



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**VERIFICACIÓN DE CONFORMIDAD Y
ACOMPañAMIENTO DE OBRAS EXTERIORES
SEGÚN ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EPM.**

Autor(es)
Santiago Bermúdez Urrego

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental, Ingeniería Civil
Medellín, Colombia
2020



VERIFICACIÓN DE CONFORMIDAD Y ACOMPAÑAMIENTO DE OBRAS
EXTERIORES SEGÚN ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EPM.

Santiago Bermúdez Urrego

Informe de práctica como requisito para optar al título de:
Ingeniero Civil.

Asesores:

Carlos Alberto Riveros Jerez. Ingeniero Civil
David Augusto Orduy Sánchez. Ingeniero Civil

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental, Ingeniería Civil.
Medellín, Colombia
2020.

Contenido

1	Resumen.....	4
2	Introducción	4
3	Objetivos	6
3.1	General: Realizar acompañamiento en la supervisión técnica de las actividades ejecutadas en los frentes de obra activos a cielo abierto.....	6
3.2	Específicos:	6
4	Marco Teórico	6
4.1	Drenajes	6
4.2	Excavaciones exteriores o a cielo abierto	7
4.3	Perforaciones e inyecciones.....	8
4.4	Obras de concreto	8
4.5	Refuerzo tensionado	9
4.6	Conformidad.....	10
4.7	Matriz de control operacional	10
4.8	Puntos de control:.....	10
4.9	Procedimiento	10
4.10	Trazabilidad.....	10
5	Metodología	11
5.1	Identificación de Puntos de Control	11
5.2	Ejecución de actividades constructivas	11
5.3	Seguimiento al plan de control operacional.....	12
5.4	Almacenamiento y trazabilidad de información	12
5.5	Control de información	12
6	Frentes de obra – Cielo abierto.....	13
6.1	Pozos de compuertas parte alta – zona inestable 7.....	13
6.2	Subestación 500 kV parte alta.....	14
6.3	Vía casa máquinas Portal acceso Norte.....	15
6.4	Vía sustitutiva presa – Ituango Margen izquierda.....	16
6.5	Berma 418 de la captación.....	17
7	Procedimiento de actividad.....	18
7.1	Instalación tendones o tensores	18
7.2	Tensionamiento de tendones o tensores.....	19
7.3	Instalación tensores Dywidag	20
7.4	Instalación de pernos	21
7.5	Concreto lanzado	22
7.6	Instalación de drenes horizontales	23
8	Resultados y análisis	23
8.1	Verificación de conformidad de las actividades realizadas.....	24
9	Conclusiones	29
10	Referencias Bibliográficas	30

VERIFICACIÓN DE CONFORMIDAD Y ACOMPAÑAMIENTO DE OBRAS EXTERIORES SEGÚN ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EPM.

1 Resumen

Basados en la implementación y cumplimiento de las especificaciones técnicas definidas por EPM para la construcción de la presa y obras asociadas con el fin llevar a cabo la debida ejecución de las actividades constructivas de los frentes de obra, correspondientes a cielo abierto, reduciendo o mitigando reprocesos en dichos frentes, en aras de la conformidad solicitada en cada uno de los trabajos realizados en campo; además, conseguir que los controles operacionales de ejecución de obra, sean adecuadamente trazables a partir de los registros de liberación y conformidad de cada actividad constructiva realizada, con el fin de dar transparencia al seguimiento buscando la conformidad de las mismas.

2 Introducción

El proyecto hidroeléctrico Ituango se localiza sobre el río Cauca, en el noroccidente del departamento a unos 170 kilómetros de la ciudad de Medellín. Ocupa predios de los municipios de Ituango y Briceño donde se construyen las obras principales y de Santa Fe de Antioquia, Buriticá, Peque, Liborina, Sabanalarga, Toledo, Olaya, San Andrés de Cuerquia, Valdivia y Yarumal. Esta central generará 2.400 MW, cuando empiece a operar comercialmente, lo cual representa el 17% de la demanda de energía eléctrica del país. Permitirá atender la creciente demanda de energía eléctrica de Colombia y por lo tanto contribuirá a una mayor competitividad y productividad, en búsqueda de un mejor futuro para los colombianos.



Imagen 1. Datos generales del proyecto hidroeléctrico Ituango. Tomado de <http://cccituango.co/> (CCCI, 2012)

El proyecto comprende obras para desviación temporal del río Cauca, el vertedero para la evacuación de crecientes (tipo canal abierto) y el túnel de descarga intermedia, para control del llenado del embalse. Las obras de la central, localizadas en el macizo rocoso de la margen derecha (sentido del río de

aguas arriba hacia aguas abajo), comprenden la caverna principal de la casa de máquinas, aguas arriba de ella se localiza la caverna de transformadores y aguas abajo dos cavernas de almenaras que mediante túneles de descarga retornan el agua al río. En el exterior se tiene la subestación principal, de tipo encapsulada a 500 kV, a la cual llegan los cables de potencia aislados a 500 kV mediante un pozo inclinado. Complementan el proyecto otras obras asociadas, como el túnel de acceso a la casa de máquinas, el túnel de ventilación y salida de emergencia, los pozos de aireación de las almenaras y de extracción de humos, así como obras de infraestructura: vías de acceso, campamentos, línea de transmisión y subestación de construcción (CCCI, 2012).

Para llevar a cabo el emplazamiento del proyecto se ejecutan grandes movimientos de tierra, los cuales se clasifican en excavaciones exteriores, que son las realizadas a cielo abierto y excavaciones subterráneas. Lo que conlleva a realizar actividades de estabilización, basadas en especificaciones técnicas definidas por EPM, para reducir el impacto generado en el medio ambiente, dando paso al monitoreo y control de los comportamientos del macizo rocoso y taludes generados por los mismos. La etapa post-contingencia del proyecto, solicita un control total del río Cauca con el fin de reducir o mitigar el estado de alerta de las comunidades que se encuentran aguas abajo de la presa, lo que conlleva a realizar obras enfocadas en reestablecer las condiciones de estabilidad del proyecto, tales como la construcción de los taponos definitivos de los túneles de desviación, frente que se vieron particularmente afectados al presentarse el taponamiento de la GAD (Galería Auxiliar de Desviación) a finales de abril del 2018. Para esto primero se debe realizar un pretapón y posteriormente realizar el tapón definitivo. Estabilizar nuevamente la central puesto que se encontraba completamente inundada por la decisión de evacuar el agua por esta. Se trabaja en las oquedades generadas por la evacuación del agua de la central en las almenaras y las que resultaron en la intersección de los pozos de presión 1 y 2 encargados de llevar el agua a la central y permitir el movimiento de las turbinas para generar energía. A las actividades de estabilización subterráneas, se suma la estabilización de los taludes y zonas inestables no intervenidas con anterioridad que evidenciaron movimientos en masa luego de cerrar las compuertas de los pozos de presión 7 y 8, garantizando de esta manera los factores de seguridad esperados del proyecto. La principal actividad de estabilización implementada consiste en la construcción de los anclajes, estos pueden ser activos o pasivos dependiendo de las condiciones en la cual se encuentre el estado del macizo o talud del tramo intervenido, arcos de soporte en túneles, concreto lanzado y obras para control y drenaje de aguas superficiales y subsuperficiales. Desde el área de calidad se verifica la conformidad de la ejecución de las actividades de excavación y estabilización, en este caso específico a cielo abierto, mediante inspección realizada por visitas periódicas a campo con base a la especificación exigida por EPM, la cual toma en consideración la normativa general del sector de la construcción y las buenas

prácticas de la ingeniería. Además de servir como apoyo en los procesos de seguimiento y cierre de acciones correctivas y de mejoras para dichos procesos

3 Objetivos

3.1 General: Realizar acompañamiento en la supervisión técnica de las actividades ejecutadas en los frentes de obra activos a cielo abierto.

