

Análisis de Tecnologías  
Emergentes de  
Disposición de Relaves  
Juan Rayo / Christian Moreno  
Abril 2019



# Contenidos

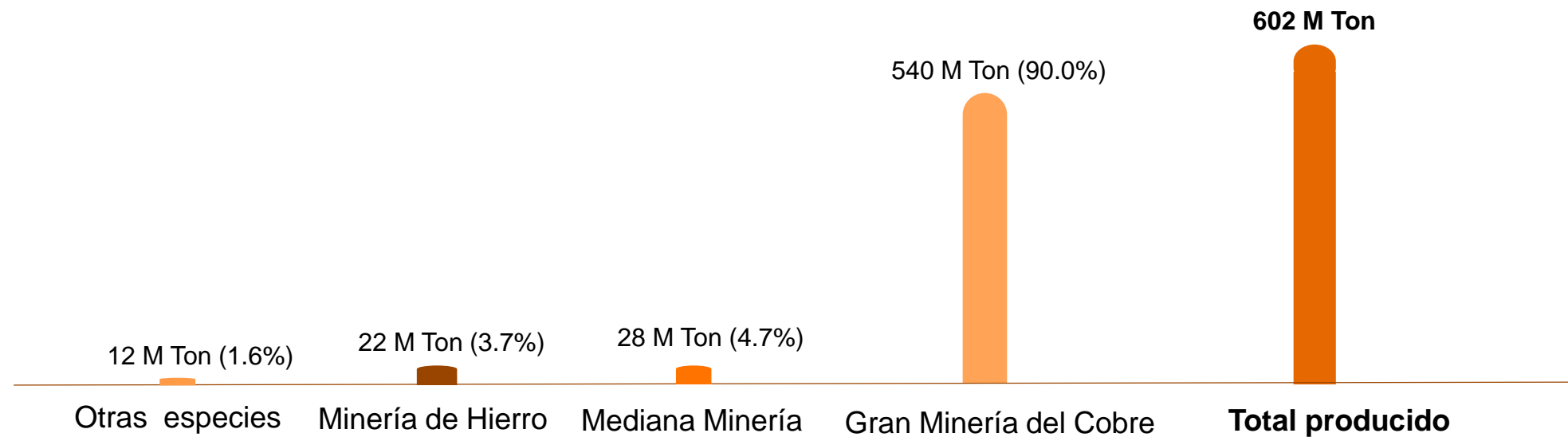
- Una mirada a la situación de los relaves en Chile
- Tecnologías Clásicas de Depositación de Relaves
- Tecnologías Emergentes de Depositación de Relaves
- Comparación de Tecnologías
- Visión General

# Contenidos

- ***Una mirada a la situación de los relaves en Chile***
- Tecnologías Clásicas de Depositación de Relaves
- Tecnologías Emergentes de Depositación de Relaves
- Comparación de Tecnologías
- Visión General

