



INSTITUTO DE INGENIEROS DE MINAS DEL PERU

Jueves Minero 3 de Diciembre del 2015

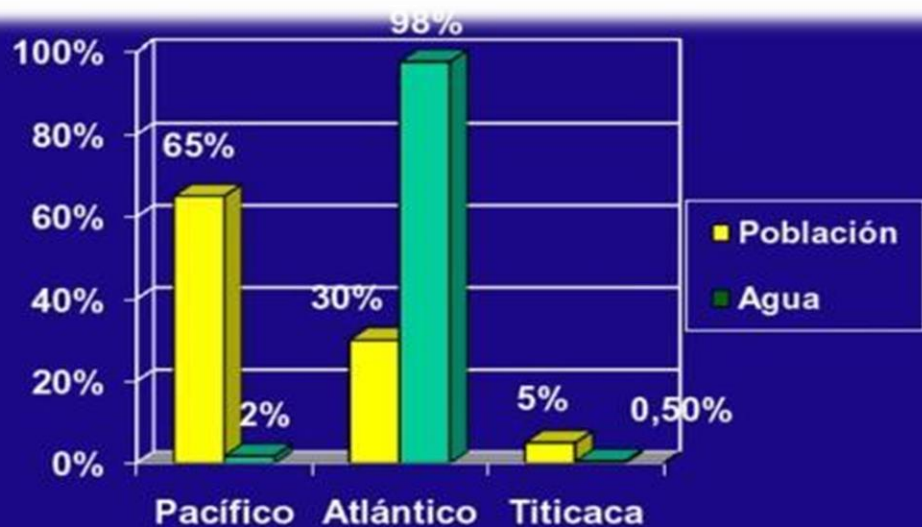
AVANCES DE LA MINERIA PERUANA EN EL USO DEL AGUA



Preparada por:

JORGE A. TOVAR PACHECO

DISTRIBUCION Y USO DEL AGUA EN EL PERU



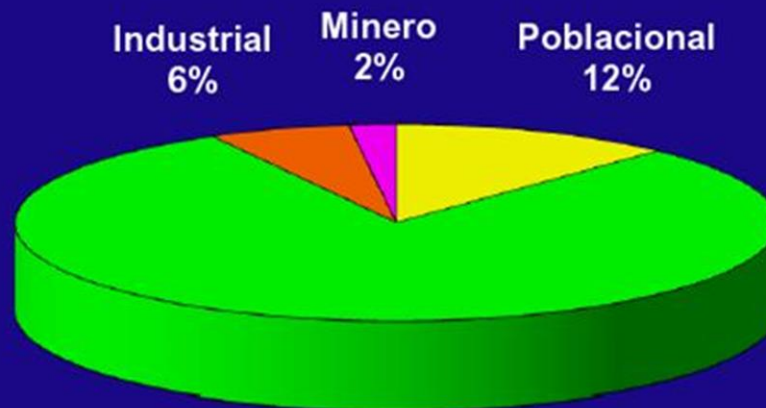
CARACTERÍSTICAS DE LAS TRES VERTIENTES

VERTIENTE	Cuenca Hidrog.	SUPERFICIE (1 000 km ²)	POBLACIÓN		AGUA	
			miles	%	(MMC)	%
Pacífico	62	279,7	18 315	65	37 363	1,8
Atlántico	84	958,5	8 579	30	1 998 752	97,7
Titicaca	13	47,0	1 326	5	10 172	0,5
TOTAL	159	1 285,2	28 220	100	2 046 287	100,0

Pacífico	2 040 m³/ hab año
Atlántico	232 980 m³/hab año
Titicaca	7 670 m³/hab año

USO DEL AGUA A NIVEL NACIONAL EN MMC/AÑO

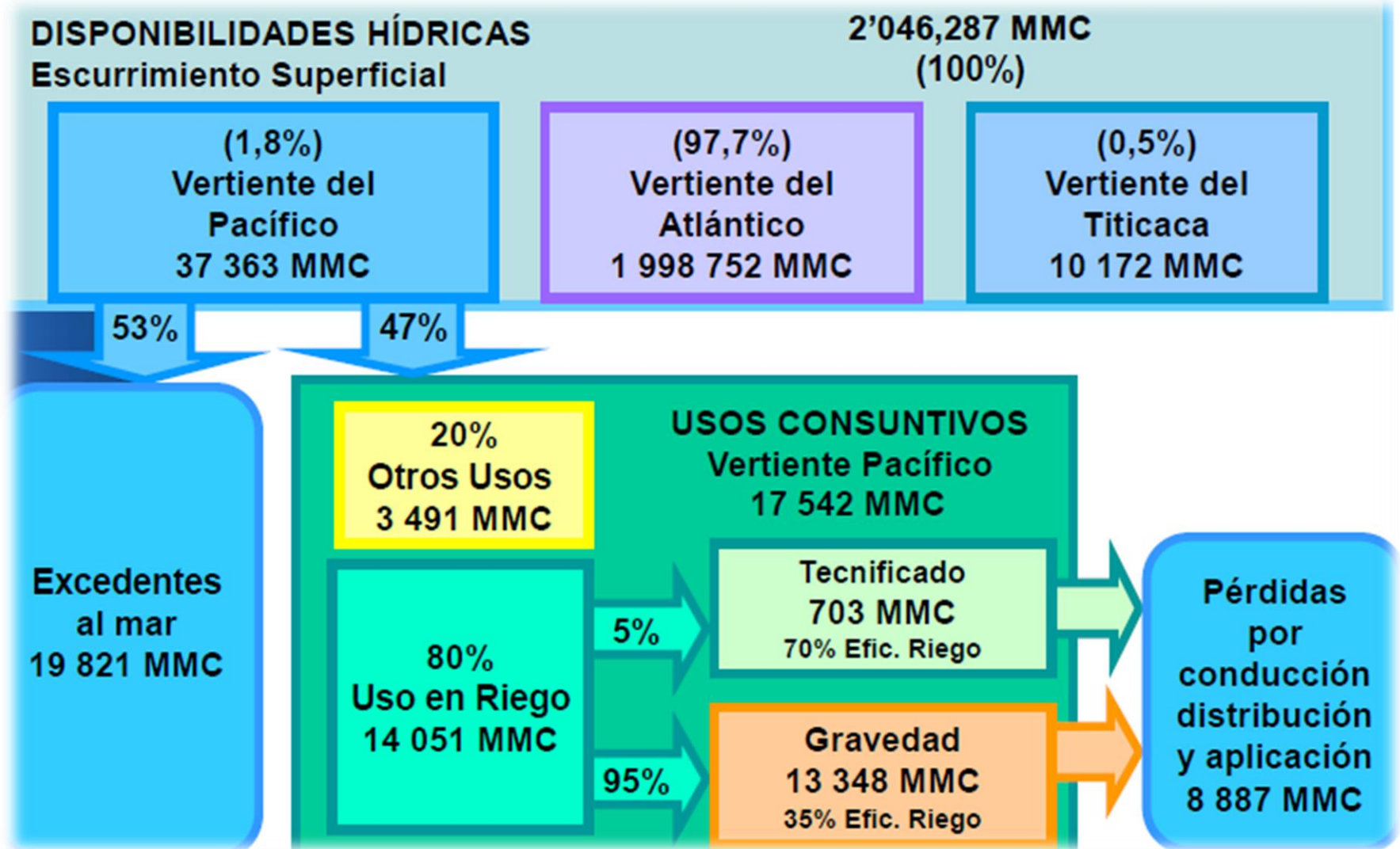
Vertiente	USO CONSUNTIVO								
	Población		Agrícola		Industrial		Minero		Total
Pacífico	2 086	12%	14 051	80%	1 103	6%	302	2%	17 542
Atlántico	345	14%	1 946	80%	49	2%	97	4%	2 437
Titicaca	27	30%	61	66%	3	3%	2	3%	93
Total	2 458	12%	16 058	80%	1 155	6%	401	2%	20 072



