

**LECCIONES APRENDIDAS EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON
PANTALLAS ANCLADAS**

**REYNALDO ALEXANDER CORONEL GUTIERREZ
RAUL FERNANDO TAVERA CALDERON**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA E INTERVENTORÍA DE OBRAS CIVILES
FLORIDABLANCA
2010**

**LECCIONES APRENDIDAS EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON
PANTALLAS ANCLADAS**

**REYNALDO ALEXANDER CORONEL GUTIERREZ
RAUL FERNANDO TAVERA CALDERON**

**Monografía para optar el título de Especialista en
GERENCIA E INTERVENTORÍA DE OBRAS CIVILES**

**ASESOR:
Ing. MSC. GERARDO BAUTISTA**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA E INTERVENTORIA DE OBRAS CIVILES
FLORIDABLANCA
2010**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

AGRADECIMIENTOS

Doy mis más sinceros agradecimientos:

En primer lugar quiero agradecerle a Dios por darnos la oportunidad de seguir adquiriendo conocimientos en nuestra formación académica.

Un agradecimiento muy especial a nuestros padres, por su amor, por su apoyo, por su inmenso respaldo a la contribución de este nuevo logro.

A la UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA, a su cuerpo administrativo y docente especializado por brindarme los conocimientos necesarios para el desarrollo intelectual y moral como parte fundamental de la formación académica.

A TODAS AQUELLAS PERSONAS que me brindaron asesorías académicas durante el trascurso de la especialización y la realización de este trabajo para optar como especialista.

Con especial cariño para nuestras familias por el apoyo moral y sentimental en los momentos difíciles de la formación tanto profesional como personal.

Reynaldo Alexander, Raúl Fernando

CONTENIDO

| | Pág |
|---|------------|
| INTRODUCCIÓN | 12 |
| 1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 14 |
| 2. OBJETIVOS | 15 |
| 2.1 General | 15 |
| 2.2 Específicos | 15 |
| 3. JUSTIFICACION | 16 |
| 4. METODOLOGÍA | 17 |
| 5. ALCANCES | 18 |
| 6. MARCO TEORICO | 20 |
| 6.1 SISTEMAS DE CONTENCIÓN | 20 |
| 6.1.1 ANTECEDENTES | 20 |
| 6.2 TIPOS DE ESTRUCTURAS | 21 |
| 6.2.1 Muros Anclados | 21 |
| 6.2.2 Muros en Tierra Armada | 21 |
| 6.2.3 Muro en Gavión | 22 |
| 6.2.4 Muros de contención de gravedad en concreto ciclópeo y/o reforzado | 24 |
| 6.2.5 Recubrimiento artificial | 26 |
| 6.2.6 Canaleta | 26 |
| 6.2.7 Pantallas ancladas con pernos | 28 |
| 6.2.8 Muro mampostería confinada | 31 |
| 6.3 EVALUACION DE LOS SISTEMAS DE CONTENCIÓN | 32 |
| 7. LA EROSIÓN EN EL AREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA | 34 |
| 7.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DE EROSIÓN EJECUTADOS EN EL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA | 38 |

| | Pág |
|--|------------|
| 8. GUIA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ANCLAJES ACTIVOS | |
| POSTENSADOS E INYECTADOS A PRESIÓN | 56 |
| 8.1 ANCLAJES | 56 |
| 8.2 COMPONENTES FÍSICOS DEL ANCLA | 57 |
| 8.3 PARTES DE ANCLAJE | 59 |
| 8.3.1 Elementos de un Anclaje | 59 |
| 8.4 TIPOS DE ACEROS | 63 |
| 8.5 CALCULO DE CANTIDADES DE ELEMENTOS DEL ANCLAJE | 64 |
| 8.6 PROCEDIMIENTO DE ARMADO DEL ANCLAJE | 65 |
| 8.7 PROCESO DE INSTALACIÓN | 66 |
| 8.7.1 Instalación de Obra | 66 |
| 8.7.2 Posicionamiento del Equipo | 66 |
| 8.7.3 Proceso de Perforación | 67 |
| 8.7.4 Perforación del Anclaje | 70 |
| 8.7.5 Proceso de Llenado | 71 |
| 8.7.6 Proceso de Inyección a Presión | 71 |
| 8.7.7 Proceso de Tensionamiento | 74 |
| 8.7.8 Procedimiento de Carga y Descarga | 74 |
| 8.7.9 Secuencia de la Puesta en Tensión | 77 |
| CONCLUSIONES | 79 |
| RECOMENDACIONES | 81 |
| BIBLIOGRAFÍA | 83 |

LISTA DE TABLAS

| | Pág |
|--|------------|
| Tabla 1. Métodos de estructuras de contención | 32 |
| Tabla 2. Sistemas de control de erosión ejecutados en el Área Metropolitana de Bucaramanga | 38 |
| Tabla 3. Tipo de sistema de contención utilizado | 54 |
| Tabla 4. Características de los aceros | 64 |
| Tabla 5. Calculo cantidades de elementos por anclaje | 64 |
| Tabla 6. Especificaciones de equipo de perforación según terrenos | 70 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág |
|--|------------|
| Figura 1. Parte anclada | 57 |
| Figura 2. Partes y Elementos del Anclaje | 58 |
| Figura 3. Torón | 59 |
| Figura 4. Punta metálica | 60 |
| Figura 5. Separadores | 60 |
| Figura 6. Tubería de inyección | 61 |
| Figura 7. Manguera de protección | 62 |
| Figura 8. Sello impermeable | 62 |
| Figura 9. Dispositivo de apoyo | 63 |
| Figura 10. Equipo de perforación | 67 |
| Figura 11. Colocación del Anclaje | 70 |
| Figura 12. Proceso de inyección | 72 |
| Figura 13. Inyección longitud del bulbo | 73 |
| Figura 14. Equipo de Inyección y Tanques Mezcladores de Lechada | 73 |
| Figura 15. Lavado de la Tubería después del Proceso de Inyección | 74 |
| Figura 16. Equipo de Tensionamiento y colocación del gato | 78 |
| Figura 17. Tensionamiento de anclajes 3 y 5 Torones | 78 |

RESUMEN

TITULO: LECCIONES APRENDIDAS EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON PANTALLAS ANCLADAS.

AUTOR(ES): REYNALDO ALEXANDER CORONEL GUTIERREZ
RAUL FERNANDO TAVERA CALDERON

FACULTAD: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR: Ing. MSC. Gerardo Bautista

PALABRAS CLAVES: Pantallas Ancladas, Infraestructura Física, Erosión, Estabilización de Taludes, Guía Metodológica.

Uno de los problemas de mayor afectación en la infraestructura física del país es el control de la erosión. La erosión es un problema universal, pero es más crítico en las zonas tropicales, características de nuestro país. Entidades y corporaciones ambientales, se han dedicado desde hace décadas al control y estabilización de taludes. Los recursos invertidos en esa empresa son demasiado altos para los resultados obtenidos. Es necesario definir nuevas estrategias que permitan la planificación, ejecución y operación de los proyectos desde el momento de la concepción de la idea hasta la etapa de operación y mantenimiento. El presente artículo se enfoca en la elaboración de una guía metodológica para proyectos de estabilización de taludes por medio de pantallas ancladas además del análisis de la funcionalidad de los demás tipos de estabilización según la experiencia y considerando que el área metropolitana de Bucaramanga no cuenta con documentación en general, sobre procedimientos, equipos, materiales, etc., que conlleve a una revisión óptima para este método de estabilización. Es decir, la guía servirá como procedimiento detallado para revisar correctamente la ejecución de proyectos con pantallas ancladas.

ABSTRACT

TITLE: LEARNED LESSONS IN THE STABILIZATION OF SLOPES BY SOIL NAILS ANCHORED CONCRETE PANEL.

AUTOR(S): REYNALDO ALEXANDER CORONEL GUTIERREZ
RAUL FERNANDO TAVERA CALDERON

FACULTY: Civil Engineering

DIRECTOR: Ing. MSC .Gerardo Bautista

KEY WORDS: Soil, Nails, Anchored Concrete Panel, Physical Infrastructure, Erosion, Slope Stabilization, Methodological Guide.

One of the problems of greatest impact in our country's physical infrastructure is to control erosion. Erosion is a universal problem, but is more critical in tropical areas, characteristic of our country. Environmental institutions and corporations, have taken decades to slope stabilization and control. The resources invested in this company are too high for the results. It is necessary to define new strategies for planning, implementation and operation of projects from the moment of conception of the idea to the stage of operation and maintenance. This article focuses on the development of a methodological guide for slope stabilization projects by soil nails anchored concrete panel in addition to the analysis of the functionality of the other types of stabilization based on experience and considering that the metropolitan area of Bucaramanga has no documentation in general, procedures, equipment, materials, etc., that may lead to a revision optimal for this method of stabilization. That is, the guide will serve as a detailed procedure to properly review the implementation of projects with soil nails anchored concrete panel.

INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas de mayor afectación en la infraestructura física del país en general y del Área Metropolitana de Bucaramanga en particular es el control de la erosión, propiciada por la escorrentía y las aguas subterráneas que afloran en el pie de los taludes verticales que rodean su entorno.

A pesar del tiempo, dinero y esfuerzo empleados en el diseño y/o implementación de formas de estabilización, es necesario definir nuevas estrategias que permitan la planificación, ejecución y operación de los proyectos desde el momento de la concepción de la idea hasta la etapa de operación y mantenimiento, dada la ineficiencia y en muchos casos, también la ineficacia de los proyectos de este tipo.

Esto ha llevado a que se ensaye con diferentes sistemas de estabilización tales como subdrenes profundos, protección vegetal, muros en tierra armada, muro en Gavión, muros de contención de gravedad en concreto ciclópeo y/o reforzado y finalmente pantallas ancladas, destacando con respecto a estas últimas que la profundidad del empotramiento y la flexibilidad de la pantalla juegan un rol importante en la determinación del empuje pasivo.

Considerando la situación actual de la meseta de Bucaramanga por los efectos de la erosión, es evidente la criticidad en algunos barrios de la ciudad como Nariño, Girardot, Campo Hermoso y comuna 14 en cuyas inmediaciones se localizan los Barrios Morrorríco y Vegas entre otros, donde se presentan inconvenientes ante la falta de medidas estructurales para proteger la zona, donde los trabajos a realizar deben estar diseñados para soportar las exigencias de taludes muy acentuados. Además, debería evaluarse como alternativa la posibilidad de perfilado del talud para conformar una pendiente lateral más suave que asegure la estabilidad de la protección.

Si se completa la alternativa del perfilado con un sistema de protección de pantallas ancladas, las cuales permiten “coser” la estructura del terraplén, se evitará el

deslizamiento del pie del talud. La estabilidad del conjunto se logra con esta pantalla anclada mediante tensores a un muerto de hormigón armado lineal confinado en el interior del suelo que busca estabilizar en parte el empuje producido por el suelo en el caso de una erosión al pie de la estructura. Igualmente se deben mantener las protecciones existentes de gaviones y colchonetas, procediéndose a la reposición de los gaviones faltantes y colchonetas que puedan estar en malas condiciones.

Finalmente, considerando la gran influencia de la Gestión y Gerenciamiento de Interventores, administradores, gestores y ejecutores en Proyectos de estabilización de taludes; que un gran porcentaje de los errores cometidos tiene lugar en las fases de planeación previas al desarrollo de los trabajos, como son el diagnóstico del problema y la definición y análisis de las alternativas de solución; que en innumerables ocasiones se aprueba la fase de ejecución del proyecto sin tener los estudios y diseños adecuados y no se evalúa de forma exhaustiva las variables de costo, tiempo y calidad, el presente documento busca ser una guía que facilite el logro de eficiencia y eficacia en proyectos de control de erosión con el uso de pantallas ancladas, durante las fases de planeación, definición y ejecución.

1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Durante la ejecución de las obras de estabilización por medio de pantallas ancladas se encontró que en el Área Metropolitana de Bucaramanga no se cuenta con una documentación en general, sobre procedimientos, equipos, materiales, etc., que conlleve a una revisión óptima de este tipo de obras.

2. OBJETIVOS

2.1 General

Comparar el método de estabilización de taludes con pantallas ancladas con los demás métodos de estabilización tradicionales en función del tiempo y funcionalidad.

2.2 Específicos

- Realizar inventario de obras de contención ejecutadas a nivel del Área Metropolitana de Bucaramanga.
- Evaluar los diferentes métodos de pantallas ancladas utilizadas a nivel regional.
- Comparar los diferentes sistemas de estabilización de taludes en materia de costos.
- Elaborar una guía de construcción de pantallas ancladas de acuerdo a la experiencia y conocimiento.

3. JUSTIFICACION.

Teniendo en cuenta que se hace necesario la renovación constante de los sistemas de estabilización de taludes en nuestro país, ya que en los tiempos actuales las regiones tropicales sufren cada vez con más asiduidad e intensidad los fenómenos climáticos, la presente monografía está encaminada a generar un manual explicativo del sistema de anclaje de pantallas ancladas, buscando ser un soporte para el aprovechamiento al máximo de sus bondades y ventajas. Lo anterior, respetando el principio de optimización de recursos, olvidado este por los Gerentes de Proyectos de Infraestructura, Ordenadores del Gasto Público, etc.

4. METODOLOGÍA.

En el desarrollo de la investigación la consulta bibliográfica a través de libros, consulta en internet permitió identificar los sistemas de estabilización de taludes existentes con el fin de establecer sus características. Posteriormente se hizo un inventario de obras de contención ejecutadas a nivel del área metropolitana de Bucaramanga, para confrontar métodos de obras de acuerdo a cada sistema empleado, y también comparar los sistemas de pantallas ancladas realizados anteriormente con los sistemas que se están adelantando actualmente con torones.

Finalmente se procederá a la elaboración de una guía metodológica para la ejecución de este tipo de obras especificando los lineamientos a seguir desde la planeación, ejecución y terminación de las obras de estabilización de taludes con pantallas ancladas, guía que servirá de soporte a supervisores, interventores y entidades que ejecuten este tipo de obras.

5. ALCANCES

Con la presente investigación se pretende generar una guía de aplicación de sistemas de contención para la mitigación de los problemas que la erosión genera al suelo por la acción de diversos agentes, como el agua, el viento, el hombre y otros, amerita extensas disertaciones sobre esas causas, sus tipos, sus características particulares, su control, etc.

Teniendo en cuenta que se hace necesario generar nuevos sistemas de estabilización de taludes, la presente monografía está encaminada a generar un manual explicativo del sistema de anclaje de pantallas ancladas, documento que está constituido por cuatro capítulos, en el primero de los cuales se realiza la introducción del tema, se plantea y formula el problema de investigación, junto con los objetivos, metodología y alcance de la misma.

En el sexto capítulo se hace un análisis de los sistemas de contención según el tipo de estructuras tales como muros anclados, muros en tierra armada, muros en gavión, muros de contención de gravedad en concreto ciclópeo y/o reforzado, recubrimiento artificial, canaletas, estructuras de vertimiento, pantallas ancladas con pernos y muros en mampostería confinada, además de los métodos de estructuras de contención.

El séptimo capítulo corresponde al análisis del impacto de la Erosión en el Área Metropolitana de Bucaramanga, así como el control que ejerce la Corporación Autónoma de Defensa de la Meseta de Bucaramanga como máxima autoridad del orden territorial para la protección del medio ambiente y una relación de los trabajos que en tal sentido ha venido realizando la entidad con el fin de determinar sistemas prevalentes.

El octavo capítulo está destinado a la presentación de la guía para la construcción de anclajes postensados e inyectados a presión y anclajes pasivos, que permitirá disponer de elementos de juicio para la consolidación del sistema como instrumento de lucha contra el fenómeno erosivo en la Meseta de Bucaramanga.

De igual manera se presentan las conclusiones y recomendaciones de la investigación, dando con ello cumplimiento a los objetivos propuestos.

6. MARCO TEORICO

6.1 SISTEMAS DE CONTENCIÓN

6.1.1 Antecedentes

La erosión es el contratiempo más común y de difícil control de las obras de infraestructura. Es el resultado de la acción de diversos factores, como la temperatura, el agua, el viento, los gases, entre otros. La erosión se produce por los deslizamientos de tierra provocados por precipitaciones infiltradas en el suelo, dándose cambios en las presiones de poro por medio de la rotura del estado normal de las aguas subterráneas.