3.2 Específicos:

3.2.1 Inspeccionar constantemente los frentes de obra velando por el debido cumplimiento de la especificación técnica.

3.2.2 Apoyar el proceso de control operacional de los diferentes frentes a partir del manejo y verificación de los registros operacionales elaborados en obra, que sirven como evidencia de la conformidad de las actividades en cada uno de los frentes de trabajo.

3.2.3 Identificar desviaciones y posibles mejoras en la ejecución de actividades constructivas de acuerdo a lo definido en especificaciones, normas y procedimientos internos.

3.2.4 Apoyar los procesos de seguimiento y cierre de acciones correctivas y de mejora de los frentes asignados.

3.2.5 Verificar la conformidad de anclajes activos a partir de la digitación y evaluación de información obtenida de los procesos de tensión.

4 Marco Teórico

4.1 Drenajes: Este trabajo consiste en el suministro, transporte e instalación de tuberías de PVC ranuradas, perforadas y no perforadas para perforaciones de drenaje y para filtros, de acuerdo con los alineamientos, localización, diámetros, dimensiones y detalles mostrados en los planos o indicados por el Interventor. Comprende también, el suministro, transporte e instalación de tuberías de concreto reforzado para drenaje en las plazoletas de los pozos de compuertas, de las estructuras de captación y en otros sitios del proyecto; además de drenes horizontales necesarios para la construcción de taludes en las vías industriales junto con las cunetas, canales y rondas de coronación revestidas en concreto simple o reforzado para el drenaje de las obras del proyecto, de acuerdo con la ubicación, materiales, secciones típicas, dimensiones y detalles, mostrados en los planos o señalados por el Interventor. (EPM - CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA, CENTRAL Y OBRAS ASOCIADAS, 2011)

4.2 Excavaciones exteriores o a cielo abierto: El trabajo cubierto por este capítulo de las especificaciones técnicas comprende el descapote en los sitios donde se construirán estructuras para la obra, la excavación, cargue, transporte, descargue y disposición en los sitios de utilización o zonas de depósito, de todos los materiales excavados o removidos provenientes de las labores anteriormente descritas.

El Contratista deberá efectuar las excavaciones instalando los elementos de soporte y las protecciones requeridas y llevando a cabo el manejo de aguas, de acuerdo con lo establecido en estas especificaciones técnicas y lo mostrado en los planos. Si el Contratista no cumple con lo anterior, EPM podrá ordenarle la suspensión de las actividades hasta que se instale la protección especificada.

El Contratista deberá tomar todas las precauciones necesarias para evitar la alteración del terreno adyacente a los límites de las excavaciones exteriores. Las excavaciones exteriores deberán realizarse de acuerdo con los alineamientos, cotas, pendientes y taludes mostrados en los planos. Los programas, procedimientos y equipos de excavación que propone utilizar el Contratista se deberán ceñir a las buenas prácticas de construcción. El Contratista deberá llevar a cabo la protección de los taludes tan pronto como le sea posible para evitar el daño de los mismos debido a la demora en iniciar las labores de protección. Los elementos de soporte a instalar por el Contratista serán:

Pernos de roca: Suministro e instalación de pernos y barras de acero de longitud variable en los taludes mostrados en los planos o indicados en campo. tendrán los diámetros indicados en los planos, con el espacio entre la roca y el perno totalmente relleno de resina o lechada.

Tensores: suministro, transporte e instalación de tensores compuesto por cables de acero para las cargas indicadas en los planos de soporte de los taludes mostrados en los mismos o señalados por el Interventor en la obra.

Perforaciones para drenaje: Ejecución de perforaciones para drenaje de 38 mm, 51 mm y 76 mm de diámetro, con taladro de percusión, de acuerdo con la ubicación, diámetros, espaciamientos, longitudes y detalles mostrados en los planos o señalados por el Interventor.

Concreto lanzado: Comprende el suministro, la preparación y la aplicación de concreto lanzado en los taludes de sitios mostrados en los planos. El espesor de las capas de concreto será de 5 cm y normalmente se usará junto con malla de refuerzo. El concreto lanzado se trata en

detalle en la Sección 11.4, “Concreto lanzado”, de estas especificaciones técnicas.

Malla de refuerzo: Suministro, colocación y fijación de la malla de refuerzo en áreas donde se colocará concreto lanzado. La malla de refuerzo se trata en detalle en la Sección 13.2 “Malla de refuerzo”, de estas especificaciones técnicas. (EPM - CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA, Especificaciones técnicas de construcción, Capítulo 2. Excavaciones exteriores, 2.9 Tratamiento de taludes, 2011)

4.3 Perforaciones e inyecciones: El trabajo que cubre esta especificación consiste en el suministro de materiales, equipos, herramientas y mano de obra requeridos para ejecutar, tanto en obras superficiales como subterráneas, las inyecciones a presión, los huecos de drenaje y las perforaciones que sean necesarias para la obra, como se muestra en los planos y se establece en este capítulo de las especificaciones técnicas. El número, localización, espaciamiento, dirección, inclinación y profundidad de los huecos, el orden de perforación e inyección de dichos huecos, las presiones y mezclas que se deberán usar para la inyección, el tiempo de espera entre etapas de inyección, las profundidades a las cuales se deberá inyectar la mezcla y las presiones a las cuales se deberán hacer las pruebas con agua a presión, serán determinadas por EPM y dependerán de la naturaleza de la roca que aparezca a medida que se realicen las excavaciones y de los resultados de las operaciones de perforación, lavado, pruebas con agua a presión e inyecciones ejecutadas por el Contratista. (EPM - CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA, Especificaciones técnicas de construcción, Capítulo 9. Perforaciones e inyecciones, 2011)

4.4 Obras de concreto: Esta especificación se refiere a la fabricación y colocación de concreto reforzado y concreto simple, de cemento Portland, para la construcción de las estructuras exteriores y subterráneas del Proyecto, de conformidad con los alineamientos, cotas y dimensiones indicados en los planos. También cubre la explotación, el procesamiento y el transporte de los materiales necesarios para la preparación de las mezclas. En los Planos se muestran concretos primarios y secundarios. Los concretos primarios son todos aquellos que pueden vaciarse independientemente del montaje de equipos y elementos metálicos; los concretos secundarios son aquellos cuyo vaciado está condicionado a que antes se instale un equipo o elemento metálico, de acuerdo con lo establecido en los Planos.

El concreto lanzado será una mezcla de cemento, agua, agregados finos y gruesos y aditivos o microsílíce, proyectada neumáticamente por la

boquilla de una manguera sobre la superficie que se vaya a tratar. Las áreas que requieren este tipo de tratamiento y el número de capas que se colocarán en cada sitio se indican en los planos. También se considera el uso de fibras de acero de alta resistencia y malla de acero electrosoldada, como refuerzo del concreto lanzado para los sitios indicados en los planos. (EPM - CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA, Especificaciones técnicas de construcción, Capítulo 11. Obras de concreto, 2011)

4.5 Refuerzo tensionado: El trabajo cubierto por esta especificación para refuerzo tensionado consiste en el suministro de todos los equipos, materiales, herramientas y mano de obra necesarios para la colocación, tensionado e inyección de los cables y barras de alta resistencia en: cámara de compuertas de las descargas de fondo e intermedia, anclaje de las compuertas radiales del vertedero, anclaje de la pantalla de concreto en los taludes de excavación para la ataguía de RCC y para el núcleo de la presa y en los demás sitios que se muestren en los planos o indique el Interventor y de acuerdo con lo establecido en las notas de dichos planos. En todo lo relacionado con este trabajo se deberá cumplir con lo establecido en el Capítulo 18 del Código Colombiano de Construcción Sismo-Resistente (NSR-10), en sus partes aplicables y en los comentarios a dicho documento.

Cables de acero: Se deberán utilizar cables de acero de alta resistencia y baja relajación a la tracción, con una tensión efectiva de 491 kN (50 Toneladas), que se ajusten a normas internacionales suficientemente reconocidas o a la norma ASTM-A-416 Grado 270. El Contratista deberá realizar ensayos de muestras representativas de 1,5 m de largo, debidamente identificadas, tomadas de los rollos principales de cada uno de los lotes de acero de alta resistencia.

