

**CONTROL DE CALIDAD DEL PROYECTO EDIFICIO CASA PUYANA DE
URBANAS S.A. Y ELABORACION DE UN MANUAL DEL PROCESO
CONSTRUCTIVO DE MUROS ANCLADOS**

JOSE MARTIN PRADA QUINTERO



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2010

**CONTROL DE CALIDAD DEL PROYECTO EDIFICIO CASA PUYANA DE
URBANAS S.A. Y ELABORACION DE UN MANUAL DEL PROCESO
CONSTRUCTIVO DE MUROS ANCLADOS**

JOSE MARTIN PRADA QUINTERO

Trabajo de grado realizado en la modalidad de practica empresarial

Director del proyecto de grado:

Ing. Alexis Vega Arguello

Docente de cátedra Escuela de Ingeniería Civil - UIS

DIRECTOR DE LA PRÁCTICA

Ing. Julián Mora Chávez

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2010

Dedicado a mis padres José Martín y Elizabeth, quienes me brindaron todo su apoyo y sé que ellos están muy orgullosos de logro que estoy alcanzando.

A mis hermanos, mis nonos y toda mi familia por estar cuando los necesite y sé que siempre estarán.

A mis tíos Rafael y Martha, por sus consejos y preocupación para que fuese una gran persona y en excelente profesional.

A mis amigos que estuvieron presentes en este gran camino y sé que me seguirán acompañando en mi vida profesional.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis familiares y seres queridos por acompañarme en este camino hacia ser profesional, y ser una mejor persona. A mis padres que en han estado en las etapas que he enfrentado en la universidad y en mi vida personal, se que su apoyo me ha hecho crecer.

Agradezco a la Universidad Industrial de Santander por brindarme los conocimientos necesarios para afrontar esta nueva etapa como profesional. Al Ing. Alexis Vega Arguello por confiar en este proyecto y brindarme su apoyo en el desarrollo de este.

Gracias a URBANAS S.A. por brindarme la oportunidad de realizar la practica empresarial en sus instalaciones, y así enfrentarme al mundo profesional antes de obtener mi título. A los Ingenieros Fabio Plata, Hugo Mejía, Hugo Anaya y en general a todo el personal de URBANAS que me brindaron su apoyo y me transmitieron todos sus conocimientos para afrontar este proceso.

CONTENIDO

INTRODUCCION	16
1 PROYECTO EDIFICIO CASA PUYANA	18
1.1 INFORMACION DE LA EMPRESA	18
1.1.1 Reseña histórica	18
1.1.2 Misión.....	19
1.1.3 Visión	19
1.2 DESCRIPCION DEL PROYECTO	19
2 INTRODUCCION AL SISTEMA DE GESTION DE CALIDAD	21
2.1 REQUISITOS GENERALES	22
2.2 REQUISITOS DE LA DOCUMENTACIÓN	22
2.2.1 Manual de calidad	23
2.2.2 Control de los documentos.....	23
2.2.3 Control de registros.....	23
2.3 POLÍTICA DE CALIDAD	23
2.4 OBJETIVOS DE CALIDAD	24
2.5 SEGUIMIENTO Y MEDICIÓN.....	24
2.5.1 Satisfacción del cliente	24
2.5.2 Auditoría interna	24
2.5.3 Seguimiento y medición de los procesos.....	25
2.5.4 Seguimiento y medición del producto	25
2.6 PRODUCTO NO CONFORME	25
2.7 MEJORA	26
2.7.1 Acción correctiva	26
2.7.2 Acción preventiva	27
3 SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD APLICADO AL CONCRETO.....	28

3.1	ELABORACION Y CURADO DE ESPECIMENES DE CONCRETO EN OBRA.....	28
3.1.1	Aparatos	28
3.1.1.1	Moldes	28
3.1.1.2	Varilla compactadora.....	29
3.1.1.3	Martillo	30
3.1.1.4	Herramientas pequeñas	31
3.1.1.5	Recipiente de muestreo	32
3.1.2	Requisitos para el ensayo	32
3.1.2.1	Especímenes cilíndricos	32
3.1.3	Elaboración de especímenes	33
3.1.3.1	Sitio de elaboración.....	33
3.1.3.2	Fundida de los cilindros.....	33
3.1.3.3	Compactación	34
3.1.3.4	Acabado.....	36
3.1.3.5	Identificación.....	36
3.1.4	Curado	36
3.1.5	Transporte de los especímenes al laboratorio	37
3.2	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO.....	38
3.2.1	Procedimiento	38
4	APLICACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD AL ACERO.....	40
4.1	BARRAS CORRUGADAS DE ACERO	40
4.2	MALLAS ELECTROSOLDADAS DE ACERO	41
4.2.1	Tracción	41
4.2.2	Resistencia al corte en la soldadura	42
4.2.3	Muestreo	42
4.2.4	Números de ensayos	43
4.2.5	Revisión	43

4.2.6	Reensayo	44
5	APLICACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD A LA MAMPOSTERIA.....	45
5.1	MUESTREO	45
5.2	NUMERO DE ESPECIMENES	46
5.3	IDENTIFICACION.....	46
5.4	DETERMINACION DE LA MASA.....	46
5.4.1	Secado	46
5.4.2	Enfriamiento	46
5.5	ABSORCIÓN DE AGUA.....	47
5.5.1	Exactitud de los pesajes	47
5.5.2	Especímenes de ensayo.....	47
5.5.3	Ensayo de inmersión durante 24 horas	48
6	APLICACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD A LAS INSTALACIONES SANITARIAS.....	49
6.1	PRUEBA DE ESTANQUEIDAD	49
7	MUROS ANCLADOS	51
7.1	MECANISMOS DE FUNCIONAMIENTO DE LAS ANCLAS	53
7.1.1	Modos de Falla de los Anclajes	53
8	PROCESO CONSTRUCTIVO DE MUROS ANCLADOS.....	56
8.1	EXCAVACION.....	57
8.2	ELABORACION DEL ANCLAJE	59
8.2.1	Almacenamiento de materiales	59
8.2.2	Bulbo de anclajes.....	60
8.2.3	Longitud libre	62
8.2.4	Cabezas de anclaje	64
8.3	PERFORACION DEL TERRENO	66
8.3.1	Métodos de perforación	68

8.4	INTRODUCCION DEL ANCLAJE	69
8.5	APLICACIÓN DE LA LECHADA.....	71
8.6	INYECCION.....	72
8.7	CONSTRUCCION DE MURO Y VIGA DE APOYO.....	75
8.8	COLOCACIÓN DE LAS CABEZAS DE ANCLAJE	76
8.9	TENSIONADO.....	76
8.9.1	Tesado	77
8.9.2	Retesado.....	77
8.9.3	Comprobación de carga.....	78
8.9.4	Destesado.....	78
8.10	CONTROL DEL ANCLAJE	79
8.10.1	Resistencia de la lechada	79
8.10.2	Ensayos de Carga	80
8.10.3	Protección contra la corrosión.....	81
9	LECCIONES APRENDIDAS	84
	CONCLUSIONES	85
	BIBLIOGRAFIA	86
	ANEXO A	88

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Requisitos para varillas compactadoras	30
Tabla 2. Requisitos de tamaño	33
Tabla 3. Requisitos para el método de compactación.....	33
Tabla 4. Requisitos de tracción	40
Tabla 5. Especificación de probetas para ensayo	80

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Proyecto casa puyana	17
Figura 2. Molde cilíndrico de acero	29
Figura 3. Varilla compactadora.....	30
Figura 4. Martillo de caucho.....	31
Figura 5. Palustre.....	31
Figura 6. Carretilla	32
Figura 7. Elaboración de cilindros	34
Figura 8. Apisonamiento	35
Figura 9. Acabado de los cilindros.....	36
Figura 10. Cilindros para curado final.....	37
Figura 11. Curva de evolución de concretos.....	39
Figura 12. Muestras de acero para ensayo.....	41
Figura 13. Muestras de malla para ensayo	43
Figura 14. Muestras de ladrillo para ensayo.....	45
Figura 15. Instalación sanitaria para aprobación.....	49
Figura 16. Muro anclado.....	51
Figura 17, Muro pantalla con zapatas	52
Figura 18. Posibles fallas para muros anclados (sabatini y otros, 1999)	55
Figura 19. Muro anclado.....	56
Figura 20. Ubicación de puntos para perforación.....	57
Figura 21. Primeros cortes del talud	58

Figura 22. Tercer corte del talud.....	58
Figura 23. Corte final del talud.....	59
Figura 24. Zona de bulbo.....	60
Figura 25. Longitud libre	63
Figura 26. Cabeza de anclaje	65
Figura 27. Perforación	66
Figura 28. Colocación del anclaje	69
Figura 29. Aplicación de la lechada	72
Figura 30. Inyección	72
Figura 31. Construcción de muro y viga de apoyo	75
Figura 32. Tensionado del anclaje.....	76
Figura 33. Elementos de anclaje.....	92

RESUMEN

TITULO

CONTROL DE CALIDAD DEL PROYECTO EDIFICIO CASA PUYANA DE URBANAS S.A. Y ELABORACION DE UN MANUAL DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE MUROS ANCLADOS *

AUTOR

JOSE MARTIN PRADA QUINTERO **

PALABRAS CLAVES

CONTROL, CALIDAD, APLICACIÓN, PROCESOS, CONSTRUCCION, MUROS, ANCLAJE.

DESCRIPCION

En una obra de construcción son muchas las personas que participan, entre estos se encuentra el auxiliar de calidad. Por lo cual se elaboro un manual guía del sistema de gestión de calidad en obra con el fin de orientar a quienes se inicien en este cargo. Los procesos que debe realizar la empresa para obtener la certificación ISO 9001, el auxiliar en la obra para aplicar y supervisar dichos procesos. Teniendo la descripción de las labores que corresponde ejecutar por parte del auxiliar de calidad, los problemas que se pueden presentar y su respectiva solución, para garantizar la total satisfacción de los clientes al recibir el producto. Aquí se da un instructivo de algunas funciones que se deben ejecutar, pero es responsabilidad del auxiliar de calidad estar preparado para afrontar cualquier inconveniente que se le presente y darle una solución adecuada a los parámetros que ya se establecieron.

Se elaboro un manual instructivo de muros anclados en el cual se describe los tipos de muros que se pueden implementar, el tipo de fallas que pueden sufrir. Al igual se describen los procesos de construcción de cada componente, los tipos de anclaje, la composición del anclaje, la composición del muro, los controles que se deben realizar durante la ejecución. Todo esto con el fin de dar un conocimiento técnico y teórico de este novedoso sistema de contención, el cual puede ser muy útil para el profesional que quiera desarrollar o supervisar la construcción de este novedoso sistema.

¹ Trabajo de grado. Modalidad de práctica empresarial

¹¹ Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, escuela de Ingeniería Civil. Director: Alexis Vega Arguello.

ABSTRACT

TITLE

QUALITY CONTROL OF CASA PUYANA BUILDING OF URBANAS S.A AND THE DEVELOPMENT OF THE BUILDING MANUAL ABOUT ANCHORED WALLS CONSTRUCTION PROCESS *

AUTHOR

JOSE MARTIN PRADA QUINTERO **

KEYWORDS

CONTROL, QUALITY, APPLICATION, PROCESSING, CONSTRUCTION, WALLS, ANCHORING

DESCRIPTION

In a building there are many people who take part in it; some of them are the Quality Assistants. Therefore a Quality control system was designed in the construction to guide those people who start doing such job. The processes that the company should do to achieve the ISO 9001 must be done by the building assistant in order to supervise the processes already mentioned. Having the description of the job duties that have to do with the building assistant, the problems will be easier to solve and we can guarantee the clients' satisfaction. Here we have a tutorial of some functions to be executed, but lately it is the auxiliary who has the responsibility of being prepared for any problem that may appear, as well as to provide a proper solution according to the parameters already established.

An anchored walls manual was designed to describe the different kind of walls that might be implemented, and the possible failures that they may get. Besides, the building processes, the components and the kind of anchor, the composition of the walls and the quality controls of it are described as well. The purpose if it is to provide a technical and theoretical knowledge of the last containment system since it will be very useful to anyone who wants to apply it to supervise the construction process.

