



*UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO*

*FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGÓN*

**“ANCLAJE Y PRUEBAS DE EXTRACCIÓN DE ANCLAS
EN EL P.H. EL CAJÓN, TEPIC NAY.”**

DESARROLLO DE UN CASO PRÁCTICO

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

I N G E N I E R O C I V I L

P R E S E N T A :

RAÚL ZAPATERO RODRÍGUEZ

ASESOR:

M. EN I. MARIO SOSA RODRÍGUEZ



MÉXICO

2008



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS

A dios

Por darme esta familia tan apreciable que nunca me faltó su apoyo, por darme salud, por las experiencias por las que tuve que pasar para poder hacer esto presente, por la visión de lo bueno y lo malo. ¡Gracias!

A mis padres

Cuando nací ustedes eran unos seres que a veces aparecían para aplaudir mis últimos logros. Cuando me iba haciendo mayor, eran unas figuras que me enseñaban la diferencia entre lo malo y lo bueno. Durante mi adolescencia eran la autoridad que me ponía reglas o límites en algunas cosas. Ahora que soy adulto, son los mejores consejeros y amigos que tengo. ¡Gracias!

A tí papá

Por ser el hombre que me dio esa fuerza para poder llegar a esta meta.
"Es un hombre sabio el que conoce a su propio hijo." (William Shakespeare).

A tí mamá

Por tener tu apoyo en todos los aspectos de mi vida, en tus desvelos que pasaste a mi lado, en tus preocupaciones sobre mi seguridad y principalmente a tu amor de madre.

Tus brazos siempre se abren cuando necesito un abrazo. Tu corazón sabe comprender cuándo necesito una amiga. Tus ojos sensibles se endurecen cuando necesito una lección. Tu fuerza y tu amor me han dirigido por la vida y me han dado las alas que necesitaba para volar.

"Mi madre fue la mujer más bella que conozco. Todo lo que soy, se lo debo a mi madre. Atribuyo todos mis éxitos en esta vida a la enseñanza moral, intelectual y física que recibí de ella." (George Washington).

A tí hermana

Por ser mi única hermana y la más latosa, por tus sonrisas que me alegran la vida, por tu esperanza, fuerza, inocencia, futuro, valentía, pureza, por el amor para esta familia.

A tí Andrés

Por ser la amistad más cercana a mi familia y por la hermandad que tenemos.

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS

A la UNAM

Por darme los conocimientos, la ética y el derecho de un título.

A mis profesores

Por transmitirme sus conocimientos, sus experiencias, por su gran ética, les agradezco su apoyo en general dentro y fuera de la universidad.

A mi asesor

Gracias ingeniero por apoyarme en esta decisión de haber realizado las prácticas profesionales y poder obtener este tema para un título, sabes que aparte de ser un profesor para mí eres un amigo.

A fundación ICA

Por su apoyo para realizar las prácticas profesionales, encontrar nuevas experiencias y conocimientos de la ingeniería en este proyecto de gran magnitud y seguir con el aprendizaje de la construcción de una presa hidroeléctrica.

A tí Ing. Sergio Macuíl

Por tu apoyo para concluir con este tema de una gran experiencia como pasante de ingeniería en un proyecto de gran magnitud, como lo fue el P.H. "El CAJÓN", de antemano te doy un cordial agradecimiento por las oportunidades profesionales.

A mis amigos de la escuela

Saben de antemano como soy, les digo que fueron otra etapa de mi vida tan agradable. Les agradezco la unión que tuvimos, la forma que convivimos en las buenas y en las malas pero creo que fueron más buenas, y espero seguir en contacto con ustedes como hasta la fecha, muchas y mejores oportunidades exitosas ingenieros.

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS

A mis amigos en general

Principalmente a todos que viven alrededor de mi vida diaria, es por ellos que me dá cuenta de poder hacer lo que ahora concluyo y la brindo con todo corazón a esas personas tan allegadas.

Un día, un conocido de Sócrates, le dijo a éste:

¿Sabes lo que escuché acerca de tu amigo?

Este fue el diálogo que surgió:

Espera un minuto, repicó Sócrates.

Antes de decirme nada, quisiera que pasaras un pequeño examen. Yo lo llamo el examen del triple filtro. ¿Triple filtro?, preguntó el otro.

- - correcto, continuó Sócrates. Antes de que me hables de mi amigo, puede ser una buena idea filtrar tres veces lo que lo que vas a decir. Es por eso que lo llamo el "examen del triple filtro". El primer filtro es la **VERDAD**.
¿Estás absolutamente seguro de que lo que vas a decirme es cierto?
- - No, dijo ese hombre, solo escuche eso sobre eso y.....
- - Bien, dijo Sócrates, entonces realmente no sabes si es cierto o no. Ahora permíteme aplicar el segundo filtro, el filtro de la **BONDAD**. ¿Es algo bueno lo que vas a decirme de mi amigo?
- - No, por lo contrario.....
- - Entonces, deseas decirme algo malo de él. Pero no estás seguro de que sea cierto. Pero aún podría querer escucharlo porque queda un filtro, el filtro de la **UTILIDAD**. ¿Me serviría de algo saber lo que vas a decirme de mi amigo?
- - No, la verdad es que no.
- - Bien, concluyó Sócrates. Si lo que deseas decirme no es cierto, ni bueno e incluso no me es útil, ¿para qué querría yo saberlo?.....

Es de sabios callar cuando no puede decir la "**Verdad**" no hay "**Bondad**" en tus palabras y no es de alguna "**Utilidad**". (Sócrates).

*Cuando yo muera, no me vengas a llorar.
Nunca estaré bajo tierra: Soy aire de libertad.*

ÍNDICE

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| INTRODUCCIÓN..... | VIII |
| CAPITULO I. GENERALIDADES..... | 1 |
| I.1 Antecedentes del lugar..... | 2 |
| I.2 Clima..... | 3 |
| I.3 Flora y fauna..... | 4 |
| I.4 Economía..... | 7 |
| I.5 Descripción del proyecto..... | 9 |
| I.6 Ubicación..... | 10 |
| I.7 Sistema hidroeléctrico del río Santiago..... | 11 |
| I.8 Componentes principales..... | 12 |
| CAPITULO II. MARCO TEÓRICO DE ANCLAJE..... | 15 |
| II.1 Teoría de anclaje..... | 16 |
| II.2 Clasificación de los anclajes según su aplicación en función de su tiempo de servicio... .. | 18 |
| II.2.1 Anclajes provisionales..... | 18 |
| II.2.2 Anclajes permanentes..... | 18 |
| II.3 Clasificación de los anclajes según su forma de trabajar | 19 |
| II.3.1 Anclajes activos..... | 19 |
| II.3.2 Anclajes pasivos..... | 19 |
| II.3.3 Anclajes mixtos..... | 19 |
| II.3.4 Anclajes inyectados | 20 |
| II.3.5 Partes de los anclajes | 21 |
| II.4 Protección contra la corrosión..... | 24 |
| II.5 Sistema de anclas autoperforantes | 26 |
| II.6 Casos prácticos de uso de anclajes | 28 |
| II.6.1 Caso práctico I | 28 |
| II.6.2 Caso práctico II | 28 |
| II.6.3 Caso práctico III | 29 |
| II.7 Principios básicos de los muros anclados | 29 |
| II.8 El proceso constructivo | 29 |
| II.9 Especificaciones para concreto lanzado | 31 |
| II.10 Consideraciones de estabilidad de taludes..... | 34 |
| II.10.1 Condiciones en suelos y rocas | 34 |
| II.10.2 Estabilidad de taludes en roca..... | 35 |
| II.10.3 Anclas de fricción y anclas de tensión | 37 |
| II.11 Tratamiento para retención de la roca..... | 42 |
| II.11.1 Especificaciones para el concreto lanzado | 42 |
| CAPITULO III. ESPECIFICACIONES Y PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN..... | 46 |
| III.1 Control de calidad..... | 47 |
| III.1.1 Antecedentes de control de calidad..... | 47 |
| III.1.2 Definición de control de calidad..... | 48 |
| III.1.3 Funciones y alcances del control de calidad | 53 |
| III.1.4 Su importancia en la construcción de obras civiles..... | 54 |
| III.2 Especificaciones de obra civil para concretos del P.H. “El Cajón” Nay..... | 58 |
| III.2.1 Generalidades del concreto..... | 58 |
| III.2.2 Materiales..... | 58 |
| III.2.2.1 Cementos..... | 58 |
| III.2.2.2 Agua..... | 60 |
| III.2.2.3 Agregados..... | 60 |
| III.2.2.4 Dosificación de mezcla..... | 63 |

ÍNDICE

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| III.2.3 Control de calidad del concreto..... | 64 |
| III.2.4 Concreto lanzado..... | 65 |
| III.3 Especificaciones de obra civil para acero de refuerzo y acero estructural del P.H. “El Cajón” Nay..... | 66 |
| III.3.1 Generalidades del acero..... | 66 |
| III.3.2 Acero de refuerzo..... | 66 |
| III.3.3 Acero estructural..... | 67 |
| III.3.4 Alcance..... | 67 |
| III.3.5 Control de calidad..... | 69 |
| III.4 Procedimiento para pruebas de fluidez para mortero de inyección en anclas..... | 71 |
| III.4.1 Definiciones del mortero..... | 71 |
| III.4.2 Descripción del procedimiento..... | 72 |
| III.5 Procedimiento para prueba de extracción de anclas de fricción en suelo y roca..... | 74 |
| III.5.1 Definiciones y terminología..... | 74 |
| III.5.2 Prueba de extracción de anclas..... | 76 |
| III.5.3 Prueba de extracción de anclas a tensión por fricción..... | 77 |
| III.5.4 Ensaye con carga controlada..... | 79 |
| III.5.5 Ensaye con desplazamiento controlado..... | 80 |
| III.5.6 Recursos para prueba..... | 80 |
| III.5.7 Formato de reporte de pruebas de anclas de fricción..... | 82 |
| CAPÍTULO IV. DESARROLLO DE PRÁCTICAS PROFESIONALES..... | 83 |
| IV.1 Descripción general de las prácticas profesionales..... | 84 |
| IV.2 Descripción de colocación de anclas..... | 85 |
| IV.3 Elaboración e inyección del mortero..... | 88 |
| IV.4 Equipo y herramienta para prueba de rutina..... | 90 |
| IV.5 Descripción del dispositivo de reacción para prueba de rutina..... | 91 |
| IV.6 Procedimiento de prueba especial en anclas de piso..... | 93 |
| IV.6.1 Propósito de prueba especial..... | 93 |
| IV.6.2 Alcance..... | 94 |
| IV.6.3 Referencia..... | 94 |
| IV.6.4 Definiciones..... | 94 |
| IV.6.5 Responsabilidades..... | 95 |
| IV.6.6 Procedimiento de colocación de equipo..... | 97 |
| IV.6.7 Calculo..... | 99 |
| IV.6.8 Reporte de resultados..... | 103 |
| IV.6.9 Arreglos de anclas..... | 103 |
| IV.6.10 Resumen..... | 104 |
| IV.6.10.1 Factor de las anclas para una subpresión de 2ton/m ² | 104 |
| IV.6.10.2 Longitud de fijación entre el mortero y el ancla..... | 104 |
| IV.6.10.3 Cantidad de acero..... | 104 |
| IV.6.10.4 Tamaño de la cuña para contrarrestar la subpresión sin anclaje.. | 104 |
| IV.6.10.5 Efecto de extracción de un ancla, falla en roca..... | 104 |
| IV.6.10.6 Arreglo del ancla en la zona comprendida del canal de descarga entre los cadenamientos 0+040 al 0+090..... | 105 |
| IV.6.10.7 Determinación de la presión de soporte..... | 105 |
| IV.6.10.8 Efecto de subpresión..... | 106 |
| IV.7 Acomodo de dispositivo de reacción de prueba especial..... | 106 |
| IV.8 Resultados de pruebas especiales..... | 111 |

ÍNDICE

| | |
|-----------------------------------------------------|-----|
| IV.8.1 Prueba N°1..... | 111 |
| IV.8.2 Prueba N°2..... | 112 |
| IV.8.3 Prueba N°3..... | 113 |
| IV.8.4 Prueba N°4..... | 114 |
| IV.8.5 Prueba N°5..... | 115 |
| IV.9 Descripción de placa en extremo de ancla | 116 |
| Conclusiones..... | 118 |
| Bibliografía..... | 121 |



INTRODUCCIÓN

La obra del proyecto hidroeléctrico de El Cajón ya un referente mundial por sus características técnicas, en las que se muestra la excelencia de la ingeniería hidráulica mexicana. En ella se conjugan diversas aportaciones que han permitido optimizar la inversión económica, el uso de materiales y el tiempo de construcción, todo ello sujeto a estrictos sistemas de gestión de calidad. Ésta es, sin duda, la obra más importante en infraestructura mexicana de los últimos años. La planta hidroeléctrica El Cajón inaugurada oficialmente el primero de junio del 2007 por el presidente de México Felipe Calderón, se encuentra ya domesticando la fuerza de la naturaleza de los municipios del oriente del estado de Nayarit, Santa María del Oro y la Yesca.

1. *OBJETIVO GENERAL.*

Demostrar que el anclaje es un factor principal en cualquier tipo de obra que sea necesario para la estabilidad de taludes y como lo es en este caso en la construcción de una presa hidroeléctrica, en la estabilidad de taludes. Con esta etapa de la construcción se pueden tener mejores resultados en el proyecto para el cual se determine su diseño necesario, ya sea anclaje de tensión o fricción. Para que este tenga un mejor resultado se necesita tener un proceso constructivo para la perforación, colocación, inyección y sus debidas pruebas para comprobar que se tiene un buen anclaje.



2. OBJETIVOS PARTICULARES.

- Ver la importancia del control de calidad en la colocación e inyección de anclas en los diferentes tipos de proyecto el cual sea necesario, dependiendo el diseño del anclaje se realizan los procedimientos de construcción.
- Demostrar por medio de pruebas de extracción a las anclas y se tengan resultados positivos al cual fueron diseñadas con respecto a su capacidad de carga.
- Tomar en cuenta los procesos constructivos para la estabilidad de taludes con anclaje así como el concreto lanzado.

3. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

La importancia de las empresas y de cualquier microempresa al determinar un proyecto es prever el presupuesto requerido, se requieren los estudios que sean necesarios para la elaboración del proyecto, así como el programa de obra, procedimientos y especificaciones de construcción con su debido periodo de pruebas para un buen control de calidad en la ejecución del proyecto.

Estas líneas describen cada uno de los capítulos de lo que relaciona el desarrollo de un caso práctico en mi estancia en la residencia profesional en la cual se me asignó en el área de ingeniería estando en el departamento de control de calidad teniendo como responsabilidad la ejecución de pruebas de extracción de anclas.



Así en el capítulo I. Se da a conocer la localización y descripción del proyecto en el estado de Nayarit. Dentro del proyecto hidroeléctrico existen diferentes obras como son la Obra de Desvió, Obra de Contención, Obra de Generación, Obra de Control y Excedencias, Subestación elevadora y líneas de transmisión, y Obras de Infraestructuras, por la que en este tipo de proyectos la demanda del anclaje es muy alta debido a que existen varias obras donde se tiene que realizar la estabilidad en taludes, túneles, bóvedas, lumbreras, anclaje para estructuras de concreto como muros de contención, losas en el canal de descarga, tapón de túneles de desvió, etc.

En el capítulo II. Se habla de los problemas que se tienen con los suelos y rocas, en la actualidad es un medio esencial para garantizar la estabilidad de diversas estructuras. Por otra parte, la función principal del anclaje es reforzar y sostener suelos y masas rocosas parcialmente sueltas, fracturadas o incompetentes que de otra manera pueden estar sujetas a fallar. De esta forma también se definen los tipos de anclaje y su función que tiene cada anclaje con su descripción de lo que conforma un ancla.

En el capítulo III. Se hace mención del control de calidad se refiere al establecimiento de métodos y procedimientos específicos, así como, a la implantación de las actividades necesarias para lograr los objetivos y garantizar que durante el proceso de producción no existan desviaciones que causen un rechazo, el cual que se traduce en pérdidas cuando no se aplican acciones correctivas.

En resumen el control es: planear, ejecutar y tomar acciones preventivas o correctivas al presentarse algún fenómeno desfavorable para conseguir los objetivos.



Se menciona a cerca de las mezclas de concreto, concreto lanzado y mortero para la inyección de anclas y otros tratamientos.

Se menciona los requisitos que se deben cumplir en el acero de refuerzo y estructural, como se debe transportar, cortar, doblar, colocar y su debido acabado.

Se habla del método para establecer la prueba para la determinación de la fluidez en morteros para inyección en rocas, se basa en un procedimiento que se aplica a los morteros de inyección que se utilizan en los anclajes.

Como fin de este capítulo se hace mención del proceso y descripción de lo que es la prueba de extracción de anclas de fricción en suelo y roca, para establecer las tareas y los equipos necesarios o específicos ligados a la instalación de dicha prueba.

Así es como se describe cada una de las especificaciones y/o procesos constructivos que se deben tomar en cuenta para la colocación, inyección y pruebas de anclas.

En el capítulo IV. Describo las actividades que realice en el proyecto, así como cada uno de los procesos constructivos en los cuales me tuve que basar para la supervisión y ejecución de las pruebas en los diferentes frentes de la obra, así también como algunas pruebas especiales, estos procesos se ilustran con fotos de algunos pasos de dichas pruebas.

4. UTILIDAD DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

En este caso “Desarrollo de un caso práctico”. Durante mi experiencia profesional en el Proyecto Hidroeléctrico “El Cajón” es demostrar la importancia de tener un buen control del programa de obra y control de calidad para no tener cambios o desviaciones que ocasionen atrasos en la



ejecución de la obra y principalmente que se salga fuera de costo para no afectar el control administrativo.

En este caso el trabajo es útil para cualquier persona que quiera tener un control de un proceso constructivo y control de calidad en la parte técnica del anclaje.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES



1.1 ANTECEDENTES DEL LUGAR

El estado de Nayarit obtiene su nombre de “Nayar” o “Nayali”, que quiere decir "Hijo de Dios que está en el cielo y en el Sol", es el nombre de gran guerrero cora que por el año 1500 D.C. fundó el reino de Xecora en las altas montañas de la sierra.

En tiempos prehispánicos fue asentamiento de grupos indígenas: coras, huicholes, tepehuanos y mexicaneros.

Nayarit es un estado privilegiado en recursos naturales, cuenta con una biodiversidad ideal para especies tropicales de flora y fauna. Además de esto, Nayarit es un estado rico en expresiones históricas y culturales por sus patrimonios prehispánicos y coloniales al igual que sus tradiciones, su arte culinario, paisajes y sus hermosas playas.

Nayarit ofrece alternativas de viajes, donde se conjugan la cultura, historia, aventura y maravillas naturales. Todo esto convierte a Nayarit en un promisorio destino turístico.

La gran riqueza arquitectónica de Nayarit es innegable, legado de las culturas prehispánicas y su pasado colonial. Algunos ejemplos son: la Catedral principal del estado, que data del siglo XVIII, de estilo neogótico. De igual manera destacan las Ruinas del Templo de la Virgen del Rosario y La Contaduría, templo iniciado en 1769 y concluido en 1788. Entre sus centros arqueológicos están Los Toriles, que pertenece al período post- clásico de las Culturas de Occidente y fue construido por grupos náhoas, con influencia tolteca, hacia el año 500 d. C.

De las tradiciones más importantes en Nayarit, está la Feria de San Cayetano que se festeja con los más deliciosos platillos de elote.



Su cultura se refleja en el colorido de sus artesanías hechas por huicholes y coras de la sierra de Nayarit que están a la disponibilidad del turista en todo momento.

1.2 CLIMA

En la mayor parte de su territorio, el clima es cálido subhúmedo (temperatura media anual de **22.5°C** y precipitación promedio de **2 425 mm** anuales en verano y otoño).



Foto 1.2.1 Clima

En las partes altas de la montaña no hace tanto calor y llueve menos, es decir, el clima es templado subhúmedo. Nayarit se encuentra en la zona de influencia ciclónica.

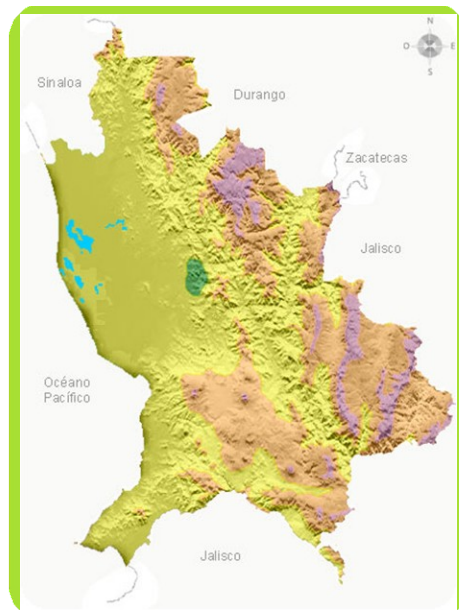


Figura 1.2.1 *Referido al total de la superficie estatal.
FUENTE: Elaborado con base en INEGI. Carta de Climas 1:1 000 000.

| | | |
|--|--------------------|--------|
| | Cálido subhúmedo | 60.2%* |
| | Seco y semiseco | 32.7%* |
| | Templado subhúmedo | 6.5%* |
| | Cálido húmedo | 0.6%* |



1.3 FLORA Y FAUNA

Dentro de la flora o vegetación de Nayarit encontramos pino, encino, roble, madroño, enebro, ceiba, palma de coco, guayaba, pastizales, sandía, aguacate, plátano, mango, melón, chile, tomate, cacahuananche, coco de aceite y palo blanco.

Animales encontrados en Nayarit: Principalmente, venado cola blanca, gato montés, puma, jabalí de collar, tigrillo, ocelote, jaguar, zorrillo, tejón, coyote, paloma montañesa, chachalaca, cojólite, armadillo, conejo, pichichi y pájaro bobo.

Lugares

- Grande de Santiago
- San Blasito-San Pedro Mezquital
- Ameca
- Jesús María
- Acaponeta
- Huaynamota
- Bolaños
- Las Cañas
- Huicicila
- Tetiteco
- El Mezquital
- Atengo
- El Naranjo
- La Tigra
- Huajimic
- Mololoa
- Camotlán
- Joraviejo
- Las Vacas
- El Riecito
- Santiago
- La Soledad



Foto 1.3.1 Flora

Otros cuerpos de agua

Presas

- Aguamilpa
- San Rafael
- Amado Nervo
- El Cajón

Lagunas

- Agua Brava
- Corcobado
- El Valle
- El Chumbeño
- La Garza
- Grande de Mexcaltitán

Estero

- Teacapan



- EL RELIEVE. Llanuras, valles y sierras forman el relieve del estado. En la costa Norte de Nayarit se encuentra una extensa planicie cubierta de esteros, lagunas y marismas, desde donde se asciende a la Sierra Madre Occidental; en el Centro-Sur hay fértiles valles; hacia el Sur y Sureste, el Sistema Volcánico Transversal se separa de la Sierra Madre Occidental.

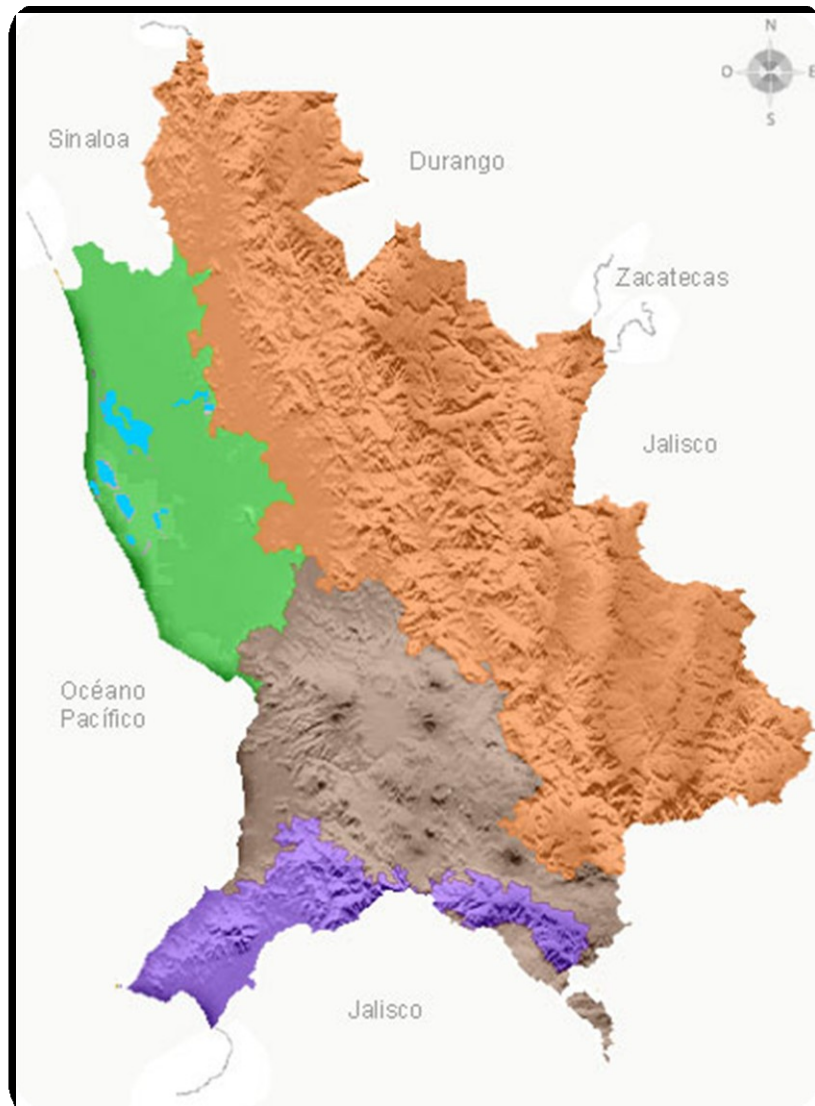
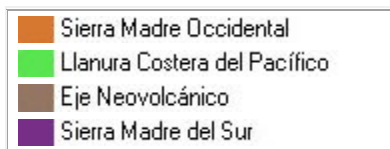


Figura 1.3.1 Relieve





Sus principales elevaciones son:

| Nombre | Altitud (metros sobre el nivel del mar) |
|----------------------|--------------------------------------------|
| Cerro El Vigía | 2 760 |
| Sierra El Pinabete | 2 500 |
| Cerro Dolores | 2 460 |
| Sierra Los Huicholes | 2 400 |
| Sierra Pajaritos | 2 360 |
| Volcán Sangangüey | 2 340 |
| Volcán Ceboruco | 2 280 |
| Sierra El Nayar | 2 200 |
| Sierra de Alica | 2 200 |
| Cerro Sapo Grande | 2 180 |
| Volcán San Juan | 2 180 |
| Volcán Tepetiltic | 2 020 |
| Volcán Las Navajas | 1 680 |
| Sierra Zapotán | 1 520 |
| Sierra Vallejo | 1 420 |
| Cerro El Molote | 1 160 |

Tabla 1.3.1 FUENTE: INEGI. Anuario estadístico. Nayarit. México 2004

- **RÍOS Y MONTAÑAS.** Nayarit es un estado que cuenta con valles muy importantes en los que se han fundado las poblaciones más numerosas. Tepic y Xalisco están en el valle de Matatipac; Compostela, en el valle de Coatlán.

