



OsinerGmin

Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería



Seminario Internacional de Geotecnia

*“Situación actual de relaveras
en Chile”*

Dr. Raúl Espinace Abarzúa

Geotecnia Ambiental Ltda.

P. Universidad Católica de Valparaíso-Chile

Lima, jueves 25 octubre 2018



Resumen de Temas Expuestos Anteriormente

- ✓ Seminario Internacional de Geotecnia, Lima 2017: Aplicaciones de la Geotecnia al Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Depósitos de Relaves.
- ✓ Seminario Internacional de Seguridad Minera, Cusco, octubre, 2016
 - Geotecnia y diseño aplicada a relaves
 - Resumen de análisis geotécnicos según Decreto 248
 - La innovación en minería de relaves
 - El control, la gestión de operación y técnicas innovadoras en relaveras
 - Regulaciones ambientales y sectoriales asociadas a relaveras, en Chile
 - Diagnóstico de la estabilidad física y de medidas de cierre de relaveras
 - Selección de método de Evaluación de la estabilidad física en Depósitos de Relaves





Objetivos de esta Presentación

- Presentar la situación actual de la normativa y técnicas empleadas en las relaveras de Chile, post terremoto 2010 y accidentes Las Palmas, Chile, febrero, 2010; Mont Polley, Canadá, agosto, 2014; Samarco, Brasil, noviembre, 2015; post terremoto de Chile, 2015.
- Mostrar los principales ajustes de las normativas y de la Institucionalidad realizadas en los últimos años en Chile.
- Analizar las tendencias actuales en el diseño, construcción, operación y cierre de los depósitos de relaves.
- Presentar como se está introduciendo la nueva gobernanza de relaves y la ingeniería de registro.





Principal Motivación de cambios: fallas recientes de Relaveras

Las Palmas, Chile (27 Febrero 2010, Mw 8,8)



Causas: Licuación sísmica a nivel basal en muro resistente y de la cubeta del embalse, por saturación generada por runa vertiente no detectada.

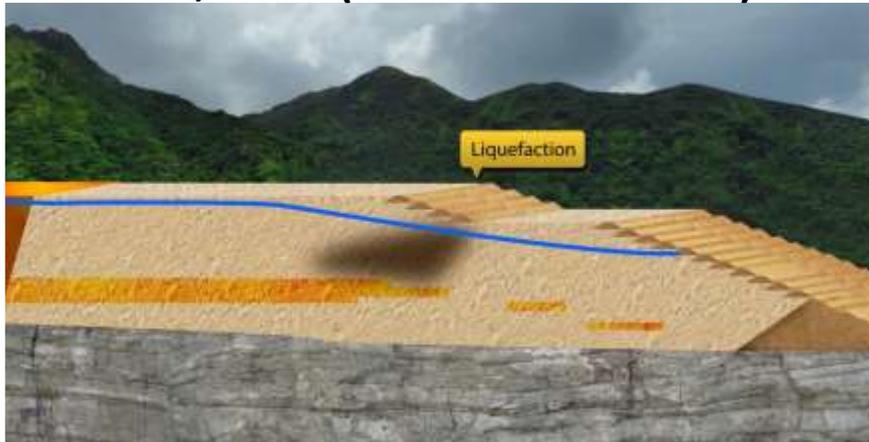
Consecuencias: Colapso por licuación provocó accidente fatal a 4 personas y obstrucción con relaves en dos esteros
Distancia flujo: 500 m.

MontPolley, Canadá (4 Agosto 2014)



Vaciamiento de 4,5 millones m³ de relaves y 10 Mm m³ de agua. Ruptura fue por falla de la fundación del "terraplén", que ocurrió en una capa glaciolacustre del suelo de fundación

Samarco, Brasil (05 Noviembre 2015)



Rotura Presa Fundao por licuación y falla por extrusión lateral, con vaciamiento de 50 Mm de ton. de relaves



Avances en la Política Nacional de Relaves de Chile (Subsecretario Minería, Pablo Terrazas, octubre, 2018)

Objetivo: fomentar la búsqueda de soluciones innovadoras para reducir el impacto de la minería en las comunidades que la acogen.

- La política de remediación de relaves consiste en medidas para asegurar los sitios mineros abandonados y avanzar en el diálogo y solución temprana de conflictos entre empresas y comunidades.
- La política busca hacerse cargo de deudas históricas como la remediación de los pasivos ambientales mineros (PAM) lo que implica, entre otras cosas, la reutilización de éstos y el cierre, asegurando su estabilidad física y química.
- Para los relaves activos, el plan contempla la implementación del programa Tranque a nivel nacional y para los inactivos, instrumentos de gestión como, por ejemplo, el uso de tecnologías para reutilizarlos, o el aprovechamiento de otros minerales de valor comercial.





Avances de los Programas a Octubre 2018

Programa Tecnológico de Monitoreo en Línea de Depósitos de Relaves: su principal objetivo es desarrollar un sistema estandarizado de monitoreo y alerta temprana para los depósitos de relaves (los 740 de Chile de ellos 140 PAM). Esto, a través de una plataforma de gestión de la información que proporciona datos oportunos a los actores involucrados sobre el desempeño de los depósitos en áreas de estabilidad física y química.

Esto fortalecería la gestión operacional preventiva y podría mejorar la comunicación y capacidad de respuesta ante emergencias.

En la creación de la Política Nacional de Relaves, se anunció que una de sus iniciativas, es el **Programa "Adopta un relave"**, que busca que los nuevos proyectos mineros compensen su impacto asegurando el cierre de pasivos abandonados (PAM).

Corfo impulsa además fuertemente el **Programa "Recuperación de Elementos de Valor en Depósitos de Relaves"** que forma parte del Programa Nacional de Minería Alta Ley

Programa Tranque ad portas de su hito más importante



En diciembre se espera que se ponga en marcha el sistema de monitoreo en línea desarrollado por el Programa Tranque en el depósito de relave El Mauro, gran acontecimiento que tiene al equipo ajustando los detalles finales para que esta implementación resulte todo un éxito.

Junto con ello, han asumido nuevos desafíos como la necesidad de sumar a la discusión nacional a la pequeña y mediana minería y abordar el tema de los pasivos.



SITUACIÓN ACTUAL EN CHILE

El Catastro de Depósito de Relaves (2018) considera tres tipos de estado: Activo, No Activo y Abandonado. La mayor parte de los depósitos está entre las regiones norte y centro.

Región		Zona	Activos	No activos	Abandonados	Total depósitos
IV	Región de Arica		1	0	0	1
I	Región de Tarapacá	Norte	1	0	6	7
II	Región de Antofagasta		13	20	14	47
III	Región de Atacama		30	108	23	161
IV	Región de Coquimbo		30	250	106	386
V	Región de Valparaíso	Centro	13	57	11	81
RM	Región Metropolitana		6	14	6	26
VI	Región de O'Higgins	Sur	3	15	0	18
VII	Región del Maule		2	2	0	4
XI	Región de Aisén		2	3	4	9
Total nacional			101	469	170	740

Fuente: Análisis del Catastro de Depósito de Relaves en Chile y guía de estructura de datos, SERNAGEOMIN 2018



SITUACIÓN ACTUAL EN CHILE

Tipos y cantidad de depósitos activos catastrados

REGIÓN	ACTIVOS	TRANQUE	EMBALSE	PASTA	ESPESADO	FILTRADO
Arica	1	-	-	-	1	-
Tarapacá	1	-	1	-	-	-
Antofagasta	13	2	4	-	4	3
Atacama	30	17	11	1	-	1
Coquimbo	30	16	11	1	1	1
Valparaíso	13	5	7	1	-	-
Metropolitana	6	3	2	1	-	-
O'Higgins	3	1	2	-	-	-
Maule	2	-	2	-	-	-
Aysén	2	-	1	-	-	1
Total	101	44	41	4	6	6

Fuente: Id anterior

Reflexión sobre la situación actual de cada grupo
Tendencia hacia una mayor seguridad minera



¿Qué está pasando actualmente en la Industria?

