

# Journal of Engineering Research

## INNOVACIÓN EN PRESAS DE RELAVES: ALMACENAMIENTO CON GEOTEXILES

---

*Boris García Fontana*

Gran Colombia Gold-Maccaferri de Colombia  
Colombia, Bogotá

*Gerardo Fracassi*

Gran Colombia Gold-Maccaferri de Colombia  
Colombia, Bogotá

All content in this magazine is licensed under a Creative Commons Attribution License. Attribution-Non-Commercial-Non-Derivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).



**Resumen:** La empresa Gran Colombia Gold Segovia, sucursal Colombia, actualmente, tiene una operación minera en el interior de los límites del título minero RPP 140, la cual está situada entre los municipios de Remedios y Segovia, Departamento de Antioquia - Colombia. Se realizó una propuesta para la optimización del proyecto, donde estas presas fueran construidas por el mismo relave producido en la mina. Así utilizando el material lodo que tenían en el sitio. Se realizó un estudio de viabilidad técnica superando los retos generales por temas hidráulicos, geotécnicos y ambientales.

**Palabras clave:** Ingeniería, Innovación, Motor de un Cambio Sostenible, sostenibilidad ambiental, relaves.

## INTRODUCCIÓN

La Minería en Colombia enfrenta año a año varios retos, entre estos mejorar su competitividad, lograr una mayor certeza de crecimiento en el país y fortalecer su reputación en las comunidades. Para mejorar su competitividad, lo que se busca es realizar un mayor aprovechamiento de los espacios limitados que tienen en las zonas mineras, logrando aumentar sus producciones, innovando día a día en métodos que involucren técnicas y soluciones de construcción que permitan la protección del medio ambiente.

El presente trabajo mostrará un caso, desde la problemática, proceso y solución empleando Geotubos, logrando la conformación de una presa llenados con el mismo material de relave de producción de la Mina.

## ANTECEDENTES DEL PROYECTO

La empresa Gran Colombia Gold Segovia, sucursal Colombia, actualmente, tiene una operación minera en el interior de los límites del título minero RPP 140, la cual está situada entre los municipios de Remedios y Segovia, Departamento de Antioquia - Colombia.

El principal aporte de mineral de oro proviene de las minas subterráneas El Silencio, Providencia y Sandra K y un segundo aporte de la operación de las unidades de pequeña minería dentro de la propiedad de GCG.

El mineral, se procesan en la Planta María Dama y Los relaves producto del beneficio son bombeados hasta el depósito EL Chocho.

El proyecto original contempla dos embalses generados por 2 presas de tierra, denominadas: Almacenamiento de relaves superior e inferior cómo se muestra en la Ilustración 1. Ambos embalses, contemplaban una capacidad de almacenamiento de 1,5 millones m<sup>3</sup>. Sin embargo, debido a las características de gobernabilidad del terreno y a las condiciones económicas de la inversión, se optimizó el área dentro del Almacenamiento superior y el proceso de disposición fue denominado: Contención de relaves.

En el Almacenamiento de relaves superior se definieron las fases 1A, 1B y 1C, esquematizadas en la Ilustración 2. Actualmente, la fase 1B está 100% de su capacidad total y las fases 1A y 1C, en construcción. Para tecnificar el proceso de disposición de lodos (uso de tubos Geotextiles y filtro Prensa) en la fase 1B se utilizaron 33 Geotubos confeccionados con geotextiles, en la fase 1A se utilizaron 61 geotubos, material que facilita el drenaje del agua y retiene el relave seco para finalmente crear un dique de contención con los mismos.

## DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA

Para realizar el análisis del proyecto se revisan dos opciones de las cuales la opción con mejor aprovechamiento del material de relave que la mina produce es la conformada en Geotubos por medio de deshidratación de lodos.

El Mactube es un tubo fabricado por la empresa Maccaferri con geotextil tejido de alta tenacidad, inerte a la degradación