En el estado también hay varias sierras. Las montañas de mayor altura son: San Juan, Sangangüey, El Ceboruco, Cumbre de Pajaritos y Picachos. Sangangüey, Ceboruco, San Juan, Tepetiltic y Las Navajas son volcanes de Nayarit.



Nayarit tiene 296 kilómetros de litoral en el Océano Pacífico. ¿Sabías que el litoral es la orilla o costa de un mar y que la isla es una porción de tierra totalmente rodeada de agua?

La entidad cuenta con varias islas. Las más importantes son las Islas Marías (María Madre, María Magdalena, María Cleofas y San Juanico), Isabel y Las Marietas.

Nayarit también cuenta con ríos que cruzan su territorio y que no sólo se utilizan para la pesca, sino que también sirven para regar tierras de cultivo, de donde se obtienen grandes cosechas.

Los principales ríos del estado son el Santiago, San Pedro, Acaponeta, río Ameca y río Las Cañas. Los últimos dos sirven de límite natural con los estados de Jalisco y Sinaloa, respectivamente.

También existen lagunas importantes como Santa María del Oro, San Pedro Lagunillas y Agua Brava. Las lagunas se aprovechan como centros turísticos, lugares de pesca y para regar tierras cercanas.

1.4 ECONOMIA

En la zona norte encontramos las cosechas más abundantes del estado. Después de la agricultura, la pesca es la siguiente actividad económica importante.

En la zona lacustre, es decir, en los lagos, se permite el cultivo de varias especies, como el camarón.

- **CENTRO-SUR.** En la agricultura, se cultiva: caña de azúcar, frijol, palma de coco, maíz, tabaco y roble, principalmente.



Los animales que se encuentran en esta región son: venado, cerdo, gallina, iguana, atún, huachinango, sierra, ballena, mapache y conejo. Como te puedes dar cuenta, varios de éstos sirven de alimento.

- **SUR.** La zona sur, aunque es la más pequeña, cuenta con gran variedad de elementos geográficos y culturales. Entre los animales de ganado que encontramos están la vaca, el borrego, el cerdo y la cabra. La principal ocupación es la agricultura, y se cultiva: caña de azúcar, cacahuate, maíz y frijol. También se produce la nutritiva miel de abeja.

Además de la agricultura y la ganadería, que son las principales actividades de esta región, hay pequeñas fábricas donde se elaboran carnes frías y tequila; trapiches que son lugares en donde se muele la caña de azúcar, y también se hacen sillas de montar y otros artículos de piel en las talabarterías.

- **LA SIERRA.** Por último, está la región de la Sierra en la que el suelo montañoso no permite cultivos a gran escala.

La producción de maíz, frijol y calabaza cubre parcialmente las necesidades de alimentación de los pobladores.

La actividad sobresaliente es la ganadería, se cría ganado bovino y caprino.

El estado de Nayarit es sumamente reconocido por la elaboración de cigarros así como por su industria cañera. Como todos los estados, Nayarit también tiene sus propias artesanías: textiles de lana y de algodón, máscaras de papel y artículos de estambre.



1.5 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto hidroeléctrico “El Cajón” forma parte de un plan global de aprovechamiento hidroeléctrico del río Santiago. Ocupará el segundo lugar dentro del potencial del sistema, después de la central hidroeléctrica Aguamilpa, y el noveno lugar nacional. Este aprovechamiento hidroeléctrico incluye una central equipada con dos grupos turbogeneradores de 375 MW de capacidad instalada cada uno, los cuales permitirán una generación media anual total de 1 228.637 GWh. El embalse contribuirá a regular los escurrimientos de cuenca propia y beneficiará a la Central Hidroeléctrica Aguamilpa, ya que ésta, al recibir en su embalse las aportaciones reguladas del río, incrementará su generación firme en 69 912 GWh y se reducirán las probabilidades de derrama por el vertedor. Por lo tanto la generación media anual total será de 1 298,549 GWh.

1.6 UBICACIÓN

El proyecto hidroeléctrico El Cajón se localiza en Nayarit, al oriente de la capital del estado, Tepic, en los municipios de La Yesca y de Santa María del Oro, y en terrenos comunales del poblado Cantiles. Está ubicado sobre el río Santiago, a 60 km aguas arriba de la central hidroeléctrica Aguamilpa Solidaridad. (Figura 1.1.)

El Cajón se localiza en la región hidrológica 12, Lerma-Santiago, y en la región hidrológica administrativa VIII, Lerma-Santiago-Pacífico, de la Comisión Nacional del Agua. La región hidrológica 12 abarca una superficie de 132 916 km², que representa el 6.8% del territorio nacional. De esta superficie, aproximadamente el 58% pertenece a la cuenca del río Santiago. La región está ubicada principalmente dentro de la provincia fisiográfica Eje Neovolcánico, aun cuando tres partes tienen características fisiográficas notoriamente diferentes.

El río Grande de Santiago, que inicia en el lago de Chapala, tiene una longitud aproximada de 562 km, y una cuenca de aportación de 77 185 km².



Las coordenadas geográficas del centro del eje longitudinal de la cortina son 21° 25' 41" de latitud norte y 104° 27' 14" de longitud oeste.

Para llegar al sitio se debe recorrer un camino de 78 km, desde Tepic. Éste empieza en la carretera federal 15 o en la autopista Tepic-Guadalajara; luego de 26 km se llega al entronque La Lobera, desde donde se continúa, por la carretera estatal, otros 20 kilómetros, hasta el poblado y la laguna de Santa María del Oro. Desde ahí se sigue por un camino pavimentado que llega, primero, al poblado de El Buruato y, 26 kilómetros después, al sitio del proyecto.

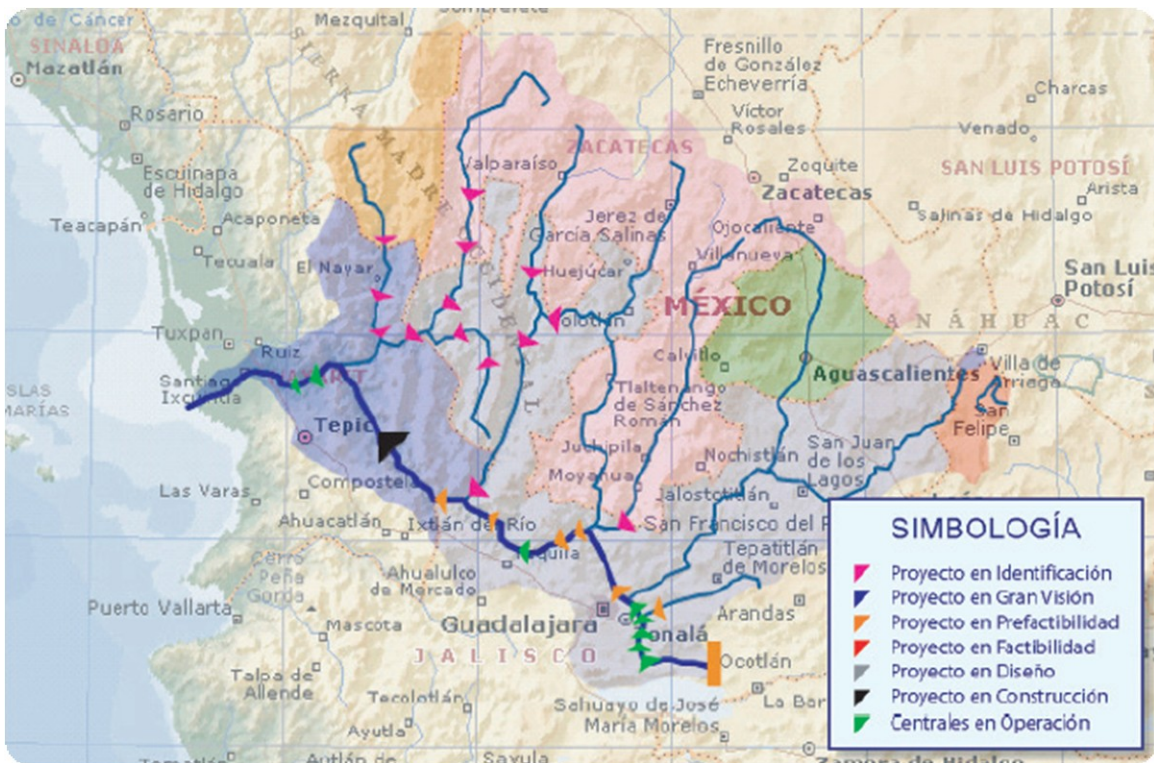


Figura 1.6.1 Mapa



1.7 SISTEMA HIDROELÉCTRICO DEL RÍO SANTIAGO

El proyecto El Cajón forma parte del sistema hidroeléctrico del río Santiago, que comprende una serie de obras con una potencia total de 4 300 MW, y del cual se ha desarrollado el 32%. El Cajón tiene una potencia total instalada de 750 MW, con dos unidades generadoras, y una producción anual de 1 318,38 GWh. Ocupa el segundo lugar en potencia y generación dentro de este sistema, después de la central Aguamilpa.

A partir del lago de Chapala y hasta su desembocadura en el Océano Pacífico, el caudal de 475 kilómetros de longitud recibe el nombre de río Santiago, y cuenta con área de aportación de 78 419 km². La cuenca del Alto Santiago comprende el área drenada por el cauce principal, desde la salida del lago de Chapala hasta la Presa Santa Rosa; tiene una extensión de 36 077 km² y un total de seis cuencas, entre las cuales Juchipila y Santa Rosa son las más grandes. La cuenca del Bajo Santiago comprende el área drenada por el cauce principal, desde la salida de la presa Santa Rosa hasta su desembocadura en el mar; en su extensión de 42 342 km² hay cinco cuencas, las mayores son Carrizal y Bolaños.

Predomina en la cuenca el relieve de grandes cadenas montañosas y cañones, combinados con algunos valles importantes. Las elevaciones máximas varían entre los 2 400,00 y los 3 000,00 msnm. Se identifican tres climas dominantes: semicálido, seco o estepario y templado húmedo con lluvias en verano. La temperatura media es de 18,3 °C, y la precipitación anual de 723 mm, menor en un 5% a la nacional, y concentrada en un 87% entre junio y octubre.

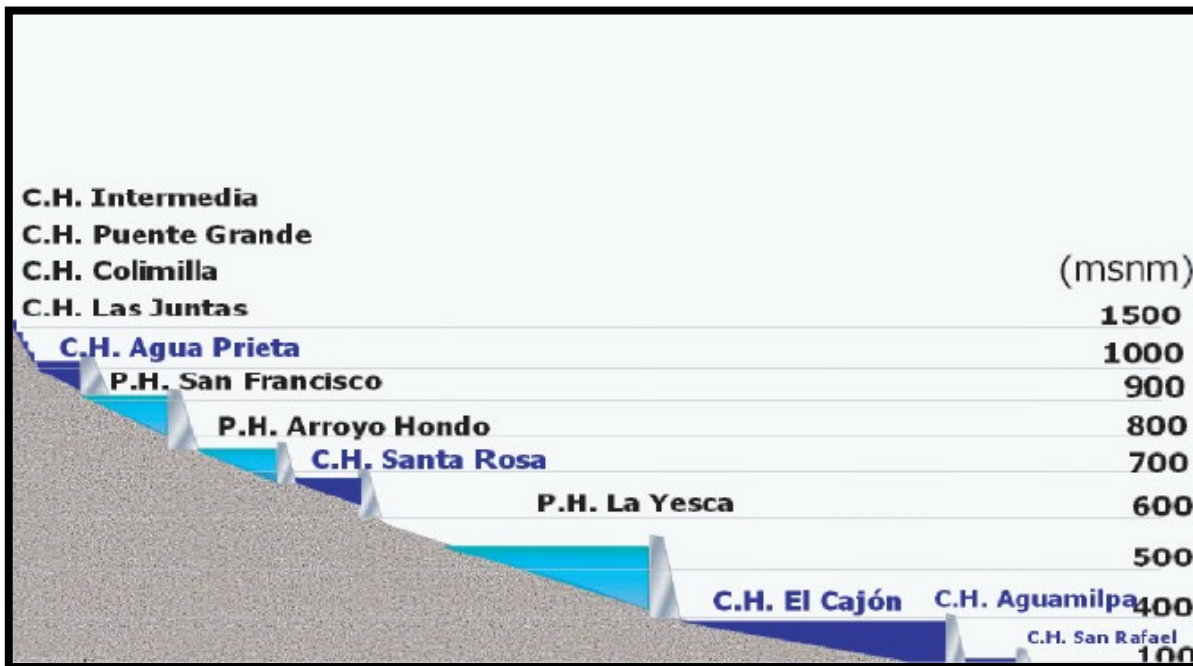


Figura 1.6.2 Perfil del Río Santiago

1.8 COMPONENTES PRINCIPALES

El proyecto está integrado por un conjunto de construcciones civiles con equipos y sistemas electromecánicos, cuya finalidad primordial es almacenar agua para generar energía eléctrica, a partir de un recurso natural renovable.

Enseguida se muestra un esquema (figura 1.3) con la disposición general de las obras y una descripción de las estructuras que la integran:



Foto 1.8.1 Panorámica P.H. El Cajón

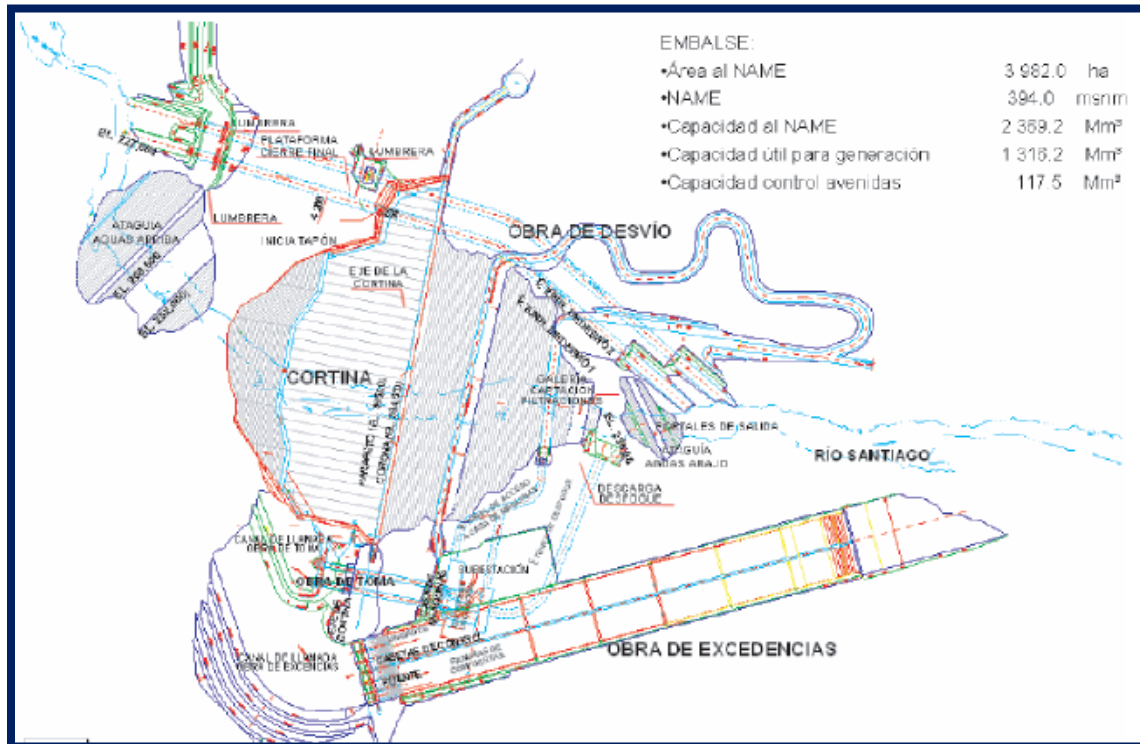


Figura I.8.1 Componentes del P.H. El Cajón

Las obras principales que constituyen el proyecto, indicadas en la Figura son:

- Camino de acceso de 42 km de longitud y dos líneas de dos circuitos de 400 kV, con una longitud total aproximada de 18 km.
- Cortina de enrocamiento con cara de concreto.
- Desvío mediante dos túneles de sección portal y dos ataguías de materiales graduados.
- Vertedor de excedentes controlado.
- Obra de generación con casa de máquinas subterránea, que alojados grupos turbogeneradores con potencia instalada total de 750 MW a la salida del generador.
- Obras de infraestructura, desarrollo social y protección ambiental.

Todos los procesos de construcción y supervisión de El Cajón se realizan mediante la aplicación de los Sistemas de Gestión de la Calidad, Ambiental y Seguridad y Salud en el Trabajo, conforme a las normas ISO 9001:2000, ISO 14001:2004 y NMX-SAST-001-IMNC-2000, respectivamente.

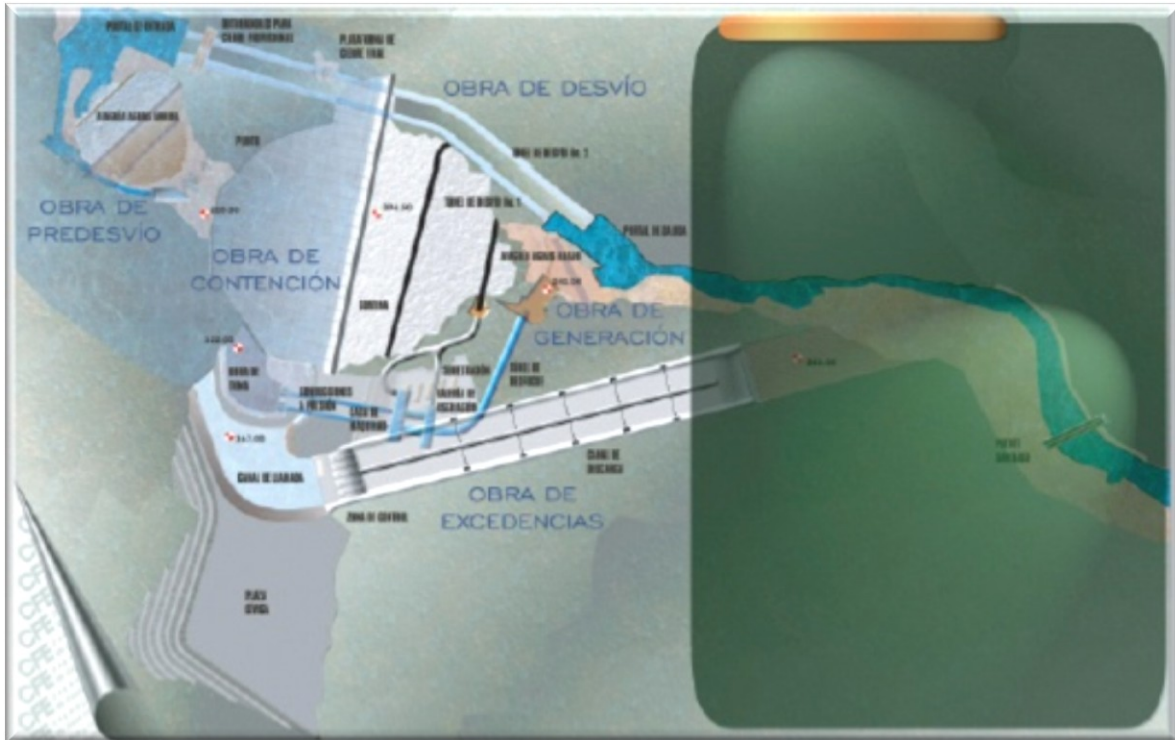


Figura I.8.2 Principales componentes del proyecto hidroeléctrico el cajón



Foto I.8.2 P.H. El Cajón 2007

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

DE ANCLAJE



II.1 TEORÍA DE ANCLAJE

Uno de los grandes problemas de la Ingeniería Civil es que los suelos para la ejecución de las obras Civiles, no siempre son suelos ideales, están sujetos factores o elementos que pueden inducir a problemas de estabilidad de las estructuras que soportan.

En base a lo anterior, las soluciones para estos tipos suelos problemas, es necesario inducir tensiones y deformaciones adicionales en la masa de suelos mejorando la estabilidad general.

Estos tipos de soluciones están ligadas conjuntamente con los aspectos geológicos mas resaltantes juegan un papel preponderante en el diseño del soporte o suelo de construcción.

✓ Obtener los conocimientos sobre la temática relacionada a los anclajes, tales como:

- Diseño.
- Construcción.
- Control.

✓ Obtener los conocimientos sobre la temática relacionada a los suelos, tales como:

- Diseño.
- Construcción.
- Control.



Los anclajes constituyen en la actualidad un medio esencial para garantizar la estabilidad de diversas estructuras. Pueden usarse en forma muy ventajosa en cualquier situación en que se le necesite su ayuda de la masa de suelo para soportar un determinado estado de esfuerzos o tensiones.

El criterio actual de diseño puede ser clasificado en dos grandes grupos, el primero se basa en la teoría de la elasticidad, la cual presenta limitaciones cuando se trata de masas rocosas.

El segundo criterio involucra la selección de parámetros mediante reglas empíricas. La brecha entre los dos métodos es todavía muy real y las razones son que al diseñar un sistema de anclajes el proceso es muy complejo y requiere un conocimiento detallado de la geología del sitio, de las propiedades de las rocas, de las condiciones hidráulicas del suelo, conjuntamente con el estado de las presiones originadas por el flujo de agua a través de la masa de subsuelo. Y adicionalmente es importante conocer la magnitud y dirección de los esfuerzos antes y después de la excavación.

Paralelamente, al diseñar y ejecutar el sostenimiento mediante tirantes anclados se requiere estudiar detalle los conceptos principales de diseño en relación a los cuatros modos de ruptura:

- Ruptura de la masa rocosa o de suelo.
- Ruptura en la interface acero - lechada de cemento.
- Ruptura en el contacto roca / suelo - lechada de cemento.
- Ruptura de la barra o guayas de acero.

Por lo tanto, al establecer un factor de seguridad el anclaje como elemento estabilizador, cada uno de los modos de falla antes mencionados deben ser considerados.



Por otra parte, la función principal del anclaje es reforzar y sostener suelos y masas rocosas parcialmente sueltas, fracturadas o incompetentes que de otra manera pueden estar sujetas a fallar.

Estas masas inestables pueden estabilizarse por medio de anclajes, al generarse un incremento de las tensiones normales o sobre la existente potencial superficie de rotura, lográndose por lo tanto un aumento en la resistencia al esfuerzo cortante de dicha superficie.

Los anclajes introducen tensiones y deformaciones adicionales en la masa de suelos mejorando la estabilidad general, y en donde el tipo de anclajes, el método de instalación, conjuntamente con los aspectos geológicos mas resaltantes juegan un papel preponderante en el diseño del soporte.

El área principal de aplicación del anclaje es estabilizar la masa rocosa o de suelo que no está en equilibrio consigo misma mediante la transmisión de fuerzas externas a la profundidad diseñada.

II.2 CLASIFICACIÓN DE LOS ANCLAJES SEGÚN SU APLICACIÓN EN FUNCIÓN DE SU TIEMPO DE SERVICIO.

II.2.1 ANCLAJES PROVISIONALES:

Tienen carácter de medio auxiliar y proporcionan las condiciones de estabilidad a la estructura durante el tiempo necesario para disponer otros elementos resistentes que lo sustituyan.

II.2.2 ANCLAJES PERMANENTES:

Se instalan con carácter de acción definitiva. Se dimensionan con mayores coeficientes de seguridad y han de estar proyectados y ejecutados para hacer frente a los efectos de la corrosión.



II.3 CLASIFICACIÓN DE LOS ANCLAJES SEGÚN SU FORMA DE TRABAJAR.

II.3.1 ANCLAJES PASIVOS:

No se pretensa la armadura después de su instalación. El anclaje entra en tracción al empezar a producirse la deformación de la masa de suelo o roca.

II.3.2 ANCLAJES ACTIVOS:

Una vez instalado se pretensa la armadura hasta alcanzar su carga admisible, comprimiendo el terreno comprendido entre la zona de anclaje y la placa de apoyo de la cabeza.

II.3.3 ANCLAJES MIXTOS:

La estructura metálica se pretensa con una carga menor a la admisible, quedando una fracción de su capacidad resistente se reserva para hacer frente a posibles movimientos aleatorios del terreno.

NOTA: los anclajes activos ejercen una acción estabilizadora desde el mismo instante de su puesta en tensión incrementando la resistencia al corte de la masa de suelo o roca como consecuencia de las tensiones normales adicionales al esqueleto mineral. Los anclajes pasivos entran en acción, oponiéndose al desplazamiento, cuando la masa deslizante ha comenzado a moverse. De aquí se obtienen dos importantes ventajas de los anclajes activos sobre los pasivos.

En los primeros se logra aprovechar la resistencia intacta del terreno, por cuanto, el movimiento de la masa que produce unas propiedades resistentes. Por otro lado, dicho movimiento puede causar la rotura del revestimiento protector a la corrosión, precisamente en el momento en el que la resistencia del anclaje es necesaria.



Los anclajes pasivos entran en tracción al oponerse a la expansión o dilatación (aumento de volumen), que se produce en las discontinuidades de la roca cuando comienza a producirse un deslizamiento a lo largo de las mismas.

El movimiento de la masa produce un incremento de volumen (dilatación) que está relacionado con la presencia de la rugosidad de la misma.

Es decir que la efectividad de un anclaje pasivo está relacionada directamente con la magnitud de la dilatación, la cual depende del tamaño y la dureza de las rugosidades. Por lo tanto, en taludes, en suelos o rocas blandas con juntas relativamente lisas los anclajes pasivos son menos efectivos.

II.3.4 ANCLAJES INYECTADOS.

Estos tipos de anclajes son armaduras metálicas, alojadas en taladros perforados, cementadas mediante inyecciones de la lechada de cemento o mortero.

El elemento estructural es sometido a tracción, generando un esfuerzo de anclaje el cual es soportado por la resistencia al corte lateral en la zona de inyección en contacto de terreno.

A través de la inyección, se forma un miembro empotrado en el extremo profundo del tirante metálico dentro del barreno, por lo tanto las fuerzas que actúan sobre el anclaje inyectado no se transmiten al terreno en toda su longitud, sino solamente en el tramo de la zona inyectada.

Cabe destacar que adicionalmente a los anclajes inyectados se emplean también los pernos de anclaje puntuales, los cuales tienen un dispositivo para empotrar el sistema de anclaje en el fondo del barreno.



Igualmente, es práctica común utilizar los pernos de anclaje repartidos (anclajes pasivos), en el cual el empotramiento a la roca se efectúa en toda su longitud del barreno con la lechada de cemento o resina. En el último caso relacionado, la resina y el elemento endurecedor se colocan en una cápsula en el fondo del barreno. Al colocar la varilla metálica y rotarla se rompen las cápsulas mezclándose con sus componentes.

También se cementan los pernos mediante el denominado tipo Perfo, el cual consiste en colocar el mortero en un cuerpo cilíndrico perforado (constituido por dos chapas) que se incorporan en el interior del barreno. Posteriormente se introduce el perno que comprime el mortero, el cual es obligado a salir por los agujeros de las chapas relleno de todo el volumen del barreno.

Por otra parte, en los tirantes de anclaje se utilizan como miembro de tracción barras de acero de alta resistencia. Las barras tienen generalmente un fileteado exterior que aumenta la adherencia en la zona de anclaje y permite por otra parte la unión por medio de manguitos especiales.