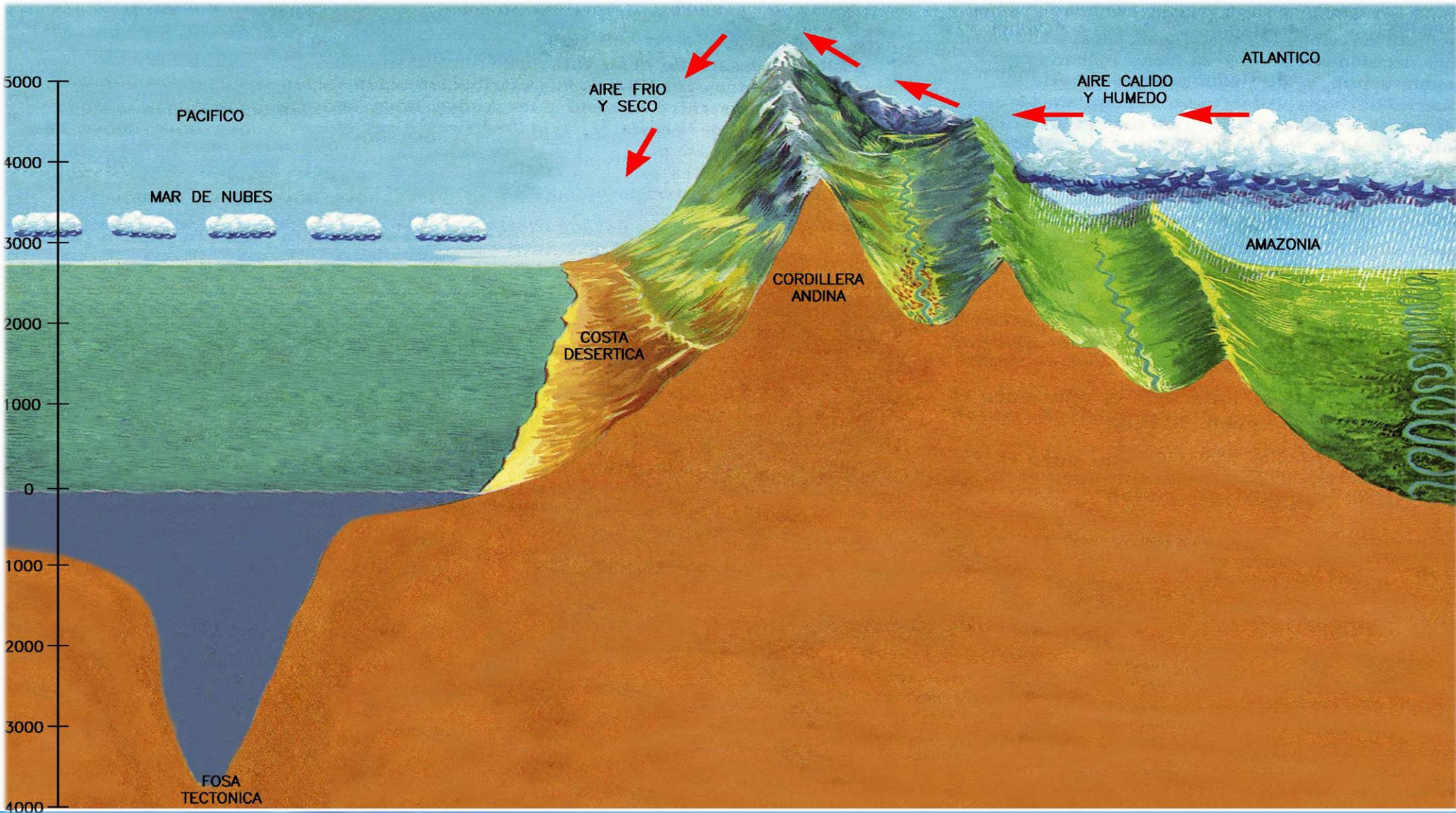
1500 MMC/Año es lo mínimo

**Agrícola
80%**

DISPONIBILIDAD HIDRICA

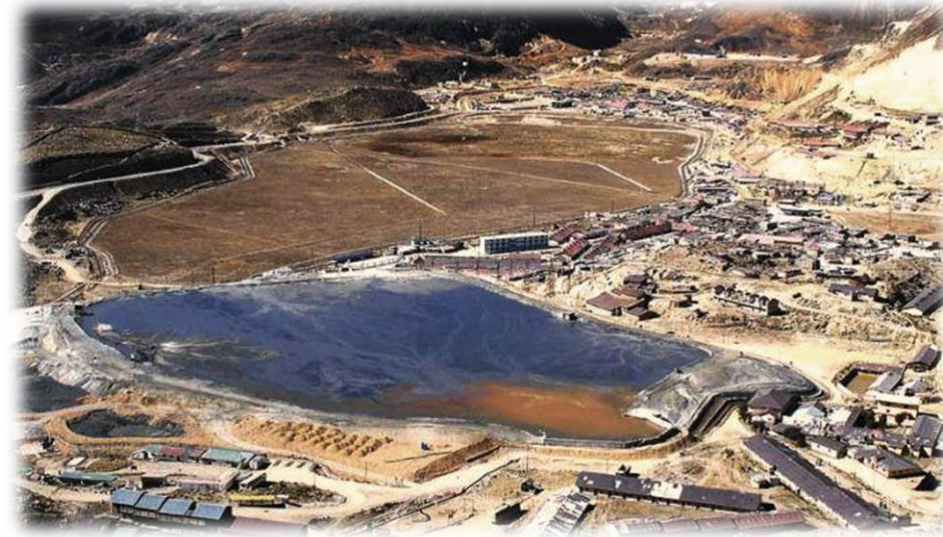
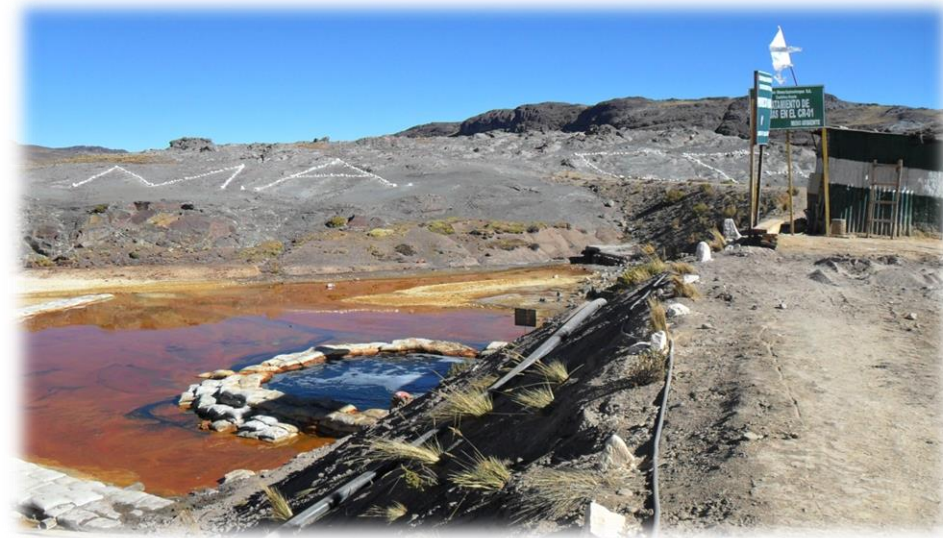


OROGRAFIA ANDINA



LA MINERIA ANTES DE LOS '90

- **Uso indiscriminado del agua**
- **Uso mínimo del agua subterránea**
- **Descarga de efluentes mineros y relave en ríos, lagos y mares**
- **Depredación de lagunas y bofedales**
- **Contaminación de cuerpos de agua**
- **Falta de medición en el uso del agua**
- **Ausencia de normas ambientales**
- **Modulo tradicional de uso del agua**
- **La ley de aguas**



FUENTES CONVENCIONALES DE ABASTECIMIENTO

Agua Superficial



Tradicionalmente se usaba agua de ríos y lagunas

Agua Subterránea



Se usaba solo en contados casos



QUE HEMOS HEREDADO?

- Pasivos ambientales: Actividades mineras del pasado abandonadas sin ningún tratamiento.
- Deterioro de la calidad del agua por causa de la minería antigua.
- Problemas Sociales: La población y otros usuarios del agua muy sensibilizados contra la actividad minera.



8616 PAM distribuidos
en **21** de regiones del país

2546 PAM de muy alto riesgo

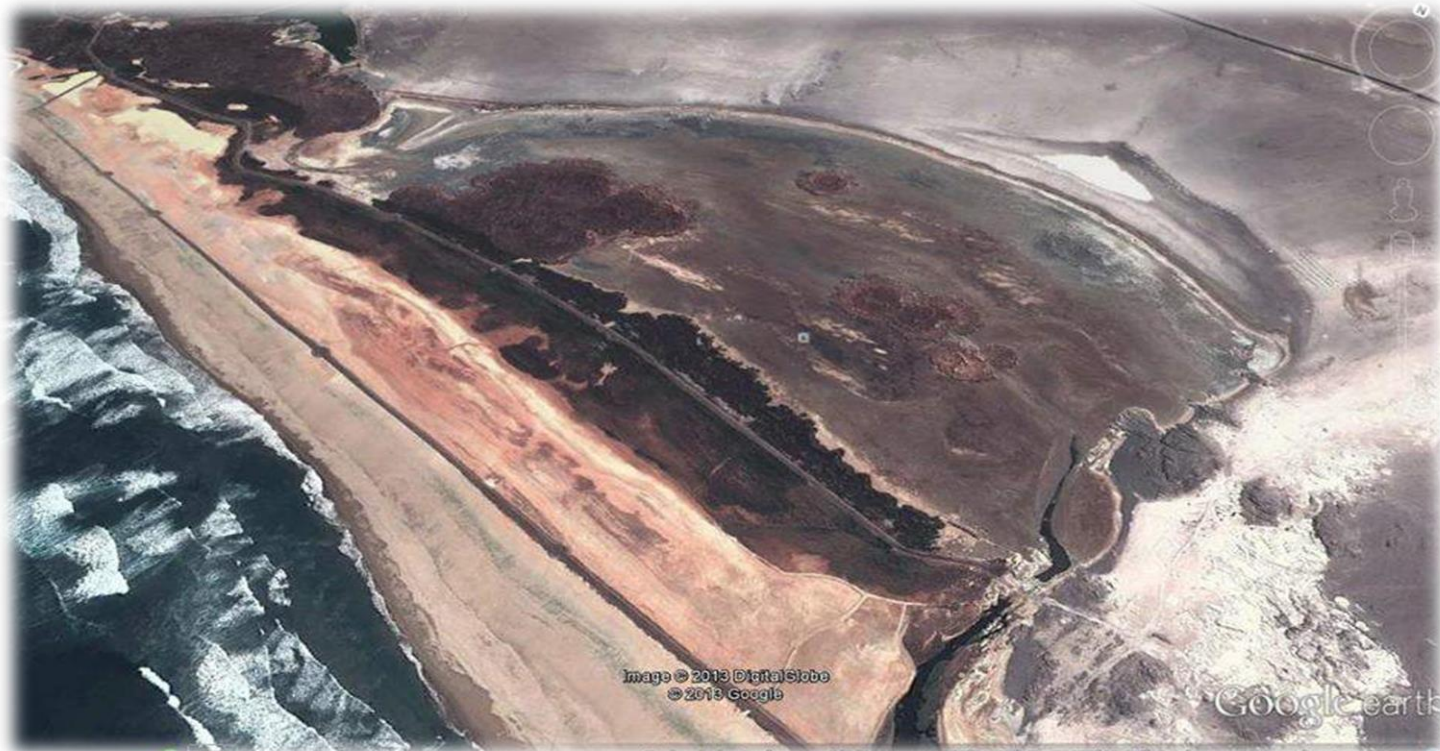
1735 PAM de alto riesgo

4 281 total de PAM de alto y
muy alto riesgo



DEMANDAS DE AGUA EN LA MINERÍA CONVENCIONAL

TAMAÑO OPERACIÓN	MINADO (%)	CONCENTRACIÓN (%)	POBLACIÓN (%)	RELACIÓN AGUA/MINERAL (m3/Ton)
Gran Minería (>15,000 tpd)	3	85	12	1.00
Mediana Minería (1,000 – 15,000 tpd)	14	59	27	3.70
Pequeña Minería (<1,000 tpd)	8	72	20	3.00