En el afán por combatir la erosión se ha ensayado con una gran variedad de sistemas de contención (para contener masas menores producto de deslizamientos) y estabilización de taludes (grandes masas inestables propensas a deslizamientos). Es evidente la necesidad de optimizar el uso de materiales para minimizar costos, razón por la cual se ha ensayado con muros anclados, muros en tierra armada, muro en Gaviones, muros de contención de gravedad en concreto ciclópeo y/o reforzado, pantallas ancladas con pernos y pantallas ancladas con torones; convirtiéndose los anclajes en medio esencial para garantizar la estabilidad de diversas estructuras cuando de soportar un determinado estado de esfuerzos o tensiones se trata.

Su propósito de contención es la de resistir las fuerzas ejercidas por la tierra contenida y transmitir esas fuerzas en forma segura a un sitio por fuera de la masa analizada de movimiento, hacia una zona de cimentación o anclaje por fuera de la masa susceptible de moverse.¹

¹ <http://ingenieria-civil2009.blogspot.com/2010/08/estructuras-de-contencion-y-anclaje.html>.

octubre 25 de 2010

Ante este evento es importante tener en cuenta durante el diseño tanto la condición del talud estable donde la fuerza activa tiene una distribución de presiones en forma triangular, como la condición de deslizamiento, en cuyo caso las fuerzas que realmente actúan sobre el muro son mayores a las fuerzas activas calculadas en la primera condición.

6.2 TIPOS DE ESTRUCTURAS

6.2.1 Muros Anclados ²

A este grupo corresponden las estructuras de gravedad, semigravedad, pantallas anclados en tierra, tablestacas, pretensadas con bulbos profundos. Las dos primeras son muros de concreto armado con adición de anclajes pretensados a varios niveles de altura.

Las pantallas son estructuras delgadas de concreto armado con varios niveles de anclajes que pueden ser fundidas en el sitio o preexcavadas mediante el sistema “slurry wall”.

Las tablestacas, por su parte, están conformadas por pilotes unidos entre sí para formar una pared, operando como estructuras de contención a flexión, empotradas o ancladas, en madera, concretos o acero.

6.2.2 Muros en Tierra Armada

Es un sistema que conjunta masas compactadas de suelo con estructuras de refuerzo (metal, plástico) con el objeto de trabajar como un sólo elemento compacto resistente a los movimientos.

² SUAREZ DÍAZ, Jaime. Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Ingeniería de Suelos Ltda. Abril de 2001, p. 54-57

Según los estudios realizados en tierra armada, se concluye que pueden presentarse los siguientes tipos de falla: ³

- Este sistema no es muy recomendable por cuanto una falla en la tierra armada provoca el colapso del conjunto, falla puede ocurrir por deslizamiento o volcadura y es análoga a la de un muro de retención convencional que falle por las mismas causas.
- Otra falla que se puede presentar es por deslizamiento de la tierra en relación a las estructuras de refuerzo (tiras de metal, plástico).
- Falla por rotura de las tiras de refuerzo, asociada a mecanismos de falla progresiva.

Se recomienda en esta estructura material de naturaleza friccionante, teniendo en cuenta que la masa de tierra armada tenga una sección próxima a la rectangular, en la que el ancho sea igual a la de altura del muro.

6.2.3 Muro en Gavión ⁴

Técnicamente los muros en gaviones representan una solución extremadamente válida en la construcción de muros de contención en cualquier ambiente, clima y estación, además de requerir mano de obra no especializada o medios mecánicos particulares.

Su flexibilidad estructural permite adaptarse a los movimientos del terreno sin comprometer su estabilidad y eficiencia, generando una alta resistencia al empuje del terreno. Adicionalmente su elevada permeabilidad facilita el saneamiento del terreno dejando filtrar el agua. Su versatilidad radica en que el gavión consiste en un cajón, de malla de alambre galvanizado y lleno de cantos de roca.

³ JIMENEZ SALAS, J.A.; MUZAS, F. Geotécnia y Cimientos . Capitulo 13. Editorial Rueda, 1980. p. 41-45

⁴ Op Cit. SUAREZ DÍAZ, Jaime. Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Ingeniería de Suelos Ltda. Abril de 2001, p. 60-62

En la construcción de los gaviones es importante tener en cuenta la calidad del alambre y de la construcción de malla. Las uniones entre unidades de gaviones deben ser de tipo monolítica para evitar en lo posible movimientos entre las unidades. Son muy funcionales ya que permiten su deformación sin que ocurra necesariamente el volcamiento.

Los diseños pueden variar notoriamente si el muro tiene o no sobrecarga. En el primero de los casos está recostado sobre el terreno, sin que lleve nada en la parte superior del muro. Cuando no existe sobrecarga, o si ésta es una vía futura, se puede hacer todo el corte, según los planos del diseño y la construcción resulta mucho más ágil.

En el segundo caso, además de estar el terreno al que le da soporte lateral, puede haber una construcción o una vía vehicular sobre el muro, caso en el que se debe tener especial cuidado al efectuar los cortes en el terreno para la cimentación para no desestabilizar el terreno, lo que puede causar un derrumbe. En este caso los cortes se realizan en segmentos cortos y consecutivos, a medida que se va armando el muro; de manera que durante todo el proceso la sobrecarga esté soportada tanto como sea posible.

También se debe tener en cuenta el nivel de desplante del muro, determinado por el estudio de suelos, teniendo presente que la base de soporte se hace sobre un relleno granular de unos 30 cm de espesor, especialmente cuando las condiciones del suelo no son favorables. Como recomendación se debe dar cierta inclinación a la base del muro en dirección al talud que se quiere soportar.

Para todo muro de gaviones con o sin sobrecarga es importante usar piedras que no sean angulosas, siendo preferible utilizar piedras de forma redondeada (cantos rodados de río), acomodados de tal modo que queden con pocos espacios vacíos dentro de las canastas, realizando amarres internos con alambre entre las paredes de la canasta, como mínimo cada 50 cm horizontalmente y cada 30 cm verticalmente; de esta forma se evita la deformación de las canastas cuando se retire la formaleta de encofrado.

Una vez llenas las canastas se cierran cociendo finamente con alambre y antes de desencofrarlas. La segunda canasta se amarra con alambre a la ya construida y encofrándola como la primera, para luego llenarla; y así sucesivamente.

Otro aspecto a tener en cuenta es el uso de filtro entre el muro y el talud, formado por un tabique de material granular entre el muro y el talud, forrado con un geotextil apropiado para ello, y con un tubo perforado que sirve para evacuar la humedad, cortando las líneas de corriente de agua y reduciendo el empuje del talud sobre el muro con el fin de evitar el arrastre de material a través del muro.

Para proteger el gavión contra la intemperie se instala una cubierta vegetal aplicada sobre la cara expuesta del muro y fijada por medio del uso de una malla sintética menuda que se amarra directamente sobre las canastas, de manera que las raíces de la cubierta vegetal se conviertan en un amarre adicional dentro del muro.

En muros con sobrecargas se recomienda aplicar un recubrimiento en concreto.

6.2.4 Muros de contención de gravedad en concreto ciclópeo y/o reforzado⁵

Este tipo de muros de Contención deben ser diseñados de forma que resistan la presión lateral de tierra, las presiones de poros, el peso propio de la estructura e incluso las cargas sísmicas a las cuales pueden llegar a ser sometidos.

Dentro de este grupo están los muros de gravedad, muros de semigravedad, muros en voladizo y muros de contrafuerte, para lo cual se debe tener en cuenta carga de diseño, profundidad del suelo resistente, factores ambientales que produzcan deterioro, topografía y geometría del sitio, facilidad constructiva, mantenimiento y costos, entre otros.

⁵ ORDOÑEZ C., Alberto. Muros de contención. Ex - Docente del Departamento Académico de Recursos de Agua y Tierra, Programa Académico de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional Agraria - La Molina. Apartado 456 Lima, Perú.

Las fuerzas que actúan sobre un muro de contención son de dos tipos: fuerzas horizontales provenientes del empuje del terreno, sobrecargas, fuerzas hidrostáticas, fuerzas en caso de sismo, etc., y fuerzas verticales provenientes del peso propio, peso del relleno, sobrecarga, etc. Las primeras tienden a desplazar el muro de su posición original y si ese desplazamiento es lo suficientemente grande, el muro ya no estará cumpliendo su función, o sea habrá fallado, aún si el desplazamiento tuvo lugar sin daños para las partes constitutivas del muro.

Los muros de gravedad tienen en general una sección transversal trapezoidal y dependen principalmente de su peso propio para asegurar la estabilidad; generalmente de concreto ciclópeo o aún de piedras y no llevan ningún refuerzo, teniendo presente que no se generen esfuerzos de tracción en ninguna de las secciones, pero su altura máxima es de 3.5 metros, su ancho de base varía entre el 50 y el 60% de la altura total, dependiendo principalmente de si hay sobrecarga o no; el ancho de la corona debe ser por lo menos de 30 cm.

Los muros de semigravedad se diferencian de los de gravedad en que su resistencia se genera por su propio peso más el peso del suelo detrás del propio muro debido a que es un sistema semivoladizo por la sección de zapata o base que evita el volcamiento del cuerpo del muro. Además resultan más económicos que los de gravedad debido a las menores dimensiones del cuerpo o vástago. Su altura máxima puede ser hasta de cuatro metros.

Los muros de voladizo se caracterizan por tener forma de T o L. son más económicos y por ende de uso más frecuente por menor cantidad de materiales utilizados.

Los muros de contrafuerte están constituidos por placas verticales que se apoyan sobre grandes voladizos espaciados, que permiten alturas superiores a los seis metros. El ancho de la base varía entre el 50 y 60% de la altura, el ancho de la corona debe ser $1/24$ de la altura a 25 cm., el ancho del muro en la base debe ser $1/12$ de la altura; el espesor de la base debe ser por lo menos igual al espesor máximo del muro ($1/12 h$) y preferiblemente un poco mayor; el vástago debe colocarse sobre la base de tal manera que el voladizo delantero sea aproximadamente $1/3$ del ancho de la base, con el objeto de que la resultante de las fuerzas exteriores caiga dentro del tercio medio de la base.

Cualquiera que sea el tipo de muro que se utilice, su ventaja radica en que soportan una carga vertical mayor, además del empuje de tierras, de manera que el tipo más conveniente dependerá de las condiciones del terreno, materiales de construcción que pueden conseguirse, economía general.

6.2.5 Recubrimiento artificial ⁶

En los recubrimientos artificiales se utiliza piedra artificial hecha en la obra, cantera artificial, cerámica, granitos, azulejos, keralita, mosaico liso (granito-terrazo), lozas de barro prensado, cintilla, sellados con compuestos de yeso, estucos, revestimientos de cal, madera (fibracel, triplay, termaplay, chapeos, formaica, madera contrachapada), revestimientos plásticos (Arcella, kalistron, plaxtex y plastecol, papel tapiz, panelite, marlite).

Las piezas de cantera artificial se elaboran con una parte de cemento Portland por tres partes de agregado total por volumen, añadiendo el pigmento apropiado para dar el color de cantera deseado. Su uso se ha generalizado por el costo reducido, apariencia, resistencia y durabilidad.

6.2.6 Canaleta ⁷

Es una estructura de vertimiento de tipo hidráulico que pretende recoger y conducir el agua esorrentía de laderas y montañas, evitando así la corrosión por la disipación de energía del flujo. Estos canales son abiertos y se construyen desde la corona hasta el pie del talud. Su buen funcionamiento depende de la su correcta selección, combinación y ubicación. Entre las estructuras de vertimiento se tienen: el canal de rápidas

⁶ Ibid. p. 66-67

⁷ CDMB. Corporación para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga. Normas sobre velocidades máximas permisibles en rápidas lisas.

escalonadas, el canal de rápidas lisas, y la combinaci3n de rápidas lisas y rápidas escalonadas o de otras estructuras de vertimiento de aguas.

Las canaletas lisas rápidas son canales de fondo liso. Su diseño está en funci3n del caudal de diseño por evacuar, de las características geométricas escogidas para el canal, de la pendiente del terreno y del material a utilizar. El canal diseñado debe ser capaz de resistir las altas velocidades que se desarrollen en él y de conducir el agua sin rebosarse para el periodo de retorno seleccionado. ⁸

Requieren de estructuras de disipaci3n para evitar la socavaci3n del canal mismo o del lecho que recibe. Este tipo de canales generalmente se construye en concreto reforzado, buen resistente a altas velocidades de flujo.

Las canaletas rápidas escalonadas son canales con gradas o escalones donde, a la vez que se conduce el agua, se va disipando la energía cinética del flujo por impacto con los escalones, llegando el agua al pie del talud con energía disipada, por lo que no se hace necesaria alguna estructura adicional o dado el caso, una estructura pequeña.

Para tal efecto se debe definir el régimen preferencial del flujo para el caudal de diseño, es decir, si el flujo resulta saltante, caracterizado por chorros que chocan en el siguiente escal3n, seguidos por un resalto hidráulico, o rasante, en él que el flujo pasea rasante sobre las gradas como una corriente estable y se amortigua por el fluido parcialmente atrapado entre los escalones.

En este caso se tiene en cuenta que la disipaci3n de la energía en el régimen saltante, se produce en cada escal3n, al romperse el chorro en el aire, al mezclarse en el escal3n o por formaci3n de resaltos hidráulicos y en el régimen rasante, se produce en la formaci3n de

⁸ Krochin Sviatoslav. "Diseño Hidráulico", Ed. MIR, Moscú, 1978. Tabla DC10.

vértices en las gradas, debido a que las gradas actúan como una macro rugosidad en el canal.⁹

En el diseño de las canaletas rápidas escalonadas se debe tener en cuenta el caudal de diseño, la geometría del canal (pendiente, altura y ancho), la altura óptima del escalón, las características hidráulicas del flujo, contenido del aire disuelto aguas debajo de la estructura, la cresta de la rápida, y la altura de las paredes para recoger las posibles salpicaduras o aumentos de caudal no previstos.¹⁰

La canaleta ofrece una elevada resistencia, caracterizada porque está formada de un armazón constituida por varillas longitudinales y transversales y una malla, este armazón ahogado en un mortero de cemento arena, que le permite soportar las cargas que se presentan durante el colado de concreto que va sobre ella al construirse una losa; elimina la necesidad de usar cimbra y obra falsa, dejando un hueco en la losa para aligerarla por su misma forma; desarrollando la adherencia suficiente para considerar el refuerzo de la canaleta como parte integral del refuerzo total de la losa, lo que origina que todo el armado de la canaleta forma parte del armado de la losa.¹¹

6.2.7 Pantallas ancladas con pernos¹²

El uso de anclajes de acero en la estabilización de taludes incluye pernos metálicos, elementos estructurales generalmente constituidos por varillas de acero que se colocan dentro de una perforación, a la cual se le inyecta posteriormente cemento líquido para unir la varilla al macizo de la roca.

⁹ MEJÍA FERNÁNDEZ, Fernando. Hidrología e hidráulica. Manual para el control de la erosión. Manizales – Colombia: EDITAR S.A., 1998. p. 111 – 112.

¹⁰ RAMIREZ GIRALDO, Jorge. Canal con pantallas deflectoras: estudio con modelos hidráulicos. En BOLETÍN DE VÍAS. Vol. 6, N° 37. Enero/Marzo de 1978, p. 6

¹¹ Patentesonline.com. Agosto 26 de 2010

¹² DESLIZAMIENTOS Y ESTABILIDAD DE TALUDES EN ZONAS TROPICALES. Estructuras de contención o anclajes. P. 473 – 490

El perno se fija a la roca utilizando una resina, un cemento o un sistema mecánico. El sistema de resina incluye cartuchos de un líquido y un endurecedor, introducido en el hueco para llenar los espacios entre sí y entre el hueco y el perno, que se mezclan en un tiempo de curado que varía de acuerdo al producto y de la temperatura ambiente (generalmente entre uno y noventa minutos). Su capacidad depende del diámetro del hueco y el tamaño de la varilla, en tal forma que la resina se mezcle y funcione correctamente.

Otra variedad en estos tipos de anclajes, es el anclaje individual tensionado o anclas activas, que consiste en la colocación dentro del macizo de roca y muy por debajo de la superficie de la falla real o potencial de una serie de torones de acero anclados en su punta o tensionados por medio de gatos en superficie.

Estos anclajes pueden ser pretensionados, en cuyo caso se colocan atravesando posibles superficies de falla anclando los bloques a la roca sana detrás de esta superficie de falla. El tensionamiento del perno transmite una fuerza adicional a la roca, modificando los esfuerzos normales sobre la superficie de la falla, aumentando la resistencia al movimiento.

La fuerza requerida para el anclaje, se minimiza cuando la suma del ángulo de buzamiento del ancla y el de la fractura es igual al ángulo de fricción. Una vez instalado, en la parte exterior del ancla se coloca una platina metálica para fijar el anclaje permitiendo el tensado.