Barras tensionadas: Se deberán usar barras corrugadas fabricadas de una aleación de acero de alta resistencia de acuerdo con los requisitos de la Norma ASTM A-322-76 Grado 5160. La tensión efectiva en las barras deberá ser la especificada en los planos.

Lechada: La lechada deberá ser una mezcla de cemento Portland, agua y un aditivo dispersante y expansor, que actúe como fluidificador, con el fin de obtener el llenado total de la cavidad. En todos los casos para el empleo y proporciones de los aditivos se deberán seguir las recomendaciones del fabricante. La proporción agua/cemento no deberá ser superior a 0,45.

Conductos: Los conductos de los elementos tensionados deberán cumplir normas internacionales suficientemente reconocidas o lo indicado en la sección C. 18.15 de las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo-Resistente (NSR-10). (EPM - CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA, Especificaciones técnicas de construcción, Capítulo 13. Acero de refuerzo, 13.4 Refuerzo tensionado, 2011)

- 4.6 Conformidad:** Cumplimiento de un requisito, el cual, podrá estar definido en las especificaciones técnicas, documentos contractuales, planos o normas.
- 4.7 Matriz de control operacional:** Son documentos donde se consolida la totalidad de los registros aplicables a los puntos de control detectados durante la etapa de ejecución de un procedimiento constructivo, en la cual se definen los registros de conformidad requeridos, tanto del proceso constructivo como del producto final, que deben soportar la conformidad de la estructura en el momento de su culminación y entregas parciales, según los requisitos de las especificaciones técnicas.
- 4.8 Puntos de control:** Son los momentos, durante la ejecución de un procedimiento constructivo, en los que se debe verificar la conformidad de un producto o subproducto, o la real ejecución de una actividad exigida en los diseños, especificaciones o normas aplicables, del cual normalmente se deriva un registro, firmado por las partes intervinientes, para la trazabilidad futura de la conformidad total del producto final.
- 4.9 Procedimiento:** Secuencia detallada o forma especificada para llevar a cabo una actividad o proceso, esta busca el desarrollo de la actividad de una manera eficaz. Su objetivo debe ser único y de fácil identificación. Todos los procesos constructivos deben estar debidamente formalizados en un procedimiento, instructivo o como mínimo planos constructivos que detallen la secuencia completa de la actividad y sus parámetros de control. Todos los procesos misionales y no misionales de una organización certificada, deben estar adecuadamente documentados y aprobados de acuerdo a los lineamientos de normalización establecidos dentro del sistema de calidad.
- 4.10 Trazabilidad:** Capacidad para seguir el histórico, la aplicación o localización de un producto o servicio.

5 Metodología

De manera periódica se realizan visitas a cada frente de obra en los cuales se ejecutan actividades correspondientes a excavaciones y tratamientos de estabilización a cielo abierto, verificando que los procesos constructivos y avances cumplan con la trazabilidad requerida y con los parámetros o puntos de control establecidos para cada actividad según el procedimiento respectivo y lo estipulado en la especificación técnica por EPM. Se deja registro fotográfico de las actividades ejecutadas y posteriormente se recopilan los registros de datos obtenidos en campo con su respectivo formato de liberación, los cuales son almacenados con el fin de validar su diligenciamiento y veracidad, de manera que puedan ser presentados en una matriz para seguimiento según sea el frente de obra y tipo de actividad, lo que permite llevar el control de los avances y actividades ejecutadas. Si durante los procesos constructivos llevados a cabo, se identifican desviaciones por parte del área operacional, estas deben documentarse y gestionarse, para validación y seguimiento a los planes de acción por parte del área operacional, tal como se estipula para los procesos internos en el procedimiento de no conformidades ITU/CAL/005.

5.1 Identificación de Puntos de Control: Cada vez que sea necesaria la elaboración de un procedimiento constructivo, La oficina técnica y el área operacional, deben identificar los puntos de control operacional de cada actividad que influya en el correcto desarrollo del proceso constructivo al que se refiere, por ende, en la calidad del producto final, teniendo en cuenta los diseños, planos, esquemas, especificaciones técnicas y normas aplicables, estos puntos de control, son verificados y validados por el área de calidad previamente a su implantación en obra. De igual manera, deben identificar los formatos existentes en los que se pueda consignar el seguimiento y conformidad de los puntos de control y consolidar dicha información en la matriz ITU/PR/MT/001 antes de ser viabilizado para ejecución y entregado a los respectivos frentes.

5.2 Ejecución de actividades constructivas: Una vez definido el procedimiento constructivo y la matriz de control operacional correspondiente, se procede a la ejecución de las actividades constructivas en el frente en cuestión, durante la ejecución de la construcción, el personal encargado en campo debe garantizar que el proceso constructivo se haga de acuerdo al procedimiento, instructivo de trabajo o plano para construcción aprobado, y que se lleven todos los registros definidos para el control de la actividad, en caso de que no exista un formato en el que pueda consignarse la información correspondiente a un punto de control, se deben plantear formatos adicionales para tal fin, que sean suficientemente claros y de fácil manejo en el frente de obra.

5.3 Seguimiento al plan de control operacional: Cada matriz de control operacional debe mostrar de forma clara, los nombres de los frentes activos, con los respectivos procedimientos, instructivos o planos (referenciados con su código correspondiente) de las actividades para las que aplica el control mediante dicha matriz, esta información se debe actualizar periódicamente de acuerdo a la documentación para construcción proveniente del área de ingeniería, esto con el fin de poder realizar el seguimiento de los registros que deberán ser enviados por el área operacional de cada uno de los frentes activos. En caso de que se presente alguna observación en la entrega de la información de un frente particular, deberá relacionarse en los registros de control entregados.

Para realizar el seguimiento de las matrices, el área de calidad, revisa periódicamente los frentes activos de acuerdo a los nuevos procedimientos constructivos que se vayan emitiendo. Cada formato contenido dentro de la matriz debe llevar la firma del ingeniero residente encargado de la obra que se encuentra en ejecución, o del personal a cargo del seguimiento de la actividad constructiva en campo (encargado/supervisor), de acuerdo a lo establecido para cada uno de los formatos.

5.4 Almacenamiento y trazabilidad de información: Cada frente de obra debe archivar las evidencias del control operacional en los sitios que tengan dispuestos para tal fin, hasta que esta se recopile, escanee y envíe para su correcta verificación desde el Área de Calidad. Este proceso, debe hacerse de manera que la búsqueda y consulta de la información sea sencilla, durante cualquier actividad de auditoría interna o externa, indiferentemente de la etapa de ejecución en la que se encuentre la obra, llevando de esta manera la trazabilidad de toda la información y los registros. Una vez entregados los registros, se verifica que los mismos sean consecutivos en la ejecución y avance de la obra.

5.5 Control de información: Una vez se valida la información por parte del área operacional de cada frente, se hace entrega de la misma al área de calidad, la cual procede a realizar la verificación de la información documentada relacionada en la matriz de control operacional de cada frente, para dicha verificación se comparan los registros entregados por el frente contra el total de registros exigidos de acuerdo a lo relacionado en la matriz de control aplicable, con el fin de evaluar y reportar los faltantes en la información de conformidad de la obra.

El Área de Calidad se encarga de realizar las verificaciones aleatorias periódicas, de la conformidad de la información suministrada por los frentes de trabajo, a partir de auditorías internas y externas, con el fin de apoyar los procesos de mejora continua de las actividades ejecutadas.

6 Frentes de obra – Cielo abierto

6.1 Pozos de compuertas parte alta – zona inestable 7



Imagen 2. Estabilización con bermas cuneta y anclajes (activos o pasivos) según las condiciones de roca encontradas en el avance y del plano constructivo. Tomado de: elaboración propia.



Imagen 3. Conformación y construcción de berma cuneta en concreto lanzado. Tomado de: elaboración propia.

6.2 Subestación 500 kV parte alta



Imagen 4. Anclajes activos – Tensores con barra Dywidag y drenes horizontales. Tomado de: elaboración propia.