* Work Degree, Modality Business Practice

** Faculty of Physical-Mechanical Engineering. Civil Engineering School. Director: Alexis Vega Arguello

INTRODUCCION

Durante la fase de pregrado se brinda al estudiante conocimientos teóricos y técnicos, donde se aportan criterios fundamentales para afrontar los retos que se presenten en el ámbito profesional. Por esto la Universidad Industrial de Santander brinda la posibilidad al estudiante de pregrado la posibilidad de hacer su proyecto de grado en la modalidad de practica empresarial, con la finalidad que el estudiante aplique sus conocimientos teóricos y técnicos en el mundo profesional y laboral, preparándolo así como un profesional integro.

El desarrollo de la práctica empresarial aporta un punto de vista al estudiante, ya que aplica sus conocimientos teóricos, dándole la posibilidad de compararlos con la realidad que afronta. De esta unión de conocimientos se obtendrá un profesional con excelentes conocimientos los cuales lo destacaran en el ámbito nacional.

El presente manual está dirigido a estudiantes universitarios y profesionales, que deseen adquirir conocimientos de los procesos teóricos y técnicos que una empresa de gran trayectoria como lo es URBANAS S.A. realiza aplicando el sistema de gestión de calidad ISO 9001:2008. También se encontrara un manual en el que se muestra el proceso constructivo de muros anclados.

CAPITULO 1



Figura 1. Proyecto Casa Puyana

1 PROYECTO EDIFICIO CASA PUYANA

1.1 INFORMACION DE LA EMPRESA

1.1.1 Reseña histórica. En el año 1923 el señor Alejandro Puyana Martínez, reactivo como urbanista en compañía de hermanos y cuñados la firma sucesores de David Puyana S.A., una de las más antiguas sociedades anónimas fundadas en Santander, Colombia. Sus primeras construcciones fueron partes de las vías principales de la capital del departamento “Bucaramanga” y la urbanización del barrio Puyana, en los años 30 y 40’s se asocio para desarrollar el barrio Sotomayor.

A partir de 1946 se dio a la administración de la compañía por parte de Don Armando Puyana Puyana, quien inicio la construcción de la calle 42 con servicios de alcantarillado, acueducto y sardineles.

En el año 1949 con los activos y pasivos de la firma Sucesores de David Puyana S.A., y los mismos socios se constituyó Urbanizadora David Puyana S.A. (URBANAS), quien desde ese momento y por varias décadas hasta el día de hoy ha liderado importantes proyectos de desarrollo urbanístico y arquitectónico en Bucaramanga y su Área Metropolitana.

En la última década se han desarrollado proyectos modernos de gran impacto y contribución al desarrollo, dentro de estos podemos citar: En terrenos de la antigua “Cabecera del Llano” se desarrollo en 1995 el conjunto residencial Casa Hacienda con 53 apartamentos con las mejores especificaciones y zonas comunes.

En Cañaveral se han desarrollado varios proyectos de vivienda media-alta, se desarrollo el urbanismo del barrio Parque de Cañaveral y en 1998 se construyeron 140 viviendas en el conjunto denominado Álamos Parque.

Finalmente Urbanas tiene el gran proyecto internacional de “Ruitoque” que está conectado con la autopista Bucaramanga-Piedecuesta, 3 Km delante de Floridablanca por una magnifica carretera, y en él se desarrolla una de las mejores urbanizaciones de Sudamérica.

1.1.2 Misión. URBANAS S.A. satisface a sus clientes en los requerimientos de espacios y terrenos para habitar, usar el tiempo libre y desarrollar actividades económicas e institucionales, proponiendo, comercializando y construyendo proyectos con conceptos innovadores para la convivencia comunitaria, la preservación del medio ambiente y el mejoramiento social y económico del área metropolitana de Bucaramanga

1.1.3 Visión. URBANAS S.A. en el 2010 mantendrá el liderazgo local, trascenderá al ámbito regional proyectando sus valores y compromisos, en el desarrollo de proyectos de construcción que abarquen todos los segmentos del mercado y que generen impacto en el desarrollo urbanístico.

1.2 DESCRIPCION DEL PROYECTO

El proyecto Edificio Casa Puyana está ubicado en la carrera 39 nº 48-83 localizado en el Barrio Cabecera del Llano del municipio de Bucaramanga. El sistema estructural será tradicional, conformado por pórticos en concreto reforzado, con columnas, pantallas y placas, siguiendo las normas del Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes NSR-98.

Consiste en la construcción de una edificación de vivienda multifamiliar con dos sótanos de parqueaderos, planta baja para parqueaderos, áreas administrativas y de servicios, planta nivel cero para parqueaderos y áreas sociales, planta de primer piso para parqueaderos, segundo piso para 6 apartamentos, piso tipo del tercer al décimo cuarto para 6 apartamentos por piso, piso décimo quinto para 6 apartamentos 2 de ellos dúplex, piso décimo sexto para segundo nivel de los apartamentos dúplex, áreas sociales y recreativas, para un total de 84 apartamentos.

CAPITULO 2

2 INTRODUCCION AL SISTEMA DE GESTION DE CALIDAD

La adopción de un sistema de gestión de calidad es una decisión estratégica de la empresa. El diseño y la implementación del sistema de gestión de calidad está influenciado por diferentes necesidades, objetivos particulares, productos, procesos empleados, el tamaño y estructura de la organización.

Para que la organización funcione de manera eficaz, se tienen que identificar y gestionar diferentes tipos de actividades relacionadas entre sí. Una actividad que utiliza recursos, y que se gestiona con el fin de permitir que los elementos de entrada se transformen en resultados, se pueden considerar como un proceso.

La aplicación de un sistema de procesos dentro de la organización, junto con la identificación, interacción y gestión, puede denominarse como “enfoque basado en procesos”.

El control continuo dentro de un sistema de gestión de calidad, enfatiza la importancia de:

- a) Compresión y cumplimiento de requisitos.
- b) La necesidad de considerar los procesos en términos que aporten valor.
- c) Obtención de resultados del desempeño y eficacia del proceso.

- d) Mejora continua de los procesos con base en mediciones objetivas.

2.1 REQUISITOS GENERALES

La empresa debe establecer, documentar, implementar y mantener el sistema de gestión de calidad. También debe mejorar continuamente se eficacia de acuerdo con los requisitos de la norma internacional.

La empresa debe:

- a) Identificar los procesos del sistema de gestión de calidad y su aplicación.
- b) Determinar la secuencia de interacción de los procesos.
- c) Determinar criterios y métodos para asegurar que estos procesos sean eficaces.
- d) Asegurar la disponibilidad de recursos e información para garantizar la operación y seguimiento de estos procesos.
- e) Realizar el seguimiento, medición y análisis de los procesos.
- f) Implementar acciones para alcanzar los resultados y mejora continua de estos procesos.

2.2 REQUISITOS DE LA DOCUMENTACIÓN

- a) Declaraciones documentadas de la política de calidad y objetivos de calidad.
- b) Un manual de calidad.
- c) Los procedimientos documentados.
- d) Los documentos para asegurar la eficacia de la planificación, operación y control de sus procesos.
- e) Control de registros.

2.2.1 Manual de calidad. La organización debe establecer y mantener un manual de calidad que incluya:

- a) Alcance del sistema de gestión de calidad.
- b) Procedimientos documentados.
- c) Descripción de los procesos.

2.2.2 Control de los documentos. Debe establecerse un procedimiento documentado que defina los controles necesarios para:

- a) Aprobar los documentos que se necesiten antes de su emisión.
- b) Revisar, actualizar y aprobar los documentos.
- c) Identificar el estado y los cambios de los documentos.
- d) Mantener disponibles las versiones actualizadas de los documentos.
- e) Mantener los documentos en buen estado.
- f) Controlar el empleo de documentos de origen externos.
- g) Control e identificación de documentos obsoletos.

2.2.3 Control de registros. Los registros deben establecerse y mantenerse para proporcionar evidencia de la conformidad y operación eficaz del sistema de gestión de calidad. Estos registros deben permanecer legibles, fácilmente identificables y recuperables.

2.3 POLÍTICA DE CALIDAD

La organización debe asegurarse de que la política de calidad:

- a) Es adecuada al propósito de la organización.

- b) Cumple con los requisitos y mejora continuamente la eficacia del sistema de gestión de calidad
- c) Proporciona una guía para establecer y revisar los objetivos de calidad.
- d) Es comunicada y entendida.
- e) Revisada para su continua aplicación.

2.4 OBJETIVOS DE CALIDAD

La organización debe asegurarse de que los objetivos de calidad, incluyendo aquellos necesarios para cumplir los requisitos para este producto, se establecen en las funciones y niveles pertinentes dentro de la organización. Los objetivos de calidad deben ser coherentes con la política de calidad.

2.5 SEGUIMIENTO Y MEDICIÓN

2.5.1 Satisfacción del cliente. Como una de las medidas del desempeño del sistema de gestión de calidad, la organización debe realizar el seguimiento de la información relativa a la percepción del cliente con respecto al cumplimiento de sus requisitos por parte de la organización. Deben determinarse los métodos para obtener y utilizar dicha información.

2.5.2 Auditoría interna. La organización debe llevar a cabo a intervalos planificados auditorías internas para determinar el sistema de gestión de calidad:

- a) Es conforme con las disposiciones planificadas, con los requisitos de la norma internacional y con los requisitos del sistema de gestión de calidad establecidos por la organización.
- b) Se ha implementado y se mantiene de manera eficaz.

Se debe planificar un programa de auditorías tomando en consideración el estado y la importancia de los procesos y las áreas a auditar, así como los resultados de auditorías previas. Se deben definir los criterios de auditoría, el alcance de la misma, su frecuencia y metodología. La selección de los auditores y la realización de las auditorías deben asegurar la objetividad e imparcialidad del proceso de la auditoría. Los auditores no deben auditar su propio trabajo.

2.5.3 Seguimiento y medición de los procesos. La organización debe aplicar métodos apropiados para el seguimiento, y cuando sea aplicable, la medición de los procesos del sistema de gestión de calidad. Estos métodos deben demostrar la capacidad de los procesos para alcanzar los resultados planificados. Cuando no se alcancen los resultados planificados, deben llevarse a cabo correcciones y acciones correctivas, según sea conveniente para garantizar la conformidad del producto.

2.5.4 Seguimiento y medición del producto. La organización debe medir y hacer un seguimiento de las características del producto para verificar que se cumplen los requisitos del mismo. Esto debe realizarse en las etapas apropiadas del proceso de realización del producto de acuerdo con lo planificado.

2.6 PRODUCTO NO CONFORME

Se debe identificar y controlar el producto que sea no conforme, con el fin de prevenir su uso o entrega intencional. Los controles, las responsabilidades y autoridades relacionados con el tratamiento del producto no conforme deben estar definidos en un proceso documentado.

Se debe tratar los productos no conformes de las siguientes maneras:

- a) Tomar acciones para eliminar la no conformidad detectada.
- b) Autorizando su uso, liberación o aceptación bajo concesión por una autoridad pertinente y, cuando sea aplicable, por el cliente.
- c) Tomar acciones para impedir su uso o aplicación.

Se deben mantener registros de la naturaleza de las no conformidades y de la acción tomada.

Cuando se corrige el producto no conforme, debe someterse a una nueva verificación para demostrar su conformidad.

Cuando se detecta un producto no conforme después de la entrega, la organización debe tomar las acciones apropiadas respecto a la conformidad.

2.7 MEJORA

La organización debe mejorar continuamente la eficacia del sistema de gestión de calidad mediante el uso de la política de calidad, los objetivos de calidad, los resultados de las auditorias, el análisis de datos, las acciones correctivas y preventivas.

2.7.1 Acción correctiva. La organización debe tomar acciones para eliminar la causa de no conformidades con objeto de prevenir que vuelva a ocurrir. Las acciones correctivas deben ser apropiadas a los efectos de las no conformidades encontradas.

Debe establecerse un procedimiento documentado para definir los requisitos para:

- a) Revisar las no conformidades.
- b) Determinar las causas de las no conformidades.

- c) Adoptar acciones para asegurar que las no conformidades no vuelvan a ocurrir.
- d) Determinar e implementar las acciones necesarias.
- e) Registrar los resultados de las acciones tomadas.
- f) Revisar las acciones correctivas tomadas.

2.7.2 Acción preventiva. La organización debe determinar las acciones para eliminar las causas de no conformidades potenciales para prevenir su ocurrencia. Las acciones preventivas deben ser apropiadas a los efectos de los problemas potenciales.

Debe establecerse un procedimiento documentado para definir los requisitos para:

- a) Determinar la no conformidad potenciales y sus causas.
- b) Evaluar la necesidad de actuar para prevenir la ocurrencia de no conformidades.
- c) Determinar e implementar las acciones necesarias.
- d) Registrar los resultados de las acciones necesarias.
- e) Revisar las acciones preventivas tomadas.