La construcción del anclaje comprende el proceso de perforación que se inicia con un tubo de revestimiento de aproximadamente 10 – 20 cm de diámetro y una longitud para profundizar de tres metros, en cuyo interior se encuentra la barrena que se encarga de extraer el material de perforación utilizando agua a presión, permitiendo adicionar nuevos tubos roscados en cada tramo hasta alcanzar la profundidad deseada.

En cuanto al elemento de refuerzo a tensión, generalmente es de acero de alta resistencia o varillas de acero procesadas para alta tensión. No es recomendable el uso de varillas corrientes.

El bulbo de anclaje, compuesto por la longitud de varilla que es cementado para transmitir la carga de tensión al suelo, tiene longitudes entre 3 y 5 metros y se conforma durante la inyección de mortero o agua cemento a presión al inicio de la fundida.

Dado que constantemente aparecen nuevos tipos de anclajes en el mercado dirigidos a soluciones específicas, es necesario que los ingenieros se familiaricen con los actuales para aplicarlos eficientemente.

- **Anclajes Dywidag:** Su tecnología proviene de Alemania y como la mayoría, son anclajes empotrados en el suelo, en los que por medio de un elemento de tracción de acero y un cuerpo de inyección exactamente delimitado se aplica las fuerzas al suelo. En la zona no inyectada el anclaje mantiene libertad de movimiento. En la parte exterior, dependiendo del elemento de tracción utilizado, el anclaje tiene lugar por medio de cunas de apriete o discos de anclaje. ¹³
- **Anclajes al Terreno Ischebeck:** Formado por una barra rígida de acero de alta resistencia, roscada de origen en toda su longitud y con un orificio al centro. ¹⁴
- **Anclajes Bbrv:** Este tipo de anclajes se realiza por medio de cables de diámetro 0.70" y 0.50", que posteriormente se inyectan y postensan dando como resultado grandes fuerzas concentradas en puntos determinados, esto las hace de gran utilidad para los diseñadores ya que la parte resistente esta siempre fuera de la zona de falla. ¹⁵

¹³ www.dywidagsystems.com Geotécnica, anclajes de barra. Agosto 18 de 2010

¹⁴ www.ischebeck.es Agosto 22 de 2010

¹⁵ www.arq-mastri.com Agosto 17 de 2010

- **Anclajes Anchorage:** Esta compañía inglesa produce dos tipos de anclajes. Uno es utilizado en suelos puramente cohesivos y el otro en cohesivos-friccionantes. La principal particularidad de esta en su diseño acampanado. El número de bocinas y su diámetro varían en función de la carga que se desee tomar. Su rango de capacidad de carga está entre las 30 y 120 toneladas. La compañía proporciona únicamente en su información el rango de cargas de trabajo y ofrece su servicio técnico para diseñar anclajes idóneos para cada tipo de obra.

En el Área Metropolitana de Bucaramanga, a finales de los años noventa la Corporación Autónoma Regional de Santander, empezó a utilizar sistemas similares, como fue la estabilización de los taludes en los Barrios La Ceiba, San Miguel, Candiles, San Gerardo entre otros, como también para la construcción de sótanos en parqueaderos para edificaciones y Centros Comerciales como lo fue en la Florida y Megamall, otras constructoras como la Constructora Cañaveral lo realizo para estabilización de taludes en el Barrio Bellavista.

6.2.8 Muro mampostería confinada

Son muy comunes por económicos y fáciles de construir, la mampostería está compuesta por bloques de piedra labrada, ladrillos u otras piezas prefabricadas. pero tiene una limitante su altura no debe sobrepasar los tres metros.

En su construcción se debe tener en cuenta el control del drenaje del agua superficial durante la construcción y después de la misma, la construcción de base o losa de Nivelación, construida en losa de hormigón nivelada y horizontal, que proporcione a las primeras hiladas estabilidad y no las someta a esfuerzos para los que no está diseñado, aplomamiento de las miras, colocación de hilos entre miras, trabazón corrida entre mampuestos, instalación correcta del material de drenaje según el diseño, refinar y rejuntar las juntas, limpiar el paramento visible. En caso de registrarse pendiente en el

terreno el muro debe construirse de manera escalonada, haciendo tramos de losas base a diferente nivel.

6.3 EVALUACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTENCIÓN.

Como se ha visto, existen gran variedad de sistemas de contención, cada uno con sus rasgos particulares. Sin embargo en su mayoría, estas estructuras son de grandes dimensiones debido a la importancia del factor peso a la hora de actuar en contra del movimiento provocado por la erosión. En algunos casos la fuerza del deslizamiento se transmite a la sección del suelo estable detrás del plano de la falla (real/potencial) por medio de anclajes metálicos (cables/varillas). Es decir, todos son aplicables y efectivos dependiendo del entorno económico, ambiental, social, de materiales disponibles, topográfico, climático, técnico, etc.

En la siguiente tabla se describen las ventajas y desventajas de cada sistema según sus rasgos técnico y económico, entendiéndose estas como información de entrada al momento de ejecutar los diseños.

Tabla 1. Métodos de estructuras de contención

| METODOS DE ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN | VENTAJAS | DESVENTAJAS |
|---|--|---|
| Relleno o berma de roca o suelo en la base del deslizamiento. | Son muy efectivos en deslizamientos no muy grandes, especialmente en los rotacionales actuando como contrapeso. | Se requiere una cimentación competente para colocar el relleno. |
| Muros de contención convencionales, de tierra armada etc. | Útiles para estabilizar masas relativamente pequeñas. | Se requiere una buena calidad de cimentación. Son poco efectivos en taludes de gran altura. |
| Pilotes | Son efectivos en movimientos poco profundos, en los cuales existe suelo debajo de la superficie de falla que sea competente para permitir el hincado y soporte de los pilotes. | No son efectivos en deslizamientos profundos o cuando aparece roca o suelo muy duro debajo de la superficie de falla. Pocos efectivos en deslizamientos rotacionales. |

| | | |
|--------------------|---|---|
| Anclajes o pernos | Efectivos en roca, especialmente cuando es estratificada. | Se requieren equipos especiales y son usualmente costosos. |
| Pantallas ancladas | Útiles como estructuras de contención de masas de tamaño pequeño a mediano. | Existen algunas incertidumbres sobre su efectividad en algunos casos, especialmente, cuando hay aguas subterráneas y son generalmente costosas. |

Fuente: Prevención, Estabilización y Diseño. 2008, p. 41-59

Cabe destacar del método de contención por pantallas ancladas su capacidad para contener e impermeabilizar taludes, además de asumir las cargas transmitidas desde otros elementos estructurales, limitando de esta forma los movimientos del terreno y reduciendo el riesgo de erosión. Es evidente su doble función; resistir los empujes del terreno y limitar la concentración de agua sobre la cara del talud.

7. LA EROSIÓN EN EL AREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA

La erosión se define como el “conjunto de procesos físicos de desalojo, transporte y depósito de materiales, ejercidos por diversos agentes: agua, viento y organismos vivos (el hombre y los animales) sobre la superficie terrestre, con un grado de intensidad variable”,¹⁶ y con la fuerza de la gravedad terrestre como aliada.

El área metropolitana es afectada por los agentes que comúnmente causan la erosión, distinguiéndose de forma especial el factor de la lluvia, ya que al estar localizada en el trópico, y más específicamente en la zona andina, el área está sujeta a condiciones de lluvias frecuentes y de gran intensidad, provocando erosiones de tipo hídrico, debidas al impacto de las gotas sobre la superficie del terreno.¹⁷

Tenemos entonces erosiones de tipo pluvial y fluvial. La primera se debe al desprendimiento de partículas del suelo por el impacto de las gotas de lluvia y por la corriente forma sobre la superficie (escorrentía). La segunda es provocada por partículas de suelo y de roca que a su vez van desprendiendo más partículas. Se presentan entonces los procesos de socavación lateral y de fondo. Queda claro así, que el principal actor en el proceso de la erosión de la escarpa en el área metropolitana es el agua.

Por lo anterior se vislumbran las obras para recoger, conducir y manejar el agua lluvia, subterránea y de escorrentía, como proyectos primordiales en la prevención de la erosión.

¹⁶ MONTERO OLARTE, Juan. La erosión. En: CORPOCALDAS e INVIAS. Manual para el control de la erosión. Manizales – Colombia; EDITAR S.A., 1998. p. 1.

¹⁷ GOMEZ, S. Metodologías para la Predicción de Movimientos de Masa Asociados con Lluvias en Medios Tropicales. VII Jornadas geotécnicas .Sociedad Colombiana de Ingenieros. Santafé de Bogotá, 1992. p. 15-27

La erosión en el Área Metropolitana de Bucaramanga, es un problema que data de 1950. Desde aquella época la inestabilidad original de la escarpa se fue acrecentando por el crecimiento poblacional de los poblados y la proliferación de asentamientos poblacionales subnormales generados por los conflictos sociales del país.¹⁸

A pesar de que, el Estado desde el año 1965 por medio de la creación de la Corporación de Defensa de la Meseta de Bucaramanga ha implementado planes y proyectos en aras de solucionar el problema de la erosión, de que desde el año 2004 el control del alcantarillado de la ciudad es ejercido por una sola entidad para minimizar el impacto de las escorrentías, de que a juicio de expertos como el Ingeniero Jaime Suarez en la actualidad los costos del control de la erosión para la ciudad de Bucaramanga son alrededor del 1% del PIB nacional, ya que en los dos últimos años se han invertido aproximadamente treinta mil millones de pesos en la contención de taludes en zonas pobladas y en el control de erosión lateral en los cauces de los ríos y quebradas, continúan los problemas de deslizamientos en el área, provocando incuantificables pérdidas materiales, múltiples damnificados y cientos de víctimas fatales.¹⁹

Existen muchas causales para lo anterior. No es un secreto de estado que se requiere de planes de contingencia más efectivos, pero sobre todo de planes encaminados a la prevención y no a la reacción. Ahora mismo este panorama no está alineado con las políticas administrativas del País, considerando que nunca se asigna el presupuesto suficiente para combatir los problemas de erosión, y en muchas ocasiones los recursos son malgastado por los Ordenadores Públicos. Otra causal es la deficiencia interna en los procesos de planeación de los programas y proyectos. Se falla en todas sus fases; identificación de la necesidad,

¹⁸ www.vanguardialiberal.com. Julio 29 de 2010

¹⁹ CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA. Informe de Gestión. Junio 30 de 2006. p. 1-2

definición de los alcances y objetivos, evaluación de las alternativas de solución, definición de riesgos, ingenierías conceptual, básica y detallada, contratación de las obras, seguimiento y control de la ejecución, operación y mantenimiento.

Cómo se mencionaba anteriormente el problema de inestabilidad de suelo se detectó hace 60 años (1950) cuando se descubrió que la escarpa occidental de la meseta se desmoronaba a pasos agigantados. Seis años más tarde (1956) la tragedia la vivieron los habitantes de los barrios Nariño, Tres Estrellas y Granjas de Palonegro.²⁰

Trece años después (1967), la firma Hidroestudios Ltda confirmó el diagnóstico de desmoronamiento de las laderas debido a las fallas geológicas y el uso del suelo. Un año más tarde (1968) y gracias a estudios técnicos se detectó que el gran caudal de agua que afloraba en la escarpa oriental (falla de Bucaramanga) agravaba el panorama.²¹

Ante la magnitud del problema la CDMB ha estructurado un programa encaminado a la prevención, evitando los asentamientos humanos en zonas de alto riesgo de deslizamiento, así:²²

1. Implementación y desarrollo de un sistema de control urbano para el control de nuevas edificaciones en zonas de riesgo.
2. Soluciones de vivienda por parte del Estado para combatir el urbanismo pirata.

²⁰ VANGUARDIA LIBERAL. La erosión carcome a 33 barrios de la Ciudad. Miércoles 21 de Julio de 2010

²¹ Ibid. Miércoles 21 de Julio de 2010

²² EL FRENTE. La Erosión en Bucaramanga. Bucaramanga, Edición 20.000, Viernes 30 de Abril de 2010. P. 2h

3. Implementación de un programa de cultura ambiental ciudadana que propenda por el uso adecuado del suelo en las zonas de protección ambiental.
4. Reacción inmediata para el control de la urbanización ilegal.
5. Implementación del plan maestro de intervención en zonas subnormales en desarrollo por parte de la CDMB

Si bien el Plan General del Control de la Erosión ha sido efectivo, las obras no se encuentran construidas en su totalidad y se requiere continuar los trabajos en actividades como: ²³

- Estabilización de taludes con revegetalización y adecuación de los taludes verticales, así como el mantenimiento de las obras construidas.
- Potencializar los componentes necesarios para controlar cauces:
- Reforestación evitando desequilibrios en la capa vegetal.
- Adquisición de predios en zona de alto riesgo no aptas para edificaciones
- Readecuación Urbana por medio de construcción y mantenimiento de estructuras de contención y drenaje tendiendo presente el Plan de Ordenamiento Urbano de la ciudad.
- Combatir la Deforestación y erosión en las laderas orientales ocasionada por asentamientos poblaciones con la siembra de cultivos limpios.

²³ PERIÓDICO PORTADA .COM. La erosión se come a Bucaramanga. Consultado el 10 de Agosto de 2010.

7.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DE EROSIÓN EJECUTADOS EN EL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA

Como se mencionaba anteriormente, la CDMB es la entidad encargada del control de la erosión en Bucaramanga. A continuación un resumen de las acciones ejercidas por ella a través de los años para controlar la erosión en las diferentes zona de la región.

Tabla 2. Sistemas de control de erosión ejecutados en el Área Metropolitana de Bucaramanga.

| Barrio | Dirección | Tipo de obra | Estado | Observaciones técnicas | Evaluación funcionalidad | Recomendaciones técnicas |
|------------|-----------|---------------------------|---------|---|---|--|
| Juan XXIII | | Muro Gavión | Regular | Se observa gran cantidad de maleza y no verticalidad en la malla. | Si, cumple | Se recomienda limpieza y reparación de la malla. |
| Juan XXIII | | Muro Concreto Reforzado | Regular | Se observan algunas fisuras por donde se infiltra el agua. | Si, cumple | Se recomienda limpieza y rellenar las fisuras. |
| Juan XXIII | | Muro Gavión | Bueno | | | |
| Juan XXIII | | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |
| Juan XXIII | | Recubrimiento Artificial | Regular | Se observan algunas fisuras por donde se infiltra el agua. | Si, cumple | Se recomienda limpieza y rellenar las fisuras. |
| Juan XXIII | | Muro Gavión | Bueno | | | |
| La 45 | | Obras en Tierra | Malo | Se observa algunos sacos rotos debidos a la falta de drenajes. | si, cumple | Se recomienda reparación y cambio de algunos saco. |
| La 45 | | Recubrimiento Artificial | Malo | Se observa algunos sitio desprovisto de este recubrimiento debido al proceso de erosión | No cumple por que la erosión lo está deteriorando | Se recomienda la elaboración de otro recubrimiento artificial. |
| La 45 | | Canaleta | Malo | Se observa algunos tramos desplazados y otros con grietas. | No cumple por que la erosión las deterioro. | Se recomienda la elaboración de otra canaleta. |
| La 45 | | Estructura de Vertimiento | Regular | Se observa gran deterioro y pérdida de verticalidad en los muros laterales. | Si, cumple. Pero su vida útil está por terminar. | Se recomienda la elaboración de otra estructura. |
| La 45 | | Obras en Tierra | Bueno | | | |