Qué PASA

SECCIONES

- ACTUALIDAD
- CORE BUSINESS
- VIDA & INNOVACION
- NOTICIAS
- DOCUMENTOS
- CAMBIO DE EJECUTIVO

REVISTA

Qué Minería

Proyecto Delta

ENAMI

Interior Mina

2011

Bombas Piscina

Impulsión relaves a la mina

Hoy no es evidente qué tipo de depósito hay que implementar en Chile. Los de pasta pueden ser buenos en casos como proyectos en zonas de climas secos y cálidos, con áreas planas y en caso necesario uso de aguas salada.



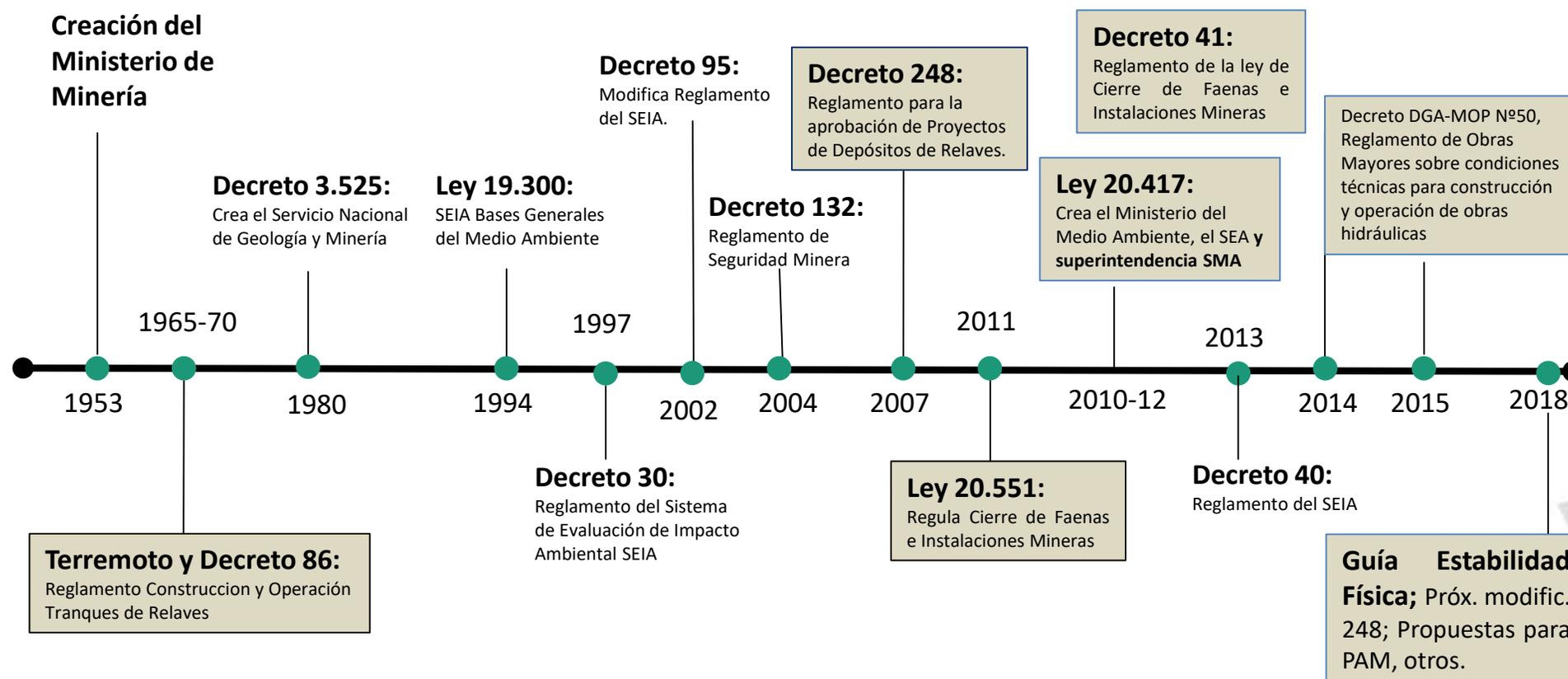
REFLEXIONES INICIALES

- ¿Cómo está la introducción de nuevas tecnologías, como los depósitos de relaves espesados?. Luego de larga puesta en marcha, hoy tendencia a estabilizarse; discusión de hidrogeología, vulnerabilidad sísmica, otros
- ¿Cuál es la tendencia en depósitos de relaves en cordillera y la posición ante planes de cierre?
- ¿Cómo afecta la distancia peligrosa a los depósitos, principalmente altos o a los embalses?
- ¿Cómo se ha “acomodado” la ingeniería a las nuevas experiencias deducidas de la operación?
- ¿Cuáles son las experiencias deducidas de las innovaciones introducidas por los últimos grandes depósitos de relaves construidos: Centinela, Caserones y Sierra Gorda?





Línea de tiempo normativo y acciones relevantes





¿Cuál ha sido el momento mas apropiado para generar nuevas normativas?

Ha estado condicionado por :

Estado del conocimiento (evolución de la geotecnia y otras disciplinas)

Accidentes importantes y síndromes posteriores a eventos como terremotos

Presiones Ciudadanas en crecimiento

Situación Económica

Situación Política

Situación 2018 (aún con síndrome post fallas de depósitos de relaves) en cuanto a acciones desarrolladas:

- Iniciativas del estado en cuanto a monitoreo avanzado; solución parcial a PAM; mayor fiscalización con un nuevo actor (SMA); otros
- Ciudadanía empoderada;
- Ley de cierre de faenas mineras aceptada por la industria;
- Guías de Estabilidad Química y Física han completado las iniciativas pendientes de la ley;
- Se está en presencia de una capacitación permanente de autoridades ambientales y sectoriales del sistema de fiscalización de depósitos;
- Algunos Reglamentos se encuentran en revisión (DS 248);
- Rol protagónico del Sernageomin



Sismo 1960
Inicios de la Mecánica de Suelos

Sismo 1965-71
Decreto 86 Tranques de Relaves

Sismo 1985
NCh 433

GEOTECNIA



**Sismo 2010 y
Accidente Minero**

Consecuencias en la Minería:

- Nuevas Normativas (Dcto 61, DGA)
- Nuevas Tecnologías para diseño/operación
- Análisis de nuevos efectos, como la amplificación sísmica.
- Cambios en gobernanzas ligadas a relaves.
- Otros

REPORTEMINER

Empresas 2018 - Entrevistas - Reportajes - Columnistas - Mujer Minera - Innovadores - Noticias - Casos

Noticias

Sernageomin: "Desde la Mina San José ha habido un incremento en fiscalizaciones e inspectores"

Autor: Editor - 30 de septiembre de 2017

Compartir:





Propuesta Modificaciones al DS N°248 “Reglamento Aprobación de Proyectos de Diseño, Construcción, Operación y Cierre de los Depósitos de Relaves”

Servicio Nacional
de Geología y
Minería

5° WORKSHOP INTERNACIONAL
RESIDUOS MINEROS - RELAVES

MODIFICACIONES AL D.S. N° 248
“REGLAMENTO PARA LA APROBACIÓN DE
PROYECTOS DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN,
OPERACIÓN Y CIERRE DE LOS DEPÓSITOS
DE RELAVES”

María Francisca Falcón
Oficina de Depósitos de Relaves
Servicio Nacional de Geología y Minería
Abril 2018



“ESTUDIOS DE
NORMATIVAS
INTERNACIONALES DE
DISEÑO, CONSTRUCCIÓN,
OPERACIÓN, CIERRE Y
POST CIERRE DE
DEPÓSITOS DE RELAVES”

INFORME FINAL V.4



Junio 2018



3.- ¿Cuales son sus limitaciones?

