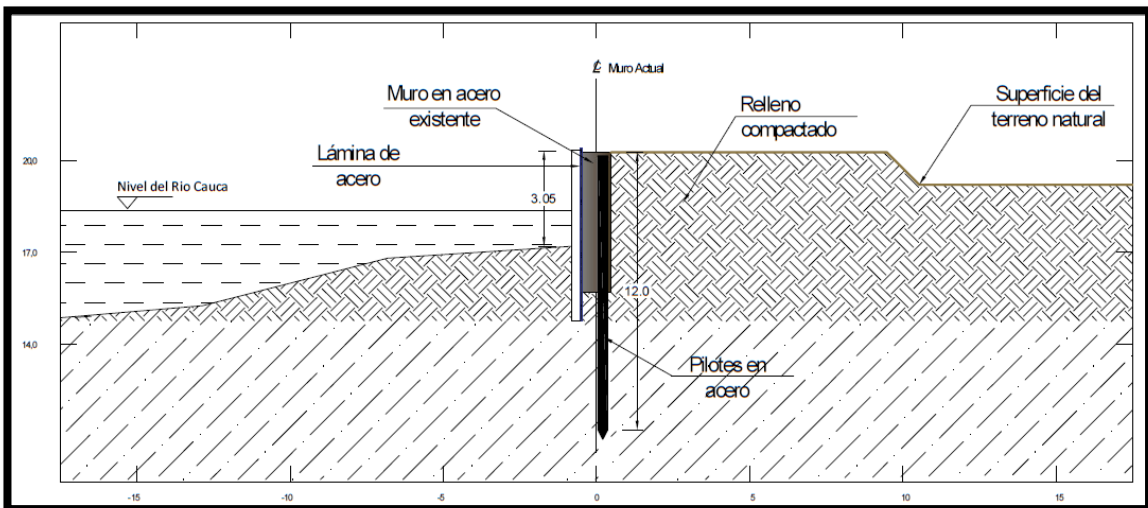


Figura 4-16. Sección representativa del muro metálico.

4.2.8 Muro 8: Magangué

Tabla 4-7. Resumen de la geometría del muro Magangué.

Sección de diseño No.	Abscisado		Longitud del tramo (m)	Elevación tabla de agua (msnm)	Elevación muro actual (msnm)	Elevación muro propuesto (msnm)	Altura del muro propuesto (m)
	desde	hasta					
1	K0+000	K0+070	70	18,2	18,2	18,5	6,3
2	K0+070	K0+130	60	18,2	17,1	18,5	6,3
3	K0+130	K0+250	120	18,2	18,4	18,5	5
4	K0+250	K0+285	35	18,2	16,5	18,5	5

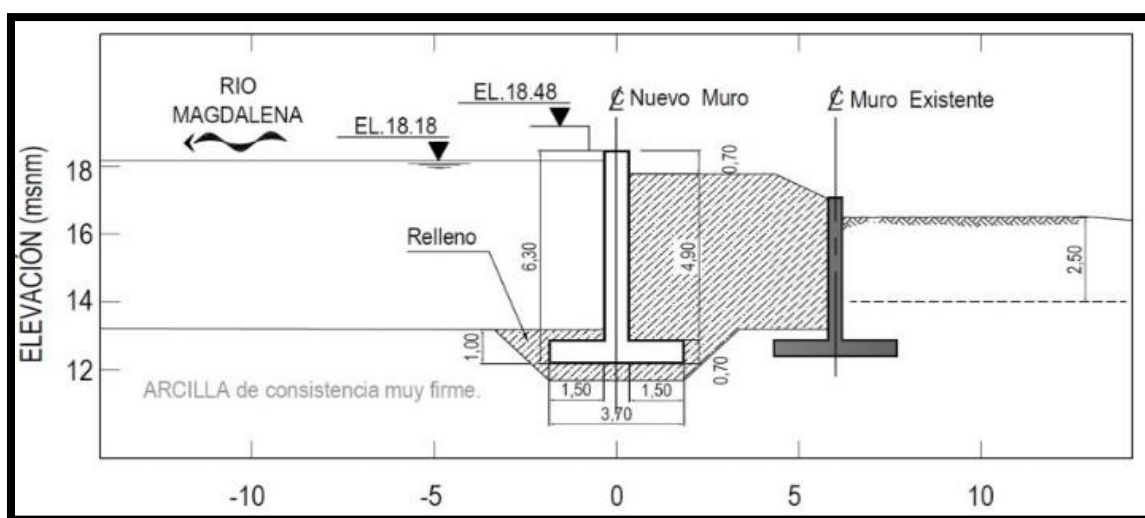


Figura 4-17. Esquema de una sección típica donde se adecua el muro con distintos componentes.

4.2.9 Muro 9: San Jacinto del Cauca

Tabla 4-8. Resumen de la geometría del muro San Jacinto.

Sección de diseño No.	Abscisado		Longitud del tramo (m)	Elevación tabla de agua (msnm)	Elevación muro propuesto (msnm)	Altura del muro propuesto (m)
	desde	hasta				
1	K0+750	K1+080	330	34.6	34.9	5
2	K0+580	K0+750	170	34.6	34.9	5
3	K0+400	K0+580	180	34.6	34.9	6
	K0+000	K0+400	400	34.6	34.9	5

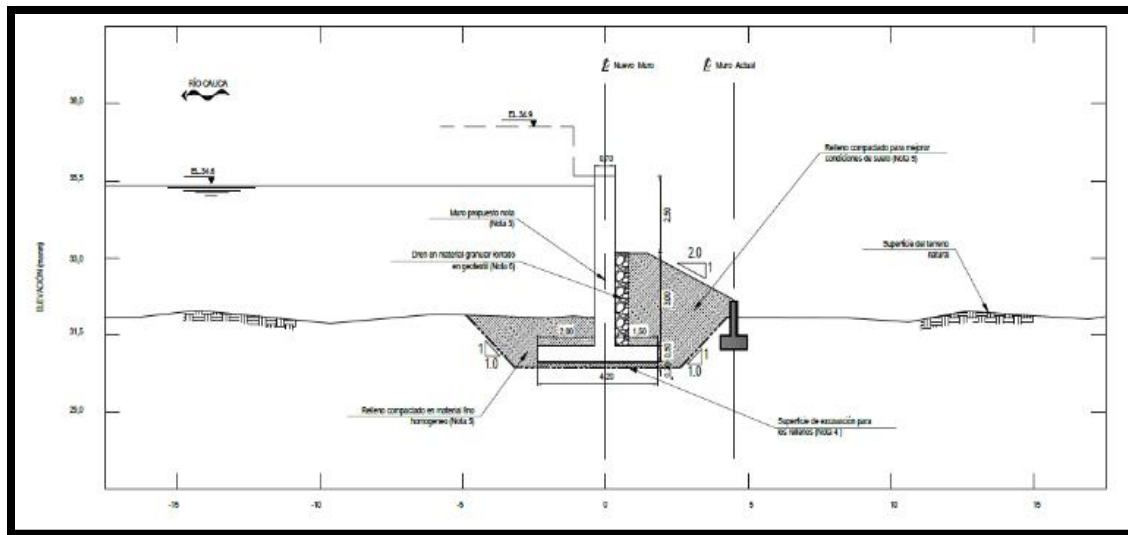


Figura 4-18. Esquema de una sección típica donde se adecua el muro con distintos componentes.

4.3 ESPIGONES

4.3.1 Espigón Laredo

Se le proveyó protección con enrocado a las caras y la cresta del espigón y en la parte frontal de la estructura con geotextil anti socavación, ya que su elevación resultó ser menor que la altura del nivel de la lámina de agua para un período de retorno de 100 años especificado por el fondo de adaptación. La inclinación de los taludes tanto aguas arriba como aguas abajo tenían pendientes 2.0H:1V cumpliendo con los requerimientos mínimos establecidos. En el Anexo B se encuentran los perfiles estratigráficos encontrados durante la campaña de exploración geotécnica. Los valores de factores de seguridad de cada estructura se encuentran en el Anexo C. La longitud total del espigón es de 187 m

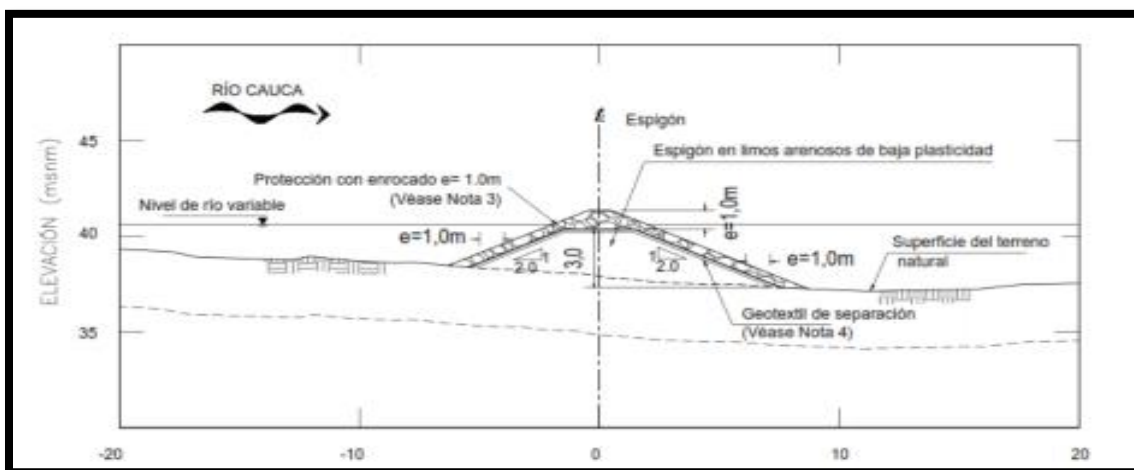


Figura 4-19. Esquema de una sección típica donde se adecua el espigón con distintos componentes

4.3.2 Espigón Santa Anita

Esta estructura constaba de tres espigones de longitudes 193,103, y 100 metros respectivamente. El espigón número uno (1) se dividió en dos sectores, ya que en los primeros 100 metros no presentaba protección y en el resto de su longitud sí tenía. El espigón No. 2 y 3 tampoco presentaban protección. Todos los espigones se mejoraron con enrocado en las caras y crestas y en la parte frontal de la estructura con geotextil anti socavación. Por otra parte la inclinación de los taludes tanto aguas arriba como aguas abajo siguiendo los requerimientos mínimos se diseñó con pendientes 2.0H:1V. En el Anexo B se encuentran los perfiles estratigráficos encontrados durante la campaña de exploración geotécnica. Los valores de factores de seguridad de cada estructura se encuentran en el Anexo C.

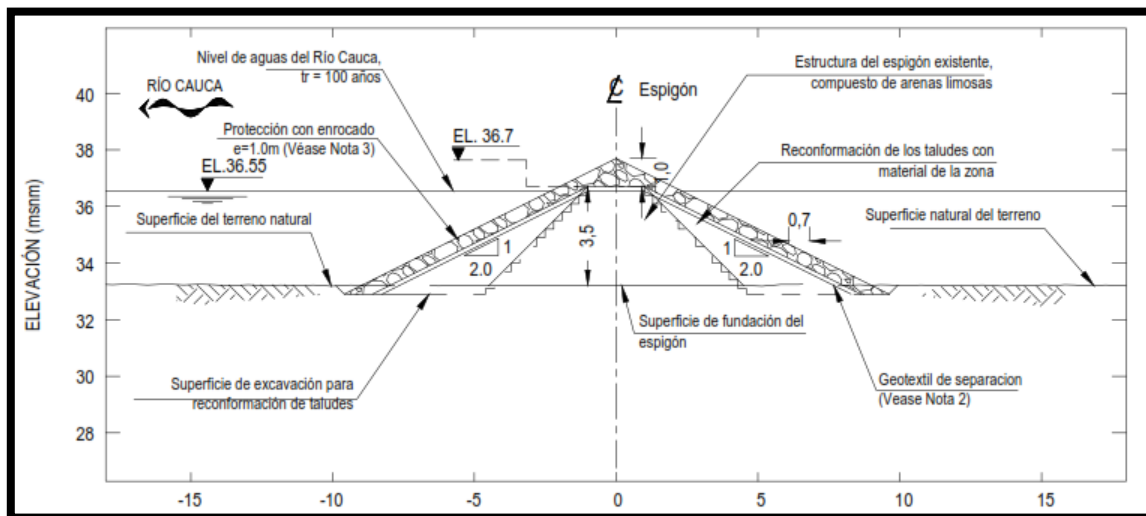


Figura 4-20. Esquema de una sección típica donde se adecua el espigón con distintos componentes.

4.3.3 Espigón Pedro Ignacio

Este espigón presenta una geometría homogénea en "T" Invertida, constituido por elementos modulares de geotextil rellenos de suelo natural, dichos elementos presentan un ancho de 1 m, largo de 2 m y ancho de 0.50 m, encontrándose dispuestos de manera intercalada en cuanto a su dirección, con el objeto de generar "trabas" entre los mismos, conformando una estructura de dos (2) niveles que presenta una altura total de 4.5 m y un ancho total de 6.0 m. La longitud total del espigón son 240 m. En el Anexo B se encuentran los perfiles estratigráficos encontrados durante la campaña de exploración geotécnica. Los valores de factores de seguridad de cada estructura se encuentran en el Anexo C.

La estructura evaluada carece de mantenimiento y presenta rupturas en el geotextil de algunos de los elementos modulares que la componen.

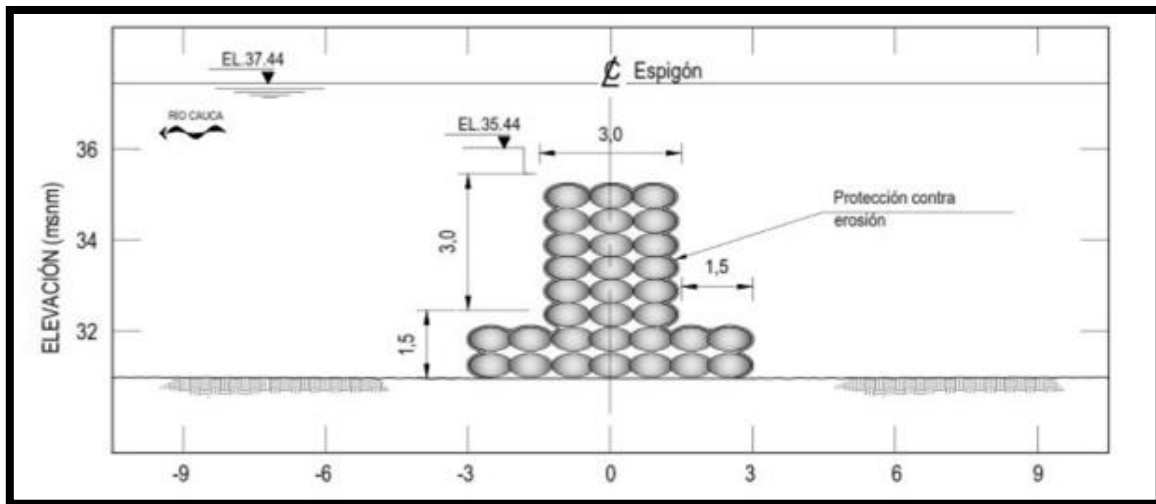


Figura 4-21. Esquema de una sección típica donde se adecua el espigón con distintos componentes.

4.4 PROTECCIÓN DE ORILLA

Las protecciones de orilla inventariadas fueron tres (3), las cuales son: San Jacinto, Achí y Magangué (El Retiro). A continuación se relaciona las dos primeras y cabe recordar en este punto que la protección de orilla del Retiro quedo dentro de las obras del Dique que lleva el mismo nombre.

4.4.1 Protección de orilla San Jacinto

La estructura está conformada por arcos formados por tubos metálicos de aproximadamente 7.62 cm de diámetro, los cuales en sus tramos intermedios tienen instalada una malla metálica, con base en la inspección visual se observó que la estructura descrita se encuentra afectada por procesos de corrosión, de igual manera, que la malla metálica presenta rompimientos y deformaciones severas en algunos puntos. Para esta protección se adoptaron las geobolsas y geotubos como mecanismo de protección de la orilla se tomó con base en la revisión de los materiales disponibles en la zona y teniendo en cuenta que estructuras similares son construidas en la actualidad en la zona. La estructura metálica a evaluar presenta una longitud de 198 m. En el Anexo B se encuentran los perfiles estratigráficos encontrados durante la campaña de exploración geotécnica. Los valores de factores de seguridad de cada estructura se encuentran en el Anexo C.

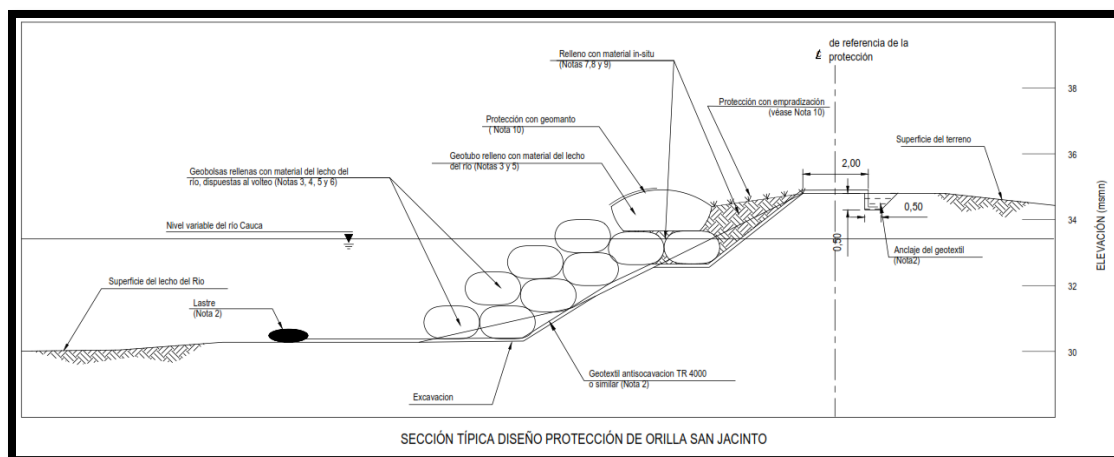


Figura 4-22. Esquema de una sección típica donde se adecua la protección de orilla con distintos componentes.

4.4.2 Protección de orilla Achí

Se concluyó que una estructura en geobolsas y geotubos rellenos con material del lecho del río, es la mejor alternativa para proteger la orilla que está en contacto con el río Cauca. Se hizo un cálculo de las cantidades de obra necesarias para la construcción de una protección de orilla en los 852 m en geobolsas y geotubos y se requiere 4542 geobolsas, 858 m de geotubos, y 13,754.0 m³ de relleno

Para la rehabilitación de la estructura en espolones metálicos con pilotes de acero, se requiere de manera general rellenar la parte posterior de los espolones y recubrir una geo membrana para evitar la infiltración. Se requieren 2,357.5 m² de geotextil para tal fin, y un relleno de 1,435.0 m³. En el Anexo B se encuentran los perfiles estratigráficos encontrados durante la campaña de exploración geotécnica. Los valores de factores de seguridad de cada estructura se encuentran en el Anexo C.

Para el caso de los espolones metálicos se considera que esta estructura puede ser rehabilitada y llevarla a un estado de servicio suficiente para evitar que el río Cauca socave la orilla en la zona donde se encuentra actualmente construida.

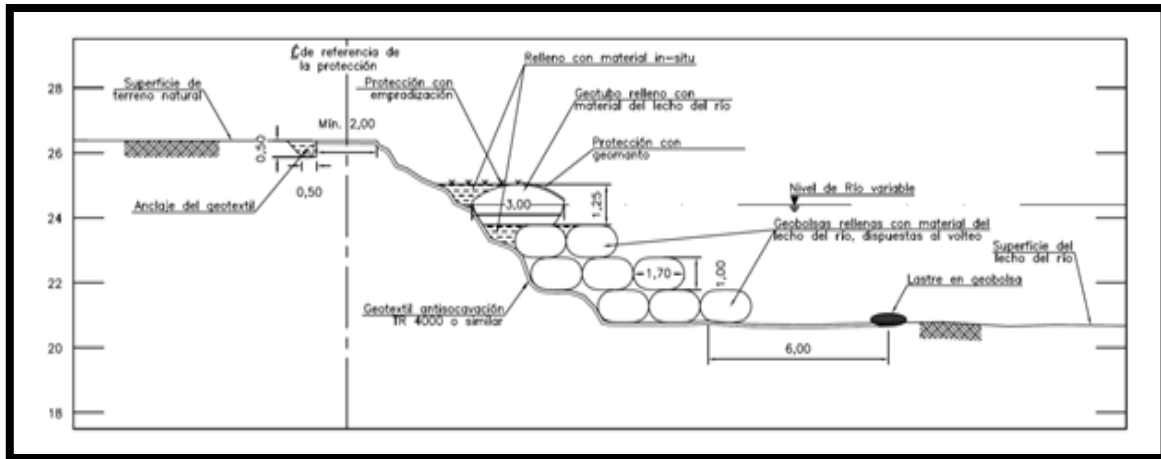


Figura 4-23. Esquema de una sección típica donde se adecua la protección de orilla con distintos componentes.

5. METODOLOGÍA Y CRITERIOS

En este capítulo se resume las metodologías utilizadas para obtener los diferentes índices paramétricos de las estructuras estudiadas, como parte de los estudios de rectificación contratados por el fondo de prevención. Los insumos necesarios para poder llevar a cabo el cálculo de los índices paramétricos fue el de los presupuestos realizados en todas las obras estudiadas. Los archivos completos de presupuestos se pueden observar en el Anexo D, de igual forma en el Anexo E, se puede ver los APU's de cada una de las actividades a realizar en las diferentes estructuras.

La descripción completa de las estructuras estudiadas se presenta en el capítulo anterior.

5.1 DIQUES

El cálculo de los índices paramétricos se hizo por medio de la determinación de expresiones que permitieran, con el conocimiento de las dimensiones primordiales de la estructura, calcular el costo de la misma. El objetivo fue el de realizar un análisis estadístico de los datos obtenidos en todos los diques, para ello se buscó utilizar toda la información obtenida en la región de la Mojana. Estas condiciones se identificaron e indicaron de tal forma que sea posible determinar con facilidad qué expresión debe emplearse en cada caso.

Como primera medida se identificó las actividades y por ende los ítems que se involucraban a la hora de ejecutar las obras de construcción de un dique. A continuación se listan los elementos principales que componen este tipo de estructura (de los cuales deberá generarse un índice paramétrico) y se indican las condiciones que obligan a la generación de distintas expresiones para un mismo elemento.

Las estructuras de los diques se componen de un cuerpo, protección en las caras y cresta y drenajes, entre otros. Así mismo, las principales variables que conforman las estructuras de los diques propuestos en este proyecto son:

- Relleno del cuerpo con material fino homogéneo seleccionado (Art 220 INVIAS o similar), hacen parte del material que se necesita para conformar el dique, este puede extraído de la zona de influencia o fuera de ella.
- Dique existente, si este material cumple con los estándares para materiales de obras de este tipo (caso en el cual deberán ser reconfigurados para complementar la nueva estructura) o si no cumplen, deben ser retirados.
- Relleno en material granular (filtro) para el dren de pata aguas abajo (Art 673 INVIAS). Filtro construido en la pata del dique para evacuar las aguas que se filtren en el mismo.
- Excavaciones.
- Empradizado con pasto convencional (Invias Art 810).
- Protección de la cara aguas arriba (Flexocreto 10000 o similar).
- Cunetas en concreto de $f'c = 21.0$ Mp. Sirve para evacuar el agua de escorrentía superficial.
- Carpeta de rodadura. Se diferencia entre los diques que tienen como función de servir para tráfico vehicular o servir solo para tráfico de personas o animales.
- Algunas actividades en particular tienen un costo que corresponde a porcentajes del total de la obra, esto se le augura al conocimiento y experticia del consultor en obras similares. Un ejemplo de esto es la evacuación de aguas que se determinó como el 3% del costo total de la obra

Para el cálculo de los índices paramétricos de este tipo de estructura fue necesario contar con la zonificación y presupuesto de cada una de los diques del proyecto. De esta forma fue posible determinar los diferentes tipo de dique se obtuvieron dentro del proyecto dependiendo de las condiciones particulares encontradas en diferentes sitios del proyecto.

De la zonificación y presupuesto de los doce(12) diques del proyecto se utilizaron independientemente de su ubicación finalmente seis (6) estructuras, debido a que los requerimientos de algunos diques respondían a necesidades muy diferentes, lo que se reflejaba en una alta variación de los rangos dentro de los cuales se manejaban los porcentajes por actividad de los presupuestos. De cualquier forma, para el dique 6, se realizaron los cálculos como una zona independiente.

Los archivos completos de presupuestos se pueden observar en el Anexo D, de igual forma en el Anexo E, se puede ver los APU's de cada una de las actividades a realizar en las diferentes estructuras.

5.2 MUROS

Para el caso de muros, el cálculo de los índices paramétricos, se llevó a cabo por medio de la determinación de expresiones sencillas tanto aritméticas como geométricas que permitieran, con el conocimiento de las dimensiones primordiales de la estructura, calcular el costo de la misma de manera general. Se generaron expresiones diferentes para la estructura, dependiendo de condiciones que hicieran variar su composición, geometría y método constructivo. Estas condiciones se identificaron e indicaron de tal forma que sea posible determinar con facilidad qué expresión debe emplearse en cada caso.

Como primera medida se identificó las actividades y por ende los ítems que se involucraban a la hora de ejecutar las obras de construcción de un muro. A continuación se listan los elementos principales que componen este tipo de estructura (de los cuales deberá generarse un índice paramétrico) y se indican las condiciones que obligan a la generación de distintas expresiones para un mismo elemento.

Las estructuras de los muros se componen de un cuerpo, protección en las caras y cresta y drenajes, entre otros. Así mismo, las principales variables que conforman las estructuras de los muros propuestos en este proyecto son:

- Concreto 3500 PSI, para la construcción del muro.
- Suministro de acero. Las cantidades de acero se determinaron multiplicando la cantidad de concreto por una cuantía de 120 Kg/m³
- Relleno con material fino homogéneo seleccionado para la fundación del muro. Una vez terminado la construcción del muro, es necesario realizar rellenos en la zarpa para generar los empujes que hace que el muro se cargue.
- Relleno en material granular (filtro) para el dren aguas arriba del muro, para evitar empujes extras en el trasdós es necesario de construir sistemas de drenaje que alivien las presiones.
- Excavaciones.
- Cunetas en concreto de $f'c = 21.0$ Mp. Sirve para evacuar el agua de escorrentía superficial.
- Algunas actividades en particular tienen un costo que corresponde a porcentajes del total de la obra, esto se le augura al conocimiento y experticia del consultor en obras similares. Un ejemplo de esto es la evacuación de aguas que se determinó como el 3% del costo total de la obra

Para el cálculo de los índices paramétricos de este tipo de estructura fue necesario contar con la zonificación y presupuesto de cada una de los muros diseñados del proyecto. De esta forma fue posible determinar los diferentes tipos

de muro que se obtuvieron dentro del proyecto dependiendo de las condiciones particulares encontradas en diferentes sitios del proyecto.

En el inventario realizado de las 28 estructuras analizadas resultaron 9 muros de contención, a los cuales se les realizó su respectiva zonificación y presupuesto.

Los archivos completos de presupuestos se pueden observar en el Anexo D, de igual forma en el Anexo E, se puede ver los APU's de cada una de las actividades a realizar en las diferentes estructuras.

5.3 ESPIGON

El cálculo de los índices paramétricos se hizo por medio de la determinación de expresiones que permitieran, con el conocimiento de las dimensiones primordiales de la estructura, calcular el costo de la misma. Se generaron expresiones diferentes para la estructura, dependiendo de condiciones que hicieron variar su composición, geometría y método constructivo. Estas condiciones se identificaron e indicaron de tal forma que sea posible determinar con facilidad qué expresión debe emplearse en cada caso.

Como primera medida se identificó las actividades y por ende los ítems que se involucraban a la hora de ejecutar las obras de construcción de un espigón. A continuación se listan los elementos principales que componen este tipo de estructura (de los cuales deberá generarse un índice paramétrico) y se indican las condiciones que obligan a la generación de distintas expresiones para un mismo elemento.

Para el caso de las estructuras de los espigones que se componen de un cuerpo, protección en las caras y parte superior, entre otros. Así mismo, las principales variables que conforman las estructuras de los espigones propuestos en este proyecto son:

- Relleno del cuerpo del espigón con material fino, hacen parte del material que se necesita para conformar el espigón este puede ser extraído de la zona de influencia o fuera de ella.
- Espigón existente, si este material cumple con los estándares para materiales de obras de este tipo (caso en el cual deberán ser reconformados para complementar la nueva estructura) o si no cumplen, deben ser retirados.
- Excavaciones.
- Enrocado para protección de las caras
- Manto antisocavación
- Algunas actividades en particular tienen un costo que corresponde a porcentajes del total de la obra, esto se le augura al conocimiento y experticia del consultor en obras similares. Un ejemplo de esto es la evacuación de aguas que se determinó como el 3% del costo total de la obra

Para el cálculo de los índices paramétricos de este tipo de estructura fue necesario contar con la zonificación y presupuesto de cada uno de los espigones del proyecto. De esta forma fue posible determinar los diferentes tipos de espigones que se obtuvieron dentro del proyecto dependiendo de las condiciones particulares encontradas en diferentes sitios del proyecto.

Los archivos completos de presupuestos se pueden observar en el Anexo D, de igual forma en el Anexo E, se puede ver los APU's de cada una de las actividades a realizar en las diferentes estructuras.

5.4 PROTECCIÓN DE ORILLA

Para las estructuras de protección de orilla, el cálculo de los índices paramétricos se hizo por medio de la determinación de expresiones que permitieran, con el conocimiento de las dimensiones primordiales de la estructura, calcular el costo de la misma. Se generaron expresiones diferentes para la estructura, dependiendo de condiciones que hagan variar su composición, geometría y método constructivo. Estas condiciones se identificaron e indicaron de tal forma que sea posible determinar con facilidad qué expresión debe emplearse en cada caso.

Como primera medida se identificó las actividades y por ende los ítems que se involucraban a la hora de ejecutar las obras de construcción de una protección de orilla. A continuación se listan los elementos principales que componen este tipo de estructura (de los cuales deberá generarse un índice paramétrico) y se indican las condiciones que obligan a la generación de distintas expresiones para un mismo elemento.

Para el caso de las estructuras de las protecciones de orilla las principales variables que conforman los propuestos en este proyecto son:

- Geotubos
- Geobolsas
- Geotextil antisocavación
- Geomanto
- Rellenos
- Algunas actividades en particular tienen un costo que corresponde a porcentajes del total de la obra, esto se le augura al conocimiento y experticia del consultor en obras similares. Un ejemplo de esto es la evacuación de aguas que se determinó como el 3% del costo total de la obra

Para el cálculo de los índices paramétricos de este tipo de estructura fue necesario contar con la zonificación y presupuesto de cada uno de las protecciones de orilla del proyecto. De esta forma fue posible determinar los diferentes tipos de protecciones de orillas que se obtuvieron dentro del proyecto dependiendo de las condiciones particulares encontradas en diferentes sitios del proyecto.

De la zonificación y presupuesto de las tres (3) protecciones de orilla del proyecto se obtuvo finalmente una (1) versiones de protección de orilla, independientemente de su ubicación y características de suelo de fundación. A continuación se describe la protección de orilla.

Los archivos completos de presupuestos se pueden observar en el Anexo D, de igual forma en el Anexo E, se puede ver los APU's de cada una de las actividades a realizar en las diferentes estructuras.

