

INFORME

Revisión Estudios Estabilidad Macizo Rocosó Hidroituango

Mesa Técnica PGN

Orden 2a Juez 75 PMCG.

*Elaborado por:
Edgar Enrique Roa Acosta.
Dirección de Vigilancia Fiscal
Contraloría Delegada para el Medio Ambiente.*

*1ª Revisión:
Luis Fernando Alvarado Cárdenas/DVF
23 de julio de 2019.*

1. INTRODUCCIÓN

En atención a lo ordenado por el Juzgado 75 Penal Municipal con Función de Control de Garantías, en lo específico a la audiencia No. 193 de fecha 07 / 06 de 2019, sobre las medidas de protección y restablecimiento de derecho, se presenta el siguiente informe técnico por parte de la Contraloría General de la República - CGR, de acuerdo a lo definido por la mesa técnica ordenada por el Sr. Juez Herbert Merchán Pulido, según la orden No. 2 de la mencionada audiencia.

2. CONSIDERACIONES PREVIAS AL ANÁLISIS

A continuación se presentan unas consideraciones que conforman el marco de referencia para el presente informe técnico realizado por los Funcionarios designado por la Contraloría General de la República - CGR, para atender los requerimientos del Juzgado 75 Penal Municipal.

La estabilidad de las obras principales del proyecto en especial presa y el estribo derecho, junto a la presa y el estribo izquierdo deben verse en conjunto, dado que la contingencia de abril - mayo de 2018 impacto en especial la casa de máquinas y sus conducciones (macizo rocoso lado derecho), el diseño y ritmo de construcción de la presa, así como las adecuaciones y forma de empalme de la presa con el estribo o macizo rocoso del lado izquierdo, por tal razón la condición de estabilidad el macizo rocoso implica necesariamente la condición de estabilidad integral del proyecto dada la evolución del mismo y las condiciones de riesgo que se derivan para los pobladores aguas abajo.

Se considera que el macizo rocoso cambio su estado de estabilidad original luego de los varias decenas de kilómetros de túneles, conducciones, galerías, excavaciones y obras con el uso intensivo de explosivos; así mismo la estabilidad del proyecto es una integralidad de las obras afectadas y las no afectadas por la contingencia de 2018, su proceso constructivo y control de las voladuras y la cantidad de explosivo utilizado.

El seguimiento geotécnico de las obras y su grado de estabilidad actual y futura debe involucrar los asentamientos, desplazamientos, ajustes y deformaciones permisibles o aceptables previamente definidos y monitoreados.

La evaluación de la estabilidad del macizo rocoso debe contemplar los Informes de la Interventoría - consultoría de seguimiento al desarrollo de las obras y su evolución.

Las diferencias establecidas entre el modelo de contención del agua en la presa y la condición actual de la misma y los estribos frente a las filtraciones de agua en la presa luego de la contingencia de mayo de 2018 y el estribo derecho deben ser evaluados como parte de la condición de estabilidad actual y futura, en su etapa de operación.

Para la evaluación de la condición actual de estabilidad del macizo rocoso se requiere la toma de datos y monitoreos geotécnicos, geofísicos y geodésicos de alta precisión al interior de las obras afectadas y no afectadas en la contingencia del 2018, en cuyo caso no bastan los datos previos a la contingencia.

La Contraloría General de la República emitió informe de auditoría al proyecto Hidroituango en 2018, el cual fue aportado a la mesa técnica, en el cual se estudiaron y analizaron los documentos con los cuales se otorgó la licencia ambiental del proyecto, en cuyo caso un gran porcentaje de la información puesta a disposición por EPM ya fue evaluada en el informe de auditoría de 2018.

A continuación se retoman las principales conclusiones de la Auditoría CGR 2018 sobre el proyecto Hidroituango relacionadas con el tema del Macizo Rocos, para enmarcar así el presente análisis del Estudio solicitado, en el cual se considera debe tener en cuenta las condiciones de la contingencia, es decir, las filtraciones, las deformaciones, la erosión interna del macizo y las nuevas condiciones de estabilidad y afectación del macizo y la presa.

2.1. Resultados de la Auditoría de Cumplimiento AC-PHE PI 2018 relacionados con el Macizo Rocos.

2.1.1 Sobre Estudios Detallados para Estimación de Factores de Riesgos por Fallamiento y Geológico y Neotectónica en los EIA.

Un aspecto examinado por la CDMA-CGR es la presentación de Estudios Detallados para Estimación de Factores de Riesgos por Fallamiento y Geológico y Neo-tectónica en los Estudios de Impacto Ambiental -EIA- para la toma de decisiones, este es un aspecto que ha sido manifestado con anterioridad por la CDMA-CGR en Actuaciones Especiales y Auditorías relacionadas con proyectos hidroeléctricos como es el caso del Proyecto Hidroeléctrico El Quimbo en el departamento del Huila, considera la CGR que esta información es fundamental para decidir sobre este tipo de proyectos dadas las complejas características geológicas, tectónicas y geomorfológicas del país.

De la evaluación realizada es claro que no se consideran este tipo de estudios detallados, alude la ANLA que dentro de los Términos de Referencia -TdR- para elaborar los EIA de este tipo de proyectos NO se solicitan los mismos porque la aprobación de diseño no es de su competencia.