Imagen 5. Características principales de tensores acoplados por barras Dywidag. Tomado de: elaboración propia.

6.3 Vía casa máquinas Portal acceso Norte



Imagen 6. Tratamiento de estabilización pasivo de sabana de pernos (barras de anclaje de 3 metros), drenajes, concreto lanzado. Tomado de: elaboración propia.



Imagen 7. Construcción de box culvert y canal en concreto reforzado, ver imagen 6. Tomado de: elaboración propia.

6.4 Vía sustitutiva presa – Ituango Margen izquierda



Imagen 8. Construcción de pantalla activa conformada por tensores compuestos de cable o torones, anclas, malla y concreto lanzado. Tomado de: elaboración propia.



Imagen 9. Tratamiento finalizado - Sello tensor compuesto de cables o torones. Tomado de: elaboración propia.

6.5 Berma 418 de la captación



Imagen 10. Tratamiento activo correspondiente a tensores con barra Dywidag. Tomado de: elaboración propia.



Imagen 11. Detalle barra Dywidag. Tomado de: elaboración propia.

7 Procedimiento de actividad

7.1 Instalación tendones o tensores

INSTALACIÓN DE TENDONES		
ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN/PROCEDIMIENTO	PUNTOS DE CONTROL
PERFORACIÓN	Se realiza la perforación con un martillo roto-percutor	Se debe verificar en campo con el teodolito la localización, posición de la base del coredrill como dirección e inclinación del brazo que posee la broca (5") para perforación y el azimut de la misma. También se verifica la profundidad e inclinación con la ayuda de una sonda magnetica
PREPARACIÓN DEL BARRENO	Se debe limpiar el barreno con agua a presión antes de realizar la instalación	Se verifica la estanqueidad del barreno. Para verificar dicha actividad, se llena el barreno con agua a una presión de 0.035MPa y se miden las pérdidas de agua. Si dichas pérdidas pasados 10 minutos exceden 5 cm ³ por centímetro de diámetro, por metro de perforación y por minuto, el hueco deberá ser impermeabilizado por medio de inyecciones, reperforado y nuevamente ensayado.
INSTALACIÓN DEL TENDON	Se arma por fuera y se colocan separadores cada 3 metros en la longitud de anclaje	<p>Verificar que en el amado los zunchos queden sobre el separador y no perjudique la tubería de inyección.</p> <p>Revisar que el sello se encuentre correctamente inyectado.</p> <p>Realizar inyección a una presión 0.5 MPa. Las anclas para refuerzo del dado deben llevar las misma dirección del tendón.</p> <p>Verificar que el acabado del dado quede sin fisuras u homigueros.</p> <p>Se debe realizar la respectiva limpieza y tratamiento superficial con epóxico o anticorrosivo a las platinas.</p>
	Se introduce el tensor amado hasta el fondo del barreno	
	Calafateo del tendón, dejando manguera para alivio de presiones	
	Se prepara el sistema de inyección de lechada y se inyecta el bulbo de anclaje, con ayuda de unas mangueras instaladas para la inyección y para verificar el retorno de lechada conectadas a la bomba de inyección.	
	Encofrado y vaciado del dado de apoyo	
Colocación de platinas cubierta con anticorrosivo		

Ilustración 1. Descripción del proceso de instalación de un tensor. (EPM - CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA, ITU/PR/115 Instalación de tendones, 2011)

7.2 Tensionamiento de tendones o tensores

TENSIONAMIENTO DE TENDONES		
ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN/PROCEDIMIENTO	PUNTOS DE CONTROL
TENSIONAMIENTO DE TENDONES	Se instalan cabezas o botones de anclaje y cuñas en cada punta de cada torón	<p>Si se encuentra una diferencia mayor al 5% entre el esfuerzo manométrico y el esfuerzo por elongación se debe parar el tensionamiento.</p> <p>Se deberá tensionar inicialmente hasta una fuerza igual al 10% de su carga de prueba (punto de iniciación de las medidas de elongación), luego se incrementa progresivamente la tensión hasta alcanzar la carga de prueba (excede en 20% la carga de trabajo, la cual debe ser el 50% de la carga resistencia última del torón.</p> <p>Se mide la elongación cada que se alcance un múltiplo del 25% de la carga de diseño</p>
	Se marca en cada torón una distancia fija con respecto al borde de la placa para la medición de elongaciones.	
	Cuando la lechada de inyección del bulbo de anclaje y el concreto de los dados haya alcanzado la resistencia de diseño se procede al tensionamiento por medio de un gato multitorón	
CHEQUEO POSTERIOR	Tres días después del tensionamiento, se chequea nuevamente el tensionamiento con el gato multitorón, una vez finalizado se vuelven a bloquear las cuñas	Si en el chequeo la carga de tensionamiento no supera el 95% de la carga de trabajo, se debe reemplazar el tendón

Ilustración 2. Descripción del proceso de tensión de un tensor compuesto por torones. (EPM - CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA, ITU/PR/115 Instalación de tendones, 2011)

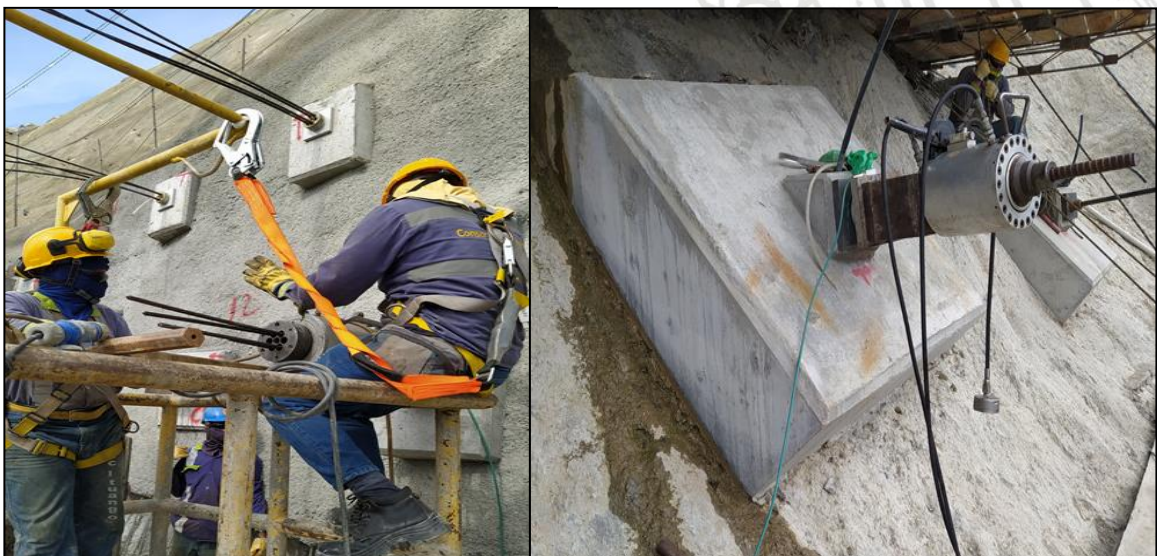


Imagen 12. Tensión de tensor compuesto de cables – Tensión de tensor Dywidag. Tomado de: elaboración propia.