5.5 CRITERIOS GENERALES PARA LOS ANÁLISIS

Para el cálculo de los índices paramétricos, se procedió en primera instancia a verificar para cada estructura cuáles eran los ítems de los relacionados en el subcapítulo anterior, que representaban un mayor porcentaje en el costo total de la obra. Este porcentaje se obtuvo sumando los precios obtenidos para cada una de las actividades que conforman un ítem comparado con el valor total de la obra. Como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje ítem (\%)} = \frac{\text{Valor ítem}}{\text{Valor total}}$$

Luego de determinar los porcentajes de las actividades con mayor incidencia en el presupuesto. Una vez identificados los ítems de mayor peso, se procedió a recopilar las cantidades por tramo de cada estructura para ello se relacionó la altura con las cantidades de los ítems que más pesaban en la construcción de cada estructura.

Luego, se procedió a determinar el valor total por metro lineal de para cada uno de los diques, muros, espigones y protecciones de orilla. Este valor se calculó dividiendo el costo total de la obra entre la longitud de la estructura.

$$Valor\ ml = \frac{Valor\ total}{Longitud\ de\ la\ estructura}$$

Se analizaron las secciones en las que se encontraban divididas las estructuras, ya que en la mayoría de los casos a lo largo de sus longitudes estas presentaban geometrías distintas, cambios de dimensiones, diferentes alturas en la estructura, cambios en la inclinación de los taludes para el caso de los diques y espigones o simplemente no existía un cuerpo téreo como tal, entre otros. Afectando directamente las cantidades y por lo tanto el presupuesto, ya que algunas zonas resultaban más costosas que otras.

Las anteriores características mencionadas fueron utilizadas para generar gráficos con el objetivo de analizar la tendencia o el comportamiento los datos. Basados en los resultados es posible entonces, tener una idea del costo de los ítems más representativos de una estructura de acuerdo a sus variaciones.

5.6 INSUMOS Y CONSIDERACIONES PARA LOS ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Entre los insumos necesarios para la obtención de los índices para métricos se encuentran entre otro los diseños de cada una de las estructuras, los costos totales de las mismas, estas se relacionan a continuación. Los archivos completos de presupuestos se pueden observar en el Anexo D, de igual forma en el Anexo E, se puede ver los APU's de cada una de las actividades a realizar en las diferentes estructuras:

5.6.1 Información básica

Para la ejecución de los análisis de estabilidad es necesario contar como mínimo con la siguiente información:

1. Informes de diseño de cada estructura.
2. Presupuestos de cada estructura.
3. Cantidades calculadas en cada estructura.
4. Recopilación de metodologías de la literatura técnica

6. ÍNDICES PARAMÉTRICOS

En este capítulo se presentan los resultados de los análisis llevados a cabo para determinar expresiones sencillas que involucraran el tanto la altura de las estructuras relacionadas con las cantidades de obra y con los costos en que se incurre.

6.1 DIQUES

Para el caso de diques, los cuales conformaron las estructuras de mayor costo, se llevó a cabo en primera instancia el cálculo de la relación de los ítems de mayor peso en el cálculo de las cantidades, este ítem fue el de suministro y colocación de relleno seleccionado para el cuerpo del dique nuevo, el cual reemplaza o realza la estructura existente. Como parte del estudio, se realizó una recopilación de las características geométricas y de costos de cada estructura de dique analizada y estudiada, estos se relacionan en la Tabla 6-1.

Tabla 6-1. Resumen de propiedades y costos de todos los diques estudiados en este proyecto

DIQUE No.	MUNICIPIO	DEPARTAMENTO	CUERPO DE AGUA DEL QUE PROTEGE	LONGITUD	ESTADO ACTUAL	COSTO SOLUCIÓN (COP)	COSTO SOLUCIÓN POR METRO (COP)
1	AYAPEL DIQUE EN TIERRA 1	CÓRDOBA	CAÑO SEHEBE	635	NO CUMPLE	\$ 30.729.193.964,24	\$ 34.608.455,77
2	AYAPEL DIQUE EN TIERRA 2			252			
3	PINILLOS	BOLÍVAR	BRAZO DE LOBA	294	NO CUMPLE	\$ 1.808.800.613,83	\$ 6.151.211,38
4	SAN BENITO ABAD	SUCRE	CIÉNAGA MACHADO	529	NO CUMPLE	\$ 2.249.774.108,62	\$ 4.251.892,49
5	SAN BENITO ABAD	SUCRE	CIÉNAGA MACHADO	654	NO CUMPLE	\$ 2.952.909.589,46	\$ 4.514.986,59
6	NECHÍ	ANTIOQUIA	RÍO CAUCA	14.422	NO CUMPLE	\$ 103.218.692.212,69	\$ 7.157.030,39
7	MAGANGUÉ (RETIRO)	BOLÍVAR	BRAZO DE LOBA	1.148	NO CUMPLE	\$ 2.945.448.333,00	\$ 2.565.721,54
8	SAN JACINTO DEL CAUCA	BOLÍVAR	RÍO CAUCA	22.780	NO CUMPLE	\$ 82.893.575.540,94	\$ 4.857.804,47
9	SAN JACINTO DEL CAUCA	BOLÍVAR	RÍO CAUCA	17.670	NO CUMPLE	\$ 107.265.089.594,21	\$ 6.070.463,47
10	MAGANGUÉ	BOLÍVAR	CIÉNAGA GRANDE DE MAGANGUÉ	4.357	CUMPLE	\$ 3.495.305.182,30	\$ 802.174,10
11	TACASALUMA	BOLÍVAR	CIÉNAGA DEL GALLINAZO	448	CUMPLE	\$ 1.554.025.787,30	\$ 1.739.114,53
12	TACASALUMA	BOLÍVAR	CIÉNAGA DEL GALLINAZO	445	CUMPLE		

Como se mencionó en el Capítulo 4 numeral 5.1 “De la zonificación y presupuesto de los doce (12) diques del proyecto se utilizaron finalmente seis (6) estructuras, debido a que los requerimientos de algunos diques eran diferentes y se reflejaba en una alta variación de los rangos dentro de los cuales se manejaban los porcentajes por actividad de los presupuestos”. A continuación en la Tabla 6-2, se puede observar el porcentaje de cada ítem por estructura de dique analizado.

Como se puede observar en la Tabla 6-1, los diques 1 y 2 (Ayapel) tiene un valor por metro demasiado alto por ser una estructura en la cual se debe demoler la existente y construir una con grandes dimensiones. Los Diques 11 y 12 de Tacasaluma cumplían con los requerimientos de seguridad por lo que se requerían obras menores al igual que el Dique 10 (Magangué).

Tabla 6-2. Porcentajes promedio de relleno en los diques

Diques	% ítem
	Rellenos
Dique 3	36.00%
Dique 4	29.00%
Dique 5	31.00%
Dique 6	62.00%
Dique 8	39.00%
Dique 9	61.00%
Dique 10	22.00%
Promedio	40.00%

Para los diques, se encontró que los rellenos seleccionados representan el 40% del costo total. Las protecciones de la superficie y la cresta (empradizado, geotextiles, geomembranas, flexocreto, concreto para cunetas) de la estructura significaban otra gran porcentaje de estas obras. Sin embargo no fueron tomadas en cuenta ya que este ítem no es parte indispensable para el funcionamiento de los diques como estructura de contención y además puede estar sujeto a cambios en diseños posteriores.

En la Figura 6-1, se muestra un gráfico de altura (H (m)) Vs. Volumen de material de relleno (m³/m) donde se observa que la relación entre estas dos variables es exponencial, es decir que puede ser definida con la siguiente ecuación:

$$e^z = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{z^n}{n!}$$

De la cual se derivan las ecuaciones generadas por la línea de tendencia:

- Volumen de material de relleno (m³/m)

$$y = 9.93e^{0.29x}$$

Si bien la función obtenida obedece a la anterior ecuación, se puede entender que a medida que la altura del dique a diseñar aumenta, el relleno para la estructura aumenta de manera exponencial y por lo tanto su costo por metro es proporcional a ese aumento, por lo que no es recomendable, desde el punto de vista económico, tener diques con alturas superiores a los 8.0m.

Resulta necesario aclarar que esta tendencia fue común en la mayoría de los diques, sin embargos se encontró algunas desviaciones producto de tramos en estructuras que resultaron de un análisis muy particular. La dispersión de los datos se atribuye a que en algunos diques las actividades que se propusieron generaban cantidades muy distintas en cuanto a los rangos de los porcentajes correspondientes por ítem, y esto afectó la propensión de los datos. Es de resaltar, que las correlaciones de los datos se considera buena pero no es cercana a 1.00 por las limitaciones impuestas por cada estructura (R²=0.769). Un ejemplo de esto pueden ser Sehebe, Magangué, Tacasaluma y el Dique Marginal, tramo Colorado - Nechí.

El dique Sehebe debió ser reemplazado en toda su extensión, lo que significaba grandes cantidades de relleno y excavaciones que excedían el promedio y aumentaba la dispersión de los datos. Por esta razón se decidió no tener esta estructura en cuenta.

Los diques Tacasaluma y Magangué no presentaban grandes y/o extensos daños físicos en su longitud, la estructura necesito pequeños cambios que no eran comparables con los otros diques generando desviaciones en los datos.

El Dique Marginal, Tramo Colorado – Nechí tenía la particularidad de que en algunos tramos no existía dique, debió entonces hacerse un diseño que contemplara una estructura completa, para la cual se necesitó rellenar las secciones sin dique, además de los cambios que necesitaba la estructura. Este ítem resultaba ser entonces muchas más alto que para el resto de los diques

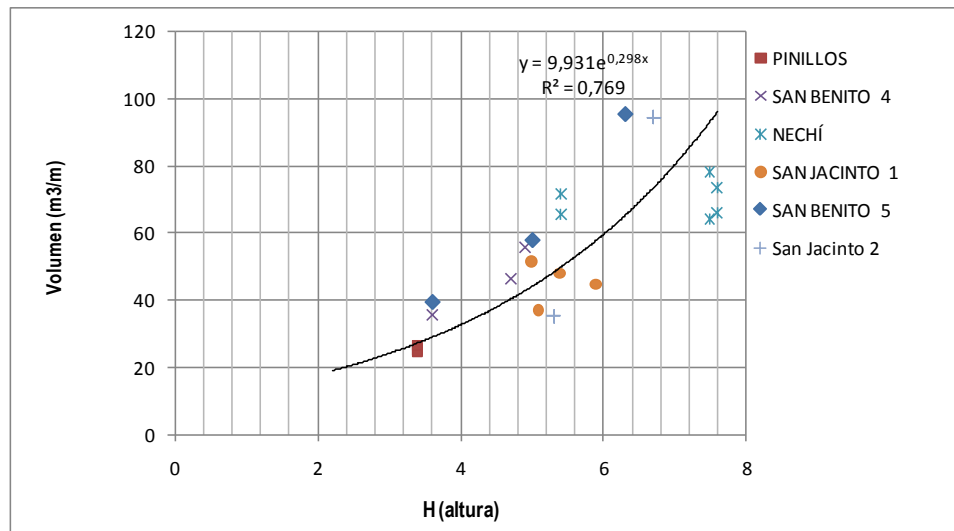


Figura 6-1. Volumen de relleno seleccionado (m3/m) en diques Vs altura del mismo.

Una vez se ha obtenido la expresión para el cálculo de la cantidad del ítem de relleno seleccionado se calculó el costo por metro lineal de estructura, el cual se relaciona en la Tabla 6-3.

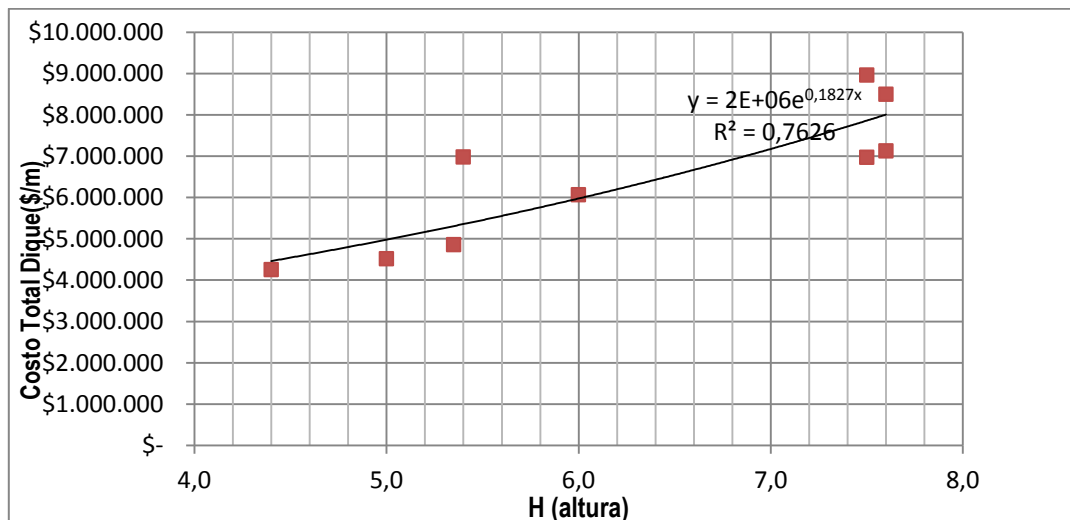


Figura 6-2. Costo total dique nuevo por metro lineal.

Como se observa en la Figura 6-2 se puede obtener el costo por metro lineal de dique para la actividad de suministro e instalación de relleno con la altura del mismo, la ecuación se relaciona a continuación:

$$CD = 2E + 06e^{0.182H}$$

Donde:

CD, es costo del dique y

H, es la altura del mismo.

Cabe resaltar, que con el objeto de obtener una mejor correlación de datos ($R^2=1.0$), no se tomaron en cuenta los puntos del dique 3 y del dique 6 sector 5, los cuales bajaban la correlación de datos por estar alejados de la nube de puntos obtenidos. Dichos diques presenta una altura pequeña combinado con un costo muy alto, por requerir obras adicionales.

Tabla 6-3. Costo de los diques por metro lineal

DIQUE	COSTO TOTAL POR mL	H Promedio dique (m)
Dique 3	\$ 6.151.211,38	3,40
Dique 4	\$ 4.251.892,49	4,40
Dique 5	\$ 4.514.986,59	5,00
Dique 8	\$ 4.857.804,47	5,35
Dique 9	\$ 6.070.463,47	6,00
Dique 6. Sector 1	\$ 8.498.544,58	7,60
Dique 6. Sector 2	\$ 7.124.924,05	7,60
Dique 6. Sector 3	\$ 8.965.305,52	7,50
Dique 6. Sector 4	\$ 6.972.598,27	7,50
Dique 6. Sector 5	\$ 7.927.089,77	5,40
Dique 6. Sector 6	\$ 6.977.565,95	5,40
PROMEDIO	\$ 6.573.853,32	
MAXIMO	\$ 8.965.305,52	
MINIMO	\$ 4.251.892,49	
DESVIACIÓN	\$ 1.577.582,80	
DATOS	11	

En síntesis, al tener la altura de los diques puedo obtener las cantidades de relleno del material que necesitan las estructuras para ser reconformados y de igual forma, se puede obtener un estimativo de los costos aproximados por metro lineal de misma. Con el precio por metro lineal de estructura y si se conoce la longitud del dique se puede obtener los costos totales de cualquier dique en la zona de la Mojana, obviamente con las respectivas limitaciones.

6.2 MUROS

Para el caso de los muros, se llevó a cabo en primera instancia, el cálculo de la relación de los ítems de mayor peso en el cálculo de las cantidades, este ítem fue el de suministro y colocación de concreto y acero. Como parte del estudio, se realizó una recopilación de las características geométricas y de costos de cada estructura de muro analizado y estudiada, estos se relacionan en la Tabla 6-1.

Tabla 6-4. Resumen de propiedades y costos de todos los muros estudiados en este proyecto

MURO No.	MUNICIPIO	DEPARTAMENTO	LONGITUD	COSTO SOLUCIÓN (COP)	COSTO SOLUCIÓN POR METRO (COP)	COSTO SOLUCIÓN ACERO (COP)	COSTO SOLUCIÓN ACERO POR METRO (COP)	COSTO SOLUCIÓN CONCRETO (COP)	COSTO SOLUCIÓN CONCRETO POR METRO (COP)
1	SUCRE	SUCRE	1969	\$ 19.180.718.520,10	\$ 9.742.785,13	\$ 5.982.136.092	\$ 3.038.607	\$ 3.809.929.009	\$ 1.935.241
2	MAJAGUAL	SUCRE	1277	\$ 8.925.082.116,80	\$ 6.991.674,40	\$ 3.665.331.810	\$ 2.871.324	\$ 2.266.645.364	\$ 1.775.630
3	ACHI	BOLÍVAR	575	\$ 6.135.688.235,10	\$ 10.678.190,45	\$ 2.474.076.330	\$ 4.305.737	\$ 1.948.799.985	\$ 3.391.577
4	SAN BENITO ABAD	SUCRE	395	\$ 2.348.182.447,42	\$ 5.938.406,33	\$ 998.243.028	\$ 2.524.494	\$ 617.307.013	\$ 1.561.131
5	NECHÍ	ANTIOQUIA	1786	\$ 18.577.610.505,80	\$ 10.402.904,29	\$ 7.212.678.761	\$ 4.038.884	\$ 4.408.995.925	\$ 2.468.905
6	GUARANDA	SUCRE	1323	\$ 17.967.456.251,75	\$ 13.583.718,59	\$ 6.514.704.126	\$ 4.925.233	\$ 4.062.659.254	\$ 3.071.443
7	MAGANGUÉ (EL RETIRO)	BOLÍVAR	848	NA					
8	MAGANGUÉ	BOLÍVAR	285	\$ 2.532.917.918,00	\$ 8.899.766,05	\$ 1.255.419.648	\$ 4.411.095	\$ 744.798.163	\$ 2.616.954
9	SAN JACINTO DEL CAUCA	BOLÍVAR	995	\$ 9.317.020.935,40	\$ 9.363.877,78	\$ 4.480.929.720	\$ 4.503.465	\$ 2.828.340.275	\$ 2.842.564

En la Tabla 6-5, se puede observar el porcentaje de los ítems de suministro y colocación de acero y concreto por estructura analizada. Es resaltar, que el muro Magangué (El Retiro), no aplica para los cálculos realizados para este informe ya que es una estructura metálica, ver apartado 4.2.7., de este informe y el respectivo informe de caracterización, análisis y diseño de dicha estructura.

Tabla 6-5. Porcentaje promedio del acero y concreto de los muros

Muro	% ítem		
	Acero	Concreto	Porcentaje Total
Sucre	31.19%	19.86%	51.05%
Majagual	41.07%	25.40%	66.46%
Achí	40.32%	31.76%	72.08%
San Benito Abad	42.51%	26.29%	68.80%
Nechí	38.82%	23.73%	62.56%
Guaranda	36.26%	22.61%	58.87%
Magangué	49.56%	29.40%	78.97%
San Jacinto del Cauca	48.09%	30.36%	78.45%
Promedio			67.16%

En el caso de los muros, el ítem más representativo, resultó ser la instalación, ejecución del concreto y el acero (67% del costo total en promedio) el ítem que representaba un mayor porcentaje del costo total de la obra. Era de esperarse que en estos dos materiales estuviese concentrado la gran parte de valor de la estructura.

En la Figura 6-3, se muestra un gráfico de altura (H (m)) Vs. Volumen de concreto (m³/m) y en la Figura 6-4, se presenta el gráfico de altura (H(m)) Vs Peso del acero (Kg). Al igual que para los diques se observa que la relación las variables es exponencial, es decir que puede ser definida con la siguiente ecuación:

$$e^z = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{z^n}{n!}$$

De la cual se derivan las ecuaciones generadas por la línea de tendencia:

- Volumen de concreto (m³/m)

$$CC = 1.22e^{0.25H}$$

- Peso del acero (Kg)

$$CA = 153e^{0.23H}$$

Donde; CC, es cantidad del concreto, CA; cantidad de acero en la estructura y H es la altura del muro, con estas expresiones se puede determinar la cantidad de concreto (volumen en m³/m) y acero (peso de acero Kg/m) de cualquier muro propuesto.

Si bien las funciones obtenidas obedecen a la anterior ecuación, es posible entender que a medida que la altura del muro a diseñar aumenta, el concreto y el acero necesarios para la estructura aumenta de manera exponencial y por lo tanto su costos por metro es proporcional a ese aumento. Con base en lo anterior no se recomienda construir muros con alturas superiores a los 8.0 m puesto que se vuelven inviables desde el punto de vista económico.

Resulta necesario aclarar que esta tendencia fue común en la mayoría de los muros, sin embargos se encontró algunas estructuras que presentaron altas desviaciones y no se tuvieron en cuenta. La dispersión de los datos se interpretó como que en algunos muros las actividades que se propusieron generaban cantidades muy distintas en cuanto a los rangos de los porcentajes correspondientes por ítem, y esto afectó la propensión de los datos, aunque se tiene una buena correlación de los datos ($R^2=0.881$ en ambos casos).

El muro Achí por ejemplo, no se tuvo en cuenta en los cálculos porque el muro existente puede funcionar como obra complementaria para la estructura nueva, por lo que se invirtió más rubro en la reconfiguración de un relleno de material seleccionado compactado.

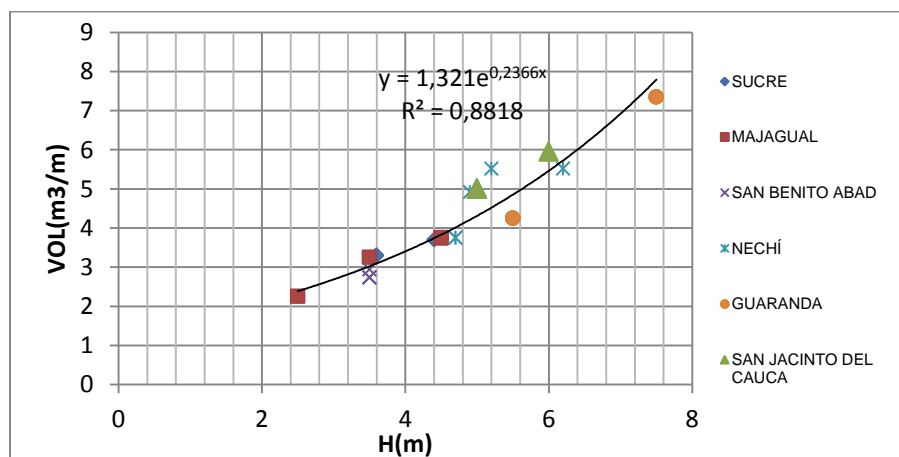


Figura 6-3. Gráfica de altura (H (m)) Vs. Volumen de concreto (m³/m).

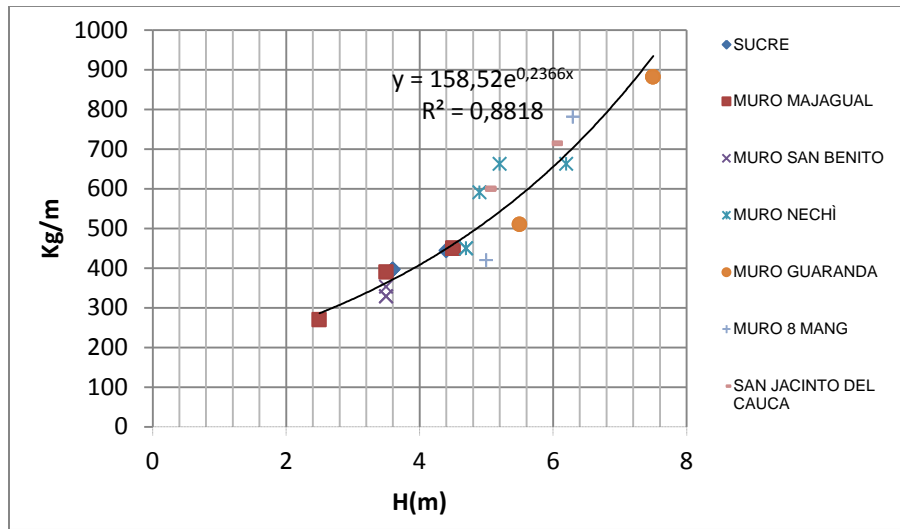


Figura 6-4. Kilogramos de acero de refuerzo de muros Vs de altura (H (m))

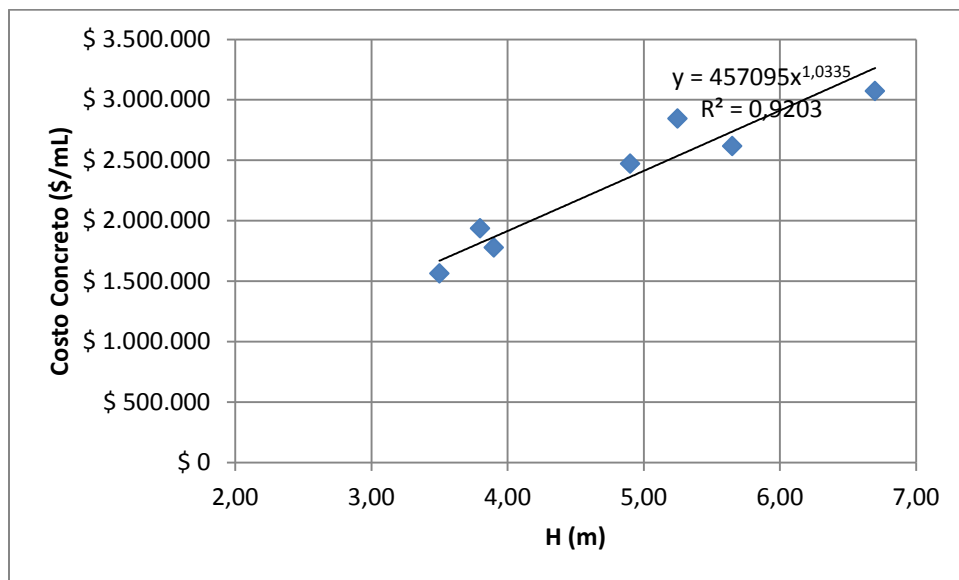


Figura 6-5. Gráfica de altura (H (m)) Vs. Costo de concreto por metro lineal de muro (\$/m).

Como se observa en la Figura 6-5, se puede obtener el costo por metro lineal de muro para la actividad de suministro e instalación de concreto con la altura del mismo, la ecuación se relaciona a continuación:

$$CC = 45709H^{1.033}$$

Donde CC, es costo de concreto y H, altura del muro.

Como se puede observar existe una buena correlación de la nube de puntos obtenidos, la correlación es cercana a uno, (0.92).

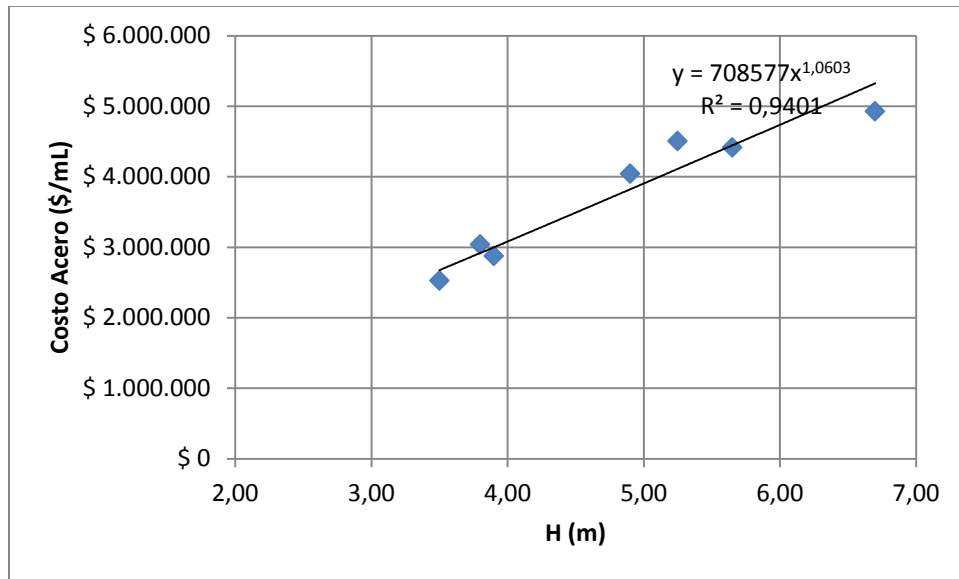


Figura 6-6. Gráfica de altura (H (m)) Vs. Costo de acero por metro lineal de muro (\$/m).

Como se observa en la Figura 6-6, se puede obtener el costo por metro lineal de muro para la actividad de suministro e instalación de acero con la altura del mismo, la ecuación se relaciona a continuación:

$$CA = 70857H^{1,060}$$

Donde CA, es el costo del acero y H es la altura del muro.

De igual forma que para el suministro e instalación del concreto la correlación de la nube de puntos se considera muy buena al tener un $R^2=0.94$ muy cercano a uno.

Los cálculos anteriores no relacionan directamente el costo total de muro por metro lineal, sino el costo de dos actividades que representan el 67% del costo total de construir una estructura de este tipo. Para determinar el costo total por metro lineal de construcción de muro se puede realizar de dos formas, las cuales se relacionan a continuación:

En primera instancia se puede decir que al sumar las contribuciones de las actividades de suministro y colocación de concreto y del acero, esto representa el 67% del costo total, para obtener el costo total se puede aplicar una regla simple que relacione los porcentajes con el precio obtenido para el 67% de las actividades antes relacionadas.

Por otro lado, como segunda medida se realizó un cálculo del valor total por metro lineal de la construcción del muro con los valores totales por metro para cada estructura en particular relacionada con la altura de los mismos. En la Figura 6-7, se puede observar la correlación obtenida entre costo total por metro lineal con la altura de los muros. Cabe recordar que se utilizaron los datos en la nube de puntos que mostraran una tendencia para tener una buena concordancia entre dichos datos.

La ecuación obtenida, se relaciona a continuación:

$$CTM = 2X10^6 * H^{0,9021}$$

Donde CTM, es costo total muro y H, altura del muro.

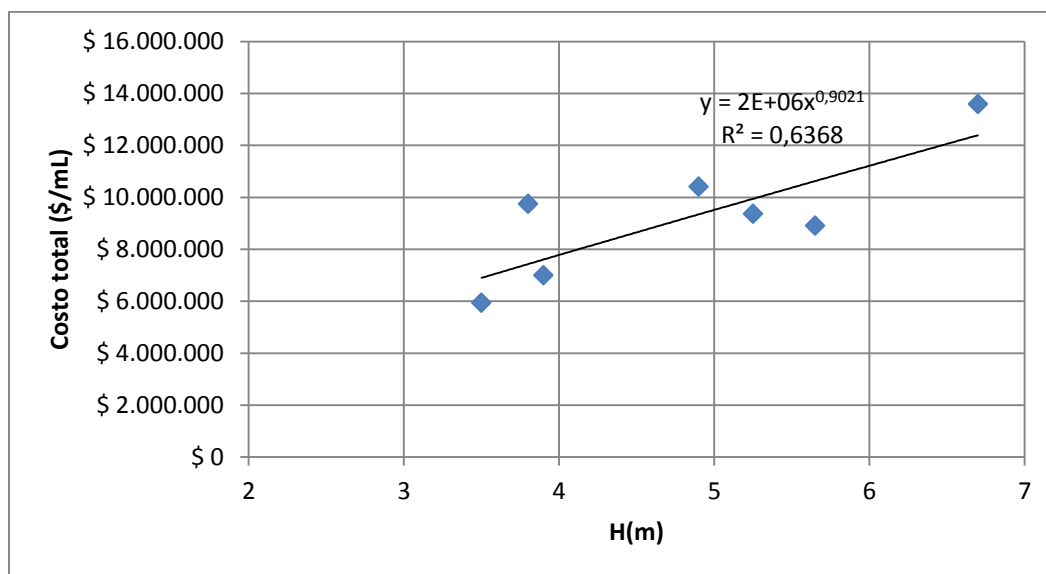


Figura 6-7. Gráfica de altura (H (m)) Vs. Costo total por metro lineal de muro (\$/m).