El bloqueo de la barra sobre la placa se hace por medio de una tuerca. Los tirantes de este tipo corresponden a capacidades portantes relativamente bajas del orden de 500 KN y aun menores.

Con mayor frecuencia se utilizan los tirantes constituidos por un cierto número de hilos o cables unidos formando un haz. El anclaje se hace generalmente mediante enclavamientos cónicos.

II.3.5 PARTES DE LOS ANCLAJES:

- ◆ La zona de anclaje.
- ◆ Una zona libre en la que el tirante puede alargarse bajo efecto de la tracción.



- ◆ En esta zona el tirante se encuentra generalmente encerrado en una vaina que impide el contacto del terreno.
- ◆ La cabeza de anclaje que transmite el esfuerzo a la estructura de pantalla.

La zona de anclaje: el dispositivo mecánico más elemental y de más instalación es el casquillo expansivo dado su carácter puntual, está concebido para anclar la roca sana o estabilizar bloques o cuñas de roca que se han desarrollado por la intersección de unos pocos planos de debilidad.

Con el tiempo hay la tendencia que el cono de expansión se deslice perdiendo efectividad progresivamente, como resultado del efecto de las vibraciones por voladuras. En muchos casos para evitar estas desventajas, el barreno es inyectado con lechada de cemento.

La lechada se inyecta por la boca del barreno y el tubo de regreso llega hasta el final del mismo. La inyección termina después de la salida del aire y de la emisión de lechada por el tubo de regreso. De esta manera el anclaje actúa en forma permanente, evitándose efectos de corrosión.

Una forma de eliminar el sistema de inyección del mortero o lechada de cemento, es aplicando el método perfo, sin lugar a dudas más versátil pero también más costoso.

Para colocar el mortero se utilizan semicilindros de chapa perforadas, que una vez rellenos de mortero se introducen en el barreno, posteriormente se inserta el acero, desplazando lateralmente el mortero, el cual penetra en el espacio anular, adoptándose perfectamente a todas las irregularidades, garantizando al mismo tiempo una buena adherencia de los barrenos.



Desde luego, si únicamente en la parte extrema del barreno se coloca el mortero con el tubo perforado, quedara una longitud libre, lo que permite la zona de anclaje se efectúa mediante inyecciones de lechada.

La inyección se lleva a cabo a través de tuberías de PVC y es frecuente inyectar a presión, alcanzándose valores de hasta 3.00 Mpa. En este caso es necesario separar la zona de anclaje de la zona libre y evitar la lechada. Puede ser ventajoso el uso de aditivos para acelerar el fraguado y disminuir la retracción.

Se llama bulbo de anclaje al material (cemento, mortero o resina) que recubre la armadura y que la solidariza con el terreno que la rodea.

Es importante lograr una buena materialización del bulbo de anclaje, operación más delicada cuando se trata de terrenos sueltos y fracturados.

La versión más simple es del tipo monobarra o mono, en la cual la barra es directamente empotrada en el bulbo.

Debido a dificultades de garantizar una buena protección a la corrosión de la armadura metálica tienen su aplicación en la mayoría de las contenciones temporales.

La zona libre es la parte en la cual la armadura metálica se encuentra separada o independiente del terreno que la rodea, lo cual permite deformarse con plena libertad al ponerse en tensión.

La zona libre, cuando el terreno de la perforación puede separarse, queda independizado del mismo mediante camisas de PVC o metálicas. En cualquier caso debe protegerse de la corrosión mediante rellenos protectores.



La cabeza, corresponde a la zona de unión de la armadura a la placa de apoyo. El anclaje de los tirantes se coloca mediante inyecciones de mortero o lechada de cemento. El tirante tiene uno o dos tubos que sirven para la inyección y salida del aire.

Lo mencionado anteriormente, sirve para indicar que el barreno ha sido totalmente inyectado y por ende en la zona de anclaje.

Para repartir el esfuerzo ejercido por el tirante sobre la estructura a estabilizar se utiliza una placa de concreto armado o metálica.

El sistema de abroche de armadura a la placa de apoyo puede estar constituido por tuercas en el caso de barras roscadas o bien remachados o conos macho - hembra para alambres y cordones.

El abroche puede ser común al conjunto de la armadura o independiente para uno o varios elementos.

La placa de apoyo suele situarse, a su vez, sobre un bloque de concreto armado que transmite los esfuerzos a la superficie del terreno.

La puesta en tensión de los cables se efectúa normalmente mediante gatos o, si la cabeza dispone de rosca (barra), mediante llave dinamométrica. En este último caso es posible conocer aproximadamente la tensión transmitida al anclaje.

II.4 PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN.

◆ La vida útil de un anclaje está condicionada a los efectos de la corrosión. Un anclaje carente de este tipo de protección puede tener una duración de pocos meses.



- ◆ Los principales factores que ayudan a contribuir con el proceso de corrosión, son los siguientes: Resistividad del suelo, la cual decrece a medida que la porosidad aumenta.

Factores microbiológicos.

- ◆ Contenido de humedad (w): un incremento en esta genera un ambiente propicio para la corrosión bacterial.

- ◆ Contenido de sales en el suelo.

- ◆ Valor del PH: $PH < 4$, corresponde a suelos altamente ácidos, generando picaduras en metal.

- ◆ Contenido orgánicos y transferencia de oxígeno: suelos orgánicos producen ácidos orgánicos los cuales atacan a metales enterrados; El flujo de aire o de oxígeno a través del suelo, retrasa la corrosión microbiológica, pero aumenta la corrosión electroquímica.

Cabe destacar que un anclaje sometido a esfuerzos relativamente altos puede originarse la denominada corrosión bajo tensión, que aparece incluso si el anclaje se encuentra en un ambiente neutro. El problema se evidencia por la formación de zonas frágiles en el anclaje a lo que sigue una rotura repentina.

En general, como previamente se ha mencionado es necesario emplear en el caso de anclajes permanentes una vaina corrugada como elemento protector.

También se utiliza la vaina doble corrugada para asegurar la completa protección contra la corrosión. La vaina interior de plástico corrugado con tirantes, no debe agrietarse durante la carga, además de poseer suficiente capacidad adherente con la lechada de cemento en la interface interior y exterior para asegurar la máxima capacidad de carga de tirante.

El conducto de plástico o vaina exterior debe tener la suficiente espacio anular para permitir que penetre con facilidad la lechada de cemento de ambos



conductos y tiene que cumplir con los mismos requisitos de la vaina interior. A la vez, la distancia adecuada entre el conducto externo y el barreno para que la lechada fluya con facilidad es de 5.00mm.

Por otro lado, las grietas en la lechada de cemento no deben exceder de 0.10mm de ancho.

La zona libre se puede preservar cubriendo el espacio entre la armadura y el barreno de la perforación con la lechada de cemento, recomendándose después de la puesta en tensión de la armadura, aunque en muchos casos posibles, por cuanto hay que estar seguro que la inyección de la lechada de cemento ha cubierto en toda su longitud la zona de anclaje.

Adicionalmente es necesario revestir individualmente las barras o cordones con tubos de polietileno rellenos de grasa, lo cual está especialmente indicando si son previsibles movimientos posteriores a la puesta a tensión, pues podría producirse una rotura del revestimiento de la lechada.

La cabeza de anclaje se encuentra en la parte exterior y debe ser objeto de cuidado especial. Es común sellarla con cemento o bien protegerla con grasa en el interior de una cubierta galvanizada.

II.5 SISTEMA DE ANCLAS AUTO PERFORANTES.

Son sistemas de estabilización que consisten en la inserción por medios mecánicos, de barras de acero de alta resistencia (*tendón*), al terreno que se está excavando; formándose a continuación un bulbo adherente, situado en el extremo más profundo del taladro o barreno, por medio de inyección de lechada de cemento u otros fluidos, o por medio de elementos mecánicos (*conchas metálicas expandibles*), que funciona como anclaje pasivo del tendón, al cual se le aplica una fuerza determinada en el extremo contrario al bulbo adherente, reaccionando



contra el terreno, y después de fijarse dicha fuerza mecánicamente, se crea el mecanismo suelo-ancla estable.

El sistema de anclas auto perforantes actúa bajo un principio elemental: la misma barra sirve sucesivamente como herramienta de barrenación, conducto de inyección y elemento tensor. Para su realización se utiliza barras rígidas de acero de muy alta resistencia no estirado, evitándose con esto los problemas de fragilización por hidrógeno, típico de los aceros normales de preesfuerzo, estas barras son a su vez roscadas y huecas en toda su longitud, lo que conjuntamente con las propiedades características del acero le confieren las siguientes ventajas:

- ◆ *SOLDABILIDAD*, en ocasiones se requieren realizar trabajos de soldadura en la zona de anclajes.
- ◆ *DUCTILIDAD*, para una mejor respuesta sísmica.
- ◆ *RESISTENCIA AL CORTANTE*, fundamental en trabajos de “cosido” de estratos que en su caso atraviesa el ancla.
- ◆ *NO CORROSIÓN BAJO TENSIÓN*.
- ◆ Máxima *ADHERENCIA* al mortero o cemento, por el tipo de roscado.
- ◆ Capacidad para *INYECCIÓN A ALTA PRESIÓN* por el espesor de sus paredes.

◆ *Aplicaciones:*

El sistema de anclas es utilizado fundamentalmente para trabajos de estabilización de estructuras en obras civiles. Presas, puentes, canales (vertedores), taludes en tajos, túneles cimentación de torres de electricidad entre otros.

- ◆ Anclas Activas recomendadas para la fijación de estructuras al terreno.
- ◆ Anclas Pasivas usadas en obras de contención y estabilización de túneles y laderas.
- ◆ Mini pilas o Micropilotes empleadas en lugar de Pilas coladas en el lugar, para transmitir al terreno cargas de una estructura tanto de Tensión como de



compresión y también para aplicación en terrenos de los cuales se desea mejorar su capacidad de carga mediante Inyección a presión de lechada de cemento, resinas u otros fluidos.

II.6 CASOS PRÁCTICOS DE USO DE ANCLAJES.

II.6.1 CASOS PRÁCTICO I: Casos más comunes son los muros de tierra en donde es necesario garantizar la estabilidad de la masa suelo, y por endeble en la obra.

En este sentido, cabe destacar que en las construcciones civiles se viene utilizando cada vez mayor frecuencia y éxito los anclajes inyectados para sostener muros y absorber momentos volcadores. Este ultimo como ocurre en las torres de alta tensión y en las presas para resistir fuerzas volcadoras debido al agua, así como en otras numerosas obras, en la cual la fuerza de tracción al terreno del anclaje transfiere las solicitaciones hasta la zona más profunda y estable, y por lo tanto de mayor capacidad portante.

II.6.2 CASO PRACTICO II: Como elemento que contrarresta las subpresiones producidas por el agua, en el sostenimiento de techos y hastiales de obras en obras subterráneas de vialidad, de centrales eléctricas y mineras, e igualmente en taludes construidos con masas de suelos y/o rocas.

Las obras subterráneas tales como galerías y túneles de viabilidad el problema fundamental que se plantea es el de asegurar el sostenimiento mediante anclajes durante y posterior al periodo de excavación, definiendo y construyendo un soporte y revestimiento capaz de asegurar la estabilidad definitiva de la obra.

Lo mencionado anteriormente es vital importancia, por cuanto la concentración de esfuerzos en la vecindad de la excavación puede ser causante que la roca fracturada pueda desplazarse, comprometiendo la estabilidad de la bóveda y de los hastiales del túnel.



II.6.3 CASO PRÁCTICO III: Uno de los grandes problemas que afronta la industria de la construcción, en las grandes excavaciones necesarias para edificios altos, es la implementación tradicional de grandes muros de contención, cuyo costo puede volverse prohibitivo, y cuyas dimensiones pueden afectar a la arquitectura de los proyectos.

Una alternativa técnico-económica a este problema es la construcción de muros anclados, que permiten reducir las dimensiones de los muros, volver más fluida la construcción, disminuir la probabilidad de accidentes que afecten a los trabajadores y a las propiedades adyacentes, e inclusive disminuir el costo de los proyectos.

II.7 PRINCIPIOS BÁSICOS DE LOS MUROS ANCLADOS.

A diferencia de los muros, que se sustentan en su longitud va para soportar las presiones de tierra, los muros anclados son soportados por el propio suelo que trata de empujarlos, a través de la incorporación de anclajes apropiados.

Debido a la presencia de un gran número de apoyos (cada anclaje es un apoyo) en este tipo de muros, la dimensión transversal es comparativamente pequeña, pues funciona como una placa con un número importante de apoyos intermedios en dos direcciones.

Los anclajes deben llegar hasta una distancia tal que queden por detrás del posible plano de falla del suelo, y a esa distancia inicial se le añade una longitud adicional necesaria para resistir el empuje del suelo por fricción.

II.8 EL PROCESO CONSTRUCTIVO.

La excavación, la construcción de los anclajes y la construcción del muro se realizan por fases. Conforme se va profundizando en la excavación se realiza la



construcción de los anclajes y la construcción del muro circundante al anclaje, por lo que el proceso se realiza desde arriba hacia abajo.

- a) Excavación de la primera franja superior de suelo: Usualmente se la realiza hasta unas pocas decenas de centímetros por debajo de la posición prevista para el primer nivel superior de anclaje. La profundidad de esta capa excavada y de todas las capas posteriores depende de las características de cohesividad del suelo.
- b) Excavación de orificios para el primer nivel de anclajes: Generalmente se utilizan taladros horizontales para perforar orificios cuyo diámetro sea el previsto para el primer nivel superior de anclajes. En el fondo de los orificios se suele realizar una sobre excavación de diámetro mayor para mejorar la sustentación de los anclajes.
- c) Armado del primer nivel de anclajes: Se suelen colocar varillas centradas, de diámetro apropiado, en los orificios previamente perforados. Las varillas colocadas son roscadas en la parte exterior para facilitar su proceso de tensado y sujeción. Para conseguir que el refuerzo de los anclajes se mantenga sin contacto con el suelo excavado se utilizan separadores transversales cada cierta distancia.
- d) Hormigón parcial del primer nivel de anclajes: Se introduce una manguera flexible hasta el fondo del orificio excavado, la misma que exteriormente está conectada a una bomba de lechada o de mortero. La lechada o el mortero incluyen componentes expansivos para compensar la retracción de fraguado. Una vez iniciado el proceso de bombeo, se extrae lentamente la manguera lo suficiente para permitir que se supere ligeramente un llenado de la lechada o mortero equivalente a la longitud de anclaje del micropilote.



- e) Construcción del primer nivel superior de muro: Exteriormente se arma, encofra y funde el primer nivel superior del muro, teniendo cuidado de que no se integre a las varillas, para lo que se suele dejar un espacio alrededor de la varilla sin fundir. Además se suele envolver a la varilla con material no adhesivo como papel de aluminio para asegurar su falta de contacto temporal con el concreto del muro. Se deja prevista una ventanilla en el encofrado para fundir posteriormente la parte del muro que no ha sido fundida en esta fase.
- f) Anclado del primer nivel superior de muros: Una vez fraguado el hormigón de un micropilote y del muro superior al de la varilla de anclaje, se coloca una placa de acero que tiene un orificio centrado de un diámetro ligeramente superior al de la varilla. Se hace pasar la varilla a través del orificio, permitiendo que la placa se apoye parcialmente en la superficie del muro de hormigón. Mediante la colocación de una tuerca exterior, y con el uso de un torquímetro (ó gato hidráulico) se procede a tensar la varilla del micropilote hasta que supere aquella tensión que resistirá el micropilote cuando el muro anclado esté trabajando a su máxima sollicitación. Posteriormente se retira la tensión sobre la varilla aflojando la tuerca.
- g) Integración del primer nivel de anclajes al primer nivel superior de muros: A través de la ventanilla que se dejó para la fundición complementaria del muro se introduce nuevamente la manguera en el orificio del micropilote y se completa su llenado. Adicionalmente se rellena con lechada o mortero faltante del muro alrededor de la varilla de anclaje.

II.9 ESPECIFICACIONES PARA CONCRETO LANZADO.

Para garantizar el sistema de retención mediante concreto lanzado y anclas funcionen adecuadamente, el primero deberá tener las características adecuadas por a continuación se presentan las especificaciones que deberán cumplirse:



La calidad de una mezcla para concreto lanzado depende de la relación agua-cemento, el tamaño y graduación de los agregados, el tipo del cemento, los adividido y la aplicación adecuada.

El procedimiento recomendado de reparación y aplicaciones de la mezcla es la siguiente.

➤ Consiste en mezclar las cantidades predeterminadas de agua, cemento y agregados en un recipiente para luego lanzarlo en chorro a las paredes del suelo. Los aditivos acelerantes deben añadirse en la boquilla, es decir, a la salida del chorro. Estos aditivos pueden estar tanto en forma líquida como el polvo.

➤ La preparación y aplicación de la mezcla seca después de los formatos siguientes.

- ◆ Granulometría adecuada en los agregados.
- ◆ La húmeda de la mezcla antes de llegar a la boquilla debe de estar entre el 2y el 5 por ciento. Una humedad de la mezcla menor agravaría el problema del polvo y una humedad mayor taponaría de las mangueras.
- ◆ Adecuado proporcionamiento agua-cemento. Esta operación es realizada en la boquilla para una persona muy bien entrenada.
- ◆ Características del rebote, que depende tanto de tres factores antes mencionados como los siguientes.
 - El Angulo de lanzamiento debe ser normal a la superficie tratada
 - La boquilla debe mantenerse en 1.0 a 1.2 cm de la superficie tratada.
 - La presiones de agua y del aire deben ser constante y de 5.0 y 5.7 kg/cm² respectivamente.
 - La alimentación del aditivo acelerante deben ser constante fácil de ser variada en el momento que se requiera (si la superficie está humedad, deberá ser mayor la cantidad necesaria de aditivo).

➤ Mantenimiento del equipo. El manejo de la mezcla seca obliga a mantener limpio el equipo con mayor rigor que las operaciones con el concreto normal. La mezcla seca tiende a acumularse en las aspas de las mezcladoras. Tanto las boquillas como los alimentadores deben limpiarse inmediatamente cuando el ambiente es húmedo.

➤ Supervisión y operación de alta calidad. El personal de supervisión debe ser altamente calificado. Las cuadrillas de operación deben ser entrenadas adecuadamente.



a) Características de la mezcla

La calidad de la mezcla para concreto lanzado función del tamaño y granulometría de sus agregados. Calidad del centro y los aditivos: relación agua-cemento; grado de compactación, y de la adecuada hidratación (cuando se trata de la mezcla seca).

Para que el agregado produzca un concreto lanzado de compactación óptima, máxima resistencia, impermeabilidad y rebote mínimo, debe cumplir con las normas ASTM y su granulometría debe estar de acuerdo con las curvas de especificaciones. El martilleo que produce las partículas del agregado grueso sobre la capa de concreto previamente aplicada contribuye a obtener compactación deseada. Las arenas deben de constituir menos del 60% de la mezcla de agregados.

Los requisitos de la resistencia a la compresión dependen principalmente del contenido del cemento. Sin embargo, un contenido de cemento en exceso puede dar lugar a contracciones y agrietamiento perjudicial. El contenido de cemento después de la aplicación es, generalmente, mayor que la dosificación de la mezcla producida dedicado que el material de rebote está constituido de agregado en una mayor proporción. El agua debe estar libre de impurezas y debe cumplir con los requisitos de elaboración de concreto común.

Los aditivos acelerantes del fraguado hacen posible la aplicación del concreto lanzado en superficies húmedas y aún sobre filtraciones que, ocasiones pueden taponarse. Sin embargo, su empleo debe controlarse ya que reduce la resistencia final del concreto. Cundo se emplean aditivos del 2 al 6% del peso, la reducción de la resistencia no deben ser mayor del 20%. Los valores de la resistencia a la compresión simple a los 28 días deben estar comprendidos entre 150 y 300 kg/cm², que para fines estructurales son suficientes. Son dos tipos de maquinas lanzadoras para mezcla seca.

1). La de doble cámara de presión con válvulas de campana intermedia de acción neumática. La mezcla seca se introduce en la cámara superior, se cierra esta y se levanta la presión que abre la válvula de campana intermedia y deja pasar la mezcla de la cámara inferior; en este se levanta a su vez la presión que cierra la válvula intermedia y la mezcla va alimentándose bajo presión a la tubería de descarga mediante una rueda de cavidades. Mientras se efectúa la operación de descarga se está alimentando mezcla seca a la cámara superior para empezar un nuevo ciclo. Un buen operador puede lograr con la ayuda de las dos cámaras una descarga prácticamente. Requiere entonces una continuación atención del operador, el cual debe desenvolverse con destreza. Son cualidades de este tipo de maquina su robustez y el poco número de piezas delicadas o móviles que se desgastan o requieren frecuentemente mantenimiento.



2). El tipo revolver. La mezcla seca se alimenta continuamente a la tolva que corona la parte superior de la maquina, de ahí cae el cilíndrico rotatorio tipo revolver que consta de nueve o mas compartimientos cilíndricos, donde se deposita la mezcla. Cada carga de mezcla en cada compartimiento cae a través de una escotadura y al pasar sobre el cuello de salida una corriente de aire a presión la impulsa hacia las mangueras. Este tipo manear agregado grueso mas fácilmente que las de otro tipo. Tiene, por otra parte más piezas de descarga y suelen producir más polvo.

3). Las primeras tienen motor neumático, las segundas pueden venir con motor electrónico; por lo general el rendimiento es mayor con el motor neumático aunque el consumo del aire es considerable. Las del primer tipo consumen 600 pies³/min.

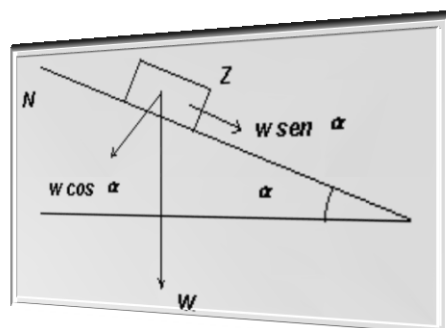
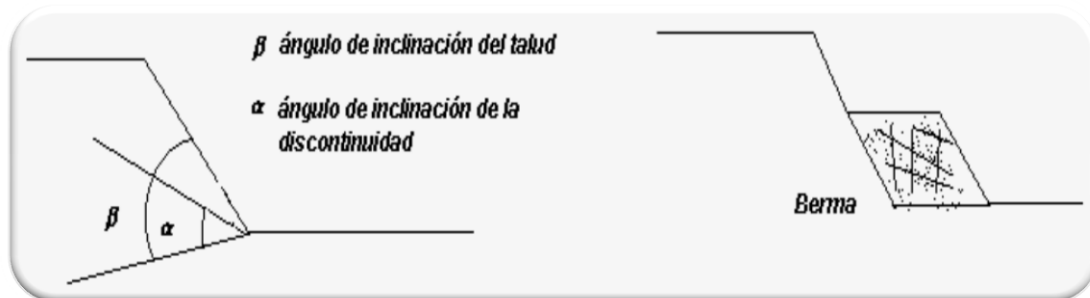
4). Los rendimientos varían entre 6 y 9 m³/h. Las distancias de envío varían mucho en marca y tipo, pero pueden llegar a 275m horizontales y 92 m verticales. Para grandes distancias conviene usar en los tramos intermedios, tuberías de acero en lugar de mangueras, para reducir la fricción. También pueden conectarse en serie dos maquinas, para ganar distancia.

II.10 CONSIDERACIONES DE ESTABILIDAD DE TALUDES.

II.10.1 SUELOS Y ROCAS

F.S. min. 1.5 condiciones Estáticas

F.S. min. 1.25 condiciones Dinámicas





II.10.2 ESTABILIDAD DE TALUDES EN ROCA

- ❖ Consideraciones económicas y de planificación.
- ❖ Principios básicos en la falla de taludes.
- ❖ Relación altura y ángulo de inclinación de un talud.
- ❖ Rol de discontinuidades en los procesos de falla.
- ❖ Propiedades mecánicas fundamentales (cohesión, peso vol.).
- ❖ Desplazamiento debido a carga gravitacional.
- ❖ Presión de poro y fatiga efectiva.
- ❖ Efecto de presión de agua en una grieta de tensión.
- ❖ Estabilización mediante reforzamiento.
- ❖ Factor seguridad.
- ❖ Falla rotacional o de volteo.
- ❖ Falla tipo cuña.
- ❖ Falla tipo rotacional.

N = Fuerza normal

F = Fuerza tangencial

W = Fuerza de peso

R = Resistencia al esfuerzo cortante

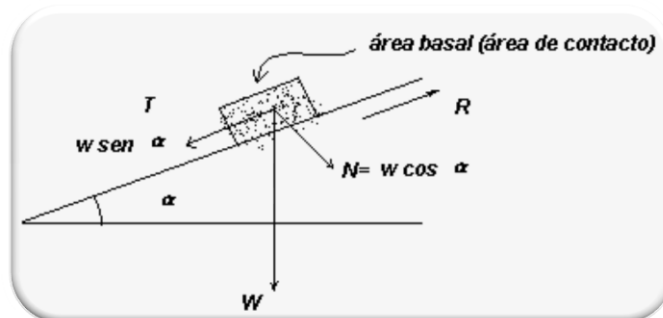
α = Ángulo de inclinación

de la discontinuidad

ϕ = Ángulo de fricción interno

β = Ángulo de inclinación de talud

MR = Toda fuerza que evita que falle





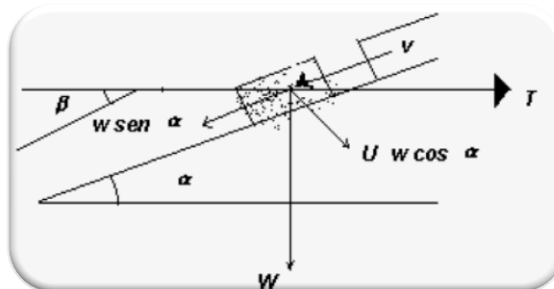
$$\delta = c + \sigma \tan \phi$$

σ = fuerza normal

$$\delta = c + (w \cos \alpha) \tan \phi$$

resistencia al esfuerzo cortante de un bloque

$$\delta A = cA + (w \cos \alpha) \tan \phi$$



1.25 es el Fs mínimo para condiciones dinámicas

1.5 es el Fs mínimo par condiciones estáticas

Cuando un talud esta en falla insipiente el Fs es 1.

$$F.S. = \frac{M_R}{M_m} \frac{N}{T}$$

Z_w = longitud de la grieta de
tensión

γ_w = peso volumétrico del agua 1

A = área basal

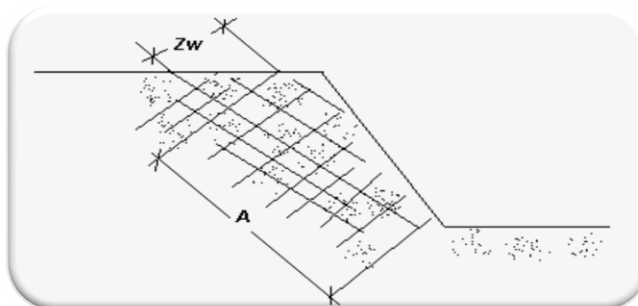
$$\delta = c + \sigma \tan$$

$$\delta = c + \sigma \tan \phi$$

$$\delta A = cA + (w \cos \alpha) \tan \phi$$

$$w \cos \alpha = cA + (w \cos \alpha) \tan \phi$$

$$w \cos \alpha + v = cA + \sigma - w \tan \phi$$



$$FS = \frac{CA + (W \cos \alpha U) + \tan \phi}{W \sin \alpha + V}$$

$$FS = \frac{CA + (W \cos \alpha U) + \tan \phi}{W \sin \alpha + V}$$

$$FS = \frac{CA + (W \cos \alpha - V) \tan \phi + T \tan \beta}{W \sin \alpha + V - T \cos \beta}$$

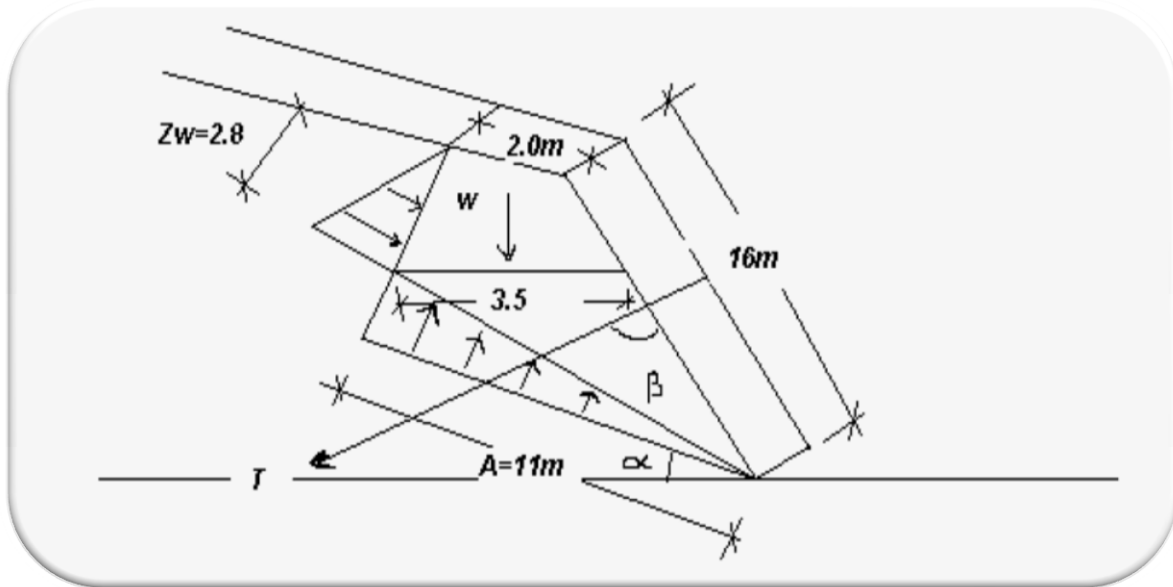
II.10.3 ANCLAS DE FRICCIÓN Y ANCLAS DE TENSIÓN



El ángulo del ancla, lo ideal es que quede ortogonal (estar en ángulo recto) a la discontinuidad.