CAPITULO 3

3 SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD APLICADO AL CONCRETO

Los registros más importantes que se deben llevar en la obra son los del concreto, por su importancia se le realizan diferentes pruebas y estas deben ser registradas en un formato interno. En el cual se debe incluir:

- a) Identificación de la muestra
- b) Resistencia
- c) Asentamiento
- d) Fechas y resultados de los ensayos

Para realizar estos procedimientos se debe tener conocimiento de la NORMA TECNICA COLOMBIANA de la elaboración, curado y ensayo de los especímenes de concreto.

3.1 ELABORACION Y CURADO DE ESPECIMENES DE CONCRETO EN OBRA

3.1.1 Aparatos

3.1.1.1 Moldes. Los moldes para le elaboración de especímenes de concreto deben ser de acero, hierro fundido o de cualquier otro material no

absorbente y no reactivo con el concreto que contiene cemento Portland u otro cemento hidráulico. Los moldes deben ser impermeables, lo cual se comprueba mediante su habilidad para mantener el agua dentro de ellos. Si es necesario, puede usarse un sellante apropiado, tal como grasa espesa, plastilina o cera microcristalina, para evitar escurrimientos por las juntas. Los moldes deben estar provistos de una base metálica maquinada, con dispositivos para fijarla, de manera que su plano sea perpendicular al eje. El molde y su base se deben aceitar con una capa delgada de aceite mineral antes del uso.



Figura 2. Molde cilíndrico de acero

3.1.1.2 Varilla compactadora. Debe ser de acero, cilíndrica y lisa. El extremo compactador, o ambos extremos deben ser hemisféricos y deben tener el mismo diámetro de la varilla.



Figura 3. Varilla compactadora

Diámetro del cilindro, mm	Dimensiones de la varilla		
	Diámetro de la varilla, mm	Longitud de la varilla, mm	Numero de golpes/capa
< 150	10	300	25
150	16	600	25
200	16	600	50
≥ 250	16	600	75

Tabla 1. Requisitos para varillas compactadoras

3.1.1.3 Martillo. Se debe usar un martillo con cabeza de cuero o caucho con un peso aproximado de 0.6 kg ± 0.2 kg.



Figura 4. Martillo de caucho

3.1.1.4 Herramientas pequeñas. Algunas herramientas y elementos que se pueden requerir son: palas, palustres, cucharones y un tacómetro de lengüetas.



Figura 5. Palustre

3.1.1.5 Recipiente de muestreo. Se debe disponer de un recipiente metálico grueso, una carretilla o una tabla plana y limpia no absorbente, con una capacidad suficiente para remezclar fácilmente la muestra entera, con una pala o un palustre.



Figura 6. Carretilla

3.1.2 Requisitos para el ensayo

3.1.2.1 Especímenes cilíndricos. Deben ser cilindros de concreto fundidos y fraguados en posición vertical, con una altura igual a dos veces el diámetro. El espécimen patrón debe ser un cilindro de 150 mm de diámetro interior por 300 mm de altura, si el tamaño máximo nominal de agregado grueso es menor de 50 mm, pero si excede los 50 mm, la muestra de concreto se debe utilizar un cilindro cuyo diámetro mínimo sea 3 veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso. No se deben emplear cilindros más pequeños de 150 mm por 300 mm para los ensayos de aceptación a menos que sea requerido por las especificaciones del proyecto.

Tamaño del espécimen, profundidad, mm	Método de compactación	Numero de capas	Profundidad aproximada de la capa, mm
300 o menos	Apisonamiento	3 iguales	100 o menos
Más de 300	Apisonamiento	Las que se requieran	100 o menos
300 o menos	Vibración	2 iguales	150 o menos
300 a 450	Vibración	2 iguales	Media profundidad
Más de 450	Vibración	3 o más	Aprox. 200

Tabla 2. Requisitos de tamaño

Asentamiento, mm	Método de compactación
>75	Apisonamiento
25 a 75	Apisonamiento o vibración
<25	Vibración

Tabla 3. Requisitos para el método de compactación

3.1.3 Elaboración de especímenes

3.1.3.1 Sitio de elaboración. Los especímenes se deben elaborar pronto sobre una superficie nivelada, rígida, libre de vibración o de cualquier otra perturbación y en un sitio lo más cercano posible a donde van a ser almacenados.

3.1.3.2 Fundida de los cilindros. El método de compactación, el número y profundidad aproximada de las capas y el número de golpes por capa se determinan a partir de las **tablas 1, 2 y 3**. Si la compactación se hace por apisonamiento, se selecciona el tamaño de la varilla de compactación, con la **tabla 1**. Se selecciona una herramienta pequeña, como una cucharada, una pala o un

palustre, de una forma y tamaño suficientes, de manera que cada cantidad de concreto obtenida del recipiente de muestreo sea representativa, y lo suficientemente pequeña para no desperdiciar el concreto al colocarlo en el molde, para garantizar la completa distribución del concreto y reducir al mínimo la segregación. Cada capa de concreto se debe compactar de acuerdo con el método seleccionado que se requiera. Al colocar la capa final, se deben agregar la cantidad de concreto necesaria para llenar el molde, después de realizada la compactación.



Figura 7. Elaboración de cilindros

3.1.3.3 Compactación

- **Apisonamiento.** Se coloca el concreto en el molde, en el número requerido de capas de volumen aproximadamente igual. Se apisona cada capa con el extremo redondeado de la varilla, usando el número de golpes requerido. La capa del fondo se apisona en toda su profundidad. Los golpes se distribuyen uniformemente sobre la sección transversal del molde. Para cada capa que se va colocando, se deja que la varilla penetre aproximadamente 12 mm en la capa inferior, cuando la profundidad de la capa es inferior a 100 mm y

aproximadamente 25 mm cuando la profundidad es de 100 mm o más. Después de apisonar cada capa, se golpea suavemente de 10 a 15 veces los bordes del molde con el martillo, para tapar cualquier orificio que haya quedado y sacar las burbujas de aire atrapadas.



Figura 8. Apisonamiento

- **Vibración.** La duración de la vibración se mantiene durante un periodo uniforme para el tipo particular de concreto, vibrador y molde del espécimen involucrado. La duración de la vibración requerida depende de la trabajabilidad del concreto y de la efectividad del vibrador. Normalmente se ha aplicado vibración suficiente tan pronto como la superficie del concreto este relativamente suave. Se continúa la vibración solo el tiempo suficiente para lograr la compactación apropiada del concreto. La vibración excesiva puede causar segregación. Los moldes se llenan y se someten a vibración el número requerido de capas aproximadamente iguales. Se coloca todo el concreto para cada capa en el molde antes de comenzar la vibración de esa capa. Al compactar el espécimen, no se debe dejar descansar el vibrador en el fondo o en los lados del molde. Se retira el vibrador cuidadosamente, de manera tal que no queden bolsas de aire en el espécimen.

3.1.3.4 Acabado. Después de compactar el espécimen, se enrasa la superficie de este para quitar el exceso de concreto, utilizando la varilla de compactación, una llana de madera o palustre. Este acabado se realiza con el mínimo de manipulación necesaria para producir una superficie homogénea y lisa que este a nivel con el borde del molde y no tenga depresiones ni proyecciones mayores de 3 mm.



Figura 9. Acabado de los cilindros

3.1.3.5 Identificación. Los especímenes se marcan para poder identificarlos a ellos y al concreto que representan. Se usa un método que no altere la superficie del concreto. Una vez retirados los especímenes de los moldes, se marcan para mantener su identificación.

3.1.4 Curado. Después del moldeo, los especímenes se deben almacenar a un intervalo de temperatura de 16 °C a 27 °C y en un ambiente húmedo, de manera que se impida la pérdida de humedad hasta por 48 h. la temperatura en los especímenes y entre ellos se debe controlar en todo momento protegiéndolos de la luz solar directa y de dispositivos de calefacción radiantes. Los especímenes

que van a ser transportados antes de 48 h, al laboratorio para el curado final, deben permanecer en los moldes en un ambiente húmedo, hasta que sean recibidos en el laboratorio, desmoldados y sometidos a curado final. Si los especímenes no son transportados en un lapso de 48 h, los moldes se deben retirar dentro de $24 \text{ h} \pm 8 \text{ h}$ y se debe aplicar el curado final hasta que sean transportados.

Al terminar el curado inicial y antes de que transcurran 30 min después de retirado el molde, se deben almacenar los especímenes en un ambiente húmedo, con agua libre sobre la superficie de estos, a una temperatura de $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ sobre la superficie del cilindro. Se permiten temperaturas entre $20 \text{ }^\circ\text{C}$ y $30 \text{ }^\circ\text{C}$ por periodos no mayores a 3 h, inmediatamente antes del ensayo, si se mantiene la humedad libre sobre la superficie de los especímenes en todo momento, excepto cuando se ha aplicado un refrentado con un compuesto de azufre. Los especímenes no se deben exponer a goteo o corrientes de agua.



Figura 10. Cilindros para curado final

3.1.5 Transporte de los especímenes al laboratorio. Durante el transporte de los especímenes se deben proteger con un material amortiguador para evitar daño

por golpes, por temperaturas de congelación, o por pérdida de humedad. La pérdida excesiva de humedad se evita envolviendo los especímenes muy bien en plástico o rodeándolos de arena húmeda o aserrín húmedo. El tiempo de transporte no debe ser superior a 4h.

3.2 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO

Este método de ensayo consiste en la aplicación de una carga axial de compresión a cilindros moldeados o a núcleos a una velocidad que este dentro de un intervalo prescrito hasta que ocurra la falla. La resistencia a la compresión del espécimen se calcula dividiendo la máxima carga alcanzada durante el ensayo entre el área de la sección transversal del espécimen.

Se debe tener cuidado en la interpretación de resultados de la resistencia a la compresión por medio de este método, ya que la resistencia no es una propiedad fundamental o intrínseca del concreto hecho con unos materiales dados. Los valores obtenidos dependen del tamaño y forma del espécimen, dosificación, procedimiento de mezclado, los métodos de muestreo, moldeado y fabricación, edad, la temperatura y las condiciones de humedad durante el curado.

3.2.1 Procedimiento. Los ensayos de compresión de especímenes curados con humedad, se deben hacer tan pronto como sea posible después de la remoción del sitio de curado. Los especímenes de ensayo se deben mantener húmedos por medio de cualquier método conveniente durante el periodo entre la remoción del sitio del curado y del ensayo. Se deben ensayar en la condición de humedad.

Los resultados deben ser comparados con las resistencias que garantiza el proveedor del concreto. Si en tal caso una muestra no llegase a cumplir se debe

informar inmediatamente a la dirección de obra y al proveedor del concreto, para determinas las acciones a tomar.

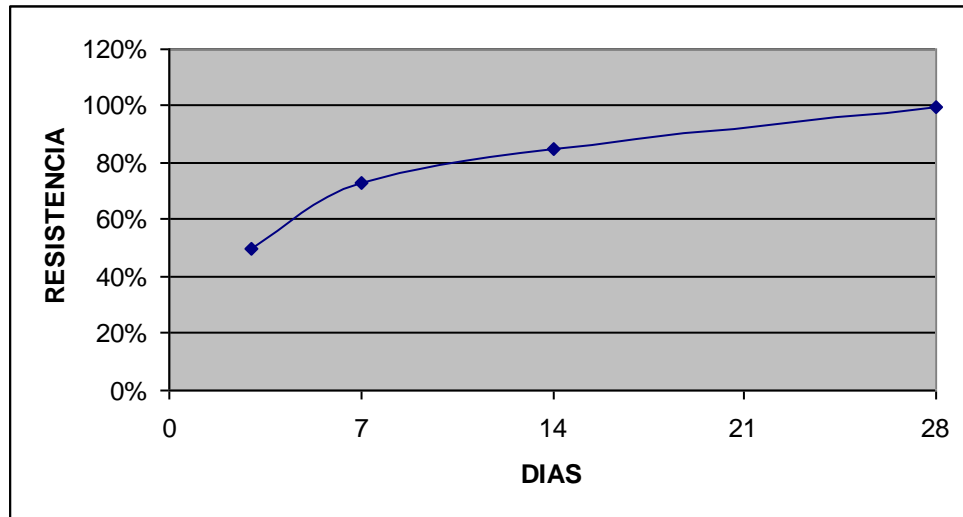


Figura 11. Curva de evolución de concretos

CAPITULO 4

4 APLICACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD AL ACERO

El acero que se maneja en la obra fue anteriormente aprobado, realizando pruebas a cada diámetro de barra y a cada tipo de malla. Estas pruebas se realizan aplicando la respectiva NORMA TECNICA COLOMBIANA

4.1 BARRAS CORRUGADAS DE ACERO

El material, representado por las probetas de ensayo, debe cumplir con los requisitos de las propiedades de tracción especificadas a continuación:

Resistencia a la tracción mínima MPa	550
Punto de fluencia mínimo MPa	420
Punto de fluencia máximo MPa	540
Porcentaje de alargamiento mínimo con distancia entre marcas %	
Numero de designación de las barras	
2, 3, 4, 5, 6	14
7, 8, 9, 10, 11	12
14, 18	10

Tabla 4. Requisitos de tracción

Las probetas para el ensayo de tracción deben ser de la sección completa de la barra. La determinación del esfuerzo se debe basar en el área nominal de la barra.

