

Bogotá D.C. 28 de agosto de 2019

Señores  
Mesa Técnica Hidroituango  
La ciudad

Ref.: Observaciones al documento de respuesta de EPM-Hidroituango a la evaluación de los técnicos que obran en apoyo a las víctimas.

El presente documento tiene tres partes: la primera son nuestras respuestas y observaciones al documento presentado por EPM – Integral y denominado RESPUESTAS A “ASESORÍA TÉCNICA A LAS VÍCTIMAS-VERSIÓN: 1 PROYECTO HIDROELECTRICO ITUANGO” y con fecha julio 2019, que será referenciado en esta respuesta como EPM – Integral (2019); la segunda, son las preguntas que surgen ante la presentación hecha por Integral en el marco de la mesa técnica el día 2 de agosto de 2019 y la tercera, solicitudes a la Mesa técnica.

**1. Respuestas y observaciones al documento presentado por EPM – Integral y denominado RESPUESTAS A “ASESORÍA TÉCNICA A LAS VÍCTIMAS-VERSIÓN: 1 PROYECTO HIDROELECTRICO ITUANGO”**

En primer lugar, expresamos que EPM – Integral (2019) continúa con la omisión respecto a la discusión respecto a aspectos claves como el riesgo ante rotura de la represa y la ausencia de estudios para cumplir con la reglamentación de la inserción del riesgo en el ordenamiento territorial municipal (Decreto 1807 de 2014, norma previa a la ocurrencia de emergencias relacionadas con el proyecto); la caracterización de neotectónica con base en los requerimientos de Icold; los estudios de aguas subterráneas y los estudios de estabilidad en el estribo derecho. Tampoco es claro el momento en el cual se desarrollaron los estudios que presentan como argumentos para desvirtuar nuestras observaciones y se presenta una mezcla de estudios de diseño, construcción y contingencia que oculta el centro de la argumentación y es que el proyecto tuvo fuertes falencias en el diseño.

En segundo lugar, presentar argumentación con documentos que no han sido remitidos, como el de Debida diligencia del Banco Mundial, demuestra la poca transparencia de los responsables del proyecto. No se les puede argumentar a los afectados que existe una información que avala a EPM pero que no puede ser consultada.

En tercer lugar, el uso de argumentos sesgados respecto a la experiencia de los técnicos que acompañan a las víctimas. Se adjuntarán las hojas de vida que demuestran que si bien los técnicos que acompañamos de manera desinteresada y ad-honorem a las comunidades no tenemos una experiencia nutrida en represas, sí la tenemos en los aspectos que hemos evaluado: geología y geomorfología en escalas detalladas, caracterización de macizos rocosos, evaluación y modelamiento de estabilidad en macizos rocosos, hidrogeología y análisis de riesgos. Es un argumento ad-hominem resaltar la no experiencia en represas y

minimizar la experiencia en los estudios básicos que son el foco de la discusión en el caso de Hidroituango.

En cuanto a los temas que sí discuten respecto a nuestras observaciones como técnicos de apoyo a las víctimas, existen argumentos suficientes para ratificarnos.

- i. La reglamentación nacional para taludes es diagnóstica del estado del arte y no se puede desechar su uso en los taludes relacionados con proyectos hidroeléctricos. Tampoco es serio plantear la conveniencia de los protocolos técnicos del orden internacional generados por el Icold cuando le conviene a EPM - Integral y no responder por no asumirlas en temas como la neotectónica. Ratificamos que los estudios con los que cuenta el proyecto no cumplen con los requerimientos mínimos del comité de grandes represas y que no brinda seguridad en cuanto al estudio de sismogeneración que puede afectar el proyecto.
- ii. En cuanto a la “filosofía” de los estudios geológicos que propone EPM – Integral (2019) en su respuesta a la asesoría técnica de las víctimas, no es dable entender de que la geología cuando tiene “objetivos netamente ingenieriles” pierda la posibilidad de aporte en el conocimiento y la investigación. Parte de los estudios revisados -los únicos que entre otras cosas son parte de la decisión del estado para aprobar este tipo de proyectos- son los de impacto ambiental, donde se espera una explicación geológica suficiente en relación no solamente con los objetivos ingenieriles, sino con aspectos como las aguas subterráneas, cuya omisión continúa y la amenaza sísmica. De hecho, la existencia de fallas geológicas no le generó ninguna incertidumbre ni preocupación a los diseñadores y se reitera que para los diseñadores, el modelo geológico del sitio de las obras fue calificado como “simple”, sin complejidades, diagnóstico a todas luces equivocado cuando se miran la situación desde el conocimiento actual.
- iii. No es aceptable, desde ningún punto de vista, que los diseñadores, sin ningún sustento, afirmen que “los aspectos geológico-geotécnicos definidos en el diseño no fueron los causantes de la contingencia actual”. El macizo rocoso y sus condiciones de fractura y de comportamiento de aguas subterráneas ha influenciado tanto los deslizamientos como los colapsos al interior de las obras subterráneas.
- iv. Respecto a la certeza científica absoluta, por supuesto que no es posible obviar completamente las incertidumbres en los estudios del subsuelo, pero ante la complejidad, es necesario su reconocimiento. Si la conclusión de los estudios geológicos de quienes diseñan y construyen un proyecto de semejante envergadura es que la geología es “simple”, las sorpresas y las situaciones inesperadas serán parte del desarrollo y la construcción del proyecto, como innegablemente ocurre en Hidroituango.