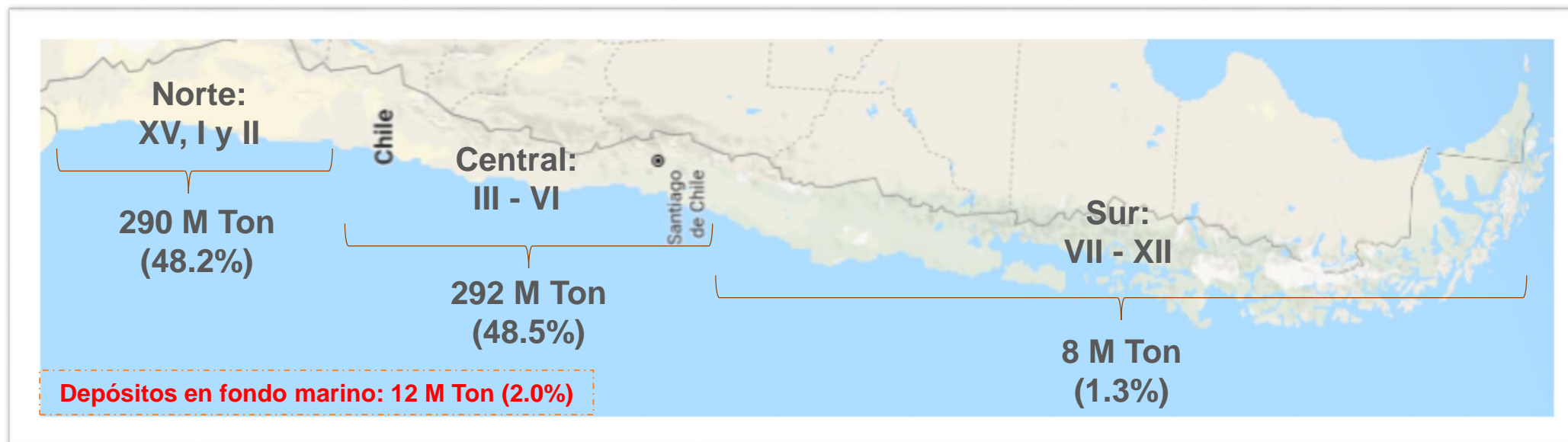
# Producción de relaves

Minería Chilena Año 2018



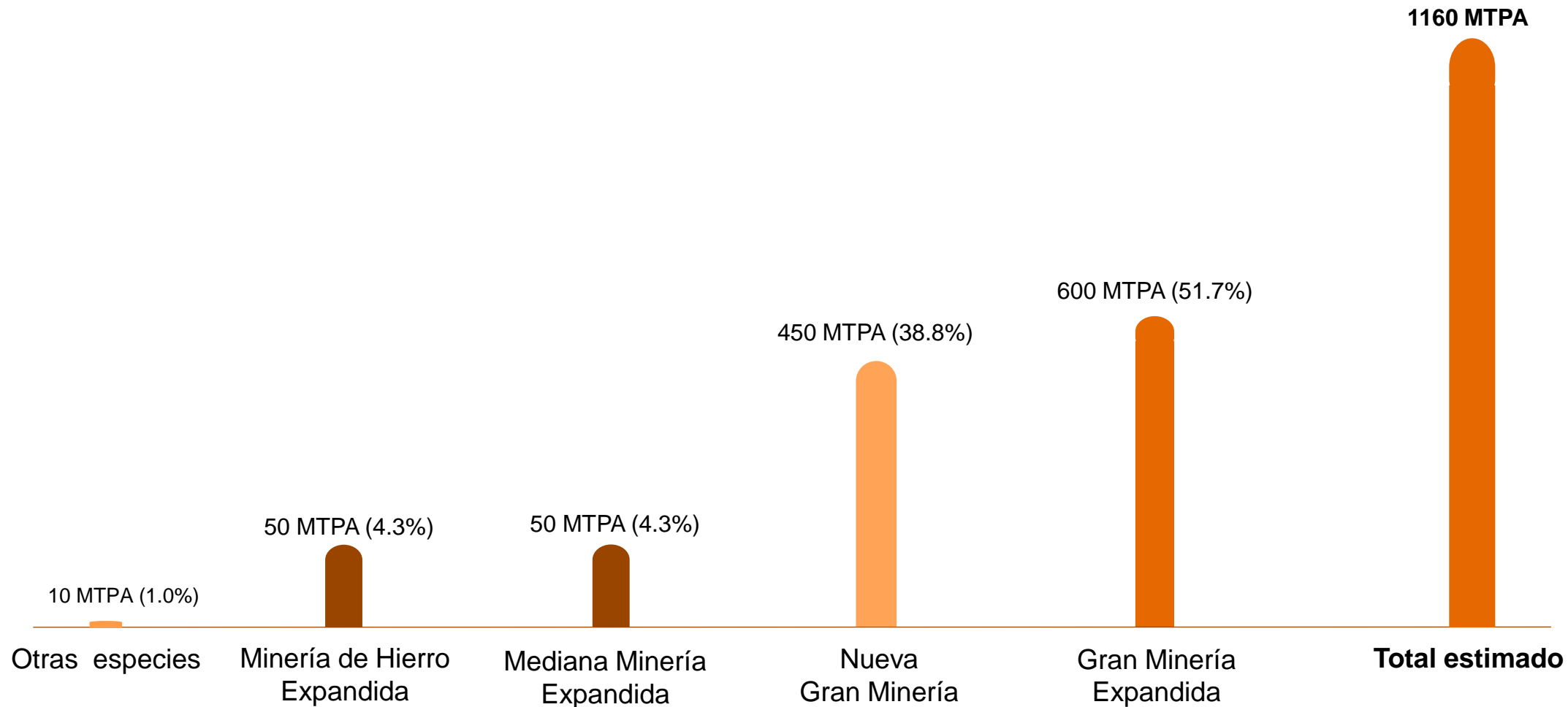
# Distribución a nivel nacional

Minería Chilena Año 2018



# Proyección de producción de relaves

Estimación al año 2025



# La controversia actual de los relaves

## + 50% de las comunidades

aledañas a los depósitos de relaves ya establecidos o en proyecto las han presentado

Quejas o  
reclamos  
formales

Resistencia  
de la  
comunidad

## A nuevos depósitos de relaves

Múltiples reparos en comunidades de la Zona Central; situación un poco menos severa en la Zona Norte

Competencia  
por terrenos

## Con operaciones agrícolas y comunitarias

Limitaciones en altura y capacidad obligan a buscar nuevos terrenos en una proporción superior a los 10 Km<sup>2</sup>/año

**Entonces, urge desarrollar nuevas tecnologías de depositación de relaves de carácter masivo o selectivo que disminuyan sustancialmente el impacto de los relaves en el ambiente y en las comunidades.**

# Contenidos

- Una mirada a la situación de los relaves en Chile
- ***Tecnologías Clásicas de Depositación de Relaves***
- Tecnologías Emergentes de Depositación de Relaves
- Comparación de Tecnologías
- Visión General