Al verificar los TdR de código HE-TER-1-01 de 2006, adoptados mediante Resolución 1280 del mismo año, se desprende que NO se solicitan Estudios Detallados para Estimación de Factores de Riesgos por Fallamiento y Geológico y Neo-tectónica en el EIA para estos Proyecto Hidroeléctricos. Este

aspecto, aunado a la ausencia de Control y Vigilancia Técnico-Operativa de este tipo de proyectos constituye una seria falencia para la toma de decisiones sobre estos y para su posterior seguimiento y control.

2.1.2. Sobre Limitaciones en la Información de los Estudios Base del Proyecto Hidroeléctrico Pescadero-Ituango.

EPM contrató una Evaluación Técnica del Proyecto Hidroeléctrico Ituango en los meses de abril a diciembre de 2015, la cual fue realizada por "Servicios de consultoría para la evaluación técnica del Proyecto Hidroeléctrico Ituango", consorcio constituido por las empresas Aqualogus, Engenharia e Ambiente, Lda. (AQUALOGUS) de Portugal, Artelia Internacional (Artelia) de Francia, y Estudios y Asesorías, Ingenieros Consultores Ltda, de Colombia, en lo sucesivo AQUALOGUS / ARTELIA / EyA, o "Evaluadores".

Dentro de la introducción de este informe los evaluadores plantean:

(...) El informe se ha preparado con una cantidad significativa de información entregada al Evaluador, aunque no toda la información solicitada estaba disponible, o no siempre tenía el grado esperado de detalle. Aun así, fue posible realizar una evaluación técnica del Proyecto bastante completa en los varios temas visados, como se describe en este informe.

En algunos aspectos específicos de la evaluación no hubo armonía de puntos de vista entre el Evaluador y el Diseñador, la firma INTEGRAL, (...) tales diferencias en la evaluación han sido más significativas en las áreas de la hidrología y de los sedimentos, y también en relación a algunos aspectos de la presa (...).

En el numeral 4.4.3.2 de dicho informe, en relación con la permeabilidad del macizo de la margen derecha (aguas abajo) en donde se realizaron las obras de la Hidroeléctrica Ituango, la foliación de los gneises, el grado de fracturación de la roca y la permeabilidad de las zonas de falla de Tocayo y Mellizos. Esto teniendo en cuenta el actual nivel de saturación del macizo debido a la inundación de los conductos y las cavernas de máquinas y transformadores, en la página 58 del Informe señala:

*"(...) Es de remarcar la verticalidad de los planos de cimentación del núcleo especialmente en la ladera derecha y los problemas que ello puede conllevar. Ello se trata más adelante. **No parece existir sin embargo un estudio que analice la permeabilidad del macizo** en sus distintas zonas geomecánicas más allá de una reseña sobre que ésta sería secundaria a través de fracturas. No se han encontrado pruebas de permeabilidad en la cimentación ni se ha analizado la estabilidad interna de la misma (a nivel de relleno de fracturas) con relación a los enormes gradientes impuestos por la elevada carga agua del embalse".*

Esta es una de las razones que permite concluir a la CGR que, debido a la contingencia ocurrida en abril y mayo del 2018, las condiciones actuales post-emergencia y **la estabilidad interna del macizo no es la misma con la cual se otorgó la licencia ambiental**; pues las excavaciones de la obra y las acciones generadas por la pérdida del control hidráulico de la presa, debilitaron posiblemente el macizo generando cambios estructurales, los cuales **deben ser evaluados para continuar el proyecto**. Esto lo ha exigido la ANLA en la Resolución 0820 del 1° de junio de 2018.

En este mismo estudio cuando se contempla las consideraciones generales sobre las excavaciones y contactos de la cimentación del cuerpo de presa se menciona la verticalidad del contacto con el macizo de la margen derecha:

“(…) La pendiente de la excavación derecha de la presa es muy elevada. Por ello, se debería disponer del estudio tensional adecuado al problema, para confirmar que el estado tensional de la base del núcleo ofrece unas compresiones efectivas suficientes para que la base de la cimentación del núcleo, en esa zona, quede adecuadamente sellada. Ello se comprobaría mediante el mencionado modelo tridimensional del cuerpo de presa.

*En efecto, tal y como se expone en la documentación analizada, se considera que existen casos similares exitosos a este respecto. En ellos **se debió realizar un estudio tensional del núcleo de la presa y, en concreto, del contacto con la cimentación.** Se tiene constancia de que en aquellos casos que se exponen, se dispusieron medidas adicionales para mejorar ese contacto (adición de bentonita, sobreanchuras en el núcleo, etc.). Por otro lado, también hay otros casos en los que estos aspectos han dado lugar a numerosos estudios adicionales (presa de Canales en España y presa Guavio en Colombia). Se considera necesario acometer este estudio.”.*

En resumen, el resultado del Informe de Diligencia Debida confirma algunas dudas que se tienen, entre otras, sobre:

1. La probabilidad de falla estructural de la presa ante la generación de ondas derivadas por derrumbes en el vaso y en el propio macizo de la margen derecha del proyecto, cuyo estudio actual no es adecuado ni suficiente para dar cuenta de las posibilidades de falla real durante la emergencia.
2. La magnitud y extensión del daño que se puede causar por falla de la presa durante la emergencia, ante las falencias del estudio de rompimiento de presa de EPM, y las dudas generadas tanto en el estudio de Diligencia Debida, como recientemente por la modelación realizada por el IDEAM.
3. La integridad y estabilidad actual del macizo de margen derecha, donde se encuentran todas las obras principales de la central, y especialmente para el manejo de la emergencia, el vertedero del embalse, ante el hecho de que ese macizo nunca debió estar saturado y a presión.