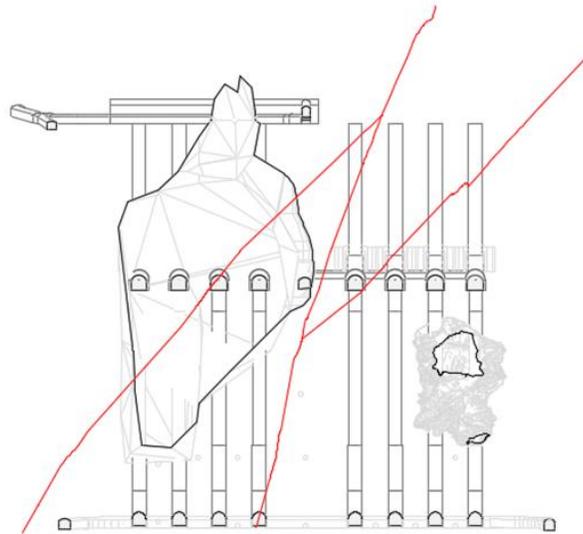
- v. La exploración geotécnica ha sido densificada con posterioridad al diseño del proyecto. No parece muy considerado ni con la mesa técnica, ni con las víctimas ni con las autoridades, reportar informes con nombres codificados pero donde evidentemente es imposible colegir las fechas. Como ejemplo se puede ver un argumento respecto a los levantamientos geológicos:

*“También existen alrededor de 140 levantamientos geológicos en toda la fundación de la presa. Con estos se construyeron figuras tales como F-PHI-041-PRE-GE-B-001, F-PHI-041-PRE-MG-B-010, F-PHI-041-PRE-MG-B-011, F-PHI-041-PRE-MG-B-012, F-PHI-041-PRE-MG-B-013 y F-PHI-041-PRE-MG-B-014 donde se muestra toda la geología superficial de la margen izquierda y derecha. Estos documentos hacen parte del anexo 4 del informe I-2194-PHI-041-184-PRE-DCC-001-Inf\_Gral\_Presa\_v0.”*

¿Cuáles son del diseño, cuáles de la construcción y cuáles son forenses? Imposible determinarlo y aquí se ve la necesidad de que EPM envíe al juez un documento compilado y no obligue a la revisión de cientos de informes. Es EPM quien debe compilar y responsabilizarse por compilar y resumir esta gran cantidad de información técnica.

- vi. Respecto a la precariedad del análisis de las fallas geológicas por parte de Integral, no parece serio que EPM – Integral acuda, por una parte a una referencia de casi 100 años (Grosse, 1926) y que justamente es previa al desarrollo de la mecánica de rocas y por otra al argumento aristotélico de que la autoridad geológica nacional también comparte este tipo de errores. Posteriormente describe de nuevo las fallas de Tocayo y Mellizo y ahora, por vez primera, le da una caracterización sobre la probable dirección de movimiento de estas estructuras. Si las fallas, como lo reconoce hasta ahora EPM-Integral, tienen unos rasgos que permiten su caracterización, ¿por qué esta información no aparece en los estudios geológicos que dieron parte a la licencia ambiental? La caracterización de las fallas geológicas, en conjunto con estudios morfotectónicos y análisis de sismos, permiten proponer hipótesis acerca de la dirección de esfuerzos tectónicos que, por un lado llevan a entender mejor las fracturas, y por otro a mejorar el entendimiento de los flujos de aguas subterráneas en medios fracturados, aspecto que fue omitido en los estudios que se han revisado, incluyendo el Estudio de Impacto Ambiental que dio origen a la licencia para la construcción del proyecto.
- vii. EPM – Integral (2019) afirman que existe falsedad en la evaluación hecha por los asesores técnicos de las víctimas respecto a la omisión de las fracturas en los materiales conocidos como roca fresca (tipo III) y roca poco alterada (tipo IIB). No obstante, la afirmación nuestra se basa en la información remitida a la autoridad ambiental en el proceso de licenciamiento y por ello es temeraria la calificación que de nuestra observación hacen estas empresas. Los análisis forenses pueden haber considerado, algunas veces, las fracturas, pero incluso en estudios recientes, posteriores a las emergencias, los modelos siguen teniendo superficies circulares de despegue, de manera que ratificamos la observación. También se refieren a la falta de relación de las fallas geológicas con los colapsos que han ocurrido, pero incluso,

a la luz de la gráfica que remiten para comprobar la no relación, puede verse que la dirección de las fallas (líneas en rojo) es sensiblemente paralela al límite de la zona afectada.