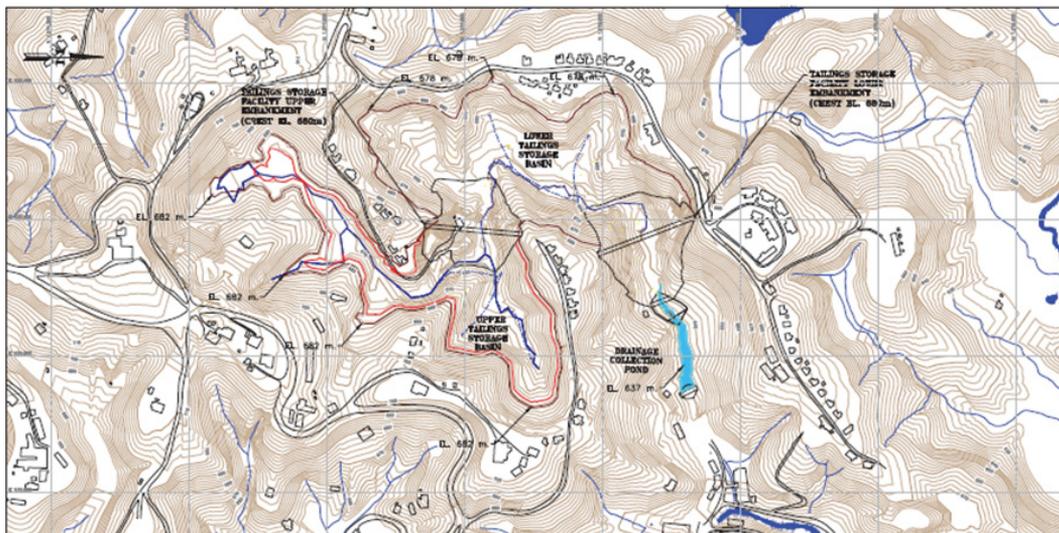


Ilustración 1 Proyecto Original Depósito el Chocó



Ilustración 2 Zona de contención de relaves

biológica y resistente a los ataques químicos. El funcionamiento del Mactube es al recibir el lodo en su interior, éste permite el flujo del líquido a través de los poros del geotextil tejido, el cual retendrá las partículas sólidas, reduciendo el tenor de humedad y consecuentemente generando un líquido clarificado. después del completo llenado y finalizado el proceso de deshidratación y consolidado del lodo seco en su interior puede ser dispuesto de la manera proyectada.

Para realizar el análisis del uso de Geotubos en el proyecto se tuvieron unas etapas principales:

1. Análisis de Relave en Laboratorio: Se realizó análisis en laboratorio del relave que tenía Gran Colombia Gold para la certificación del funcionamiento de la tecnología, la definición de los polímeros a utilizar y las particulares químicas, físicas e hidráulicas del material a ser deshidratado. El polímero utilizado en la construcción de las presas es el Aniónico, resultados que se muestran en la Ilustración 3.
2. Dimensionamiento del Proyecto: Con los resultados de laboratorio se dimensiono el proyecto y se proyectó una presa con Geotubos que fueran apropiados para el lodo que se tenía en el proyecto. Adicional se verifica la estabilidad de la presa geotécnicamente.

Para la verificación de la estabilidad de la presa, se requiere saber el tipo de suelo que se tiene en la fundación, el relleno estructural de la presa en este caso el peso específico de relave. En la Tabla 1, se muestran las propiedades de los materiales con los que fueron analizados la estabilidad de la presa.

3. Análisis de estabilidad: Con los datos anteriores, se realizó el dimensionamiento de la presa y el análisis de estabilidad global de la presa. El dimensionamiento propuesto por la

empresa Maccaferri se esquematiza en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** tanto en Sección Esquemática cómo en planta por cada Nivel de altura.

Seguidos de esto se realizó el análisis de estabilidad de la presa con un resultado final de 1.250 para una condición pseudoestática.

4. Capacidad de almacenamiento optimizada

Con estos análisis y basados en la topografía de la zona y el uso del software AutoCad Civil 3D se definieron los planos con curvas de nivel a cada metro, los cuales, indican la capacidad volumétrica a medida que se va llenando el depósito de relaves. En la Tabla 2 se indican las capacidades de almacenamiento optimizada del proyecto El Chocho para sus diferentes fases.

La Fase 1 del Proyecto de relaves El Chocho, proyectada para una capacidad inicial de 497.00 m<sup>3</sup> alcanzará una capacidad de 1.190.000 m<sup>3</sup> con la tecnificación de su proceso constructivo (relaves filtro prensados y geo-tubos). La optimización representa un aumento de más del 100% de capacidad del proyecto original.

Después de analizada la estructura y ser validada por los expertos especialistas, se inició la construcción. Se realizaron obras adicionales y las zonas que hacen parte de la presa para la conformación de la misma:

## **OBRAS EN ZONAS DE ALMACENAMIENTO**

### **DIQUE TOMA Y DRENAJE DE AGUAS SUBSUPERFICIALES**

La quebrada Peñitas tiene su punto de nacimiento en el área de contención Fase 1B, la misma, es captada por un dique toma mostrado en la Ilustración 5 y a través de una tubería principal instalada sobre una cama drenante en el lecho de la quebrada de la Ilustración 6a es entregada al final del área del