LA MINERÍA DESPUES DE LOS '90

IMPLEMENTACION PROGRESIVA DE NORMAS AMBIENTALES EN CADA UNA DE SUS ETAPAS



- EVAT
- PAMA
- EIA
- Cierre de minas
- Remediación de pasivos mineros

- LMP para efluentes
- ECA para cuerpos receptores
- Opinión social favorable
- Altas tasas por descarga de efluentes

USOS DEL AGUA EN LA MINERÍA



1. En exploraciones

- Perforaciones
- Disposición de lodos y descarga al medio ambiente
- Servicios

2. En mina

- A tajo abierto: Riego de caminos para reducir polvo
- Subterránea: Consumo reducido + Extracción de agua

3. En plantas concentradoras

- Flotación
- Reuso en el proceso

USOS DEL AGUA EN LA MINERÍA

4. Como medio de transporte
 - Mineroducto de concentrados o de minerales
 - Transporte de relaves
5. En hidrometalurgia
 - Lixiviación en pilas
 - Transporte de soluciones y procesamiento hidrometalúrgico (extracción por solventes)
6. Fines ambientales
 - Protección de la fauna y flora
7. En fundición y refinería
8. En campamentos
9. Otros fines poblacionales y apoyo social



FUENTES DE AGUA NO CONVENCIONALES

Recirculación: La mayoría de minas



**Uso del drenaje de mina :
Antapite, Iscaycruz, Pallancata,
Toromocho, Inmaculada, etc**



¿QUE HEMOS APRENDIDO ?



MANEJO EFICIENTE DEL AGUA



- Mala imagen de la minería
- Generación de fuentes de agua propias ... creatividad
- Mayor uso del agua subterránea
- Uso del agua de mar
- Separación de aguas
- Recirculación y descarga cero
- Tratamiento de efluentes
- Contribución a las comunidades
- ECAs más exigentes
- Modelación de acuíferos

FUENTES DE AGUA NO CONVENCIONALES

Desalinización: Ilo, Marcona, Cerro Lindo, Bayoyar ...Tía María, Pampa de Pongo



Lluvias: Antamina, Cerro Corona, Tambomayo, etc



Agua Atmosférica (??)



Hydro-Geo

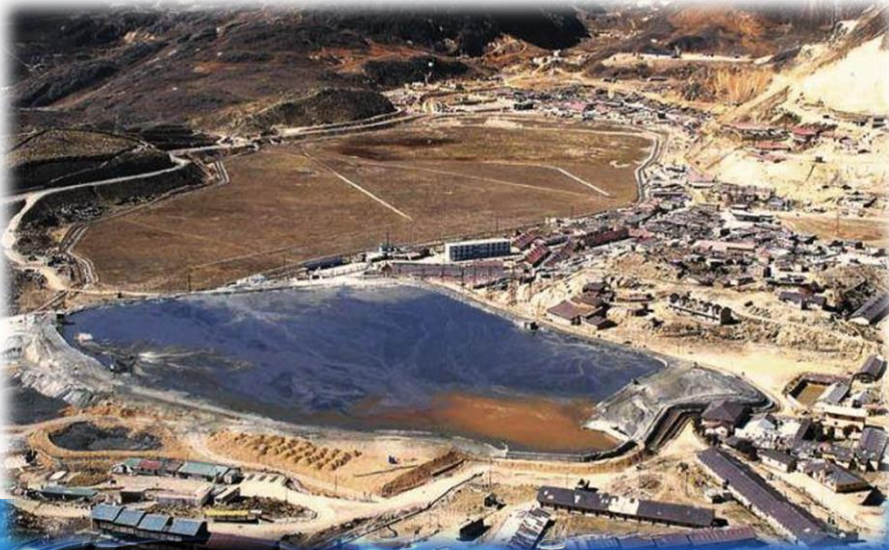
IMPACTOS TÍPICOS DE LA MINERÍA SOBRE EL AGUA



- Descenso de la napa
- Alteración de manantiales y humedales (bofedales)
- Reducción del caudal base en ríos y arroyos
- Cambios en dirección de flujo y calidad del agua
- Generación de aguas ácidas y transporte de metales pesados
- Contaminación de ríos, lagos y acuíferos



PREVENCION DEL DRENAJE ACIDO EN MINAS

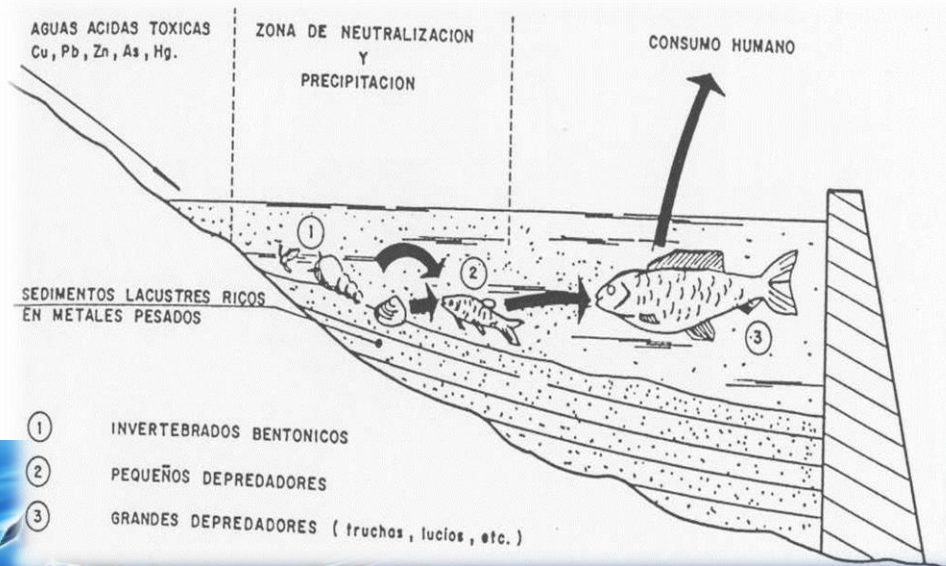


- Reducción de la infiltración de agua desde superficie
- Intercepción de aguas subterráneas
- Sellado de grietas y sondajes
- Separación de aguas ácidas y neutras
- Separación de aguas de contacto y no contacto
- Instalación de sistemas de drenaje
- Clausura de bocaminas y galerías, cierre e inundación de minas

IMPACTOS GENERADOS POR LAS AGUAS ACIDAS



- Contaminación de aguas superficiales y subterráneas
- Alteración estética y recreacional del sistema fluvial
- Deterioro de suelos y humedades (bofedales)
- Envenenamiento lento de lagos y océanos
- Degradación del ecosistema



VERTIMIENTO RESPONSABLE DEL AGUA EN LA MINERÍA

1 Agua Entrante

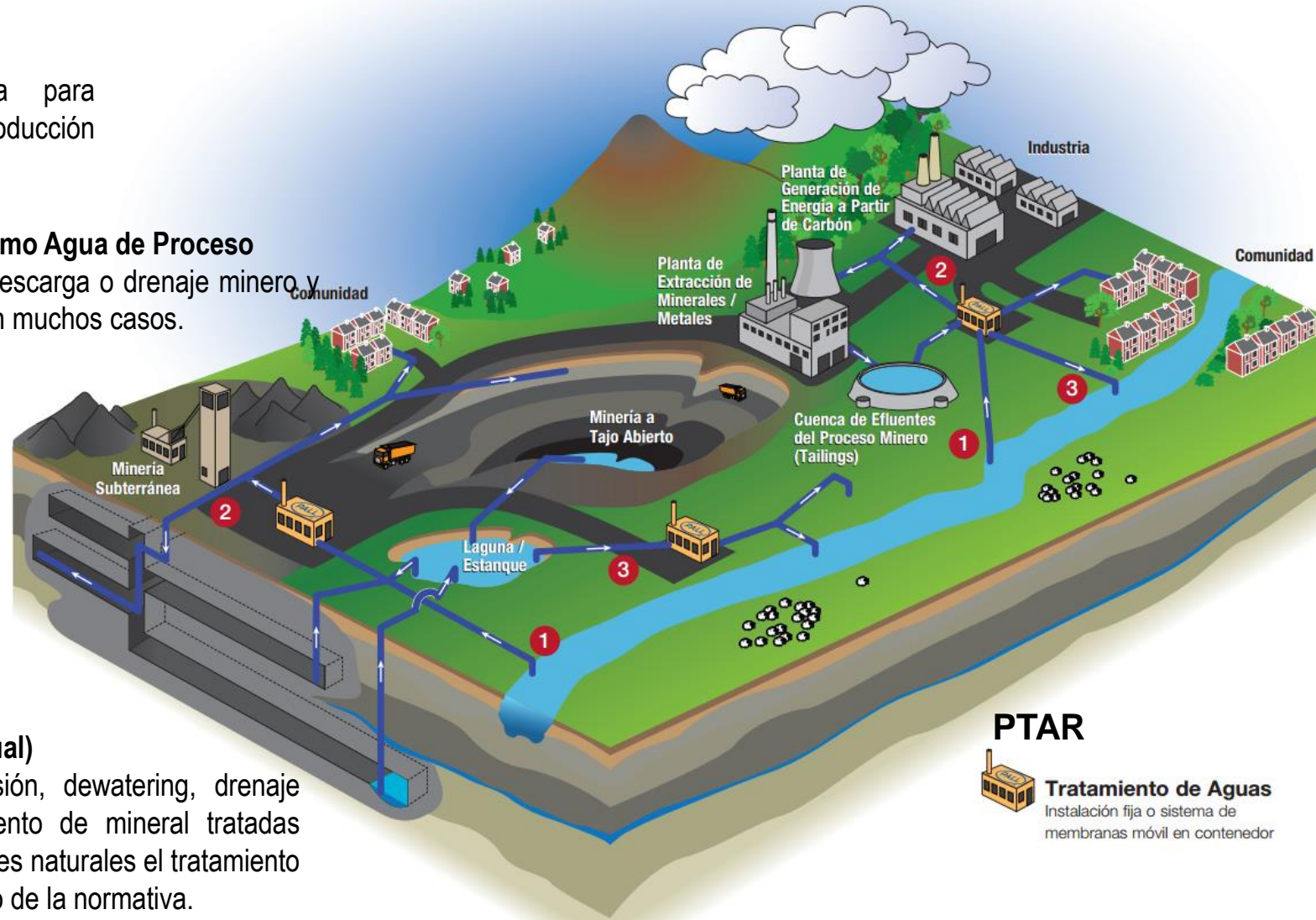
Agua de entrada utilizada para procesamiento de mineral/producción de metal, uso potable.