2.1.3. Sobre Condición operativa y de estabilidad geotécnica del Sistema Auxiliar de Desviación - SAD-

A finales del mes de abril y a lo largo del mes de mayo de 2018, se presentó un complejo escenario de situaciones de orden técnico (geológicas) relacionadas con la obstrucción definitiva del denominado Sistema Auxiliar de Desviación “SAD”, cuyo objeto era ser una obra auxiliar, y que en realidad se transformó en una obra principal que reemplazó los túneles de desviación del Río Cauca y además debía permitir asegurar el caudal ecológico del río Cauca, luego del taponamiento controlado y definitivo de los túneles de desviación Derecho e Izquierdo. Sobre la ladera de la entrada del SAD se produjo un proceso de remoción en masa, situación que provocó su taponamiento, el cual derivó a su vez en el llenado prematuro y no programado ni controlado de la presa.

3. ANÁLISIS DE CONTRATOS - DOCUMENTOS

A continuación se desarrolla el análisis de los objetos contractuales de los contratos y documentos aportados por la Gobernación de Antioquía y EPM en relación con la evolución de las condiciones de estabilidad del proyecto Hidroeléctrico Ituango - Hidroituango, luego de la contingencia de abril -

mayo de 2018 y que guardan según la Contraloría General de la República relación a lo solicitado por el Señor Juez 75 PM.

En este sentido se resaltan en sombreado de color gris los apartes que se consideran relevantes para el análisis y discusión de la mesa técnica; y sobre los cuales se fundamentan las conclusiones del presente documento.

3.1. DOCUMENTOS DAPARD.

Contrato Departamento Administrativo del Sistema de Prevención, Atención y Recuperación de Desastres - DAPARD y la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín - Contrato No. 4600009575 de mayo de 2019.

Objeto: EVALUACIÓN, ANÁLISIS Y DIAGNOSTICO DE LOS ESCENARIOS ACTUALES DE RIESGO GENERADOS EN EL PROCESO DE RECUPERACIÓN DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO ITUANGO, PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES EN LA ZONA DE INFLUENCIA DE DICHO PROYECTO EN EL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA.

Plazo: SEIS (6) MESES CONTADOS A PARTIR DE LA SUSCRIPCIÓN DEL ACTA DE INICIO, SIN SUPERAR EL 13 DE DICIEMBRE DE 2019.

*CLÁUSULA SEGUNDA. ALCANCE DEL OBJETO Y ACTIVIDADES. **ALCANCE:** Realizar una evaluación, análisis y diagnóstico del grado de riesgo y amenaza actuales en que se la zona de influencia del departamento de Antioquia, en relación con el proceso de recuperación del proyecto Hidroeléctrico Ituango. **ACTIVIDADES:** Las siguientes actividades se realizan con el fin de determinar el nivel del riesgo y los posibles daños graves e irreversibles, a las vidas, a los bienes y derechos de las personas, a las instituciones y a los ecosistemas, dando aplicación al principio de precaución: 1) Análisis geológico y geotécnico mediante herramientas especializadas e información suministrada, que determinen el estado actual del macizo rocoso donde están ubicadas las obras principales de la Casa de Máquinas, luego de cerrar compuertas en el mes de enero y febrero de 2019, el estudio solicitado permitirá comprobar la estabilidad futura de esta zona. 2) Análisis hidráulico, geotécnico y estructural de las obras principales que se encuentran terminadas o en proceso de construcción avanzada: Presa, Túneles y Galerías propias del proyecto; en el proceso de recuperación, relacionado con el cierre de compuertas de la casa de máquinas y avance de obras de reforzamiento realizadas en lo que va transcurrido del año. Determinando a su vez, el grado de funcionalidad que tendrían estas obras principales, y su grado de afectación a las condiciones hidráulicas del río Cauca, y con esto a las comunidades y ecosistemas que se encuentran en la zona de influencia del proyecto. 3) Análisis y revisión de alternativas de recuperación propuestas para las condiciones actuales de la casa de máquinas, túneles y demás obras principales del proyecto. 4) Evaluación, análisis de riesgos y diagnóstico de la estabilidad de la presa considerando la ejecución del lleno prioritario y las obras de reforzamiento implementadas, mediante el estudio y revisión de diseños y planos As Built, los cuales serán suministrados por el diseñador, constructor, interventor y consultor del proyecto Hidroeléctrico Ituango. 5) Análisis de los procesos constructivos actualizados de las obras (Incluidas las de reforzamiento) durante la situación de recuperación del proyecto Hidroeléctrico Ituango. 6) Realizar una cronología al día de los nuevos eventos de riesgo presentados y analizar los factores que llevaron al responsable de la obra a tomar las decisiones que se han implementado durante en lo transcurrido del año 2019. 7) Analizar la información recolectada durante el monitoreo de puntos críticos de las obras principales en su fase de recuperación, que permita definir un concepto de riesgo. 8) Análisis de efectos a generar por eventuales voladuras*