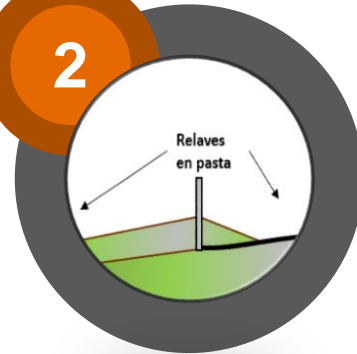
# Tecnologías de disposición de relaves

## Clásicas

### Especial

- Depósitos de relaves ultraespesados
- Depósitos de relaves filtrados

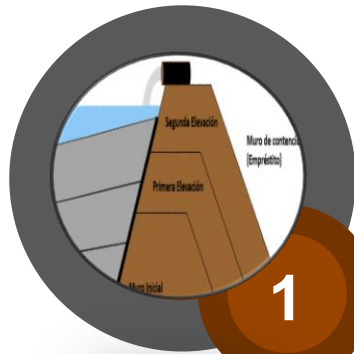
2



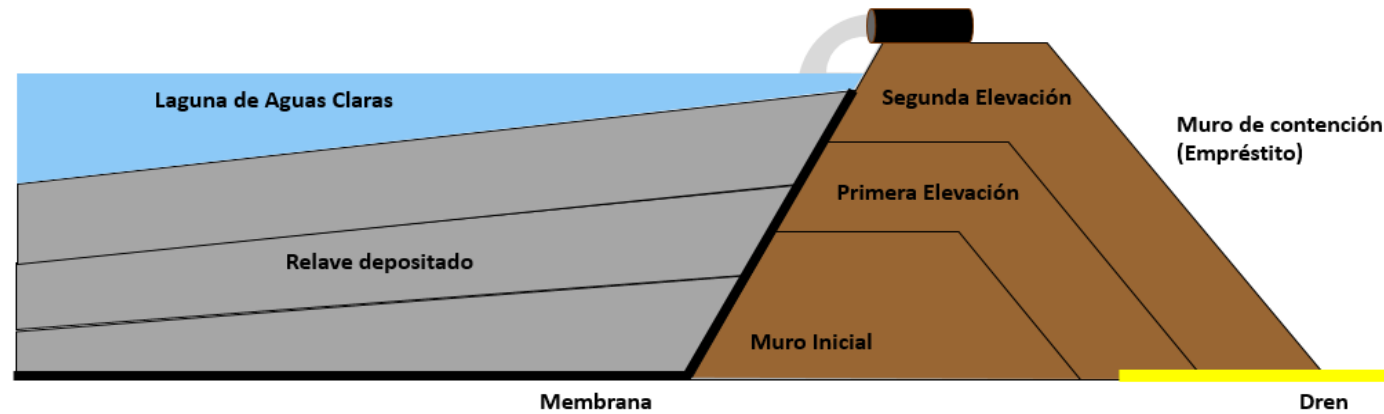
### Convencional

- Muros de arenas de relaves
- Muros de empréstito/ estériles

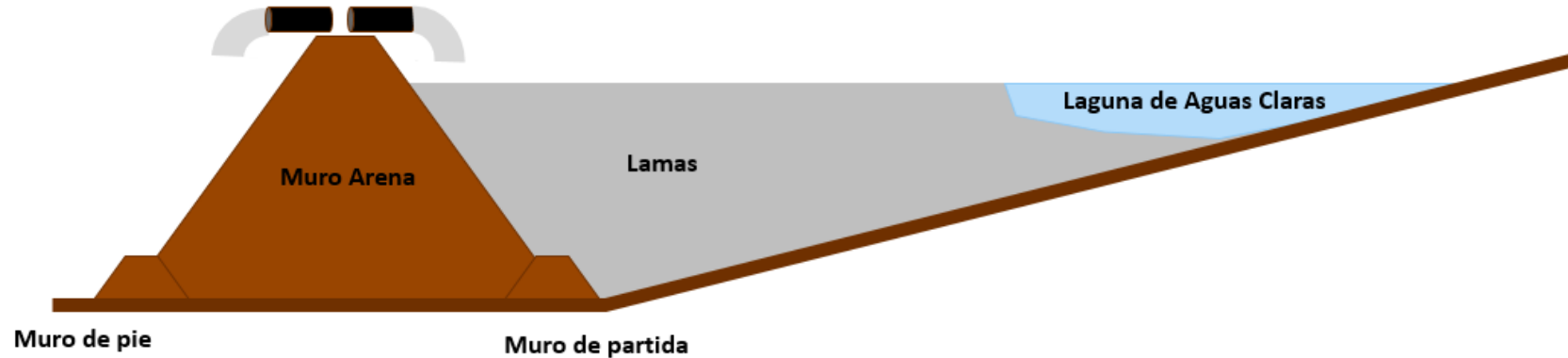
1



# Deposición convencional



Todos los futuros diseños deberán ser estrictos en aplicar las normas de la DGA y SERNAGEOMIN, tanto para evitar peligros asociados a inundaciones provocadas por el Cambio Climático como poder soportar un Sismo Máximo Creíble y evitar la contaminación de la napa freática.