| | | | | | | |
|---------------|------------------------|--------------------------|---------|---|--|--|
| La 45 | | Muro Gavión | Malo | Se observa totalmente destruido. | No, cumple. debido a su grado de destrucción. | Elaborar una nueva obra que si cumpla con la función. |
| Balconcitos | Calle 45 con cra 2 occ | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |
| Laureles I | cra 14 No 63-08 | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |
| San Gerardo | calle 63No 15a-06 | Pantalla Anclada | Regular | Se observa el concreto lanzado levantado en algunos sectores. | Si, cumple. sus anclajes están funcionando | Se recomienda la reparación del concreto superficial. |
| Los Canelos | calle 65c No 1-05 | Muro Gavión | Bueno | | | |
| Colombia | cra 3 No 65c-60 | Muro Gavión | Bueno | | | |
| Colombia | cra 3 No 65c-60 | Muro Gavión | Bueno | | | |
| Colombia | cra 3 No 65c-87 | Muro Gavión | Bueno | | | |
| Colombia | cra 3 No 65c-09 | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |
| Colombia | cra 3 No 65c-90 | Muro Gavión | Bueno | | | |
| Colombia | cra 3 No 65c-29 | Muro Gavión | Bueno | | | |
| Colombia | cra 3 No 65c-29 | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |
| Colombia | cra 3 No 65c-29 | Canaleta | Regular | Se observa un descargue lateral a través de una manguala cual. genera infiltraciones. | Si, cumple. | Se recomienda hacer mantenimiento y solucionar las infiltraciones a través de un buen emboquillado de la manguera. |
| Colombia | calle 65c No 3-28 | Muro Gavión | Regular | Se observa gran cantidad de maleza sobre la obra. | Si, cumple | hacer mantenimiento y limpieza. |
| Colombia | cra 4 No 65c-41 | Recubrimiento Artificial | Regular | Se observan algunas fisuras por donde se infiltra el agua. | Si ,cumple | Se recomienda resanar las fisuras. |
| Colombia | calle 65c No 5-12 | Muro Gavían | Regular | Se observan algunas fisuras por donde se infiltra el agua. | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras y limpieza de maleza. |
| San Gerardo | calle 63 No 13b-40 | Muro Gavión | Bueno | | | |
| San Gerardo | calle 63 No 13b-40 | Canaleta | Bueno | | | |
| La Hoyadita | calle 63 No 13b-16 | Muro Gavían | Bueno | | | |
| San Gerardo | cra 13 No 63a-70 | Muro Gavión | Regular | Se observa embolsamiento en la malla debido al empuje del suelo. | Si, cumple. pero su vida útil está por terminar. | Se recomienda el reemplazo |
| Hacienda Real | espalda hacienda real | Pantalla Anclada | Bueno | | | |

| | | | | | | |
|----------------|---------------------|--------------------------|---------|---|--|---|
| La Ceiba | calle 64 No17a-68 | Pantalla Anclada | Regular | Se observa el concreto lanzado levantado en algunos sectores. | Si, cumple. sus anclajes están funcionando | Se recomienda la reparación del concreto superficial. |
| Cordoncillo II | calle 65 con cra 15 | Muro Gavión | Regular | Se observa gran cantidad de maleza y no verticalidad en la malla. | Si, cumple | Se recomienda limpieza y reparación de la malla. |
| Cordoncillo II | calle 65 No 14-51 | Muro Gavión | Regular | Se observa gran cantidad de maleza y no verticalidad en la malla. | Si, cumple | Se recomienda limpieza y reparación de la malla. |
| Cordoncillo II | calle 65 con cra 15 | Muro Gavión | Malo | Se observa la malla de las celdas completamente rota, debido al empuje del suelo. | No, cumple | Se recomienda el reemplazo total del muro Gavión . |
| Cordoncillo II | calle 65 con cra 15 | Canaleta | Regular | Se observa grietas y fisuras en algunos tramos. | No, cumple | Se recomienda la reparación de dichos tramos. |
| Cordoncillo II | calle 65 No 14-51 | Canaleta | Bueno | | | |
| El Fonce | calle 65 No 10c-99 | Muro Gavión | Bueno | | | |
| El Fonce | calle 67 No 10b-81 | Muro Gavian | Bueno | | | |
| El Fonce | calle 65 No 10c-99 | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |
| El Fonce | calle 65 No 10c-99 | Recubrimiento Artificial | Bueno | | | |
| El Fonce | calle 67 No 10b-81 | Canaleta | Bueno | | | |
| El Fonce | calle 67 No 10b-87 | Muro Gavión | Bueno | | | |
| El Fonce | calle 67 No 10b-87 | Muro Gavión | Bueno | | | |
| El Fonce | calle 67 No 10b-87 | Muro Concreto Reforzado | Bueno | | | |
| El Fonce | cra 10b No 66-02 | Muro Gavión | Malo | Se observa embolsamiento en la malla debido al empuje del suelo y mucha maleza recubriéndolo. | No, cumple | Se recomienda el reemplazo total del muro Gavión. |
| El Fonce | cra 10b No 66-02 | Muro Gavión | Bueno | | | |
| El Fonce | cra 10b No 66-02 | Muro Gavión | Bueno | | | |
| El Fonce | cra 10b No 66-02 | Recubrimiento Artificial | Regular | Se observan algunas fisuras por donde se infiltra el agua. | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras. |
| El Fonce | cra 10eNo 65-01 | Muro Gavión | Regular | Se observa gran cantidad de maleza sobre la obra y algunas fisuras. | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras y limpieza. |
| Cordoncillo I | calle 65 No10a-62 | Muro Gavión | Bueno | | | |

| | | | | | | |
|---------------|-------------------|--------------------------|---------|---|------------|--|
| Cordoncillo I | calle 65 No10a-62 | Canaleta | Regular | Se observa grietas y fisuras en algunos tramos. | No, cumple | Se recomienda la reparación de dichos tramos. |
| Cordoncillo I | calle 65 No10a-62 | Recubrimiento Artificial | Regular | Se observan algunas fisuras por donde se infiltra el agua. | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras. |
| Cordoncillo I | cra 10 No 64-38 | Recubrimiento Artificial | Regular | Se observan algunas fisuras por donde se infiltra el agua. | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras. |
| Cordoncillo I | cra 10 No 64-38 | Muro Gavión | Regular | Se observan algunas fisuras por donde se infiltra el agua. | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras. |
| Cordoncillo I | cra 10 No 64-38 | Muro Gavión | Regular | Se observa gran cantidad de maleza sobre la obra y algunas fisuras. | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras y limpieza. |
| Cordoncillo I | cra 10 No 64-38 | Muro Gavión | Regular | Se observa gran cantidad de maleza y no verticalidad en la malla. | Si, cumple | Se recomienda limpieza y reparación de la malla. |
| Cordoncillo I | cra 10 No 64-30 | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |
| Cordoncillo I | cra 10 No 64-28 | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |
| Cordoncillo I | cra 10 No 64-06 | Muro Concreto Reforzado | Bueno | | | |
| Cordoncillo I | calle 64No 9-43 | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |
| Cordoncillo I | calle 64No 9-43 | Muro Gavión | Bueno | | | |
| Cordoncillo I | calle 64No 9-43 | Canaleta | Regular | Se observan algunas fisuras. | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras y limpieza. |
| Cordoncillo I | calle 64No 9-43 | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |
| Laureles I | calle 65 No 6a-08 | Canaleta | Regular | Se observan algunas fisuras. | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras y limpieza. |
| Laureles I | cra 14 No 63- 30 | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |
| Laureles I | cra 14 No 63-08 | Canaleta | Regular | Se observan algunas fisuras. | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras y limpieza. |
| Laureles I | cra 14 No 63-05 | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |
| Laureles I | cra 14 No 63-11 | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |

| | | | | | | |
|---------------|----------------------------|------------------------|---------|---|--|--|
| Laureles I | cra 6c No 63a-09 | Muro Concreto Ciclópeo | Regular | Se observa gran cantidad de maleza sobre la obra y algunas fisuras. | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras y limpieza. |
| Laureles I | calle 63a No 6c-14 | Muro Gavión | Regular | Se observa embolsamiento en la malla debido al empuje del suelo. | Si, cumple. pero su vida útil está por terminar. | Se recomienda el reemplazo |
| Laureles I | calle 63a No 6c-14 | Canaleta | Malo | Se observa grietas y fisuras en algunos tramos por donde se infiltra el agua. | No, cumple | Se recomienda la reparación de dichos tramos. |
| Laureles I | calle 63a No 6c-14 | Canaleta | Malo | Se observa grietas y fisuras en algunos tramos por donde se infiltra el agua. | No, cumple | Se recomienda la reparación de dichos tramos. |
| Laureles I | calle 63a No 6c-14 | Canaleta | Malo | Se observa grietas y fisuras en algunos tramos por donde se infiltra el agua. | No, cumple | Se recomienda la reparación de dichos tramos. |
| Laureles I | calle 63a No 6c-14 | Muro Gavión | Regular | Se observa gran cantidad de maleza sobre la obra. | Si, cumple | hacer mantenimiento y limpieza. |
| San Gerardo | calle 63 No 14b-06 | Muro Gavión | Bueno | | | |
| San Gerardo | calle 63 No 14b-06 | Muro Gavión | Regular | Se observa embolsamiento en la malla debido al empuje del suelo y mucha maleza recubriéndolo. | Si, cumple. pero su vida útil está por terminar. | Se recomienda limpieza y reparación de la malla. |
| San Gerardo | calle 63 No 14b-06 | Muro Gavión | Regular | Se observa gran cantidad de maleza sobre la obra. | Si, cumple | hacer mantenimiento y limpieza. |
| San Gerardo | calle 63b14c-15 | Muro Gavión | Regular | Se observan algunas fisuras. | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras y limpieza. |
| San Gerardo | cale 63 No 14b-20 | Muro Gavión | Regular | Se observa gran cantidad de maleza y no verticalidad en la malla. | Si, cumple | Se recomienda limpieza y reparación de la malla. |
| San Gerardo | car 15b No 64a-03 | Muro Gavión | Regular | Se observa gran cantidad de maleza sobre la obra. | Si, cumple | Se recomienda limpieza. |
| San Gerardo | car 15b No 64a-03 peatonal | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |
| Hacienda Real | espalda Hacienda Real | Canaleta | Bueno | | | Se recomienda limpieza. |
| La Guacamaya | calle 64 No 17a-68 | Canaleta | Regular | Se observan gran cantidad de maleza y algunas fisuras por donde se infiltra | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras y limpieza . |

| | | | | | | |
|---------------|--------------------|------------------------|---------|---|--|--|
| | | | | el agua. | | |
| La Guacamaya | calle 64 No 17a-68 | Canaleta | Regular | Se observan gran cantidad de maleza y algunas fisuras por donde se infiltra el agua. | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras y limpieza . |
| La Guacamaya | calle 64 No 17a-68 | Canaleta | Regular | Se observan gran cantidad de maleza y algunas fisuras por donde se infiltra el agua. | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras y limpieza . |
| La Guacamaya | calle 64 No 17a-68 | Canaleta | Regular | Se observan gran cantidad de maleza y algunas fisuras por donde se infiltra el agua. | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras y limpieza . |
| Cordoncillo I | cra 14 No 63-23 | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |
| Cordoncillo I | cra 14 No 63-23 | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |
| Cordoncillo I | cra 10 No 64-28 | Muro Gavión | Bueno | | | |
| Cordoncillo I | cra 10 No 64-28 | Muro Gavión | Regular | Se observa gran cantidad de maleza sobre la obra. | Si, cumple | Se recomienda limpieza. |
| Cordoncillo I | cra 10 No 64-31 | Muro Gavión | Malo | Se observa la malla de las celdas completamente rota, debido al empuje del suelo. | No, cumple | Se recomienda el reemplazo total del muro Gavión . |
| Cordoncillo I | cra 10 No 64-31 | Muro Gavión | Regular | Se observa gran cantidad de maleza sobre la obra. | Si, cumple | Se recomienda limpieza. |
| La Hoyadita | La Hoyadita | Muro Gavión | Malo | Se observa embolsamiento en la malla debido al empuje del suelo y mucha maleza recubriéndolo. | Si, cumple. pero su vida útil está por terminar. | Se recomienda el reemplazo |
| La Hoyadita | La Hoyadita | Muro Gavión | Malo | Se observa embolsamiento en la malla debido al empuje del suelo y mucha maleza recubriéndolo. | Si, cumple. pero su vida útil está por terminar. | Se recomienda el reemplazo |
| La Hoyadita | La Hoyadita | Muro Gavión | Regular | Se observa gran cantidad de maleza sobre la obra. | Si, cumple | Se recomienda limpieza. |
| La Hoyadita | La Hoyadita | Muro Gavión | Regular | Se observa gran cantidad de maleza sobre la obra. | Si, cumple | Se recomienda limpieza. |
| La Hoyadita | La Hoyadita | Muro Gavión | Malo | Se observa embolsamiento en la malla debido al empuje del suelo y mucha maleza recubriéndolo. | Si, cumple. pero su vida útil está por terminar. | Se recomienda el reemplazo |

| | | | | | | |
|----------------|--------------------|---------------------------|---------|---|--|---|
| La Hoyadita | La Hoyadita | Muro Gavión | Malo | Se observa embolsamiento en la malla debido al empuje del suelo y mucha maleza recubriéndolo. | Si, cumple. pero su vida útil está por terminar. | Se recomienda el reemplazo |
| La Hoyadita | La Hoyadita | Muro Gavión | Malo | Se observa la malla de las celdas completamente rota, debido al empuje del suelo. | No, cumple | Se recomienda el reemplazo total del muro Gavión . |
| La Hoyadita | La Hoyadita | Muro Gavión | Malo | Se observa embolsamiento en la malla debido al empuje del suelo y mucha maleza recubriéndolo. | Si, cumple. pero su vida útil está por terminar. | Se recomienda el reemplazo |
| Cordoncillo II | calle 65c No 0a-02 | Muro Gavión | Malo | Se observa embolsamiento en la malla debido al empuje del suelo y mucha maleza recubriéndolo. | Si, cumple. pero su vida útil está por terminar. | Se recomienda el reemplazo |
| Cordoncillo II | calle 65c No 0a-02 | Canaleta | Regular | Se observan gran cantidad de maleza y algunas fisuras por donde se infiltra el agua. | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras y limpieza . |
| Cordoncillo II | calle 65c No 0a-02 | Recubrimiento Artificial | Regular | Se observan algunas fisuras por donde se infiltra el agua. | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras. |
| Cordoncillo II | calle 65 No 1c-24 | Muro Gavión | Regular | Se observa embolsamiento en la malla debido al empuje del suelo. | Si, cumple. | Se recomienda limpieza y reparación de la malla. |
| Cordoncillo II | calle 65 No 1c-24 | Canaleta | Malo | Se observa grietas y fisuras en algunos tramos por donde se infiltra el agua. | No, cumple | Se recomienda la reparación de dichos tramos. |
| Cordoncillo II | calle 65 No 1c-11 | Muro Gavión | Bueno | | | |
| Cordoncillo II | calle 65 No 1c-11 | Canaleta | Bueno | | | |
| Cordoncillo II | calle 65 No 1c-11 | Recubrimiento Artificial | Regular | Se observan algunas fisuras por donde se infiltra el agua. | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras. |
| Cordoncillo II | calle 65 No 1c-11 | Recubrimiento Artificial | Regular | Se observan algunas fisuras por donde se infiltra el agua. | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras. |
| Cordoncillo II | calle 65 No 1c-24 | Recubrimiento Artificial | Bueno | | | |
| Cordoncillo II | calle 65 No 1c-30 | Estructura de Vertimiento | Bueno | | | |
| Cordoncillo II | calle 65 No 1c-30 | Muro Gavión | Bueno | | | |
| San Miguel | calle 50 No 13 | Pantalla Anclada | Regular | Se observa el concreto lanzado levantado en algunos sectores. | Si, cumple. sus anclajes están funcionando | Se recomienda la reparación del concreto superficial. |

| | | | | | | |
|---------------|-------------------|--------------------------|---------|---|--|--|
| Candiles | calle 52 No 12 | Pantalla Anclada | Bueno | | | |
| Candiles | calle 52 No 12 | Pantalla Anclada | Bueno | | | |
| Candiles | calle 52 No 12 | Canaleta | Malo | Se observa grietas y fisuras en algunos tramos por donde se infiltra el agua. | No, cumple | Se recomienda la reparación de dichos tramos. |
| Campo Hermoso | cra 8w No 42-02 | Muro Gavión | Bueno | | | |
| Campo Hermoso | cra 8w No 42-02 | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |
| Campo Hermoso | cra 8w No 42-02 | Muro Gavión | Bueno | | | |
| Campo Hermoso | cra 8w No 42-02 | Recubrimiento Artificial | Regular | Se observan algunas fisuras por donde se infiltra el agua. | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras. |
| Campo Hermoso | cra 9aw No 43-86 | Muro Gavión | Bueno | | | |
| Campo Hermoso | cra 10w No 50-99 | Muro Gavión | Bueno | | | |
| Campo Hermoso | cra 10w No 50-99 | Muro Gavión | Bueno | | | |
| Campo Hermoso | cra 10w No 50-139 | Recubrimiento Artificial | Bueno | | | |
| Campo Hermoso | cra 10w No 50-99 | Recubrimiento Artificial | Regular | Se observan algunas fisuras por donde se infiltra el agua. | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras. |
| Juan XXIII | | Muro Gavión | Regular | Se observa gran cantidad de maleza y no verticalidad en la malla. | Si, cumple | Se recomienda limpieza y reparación de la malla. |
| Juan XXIII | | Muro Concreto Reforzado | Regular | Se observan algunas fisuras por donde se infiltra el agua. | Si, cumple | Se recomienda limpieza y rellenar las fisuras. |
| Juan XXIII | | Muro Gavión | Bueno | | | |
| Juan XXIII | | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |
| Juan XXIII | | Recubrimiento Artificial | Regular | Se observan algunas fisuras por donde se infiltra el agua. | Si, cumple | Se recomienda limpieza y rellenar las fisuras. |
| Juan XXIII | | Muro Gavión | Bueno | | | |
| La 45 | | Obras en Tierra | Malo | Se observa algunos sacos rotos debido a la falta de drenajes. | si, cumple | Se recomienda reparación y cambio de algunos sacos. |
| La 45 | | Recubrimiento Artificial | Malo | Se observa algunos sitios desprovistos de este recubrimiento debido al proceso de erosión | No, cumple por que la erosión lo está deteriorando | Se recomienda la elaboración de otro recubrimiento artificial. |

