

# GESTION DE LA CALIDAD DEL AGUA EN MINERA YANACOCHA



**Wilder Raúl Sánchez Navarro**  
**Minera Yanacocha SRL**  
**Marzo 2016**

**Yanacocha**

# Contenido

- Generalidades
- Manejo Integral de Aguas
- Balance de Aguas
- Procesos de Tratamiento de Agua
  - Tratamiento de agua acida
  - Tratamiento de agua de excesos
  - Desarrollo de nuevas tecnologías
- Control de Erosión y Sedimentos
- Monitoreo de Calidad de Agua
- Usos del Agua

# Generalidades

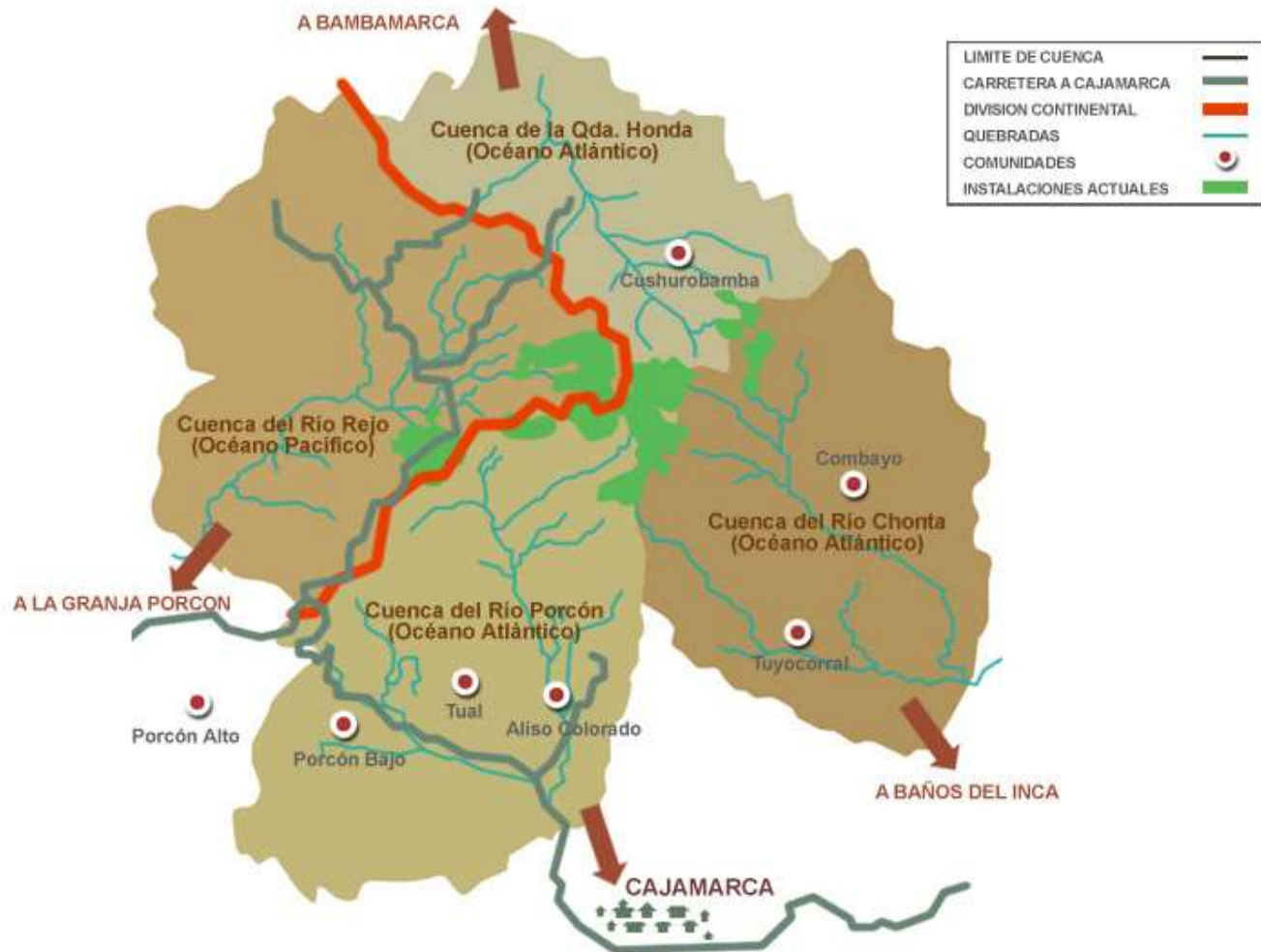
- Descubierta en 1985.
- Inicio de producción en 1993.
- Accionistas:
  - Newmont (51.35%)
  - Buenaventura (43.65%)
  - IFC (5%)