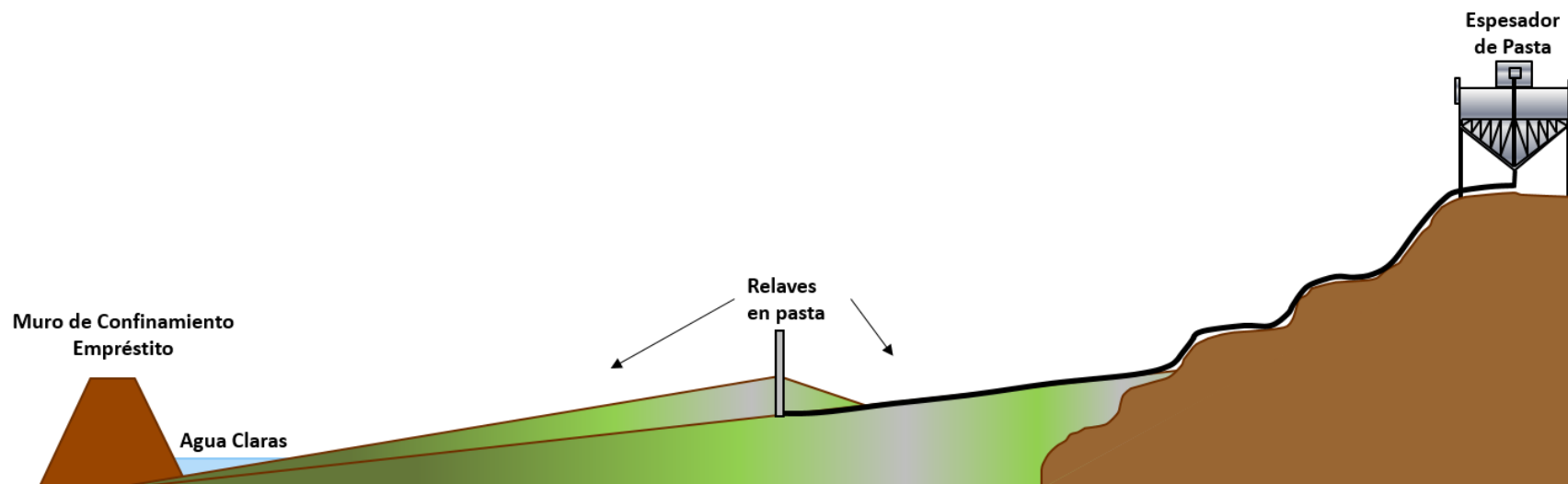


# Deposición especial en superficie

- Depósito de relaves ultraespesados (pastas)
- Depósitos de relaves filtrados

Ambos casos tendrán que resolver problemas de estabilidad, sobre todo frente al Cambio Climático, sismos de gran intensidad, presencia de arcillas, manejo de aguas de no-contacto, congelamiento de aguas intersticiales, fabricación de equipos de grandes capacidades, prácticas operacionales seguras, entre otros.

Si bien estas tecnologías ya pueden ser consideradas como probadas para ritmos bajos (10 KTPD), para ritmos de producción de relaves más elevado aún hay múltiples interrogantes operacionales y de diseño por resolver.



# Contenidos

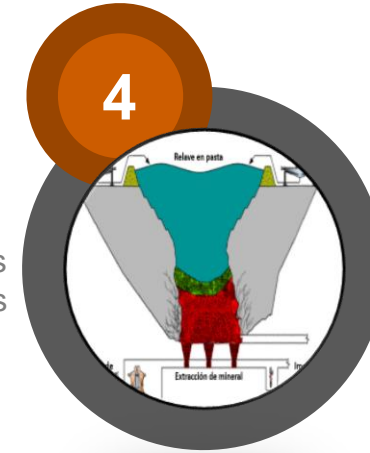
- Una mirada a la situación de los relaves en Chile
- Tecnologías Clásicas de Depositación de Relaves
- ***Tecnologías Emergentes de Depositación de Relaves***
- Comparación de Tecnologías
- Visión General