2 Agua Reciclada para uso como Agua de Proceso

Agua de proceso del agua de descarga o drenaje minero y reciclado de vuelta al proceso en muchos casos.

3 Agua de Descarga (Residual)

Agua de formación, intromisión, dewatering, drenaje minero, agua de procesamiento de mineral tratadas para reuso o descarga a fuentes naturales el tratamiento debe asegurar el cumplimiento de la normativa.



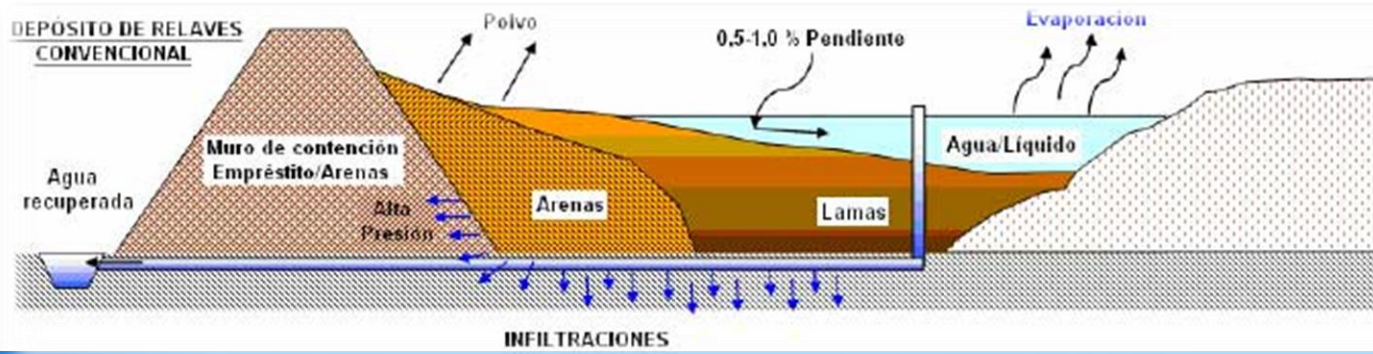
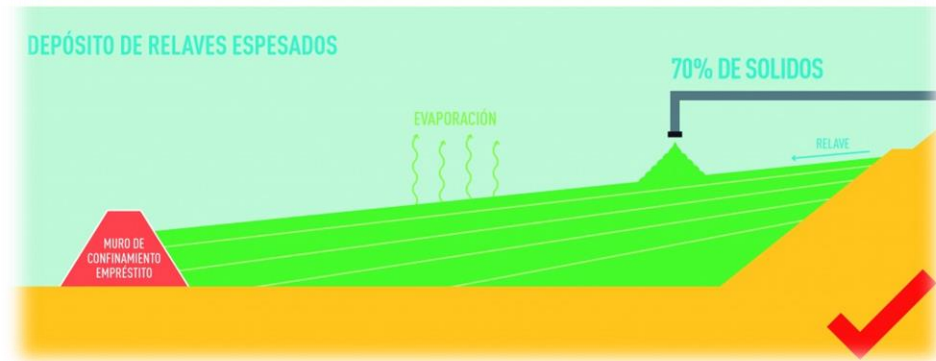
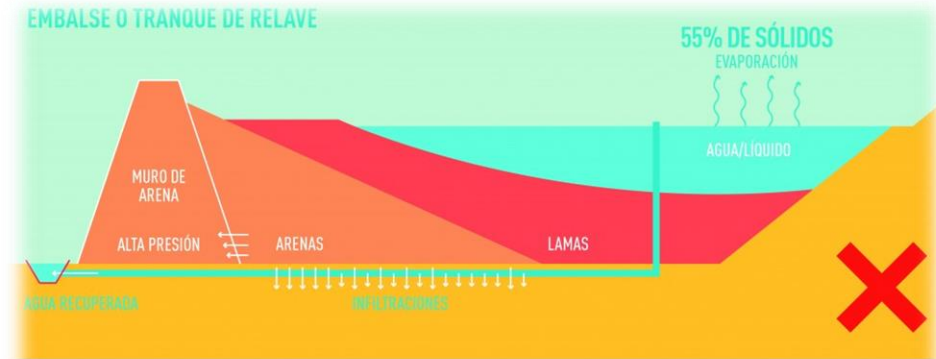
PTAR



Tratamiento de Aguas
Instalación fija o sistema de membranas móvil en contenedor

DEMANDA ACTUAL DEL AGUA EN LA MINERÍA

PROCESO METALÚRGICO		RELACIÓN AGUA/MINERAL (m ³ /Ton)
Flotación	Relave Convencional	0.6-0.8
	Relave en Pasta	0.4-0.5
Lixiviación en Pilas		0.3-0.4