PRUEBA DE JARRAS (Introducir valores en celdas amarillas)		
Proyecto: Gran Colombia Gold		
FECHA: 26/Sep/2017		
REALIZADA EN: SEGOVIA ANTIOQUIA		
<b>PRUEBA #2 - GDT (Polímero Aniónico)</b>		
ITEM	CANTIDAD	UNIDAD
<b>1. Volumen lodo</b>		
ml de lodo	20000	ml
ml de agua adicionada	0	ml
<b>2. Volumen polímero</b>		
ml de agua	1000	ml
m3 de agua	0.001	m <sup>3</sup>
gr de polímero	5	gr
Tipo de polímero	Aniónico	N/A
Nombre comercial polímero	Proestol 2641	N/A
Concentración en polímero	5000	PPM
<b>3. Volumen dosificado</b>		
ml de polímero inyectado	100	ml
m3 de polímero inyectado	0.0001	m <sup>3</sup>
Concentración en polímero inyectado	25	PPM
<b>5. Volumen de clarificado</b>		
ml de clarificado a punto de goteo	16000	ml
% de Humedad Removida	80%	%
Tiempo de clarificado	12	Min

Ilustración 3 Ensayo Test De Jarras

Material	Cohesión(kN/m2)	Angulo de Fricción (°)	Peso Especifico (kN/m3)
Fundación-Macizo Rocoso	150	50	20
Relleno del Geotubo	45	0	18
Tailings	0	10	18

Tabla 1 Propiedades de materiales para Análisis de Estabilidad

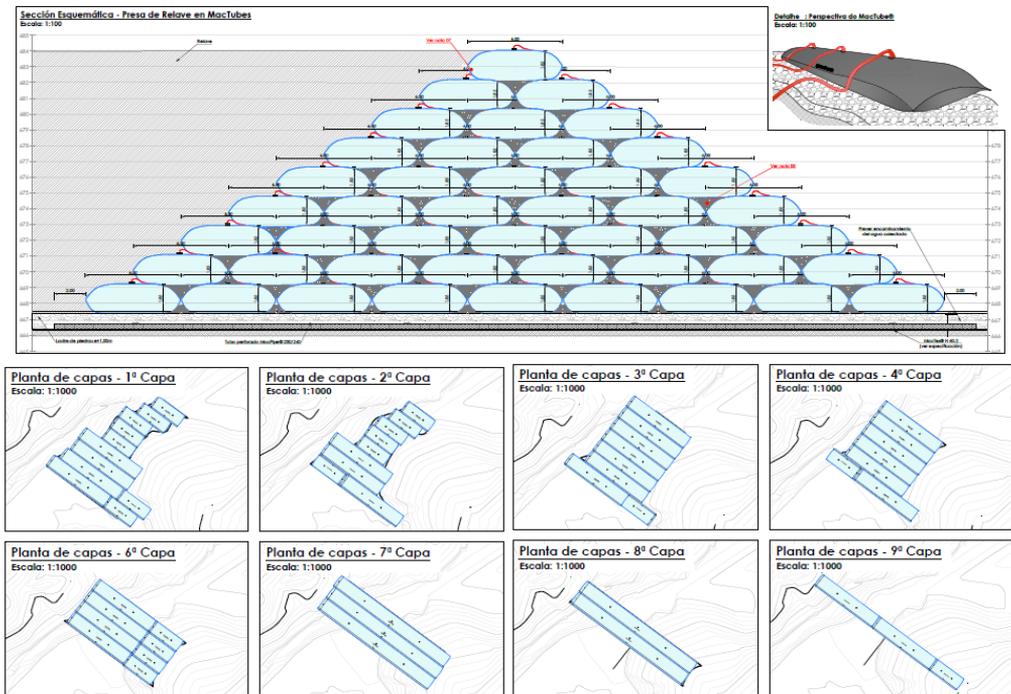


Ilustración 4 Diagrama de la presa de Relave "The Chocó"