# Tecnologías de disposición de relaves

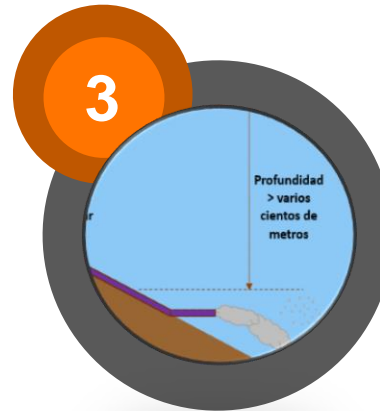
## Emergentes

### Interior Mina

Deposición en oquedades mineras propias o abandonadas



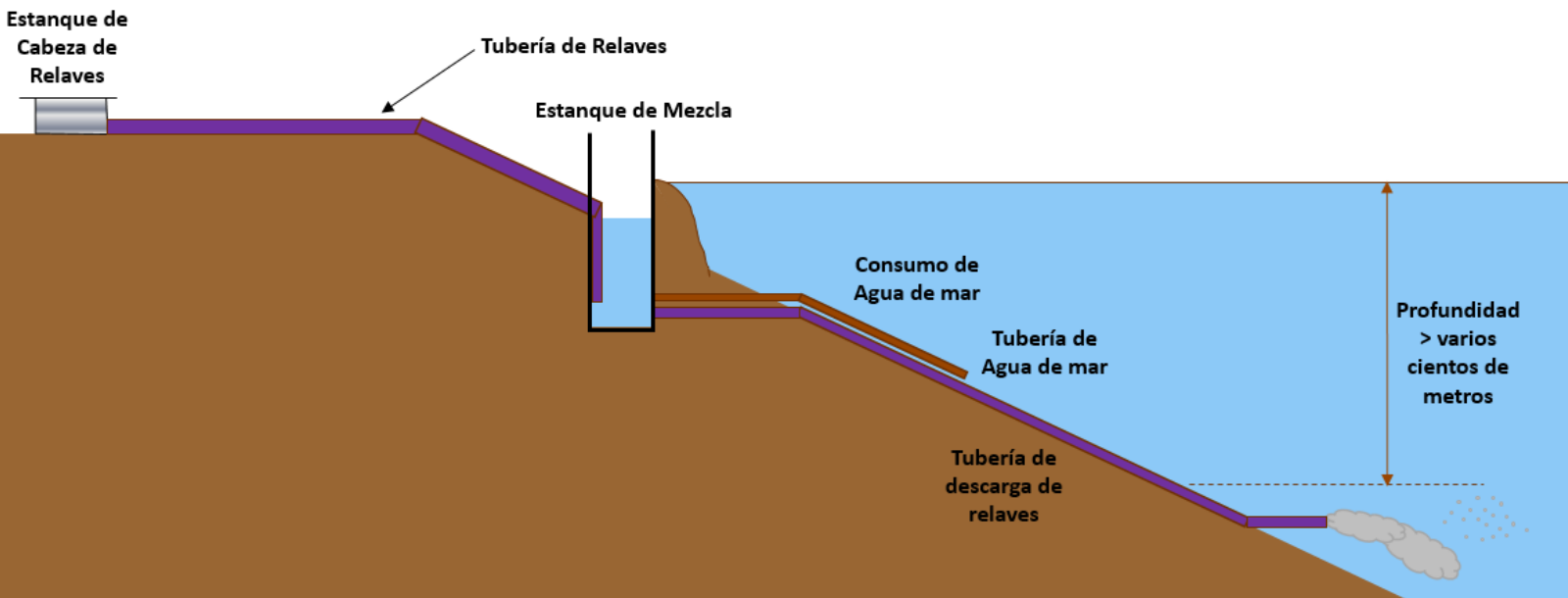
3



### Deposición en profundidades marinas

Relleno controlado en una fosa marina profunda

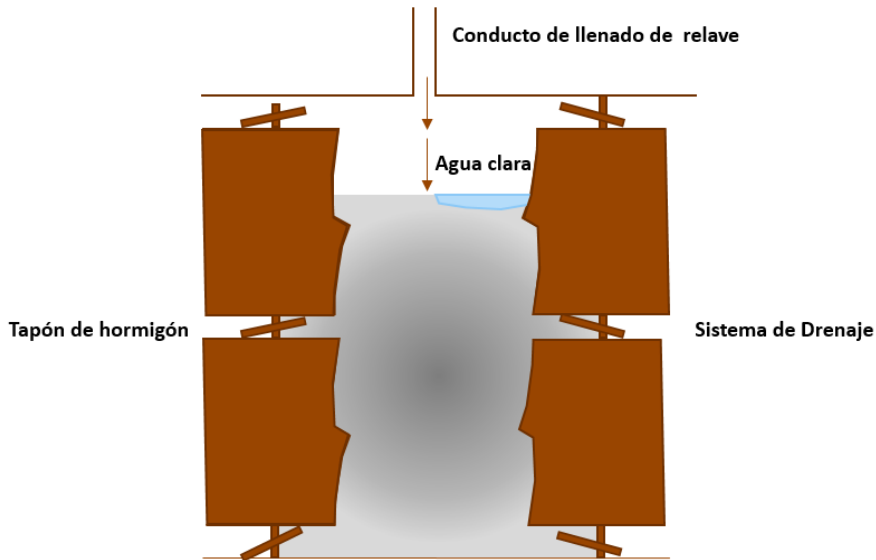
# Deposición en profundidades marinas



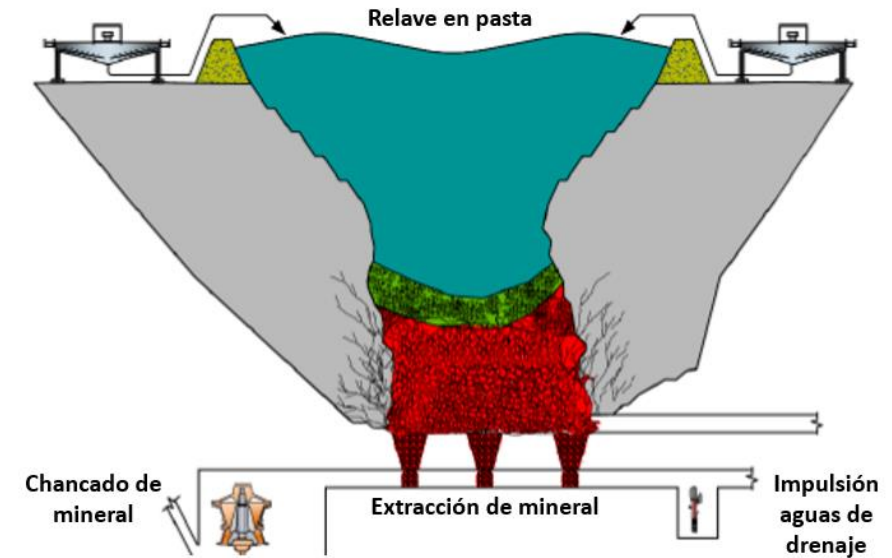
Relleno con relaves debidamente controlados de un sector profundo de la fosa marina que corre a lo largo de la Costa Chilena. Podría ser una solución efectiva, si se realiza a profundidades superiores a varios cientos de metros.

- Falta resolver problemas técnicos fundamentales: las plumas de contaminación, la integridad de los tubos para efectuar los depósitos a gran profundidad, la operación de los puntos de descarga, entre otros.
- A continuación, se requiere realizar campaña seria y profunda a nivel político para convencer a los ciudadanos que la disposición segura de relaves en el mar profundo sería la mejor solución para Chile.
- Conseguir esta aceptación parece larga y difícil de acometer, salvo que se considere una “Solución País” y el recién creado Ministerio de Ciencias la avale.