| | | | | | | |
|-------------|---------------------|---------------------------|---------|--|--|--|
| La 45 | | Canaleta | Malo | Se observa algunos tramos desplazados y otros con grietas. | No, cumple por que la erosión las deterioro. | Se recomienda la elaboración de otra canaleta. |
| La 45 | | Estructura de Vertimiento | Regular | Se observa gran deterioro y pérdida de verticalidad en los muros laterales. | Si, cumple. pero su vida útil está por terminar. | Se recomienda la elaboración de otra estructura. |
| La 45 | | Obras en Tierra | Bueno | | | |
| La 45 | | Muro Gavión | Malo | Se observa totalmente destruido. | No, cumple, debido a su grado de destrucción. | Elaborar una nueva obra que si cumpla con la función. |
| Balconcitos | calle con cra 2 occ | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |
| Laureles I | cra 14 No 63-08 | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |
| San Gerardo | calle 63No 15a-06 | Pantalla Anclada | Regular | Se observa el concreto lanzado levantado en algunos sectores. | Si, cumple. sus anclajes están funcionando | Se recomienda la reparación del concreto superficial. |
| Los Canelos | calle 65c No 1-05 | Muro Gavión | Bueno | | | |
| Colombia | cra 3 No 65c-60 | Muro Gavión | Bueno | | | |
| Colombia | cra 3 No 65c-60 | Muro Gavión | Bueno | | | |
| Colombia | cra 3 No 65c-87 | Muro Gavión | Bueno | | | |
| Colombia | cra 3 No 65c-09 | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |
| Colombia | cra 3 No 65c-90 | Muro Gavión | Bueno | | | |
| Colombia | cra 3 No 65c-29 | Muro Gavión | Bueno | | | |
| Colombia | cra 3 No 65c-29 | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |
| Colombia | cra 3 No 65c-29 | Canaleta | Regular | Se observa un descargue lateral a través de una manguera, la cual genera infiltraciones. | Si, cumple. | Se recomienda hacer mantenimiento y solucionar las infiltraciones a través de un buen emboquillado de la manguera. |
| Colombia | calle 65c No 3-28 | Muro Gavión | Regular | Se observa gran cantidad de maleza sobre la obra. | Si, cumple | hacer mantenimiento y limpieza. |
| Colombia | cra 4 No 65c-41 | Recubrimiento Artificial | Regular | Se observan algunas fisuras por donde se infiltra el agua. | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras. |
| Colombia | calle 65c No 5-12 | Muro Gavión | Regular | Se observan algunas fisuras por donde se infiltra el agua. | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras y limpieza de maleza. |
| San Gerardo | calle 63 No 13b-40 | Muro Gavión | Bueno | | | |

| | | | | | | |
|----------------|-----------------------|--------------------------|---------|---|--|---|
| San Gerardo | calle 63 No 13b-40 | Canaleta | Bueno | | | |
| La Hoyadita | calle 63 No 13b-16 | Muro Gavión | Bueno | | | |
| San Gerardo | cra 13 No 63a-70 | Muro Gavión | Regular | Se observa embolsamiento en la malla debido al empuje del suelo. | Si, cumple. Pero su vida útil está por terminar. | Se recomienda el reemplazo |
| Hacienda Real | espalda Hacienda Real | Pantalla Anclada | Bueno | | | |
| La Ceiba | calle 64 No 17a-68 | Pantalla Anclada | Regular | Se observa el concreto lanzado levantado en algunos sectores. | Si, cumple. sus anclajes están funcionando | Se recomienda la reparación del concreto superficial. |
| Cordoncillo II | calle 65 con cra 15 | Muro Gavión | Regular | Se observa gran cantidad de maleza y no verticalidad en la malla. | Si, cumple | Se recomienda limpieza y reparación de la malla. |
| Cordoncillo II | calle 65 No 14-51 | Muro Gavión | Regular | Se observa gran cantidad de maleza y no verticalidad en la malla. | Si, cumple | Se recomienda limpieza y reparación de la malla. |
| Cordoncillo II | calle 65 con cra 15 | Muro Gavión | Malo | Se observa la malla de las celdas completamente rota, debido al empuje del suelo. | No, cumple | Se recomienda el reemplazo total del muro Gavión. |
| Cordoncillo II | calle 65 con cra 15 | Canaleta | Regular | Se observa grietas y fisuras en algunos tramos. | No, cumple | Se recomienda la reparación de dichos tramos. |
| Cordoncillo II | calle 65 No 14-51 | Canaleta | Bueno | | | |
| El Fonce | calle 65 No 10c-99 | Muro Gavión | Bueno | | | |
| El Fonce | calle 67 No 10b-81 | Muro Gavión | Bueno | | | |
| El Fonce | calle 65 No 10c-99 | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |
| El Fonce | calle 65 No 10c-99 | Recubrimiento Artificial | Bueno | | | |
| El Fonce | calle 67 No 10b-81 | Canaleta | Bueno | | | |
| El Fonce | calle 67 No 10b-87 | Muro Gavión | Bueno | | | |
| El Fonce | calle 67 No 10b-87 | Muro Gavión | Bueno | | | |
| El Fonce | calle 67 No 10b-87 | Muro Concreto Reforzado | Bueno | | | |
| El Fonce | cra 10b No 66-02 | Muro Gavión | Malo | Se observa embolsamiento en la malla debido al empuje del suelo y mucha maleza recubriéndolo. | No, cumple | Se recomienda el reemplazo total del muro Gavión. |
| El Fonce | cra 10b No 66-02 | Muro Gavión | Bueno | | | |
| El Fonce | cra 10b No 66-02 | Muro Gavión | Bueno | | | |
| El Fonce | cra 10b No 66-02 | Recubrimiento Artificial | Regular | Se observan algunas fisuras por donde se infiltra el agua. | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras. |

| | | | | | | |
|---------------|-------------------|--------------------------|---------|---|------------|--|
| El Fonce | cra 10eNo 65-01 | Muro Gavión | Regular | Se observa gran cantidad de maleza sobre la obra y algunas fisuras. | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras y limpieza . |
| Cordoncillo I | calle 65 No10a-62 | Muro Gavión | Bueno | | | |
| Cordoncillo I | calle 65 No10a-62 | Canaleta | Regular | Se observa grietas y fisuras en algunos tramos. | No, cumple | Se recomienda la reparación de dichos tramos. |
| Cordoncillo I | calle 65 No10a-62 | Recubrimiento Artificial | Regular | Se observan algunas fisuras por donde se infiltra el agua. | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras. |
| Cordoncillo I | cra 10 No 64-38 | Recubrimiento Artificial | Regular | Se observan algunas fisuras por donde se infiltra el agua. | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras. |
| Cordoncillo I | cra 10 No 64-38 | Muro Gavión | Regular | Se observan algunas fisuras por donde se infiltra el agua. | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras. |
| Cordoncillo I | cra 10 No 64-38 | Muro Gavión | Regular | Se observa gran cantidad de maleza sobre la obra y algunas fisuras. | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras y limpieza. |
| Cordoncillo I | cra 10 No 64-38 | Muro Gavión | Regular | Se observa gran cantidad de maleza y no verticalidad en la malla. | Si, cumple | Se recomienda limpieza y reparación de la malla. |
| Cordoncillo I | cra 10 No 64-30 | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |
| Cordoncillo I | cra 10 No 64-28 | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |
| Cordoncillo I | cra 10 No 64-06 | Muro Concreto Reforzado | Bueno | | | |
| Cordoncillo I | calle 64No 9-43 | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |
| Cordoncillo I | calle 64No 9-43 | Muro Gavión | Bueno | | | |
| Cordoncillo I | calle 64No 9-43 | Canaleta | Regular | Se observan algunas fisuras. | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras y limpieza. |
| Cordoncillo I | calle 64No 9-43 | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |
| Laureles I | calle 65 No 6a-08 | Canaleta | Regular | Se observan algunas fisuras. | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras y limpieza. |
| Laureles I | cra 14 No 63- 30 | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |
| Laureles I | cra 14 No 63-08 | Canaleta | Regular | Se observan algunas fisuras. | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras y limpieza. |
| Laureles I | cra 14 No 63-05 | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |
| Laureles I | cra 14 No 63-11 | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |
| Laureles I | cra 6c No 63a-09 | Muro Concreto Ciclópeo | Regular | Se observa gran cantidad de maleza sobre la obra y | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras y |

| | | | | | | |
|---------------|----------------------------|------------------------|---------|---|--|--|
| | | | | algunas fisuras. | | limpieza. |
| Laureles I | calle 63a No 6c-14 | Muro Gavión | Regular | Se observa embolsamiento en la malla debido al empuje del suelo. | Si, cumple. pero su vida útil está por terminar. | Se recomienda el reemplazo |
| Laureles I | calle 63a No 6c-14 | Canaleta | Malo | Se observa grietas y fisuras en algunos tramos por donde se infiltra el agua. | No, cumple | Se recomienda la reparación de dichos tramos. |
| Laureles I | calle 63a No 6c-14 | Canaleta | Malo | Se observa grietas y fisuras en algunos tramos por donde se infiltra el agua. | No, cumple | Se recomienda la reparación de dichos tramos. |
| Laureles I | calle 63a No 6c-14 | Canaleta | Malo | Se observa grietas y fisuras en algunos tramos por donde se infiltra el agua. | No, cumple | Se recomienda la reparación de dichos tramos. |
| Laureles I | calle 63a No 6c-14 | Muro Gavión | Regular | Se observa gran cantidad de maleza sobre la obra. | Si, cumple | hacer mantenimiento y limpieza. |
| San Gerardo | calle 63 No 14b-06 | Muro Gavión | Bueno | | | |
| San Gerardo | calle 63 No 14b-06 | Muro Gavión | Regular | Se observa embolsamiento en la malla debido al empuje del suelo y mucha maleza recubriéndolo. | Si, cumple. pero su vida útil está por terminar. | Se recomienda limpieza y reparación de la malla. |
| San Gerardo | calle 63 No 14b-06 | Muro Gavión | Regular | Se observa gran cantidad de maleza sobre la obra. | Si, cumple | Hacer mantenimiento y limpieza. |
| San Gerardo | calle 63b14c-15 | Muro Gavión | Regular | Se observan algunas fisuras. | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras y limpieza. |
| San Gerardo | cale 63 No 14b-20 | Muro Gavión | Regular | Se observa gran cantidad de maleza y no verticalidad en la malla. | Si, cumple | Se recomienda limpieza y reparación de la malla. |
| San Gerardo | car 15b No 64a-03 | Muro Gavión | Regular | Se observa gran cantidad de maleza sobre la obra. | Si, cumple | Se recomienda limpieza. |
| San Gerardo | car 15b No 64a-03 peatonal | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |
| Hacienda Real | espalda Hacienda Real | Canaleta | Bueno | | | Se recomienda limpieza. |
| La Guacamaya | calle 64 No 17a-68 | Canaleta | Regular | Se observan gran cantidad de maleza y algunas fisuras por donde se infiltra el agua. | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras y limpieza. |
| La Guacamaya | calle 64 No 17a-68 | Canaleta | Regular | Se observan gran cantidad de maleza y algunas fisuras por donde se infiltra el agua. | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras y limpieza . |
| La Guacamaya | calle 64 No 17a-68 | Canaleta | Regular | Se observan gran cantidad de maleza y algunas fisuras | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras y |

| | | | | | | |
|---------------|--------------------|------------------------|---------|---|--|--|
| | | | | por donde se infiltra el agua. | | limpieza. |
| La Guacamaya | calle 64 No 17a-68 | Canaleta | Regular | Se observan gran cantidad de maleza y algunas fisuras por donde se infiltra el agua. | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras y limpieza . |
| Cordoncillo I | cra 14 No 63-23 | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |
| Cordoncillo I | cra 14 No 63-23 | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |
| Cordoncillo I | cra 10 No 64-28 | Muro Gavión | Bueno | | | |
| Cordoncillo I | cra 10 No 64-28 | Muro Gavión | Regular | Se observa gran cantidad de maleza sobre la obra. | Si, cumple | Se recomienda limpieza. |
| Cordoncillo I | cra 10 No 64-31 | Muro Gavión | Malo | Se observa la malla de las celdas completamente rota, debido al empuje del suelo. | No, cumple | Se recomienda el reemplazo total del muro Gavión. |
| Cordoncillo I | cra 10 No 64-31 | Muro Gavión | Regular | Se observa gran cantidad de maleza sobre la obra. | Si, cumple | Se recomienda limpieza. |
| La Hoyadita | La Hoyadita | Muro Gavión | Malo | Se observa embolsamiento en la malla debido al empuje del suelo y mucha maleza recubriéndolo. | Si, cumple. pero su vida útil está por terminar. | Se recomienda el reemplazo |
| La Hoyadita | La Hoyadita | Muro Gavión | Malo | Se observa embolsamiento en la malla debido al empuje del suelo y mucha maleza recubriéndolo. | Si, cumple. pero su vida útil está por terminar. | Se recomienda el reemplazo |
| La Hoyadita | La Hoyadita | Muro Gavión | Regular | Se observa gran cantidad de maleza sobre la obra. | Si, cumple | Se recomienda limpieza. |
| La Hoyadita | La Hoyadita | Muro Gavión | Regular | Se observa gran cantidad de maleza sobre la obra. | Si, cumple | Se recomienda limpieza. |
| La Hoyadita | La Hoyadita | Muro Gavión | Malo | Se observa embolsamiento en la malla debido al empuje del suelo y mucha maleza recubriéndolo. | Si, cumple. Pero su vida útil está por terminar. | Se recomienda el reemplazo |
| La Hoyadita | La Hoyadita | Muro Gavión | Malo | Se observa embolsamiento en la malla debido al empuje del suelo y mucha maleza recubriéndolo. | Si, cumple. Pero su vida útil está por terminar. | Se recomienda el reemplazo |
| La Hoyadita | La Hoyadita | Muro Gavión | Malo | Se observa la malla de las celdas completamente rota, debido al empuje del suelo. | No, cumple | Se recomienda el reemplazo total del muro Gavión . |
| La Hoyadita | La Hoyadita | Muro Gavión | Malo | Se observa embolsamiento en la malla debido al empuje del suelo y mucha maleza recubriéndolo. | Si, cumple. Pero su vida útil está por terminar. | Se recomienda el reemplazo |

| | | | | | | |
|----------------|--------------------|---------------------------|---------|---|--|---|
| Cordoncillo II | calle 65c No 0a-02 | Muro Gavión | Malo | Se observa embolsamiento en la malla debido al empuje del suelo y mucha maleza recubriéndolo. | Si, cumple. Pero su vida útil está por terminar. | Se recomienda el reemplazo |
| Cordoncillo II | calle 65c No 0a-02 | Canaleta | Regular | Se observan gran cantidad de maleza y algunas fisuras por donde se infiltra el agua. | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras y limpieza . |
| Cordoncillo II | calle 65c No 0a-02 | Recubrimiento Artificial | Regular | Se observan algunas fisuras por donde se infiltra el agua. | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras. |
| Cordoncillo II | calle 65 No 1c-24 | Muro Gavión | Regular | Se observa embolsamiento en la malla debido al empuje del suelo. | Si, cumple. | Se recomienda limpieza y reparación de la malla. |
| Cordoncillo II | calle 65 No 1c-24 | Canaleta | Malo | Se observa grietas y fisuras en algunos tramos por donde se infiltra el agua. | No, cumple | Se recomienda la reparación de dichos tramos. |
| Cordoncillo II | calle 65 No 1c-11 | Muro Gavión | Bueno | | | |
| Cordoncillo II | calle 65 No 1c-11 | Canaleta | Bueno | | | |
| Cordoncillo II | calle 65 No 1c-11 | Recubrimiento Artificial | Regular | Se observan algunas fisuras por donde se infiltra el agua. | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras. |
| Cordoncillo II | calle 65 No 1c-11 | Recubrimiento Artificial | Regular | Se observan algunas fisuras por donde se infiltra el agua. | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras. |
| Cordoncillo II | calle 65 No 1c-24 | Recubrimiento Artificial | Bueno | | | |
| Cordoncillo II | calle 65 No 1c-30 | Estructura de Vertimiento | Bueno | | | |
| Cordoncillo II | calle 65 No 1c-30 | Muro Gavión | Bueno | | | |
| San Miguel | calle 50 No 13 | Pantalla Anclada | Regular | Se observa el concreto lanzado levantado en algunos sectores. | Si, cumple. sus anclajes están funcionando | Se recomienda la reparación del concreto superficial. |
| Candiles | calle 52 No 12 | Pantalla Anclada | Bueno | | | |
| Candiles | calle 52 No 12 | Pantalla Anclada | Bueno | | | |
| Candiles | calle 52 No 12 | Canaleta | Malo | Se observa grietas y fisuras en algunos tramos por donde se infiltra el agua. | No, cumple | Se recomienda la reparación de dichos tramos. |
| Campo Hermoso | cra 8w No 42-02 | Muro Gavión | Bueno | | | |
| Campo Hermoso | cra 8w No 42-02 | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |
| Campo Hermoso | cra 8w No 42-02 | Muro Gavión | Bueno | | | |
| Campo Hermoso | cra 8w No 42-02 | Recubrimiento Artificial | Regular | Se observan algunas fisuras por donde se infiltra el agua. | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras. |