para el destaponamiento o construcción de nuevos túneles, en la fase de recuperación del proyecto. 9) Evaluación y análisis del riesgo ambiental ocasionado con motivo del cierre de compuertas, incluyendo las modificaciones a los distintos hábitats y ecosistemas de la población faunística y florística, y análisis y cumplimiento del Diagnóstico Ambiental de Alternativas, DAA, incluyendo nuevos escenarios de riesgo ambientales que podrían generarse. 10) Evaluación, análisis del riesgo ambiental ocasionado con motivo del cierre de compuertas, incluyendo las modificaciones a los distintos hábitats y ecosistemas de la población faunística y florística, y análisis y cumplimiento del Diagnóstico Ambiental de Alternativas, DDA, incluyendo nuevos escenarios de riesgo ambientales que podrían generarse. 11) Evaluación, análisis y diagnóstico del impacto ambiental y socioeconómico producido por la clausura de la Descarga de Fondo y la operación de la Descarga Intermedia. 12) Análisis de los nuevos planes de contingencia desarrollados desde el comienzo de la contingencia de este año. 13) Identificación y Valoración de los riesgos actuales, además de elaboración y entrega de un nuevo plan de contingencia dinámico de acuerdo con las condiciones actuales de la fase de recuperación del proyecto. 14) Análisis de la información recolectada que permita asesorar a la Gobernación de Antioquia, al DAPARD, y al CDGRD, en la toma de decisiones para la gestión del riesgo, basados en los actuales escenarios de riesgo. **PARÁGRAFO PRIMERO:** Todas estas actividades se realizarán con base en la propuesta técnica presentada por EL CONTRATISTA para la ejecución del presente contrato.

CLAUSULA CUARTA- PLAZO DEL CONTRATO: El plazo de ejecución es seis (6) meses contados a partir de la suscripción del acta de inicio, sin superar el 13 de diciembre de 2019.

... **OBLIGACIONES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL:** 1. Realizar la elaboración y entrega del Plan de trabajo y Cronograma. 2. Realizar la revisión y Análisis de informe presentado por SKAVA. 3. Realizar el análisis geológico y geotécnico mediante herramientas especializadas e información suministrada, que determinen el estado actual del macizo rocoso en donde están ubicadas las obras principales de la Casa de Máquinas, luego de cerrar compuertas en el mes de enero y febrero de 2019. 4. Realizar la evaluación, análisis de riesgos y diagnóstico de la estabilidad de la presa y riesgos actuales asociados considerando el lleno prioritario y las obras de reforzamiento implementadas. 5. Realizar la evaluación, análisis y diagnóstico de estrategias y riesgos asociados para la habilitación y funcionamiento de los Túneles, Galerías, y obras hidráulicas del proyecto u obras de taponamiento y cierre definitivo; así como las implicaciones ambientales que podrían generarse por el no funcionamiento de alguna de estas. 6. Realizar el análisis de los efectos y consecuencias de las voladuras a realizarse, para la recuperación y/o rehabilitación de las obras y túneles principales del proyecto: Descarga Intermedia, Descarga de Fondo, Túneles de desviación, entre otros. 7. Realizar la evaluación y análisis de los cambios y perfeccionamientos realizados a las licencias ambientales y al nuevo plan de contingencia elaborado de acuerdo a las condiciones de riesgo presentes y futuras del proyecto. 8. Realizar el Modelamiento y capas en medio magnético mediante software adecuado de los eventos de inundación y sequía susceptibles de presentarse, en la fase de recuperación del proyecto. Incluyendo capas (shapes) en medios digitales de la información obtenida, modelamientos de los diferentes niveles de inundación. 9. Realizar la presentación del isométrico en medio magnético con todas las obras superficiales y subterráneas del proyecto, planos a escalas adecuadas. 10. Realizar la evaluación y análisis del riesgo ambiental, social y socio económico producido por el cierre de compuertas de la casa de máquinas y análisis del Diagnóstico Ambiental de Alternativas, DAA. 11. Realizar análisis del nuevo plan de contingencia desarrollado desde el comienzo de la contingencia de este año. 12. Elaborar y entregar nuevo plan de contingencia dinámico con la identificación, el análisis y la valoración de los riesgos de desastres actuales y esperados en relación con la recuperación de las obras principales del

proyecto. 13. Desarrollar las actividades necesarias para dar cabal cumplimiento al objeto del contrato con todas las especificaciones, conforme a la normatividad vigente.

Los resultados del contrato DAPARD No. 4600009575 de 2019, apuntan a dar respuesta en parte a lo solicitado en la orden 2 del Juzgado 75 PM., en cuanto guardan relación directa ya sea desde el punto de vista de la evaluación de la estabilidad o por la evaluación del riesgo, dado que para desarrollar la condición del riesgo se requiere establecer los escenarios de amenaza y probabilidad de ocurrencia de los escenarios de afectación respectivos, por lo cual apuntan a establecer relaciones directas con el grado de estabilidad del proyecto y las posibles afectaciones en caso de presentarse una contingencia.

3.2. DOCUMENTOS EPM

Documento EPM I-2194-PHI-GEO-MDC-001 (1) ESTABILIDAD MARGEN DERECHA POR OPERACIÓN DURANTE CONTINGENCIA - Fecha: 28-06-2019.

1 INTRODUCCIÓN

Como resultado de la operación prematura del sistema de conducción y en general del complejo cavernas bajo una condición totalmente atípica, se presentaron una serie de eventos de inestabilidad algunos de ellos visibles en superficie y otros como se verá en el desarrollo de este informe, se identificaron hacia el interior del macizo comprometiendo zonas a lo largo de los pozos de presión y galerías de construcción.

Estos hallazgos se dieron previo al cierre definitivo de la captación, posteriormente una vez se realizó el cierre de las conducciones fue posible realizar exploración directa, indirecta y una inspección más detallada la cual permitió dimensionar la magnitud de los sucesos imprevistos al interior del macizo. En consecuencia, en este informe se evalúa el grado de estabilidad del macizo de la zona de la captación y pozos de presión.