Con la anterior expresión se puede calcular de manera directa el costo total por metro lineal de la construcción de un muro de contención en la zona de la Mojana, para ello se debe contar con la altura y la longitud del mismo.

6.3 ESPIGÓN

Para el caso de los espigones, en los cuales se tenían tres estructuras, se llevó a cabo en primera instancia, la determinación de la relación de los ítems de mayor peso en el cálculo de las cantidades, este ítem fue el de protección de superficie para el cuerpo del dique nuevo, el cual reemplaza o realiza la estructura existente. Como parte del estudio, se realizó una recopilación de las características geométricas y de costos de cada estructura analizada y estudiada, estos se relacionan en la Tabla 6-6.

Tabla 6-6. Resumen de costos de Espigones

ESPIGON No.	MUNICIPIO	ALTURA(m)	LONGITUD	ÁREA (m ²)	COSTO SOLUCIÓN (COP)	COSTO SOLUCIÓN POR METRO (COP)
1	LAREDO	3,0	215	8,9	\$ 665.383.511,59	\$ 3.094.807,03
2	SANTA ANITA ESPIGON 1 SECTOR 1	1,5	100	6,7	\$ 212.958.887,44	\$ 2.129.588,87
3	SANTA ANITA ESPIGON 1 SECTOR 2	3,5	110	15,6	\$ 649.893.503,92	\$ 4.023.663,33
4	SANTA ANITA ESPIGON 2	2,0	150	11,4	\$ 494.684.964,28	\$ 3.297.899,76
5	SANTA ANITA ESPIGON 3	2,0	150	11,4	\$ 494.684.964,28	\$ 3.297.899,76
PROMEDIO						\$ 3.168.771,75
MAXIMO						\$ 4.023.663,33
MINIMO						\$ 2.129.588,87
DESVIACIÓN						\$ 679.992,56
DATOS						5

En la Tabla 6-7, se puede observar el porcentaje de cada ítem por estructura analizada.

Tabla 6-7. Porcentaje promedio de la protección en las superficies de los espigones

Espigones	% ítem
	Protección de las superficies
Laredo	68.00%
Santa Anita	79.92%
Promedio	73.96%

En el caso de los espigones resultó ser la protección de las superficies y taludes el cual resultó en; 73.96% del costo total, el ítem que representaba un mayor porcentaje del costo total de la obra. Este ítem está conformado por,

- Relleno con enrocado de protección (Dmax = 60.0 cm) para las caras y cresta del espigón
- Geotextil no tejido para la separación del cuerpo del espigón con el enrocado de protección (NT-1800 o similar).
- Geotextil antisocavación con lastre en geobolsa (TR-4000 o similar)

Estas estructuras para su funcionamiento a diferencia de los diques necesitan estar protegidos antes los elementos que arrastran el cuerpo de agua y la socavación ya que se encuentran embebidos y a las orillas del río razón por la cual pueden deteriorarse muy rápidamente.

En la Figura 6-8, se muestra un gráfico de altura (H(m)) Vs. Área de relleno (m²). Al igual que para los diques y muros se observa que la relación las variables es exponencial, es decir que puede ser definida con la siguiente ecuación:

$$e^z = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{z^n}{n!}$$

De la cual se derivan las ecuaciones generadas por la línea de tendencia:

- Volumen del relleno con enrocado (m³/m)

$$y = 6.20x^{0.62}$$

Si bien las funciones obtenidas obedecen a la anterior ecuación, es posible entender que a medida que la altura del espigón a diseñar aumenta, el relleno para la estructura aumenta de manera exponencial y por lo tanto su costo por metro lineal aumenta de manera proporcional.

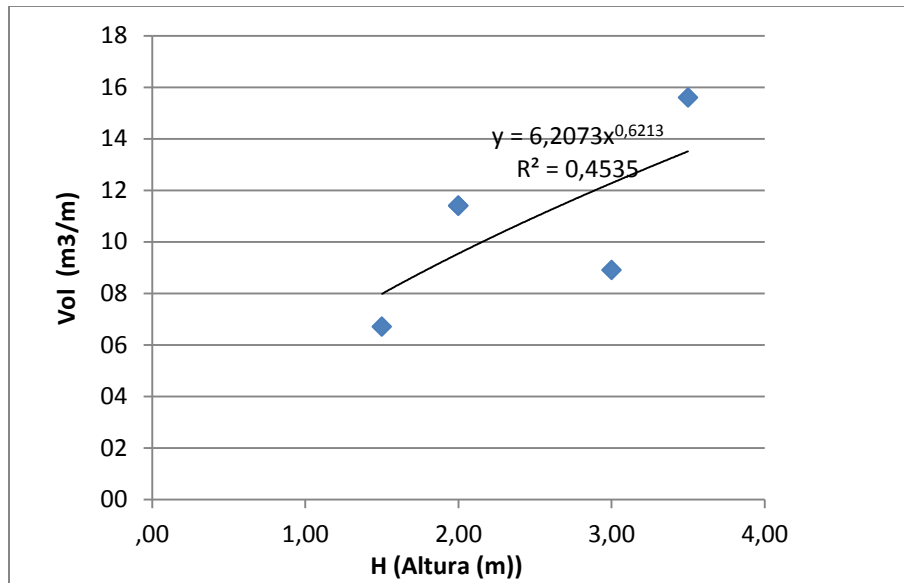


Figura 6-8. Gráfica de H altura (m) Vs. Área de relleno (m2)

Con base en la anterior figura, y teniendo en cuenta los costos podemos relacionar la altura de los espigones con un costo asociado. En la Figura 6-9 se presenta el gráfico de altura (H (m)) Vs. Costo (\$) para obtener el costo total de cualquier estructura se puede determinar de manera aproximada el costo de dicha estructura.

Por ende el costo de cualquier estructura de espigón podrá calcularse al tener la altura por medio de la siguiente expresión la cual se relaciona en el grafico siguiente:

$$CE = 5X10^8 \ln(H) + 9X10^7$$

Donde CE, es el costo del espigón y H, es su altura.

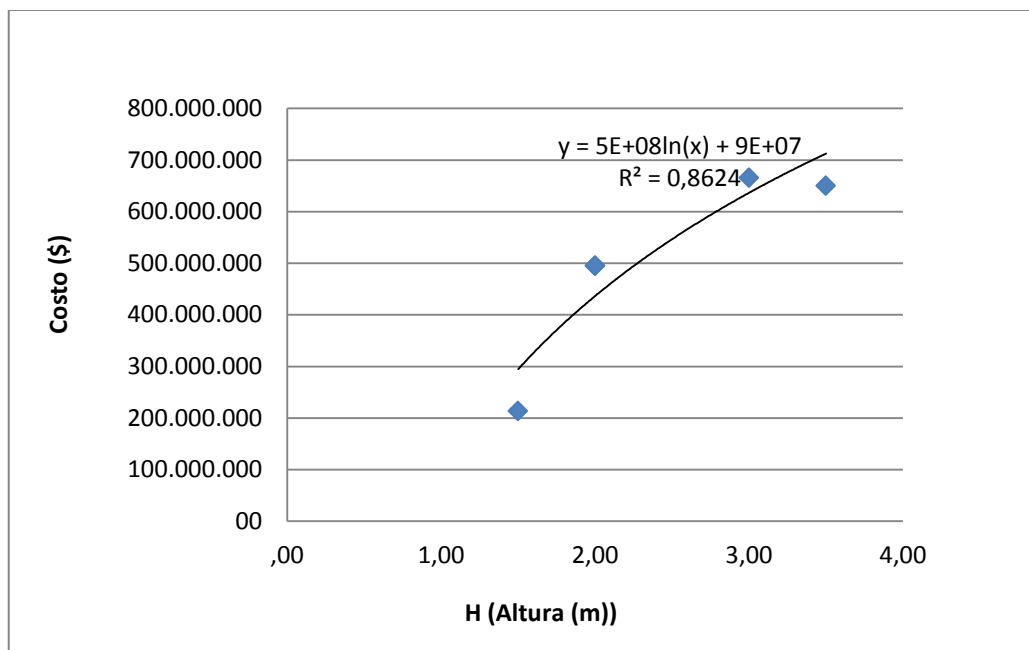


Figura 6-9. Gráfica de H altura (m) Vs. Costo (\$)

6.4 PROTECCIÓN DE ORILLA

Por ultimo tenemos el caso de las protecciones de orilla. En dicha estructura no fue posible determinar una correlación entre los datos recopilados en los cuales se tenían solamente tres estructuras de las cuales la de Magangué fue contabilizada en las cantidades del dique. Se llevó a cabo en primera instancia, la determinación de la relación de los ítems de mayor peso en el cálculo de las cantidades, este ítem fue el de Protección de superficies de las caras. Como parte del estudio, se realizó una recopilación de las características geométricas y de costos de cada estructura de dique analizada y estudiada, estos se relacionan en la Tabla 6-8.

Tabla 6-8. Resumen de costos de Protección Orilla

PROTECCIÓN No.	MUNICIPIO	DEPARTAMENTO	CUERPO DE AGUA DEL QUE PROTEGE	LONGITUD	ESTADO ACTUAL	COSTO SOLUCIÓN (COP)	COSTO SOLUCIÓN POR METRO LINEAL (COP)
1	ACHÍ	BOLÍVAR	RÍO CAUCA	614	CUMPLE	\$ 235.853.672,00	\$ 5.220.531.114,00
2	MAGANGUÉ (EL RETIRO)	BOLÍVAR	RÍO MAGDALENA	188	INCLUIDO DENTRO DEL PRESUPUESTO DEL DIQUE		NA
3	SAN JACINTO DEL CAUCA	BOLÍVAR	RÍO CAUCA	486	NO CUMPLE	\$ 1.596.101.490,76	\$ 3.285.775,29

En la Tabla 6-9, se puede observar el porcentaje de cada ítem por estructura de dique analizado.

Tabla 6-9. Porcentaje promedio de la protección en las superficies de los espigones

Protecciones de orilla	% ítem
	Protección de las superficies
Achí	89.00%
San Jacinto	71.00%
Promedio	80.00%

En este tipo de estructuras se encontró que la protección de orilla de Magangué (El retiro), se incluyó en las cantidades del dique, por lo que tenemos dos estructuras similares pero con tipo de obras diferentes, además porque con dos estructuras es imposible obtener correlaciones estadísticas.

7. LIMITACIONES

El presente informe fue realizado basado en el cálculo de los presupuestos de obra de cada estructura con sus respectivos análisis de precios unitarios, es de recordar que estas estructuras fueron diseñadas en una etapa de estudios básicos, es decir, se necesita afinar los diseños con los siguientes estudios:

- Realizar un levantamiento topográfico de la zona donde se emplaza cada estructura.
- Estudio detallado de las zonas de botadero y de explotación de material para los rellenos seleccionados.
- Estudio hidrológico e hidrogeológico detallado.
- Cálculo exacto de las cantidades de acero, para ello se necesita un diseño detallado estructural.
- Calculo de las cantidades exactas, para ello es necesario hacer secciones transversales menos espaciadas.
- El diseño de las obras propuestas no tiene en cuenta limitaciones prediales.
- Existen costos administrativos y de logística que no se tuvieron en cuenta en el presupuesto tales como compra de predios.
- Los asentamientos totales por consolidación de las obras reducen la cota de la cresta, se debe definir si es necesario aumentar la altura y re-diseñar la estructura.
- Los costos presentados no tienen en cuenta las variaciones que se pueden presentar por la localización de las obras.
- Estudios hidráulicos y estructurales que son necesarios para conocer si la estructura funciona de manera adecuada no hacen parte del alcance de este proyecto que es netamente geotécnico.

8. CONCLUSIONES

Con base en los análisis estadísticos y matemáticos presentados en este informe que están encaminados a determinar los índices para métricos, especialmente para el tener certeza de los costos por obra realizada, se puede concluir lo siguiente.

1. Se realizó un análisis de costos para todas las estructuras analizadas, esto arrojó que unas expresiones de costos que permitan evaluar económicamente la viabilidad de la construcción de obras de contención en la zona de la Mojana.
2. Se identificaron como primera medida los ítems de mayor peso o importancia en el cálculo de los presupuestos estos fueron: para el caso del dique el ítem fue el de suministro y colocación de relleno seleccionado para diques con un 40 % del costo total de la obra, de igual forma para muro fue el de suministro y colocación de concreto y acero con 67.2% para las dos actividades. Para los espigones fue el de protección de superficie con un 74 % del costo total de las obras. Para las protecciones de orilla el ítem fue el de protección de superficie con un 80%.
3. Una vez identificado los ítems de mayor importancia se procedió a trabajar con estos calculando expresiones para obtener las cantidades aproximadas de otras estructuras similares.
4. Por último, se calculó bien sea una expresión o el costo por metro lineal de una estructura construida en la región de la Mojana.
5. El dique Magangué es una estructura que tiene pocos rellenos y el costo del mismo es mínimo, por tal razón este dique no se tuvo en cuenta en el cálculo de las expresiones.
6. El muro Achí, no se tuvo en cuenta en los cálculos porque el muro existente puede funcionar como obra complementaria para la estructura nueva, por lo que se invirtió más rubro en la reconfiguración de un relleno de material seleccionado compactado.
7. El dique Ayapel no se tuvo en cuenta en los cálculos de los índices paramétricos debido a que esta estructura debe ser demolida (la actual) y construida nuevamente con alturas mayores a los encontrados en el resto de estructuras de este tipo.
8. El estudio realizado tiene muchas limitaciones por lo que se recomienda en una fase más de detalle realizar un afinamiento en algunos aspectos relacionados en este informe, de igual forma este estudio sirve de base para tener clara una metodología de elaboración de índices paramétricos.
9. El volumen calculado por metro lineal no depende de si se tiene un dique ya existente o si hay que construirlo nuevo totalmente, puesto que el estudio realizado se enfocó en el cálculo de material como volumen.
10. Las expresiones calculadas tienen correlaciones con los datos graficados muy cercanos a 1.00, lo que demuestra un buen ajuste en dichas expresiones. Cabe aclarar, que los datos que se alejaban de estas tendencias no fueron tenidos en cuenta para mejorar los ajustes.

11. Para el caso de protección de orilla no se obtuvieron muchos datos, razón por la cual no se pudo obtener una expresión que relacionara el costo de la estructura con metro lineal con el ítem de mayor peso. Las dos estructuras de la protección de orilla tienen obras diferentes.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Afanador García Nelson y otros, Diseño sísmico de muros de contención en gravedad y en voladizo. Revista colombiana de tecnologías de avanzada. ISSN: 1692-7257- Volumen 2 – Número 20 -2012.
2. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. «Título H Estudios Geotécnicos.» En *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente*. Bogotá, 2010.
3. Budhu, M. *Soil mechanics and foundations*. Wiley, 2007.
4. Day, Robert W. "*Foundation Engineering Handbook*" *Design and construction with the 2006 International Building Code*. Vol. Part 2. McGraw construcion, 2006.
5. Idriss, IM, y RW Boulanger. «Semi-empirical procedures for evaluating liquefaction potential during earthquakes.» *Soil dynamic and Earthquake Engineering XXVI*, nº 2 (2006): 115-130.
6. Koloski, Jon W., D. Schwarz Sigmund, y Donald W. Tubbs. *Geotechnical properties of geologic materials*. Washington: Engineering geology in Washington, 1989.
7. Ministerio de Transporte. *Resolución No. 004100*. Resolución, Bogotá: República de Colombia, 2004.
8. Santamarina, J., A. Altschaeffl, y J. Chameau. *Realiability of Slopes: Incorporating Qualitative Information*. Transportation Research Record 1343, 1992.
9. Suelos Ingeniería. *DIQUE 9 – SAN JACINTO DEL CAUCA MURO TRAMO SAN JACINTO - ASTILLEROS*. Informe Caracterización, Barranquilla: Fondo Adaptación, 2015.
10. Tatsuoka, F, T Iwasaki, Tokida K, y S Yasuda. «Soils and foundations.» *Soils and Foundations IV*, nº 4 (1980): 95-111.
11. Torres Belandria Rafael. Análisis y diseño de muros de contención de concreto armado. Universidad de los Andes. Merida Venezuela. 2008
12. Wald, David J., Vincent Quitoriano, Thomas Heaton, y Hiroo Kanamori. «Relationship between Peak ground aceleration, Peak ground velocity, and Intensity in California.» *Earthquake Spectra* 15, nº 3 (1999): 557-564.
13. Youd, T.L., I.M. Idriss, Ronald Andruss, Ignacio Arango, y Gonzalo Castro. *Liquefaction resistance for soils*. Reporte, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 2001.



Trabajamos en la Reconstrucción
Gestionando el Riesgo de Desastres



ANEXOS

ANEXO A.

CAMPAÑA DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA

CANTIDADES DE SPT, CPT Y ENSAYOS DE LABORATORIO EN DIQUES (FONDO DE ADAPTACION)

DIQUE TACASALUMA	
PERFORACIONES	CANTIDAD
spt	4
cpt	0

ENSAYOS DE LABORATORIO	CANTIDAD
humedades	74
granulometrías	29
limites	23
hidrómetros	7
pesos unitarios	4
pesos unitarios por desplazamiento	19
materia orgánica	11
corte directo	7
compresión inconfiada	6
límite de contracción	1
permeabilidad	1
dispersividad doble hidrómetro	2
gravedad específica	10
dispersividad crumb	1

DIQUE PINILLOS	
PERFORACIONES	CANTIDAD
spt	3
cpt	0

ENSAYOS DE LABORATORIO	CANTIDAD
humedades	47
granulometrías	13
limites	13
pesos unitarios	3
pesos unitarios por desplazamiento	10
materia orgánica	4
corte directo	2
gravedad específica	3

DIQUE AYAPEL	
PERFORACIONES	CANTIDAD
spt	2
cpt	1

ENSAYOS DE LABORATORIO	CANTIDAD
humedades	22
granulometrías	6
limites	6
hidrómetros	1
pesos unitarios	2
pesos unitarios por desplazamiento	2
materia orgánica	2
pin hole	1
corte directo	2
compresión inconfiada	3
límite de contracción	1
consolidación	1
contenido de sales	1
permeabilidad	1
dispersividad doble hidrómetro	1
gravedad específica	2
dispersividad crumb	1

DIQUE SAN BENITO	
PERFORACIONES	CANTIDAD
spt	5
cpt	2

ENSAYOS DE LABORATORIO	CANTIDAD
humedades	57
granulometrías	21
limites	22
hidrómetros	1
pesos unitarios por desplazamiento	11
materia orgánica	3
corte directo	4
compresión inconfiada	2
límite de contracción	1
gravedad específica	3
dispersividad doble hidrómetro	1

DIQUE COLORADO - NECHI	
PERFORACIONES	CANTIDAD
spt	14
cpt	13

ENSAYOS DE LABORATORIO	CANTIDAD
humedades	301
granulometrías	50
límites	49
hidrómetros	3
pesos unitarios	25
pesos unitarios por desplazamiento	28
materia orgánica	15
pin hole	4
corte directo	7
compresión inconfiada	11
límite de contracción	15
consolidación	5
contenido de sales	2
compresión simple	1
dispersividad crumb	3

DIQUE NECHI - SAN JACINTO	
PERFORACIONES	CANTIDAD
spt	19
cpt	21

ENSAYOS DE LABORATORIO	CANTIDAD
humedades	221
granulometrías	58
límites	58
hidrómetros	3
pesos unitarios	14
pesos unitarios por desplazamiento	28
materia orgánica	16
pin hole	4
corte directo	8
compresión inconfiada	8
límite de contracción	3
permeabilidad	5
dispersividad doble hidrómetro	3
gravedad específica	19
dispersividad crumb	3

DIQUE SAN JACINTO A ASTILLEROS	
PERFORACIONES	CANTIDAD
spt	15
cpt	16

ENSAYOS DE LABORATORIO	CANTIDAD
humedades	194
granulometrías	52
limites	52
hidrómetros	4
pesos unitarios	10
pesos unitarios por desplazamiento	24
materia orgánica	9
pin hole	2
corte directo	6
compresión inconfiada	12
límite de contracción	1
consolidación	3

DIQUE MAGANGUE	
PERFORACIONES	CANTIDAD
spt	6
cpt	6

ENSAYOS DE LABORATORIO	CANTIDAD
humedades	84
granulometrías	18
limites	18
hidrómetros	1
pesos unitarios	6
pesos unitarios por desplazamiento	12
materia orgánica	6
pin hole	2
corte directo	11
compresión inconfiada	11
límite de contracción	5
consolidación	2
permeabilidad	2
dispersividad doble hidrómetro	1

DIQUE 10 EL RETIRO	
PERFORACIONES	CANTIDAD
spt	3
cpt	1

ENSAYOS DE LABORATORIO	CANTIDAD
humedades	38
granulometrías	9
limites	9
hidrómetros	1
pesos unitarios	3
materia orgánica	2
corte directo	2
compresión inconfiada	2
límite de contracción	2
consolidación	1
gravedad específica	3
dispersividad doble hidrómetro	1

CANTIDADES DE SPT, CPT Y ENSAYOS DE LABORATORIO EN MUROS (FONDO DE ADAPTACION)

MURO SUCRE	
PERFORACIONES	CANTIDAD
spt	4
cpt	2

ENSAYOS DE LABORATORIO	CANTIDAD
humedades	60
granulometrías	22
limites	21
hidrómetro	1
pesos unitarios	5
pesos unitarios por desplazamiento	12
materia orgánica	8
corte directo	6
compresión inconfina	3
consolidación	1
gravedad específica	5
permeabilidad	4
densidad	7
pretor	7

MURO MAJAGUAL	
PERFORACIONES	CANTIDAD
spt	3
cpt	2

ENSAYOS DE LABORATORIO	CANTIDAD
humedades	42
granulometrías	20
limites	20
hidrómetro	1
pesos unitarios por desplazamiento	4
materia orgánica	3
corte directo	3
gravedad específica	3
proctor	5

MURO ACHI	
PERFORACIONES	CANTIDAD
spt	2
cpt	1

ENSAYOS DE LABORATORIO	CANTIDAD
humedades	25
granulometrías	7
limites	6
pesos unitarios	2
pesos unitarios por desplazamiento	4
materia orgánica	1
corte directo	2
compresión inconfiada	2
consolidación	1
gravedad específica	3
dispersividad doble hidrómetro	1

MURO SAN BENITO	
PERFORACIONES	CANTIDAD
spt	2
cpt	1

ENSAYOS DE LABORATORIO	CANTIDAD
humedades	27
granulometrías	10
limites	10
hidrómetros	2
peso unitario	2
pesos unitarios por desplazamiento	5
materia orgánica	2
corte directo	1
compresión inconfiada	2
límite de contracción	1
gravedad específica	2
dispersividad doble hidrómetro	1

MURO NECHI	
PERFORACIONES	CANTIDAD
spt	3
cpt	3

ENSAYOS DE LABORATORIO	CANTIDAD
humedades	42
granulometrías	12
limites	12
pesos unitarios	1
pesos unitarios por desplazamiento	6
materia orgánica	2
corte directo	3
compresión inconfiada	1
consolidación	1
gravedad específica	3

MURO GUARANDA	
PERFORACIONES	CANTIDAD
spt	3
cpt	2

ENSAYOS DE LABORATORIO	CANTIDAD
humedades	41
granulometrías	15
limites	14
hidrómetro	1
pesos unitarios	2
pesos unitarios por desplazamiento	5
materia orgánica	1
corte directo	2
compresión inconfiada	4
límite de contracción	1
consolidación	2
gravedad específica	3
permeabilidad	2
proctor	5

MURO EL RETIRO	
PERFORACIONES	CANTIDAD
spt	2
cpt	2

ENSAYOS DE LABORATORIO	CANTIDAD
humedades	28
granulometrías	6
limites	6
materia orgánica	1
corte directo	2
compresión inconfiada	2
límite de contracción	1
hidrómetro	1

MURO MAGANGUE	
PERFORACIONES	CANTIDAD
spt	2
cpt	1

ENSAYOS DE LABORATORIO	CANTIDAD
humedades	30
granulometrías	14
limites	13
hidrómetro	1
pesos unitarios	3
pesos unitarios por desplazamiento	4
materia orgánica	1
corte directo	4
compresión inconfiada	4
límite de contracción	1
gravedad específica	1
proctor	3

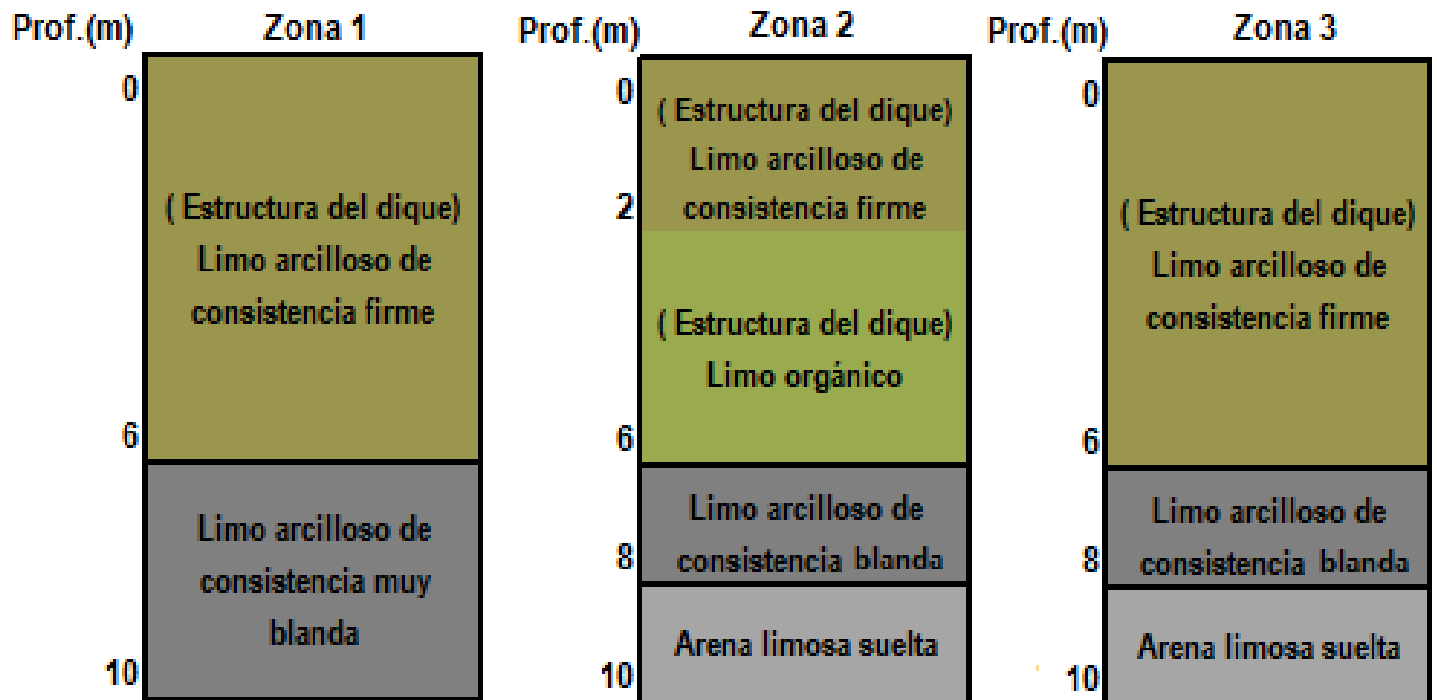
MURO SAN JACINTO	
PERFORACIONES	CANTIDAD
spt	2
cpt	1

ENSAYOS DE LABORATORIO	CANTIDAD
humedades	28
granulometrías	8
limites	8
pesos unitarios	2
pesos unitarios por desplazamiento	4
materia orgánica	1
pin hole	1
corte directo	3
compresión inconfiada	2
consolidación	1
contenido de sales	1
permeabilidad	1
gravedad específica	3

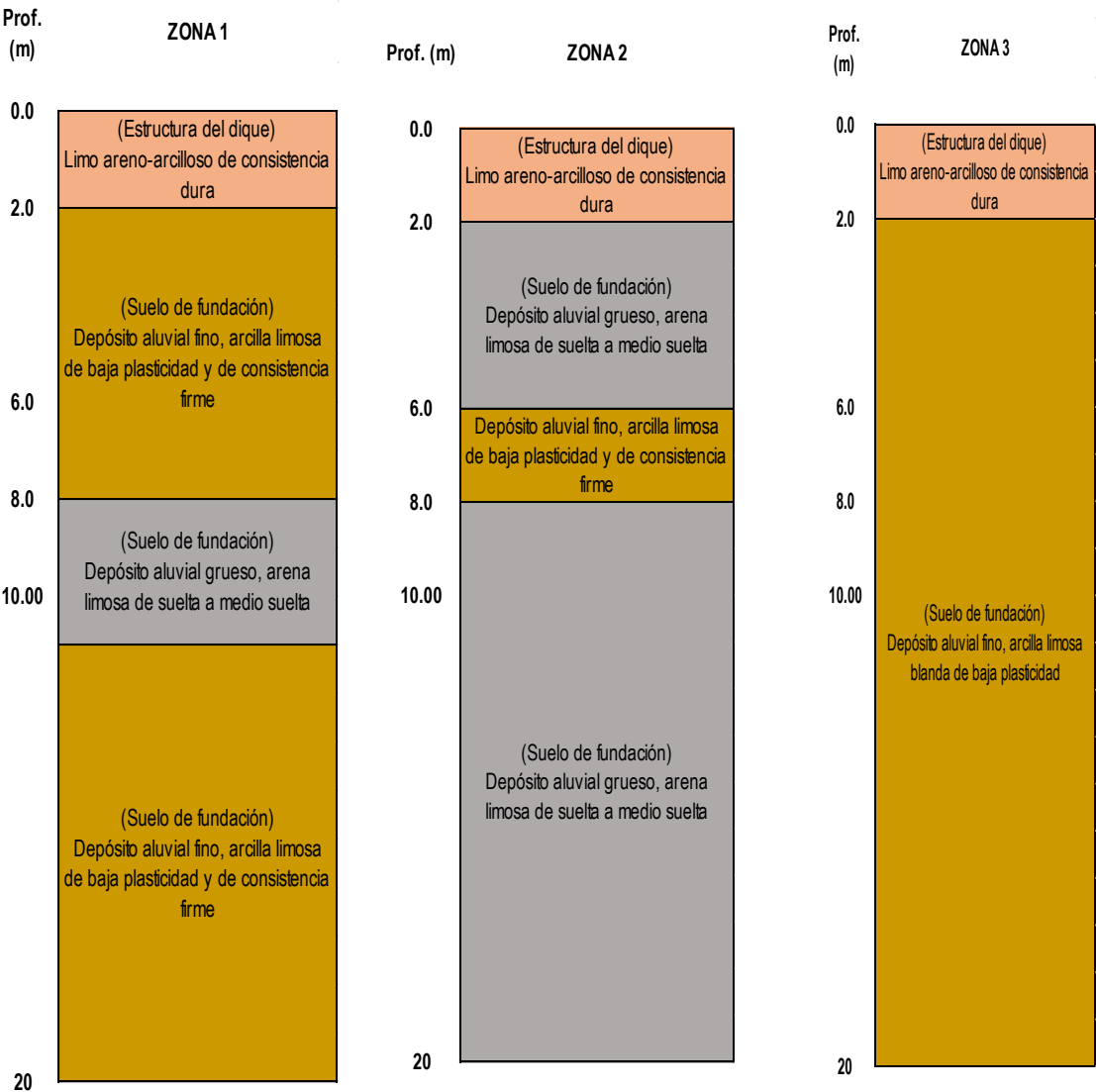
ANEXO B.