Las probetas para el ensayo son sacadas al azar del lote de hierro, se deben sacar cuatro (4) probetas por cada diámetro con una longitud de 0.5 m, de las cuales se envían a ensayo dos probetas y las otras dos se guardan en la obra como testigo en caso de necesitar un reensayo.



Figura 12. Muestras de acero para ensayo

4.2 MALLAS ELECTROSOLDADAS DE ACERO

4.2.1 Tracción. Los ensayos de tracción se pueden realizar sobre alambres cortados de la malla electrosoldada y ensayados entre las soldaduras o incluyendo estas; al menos el 50% de los ensayos se debe hacer incluyendo las soldaduras. Los ensayos de tracción cuando se incluye una soldadura debe contener la intersección soldada aproximadamente en el centro del alambre que se ensaya y el alambre transversal que forma la intersección soldada se debe extender aproximadamente 25 mm mas allá de cada lado de la intersección soldada.

4.2.2 Resistencia al corte en la soldadura. Como las soldaduras en la malla electrosoldada contribuyen un valor de adherencia y anclaje del alambre en el concreto, es imperativo que los ensayos de aceptación de la soldadura se lleven a cabo en un dispositivo que la someta a esfuerzos similares a los que se experimentan en el concreto. Para lograr esto, el alambre vertical en el dispositivo se debe someter a esfuerzo en un eje de cercano a su línea central. Igualmente, el alambre horizontal se debe mantener cercano al vertical y en la misma posición relativa, para evitar su rotación. Cuando la malla electrosoldada está diseñada con alambres de diferentes calibres, el alambre de mayor diámetro es el vertical para efectos de ensayo.

El valor promedio mínimo de corte en Newtons no debe ser inferior a 241, multiplicado por el área nominal del alambre más grueso en milímetros cuadrados, cuando el alambre más pequeño no tiene un calibre menor al $\Phi 5.5$ y tiene un área 40% o más del área del alambre mayor. Para diámetros menores que $\Phi 5.5$ la resistencia de la soldadura se debe evaluar con un esfuerzo cortante, necesario para producir una falla en la unión soldada, no menor que $0.25 A_x F_y$, donde A es el área de la sección transversal del alambre más pequeño en la unión soldada y F_y es la característica de resistencia a la fluencia del alambre.

4.2.3 Muestreo. Las probetas para los ensayos de propiedades mecánicas se deben obtener cortando de la malla electrosoldada terminada, una sección de ancho completo, con una longitud suficiente para realizar los ensayos descritos anteriormente.



Figura 13. Muestras de malla para ensayo

4.2.4 Números de ensayos. Se debe realizar un ensayo para determinar la conformidad con los requisitos de resistencia a tracción, por cada 7000 m² de malla electrosoldada o fracción remanente de ella.

Se debe realizar un ensayo para determinar la conformidad con los requisitos de resistencia al corte en la soldadura por cada 28000 m² de malla o fracción remanente de ella.

4.2.5 Revisión. En caso de que una probeta no apruebe el ensayo a tracción, el material no debe ser rechazado sino hasta que se ensayen dos probetas adicionales tomadas de otros alambres del mismo panel. Se considera que el material cumple las especificaciones respecto a las propiedades de tracción, si el promedio de las tres probetas ensayadas, incluida la que se ensayo originalmente, es igual o mayor que el mínimo requerido para la propiedad particular en cuestión y si ninguna de las tres probetas desarrolla menos del 80% del mínimo requerido para la propiedad de tracción en cuestión.

En caso de que una probeta no apruebe el ensayo de resistencia al corte de soldadura, se deben tomar cuatro probetas adicionales de cuatro paneles diferentes. Si el promedio de todos los ensayos de resistencia al corte realizados no cumple el requisito, el material se debe rechazar.

4.2.6 Reensayo. El material rechazado se debe conservar por un periodo de por lo menos dos semanas a partir de la fecha de inspección, y durante este tiempo el fabricante puede solicitar una nueva revisión y un reensayo.

CAPITULO 5

5 APLICACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD A LA MAMPOSTERIA

5.1 MUESTREO

Los especímenes deben ser seleccionados de manera que sean representativos del lote entero de unidades del que se toman, de la variedad de colores, texturas y tamaños del envió. Deben estar limpios sin materiales extraños no asociados con su fabricación.



Figura 14. Muestras de ladrillo para ensayo

5.2 NUMERO DE ESPECIMENES

Las muestras de ladrillos y bloques deben ser escogidas aleatoriamente de cada lote de producción que estará constituido de hasta 100000 unidades o remanentes superiores a 50000 unidades, o por la totalidad del despacho o producción cuando esta sea inferior a 50000 unidades. De cada lote se deben extraer diez (10) muestras para la evaluación de medidas, color y defectos superficiales, las mismas que luego deben usarse en dos grupos de cinco (5) unidades para los ensayos de absorción y resistencia a la compresión.

5.3 IDENTIFICACION

Cada espécimen debe estar marcado de tal manera que se pueda identificar en cualquier momento. Estas marcas no deben cubrir más del 5 % de la superficie del espécimen.

5.4 DETERMINACION DE LA MASA

5.4.1 Secado. Los especímenes se secan entre 110 °C y 115 °C, en un secadero durante 24 h, hasta que en dos pesajes sucesivos a intervalos de 2h, no se presente una pérdida de masa superior al 0.2 % del último peso del espécimen determinado previamente.

5.4.2 Enfriamiento. Después del secado, se enfrían los especímenes en una cámara que se mantiene a una temperatura de 24 °C \pm 8 °C, con una humedad relativa entre el 30 % y el 70 %. Se almacenan las unidades separadas entre sí, durante un periodo mínimo de 4 h, hasta que la temperatura de la superficie este a \pm 5 °C de la temperatura de la cámara de enfriamiento. Para los ensayos que se

requieran unidades secas, no se deben utilizar especímenes notablemente calientes al tacto.

Un método alternativo permitido para enfriar las muestras a temperaturas cercanas a las de ambiente es guardando las unidades, sin apilarlas, colocándolas individualmente, en una cámara ventilada la cual se mantiene a una temperatura de $24\text{ °C} \pm 8\text{ °C}$, con una humedad relativa entre el 30 % y el 70 %, durante un periodo de 4 h, hasta que la temperatura de la superficie este a $\pm 5\text{ °C}$ de la temperatura de la cámara ventilada con la corriente de aire de un ventilador eléctrico que pasa sobre ellas, durante un periodo no inferior a 2 h. las muestras se guardaran en la cámara ventilada manteniendo la temperatura y la humedad requerida hasta que se ensayen.

5.5 ABSORCIÓN DE AGUA

5.5.1 Exactitud de los pesajes. La balanza utilizada debe tener una capacidad no inferior a 2000 g, y debe ser sensible a 0.5 g.

5.5.2 Especímenes de ensayo. Los especímenes para el ensayo de absorción deben estar compuestos por cinco (5) unidades o tres (3) partes o fragmentos representativos de cada una de ellas. Si se usan partes o fragmentos, se toman dos (2) de las paredes y una (1) del núcleo. El peso de cada fragmento no debe ser inferior a 250 g. los bordes de los especímenes deben estar libres de partículas sueltas; si se han tomado de especímenes que se han sometido a ensayos de resistencia a la compresión, estos deben estar libres de grietas debidas a fallas durante la compresión.

5.5.3 Ensayo de inmersión durante 24 horas. Se secan y enfrían los especímenes de ensayo, luego se pesa cada uno.

Se sumergen los especímenes secos y fríos, sin inmersión parcial preliminar, en agua limpia entre 15.5 °C y 30 °C durante 24 h. se retira el espécimen, se seca el exceso de agua con un paño húmedo y se pesa. El pesaje de cada espécimen se debe hacer antes de que pasen 300 s de retirado del agua.

Se reporta la absorción en agua fría de cada espécimen, con una aproximación del 0.1 %.

La absorción promedio en agua fría de todos los especímenes ensayados se registra como la absorción del lote y se reporta con una aproximación del 0.1 %.

CAPITULO 6

6 APLICACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD A LAS INSTALACIONES SANITARIAS

Los sistemas de desagüe y ventilación deben ser ensayados con agua. Después que los aparatos sanitarios hayan sido instalados y sus sifones llenados de agua serán sometidos a una prueba final.



Figura 15. Instalación sanitaria para aprobación

6.1 PRUEBA DE ESTANQUEIDAD

La prueba de estanqueidad debe ser aplicada a los sistemas de desagües y ventilación, ya sea en su totalidad o por secciones. Si se aplica a todo el sistema, los puntos abiertos de este deben estar taponados provisionalmente, excepto en el

punto más alto, y todo el sistema debe ser llenado con agua hasta rebosarlo. Si el sistema se prueba por secciones, cada punto abierto debe estar taponado provisionalmente, excepto en el punto abierto más alto de la sección bajo prueba, y la sección debe ser llenada con agua y sometida a una presión mínima de 3 m de columna de agua. Al probar las secciones máximas de 3 m, se debe purgar la tubería para evitar la sobrepresión, y se mantendrá el agua en el sistema, o en la sección bajo prueba, por no menos de 15 min. El sistema o la sección debe ser hermético.

Además de este procedimiento se deben revisar todos los pegues de la sección ensayada, ya sean codos, sifones o arañas. El contratista debe garantizar la sección, en caso que está presente algún tipo de fuga el contratista debe dar solución inmediata a este producto no conforme.

CAPITULO 7

7 MUROS ANCLADOS

Los muros anclados son pantallas de concreto armado a las cuales se les colocan hileras de anclajes (ver anexo A) a varios niveles. El objetivo del sistema de muro anclado es crear una masa de suelo internamente estable que sea capaz de resistir modos de falla externos bajo un nivel adecuado de servicio.

Los muros anclados pueden ser de varios tipos:

- **Muros de gravedad o semigravedad.** Las estructuras de gravedad son muros de concreto armado, a los cuales se les adicionan anclas pre-tensadas a varios niveles de altura.



Figura 16. Muro anclado

- **Pantallas.** Son pantallas delgadas de concreto armado, las cuales se pueden construir utilizando concreto proyectado o fundidas en el sitio. A las pantallas de concreto se les colocan hileras de anclas a varios niveles.



Figura 17, Muro pantalla con zapatas

En la estabilización de taludes estas estructuras también pueden ser zapatas, bloques individuales o vigas superficiales para la aplicación de las cargas de anclaje. La técnica de utilizar anclajes individuales múltiples unidos cada uno a una zapata independiente en la superficie del terreno, se le denomina como “muros de elementos”.

Generalmente, existe un espaciamiento entre las zapatas, pero en ocasiones estas se tocan unas a otras. A este último sistema se le denomina “muro de bloque de anclaje”.

La construcción de las anclas individuales es muy similar a la de los anclajes para muros o pantallas de concreto armado. La utilización de esta técnica tiene por objeto permitir la construcción de anclajes con un mínimo de alteraciones de la superficie del talud y disminuir éstas al evitar muros de gran tamaño.

7.1 MECANISMOS DE FUNCIONAMIENTO DE LAS ANCLAS

Los anclajes proveen una fuerza para resistir aquellas que producen la inestabilidad del talud. Las anclas se encuentran unidas en su parte exterior a una estructura de contención superficial. Esta estructura de contención transmite la carga al ancla y el ancla la transmite al bulbo. Finalmente es el bulbo el que resiste la carga de diseño.

El bulbo debe estar localizado por detrás de las superficies reales o potenciales de falla en un material suficientemente competente.

La profundidad requerida debe garantizar un factor de seguridad de acuerdo a los requerimientos. A su vez, las fuerzas de pretensionamiento generan una fuerza normal sobre la superficie de falla.