Propuesta Mejoras Técnicas DS 248 (Expomin 2018)

1. Adecuar exigencias a tamaño relavera
2. Aclarar información mínima para proyectos
3. Asegurar existencia de información de estabilidad química para el cierre.
4. Reducir costos de cierre
5. Adaptación a diferentes tipos de depósitos
6. Definir competencias para profesionales
7. Mayor énfasis en control operacional como medida para evitar fallas (nuevo E-700 según depósito)
8. Flexibilizar el DS para poder evaluar ideas novedosas sin restricciones legales para nuevas tecnologías posibles de ocupar en los relaves
9. Revisión de un externo competente (Ingeniería de Registro)
10. Estudiar tema de distancia peligrosa

Requerimientos de información operacional E700 desactualizados

No existe una etapa de revisión por parte de la empresa de la operación versus el proyecto aprobado

No existe un requerimiento de competencias para profesionales que desarrollan este tipo de proyectos



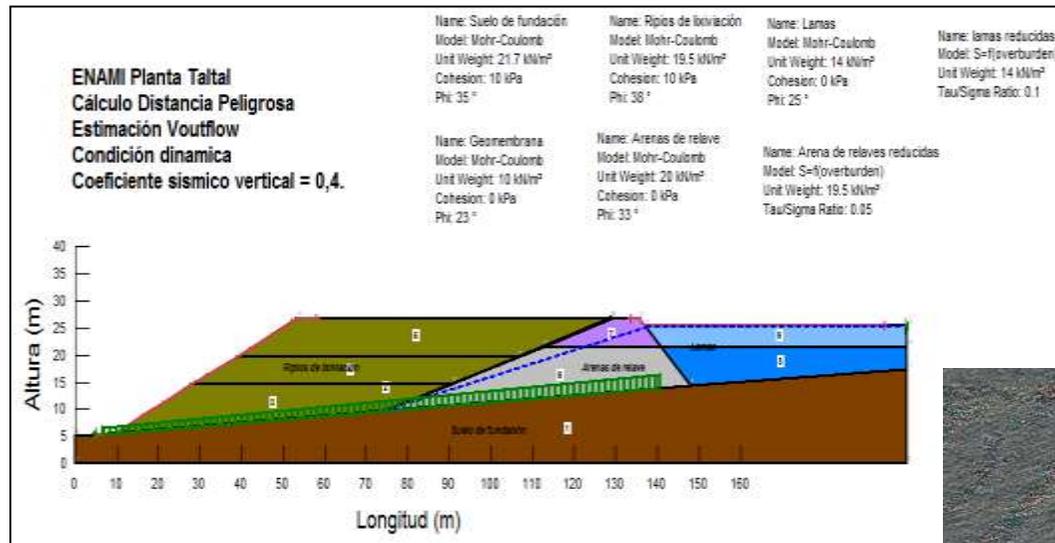
Discusión Actual de la Determinación de la Distancia Peligosa según el DS 248



Caso Distancia Peligosa. Refuerzo con Ripios Lavados

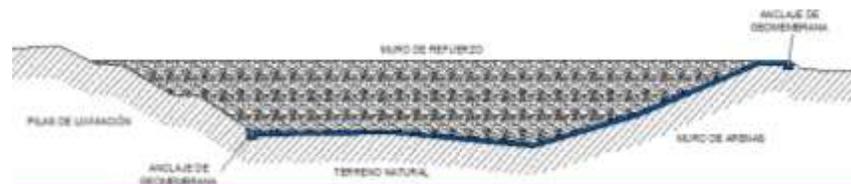


Medidas de Cierre para la Estabilidad Física.
 Instituciones comprometidas: Sernageomin; Servicio de Salud; Directemar; SEIA; otras



Material	Parámetros			
	Densidad kN/m ³	Ángulo de fricción °	Cohesión kPa	τ/σ -
Suelo de fundación	21,7	35	10	-
Geo-membrana	10	23	0	-
Ripios de lixiviación	19,5	38	10	-
Arenas de relaves	20	33	0	-
Lamas	14	25	0	-
Arenas de relaves reducidas	19,5	-	-	0,05
Lamas reducidas	14	-	-	0,1

Liberación de relaves a causa de un sismo





Otra Acción 2018: Guía para Evaluación de la Estabilidad Física de Instalaciones Mineras Remanentes

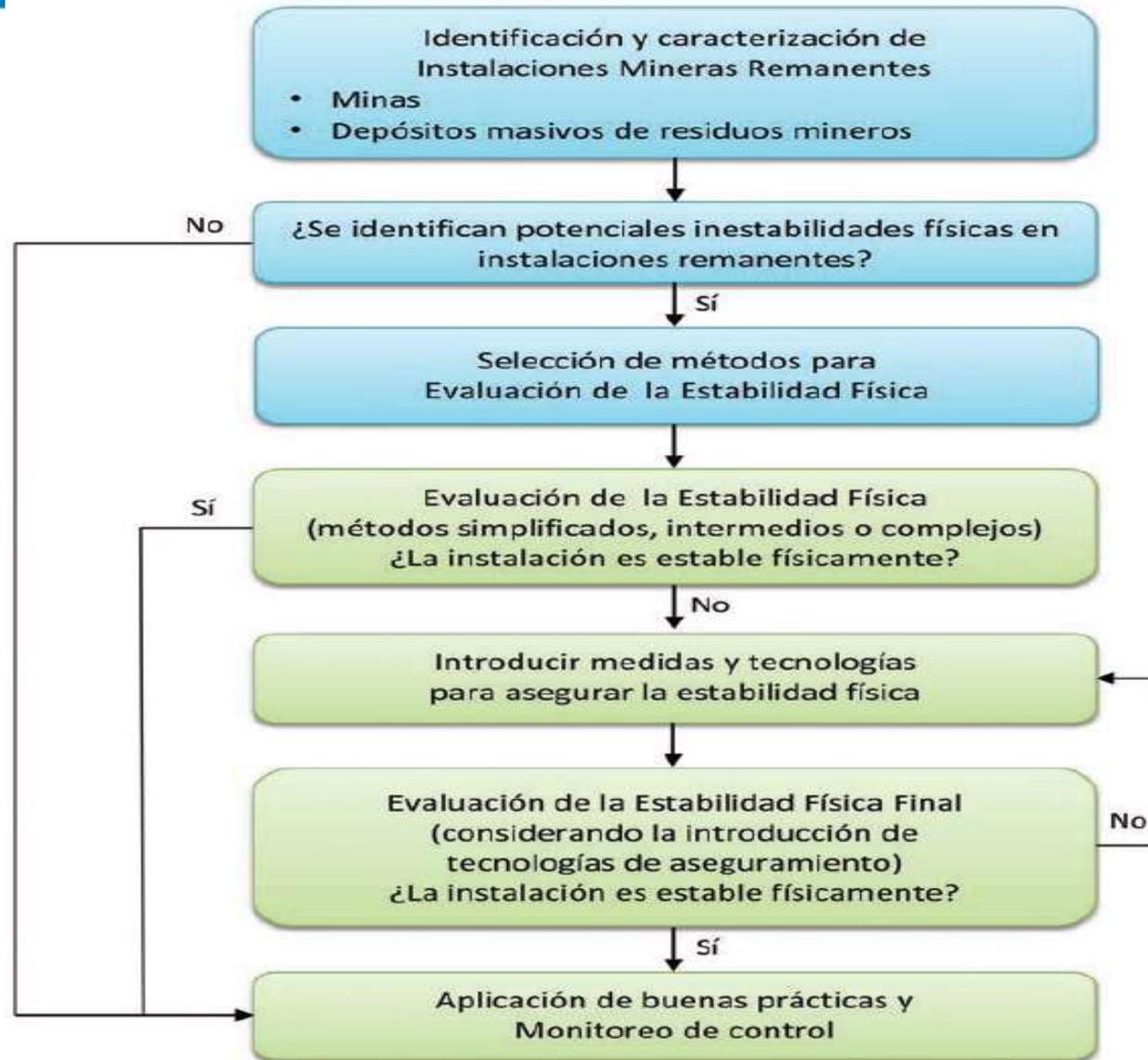
La Guía reúne criterios técnicos y herramientas para evaluar y asegurar la estabilidad física de las instalaciones mineras remanentes, mediante la caracterización de instalaciones y su entorno, **el análisis comparativo** de los proyectos de diseño y su ejecución real, y la evaluación del riesgo asociada, para que los resultados de su metodología ayuden a **definir los métodos de estudio** necesarios para cada instalación y permitan tomar las medidas para **asegurar la estabilidad física** en las etapas de cierre y post cierre de las faenas.