PERFILES GEOLÓGICOS GEOTÉCNICOS.

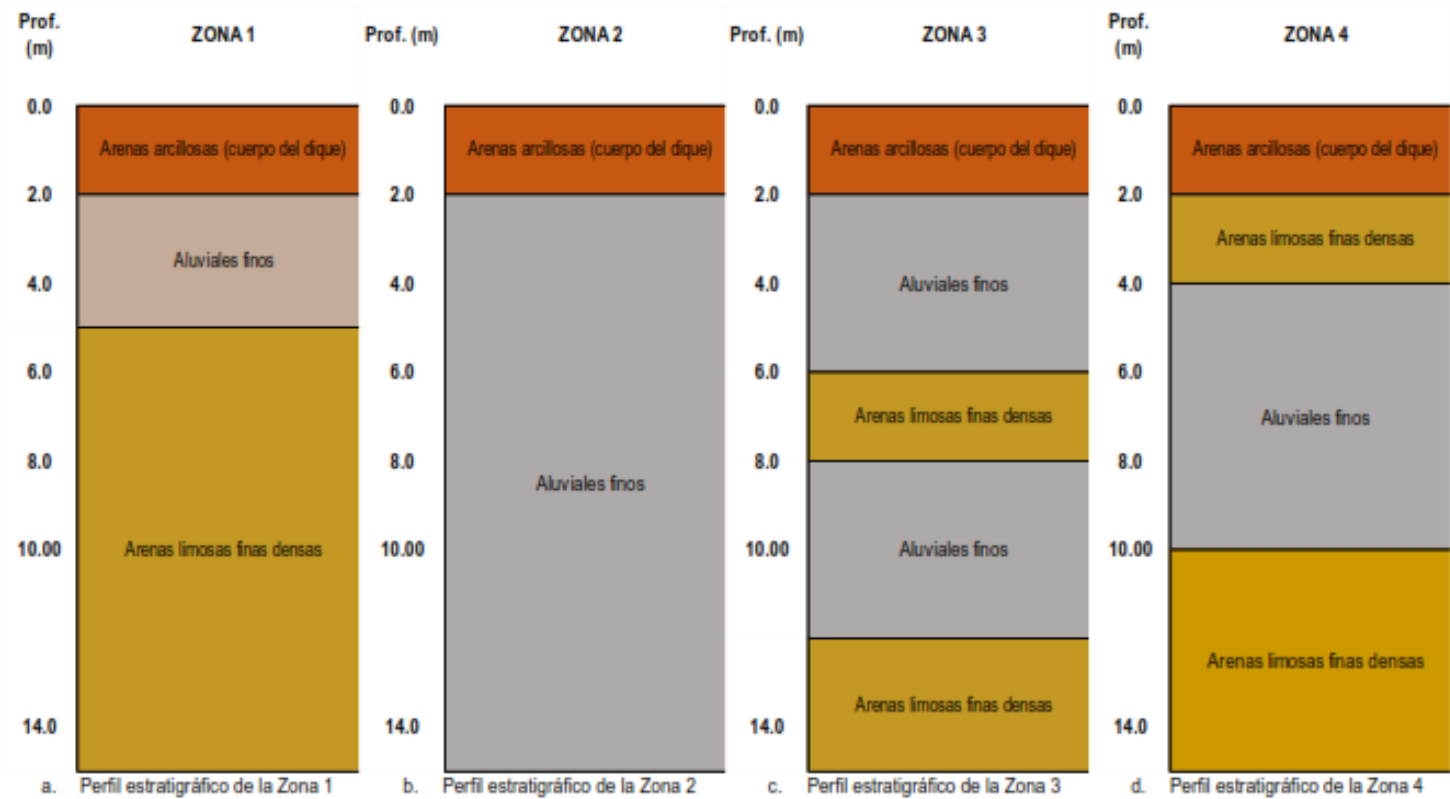
Dique Ayapel



Dique Marginal, Tramo Colorado Nechí



Dique Magangué



Dique pinillos

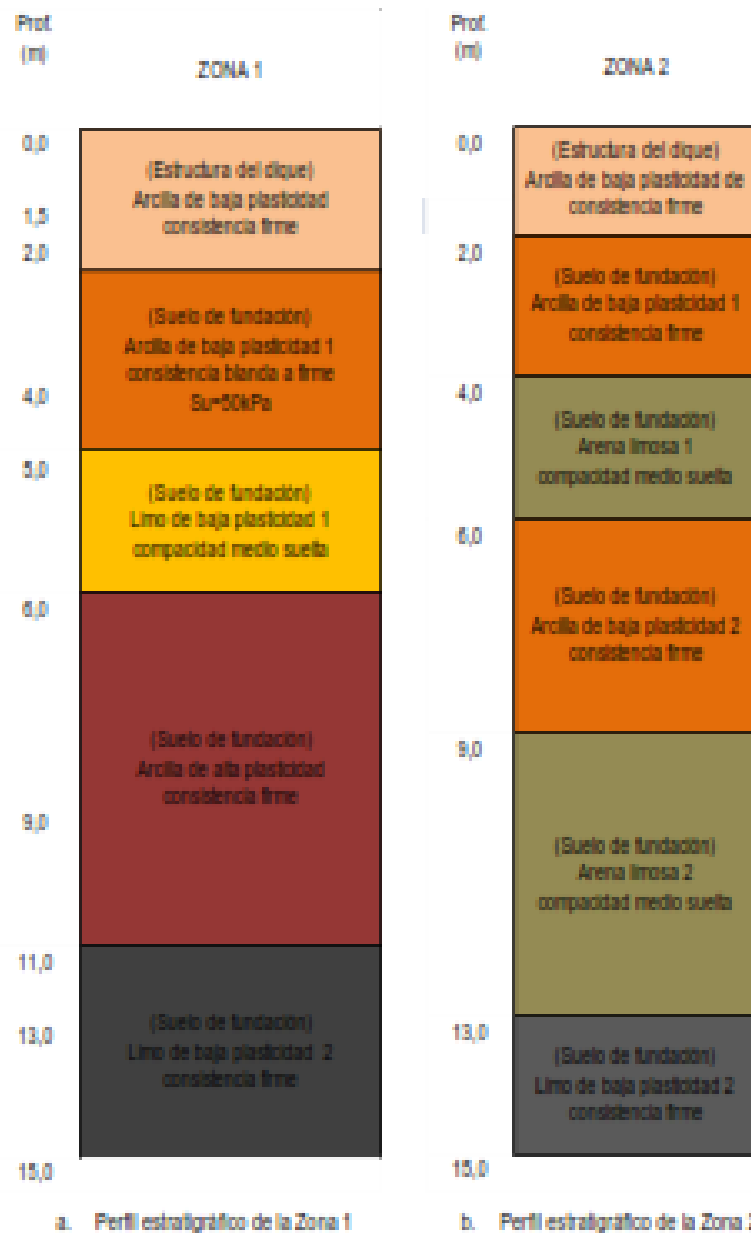


Figura 6-22. Esquema de los perfiles estratigráficos para cada una de las zonas geotécnicas.

Dique Tacasaluma

Zona 1		Zona 2		Zona 3	
Prof. (m)		Prof. (m)		Prof. (m)	
0	Estrato Dique en Arcillas Magras arenosas de color amarillo pálido, consistencia muy firme, plasticidad media, humedad baja, y con poca materia orgánica.	0	Estrato Dique en Arcillas Magras arenosas de color amarillo pálido, consistencia muy firme, plasticidad media, humedad baja, y con poca materia orgánica.	0	Estrato Dique en Arcillas Magras arenosas de color amarillo pálido, consistencia muy firme, plasticidad media, humedad baja, y con poca materia orgánica.
4	Estrato de Fundación arcillas grasas firmes de color rojo débil, humedad baja, plasticidad alta.	4 a 6<	Estrato de Fundación arcillas grasas firmes de color rojo débil, humedad baja, plasticidad alta.	4.4	Depósito aluvial arenoso arcilloso: Arcillas magras arenosas de color gris, humedad baja, plasticidad baja, compacidad medio densa.
6	Depósito aluvial arenoso arcilloso: Arcillas magras arenosas de color gris, humedad baja, plasticidad baja, compacidad medio densa.	13 a 15<	Estrato de Fundación arcillas magras duras de color amarillo pálido, de consistencia dura, humedad baja, plasticidad alta.	8.5	Estrato de Fundación arcillas magras duras de color amarillo pálido, de consistencia dura, humedad baja, plasticidad alta.
10<		20<		20<	

El retiro

Dique

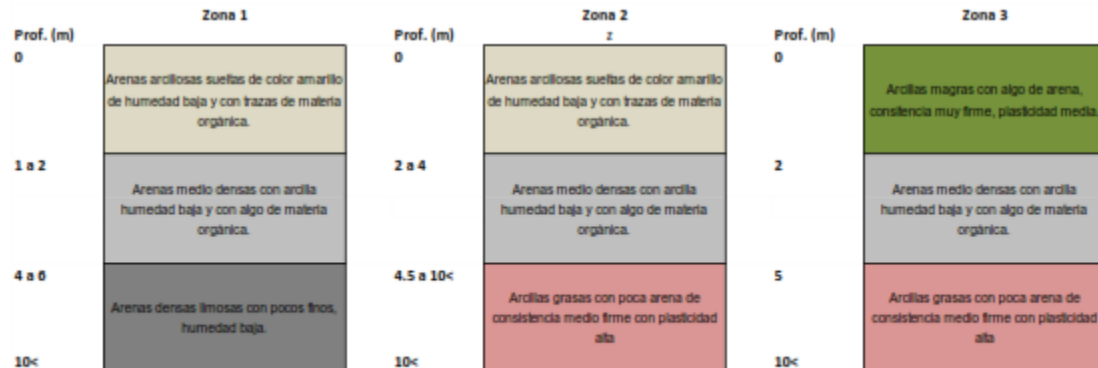
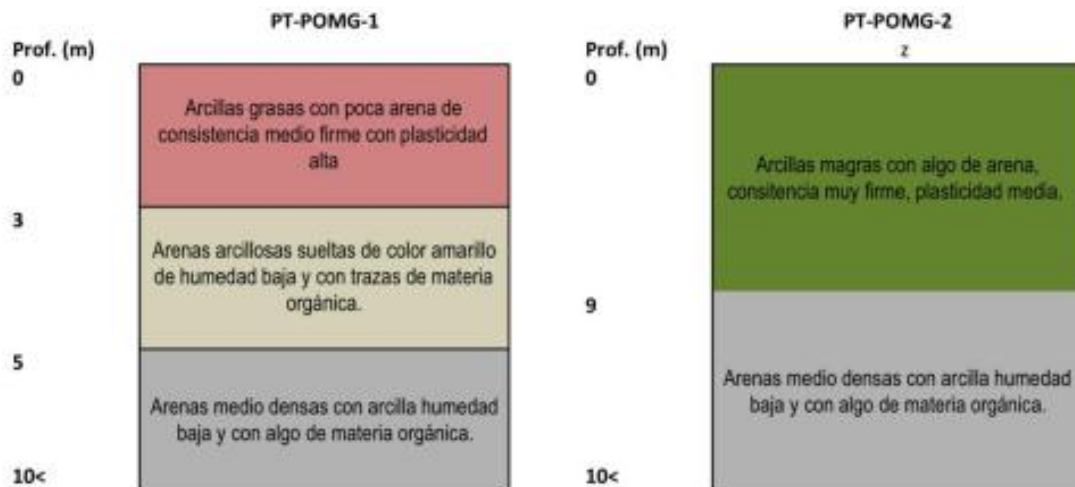


Figura 6-23. Esquema de las zonas geotécnicas obtenidas para el dique El Retiro.

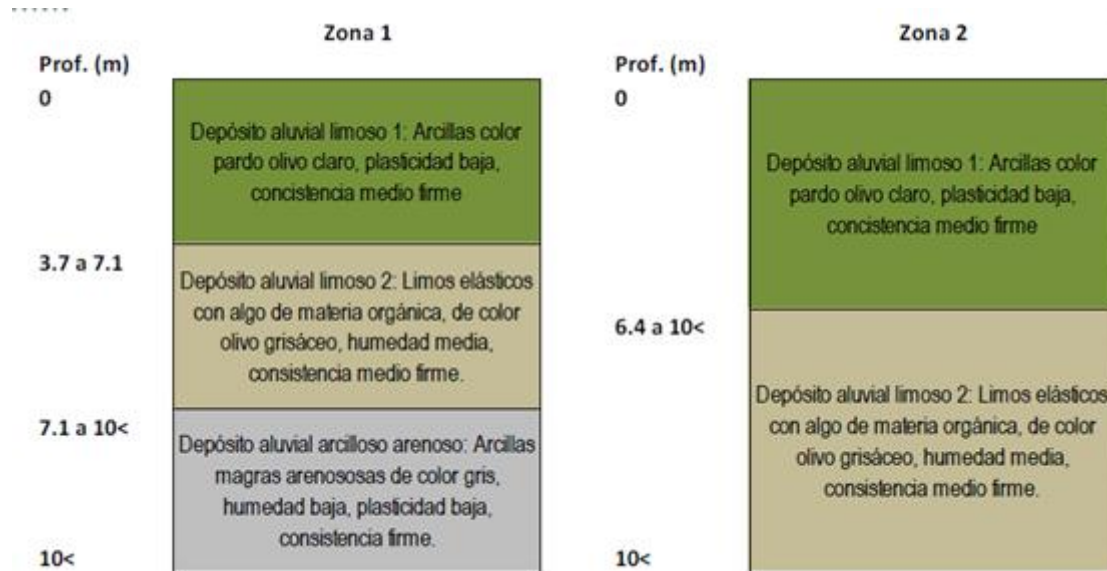
Protección de orilla



Muro

Zona 1		Zona 2	
Prof. (m)		Prof. (m)	
0	Arenas arcillas sueltas de color amarillo de humedad baja y con trazas de materia orgánica.	0	Arcillas magras con algo de arena, consistencia muy firme, plasticidad media.
2 a 3	Arenas medio densas con arcilla humedad baja y con algo de materia orgánica.	2 a 4	Arenas medio densas con arcilla humedad baja y con algo de materia orgánica.
6 a 8	Arenas densas limosas con pocos finos, humedad baja.	5 a 7<	Arcillas magras con algo de arena, consistencia muy firme, plasticidad media.
10<		10<	

Muro Achí



Muro Guaranda

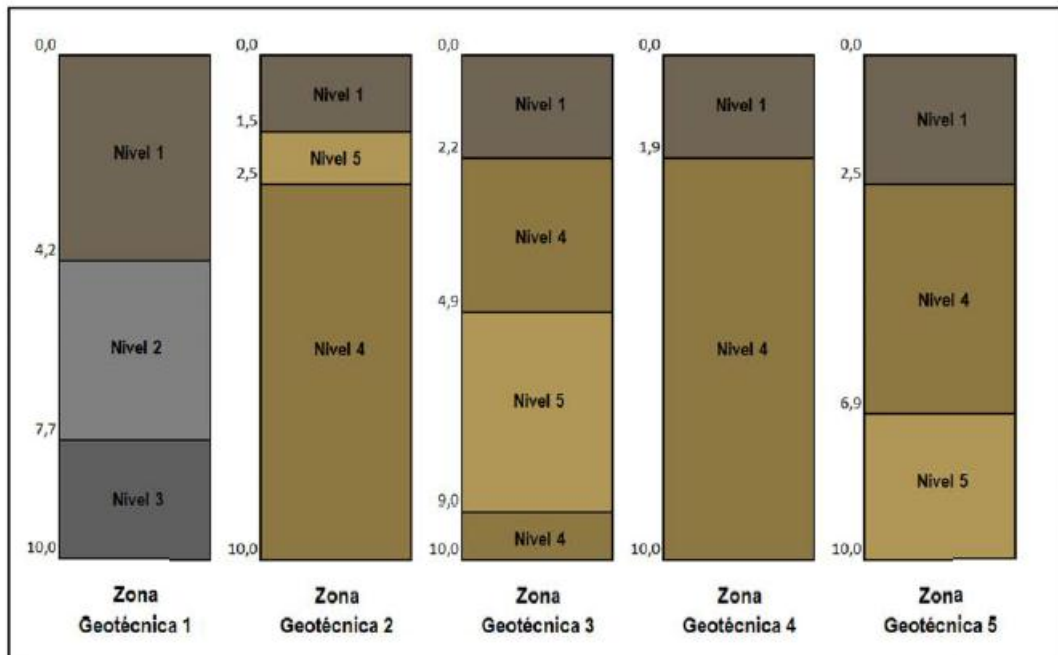


Figura 6-16. Perfiles Geotécnicos Promedio para cada Zona Geotécnica del área de estudio.

NIVEL 1 - Limo de baja plasticidad
NIVEL 2 - Arena limosa de grano fino
NIVEL 3 - Arena limosa de grano fino
NIVEL 4 -Limo de baja plasticidad
NIVEL 5 - Limo de plasticidad media

Muro Magangué

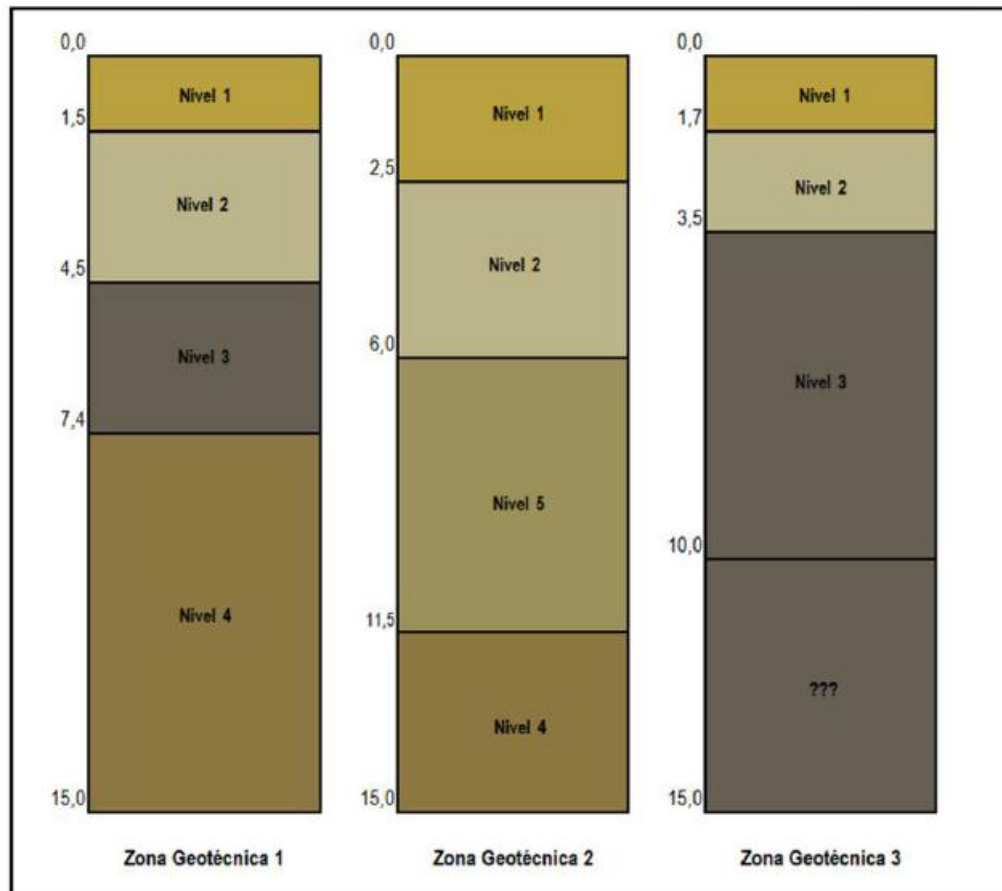


Figura 6-18. Perfiles Geotécnicos Promedio para cada Zona Geotécnica del área de estudio.

NIVEL 1 - Arena limosa de grano fino a medio
NIVEL 2 - Arcilla limosa de plasticidad media
NIVEL 3 - Arcilla limosa de baja plasticidad
NIVEL 4 - Arena limosa de grano fino
NIVEL 5 - Arcilla limosa de plasticidad media

Muro Majagual

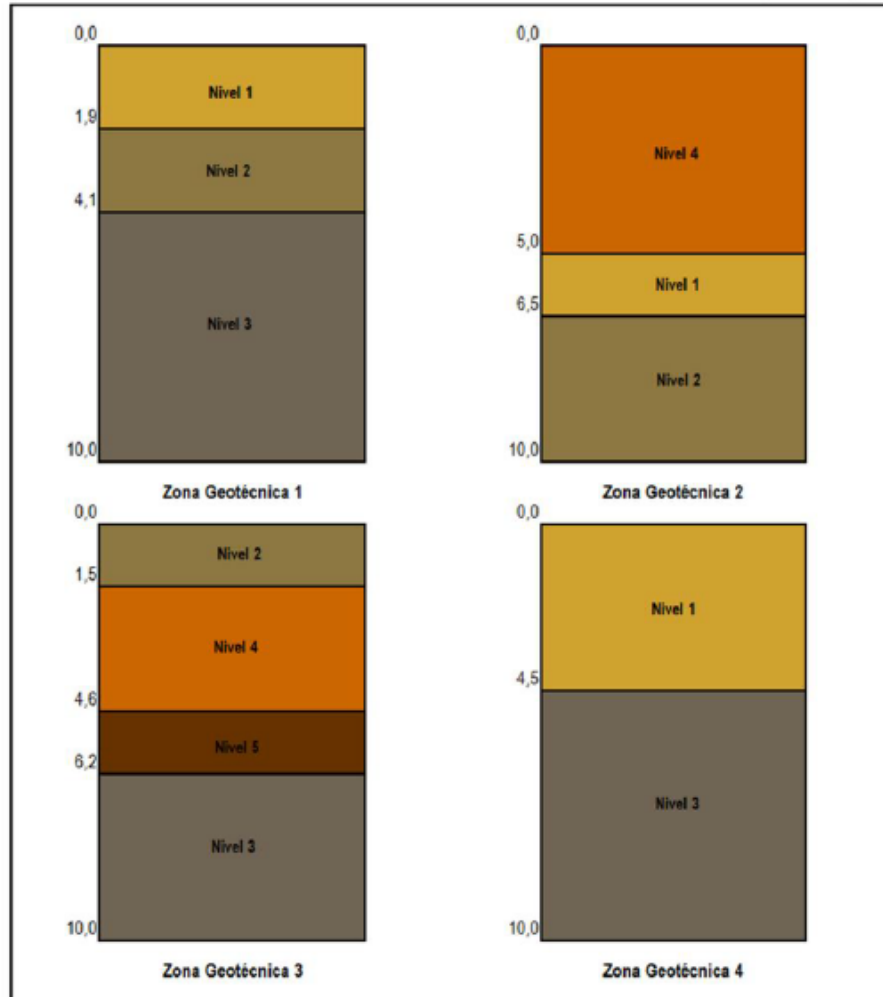
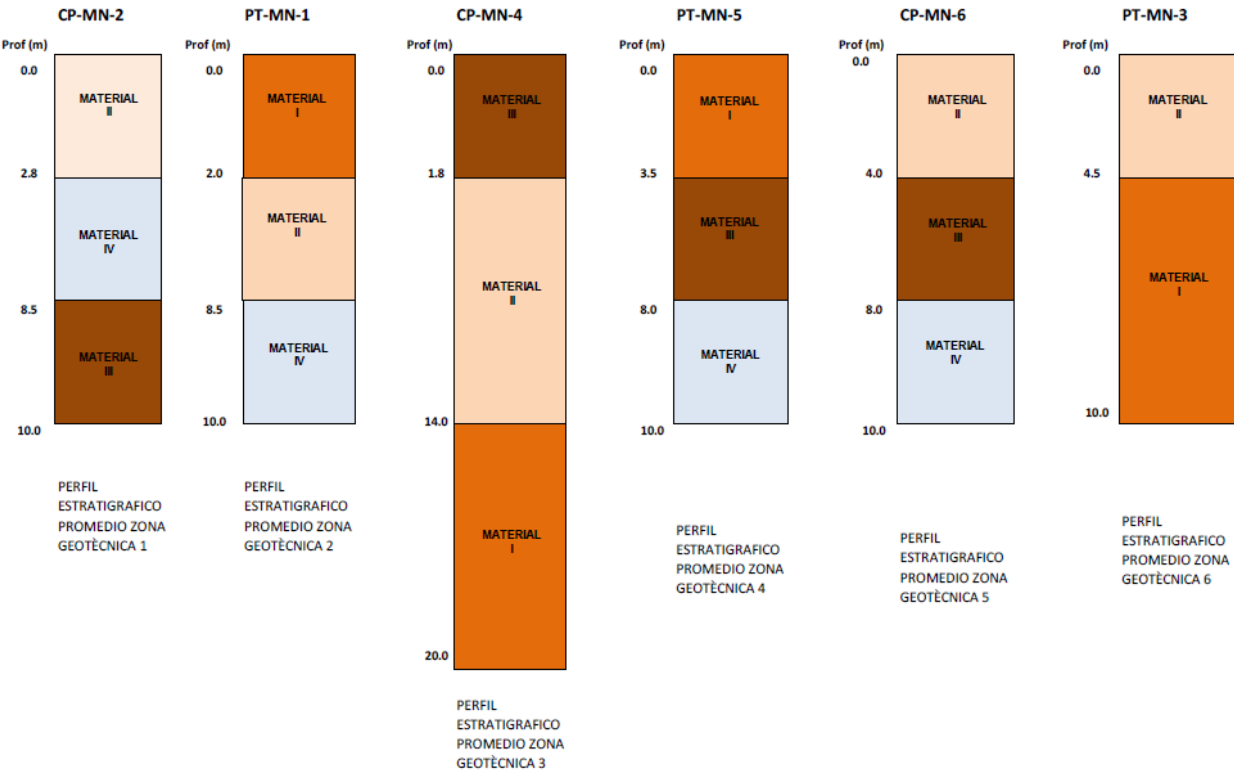


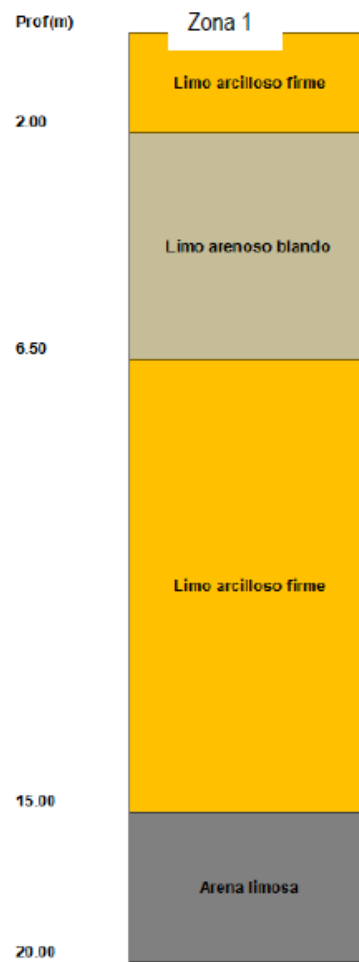
Figura 6-19. Perfiles Geotécnicos Promedio para cada Zona Geotécnica del área de estudio.

NIVEL 1 - Arena limosa de grano fino
NIVEL 2 - Limo de baja plasticidad
NIVEL 3 - Arena limosa de grano fino
NIVEL 4 - Limo de plasticidad media
NIVEL 5 - Limo

Muro Nechí



Muro San Jacinto



Muro Sucre

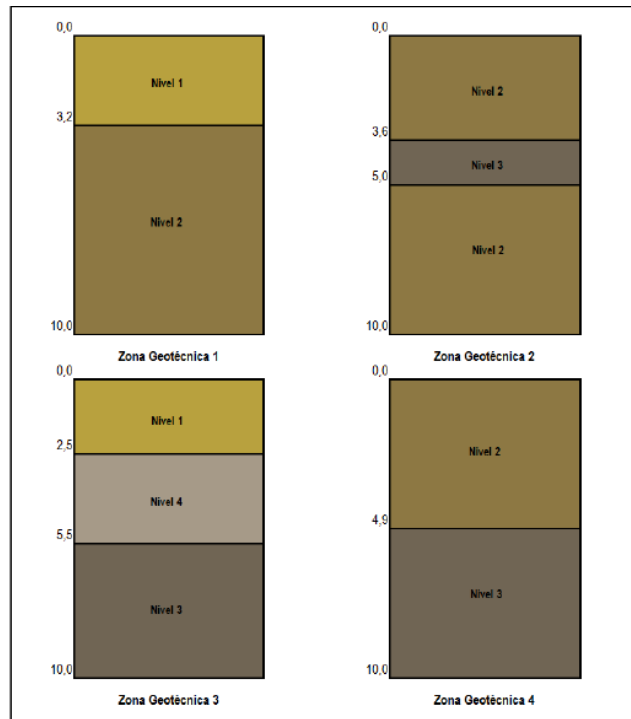
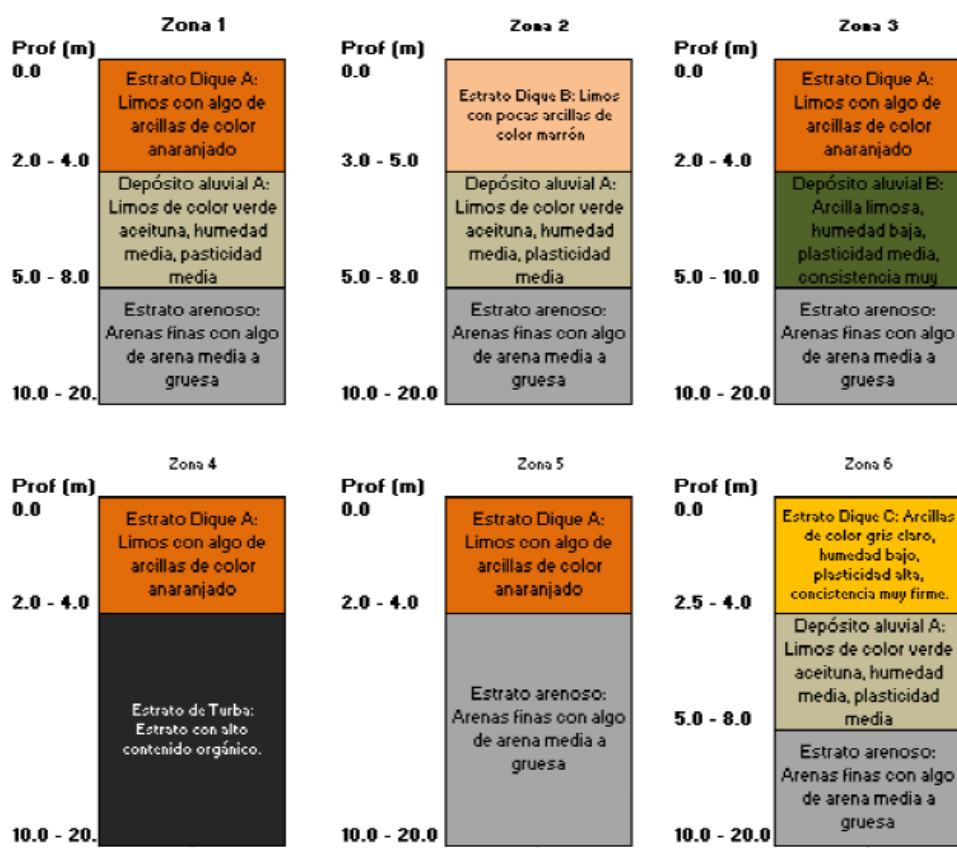


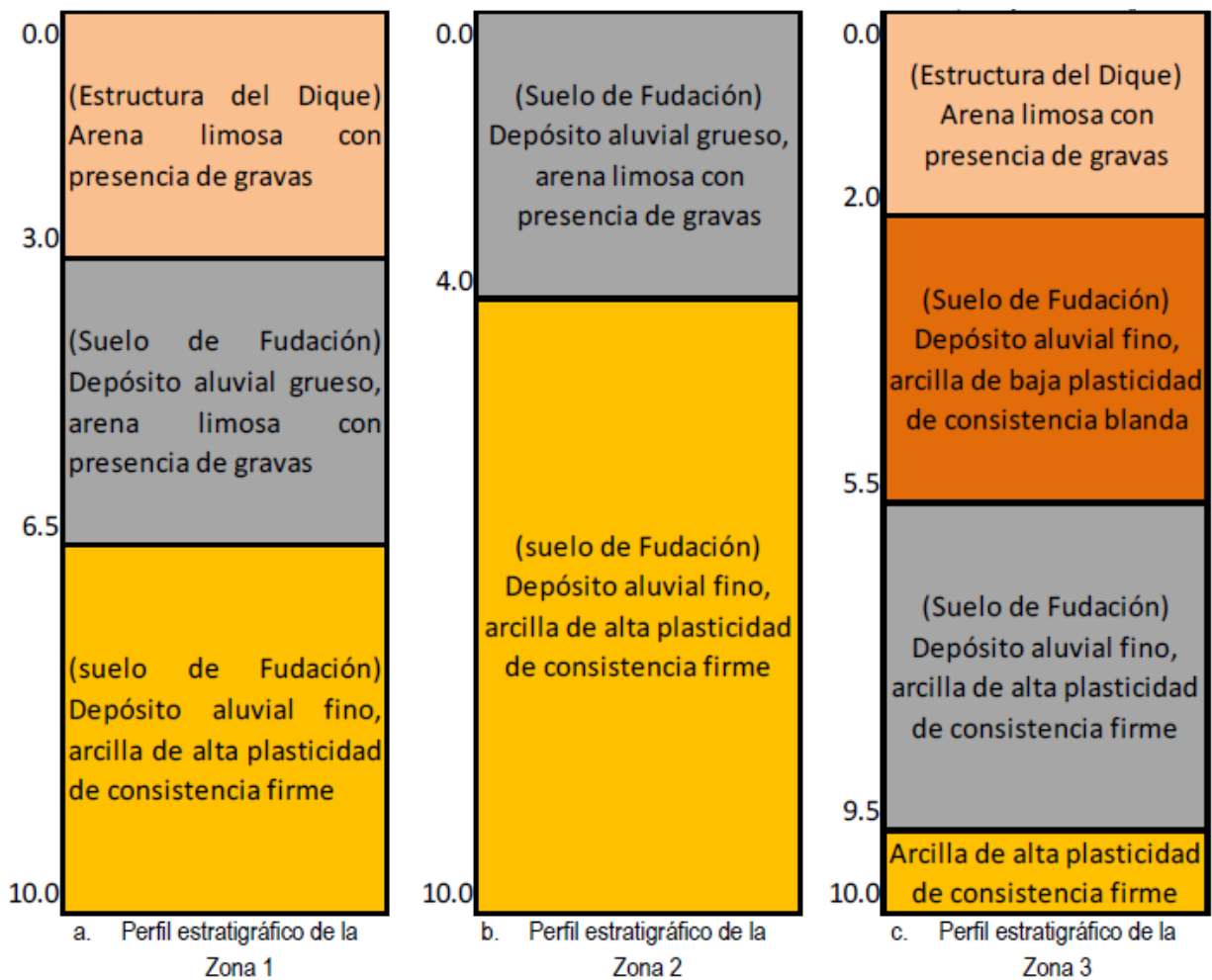
Figura 6-14. Perfiles Geotécnicos Promedio para cada Zona Geotécnica del área de estudio.