*Fragmento de la denominada Figura 2 del documento de EPM - Integral "Afectaciones en el norte (oquedad estable sin soporte y fallas no pasan por esta oquedad)". No obstante lo que se lee en el pie de figura, este esquema refuerza la relación entre las fallas geológicas (líneas rojas) y la geometría general de las zonas afectadas (la "oquedad").*

De igual manera, extraña que a EPM – Integral no le llame la atención el paralelismo entre las zonas de cizalla (la de Tenche, en este caso) con las problemáticas de colapso que se han presentado. Hemos justamente argumentado las deficiencias de los estudios geológicos en el diseño, que pueden haber omitido la cartografía de zonas de cizalla. De hecho, con la medición de las direcciones de la zona de cizalla de Tenche, podría cartografiarse en superficie dicha zona de cizalla, pero como se ve, solamente se muestra en los esquemas tridimensionales el perfil, con lo cual se omite la posibilidad de un mejor análisis de la relación entre los colapsos y las cizallas.

¿No le genera siquiera un poco de curiosidad a EPM-Integral la muy clara relación entre los datos estructurales de la falla Mellizo, que de acuerdo a este último informe tiene "disposición general N50°-70°E/60°-70°SE" (en la nomenclatura de acimut de buzamiento correspondería a 140-160/60°-70°) con los datos que muestran en su informe de enero de 2019, donde las cizallas no asociadas a la foliación (C2) tienen datos de 147-163/48-62°?

Tabla 4-5. Actitud estructural media de las principales discontinuidades del macizo margen derecha

TIPO DE ESTRUCTURA	BUZAMIENTO	AZIMUT DEL BUZAMIENTO	FRECUENCIA (%)
Foliación (F1)	20 ± 8	090 ± 30	39,5
Diaclasa 1 (D1)	70 ± 10	275 ± 10	4,8
Diaclasa 2 (D2)	60 ± 10	145 ± 7	3,8
Diaclasa 3 (D3)	65 ± 7	345 ± 7	3,3
Diaclasa 4 (D4)	70 ± 8	235 ± 5	2,8
Cizalla de foliación 1 (C1)	25 ± 10	095 ± 25	9,2
Cizalla de foliación 3 (C3)	70 ± 5	095 ± 7	2,5
Cizalla no asociada a la foliación (C2)	55 ± 7	155 ± 8	5,5
Estructuras aleatorias			28,6

Como es claro, EPM – Integral aun no entienden el patrón de fracturamiento y su relación con las fallas geológicas e insisten en que no haber caracterizado durante el diseño, en una escala adecuada estas fallas no era necesario.