7.3 Instalación tensores Dywidag

INSTALACIÓN TENSORES DYWIDAG		
ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN/PROCEDIMIENTO	PUNTOS DE CONTROL
PERFORACIÓN	Se realiza la perforación con un martillo roto-percutor	Se debe verificar en campo con el teodolito la localización, posición de la base del coredrill como dirección e inclinación del brazo que posee la broca (5") para perforación y el azimut de la misma. Cabe anotar que debido a que el terreno dónde se perfora no es muy consolidado, se debe adelantar cierto tramo específico, cementar para consolidar el barreno y reperfurar hasta longitud deseada. También se verifica la profundidad e inclinación con la ayuda de una sonda magnética.
PREPARACIÓN DEL BARRENO	Se debe limpiar el barreno con agua a presión antes de realizar la instalación	Se verifica la estanqueidad del barreno. Para verificar dicha actividad, se llena el barreno con agua a una presión de 0.035MPa y se miden las pérdidas de agua. Si dichas pérdidas pasados 10 minutos exceden 5cm ³ por centímetro de diámetro, por metro de perforación y por minuto, el hueco deberá ser impermeabilizado por medio de inyecciones, reperfurado y nuevamente ensayado.
INSTALACIÓN DEL TENDÓN	contar con 6-8 personas, dependiendo de la longitud de la barra para cargar y empujar	<p>Amarrar correctamente cada parte adherida en el sistema que compone el tensor.</p> <p>Verificar el estado de las tuberías de PVC, que no presenten agrietamientos.</p> <p>Revisar que el sello se encuentre correctamente inyectado, realizando estanqueidad en el mismo.</p> <p>Garantizar que la barra quede mín 0.25 m expuesta.</p> <p>Realizar inyección a una presión 0.5 MPa. Las anclas para refuerzo del dado deben llevar las misma dirección del tendón.</p> <p>Verificar que el acabado del dado quede sin fisuras u hormigueros.</p> <p>Se debe realizar la respectiva verificación de dimensiones, limpieza y tratamiento superficial con epóxico o anticorrosivo a las platinas.</p>
	En altura: seguridad a trabajadores - plataforma o andamio	
	Realizar el montaje del sello por separado y dejarlo fraguar correctamente, para ser acoplado	
	barras de 36 mm de diámetro y longitud de hasta 5 m, unidas por tramos mediante acoples de 21 cm hasta la longitud deseada, protegidos por tubo de PVC (2 1/2")	
	Zunchar en los separadores el ducto para inyección	
	<u>Puede presentar resistencia para introducirse al barreno</u>	
	Devolver 30-50 cm para introducirlo con más fuerza	
	Retirar tensor y reperfurar	
	cementar barreno: llenar con lechada lab 102, esperar 6 h y perforar nuevamente	
	Calafateo	
	Se prepara el sistema de inyección de lechada y se inyecta el bulbo de anclaje, con ayuda de unas mangueras instaladas para la inyección y para verificar el retorno de lechada conectadas a la bomba de inyección.	
	Encofrado y vaciado del dado de apoyo Colocación de platinas cubierta con anticorrosivo	

Ilustración 3. Descripción del proceso de instalación de un tensor Dywidag. (EPM - CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA C. Y., ITU/PR/IT/025 Fabricación, instalación y tensión de barras Dywidag, 2011)

7.4 Instalación de pernos

INSTALACIÓN DE PERNOS		
ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN/PROCEDIMIENTO	PUNTOS DE CONTROL
PERFORACIÓN	Se realiza la perforación con un martillo roto-percutor	Se debe verificar en campo con el teodolito la localización, dirección e inclinación del brazo que posee la broca para perforación y el azimut de la misma.
PREPARACIÓN DEL BARRENO	Se lavan los huecos con agua a presión 350kPa antes de la instalación	Para verificar dicha actividad, se llena el barreno con agua a una presión de 0.035MPa y se miden las pérdidas de agua
PREPARACIÓN DEL PERNO	Limpiar impurezas presentes en las barras	Verificar dimensiones del perno, diámetro con pie de rey y longitud con un flexometro
TIPOS DE PERNOS	BAL 8/10 BAR 8/10 SRL 60/120	Se debe verificar la presencia de resina en el fondo del barreno para los pernos SRL
INSTALACIÓN DEL PERNO	Sí el perno es SRL se introducen los cartuchos de resina (bulbo de anclaje de 2.4 m)	Verificar que el diámetro de los cartuchos de la resina sea compatible con los diámetros de la perforación y del perno de anclaje, de forma que garantice la adecuada mezcla de los componentes de la resina y el volumen para llenar correctamente el espacio entre la perforación y el perno. Se toma registro del consumo de lechada por perno
	Se introduce la barra hasta el fondo del barreno	
	Calafateo de la perforación	
	Inyección de la longitud del perno restante	
	Colocación de platinas y tuercas	
Observaciones	<p>BAL: Pernos pasivos para soporte de roca y anclaje de estructuras anclados con lechada. (los numeros subsecuentes indican el diámetro de la barra de octavos de pulgada)</p> <p>BAR: Pernos pasivos para soporte de roca y anclaje de estructuras anclados con resina. (los numeros subsecuentes indican el diámetro de la barra de octavos de pulgada)</p> <p>SRL: Pernos activos para el soporte de roca y anclaje de estructuras, con resina de fondo. (los numeros subsecuentes indican la carga de tensionamiento en kN)</p>	

Ilustración 4. Descripción y clasificación del proceso de instalación de un perno. (EPM - CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA, ITU/PR/103 Instalación de pernos , 2011)

7.5 Concreto lanzado

CONCRETO LANZADO		
ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN/PROCEDIMIENTO	PUNTOS DE CONTROL
PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE	Verificar que la zona a proteger se encuentre mapeada	Evitar aflojar, agrietar o fragmentar la superficie que va recibir el lanzado. Revisar plano de tratamiento de estabilidad para proteger drenajes o soportes, además verificar si lleva o no fibra (acero o sintética).
	limpieza del tramo con aire o agua a presión (0.5 Mpa), buscando correcta adherencia al terreno	
	Incrustar elementos metálicos que funcionarán como calibradores del espesor espaciados cada 0.5-1 m.	
COLOCACIÓN	Debe ser lanzado por personal calificado	Realizar de forma que la boquilla quede perpendicular al terreno, evitando mínima reflexión de agregados y optimice compactación y la orientación de la fibra, esta se controla realizando el ensayo de rebote. En los lugares donde aparezcan varillas inclinar levemente la boquilla. Verificar que la presión de operación sea uniforme y proporcione la velocidad adecuada. Verificar parámetros de volumen de aditivo, rendimiento de aplicación del concreto y frecuencia de los equipos de lanzado, lo cual se realiza en campo según la cantidad de material utilizada. Verificar que no haya exceso de agua mediante observación de la apariencia de la superficie una vez aplicado (húmeda al inicio, 5-30 seg después secará, firme al tacto luego de 1-2 min)
	Instalar malla electrosoldada (Según plano de diseño)	
	Lanzar de abajo hacia arriba y en franjas horizontales progresivamente hasta alcanzar espesor requerido y uniforme	
	Para llenar vacíos empezar por las esquinas	
	la distancia de trabajo es de 90-150 cm de la boquilla a la superficie	
	En roca fracturada se aplica concentrando el chorro en juntas y grietas	
CURADO Y PROTECCIÓN	Mantener húmedas superficies, bordes y esquinas expuestas a interperie	En excavaciones subterráneas en la cual la humedad relativa sea mínimo 85%, durante un mínimo de 14 días desde la aplicación no requerirá curado. En los taludes a cielo abierto el curado se realizará durante 7 días desde aplicación
	En excavaciones subterráneas con humedad relativa mínima de 85% no requerirá curado	
	En taludes de portales requerirá curado por riego	
	No se permitirá el uso de compuestos sellantes para curar superficies de concreto lanzado sobre las cuales se vayan a colocar capas adicionales	

Ilustración 5. Procedimiento colocación concreto lanzado. (EPM - CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA, ITU/PR/105 Procedimiento concreto lanzado, 2011)

7.6 Instalación de drenes horizontales

INSTALACIÓN DE DRENES HORIZONTALES		
ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN/PROCEDIMIENTO	PUNTOS DE CONTROL
PERFORACIÓN	Se ejecutará con taladro de percusión	Se efectúa la localización y nivelación topográfica implementando el teodolito, verificando diámetros, espaciamientos, longitudes y detalles en plano.
INSTALACIÓN DRENES HORIZONTALES	Las tuberías plásticas de PVC tendrán un centímetro menos de diámetro que las perforaciones a realizar, la cual tendrá ranuras longitudinales, cubierta por un filtro de fibra sintética.	Las tuberías y accesorios de PVC cumplirán lo establecido en las normas NTC 1087 y 1341. El geotextil deberá cumplir las exigencias de las especificaciones del proyecto. Se verificará construcción de actividades previas: accesos, control de aguas superficiales, captación del agua industrial.
INSTALACIÓN LAGRIMALES	Si se necesita que pasen a través del concreto lanzado o convencional, se empotra la tubería plástica en dicho concreto, en el momento que se esté colocando, garantizando que queden libres para drenar del interior del macizo rocoso.	