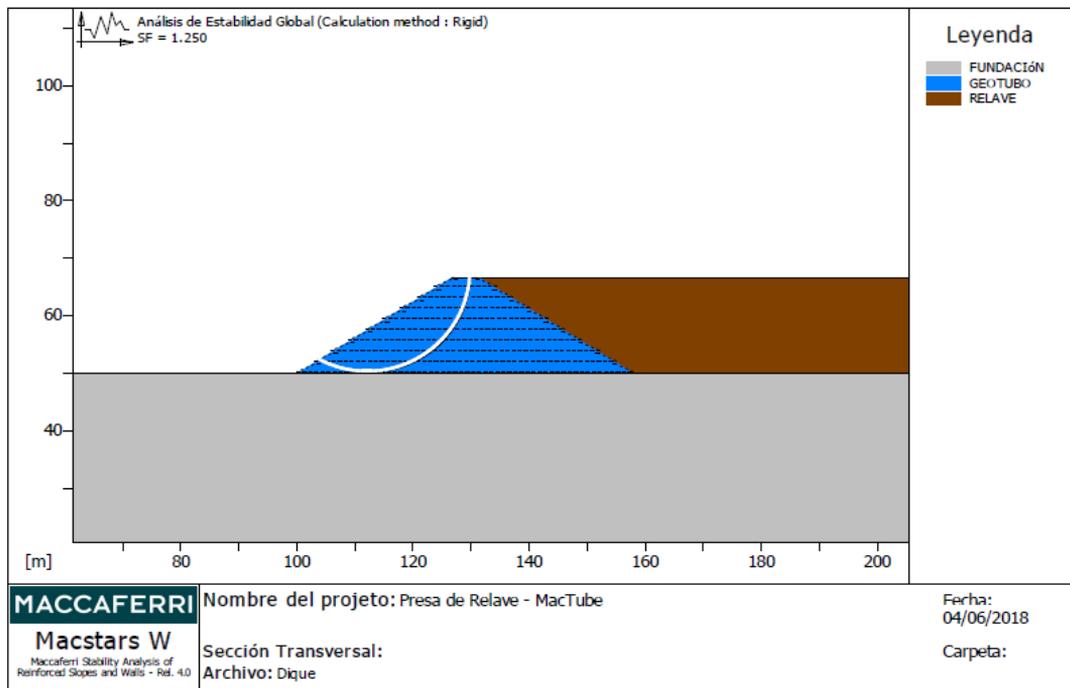


Ilustración 4 Estabilidad Global Presa de Relaves-Corrída MacStars

ETAPAS DEL PROYECTO	Inicio de deposición	Fin de deposición	Duración (días)	Capacidad (m3)	Volúmen Almacenamiento (m3)
Contención Fase 1B (Bombeo)	2018/04/13	2019/05/01	383	240,000	240,000
Contención Fase 1A (Geotubos)	2019/05/01	2019/11/10	194	140,000	140,000
Contención Fase 1C (Filtroprensado)	2019/11/10	2022/07/09	972	810,000	810,000
<b>Total Fase 1</b>					<b>1,190,000</b>
Almacenamiento inferior (Filtroprensado)	2022/07/09	2025/08/07	1124	1,300,000	1,300,000
<b>Total Fase 2</b>					<b>1,300,000</b>
<b>TOTAL PROYECTO EL CHOCHO</b>					<b>2,490,000</b>

Tabla 2 Capacidad de Almacenamiento

proyecto en el cauce natural de la quebrada, en esta misma tubería confluyen un sistema de drenes en forma de espina de pescado que captan las aguas subsuperficiales del embalse mostrados en la Ilustración 6b.

### **PROTECCIÓN DEL SUBSUELO**

El subsuelo de las áreas de contención de relaves es protegido de la posible infiltración de aguas con la colocación de una capa de arcilla de 50 centímetros compactada como se muestra en la Ilustración 7. El sistema de drenaje de las aguas subsuperficiales queda protegido bajo la capa impermeable.

### **MANEJO DE AGUAS DE LOS RELAVES**

El agua producto de los relaves se capta a través de un sistema de subdrenaje en forma de espina de pescado ubicado sobre la capa impermeable mostrado en la Ilustración 7, el cual, recoge las aguas y las entrega a una estructura de decantación que ayuda a su evacuación para ser entregadas posteriormente, en la planta de beneficio María Dama, y así, ser reutilizada en el proceso.

Por razones constructivas, este sistema de

drenaje no fue ejecutado en la fase 1B, donde se sustituyó por una piscina que recibe las aguas filtradas por un rock Dam, esta zona de almacenamiento y las entrega directamente a la planta de beneficio. Ver ilustración 6.

### **AGUAS DE CONTACTO**

Las aguas de contacto de precipitación con el relave serán captadas por unos canales perimetrales con dirección a la piscina de colección. El muestreo indica que esta agua es apta para el vertimiento. Por lo tanto, pasará por rebose hacia las escorrentías naturales de la quebrada peñitas.

### **REQUERIMIENTOS AMBIENTALES**

Por último y lo más importante la empresa Gran Colombia Gold Segovia en cumplimiento de los compromisos ambientales ha ejecutado, compensación de árboles por áreas deforestadas, canalización de las aguas de lluvia que escurren en las zonas de almacenamiento del proyecto (no contacto) y el seguimiento a la calidad del agua de la quebrada Peñitas.

### **PROYECTO FINALIZADO**



Ilustración 5 Dique Toma, durante la construcción



Ilustración 6a y 7b. Drenaje de aguas subsuperficiales



Ilustración 6 Fases del Proyecto el Choco



Ilustración 7 Manejo de Aguas para reproceso Fase 1A



Ilustración 8 Fases del proyecto el Chocó





Ilustración 9 Proyecto Finalizado

## REFERENCIAS

MACSTARS W-Maccaferri 1998—Release 4.0 (Software de analysis para contentions)