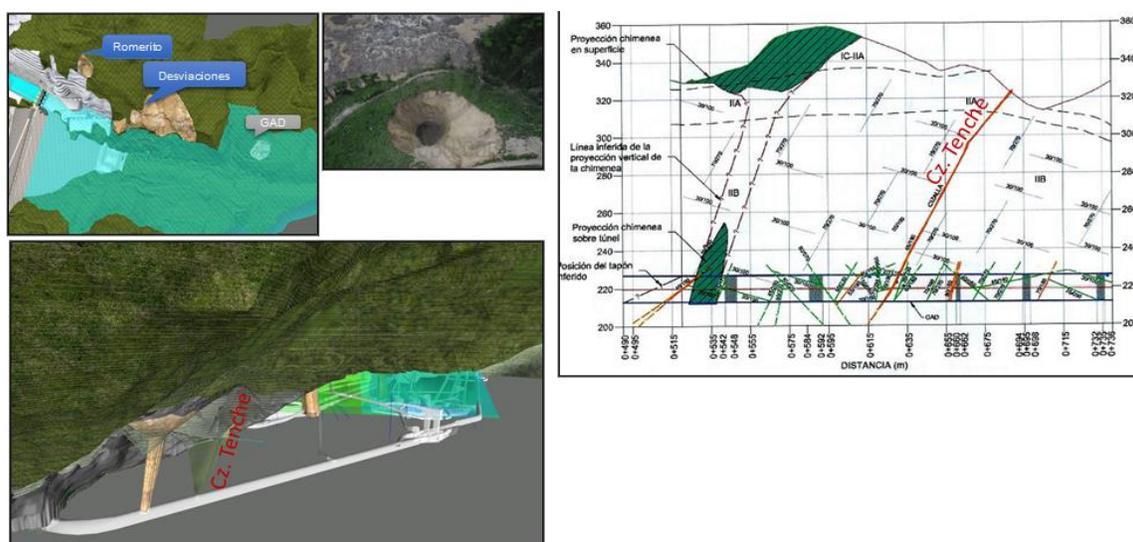


Figura 3 “Afectaciones en la GAD (falla no pasa por la zona de la chimenea)” que se incluye en el documento de EPM – Integral en respuesta a las observaciones de los técnicos que acompañan las víctimas. No parece llamar la atención a EPM-Integral el paralelismo entre las zonas de cizalla y los colapsos que se han presentado en el macizo rocoso

- viii. En lo referente a la crítica que hacemos del uso de GSI y Q en depósitos aluviotorrenciales, el no entendimiento es consecuencia de la mala escritura por parte de los diseñadores del proyecto. Es inaceptable que ante su mala escritura, preferible por supuesto a una mala conceptualización que no descartamos, EPM –

Integral planteen que el error es del lector. Ratificamos que es Integral quien escribe que los soportes no son en roca sino en depósitos. Para recordarle a Integral sus deficiencias conceptuales, volvemos a transcribir su tabla:

**Tabla 5-13 Soporte depósitos aluviotorrenciales**

<b>Depósito Aluvio-Torrencial (Sección 14x14)</b>	
<b>Soporte Tipo</b>	<b>Q (GSI)</b>
I	$Q > 10$ (GSI > 65)
II	$2,5 < Q < 10$ (52 < GSI < 65)
III	$Q < 2$ (GSI < 52)

- ix. Nos ratificamos en la irresponsabilidad del proyecto respecto al alcance de los estudios de riesgo en relación con la pérdida de vidas humanas. Es irresponsable por parte de los diseñadores del proyecto que ante esta observación digan que es una falsedad y ejemplifiquen con la siguiente tabla su respuesta ante la amenaza, el miedo y la precariedad que le han generado a miles de personas:

**Tabla 11.8. Criterios para calificar la vulnerabilidad**

<b>Categoría de las consecuencias</b>	<b>Descripción</b>	<b>Puntaje</b>
Insignificantes	Genera consecuencias de baja intensidad, puntuales, fugaces, de efecto secundario y recuperables de manera inmediata o reversibles en el corto plazo No se producen lesiones personales incapacitantes	1
Leves	Genera consecuencias de mediana intensidad, puntuales, temporales, de efecto directo y recuperable o reversible en el mediano plazo. Ocasionan lesiones leves o incapacidad temporal a las personas	2
Graves	Genera consecuencias de alta intensidad, extensas, temporales, de efecto directo, mitigable o reversible en el largo plazo. Generan lesiones graves o incapacidad parcial permanente a las personas	3
Catastróficas	Genera consecuencias de muy alta intensidad, muy extensas, permanentes, de efecto directo, irrecuperable e irreversible. Generan muerte o incapacidad total o permanente a las personas	4

Fuente: Revista EPM. El Concepto del riesgo ambiental y su evaluación. Julio Eduardo Zuluaga U. y Jorge Alonso Arboleda G. Medellín, volumen 15, No 3, Enero – Abril de 2005

Evidentemente esta información de ninguna manera contradice nuestros argumentos sino que los refuerza, y ejemplifica otra vez toda la cascada de irresponsabilidad de este proyecto ante los ciudadanos ubicados aguas abajo.

- x. Ratificamos de igual manera que los estudios de neotectónica NO se ajustan a las sugerencias del Icold, a pesar que para lo que les conviene, los diseñadores argumentan que si no se tiene reglamentación nacional en represas, Icold es un referente. Obviar los estudios de neotectónica se traduce en un menor

conocimiento de otro aspecto fundamental en el riesgo: la actividad sísmica y su relación con la presa y con las laderas embalsadas.

xi. En cuanto a las respuestas realizadas en forma resumida sobre el componente de hidrogeología en la sección 5 de EPM – Integral (2019), se extraen apartes del informe presentado a la mesa técnica por parte de las víctimas y se da respuestas puntuales a cada uno de ellos:

- *Observación de algunos de los profesionales de Terrae: No obstante, relacionar directamente el flujo en el medio con la calidad del macizo no es lo más adecuado en un medio tan fracturado.*
- *Respuesta INTEGRAL: El comentario no es cierto ya que se sale del contexto del informe en su generalidad. Es claro que el nivel de fracturamiento de un medio tiene incidencia directa sobre la permeabilidad secundaria del macizo por lo que no es ajeno correlacionar el nivel de fracturamiento con el flujo. De hecho, las metodologías de caracterización geomecánicas son claras en incluir los efectos del agua en la caracterización geomecánica del macizo.*
- *Respuesta: El grado de fracturamiento es un indicio pero resulta de mayor interés para determinar el flujo en un medio fracturado la conectividad del medio. Si bien se puede tener una zona con alta fracturamiento la interconexión de la fracturas es la que gobierna el flujo y estas interconexiones no fueron evaluadas en la fase de diseño ni en los estudios en los momentos de construcción o contingencia.*
  
- *Observación de algunos de los profesionales de Terrae: Sin embargo, no se aborda el análisis de las facturas en términos de geometría, distribución espacial e interconexión.*
- *Respuesta INTEGRAL: En cada uno de los cortes y excavaciones realizadas se hizo el análisis de cuñas teniendo en cuenta la geometría, continuidad y características de las estructuras o mal llamadas “fracturas”.*
- *Respuesta: Se esta hablando de flujo de aguas subterráneas, no de estabilidad, de hecho la observación se encuentra en el apartado de hidrogeología.*
  
- *Observación de algunos de los profesionales de Terrae: En este caso se tiene dos posibles problemas que se van ver ligados directamente con la estabilidad del macizo rocoso, de una parte, las sobrepresiones generados por el agua subterránea y de otra parte la erosión interna. En cuanto a esta última, diversos autores (BRW11 y Xiao12) ilustran la complejidad del problema y como el tema de la erosión interna presenta avances en el estado del conocimiento preliminares. Por tanto es común encontrar metodologías empíricas (comparación de parámetros con curvas o índices mínimos, como los citados por EPM Benson (1989), (Cruz, Materón & Freitas, 2014) las cuales resultan muy vagas y tienen total incertidumbre.*

- *Respuesta INTEGRAL: En principio, el tipo de macizo en el cual se emplazan las obras no es erodable. Para las cizallas y zonas débiles se definió un tratamiento específico. Es muy importante darle contexto al proyecto ya que no se puede asociar comportamientos no inherentes al comportamiento de un macizo tipo gneis solo basándose en la generalidad de la literatura. Por otro lado, utilizar datos de autores mundialmente reconocidos en la materia permiten darle peso a una conclusión ingenieril y no por ello se puede tipificar de incertidumbre.*
- *Respuesta: La hipótesis diseñada se encuentra desarrollada en el documento entregado a la mesa técnica por los asesores técnicos de las víctimas, teniendo como base los anexos de perforaciones y los informes de la contingencia, suministrados por EPM a la submesa técnica. Por ello no vemos relación entre la observación de EPM-Integral y nuestros planteamientos.*
- *Observación de algunos de los profesionales de Terrae: Estas evidencias indican el tipo de modelo a considerar, por tanto se esperaría un modelo que represente estos intercalamientos, sin embargo, en la siguiente figura se puede ver uno de los modelos considerados para la evaluación de la estabilidad geotecnia (la distribución en capas se considera igualmente en los modelos hidrogeológicos).*
- *Respuesta INTEGRAL: Los modelos son herramientas las cuales asumen una serie de hipótesis y/o simplificaciones a través de un uso adecuado. En el caso de los modelos hidrogeólogos es claro que las permeabilidades obtenidas son representativas de un medio fracturado y que estas pueden variar en función de los diferentes niveles de fracturamiento del medio, incluyendo fallas y macizo. Así que en un modelo numérico es totalmente viable asociar esta permeabilidad a los diferentes materiales sin que se tenga que utilizar un modelo discreto. Si fuera así no se aceptarían los modelos continuos para ningún tipo de diseño ya que la roca (independiente del tipo) tiene fracturas. Además las permeabilidades que se usan en los modelos corresponden a las medidas en el sitio en cada una de las capas (estratos) del macizo rocoso por lo tanto incluyen todas las fracturas de la roca (es más los ensayos se hacen e las zonas de mayor grado de fracturamiento).*
- *Respuesta: La observación no se refiere al uso de un modelo discontinuo que resalta la casi homogeneidad del dominio, en particular en el dominio computacional llamado macizo. Se reitera que, teniendo en cuenta los registros de perforación suministrados a la submesa técnica, si bien es cierto los modelos son simplificaciones de la realidad, el modelo continuo homogéneo del macizo dista totalmente de un medio fracturado, incluso teniendo en cuenta la escala de detalle que se trabaja en la zona de emplazamiento del proyecto (1:2500). Como es claro, las omisiones en los estudios de fracturas para el diseño del proyecto incidieron no solamente en la evaluación de la calidad y la estabilidad del macizo sino también en el conocimiento de las aguas subterráneas.*