Se presenta en el capítulo 2 los resultados de la exploración en la zona en estudio, resaltando los hallazgos principales. El capítulo 3 suministra el modelo numérico tendiente a determinar las condiciones de estabilidad en los costados sur y norte del sistema de captación y pozos de presión (margen derecha). En el Numeral 4 se define la estrategia de estabilización para el talud de la parte alta de captación. Finalmente, en el capítulo 6 se relacionan las recomendaciones y conclusiones de los análisis realizados.

6 CONCLUSIONES

6.1 MODELACIÓN 3D

• Se realizó la modelación numérica del sistema de conducción incluyendo la oquedad identificada y previamente dimensionada entre los pozos 1 y 2, así mismo se delimitó una zona de afectación en el costado sur entre los pozos 7 y 8 con extensión hasta superficie a través del derrumbe tipo chimenea denominado Romerito.

• Los resultados muestran que la oquedad del costado norte no presenta mayor afectación ni condiciona la estabilidad de la ladera. La zona plástica muestra compromiso local de las paredes del hueco sin que esta se propague a excavaciones vecinas o a superficie.

• Se recomienda el llenado de la oquedad norte con el fin de restringir la formación de zonas plásticas en las excavaciones principales del sistema de conducción, además de controlar la calda de cuñas.

• Del análisis de reducción de resistencia al corte se determinó la incidencia de la zona débil en el factor de seguridad de la ladera, encontrándose que la condición sísmica afecta la zona alta de la ladera y hacia el interior del macizo particularmente la zona de los pozos de compuertas y los codos de conducción superior. Por lo anterior, se identificaron los parámetros geomecánicos necesarios para mejorar la zona alterada del sur de modo que la zona de debilidad en condición sísmica no afecte el factor de seguridad de la Como resultado, con un material cuya resistencia a la compresión simple sea del orden de 11 MPa la zona plástica se restringe únicamente a la parte alta del talud de captaciones la cual ya se está reforzando por medio de terraceo, instalación de tensores y perno como se presentó en este informe. Y se demostró que con el tratamiento recomendado se cumple con los factores de seguridad estático y para un sismo con un periodo de retorno de 2500 años.

6.2 ESTABILIZACIÓN PARTE ALTA DE CAPTACIONES

☒ Mediante los análisis de equilibrio límite se identifica que por encima de donde iniciará la geometría de excavación, en la zona donde no se va a aplicar tratamiento de soporte, los factores de seguridad son inferiores a los mínimos requeridos, para el caso estático de 1,5 y para la condición pseudo-estática de 1,1; sin embargo, se tiene incertidumbre con respecto a la profundidad del horizonte de depósito de vertiente, que es donde se forman las superficies de falla críticas, razón por la cual fue recomendada la ejecución de una perforación exploratoria, en la cual se instalará posteriormente un inclinómetro, con el objetivo de verificar la estratigrafía en la zona de análisis, así como el comportamiento de los horizontes superficiales, y así ajustar las especificaciones del soporte activo en la parte alta.

☒ Por otro lado, los análisis cinemáticos para los taludes en el horizonte de meteorización IIA mostraron que los sectores donde la pendiente de excavación es de 0,9H:1,0V y 0,5H:1,0V, se puede aplicar tratamiento de soporte localizado, ya que se observa que la formación de cuñas potencialmente inestable se disminuye. Mientras tanto, en los taludes con pendiente de 0,25H:1,0V se deben reducir el espaciamiento de los pernos tipo BAL 8 de 2,5 m a 2,0 m, para poder alcanzar los factores de seguridad mínimo requeridos de 2,0 y 1,1 global, tanto en condición estática como pseudo-estática.

☒ Teniendo en cuenta que los análisis consideran condiciones mínimas de presiones intersticiales, se requiere la instalación sistemática de perforaciones de drenaje en los horizontes de suelo, transición y macizo rocoso moderadamente meteorizado. En el caso del macizo levemente meteorizado, estas podrán ser localizadas.

☒ Finalmente se recomienda que los taludes con pendiente de 0,25H:1,0V, sean excavados en bancos de 3,0 m de altura, ya que se disminuye considerablemente el volumen de los bloques potencialmente inestables.

6.3 CONDICIÓN DE ESTABILIDAD GENERAL

☒ La estabilidad general de la ladera en margen derecha es adecuada para la condición estática y pseudo-estática según criterios de diseño definidos. En ese sentido, afectaciones puntuales tales como la oquedad de los pozos norte 1 y 2 y la zona alterada del sur, no ponen en riesgo el desempeño global del macizo que soporta las obras principales del proyecto. No obstante, la minimización total de los riesgos a largo plazo implica que condiciones particulares tales como las mencionadas sean estabilizadas.

☒ La instrumentación muestra que la margen derecha del proyecto hidroeléctrico Ituango se mantiene estable, pese a algunas afectaciones identificadas durante contingencia. Esta condición se ha validado también a través de diferentes enfoques de análisis, según los criterios establecidos en el documento.