NIVEL 1 - Limo de consistencia firme
NIVEL 2 - Limo de consistencia medio firme
NIVEL 3 - Arena limosa de grano fino
NIVEL 4 - Arena limosa de grano fino

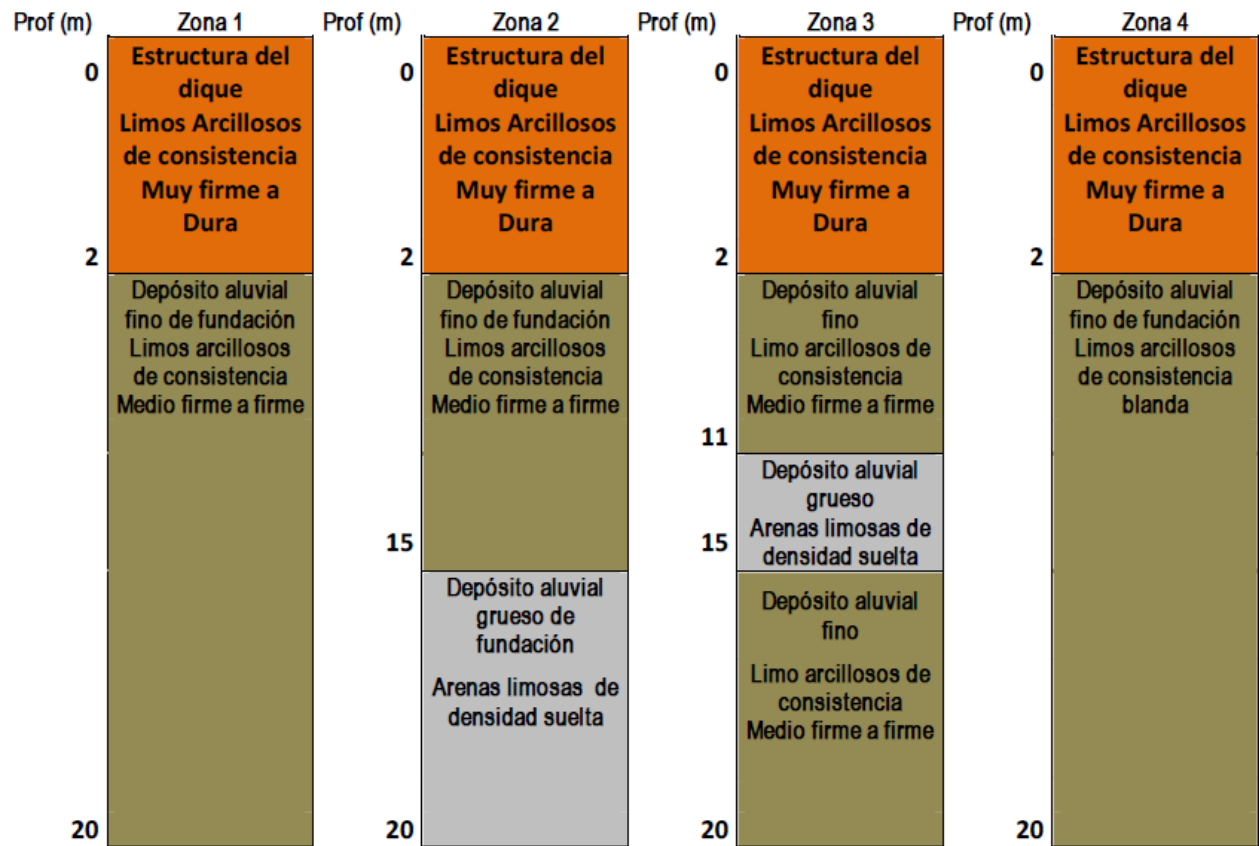
Dique Marginal, Tramo Nechí San Jacinto



San Benito



Dique Marginal, Tramo San Jacinto Astilleros



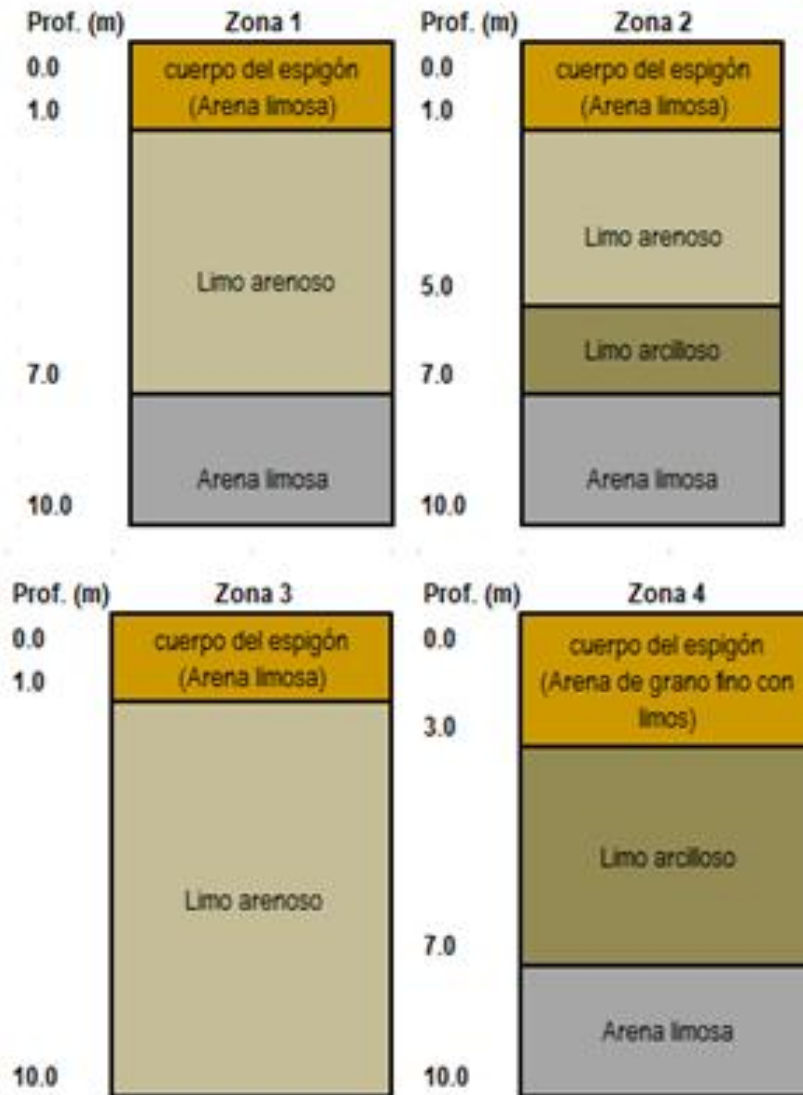
Espigón Laredo

(Estructura del cuerpo del espigón) Limos con trazas de arena de grano fino de baja plasticidad

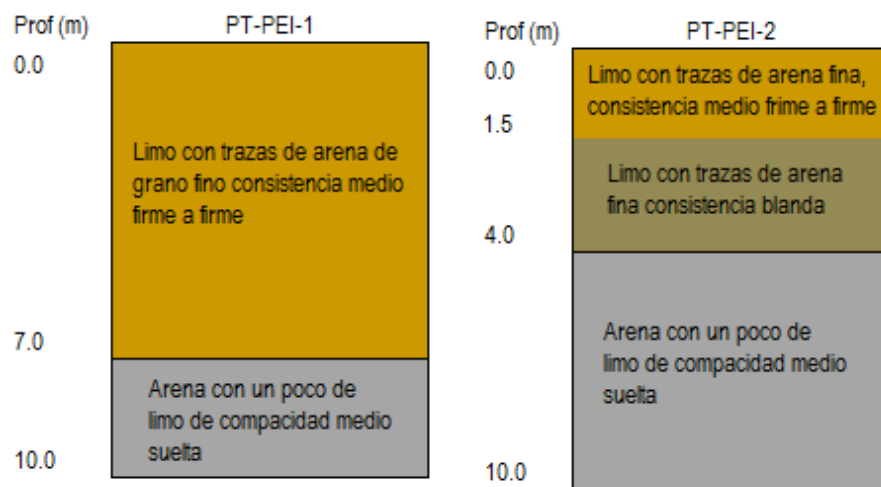
Limos con arena y mica de color marrón oscuro a gris verdoso; de humedad baja, plasticidad baja

Arena con un poco de limo y grava, de color gris verdoso; de humedad muy baja

Espigón Santa Anita



Espigón Pedro Ignacio.



Protección de orilla San Jacinto.

Prof (m)	
0.0	Arcilla limosa con arena de grano fino
4.0 - 4.5	
6.0 - 6.5	Arena de grano fino con algo de arcilla limosa
8.0	Arcilla limosa con arena de grano fino
10.0	
	Arena de grano fino con algo de arcilla limosa

Protección de orilla Achí

	Zona 1		Zona 2
Prof. (m)		Prof. (m)	
0	Estrato Superficial: Arcillas magras con arena de color marrón, consistencia firme	0	Depósito aluvial arenoso suelto: Arenas limosas, estado sueltas, humedad baja.
2.0 a 3.5	Depósito aluvial fino: Arcillas magras de color verde oliva, consistencia blanda y humedad alta	5 a 10<	Depósito aluvial arenoso denso: Arenas pobremente gradadas con limos, estado denso, humedad baja.
4 a 10<	Depósito aluvial arenoso denso: Arenas pobremente gradadas con limos, estado denso, humedad baja.		

ANEXO C.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD



Trabajamos en la Reconstrucción
Gestionando el Riesgo de Desastres



SI **SUELOS INGENIERÍA S.A.S.**
Estudios, diseños y construcciones en geotecnia

ESTRUCTURA EXISTENTE



Trabajamos en la Reconstrucción
Gestionando el Riesgo de Desastres

SI SUELOS INGENIERÍA S.A.S.
Estudios, diseños y construcciones en geotecnia

DIQUES

Dique Marginal - Tramo Colorado - Nechí (Análisis de la estructura existente)								
Caso	Condición de diseño	F.S. mínimo	F.S. resultado de los análisis					
			Sección 1		Sección 2		Sección 3	
			Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo
1	Operación en épocas de verano, NF medio en campo	1.4	4.13	1.57	2.27	2.45	1.59	1.12
2	Operación en épocas de invierno, Nivel de aguas igual a H/2	1.3	3.62	2.48	2.19	2.15	1.55	1.32
	Operación en épocas de invierno, Nivel de aguas igual a 2/3 H		4.50	2.47	2.23	2.11	1.63	1.1
	Operación en épocas de invierno, Nivel de aguas igual a H		4.66	2.36	2.66	2.02	1.67	1.06
3	Desembalse rápido	1.2	3.69	NA	1.99	NA	1.39	NA
4	Condición de sismo	1.05	4.25	5.16	3.62	2.56	1.46	1.22

Dique Marginal - tramo Nechí - San Jacinto (Análisis de la estructura existente)														
Caso	Condición de diseño	F.S. mínimo	F.S. resultado de los análisis											
			Sección 1		Sección 2		Sección 3		Sección 4		Sección 5		Sección 6	
			Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo
1	Operación en épocas de verano, NF medido en campo	1.4	1.57	2.24	1.6	1.24	2.78	2.82	1.32	1.1	2.19	2.17	1.31	2.09
2	Operación en épocas de invierno, Nivel de aguas igual a H/2	1.3	1.65	2.04	1.31	1.47	2.64	2.48	1.03	0.64	1.95	1.86	1.31	1.58
	Operación en épocas de invierno, Nivel de aguas igual a 2/3 H		1.74	2.16	1.34	1.42	2.79	2.36	1.08	0.6	2.13	1.72	1.39	1.96
	Operación en épocas de invierno, Nivel de aguas igual a H		2.07	1.9	1.38	1.33	2.65	2.15	1.21	0.55	2.53	1.84	1.39	1.39
3	Desembalse rápido	1.2	1.02	NA	0.8	NA	2.01	NA	0.63	NA	1.8	NA	0.82	NA
4	Condición de sismo	1.05	1.65	2.67	1.28	3.38	2.55	2.88	1.03	0.82	3.13	3.1	1.43	2.06

Dique Marginal - Tramo San Jacinto - Astilleros (Análisis de la nueva estructura)								
Número	Condición de diseño	F.S. mínimo	Factor de seguridad obtenido					
			Sección 1		Sección 2		Sección 3	
			Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo
1	Final de la construcción	1.3	2.96	3.06	3.21	3.45	3.83	3.16
2	Operación en épocas de verano con NF medio en campo	1.4	2.09	1.92	2.12	2.07	2.73	1.96
3	Operación con nivel máximo extraordinario para tr = 100 años	1.3	2.46	2.59	2.35	1.66	3.25	1.71
4	Desembalse rápido desde nivel máximo extraordinario hasta el terreno natural	1.2	2.38	NA	2.34	NA	3.14	NA
5	Sismo	1.05	1.95	2.08	2.12	2.32	2.5	2.11

Dique Sehebe (Análisis de la estructura existente)								
Caso	Condición de diseño	F.S. mínimo	F.S. resultado de los análisis					
			Sección 1		Sección 2		Sección 3	
			Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo
1	Operación en épocas de verano, NF medio en campo	1.4	1.24	1.68	1.36	1.44	1.27	1.23
2	Operación en épocas de invierno, Nivel de aguas igual a H/2	1.3	1.22	1.69	1.32	1.38	1.24	1.19
	Operación en épocas de invierno, Nivel de aguas igual a 2/3 H		1.25	1.68	1.35	1.29	1.27	1.14
	Operación en épocas de invierno, Nivel de aguas igual a H		1.38	1.46	1.42	1.19	1.51	1.06
3	Desembalse rápido	1.2	0.8	NA	0.98	NA	0.9	NA
4	Condición de sismo	1.05	1.97	4.94	3.31	5.07	3	2.97

Dique Pinillos (Análisis de la estructura existente)								
Caso	Condición de diseño	F.S. mínimo	F.S. resultado de los análisis					
			Sección 1		Sección 2		Sección 3	
			Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo
1	Operación en épocas de verano, NF medio en campo	1.4	3.97	9.59	4.94	5.87	4.55	7.01
2	Operación en épocas de invierno, Nivel de aguas igual a H/2	1.3	4.59	8.63	6.12	5.27	4.13	5.5
	Operación en épocas de invierno, Nivel de aguas igual a 2/3 H		5.35	8.5	6.86	5.20	4.79	5.05
	Operación en épocas de invierno, Nivel de aguas igual a H		7.88	7.54	9.57	4.85	6.84	4.44
3	Desembalse rápido	1.2	3.94	NA	4.94	NA	4.545	NA
4	Condición de sismo	1.05	2.4	5.55	5.38	3.63	3.07	4.33

Dique Tacasaluma (Análisis de la estructura existente)							
Condición de diseño	F.S. mínimo	Factor de seguridad obtenido					
		Sección 1		Sección 2		Sección 3	
		Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo
Final de la construcción	1.3	3.31	3.28	2.84	3.04	2.17	2.35
Operación en épocas de verano con NF medio en campo	1.4	3.28	3.3	2.82	2.95	2.16	2.37
Operación con nivel máximo extraordinario para tr = 100 años	1.3	3.48	3.49	2.84	2.86	1.98	1.93
Operación con nivel de la tabla de agua justo antes de sobrepasar la cresta del dique.	1.3	4.61	4.01	3.85	3.23	2.87	2.26
Desembalse rápido desde nivel máximo extraordinario hasta el terreno natural	1.2	3.86	NA	2.86	NA	2.29	NA
Sismo	1.05	3.56	5.8	3.67	5.02	2.21	3.23

El Retiro (Análisis de la estructura existente)						
Caso	Condición de diseño	F.S. mínimo	F.S. resultado de los análisis			
			Sección 1 (Dique 10 y PO 5)		Sección 2 (Dique 10)	
			Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo
1	Operación en épocas de verano, NF medido en campo	1.4	1.53	1.52	1.64	1.5
2	Operación en épocas de invierno, Nivel de aguas igual con periodo de retorno 100 años	1.3	1.57	1.54	1.63	1.42
	Operación en épocas de invierno, Nivel de aguas igual a H		1.84	1.39	1.89	1.31
	Operación en épocas de invierno, Nivel de aguas igual a 2H/3		1.56	1.5	1.63	1.43
	Operación en épocas de invierno, Nivel de aguas igual a H/2		1.47	1.55	1.55	1.51
3	Desembalse rápido	1.2	1.18	NA	1.22	NA
4	Condición de sismo	1.05	1.68	2.03	1.86	2.22

San Benito- Dique 4 (Análisis de la estructura existente)								
DIQUE	Condición de diseño	F.S. mínimo	F.S. resultado de los análisis					
			Sección 1		Sección 2		Sección 3	
			Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo
4	Operación en épocas de verano, NF medido en campo	1.4	1.75	3	2.01	3.67	2.23	1.46
	Operación en épocas de invierno, Nivel de aguas igual a H/2	1.3	1.6	2.61	1.68	2.37	2.16	1.26
	Operación en épocas de invierno, Nivel de aguas igual a 2/3 H		1.7	2.27	1.75	2.19	2.32	1.25
	Operación en épocas de invierno, Nivel de aguas igual a H		2.15	2.06	2.27	2.25	2.86	1.1
	Desembalse rápido	1.2	1.76	NA	1.85	NA	2.2	NA
	Condición de sismo	1.05	1.59	2.67	1.65	2.94	1.9	1.3

San Benito- Dique 5 (Análisis de la estructura existente)								
DIQUE	Condición de diseño	F.S. mínimo	F.S. resultado de los análisis					
			Sección 1		Sección 2		Sección 3	
			Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo
5	Operación en épocas de verano, NF medido en campo	1.4	2.03	3.18	1.82	2.5	2.36	3.24
	Operación en épocas de invierno, Nivel de aguas igual a H/2	1.3	1.53	3.02	1.74	2.1	2.2	2.8
	Operación en épocas de invierno, Nivel de aguas igual a 2/3 H		1.97	2.62	1.95	1.93	2.25	2.7
	Operación en épocas de invierno, Nivel de aguas igual a H		2.75	2.04	2.4	1.83	2.79	2.27
	Desembalse rápido	1.2	2.04	NA	1.87	NA	2.38	NA
	Condición de sismo	1.05	1.6	2.7	1.5	2	2.2	2.8

Dique Magangué (Análisis de la estructura existente)										
Caso	Condición de diseño	F.S. mínimo	F.S. resultado de los análisis							
			Sección 1		Sección 2		Sección 3		Sección 4	
			Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo
1	Operación en épocas de verano, NF medio en campo	1.4	2.09	2.25	2.19	2.36	2.93	3.35	2.32	2.75
2	Operación en épocas de invierno, Nivel de aguas igual a H/2	1.3	2.13	2.27	2.18	1.58	2.75	2.72	2.42	2.64
	Operación en épocas de invierno, Nivel de aguas igual a 2/3 H		2.37	2.15	2.27	1.52	3.01	2.58	2.66	2.53
	Operación en épocas de invierno, Nivel de aguas igual a H		2.49	1.95	2.48	1.45	3.26	2.46	2.99	2.31
3	Desembalse rápido	1.2	2.17	NA	1.72	NA	2.22	NA	1.7	NA
4	Condición de sismo	1.05	2.8	2.74	4.04	4.44	3.68	3.43	3.1	3.87

Fondo
Adaptación



Trabajamos en la Reconstrucción
Gestionando el Riesgo de Desastres



SI SUELOS INGENIERÍA S.A.S.
Estudios, diseños y construcciones en geotecnia

MUROS

Muro Sucre (Análisis de la estructura existente)						
Tipo de Análisis	Condición de aguas	F.S. min	Sección 1	Sección 2	Sección 3	Sección 4
Volcamiento en condición estática	Inundación	3,0	1,0	1,5	1,8	1,5
	Verano		9,6	3,6	4,0	3,6
Deslizamiento en condición estática	Inundación	1,6	1,4	2,2	2,6	2,2
	Verano		6,0	2,3	2,7	2,3
Volcamiento en condición pseudo-estática	Inundación	2,0	1,0	1,5	1,7	1,5
	Verano		3,6	2,1	2,3	2,1
Deslizamiento en condición pseudo-estática	Inundación	1,1	1,3	2,0	2,4	2,0
	Verano		3,5	1,6	1,8	1,6

Muro San Benito (Análisis de la estructura existente)														
Sección de Análisis	Condición de análisis	Tramo que representa	Condición Estática con nivel de agua 100 años periodo retorno				Condición Pseudoestática				Chequeo Capacidad Portante			Chequeo Excentricidad
			F.S Volcamiento	Cumple	F.S Deslizamiento	Cumple	F.S Volcamiento	Cumple	F.S Deslizamiento	Cumple	Capacidad Portante Requerida (kPa)	Capacidad Portante Admisible (kPa)	Cumple	
1	Sin nivel de agua	K0+395 - K0+250	3.8	OK	4.3	OK	2.2	OK	2.9	OK	407	13.4	OK	OK
1	Con nivel de agua Tr=100 años	K0+395 - K0+250	6.8	OK	5.6	OK	6.5	OK	5	OK	-	-	-	OK
2	Sin nivel de agua	K0+250 - K0+140	4.1	OK	3.6	OK	0.8	NO	2	OK	189	19.5	OK	OK
2	Con nivel de agua Tr=100 años	K0+250 - K0+140	1.5	NO	1.8	OK	0.9	NO	1.5	OK	-	-	-	
3	-	K0+140 - K1+000	0.6	NO	1	NO	0.5	NO	0.9	NO	282	20.9	OK	OK

Muro Achí (Análisis de la estructura existente)						
Sección de Análisis	Tramo que representa	Condición Estática		Condición Pseudoestática		Chequeo Excentricidad
		F.S Volcamiento	F.S Deslizamiento	F.S Volcamiento	F.S Deslizamiento	
		FS>3.0	FS>1.6	FS>2.0	FS>1.05	e > B/6
1	K0+000 - K0+450	9.4	10.6	2.1	4.7	OK
2	K0+450 - K0+575	22.6	18.9	17.7	6.8	OK

Muro Guaranda (Análisis de la estructura existente)							
Tipo de Análisis	Condición de aguas	F.S. min	Sección 1	Sección 2	Sección 3	Sección 4	Sección 5
Volcamiento en condición estática	Inundación	3,0	2,7	1,5	1,6	1,8	1,8
	Verano		3,5	NA	NA	NA	NA
Deslizamiento en condición estática	Inundación	1,6	3,0	2,0	2,2	2,3	2,3
	Verano		5,7	NA	NA	NA	NA
Volcamiento en condición pseudo-estática	Inundación	2,0	2,5	1,4	1,4	1,7	1,7
	Verano		2,4	NA	NA	NA	NA
Deslizamiento en condición pseudo-estática	Inundación	1,1	2,8	1,9	2,0	2,1	2,1
	Verano		4,1	NA	NA	NA	NA

Muro Magangué (Análisis de la estructura existente)						
Tipo de Análisis	Condición de aguas	F.S. min	Sección 1	Sección 2	Sección 3	Sección 4
Volcamiento en condición estática	Inundación	3,0	1,8	1,7	1,9	2,4
	Verano		2,2	4,8	4,1	2,2
Deslizamiento en condición estática	Inundación	1,6	2,3	1,8	2,6	2,6
	Verano		0,9	0,8	1,2	3,8
Volcamiento en condición pseudo-estática	Inundación	2,0	1,8	1,6	1,8	2,2
	Verano		1,6	3,2	2,8	1,7
Deslizamiento en condición pseudo-estática	Inundación	1,1	2,2	1,6	2,4	2,4
	Verano		0,7	0,6	0,8	2,9

Muro Majagual (Análisis de la estructura existente)							
Tipo de Análisis	Condición de aguas	F.S. min	Sección 1	Sección 2	Sección 3	Sección 4	Sección 5
Volcamiento en condición estática	Inundación	3	3	2,9	3,3	3,1	1,6
	Verano		3	2,9	3,4	3	4,6
Deslizamiento en condición estática	Inundación	1,6	3,9	3,6	4,3	3,9	2,4
	Verano		1,8	1,5	1,9	1,6	2
Volcamiento en condición pseudo-estática	Inundación	2	3	2,9	3,3	3,1	1,5
	Verano		1,7	1,6	1,8	1,6	2,8
Deslizamiento en condición pseudo-estática	Inundación	1,1	3,5	3,3	3,9	3,5	2,3
	Verano		1,3	1	1,3	1,1	1,4

Muro Nechí (Análisis de la estructura existente)									
Tipo de Análisis	Condición de aguas	F.S. min	Secc. 1	Secc. 2	Secc. 3	Secc. 4	Secc. 5	Secc. 6	Secc. 7
Volcamiento en condición estática	Inundación	3,0	1,8	1,3	1,0	0,8	1,0	0,8	1,0
	Verano		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Deslizamiento en condición estática	Inundación	1,6	2,1	1,4	1,2	0,8	1,6	0,8	1,1
	Verano		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Volcamiento en condición pseudo-estática	Inundación	2,0	1,6	1,2	0,9	0,7	1,0	0,8	0,9
	Verano		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Deslizamiento en condición pseudo-estática	Inundación	1,1	1,8	1,3	1,1	0,7	1,5	0,8	1,0
	Verano		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Muro San Jacinto (Análisis de la estructura existente)

Tramo o Sección de Análisis	Nota de sección	Tramo que representa	Condición Estática con nivel de agua 100 años periodo retorno				Condición Pseudoestática				Chequeo Capacidad Portante			Chequeo Excentricidad
			F.S Volcamiento	Cumple	F.S Deslizamiento	Cumple	F.S Volcamiento	Cumple	F.S Deslizamiento	Cumple	Capacidad Portante Requerida (kPa)	Capacidad Portante Admisible (kPa)	Cumple	
1	Sección en el apique AP-2	K0+750 – K1+080	0.7	NO CUMPLE	0.3	NO CUMPLE	0.7	NO CUMPLE	0.3	NO CUMPLE	18,6	105.6	OK	OK
2	Sección en el apique AP-4	K0+580 - K0+750	0.3	NO CUMPLE	0.4	NO CUMPLE	0.2	NO CUMPLE	0.3	NO CUMPLE	36,9	124.4	OK	OK
3	Sección en el apique AP-1	K0+400 – K0+580	1.9	NO CUMPLE	1.3	NO CUMPLE	1.7	NO CUMPLE	1.1	OK	18.9	146.7	OK	OK
4	Sección en el apique AP-3	K0+000 – K0+400	3.2	OK	1.5	NO CUMPLE	3	CUMPLE	1.3	CUMPLE	13	141.3	OK	OK



Trabajamos en la Reconstrucción
Gestionando el Riesgo de Desastres

SI SUELOS INGENIERÍA S.A.S.
Estudios, diseños y construcciones en geotecnia

ESPIGONES

Espigón Laredo (Análisis de la estructura existente)				
Caso	Condición de diseño	Factor de seguridad mínimo	Factor de seguridad obtenido	
			Aguas arriba	Aguas abajo
1	Condición estática a corto plazo con flujo estacionario	1.3	3.7	2.53
2	Condición estática a largo plazo con flujo estacionario	1.4	4.46	3.77
3	Desembalse rápido	1.2	9.81	8.7
4	Condición de sismo	1.05	2.59	1.8

Espigón Santa Anita (Análisis de la estructura existente)						
Caso	Condición de diseño	Factor de seguridad mínimo	Factores de seguridad obtenidos			
			Sección 1		Sección 2	
			Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo
1	Condición estática a corto plazo con flujo estacionario	1.3	1.68	1.66	1.81	1.89
2	Condición estática a largo plazo con flujo estacionario	1.4	1.76	1.81	2.08	2.02
3	Desembalse rápido	1.2	1.23	1.24	1.89	1.89
4	Condición de sismo	1.05	1.45	1.44	1.56	1.56