- *Observación de algunos de los profesionales de Terrae: En estos perfiles no se evidencia el grado de heterogeneidad del medio es por esto que las velocidades que puede alcanzar el agua son muy bajas ( $4,7 \times 10^{-6}$  m/s tomado de informe pág. 26), al no predecir estas zonas preferenciales de flujo no se puede prever la erosión interna del medio, y de especial preocupación la erosión en la función de la presa.*
- *Respuesta INTEGRAL: Es importante aclarar, que para que se presente el fenómeno de erosión interna, se deben de presentar tres condiciones fundamentales simultáneamente, i) susceptibilidad del material de suelo o rocoso, ii) cambios en el gradiente hidráulico (presión de agua) superiores a los capaces de resistir la roca y iii) una variación en el nivel de esfuerzos en el terreno (USBR, 2015; FERC, 2010).*  
*Los gradientes se controlan con la cortina impermeable y pantalla corta flujo para evitar erosión interna que forme líneas preferenciales de flujo.*  
*Las velocidades corresponden a las reales porque fueron mediadas en zonas fracturadas y esto se comprueba con los valores de caudal de infiltración que se está midiendo desde que se presentó el llenado no programado y con la posición del nivel de agua en los piezómetros aguas debajo de la pantalla impermeable.*
- *Respuesta: En cuanto al gradiente hidráulico, Las velocidades estimadas por los modelos depende de los insumos que se introducen en ellos, en el caso del modelo hidrogeológico de las cavernas<sup>1</sup> se considero la conductividad hidráulica máxima como representativa de todo el dominio denominado macizo pese a que se tiene 141 pruebas, en el caso de modelo hidrogeológico de la presa<sup>2</sup>, se evidencian presunciones en cuanto a la conductividad hidráulica en la dirección y de 10 veces la horizontal la conductividad hidráulica en la dirección x (Todo esto detallado en el informe entregado ante la mesa técnica por la víctimas). Con esto no se puede afirmar que la velocidad es la medida por que en el modelo solo ingresa un parámetro en el dominio computacional denominado macizo. En cuanto a la susceptibilidad del material a ser erosionado, inicialmente se suministró las perforaciones realizadas en 1978, las cuales indican zonas con RQD muy bajos, aunque, en exposición INTEGRAL argumenta es debido al transporte en bestias, por lo que se debería delimitar zonas de influencia de los animales de carga, ya que son capaces de fracturar o disminuir notablemente el RQD de roca de buena a excelente calidad según lo ilustrado por INTEGRAL.*
- *Observación de algunos de los profesionales de Terrae: Esta heterogeneidad inherente al medio fracturado, intercalación de zonas muy fracturadas o incluso abiertas con zonas con menor grado de fracturamiento, evidenciada en las*

---

<sup>1</sup> EPM-Integral (2019), Proyecto hidroeléctrico Ituango flujo macizo margen derecha, documento no. I-I-2194-Res0037\_N3\_info1

<sup>2</sup> EPM-Integral (2016), Consideraciones iniciales sobre análisis de flujo a través de la presa y su fundación. Documento no: I-2194-AnálisiFlujo-PresaVMOD-110716

*perforaciones (visualmente y con RQD) no se evidencia en los resultados de las 141 pruebas hidráulicas tipo Lugeon<sup>19</sup>*

- *Respuesta INTEGRAL: Los ensayos de Lugeon se hacen para estimar la permeabilidad de las zonas fracturadas. Pueden verificar con los registros de las perforaciones que para hacer los ensayos de Lugeon se identifica una zona fracturada y obtura en zona de roca no fracturada. Por lo tanto, los valores medidos corresponden a la zona fracturada. De lo contrario los valores sería muy bajos y no tendría sentido hacer el ensayo en roca sana o poco fracturada.*
- *El alto de fracturamiento de las perforaciones de la contingencia corresponde a una zona del sur que fue afectada por el flujo de agua y golpes de ariete a que estuvo sometida. Esta alterada se delimitó con las perforaciones. Los ensayos de Lugeon fueron realizados sobre el macizo antes de la contingencia.*
- *Respuesta: En cuanto a este apartado, el cual reiteramos se basa en la revisión de la información suministrada, agregamos el siguiente apartado tomado de una presentación de Análisis de flujo-Complejo subterráneo-Ituango:*

*Con base en los escenarios del análisis de sensibilidad se procedió a verificar los resultados de las pruebas Lugeon y Lefranc de las perforaciones de la zona con los siguientes resultados.(...)*