Se propone mantener registro durante la operación de variables que permiten llevar un control y seguimiento de factores preponderantes para evaluar la estabilidad física.

La aplicación de la Guía Metodológica debe ser realizada por profesionales geotécnicamente competentes, que cumplan con los requisitos indicados en el punto 1.4.3.

Experiencia o estudios avanzados en ingeniería geotécnica, que acredite formación en geotecnia (mín. 10 años de experiencia en proyectos y estudios geotécnicos afines).

Como complemento a la Guía existen dos documentos: “Catastro de Tecnologías para Asegurar la Estabilidad Física de Instalaciones Mineras Remanentes” y “Guía de Buenas Prácticas de la Industria Minera en la Gestión de la Estabilidad Física”.



La Guía plantea que todas las herramientas de gestión se implementen a través de un **Programa de Estabilidad Física, a implementar en la operación** de la faena minera, en etapas tempranas del ciclo de vida de la instalación, con el objetivo de lograr la condición de estabilidad física en la fase de cierre y post cierre.

El Programa permite una buena gestión de la estabilidad en las instalaciones remanentes siendo un instrumento que deberá en cada instalación, considerar sus características, emplazamiento, cómo afecta la seguridad de las personas y medio ambiente.

Figura 3.2 Programa de Estabilidad Física aplicable a un proyecto de cierre de una instalación minera remanente.



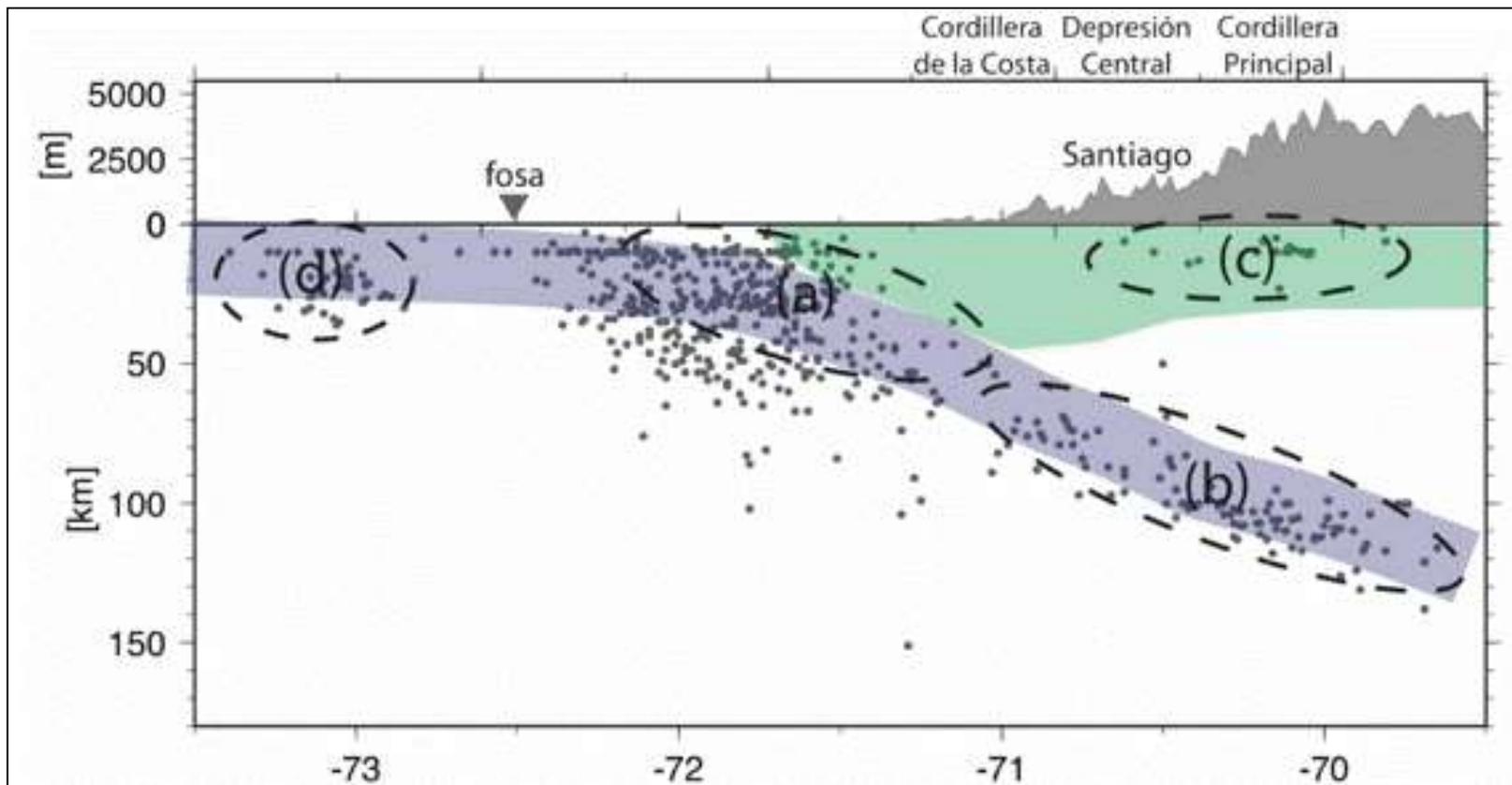
Resumen de la Metodología

- Herramientas y criterios técnicos para evaluar la estabilidad física de depósitos de residuos masivos mineros.
- Esquema con Metodología General Propuesta para la Selección de Métodos que Permiten Analizar la Estabilidad Física en DMM.
- Matriz de evaluación del potencial de impacto al ambiente para depósitos.
- Matrices para ponderar los factores asociados a la generación de falla aplicables por ej. a depósitos de relave

(Tipo de depósito; geometría aprobada; calidad del relave y niveles alcanzados de compactación; propiedades del suelo de fundación; antecedentes de gestión de operación, instrumentación y monitoreo; comportamiento mecánico del depósito; entorno regional para la condición de Cierre del Depósito; nivel implementación de medidas para asegurar la estabilidad física en la etapa de cierre.)



Tipos de terremotos en Chile: información en desarrollo



- a) "sismos interplaca", por acoplamiento a profundidades entre 10 a 60 km, y son los que pueden producir sismos de mayor magnitud con alta posibilidad de deformar la corteza y producir tsunamis. Ejemplos son: terremoto de Valparaíso (1985), Cobquecura (2010), Iquique (2014) e Illapel (2015).
- b) "sismos intraplaca", comúnmente se producen a profundidad intermedia (entre 60 a 250 km), por contacto entre ambas placas a grandes profundidades (no más de 250 km generalmente en lugares cordilleranos), estos sismos no dañan la corteza y tienen gran área de percepción. Ejemplo: terremoto de Chillán (1939)
- c) sismos "superficiales o corticales", se producen en fallas geológicas o por actividad volcánica, a una profundidad muy superficial (entre 1 a 20 km). Ejemplos son: terremoto de Las Melosas (1958) y Chusmiza (2001).
- d) sismos "interplaca oceánica" o también "outer rise", se producen al oeste de la fosa por los esfuerzos de flexión sobre ella antes de subducir, generalmente producen sismos inferiores a M7, se producen entre los 10 y 20 km de profundidad. Un ejemplo es el terremoto de Valparaíso 2001.
- e) sismos por desplazamiento lateral entre placas Sudamericana y Scotia. Forman la falla Fagnano-Magallanes, en Pta Arenas. Ejemplo terremotos en 1949 y 1975.