Falla rotacional del talud con fuerzas de tensión (anclas).

EJEMPLO



$$c = 4 \text{ t/m}^2$$

$$\gamma = 2.4 \text{ t/m}^3$$

$$\rho = 90^\circ$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$\phi = 34^\circ$$

$$A = 11\text{m} \times 1\text{m} = 11\text{m}^2$$

$$U = \frac{1}{2} \gamma_w Z_w A = \frac{1}{2}(1)(2.2)(11) = 15.4 \text{ ton.}$$

$$V = \frac{1}{2} Z_w^2 \gamma_w = \frac{1}{2} (2.8)^2 (1) = 3.92 \text{ ton.}$$



$$FS = \frac{CA + (W \cos \alpha - U - V \cos \alpha) \tan \phi}{W \operatorname{sen} \alpha + V \operatorname{sen} \alpha}$$

$$W = \left[\frac{2 + 3.5}{2} (2.8) + \frac{13.2(3.5)}{2} \right] (2.4) \operatorname{sefactorizo} = 73.92 \operatorname{ton} - m(1m) = 73.92 \operatorname{tm} = 74 \operatorname{ton}.$$

$$FS = \frac{(4t/m^2)(11m^2) + (74 \operatorname{ton} \cos 60^\circ - 15.4 \operatorname{ton} \cos 60^\circ) \tan 34^\circ}{(74 \operatorname{ton} \operatorname{sen} 60^\circ + 3.92 \operatorname{sen} 60^\circ)} = 0.85$$

Como F.S. < 1.5 (F.S. min. Es condición estática)

Se necesita una fuerza T ortogonal a $\beta = \beta = 90^\circ$ a la discontinuidad.

$$FS = \frac{CA + (W \cos \alpha - U - V \cos \alpha + T \operatorname{sen} \beta) \tan \phi}{W \operatorname{sen} \alpha + V \operatorname{sen} \alpha - T \cos \beta}$$

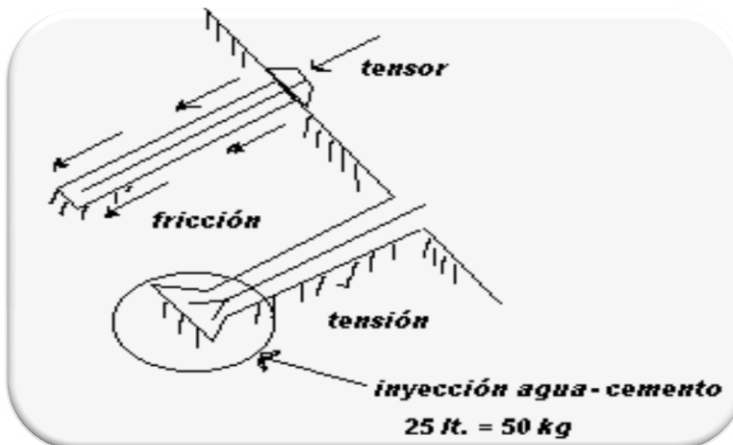
$$FS = \frac{44 + (37 - 15.4 - 1.96 + T)0.67}{64.08 + 3.39} \Rightarrow T = 65.74 \operatorname{ton} \Rightarrow 66 \operatorname{ton}.$$

ANCLAS {
FRICCIÓN
TENSIÓN

| | | Capacidad Máxima |
|--------|----------------|------------------|
| TENSOR | Varilla | 1" = 18 ton. |
| | | 1 ¼" = 24 ton. |
| | | 1 ½" = 30 ton. |
| Torón | 0.5" = 12 ton. | |
| | 0.6" = 15 ton. | |



CAPACIDAD DE CARGA



$$Q = Q_a = \pi D_a L \pi \tan \phi F_R$$

$$CQ = Q_a = (c + \pi \tan \phi) D_a L F_R$$

Donde:

Q_a = capacidad de carga del ancla

P_i = presión de inyección de la lechada de cemento los valores oscilan entre $1.5 \text{ kg/cm}^2 - 3 \text{ kg/cm}^2$, lo usual es 2 kg/cm^2 .

D_a = diámetro del ancla; oscila entre 3" y 6", generalmente las más usadas son de 4" = 10cm

L = longitud del ancla en su zona activa

π = constante

C = cohesión

F_R = factor de reducción de la resistencia = 0.35. $\therefore F_s = 3 [1/3 = 0.33]$





EJEMPLO:

$$\phi = 38^\circ$$

$$L_a = 15\text{m}$$

$$\phi = 4''$$

$$P_i = 20 \text{ ton/m}^2$$

$$Q_a = P_i D_a L \pi \tan \phi F_R$$

$$= (20 \text{ ton/m}^2)(0.1\text{m})(15\text{m})(3.1416)(\tan 38^\circ)(0.35)$$

$$= 25.77 \text{ ton}$$

Del ejemplo del talud:

$$74 \text{ ton } (20 \text{ ton/m}^2)(0.1\text{m})(L)(3.1416)(\tan 34^\circ)(0.35)$$

$$\therefore L = 49.88 \text{ m}$$

activa

$$\text{si } \phi = 38^\circ \Rightarrow L = 43.1 \text{ m}$$

ANCLAS
POSTENZADAS

- Perforación
- Introducción de tensor
- Inyección
- Tensado

Concreto
Lanzado

- Cemento
- Arena
- Granzón o cianfitollo 3/8"



$F'c = 150 - 300 \text{ kg/cm}^2$

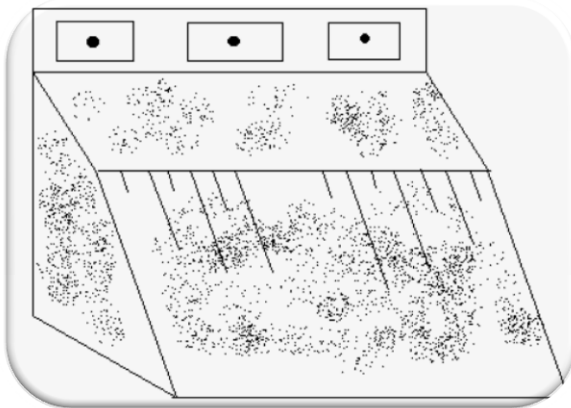
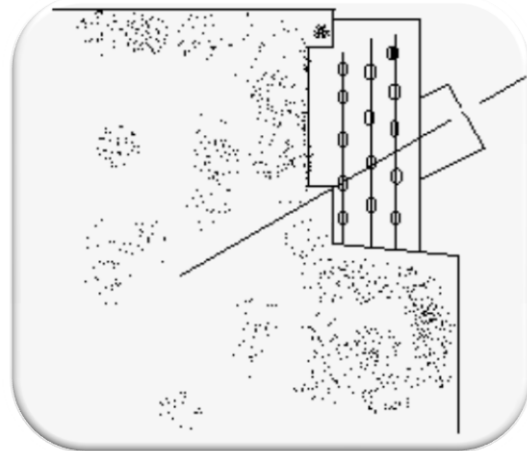
Inyección a una distancia de 1.5m

Presión de aire = 5 kg/cm^2

Malla electrosoldada 6x6 / 6 – 6

Concreto lanzado: 5 – 12cm de espesor

Después de la inyección, mínimo deben de pasar 72 hrs. Para poder tensar.



Proceso de tensado 2 ciclos = c/m hasta que tensa 1° el 25% $c/5 \text{ min}$.

2° el 25% después del 100% para acuñar al acero de diseño $c/5 \text{ min}$. (125%)
espécimen con relación de 2 : 1 del concreto lanzado.

El acero debe estar a la mitad de $c/\text{espesor}$ del concreto.

Conjunto de mojoneras = líneas de colimación que sirven para conocer deformaciones horizontales y verticales.

Concreto lanzado aplicable en taludes y túneles.



II.11 TRATAMIENTOS PARA RETENCIÓN DE LA ROCA.

II.11.1 ESPECIFICACIONES PARA CONCRETO LANZADO

Para garantizar el sistema de retención mediante concreto lanzado - anclas funcione adecuadamente, el primero deberá tener las características adecuadas. A continuación se presentan las especificaciones que deberán cumplirse:

La calidad de una mezcla para concreto lanzado depende de la relación agua-cemento, el tamaño y graduación de los agregados, el tipo del cemento, los ha dividido y la aplicación adecuada.

El procedimiento recomendado de reparación y aplicaciones de la mezcla es la siguiente.

- Consiste en mezclar las cantidades predeterminadas de agua, cemento y agregados en un recipiente para luego lanzarlo en chorro a las paredes del suelo. Los aditivos acelerantes deben añadirse en la boquilla, es decir, a la salida del chorro. Estos aditivos pueden estar tanto en forma líquida como el polvo.

- La preparación y aplicación de la mezcla seca después de los formatos siguientes.
 - ◆ Granulometría adecuada en los agregados.

 - ◆ La húmeda de la mezcla antes de llegar a la boquilla debe de estar entre el 2y el 5 por ciento. Una humedad de la mezcla menor agravaría el problema del polvo y una humedad mayor taponaría de las mangueras.

 - ◆ Adecuado proporcionamiento agua-cemento. Esta operación es realizada en la boquilla para una persona muy bien entrenada.



- ◆ Características del rebote, que depende tanto de tres factores antes mencionados como los siguientes.
 - El Angulo de lanzamiento debe ser normal a la superficie tratada.
 - La boquilla debe mantenerse en 1.0 a 1.2 cm. de la superficie tratada.
 - La presiones de agua y del aire deben ser constante y de 5.0 y 5.7 kg/cm² respectivamente.
 - La alimentación del aditivo acelerante deben ser constante fácil de ser variada en el momento que se requiera (si la superficie está humedad, deberá ser mayor la cantidad necesaria de aditivo).

➤ Mantenimiento del equipo. El manejo de la mezcla seca obliga a mantener limpio el equipo con mayor rigor que las operaciones con el concreto normal. La mezcla seca tiende a acumularse en las aspas de las mezcladoras. Tanto las boquillas como los alimentadores deben limpiarse inmediatamente cuando el ambiente es húmedo.

➤ Supervisión y operación de alta calidad. El personal de supervisión debe ser altamente calificado. Las cuadrillas de operación deben ser entrenadas adecuadamente.

a) Características de la mezcla

La calidad de la mezcla para concreto lanzada función del tamaño y granulometría de sus agregados. Calidad del centro y los aditivos: relación agua-cemento; grado de compactación, y de la adecuada hidratación (cuando se trata de la mezcla seca).

Para que el agregado produzca un concreto lanzado de compactación optima, máxima resistencia, impermeabilidad y rebote mínimo, debe cumplir con las



normas ASTM y su granulometría debe estar de acuerdo con las curvas de especificaciones. El martilleo que produce las partículas del agregado grueso sobre la capa de concreto previamente aplicada contribuye a obtener compactación deseada. Las arenas deben de constituir menos del 60% de la mezcla de agregados.

Los requisitos de la resistencia a la compresión depende principalmente del contenido del cemento. Sin embargo, un contenido de cemento en exceso puede dar lugar a contracciones y agrietamiento perjudicial. El contenido de cemento después de la aplicación es, generalmente, mayor que la dosificación de la mezcla producida dedicado que el material de rebote está constituido de agregado en una mayor proporción. El agua debe estar libre de impurezas y debe cumplir con los requisitos de elaboración de concreto común.

Los aditivos acelerantes del fraguado hacen posible la aplicación del concreto lanzado en superficies húmedas y aún sobre filtraciones que, ocasiones pueden taponarse. Sin embargo, su empleo debe controlarse ya que reduce la resistencia final del concreto. Cundo se emplean aditivos del 2 al 6% del peso, la reducción de la resistencia no deben ser mayor del 20%. Los valores de la resistencia a la compresión simple a los 28 días deben estar comprendidos entre 150 y 300 kg/cm², que para fines estructurales son suficientes. Son dos tipos de maquinas lanzadoras para mezcla seca.

1). La de doble cámara de presión con válvulas de campana intermedia de acción neumática. La mezcla seca se introduce en la cámara superior, se cierra esta y se levanta la presión que abre la válvula de campana intermedia y deja pasar la mezcla de la cámara inferior; en este se levanta a su vez la presión que cierra la válvula intermedia y la mezcla va alimentándose bajo presión a la tubería de descarga mediante una rueda de cavidades.



Mientras se efectúa la operación de descarga se está alimentando mezcla seca a la cámara superior para empezar un nuevo ciclo. Un buen operador puede lograr con la ayuda de las dos cámaras una descarga prácticamente. Requiere entonces una continuación atención del operador, el cual debe desenvolverse con destreza. Son cualidades de este tipo de maquina su robustez y el poco número de piezas delicadas o móviles que se desgastan o requieren frecuentemente mantenimiento.

2). El tipo revolver. La mezcla seca se alimenta continuamente a la tolva que corona la parte superior de la maquina, de ahí cae el cilíndrico rotatorio tipo revolver que consta de nueve o mas compartimientos cilíndricos, donde se deposita la mezcla.

Cada carga de mezcla en cada compartimiento cae a través de una escotadura y al pasar sobre el cuello de salida una corriente de aire a presión la impulsa hacia las mangueras. Este tipo manear agregado grueso más fácilmente que las de otro tipo. Tiene, por otra parte más piezas de descarga y suelen producir más polvo.

3). Las primeras tienen motor neumático, las segundas pueden venir con motor electrónico; por lo general el rendimiento es mayor con el motor neumático aunque el consumo del aire es considerable. Las del primer tipo consumen 600 pies³/min.

4). Los rendimientos varían entre 6 y 9 m³/h. Las distancias de envío varían mucho en marca y tipo, pero pueden llegar a 275m horizontales y 92m verticales. Para grandes distancias conviene usar en los tramos intermedios, tuberías de acero en lugar de mangueras, para reducir la fricción. También pueden conectarse en serie dos maquinas, para ganar distancia.

CAPÍTULO III

ESPECIFICACIONES Y PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN



III.1 CONTROL DE CALIDAD

Control de calidad, proceso seguido por una empresa de negocios para asegurarse de que sus productos o servicios cumplen con los requisitos mínimos de calidad establecidos por la propia empresa. Con la política de Gestión (o administración) de Calidad Óptima (GCO) toda la organización y actividad de la empresa está sometida a un estricto control de calidad, ya sea de los procesos productivos como de los productos finales. En el caso de producción de bienes, la GCO implica que tanto el diseño, como la producción y la venta, la calidad de los materiales utilizados y los procesos seguidos se ajustan a unos patrones de calidad establecidos con antelación. Algunas veces este patrón viene definido por la ley; por ejemplo, la legislación relativa a la seguridad y materiales empleados en la fabricación de juguetes, o la regulación sobre emisiones contaminantes de los coches. La exigencia de una mayor o menor calidad depende de muchos factores. Cuanto mayor es la vida del producto, menores serán las ventas, porque los consumidores no tendrán que volver a comprarlo; esto hace que, conscientemente, la calidad, en muchas ocasiones, no se maximice.

III.1.1 ANTECEDENTES.

En los últimos años los ejecutivos y los altos directivos de las empresas empezaron a mostrar interés por la calidad de los productos. La razón de este creciente interés fue que se hizo obvio para muchos de ellos que la calidad significaba mucho para el futuro de las compañías. El reconocimiento de esto se obtuvo a través del incremento en la competitividad y a las altas exigencias de calidad por el cliente.



III.1.2 DEFINICIÓN DE “CONTROL DE CALIDAD”

Definición de “calidad”. La calidad de un producto o servicio es el conjunto de cualidades, características y/o atributos que tiene la habilidad de satisfacer en primera instancia las necesidades del cliente, así como también, las necesidades del consumidor final.

Hablando de calidad podemos resaltar sus características, estas pueden ser: Un requisito físico o químico, una dimensión, una temperatura, una presión o cualquier otro requerimiento que se use para establecer la naturaleza de un producto o servicio. La calidad no tiene un significado popular de lo mejor en el sentido absoluto, industrialmente quiere decir, mejor dentro de ciertas condiciones del consumidor, ya que es él, quien en última instancia determina la clase y la calidad del producto que desea.

Teniendo en cuenta lo anterior la calidad de un producto puede definirse como:

- “La resultante de una combinación de características de ingeniería y construcción, determinante del grado de satisfacción que el producto proporcione al consumidor, durante su uso”.

Esta definición nos lleva a pensar en términos como confiable, servicial y durable, términos que en realidad son características individuales que en conjunto constituyen la calidad del producto. Al establecer lo que entendemos por calidad se exige un equilibrio entre estas características.

El término calidad se puede emplear con diferentes acepciones como:



- Calidad de diseño o sea la conformidad entre lo que necesita o desea el cliente por un precio determinado y lo que la función de diseño proyecta.
 - Calidad de concordancia o grado de conformidad entre lo diseñado y lo producido.
 - Calidad en el uso o sea el grado en que el producto cumple con la función para la cual fue diseñado, cuando el consumidor así lo requiere.
 - Calidad en el servicio Post - Venta o sea el grado con el cual la empresa le presta atención al mantenimiento, servicio, reclamos, garantías u orientación en el uso.

En general, las definiciones de calidad implican respuestas al consumidor por lo que pago y actúan de diferente manera e intensidad según el tipo de producto que se produce.

Definición de “control”. Control se refiere al establecimiento de métodos y procedimientos específicos, así como, a la implantación de las actividades necesarias para lograr los objetivos y garantizar que durante el proceso de producción no existan desviaciones que causen un rechazo, el cual que se traduce en pérdidas cuando no se aplican acciones correctivas. En resumen el control es: planear, ejecutar y tomar acciones preventivas o correctivas al presentarse algún fenómeno desfavorable para conseguir los objetivos.

Etapas de control

- a) .- Establecimiento de estándares.
- b) .- Medición de resultados.
- c) .- Corrección.
- d) . Retroalimentación.



a).- Establecimiento de estándares

Un estándar es una unidad de medida que sirve como modelo ó patrón sobre el cual se efectúa el control. Los estándares son el parámetro sobre el que fijamos los objetivos de la empresa. Los estándares no deben limitarse a establecer niveles operativos de los trabajadores, sino que, además, deben abarcar las funciones básicas y áreas clave de resultados:

Rendimiento de beneficios.- Es la utilidad que obtenemos de comparar ésta con la inversión de capital necesaria para llevar a cabo el proceso productivo.

Posición en el mercado.- Estándares que se utilizan para determinar la aceptación de algún producto lanzado al mercado, en base al proceso de comercialización para tal efecto.

Productividad.- Se aplica tanto en el área de producción como en todas las áreas que conforman la empresa, se obtiene en base al estándar horas-máquina, horas-hombre.

Calidad del producto.- Se establece para verificar la superioridad referente a la calidad de nuestro producto en comparación con la competencia.

Desarrollo del personal.- Estándar enfocado al elemento humano, concerniente a su desenvolvimiento en la empresa, en base a los programas de desarrollo.

Evaluación de la actuación.- Determina los límites de productividad del elemento humano en la empresa.

Tipos de estándares:

La aplicación de los estándares que a continuación se analizan, van en función de las necesidades específicas del área donde se implementen.

- *Estándares estadísticos:* Para su elaboración se requiere de información de hechos históricos, ya sea de la propia empresa o de la competencia. No

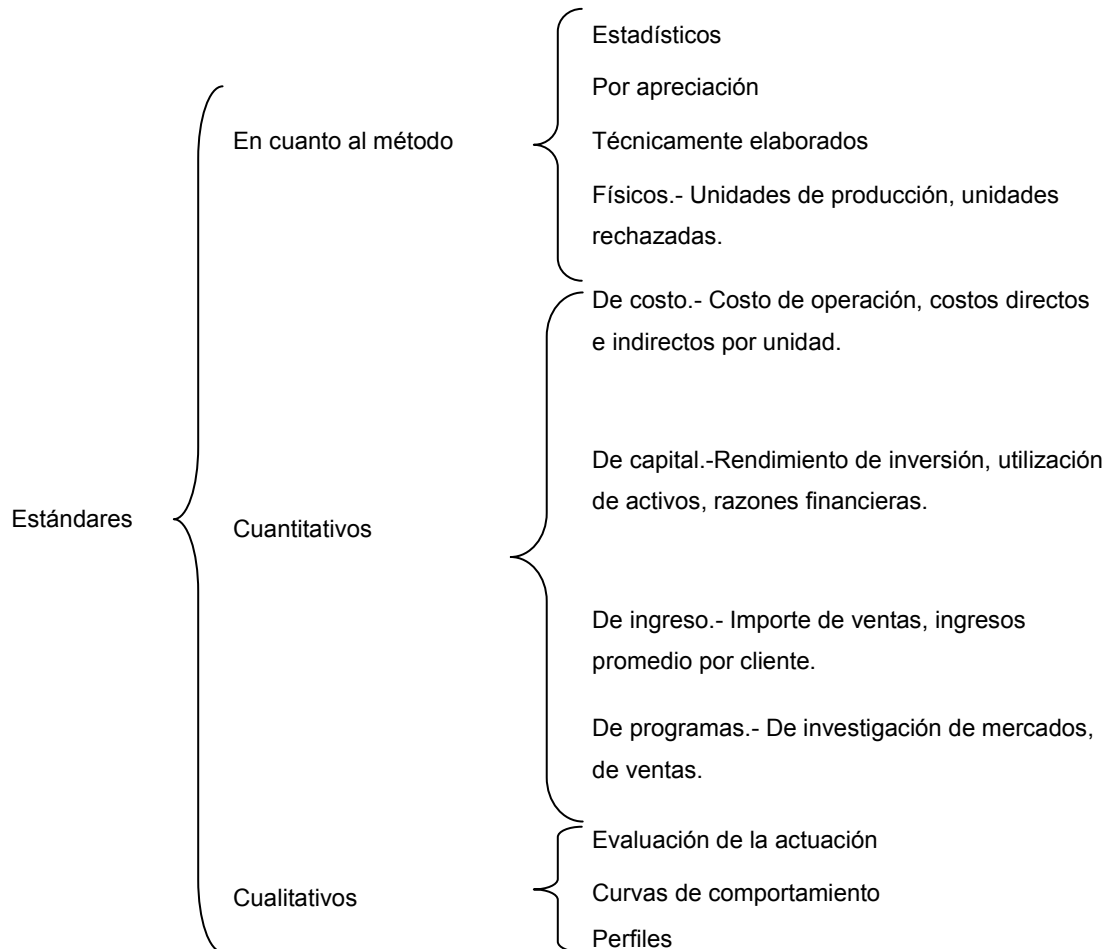


inspiran mucha confiabilidad debido a que la información pasada ha variado en gran escala en comparación con la actual, por lo que, al obtener la información ésta debe ser conjuntada con el criterio del ejecutivo.

- *Estándares fijados por apreciación:* Se derivan principalmente en base a las experiencias del administrador. Se concreta a situaciones intangibles, tales como la conducta del personal.

- *Estándares técnicamente elaborados:* Por el contrario de los anteriormente señalados, éstos se concentran en el estudio tangible ó cuantitativo, y están encaminados a desarrollar el análisis sobre la productividad tanto del equipo, maquinaria como de los trabajadores. Son los estándares de producción y de tiempos y movimientos.

Clasificación de los estándares más usuales





b).- Medición de resultados.

Como su nombre lo indica, en ésta etapa se van a medir los resultados contra lo ejecutado, aplicando las unidades de medida, las cuales, deben ser definidas acorde a los estándares. Para llevar a cabo lo anterior, es necesario apoyarnos de los sistemas de información de la empresa, y para que el proceso de control resulte efectivo la información que obtengamos debe ser totalmente confiable, oportuna, y que fluya por los canales idóneos de la comunicación.

Al realizar la medición y obtención de la información arriba señalada, es conveniente comparar los resultados medidos con los estándares previamente fijados, obteniendo así las posibles desviaciones, mismas que deben reportarse inmediatamente. Las unidades de medida normalmente aplicables son: tiempo por pieza producida, porcentaje de material rechazado, horas-máquina utilizada.

c).- Corrección.

Los controles tienden a conducir a la acción correctiva, cuando detectamos fallas, debemos verificar donde está el mal, cómo sucedió, quien es el responsable y así tomar las medidas de corrección pertinentes.

Cuando en la medición de resultados encontramos desviaciones en relación con los estándares, es conveniente hacer el ajuste ó corrección correspondiente. Normalmente las tendencias correctivas a los controles las asume el ejecutivo de la empresa, sin embargo, antes de llevar a cabo el proceso conviene conocer si la desviación es un síntoma ó una causa. Podemos ejemplificar lo anterior cuando un producto en el mercado disminuye su venta, lo cual, es un indicio de que algo se ha ejecutado mal en base a lo planeado, la primer actitud para contrarrestar la poca demanda del producto no es precisamente elevar el número vendedores o someterlos a capacitación, sino analizar detalladamente si esa baja no se debe a mala calidad del producto o si el proceso de comercialización ha sido muy raquítico.