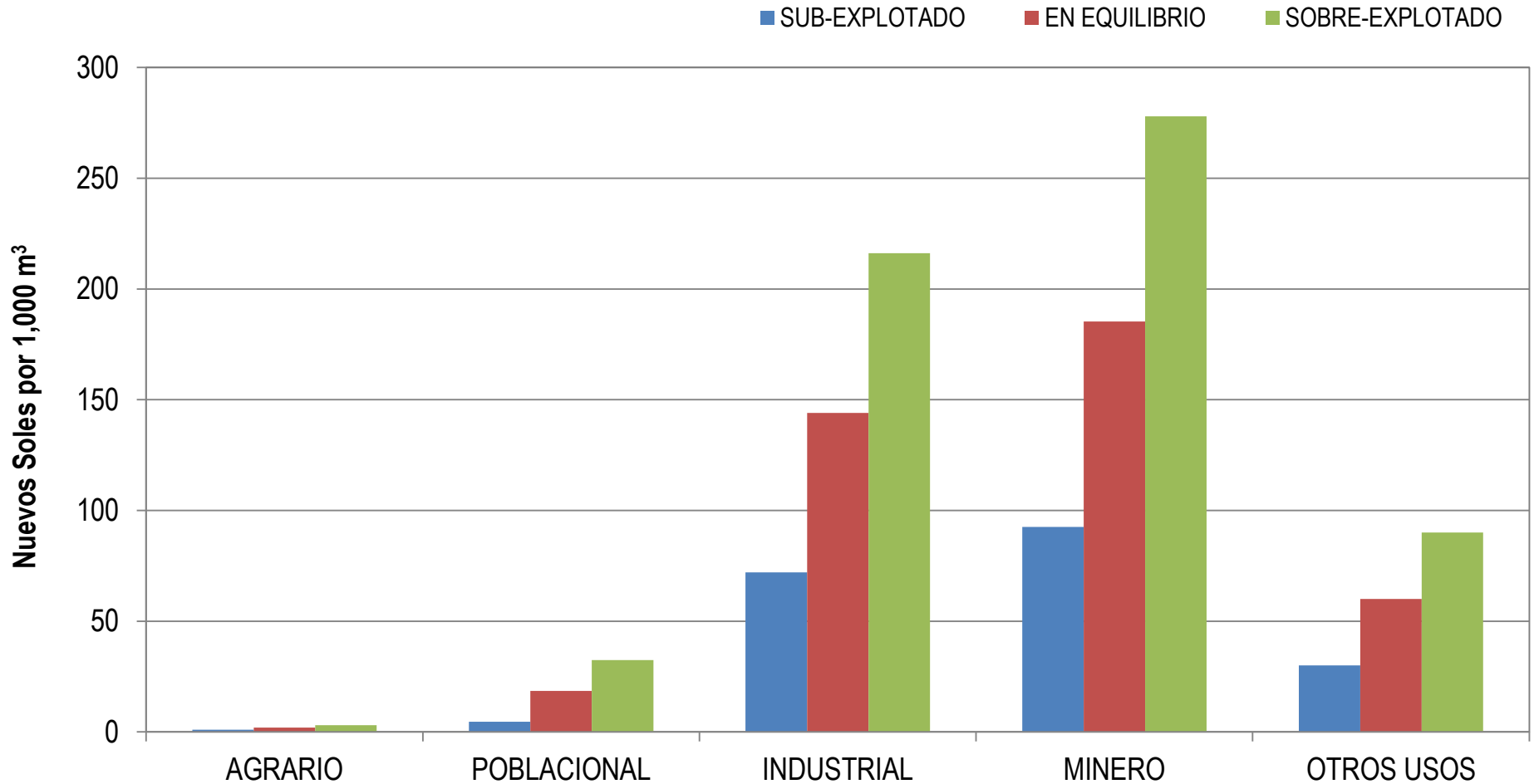


APORTE HIDRICO DE LA MINERIA

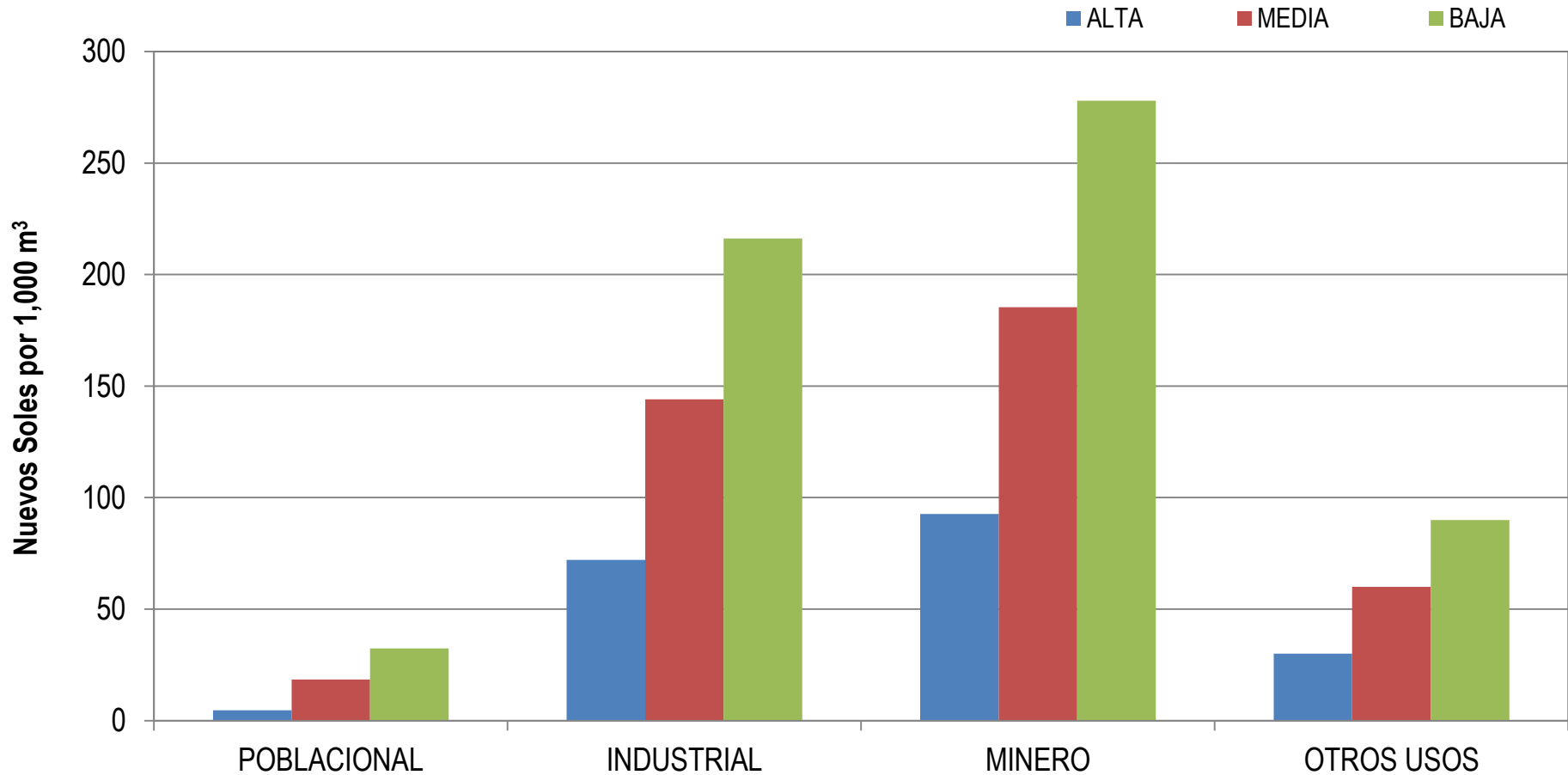
- Túnel Graton aporta el 25% de agua a Lima
- Reservorio San José para Cajamarca.
- Túneles Nevejans, Victoria, Kingsmill luego de tratamiento aportan agua limpia al valle Mantaro.
- Almacenamiento de lluvias en represa Pillones, potabilización y tratamiento de aguas servidas del río Chili.



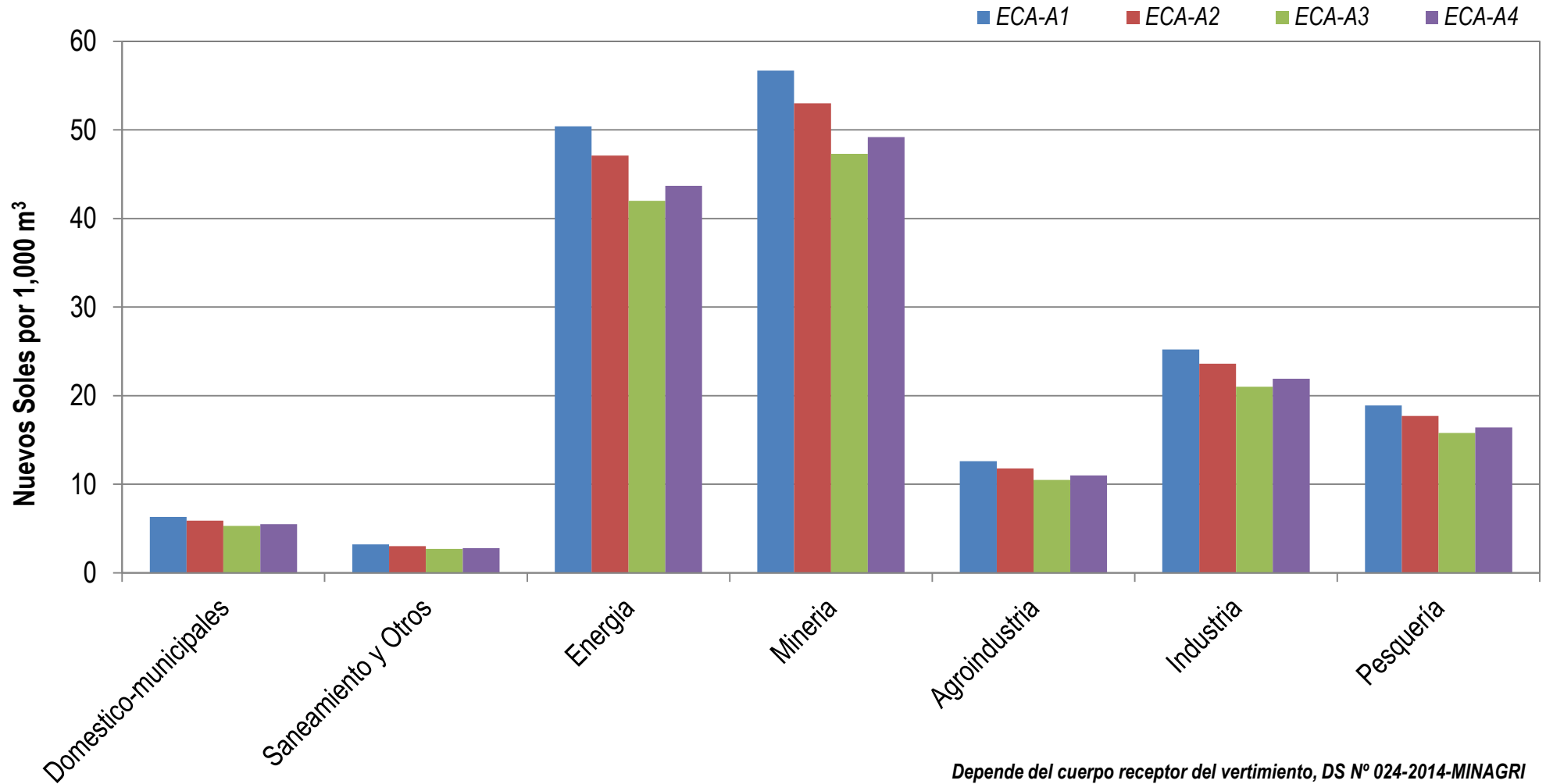
RETRIBUCION ECONOMICA DEL USO DEL AGUA SUBTERRANEA



RETRIBUCION ECONOMICA DEL USO DEL AGUA SUPERFICIAL

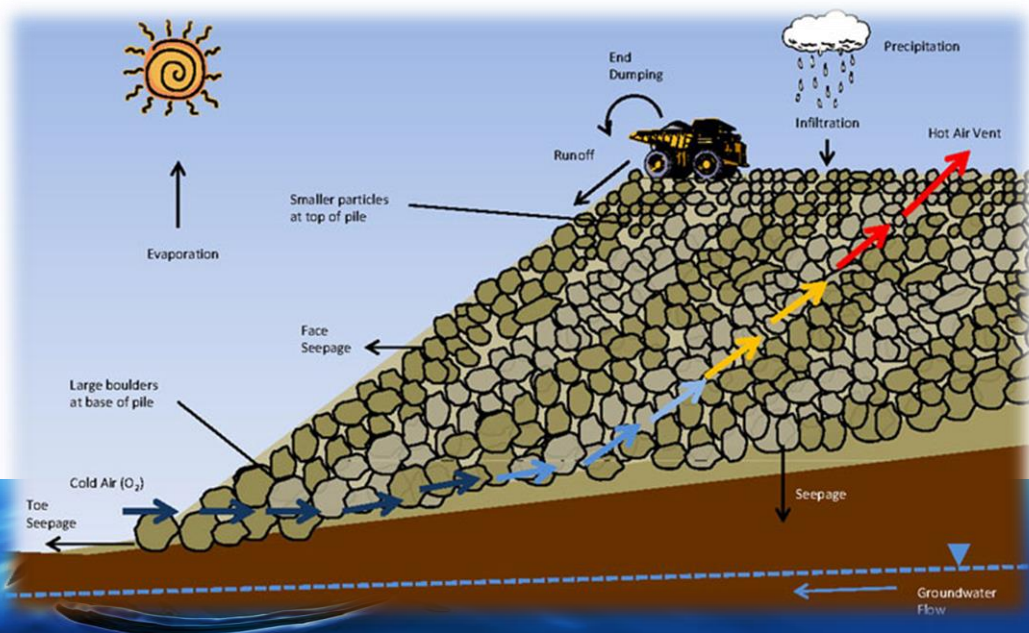
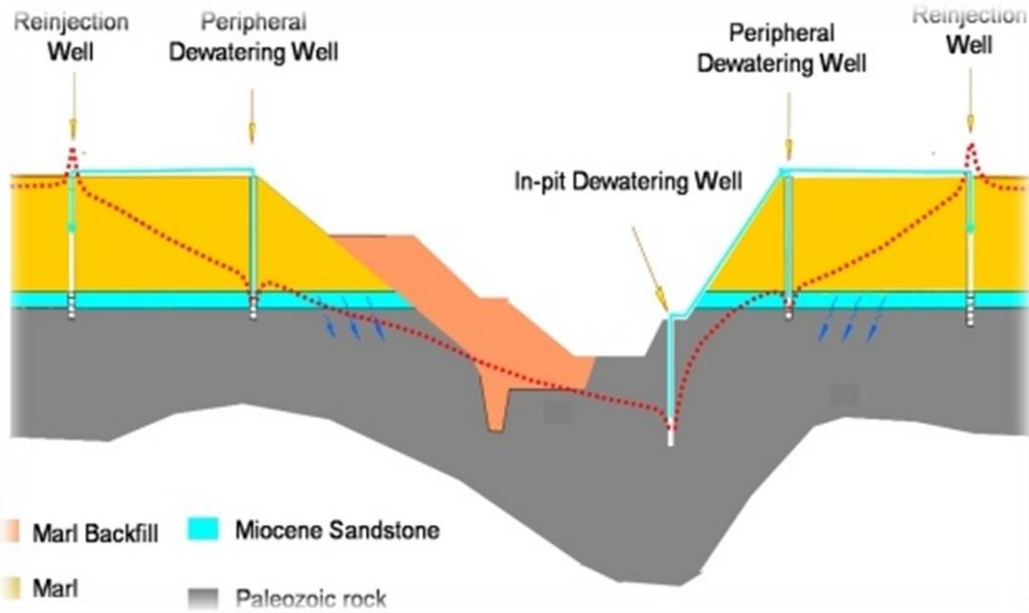