Desafíos para una mejor fiscalización y reducir riesgos por estabilidad (Seminario a Fiscalizadores de la SMA, octubre, 2018)

- Reducir las brechas entre el diseño y la operación, atendiendo a hipótesis, criterios y parámetros de diseño empleados, además del **nivel de ingeniería** con el que fue aprobado el proyecto.
- Contrastar compromisos ambientales y sectoriales adquiridos, en el ámbito de la estabilidad, con la operación actual.
- Profundizar exigencias a estudios en depósitos altos, que generan sobrecargas que presentan un riesgo de estabilidad.
- Acentuar importancia del control de los balances de agua en el depósito de relaves y su calibración permanente.
- Estudiar la pertinencia de “napas colgadas” en la estabilidad de algunos depósitos.
- Analizar el eficiente comportamiento de los sistemas de drenaje de aguas y lixiviados.
- Evaluar el sistema de gestión y control de operación geotécnico en los depósitos, dado que habitualmente éstos “avisan cuando va a fallar”, para así realizar acciones oportunas de reducción de riesgos
- Asegurar la presencia de técnicos y profesionales competentes.





Situación actual de los relaves en pasta y espesados (TTD)

Brechas en la tecnología TTD en Chile

- ✓ Chile no posee una regulación específica para depósitos TTD.
- ✓ Importantes brechas entre el diseño y la operación.
- ✓ Los períodos de puesta en marcha están siendo muy prolongados
- ✓ Suspender la operación del espesador en grandes faenas, es una dificultad para la tecnología.
- ✓ Algunos casos de overtopping han ocurrido, en grandes eventos de lluvia
- ✓ Han sido necesarios grandes volúmenes de materiales en la construcción de presas
- ✓ En casos, existe un control operacional débil en términos geotécnicos, geométrico e hídrico.
- ✓ El personal responsable de la operación frecuentemente carece de capacitación apropiada para administrar el depósito
- ✓ Se encuentran en revisión los modelos de diseño, considerando los hallazgos a la fecha (el espesamiento; presencia de importantes aguas subterráneas; necesidad de construir pretilos intermedios, sistemas de drenaje intermedio, piscinas de emergencia, barreras hidráulicas, otros).



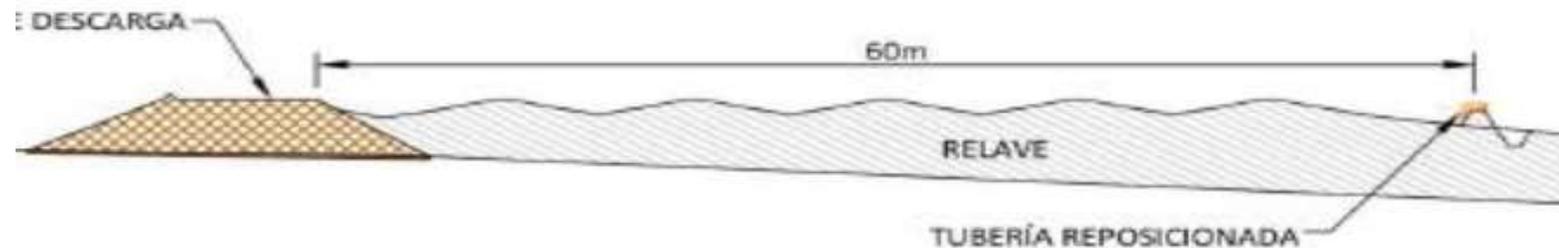
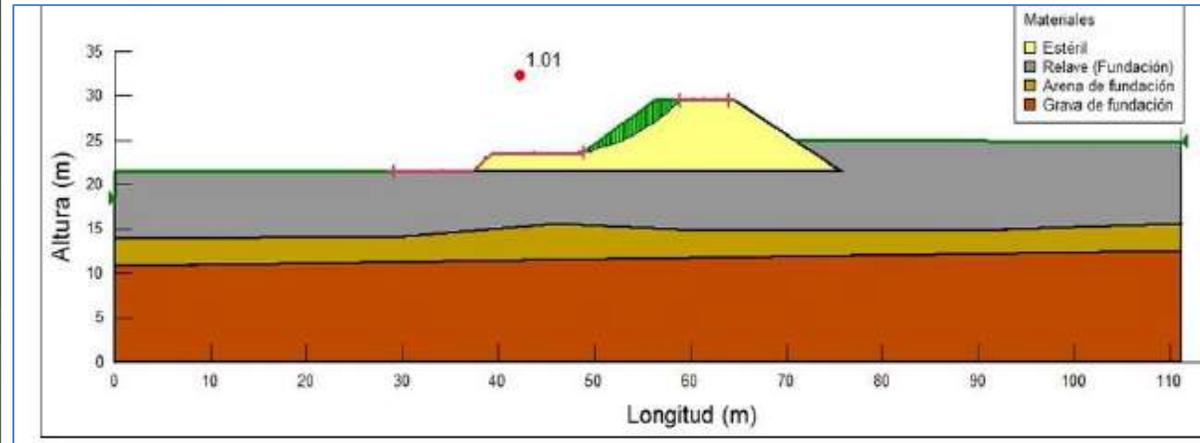
Problemas hoy: vulnerabilidad sísmica y saturación local

- En grandes depósitos se ha detectado importantes niveles de saturación en los relaves depositados, eventualmente verdaderas lagunas, lo que en algunos casos ha generado saturación de las fundaciones de muros y pretiles intermedios necesarios en estos depósitos
- Se han observado importantes flujos de agua al interior de los depósitos e infiltraciones hacia el sub suelo.
- Auditorías han ordenado hacer evaluaciones de riesgo y de resiliencia para aclarar completamente la incertidumbre y el riesgo de diversos problemas identificados. Esto ha generado estudios importantes con conclusiones diversas.
- Los análisis de vulnerabilidad sísmica para **evaluar la estabilidad postlicuación** de las estructuras de contención de relaves, muestran algunos casos de indicios de susceptibles a fallas por flujo ante licuación, dado las condiciones encontradas.
- Se está implementando instrumentación mas avanzada y ojalá on line, para medir por ejemplo, cambios de la humedad y resistencia, en profundidad, con deposiciones sucesivas.
- Se trabaja en la calibración de los modelos de balance de agua utilizando los datos levantados in situ.





Avances en depositación con pretilos intermedios





Ejemplo como se aborda la caracterización del depósito

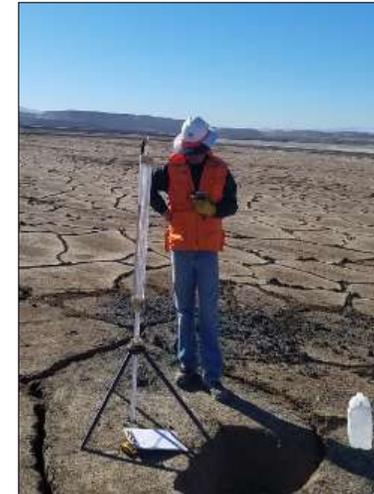
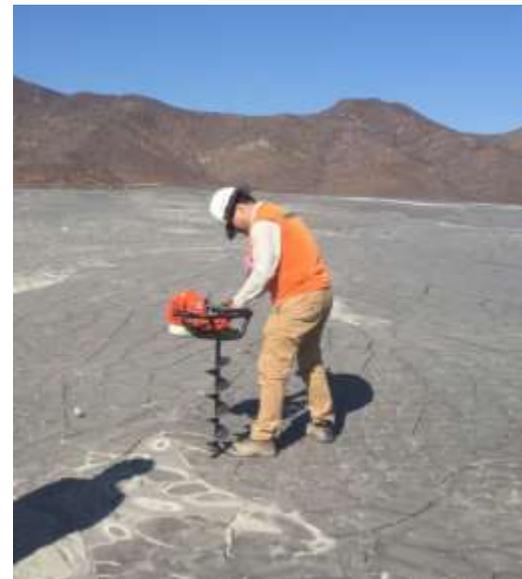
Objetivo:

- Caracterización geotécnica de los relaves depositados
- Obtención de parámetros de estado
- Determinar variabilidad espacial y temporal



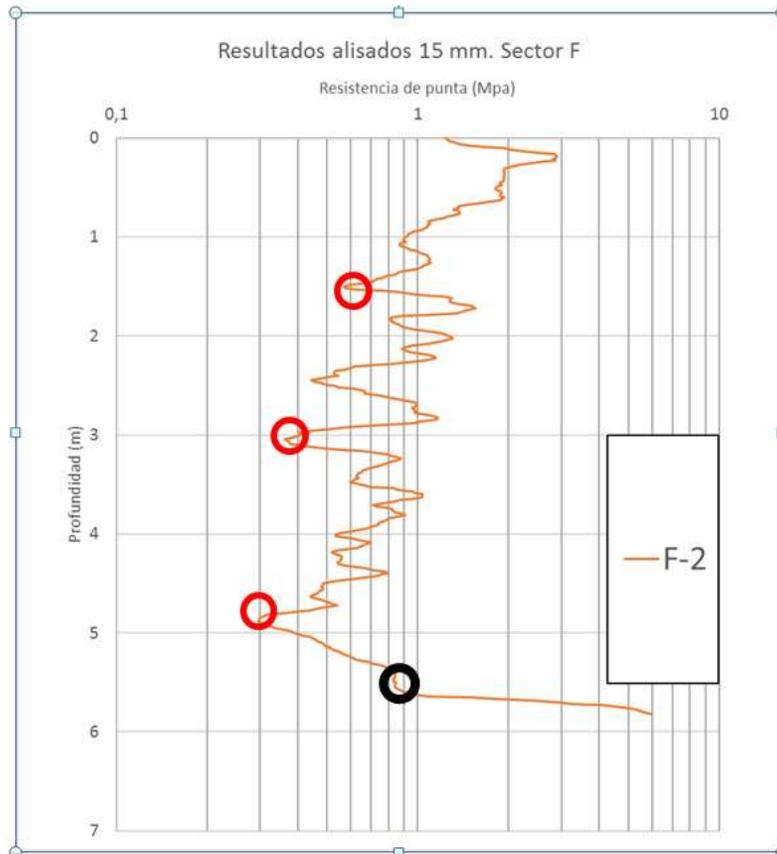
Ensayos:

- Extracción de muestras en profundidad para caracterización y humedad (barreno)
- Caracterización (Granulometría, Límites y Gs)
- Granulometría por sedimentación
- Densidades In Situ
- Permeabilidad
- Panda





Ejemplo como se aborda la caracterización del depósito



- Extracción de muestras con barreno
- Detección terreno natural (barreno)



Ejemplo Innovación en la Operación



Estimación parámetro S_u para evaluar estabilidad post licuación

Metodología con ensayo Panda:

- Correlaciones empíricas entre resistencia de punta q_d y resistencia de punta de cono q_c . (Ref: Regresiones PANDA-CPTu en relaves espesados, Geotecnia Ambiental, 2014 y 2017)

$$w \leq 23\% \rightarrow q_c = 1,019 q_d$$

$$w > 23\% \rightarrow q_c = 0,633 q_d$$

- Relación desarrollada por Robertson P. K. (1999), para la obtención de S_u peak

$$S_{u(\text{Peak})} = \frac{q_c - \sigma'_v}{N_{kt}}$$

Con:

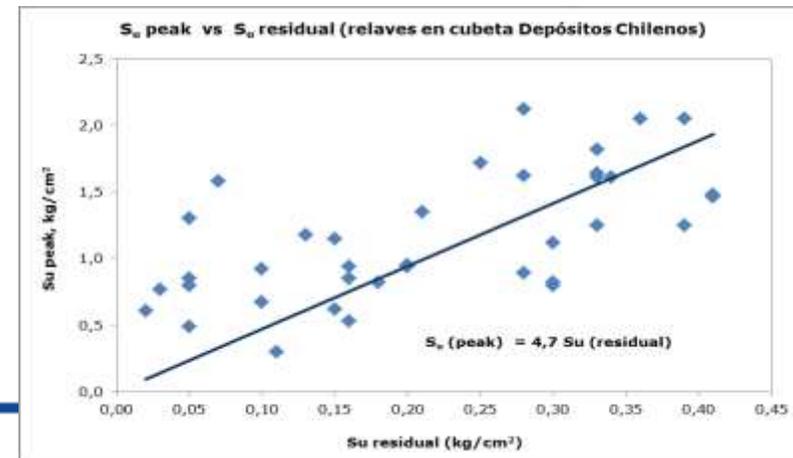
$S_{u(\text{Peak})}$: Resistencia ultima no drenada, valor peak. (t/m²)

σ'_v : Esfuerzos efectivos verticales. (t/m²)

N_{kt} : Constante de corrección, varía desde 10 a 18. N_{kt} tiende a aumentar con el incremento de la plasticidad y disminuye con el incremento de la sensibilidad del suelo.

- Relación entre la resistencia no drenada peak y residual (sensitividad), medida en pruebas en relaves espesados chilenos (CMGI, 2014)

$$S_{u(\text{peak})} = 4,7 S_{u(\text{residual})}$$



Estimación S_u para estabilidad post licuación en gran depósito

Obtención mediante PANDA:

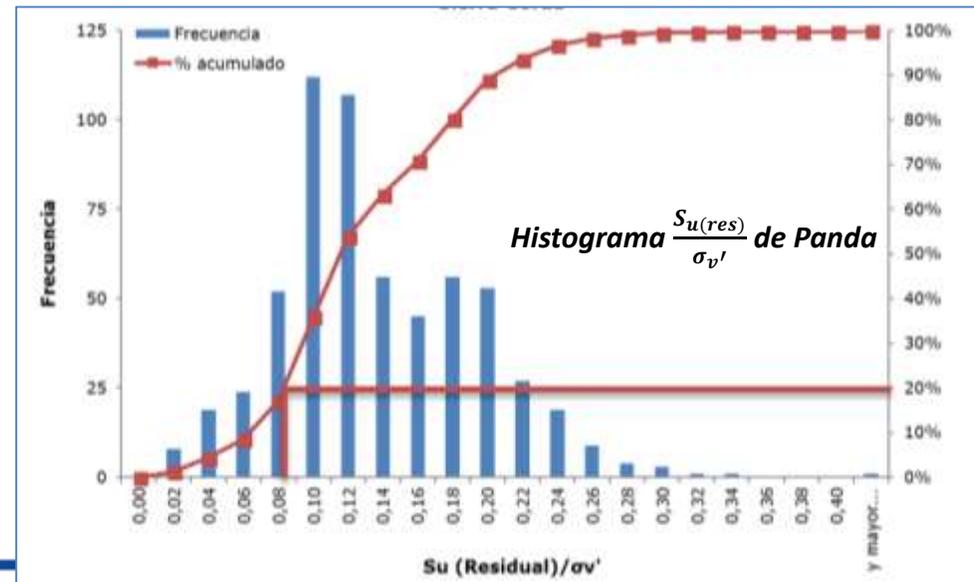
- Con los resultados obtenidos en zonas saturadas, con un factor N_{kt} de 14, se obtiene $S_{u(peak)}$ y luego el valor de $S_{u(res)}$. El criterio utilizado para definir el valor de resistencia es la frecuencia acumulada igual a 20%, lo que equivale a considerar que el 80% de los valores medidos resultan mayores al valor definido.

$$\frac{S_{u(res)}}{\sigma_v'} = 0,08$$

- Considerando los resultados obtenidos en zonas con saturación cercana a 100% y bajos valores de resistencia, se obtiene:

$$\frac{S_{u(res)}}{\sigma_v'} = 0,068$$

Histograma de todos los valores obtenidos en terreno saturado bajo el NF, de resistencia no-drenada normalizada por el esfuerzo efectivo vertical, resultante de la correlación con q_d .