Cuando se lleva el establecimiento de medidas correctivas, se origina la retroalimentación, de acuerdo a lo anterior, es en éste proceso donde se entrelaza la planeación y el control.

d).- Retroalimentación

Es el proceso mediante el cual, la información que se obtiene en el control se ajusta al sistema administrativo con el paso del tiempo. Dependerá mucho de la calidad de la información que se obtenga para que la retroalimentación fluya de manera rápida.

Para el presente trabajo, se considera que el control de calidad se ejerce durante la construcción de un camino con pavimento flexible, por lo cual, se toma como válida la siguiente:

Definición: El Control de Calidad, durante la construcción de las obras, es el conjunto de actividades que permiten evaluar las propiedades inherentes a un concepto de obra y sus acabados, así como a los materiales y equipos de instalación permanente que se utilicen en su ejecución, comparándolas con las especificadas en el proyecto, para decidir la aceptación, rechazo o corrección del concepto y determinar oportunamente si el proceso de producción o el procedimiento de construcción se está realizando correctamente o debe ser corregido. Dichas actividades comprenden principalmente el muestreo, las pruebas de campo y laboratorio, así como los análisis estadísticos de sus resultados.

III.1.3 FUNCIONES Y ALCANCES DEL CONTROL DE CALIDAD.

La función principal del control de calidad es garantizar que los insumos y productos terminados cumplan con el proceso constructivo, con las especificaciones y normas del proyecto. Por lo que se debe caracterizar por ser



eficiente, confiable, oportuno, accesible, dinámico y sistemático. Es decir útil para el buen desarrollo de la obra de tal manera que no la encarezca ni la retrase.

Esta función es muy importante, por lo cual se requiere de la participación de elementos del propio personal de control de calidad, de la supervisión y de personal de producción o construcción, reuniéndose periódicamente para solucionar los posibles problemas de obra, tal y como vayan surgiendo.

Es importante mencionar que el área de control de calidad es el vinculo entre la fase de construcción y la de estimaciones o certificaciones de obra ejecutada. Es decir, el cliente normalmente considera como validos los números generadores cuando se anexan las evidencias que avalan los muestreos y ensayos por parte del laboratorio conforme a los procedimientos.

La elaboración de gráficas de control o larguillos anexos a los análisis estadísticos, son parte de las funciones que debe ejecutar el área de control de calidad.

Dentro de los alcances podemos decir que el control de calidad juega un papel muy importante durante la ejecución de la obra, puesto que, el personal con el que se cuenta para la verificación de los insumos y procesos constructivos, está capacitado para tales cargos. Una vez que el laboratorio de control de calidad emite un resultado en base a procedimientos de muestreo y ensaye, la residencia de la obra tiene elementos de juicio para la toma de decisiones en cuanto a: cambio de proceso constructivo, de insumos, de proyecto o bien impulsando el programa ganando con esto en tiempo, calidad de obra y economía, al existir certidumbre en las decisiones.

III.1.4 SU IMPORTANCIA EN LA CONSTRUCCIÓN EN LAS OBRAS CIVILES

Un conjunto de especificaciones, no es más que el resultado del trabajo en equipo de unos cuantos hombres señalados por sus conocimientos y experiencia. Es lógico pensar que este grupo humano realice un excelente trabajo, produciendo



normas razonables y ajustadas a la impresión del momento. Pero sin duda está en la mente de cada uno de ellos la idea de que su recomendación final ha de aplicarse a una obra cuyas características y circunstancias reales son desconocidas por el grupo. Esta idea a de forzarlo a ser prudente, por lo que no es raro que la obediencia ciega de normas técnicas preestablecidas a nivel internacional o nacional conduzca a trabajos conservadores y no óptimos, desde el punto de vista economía. El ingeniero que juzga pecaminoso apartarse una mínima parte de las normas y especificaciones de su institución, está reconociendo implícitamente que un grupo de hombres distinguidos, reunidos años atrás, es capaz de dar criterios de mayor validez a su propia obra, a la que se enfrenta hoy, y de lo que es capaz de hacer el actual grupo de trabajo con quien comparte responsabilidades.

Es claro que cualquier institución puede manejar las aparentes contradicciones anteriores de un modo lógico. Las especificaciones institucionales deben manejarse, en primer lugar, como el marco legal de la actividad técnica y en segundo, como la referencia última de la propia actividad técnica, válida en tanto no se le señalen limitaciones, variaciones o ajustes de detalle. Para todo esto último, cada proyecto importante deberá contener sus propias especificaciones complementarias, nacidas de sus propias características específicas; no debe tener miedo en producir unas especificaciones complementarias audaces, novedosas y ajustadas a los últimos datos de la experiencia y el conocimiento de la institución de que se trate.

Un conjunto de especificaciones técnicas, rector último de cualquier programa de control de calidad, debe ser competente, en el sentido de garantizar las normas esenciales de la calidad de la obra; debe ser también ajustado a las necesidades sociales y económicas de la nación que lo utiliza y también a sus características topográficas, climáticas, de tránsito, etc. En este sentido, la transcripción ciega de normas producidas por instituciones de otros países, por avanzadas que parezcan en el campo estrictamente tecnológico, suele conducir sistemáticamente a



políticas inadecuadas. Las especificaciones deben ser muy realistas, ajustadas a lo que debe lograrse dadas las características de un proyecto determinado y a lo que puede lograrse, dado el nivel tecnológico (personal obrero especializado, laboratorios de obra, equipo de construcción, etc.) del país que vaya a usarlas.

También deben ser capaces de garantizar que los materiales de calidad aceptable no sean rechazados. Este es uno de los aspectos importantes que hacen que al seguir en muchos países las normas producidas por otros, conduzca a errores de política. Es común, que las naciones cuyas especificaciones institucionales se transcriben en países en desarrollo, sean no sólo avanzadas en el terreno técnico, sino también en el económico; como consecuencia, sus caminos, ferrocarriles y aeropuertos, trabajan con volúmenes excepcionales o desconocidos en el país que adopta las normas. Esto conduce a que se rechacen muchas técnicas, procedimientos y materiales de uso económico, que sus vías con niveles de tránsito muy inferiores, podrían utilizar perfectamente. Lo que en realidad va a suceder, es que el país menos desarrollado económicamente va a descubrir, lo inapropiado para su propio consumo de las normas que está siguiendo, lo cual conducirá a violarlas sistemáticamente, generándose la consiguiente confusión.

En consecuencia, éste será el precio que se pague por el uso de especificaciones no realistas.

Otra condición básica de un conjunto de especificaciones, es contener tolerancias apropiadas, que dependen de un conocimiento completo de los factores que contribuyen a las variaciones de los diferentes conceptos. Debe existir una valuación de las consecuencias de no exceder tales tolerancias. Puede ayudar el establecer una clasificación de los criterios que pueden resultar de las desviaciones y defectos que puedan presentarse, una clasificación de tales conceptos podría ser, por ejemplo, la que se menciona a continuación:



- ✓ Crítico.-El defecto que puede hacer al concepto muy peligroso, de no corregirse.
- ✓ Importante.- El defecto que puede afectar al comportamiento en forma sería.
- ✓ Poco importante.- El defecto que puede afectar al comportamiento en forma poco sería.
- ✓ De contrato.-La transgresión del contrato que no tendrá consecuencias de importancia.

En el caso de productos que son mezcla de otros, las especificaciones deben permitir reconocer con facilidad cual es el componente responsable de las principales características que puede exhibir la muestra.

Otro aspecto importante en todo programa de control de calidad lo constituye el conjunto de pruebas de laboratorio, que proporciona lo que pudiera considerarse la base metodológica y técnica del programa. Las pruebas de laboratorio con fines de control deben cumplir algunas características, fáciles de comprender:

- ✓ Estar dirigidas a la comprobación de las características esenciales.
- ✓ Ser sencillas y rigurosamente estandarizadas.
- ✓ Ser rápidas en su realización.
- ✓ Ser de fácil interpretación.
- ✓ Requerir equipos económicos, fáciles de corregir y calibrar y de manejo simple.

Sólo así se podrán tener resultados confiables en los laboratorios de pie de obra, que son los que han de realizar el control, sin interferir o frenar los programas de construcción.



III.2 ESPECIFICACIONES DE OBRA CIVIL PARA CONCRETOS DEL P.H. EL CAJÓN, NAY.

III.2.1 GENERALIDADES DEL CONCRETO

El concreto hidráulico es una mezcla de materiales compuesta por gravas, arenas, agua, cemento y en algunos casos aditivos; y el mortero para inyección de anclas de fricción en suelo y roca es una mezcla de materiales compuesto por arena, agua, cemento y en algunos casos aditivos y/o resinas sintética de fraguando lento; todos estos elementos dosificados en cantidades determinadas previamente en el laboratorio mediante el diseño de mezclas, son utilizados para los diferentes tipos de concreto que se quiera en las diferentes obras que componen un proyecto hidroeléctrico, tal como se indica en los planos y especificaciones del mismo.

III.2.2 MATERIALES

III.2.2.1 Cemento

El cemento debe ser suministrado por el contratista en cantidad y calidad especificada, a granel o envasado, de acuerdo con el programa de construcción del proyecto. Para todas estructuras que constituyen las obras de esta especificación, se debe utilizar cemento Portland puzolánico tipo IP que cumpla con los requisitos físicos y químicos, (indicados por normas que se indiquen en las especificaciones de construcción de obra civil de la base de licitación). El cemento que se utilice debe estar libre de grumos o piedras que sean el resultado de su hidratación. No se permite el uso de cemento hidratado.

El contratista es responsable de la calidad del cemento que se utilice en la obra, por lo que es obligatorio contando los certificados de calidad de cada lote emitidos por el fabricante. En caso de que esto no sea posible, deben presentar certificados



de calidad de cada lote emitidos por un laboratorio que cumpla con los lineamientos de Entidad de México de Acreditación (EMA). El costo de los ensayos del cemento es por cuenta del contratista.

El contratista debe indicar a cliente (CFE) cual es el lote de cemento que se va a emplear, para que comisión lo identifique y verifique la existencia del certificado de calidad correspondiente.

El cliente (CFE) puede realizar en cualquier momento pruebas de laboratorio al cemento y el contratista debe de proporcionar todas las facilidades para la relación de esta prueba.

Cuando el cemento de maneja en sacos, éstos deben llevar el nombre, marca y tipo de cemento, y su peso normal (50kg). El cemento debe almacenarse en un local que lo proteja de la humedad y de los agentes atmosféricos.

Los sacos deben colocarse sobre tarimas de maderas separarse del suelo 10cm, formando lotes individuales dejando pasillos de por lo menos 60cm de ancho entre las pilas de sacos, cuya altura debe limitarse a 10sacos para evitar la excesiva compactación del cemento colocado en el lecho inferior.



Foto III.2.2.1.1 Almacén de cemento



No debe utilizarse cemento que permanezca almacenado por más de 60 días al menos que se demuestra mediante los resultados de ensayos físicos y químicos obtenidos en laboratorios que el cemento se encuentra en buenas condiciones.

III.2.2.2 AGUA

El agua que se utiliza en la obra debe obtenerse del río Santiago, debe estar limpia y libre de sólidos en suspensión; para el tal fin, deben construirse cárcamos debidamente preparados con materiales granulados filtrantes para extraer el agua y conducirla a tanques de almacenamiento cubiertos, con capacidad suficiente ubicados estratégicamente en la obra para poder realizar una distribución adecuada de líquido, con acceso para su limpieza y retiro de sedimentos depositados en los mismos.

Sistemáticamente el contratista debe de verificar la calidad del agua una vez por mes mediante pruebas realizadas por el laboratorio y debe entregar a comisión los resultados de los ensayos practicados.

Cuando los resultados de los ensayos del agua no sean satisfactorios, y no sea posible, se utilizara agua de otra fuente.

III.2.2.3 AGREGADOS

Durante el suministro de los agregados, el contratista debe verificar que estos cumplen con los requisitos de calidad requeridos por las normas, mediante la realización de pruebas en el lugar de su producción. El contratista debe entregar un informe técnico mensual emitido por su laboratorio en donde se encuentren las siguientes características de los agregados.

- Peso volumétrico seco suelto y compactado de arena y grava
- Colorimetría de arena.



- Intemperismo acelerado de arena y grava.
- Densidad y absorción de arena y grava.
- Abrasión de agregado grueso de hasta 38.1 mm.
- Granulometría de arena y grava.
- Reactividad
- Partículas planas y agregadas

La grava y la arena deben cumplir con los requisitos establecidos.

Para la grava se aplica los límites granulométricos dados en las designaciones No. 4; y 67; designadas como grava 2 y grava 1, respectivamente; la cantidad de material que pase la malla 200 no debe ser mayor del 1.5% y el porcentaje de partículas planas y/o alargadas no debe rebasar el 18% para los dos tamaños de grava y el coeficiente volumétrico mínimo aceptable es de 0.20. Los porcentajes indicados se realizan con el peso del producto obtenido en la trituración.

La arena debe tener un módulo de finura comprendido 2.4 y 2.8 y pasar el 100% la malla de 9.5mm. la cantidad de material fino que pase la malla 200 no debe ser mayor del 5% para agregado de aluvión, ni mayor de 7% para agregados triturados. La densidad de los agregados debe ser mayor de 2.5g/cm³. El material que no cumpla con los requisitos de esta norma debe ser rechazado.

La planta de agregado debe estar diseñada para clasificar y separar la grava de los siguientes tamaños:

- Grava 2 pasa 38.1mm-retenida en 19.1mm
- Grava 1 pasa 19.1mm-retenida en 43.75mm

Debido al pobre potencial de los bancos de aluvión y a la falta de arena en los bancos naturales existentes P.H. El Cajón, ésta debe obtenerse por medio de trituración de aluvión o roca, la cual debe cumplir con las características de arena



natural, evitando partículas planas y alargadas y cumplir con el modulo de finura indicando en este inciso y tener continuidad en su granulometría.

El contratista debe comprobar diariamente las características de los agregados, en la etapa previa a su utilización en la fabricación de mezclas, mediante las pruebas mencionadas.

La arena y las tres fracciones clasificadas de la grava deben depositarse sobre una plantilla de concreto pobre, con una pendiente mínima de 2% y con drenes adecuados para evitar encharcamientos; almacenarse por separado, manteniendo pasillos divisorios de por lo menos 5m de ancho para evitar que se mezclen o en su defecto colocar mampara de separación con altura suficiente para cumplir adecuadamente esa función.

Deben limitarse al mínimo el almacenamiento de los agregados formando pilas; cuando esto sea inevitable por formar varias pilas de altura reducida en vez de una sola de gran altura. En el caso de las gravas la formación de los almacenamientos debe hacerse por capaz extendidas horizontalmente, con taludes perimetrales de poca pendiente a fin de evitar la segregación; para el mejor manejo de material debe emplearse equipo que no produzca rotura de partículas.

Todos los almacenamientos de agregados deben ser identificados con claridad colocándoles letreros que indiquen el tipo de agregados, nombre del banco y fecha de producción.

Para tener un buen control de la humedad de los agregados de la mezclas de concreto y/o mortero, si los agregados se riegan con agua, se podrán utilizar solo sin han drenado durante un tiempo suficiente: 8hrs para arena, 5hrs para grava con tamaño menor a 19.1mm; y 3hrs para grava de 38.1mm a 19.1mm.



III.2.2.4 DOSIFICACIÓN DE MEZCLA

El contratista tiene la responsabilidad de elaborar las mezclas de acuerdo a las dosificaciones diseñadas y ensayadas por el mismo. Los diseños de las mezclas de concreto deben de cumplir con los requisitos de resistencia y durabilidad indicados en los planos de diseño y respetar las relaciones de agua-cemento especificadas en el reglamento ACI 318. Previo a su uso, el contratista debe poner a la consideración y aceptación de la comisión, el diseño de la mezcla, para lo cual debe presentar la documentación que contenga los datos de diseño y los resultados obtenidos en la mezcla de prueba del concreto fresco y endurecido.

La resistencia de algunos concretos que se utilizan en la construcción del proyecto, se indican en seguida.

Concreto simple $f'c = 9.81$ MPa (100 kg/cm^2) en plantillas.

Concreto simple o reforzado $f'c = 14.72$ MPa (150 kg/cm^2) en banquetas, firmes, registros, cimentaciones menores, restituciones y rellenos.

Concreto reforzado $f'c = 19.62$ MPa (200 kg/cm^2) en muros, losas y elementos estructurales en edificios.

Concreto reforzado $f'c = 24.53$ MPa (250 kg/cm^2) en plinto y cara de concreto, losas, muros y empaques de casa de maquinas, galería de oscilación, túnel de aspiración, pilas, cimacio y cubeta deflectora.

Concreto reforzado $f'c = 29.43$ MPa (300 kg/cm^2) en losa del canal de descarga del vertedor.

Concreto reforzado $f'c = 34.34$ MPa (350 kg/cm^2) en zona de cables de postensado en pila de vertedor.



Concreto lanzado $f'c = 17.66 \text{ MPa}$ (200 kg/cm^2) en túneles de desvío, taludes, caverna de casa de maquinas, galería de oscilación y túnel de desfogue.

Mortero $f'c = 17.66 \text{ MPa}$ (180 kg/cm^2) como empaque de anclas y tratamiento dental.

Sin embargo, las resistencias se deben obtener del diseño ejecutivo.

III.2.3 CONTROL DE CALIDAD

El contratista tiene la obligación de contar en el sitio del proyecto con un laboratorio que cumpla con los lineamientos de la EMA y debe aplicar un sistema de aseguramiento de calidad en todas las actividades y procesos de construcción para estructuras de concreto, tal como se indica en el capítulo 14 “SISTEMAS DE CALIDAD, ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL Y ADMINISTRACIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO” de estas especificaciones.

En el laboratorio y en el sitio, los ensayos y pruebas deben de hacerse con procedimientos escritos y autorizados por comisión; estos documentos deben formar parte del sistema de aseguramiento de calidad. El personal responsable tanto de construcción como de supervisión del contratista debe ser calificado y contar con la capacitación que se requiere para la construcción de proyectos hidroeléctricos.



Foto III.2.3.1 Pruebas de laboratorio



III.2.4 CONCRETO LANZADO

La aplicación del concreto lanzado tiene como fin proteger superficies de roca contra la erosión e intemperismo, para proveer soporte en zonas de lato fracturamiento o alteración en macizos de roca, y para permitir la regulación de superficie de roca sobre la que se apoyan otros materiales.

Se deben respetar las recomendaciones del comité ACI-506 correspondientes a las especificación de materiales, proporcionamiento y aplicación del concreto lanzado. El refuerzo puede ser mediante malla electrosoldada o agregado de fibras metálicas.

El concreto lanzado es una mezcla de agua, cemento, aditivo, acelerante y agregados pétreos bien graduados (arena y grava), no mayores de 19.1mm, su colocación se debe realizar mediante la fuerza controlada de aire a presión, que se proyecta a través de una boquilla sobre la superficie de aplicación, para obtener un recubrimiento de concreto compactado y resistente.

El proceso de mezcla seca de concreto lanzado, es aquel en el cual se incorpora en la boquilla por donde se proyecta la mezcla de concreto; en este caso, si el aditivo acelerante es polvo, se adiciona en la mezcla de los materiales. Si el aditiv



es liquido, se agrega al agua.

Foto III.2.4.1 Concreto lanzado

En el proceso de mezcla húmeda, todos los materiales se mezclan previamente produciendo una revoltura de consistencia plástica, la cual se lanza a través de una boquilla provista con alimentación adicional de aire.



III.3 ESPECIFICACIONES DE OBRA CIVIL PARA ACERO DE REFUERZO Y ACERO ESTRUCTURAL DEL P.H. EL CAJÓN, NAY.

III.3.1 GENERALIDADES DEL ACERO

En este capítulo se especifican los requisitos que deben cumplir el acero de refuerzo, el acero estructural y la malla de alambre electrosoldada, incluyendo: suministro, manejo, transporte, habilitado, corte, doblado, colocación y acabados. Las normas o especificaciones que se mencionan corresponden a la última edición o versión.

III.3.2 ACERO DE REFUERZO

El acero de refuerzo (varilla corrugada) es el elemento utilizado en el concreto para absorber los esfuerzos de tensión y para la estabilidad de taludes por medio de anclaje. El habilitado es el proceso para dar las formas requeridas conforme a los planos de proyecto, y la colocación es la disposición y sujeción indicada en dichos planos para ser ahogado en las estructuras de concreto.

Se debe utilizar acero de refuerzo $f_y = 412.02$ MPa (4200 kg/cm²) y malla de alambre electrosoldada de 10 x 10 x 0.50 cm y $f_y = 515.02$ (5250 kg/cm²), que cumpla con las normas DGN-B252 Y ASTM A 185.

La verificación de la calidad del acero es responsabilidad del contratista, por lo tanto este presentar a Comisión el certificado de calidad de cada uno de los lotes que adquiera, expedido bien sea por el fabricante del acero o bien por un laboratorio acreditado ante la EMA. Si no se cuenta con el certificado de calidad, el acero de refuerzo no debe utilizarse.



El certificado de calidad debe contener los análisis físico-químicos de cada lote de acero de refuerzo que se utilice en obra. Los ensayos se hacen de acuerdo con lo indicado en las normas ASTM C 615 o ASTM C 616.

Todo el acero de refuerzo debe ser nuevo, libre de oxidación u otros materiales; si durante el proceso constructivo requiere limpiarse, esto se ejecuta por medios mecánicos, los cuales pueden ser: chorro de arena, cepillo de alambre o pulidora con cerdas de alambre, para cumplir con lo indicado en el Reglamento ACI 318.

El acero de refuerzo debe almacenarse clasificándolo por diámetros y grados sobre plataformas, polines u otros soportes. Los soportes no deben tener una separación mayor de 3.00m; las condiciones de almacenamiento deben ser tales que se evite su deterioro por corrosión, contaminación (aceite, pintura, lodo) y maltrato.

III.3.3 ACERO ESTRUCTURAL

El contratista es responsable del suministro, fabricación, transportación, habilitado y colocación del acero estructural que se requiera en el proyecto. Se deben colocar placas de acero y perfiles laminados o formados por placas ASTM A-36, o el indicado en los planos de proyecto.

Los elementos y construcciones a base de acero estructural en cualquier sitio del proyecto, se norman con base en lo asentado en la especificación de CFE, salvo indicación expresa de la supervisión en otro sentido.

III.3.4 ALCANCE

A continuación se establece una relación de los componentes, sistemas y servicios que integran el alcance del suministro, el cual es indicativo más no



limitativo y el contratista debe prever los frentes donde se pudiera utilizar acero estructural:

a) estructura de acero. Todos los materiales y mano de obra, uso de maquinaria y herramientas necesarios para la fabricación y montaje de las estructuras principales, plataformas, escaleras, partes fijas, y en general todo el acero misceláneo del proyecto y que comprende los siguientes elementos.

- Tubería de presión.
- Marco de soporte en excavaciones subterráneas y en túneles falsos.
- Compuertas.
- **Anclajes y pernos.**
- Placa base de apoyo para columna.
- Columnas y perfiles laminados y formados con placas.
- Trabes, contraventeos, vagas o largueros de perfiles laminados o formados por placas.
- Perfiles laminados de ángulos y canales.
- Barandales de tubo, sección rectangular o perfiles laminados.
- Ménsulas formadas por placas.
- Marcos de puertas y ventanas.
- Placas de piso lisas o antiderrapantes.
- Tapa de rejilla para escotilla con marco y contramarco.
- Estructura y trabe metálica para apoyo de riel.
- Estructura metálica en subestación.
- Riel para grúa viajera.
- Tirantes de sección circular o cuadrada.
- Vigas para monorrieles.
- Ángulos, tés, separadores, clips y otros miembros de sujeción.
- Tornillos, tuercas y rondanas según planos.



- Lamina troquelada para puertas.
- Celosía para protecciones.
- Pisos de rejillas y protección de la lamina antiderrapante para escalones.
- Soldadura de taller.
- Recubrimiento anticorrosivo primario.
- Galvanizado de estructuras.

Todos los materiales utilizados en la fabricación de estructura de acero deben ser nuevos y cumplir con los requerimientos de las normas mencionadas.

- b) Transporte. El transporte al sitio de la obra es responsabilidad del contratista, incluyendo el embarque, la carga y el seguro correspondiente.

Características generales

Todos los materiales utilizados en la fabricación de estructuras de acero deben de ser nuevos y cumplir con los requerimientos de las normas.

III.3.5 CONTROL DE CALIDAD

a) Generalidades

La comisión se reserva el derecho de revisar el material y trabajo. El contratista debe notificar con suficiente anticipación las fechas de fabricación en el taller, de manera que comisión programe sus visitas de inspección.

El contratista se obliga a proporcionar a la comisión todas las facilidades que le permitan cerciorarse de que los materiales y las pruebas a que se sujetan son satisfactorios para los requisitos especificados.



Los informes sobre todas las pruebas hechas por el contratista, así como los informes de avance y algunos otros semejantes que se envían a comisión, deben redactarse en español.

b) Pruebas

Se deben efectuar las pruebas en la planta laminadora para la determinación de las propiedades físicas y químicas del acero utilizado en el trabajo.

Previo embarque, se debe montar temporalmente en el taller del contratista para revisar la precisión del trabajo, los largueros, columnas y partes principales de la estructura de acero, a fin de que sean aceptados por la comisión.

Todas las soldaduras de placas de espesor mayor o igual a 50.8 mm que trabajan a tensión o de miembros principales, deben someterse a pruebas de ensayo no destructivos del tipo radiográfico, ultrasonido o de partículas magnéticas, según lo especifique comisión.

c) Aceptación

La comisión se reserva el derecho de rechazar cualquier trabajo que presente errores de fabricación o de ordenar que se realicen las correcciones necesarias. El costo de dichas correcciones es por cuenta del contratista.

La estructura y sus accesorios no son aceptados hasta que efectúe su montaje, previa conformidad de la comisión.

Las entregas hechas por el contratista al cliente tienen que estar de acuerdo con el programa de fabricación establecido.



III.4 PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA DE FLUIDEZ PARA MORTERO DE INYECCIÓN EN ANCLAS

El método para establecer la prueba para la determinación de la fluidez en morteros para inyección en rocas, se basa en un procedimiento que se aplica a los morteros de inyección que se utilizan en los anclajes.

III.4.1 DEFINICIONES DEL MORTERO

- **Fluidez:** Es una medida de la consistencia del mortero.
- **Mortero:** Consiste en un fluido compuesto principalmente por una mezcla de agua, cemento y agregados finos (arena).

La responsabilidad de este procedimiento para la correcta ejecución es del laboratorio de control de calidad.

Previo al inicio de la ejecución de la prueba se debe de contar con el equipo calibrado.

- calibración del cono de fluidez.
- Tomar firmemente el cono de fluidez evitando cualquier tipo de vibración, asegure la verticalidad del cono, cierre con un dedo la boquilla del cono, introduzca 1 725 +/- 5 ml de agua dentro del cono y/o ajuste el nivel a esta capacidad, inicie la descarga de agua en el cono y tome el tiempo de descarga, si el tiempo de descarga es de 8.0 +/- 0.20 seg. el cono está listo para usarse.



III.4.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO.

Preparación de la muestra.

Después de que se haya preparado el mortero para la inyección en el equipo correspondiente, se toma una muestra de mortero para la ejecución de la prueba.

Ejecución.