Ilustración 6. Descripción del proceso de instalación de un dren horizontal.

8 Resultados y análisis

Aplicando la metodología descrita del presente trabajo, se realizó permanentemente el control y seguimiento a las actividades ejecutadas en cada uno de los frentes referenciados en el numeral 6. Frentes de obra – cielo abierto, tales como instalación y tensión de anclajes tanto activos como pasivos y la aplicación de concreto lanzado, para los cuales se tiene definido el proceso constructivo, mencionados en el numeral anterior y ensayos en la especificación técnica para verificación de conformidad del producto final de las mismas, con el fin de garantizar la trazabilidad requerida en la ejecución de la obra, obteniendo como resultado la recopilación de toda la información registrada en los formatos designados según sea la actividad que se lleva a cabo y según el frente de trabajo, buscando consolidar en una matriz dicha información, para de esta manera presentar un informe ejecutivo del avance y estado del frente y analizar si este es conforme o no.

8.1 Verificación de conformidad de concreto lanzado e instalación de pernos

Actividad	Verificación de conformidad	Requisito aplicable
Concreto lanzado	Se deben tomar 5 espesores aleatoriamente por cada 100 m ² , el tramo lanzado se acepta si el 60% de estos son mayor o igual al espesor de diseño	acuerdo con interventoría por nota de campo
Pernos BAL	Se tensiona a 10 toneladas 5 pernos por cada lote de 50 que hayan sido colocados, cuando dos o más pernos de los ensayados fallan, se rechazan 25 pernos	Especificaciones técnicas de construcción, Capítulo 3. Excavaciones subterráneas, 3.5 Pernos de roca y de anclaje de estructura 3.5.5 control de calidad.

Ilustración 7. Verificación de conformidad de concreto lanzado y pernos BAL. (EPM - CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA, 2011)

Con los parámetros de control definidos en la ilustración 7 y siguiendo la metodología descrita en el numeral 5, se logró inspeccionar correctamente cada frente trabajado y realizar el consolidado que refleja de forma gráfica la conformidad o no, del producto final. A continuación, en la imagen 13, se presenta el resultado final del seguimiento que se llevó a una de las bermas del frente considerado más crítico por su zona inestable y tratarse de la estabilización de un gran deslizamiento de tierra, el cual es Pozos de compuertas parte alta o zona inestable 7.

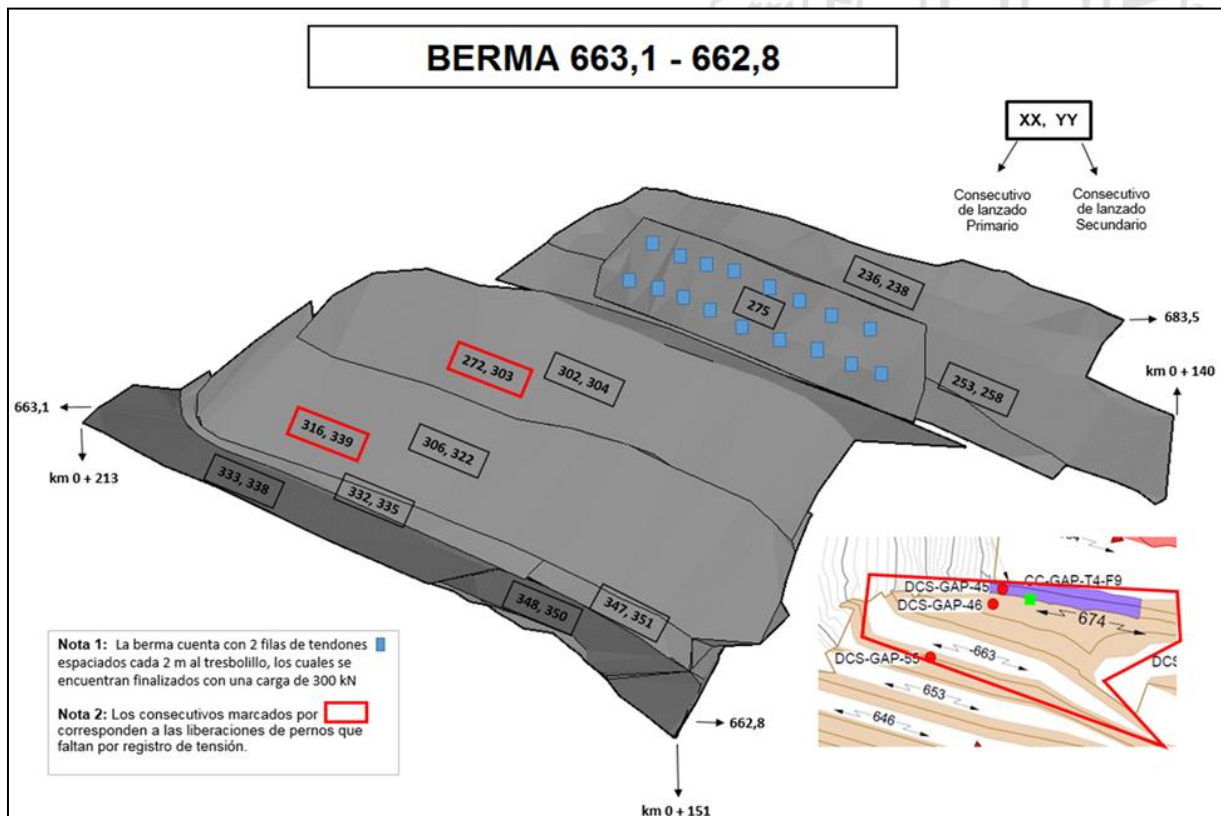


Imagen 13. Mapeo - liberaciones de lanzados ejecutados y de pernos que faltan por registro. Tomado de: elaboración propia.

VERIFICACIÓN ESPESORES			
La bermas comprende la verificación de lanzados secundarios de las liberaciones: 238, 258, 304, 322, 335, 338, 350, 351.			
Área en liberación (m ²)	Área topográfica (m ²)	Perforación teórica	Perforación real
1104,3	1544,73	78	67
PERNOS			
Comprende las liberaciones: 272, 303, 316, 339 las cuales faltan por registro tensión y verificación			
Pernos teóricos	Pernos liberados	Tensionados	Faltan por tensión
181	173	0	17

Ilustración 8. Resumen de conformidad de la bermas. Tomado de: elaboración propia.

En la ilustración 8, se observa que los espesores tomados en los taludes de la bermas son cercanos, teniendo en cuenta que la cantidad de perforaciones teóricas para verificación se calcula con el área topográfica, cuando la real es tomada con el área de liberación, la bermas en este aspecto es conforme. Para los pernos sucede que es todo lo contrario, no conforme puesto que no se tiene registros de pernos tensionados para verificación.