7.1.1 Modos de Falla de los Anclajes. Hay varios mecanismos posibles de falla de los muros anclados. Estas fallas comúnmente son causadas por exceso de carga sobre un ancla. Las cargas de exceso pueden estar relacionadas con la carga de pretensionamiento, la secuencia de excavaciones, las fuerzas del agua y fuerzas sísmicas, entre otras.

Los mecanismos de falla pueden involucrar los tendones, la masa de suelo, el bulbo o las estructuras superficiales.

Los principales tipos de falla son los siguientes:

- **Falla del acero del tendón.** Al colocarle la carga de tensionamiento el acero del tendón recibe esfuerzos de tensión. Si la carga aplicada es mayor que la capacidad estructural del tendón, ocurre la falla. Para evitar esto se recomienda

que la carga de diseño sobre el tendón no exceda el 60% de la resistencia última del tendón.

- **Falla de la masa del suelo.** Esta falla es debida a la capacidad de soporte del suelo superficial. Si al colocarle la carga de pretensionamiento, ésta supera la capacidad de soporte del suelo lateral, se produce un movimiento del suelo hacia arriba. Esto ocurre especialmente en las anclas más subsuperficiales.

Así mismo, se recomienda que la primera hilera de anclajes de arriba hacia abajo se encuentre suficientemente profunda para que la resistencia pasiva del suelo evite la falla.

- **Falla de la unión entre el bulbo y el suelo.** Los anclajes movilizan una fuerza perimetral entre el bulbo y el suelo. La resistencia de esta interface depende de la presión normal, de la fricción y cohesión en el perímetro del bulbo. En los anclajes acampanados se desarrolla adicionalmente una resistencia relacionada con el acampanamiento.

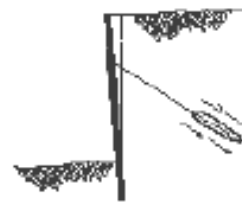
Para aumentar la resistencia entre el bulbo y el suelo se acostumbra a aumentar el diámetro del bulbo o su longitud. Sin embargo, la experiencia muestra que el efecto de aumento de resistencia no ocurre para bulbos con longitudes superiores a 9 o 12 metros.

- **Falla entre el tendón y la lechada.** El mecanismo de falla de la unión entre el tendón y la lechada incluye problemas de adherencia, fricción e integración mecánica entre el acero del cable o varilla y la lechada.

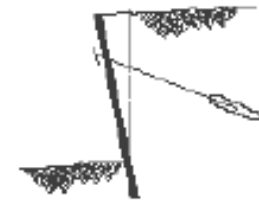
- **Falla de la estructura superficial.** La estructura superficial puede fallar por punzonamiento o por exceso de esfuerzos de flexión o de cortante.



a. Falla por tracción del tendón



b. Falla por arrancamiento en la interfase suelo-inyección.



c. Falla por arrancamiento en la interfase tendón-inyección



d. Falla por flexión del muro



e. Falla en el muro por una insuficiente resistencia (por empuje) pasiva



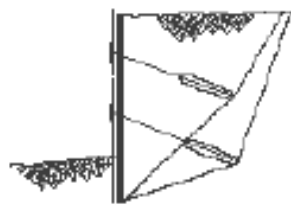
f. Falla por rotación hacia adelante



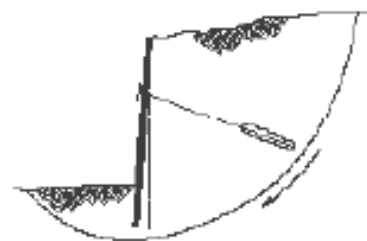
g. Falla por insuficiente capacidad axial



h. Falla por volcamiento



i. Falla por deslizamiento



j. Falla circular de la masa de suelo

Figura 18. Posibles fallas para muros anclados (Sabatini y otros, 1999)

CAPITULO 8

8 PROCESO CONSTRUCTIVO DE MUROS ANCLADOS



Figura 19. Muro anclado

El proceso constructivo de este sistema de contención consiste:

- Excavación
- Elaboración del anclaje
- Perforación del terreno
- Introducción del anclaje
- Aplicación de la lechada
- Inyección
- Construcción del muro y viga de apoyo
- Colocación de la cabeza del anclaje
- Tensionamiento
- Control de calidad

8.1 EXCAVACION

Se realiza excavación del terreno con el fin de ubicar los puntos, en los que se debe realizar la perforación.

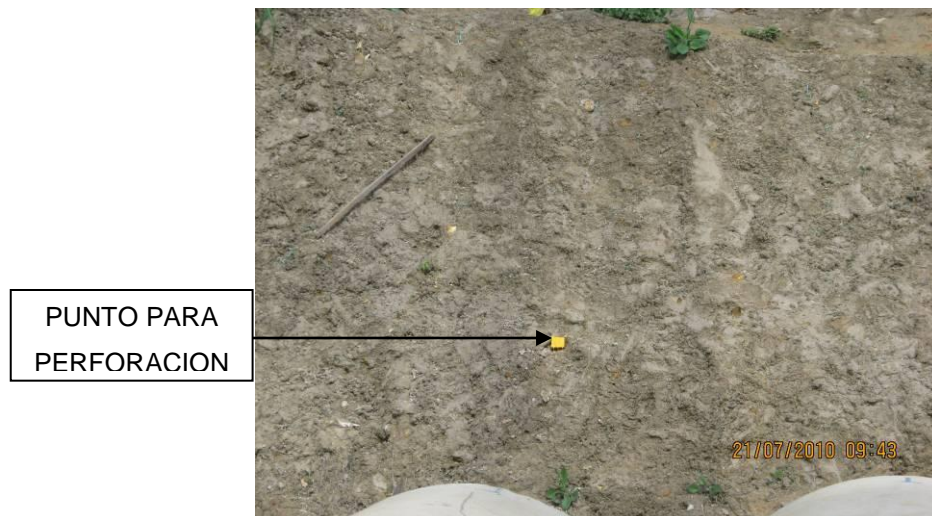


Figura 20. Ubicación de puntos para perforación

La altura **H** y el ancho **B** del talud de corte varían según el terreno. Para un terreno en el cual se empleó una altura de 4.0 m y un ancho de 2.5 m, después de realizado el primer corte se deja una distancia de seguridad de **3B** que en este caso será una de 7.5 m para poder realizar el segundo corte.



Figura 21. Primeros cortes del talud

El tercer corte se realiza entre el primer y segundo corte.



Figura 22. Tercer corte del talud

Los cortes finales se realizan en los taludes restantes



Figura 23. Corte final del talud

8.2 ELABORACION DEL ANCLAJE

8.2.1 Almacenamiento de materiales. Todos los materiales que se vayan a utilizar se mantendrán limpios y libres de todo defecto y suciedad. Deberán almacenarse en locales debidamente acondicionados.

El acero de los tendones deberá mantenerse libre de oxidaciones perjudiciales. Únicamente resultara aceptable la presencia de una muy ligera oxidación superficial que pueda eliminarse por frotación mediante un cepillo de púas metálicas. La presencia de puntos o zonas de corrosión profunda que no puedan eliminarse por simple frotación podrá ser motivo para rechazo de la partida de acero afectada.

Una vez fabricados o ensamblados los anclajes deberán almacenarse en lugares cubiertos, secos, limpios y alejados de sustancias perjudiciales como agua, barro,

aceites, grasas pinturas, etc., que pudieran afectar el alma del acero, a las vainas de protección o a los componentes auxiliares.

8.2.2 Bulbo de anclajes. La longitud adherente prevista para cada anclaje se reflejara en los planos.



Figura 24. Zona de bulbo

Los cordones, en la zona adherente, estarán desnudos y perfectamente limpios, quedando total y expresamente prohibida la utilización de dicha zona de cables engrasados o con resto de grasa.

Se debe tener en cuenta que es muy difícil con la técnica y sistemas de limpiezas actuales, asegurar una perfecta eliminación de la grasa en cables que hayan estado pre-engrasados.

En cualquier caso y para cualquier tipo de anclaje, el espesor de la capa de lechada que separa la superficie envolvente exterior del tendón de las paredes de la excavación no será inferior a 10mm (sin contar el espesor de la vaina corrugada en el caso de anclajes permanentes). Para asegurar dicho recubrimiento se

dispondrán unos centradores de plástico a lo largo del tendón. La distancia entre centradores consecutivos no será superior a 150 cm. Los centradores deberán estar diseñados de forma que no originen topes o roces excesivos durante los movimientos de introducción (o en su caso de extracción) de los anclajes en las perforaciones.

El ensamble de cables, vaina y elementos auxiliares que constituyen el tendón será capaz de resistir sin deteriorarse todos los esfuerzo que se originen como consecuencia de la manipulación, transporte, puesta en obra, inyecciones y tesado del anclaje.

Los diferentes elementos exteriores a la vaina común se sujetaran firmemente a la misma mediante bridas de material inerte para evitar que sufran desplazamientos longitudinales o transversales durante las operaciones de introducción del anclaje en la perforación.

La dirección de obra podrá solicitar al contratista la realización de pruebas que certifiquen la idoneidad del sistema de ensamblaje y sujeciones pudiendo incluso solicitar la extracción de un anclaje previamente introducido en su perforación para comprobar la durabilidad del ensamblaje inicial.

Para incrementar la adherencia mecánica de los cordones en la zona del bulbo se ondulara su trazado con la ayuda de una serie de elementos que alternativamente separan o aproximan los cordones.

Los elementos separadores de cordones suelen estar fabricados con materiales plásticos, polietileno o polipropileno.

Normalmente, la aproximación entre cordones se consigue mediante un simple atado con alambre, aunque pueden emplearse elementos aproximadores especiales.

La distancia entre elementos separadores y atados de alambre aproximadores no superan a 1.5 m.

Las vainas corrugadas de la zona de bulbo deberán mantener la estanqueidad con presiones interiores que superen 1 bar a la máxima presión estática que la lechada de inyección interna pueda provocar en el punto más bajo del anclaje. La correcta estanqueidad de las vainas adquiere especial relevancia en el caso de anclajes que deben estar dotados de sistemas de aislamiento eléctrico.

Como norma general, no se admitirán empalmes de cordones o de barras en la zona de bulbo ya que podrían introducir anclamientos puntuales que dificultaran o impidieran la transferencia de cargas a lo largo del bulbo. Sistemas basados en anclamientos puntuales y no uniformes a lo largo del bulbo deberán ser exhaustivamente ensayados antes de ser aceptados.

8.2.3 Longitud libre. El tendón a lo largo de su longitud, suele ir enfundado en una vaina de polietileno de alta densidad o de polipropileno. Únicamente podrá ser aceptable no instalar dichas vainas en el caso de anclajes temporales situados en terrenos pocos agresivos.



Figura 25. Longitud libre

Cuando se prevea la existencia de corrientes erráticas en el terreno, se instalarán vainas de protección exterior que aseguren el perfecto aislamiento eléctrico del anclaje a lo largo de su longitud libre y en sus conexiones con la cabeza y con la longitud adherente del anclaje.

Además de la vaina de protección exterior suelen disponerse sistemas individuales de protección para cada cordón o barra del tendón. Dichos sistemas suelen basarse en la colocación de unas fundas de polietileno para protección individual de cada cordón o barra y en relleno con grasa o cera de todos los intersticios existentes entre el acero y su vaina individual. Las vainas individuales dispuestas a largo de la longitud libre no terminarán en el extremo provisional del bulbo, sino que penetrarán en el, asegurando un cierto solape que dará continuidad a la protección. En general, dicho solape será de unos 30 cm.

Algunos diseños de anclajes al terreno, que precisan inyectar la zona libre independientemente de la zona fija al tendón, requieren la instalación de un tapón obturador entre ambas zonas. El tapón deberá permitir el paso de los cordones, los tubos de inyección y purga de la zona adherente y posiblemente el tubo para la

inyección del exterior del tapón. El tapón deberá mantener sus propiedades resistentes, elásticas, geométricas y de sellado en cualquier momento de la vida del anclaje. Para fabricar el tapón se podrá emplear un **producto bituminoso**, cinta de caucho autovulcanizante, tubo de plástico retráctil dotado de adhesivo u otro medio que garantice un sellado efectivo. La longitud de tapón no será inferior a 30 cm.

Otros diseños de anclajes requieren la instalación de un tapón obturador entre el tendón y las paredes de la perforación. En estos casos el tapón suele realizarse mediante un anillo de goma hinchable neumáticamente que normalmente debe permitir el paso de algunos tubos de inyección o purga.