*Los resultados de la tabla no son concluyentes, dado que los valores no son consistentes entre sí, como se puede notar en las fotografías donde macizo más fracturados presentan menor permeabilidad. No obstante persiste la duda en el aporte real del confinamiento a la profundidad donde se haya realizado la prueba. Es posible que si bien un macizo más fracturado debería tener mayor permeabilidad, se debería considerar que a mayor profundidad se necesita mayor presión lo que daría como resultado menor permeabilidad comparados con macizos con menor grado de fracturamiento pero más superficiales.*

Se reitera que las pruebas Lugeon tiene intervalos demasiado amplios que ameritarían una evaluación del intervalo definido para la prueba. Adicionalmente, basado en lo anterior, el hecho de que el dominio computacional llamado Macizo sea el de mayor predominio y tenga un carácter tan homogéneo no permite representar adecuadamente los flujos que se dan a través de él. Para esto no es necesario hacer un modelo discontinuo, pero sí considerar de una mejor manera los “miles” de datos que se levantaron en los modelos. Es evidente en este caso la simplificación excesiva del modelo de flujo en el medio fracturado.

## **2. Preguntas e interrogantes respecto a la presentación hecha por Integral el día 2 de agosto.**

- Por qué se considera que el macizo rocoso es de buena a excelente calidad? Los RQD mostrados en las perforaciones anexadas indican un alto grado de fracturamiento. En las

respuestas dadas en el auditorio se indicó que el transporte en las mulas desagregó el material, lo cual daría lugar a otra pregunta a este respecto y es ¿por qué no se midió el RQD en el registro de perforación de manera previa a su transporte? De igual forma, si el macizo es de buena a excelente calidad ¿por qué se desagregó tanto el material? ¿Cuál es la tendencia del RQD en profundidad?

- Los perfiles geológico-geotécnicos utilizan la caracterización de Deere & Patton, que al parecer coincide con parámetros como GSI y Q. ¿Por qué, si se tiene una gran cantidad de información, se generan perfiles tan homogéneos? ¿Cómo se correlacionaron las perforaciones?? (ver figura 5-5 Hidroituango-Integral-Solingral(2010b)) ¿por qué no hay datos de campo como el uso de martillo Schmidt? ¿Consideran que 50 ensayos de compresión confinada o 10 de triaxial fueron suficientes para el diseño del proyecto? ¿Ese número de datos fue para el diseño o incluye datos del momento de construcción o contingencia?

- En algunos de los perfiles presentados en los informes geológicos geotécnicos, el límite entre los suelos tipo II y III aparece con signo de pregunta (situación ya referida por nosotros en el informe de observaciones) ¿Qué significa exactamente el uso de los interrogantes?

- En los análisis de estabilidad de taludes no se evidencia la inclusión de las fracturas. ¿Por qué? En el análisis de estabilidad de las cavernas se puede ver la existencia de discontinuidades ¿cómo se generaron las fracturas?

- No se encontró en la información suministrada a la submesa-técnica el compilado de los ensayos de corte o resistencia en las fracturas. ¿cuáles parámetros se tuvieron en cuenta?

- En la información suministrada, así como lo presentado por Integral, no se muestra un análisis detallado de la información sísmológica, salvo una comparación de la magnitud del desplazamiento. ¿qué otros análisis se han realizado teniendo en cuenta que se efectúa un monitoreo continuo?

- En la presentación se habló de un análisis de los deslizamientos en el área del embalse. ¿Qué metodología se utilizó? ¿Cuál es la metodología probabilística?

- En los informes de oquedades y la caracterización del macizo rocoso se evidencia intercalación de fracturas a escalas de centímetro con aberturas del orden de decena de centímetro (ver informe de conducciones 1 y 2 y página 10. ) ¿cuáles son los intervalos entre los que se evaluaron las conductividades del medio? En los informes se tienen intervalos ensayados del orden de 5m (ver tabla 3.2 y tabla 3.3 EPM-Integral (2019)) ¿por qué se escogieron estos?

- En el modelo hidrogeológico de la presa se asume la conductividad en la dirección y (ky) de 10 veces la conductividad kx. ¿Por qué se asumió de esta manera? (pagina 13 )

- De acuerdo con la información suministrada a la submesa-técnica en los modelos hidrogeológicos se consideró la conductividad hidráulica máxima (Pagina 18-EPM-Integral (2019)) donde se argumenta que ello representa la condición más crítica. Sin embargo, en la presentación se menciona que las oquedades generadas e inestabilidades del macizo rocoso no son debidas únicamente a las fallas, es decir, que en las modelaciones deberían considerarse las zonas más fracturadas (independientemente de las fallas). ¿Cómo han sido consideradas estas zonas de variado fracturamiento en la modelación hidrogeológica y en la geotécnica?