PROTECCIONES DE ORILLA

Protección de orilla San Jacinto (Análisis de la estructura existente)			
Caso	Condición de diseño	Factor de seguridad mínimo	Factor de seguridad obtenido
1	Condición estática a corto plazo con flujo estacionario	1.3	7.31
2	Condición estática a largo plazo con flujo estacionario	1.4	8.85
3	Condición estática con flujo estacionario para un nivel de aguas en caso de crecientes	1.3	9.39
4	Desembalse rápido	1.2	8.25
5	Condición de sismo	1.05	7.01

Protección de orilla Achí (Análisis de la estructura existente)			
Caso	Condición de diseño	Factor de seguridad mínimo	FS Sección 1 (Estructura en espolones metálicos y zona geotécnica 1)
1	Condición estática a corto plazo con flujo estacionario	1.3	1.83
2	Condición estática a largo plazo con flujo estacionario	1.4	1.87
3	Condición estática con flujo estacionario para un nivel de aguas en caso de crecientes	1.3	2.23
4	Desembalse rápido	1.2	1.21
5	Condición de sismo	1.05	1.4



SI SUELOS INGENIERÍA S.A.S.
Estudios, diseños y construcciones en geotecnia

NUEVA ESTRUCTURA



SI SUELOS INGENIERÍA S.A.S.
Estudios, diseños y construcciones en geotecnia

DIQUES

Dique Marginal - Tramo Colorado - Nechí (Análisis de la nueva estructura)								
Número	Condición de diseño	F.S. mínimo	Factor de seguridad obtenido					
			Sección 1		Sección 2		Sección 3	
			Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo
1	Final de la construcción	1.3	2.21	2.22	2.24	2.04	1.55	1.43
2	Operación en épocas de verano con NF medio en campo	1.4	2.08	1.84	2.01	2.01	1.55	1.42
3	Operación con nivel máximo extraordinario para tr = 100 años	1.3	2.67	1.7	2.41	1.35	1.83	1.28
4	Desembalse rápido desde nivel máximo extraordinario hasta el terreno natural	1.2	1.57	NA	1.75	NA	1.5	NA
5	Sismo	1.05	1.83	1.72	1.89	1.63	1.12	1.06

Dique Marginal - tramo Nechí - San Jacinto (Análisis de la nueva estructura)										
Número	Condición de diseño	F.S. mínimo	Factor de seguridad obtenido							
			Sección 1		Sección 3		Sección 4		Sección 5	
			Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo
1	Final de la construcción	1.3	4.82	3.29	2.97	3.85	2.64	2.65	4.72	6.73
3	Operación en épocas de verano con NF medio en campo	1.4	2.23	1.84	1.67	1.79	1.85	1.68	1.64	1.93
4	Operación con nivel máximo extraordinario para tr = 100 años	1.3	3.4	1.71	1.79	1.31	1.88	1.74	1.43	1.42
4	Desembalse rápido desde nivel máximo extraordinario hasta el terreno natural	1.2	2	NA	1.24	NA	1.74	NA	1.22	NA
5	Sismo	1.05	2.17	2.46	1.49	2.04	2.44	2.49	1.45	1.92

Dique Marginal - Tramo San Jacinto - Astilleros (Análisis de la estructura existente)										
Zona o sección de análisis	Condición de diseño	F.S. mínimo	F.S. resultado de los análisis							
			Sección 1		Sección 2		Sección 3		Sección 4	
			Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo
1	Operación en épocas de verano, NF medido en campo	1.4	1.03	1.44	1.76	1.78	1.77	1.59	2.31	1.71
2	Operación en épocas de invierno, Nivel de aguas igual a H/2	1.3	1.13	1.39	1.64	1.54	1.77	1.61	1.69	1.59
	Operación en épocas de invierno, Nivel de aguas igual a 2/3 H		1.18	1.33	1.72	1.50	1.76	1.56	1.66	1.55
	Operación en épocas de invierno, Nivel de aguas igual a H		1.43	1.31	1.64	1.40	1.74	1.51	1.65	1.59
3	Desembalse rápido	1.2	0.73	NA	1.29	NA	1.64	NA	2.35	NA
4	Condición de sismo	1.05	1.16	2.82	2.06	2.18	3.05	2.26	2.85	1.77

Dique Sehebe (Análisis de la nueva estructura)				
Análisis	Condición de diseño	F.S. mínimo	Factor de seguridad obtenido	
			Aguas arriba	Aguas abajo
1	Final de la construcción	1.3	3.85	3.82
2	Operación en épocas de verano con NF medio en campo	1.4	1.71	1.7
3	Operación con nivel máximo extraordinario para tr = 100 años	1.3	2.77	1.39
4	Desembalse rápido desde nivel máximo extraordinario hasta el terreno natural	1.2	1.57	NA
5	Sismo (seudoestático)	1.05	1.85	1.82

Dique Pinillos (Análisis de la nueva estructura)								
Número	Condición de diseño	F.S. mínimo	Factor de seguridad obtenido					
			Sección 1		Sección 2		Sección 3	
			Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo
1	Final de la construcción	1.3	1.53	1.54	1.73	1.44	2.22	1.83
2	Operación en épocas de verano con NF medio en campo	1.4	2.13	2.13	2.77	2.01	2.56	2.09
3	Operación con nivel máximo extraordinario para tr = 100 años	1.3	2.43	1.82	2.52	1.78	2.31	1.71
4	Desembalse rápido desde nivel máximo extraordinario hasta el terreno natural	1.2	2.13	NA	2.28	NA	2.56	NA
5	Sismo	1.05	1.28	1.33	1.48	1.27	1.88	1.63

El Retiro (Análisis de la nueva estructura)						
Caso	Condición de diseño	F.S. mínimo	F.S. resultado de los análisis			
			Sección 1		Sección 2	
			Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo
1	Operación en épocas de verano, NF medido en campo	1.4	1.45	1.45	1.56	1.41
2	Operación en épocas de invierno, Nivel de aguas igual con periodo de retorno 100 años	1.3	1.48	1.33	1.65	1.41
4	Condición de sismo	1.05	1.48	1.73	2.13	1.63

San Benito- Dique 4 (Análisis de la nueva estructura)						
Número	Condición de diseño	F.S. mínimo	Factor de seguridad obtenido			
			Zona 1		Zona4	
			Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo
1	Final de la construcción	1.3	NA	NA	NA	NA
2	Operación en épocas de verano con NF medio en campo	1.4	2.37	3.27	2.88	2.45
3	Operación con nivel máximo extraordinario para tr = 100 años	1.3	3.43	2.14	4	1.79
4	Desembalse rápido desde nivel máximo extraordinario hasta el terreno natural	1.2	2.37	-	2.9	-
5	Sismo	1.05	1.9	2.5	2.26	1.99

San Benito- Dique 5 (Análisis de la nueva estructura)								
Número	Condición de diseño	F.S. mínimo	Factor de seguridad obtenido					
			Zona 1		Zona2		Zona3	
			Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo
1	Final de la construcción	1.3	NA	NA	NA	NA	2.48	2.94
2	Operación en épocas de verano con NF medio en campo	1.4	2.27	2.83	2.21	2.48	2.28	2.63
3	Operación con nivel máximo extraordinario para $t_r = 100$ años	1.3	3.28	2.25	3.38	1.71	4.02	1.86
4	Desembalse rápido desde nivel máximo extraordinario hasta el terreno natural	1.2	2.27	-	2.29	-	2.28	-
5	Sismo	1.05	1.81	2.35	1.76	1.96	1.78	2.08



SI SUELOS INGENIERÍA S.A.S.
Estudios, diseños y construcciones en geotecnia

MUROS

Muro San Benito (Análisis de la nueva estructura)													
Sección de Análisis	Tramo que representa	Condición Estática con nivel de agua 100 años periodo de retorno				Condición Pseudoestática				Chequeo Capacidad Portante			Chequeo Excentricidad
		F.S Volcamiento	Cumple	F.S Deslizamiento	Cumple	F.S Volcamiento	Cumple	F.S Deslizamiento	Cumple	Capacidad Portante drenada admisible (kPa)	Capacidad aplicada (kPa)	Cumple	
1	Km 0+395 Km 0+250	9.7	OK	7.4	OK	9.3	OK	6.2	OK	407	13.4	OK	OK
2	Km 0+250 Km 0+140	2.2	OK	4.1	OK	2.2	OK	3.4	OK	189.3	19.5	OK	OK
3	Km 0+140 Km 0+000	4	OK	2.1	OK	3.8	OK	1.6	OK	282	20.9	OK	OK

Muro Sucre (Análisis de la nueva estructura)							
Tipo de Análisis	Condición de aguas	F.S. min	Sección 1	Sección 2	Sección 3	Sección 4	Sección 5
Volcamiento en condición estática	Inundación	3	3,2	3,1	3,3	3,1	3,1
	Verano		5,2	5,6	4,1	5,6	5,6
Deslizamiento en condición estática	Inundación	1,6	4,2	5,1	4,9	5,1	5,1
	Verano		4,8	3,0	2,4	3,0	3,0
Volcamiento en condición pseudo-estática	Inundación	2	3,1	3,1	3,3	3,1	3,1
	Verano		3,8	2,8	2,3	2,8	2,8
Deslizamiento en condición pseudo-estática	Inundación	1,1	3,8	4,6	4,5	4,6	4,6
	Verano		3,1	1,9	1,5	1,9	1,9

Muro Achí (Análisis de la nueva estructura)						
Sección de Análisis	Tramo que representa	Condición Estática		Condición Pseudoestática		Chequeo Excentricidad
		F.S Volcamiento	F.S Deslizamiento	F.S Volcamiento	F.S Deslizamiento	
		FS>3.0	FS>1.6	FS>2.0	FS>1.05	$e < B/6$
1	K0+000 - K0+450	3	2.5	2.4	1.6	OK
2	K0+450 - K0+575	3	2.8	2.4	1.4	OK

Muro Majagual (Análisis de la nueva estructura)							
Tipo de Análisis	Condición de aguas	F.S. min	Sección 1	Sección 2	Sección 3	Sección 4	Sección 5
Volcamiento en condición estática	Inundación	3	3,1	3,0	3,0	3,0	3,0
	Verano		5,9	5,9	4,1	4,1	4,1
Deslizamiento en condición estática	Inundación	1,6	5,4	5,1	4,6	4,6	4,6
	Verano		4,5	3,1	2,4	2,4	2,4
Volcamiento en condición pseudo-estática	Inundación	2	3,1	3,0	3,0	3,0	3,0
	Verano		2,4	2,9	2,3	2,3	2,3
Deslizamiento en condición pseudo-estática	Inundación	1,1	4,6	4,5	4,2	4,2	4,2
	Verano		2,6	1,9	1,5	1,5	1,5

Muro Guaranda (Análisis de la nueva estructura)									
Tipo de Análisis	Condición de aguas	F.S. min	Sección 1	Sección 2	Sección 3	Sección 4	Sección 5	Sección 6	Sección 7
Volcamiento en condición estática	Inundación	3	3,0	3,2	3,0	3,0	3,2	3,2	3,2
	Verano		3,2	4,2	3,2	3,2	4,2	4,2	4,2
Deslizamiento en condición estática	Inundación	1,6	3,9	4,3	3,9	3,9	4,3	4,3	4,3
	Verano		1,7	2,1	1,7	1,7	2,1	2,1	2,1
Volcamiento en condición pseudo-estática	Inundación	2	2,9	3,0	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0
	Verano		2,0	2,7	2,0	2,0	2,7	2,7	2,7
Deslizamiento en condición pseudo-estática	Inundación	1,1	3,7	4,0	3,7	3,7	4,0	4,0	4,0
	Verano		1,1	1,3	1,1	1,1	1,3	1,3	1,3

Muro Magangué (Análisis de la nueva estructura)						
Tipo de Análisis	Condición de aguas	F.S. min	Sección 1	Sección 2	Sección 3	Sección 4
Volcamiento en condición estática	Inundación	3	3,1	3,1	3,1	3,1
	Verano		3,8	3,8	3,2	3,2
Deslizamiento en condición estática	Inundación	1,6	4,1	4,1	3,9	3,9
	Verano		1,8	1,8	2,2	2,2
Volcamiento en condición pseudo-estática	Inundación	2	2,9	2,9	2,9	2,9
	Verano		2,4	2,4	2,0	2,0
Deslizamiento en condición pseudo-estática	Inundación	1,1	3,8	3,8	3,6	3,6
	Verano		1,2	1,2	1,4	1,4

Muro Nechí (Análisis de la nueva estructura)									
Tipo de Análisis	Condición de aguas	F.S. min	Secc. 1	Secc. 2	Secc. 3	Secc. 4	Secc. 5	Secc. 6	Secc. 7
Volcamiento en condición estática	Inundación	3	3,3	3,1	3,0	3,1	3,1	3,1	3,1
	Verano		10,4	6,6	5,0	3,9	3,9	4,9	4,9
Deslizamiento en condición estática	Inundación	1,6	9,9	3,8	4,3	4,1	4,1	4,4	4,4
	Verano		7,8	5,8	2,2	1,9	1,9	2,3	2,3
Volcamiento en condición pseudo-estática	Inundación	2	3,0	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
	Verano		6,0	4,3	3,1	2,4	2,4	3,1	3,1
Deslizamiento en condición pseudo-estática	Inundación	1,1	8,6	3,5	3,9	3,8	3,8	4,0	4,0
	Verano		4,8	3,8	1,4	1,2	1,2	1,5	1,5

Muro San Jacinto (Análisis de la nueva estructura)													
Sección de Análisis	Tramo que representa	Condición Estática con nivel de agua 100 años periodo de retorno				Condición Pseudoestática				Chequeo Capacidad Portante			Chequeo Excentricidad
		F.S Volcamiento	Cumple	F.S Deslizamiento	Cumple	F.S Volcamiento	Cumple	F.S Deslizamiento	Cumple	Capacidad Portante NO drenada admisible (kPa)	Capacidad Portante Drenada Admisible (kPa)	Cumple	
1	K0+750 – K1+080	3.1	OK	1.8	OK	3.2	OK	1.6	OK	77	183.4	OK	OK
2	K0+580 - K0+750	3.5	OK	1.7	OK	3.3	OK	1.5	OK	118.5	183.4	OK	OK
3	K0+400 – K0+580	3.1	OK	2	OK	2.9	OK	1.7	OK	77	188.9	OK	OK
4	K0+000 – K0+400	3.1	OK	1.9	OK	3.3	OK	1.7	OK	84.1	183.8	OK	OK



SI SUELOS INGENIERÍA S.A.S.
Estudios, diseños y construcciones en geotecnia

ESPIGONES

Espigón Santa Anita (Análisis de la nueva estructura)						
Caso	Condición de diseño	Factor de seguridad mínimo	Factores de seguridad obtenidos			
			Sección 1		Sección 2	
			Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo
1	Condición estática a corto plazo con flujo estacionario	1.3	2.06	2.07	2.5	2.49
2	Condición estática a largo plazo con flujo estacionario	1.4	2.03	2.07	2.87	2.95
3	Desembalse rápido	1.2	1.52	1.51	2.19	2.2
4	Condición de sismo	1.05	1.59	1.59	1.89	1.9

ANEXO D.

CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTOS

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Actividades varias o generales				
1.1	Localización, replanteo y levantamiento topográfico	m ²	17286.0	\$ 4,912	\$ 84,908,832
2	Manejo de aguas en la obra				
2.1	Evacuación de aguas del sitio de fundación, drenajes y cualquier elemento necesario para garantizar el manejo de las aguas en el sitio de obra	GL	1	\$ 50,000,000	\$ 50,000,000
3	Excavaciones y movimiento de tierras				
3.1	Descapote y limpieza del sito de obra	m ²	17286.0	\$ 18,431	\$ 318,598,266
3.2	Excavaciones en suelo para lareparación del dique dique	m ³	5,655.0	\$ 31,722	\$ 179,387,910
3.3	Excavaciones adicional	m ³	565.5	\$ 31,722	\$ 17,938,791
4	Rellenos del cuerpo del dique				
4.1	Relleno con material fino homogéneo seleccionado para el cuerpo del dique	m ³	604.1	\$ 38,660	\$ 23,354,506
4.2	Relleno en material granular (filtro) para el dren de pata aguas abajo	m ³	0.0	\$ 101,160	\$ -
4.3	Material seleccionado para el afirmado en la cresta del dique	m ³	0.00	\$ 105,634	\$ -
4.4	Relleno en material fino homogeneo para el relleno del colchacreto	m ³	1569.60	\$ 38,660	\$ 60,680,736
5	Protección de superficies y taludes				
5.1	Empradizado con pasto convencional	m ²	7,693.8	\$ 8,498	\$ 65,381,912
5.2	Geotextil no tejido para la separación dren con el cuerpo del dique (NT-1800 o similar)	m ²	0.0	\$ 12,248	\$ -
	Geotextil no tejido para la separación de la protección con geocolchones y el cuerpo del dique (NT-1800 o similar)	m ²	7,847.9	\$ 12,248	\$ 96,121,079
	Geotextil no tejido para la separación de la capa de rodadura (NT-1800 o similar)	m ²	0.0	\$ 12,248	\$ -
	Geotextil no tejido para la protección de la geomembrana de cunetas (NT-1800 o similar)	m ²	1,374.1	\$ 12,248	\$ 16,829,977
5.3	Geomembrana para evitar la filtración a través de cunetas (NT-1800 o similar)	m ²	1,374.1	\$ 12,248	\$ 16,829,977
5.4	Colchacreto para la protección de la cara aguas arriba (mortero incluido)	m ²	7,847.9	\$ 75,021	\$ 588,757,306
5.5	Concreto para el recubrimiento de cunetas de f'c = 21.0 Mpa, con agregado de 1/2".	m ³	79.6	\$ 342,112	\$ 27,232,115
6	Elementos o actividades para el control de calidad de los materiales y la obra				
6.1	Servicios de laboratorio para la ejecución de ensayos necesarios para el control de calidad de las obras	GL	1	\$ 1,800,000	\$ 1,800,000
7	Instrumentación geotécnica para verificación del comportamiento de la estructura				
7.1	Mojones de referencia sobre la cresta y ttaludes del dique (1 mojón cada 100 ml de dique)	Und	10	\$ 620,438	\$ 6,204,380
				TOTAL (COSTOS)	\$ 1,554,025,787

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Actividades varias o generales				
1.1	Localización, replanteo y levantamiento topográfico	m ²	129,600.0	\$ 4,912	\$ 636,580,296.00
2	Manejo de aguas en la obra				
2.1	Evacuación de aguas del sitio de fundación, drenajes y cualquier elemento necesario para garantizar el manejo de las aguas en el sitio de obra (Art 600 INVIAS)	GL	1.0	\$ 778,462,812	\$ 778,462,812.24
3	Excavaciones y movimiento de tierras				
3.2	Excavaciones en suelo para la fundación del dique (Art 600 INVIAS)	m ³	203,040.0	\$ 48,798	\$ 9,907,945,920.00
3.3	Excavaciones adicional	m ³	20,304.0	\$ 48,798	\$ 990,794,592.00
4	Rellenos del cuerpo del dique				
4.1	Relleno con material fino homogéneo seleccionado para el cuerpo del dique	m ³	158,850.0	\$ 55,736	\$ 8,853,663,600.00
4.2	Relleno en material granular (filtro) para el dren de pata aguas abajo (Art 673 INVIAS)	m ³	2,043.0	\$ 118,236	\$ 241,556,148.00
4.3	Material seleccionado para el afirmado en la cresta del dique (Art 210 INVIAS o similar)	m ³	3,339.0	\$ 122,710	\$ 409,728,690.00
5	Protección de superficies y taludes				
5.1	Empradizado con pasto convencional	m ²	15,426.0	\$ 8,498	\$ 188,937,648.00
5.2	Geotextil no tejido para la separación dren con el cuerpo del dique (NT-1800 o similar)	m ²	8,577.0	\$ 12,248	\$ 105,051,096.00
	Geotextil no tejido para la separación de la protección con flexocreto y el cuerpo del dique (NT-1800 o similar)	m ²	22,410.0	\$ 12,248	\$ 274,477,680.00
	Geotextil no tejido para la separación de la capa de rodadura (NT-1800 o similar)	m ²	8,217.0	\$ 12,248	\$ 100,641,816.00
	Geotextil no tejido para la protección de la geomembrana de cunetas (NT-1800 o similar)	m ²	2,619.0	\$ 12,248	\$ 41,898,762.00
5.3	Geomembrana para evitar la filtración a través de cunetas (HDPE 40 MIL o similar)	m ²	2,619.0	\$ 15,998	\$ 249,231,897.00
5.4	Flexocreto para la protección de la cara aguas arriba (Flexocreto 10000 o similar)	m ²	22,410.0	\$ 95,163	\$ 7,666,729,920.00
5.5	Concreto para el recubrimiento de cunetas de f'c = 21.0 Mpa, con agregado de 1/2".	m ³	297.0	\$ 342,112	\$ 101,607,264.00
6	Elementos o actividades para el control de calidad de los materiales y la obra				
6.1	Apiques para la extracción de muestras y verificación de las condiciones del relleno del dique	m ³	190.0	\$ 131,752	\$ 25,032,880.00
6.2	Servicios de laboratorio para la ejecución de ensayos necesarios para el control de calidad de las obras	GL	1.0	\$ 151,207,000	\$ 151,207,000.00
7	Instrumentación geotécnica para verificación del comportamiento de la estructura				
7.1	Mojones de referencia sobre la cresta y taludes del dique (1 mojón cada 100 ml de dique)	Und	9.0	\$ 627,327	\$ 5,645,943.00
TOTAL (COSTOS)					\$ 30,729,193,964

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Actividades varias o generales				
1.1	Localización, replanteo y levantamiento topográfico	m ²	5880.00	\$4,912	\$28,881,884
2	Manejo de aguas en la obra				
2.1	Evacuación de aguas del sitio de fundación, drenajes y cualquier elemento necesario para garantizar el manejo de las aguas en el sitio de obra	GL	1	\$69,569,254	\$69,569,254
3	Excavaciones y movimiento de tierras				
3.1	Descapote y limpieza del sitio de obra	m ²	5880	\$68,218.69	\$401,125,926
3.2	Excavaciones en suelo para la fundación del dique (INVIAS Art 210-07)	m ³	1176	\$72,369.54	\$85,106,583
3.3	Excavaciones adicional (INVIAS Art 210-07)	m ³	1764	\$72,369.54	\$127,659,875
4	Rellenos del cuerpo del dique				
4.1	Relleno con material fino homogéneo seleccionado para el cuerpo del dique (INVIAS Cap2- Art 220)	m ³	7344.12	\$79,307.04	\$582,440,445
4.2	Relleno en material granular (filtro) para el dren de pata aguas abajo (INVIAS 673-07)	m ³	294	\$141,807.04	\$41,691,271
4.3	Material seleccionado para el afirmado en la cresta del dique (INVIAS 311-07)	m ³	205.8	\$146,281.58	\$30,104,749
5	Protección de superficies y taludes				
5.1	Empradizado con pasto convencional (Invias Art 810)	m ²	2058	\$8,497.69	\$17,488,236
5.2	Geotextil no tejido para la separación dren con el cuerpo del dique (NT-1800 o similar)	m ²	1831.62	\$12,247.69	\$22,433,105
	Geotextil no tejido para la separación de la protección con flexocreto y el cuerpo del dique (NT-1800 o similar)	m ²	2768.5	\$5,275.00	\$14,603,838
	Geotextil no tejido para la separación de la capa de rodadura (NT-1800 o similar)	m ²	1029	\$12,247.69	\$12,602,868
	Geotextil no tejido para la protección de la geomembrana de cunetas (NT-1800 o similar)	m ²	882	\$12,247.69	\$10,802,458
5.3	Geomembrana para evitar la filtración a través de cunetas (NT-1800 o similar)	m ²	882	\$15,997.69	\$14,109,958
5.4	Flexocreto para la protección de la cara aguas arriba (NT-1800 o similar)	m ²	2768.5	\$112,306.22	\$310,919,762
5.5	Concreto para el recubrimiento de cunetas de f'c = 21.0 Mpa, con agregado de 1/2".	m ³	73.5	\$359,255.29	\$26,405,264
6	Elementos o actividades para el control de calidad de los materiales y la obra				
6.1	Apiques para la extracción de muestras y verificación de las condiciones del relleno del dique	m ³	30	\$131,752.78	\$3,952,583
6.2	Servicios de laboratorio para la ejecución de ensayos necesarios para el control de calidad de las obras	GL	1	\$7,000,000.00	\$7,000,000
7	Instrumentación geotécnica para verificación del comportamiento de la estructura				
7.1	Mojones de referencia sobre la cresta y taludes del dique (1 mojón cada 100 ml de dique)	Und	3	\$634,184.52	\$1,902,554
COSTO TOTAL DE LA OBRA (COP)					\$1,808,800,614

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Actividades varias o generales				
1.1	Localización, replanteo y levantamiento topográfico	m ²	9570.0	\$ 3,629	\$ 34,729,530
2	Manejo de aguas en la obra				
2.1	Evacuación de aguas del sitio de fundación, drenajes y cualquier elemento necesario para garantizar el manejo de las aguas en el sitio de obra (Art 600 INVIAS)	GL	1	\$ 293,448,797	\$ 293,448,797
3	Excavaciones y movimiento de tierras				
3.1	Descapote y limpieza del sito de obra	m ²	9570.0	\$ 7,729	\$ 73,966,530
3.2	Excavaciones en suelo para la fundación del dique (Art 600 INVIAS)	m ³	4,786.9	\$ 15,000	\$ 71,803,500
3.3	Excavaciones adicional	m ³	478.7	\$ 15,000	\$ 7,180,350
4	Rellenos del cuerpo del dique				
4.1	Relleno con material fino homogéneo seleccionado para el cuerpo del dique (Art 220 INVIAS o similar)	m ³	27,600.0	\$ 17,888	\$ 493,698,889
4.2	Relleno en material granular (filtro) para el dren de pata aguas abajo (Art 673 INVIAS)	m ³	1,237.9	\$ 91,254	\$ 112,959,146
4.3	Material seleccionado para el afirmado en la cresta del dique (Art 210 INVIAS o similar)	m ³	570.0	\$ 94,734	\$ 53,998,136
5	Protección de superficies y taludes				
5.1	Empradizado con pasto convencional	m ²	4,611.0	\$ 4,850	\$ 22,363,302
5.2	Geotextil no tejido para la separación dren con el cuerpo del dique (NT-1800 o similar)	m ²	2,010.2	\$ 4,775	\$ 9,598,705
	Geotextil no tejido para la separación de la protección con flexocreto y el cuerpo del dique (NT-1800 o similar)	m ²	5,564.9	\$ 4,775	\$ 26,572,350
	Geotextil no tejido para la separación de la capa de rodadura (NT-1800 o similar)	m ²	3,700.0	\$ 4,775	\$ 17,667,500
	Geotextil no tejido para la protección de la geomembrana de cunetas (NT-1800 o similar)	m ²	4,285.0	\$ 4,775	\$ 20,460,875
5.3	Geomembrana para evitar la filtración a través de cunetas (HDPE 40 MIL o similar)	m ²	1,600.0	\$ 9,395	\$ 15,032,000
5.4	Flexocreto para la protección de la cara aguas arriba (Flexocreto 10000 o similar)	m ²	5,564.9	\$ 100,000	\$ 556,489,000
5.5	Concreto para el recubrimiento de cunetas de f'c = 21.0 Mpa, con agregado de 1/2".	m ³	618.9	\$ 350,000	\$ 216,625,500
6	Elementos o actividades para el control de calidad de los materiales y la obra				
6.1	Apiques para la extracción de muestras y verificación de las condiciones del relleno del dique	m ³	6	\$ 250,000	\$ 1,380,000
6.2	Servicios de laboratorio para la ejecución de ensayos necesarios para el control de calidad de las obras	GL	1.0	\$ 55,000,000	\$ 55,000,000
7	Instrumentación geotécnica para verificación del comportamiento de la estructura				
7.1	Mojones de referencia sobre la cresta y taludes del dique (1 mojón cada 100 ml de dique)	Und	139	\$ 1,200,000	\$ 166,800,000
TOTAL (COSTOS)					\$ 2,249,774,109

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Actividades varias o generales				
1.1	Localización, replanteo y levantamiento topográfico	m ²	13750.0	\$ 3,629	\$ 49,898,750
2	Manejo de aguas en la obra				
2.1	Evacuación de aguas del sitio de fundación, drenajes y cualquier elemento necesario para garantizar el manejo de las aguas en el sitio de obra (Art 600 INVIAS)	GL	1	\$ 385,162,120	\$ 385,162,120
3	Excavaciones y movimiento de tierras				
3.1	Descapote y limpieza del sito de obra	m ²	9570.0	\$ 7,729	\$ 73,966,530
3.2	Excavaciones en suelo para la fundación del dique (Art 600 INVIAS)	m ³	6,872.0	\$ 15,000	\$ 103,080,000
3.3	Excavaciones adicional	m ³	687.2	\$ 15,000	\$ 10,308,000
4	Rellenos del cuerpo del dique				
4.1	Relleno con material fino homogéneo seleccionado para el cuerpo del dique (Art 220 INVIAS o similar)	m ³	39,200.0	\$ 17,888	\$ 701,195,523
4.2	Relleno en material granular (filtro) para el dren de pata aguas abajo (Art 673 INVIAS)	m ³	1,497.6	\$ 91,254	\$ 136,661,349
4.3	Material seleccionado para el afirmado en la cresta del dique (Art 210 INVIAS o similar)	m ³	748.8	\$ 94,734	\$ 70,936,498
5	Protección de superficies y taludes				
5.1	Empradizado con pasto convencional	m ²	5,769.2	\$ 4,850	\$ 27,980,620
5.2	Geotextil no tejido para la separación dren con el cuerpo del dique (NT-1800 o similar)	m ²	2,432.0	\$ 4,775	\$ 11,612,800
	Geotextil no tejido para la separación de la protección con flexocreto y el cuerpo del dique (NT-1800 o similar)	m ²	8,150.8	\$ 4,775	\$ 38,920,070
	Geotextil no tejido para la separación de la capa de rodadura (NT-1800 o similar)	m ²	2,592.0	\$ 4,775	\$ 12,376,800
	Geotextil no tejido para la protección de la geomembrana de cunetas (NT-1800 o similar)	m ²	2,521.5	\$ 4,775	\$ 12,040,029
5.3	Geomembrana para evitar la filtración a través de cunetas (HDPE 40 MIL o similar)	m ²	1,900.0	\$ 9,395	\$ 17,850,500
5.4	Flexocreto para la protección de la cara aguas arriba (Flexocreto 10000 o similar)	m ²	8,150.8	\$ 100,000	\$ 815,080,000
5.5	Concreto para el recubrimiento de cunetas de f'c = 21.0 Mpa, con agregado de 1/2".	m ³	748.8	\$ 350,000	\$ 262,080,000
6	Elementos o actividades para el control de calidad de los materiales y la obra				
6.1	Apiques para la extracción de muestras y verificación de las condiciones del relleno del dique	m ³	8	\$ 250,000	\$ 1,960,000
6.2	Servicios de laboratorio para la ejecución de ensayos necesarios para el control de calidad de las obras	GL	1.0	\$ 55,000,000	\$ 55,000,000
7	Instrumentación geotécnica para verificación del comportamiento de la estructura				
7.1	Mojones de referencia sobre la cresta y taludes del dique (1 mojón cada 100 ml de dique)	Und	139	\$ 1,200,000	\$ 166,800,000
TOTAL (COSTOS)					\$ 2,952,909,589