8.1.1 Tensores compuestos de cables

INFORMACIÓN DEL ELEMENTO A TENSIONAR			TENSIONAMIENTO				
Tipo de anclaje	Tendón		Carga de Trabajo (kN)	400	Carga de Tensionamiento (kN)	480	OBSERVACIONES
Elemento No.	7-626,5						
Etapas de verificación:	Tensionamiento y chequeo		CARGA APLICADA			ELONGACIÓN	
Localización	(Abscisa/Ordenada)	72,2 / 19,76	%	kN	p.s.i.	mm	
	(Elevación/Zona Horaria)	626,5					
Fecha de Peforación	#jREFI		0%	0	0	72,83	
Diámetro del torón (mm)	15,491		11%	42	300	80,23	
Longitud en Roca (m)	0		21%	84	600	82,26	
Longitud en Suelo (m)	30		30%	119	850	89,62	
Longitud Total (m)	30		40%	161	1150	97,65	
Longitud Bulbo (m)	12		51%	204	1450	104,83	
Longitud Libre (m)	18		60%	239	1700	110,46	
Modulo E del torón (kg/mm ²)	19040		70%	281	2000	118,05	
Area del torón (mm ²)	145,618		81%	323	2300	124,26	
Número de torones	4		91%	365	2600	131,23	
Elong. mín. esperada (mm)	73,2		100%	400	2850	138,88	
Elong. Máx. esperada (mm)	0,0		111%	442	3150	146,93	
Elongación Real (mm)	66,8		121%	484	3450	153,43	
Inyección bulbo	Fecha (dd-mm-aa)	#N/A	0%	0	0	146,98	
Tensionamiento	Fecha (dd-mm-aa)	#N/A		Acufe		146,98	ok
Verificación	Fecha (dd-mm-aa)	#N/A					
EQUIPO DE TENSIONAMIENTO							
GATO HIDRÁULICO				MANÓMETRO			
Marca/Referencia:	ZPE-7A			Marca/Referencia:	ASHCROFT		
Capacidad (kN):	1000			Capacidad (psi):	10000		
Área piston (cm ²):	203,6			Escala de medición (psi):	100		
Constante (kN/psi):	0,140377208			Calibración:	20/02/2017		
Estado:	Bueno			Certificado No.:	12448		

Imagen 14. Información del elemento a tensionar, Tomado de: elaboración propia.

Con los datos de tensionamiento obtenidos en campo de la imagen 14, se realiza la gráfica de esfuerzo-deformación, con el fin de verificar que el anclaje activo cumpla con los requisitos para conformidad estipulados en la especificación técnica, particularmente que el mismo quede en la carga de diseño.

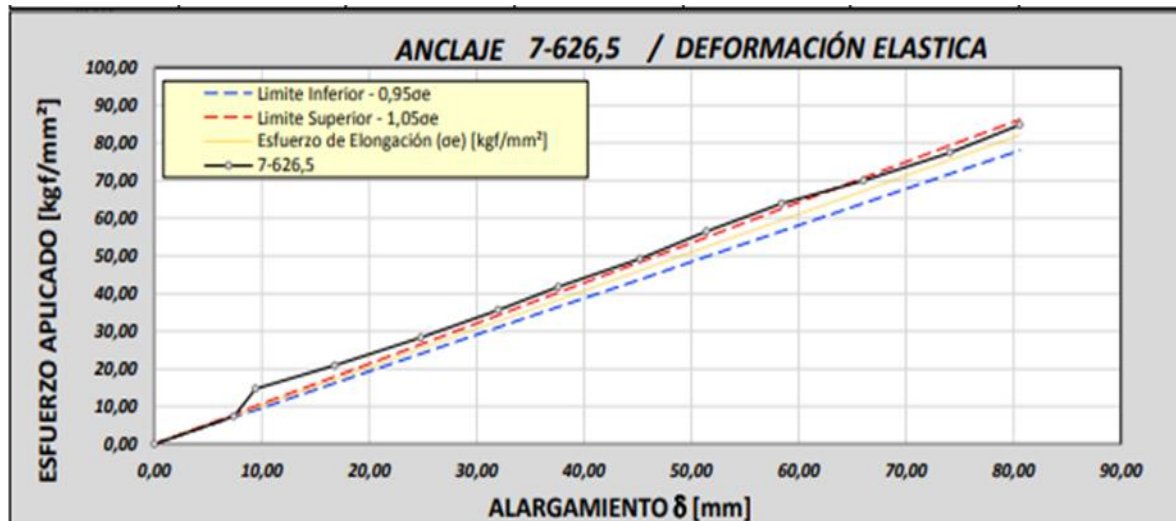


Imagen 15. Comportamiento elástico gráfica esfuerzo aplicado vs alargamiento. Verificación de carga
Tomado de: elaboración propia.

Cuando se encuentre una diferencia mayor del 5% entre el esfuerzo que se determine por la lectura del manómetro (serie de color negro, en imagen 15) y el esfuerzo que se calcule por la elongación que es el esfuerzo teórico, de acuerdo con la curva esfuerzo/deformación, intervalo representado en la imagen 15 por las gráficas azul y roja, siendo el límite inferior (95% de la carga de trabajo) y superior (105% de la carga de trabajo o diseño) respectivamente, se deberá suspender el tensionamiento y aliviar de carga el tendón.

Además, deberá determinarse la causa de la discrepancia entre dichos valores y efectuar la corrección correspondiente antes de aplicar tensión nuevamente al tensor. Todo anclaje se deberá tensionar inicialmente hasta una fuerza igual al 10% de su carga de prueba, punto de iniciación de las medidas de elongación. A continuación, se deberá incrementar progresivamente la tensión hasta alcanzar la carga de prueba, la cual deberá exceder en un 20% la carga de trabajo. La carga de trabajo, deberá ser igual al 50% de la resistencia última del tendón.

A los tres días calendario después de terminar el tensionamiento de un tensor o un grupo de tensores de anclaje, se deberá revisar la carga de todos ellos. Si en alguno de estos tensores se comprueba una carga igual o menor al 95% de la carga máxima de trabajo, se deberá retensionar nuevamente hasta dicha carga y se someterá a una nueva revisión de carga después de tres días calendario. Si se vuelve a encontrar que la carga es inferior al 95% de la carga de trabajo máxima del tendón, éste deberá ser reemplazado por el Contratista. (EPM - CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA, Especificaciones técnicas de construcción, Capítulo 13. Acero de refuerzo, 2011)

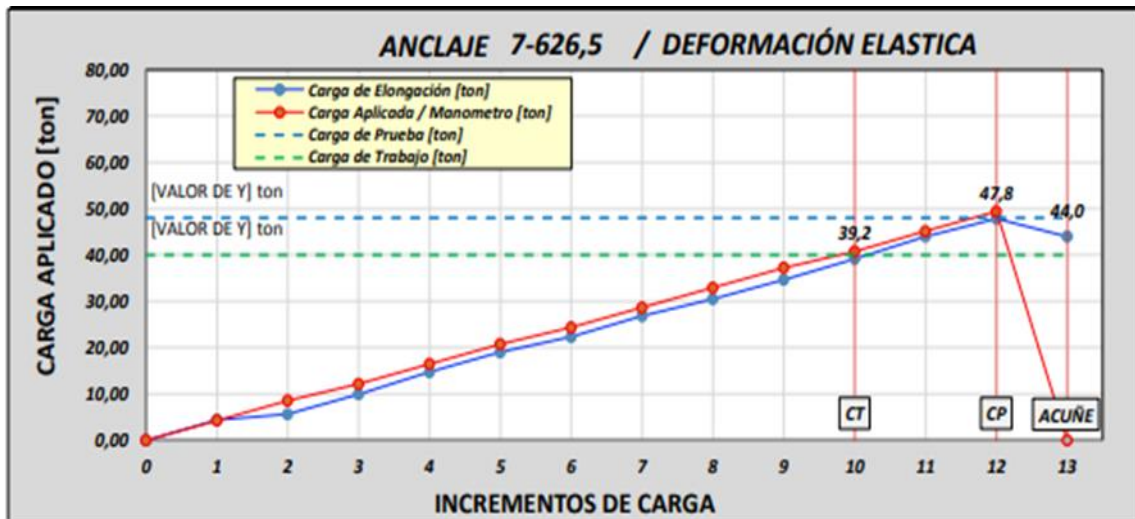


Imagen 16. Carga aplicada – incrementos de carga. Tomado de: elaboración propia.

Para este caso el tensor 7 perteneciente a la pantalla activa ubicada sobre la cota 626.5, es no conforme puesto que su carga de elongación representada por la gráfica de color azul en la imagen 16, se encuentra debajo de la carga de trabajo la cual es representada por la línea punteada verde, pudo ser que al momento que se iba incrementando la carga paulatinamente el tendón presentó un leve deslizamiento al tratarse de la zona en la que se encuentra instalado o sufrió una relajación a la tracción considerable, ocasionando una pérdida en su carga final.