- ¿Cómo se llevó a cabo la evaluación de la erosión interna del macizo rocoso? Las metodologías que se documentan en los informes suministrados a la submesa técnica son empíricas, basadas en calidad de macizo rocoso y gradientes hidráulicos. ¿Por qué se han preferido estas metodologías? ¿Cuál es la certidumbre de los parámetros que alimentan estas metodologías?
- En la presentación se mencionó la preocupación por conformar una pantalla, dado el fracturamiento inherente en el medio. Es pertinente que se ilustre respecto a las presiones que se mantuvieron en las inyecciones.
- Es necesario que se presente el detalle de los modelos (geotécnicos e hidrogeológicos) que sustentaron la estabilidad de la obra en etapa de diseño, antes de las llamadas “contingencias”.
- ¿Bajo qué metodología o consideración pueden referirse al macizo rocoso como lo hicieron en la presentación: “muy robusto y de muy buena calidad”?

Reiteramos el llamado ya hecho en el numeral anterior de presentar las respuestas haciendo mención a la fecha en que se realizó el respectivo estudio.

### **3. Solicitudes a la mesa técnica**

Desde el inicio de la revisión realizada a los documentos técnicos se han presentado dudas respecto a la información suministrada por los responsables del proyecto. La primera, y puede que sea la más relevante, es que no hay un documento que tenga como objetivo el diseño de la estructura de presa y obras complementarias en donde se abarquen los aspectos geológicos, geotécnicos, hidráulicos, etc. desde la concepción del proyecto hasta la finalización del mismo. Los documentos existentes están dispersos sin una línea clara que los una, ni objetivos que permitan entender el porqué del documento. Lo mismo sucede con las obras subterráneas (túneles y galerías) y zonas aledañas (taludes)

Lo anterior implica que ante cada duda presentada, EPM han anexado otro documento que inicialmente no estaba contemplado. Esta práctica impide generar una conclusión final que agrupe todos los aspectos técnicos que comprende el proyecto. Lo mismo sucede con el proceso constructivo, pues se sabe que desde los aspectos iniciales de la obra cambiaron durante la construcción y las modificaciones a las mismas no se han cuantificado de forma tal que permita su evaluación.

Los geólogos e ingenieros que acompañamos las víctimas en la mesa técnica, nos ratificamos en cada una de las dudas técnicas ya presentadas, tanto en el informe remitido como en la exposición del 23 de julio de 2019. Las respuestas presentadas han sido parciales en una dinámica de adjuntar nueva información no anexada inicialmente y que, en el mejor de los casos, responden parcialmente las inquietudes planteadas con argumentos que generalmente refuerzan las dudas respecto al diseño del proyecto. Persisten e incluso aumentan las dudas del soporte geológico en el tema de fracturas y macizo rocoso, definitivamente no hubo desarrollo del tema de aguas subterráneas en el diseño del proyecto y en geotecnia persisten las dudas respecto a la aplicación de los modelos de

análisis utilizados para la modelación del comportamiento de la presa, la estabilidad de los taludes y galerías.

En vista de los hallazgos se recomienda que se realice una consultoría internacional independiente (sugerimos universidades como Harvard o Cornell) en donde se aborden los temas relacionados con cada aspecto del proyecto, desde la concepción, hasta la ejecución, haciendo explícitos los cambios que se realizaron durante el proceso. La entidad o institución que realice los estudios deberá tener en cuenta el estado del arte en cuanto a presas de este tipo y el conocimiento de la zona donde el proyecto se construyó. Deberá analizar las fallas que originaron las afectaciones y sus causas, las potenciales afectaciones y amenazas a la vida y propiedades y medios de subsistencia de los pobladores y a los ecosistemas en el área de influencia aguas arriba y aguas abajo del proyecto. De igual manera, analizar la estabilidad de las obras y los macizos rocosos, la influencia de los flujos de agua y las presiones de estos en relación con el embalse y el hecho de que una presa de la magnitud de Hidroituango funcione sin descarga de fondo.

Con todos estos interrogantes resueltos, definir si el proyecto es viable o si debe ser desmantelado en función del riesgo que supone para los habitantes de la región, particularmente los ubicados aguas abajo, cuyas vidas ya han sido afectadas de manera grave en las contingencias y cuya angustia persistirá dada la poca confianza que genera el proyecto.

Suscriben:

JULIO FIERRO MORALES  
Geólogo MSc Geotecnia U.N.  
Profesor Fac. de Ingeniería Universidad Nacional de Colombia  
Asociado Corporación Geoambiental Terrae

DAVID APONTE ROJAS  
Ing. Civil MIC Geotecnia U.N.  
Profesor Fac. de Ingeniería Pontificia Universidad Javeriana.  
Consultor

EDUARDO QUINTERO CHAVARRÍA  
Ing. Civil MSc Geofísica U.N.  
Consultor