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Actividades varias o generales				
1.1	Localización, replanteo y levantamiento topográfico	m ²	230992.0	\$ 4,912	\$ 1,134,632,704
2	Manejo de aguas en la obra				
2.1	Evacuación de aguas del sitio de fundación, drenajes y cualquier elemento necesario para garantizar el manejo de las aguas en el sitio de obra (Art 600 INVIAS)	GL	1.0	\$ 3,322,702,987	\$ 3,322,702,987
3	Excavaciones y movimiento de tierras				
3.1	Descapote y limpieza del sito de obra	m ²	61965.0	\$ 23,844	\$ 1,477,493,460
3.2	Excavaciones en suelo para la fundación del dique (Art 600 INVIAS)	m ³	182449.2	\$ 48,798	\$ 8,903,146,303
3.3	Excavaciones adicional	m ³	18244.9	\$ 48,798	\$ 890,314,631
4	Rellenos del cuerpo del dique				
4.1	Relleno con material fino homogéneo seleccionado para el cuerpo del dique (Art 220 INVIAS o similar)	m ³	952037.3	\$ 55,736	\$ 53,062,734,232
4.2	Relleno en material granular (filtro) para el dren de pata aguas abajo (Art 673 INVIAS)	m ³	32772.0	\$ 118,236	\$ 3,874,830,192
4.3	Material seleccionado para el afirmado en la cresta del dique (Art 210 INVIAS o similar)	m ³	53561.3	\$ 122,710	\$ 6,572,507,123
5	Protección de superficies y taludes				
5.1	Empradizado con pasto convencional	m ²	143125.3	\$ 8,498	\$ 1,216,276,250
5.2	Geotextil no tejido para la separación dren con el cuerpo del dique (NT-1800 o similar)	m ²	137584.6	\$ 12,248	\$ 1,685,128,833
	Geotextil no tejido para la separación de la protección con flexocreto y el cuerpo del dique (NT-1800 o similar)	m ²	140791.3	\$ 12,248	\$ 1,724,411,842
	Geotextil no tejido para la separación de la capa de rodadura (NT-1800 o similar)	m ²	131809.8	\$ 12,248	\$ 1,614,406,430
	Geotextil no tejido para la protección de la geomembrana de cunetas (NT-1800 o similar)	m ²	56878.9	\$ 12,248	\$ 696,652,767
5.3	Geomembrana para evitar la filtración a través de cunetas (HDPE 40 MIL o similar)	m ²	56878.9	\$ 15,998	\$ 909,948,642
5.4	Flexocreto para la protección de la cara aguas arriba (Flexocreto 10000 o similar)	m ²	140791.3	\$ 95,163	\$ 13,398,122,481
5.5	Concreto para el recubrimiento de cunetas de f'c = 21.0 Mpa, con agregado de 1/2".	m ³	4888.4	\$ 342,112	\$ 1,672,380,301
6	Elementos o actividades para el control de calidad de los materiales y la obra				
6.1	Apiques para la extracción de muestras y verificación de las condiciones del relleno del dique	m ³	190.4	\$ 131,752	\$ 25,085,580
6.2	Servicios de laboratorio para la ejecución de ensayos necesarios para el control de calidad de las obras	GL	1.0	\$ 950,719,000	\$ 950,719,000
7	Instrumentación geotécnica para verificación del comportamiento de la estructura				
7.1	Mojones de referencia sobre la cresta y taludes del dique (1 mojón cada 100 ml de dique)	Und	139.0	\$ 627,327	\$ 87,198,453
TOTAL (COSTOS)					\$ 103,218,692,213

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Manejo de aguas en la obra				
1.1	Evacuación de aguas del sitio de fundación, drenajes y cualquier elemento necesario para garantizar el manejo de las aguas en el sitio de obra (Art 600 INVIAS)	GL	1	\$ 101,805,005	\$ 101,805,005
2	Excavaciones y movimiento de tierras				
2.1	Excavaciones para el alistamiento y reconformación del dique (Art 600 INVIAS)	m ³	28,555.1	\$ 25,227	\$ 720,360,265
2.2	Excavaciones adicional	m ³	1,427.8	\$ 25,227	\$ 36,018,013
3	Rellenos del cuerpo del dique				
3.1	Relleno con material fino homogéneo seleccionado para reconformar el dique (Art 220 INVIAS o similar)	m ³	488.9	\$ 32,164	\$ 15,726,266
3.2	Material seleccionado para el afirmado en la cresta del dique (Art 210 INVIAS o similar)	m ³	3,172.1	\$ 99,139	\$ 314,473,865
4	Protección de superficies y taludes				
4.1	Empradizado con pasto convencional	m ²	31,802.9	\$ 8,498	\$ 270,261,214
4.2	Geotextil no tejido para la separación de la protección con flexocreto y el cuerpo del dique (NT-1800 o similar)	m ²	17,952.14	\$ 12,248	\$ 374,143,330
	Geotextil no tejido para la separación de la capa de rodadura (NT-1800 o similar)	m ²	30,547	\$ 12,248	\$ 57,967,187
	Geotextil no tejido para la protección de la geomembrana de cunetas (NT-1800 o similar)	m ²	4,732.8	\$ 12,248	\$ 57,967,187
4.3	Geomembrana para evitar la filtración a través de cunetas (HDPE 40 MIL o similar)	m ²	4,732.8	\$ 15,998	\$ 75,715,142
4.4	Flexocreto para la protección de la cara aguas arriba	m ²	17,952	\$ 78,021	\$ 1,400,643,915
4.5	Concreto para el recubrimiento de cunetas de f'c = 21.0 Mpa, con agregado de 1/2".	m ³	198.7	\$ 324,970	\$ 64,579,598
5	Elementos o actividades para el control de calidad de los materiales y la obra				
5.1	Apiques para la extracción de muestras y verificación de las condiciones del relleno del dique	m ³	5	\$ 131,753	\$ 644,193
5.2	Servicios de laboratorio para la ejecución de ensayos necesarios para el control de	GL	1	\$ 5,000,000	\$ 5,000,000
COSTO TOTAL DE LA OBRA (COP)					\$ 3,495,305,182

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Actividades varias o generales				
1.1	Localización, replanteo y levantamiento topográfico	m ²	26866.4	\$ 4,912	\$ 131,967,757
2	Manejo de aguas en la obra				
2.1	Evacuación de aguas del sitio de fundación, drenajes y cualquier elemento necesario para garantizar el manejo de las aguas en el sitio de obra	GL	1	\$ 142,640,397	\$ 142,640,397
3	Excavaciones y movimiento de tierras				
3.1	Descapote y limpieza del sito de obra	m ²	26866.4	\$ 13,120	\$ 352,487,168
3.2	Excavaciones en suelo para la fundación del dique	m ³	3,077.6	\$ 21,102	\$ 64,943,515
3.3	Excavaciones adicional	m ³	307.8	\$ 21,102	\$ 6,495,196
4	Rellenos del cuerpo del dique				
4.1	Material seleccionado para el afirmado en la cresta del dique	m ³	133.40	\$ 95,014	\$ 12,674,868
4.2	Relleno en material compactado para el relleno de geocolchones (protección en la cara aguas arriba)	m ³	2589.70	\$ 28,039	\$ 72,612,598
5	Protección de superficies y taludes				
5.1	Empradizado con pasto convencional	m ²	7,911.4	\$ 8,498	\$ 67,231,077
5.2	Geotextil no tejido para la separación de la protección con geocolchones y el cuerpo del dique (NT-1800 o similar)	m ²	12,948.5	\$ 12,248	\$ 158,593,228
	Geotextil no tejido para la separación de la capa de rodadura (NT-1800 o similar)	m ²	6,888.0	\$ 12,248	\$ 84,364,224
	Geotextil no tejido para la protección de la geomembrana de cunetas (NT-1800 o similar)	m ²	1,557.4	\$ 12,248	\$ 19,075,035
5.3	Geomembrana para evitar la filtración a través de cunetas (NT-1800 o similar)	m ²	1,557.4	\$ 12,248	\$ 19,075,035
5.4	Geocolchones para la protección de la cara aguas arriba	m ²	12,948.5	\$ 75,021	\$ 971,409,419
5.5	Concreto para el recubrimiento de cunetas de f'c = 21.0 Mpa, con agregado de 1/2".	m ³	92.8	\$ 321,970	\$ 29,878,816
6	Barrera de baja permeabilidad				
6.1	Barrera de baja permeabilidad en suelo-bentonita (e=0,3m y Prof=1.5m)	m ³	145.00	\$ 5,600,000	\$ 812,000,000
TOTAL (COSTOS)					\$ 2,945,448,333

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Actividades varias o generales				
1.1	Localización, replanteo y levantamiento topográfico	m ²	336000.0	\$ 4,912	\$ 1,650,432,000
2	Manejo de aguas en la obra				
2.1	Evacuación de aguas del sitio de fundación, drenajes y cualquier elemento necesario para garantizar el manejo de las aguas en el sitio de obra (Art 600 INVIAS)	GL	1.0	\$ 2,325,565,146	\$ 2,325,565,146
3	Excavaciones y movimiento de tierras				
3.1	Descapote y limpieza del sito de obra	m ²	336000.0	\$ 23,844	\$ 8,011,584,000
3.2	Excavaciones en suelo para la fundación del dique (Art 600 INVIAS)	m ³	181972.1	\$ 48,798	\$ 8,879,874,536
3.3	Excavaciones adicional	m ³	18197.2	\$ 48,798	\$ 887,986,966
4	Rellenos del cuerpo del dique				
4.1	Relleno con material fino homogéneo seleccionado para el cuerpo del dique (Art 220 INVIAS o similar)	m ³	435090.5	\$ 55,736	\$ 24,250,176,240
4.2	Relleno en material granular (filtro) para el dren de pata aguas abajo (Art 673 INVIAS)	m ³	44640.0	\$ 118,236	\$ 5,278,055,504
4.3	Material seleccionado para el afirmado en la cresta del dique (Art 210 INVIAS o similar)	m ³	25209.5	\$ 122,710	\$ 3,093,457,746
5	Protección de superficies y taludes				
5.1	Empradizado con pasto convencional	m ²	241315.4	\$ 8,498	\$ 2,050,698,269
5.2	Geotextil no tejido para la separación dren con el cuerpo del dique (NT-1800 o similar)	m ²	49104.0	\$ 12,248	\$ 601,425,792
	Geotextil no tejido para la separación de la protección con flexocreto y el cuerpo del dique (NT-1800 o similar)	m ²	182362.3	\$ 12,248	\$ 2,233,573,450
	Geotextil no tejido para la separación de la capa de rodadura (NT-1800 o similar)	m ²	181729.9	\$ 12,248	\$ 2,225,827,815
	Geotextil no tejido para la protección de la geomembrana de cunetas (NT-1800 o similar)	m ²	60264.0	\$ 12,248	\$ 738,113,472
5.4	Geomembrana para evitar la filtración a través de cunetas (HDPE 40 MIL o similar)	m ²	60264.0	\$ 15,998	\$ 964,103,472
5.5	Flexocreto para la protección de la cara aguas arriba (Flexocreto 10000 o similar)	m ³	182362.3	\$ 95,163	\$ 17,354,143,555
5.6	Concreto para el recubrimiento de cunetas de f'c = 21.0 Mpa, con agregado de 1/2".	m ³	5580.0	\$ 342,112	\$ 1,908,984,960
6	Elementos o actividades para el control de calidad de los materiales y la obra				
6.1	Apiques para la extracción de muestras y verificación de las condiciones del relleno del dique	m ³	87.0	\$ 131,752	\$ 11,462,424
6.2	Servicios de laboratorio para la ejecución de ensayos necesarios para el control de calidad de las obras	GL	1.0	\$ 414,309,000	\$ 414,309,000
7	Instrumentación geotécnica para verificación del comportamiento de la estructura				
7.1	Mojones de referencia sobre la cresta y taludes del dique (1 mojón cada 100 ml de dique)	Und	22.0	\$ 627,327	\$ 13,801,194
TOTAL (COSTOS)					\$ 82,893,575,541

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Actividades varias o generales				
1.1	Localización, replanteo y levantamiento topográfico	m ²	293000.0	\$ 4,912	\$ 1,439,216,000.00
2	Manejo de aguas en la obra				
2.1	Evacuación de aguas del sitio de fundación, drenajes y cualquier elemento necesario para garantizar el manejo de las aguas en el sitio de obra (Art 600)	GL	1		\$ -
3	Excavaciones y movimiento de tierras				
3.1	Descapote y limpieza del sito de obra	m ²	293000.0	\$ 23,844	\$ 6,986,292,000.00
3.2	Excavaciones en suelo para la fundación del dique (Art 600 INVIAS)	m ³	168,852.2	\$ 48,798	\$ 8,239,651,932.84
3.3	Excavaciones adicional	m ³	16,885.2	\$ 48,798	\$ 823,965,193.28
4	Rellenos del cuerpo del dique				
4.1	Relleno con material fino homogéneo seleccionado para el cuerpo del dique (Art 220 INVIAS o similar)	m ³	916,659.1	\$ 55,736	\$ 51,090,914,133.04
4.2	Relleno en material granular (filtro) para el dren de pata aguas abajo (Art 673 INVIAS)	m ³	40,876.8	\$ 118,236	\$ 4,833,109,324.80
4.3	Material seleccionado para el afirmado en la cresta del dique (Art 210 INVIAS o similar)	m ³	73,923.2	\$ 122,710	\$ 9,071,115,872.00
4.4	Protección de superficies y taludes				
5	Empradizado con pasto convencional	m ²	158,081.2	\$ 8,498	\$ 1,343,374,037.60
5.1	Geotextil no tejido para la separación dren con el cuerpo del dique (NT-1800 o similar)	m ²	173,726.4	\$ 12,248	\$ 2,127,800,947.20
5.2	Geotextil no tejido para la separación de la protección con flexocreto y el cuerpo del dique (NT-1800 o similar)	m ²	163,828.9	\$ 12,248	\$ 2,006,576,367.20
	Geotextil no tejido para la separación de la capa de rodadura (NT-1800 o similar)	m ²	165,029.0	\$ 12,248	\$ 2,021,275,192.00
	Geotextil no tejido para la protección de la geomembrana de cunetas (NT-1800 o similar)	m ²	5,724.9	\$ 12,248	\$ 70,118,575.20
	Geomembrana para evitar la filtración a través de cunetas (NT-1800 o similar)	m ²	5,724.9	\$ 15,998	\$ 91,586,950.20
5.3	Flexocreto para la protección de la cara aguas arriba (Flexocreto 10000 o similar)	m ²	163,828.9	\$ 95,163	\$ 15,590,449,610.70
5.4	Concreto para el recubrimiento de cunetas de f'c = 21.0 Mpa, con agregado de 1/2".	m ²	1,822.0	\$ 342,112	\$ 623,328,064.00
5.5	Elementos o actividades para el control de calidad de los materiales y la obra				
6	Apiques para la extracción de muestras y verificación de las condiciones del relleno del dique	m ³	183.3	\$ 131,752	\$ 24,154,335.15
6.1	Servicios de laboratorio para la ejecución de ensayos necesarios para el control de calidad de las obras	GL	1.0	\$ 871,496,500	\$ 871,496,500.00
6.2	Instrumentación geotécnica para verificación del comportamiento de la estructura				
7.1	Mojones de referencia sobre la cresta y taludes del dique (1 mojón cada 100 ml de dique)	Und	17	\$ 627,327	\$ 10,664,559.00
TOTAL (COSTOS)					\$ 107,265,089,594

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Actividades varias o generales				
1.1	Localización, replanteo, y levantamiento topográfico	m	26,705.2	\$ 4,912	\$ 131,175,942
2	Manejo de aguas en la obra				
2.1	Geotextil de separación para drenajes	m ²	15,174.6	\$ 12,248	\$ 185,858,501
2.2	Evacuación de aguas del sitio	GL	1.0	\$ 1,000,000,000	\$ 1,000,000,000
3	Excavaciones y movimiento de tierras				
3.1	Descapote y limpieza del sito de obra	m ²	26,705.2	\$ 75,290	\$ 2,010,634,508
3.2	Excavaciones adicionales	m ³	17,272.1	\$ 79,441	\$ 1,372,112,896
4	Relleno				
4.1	Relleno con material fino homogéneo seleccionado	m ³	46,973.9	\$ 86,378	\$ 4,057,511,534
4.2	Relleno en material granular (filtro) para el dren aguas abajo	m ³	3,301.4	\$ 148,878	\$ 491,505,829
5	Protección de superficies				
5.1	Empradizado con pasto convencional	m ²	11,588.1	\$ 8,498	\$ 98,475,674
6	Elementos o actividades para el control de calidad de los materiales y la obra				
6.1	Servicios necesarios para la ejecución de ensayos necesarios para el control de calidad de las obras.	m	1,969.0	\$ 21,015	\$ 41,378,535
7	Colocación y materiales del concreto reforzado				
7.1	Instalación, ejecución y materiales del concreto	m ³	6,617.7	\$ 575,718	\$ 3,809,929,009
7.2	Instalación, ejecución y materiales del acero	kg	794,124.0	\$ 7,533	\$ 5,982,136,092
TOTAL (COSTOS)					\$ 19,180,718,520

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Actividades varias o generales				
1.1	Localización, replanteo, y levantamiento topográfico	m ²	11,883.6	\$ 4,912	\$ 58,372,243
2	Manejo de aguas en la obra				
2.1	Geotextil de separación para drenajes	m ²	8,658.8	\$ 12,248	\$ 106,052,982
2.2	Evacuación de aguas del sitio	m ³	11,177.0	\$ 7,806	\$ 87,247,662
3	Excavaciones y movimiento de tierras				
3.1	Descapote y limpieza del sito de obra	m ²	11,883.6	\$ 52,308	\$ 621,607,349
3.2	Excavaciones adicionales	m ³	11,177.0	\$ 56,459	\$ 631,042,243
4	Relleno				
4.1	Relleno con material fino homogéneo seleccionado	m ³	19,301.1	\$ 63,396	\$ 1,223,612,536
4.2	Relleno en material granular (filtro) para el dren aguas abajo	m ³	1,845.5	\$ 125,896	\$ 232,341,068
5	Protección de superficies				
5.1	Empradizado con pasto convencional	m ²	2,098.8	\$ 8,498	\$ 17,835,602
6	Elementos o actividades para el control de calidad de los materiales y la obra				
6.1	Servicios necesarios para la ejecución de ensayos necesarios para el control de calidad de las obras.	m	1,277.0	\$ 11,741	\$ 14,993,257
7	Colocación y materiales del concreto reforzado				
7.1	Instalación, ejecución y materiales del concreto	m ³	4,054.8	\$ 559,003	\$ 2,266,645,364
7.2	Instalación, ejecución y materiales del acero	kg	486,570.0	\$ 7,533	\$ 3,665,331,810
TOTAL (COSTOS)					\$ 8,925,082,117

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Actividades varias o generales				
1.1	Localización, replanteo, y levantamiento topográfico	m ²	22,047.5	\$ 4,912	\$ 108,297,320
2	Manejo de aguas en la obra				
2.1	Geotextil de separación para drenajes	m ²	14,354.2	\$ 12,248	\$ 175,810,242
2.2	Evacuación de aguas del sitio	gl	1.0	\$ 600,000,000	\$ 600,000,000
3	Excavaciones y movimiento de tierras				
3.1	Descapote y limpieza del sito de obra	m ²	22,047.5	\$ 58,790	\$ 1,296,172,525
3.2	Excavaciones adicionales	m ³	13,407.9	\$ 62,941	\$ 843,906,634
4	Relleno				
4.1	Relleno con material fino homogéneo seleccionado	m ³	54,617.1	\$ 69,878	\$ 3,816,533,714
4.2	Relleno en material granular (filtro) para el dren aguas abajo	m ³	3,257.8	\$ 132,378	\$ 431,261,048
5	Protección de superficies				
5.1	Empradizado con pasto convencional	m ²	12,413.7	\$ 8,498	\$ 105,491,623
6	Elementos o actividades para el control de calidad de los materiales y la obra				
6.1	Servicios necesarios para la ejecución de ensayos necesarios para el control de calidad de las obras.	m	1,323.0	\$ 9,539	\$ 12,619,766
7	Colocación y materiales del concreto reforzado				
7.1	Instalación, ejecución y materiales del concreto	m ³	7,206.9	\$ 563,718	\$ 4,062,659,254
7.2	Instalación, ejecución y materiales del acero	kg	864,822.0	\$ 7,533	\$ 6,514,704,126
				TOTAL (COSTOS)	\$ 17,967,456,252

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Actividades varias o generales				
1.1	Localización, replanteo, y levantamiento topográfico	m ²	2,606.0	\$ 4,912	\$ 12,800,672
2	Manejo de aguas en la obra				
2.1	Geotextil de separación para drenajes	m ²	2,706.0	\$ 12,248	\$ 33,143,088
2.2	Evacuación de aguas del sitio	gl	1.0	\$ 300,000,000	\$ 100,000,000
3	Excavaciones y movimiento de tierras				
3.1	Descapote y limpieza del sito de obra	m ²	2,606.0	\$ 21,076	\$ 54,924,056
3.2	Excavaciones adicionales	m ³	1,957.0	\$ 25,227	\$ 49,369,239
4	Relleno				
4.1	Relleno con material fino homogéneo seleccionado	m ³	6,764.4	\$ 32,164	\$ 217,570,162
4.2	Relleno en material granular (filtro) para el dren aguas abajo	m ³	605.3	\$ 94,664	\$ 57,300,119
5	Protección de superficies				
5.1	Empradizado con pasto convencional	m ²	239.5	\$ 8,498	\$ 2,035,271
6	Elementos o actividades para el control de calidad de los materiales y la obra				
6.1	Servicios necesarios para la ejecución de ensayos necesarios para el control de calidad de las obras.	m	285.0	\$ 19,500	\$ 5,557,500
7	Colocación y materiales del concreto reforzado				
7.1	Instalación, ejecución y materiales del concreto	m ³	1,388.8	\$ 536,289	\$ 744,798,163
7.2	Instalación, ejecución y materiales del acero	kg	166,656.0	\$ 7,533	\$ 1,255,419,648
TOTAL (COSTOS)				\$	2,532,917,918

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Actividades varias o generales				
1.1	Localización, replanteo, y levantamiento topográfico	m ²	26,876.8	\$ 4,912	\$ 132,018,842
2	Manejo de aguas en la obra				
2.1	Geotextil de separación para drenajes	m ²	17,016.8	\$ 12,248	\$ 208,421,766
2.2	Evacuación de aguas del sitio	gl	1.0	\$ 600,000,000	\$ 600,000,000
3	Excavaciones y movimiento de tierras				
3.1	Descapote y limpieza del sito de obra	m ²	26,876.8	\$ 43,469	\$ 1,168,307,619
3.2	Excavaciones adicionales	m ³	15,734.8	\$ 47,620	\$ 749,291,176
4	Relleno				
4.1	Relleno con material fino homogéneo seleccionado	m ³	64,297.9	\$ 54,557	\$ 3,507,900,530
4.2	Relleno en material granular (filtro) para el dren aguas abajo	m ³	3,807.7	\$ 117,057	\$ 445,717,939
5	Protección de superficies				
5.1	Empradizado con pasto convencional	m ²	14,876.2	\$ 8,498	\$ 126,417,948
6	Elementos o actividades para el control de calidad de los materiales y la obra				
6.1	Servicios necesarios para la ejecución de ensayos necesarios para el control de calidad de las obras.	m	1,786.0	\$ 10,000	\$ 17,860,000
7	Colocación y materiales del concreto reforzado				
7.1	Instalación, ejecución y materiales del concreto	m ³	7,979.0	\$ 552,575	\$ 4,408,995,925
7.2	Instalación, ejecución y materiales del acero	kg	957,477.6	\$ 7,533	\$ 7,212,678,761
				TOTAL (COSTOS)	\$ 18,577,610,506

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Actividades varias o generales				
1.1	Localización, replanteo y levantamiento topográfico	m ²	2,173	\$ 4,912	\$ 10,671,320
2	Manejo de aguas en la obra				
2.1	Evacuación de aguas del sitio del, drenajes y cualquier elemento necesario para garantizar el manejo de las aguas en el sitio de obra	GL	1	\$ 90,314,710	\$ 90,314,710
3	Excavaciones y movimiento de tierras				
3.1	Descapote y limpieza del sito de obra	m ²	2,173	\$ 52,306	\$ 113,634,785
3.2	Excavaciones en suelo para la fundación del muro	m ³	3,396	\$ 15,000	\$ 50,932,500
4	Rellenos homogéneos				
4.1	Relleno con material fino homogéneo seleccionado para la fundación del muro	m ³	3,906	\$ 63,396	\$ 247,624,776
4.2	Relleno en material granular (filtro) para el dren aguas arriba	m ³	909	\$ 125,896	\$ 114,376,516
5	Concreto				
5.1	Concreto 3500 PSI	m ³	1,104	\$ 559,003	\$ 617,307,013
6	Suministro de acero de refuerzo				
6.1	Acero de refuerzo con limite minimo de cedencia de 420 Mpa	Kg	132,516	\$ 7,533	\$ 998,243,028
7	Elementos o actividades para el control de calidad de los materiales y la obra				
7.1	Apiques para la extracción de muestras y verificación de las condiciones del relleno del muro	m ³	39	\$ 130,000	\$ 5,077,800
7.2	Servicios de laboratorio para la ejecución de ensayos necesarios para el control de calidad de las obras	GL	1	\$ 100,000,000	\$ 100,000,000
TOTAL (COSTOS)				\$	2,348,182,447

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Actividades varias o generales				
1.1	Localización, replanteo y levantamiento topográfico	m ²	9,396	\$ 4,912	\$ 46,153,152
2	Manejo de aguas en la obra				
2.1	Geotextil de separación para drenajes	m ²	8,350	\$ 12,248	\$ 102,270,800
2.2	Evacuación de aguas del sitio del drenajes y cualquier elemento necesario para garantizar el manejo de las aguas en el sitio de obra	GL	1	\$ 268,390,781	\$ 268,390,781
3	Excavaciones y movimiento de tierras				
3.1	Descapote y limpieza del sito de obra	m ²	9,396	\$ 21,076	\$ 198,030,096
3.2	Excavaciones en suelo para la fundación del muro	m ³	10,821	\$ 25,227	\$ 272,981,367
4	Rellenos homogéneos				
4.1	Relleno con material fino homogéneo seleccionado para la fundación del muro	m ³	13,165	\$ 62,807	\$ 826,854,155
4.2	Relleno en material granular (filtro) para el dren aguas abajo	m ³	1,404	\$ 125,307	\$ 175,956,089
5	Concreto				
5.1	Concreto 3500 PSI	m ³	4,957	\$ 570,575	\$ 2,828,340,275
6	Suministro de acero de refuerzo				
6.1	Acero de refuerzo con limite minimo de cedencia de 420 Mpa	Kg	594,840	\$ 7,533	\$ 4,480,929,720
7	Elementos o actividades para el control de calidad de los materiales y la obra				
7.1	Apiques para la extracción de muestras y verificación de las condiciones del relleno del muro	m ³	132	\$ 130,000	\$ 17,114,500
7.2	Servicios de laboratorio para la ejecución de ensayos necesarios para el control de calidad de las obras	GL	1	\$ 100,000,000	\$ 100,000,000
TOTAL (COSTOS)				\$	9,317,020,935

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Actividades varias o generales				
1.1	Localización, replanteo, y levantamiento topográfico	m ²	4,025.0	\$ 4,912	\$ 19,770,800
2	Manejo de aguas en la obra				
2.1	Evacuación de aguas del sitio del, drenajes y cualquier elemento necesario para garantizar el manejo de las aguas en el sitio de obra	GL	7,559.8	\$ 7,806	\$ 59,011,799
3	Excavaciones y movimiento de tierras				
3.1	Descapote y limpieza del sito de obra	m ²	4,025.0	\$ 9,290	\$ 37,392,250
3.2	Excavaciones sobre la fundación del muro	m ³	7,559.8	\$ 13,441	\$ 101,611,272
4	Protección de superficies				
4.1	Empradizado con pasto convencional	m ²	4,025.0	\$ 8,498	\$ 34,204,450
5	Elementos o actividades para el control de calidad de los materiales y la obra				
5.1	Apiques para la extracción de muestras y verificación de las condiciones del relleno del muro	UNID	4.0	\$ 556,500	\$ 2,226,000
5.2	Servicios necesarios para la ejecución de ensayos necesarios para el control de calidad de las obras.	m ²	4,025.0	\$ 18,271	\$ 73,540,775
6	Colocación del suelo armado				
6.1	Instalación, ejecución y materiales de la tierra armada	m ³	13,910.5	\$ 99,569	\$ 1,385,054,575
7	Colocación y materiales del concreto reforzado				
7.1	Instalación, ejecución y materiales del concreto	m ³	3,451.8	\$ 564,575	\$ 1,948,799,985
7.2	Instalación, ejecución y materiales del acero	kg	414,210.0	\$ 5,973	\$ 2,474,076,330
TOTAL (COSTOS)					\$ 6,135,688,235

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Actividades varias o generales				
1.1	Localización, replanteo y levantamiento topográfico	m ²	3440	\$ 4,912	\$ 16,897,280
2	Manejo de aguas en la obra				
2.1	Evacuación y manejo de aguas en el sitio de obra (Art 600 INVIAS)	gl	1.0	\$ 16,302,905	\$ 16,302,905
3	Excavaciones y movimiento de tierras				
3.1	Descapote y limpieza de la superficie para la instalación de geotextil y protección	m ²	4020.5	\$ 44,647	\$ 179,503,264
4	Protección de superficies y taludes				
4.1	Relleno con enrocado de protección (Dmax = 60.0 cm) para las caras y cresta del espigón e=1.0 m	m ³	1,915.7	\$ 199,866	\$ 382,873,303
4.2	Geotextil no tejido para la separación del cuerpo del espigón con el enrocado de protección (NT-1800 o similar)	m ²	3,485.0	\$ 12,248	\$ 42,684,280
4.3	Geotextil antisocavación con lastre en geobolsa (TR-4000 o similar)	m ²	748.0	\$ 36,260	\$ 27,122,480
PRESUPUESTO TOTAL (COP)					\$ 665,383,512

Espigón No.1 (Primer sector)

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Actividades varias o generales				
1.1	Localización, replanteo y levantamiento topográfico	m ²	700	\$ 3,629	\$ 2,540,300
2	Manejo de aguas en la obra				
2.1	Evacuación y manejo de aguas en el sitio de obra (Art 600 INVIAS)	gl	1.0	\$ 6,047,571	\$ 6,047,571
3	Excavaciones y movimiento de tierras				
3.1	Uniformizado o alzado de la superficie para la instalación de geotextil y protección	m ²	1070.0	\$ 7,853	\$ 8,402,307
4	Rellenos del cuerpo del Espigón				
4.1	Relleno con material fino homogéneo seleccionado para el cuerpo del dique (Art 220 INVIAS o similar)	m ³	502.0	\$ 28,496	\$ 14,305,207
5	Protección de superficies y taludes				
5.1	Relleno con enrocado de protección (Dmax = 60.0 cm) para las caras y cresta del espigón	m ³	670.0	\$ 230,110	\$ 154,173,788
	Geotextil no tejido para la separación del cuerpo del espigón con el enrocado de protección (NT-1800 o similar)	m ²	1070.0	\$ 8,341	\$ 8,925,191
	Geotextil antisocavación con lastre en geobolsa (TR-4000 o similar)	m ²	470.8	\$ 39,432	\$ 18,564,523
PRESUPUESTO TOTAL (COP)					\$ 212,958,887

Esigón No.1 (Segundo sector)