# Deposición interior Mina



Devolución de relaves a su origen, mediante una deposición en varias oquedades mineras, sean propias o abandonadas.



Opciones de llenado con relaves de las minas:

- Rajos abandonados y condenados
- Caserones subterráneos
- Caserones con relaves cementados
- Oquedades en depósitos de estériles
- Llenado simultáneo del cráter con la operación de Block Caving (WLM)

# Contenidos

- Una mirada a la situación de los relaves en Chile
- Tecnologías Clásicas de Depositación de Relaves
- Tecnologías Emergentes de Depositación de Relaves
- ***Comparación de Tecnologías***
- Visión General



# Comparación de tecnologías de depositación de relaves

## ESTUDIOS PREVIOS

PARÁMETRO	CONVENCIONAL	ESPECIAL	MARINA	INT. MINA
Prospecciones geotécnicas	Amplias pero estandarizadas	Reducida y con estándares	Complejas de definir	Complejas de obtener
Estudios especiales de campo	Hidrogeología completa de la zona	Bajo nivel de estudios de campo	Estudios oceanográficos intensos y complejos	Hidrogeología integrada en minería-relaves
Estudios climatológicos	Hidrología intensa incluyendo impacto cambio climático	Hidrología intensa incluyendo impacto cambio climático	No aplica	Hidrología referencial incluyendo cambio climático