8.1.2 Tensores Dywidag

Las gráficas presentadas a continuación corresponden a los tensores Dywidag trabajados en el frente Subestación 500 kV parte alta, las cuales son construidas al igual que las gráficas de los tensores compuestos de cables mencionado en la sección anterior 8.1.2 tensores de cables, los cuales permiten reflejar el comportamiento elástico, lo que facilita la comprensión de los resultados de tensión obtenidos para cada uno de los tensores, comparando la carga real generada por medio del manómetro y transmitida por el gato hidráulico, respecto a la carga teórica calculada, utilizando la deformación unitaria que resulta de la carga aplicada junto con el módulo elástico del acero de la barra, para verificar que dichas cargas presenten resultados aproximados.

Para este caso se presentaron anomalías en los comportamientos elásticos del elemento, luego de analizar los datos de tensionamiento de estas barras se realizó las gráficas esfuerzo - deformación y se encontró que estos elementos presentan mayores pendientes, según la gráfica mayor módulo de elasticidad, y mayor variabilidad que los otros tensores compuestos por torones o cables de acero.

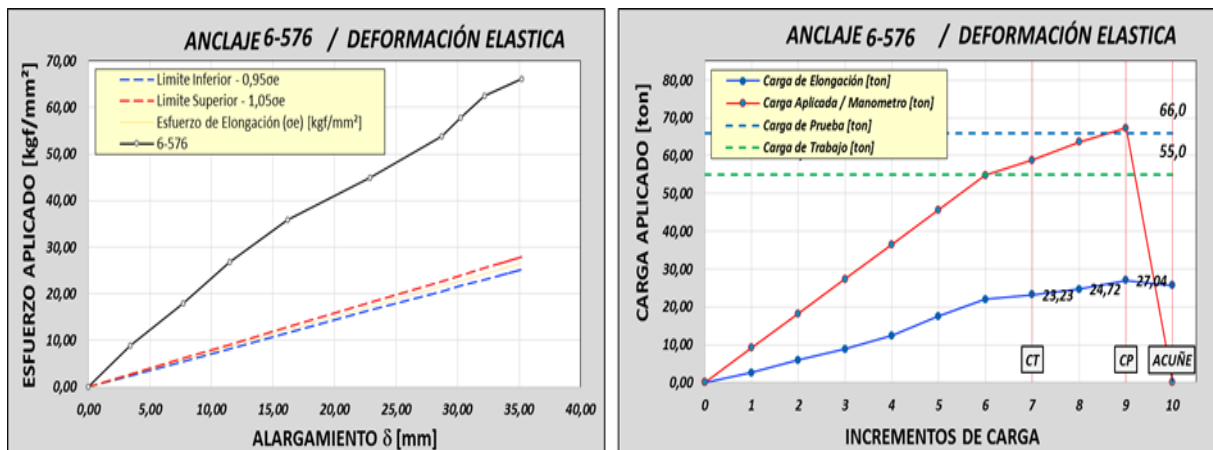


Imagen 17. Comportamiento elástico de tensor Dywidag #6 de la cota 576. Tomado de: elaboración propia.

De la imagen 17, se observa claramente que la gráfica esfuerzo aplicado / alargamiento, que representa el esfuerzo manométrico (color negro) el cual es el real aplicado, es decir que no presenta variaciones puesto que los incrementos para tensión son los mismos según sea el frente de trabajo y carga de diseño, posee una pendiente mucho mayor que las gráficas que representan el intervalo permitido para el esfuerzo de deformación teórico, que se calcula con la ley de Hooke utilizando el módulo de elasticidad del material y su longitud inicial, la cual es la longitud que corresponde a la zona libre para tensionamiento.

Ecuación 1.

$$\sigma = \varepsilon E$$

Ecuación 2.

$$\frac{P}{A} = \frac{\Delta L}{L_i} * E$$

El área y la presión aplicada son lecturas conocidas puesto que dependen únicamente del equipo de tensión, el cambio en la longitud es conocido puesto que se lee con el pie de rey inmediatamente después de cada incremento de carga y el módulo elástico de cada material es invariable, lo que permite inferir que la lechada correspondiente al bulbo de anclaje se está introduciendo a la zona libre para tensión, lo que genera una reducción en la longitud inicial del elemento ocasionando que para la misma carga aplicada, este se deforme mucho menos de lo esperado. Esto se ve reflejado en la gráfica de la derecha que corresponde a la carga aplicada vs los incrementos de carga, donde se presenta claramente que el elemento no está en su debida carga de trabajo.

9 Conclusiones

- Manejar un procedimiento constructivo codificado para cada actividad, estableciendo los parámetros de control de la misma, es de gran importancia, puesto que facilita la inspección y seguimiento de verificación para conformidad del producto final desde el área de calidad, lo que permite llevar a cabo correctamente su ejecución, garantizando el menor número de reprocesos posibles.
- La verificación de la veracidad en la información diligenciada para cada formato de registro elaborado en campo con el objeto de asegurar que lo plasmado en este se haya ejecutado de la forma correcta, se encuentre completamente diligenciado con sus firmas respectivas y de esta manera pueda ser almacenada para darle su debido seguimiento y sirva como soporte en caso de reclamaciones.
- El control de la información, es la herramienta más importante en las obras civiles, ya que es el soporte primordial requerido para conocer las cantidades utilizadas en cada actividad y el avance de las mismas, lo que proporciona almacenar cada registro, para luego organizar según sea el frente y la actividad ejecutada, con el fin de presentar una matriz dónde se consolide dicha información claramente.
- Es de gran importancia que cada procedimiento, ejecución y verificación del producto final de una actividad, se encuentre regida por una especificación técnica o norma, en vista de que por su experiencia las personas encargadas de llevar a cabo la realización de dicha actividad, se salen de los protocolos establecidos y con ello permite dar claridad y control en el seguimiento de la ejecución.
- La comunicación y trabajo de equipo cobra una relevancia única a la hora de transmitir, recopilar y almacenar información, buscando un orden y secuencia en el seguimiento y la presentación de consolidados buscando la conformidad de las actividades realizadas.

10 Referencias Bibliográficas

- CCCI, C. (2012). <http://cccituango.co/>. Ituango.
- EPM - CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA, C. Y. (2011). *Especificaciones técnicas de construcción, Capítulo 11. Obras de concreto*. Medellín.
- EPM - CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA, C. Y. (2011). *Especificaciones técnicas de construcción, Capítulo 13. Acero de refuerzo, 13.4 Refuerzo tensionado*. Medellín.
- EPM - CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA, C. Y. (2011). *Especificaciones técnicas de construcción, Capítulo 2. Excavaciones exteriores, 2.9 Tratamiento de taludes*. Medellín.
- EPM - CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA, C. Y. (2011). *Especificaciones técnicas de construcción, Capítulo 3. Excavaciones subterráneas, 3.5 Pernos de roca y de anclaje de estructura 3.5.5 control de calidad*.
- EPM - CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA, C. Y. (2011). *Especificaciones técnicas de construcción, Capítulo 8. Drenajes*. Medellín.
- EPM - CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA, C. Y. (2011). *Especificaciones técnicas de construcción, Capítulo 9. Perforaciones e inyecciones*. Medellín.
- EPM - CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA, C. Y. (2011). *ITU/PR/103 Instalación de pernos*.
- EPM - CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA, C. Y. (2011). *ITU/PR/105 Procedimiento concreto lanzado*.
- EPM - CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA, C. y. (2011). *ITU/PR/115 Instalación de tendones*.
- EPM - CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA, C. Y. (2011). *ITU/PR/IT/025 Fabricación, instalación y tensión de barras Dywidag*.
- EPM - CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA, C. Y. (2011). *Procedimiento interno No Conformidades ITU/CAL/005*.
- EPM - CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA, CENTRAL Y OBRAS ASOCIADAS. (2011). *Especificaciones técnicas de construcción, Capítulo 8. Drenajes*. Medellín.
- <http://cccituango.co/>. (2011). Medellín.
- PRESA, E. -C., & ASOCIADAS, C. Y. (2011). *Matriz de seguimiento ITU/PR/001*.