- Humedezca la superficie interna del cono.
- Tape el orificio del cono con el dedo.
- Introduzca la muestra de mortero hasta el nivel de aforamiento.
- Simultáneamente, deje salir el mortero del cono e inicie a tomar el tiempo de descarga con un cronometro, para el reloj al momento donde ya no exista continuidad de descarga del mortero.
- Mire dentro del cono, si existe luz visible, el tiempo indicado por el cronometro es el tiempo vaciado del mortero. Si no hay luz visible la consistencia del mortero no es la adecuada y la prueba de fluidez no es aplicable.
- El tiempo de fluidez es aceptable en dos pruebas cuando el promedio de los dos es $\pm 5\%$.
- El tiempo máximo para la realización de cada prueba no será mayor de 1 minuto desde el momento de introducir el mortero al cono.
- Se registraran y reportan los valores de fluidez con aproximación a 0.2 seg. en un formato con los siguientes datos como la siguiente figura (III.4.2.1)



Foto III.4.2.1
Prueba de fluidez de mortero



III.5 PROCEDIMIENTO PARA PRUEBA DE EXTRACCIÓN DE ANCLAS DE FRICCIÓN EN SUELO Y ROCA.

Tiene como fin, establecer las tareas y los equipos necesarios o específicos ligados a la instalación y prueba de extracción de anclas de fricción en suelo y roca.

El campo de aplicación de este procedimiento se aplica a todas las obras de construcción, en las que se requiere la utilización de instalaciones ancladas en suelo y roca.

La información para este procedimiento se basa en las normas:

- ASTM D 4403-94(Instalación de anclas de fricción).
- ASTM D 4435-84(Prueba de tirón de anclas de fricción)

III.5.1 DEFINICIONES Y TERMINOLOGÍA

- **ANCLA:** Varilla corrugada de acero de alta resistencia (f_y 4200 kg/cm²) y la longitud efectiva de anclaje en roca de acuerdo a proyecto.
- **GATO HIDRÁULICO:** Instrumento con capacidad mayor a la carga especificada para el ensaye, con carrera mínima de 5 cm.
- **BOMBA HIDRÁULICA:** Elemento con el cual se inyecta aceite a un gato hidráulico incrementando la presión, dicha presión es regulada con un manómetro.
- **MANÓMETRO:** Equipo que mide la presión ejercida por el gato hidráulico.



- *INDICADOR DE CARÁTULA*: Equipo con el cual se miden los desplazamientos inducidos por el empuje que proporciona el gato hidráulico.
- *VIGA DE ERECCIÓN*: Sistema de soporte del gato y del indicador de carátula.
- *ESFUERZO DE FRICCIÓN*: Esfuerzo transmitido por la barra de acero a las superficies en contacto barra-mortero y mortero-terreno.
- *DESPLAZAMIENTOS*: Movimientos del terreno y ancla, en respuesta y en la misma dirección a la aplicación de las cargas.
- *DISPOSITIVO DE MEDICIÓN DE LOS DESPLAZAMIENTOS*: Conjunto de accesorios e instrumentos que sirven para registrar los desplazamientos generados en el ancla durante la prueba, cuando se aplican las cargas respectivas. Generalmente está constituido por micrómetro y base magnética.
- *FALLA DE ANCLA*: Condición que se presenta durante la prueba, cuando el desplazamiento empieza a aumentar significativamente y la carga que se aplica es mínima. Este fenómeno puede presentarse en la barra de acero, en los contactos barra de acero-mortero o en el terreno circundante al ancla.

La responsabilidad del diseño e interpretación de la prueba es del ingeniero que solicite ensaye.

El correcto desarrollo de la prueba será responsabilidad del técnico junto con el ingeniero y/o supervisor así como utilizar correctamente el equipo de seguridad, y verificar antes de cada prueba su correcto funcionamiento.



La responsabilidad del diseño e interpretación de la prueba será del ingeniero que solicite el ensaye.

El correcto desarrollo de la prueba será responsabilidad del técnico junto con el ingeniero y/o supervisión así como utilizar correctamente el equipo de seguridad, y verificar antes de cada prueba su correcto funcionamiento.

El personal requerido para esta prueba debe tener habilidad para leer los indicadores de carátula y manómetros en la bomba hidráulica.

El equipo debe estar calibrado y/o verificado.

III.5.2 PRUEBA DE EXTRACCIÓN DE ANCLAS

Se ubican los sitios donde sea necesario colocar anclas para pruebas de acuerdo a lo indicado en el proyecto.

Se prepara el área donde se instalara el ancla, se procede a efectuar la perforación de los barrenos para el anclaje con un diámetro de 2" como mínimo y una profundidad de 3.00m.

Terminando el barreno, se procede a la limpieza del mismo, sopleteando con aire o lavándolo con suficiente agua, de tal manera que sea retirado el material producto de la barrenación; introduciendo el ancla manualmente hasta la profundidad indicada en el proyecto.

Colocación de mortero o lechada, o resina sintética.

El mortero hidráulico por colocar debe tener una resistencia a compresión simple mínima de 180 kg/cm², verificándose mediante ensayos de cilindros de prueba 7, 14, 28 días.



Antes de vaciar el mortero en el barreno, se llena este de agua, con el objeto de evitar pérdida de agua en la mezcla.

Efectuando lo anterior se procede a vaciar el mortero dentro de la perforación, para lo cual se utiliza una manguera con suficiente longitud, de tal forma que se deposite en primer instancia dicho mortero en el fondo del barreno y se vaya avanzando con forme se desplaza el agua previamente introducida, manteniendo la manguera siempre sumergida en la mezcla. Inmediatamente después del vaciado del mortero se introduce la varilla.

Para centrar el ancla dentro de barreno a menos que exista otro método de proyecto, se debe soldar a su alrededor tres tramos de alambrión de 0.64m (1/4”), espaciados a cada 80 cm a lo largo de la varilla.

III.5.3 PRUEBA DE EXTRACCIÓN DE ANCLAS A TENSIÓN POR FRICCIÓN

Para la ejecución de las pruebas será necesario utilizar el siguiente equipo:

- Gato hidráulico de pistón hueco, con capacidad mayor a la carga especificada para el ensaye, con carrera mínima de 5cm.
- Bomba hidráulica manual con manómetro o sistema de manómetros para la carga de prueba.
- Indicadores de carátula con carrera mínima de de 50mm y precisión mínima de 0.05mm.
- Viga de reacción para el soporte del gato, de tal longitud que sus apoyos queden fuera de la zona que pudiera ser levantada por la fuerza de tracción. Se puede utilizar un banco de apoyo cuando la prueba se realice dentro de la cepa.
- Bases magnéticas para soporte de los indicadores de carátula para medición de deformaciones.



Los apoyos de la viga de reacción descansan sobre una superficie limpia y tan resistente como sea posible, se acondicionan de tal forma que la viga quede perpendicular al ancla.

En el caso de que el ancla por ensayar, sea instalada en una roca sana, resistente y sin discontinuidades, que permita descansar la posibilidad de una falla por levantamiento del terreno, puede sustituirse la viga de reacción por un banco de apoyo metálico.

Una vez instalado el sistema de carga (apoyo, viga, gato hidráulico, bomba y manómetro, etc.), se aplica una precarga del 10% del valor de la carga máxima proyectada para este ensaye, durante 5 ó 10 minutos para comprobar la buena estabilidad del sistema de reacción y descargar de nuevo a 0% e iniciar los ciclos de prueba.

Los resultados son reportados en el reporte correspondiente.

Los requisitos de mínimos para un rango de valores, nivel de carga y descarga aplicables según el tipo de ensaye, a menos que se especifique otra cosa en los planos, serán los siguientes.



Foto III.5.3.1 Prueba de extracción de ancla



| TIPO DE PRUEBA | CONDICIÓN DE PRUEBA | % DE INCREMENTO DE CARGA | TIEMPO MÍNIMO DE ESPERA PARA CADA INCREMENTO |
|----------------|-------------------------------------|--------------------------|----------------------------------------------|
| Diseño | Carga máxima de diseño | 25 | 10 minutos |
| | | 50 | 10 minutos |
| | | 70 | 10 minutos |
| | | 25 | 10 minutos |
| | | 90 | 10 minutos |
| | | 100 | 30 minutos |
| | | | |
| Diseño | Hasta la rotura | 0 | 10 minutos |
| | | 25 | 10 minutos |
| | | 50 | 10 minutos |
| | | 70 | 10 minutos |
| | | 80 | 10 minutos |
| | | 90 | 10 minutos |
| | | 100 | 10 minutos |
| | | | |
| Rutina | 65 % de la carga máxima del cálculo | 0 | 3 minutos |
| | | 25 | 3 minutos |
| | | 50 | 3 minutos |
| | | 70 | 3 minutos |
| | | 80 | 3 minutos |
| | | 90 | 3 minutos |
| | | 100 | 3 minutos |

Los ensayos se efectúan ya sea controlando la carga o controlando la deformación.

III.5.4 ENSAYE CON CARGA CONTROLADA.

Con una velocidad de carga entre 0.5 y 1.0 ton/min., se aplican incrementos según el cuadro anterior registrándose la deformación correspondiente, después de que se establezcan las lecturas en los indicadores de carátula después de cada incremento.



III.5.5 ENSAYE CON DESPLAZAMIENTO CONTROLADO.

Este procedimiento se aplica cuando los desplazamientos son importantes para incrementos bajos de carga, en cuyo caso se aplican las cargas requeridas para producir un desplazamiento entre 5 y 10 mm/min, registrando la carga a cada 5mm.

El ensaye se considera como concluido cuando se presentan las siguientes situaciones: Ruptura de ancla; Extracción de ancla, antes de alcanzar la carga prevista; cuando los desplazamientos exceden los valores permisibles; y cuando se alcanza la carga máxima prevista para la prueba.

III.5.6 RECURSOS PARA PRUEBA

Equipo:

- Ⓢ Gato hidráulico.
- Ⓢ Bomba hidráulica con manómetro.
- Ⓢ Base magnética.
- Ⓢ Juego de llaves españolas.
- Ⓢ Juego de desarmadores.
- Ⓢ Martillo de uñas.
- Ⓢ Cúter.
- Ⓢ Mordazas.
- Ⓢ Indicador de carátula.
- Ⓢ Estructura metálica.
- Ⓢ Equipo de seguridad.(guantes térmicos, goggles, faja de seguridad, casco de seguridad, arnés)



Mano de obra:

- Ⓢ Ingeniero.
- Ⓢ Supervisor.
- Ⓢ Laboratorista.

Materiales:

- Ⓢ Flexómetro.
- Ⓢ Cinturones de plástico.
- Ⓢ Vidrios de 10 x 0,6 cm de espesor.
- Ⓢ Resistol 5000.
- Ⓢ Silicón.
- Ⓢ Papel aluminio.
- Ⓢ Franela.



Foto III.5.6.1 Equipo y materiales para prueba

CAPÍTULO IV

**DESARROLLO DE
PRÁCTICAS
PROFESIONALES**



IV.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS PRÁCTICAS PROFESIONALES

El desarrollo de las prácticas profesionales en el proyecto hidroeléctrico el cajón tiene como objetivo obtener un tema de tesis en una obra reciente y que mejor que en un proyecto de gran magnitud.

De tal forma en este capítulo hago mención de las actividades que realice durante mi estancia en el proyecto como residente profesional, dando a conocer momentos y experiencias como recién egresado, de tal forma demuestro resultados de las pruebas de extracción de las anclas.

Estando en el área la coordinación de Control de Calidad de la dependencia del área de ingeniería, asignándome la responsabilidad de la supervisión de los tratamientos de la roca en anclaje, supervisión de procesos constructivos de colocación e inyección de anclas, elaboración de programas para pruebas de extracción de anclas y la coordinación de la brigada del personal para el ensaye de dichas pruebas.

En el departamento de control de calidad se tenía un programa de realización de pruebas de extracción de anclas con respecto a los diferentes frentes de cada una de las obras del proyecto, para elaborar y programar las pruebas de extracción de anclas se tiene que ver el programa de obra de cada uno de los frentes, verificar que en la obra realmente vayan con el avance de lo programado, teniendo larguillos o croquis del programa de avance, es como se programa dichas pruebas para su ejecución por frentes e ir liberando zonas con la supervisión de la obra con respecto a los procedimientos de construcción, las pruebas de extracción de anclas se realizan 1 @ 70 anclas colocadas e inyectadas, del ancla que se programa para cada prueba debe tener como mínimo 28 días de inyectada para obtener la resistencia máxima del mortero de inyección, la cual su resistencia del mortero por diseño de proyecto es de 180 kg/cm^2 como ya se menciona en el



capítulo 3, las anclas tienen diferentes longitudes y diámetros , variando desde 4m hasta 30m de longitud y un diámetro de 1" y 1 ½" (puede haber más diámetros y longitudes, dependiendo el proyecto), las anclas están colocadas a diferente separación dependiendo al diseño del proyecto, estos patrones de separación variaba desde 1m hasta 2.5m, entre una ancla y otra.

IV.2 DESCRIPCIÓN DE COLOCACIÓN DE LAS ANCLAS

El inicio de la colocación de las anclas se determina después de tener los datos de diseño donde serán colocadas, teniendo un corte en talud de suelo ó roca.

Teniendo lista el área se procede a marcar con la topografía los puntos si es necesario determinar una zona de anclaje y/o se traza líneas llevando a cabo el patrón de separación requerido, teniendo los puntos se realiza el acomodo de las perforadoras para iniciar con la barrenación, con la perforadora Tamrock principalmente se utiliza en barrenos verticales, también puede hacer barrenos horizontales pero hasta un nivel que le sea fácil la maniobra debido a su peso, pero existen otras perforadoras más ligeras que se puede hacer la maniobra menos riesgosa para descolgarse en taludes de mayor altura estas son las perforadoras Estenuik, claro con su debida precaución para gente que realiza estos trabajos.



Foto IV.2.1 Perforadora Tamrock



Foto IV.2.2 Perforadora Estenuik

De igual forma para la colocación de las anclas en algunos casos se colocan de forma manual y en caso de no poderlo hacer de forma manual se utiliza grúas o alguna maquinaria para la colocación debido a la longitud del ancla, en algunos casos se utilizaba manipulador especie de grúa con canastilla para la colocación y de igual forma se utilizo para las pruebas, en un caso muy extremo que la longitud del ancla sea mayor y no se tenga la posibilidad de utilizar una grúa, esta ancla se tendrá que poner en partes uniéndola con coplees con su respectivo control de calidad para quedar bien colocada el ancla.



Foto IV.2.3 Manipulador utilizado para colocación de anclas y pruebas de extracción de anclas

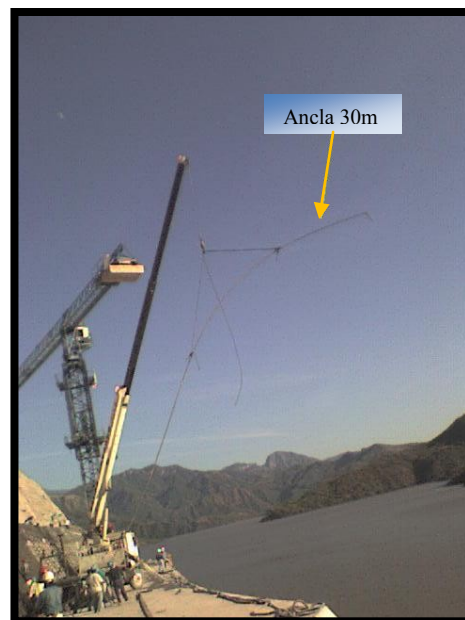


Foto IV.2.4 Colocación de ancla de 30m



Para la colocación de las anclas deben de tener 3 separadores de alambrión de ¼” soldados alrededor de la varilla a cada 80cm a lo largo del ancla, esto es para centrar el ancla en el barreno, antes de introducir el ancla se lava el barreno con agua a presión para que al momento de la inyección no pierda agua el mortero, ya teniendo el barreno lavado y colocada el ancla (varilla corrugada) se calafatea la parte final del ancla dejando dos mangueras una para la inyección del mortero y la otra de salida para verificar que realmente quedo lleno el barreno del ancla, en el caso de que el ancla este vertical en piso no se calafatea solo se para la inyección cuando resurja el mortero. En algunos de los casos las anclas son en la parte final de gancho para el hacer el amarre del armado de muro o losa de concreto, y en el caso de que el ancla quedara en la parte final con rosca en forma de tornillo en roca se colocara una placa con tuerca y después se coloca el concreto lanzado para la estabilidad del talud.



Foto IV.2.5 Ancla de gancho de 1” Ø x 4m en piso para losa de canal de descarga.



Foto IV.2.6 Ancla de gancho de 1 ½” Ø x 30m en talud para muro de contención en canal de llamada.



IV.3 ELABORACIÓN E INYECCIÓN DE MORTERO

La elaboración del mortero se hacia la mezcla en campo con un agitador de mano o con planta de inyección Hany 70ic70, con una dosificación de cemento tipo II(saco) (50kg), arena (26Kg) y agua (27Lts) esta mezcla de mortero es para una resistencia de 180kg/cm^2 con respecto a especificaciones de proyecto (está dosificación varea de resistencia dependiendo el tipo de arena).



Foto IV.3.1 Mezcla de mortero en agitador de mano y llenado en satélite para inyección de ancla.

El mortero debe de cumplir con una prueba de fluidez para poder ser inyectadas las anclas. Esta prueba se realiza con el quipo que consta de: Cono de fluidez, Probeta graduada de 1000, 500, 100 ml, para calibración y Cronómetros. Se toma una muestra de mortero de la mezcla ya preparada con el equipo correspondiente,



se prepara el cono de fluidez, se tapa el orificio del cono, se vacía el mortero hasta el nivel de aforamiento, simultáneamente se deja salir el mortero y se empieza a tomar el tiempo con el cronometro, si existe luz visible, el tiempo indicado por el cronometro es el tiempo vaciado del mortero. Si no hay luz visible la consistencia del mortero no es la adecuada y la prueba de fluidez no es aplicable. El tiempo de fluidez es aceptable en dos pruebas cuando el promedio de los dos es $\pm 5\%$. El tiempo máximo para la realización de cada prueba no será mayor de 1 minuto desde el momento de introducir el mortero al cono. Se registran los valores y se toman muestras para ensaye en el laboratorio.



Foto IV.3.2 Prueba de fluidez de mortero para inyección de anclas.

**IV.4 EQUIPO Y HERRAMIENTA PARA PRUEBA DE RUTINA**

Para la realización de la prueba se tiene que tener el siguiente equipo:

| DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | UNIDAD |
|-------------------------------------|----------|--------|
| Arnés de seguridad | 4 | pieza |
| Cuerda para arnés | 3 | pieza |
| Llave stilson 18" | 1 | pieza |
| Cinzel de acero | 2 | pieza |
| Marro mango de madera | 1 | pieza |
| Banco de acero fijo | 1 | pieza |
| Banco tipo tripie | 1 | pieza |
| Placa centro hueco | 2 | pieza |
| Espárrago cuerda fina de 1" | 1 | pieza |
| Espárrago cuerda standard de 1" | 1 | pieza |
| Espárrago cuerda fina de 1 3/8" | 1 | pieza |
| Espárrago cuerda standard de 1 3/8" | 1 | pieza |
| Espárrago cuerda fina de 1 1/2" | 1 | pieza |
| Espárrago cuerda standard de 1 1/2" | 1 | pieza |
| Bomba hidráulica | 1 | pieza |
| Manómetro | 1 | pieza |
| Gato hidráulico | 1 | pieza |
| Micrómetro | 1 | pieza |
| Base imantada para micrómetro | 1 | pieza |
| Caja de herramientas | 1 | pieza |
| Caja de plástico | 1 | pieza |
| Rotulas cromadas | 1 | juego |
| Mordazas y cuñas | 1 | juego |
| Dado de acero | 1 | pieza |
| Llave stilson de 24" | 1 | pieza |
| Guantes de carnaza | 4 | par |
| Protectores auditivos | 4 | pieza |

Tabla IV.4.1 Equipo y herramienta

Los equipos y herramienta mencionados en esta tabla pueden variar dependiendo el tipo de prueba que se vaya a realizar.



IV.5 DESCRIPCIÓN DEL DISPOSITIVO DE REACCIÓN PARA PRUEBA DE RUTINA

Teniendo las anclas colocadas e inyectadas y cumpliendo con el tiempo resistencia máxima de 28 días, se procede a programar las anclas por obras o frentes de cada obra, para poder identificarlas se marcan con pintura de aerosol y realizarla el día programado. Si el ancla que se ensayará se encuentra en roca con ángulos mal para la colocación del dispositivo de reacción, se trabaja la zona para el acomodo del banco de apoyo y reacción en conjunto con el gato hidráulico y sea según el caso del ancla, si es varilla corrugada se utiliza mordazas para fijar el gato del ancla ó si fuera de esparrago el ancla se coloca una extensión que acopla a un espárrago y en la parte final se coloca una placa con tuerca para poder dar la tensión, la zona se tiene que trabajar con herramienta adecuada para no perder estabilidad del dispositivo a la hora de dar tensión con el equipo (banco, gato hidráulico, bomba, etc.), la zona de apoyo se va dando forma con martillo ó marro y cincel para acomodo de la base del dispositivo ó en otros casos se coloca una placa de acero y/o una base de concreto (tipo dado). Ya teniendo el dispositivo de reacción se coloca el micrómetro y se procede hacer una pre-prueba de acomodo del equipo con la bomba con manómetro se da la presión al gato hidráulico, si requiere nuevamente un acomodo el equipo se ajusta y así tendremos listo el equipo para poder realizar la prueba de extracción de ancla.

El registro de las lecturas de desplazamiento se anota en un formato para reportar la prueba como aceptada o rechazada, en caso de que no cumpla con las especificaciones de proyecto o falle la prueba, en conjunto con la Supervisión se indica aleatoriamente el ancla próxima a ensayar. El ancla que se debe ensayar tiene que estar cercana a la que fallo.



Foto IV.5.1 Acomodo de base (tripie) y gato hidráulico.



Foto IV.5.2 Dispositivo de reacción listo para prueba



Foto IV.5.3 Prueba de extracción de ancla. Dando carga al ancla.

Dentro de todas las pruebas de extracción de anclaje, se realizaron unas pruebas especiales en anclas verticales para la losas del canal de descarga en las cuales se utilizó el siguiente procedimiento.

IV.6 PROCEDIMIENTO DE PRUEBA ESPECIAL EN ANCLAS DE PISO

IV.6.1 PROPÓSITO DE PRUEBA

Establecer los lineamientos generales para la ejecución de la prueba de anclaje in situ a barras de acero previamente ancladas al terreno, cuyo objetivo es el de verificar que la resistencia de trabajo de dichas barras de acero este dentro de los limites previamente establecidos.



IV.6.2 ALCANCE

Este procedimiento es aplicable a las actividades relacionadas con la prueba de anclaje, como son la preparación del sitio, selección del equipo adecuado, procedimiento de ejecución de la prueba in situ y presentación de resultados.

IV.6.3 REFERENCIAS

- Especificaciones y recomendaciones para la instalación y prueba de anclas de fricción. Anexo CFE.
- Brown, E.T., Rock Characterización Testing and Monotoring (ISMR Suggested Methods), Pergamon Press, London 19, “Suyggested Methods for Rock Bolt Testing”, pag 163 – 166.

IV.6.4 DEFINICIONES

- ✓ **Ancla.** Barra de acero de un cierto diámetro y longitud preestablecidos, introducida al terreno a través de un barreno con un diámetro de la barra y ahogada en su interior con mortero de cemento u otro producto similar (resina epóxica) capaz de soportar y transmitir las cargas de trabajo de la barra al terreno involucrado.
- ✓ **Esfuerzo de fricción.** Esfuerzo transmitido por la barra de acero a las superficies en contacto barra – mortero y mortero – terreno.
- ✓ **Desplazamiento.** Movimientos del ancla y el terreno, en respuesta y en la misma dirección a la aplicación de las cargas.
- ✓ **Dispositivo de la carga.** Conjunto de diversos equipos que sirven para proporcionar y medir las cargas que se transmiten al ancla. Por lo general este constituido: gato y bomba tipo hidráulico, manómetro, mordazas y vigas de acero para reacción contra el terreno.



- ✓ **Dispositivo de medición de los desplazamientos.** Conjunto de accesorios e instrumentos que sirven para registrar los desplazamientos generados en el ancla durante la prueba, cuando se le aplican las cargas respectivas. Generalmente está constituido por micrómetros, bases magnéticas y una estructura tubular fijada fuera del área de la prueba, para sujeción de los instrumentos antes mencionados.

- ✓ **Falla del ancla.** Condición que se presenta durante la prueba, cuando el desplazamiento empieza a aumentar significativamente cuando la carga que se aplica es mínima. También está definida en la grafica carga-desplazamiento, como el punto en que los desplazamientos empiezan a comportarse plásticamente, es decir, son irrecuperables. Este fenómeno puede presentarse en la barra de acero, en los contactos barra de acero-mortero-terreno o en el terreno circundante al ancla.

IV.6.5 RESPONSABILIDADES

El encargado o residente supervisor del proyecto u obra es el responsable de seleccionar los sitios de prueba, para lo cual debe tomar en cuenta las incertidumbres acerca de la forma en que se colocaron las anclas y de la capacidad de carga del terreno donde se realizaron los anclajes. También deberá tomar en cuenta los sitios elegidos, las condiciones del terreno sean representativas de otros sitios en que las anclas entraran en operación.

En este caso el ingeniero geotécnico de la GIEC-CFE, es responsable de la planeación de la prueba, del diseño de la misma en cuando a la aplicación de los incrementos de carga hasta llegar a la máxima de proyecto, seleccionar los equipos de carga e instrumentación, supervisión de su ejecución, cálculo, interpretación e informe de la prueba.

El operador técnico tendrá a su cargo las siguientes actividades relacionadas con la prueba:



- Preparación y organización del equipo requerido.
- Revisión y calibración de los equipos seleccionados.
- Montaje del equipo de carga y de la instrumentación en el sitio de la prueba.
- Ejecución de la prueba.
- Un gato hidráulico con carrera mínima de 50 mm, con una capacidad mínima de 1.2 veces la resistencia al límite de la fluencia de la barra de acero o la falla estimada de la misma en caso que la prueba sea destructiva.
- Una bomba hidráulica con una capacidad de 70 Mpa (700 kg/cm^2) de presión, sin que tenga variaciones de más del 2% del valor del incremento de carga seleccionado.
- Manómetro de carga seleccionado.
- Manómetro con capacidad en fuerza igual o similar a la del gato hidráulico empleado o de 70 Mpa (700 kg/cm^2) si el rango está dado en presión. El gato, la bomba y el manómetro deberán conjuntamente calibrarse de manera correcta.
- 2 micrómetro de precisión de 0.01 mm y carrera mínima de 20mm.
- 2 bases magnéticas para sujetar los micrómetros.
- Dispositivo para transferir la carga del gato a la barra de acero. Generalmente está constituido por un banco de acero o vigas de acero, que reaccionan en ambos casos contra el terreno contiguo al ancla.
- Estructura tubular para formar el sistema fijo de referencia donde se sujetan los micrómetros. Esta estructura deberá apoyarse fuera del área de influencia del ancla.
- Estructura tubular para formar el sistema fijo de referencia donde se sujetan los micrómetros. Esta estructura deberá apoyarse fuera del área de influencia del ancla.
- Dispositivo en forma de hélice, que se sujeta a la barra de acero que sale inmediatamente después de la superficie del terreno, donde se



apoyan las patas de los micrómetros, con el objetivo de medir los desplazamientos generados directamente en dicha barra.