☑ *Para las zonas puntualmente afectadas se requieren tratamientos que van desde el relleno de la oquedad norte, la consolidación de la zona de debilidad sur, hasta la finalización de los trabajos de estabilización de la parte alta de captaciones.*

☑ *Con la estabilización de los sitios críticos se eliminarán los riesgos originados en estos puntos por la operación del sistema por fuera de las condiciones de diseño, y como consecuencia de la contingencia ocurrida en finales de abril de 2018.*

El Documento EPM No. I-2194-PHI-GEO-MDC-001 (1) titulado: *ESTABILIDAD MARGEN DERECHA POR OPERACIÓN DURANTE CONTINGENCIA - Fecha: 28-06-2019*, corresponde a una evaluación puntual y temporal de la estabilidad potencial y parcial de la zona de afectación de las obras comprometidas en la contingencia de finales de abril de 2018 en la margen derecha del proyecto donde se localizan la casa de máquinas, las galerías de conducción y descarga entre otras, y no da razón de la estabilidad integral de las obras comprometidas y las no comprometidas en la contingencia de abril - mayo de 2018.

Tampoco se establecen y presentan los parámetros o rangos en los cuales las deformaciones, movimientos, ajustes y asentamientos se cundieran aceptables en lo previsible y permitido dentro de un margen de seguridad geotécnico definido por el diseñador o por un organismo internacional o autoridad competente en la materia, y que permita dar un diagnóstico concreto sobre la estabilidad del macizo en general. En este punto es necesario tener en cuenta que la estabilidad integral del proyecto debe involucrar necesariamente las condiciones de estabilidad del macizo rocoso del lado derecho, así como la condición de estabilidad de la presa y del macizo del lado izquierdo, lo anterior teniendo en cuenta que además de la afectación concreta del macizo rocoso de la margen derecha derivado de la contingencia, también se efectuó una modificación al diseño y construcción de la presa y a su vez de como esta modificación cambió su condición frente al macizo rocoso del lado izquierdo del proyecto.

En este documento no se evalúa la condición de estabilidad frente a los requerimientos de seguridad física de las obras y condiciones geotécnicas para la fase de operación de la hidroeléctrica, en cuyo caso se debe evaluar la condición sísmica del proyecto en cada una de sus partes luego de la contingencia y las condiciones de cargas y vibración derivadas de la operación del conjunto de las plantas generadoras (turbinas).

3.3. ACUERDO FIRMADO CON KLOHN CRIPPEN - CONSORCIO 2019/045/05.

Según oficio EPM No. 20190130078235 de Junio 25 de 2019, remitido al Dr. JUAN CARLOS MOLINA OLIVEROS, fiscal 40 de la dirección especializada contra la violación de los DD HH, el Dr. JORGE LONDOÑO DE LA CUESTA, en su calidad de Gerente General de EPM, informa sobre la realización de cuatro (4) evaluaciones al macizo rocoso después de la contingencia de de abril de 2018.

En dicho documento hace referencia al contrato CT-I-2011- 000009 dentro del cual se firmó el acuerdo entre **Klohn Crippen Berger y el Consorcio de Generación Hidroituango**, el cual: "*contempla entre sus actividades el diagnóstico de la patología de las obras subterráneas.*".

El Gerente de EPM relaciona la entrega de los dos (2) documentos con el oficio dirigido al Señor Fiscal 40 y del cual remite copia a varios integrantes de la mesa presente mesa técnica ordenada por el Sr. Juez 75 PM. Dichos documentos corresponden: -"*Acuerdo firmado entre Klohn Crippen - Consorcio*

Generación Hidroituango" y - "Diagnóstico Geológico Geotécnico Contingencia Volumen 2 -RO-, del 11 de junio de 2019".

Una vez verificado el contenido de los documentos remitidos se observa:

3.3.1. Sobre el Acuerdo entre Klohn Crippen Berger y el Consorcio de Generación Hidroituango: No corresponde al acuerdo como tal sino a una parte del mismo, en su caratula no tiene relacionado el número ni la fecha del mismo, en las dos (2) páginas siguientes se relacionan las condiciones generales definidas por esta firma para el desarrollo del acuerdo con fecha 2019/04/05. A continuación se presenta un extenso desarrollo de las condiciones H.S.E. para el desarrollo del acuerdo, **sin que se remita la parte principal del mismo**, en donde se relacione su objeto, los compromisos en detalle de cada una de las partes, el alcance y actividades generales y particulares, los productos a entregar, las condiciones de su desarrollo (tiempo de duración del acuerdo y fecha de entrega de lo acordado), de tal forma se pueda establecer si su objeto general, alcances, objetivos específicos o particulares y producto final se enfocan o no a establecer en forma alguna la condición parcial o total del proyecto y en concreto saber si se incluye o no lo relacionado a la estabilidad del macizo rocoso del lado derecho, el macizo rocoso del lado izquierdo, la presa y las demás obras importantes que hacen parte integral de la Hidroeléctrica.

Según lo expresado por el Señor Gerente de EPM en su oficio del 25 de junio dirigido al Fiscal 40, el acuerdo entre Klohn Crippen Berger y el Consorcio de Generación Hidroituango contempla entre sus actividades el diagnóstico de la patología de las obras subterráneas, lo cual no implica necesariamente la evaluación del condición de estabilidad del macizo rocoso derecho, el izquierdo y la presa, por citar los más importantes elementos del proyecto.

Por lo antes expuesto se requiere que EPM remita la totalidad del acuerdo en español y su versión en idioma inglés a efecto de verificar su contenido y si el mismo apunta o no de forma total o parcial según lo requerido por el Sr, Juez 75 PM.