Resultados de esta Metodología Aplicable en la Operación de Caso Gran Minería:

- La metodología de estimación con PANDA, da resultados similares a los valores utilizados en estudios de estabilidad anteriores ($S_u/\sigma'_v=0,09$ ó $0,1$), a pesar de los numerosos criterios conservadores aplicados en ella.
- Los valores obtenidos están influenciados por el efecto de aumento de resistencia en profundidad bajo el NF, lo que generaría una sobreestimación del valor, que se contrarrestaría con el efecto mencionado anteriormente.
- El análisis paralelo, incluye los valores bajos de resistencia de punta q_d que se observan en zonas cercanas a la saturación (aproximadamente 1 m sobre el nivel freático medido) obteniéndose valores de S_u/σ'_v menores a $0,06$.
- La metodología es un primer acercamiento durante la operación, para determinar riesgos por licuación en relaves espesados.



Resumen Principales hipótesis de diseño y desviaciones observadas

Hipótesis de diseño	Desviaciones observadas
Los relaves se pueden disponer en pendientes naturales sin gran requerimiento de muros perimetrales y piscinas de decantación.	A la fecha, se requieren muros mayores y bombas de recirculación para recuperar agua.
No hay necesidad de coleccionar las aguas lluvias con contenido de solidos de los relaves.	Sistemas de colección de aguas deben ser considerados, con la construcción de diques internos para manejo de las aguas.
No se requiere de piscinas para paradas de Planta del sistema.	Zonas para bajo contenido de solidos son requeridas, para paradas de Plantas y mantenciones.
No existe riesgo de infiltración de aguas hacia el subsuelo.	Se ha presentado infiltración hacia el subsuelo durante etapas tempranas de la operación.
Los relaves deben ser depositados en capas delgadas y el agua restante se evapora, evitando problemas de licuefacción.	Existen dificultades para alcanzar capas delgadas en áreas pequeñas, lo que reduce la evaporación.
Alcanzado el limite de contracción, se deposita la siguiente capa	Es difícil alcanzar el LC sin contar con área suficiente.





Auditorías y Gobernanzas hoy

- Los depósitos de relaves en el mundo, se encuentran bajo el síndrome post-fallas 2014 y 2015.
- Experiencia en compañías mineras en Chile lleva años.
- Situación Actual de Aumento de Estándares. El caso del ICMM.

Auditorías y Diagnósticos Habituales en Chile:
Últimamente ha sido frecuente solicitar por organismos externos y autoridad fiscalizadora, para diagnosticar la estabilidad física de los depósitos de relaves en operación y previa al cierre, en circunstancias post eventos naturales extremos; casos de fiscalización; ampliación vida útil; actualización plan de cierre; otros.

23 de las mayores empresas de minería y metales del mundo pertenecientes al Consejo Internacional de Minería y Metales (ICMM) inició una revisión global de las normas de las instalaciones de almacenamiento y controles críticos de los relaves.
<http://www.icmm.com/>





Acciones del ICMM

- Después de la falla de la presa de relaves de Samarco, el ICMM consultó con sus compañías miembros, para determinar la mejor manera de minimizar el riesgo de una recurrencia de falla catastrófica de la presa
- La principal conclusión indica que se necesita un mayor énfasis en la gobernanza para asegurar que la orientación técnica y de gestión existente se aplique más eficazmente.
- En respuesta, el ICMM ha emitido una nueva declaración de posición que compromete a los miembros a minimizar el riesgo de fallas catastróficas de las presas de relaves.
- También compromete a los miembros a la mejora continua en el diseño, construcción y operación de instalaciones de almacenamiento de relaves.

DECEMBER 2016

INTERNATIONAL COUNCIL ON MINING
AND METALS (ICMM)

REVIEW OF TAILINGS MANAGEMENT GUIDELINES AND RECOMMENDATIONS FOR IMPROVEMENT

Submitted to:
International Council on Mining and Metals (ICMM)
35/28 Portman Square,
London W1H 6LR,
United Kingdom

En Samarco, 21 acusaciones individuales por homicidio agravado y delitos contra el medio ambiente con una pena máxima combinada de 54 años por individuo. 1 acusación individual y 1 corporativa por presentar informe falso. 3 acusaciones corporativas por omisiones relacionadas con la responsabilidad

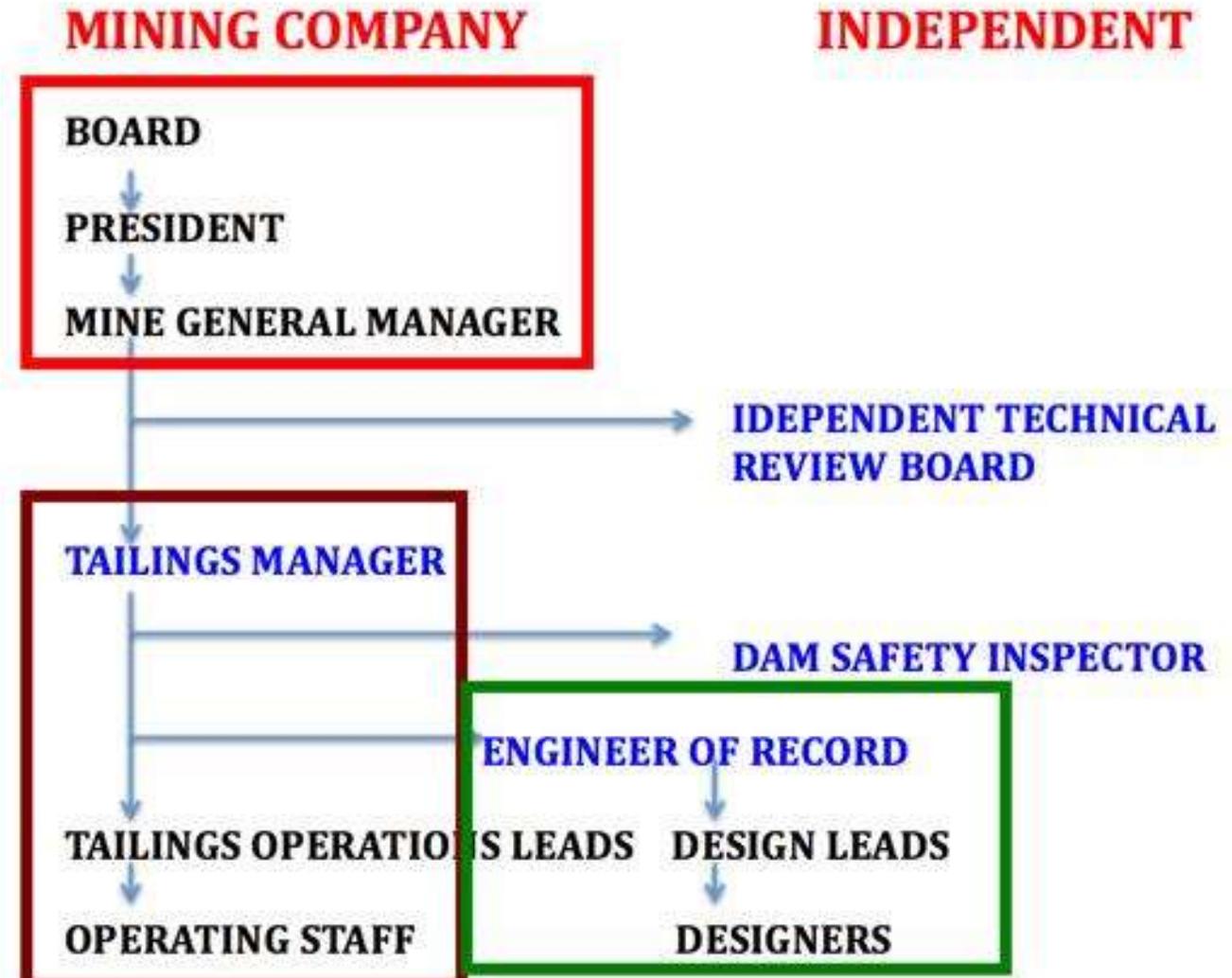


Propuesta de Gobernanza

- **Vulnerabilities:**
- **Conflict**
- **Technical capacity**
- **Understanding of real risk**
- **Performance information**