- Juego de tejo (dado de acero) y mordazas, que se incrusta en la barra de acero y contra el cual el gato aplica las cargas respectivas, para lograr dar la tensión requerida a la barra de acero.
- Nivel de mano.
- Herramienta diversa en general.

IV.6.6 PROCEDIMIENTO DE COLOCACIÓN DE EQUIPO

En la figura IV.6.6.1, se ilustra la manera de cómo deberán colocarse estos equipos. No está por demás señalar los cuidados que se deben tener durante el montaje, con el objeto de evitar posibles accidentes debido a lo pesado de dichos equipos.

Deberá tenerse el debido cuidado para que la barra de acero y el dispositivo de apoyo (banco o vigas de acero) del gato hidráulico sean perfectamente perpendiculares entre sí, para lograr que la fuerza transmitida del gato a la barra sea perfectamente apoyada contra el terreno.

Es conveniente que el dispositivo para medir los desplazamientos del ancla y en el cual se apoyan las patas de los micrómetros, se coloque inmediatamente después de la superficie del terreno, con el objeto de que los desplazamientos medidos correspondan principalmente a la parte del ancla que esta inyectada en el interior del terreno.

En la hoja de registro indicada en el formato de campo deberá anotarse todos los datos inherentes al ancla, como son: proyecto, localización, diámetros del barreno y ancla, dosificación del mortero de inyección, resistencias del mortero y barra de acero, etc.

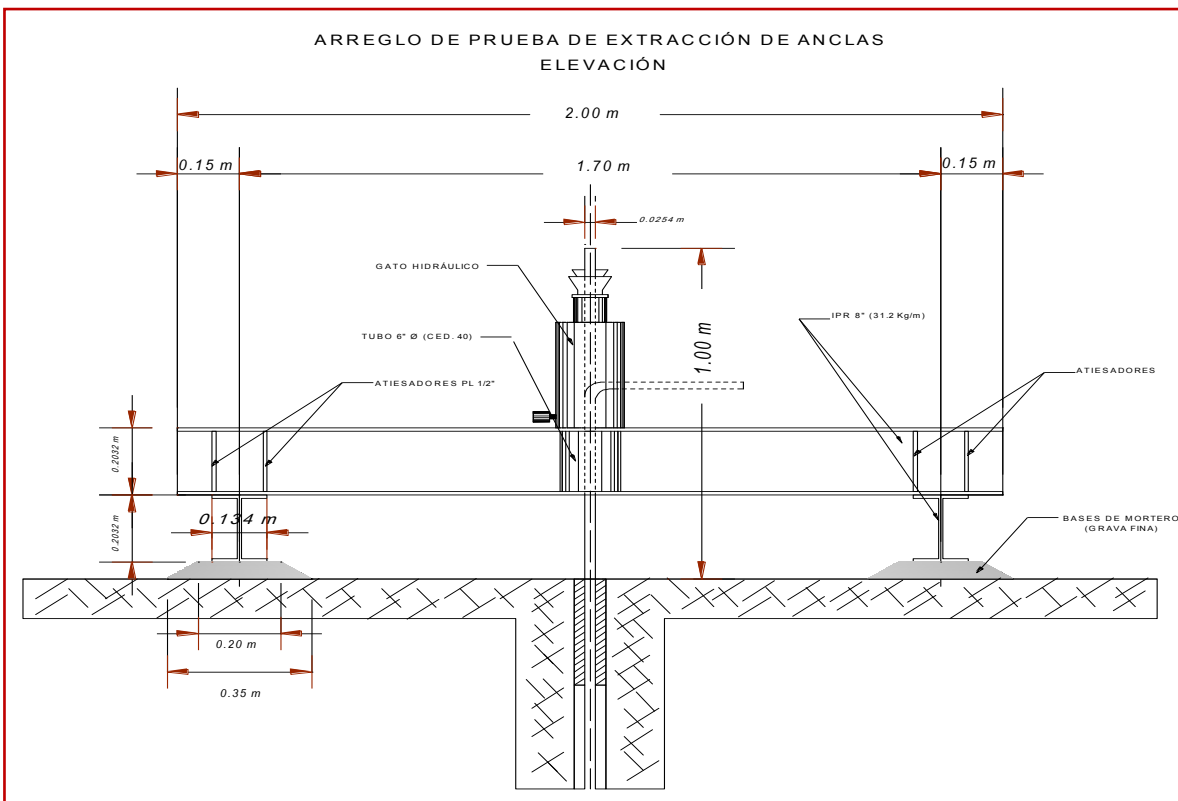


Figura IV.6.6.1 Arreglo de prueba especial en piso

Deberán tenerse definido por parte del ingeniero geotécnico, el número de incrementos de carga hasta llegar a la carga de proyecto e inclusive a la falla del ancla, ya sea en barra de acero, en los contactos barra-mortero-terreno o en el propio terreno de anclaje. Se recomienda realizar un mínimo de 5 incrementos de carga para llegar a la carga máxima programada, para lo cual se divide proporcionalmente esta última entre el número de incrementos de carga considerado.

Antes de iniciar propiamente la prueba y con el objeto de que el equipo de carga se acomode y quede perfectamente fijo. Es conveniente proporcionar a éste, una pequeña pre-carga de aproximadamente 500 kg. Hecho lo anterior, se ajustan los micrómetros y se toman las lecturas iniciales o de referencia, con lo cual se inicia la prueba.



A partir del primer incremento de carga y cuidando que este se mantenga constante, durante un intervalo de tiempo de 3 minutos como mínimo, es necesario que el desplazamiento sea nulo o menor de 0.01 mm para poder pasar el siguiente incremento de carga, si no es así, se dejan transcurrir otros 3 minutos para realizar sucesivamente de esta misma manera, continuar aplicando los incrementos de carga programados hasta alcanzar la carga máxima de proyecto o la falla del ancla en su conjunto.

Es importante que las lecturas de cargas y desplazamiento, también se registren en el periodo de tiempo en que estas se han aplicado y producido respectivamente.

La prueba se dará por concluida cuando ocurran los siguientes casos: se alcance la carga máxima de proyecto, el desplazamiento registrado en el ancla llega a 40 mm o que se presente la falla en las fuerzas aplicadas deberá llevarse hasta la carga mínima de 500 kg donde se tomaron las medidas iniciales o de referencia, con el objeto de comparar en este punto las mediciones antes y después de efectuada la prueba y poder determinar la deformación remanente final producida en el ancla.

IV.6.7 CÁLCULO

Con los datos de la prueba, se construye una grafica como se muestra en la figura siguiente. El esfuerzo de trabajo del anclaje deberá ser menor o igual a la correspondiente carga máxima alcanzada en la prueba, siempre y cuando ésta no sobrepase el límite de fluencia de la barra de acero y con la condición de que el conjunto ancla o la barra de acero no hayan fallado en el intervalo de aplicación de cargas respectivas por debajo de dicho límite de fluencia.

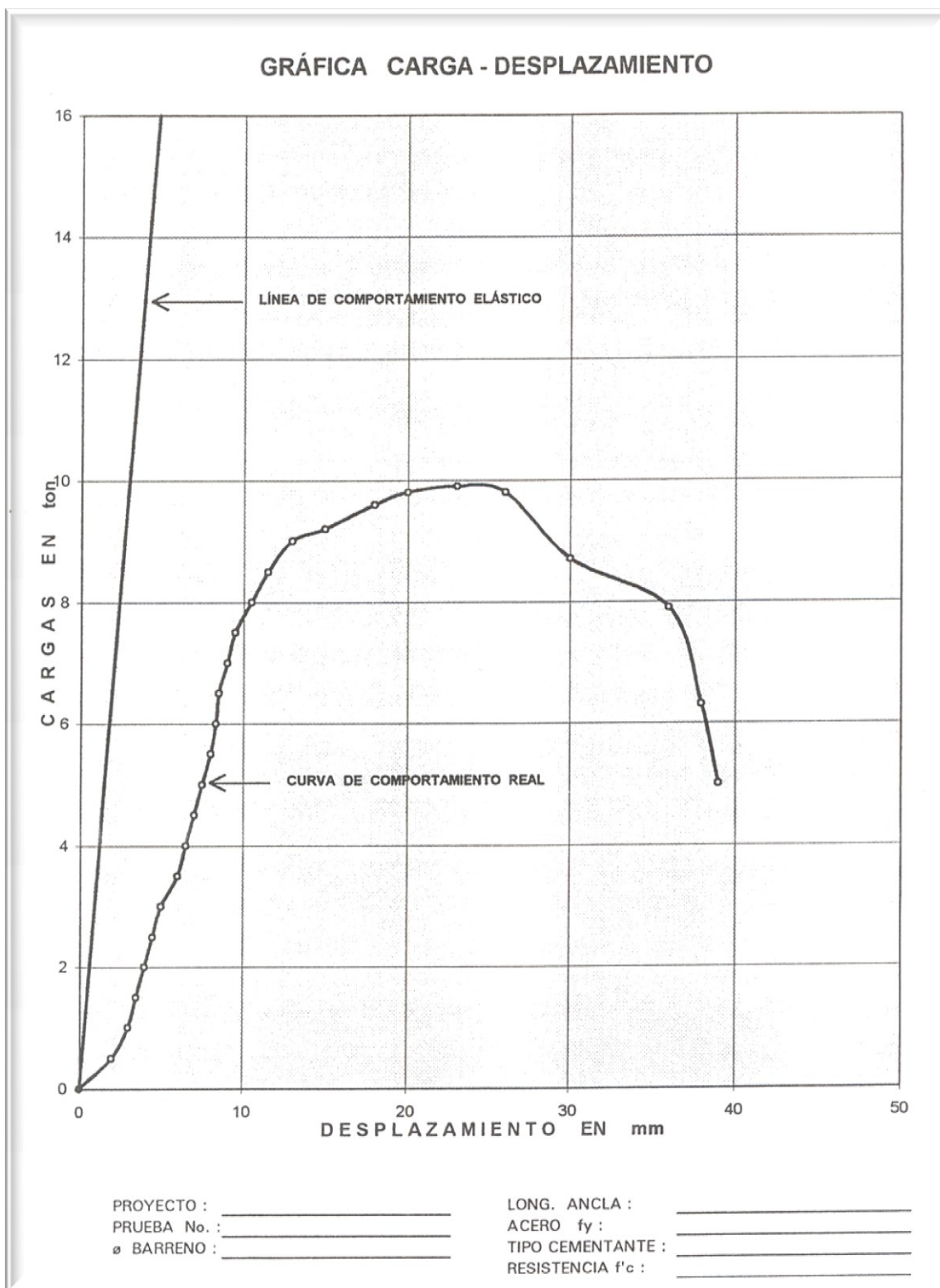


Figura IV.6.7.1 Grafica carga – desplazamiento



La elongación elástica que se produce en la barra de acero y que es debida a la carga aplicada, puede ser calculada con la siguiente expresión.

$$\delta = \frac{P.L}{A.E}$$

Donde:

- δ : Elongación elástica.
- P: Carga aplicada a la barra.
- L: Es la longitud de la barra no inyectada en el tramo comprendido entre la superficie del terreno y el dispositivo para medición de los desplazamientos de la barra, más de un tercio de la longitud inyectada y mas la longitud de la barra de extensión en caso que fuera requerida.
- A: Es el área de la sección transversal de la barra.
- E: Es el módulo de elasticidad de la barra de acero.



Foto IV. 6.7.1 Prueba en lumbrera de buses



IV.6.8 REPORTE DE RESULTADOS

El reporte deberá incluir las hojas de datos y las graficas que se ilustran en la Figura 2 con información de:

- Tipo de terreno donde se realizó la prueba de anclaje.
- Equipo utilizado en la prueba.
- De los barrenos de debe indicar, su longitud, orientación, alineación, equipo de perforación, diámetro, avado y chiflones con aire.
- Método y tiempo de instalación del anclaje.
- Naturaleza de fallas en la prueba y otras observaciones relacionadas con los resultados de la prueba.

Con base en la comparación de la carga máxima programada en la prueba con los resultados obtenidos en la misma, se emitirá una resolución para definir si el anclaje es satisfactorio, en caso que no lo sea, formular las recomendaciones respectivas a fin de que los anclajes se realicen de manera correcta.

IV.6.9 ARREGLOS DE ANCLAJE DISEÑADOS PARA EL PISO DEL CANAL DE DESCARGA

El tratamiento de la roca en el piso del canal de descarga del vertedor está constituido por anclas de fricción inyectadas con mortero de cemento $f'c=180$ kg/cm². En este documento se analizan dos casos:

Primer caso.- anclas de $\varphi=1\frac{1}{2}$ " (3.81 cm) en un patrón de 5.0 X 5.0 m.

Segundo caso.- anclas de $\varphi=1$ " (2.54 cm), en un patrón de 2.5 X 2.5 m.



IV.6.10 RESUMEN

IV.6.10.1 Factor de seguridad de las anclas para una subpresión de 2 ton/m²

- ✓ anclas de $\varphi=1\frac{1}{2}$ " FS=1.48
- ✓ anclas de $\varphi=1$ " FS=2.08

IV.6.10.2 Longitud de fijación entre el mortero y el ancla

- ✓ anclas de $\varphi=1\frac{1}{2}$ " Lf = 1.76 m
- ✓ anclas de $\varphi=1$ " Lf = 1.18 m

IV.6.10.3 Cantidad de acero

- ✓ anclas de $\varphi=1\frac{1}{2}$ " Peso = 2.148 kg/m²
- ✓ anclas de $\varphi=1$ " Peso = 1.909 kg/m²
- ✓ Para que las anclas de $\varphi=1$ " sean equivalentes (en peso) a las anclas de $\varphi=1\frac{1}{2}$ ", se requiere aumentar la longitud de anclaje a 3.40m.

IV.6.10.4 Tamaño de la cuña para contrarrestar la subpresión sin anclaje

- ✓ La altura mínima de la cuña debe ser de 2.6 m para tener un FS=1 y con 3 m entonces el FS=1.2.

IV.6.10.5 Efecto de extracción de un ancla, falla en la roca

Para anclas de $\varphi=1$ ", la fuerza necesaria para hacer fallar la roca es mayor que la que se puede aplicar al ancla, teniéndose un factor de seguridad FS=1.6. Se considera un cilindro perimetral al ancla el área de falla por cortante.



IV.6.10.6 Arreglo del anclaje en la zona comprendida entre los cadenamientos 0+040 al 0+090

A pesar de que en esta zona la roca está afectada por la intrusión de diques diabásicos, debe tomarse en cuenta que estos tienen espesores que oscilan de 0.2 a 1.0 m y que al igual que un plano de fracturamiento, si no se combina con otras dos discontinuidades (por lo menos), entonces no hay formación de cuñas y la longitud del anclaje deja de ser el aspecto importante.

En este caso debe evitarse la intemperización de los diques para que no puedan disgregarse y habría que considerar entonces, que el tratamiento sería similar al de una zona de falla que por lo general, consiste en tratamiento dental.

IV.6.10.7 Determinación de la presión de soporte

Para determinar la presión de soporte que aportan las anclas en ambos casos, se emplea la siguiente ecuación:

$$P_s = \frac{Fa}{A}$$

Donde:

- ✓ **Fa** es la capacidad del ancla a la tensión, al 80%. Para anclas de 1½ " es de 38 t y para anclas de 1" es de 17t.
- ✓ **A** es el que área obtenida a partir del patrón de anclaje.

Considerando el primer caso se tiene que:

$$P_s = \frac{38}{5 \times 5} = 1.52t/m^2$$

Mientras que en el segundo caso se tiene que:

$$P_s = \frac{17}{2.5 \times 2.5} = 2.72t/m^2$$



IV.6.10.8 Efecto de la subpresión

Como es sabido, la masa rocosa no requiere de tratamiento alguno en el piso de cualquier obra civil, excepto cuando hay un efecto de subpresión.

Para el caso del canal de descarga del vertedor, se considera un valor de la subpresión en la losa de piso de $U=2 \text{ t/m}^2$, por lo que entonces se requiere de un elemento de soporte que contrarreste este efecto.

Para la determinación del factor de seguridad de la masa rocosa, se consideró lo siguiente:

- El peso propio de la losa de concreto.
- En el caso de que haya formación de cuñas, su peso propio se suma al de la losa.
- El efecto de sismo es despreciable debido a que su componente vertical generalmente es muy pequeña y no se combina con la subpresión.
- Efecto de subpresión en la losa de concreto por el paso de agua a gran velocidad.

IV.7 ACOMODO DE DISPOSITIVO DE REACCIÓN DE PRUEBA ESPECIAL

De la prueba especial ya mencionada se realizaron 5 pruebas en anclas ubicadas en lugares estratégicos para determinar la longitud y patrón (separación de dichas anclas), de las cuales se reportaron los desplazamientos obtenidos de cada prueba.

Tomando en cuenta que la colocación y el arreglo del equipo se tenían que disponer de tiempo para que la prueba saliera correcta, para el acomodo de equipo se utilizó nivel de mano tomando en cuenta la posición del ancla y así poder comenzar la prueba con respecto al dicho procedimiento ya mencionado.



Foto IV.7.1 Vigas de reacción

Como primer paso debemos ver cómo está la parte del suelo donde será la base apoyo de las vigas de reacción, de igual forma que en las pruebas de rutina se tiene que tener un buen apoyo, para este caso por haber encontrado desniveles por situación de la excavación y la pendiente que lleva el canal de descarga se tiene que colocar una base de concreto como lo indica el procedimiento para el arreglo de la prueba, se deja pasar un día o dos para tener una buena resistencia del concreto para que la prueba no falle por detalles de la base, en seguida, se coloca las bases de las vigas de reacción buscado también estén niveladas, se prosigue con la colocación del gato hidráulico si es necesario las rotulas se colocan y sino simplemente se colocan el dado y mordazas para la fijación del ancla. Teniendo listo el equipo pesado continuamos con la instrumentación para las lecturas de la prueba, en este caso la colocación de los micrómetros tiene que ser lo más preciso y no tener ningún movimiento, para esto se fabrico una hélice que abrase al ancla (varilla de 1”), que sale del área de las vigas de reacción, esta hélice esta con dos placas para colocar el vástago del micrómetro, y para la colocar los micrómetros se hizo una estructura metálica fijada fuera del área de la prueba (marco metálico), con el objetivo de medir los desplazamientos generados directamente en dicha barra.



Foto IV.7.2 Nivelación de vigas de reacción



Foto IV.7.3 Acomodo final de vigas de reacción, gato hidráulico, rotulas y dado con mordazas.



Foto IV.7.4 Marco metálico para colocar micrómetro



Foto IV.7.5 Micrómetro



Ya teniendo el dispositivo completo se realiza una precarga para el acomodo del equipo y si requiere un arreglo se modifica en caso de ser necesario. Para dicha prueba se tiene que realizar en presencia de la supervisión y en algunos casos en estas pruebas se realizo en presencia del cliente, así se demuestra que las pruebas son satisfactorias.



Foto IV.7.6 Dispositivo listo y dando precarga

IV.8 RESULTADOS DE PRUEBAS ESPECIALES



Foto IV.7.7 Dando carga y tomando lecturas de los desplazamientos del ancla

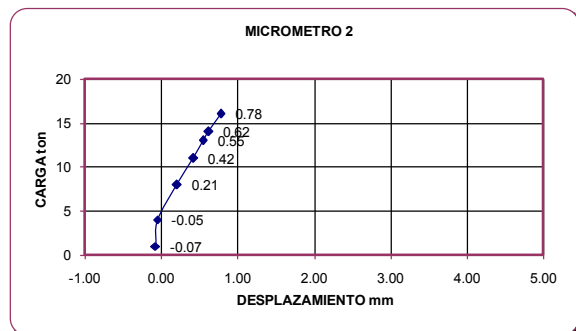
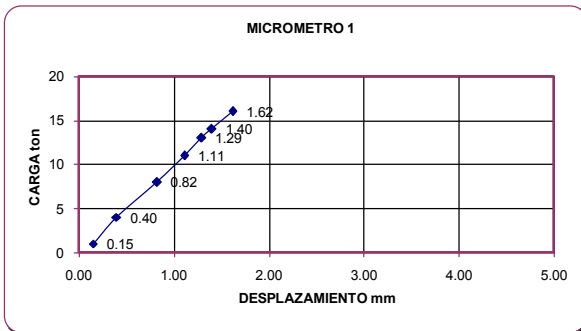
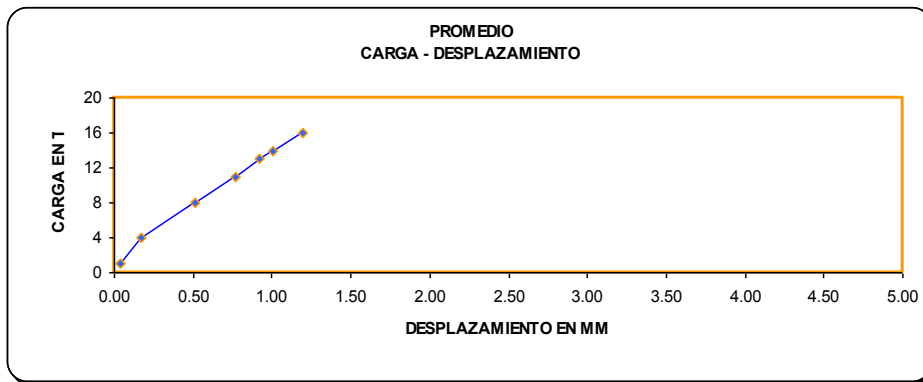


Resultados de las pruebas especiales se presentan a continuación los siguientes datos de las lecturas tomadas de los desplazamientos en cada una de las anclas.

PRUEBA N°. 1

| TIEMPO (min) | HORA | | % INCREMENTO DE CARGA | CARGA | | LECTURAS DE DESPLAZAMIENTOS | | | | |
|-----------------|--------|-------|-----------------------|-------------------|-----------------|----------------------------------|-------------|----------------------------------|--------------|-------------|
| | INICIO | FINAL | | PRESIÓN MANÓMETRO | TENSIÓN (carga) | MICRÓMETRO 1 DESPLAZAMIENTO (mm) | | MICRÓMETRO 2 DESPLAZAMIENTO (mm) | | PROM (mm) |
| | | | | PSI (kg/cm2) | (TON) | | | | | |
| 3 | 11:19 | 11:22 | 5 | 200 | 1 | 0.00 | 0.15 | 0.00 | -0.07 | 0.04 |
| 3 | 11:23 | 11:26 | 25 | 800 | 4 | 0.00 | 0.40 | 0.00 | -0.05 | 0.18 |
| 3 | 11:27 | 11:30 | 50 | 1500 | 8 | 0.40 | 0.82 | -0.05 | 0.21 | 0.52 |
| 3 | 11:31 | 11:34 | 70 | 2000 | 11 | 0.82 | 1.11 | 0.21 | 0.42 | 0.77 |
| 3 | 11:35 | 11:38 | 80 | 2300 | 13 | 1.11 | 1.29 | 0.42 | 0.55 | 0.92 |
| 3 | 11:39 | 11:42 | 90 | 2500 | 14 | 1.29 | 1.40 | 0.55 | 0.62 | 1.01 |
| 3 | 11:43 | 11:46 | 100 | 2800 | 16 | 1.40 | 1.62 | 0.62 | 0.78 | 1.20 |

Tabla IV.8.1 Ancla de piso de Canal de Descarga km 0+093 de 4m x 1"



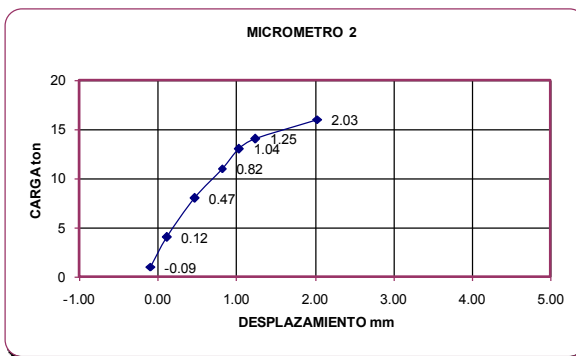
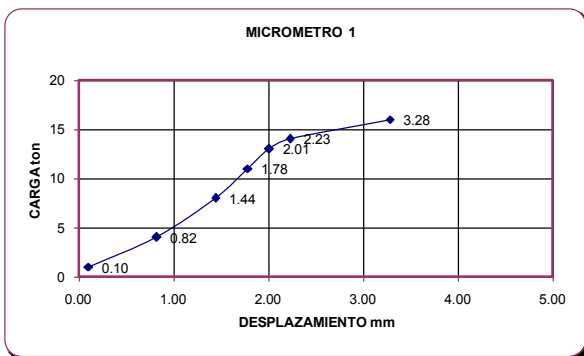
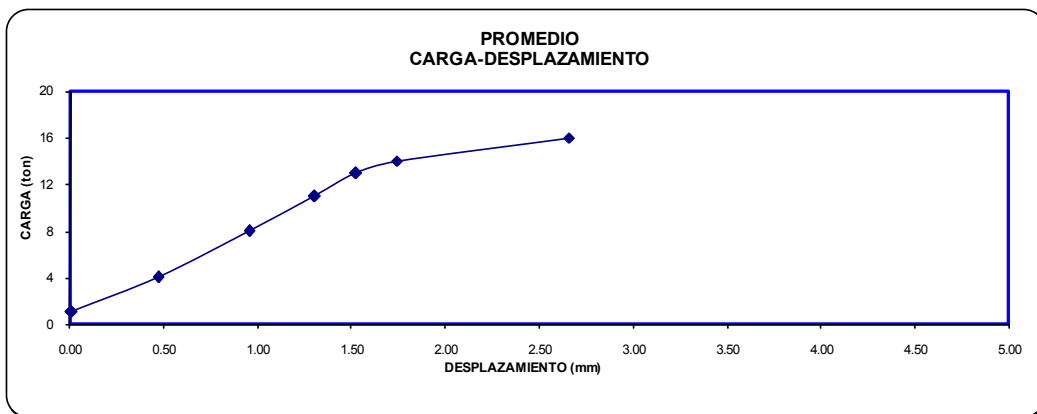
Grafica IV.8.1 Ancla de piso de Canal de Descarga km 0+093 de 4m x 1



PRUEBA N° 2

| TIEMPO (min) | HORA | | % INCREMENTO DE CARGA | CARGA | | LECTURAS DE DESPLAZAMIENTOS | | | | |
|-----------------|--------|-------|-----------------------|---------------------------|-----------------|----------------------------------|-------------|----------------------------------|--------------|-------------|
| | INICIO | FINAL | | PRESIÓN MANÓMETRO | TENSIÓN (carga) | MICRÓMETRO 1 DESPLAZAMIENTO (mm) | | MICRÓMETRO 2 DESPLAZAMIENTO (mm) | | PROM (mm) |
| | | | | PSI (kg/cm ²) | (TON) | | | | | |
| 3 | 17:02 | 17:05 | 5 | 200 | 1 | 0.00 | 0.10 | 0.00 | -0.09 | 0.01 |
| 3 | 17:06 | 17:09 | 25 | 800 | 4 | 0.00 | 0.82 | 0.00 | 0.12 | 0.47 |
| 3 | 17:10 | 17:13 | 50 | 1500 | 8 | 0.82 | 1.44 | 0.12 | 0.47 | 0.96 |
| 3 | 17:14 | 17:17 | 70 | 2000 | 11 | 1.44 | 1.78 | 0.47 | 0.82 | 1.30 |
| 3 | 17:18 | 17:21 | 80 | 2300 | 13 | 1.78 | 2.01 | 0.82 | 1.04 | 1.53 |
| 3 | 17:22 | 17:25 | 90 | 2500 | 14 | 2.01 | 2.23 | 1.04 | 1.25 | 1.74 |
| 3 | 17:26 | 17:29 | 100 | 2800 | 16 | 2.23 | 3.28 | 1.25 | 2.03 | 2.66 |