RETRIBUCION ECONOMICA POR VERTIMIENTO DE AGUA RESIDUAL TRATADA



Depende del cuerpo receptor del vertimiento, DS N° 024-2014-MINAGRI

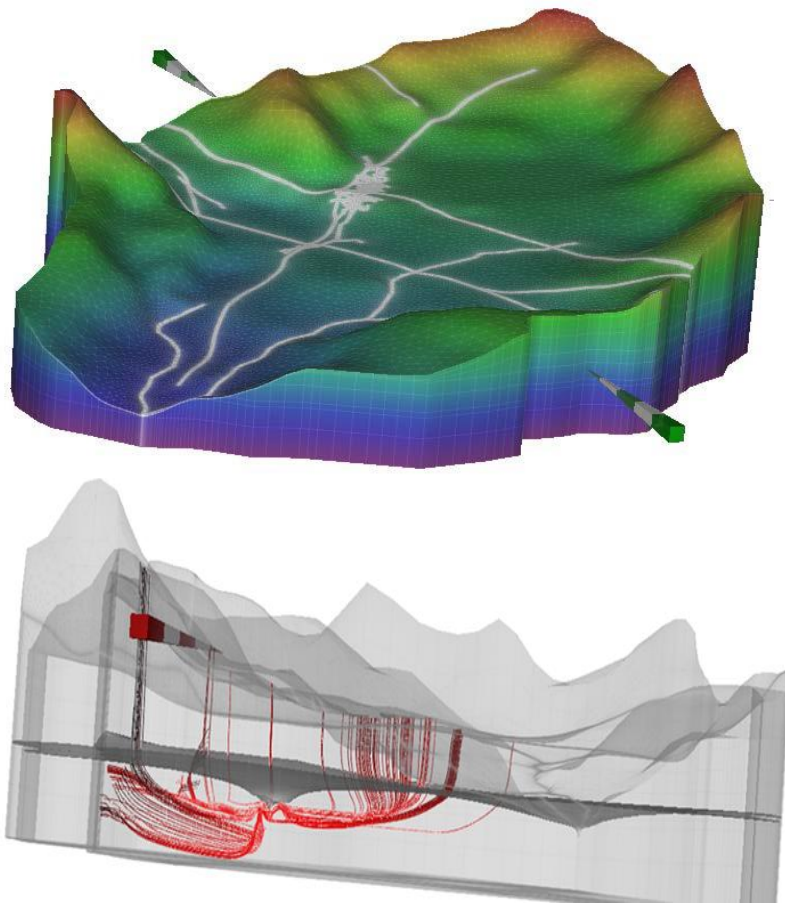
ESTUDIOS HIDROGEOLOGICOS EN MINERIA



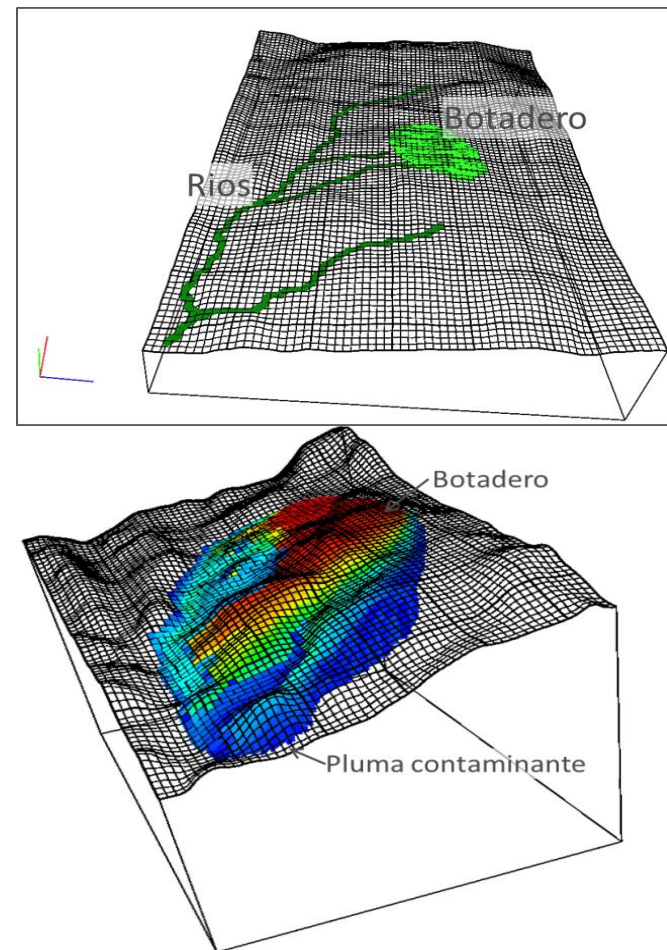
- De línea base
- Para determinar impactos
- Para acompañar o sustentar EIAs de proyectos nuevos
- Para planear cierre de minas
- Para ampliar o construir nuevos componentes
- Para cuantificar el drenaje
- Para integrar todos los componentes,
- Con modelación numérica de acuíferos fisurados
- Para cerrar minas y componentes

MODELACIÓN DE ACUÍFEROS Y TRANSPORTE DE CONTAMINANTES

Modelación de medios Fisurados



Transportes de contaminantes



¿ QUE MAS PODEMOS HACER ?

MEJORAS EN EL MANEJO DEL AGUA



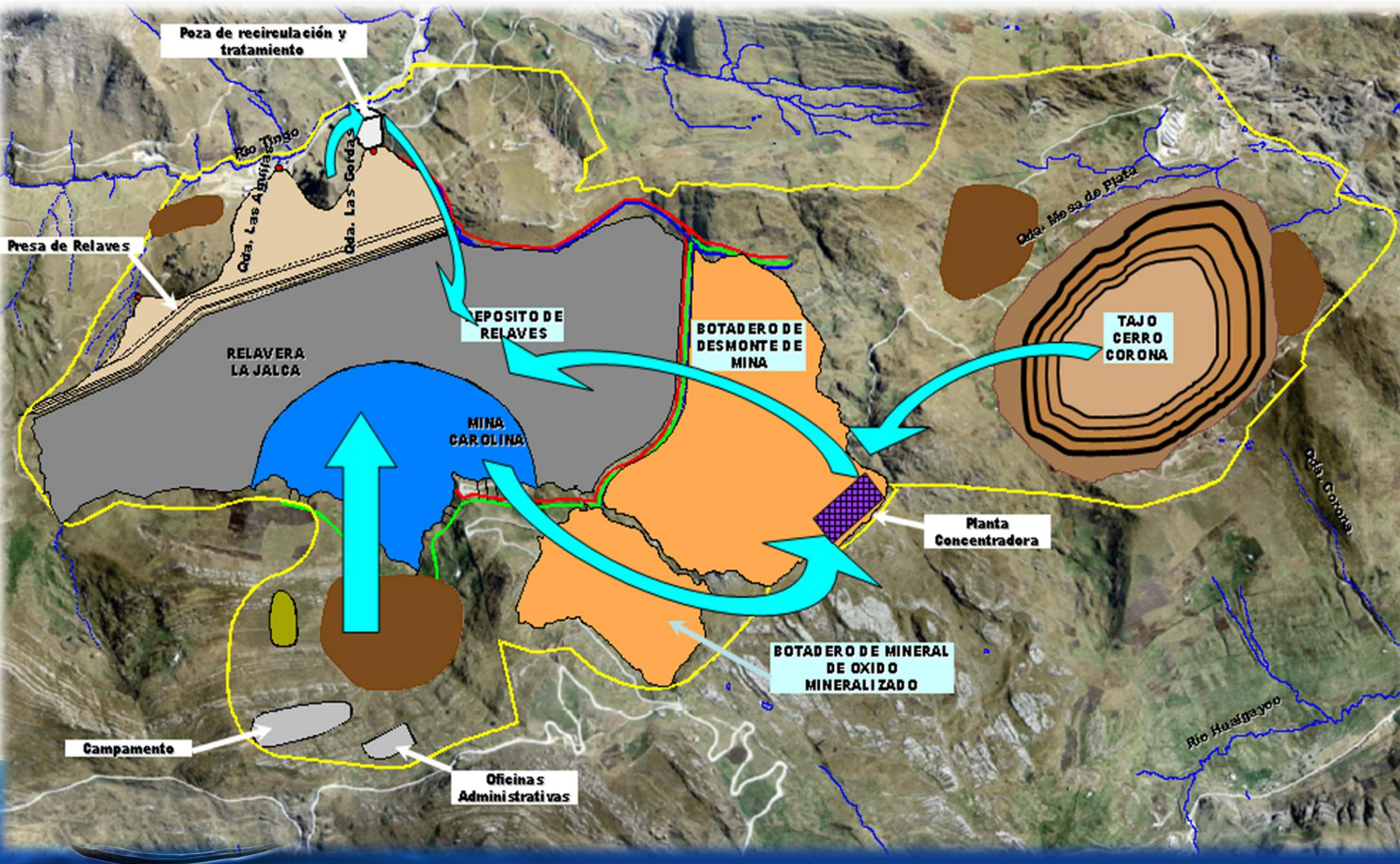
- **Sistemas de medición**
- **Esfuerzos para aplicar e importar tecnología**
- **Reducción de la huella hídrica**
- **Crear mas conciencia**
- **Erradicar el paternalismo, subsidio**
- **Seriedad por mejor aplicar las leyes**
- **Crear base de datos sistematizada**
- **Balance iónico**
- **Fiscalización**