3.4. Sobre el Documento EPM: PROYECTO HIDROELÉCTRICO ITUANGO DIAGNÓSTICO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO CONTINGENCIA VOLUMEN 2, Fecha: 11-06-2019.

1 INTRODUCCIÓN

Debido a la emergencia que afecta el Proyecto Hidroeléctrico Ituango y que tuvo origen el pasado 28 de abril de 2018, surgió la necesidad de realizar un diagnóstico geológico geotécnico de todo el proyecto que permitiera conocer el estado de afectación de las obras. Una primera versión de este informe se emitió en junio de 2018, el cual se ha ido actualizando en la medida que evolucionan los trabajos que se realizan para superar la emergencia y las nuevas evidencias a la luz de la exploración que se realiza para determinar el estado de los frentes de obra. Siendo así, este informe corresponde al Volumen 2 del informe de "Diagnóstico geológico geotécnico de la contingencia" en el cual se describe el estado actual de las obras después del cierre de compuertas de las conducciones 1 y 2.

... En el Capítulo 2 se muestra una actualización del estudio del deslizamiento arriba de las captaciones conocido como "El Romerito"; allí se muestra cómo ha sido su comportamiento hasta mayo de 2019, cuál es la solución planteada para su estabilización y los análisis de estabilidad respectivos.

Todo lo relacionado con el complejo de cavernas una vez realizado el cierre de las compuertas se muestran en el Capítulo 3, donde se realiza un análisis de las hipótesis planteadas a lo largo del proyecto, cuáles continúan siendo válidas y cuáles se rebatieron a la luz de la evidencia actual, una vez que ya se pudo inspeccionar la caverna.

Por su parte el Capítulo 4 contiene todo lo relacionado con la presa, haciendo énfasis especial en los aspectos más relevantes registrados durante la construcción de la pantalla plástica. En el Capítulo 5 se presenta todo lo relacionado con el Sistema Auxiliar de Desviación – SAD, principalmente lo encontrado con la inspección y los trabajos que se adelantan para la estabilización de la cámara de compuertas y construcción de un tapón definitivo. De forma análoga, en el Capítulo 6 se presenta todo lo concerniente con el Sistema de Desviación Original, relativo a los trabajos que se están realizando para la construcción del tapón definitivo que permita el cierre de forma permanente este túnel.

Por último, en el Capítulo 7 se presenta una actualización del estado de las captaciones, de acuerdo con lo encontrado después del cierre de las compuertas. En este mismo capítulo se plantea el avance que se tiene con respecto a los diseños para la estabilización, inicialmente, de las conducciones No 1 y No 2.

Finalmente, en el Capítulo 8 se presentan las conclusiones sobre el estado actual de los frentes mostrados en los capítulos anteriores.

A CONTINUACIÓN SE RETOMAN LO PRINCIPALES TÍTULOS DEL INFORME PARA DAR UNA IDEA DE SU CONTENIDO.

Capítulo 2: DESLIZAMIENTO MARGEN DERECHA ARRIBA DE CAPTACIÓN, MONITOREO DEL DESLIZAMIENTO

- ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y ESTABILIZACIÓN DE LA PARTE ALTA

Capítulo 3: COMPLEJO DE CAVERNAS, EVENTOS OCURRIDOS DESPUÉS DE LA INUNDACIÓN DE LA CASA DE MÁQUINAS EN LAS OBRAS SUBTERRÁNEAS.

- ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DEL COMPLEJO CAVERNAS,

- HALLAZGOS OCURRIDOS DESPUÉS DE LA DESPRESURIZACIÓN DE LA

- CASA DE MÁQUINAS

- REVISIÓN ESTABILIDAD MACHÓN ENTRE CASA DE MÁQUINAS Y ALMENARA 1

Capítulo 4: PRESA

- RESUMEN DEL DISEÑO, RESUMEN CONSTRUCCIÓN, RESULTADOS ENSAYOS DE CONTROL DE OBRA DEFINIDOS EN LAS ESPECIFICACIONES, DESAFÍOS Y AJUSTES DURANTE CONSTRUCCIÓN, EFECTIVIDAD DE LA PANTALLA

Capítulo 5: SISTEMA AUXILIAR DE DESVIACIÓN – SAD

OBRAS DE ESTABILIZACIÓN Y CIERRE, PREMISAS DEL DISEÑO HIDRÁULICO Y PROCEDIMIENTO PARA EL CIERRE DE COMPUERTAS

Capítulo 6: SISTEMA DE DESVIACIÓN ORIGINAL

- DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN, ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN

Capítulo 7 : ACTUALIZACIÓN DIAGNÓSTICO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO DESPUÉS DEL CIERRE

- REVISIÓN HIPÓTESIS ANALIZADAS PARA EL SECTOR SUR - CONDUCCIONES N°5 A N°8
- CARACTERIZACIÓN OQUEDAD NORTE Y ZONA DE AFECTACIÓN SUR
- OQUEDAD NORTE
- AFECTACIÓN SUR
- ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LAS CONDUCCIONES - ANÁLISIS NUMÉRICO
- ANÁLISIS DE CUÑA
- LLENADO DE LA OQUEDAD

Capítulo 8: CONCLUSIONES

Inestabilidad talud parte alta captación Romerito:

☑ *Se avanza en la estabilización de la ladera arriba del deslizamiento "El Romerito". A la fecha de elaboración de este informe (mayo de 2019), de acuerdo con los resultados de las mediciones del radar, el movimiento no siguió remontando y la parte alta de ladera se ha mantenido estable. Se presentan desprendimientos por el proceso constructivo y por desprendimientos de material suelto debido a la temporada de lluvias.*

Cavernas:

Análisis de esfuerzo deformación con el complejo de Casa de Máquinas presurizado: La hipótesis de que era poco probable un colapso generalizado de las cavernas se pudo comprobar con la inspección, en la cual se evidenció que las cavernas no sufrieron deformaciones generales sino locales por desprendimiento de bloques y por las oquedades que formaron los procesos erosivos que produjo el paso del agua.