| | | | | | | |
|-----------------|--|-------------------------------|---------|---|------------|---|
| Campo Hermoso | cra 9aw No 43-86 | Muro Gavión | Bueno | | | |
| Campo Hermoso | cra 10w No 50-99 | Muro Gavión | Bueno | | | |
| Campo Hermoso | cra 10w No 50-99 | Muro Gavión | Bueno | | | |
| Campo Hermoso | cra 10w No 50-139 | Recubrimiento Artificial | Bueno | | | |
| Campo Hermoso | cra 10w No 50-99 | Recubrimiento Artificial | Regular | Se observan algunas fisuras por donde se infiltra el agua. | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras. |
| Gómez Niño | calle 56 con cra 10 | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |
| El Porvenir | | Muro Gavión | Bueno | | | |
| Mal Paso | calle 10E # 12 -35 | Muro Gavión | Bueno | | | |
| Mal Paso | calle 10E # 12 -35 | Recubrimiento Artificial | Regular | Se observan algunas fisuras por donde se infiltra el agua. | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras. |
| Hoyo II | calle 106a # 14 -72 | Muro Gavión | Bueno | | | |
| Hoyo II | calle 106a # 14 -72 | Recubrimiento Artificial | Bueno | | | |
| Los Colorados | Contiguo a la parroquia de Ntra Sra de la misericordia | Muro Gavión | Bueno | | | |
| Los Colorados | Contiguo a la parroquia de Ntra Sra de la Misericordia | Recubrimiento Artificial | Malo | Se observan algunas fisuras por donde se infiltra el agua. | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras. |
| Los Colorados | Cra 21 # 53 - 30 | Estructura de Vertimiento | Bueno | | | |
| Bosque Norte II | clle 2c # 16a -02 | Muro Concreto Reforzado | Bueno | | | |
| Bosque Norte II | clle 2c # 16a -02 | Canaleta | Bueno | | | |
| Bosque Norte II | cra 16B # 2A -23 | Muro en mampostería confinada | Bueno | | | |
| Bosque Norte II | CRA 24 con calle 10 | Pantalla Anclada | Bueno | | | |
| Bosque Norte II | CRA 24 con calle 10 | Recubrimiento Artificial | Regular | Se observan algunas fisuras por donde se infiltra el agua. | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras. |
| Esperanza III | | Canaleta | Bueno | | | |
| Esperanza III | | Canaleta | Regular | Se observa grietas y fisuras en algunos tramos por donde se infiltra el agua. | No, cumple | Se recomienda la reparación de dichos tramos. |
| Esperanza III | | Muro Gavión | Bueno | | | |
| Esperanza III | cra 24 # 12N - 05 | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |
| Esperanza III | Cancha de Futbol | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |
| Esperanza II | calle 12 # 23 - 01 | Canaleta | Regular | Se observa grietas y fisuras en algunos tramos por donde se infiltra el | No, cumple | Se recomienda la reparación de dichos tramos. |

| | | | | | | |
|---------------------|---|------------------------|---------|--|------------|---|
| | | | | agua. | | |
| Esperanza II | calle 12 # 23 - 27 | Canaleta | Regular | Se observan gran cantidad de maleza y algunas fisuras por donde se infiltra el agua. | Si, cumple | Se recomienda resanar las fisuras y limpieza. |
| Esperanza II | calle 11 # 25a - 25 | Canaleta | Bueno | | | |
| Esperanza II | calle 15N cancha de futbol | Muro Gavión | Bueno | | | |
| Esperanza II | cra 23 #13n - 37 | Canaleta | Bueno | | | |
| Esperanza III | cra 22 # 10NA - 14 | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |
| La Malaña | vía de acceso al barrio La Malaña | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |
| Vegas de Morrorrico | calle 7a # 38 -57 | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |
| Vegas de Morrorrico | Vegas de Morrorrico - retiro chiquito cra 40 # 5-01 | Canaleta | Regular | Se observa grietas y fisuras en algunos tramos por donde se infiltra el agua. | No, cumple | Se recomienda la reparación de dichos tramos. |
| Retiro Chiquito | cra 41 # 4a - 30 bis | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |
| Retiro Chiquito | cra 41 # 6a -18 | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |
| Retiro Chiquito | calle 10a # 41 - 50 | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |
| Vegas de Morrorrico | cra 40 #8a - 21 | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |
| Vegas de Morrorrico | cra 40 # 8 – 64 | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |
| Vegas de Morrorrico | cra 40 # 7a - 04 | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |
| Vegas de Morrorrico | cra 39 # 7 -23 | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |
| Vegas de Morrorrico | cra 39 # 39 - 34 | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |
| El Diviso | cra 36 # 10 - 133 | Muro Concreto Ciclópeo | Bueno | | | |

Fuente: Tomado de Relación de contratos de estabilización de taludes de la CDMB, Bucaramanga, Julio de 2010.

De la anterior información se desprende que:

Tabla 3. Tipo de sistema de contención utilizado

| Sistema | Cantidad |
|----------------------------|-----------------|
| Muro Gavión | 125,00 |
| Muro concreto reforzado | 7,00 |
| Muro concreto ciclópeo | 51,00 |
| Recubrimiento artificial | 32,00 |
| Obras en tierra | 4,00 |
| Canaleta | 52,00 |
| Estructura de vertimiento | 5,00 |
| Pantalla anclada | 13,00 |
| Muro mampostería confinada | 1,00 |
| Total | 290,00 |

Fuente: Tomado de Relación de contratos de estabilización de taludes de la CDMB, Bucaramanga, Julio de 2010.

- El sistema más utilizado por la CDMB ha sido el de muro de gavión, seguido de la canaleta y del muro de concreto ciclópeo
- El Muro de mampostería confinada solo ha sido utilizada en un caso.
- La pantalla anclada a pesar de su novedad se ha utilizado en 13 ocasiones

El Área Metropolitana de Bucaramanga viene padeciendo el fenómeno de la erosión desde hace más de cincuenta años, cuando los primeros estudios geológicos prendieron las alarmas sobre aproximadamente 10 kilómetros de escarpa, área que se ha multiplicado a consecuencia del crecimiento poblacional de la ciudad y la generación de asentamientos subnormales en terrenos de escarpa, especialmente en la zona norte, zona oriental (Comuna 14), barrios Nariño, Campo Hermoso, La Joya entre otros.

La CDMB, como autoridad ambiental ha venido realizando trabajos de atención de desastres por desestabilización de taludes, en las diferentes modalidades, que van desde la construcción de muros de gavión, pasando por muros de concreto reforzado, muro en concreto ciclópeo, obras de recubrimiento artificial, obras en tierra, canaletas, estructuras de vertimiento, muro de mampostería confinada y en la actualidad construcción de pantallas ancladas obras que le han representado asignaciones presupuestales superiores al billón de pesos, recursos que han provenido de diferentes fuentes entre las que se destacan el Gobierno Nacional a través del Fondo Nacional de Regalías y el Consejo Nacional de Política Económica y Social “Conpes”, recursos del Departamento y el Municipio, así como cooperantes internacionales.

8. GUIA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ANCLAJES ACTIVOS POSTENSADOS E INYECTADOS A PRESIÓN.

8.1 ANCLAJES

Los Anclajes determinan un sistema constructivo que ofrece soporte y firme sujeción a cimentaciones profundas que superan los 30 metros, que trabajan como soporte y sujeción; con esta técnica se puede alcanzar hasta una profundidad del orden de los 30 metros con solo una clava de muro de tres metros.

El uso de anclajes se ha popularizado en el mundo para la construcción de túneles en vías carretables, pero el campo más beneficiado ha sido el de contención de taludes en excavaciones, evitando así la construcción de costosos muros de contención o sistemas de ataguías.

Su objetivo radica en resistir un empuje del suelo, mejorando las condiciones de equilibrio de una estructura o talud, asociado al peso del terreno que le rodea, reforzando el suelo, aumentando de esta forma su resistencia al esfuerzo constante, actuando como muro de contención natural y/o artificial, limitado en su dimensión (alto – largo) por la longitud de los anclajes. Sin embargo, el sistema está expuesto a empujes activos e hidrostáticos que ocasionan fallas en las que intervienen en peso del material confinado y la resultante de los empujes.

Entre sus principales ventajas se tiene:

- Un muro sostenido por una hilera de anclajes permite una clava menor respecto del que trabaja como autoportante. La clava mínima con dos o más hileras de anclaje se encuentra entre 1,5 y dos metros, economizando metros

de excavación. De este modo se reducen los costes de excavación, de materiales y de tiempo insumido.

- El anclaje hace que varíe la distribución de esfuerzos en el muro, que pasa de trabajar a modo de ménsula a una viga continua. De esta manera disminuyen los esfuerzos, y ello permite adelgazar el espesor y el armado del muro.
- Este sistema ofrece mayor seguridad en edificaciones contiguas pues elimina los movimientos habituales en muros de contención.
- Mediante los anclajes se logra racionalizar y acortar los tiempos de construcción, ya que la excavación queda totalmente limpia.
- Gran ventaja por la velocidad en la ejecución sobre todo en terrenos blandos, donde se alcanza hasta diez anclajes al día, con mayores rendimientos y menos jornadas de trabajo.

8.2 COMPONENTES FÍSICOS DEL ANCLAJE ²⁴

El sistema está compuesto por una parte anclada, un tendón y un dispositivo de apoyo, los cuales se representan gráficamente a través de las figuras 1 y 2.

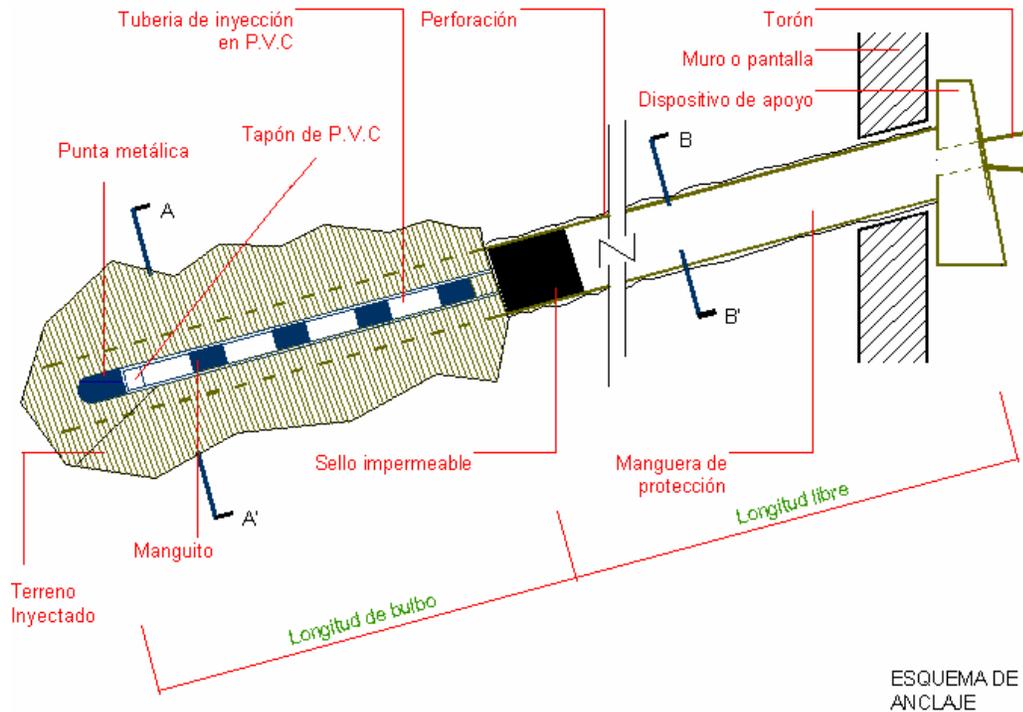
Figura 1. Parte anclada



²⁴ GONZALEZ COSTES, Bernardo Andrés. Procesos constructivos de sistemas de anclaje para la estabilización de taludes. Tesis para obtener el título de Licenciado en Ingeniería Civil, Universidad Iberoamericana, México, 1995, p. 32-34

- **Parte anclada:** representada por la parte que está en contacto con el suelo y se une al mismo; su empotramiento se logra mediante la inyección de lechada, que es la parte encargada de transmitir los esfuerzos del ancla al suelo.
- **Tendón:** Es el componente que permite transmitir la tensión desde la punta del ancla hasta el suelo, elemento que es capaz de deformarse en una de sus partes con total libertad ante la carga aplicada.
- **Dispositivo de apoyo:** Consiste en una placa de acero apoyada en una placa de concreto, que se encarga de transmitir la tensión del gato al sistema.

Figura 2. Partes y Elementos del Anclaje



Fuente: GONZALEZ COSTES, Bernardo Andrés. Procesos constructivos de sistemas de anclaje para la estabilización de taludes. Tesis para obtener el título de Licenciado en Ingeniería Civil, Universidad Iberoamericana, México, 1995, p. 32-34

8.3 PARTES DEL ANCLAJE

Los anclajes de pantalla se componen de tres partes fundamentales:

- **Zona de Bulbo:** parte solidaria al terreno que se incrusta en la profundidad del talud encargada de transferir los esfuerzos al mismo por fricción, pero se debe encontrar ubicada detrás de la línea de falla del terreno.
- **Zona Libre:** Es la parte en la que la armadura se encuentra aislada del terreno que la rodea y se encuentra por delante de la línea de falla del terreno.
- **Cabeza y Placa de Apoyo:** Es la unión de la armadura con la estructura de apoyo, y sobre ella se ejerce la acción exterior de tensionamiento.

8.3.1 Elementos del Anclaje

Torón: Es el Cable que en conjunto con los otros, transmiten la tensión del punto de apoyo (muro o pantalla) hasta el suelo o roca. Se debe utilizar torón de alto límite de fluencia del tipo 270 K, de diámetro ½” o 0.6 cm, y compuesto por trece (13) hilos, además de tener en cuenta que se requiere una longitud adicional (puntas) de por lo menos 0.70 m, para poder efectuar el tensionamiento.²⁵

Figura 3. Torón.



Fuente: Trabajo de campo Consorcio CV; R Tavera, Bucaramanga, 5 de Abril de 2010

²⁵ Trabajo de campo Consorcio CV; R Tavera, Bucaramanga, 5 de Abril de 2010.

Punta Metálica: Es el elemento metálico que sirve para vincular y proteger la punta de los torones; facilitando la introducción del anclaje en la perforación, y a la punta metálica se le adiciona una varilla de 1/2" soldada que le proporciona rigidez al anclaje y cuya longitud depende de la longitud total del anclaje. ²⁶

Figura 4. Punta metálica.



Fuente: Trabajo de campo Consorcio CV; R Tavera, Bucaramanga, 5 de Abril de 2010

Separadores: Son los elementos metálicos, caucho o PVC, que permiten mantener alineados los torones y los separan del tubo de inyección, permitiendo el flujo de lechada alrededor de éstos. ²⁷

Figura 5. Separadores



Fuente: Trabajo de campo Consorcio CV; R Tavera, Bucaramanga, 5 de Abril de 2010

²⁶ Trabajo de campo Consorcio CV; R Tavera, Bucaramanga, 5 de Abril de 2010.