Se recomienda la instalación de separadores a lo largo de la longitud libre del tendón para procurar el máximo paralelismo entre los cordones. Los separadores no estarán distanciados más de 1.5 m.

Se recomienda, asimismo, asegurar los 10 mm de recubrimiento mínimo del tendón a lo largo de su zona libre mediante la instalación de unos centradores que abracen a la vaina común y no estén distanciados más de 1.5 m.

En la zona libre podrán disponerse empalmes de cordones o de barras siempre que se asegure su capacidad de desplazamiento longitudinal, en ambos sentidos, tanto durante el tesado como durante toda la vida útil del anclaje. Si no se asegurara dicha capacidad de movimiento, el empalme podría transformarse en un punto de anclaje que transmitiría cargas en posiciones o previstas o no admisibles por el proyecto.

8.2.4 Cabezas de anclaje. Una cabeza de anclaje puede incluir los siguientes elementos:

- Placa de anclaje y cuñas (anclajes de cordones) o arandelas de apoyo y tuercas (anclajes de barra).
- Placa de reparto.
- Mecanismo de conexión o trompeta entre la vaina de la zona libre y la placa de reparto.
- Elementos para la protección anticorrosiva de la cabeza (caperuza, junta, grasa, etc.).
- Dispositivo para corrección de la inclinación (cuña de asiento, rotula, etc.).

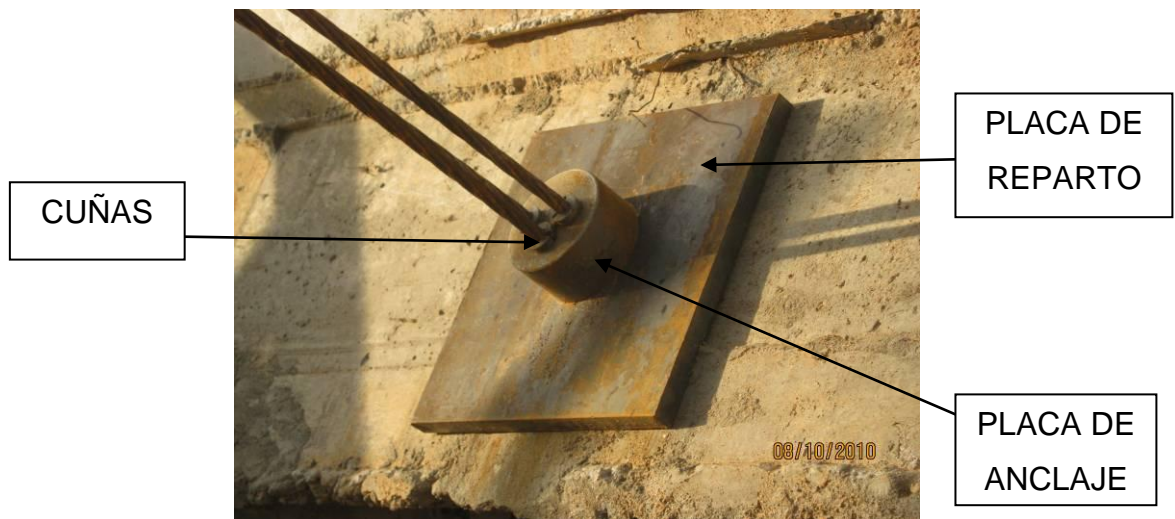


Figura 26. Cabeza de anclaje

El conjunto de los elementos de la cabeza del anclaje debe estar diseñado tanto para asegurar la transmisión de las cargas del tendón al terreno, como para asegurar la continuidad de los sistemas de protección anticorrosiva o de

aislamiento eléctrico del tendón. En especial, debe asegurarse la perfecta estanqueidad de las conexiones vaina-trompeta y capot-placa de reparto.

El diseño de la cabeza del anclaje dependerá en gran medida del sistema de tesado a utilizar y de las prestaciones futuras que se requieran para el anclaje.

8.3 PERFORACION DEL TERRENO



Figura 27. Perforación

Las bocas de las perforaciones de los anclajes se situaran en los puntos indicados en los planos del proyecto con unas tolerancias radiales de localización de $\pm 7,5$ cm en cualquier dirección. La perforación debe alterar tan poco como sea posible el suelo circundante.

El diámetro de las perforaciones no será inferior al nominal especificado en el proyecto, pero no se recomienda que sea muy superior, ya que basta un incremento de 10 mm en la boca de la perforación para forzar a una revisión dimensional de las placas de reparto.

El diámetro de perforación deberá garantizar al tendón un recubrimiento radial mínimo de 10 mm a lo largo de toda su longitud. Cuando se dispongan tubos de inyección exteriores al tendón, no se consideraran e efectos de recubrimiento mínimo.

La determinación del diámetro mínimo de la perforación debe realizarse en función de las dimensiones de las vainas de los tendones que vayan a introducirse y del sistema de inyección que desee utilizarse.

Dado que las dimensiones citadas varían de unos fabricantes a otros, se recomiendan fijar las dimensiones de las perforaciones, solo tras conocer las dimensiones de los tendones del fabricante adjudicatario de los anclajes.

Las longitudes reales de perforación serán unos 25 cm más largas que las previstas en los planos del proyecto. Los 25 cm de incremento permitirán recoger eventuales acumulaciones de detritus en el fondo de los taladros que pudieran generarse durante las operaciones de colocación del anclaje, sin reducir la longitud total del mismo.

Al perforar el terreno, los ángulos de los ejes de los anclajes deberán respetar los valores del proyecto con unas tolerancias de $\pm 2.0^\circ$ (en el caso de anclajes de más de 25 cm de largo la dirección de obra podrá revisar estas tolerancias y reducirlas si es preciso).

El equipo de perforación llevara un control de la inclinación del sondeo. Si el control es de tipo electrónico se recomienda comprobar por métodos manuales, al menos, un 10% de los anclajes que se instalen. La comprobación deberá realizarse tras concluirse la perforación de, al menos, los dos primeros metros del terreno.

Las bocas de los sondeos realizados se protegerán temporalmente con objeto de evitar la entrada de elementos extraños, hasta el momento de introducción de los anclajes.

8.3.1 Métodos de perforación. Se debe elegir un sistema de perforación en función del terreno de forma que altere lo menos posible sus características o si lo hace, de forma que lo haga de favoreciendo la movilización de las resistencias del terreno.

La primera operación de un proceso de perforación consiste en el emplazamiento de la plataforma de trabajo. A continuación se podrá iniciar la perforación a percusión o rotación, con entubación continua si procede y teniendo especial cuidado de registrar cualquier variación en las velocidades de avance que se observen durante la operación.

La refrigeración de los útiles de perforación y eliminación de detritus se realizara con el fluido de perforación. El fluido de perforación no será agresivo para los anclajes ni para las inyecciones y no creara películas perjudiciales en las paredes de los taladros que puedan inducir a una disminución de la tensión admisible de transferencia. El uso de lodos bentoníticos deberá ser aprobado expresamente por la dirección de obra con anterioridad a la ejecución de la perforación.

Si el terreno tiene tendencia al reblandecimiento o hinchamiento, el fluido de perforación deberá llevar aditivos que los contrarresten o bien será sustituido por productos con aire o espuma sintéticos.

En presencia de aguas artesianas o bajo nivel freático, se deberán tomar las medidas oportunas para evitar lavados de finos o derrumbamientos de terreno durante las operaciones de perforación, colocación o inyección del anclaje. Deberán también evitarse sifonamientos que afecten a las zonas circundantes. En

estos casos, es conveniente utilizar equipos de perforación equipados con dispositivos de aislamiento hidráulico, obturadores, prensas, etc. También se pueden utilizar lodos de perforación pesados o incluso realizar una inyección previa del terreno.

En algunos casos y siempre que no haya edificios colindantes, se pueden utilizar métodos de rebajamiento del nivel freático, pero siempre tras considerar y evaluar el riesgo de asentamiento general del suelo.

El método de perforación deberá asegurar la total eliminación de los detritus de la perforación y dejar el taladro perfectamente limpio en toda su longitud ya que, en caso contrario, la lechada de inyección podría no tener la sección regular y uniforme que se especifica en el proyecto con la consecuente reducción de la capacidad del anclaje del bulbo.

En cualquier caso los procedimientos de perforación que se pretendan emplear deberán contar con la aprobación previa y expresa de la dirección de obra.

8.4 INTRODUCCION DEL ANCLAJE



Figura 28. Colocación del anclaje

La colocación del anclaje en el taladro, una vez finalizado este, deberá llevarse a cabo lo antes posible. Las características del terreno son las que condicionan los intervalos de tiempo que puedan transcurrir entre la perforación, la introducción del anclaje y la inyección.

Debe tenerse en cuenta que algunos terrenos varían de propiedades con el tiempo. Cuando exista riesgo de hinchamiento o reblandecimiento del terreno, la colocación e inyección del anclaje se efectuará inmediatamente después de finalizada la perforación del taladro. En general, la introducción del anclaje se realizará no más tarde de ocho horas tras la finalización de la perforación.

En cualquier caso, antes de la introducción de los anclajes se realizarán las siguientes operaciones:

Desenrollado seguro de los tendones.

- Cuando los anclajes se reciban enrollados se tendrá especial cuidado durante las operaciones de desprecintado y desenrollado. La liberación de las sujeciones que mantienen al tendón enrollado es una operación que, si no se realiza adecuadamente, pueden provocar movimientos bruscos e incontrolados del tendón con los consiguientes riesgos físicos para el personal situado en las proximidades. Esta operación solo debe ser efectuada por personal debidamente capacitado.
- Inspección ocular de cada anclaje, con objeto de detectar y en su caso reparar cualquier daño o defecto que pudiera tener.
- Comprobación física de que el taladro está limpio y libre de obstáculos.

Una vez realizadas las anteriores comprobaciones, se procederá a la introducción del anclaje. La velocidad de introducción será reducida y controlada.

Durante el proceso de introducción del anclaje, se evitaran retorcimientos o curvaturas excesivas que pudieran dañar o desorganizar partes de los anclajes.

Tras terminar la introducción del anclaje, se asegurara su posición sujetándolo de forma que no pueda moverse durante la inyección y posterior fraguado de la lechada.

8.5 APLICACIÓN DE LA LECHADA

La lechada se coloca en la perforación después de instalar el refuerzo. La lechada actúa como el elemento que transfiere el esfuerzo del suelo al refuerzo. Igualmente la lechada actúa como protección contra la corrosión de la varilla. En la mayoría de los casos se utiliza cemento tipo I. La relación agua/cemento típica varía de 0.4 a 0.5, pero en ocasiones se utiliza una lechada más viscosa. La lechada viscosa se utiliza cuando hay suelos muy permeables o roca muy fracturada. Cuando se inyectan lechadas muy espesas, se requiere no colocar centralizadores de plástico, debido a que éstos impiden el paso de la lechada.

No se recomienda la utilización de aditivos, pero en ocasiones se requieren para permitir la inyectabilidad del material, especialmente en climas cálidos, en los cuales se requieren plastificadores para permitir el manejo de la lechada durante aproximadamente una hora.

La lechada debe colocarse inmediatamente después de realizada la perforación y colocada la varilla para evitar que el hueco se cierre. La lechada comúnmente se coloca utilizando una manguera plástica que se baja hasta el fondo de la excavación. Esta manguera debe retirarse después de inyectada la lechada.



Figura 29. Aplicación de la lechada

8.6 INYECCION

La inyección de los anclajes al terreno tiene dos objetivos fundamentales:

- Crear una adherencia terreno-tendón en la zona del bulbo
- Proporcionar una protección anticorrosiva al tendón del anclaje



Figura 30. Inyección

La inyección deberá realizarse de acuerdo a los siguientes criterios generales:

- La sección libre neta de los tubos de inyección deberá ser la misma que los tubos de purga (si es que se requieren) y deberán tener un valor mínimo de 2 cm².
- El proceso de inyección será consecutivo al de la colocación del anclaje y normalmente se realizara antes de que transcurran ocho horas desde la finalización de la perforación del sondeo. Posteriormente, solo se podrán realizar procesos de reinyección.
- La operación de inyección de cada amasada de lechada no debe prolongarse más de 30 minutos tras el inicio de su mezcla. No obstante el citado periodo de tiempo de tiempo podría variar en función del tipo de cemento, la dosificación, los aditivos añadidos, etc.
- El procedimiento de inyección empleado asegurara la libre salida al exterior del agua, barro y aire, cuando sean desplazados por la lechada inyectada, asegurándose así el perfecto llenado del taladro. La salida se realizara a través de tubos de purga o por la boca del sondeo,
- La inyección se realizara siempre desde los puntos más bajos hasta los puntos más altos y no podrá interrumpirse tras su inicio.
- La inyección se realizara de forma lenta pero continua, hasta que la lechada que se expulsa por el tubo de purga o bien por la boca del sondeo tenga la misma fluidez que la lechada que se produce en la mezcladora. Normalmente, dicho momento se estima visualmente, pero si se desea realizar una determinación más precisa puede utilizarse un cono Marsh.