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Actividades varias o generales				
1.1	Localización, replanteo y levantamiento topográfico	m ²	1540	\$ 3,629	\$ 5,588,660
2	Manejo de aguas en la obra				
2.1	Evacuación y manejo de aguas en el sitio de obra (Art 600 INVIAS)	gl	1.0	\$ 17,199,002	\$ 17,199,002
3	Excavaciones y movimiento de tierras				
3.1	Uniformizado o alizado de la superficie para la instalación de geotextil y protección	m ²	1940.0	\$ 7,853	\$ 15,234,090
4	Rellenos del cuerpo del Espigón				
4.1	Relleno con material fino homogéneo seleccionado para el cuerpo del dique (Art 220 INVIAS o similar)	m ³	5940.0	\$ 28,496	\$ 169,268,786
5	Protección de superficies y taludes				
5.1	Relleno con enrocado de protección (Dmax = 60.0 cm) para las caras y cresta del espigón	m ³	1720.4	\$ 230,110	\$ 395,881,471
5.2	Geotextil no tejido para la separación del cuerpo del espigón con el enrocado de protección (NT-1800 o similar)	m ²	1940.4	\$ 8,341	\$ 16,185,459
5.3	Geotextil antisocavación con lastre en geobolsa (TR-4000 o similar)	m ³	774.4	\$ 39,432	\$ 30,536,038
PRESUPUESTO TOTAL (COP)					\$ 649,893,504

Esigón No. 2

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Actividades varias o generales				
1.1	Localización, replanteo y levantamiento topográfico	m ²	975	\$ 3,629	\$ 3,538,275
2	Manejo de aguas en la obra				
2.1	Evacuación y manejo de aguas en el sitio de obra (Art 600 INVIAS)	gl	1.0	\$ 11,450,440	\$ 11,450,440
3	Excavaciones y movimiento de tierras				
3.1	Uniformizado o alzado de la superficie para la instalación de geotextil y protección	m ²	1716.0	\$ 7,853	\$ 13,475,102
4	Rellenos del cuerpo del Espigón				
4.1	Relleno con material fino homogéneo seleccionado para el cuerpo del dique (Art 220 INVIAS o similar)	m ³	1341.0	\$ 28,496	\$ 38,213,711
5	Protección de superficies y taludes				
5.1	Relleno con enrocado de protección (Dmax = 60.0 cm) para las caras y cresta del espigón	m ³	1716.0	\$ 230,110	\$ 394,868,986
5.2	Geotextil no tejido para la separación del cuerpo del espigón con el enrocado de protección (NT-1800 o similar)	m ²	1,601.6	\$ 8,341	\$ 13,359,426
5.3	Geotextil antisocavación con lastre en geobolsa (TR-4000 o similar)	m ²	501.6	\$ 39,432	\$ 19,779,024
PRESUPUESTO TOTAL (COP)					\$ 494,684,964

Espigón No.3

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Actividades varias o generales				
1.1	Localización, replanteo y levantamiento topográfico	m ²	975	\$ 3,629	\$ 3,538,275
2	Manejo de aguas en la obra				
2.1	Evacuación y manejo de aguas en el sitio de obra (Art 600 INVIAS)	gl	1.0	\$ 11,450,440	\$ 11,450,440
3	Excavaciones y movimiento de tierras				
3.1	Uniformizado o alzado de la superficie para la instalación de geotextil y protección	m ²	1716.0	\$ 7,853	\$ 13,475,102
4	Rellenos del cuerpo del Espigón				
4.1	Relleno con material fino homogéneo seleccionado para el cuerpo del dique (Art 220 INVIAS o similar)	m ³	1341.0	\$ 28,496	\$ 38,213,711
5	Protección de superficies y taludes				
5.1	Relleno con enrocado de protección (Dmax = 60.0 cm) para las caras y cresta del espigón	m ³	1716.0	\$ 230,110	\$ 394,868,986
5.2	Geotextil no tejido para la separación del cuerpo del espigón con el enrocado de protección (NT-1800 o similar)	m ²	1,601.6	\$ 8,341	\$ 13,359,426
5.3	Geotextil anticavación con lastre en geobolsa (TR-4000 o similar)	m ²	501.6	\$ 39,432	\$ 19,779,024
PRESUPUESTO TOTAL (COP)				\$	494,684,964

PRESUPUESTO (ESPIGÓN SANTA ANITA)					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Actividades varias o generales				
1.1	Localización, replanteo y levantamiento topográfico	m ²	4190	\$ 3,629	\$ 15,206,510
2	Manejo de aguas en la obra				
2.1	Evacuación y manejo de aguas en el sitio de obra (Art 600 INVIAS)	gl	1.0	\$ 46,147,454	\$ 46,147,454
3	Excavaciones y movimiento de tierras				
3.1	Uniformizado o alistado de la superficie para la instalación de geotextil y protección	m ²	6442.0	\$ 7,853	\$ 50,586,600
4	Rellenos del cuerpo del Espigón				
4.1	Relleno con material fino homogéneo seleccionado para el cuerpo del dique (Art 220 INVIAS o similar)	m ³	9124.0	\$ 28,496	\$ 260,001,414
5	Protección de superficies y taludes				
5.1	Relleno con enrocado de protección (Dmax = 60.0 cm) para las caras y cresta del espigón	m ³	5822.4	\$ 230,110	\$ 1,339,793,231
5.2	Geotextil no tejido para la separación del cuerpo del espigón con el enrocado de protección (NT-1800 o similar)	m ²	6,213.6	\$ 8,341	\$ 51,829,502
5.3	Geotextil antisocavación con lastre en geobolsa (TR-4000 o similar)	m ²	2,248.4	\$ 39,432	\$ 88,658,609
PRESUPUESTO TOTAL (COP)				\$	1,852,222,320



SUELOS INGENIERÍA S.A.S.
Estudios, diseños y construcciones en geotecnia

FONDO DE ADAPTACIÓN - PROYECTO LA MOJANA
PROTECCIÓN DE ORILLA No. 6 SAN JACINTO - DISEÑO ING. BÁSICA

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Actividades varias o generales				
1.1	Localización, replanteo y levantamiento topográfico	m	486.0	\$ 4,912	\$ 2,387,232
2	Excavaciones y movimiento de tierras				
2.1	Descapote y limpieza del sito de obra	m ²	3,402.0	\$ 44,647	\$ 151,890,000
2.2	Excavaciones adicional	m ³	534.6	\$ 48,798	\$ 26,087,472
2.3	Excavaciones en el lecho del río	m ³	1,321.9	\$ 48,798	\$ 64,507,204
3	Rellenos para conformar la protección de orilla				
3.1	Relleno con material fino homogéneo seleccionado para rellenar la orilla	m ³	1,492.0	\$ 55,736	\$ 83,158,652
3.2	Relleno de gobolsas y geotubos con material del lecho del río.	m ³	7,698.2	\$ 16,496	\$ 126,993,466
4	Protección de superficies de las caras				
4.1	Empradizado con pasto convencional	m ²	3,402.0	\$ 8,498	\$ 28,909,125
4.3	Geo Textil TR4000 o similar	m ²	9,530	\$ 12,248	\$ 116,726,074
4.3	Geobolsas (1,7 m ancho x 1,7 m largo x 1 m alto)	Unidades	2,573	\$ 304,727	\$ 784,044,265
4.4	Geotubos (1,25 m de alto)	Unidades	486	\$ 422,630	\$ 205,398,000
5	Elementos o actividades para el control de calidad de los materiales y la obra				
5.1	Evaluación estructural del estado del acero y el estado de las bolsacretos.	Gl	1.0	\$ 1,000,000	\$ 1,000,000
5.2	Servicios necesarios para la ejecución de ensayos necesarios para el control de calidad de las obras.	GL	1.0	\$ 5,000,000	\$ 5,000,000
TOTAL (COSTOS)					\$ 1,596,101,491

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Actividades varias o generales				
1.1	Localización, replanteo, exploración sub acuática y levantamiento topográfico	m2	9,523.0	\$ 4,912	\$ 46,776,976
2	Excavaciones y movimiento de tierras				
2.1	Descapote y limpieza del sito de obra	m ²	9,523.0	\$ 26,290	\$ 250,359,670
2.2	Excavaciones adicional	m ³	263.0	\$ 30,441	\$ 8,005,983
2.3	Excavaciones en el lecho del río	m ³	6,503.0	\$ 18,071	\$ 117,518,500
3	Rellenos para conformar la protección de orilla				
3.1	Relleno con material fino homogéneo seleccionado para rellenar la orilla	m ³	2,634.0	\$ 37,339	\$ 98,350,926
4	Protección de superficies de las caras				
4.1	Empradizado con pasto convencional	m ²	9,523.0	\$ 8,498	\$ 80,926,454
4.2	Geotextil no tejido para proteger la orilla de la infiltración del agua (PAVCO 2500 NT similar)	m ²	17,288.0	\$ 36,260	\$ 626,862,880
4.3	Geobolsas (1,7 m ancho x 1,7 m largo x 1 m alto)	m ³	11,119	\$ 304,727	\$ 3,388,259,513
4.4	Geotubos (1,25 m de alto)	m	858	\$ 422,630	\$ 362,616,540
5	Elementos o actividades para el control de calidad de los materiales y la obra				
5.2	Servicios necesarios para la ejecución de ensayos necesarios para el control de calidad de las obras.	GL	1.0	\$ 5,000,000	\$ 5,000,000
TOTAL (COSTOS)					\$ 4,984,677,442

ANEXO E.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Localización, replanteo y levantamiento topográfico (m2)

1. HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	RENDIMIENTO	VR. UNITARIO O TARIFA	VR. PARCIAL
1.1	HERRAMIENTA MENOR	gl	1	0.038	\$ 1,326	\$ 50

2. MATERIALES

2.1	LISTON 2 x2x3M.	und	1	0.11	3,570.00	\$ 393
2.2	PUNTILLA 2 CC	lbs	1	0.02	2,040.00	\$ 41
2.3	PIOLA GRUESA 50 METROS	rol	1	0.06	2,550.00	\$ 153
2.4	MINERAL ROJO	kg	1	0.005	7,140.00	\$ 36

3. MANO DE OBRA

3.1	M.O. ALBANILERIA 2 AYUDANTE-1 OFI	hr	1	0.08	23,502.00	\$ 1,880
3.3	M.O. TOPOGRAFIA 1 CADENERO-1 TOP	hr	1	0.03	45,892.00	\$ 1,377

TOTAL COSTOS DIRECTOS M2	\$ 3,930
ADMINISTRACION, IMPREVISTOS Y UTILIDAD (AIU) 25%	\$ 982
COSTO TOTAL POR M2	\$ 4,912

Descapote (m2)

1. HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	RENDIMIENTO	VR. UNITARIO O TARIFA	VR. PARCIAL
1.2	RETROEXCAVADORA	hr	1	0.017	\$ 60,000	\$ 1,000
1.3	VOLQUETA	hr	1	0.017	\$ 50,000	\$ 833
1.4	HERRAMIENTA MENOR	gl	1	1.000	\$ 200	\$ 200

2. MATERIALES

2.1	BOTADERO	m3	1	1.000	\$ 5,000	\$ 5,000
-----	----------	----	---	-------	----------	----------

3. MANO DE OBRA

3.1	OFICIAL DE OBRA	hr	1	0.017	\$ 7,556	\$ 126
3.2	OPERADOR DE EQUIPO	hr	2	0.017	\$ 8,185	\$ 273

4. ACARREO O TRANSPORTE

4.1	DESDE LA OBRA AL BOTADERO	km	60	1.000	\$ 343	\$ 20,571
4.2	VOLQUETA	hr	1	0.171	\$ 45,000	\$ 7,714

TOTAL COSTOS DIRECTOS M2

\$ 35,718

ADMINISTRACION, IMPREVISTOS Y UTILIDAD (AIU) 25%

\$ 8,929

COSTO TOTAL POR M2

\$ 44,647

Excavación (m3)

1. HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	RENDIMIENTO	VR. UNITARIO O TARIFA	VR. PARCIAL
1.1	CARGADOR	hr	1	0.025	\$ 80,000	\$ 2,000
1.2	RETROEXCAVADORA	hr	1	0.025	\$ 60,000	\$ 1,500
1.3	VOLQUETA	hr	1	0.025	\$ 50,000	\$ 1,250
1.4	HERRAMIENTA MENOR	gl	1	1.000	\$ 200	\$ 200

2. MATERIALES

2.1	BOTADERO	m3	1	1.000	\$ 5,000	\$ 5,000
-----	----------	----	---	-------	----------	----------

3. MANO DE OBRA

3.1	OFICIAL DE OBRA	hr	1	0.025	\$ 7,556	\$ 189
3.2	OPERADOR DE EQUIPO	hr	3	0.025	\$ 8,185	\$ 614

4. ACARREO O TRANSPORTE

4.1	DESDE LA OBRA AL BOTADERO	km	60	1.000	\$ 343	\$ 20,571
4.2	VOLQUETA	hr	1	0.171	\$ 45,000	\$ 7,714

TOTAL COSTOS DIRECTOS M3

\$ 39,038

ADMINISTRACION, IMPREVISTOS Y UTILIDAD (AIU) 25%

\$ 9,760

COSTO TOTAL POR M3

\$ 48,798

Material seleccionado para la reconfiguración del dique (m3)

1. HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	RENDIMIENTO	VR. UNITARIO O TARIFA	VR. PARCIAL
1.1	CARGADOR	hr	1	0.025	\$ 80,000	\$ 2,000
1.2	VIBROCOMPACTADOR	hr	1	0.025	\$ 80,000	\$ 2,000
1.3	CARROTANQUE	hr	1	0.020	\$ 50,000	\$ 1,000
1.4	HERRAMIENTA MENOR	gl	1	1.000	\$ 200	\$ 200

2. MATERIALES

2.1	MATERIAL COMPACTADO	m3	1	1.000	\$ 10,000	\$ 10,000
2.2	AGUA	m3	1	0.100	\$ 3,000	\$ 300

3. MANO DE OBRA

3.1	OFICIAL DE OBRA	hr	1	0.025	\$ 7,556	\$ 189
3.2	OPERADOR DE EQUIPO	hr	3	0.025	\$ 8,185	\$ 614

4. ACARREO O TRANSPORTE

4.1	DESDE FUENTE DE MATERIAL AL SITIO DE OBRA	km	60	1.0	\$ 343	\$ 20,571
4.2	VOLQUETA	hr	1	0.171	\$ 45,000	\$ 7,714

TOTAL COSTOS DIRECTOS M3

\$ 44,588

ADMINISTRACION, IMPREVISTOS Y UTILIDAD (AIU) 25%

\$ 11,147

COSTO TOTAL POR M3

\$ 55,736

Material seleccionado para el afirmado en la cresta del dique (m3)

1. HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	RENDIMIENTO	VR. UNITARIO O TARIFA	VR. PARCIAL
1.1	CARGADOR	hr	1	0.025	\$ 80,000	\$ 2,000
1.2	MOTONIVELADORA	hr	1	0.025	\$ 135,000	\$ 3,375
1.3	VIBROCOMPACTADOR	hr	1	0.025	\$ 80,000	\$ 2,000
1.4	CARROTANQUE	hr	1	0.020	\$ 50,000	\$ 1,000
1.5	HERRAMIENTA MENOR	gl	1	1.000	\$ 200	\$ 200

2. MATERIALES

2.1	MATERIAL GRANULAR SELECCIONADO	m3	1	1.000	\$ 60,000	\$ 60,000
2.2	AGUA	m3	1	0.100	\$ 3,000	\$ 300

3. MANO DE OBRA

3.1	OFICIAL DE OBRA	hr	1	0.025	\$ 7,556	\$ 189
3.2	OPERADOR DE EQUIPO	hr	4	0.025	\$ 8,185	\$ 819

4. ACARREO O TRANSPORTE

4.1	DESDE FUENTE DE MATERIAL AL SITIO DE OBRA	km	60	1.000	\$ 343	\$ 20,571
4.2	VOLQUETA	hr	1	0.171	\$ 45,000	\$ 7,714

TOTAL COSTOS DIRECTOS M3

\$ 98,168

ADMINISTRACION, IMPREVISTOS Y UTILIDAD (AIU) 25%

\$ 24,542

COSTO TOTAL POR M3

\$ 122,710

Relleno en material granular (filtro) para el dren de pata aguas abajo (m3)

1. HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	RENDIMIENTO	VR. UNITARIO O TARIFA	VR. PARCIAL
1.1	CARGADOR	hr	1	0.025	\$ 80,000	\$ 2,000
1.3	VIBROCOMPACTADOR	hr	1	0.025	\$ 80,000	\$ 2,000
1.4	CARROTANQUE	hr	1	0.020	\$ 50,000	\$ 1,000
1.5	HERRAMIENTA MENOR	gl	1	1.000	\$ 200	\$ 200

2. MATERIALES

2.1	MATERIAL GRANULAR SELECCIONADO	m3	1	1.000	\$ 60,000	\$ 60,000
2.2	AGUA	m3	1	0.100	\$ 3,000	\$ 300

3. MANO DE OBRA

3.1	OFICIAL DE OBRA	hr	1	0.025	\$ 7,556	\$ 189
3.2	OPERADOR DE EQUIPO	hr	3	0.025	\$ 8,185	\$ 614

4. ACARREO O TRANSPORTE

4.1	DESDE FUENTE DE MATERIAL AL SITIO DE OBRA	km	60	1.000	\$ 343	\$ 20,571
4.2	VOLQUETA	hr	1	0.171	\$ 45,000	\$ 7,714

TOTAL COSTOS DIRECTOS M3

\$ 94,588

ADMINISTRACION, IMPREVISTOS Y UTILIDAD (AIU) 25%

\$ 23,647

COSTO TOTAL POR M3

\$ 118,236

Empradizado (m2)

1. HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	RENDIMIENTO	VR. UNITARIO O TARIFA	VR. PARCIAL
1.1	HERRAMIENTA MENOR	gl	1	1.000	\$ 1,000	\$ 1,000

2. MATERIALES

2.1	GRAMA CONVENCIONAL	m2	1	1.000	\$ 4,000	\$ 4,000
-----	--------------------	----	---	-------	----------	----------

3. MANO DE OBRA

3.1	INSTALADOR	hr	1	0.050	\$ 7,556	\$ 378
3.2	AYUDANTE	hr	1	0.050	\$ 4,407	\$ 220

4. ACARREO O TRANSPORTE

4.1	DESDE PROVEEDOR AL STIO DE OBRA	gl	1	1.000	\$ 1,200	\$ 1,200
-----	---------------------------------	----	---	-------	----------	----------

TOTAL COSTOS DIRECTOS M2

\$ 6,798

ADMINISTRACION, IMPREVISTOS Y UTILIDAD (AIU) 25%

\$ 1,700

COSTO TOTAL POR M2

\$ 8,498

Geotextil no tejido de separación (m2)

1. HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	RENDIMIENTO	VR. UNITARIO O TARIFA	VR. PARCIAL
1.1	HERRAMIENTA MENOR	gl	1	1.000	\$ 1,000	\$ 1,000

2. MATERIALES

2.1	GEOTEXTIL NO TEJIDO NT-1800 O SIMILAR	m2	1	1.000	\$ 7,000	\$ 7,000
-----	---------------------------------------	----	---	-------	----------	----------

3. MANO DE OBRA

3.1	INSTALADOR	hr	1	0.050	\$ 7,556	\$ 378
3.2	AYUDANTE	hr	1	0.050	\$ 4,407	\$ 220

4. ACARREO O TRANSPORTE

4.1	DESDE PROVEEDOR AL STIO DE OBRA	gl	1	1.000	\$ 1,200	\$ 1,200
-----	---------------------------------	----	---	-------	----------	----------

TOTAL COSTOS DIRECTOS M2

\$ 9,798

ADMINISTRACION, IMPREVISTOS Y UTILIDAD (AIU) 25%

\$ 2,450

COSTO TOTAL POR M2

\$ 12,248

Geomembrana para evitar la filtración a través de cunetas (m2)

1. HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	RENDIMIENTO	VR. UNITARIO O TARIFA	VR. PARCIAL
1.1	HERRAMIENTA MENOR	gl	1	1.000	\$ 1,000	\$ 1,000

2. MATERIALES

2.1	GEOMEMBRANA (HDPE 40 MIL O SIMILAR)	m2	1	1.00	\$ 10,000	\$ 10,000
-----	-------------------------------------	----	---	------	-----------	-----------

3. MANO DE OBRA

3.1	INSTALADOR	hr	1	0.050	\$ 7,556	\$ 378
3.2	AYUDANTE	hr	1	0.050	\$ 4,407	\$ 220

4. ACARREO O TRANSPORTE

4.1	DESDE PROVEEDOR AL STIO DE OBRA	gl	1	1.000	\$ 1,200	\$ 1,200
-----	---------------------------------	----	---	-------	----------	----------

TOTAL COSTOS DIRECTOS M2

\$ 12,798

ADMINISTRACION, IMPREVISTOS Y UTILIDAD (AIU) 25%

\$ 3,200

COSTO TOTAL POR M2

\$ 15,998

Flexocreto (m2)

1. HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	RENDIMIENTO	VR. UNITARIO O TARIFA	VR. PARCIAL
1.1	HERRAMIENTA MENOR	gl	1	1.000	\$ 15,000	\$ 15,000
1.2	MANGUERA Y SISTEMA DE LLENAO DE 3"	und	1	0.025	\$ 400,000	\$ 10,000
1.3	ANCLAJES	gl	1	0.025	\$ 200,000	\$ 5,000

2. MATERIALES

1.1	FLEXOCRETO 10,000 O SIMILAR	m2	1	1.000	\$ 14,000	\$ 14,000
1.2	MORTERO FLUIDO	m3	1	0.010	\$ 300,000	\$ 3,000
1.3	COSTURA DE FLEXOCRETO	gl	1	1.000	\$ 1,000	\$ 1,000

3. MANO DE OBRA

3.1	OFICIAL (MANIPULACIÓN DEL MORTERO)	hr	1	0.050	\$ 7,556	\$ 378
3.2	AYUDANTE	hr	4	0.050	\$ 4,407	\$ 881
3.3	MANO DE OBRA ANCLAJE	hr	1	0.050	\$ 80,000	\$ 4,000

4. ACARREO O TRANSPORTE

4.1	DESDE PROVEEDOR AL STIO DE OBRA - FLEXOCRETO	gl	1	1.000	\$ 2,300	\$ 2,300
4.2	DESDE PROVEEDOR AL STIO DE OBRA - MORTERO	km	60	1.000	\$ 343	\$ 20,571

TOTAL COSTOS DIRECTOS M2	\$ 76,131
ADMINISTRACION, IMPREVISTOS Y UTILIDAD (AIU) 25%	\$ 19,033
COSTO TOTAL POR M2	\$ 95,163

Concreto 2000 psi (m3)

1. EQUIPOS

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	RENDIMIENTO	VR. UNITARIO O TARIFA	VR. PARCIAL
1.1	HERRAMIENTA MENOR	gl	1	1.000	\$ 2,000	\$ 2,000

2. MATERIALES

2.1	CONCRETO DE 2000 PSI, AGRE. 1/2" Y ASENT. 5"	m3	1	1.000	\$ 250,000	\$ 250,000
2.2	AGUA	m3	1	0.100	\$ 3,000	\$ 300

3. MANO DE OBRA

3.1	OFICIAL	hr	1	0.050	\$ 7,556	\$ 378
3.2	AYUDANTE	hr	2	0.050	\$ 4,407	\$ 441

4. ACARREO O TRANSPORTE

4.1	DESDE PROVEEDOR AL STIO DE OBRA - CONCRETO	km	60	1.000	\$ 343	\$ 20,571
-----	--	----	----	-------	--------	-----------

TOTAL COSTOS DIRECTOS M3	\$ 273,690
ADMINISTRACION, IMPREVISTOS Y UTILIDAD (AIU) 25%	\$ 68,422
COSTO TOTAL POR M3	\$ 342,112

Mojones de referencia (und)

1. EQUIPOS

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	RENDIMIENTO	VR. UNITARIO O TARIFA	VR. PARCIAL
1.1	HERRAMIENTA MENOR	gl	1	1.000	\$ 15,000	\$ 15,000

2. MATERIALES

2.1	CONCRETO DE 3000 PSI, AGRE. 1/2" Y ASENT. 5"	m3	1	0.400	\$ 330,000	\$ 132,000
2.2	AGUA	m3	1	0.100	\$ 3,000	\$ 300
2.3	VARILLA DE ACERO FY = 420 MPA, DIAM. 1"	kg	1	1.000	\$ 4,000	\$ 4,000
2.4	TUBERÍA DE ACERO, DIAM. 4"	ml	1	1.000	\$ 43,000	\$ 43,000
2.5	PLATINA DE BRONCE	und	1	1.000	\$ 45,000	\$ 45,000

3. MANO DE OBRA

3.1	OFICIAL	hr	1	9.000	\$ 12,593	\$ 113,333
3.2	AYUDANTE	hr	2	9.000	\$ 7,556	\$ 136,000

4. ACARREO O TRANSPORTE

4.2	DESDE PROVEEDOR AL STIO DE OBRA - CONCRETO	km	60	0.400	\$ 343	\$ 8,229
4.2	DESDE PROVEEDOR AL STIO DE OBRA - OTROS	gl	1	1.000	\$ 5,000	\$ 5,000

TOTAL COSTOS DIRECTOS M3

\$ 501,862

ADMINISTRACION, IMPREVISTOS Y UTILIDAD (AIU) 25%

\$ 125,465

COSTO TOTAL POR M3

\$ 627,327

APU PROYECTO LA MOJANA

CODIGO: GC-R-2

VERSION: 5

FECHA: FEBRERO 13 DE 2012

Concreto 4000 psi (m3)

1. EQUIPOS

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	RENDIMIENTO	VR. UNITARIO O TARIFA	VR. PARCIAL
1.1	HERRAMIENTA MENOR	gl	1	1.000	\$ 5,000	\$ 5,000
1.2	VIBRADOR	día	1	0.200	\$ 43,000	\$ 8,600

2. MATERIALES

2.1	CONCRETO DE 4000 PSI, AGRE. 1/2" Y ASENT. 5"	m3	1	1.000	\$ 350,000	\$ 350,000
2.2	AGUA	m3	1	0.100	\$ 3,000	\$ 300
2.2	IMPERMEABILIZANTE	gl	1	1.000	\$ 15,000	\$ 15,000
2.2	FORMALETA	m2	1	2.000	\$ 20,000	\$ 40,000

3. MANO DE OBRA

3.1	OFICIAL	hr	1	0.200	\$ 7,556	\$ 1,511
3.2	AYUDANTE	hr	2	0.200	\$ 4,407	\$ 1,763

4. ACARREO O TRANSPORTE

4.1	DESDE PROVEEDOR AL STIO DE OBRA - CONCRETO	km	100	1.000	\$ 343	\$ 34,286
-----	--	----	-----	-------	--------	-----------

TOTAL COSTOS DIRECTOS M3

\$ 456,460

ADMINISTRACION, IMPREVISTOS Y UTILIDAD (AIU) 25%

\$ 114,115

COSTO TOTAL POR M3

\$ 570,575

Acero de refuerzo y figurado (kg)

1. EQUIPOS

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	RENDIMIENTO	VR. UNITARIO O TARIFA	VR. PARCIAL
1.1	HERRAMIENTA MENOR	gl	1	1.000	\$ 500	\$ 500

2. MATERIALES

2.1	ACERO CORRUGADO GRADO 60, FY = 42 MPA (FIGURADO)	kg	1	1.000	\$ 4,000	\$ 4,000
2.2	ALAMBRE	kg	1	0.020	\$ 4,000	\$ 80

3. MANO DE OBRA

3.1	OFICIAL (INSTALACIÓN Y FUGURADO)	hr	1	0.100	\$ 7,556	\$ 756
3.2	AYUDANTE	hr	1	0.100	\$ 4,407	\$ 441

4. ACARREO O TRANSPORTE

4.1	DESDE PROVEEDOR AL STIO DE OBRA - ACERO	km	1	1.000	\$ 250	\$ 250
-----	---	----	---	-------	--------	--------

TOTAL COSTOS DIRECTOS KG

\$ 6,026

ADMINISTRACION, IMPREVISTOS Y UTILIDAD (AIU) 25%

\$ 1,507

COSTO TOTAL POR KG

\$ 7,533

Geotextil antisocavación (m2)

1. HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	RENDIMIENTO	VR. UNITARIO O TARIFA	VR. PARCIAL
1.1	HERRAMIENTA MENOR	gl	1	1.000	\$ 1,000	\$ 1,000
1.2	RETROEXCAVADORA	hr	1	0.050	\$ 60,000	\$ 3,000

2. MATERIALES

2.1	GEOTEXTIL NO TEJIDO TR-4000 O SIMILAR CON LASTRE	m2	1	1.20	\$ 15,000	\$ 18,000
-----	--	----	---	------	-----------	-----------

3. MANO DE OBRA

3.1	INSTALADORES	hr	2	0.10	\$ 24,792	\$ 4,958
3.2	AYUDANTE	hr	1	0.10	\$ 4,407	\$ 441
3.2	OPERADOR DE EQUIPO	hr	1	0.050	\$ 8,185	\$ 409

4. ACARREO O TRANSPORTE

4.1	DESDE PROVEEDOR AL STIO DE OBRA	gl	1	1.000	\$ 1,200	\$ 1,200
-----	---------------------------------	----	---	-------	----------	----------

TOTAL COSTOS DIRECTOS M2

\$ 29,008

ADMINISTRACION, IMPREVISTOS Y UTILIDAD (AIU) 25%

\$ 7,252

COSTO TOTAL POR M2

\$ 36,260

Enrocado de protección o fragmentos de roca (m3)

1. HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	RENDIMIENTO	VR. UNITARIO O TARIFA	VR. PARCIAL
1.1	CARGADOR	hr	1	0.100	\$ 80,000	\$ 8,000
1.2	RETROEXCAVADORA	hr	1	0.100	\$ 60,000	\$ 6,000
1.5	HERRAMIENTA MENOR	gl	1	1.000	\$ 200	\$ 200

2. MATERIALES

2.1	FRAGMENTOS DE ROCA SELECCIONADOS	m3	1	1.100	\$ 100,000	\$ 110,000
2.2	AGUA	m3	1	0.100	\$ 3,000	\$ 300

3. MANO DE OBRA

3.1	OFICIAL DE OBRA	hr	1	0.100	\$ 7,556	\$ 756
3.2	OPERADOR DE EQUIPO	hr	2	0.100	\$ 8,185	\$ 1,637

4. ACARREO O TRANSPORTE

4.1	DESDE FUENTE DE MATERIAL AL SITIO DE OBRA	km	70	1.000	\$ 343	\$ 24,000
4.2	VOLQUETA	hr	1	0.200	\$ 45,000	\$ 9,000

TOTAL COSTOS DIRECTOS M3

\$ 159,893

ADMINISTRACION, IMPREVISTOS Y UTILIDAD (AIU) 25%

\$ 39,973

COSTO TOTAL POR M3

\$ 199,866

Apiques para ensayos (m3)

1. HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	RENDIMIENTO	VR. UNITARIO O TARIFA	VR. PARCIAL
1.5	HERRAMIENTA MENOR	gl	1	1.000	\$ 15,000	\$ 15,000

2. MATERIALES

2.1	EXTRACCIÓN Y PREPARACIÓN DE MUESTRAS	m3	1	1.000	\$ 55,000	\$ 55,000
-----	--------------------------------------	----	---	-------	-----------	-----------

3. MANO DE OBRA

3.1	OFICIAL	hr	1	0.330	\$ 7,556	\$ 2,493
3.2	AYUDANTE	hr	2	0.330	\$ 4,407	\$ 2,909

4. ACARREO O TRANSPORTE

4.1	DESDE FRENTE DE OBRA A CAMPAMENTO	km	15	1.000	\$ 2,000	\$ 30,000
-----	-----------------------------------	----	----	-------	----------	-----------

TOTAL COSTOS DIRECTOS M3

\$ 105,402

ADMINISTRACION, IMPREVISTOS Y UTILIDAD (AIU) 25%

\$ 26,351

COSTO TOTAL POR M3

\$ 131,753