²⁷ Trabajo de campo Consorcio CV; R Tavera, Bucaramanga, 5 de Abril de 2010.

Tubería de Inyección: Se recomienda utilizar tubería en PVC tipo RD para presión, perforada y recubierta con bandas de caucho (manguitos) en la zona del bulbo o de inyección a presión, para activar el sistema de inyección a presión; estos manguitos actúan como válvulas de paso permitiendo posteriores inyecciones. Cuando se arme el anclaje, se debe tenerse especial cuidado en la colocación de los manguitos asegurando que no sufran desplazamiento durante la inyección, para que la tubería PVC no se llene de cemento.

Figura 6. Tubería de inyección.



Fuente: Trabajo de campo Consorcio CV; R Tavera, Bucaramanga, 5 de Abril de 2010

Manguera de Protección: La manguera de protección consta de una coraza en polietileno o material similar para la protección de los torones de la zona libre contra corrosión, garantizando de esta manera las deformaciones elásticas de los cables, además de impedir el contacto entre el torón y la lechada antes del tensionamiento. ²⁸

²⁸ Trabajo de campo Consorcio CV; R Tavera, Bucaramanga, 5 de Abril de 2010.

Figura 7. Manguera de protección.



Fuente: Trabajo de campo Consorcio CV; R Tavera, Bucaramanga, 5 de Abril de 2010

Sello Impermeable: El sellamiento impermeable cubre la totalidad del sistema aislando las dos partes.²⁹

Figura 8. Sello impermeable.



Fuente: Trabajo de campo Consorcio CV; R Tavera, Bucaramanga, 5 de Abril de 2010

Dispositivo de Apoyo: El dispositivo de apoyo es el elemento que soporta la tensión de los cables es un dispositivo metálico en forma de cuña trapezoidal, conocido como Sistema Parma. Generalmente va embebido en un dado o cubo de concreto. La tolerancia de diferencia de inclinación entre la del dado y la del

²⁹ Trabajo de campo Consorcio CV; R Tavera, Bucaramanga, 5 de Abril de 2010.

anclaje es de más o menos cinco grados, porque una mayor diferencia genera la falla del torón.³⁰

Figura 9. Dispositivo de apoyo



Fuente: Trabajo de campo Consorcio CV; R Tavera, Bucaramanga, 5 de Abril de 2010

8.4 TIPOS DE ACEROS

La evolución de la industria del acero facilita la construcción de sistemas de pantallas al contar con cordones con carga de rotura superior estándar, minimizando sus costos al utilizar un menor número de ellos.

Las principales características de los aceros a utilizar en la construcción de pantallas se presentan en la tabla 4.

³⁰ Trabajo de campo Consorcio CV; R Tavera, Bucaramanga, 5 de Abril de 2010.

Tabla 4. Características de los aceros

| Norma | Grado Mpa | Tipo | Diámetro nominal mm | Sección Nominal mm ² | Masa Nominal kg/m | Resistencia Característica | | Límite Convencional de Elasticidad al 1% | |
|-------------------------------|-----------|------------|---------------------|---------------------------------|-------------------|----------------------------|------|--|------|
| | | | | | | kN | klps | kN | klps |
| Euronorma 138-6/79 "standard" | 1770 | ½" - T13 | 12.5 | 93 | 0.730 | 164 | 36.9 | 139 | 31.3 |
| | 1860 | ½" - T13 | 12.5 | 93 | 0.730 | 173 | 38.9 | 147 | 33.1 |
| | 1670 | 0.6" - T15 | 15.2 | 139 | 1.090 | 232 | 52.2 | 197 | 44.3 |
| | 1770 | 0.6" - T15 | 15.2 | 139 | 1.090 | 246 | 55.3 | 209 | 47.0 |
| Euronorma 138-6/79 "súper" | 1860 | ½" - T13 | 12.9 | 100 | 0.785 | 186 | 41.8 | 158 | 35.5 |
| | 1770 | 5/8" - T16 | 15.7 | 150 | 1.180 | 265 | 59.6 | 225 | 50.6 |
| A.S.T.M. A416/80 | 250 | ½" - T13 | 12.7 | 92.90 | 0.730 | 160.1 | 36.0 | 144.2 | 32.4 |
| | 270 | ½" - T13 | 12.7 | 98.71 | 0.775 | 183.7 | 41.3 | 165.4 | 37.2 |
| | 250 | 0.6" - T15 | 15.24 | 139.35 | 1.094 | 240.2 | 54.0 | 216.3 | 48.6 |
| | 270 | 0.6" - T15 | 15.24 | 140.00 | 1.102 | 260.7 | 58.6 | 234.7 | 52.8 |

Fuente: GONZALEZ COSTES, Bernardo Andrés. Procesos constructivos de sistemas de anclaje para la estabilización de taludes. Tesis para obtener el título de Licenciado en Ingeniería Civil, Universidad Iberoamericana, México, 1995

8.5 CALCULO DE CANTIDADES DE ELEMENTOS DEL ANCLAJE

El cálculo de las cantidades de elementos que conforman el anclaje es de vital importancia para garantizar su vida útil. En la misma se debe tener en cuenta:

Tabla 5. Cálculo cantidades de elementos por anclaje

| Elemento | Tipo | Indicaciones |
|-------------------------------------|-------------------------------|---|
| Torones | ½" | Cada uno tiene un resistencia aproximada de 10 toneladas |
| Punta metálica | Uno por torón | Se solda a una varilla de ½" para darle rigidez al anclaje |
| Separadores | En bulbo En longitud libre | En la longitud del bulbo se ubican a un metro de distancia y en la longitud libre cada 1.50 mts |
| Tubería de inyección | PVC presión | Para longitud libre y longitud de bulbo |
| Tapones | Unidad | Se utiliza uno por cada anclaje |
| Manguitos | Ancho 8-10 cm | Se ubican cada 0.33 mts lineales. Con tuberías de inyección de 1" utilizar neumático. |
| Zuncho metálico o torton de alambre | 3/8" Metálico | Se coloca un zuncho o torton en cada separador para fijación o amarre. |
| Manguera de polietileno | ½" | Los torones se cubren con manguera de ½" en la zona libre donde se introducen los torones |

| | | |
|---|------|--|
| Cinta invernadero o tipo industrial de 2" | 2" | Fijar los manguitos con la tubería de inyección |
| Grasa | N.A. | Se utiliza en la longitud libre para protección del torón, para su libre elongación. |

Con las anteriores especificaciones se determina la cantidad de materiales a utilizar en el anclaje, dependiendo de la profundidad del mismo y del número de torones.

8.6 PROCEDIMIENTO DE ARMADO DEL ANCLAJE

- Una vez disponibles los elementos del anclaje se dispone de una superficie despejada para el armado, preferiblemente techada para evitar el contacto del agua y facilitar su manipulación.
- El primer paso es cortar los cables a su longitud requerida de acuerdo a los planos o diseño, más la longitud requerida para su posterior tensionamiento y empotramiento.
- Luego abrir los orificios (dos) a la tubería de inyección en la longitud de bulbo, con broca de $\frac{1}{4}$ ", distanciados 33 cm entre sí, teniendo presente además que los dos orificios deben estar separados aproximadamente 6 cm, uno en forma horizontal y otro en forma vertical.
- Posteriormente se incrustan los manguitos a la tubería de inyección, tapando de esta manera los orificios hechos, sellándolos con cinta tipo industrial (3 vueltas de cinta).

- El siguiente paso es la colocación de los separadores y a su vez la coloca la tubería PVC anteriormente perforada, enmangada y encintada en la longitud de bulbo y la tubería lisa (sin perforar) en la longitud libre.
- Luego colocar los amarres en los separadores en la longitud bulbo.
- A continuación se engrasa cada torón y se cubre en la manguera de polietileno en la longitud libre.
- Se coloca los amarres en la longitud libre.
- Si se requiere la punta metálica se instala.

8.7 PROCESO DE INSTALACIÓN

8.7.1 Instalación de Obra

Instalar el equipo de inyección en piso limpio y nivelado para evitar la inestabilidad del equipo, disponiendo del espacio necesario para mangueras de conducción de lechada, conducción de aire (tubería de 2" a 3" de diámetro), y conducción de agua ($\frac{1}{2}$ " o $\frac{3}{4}$ " de diámetro).

8.7.2 Posicionamiento del Equipo

Ubicado el equipo en el campo de trabajo, se procede a la ubicación de la torre donde va la tubería de perforación, la cual se coloca con la misma inclinación del anclaje y de manera perpendicular al talud, frente al punto donde con anterioridad se ha localizado topográficamente el anclaje, inclinación que será verificada con el

Inclinómetro, quedando registrado en el Formato Tensores y/o Pernos en Tierra, Perforación e Inyección la localización del elemento.

8.7.3 Proceso de Perforación

Figura 10. Equipo de perforación



Fuente: Trabajo de campo Consorcio CV; R Tavera, Bucaramanga, 5 de Abril de 2010

Para los casos de perforación con inestabilidad del suelo, especialmente en gravas sueltas, depósitos aluviales y arenas, se recomienda utilizar para la perforación a rotación, sistemas de revestimiento empleando una broca dentada de tungsteno y para la perforación a rotopercusión un sistema ODEX que emplea martillos de fondo y revestimiento total.

En este caso se coloca el tubo de encamisado ODEX en la torre del equipo, montando el martillo con el sistema ODEX por dentro de la tubería, el sistema es formado por una broca escareador, una broca excéntrica y una broca piloto, para luego colocar el tubo al cabezal, e iniciar la excavación, teniendo en cuenta que si el material excavado es muy gredoso se debe adicionar agua por la tubería con el fin de facilitar la salida de este.

Si se utiliza sistema de revestimiento, se cementa el hueco y se reperfora; en anclajes, pero sin usar lodo de perforación, aunque en algunos casos se utiliza una combinación de lodo de perforación, en la longitud libre, y cemento, en la longitud de bulbo. Si se utiliza martillo de fondo, nunca se perfora con cemento porque el cemento se fragua en el varillaje y al soplar el aire se tapa el martillo.

El proceso de perforación de un anclaje puede realizarse por rotación y lavado o rotopercusión dependiendo del tipo de terreno en que se esté trabajando.

- **Rotación y lavado**

El sistema de rotación es utilizado para perforaciones en suelos blandos como arcillas y limos y suelos semiduros como arenas compactas entre 60 y 70 golpes/pie, (suelos de barrios Campo Hermoso, Girardot) utilizando como herramienta de perforación los triconos.

Si se cuenta con broca de diamante se puede perforar en cualquier tipo de terreno, teniendo presente que a velocidad alta de rotación, se obtiene un menor torque.

Como fluido de barrido se utiliza agua, para que el material perforado o detrito sea barrido hacia atrás. En caso de no contar con un flujo de agua adecuado se puede recurrir a las Manos de Angel o Cola de Pescado que utiliza agua o aire como fluido de barrido. El agua es utilizada en arcillas blandas y limas, mientras que el aire se utiliza para arcillas duras similares a las arcillolitas, pero si en el lugar de perforación no se cuenta con agua se barre con aire para obtener altos rendimientos.

- **Rotopercusión**

Este sistema es recomendado para perforaciones en suelos duros como gravas, rocas, suelos coluviales, etc. (vía Girón, sector norte de la ciudad, Morrorríco). Para minimizar costos se recomienda el varillaje de rosca cónica (API) debido al menor desgaste que tiene, presentándose el mayor desgaste en la broca. En este sistema la perforación se realiza por un movimiento combinado de rotación y percusión del martillo de cabeza o de fondo.

El primero hace que el movimiento de rotación y percusión se genere en la cabeza del martillo y se transmita hasta el fondo a través del varillaje, aunque supone pérdida de energía a través de éste y desgaste del mismo.

El segundo, martillo de fondo con movimiento de rotación generado en la cabeza del martillo y el de percusión en el fondo, mediante pistón de aire. Este sistema requiere de aire para generar el movimiento de percusión y para barrido.

Si se va a utilizar el sistema de rotopercusión se debe contar con buena presión de agua o de aire para el barrido (a menor diferencia entre el diámetro de la perforación y el diámetro del varillaje, mejor será el barrido).

Otro aspecto a tener en cuenta, es el diámetro de la perforación es función del tipo de suelo y del tipo de anclaje que se vaya a instalar; además y la capacidad de la máquina con que se va a perforar.

En la tabla 6 se presentan especificaciones de equipo de Perforación según el tipo de suelo

Tabla 6. Especificaciones de equipo de perforación según terrenos

| Equipo | Terreno |
|--|---|
| Martillo de Fondo con Broca de Tungsteno | Rocas duras y terrenos duros |
| Tricono | Terrenos blandos, semiduros y rocas duras |
| Mano de Angel | Terrenos blandos y arcillas blandas |
| Barrena con Broca de Diamante | Todo tipo de terreno |

8.7.4 Perforación del Anclaje

Terminada la perforación, se procede a realizar la limpieza del hueco perforado eliminando residuos, limpieza que se realiza utilizando aire o agua a presión, y se introduce el tensor previamente fabricado pasadas máximo una hora y media de haber terminado la perforación para evitar derrumbamientos, siendo preciso tener en cuenta que el cable debe quedar un metro por fuera del muro.

Figura 11. Colocación del Anclaje



Fuente: Trabajo de campo Consorcio CV; R Tavera, Bucaramanga, 5 de Abril de 2010



Fuente: Trabajo de campo Consorcio CV; R Tavera, Bucaramanga, 5 de Abril de 2010

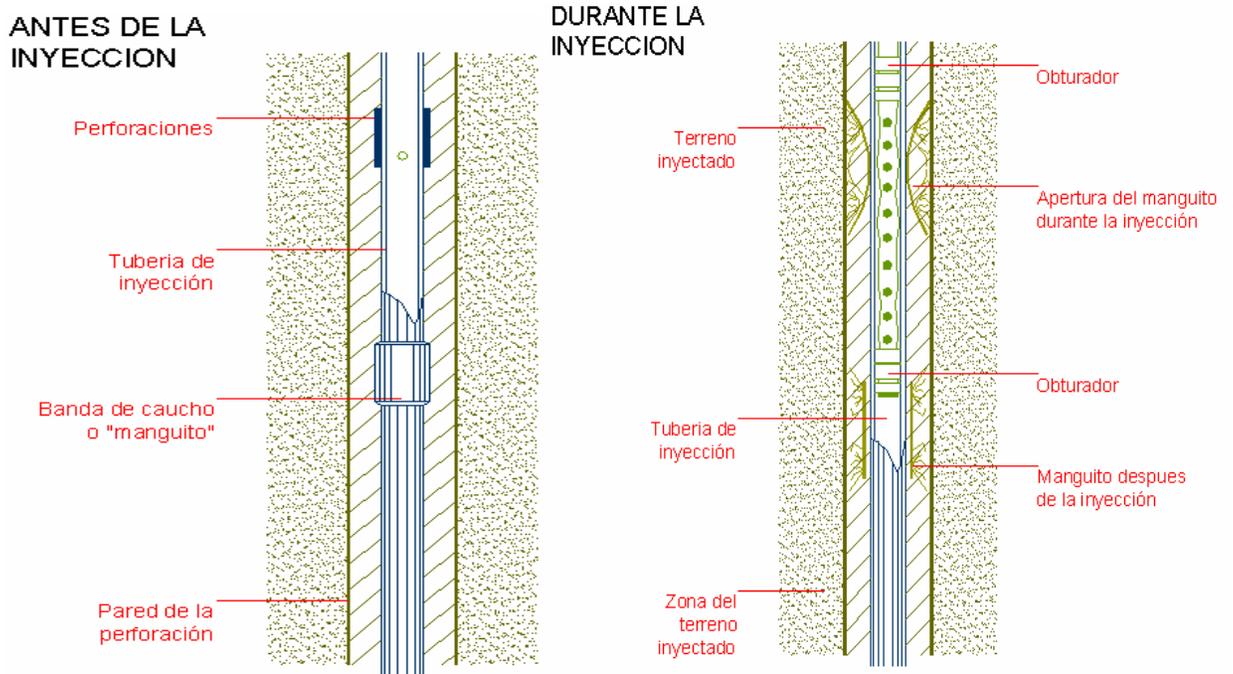
8.7.5 Proceso de Llenado

El proceso de llenado de la perforación con lechada de cemento con una relación de A:C de 1:1, se realiza del fondo hasta la boca de la perforación, para generar un sello inicial. El fragüe del llenado debe ser durante un periodo de 24 a 48.

8.7.6 Proceso de Inyección a Presión

Es el proceso con el cual se realiza la inyección del bulbo a la presión especificada de diseño, verificando con un manómetro la presión inicial, el inyectado el anclaje y la presión de rotura que indica que el llenado fue homogéneo.