# Comparación de tecnologías de depositación de relaves

## INGENIERÍA REQUERIDA

PARÁMETRO	CONVENCIONAL	ESPECIAL	MARINA	INT. MINA
Simulaciones de procesos	Estabilidad, manejo crecidas, contaminación napa freática	Estabilidad y control de crecidas	Pluma de decantación y de polución	Llenado de oquedades y estabilidad remanente
Diseño de obras de ingeniería	Complejos pero estandarizados	Simple pero no estandarizados	Complejas en construcción y operaciones	Simple de diseñar pero complejas de controlar
Riesgos directo en construcción	Bajos, son todos muy conocidos	Medianos, hay aspectos que podrían afectar	Complejas, requiere obras no habituales	Medianas, requiere usar mucho criterio de minero
Dificultades de PEM / Operación Inicial	Bajos, hay mucha experiencia utilizable	Medio, si bien hay experiencias aún no están todas las dudas resueltas	Alta, existen escasas experiencias similares	Medio, hay que resolver algunos problemas sobre la marcha

# Comparación de tecnologías de depositación de relaves

## ASPECTOS DE COSTOS Y PROGRAMACIÓN

PARÁMETRO	CONVENCIONAL	ESPECIAL	MARINA	INT. MINA
Costo Pre-Inversional	Medio	Medio	Alto	Medio
Capex Inicial	Alto	Alto	Medio	Medio
Capex Diferido	Alto	Bajo	Bajo	Bajo
Opex	Bajo	Alto	Bajo	Bajo
Plazo Pre-Inversional	Medio	Medio	Alto	Medio
Plazo Inversional	Alto	Medio	Medio	Medio

# Comparación de tecnologías de depositación de relaves

## ASPECTOS ESTRATÉGICOS

PARÁMETRO	CONVENCIONAL	ESPECIAL	MARINA	INT. MINA
Aceptación por Comunidad	Bajo	Medio	Muy bajo	Alto
Aprobación por Autoridad	Lento	Medio	Muy lento	Medio
Riesgo catastrófico ambiental	Medio	Bajo	Medio	Bajo
Restricción para la operación	Medio	Medio	Bajo	Medio

# Contenidos

- Una mirada a la situación de los relaves en Chile
- Tecnologías Clásicas de Depositación de Relaves
- Tecnologías Emergentes de Depositación de Relaves
- Comparación de Tecnologías
- ***Visión General***

# Visión General

---

De acuerdo a la visión de los expositores, la forma de disponer relaves en el futuro cercano sería del siguiente tipo:

- Se mantendrá el desarrollo de nuevos proyectos de sistemas de depositación convencional en relaves en la Gran Minería y en la Zona Norte.
- Aumentarán los depósitos de relaves con espesamiento de alta concentración (y reología) que permitan formar playas de relaves no segregadas con pendientes entre 2 y 5%.
- Se ve difícil que se generalicen los depósitos de relaves de cobre con técnicas de filtrado en la Gran Minería, dado que sus costos de Capex y Opex son altos. La ventaja en su alta recuperación de agua se minimiza con una energía eléctrica de costo cada vez más reducido, la cual permite impulsar agua desde el mar (desalada o natural) a costo razonable.
- No se ve viable la depositación marina profunda en el mediano plazo, salvo que se configure una metodología sólida y que exista un convencimiento nacional que esta sería la opción más conveniente.
- Las opciones de retorno del relave a la mina, en cualquiera de sus variantes, debería ser el gran cambio de la próxima década: se partirá rellenando rajos, luego caserones y desmontes, para finalmente desarrollar minería continua con retorno inmediato de los relaves a los cráteres de los hundimientos (WLM).



**JRI**  
INGENIERIA

[www.jri.cl](http://www.jri.cl)



**JRI**  
INGENIERIA



JRI S.A



JRI S.A



[jri@jri.cl](mailto:jri@jri.cl)