Tabla IV.8.2 Ancla de piso de Canal de Descarga km 0+110.10 de 4m x 1"



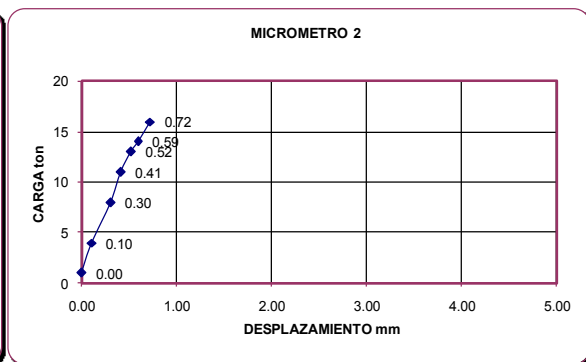
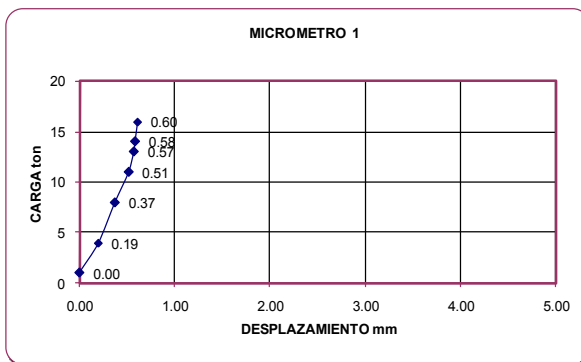
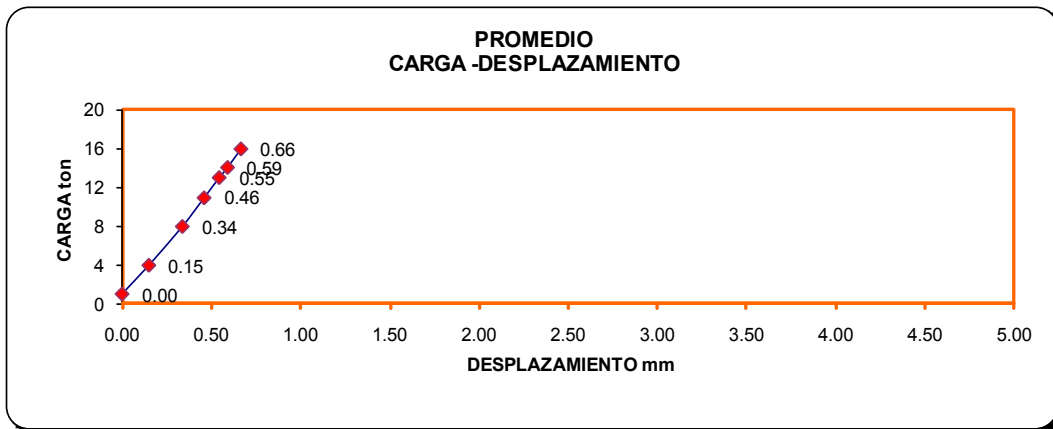
Grafica IV.8.2 Ancla de piso de Canal de Descarga km 0+110.10 de 4m x 1



PRUEBA N°. 3

| TIEMPO (min) | HORA | | % INCREMENTO DE CARGA | CARGA | | LECTURAS DE DESPLAZAMIENTOS | | | | |
|-----------------|--------|-------|-----------------------|-------------------|-----------------|----------------------------------|-------------|----------------------------------|-------------|-------------|
| | INICIO | FINAL | | PRESIÓN MANÓMETRO | TENSIÓN (carga) | MICRÓMETRO 1 DESPLAZAMIENTO (mm) | | MICRÓMETRO 2 DESPLAZAMIENTO (mm) | | PROM (mm) |
| | | | | PSI (kg/cm2) | (TON) | | | | | |
| 3 | 11:19 | 11:22 | 5 | 200 | 1 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 3 | 11:23 | 11:26 | 25 | 800 | 4 | 0.00 | 0.19 | 0.00 | 0.10 | 0.15 |
| 3 | 11:27 | 11:30 | 50 | 1500 | 8 | 0.19 | 0.37 | 0.10 | 0.30 | 0.34 |
| 3 | 11:31 | 11:34 | 70 | 2000 | 11 | 0.37 | 0.51 | 0.30 | 0.41 | 0.46 |
| 3 | 11:35 | 11:38 | 80 | 2300 | 13 | 0.51 | 0.57 | 0.41 | 0.52 | 0.55 |
| 3 | 11:39 | 11:42 | 90 | 2500 | 14 | 0.57 | 0.58 | 0.52 | 0.59 | 0.59 |
| 3 | 11:43 | 11:46 | 100 | 2800 | 16 | 0.58 | 0.60 | 0.59 | 0.72 | 0.66 |

Tabla IV.8.3 Ancla de piso de Canal de Descarga km 0+127.60 de 4m x 1"



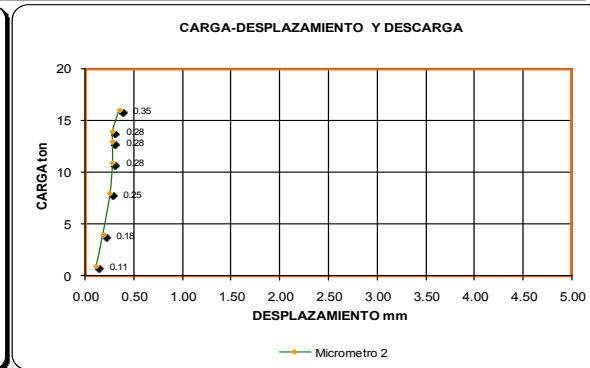
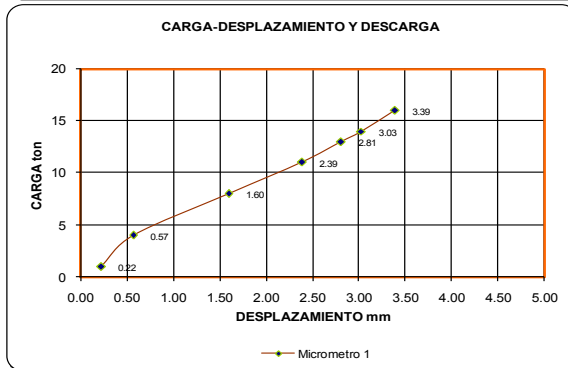
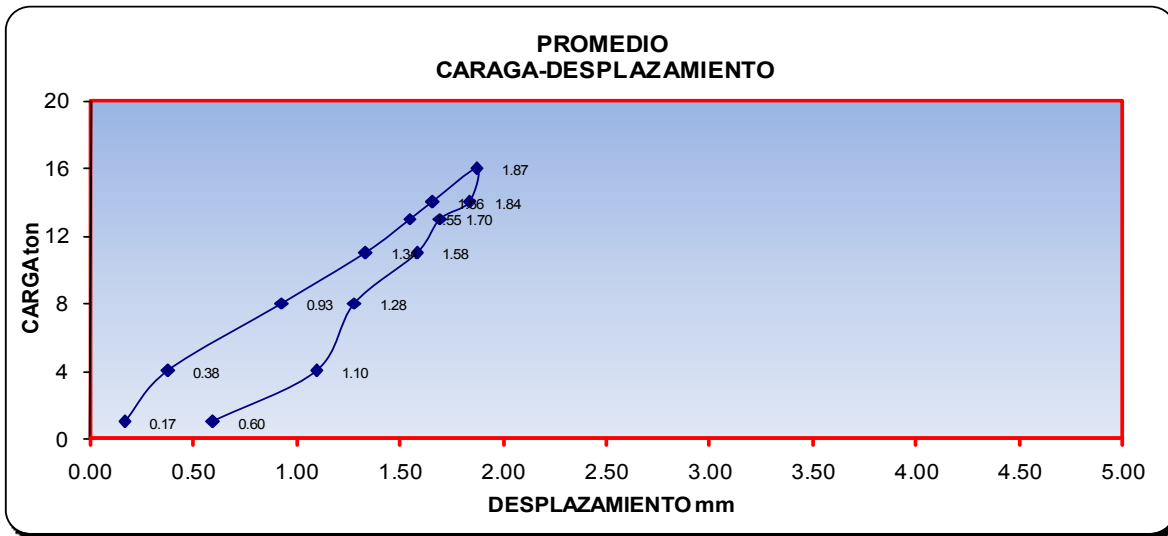
Grafica IV.8.3 Ancla de piso de Canal de Descarga km 0+127.60 de 4m x 1



PRUEBA N°. 4

| TIEMPO (min) | HORA | | % INCRE MENTO DE CARGA | CARGA | | LECTURAS DE DESPLAZAMIENTOS | | | | |
|-----------------|--------|-------|------------------------------------|---------------------------|--------------------|----------------------------------------|-------------|----------------------------------------|-------------|--------------|
| | INICIO | FINAL | | PRESIÓN MANÓMETRO | TENSIÓN (carga) | MICRÓMETRO 1 DESPLAZAMIENTO (mm) | | MICRÓMETRO 2 DESPLAZAMIENTO (mm) | | PROM (mm) |
| | | | | PSI (kg/cm ²) | (TON) | | | | | |
| 3 | 11:19 | 11:22 | 5 | 200 | 1 | 0.00 | 0.22 | 0.00 | 0.11 | 0.17 |
| 3 | 11:23 | 11:26 | 25 | 800 | 4 | 0.22 | 0.57 | 0.11 | 0.18 | 0.38 |
| 3 | 11:27 | 11:30 | 50 | 1500 | 8 | 0.57 | 1.60 | 0.18 | 0.25 | 0.93 |
| 3 | 11:31 | 11:34 | 70 | 2000 | 11 | 1.60 | 2.39 | 0.25 | 0.28 | 1.34 |
| 3 | 11:35 | 11:38 | 80 | 2300 | 13 | 2.39 | 2.81 | 0.28 | 0.28 | 1.55 |
| 3 | 11:39 | 11:42 | 90 | 2500 | 14 | 2.81 | 3.03 | 0.28 | 0.28 | 1.66 |
| 3 | 11:43 | 11:46 | 100 | 2800 | 16 | 3.03 | 3.39 | 0.28 | 0.35 | 1.87 |
| | | | | | 14 | | 3.33 | | 0.34 | 1.84 |
| | | | | | 13 | | 3.08 | | 0.31 | 1.70 |
| | | | | | 11 | | 2.87 | | 0.29 | 1.58 |
| | | | | | 8 | | 2.30 | | 0.26 | 1.28 |
| | | | | | 4 | | 1.94 | | 0.25 | 1.10 |
| | | | | | 1 | | 1.02 | | 0.17 | 0.60 |

Tabla IV.8.4 Ancla de piso de Canal de Descarga km 0+203.60 de 4m x 1"



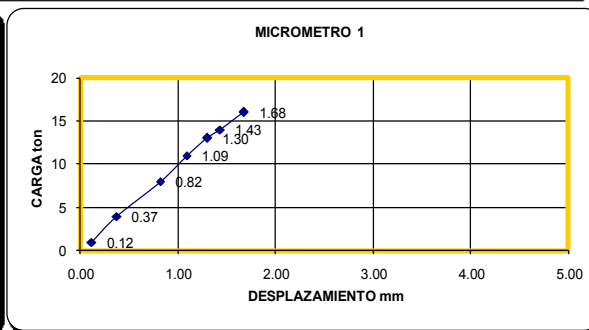
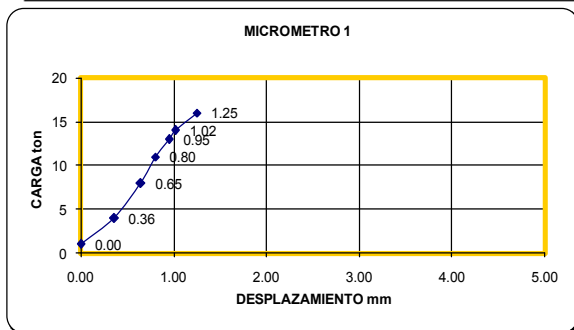
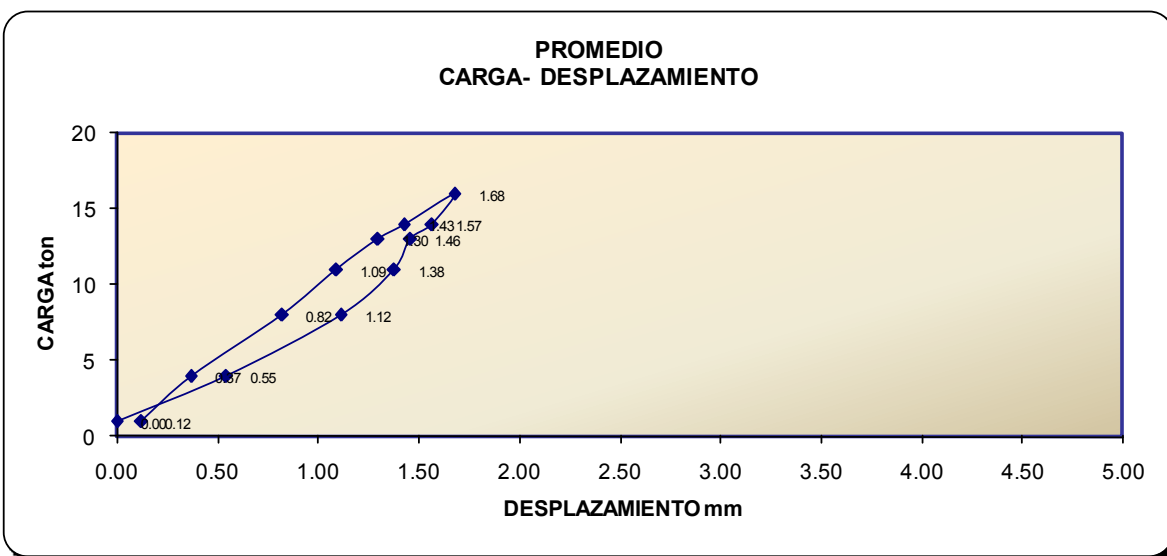
Grafica IV.8.4 Ancla de piso de Canal de Descarga km 0+203.60 de 4m x 1



PRUEBA N°. 5

| TIEMPO (min) | HORA | | % INCRE MENTO DE CARGA | CARGA | | LECTURAS DE DESPLAZAMIENTOS | | | | |
|-----------------|--------|-------|------------------------------------|----------------------|--------------------|----------------------------------------|-----------------|----------------------------------------|-------------|--------------|
| | INICIO | FINAL | | PRESIÓN MANÓMETRO | TENSIÓN (carga) | MICRÓMETRO 1 DESPLAZAMIENTO (mm) | | MICRÓMETRO 2 DESPLAZAMIENTO (mm) | | PROM (mm) |
| | | | | PSI (kg/cm2) | (TON) | | | | | |
| 3 | 11:19 | 11:22 | 5 | 200 | 1 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.24 | 0.12 |
| 3 | 11:23 | 11:26 | 25 | 800 | 4 | 0.22 | 0.36 | 0.11 | 0.38 | 0.37 |
| 3 | 11:27 | 11:30 | 50 | 1500 | 8 | 0.36 | 0.65 | 0.38 | 0.99 | 0.82 |
| 3 | 11:31 | 11:34 | 70 | 2000 | 11 | 0.65 | 0.80 | 0.99 | 1.38 | 1.09 |
| 3 | 11:35 | 11:38 | 80 | 2300 | 13 | 0.80 | 0.95 | 1.38 | 1.65 | 1.30 |
| 3 | 11:39 | 11:42 | 90 | 2500 | 14 | 0.95 | 1.02 | 1.65 | 1.84 | 1.43 |
| 3 | 11:43 | 11:46 | 100 | 2800 | 16 | 1.02 | 1.25 | 1.84 | 2.11 | 1.68 |
| | | | | | 14 | | DESCARGA | DESCARGA | | |
| | | | | | 13 | | DESCARGA | DESCARGA | | |
| | | | | | 11 | | DESCARGA | DESCARGA | | |
| | | | | | 8 | | DESCARGA | DESCARGA | | |
| | | | | | 4 | | DESCARGA | DESCARGA | | |
| | | | | | 1 | | DESCARGA | DESCARGA | | |

Tabla IV.8.5 Ancla de piso de Canal de Descarga km 0+226.80 de 4m x 1"



Grafica IV.8.5 Ancla de piso de Canal de Descarga km 0+226.80 de 4m x 1



IV.9 PLACA EN EXTREMO DE ANCLA

Las anclas de tratamientos de excavaciones tanto superficial como subterráneo, quedan rematadas en el exterior con una placa de acero de 20x20x1.27 cm. Esta placa se utiliza tanto en anclas de tensión como de fricción.

1. DETALLE TIPO ANCLA CON PLACA EN EXTREMO.

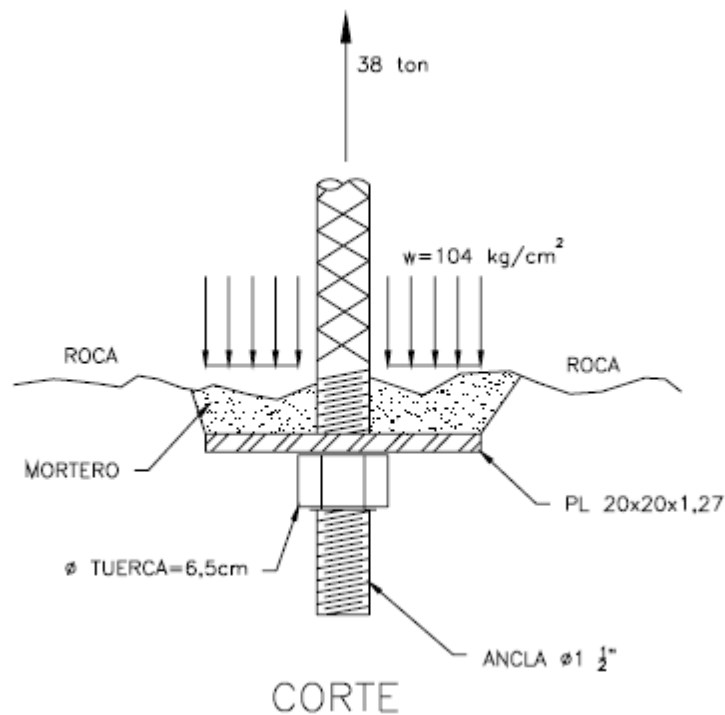
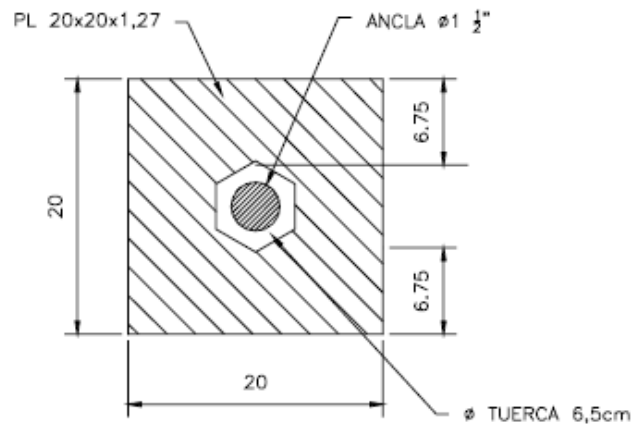


Figura IV.9.1 Detalle placa



PLANTA

Figura IV.9.2 Detalle placa de planta

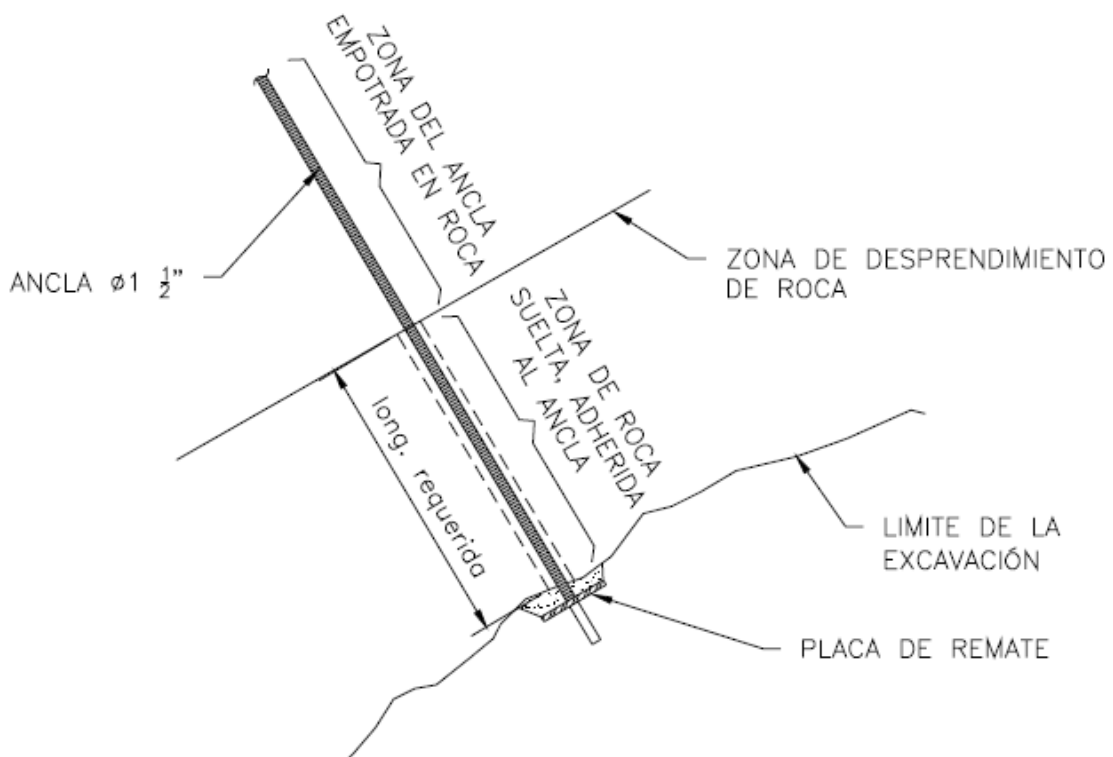


Figura IV.9.1 Detalle de ancla con placa rematante

CONCLUSIONES



CONCLUSIONES



PRIMERA. El fin de este trabajo como desarrollo de un caso práctico en el P.H. El Cajón, cumple con el complemento de las prácticas profesionales, realizando la tarea y otras responsabilidades durante la estancia en dicho proyecto. Así cumpliendo con el objetivo general del tema al inicio de este trabajo, dando a conocer que el anclaje es un factor principal para la estabilidad de taludes en cualquier tipo de proyecto que sea necesario, ya sea necesario anclas de tensión y/o anclas de fricción. Haciendo mención de algunos aspectos teóricos, prácticos y etapas del anclaje, teniendo un buen control de calidad para obtener buenos resultados en el programa de obra en la construcción.

SEGUNDA. Durante la redacción del trabajo se muestra que el anclaje es un factor primordial en una presa hidroeléctrica y de esta forma se cumple con los objetivos particulares que demuestra la importancia que tiene el control de calidad en el proceso constructivo del anclaje, de igual forma demuestra que por medio de pruebas aleatorias a las anclas podemos quedar convencidos de tener resultados satisfactorios llevando a cabo los procedimientos especificados.

TERCERA. A través del trabajo se menciona mucho el control de calidad, debido a que es lo más importante para tener un buen control de obra y de los rendimientos en general, sabemos que al tener un mal proceso constructivo, tenemos mayor gasto de materiales, malos resultados y principalmente en tiempo cuando ya se tiene un programa de obra definido.

CUARTA. En este trabajo tiene principalmente procesos de construcción en cuestiones de técnicas y muestreos necesarios a dichos materiales a utilizar en obra, pienso que es un buen apoyo para la construcción del anclaje y un buen control de calidad, teniendo en cuenta como preliminar el diseño de las anclas de tensión ó fricción. Dependiendo de los estudios geológicos que sean necesarios



CONCLUSIONES



para la determinación del diseño en obra ó proyecto en general del cual se requiera.

QUINTA. Lo primordial de estos trabajos es estar apegado a cada etapa del anclaje, ya sea, barrenación, colocación, inyección y pruebas, esta es una forma de mejorar cada paso a seguir y así dar mejores resultados. En caso que se requiera modificar algunas cuestiones por situación de irregularidades en la roca, complejidad, discontinuidades por cargas y descargas, esto ocasionado por el avance de la excavación o alguna situación secundaria debido a la naturaleza, esto nos ayuda a retroalimentarnos para otras situaciones similares.

SEXTA. Con relación a cada capítulo se toma en cuenta de la importancia del control de calidad a seguir, de lo contrario cada proyecto es diferente y se podrá definir el proceso constructivo según sean las normas a seguir.

SÉPTIMA. Dentro del caso práctico que demuestro en el último capítulo, doy a conocer como se requiere de tiempo en algunos casos para poder demostrar que todo lo que se haga con un control de calidad adecuado será para bien en tener resultados verídicos para otras situaciones similares.

OCTAVA. El control de obra por la parte administrativa no se menciona en este tema, sin embargo considero que teniendo el control adecuado no afectara tiempo ni costo de ejecución, a lo del presupuesto contratado. Teniendo una buena coordinación entre la parte administrativa de la obra con el suministro de materiales y avance de obra, no habrá por qué tener un desorden de empresa, y así poder cobrar con lo estimado al avance de obra, dependiendo el tipo de contrato. Esto nos lleva a tener una utilidad satisfactoria al final de obra.



- **DISEÑO DE PRESAS PEQUEÑAS**
Compañía editorial continental, s.a., México
Autor (traductor): José Luis Lepe, ingeniero civil

- **LIBRO TÉCNICO, PROYECTO HIDROELÉCTRICO EL CAJÓN, NAY.**
Coordinación general: Dr. Humberto Marengo Mogollón
Coordinación editorial: Dr. Gustavo Paz Soldán Córdova

- **ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN DE OBRA CIVIL DEL P.H. EL CAJÓN, NAY.**
Capítulo 4, CONCRETOS.

- **ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN DE OBRA CIVIL DEL P.H. EL CAJÓN, NAY.**
Capítulo 5, ACERO DE REFUERZO Y ACERO ESTRUCTURAL.

- **PROCEDIMIENTO PARA LA PRUEBA DE FLUIDEZ PARA MORTERO DE INYECCIÓN EN ANCLAS.**

- **PROCEDIMIENTO PARA LA PRUEBA DE EXTRACCIÓN DE ANCLAS DE FRICCIÓN EN SUELO Y ROCA.**

- Norma SCT, N-CTR-CAR-1-01-016/00.
Libro: CTR. Construcción. Tema: CAR. Carreteras. Parte: 1. Conceptos de obra.
Titulo: 01. Terracerías. Capítulo: 016. ANCLAS.

- Norma ASTM, Designation: D 4435-84
Standard Test Method for Rock Bolt Anchor Pull Test