Figura 12. Proceso de inyección



Fuente: Trabajo de campo Consorcio CV; R Tavera, Bucaramanga, 5 de Abril de 2010

El consumo de lechada en la inyección es de 50 kg/ml aproximadamente; pero cuando el suelo es blando la inyección debe hacerse en dos etapas de a 25 kg/ml o mas hasta que la presión de inyección sea la optima. En sitios donde el suelo está compuesto básicamente por arcillas se pueden utilizar sacos de cemento. En roca sana no se requiere inyección, el llenado es suficiente, pero en roca fracturada si se requiere.

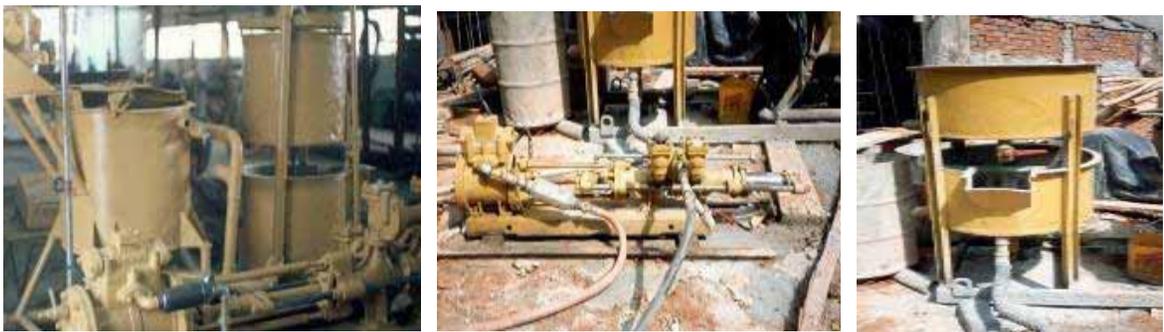
Figura 13. Inyección longitud del bulbo



Fuente: Trabajo de campo Consorcio CV; R Tavera, Bucaramanga, 5 de Abril de 2010

Las concentraciones de lechada de cemento deben tener una relación A:C de 1:1 a 0.75:1 litros por kilogramo, dependiendo de la presión de inyección que se obtenga, evitando que se generen bajas en las presiones de inyección porque con presión de menor de 100 psi el anclaje puede fallar, caso en el que se debe aumentar la concentración de cemento, inyectando dos días después en etapas de un metro y utilizando doble obturados.

Figura 14. Equipo de Inyección y Tanques Mezcladores de Lechada



Fuente: Trabajo de campo Consorcio CV; R Tavera, Bucaramanga, 5 de Abril de 2010

Terminado el proceso de inyección se debe realizar el lavado de la tubería PVC para poder hacer reinyecciones de ser necesarias.

Figura 15. Lavado de la Tubería después del Proceso de Inyección



Fuente: Trabajo de campo Consorcio CV; R Tavera, Bucaramanga, 5 de Abril de 2010

8.7.7 Proceso de Tensionamiento³¹

El proceso de tensionamiento del anclaje se realiza siete (7) días después de realizada la inyección, y se realiza siguiendo el proceso de carga y descarga, siempre y cuando la edad del concreto de la estructura de reacción lo permita.

8.7.8 Procedimiento de Carga y Descarga

El procedimiento de carga y descarga se realiza así:

- a. Al efectuar el tensionamiento inicial sin que haya deformación se toma la lectura del gato

³¹ GONZALEZ COSTES, Bernardo Andrés. Procesos constructivos de sistemas de anclaje para la estabilización de taludes. Tesis para obtener el título de Licenciado en Ingeniería Civil, Universidad Iberoamericana, México, 1995

- b. Con la primera lectura sin deformación se obtiene el punto **Pi**, fricción en la cabeza del anclaje.
- c. Determinar la línea de deformación total (LI) y deformación total más peso del cabe (LI+Lb/2)

Para ello se aplica la siguiente fórmula:

$$\Delta = (T / (A * E)) + Pi$$

en donde:

Δ = Deformación teórica unitaria en cm, por cada cm de anclaje.

T = Tensión de trabajo del anclaje en kg.

A = Área transversal total de los torones (1 ϕ 1/2" = 1 cm²)

E = Módulo elástico del torón (2 * 106 kg/cm²)

Pi = Fricción en la cabeza del anclaje.

Se deben obtener dos puntos:

El primero, es la deformación total si la longitud de cable a tensionar es igual a **LI**, **Def1 = Δ * LI**; el segundo, es la deformación total si la longitud de cable a tensionar es igual a **LI + Lb/2** **Def2 = Δ + (LI + Lb/2)**

Aplicar de tres (3) a cuatro (4) incrementos de carga hasta 25% más de la carga teórica, haciendo las respectivas lecturas de deformaciones (alargamientos) para hallar los puntos de la gráfica **(Def1;T)** y **(Def2;T)** y trazar las líneas **(Pi;0)** a **(Def1;T)** y **(Pi;0)** a **(Def2;T)**.

Se mantiene constante la carga, durante 20 ó 30 min midiendo la deformación

Obtener el punto **Pe**, máxima presión de ensayo.

Asegurar que la curva **Pi - Pe** permanece dentro de los límites de **LI** y **LI + (Lb/2)** y determinando la longitud libre actual.

Cuando la curva **Pi - Pe** se localiza por encima del rango límite, se deduce que la longitud del bulbo es mayor de la requerida; cuando está por debajo del rango límite, la longitud del bulbo es insuficiente y el anclaje representa un serio peligro.

Decrecer la carga en una etapa, tratando en lo posible de que no haya deformación.

Reducir la carga en dos o tres etapas hasta el 75% de la carga teórica y registro de las deformaciones (acortamientos) respectivas.

Obtener el punto constructivo **X**.

Pe - X es el doble de la fricción en la cabeza.

El punto **X'**, punto medio de **PeX**, da la tensión máxima inicial del anclaje.

Obtener **Pm**, la presión mínima de relajación del anclaje.

Aplicar una recarga, sin que haya deformación.

Incrementar la carga en dos o tres etapas, midiendo las deformaciones respectivas y bloqueando el gato al terminar el último incremento. El último incremento debe ser equivalente a la carga teórica más las pérdidas por fricción (segmento **Pe - X**).

Establecer el punto constructivo **Y**. **Y'** es el punto medio de **PmY**.

X'Y' representa valores reales de tensión correspondientes a las deformaciones medidas, excluyendo toda fricción.

Pb es la presión de bloqueo del gato. **XPm** y **YPb** deben ser casi paralelas.

Descargar totalmente el gato y obtener la deformación residual.

$\Delta I'$ es el ajuste de 3 mm por encima del valor medido de **I** para corregir las deformaciones externas de los cables entre el elemento de tensión y la punta de los cables.

El punto **R** resultante de la intersección de **X'Y'** y $\Delta I'$ representa la tensión actual final del anclaje. De este modo se determina la pérdida de tensión.

8.7.9 Secuencia de la Puesta en Tensión

- Colocación del Gato
- Preparación del tesado, sujeción de los cordones al bloque de anclaje trasero
- Tesado, bombeo en la cámara de tensión hasta llegar a la presión correspondiente a la tensión requerida del tendón.
- Se procede al vaciado y retiro del gato, abrir el circuito de tensión, bombeo en la cámara de retorno/bloqueo con el fin de vaciar el aceite del circuito de tensión.
- Retiro del gato y accesorios.

Si se presentan problemas de desplazamiento en el tensor, el sistema de inyección da la posibilidad de reinyectar el anclaje a través de la tubería PVC con manguitos efectuando un nuevo tensionamiento sin que se pierda elemento alguno. Por último se procede al llenado de la zona libre para proteger los torones de agentes corrosivos, cuando el anclaje sea de tipo permanente.

Figura 16. Equipo de Tensionamiento y colocación del gato



Fuente: Trabajo de campo Consorcio CV; R Tavera, Bucaramanga, 5 de Abril de 2010

Figura 17. Tensionamiento de anclajes 3 y 5 Torones



Fuente: Trabajo de campo Consorcio CV; R Tavera, Bucaramanga, 5 de Abril de 2010

CONCLUSIONES

En el proceso de construcción de anclajes de pantallas se debe tener en cuenta la excavación del talud, la perforación de conductos para el anclaje, la colocación de armaduras, el encofrado del muro, el vaciado del concreto y el tensado de cables. El mismo debe ser secuencial progresivo por hileras de arriba hacia abajo con excavación por peldaños alternados de 4 metros de altura, perforación, colocación del cable, formación del bulbo de anclaje, construcción del paño de pantalla (concreto vaciado o disparado) y finalmente tensado y anclaje del cable. La ventaja o fortaleza de los sistemas de pantalla radica en que se efectúa el control de los corrimientos del talud, posibilidad de retensar para cerrar grietas y en la seguridad del proceso de fijación.

Los anclajes como dispositivos capaces de transmitir cargas de tracción aplicadas en la superficie de un terreno a zonas interiores del mismo, no tienen una estructura definida, sino que la misma dependerá de las características geotécnicas del terreno y de la fuerza máxima a la que los anclajes puedan estar sometidos; por tanto la perforación del terreno se realiza con diferentes diámetros dependiendo del tipo de elemento resistente a emplear, tales como barra o cable.

Considerando las características del suelo y de los altos índices de erosión en Bucaramanga y su área metropolitana que en ocasiones alcanza alturas máximas de corte para la construcción de plataformas, se hace necesario tomar precauciones tales como anclajes temporales que quedan fuera de servicio una vez finalizado los trabajos y aunque la corrosión afecte sus paredes metálicas, esto carece de importancia porque su función ha sido cumplida, con el fin de evitar accidentes laborales al momento de la perforación.

La geometría del anclaje y su sistema de fijación requieren del conocimiento detallado de las condiciones de suelo donde se alojarán los anclajes, aspecto que

incide directamente sobre los costos, la homogeneidad del proceso de instalación y los factores de seguridad de las anclas temporales y permanentes, así como el tipo de procedimiento de anclaje y procedimiento de perforación.

Dependiendo del tipo de talud que se quiera estabilizar, se debe utilizar las anclas de punta para estabilizar roca y las anclas de fricción para anclar generalmente en suelo.

Los taludes en los cuales se instalan las pantallas ancladas deben ser provistos de un sistema adecuado de drenaje para recolectar el agua existente detrás de los mismos a fin de disminuir la carga de tensión a la pantalla anclada.

RECOMENDACIONES

Las decisiones sobre la estabilidad de los taludes deben ser tomadas por personas con experiencia en el tema, dado que requiere conocer el suelo, control de la humedad y la observación permanente.

Es recomendable disponer de una superficie de trabajo horizontal con espacio suficiente para la ubicación de los taladros y libre de obstáculos y aquellos que dada su proximidad pueden afectar la estabilidad del terreno durante el proceso de construcción de la pantalla anclada.

Las entidades encargadas del control de la erosión deben optimizar los diseños de manera que estos sean más específicos para cada caso, empezando desde su concepción y parámetros de diseño (coeficientes, suelos, niveles freáticos) y no realizar obras por el solo hecho de adquirir recursos de los entes gubernamentales.

Otro aspecto a considerar en la etapa de diseño y construcción de la pantalla anclada, cuya estabilidad se puede ver afectada durante el proceso constructivo, para lo cual se deben considerar las medidas de apuntalamiento o recalce necesarias, así como la ubicación de pantallas ancladas provisionales, que contribuyen a mejorar las condiciones de trabajo.

La CDMB debe realizar un inventario de puntos críticos en el Área Metropolitana de Bucaramanga, a fin de establecer los diseños correspondientes atendiendo las condiciones geográficas del talud y realizar los ajustes presupuestales correspondientes para garantizar la ejecución de la obra.

Se hace necesario establecer programas de contingencia en zonas críticas del Área Metropolitana de Bucaramanga, para pasar de la atención a la prevención de eventos erosionales, teniendo en cuenta que las investigaciones de suelo se realizan en etapas que van desde el estudio inicial de campo, estudio principal de campo y laboratorio e investigación durante la construcción, aprovechando las ventajas de los sistemas de pantalla anclada, dado que si bien las zonas críticas con problemas de erosión no se pueden recuperar para la construcción, la falta de control sobre este problema hace que cada vez se pierda más terreno para construir y se encarezca más el suelo de la ciudad, además de establecer complejos habitacionales en zonas de protección ambiental.

Es evidente que la mayor parte de los problemas antes, durante y después de la ejecución de las actividades para el control de erosión son originados por la “mala gerencia”. Sin restar mérito a los aspectos técnicos y operativos, nos atrevemos a decir que la calidad de la Gerencia y la Gestión en la administración llegan a tener mayor peso que las capacidades técnicas durante la realización del proyecto. Como ingenieros civiles con una considerable experiencia operativa reconocemos los requerimientos de tiempo y costo que merecen la Gestión y Gerencia de Proyectos. Inicialmente parecería que se aumentan los costos, sin embargo la realidad muestra que son mayores los beneficios recibidos al final, que el costo de los esfuerzos realizados siguiendo los lineamientos de Gerencia de proyecto, ya que una vez identificada la necesidad se debe empezar la gestión en todos los aspectos antes de tomar la decisión de ejecutar o no el proyecto, es decir gestión para definir el alcance y metas principales, gestión para definir los tiempos, gestión de los costos, gestión para definir el equipo de trabajo y las entidades involucradas, gestión para evaluar las alternativas de solución, gestión para evaluar la viabilidad técnico-económica, gestión ambiental y de seguridad, gestión social, gestión de servidumbres, y la mas importante gestión para identificar y tratar los riesgos del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

AASHTO. "Standard Specifications for Highway Bridges " – AASHTO – HB 17, Capítulo 5, Sección 5.8. 2001

BODOCSI, A.; BOWERS, M.T. "Permeability of acrylate, urethane and silicate grouted sands with chemicals". Proc. American Society Civil Engineers, journal Geotechnical Engineering Division, 117 (8), 1227-44. 1991

BOYTON, R.S.; BLACKLOCK J.R. "Lime slurry pressure injection Bulletin". Bulletin 331. National Lime Association, Arlington, Va., 1985

C.D.M.B.. "Normas técnicas para control de erosión". Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga. 1995.

CHUMMAR A.V. "Stability of hill slopes prone to slides" Proceedings of the sixth international symposium on Landslides, Christchurch. 1992

DUNCAN J.M.; WRIGHT S. G. "Soil Strength and Slope Stability" . John Wiley and Sons.Inc. Hoboken. New Jersey. 2005

FORERO, A. Estabilización del talud del Barrio Nariño" Bucaramanga. 1990

GEOTECHNICAL CONTROL OFFICE. "Geotechnical Manual for Slopes", 2nd ed. Hong Kong: Engineering Development Department. 1984.

GOMEZ, S. Metodologías para la Predicción de Movimientos de Masa Asociados con llluvias en Medios Tropicales. VII Jornadas geotécnicas .Sociedad Colombiana de Ingenieros. Santafé de Bogotá, 1992

HERMELIN, M. Aspectos geomorfológicos de la escarpa de la Meseta de Bucaramanga. Primera conferencia regional de Geotecnia del Oriente Colombiano. Bucaramanga. 1977

HIDROESTUDIOS. Estudio de factibilidad para el control de la erosión en la meseta de Bucaramanga". 1968

HOLTZ R.D. "Synthesis of Highway practice 147: Treatment of problem foundations for Highway Embankments" Transportation Research Board Washington D.C. 1989.

KOCKELMAN, W.J. "Some techniques for reducing landslide hazards". Bulletin of the Association of Engineering Geologists, Vol. 23, No. 1, 1986

NIÑO, A; VARGAS G. Geología y Geotecnia de la escarpa Noroccidental de la Meseta de Bucaramanga. Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander, 1992.

RITCHIE, A.M. "Evaluation of rock falla and its control". In Highway Research record 17, HRB, National research council, Washington, D.C., 1963

ROGERS, C.D.F. Slope stabilization using lime. In Proc., International conference on slope stability engineering: developments and applications", Institution of Civil engineers, Isle of Wight, Thomas Telford, Ltd., 1991.

SCHUSTER R.L., KOCKELMAN W.J. "Principles of landslide hazard reduction". Landslides investigation and mitigation, Special report 247, Transportation Research Board. 1996

SUÁREZ DÍAZ, Jaime. Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Publicaciones UIS. Bucaramanga – Colombia, 2001.

SUÁREZ DIAZ, Jaime. Manual de Ingeniería para el control de erosión”
Universidad Industrial de Santander Bucaramanga- Colombia, 1992

WYLLIE D.C.; NORRISH N.E. Stabilization of rock slopes”. Landslides
investigation and mitigation, Special report 247, Transportation Research Board.
1996.