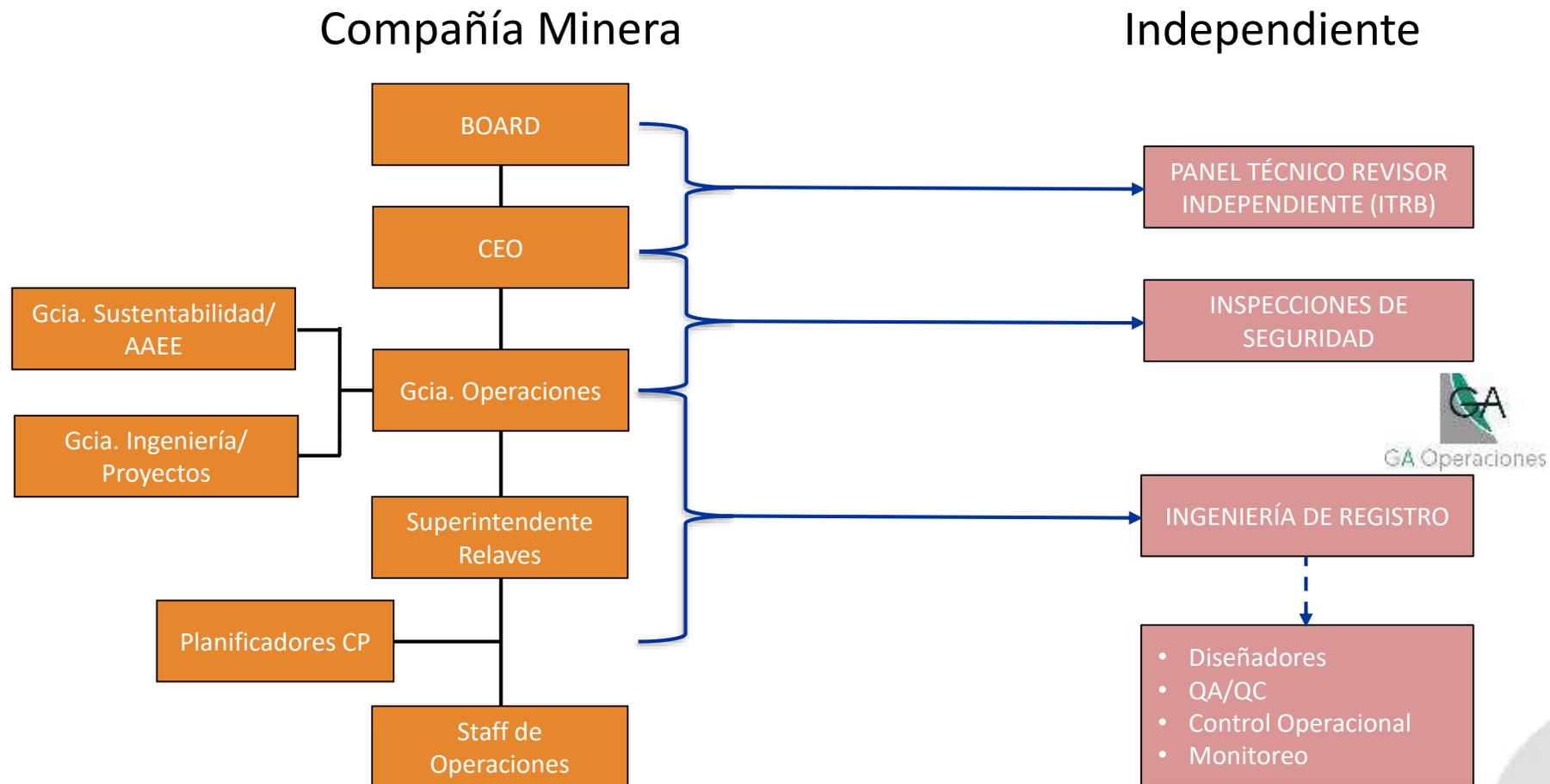
- **Technical capacity**
- **Authority**
- **Resources**
- **Designs & Op Manual**

- **Technical capacity**
- **Authority**
- **Resources**
- **Performance information**





Ejemplo de Gobernanza en Gran Minería de Chile





Ejemplo Respuesta de un Modelo de EoR Activo





Tailings2018 AngloAmerican
5th International Seminar on Tailings Management

The Need for a Paradigm Shift in Dam Safety Management

Caius Priscu, Ph.D, P.Eng,
Head of Mineral Residue Facilities and Water Management
Anglo American

gecamin.com/tailings

Tailings2018
5th International Seminar on Tailings Management

The Role of the Engineer of Record in Safe Tailings Management

Alistair Cadden and Timothy Gardner

gecamin.com/tailings

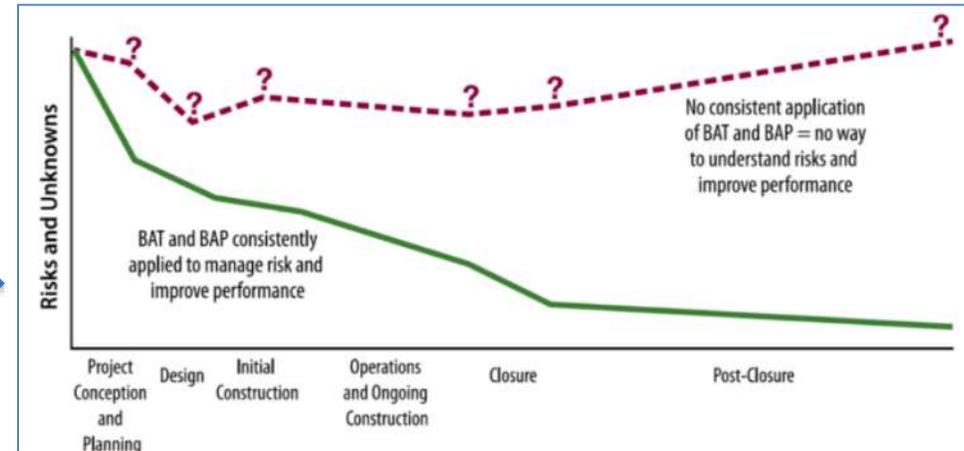
Tailings2018
5th International Seminar on Tailings Management

A Guide to the Management of Tailings Facilities Mining Association of Canada's Third Edition

Dr. Michael Davies – Teck Resources
Charles Dumaresq – Mining Association of Canada

The Mining Association of Canada

gecamin.com/tailings



Best Available Technology -BAT
Best Available/Applicable Practices -BAP



Conclusiones y Tareas

- ✓ Se está en presencia de un proceso de aprendizaje con respecto a las brechas entre el diseño y la operación de los “nuevos” depósitos de relaves.
- ✓ Se encuentra pendiente en Chile, abordar masivamente el tema de los pasivos ambientales mineros (PAM)
- ✓ Las diferencias observadas entre las hipótesis y propiedades geotécnicas de los diseños de depósitos de relaves, comparadas con la operación, muestran la necesidad de hacer ajustes e ingeniería de resiliencia. Es importante, teniendo en cuenta los factores que desencadenan fallas sísmicas, como de licuefacción.
- ✓ El control operativo y la gestión de operación, debe ser considerado como un aspecto fundamental de los procesos mineros, dado las experiencias nacionales hasta el momento.
- ✓ Hay pocos cursos de formación para el personal técnico a cargo de la gestión de relaves, y se requiere un mayor intercambio de experiencias.
- ✓ Propuestas de gobernanza se están implementando en las faenas mineras para la gestión de sus depósitos





Muchas Gracias