Sistema SAD:

La galería de acceso se encontró en buen estado y los trabajos de reforzamiento ejecutados fueron mínimos.

Desviación original:

En el sistema de desviación original se avanza en el diseño para el cierre definitivo...

Con respecto a las conducciones No N° 1 y N° 2 se concluye lo siguiente:

En el volumen 1 se analizaron dos escenarios donde se evaluaba la estabilidad de la ladera ante la presencia de las oquedades, de la cual se obtuvo que no hay problemas de estabilidad que pongan en riesgo los taludes de la margen derecha y que se ha comprobado con el monitoreo permanente que se le realiza a la ladera. Aunque se debe proceder rápidamente con el llenado de la oquedad para evitar desprendimientos de bloques que puedan afectar el pozo de compuertas.

☑ *La inspección de la oquedad mostró una conexión entre los pozos 1 y 2, cuya geometría se puede ver claramente limitada por planos de discontinuidades como la foliación y la diaclasa "Roldan".*

- Del modelo numérico realizado evaluando su estabilidad se obtuvo que es poco probable que la oquedad se extienda puesto que el campo de deformaciones es mayor principalmente en la

zona de la oquedad y no se exteniente hacia la ladera, esto principalmente por la calidad del macizo rocoso en la zona.

Este informe presenta un amplio desarrollo del estado actual del proyecto centrado en el macizo rocoso del lado derecho (margen derecha) y las obras afectadas por el paso del agua desde mayo de 2018 a febrero de 2019, se trata de manera individual y puntual la condición de estabilidad de varios puntos y zonas afectadas por el paso del agua en el macizo rocoso (obras principales del proyecto - casa de máquinas); cual no se aborda la condición de estabilidad del macizo rocoso del lado o margen izquierda.

Este informe como tal aporta una gran cantidad de información técnica de campo actualizada y levantada luego de cierre de las compuertas de febrero de 2019, la cual es estudiada y soportada por diversos ensayos y análisis.

Aborda también el tema de la estabilidad de forma individual de las obras y situaciones encontradas luego del cierre de las compuertas y se evitara el flujo del agua al interior de la casa de máquinas, sin embargo su objeto no es la evaluación integral y definitiva de la condición o grado de estabilidad del proyecto y su condición de operación luego de la sobras de estabilización y recuperación de las afectaciones por el flujo del agua a su interior.

4. CONCLUSIONES

La mesa técnica en consenso, debe establecer las condiciones técnicas mínimas para un nuevo estudio en caso dado de ser requerida definitivamente la contratación de un estudio y su contenido específico según lo requerido en la orden 2 del Juzgado 75 PM, o en caso dado se deben definir los criterio y condiciones del uso de los apartes pertinentes de los estudios del DAPARD, EPM e informes de la ANLA.

- La extensa información previa a la contingencia de abril - mayo de 2018 y suministrada por EPM es un importante insumo de partida de la condición previa, más no se puede considerar en su mayoría como información actualizada para el caso que nos ocupa en la presente mesa técnica, ya que no está enfocada según lo ordenado por el Señor Juez 75 PM en términos de oportunidad y condiciones actuales de la estabilidad del macizo rocoso, luego de la contingencia de finales de abril - mayo de 2018 y que provoco el llenado prematuro e incontrolado del embalse, la modificación del modelo de construcción de la presa y la inundación de la casa de máquinas y la afectación de las obras de conducción no preparadas para tal condición.
- Para la evaluación de la condición actual de estabilidad del macizo rocoso se requiere la toma de datos y monitoreos geotécnicos, geofísicos y geodésicos de alta precisión al interior de las obras afectadas y no afectadas en la contingencia del 2018, en cuyo caso no bastan los datos previos a la contingencia.
- Se requiere conocer los avances y el grado de cumplimiento de la resolución 820 de 2018 por parte de la ANLA, dado que las misma guarda relación directa en lo relacionado a lo ordenado por el Señor Juez 75 PM.
- El informe contratado por DAPRD en mayo de 2019 contiene aspectos específicos a la estabilidad del proyecto, el macizo rocoso y la condición futura de la operación y los riesgos asociados al proyecto luego de la contingencia de abril - mayo de 2018.

- Los informes remitidos por EPM son un valioso insumo para dar respuesta parcial a la orden 2 del Juzgado 75 PM, alguno de ellos actualizados, sin embargo otros se efectuaron antes de la contingencia o inmediatamente posterior a la misma.

- EPM no remitió el copia del Acuerdo entre **Klohn Cripem Berger y el Consorcio de Generación Hidroituango**, por lo tanto, no se pude establecer por el momento su relación, pertenecía, oportunidad y contenido frente a lo requerido por el Juzgado 75 PM en su orden 2.

Elaborado por:



Edgar Enrique Roa Acosta.
Dirección de Vigilancia Fiscal
Contraloría Delegada para el Medio Ambiente.

1ª Revisión:



Luis Fernando Alvarado Cárdenas./DVF
23 de julio de 2019.