- Se evitara que la lechada de inyección interior llegue hasta la placa del anclaje, ya que si se forma una columna continua de lechada entre la placa del anclaje y el bulbo, una parte considerable de la fuerza de tesado puede no llegar a transmitirse completamente a la zona de terreno deseada, sino que puede destinarse a comprimir la citada columna de lechada.
- Si es necesario, se lavara la lechada se inyección en la zona más próxima a la cabeza del anclaje, rellenándose este espacio con grasa u otro producto de relleno con estas propiedades anticorrosivas después de efectuada la operación de tesado (inyección secundaria).
- Las presiones de inyección, en el caso de inyecciones globales, son del orden de 0.02 MPA por metro de profundidad y sus valores máximos en la boca de la perforación no suelen superar los 0.5 MPa. Estos niveles de presión, normalmente, no provocan la hidrofractura del suelo.
- Las presione de inyección, en el caso de inyecciones repetitivas, suelen ser superiores a 0.5 MPa e incluso 1MPa y suelen provocar hidrofractura del suelo.
- Cuando se interrumpa la inyección por circunstancias inesperadas o de emergencia deberá extraerse completamente el tendón de su perforación. El tendón podrá reutilizarse si se limpia inmediatamente. La lechada se dejara endurecer dentro de la perforación y por lo tanto será necesario reperforar.
- No se realizaran inyecciones de lechada cuando se prevean temperaturas ambiente, durante el periodo de endurecimiento de la lechada, inferiores a los 2°C.
- Durante la ejecución de la obra y con la frecuencia que dicte la dirección de la obra se tomaran muestras de lechadas para su ensayo en el laboratorio. Las

muestras se tomaran en la entrada del tubo de inyección y en la salida de los tubos de purga.

- Después de realizada la inyección, no se moverá ni manipulara el anclaje, permitiéndose el fraguado y endurecimiento de la lechada sin perturbaciones.
- La resistencia mínima exigible a la lechada antes de iniciarse en tesado deberá estar especificada en el proyecto de la obra pero nunca será inferior a 30 MPa.

8.7 CONSTRUCCION DE MURO Y VIGA DE APOYO

Tanto el muro como la viga son construidas con las especificaciones que suministra el diseñador.



Figura 31. Construcción de muro y viga de apoyo

8.8 COLOCACIÓN DE LAS CABEZAS DE ANCLAJE

Se asegurara un perfecto contacto entre la placa de reparto y su superficie de apoyo, para ello normalmente se dispondrá una capa de mortero de cemento Portland o de resinas epoxidicas.

Las cabezas de anclaje se colocaran concéntricas con el tendón, siendo la tolerancia de excentricidad admisible de ± 5 mm en cualquier dirección.

Se controlara la desviación de la inclinación del anclaje y la vaina de la zona libre, para ello se suelen utilizar dispositivos de conexión tipo trompeta y juntas toricas de sellado (ver figura 26).

8.9 TENSIONADO



Figura 32. Tensionado del anclaje

8.9.1 Tesado. Dentro de las operaciones de tesado, definimos el tesado, propiamente dicho, como la operación mediante la cual se introduce carga en un anclaje que previamente estaba descargado.

La magnitud de la carga introducida, así como el procedimiento seguido para introducirla, variara dependiendo del motivo del tesado.

Para poder realizar un tesado normal, los cordones deberán sobresalir de la placa de anclaje una cierta longitud denominada sobrelongitud de tesado. Dicha sobrelongitud permite el agarre de los gatos de tesado.

La longitud mínima que debe tener la sobrelongitud de tesado depende del gato que se vaya a utilizar y de la operación que se desee realizar. Normalmente, una sobrelongitud de 1.5 m suele permitir el tesado con cualquier tipo de gato y sirve para cualquier tipo de operación.

Normalmente, una vez que la dirección de obra da una operación de tesado por aceptable y terminada, se suelen recortar las sobrelongitudes de tesado hasta dejarlas con una longitud mínima de 3 cm. Este recorte tiene por objeto reducir a un mínimo el tamaño de los capots de protección.

Tras el recorte de las sobrelongitudes, solo podrá variarse la carga en aquellos anclajes especialmente diseñado para ello y que se denominan anclajes retesables.

8.9.2 Retesado. Se denomina retesado a la operación mediante la cual se incrementa la carga de un anclaje tesado previamente.

Mientras no se hayan cortado las sobrelongitudes, los retesados se realizaran de forma análoga a como se realizaron los tesados.

Tras el corte de las sobrelongitudes, solo los anclajes con cabeza retesables admitirán los retesados. Las cabezas retesables suelen tener una rosca exterior que permite el acoplamiento del equipo de tesado. En estos anclajes, el incremento de carga puede lograrse con distintas técnicas, como por ejemplo mediante la introducción de **calas** bajo la placa de anclaje mediante el roscado de una tuerca en la placa de anclaje.

8.9.3 Comprobación de carga. Se denomina comprobación de carga a la operación que se realiza para conocer la carga residual de un anclaje.

Si dicha operación se realiza antes del corte de sobrelongitudes, se realizara de forma semejante a como se hizo el tesado, pero interponiendo un puente de tesado entre el gato y la cabeza del anclaje. La carga residual será la mínima carga que permite el levantamiento de la placa de anclaje.

Tras el corte de sobrelongitudes solo podrá comprobarse la carga de anclajes con cabezas retesables.

8.9.4 Destesado. Se denomina destesado a la operación que permite reducir la carga de un anclaje que se ha tesado previamente.

Solo es sencillo el destesado de anclajes que hayan sido preparados para ello.

Un anclaje puede hacerse destesable instalando calas bajo su placa de anclaje o dotándole de cabeza retesable o destesable.

Podrá destesarse anclajes en los que no haya estado previsto su destesado, mientras mantengan sus sobrelongitudes sin cortar. Para ello se utilizara un gato y un puente de tesado, pero hay que remarcar que la operación puede ser

difícil ya que se tienen que desclavar y retirar todas las cuñas previamente clavadas en la placa de anclaje. Esta operación solo debe ser realizada por profesionales.

8.10 CONTROL DEL ANCLAJE

En Colombia aún no existe una normatividad para la construcción de anclajes, por lo cual se tiene como referencia a normas de otros países, en los cuales nos indican los controles que se deben realizar al anclaje:

- Resistencia de la lechada
- Ensayos de carga
- Protección anticorrosiva

8.10.1 Resistencia de la lechada. Las lechadas de inyección pueden variar sus propiedades no solo en función de las proporciones de mezcla y del tipo de cemento y aditivos que se empleen, sino también en función de la calidad del agua y del fabricante del cemento. Por lo tanto para asegurar que las características de una lechada cumplen con los requisitos especificados es necesario realizar un control de la fluidez de la lechada y ensayos de resistencia a compresión.

La resistencia a la compresión puede determinarse utilizando las probetas cuya forma y medidas se indican a continuación:

Probetas para la determinación de la resistencia a la compresión de lechadas	
Forma de la probeta	Medidas de la probeta
Prismática	40 mm x 40 mm x 160 mm
Cilíndrica	Φ 100 mm x 80 mm

Tabla 5. Especificación de probetas para ensayo

La resistencia de las lechadas no podrá ser, en ningún caso, inferior a 30 MPa a los 28 días o a 27 Mpa a los 7 días, en el caso de que se pretenda estimar la resistencia probable a los 28 días a partir de la resistencia a 7 días.

8.10.2 Ensayos de Carga. Se ensaya el tirante pre-esforzándolo hasta alcanzar un valor de 1.5 la carga de diseño. Se registra la magnitud y elongación del tirante. Se fija el tirante con una carga de diseño; este valor es generalmente un 10% mayor que la fuerza final en el anclaje, con el objeto de compensar pérdidas por relajación del tirante. Todas las anclas deben ensayarse para la carga de diseño sin movimientos excesivos en el proceso de colocación de la carga.

Toda ancla debe diseñarse para un factor mínimo de seguridad de 2.0 y deben ensayarse algunas anclas para una carga de 150% la de diseño.

Existen varios tipos de prueba. Generalmente se utiliza un gato hidráulico tensionando la totalidad del ancla en forma simultánea y midiendo las deformaciones con un sistema de calibrador.

Se recomienda ensayar con el 150% de la carga de diseño, las primeras anclas de un proyecto y algunas anclas de las restantes durante el período de construcción.

Las curvas de deformación contra carga deben analizarse, e identificarse las causas de los movimientos. Igualmente, se recomienda analizar las deformaciones durante el proceso de descargue.

Toda ancla, al cargarse, se deforma a medida que el suelo va tomando carga y no se reduce a cero la deformación al retirar la carga. Este movimiento no recuperado se le denomina “movimiento residual” del ancla.

El movimiento total en la prueba de carga es la suma de la elongación elástica del tendón, el movimiento residual del ancla, el movimiento elástico del bulbo y los movimientos de fatiga del bulbo y del tendón. En suelos no cohesivos y rocas se tensiona a la carga máxima, y luego se mide a 0, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10, 15, 20, 25, 30, 45 y 60 minutos.

Al inicio de la prueba si la deformación durante los primeros cinco minutos es menor de 0.76 milímetros, se debe esperar que el ancla funcione satisfactoriamente. Generalmente, en rocas el movimiento en los primeros 10 minutos es menor de un milímetro, y si se producen deformaciones importantes es un indicativo de que el bulbo no tiene la capacidad suficiente para soportar la carga.

8.10.3 Protección contra la corrosión. La protección contra la corrosión es muy importante para garantizar la larga vida de los anclajes, especialmente en los siguientes casos:

- Suelos y rocas que contienen cloruros
- Cambios estacionales de la tabla de agua
- Ambientes marinos
- Arcillas saturadas con alto contenido de sulfatos
- Exposición a corrientes eléctricas que generan acción galvánica

- Paso a través de suelos de características químicas diferentes

Se ha determinado que el uso de anclas metálicas en suelos ácidos tiene problemas a largo plazo. La descripción corrosiva del ambiente puede cuantificarse en términos de pH y resistividad del sitio. En suelos ácidos con pH menor de 4 la corrosión es muy alta y en suelos con pH mayor de siete también se produce corrosión. Así mismo, los suelos orgánicos son más corrosivos que las arcillas y las arcillas más que las arenas y gravas.

Generalmente, se especifica protección contra la corrosión tipo 1 para la mayoría de anclas permanentes. Los métodos de protección contra la corrosión incluyen el galvanizado, aplicación de cubiertas epóxicas, encapsulación del acero y el cemento.

Es muy importante garantizar una buena encapsulación del cable en el sector libre entre la superficie del terreno y el bulbo. Generalmente, se encapsula en un tubo relleno de grasa que provee propiedades anticorrosión (por ejemplo grasa Chevron Polyuria EP No 2 o similar). También se puede encapsular relleno el espacio dentro del tubo con cemento. El cemento tiene la ventaja de que genera un ambiente con pH alto que protege el acero formando una capa de óxido hidroferroso. Debe tenerse claro que la mayoría de los problemas de corrosión ocurren en los primeros dos metros más superficiales del cable.

La mayoría de las pantallas de anclaje construidas en el pasado no han tenido problemas importantes de corrosión en el bulbo. Los principales problemas de corrosión ocurren en la parte expuesta del tendón cuando éste no está cubierto de lechada y la mayoría de los problemas ocurren en los dos metros más cercanos a la cabeza del ancla. Igualmente, se presentan problemas en tendones pre-estresados y aceros que no cumplen especificaciones ASTM. La mejor forma de

proteger los tendones es encamisarlos en un tubo engrasado o recubrirlos con lechada. Se recomienda un mínimo de 10 milímetros de recubrimiento en lechada.

Si el suelo tiene un $\text{pH} < 5.0$ o una resistividad menor de 2000 ohm-cm o cuando hay presencia de sulfatos, se recomienda recubrir el tendón totalmente encapsulado en un tubo plástico. Si el suelo tiene más de 2000 mg/kg de sulfatos, se requiere utilizar cemento tipo V para la lechada. Igualmente, se recomienda el uso del cemento tipo V cuando el $\text{pH} < 5$.