EJEMPLOS DE BUENA GESTION DEL AGUA



GESTION DEL AGUA EN CERRO CORONA

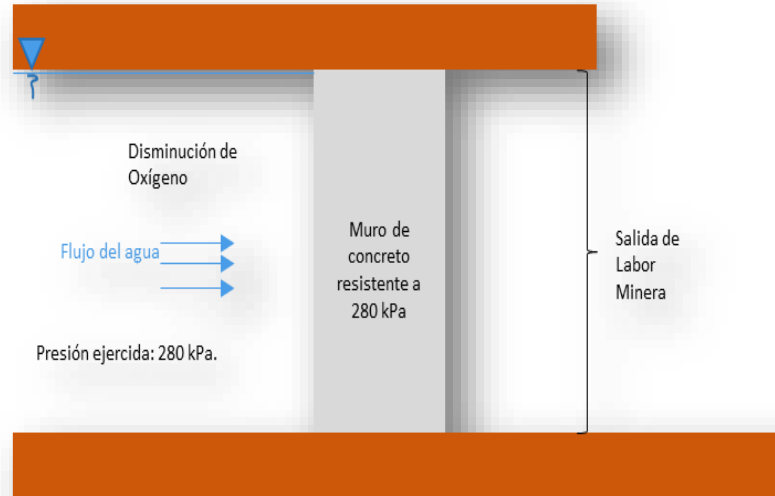


PLAN DE MANEJO DE AGUA PARA CERRA LA MINA MARTA

Bocamina 415



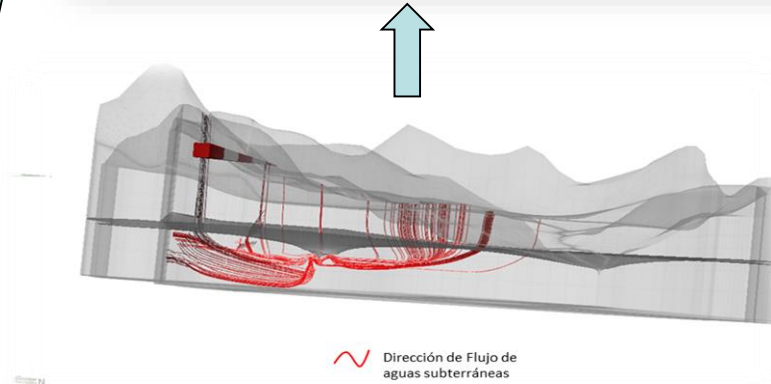
Tapones en las bocaminas 415 y 450



No mas tratamiento a los efluentes de mina



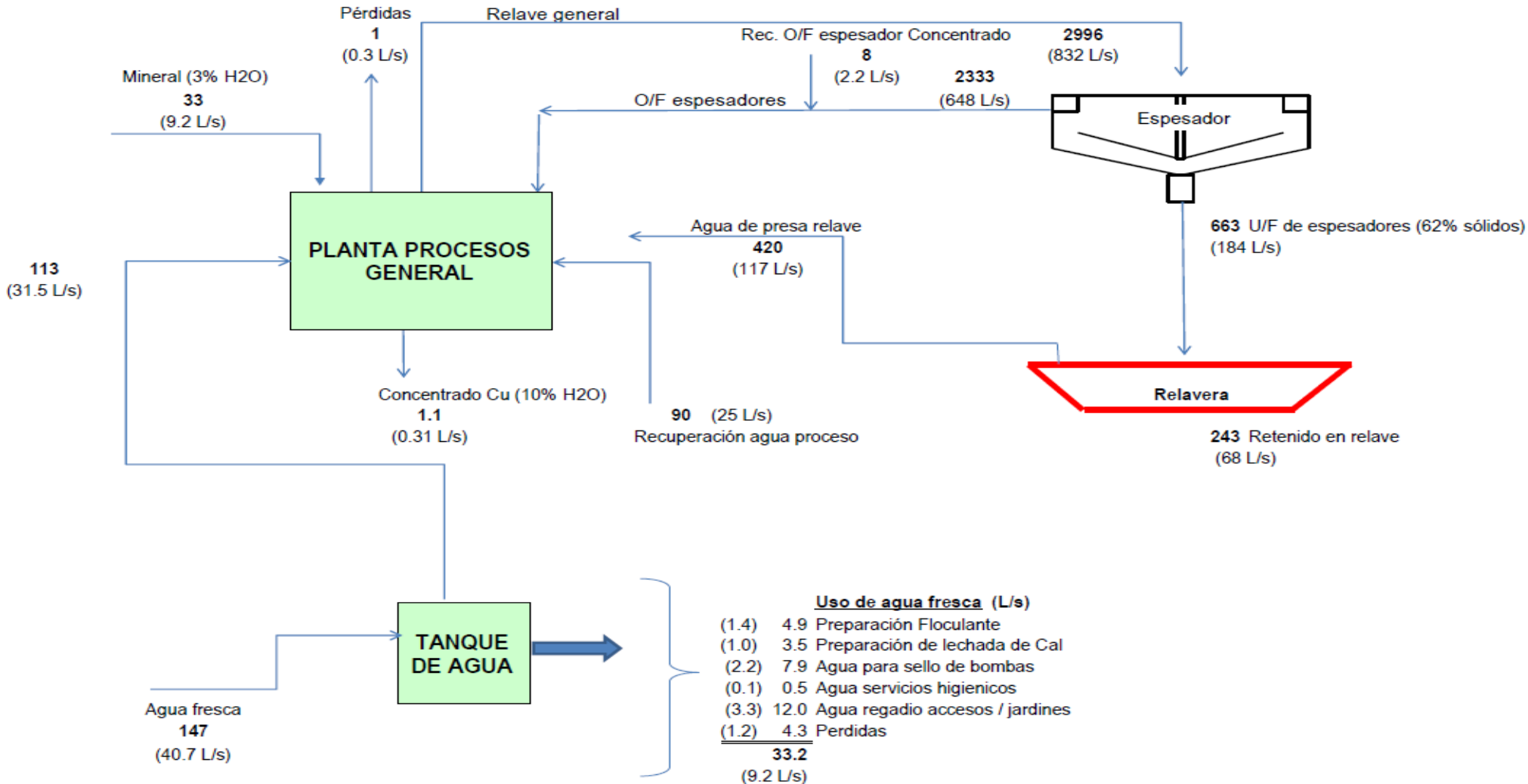
Bocamina 450



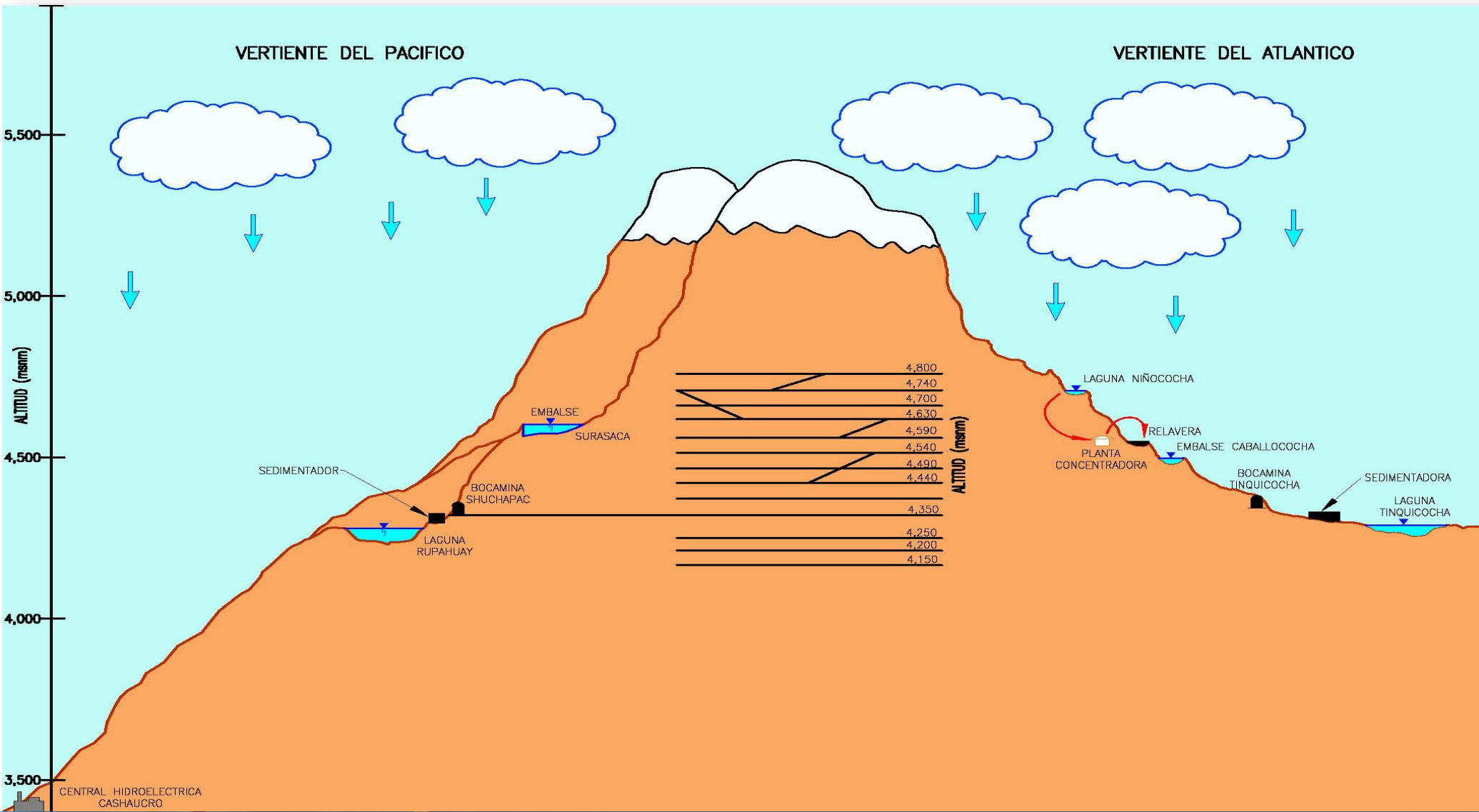
Modelación Numérica

BALANCE DE AGUA EN LA ARENA (DESCARGA CERO)