CAPITULO 9

9 LECCIONES APRENDIDAS

- Cuando se realice el seguimiento de los ensayos de concreto se debe dejar especificado con la compañía que suministre el concreto las resistencias que ellos garantizan a las edades que requiera la obra.
- Todo procedimiento que se realice y no se encuentre estipulado por el plan de calidad debe ser anexado y aprobado inmediatamente para que este procedimiento sea válido.
- Al realizar ensayos con laboratorios se debe estimar el tiempo de entrega de resultados a partir del envío con el fin de no generar retrasos en la aprobación de lotes de materiales.
- Cuando se realice la prueba de estanqueidad se debe esperar un tiempo aproximado de 30 minutos para que el aire en la tubería pueda salir.
- Se debe tener claro que ubicación tienen los lotes de materiales que se estén ensayando.
- La inyección lechada debe realizarse mínimo el mismo día de la construcción del muro y el elemento de apoyo, debido que el primer tensionamiento se realiza tres días después de estar construido el muro.

CONCLUSIONES

Cuando una empresa adquiere una certificación como la ISO 9001:2008 adquiere más que un compromiso una responsabilidad con el cliente. No solo con la entrega de su inmueble sino con su satisfacción. Esta satisfacción se logra haciendo un enfoque de procesos que se realizan, para obtener una mejora continua de estos.

En una obra las responsabilidades recaen sobre un grupo de profesionales quienes deben afrontar los problemas que se presenten con soluciones inmediatas y responsables, siempre pensando en el bien de la obra. Los profesionales deben trabajar en equipo para garantizar la entrega oportuna del bien al cliente, ya que una de las mayores dificultades que se presentan en la obra es el retraso en su entrega.

Un profesional no solo se debe encargar de sus funciones, siempre debe estar dispuesto y comprometido con la obra, esto garantizará un mayor aprendizaje y un mejor rendimiento.

En una construcción siempre es diferente a otra, con sistemas constructivos diferentes. Pero siempre el profesional debe estar preparado para afrontar el cambio y tener un buen desempeño

BIBLIOGRAFIA

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION -
ICONTEC. Sistemas de gestión de calidad. Requisitos. NTC – ISO 9001, Bogotá
D.C.: El Instituto, 2008, 28p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION -
ICONTEC. Concretos. Elaboración y curado de especímenes de concreto en obra.
NTC – 550, Bogotá D.C.: El Instituto, 2000, 11p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION -
ICONTEC. Concretos. Ensayo de resistencia a la compresión de cilindros
normales de concreto. NTC – 673, Bogotá D.C.: El Instituto, 2000, 11p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION -
ICONTEC. Código colombiano de fontanería. NTC – 1500, Bogotá D.C.: El
Instituto, 2004, 101p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION –
ICONTEC. Barras corrugadas y lisas de acero de baja aleación para refuerzo de
concreto. NTC – 2289, Bogotá D.C.: El Instituto, 2002, 20p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION -
ICONTEC. Mallas electrosoldadas de acero, fabricadas con alambre corrugado,
para refuerzo de concreto. NTC – 2310, Bogotá D.C.: El Instituto, 2003, 11p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION -
ICONTEC. Métodos para muestreo y ensayo de unidades de mampostería y otros
productos de arcilla. NTC – 4017, Bogotá D.C.: El Instituto, 2005, 28p.

SUAREZ, Jaime. Deslizamientos: Técnicas de remediación. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2009, 417p.

DIRECCIÓN TÉCNICA DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS. Guía para el diseño y la ejecución de anclajes al terreno en obras de carretera. Madrid, 2001, 57p.

COLEGIO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS. Recomendación para el proyecto, construcción y control de anclajes al terreno. Sant Just Desvern, 2005, 130p.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL Bs. As.. Anclajes y sistemas de anclajes. Buenos Aires, 2004, 54p.

GEOFUNDACIONES. Obras de estabilización y protección de taludes o de estructuras en peligro de colapso. Bogotá D.C., 2001, 17p.

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID. Proyecto y construcción de muros anclados. Madrid. 2009, 54p.

ANEXO A

ANCLAJES

A.1 Según la forma en que trabaje el anclaje se pueden distinguir tres tipos.

Anclaje Activo.

Anclaje cuya armadura es pretensada hasta la carga de trabajo. Todos los anclajes están diseñados con los mismos principios, solo varía el número de cordones y las dimensiones. Los anclajes activos se componen de una guía o trompeta de fundición maleable y una placa de acero destinada a repartir el esfuerzo en el hormigón.

Sobre esta guía se apoya el bloque de anclaje perforado con agujeros cónicos dentro de los cuales se anclan los cordones a través de las cuñas. Con el fin de garantizar la seguridad estática y dinámica y evitar todo riesgo de desviación brusca, cada agujero de anclaje se perfora según el ángulo correcto de posición dentro del bloque. La Tromplaca (trompeta + placa) permite mantener y alinear perfectamente el tendón, ya que está provista de un sistema de fijación al encofrado preciso y robusto así como el dispositivo de fijación de una vaina por rosca.

Por otro lado también dispone de un orificio de inyección sobredimensionado para evitar cualquier problema de obturación.

Anclaje Pasivo.

Anclaje que desarrolla la tracción por sí solo, al aparecer la fuerza exterior y oponerse la cabeza al movimiento del terreno. El anclaje activo se puede utilizar en los casos donde el extremo no tensado es accesible. Para aquellas situaciones donde el anclaje sea inaccesible o deba estar embebido en el hormigón, existe una amplia serie de anclajes fijos. Los anclajes con terminales extruidos, derivados de los anclajes activos aseguran la fijación de los cordones ahogados en el hormigón. Son utilizados cuando la fuerza de pretensado es necesaria inmediatamente detrás del anclaje en los extremos inaccesibles. Una amplia serie de anclajes pasivos más económicos que los extruidos pueden ser utilizados, pero necesitan una mayor longitud para anclar la totalidad del esfuerzo de pretensado ya que se basan en la adherencia hormigón – cordón. En cada caso se elegirá la solución más adecuada entre anclaje por adherencia al anclaje puntual directo con manguitos extruidos.

Anclaje Mixto.

Anclaje cuya armadura es pretensada a una carga inferior a la de trabajo, quedando una parte de su capacidad disponible para hacer frente a posibles movimientos aleatorios del terreno.

A.2 Según el tiempo de servicio de los anclajes se pueden distinguir dos tipos.

Anclajes Temporales.

Proporcionan estabilidad temporal durante la construcción de la estructura, mientras se elabora algún otro elemento que proporcione la estabilidad definitiva.

Anclajes Permanentes.

Anclajes que trabajan durante toda la vida útil del proyecto y a los cuales se le hace un tratamiento especial contra la corrosión.

A.3 Partes de Anclaje

Un anclaje compone de tres partes fundamentales:

Zona de Bulbo: Es la parte solidaria al terreno en profundidad encargada de transferir los esfuerzos al mismo por fricción y 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.

A.4 Elementos de un Anclaje

Los elementos de un anclaje se pueden apreciar en la **Fig. No 30** y son:

Torón: Cable que en conjunto con los otros, transmiten la tensión del punto de apoyo (muro o pantalla) hasta el suelo o roca. Se utiliza torón de alto límite de fluencia del tipo 270 K, de diámetro $\frac{1}{2}$ " o 0.6 cm, y compuesto por trece (13) hilos. Al hacer el pedido de los cables debe tenerse en cuenta que se requiere una longitud adicional (puntas) de por lo menos 0.70 m, para poder efectuar el tensionamiento.

Punta Metálica: Elemento metálico que sirve para vincular y proteger la punta de los torones; facilita también la introducción del anclaje en la perforación. A la punta metálica se le solda una varilla de 1/2" que le proporciona rigidez al anclaje y cuya longitud depende de la longitud total del anclaje.

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

Tubería de Inyección: Para el sistema de inyección a presión se utiliza una 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; los manguitos actúan como válvulas de paso y permiten posteriores inyecciones. Durante el armado del anclaje, 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.

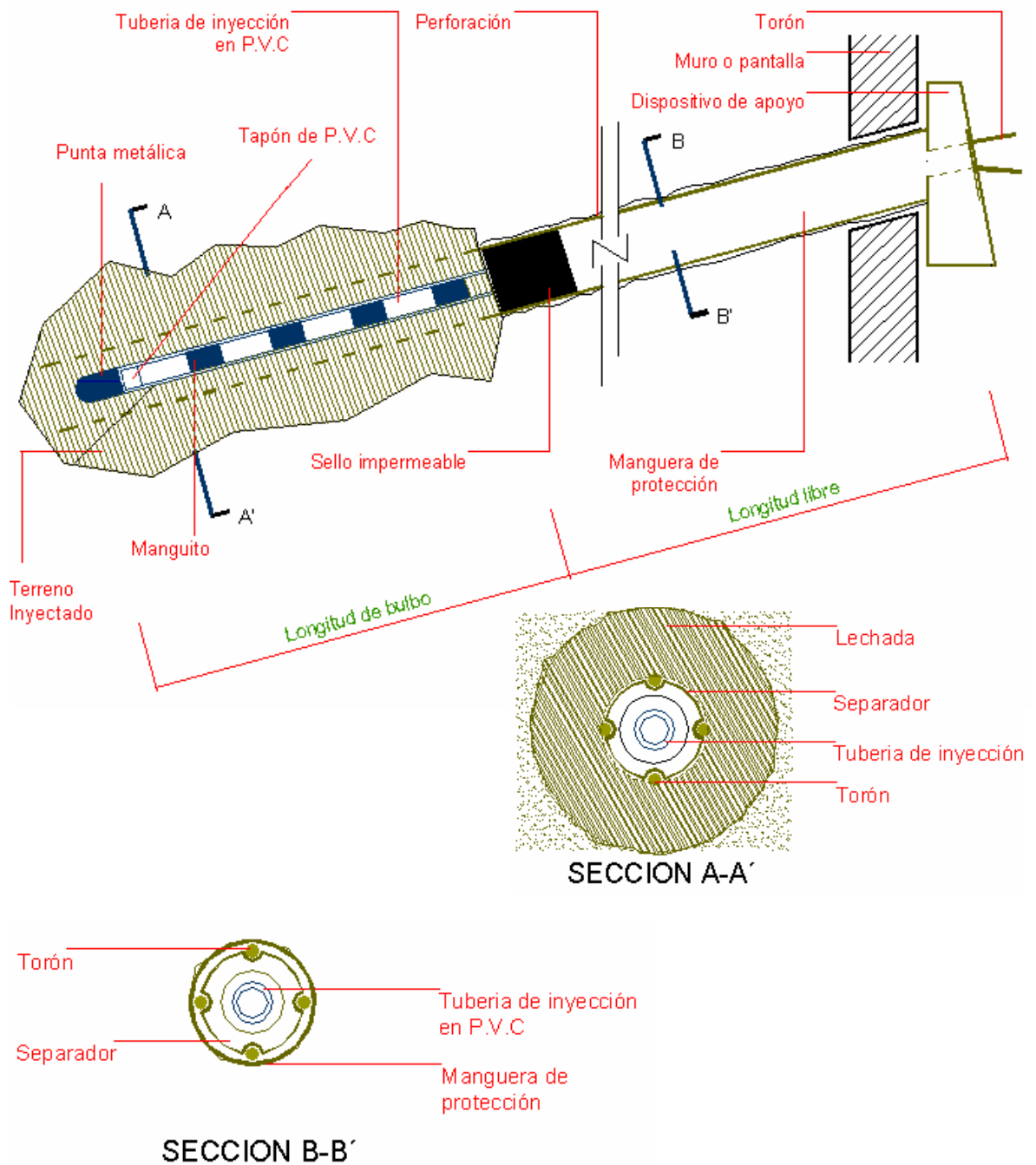
Manguera de Protección: Es una coraza de polietileno o material similar que protege los torones de la zona libre contra corrosión, garantizando además, las deformaciones elásticas de los cables y que no haya contacto entre el torón y la lechada antes del tensionamiento.

Sello Impermeable: Como se observa en el esquema, el anclaje está compuesto por una zona de bulbo y una longitud libre, siendo el sello impermeable el elemento que aísla las dos zonas. El sello se hace con lechada o con SIKA.

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

menos cinco (-5) grados, una diferencia mayor trae como consecuencia la falla del torón.

Figura 33. Elementos de anclaje



Fuente. GEOFUNDACIONES