Nota: Cantidades es m3/h y cuadal en L/s



MANEJO DE AGUA EN LA MINA RAURA



MANEJO DEL AGUA EN YANACOCHA

Setiembre 2006

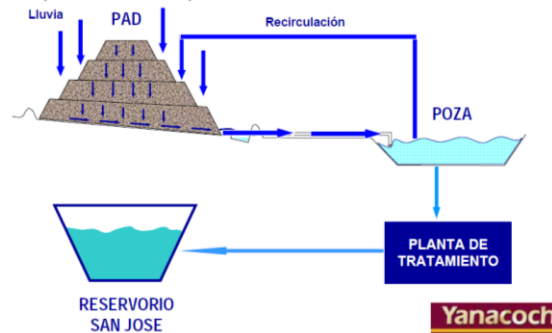
Proceso Productivo



Setiembre 2006

GESTIÓN DEL AGUA – Cantidad de Agua

3.- Almacenamiento de agua durante la época de lluvias
 Yanacocha almacena agua de lluvia durante la época de lluvias para usarla en la época seca.



Yanacocha

Calidad de agua

- ✓ Yanacocha tiene sistemas efectivos para el control de la calidad del agua
- ✓ Resultados indican que el agua es de buena calidad según programas de monitoreo participativo y auditorias independientes

Conclusiones cantidad de agua

- ✓ Yanacocha maneja cantidades significativas de agua, mas no consume cantidades significativas de agua.
- ✓ Yanacocha ha desarrollado planes de mitigación y realiza monitoreos para asegurar que el agua disponible aguas abajo no se vea reducida (principalmente en la época seca)
- ✓ Yanacocha almacena agua de lluvia durante la época de lluvias para usarla en la época seca

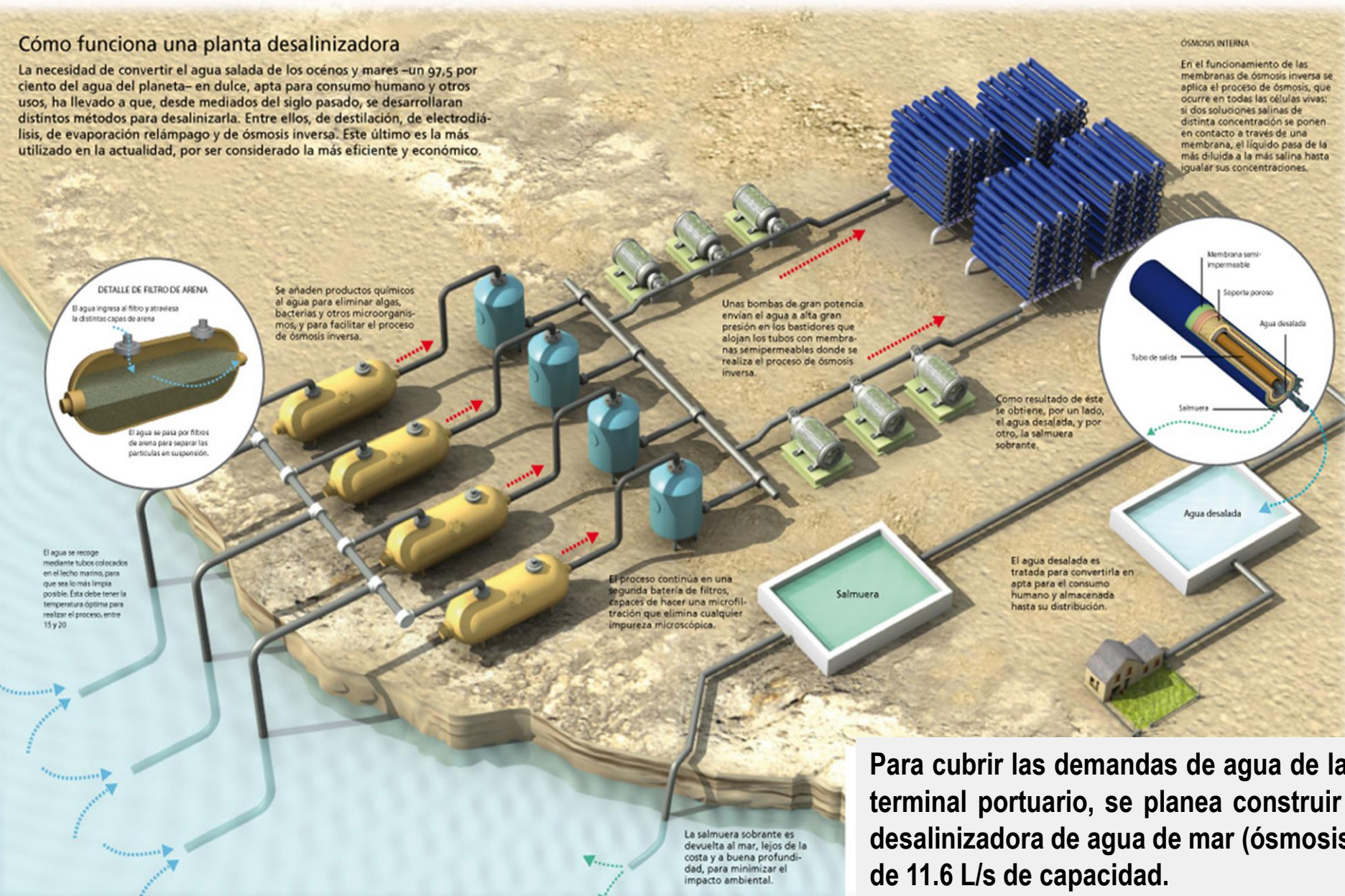
Yanacocha



AGUA PARA EL PROYECTO PAMPA DE PONGO

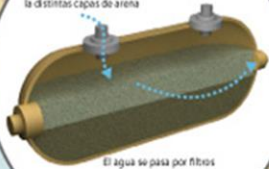
Cómo funciona una planta desalinizadora

La necesidad de convertir el agua salada de los océanos y mares –un 97,5 por ciento del agua del planeta– en dulce, apta para consumo humano y otros usos, ha llevado a que, desde mediados del siglo pasado, se desarrollaran distintos métodos para desalinizarla. Entre ellos, de destilación, de electrodiálisis, de evaporación relámpago y de ósmosis inversa. Este último es la más utilizado en la actualidad, por ser considerado la más eficiente y económico.



DETALLE DE FILTRO DE ARENA

El agua ingresa al filtro y atraviesa la distintas capas de arena



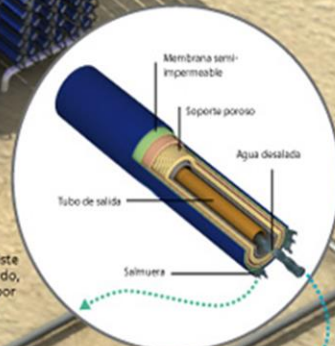
El agua se pasa por filtros de arena para separar las partículas en suspensión.

Se añaden productos químicos al agua para eliminar algas, bacterias y otros microorganismos, y para facilitar el proceso de ósmosis inversa.

Unas bombas de gran potencia envían el agua a alta gran presión en los bastidores que alojan los tubos con membranas semipermeables donde se realiza el proceso de ósmosis inversa.

ÓSMOSIS INTERNA

En el funcionamiento de las membranas de ósmosis inversa se aplica el proceso de ósmosis, que ocurre en todas las células vivas: si dos soluciones salinas de distinta concentración se ponen en contacto a través de una membrana, el líquido pasa de la más diluida a la más salina hasta igualar sus concentraciones.



Como resultado de este se obtiene, por un lado, el agua desalada, y por otro, la salmuera sobrante.

El agua se recoge mediante tubos colocados en el lecho marino, para que sea lo más limpia posible. Ésta debe tener la temperatura óptima para realizar el proceso, entre 15 y 20

El proceso continúa en una segunda batería de filtros, capaces de hacer una microfiltración que elimina cualquier impureza microscópica.

El agua desalada es tratada para convertirla en apta para el consumo humano y almacenada hasta su distribución.

La salmuera sobrante es devuelta al mar, lejos de la costa y a buena profundidad, para minimizar el impacto ambiental.

Para cubrir las demandas de agua de la mina y del terminal portuario, se planea construir una planta desalinizadora de agua de mar (ósmosis inversa), de 11.6 L/s de capacidad.

AGUA PARA EL PROYECTO QUELLAVECO



MUCHAS GRACIAS...

JORGE TOVAR P.

AV. PASEO DE LA REPUBLICA 3565, OFICINA 1001,
SAN ISIDRO, LIMA-PERÚ
TELEF: 511-719-7679

jtovar@hydrogeo.com.pe

www.hydrogeo.com.pe

Hydro-Geo