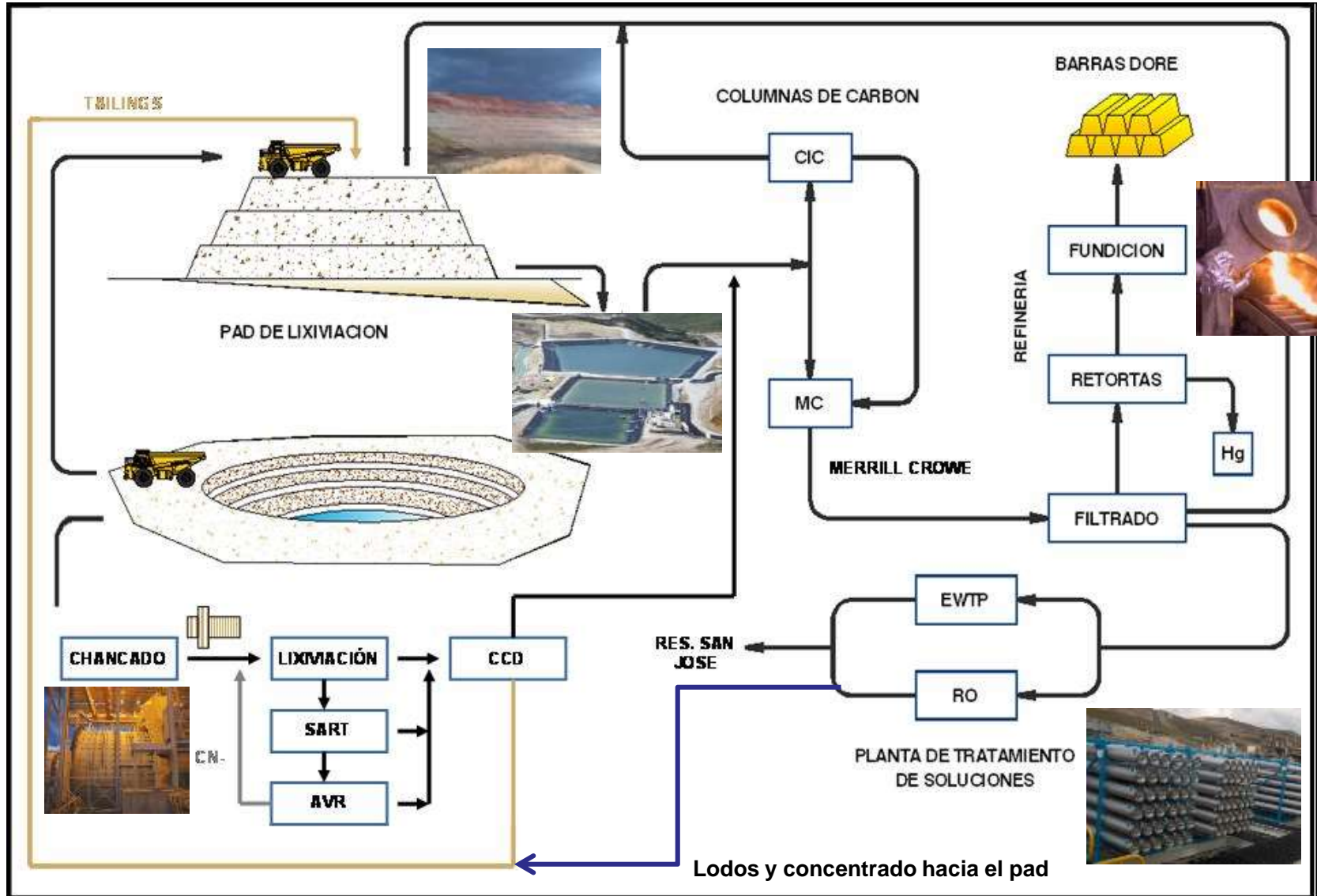
# Generalidades

Yanacocha y su entorno:



# Generalidades

Proceso Productivo:



# Manejo Integral de Aguas en Yanacocha

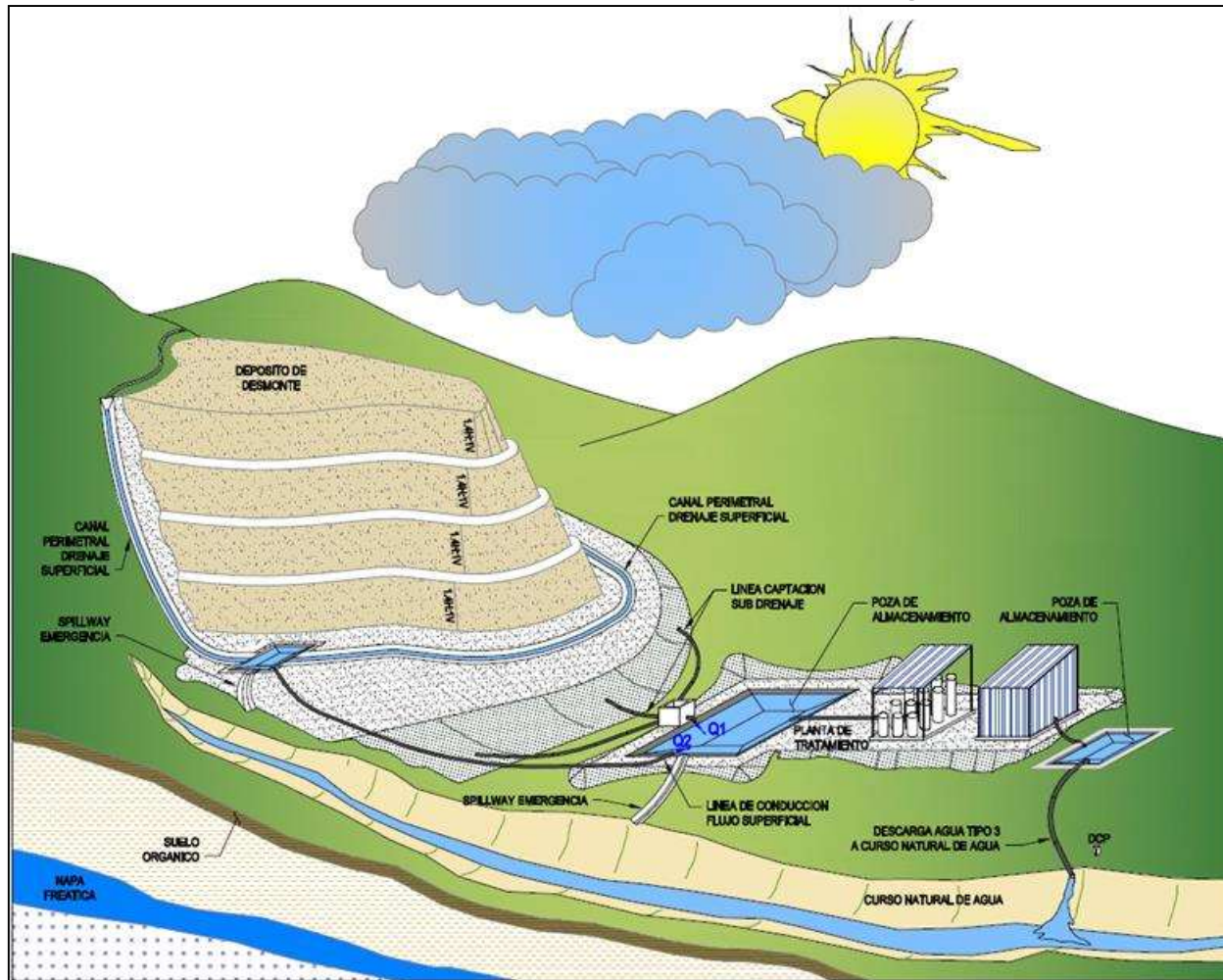
Esquema General:



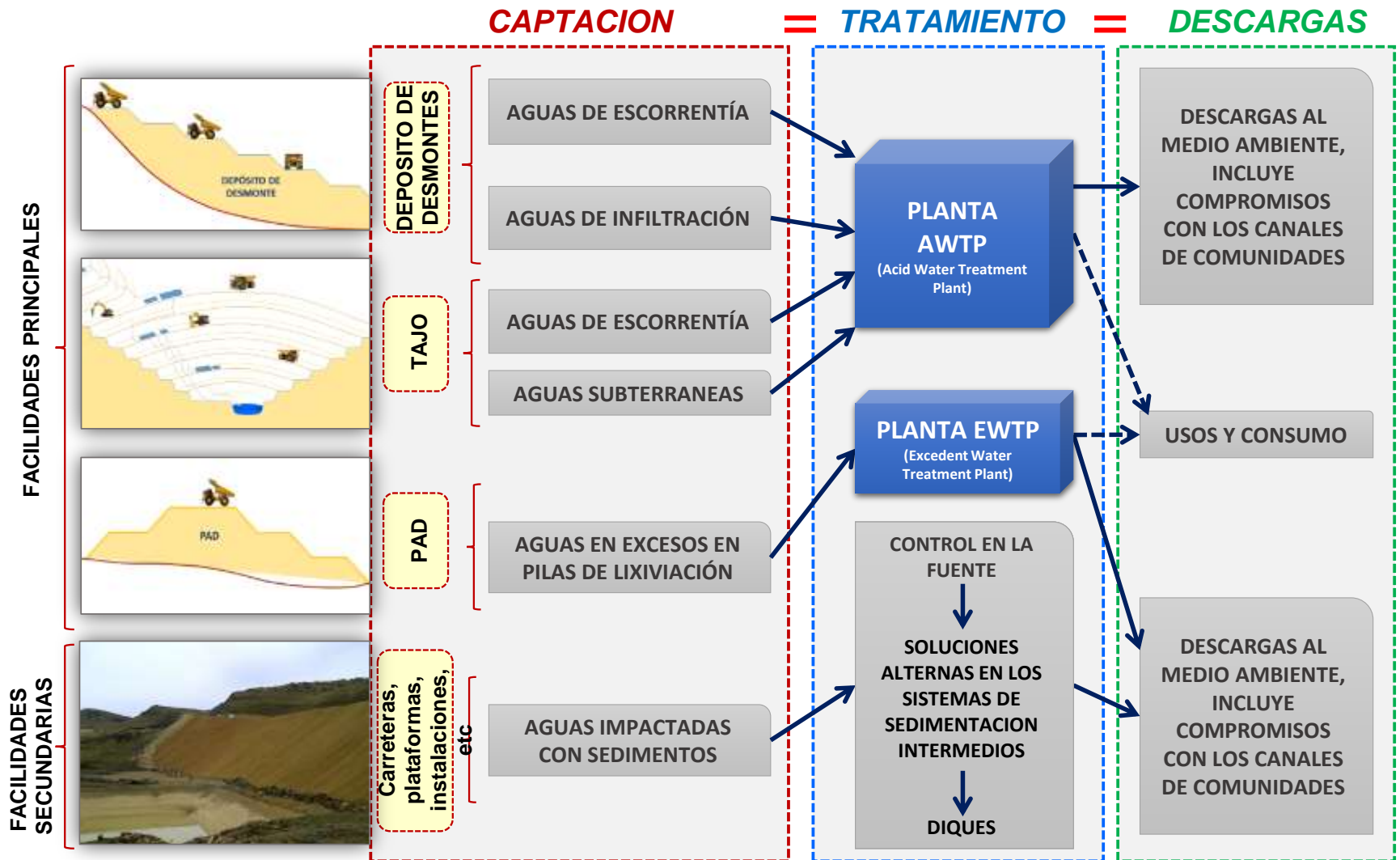
El manejo integral de las aguas en la minería sigue el esquema general de cualquier sistema abastecimiento

# Manejo Integral de Aguas en Yanacochoa

Sistema de Captación – Tratamiento y Descarga:



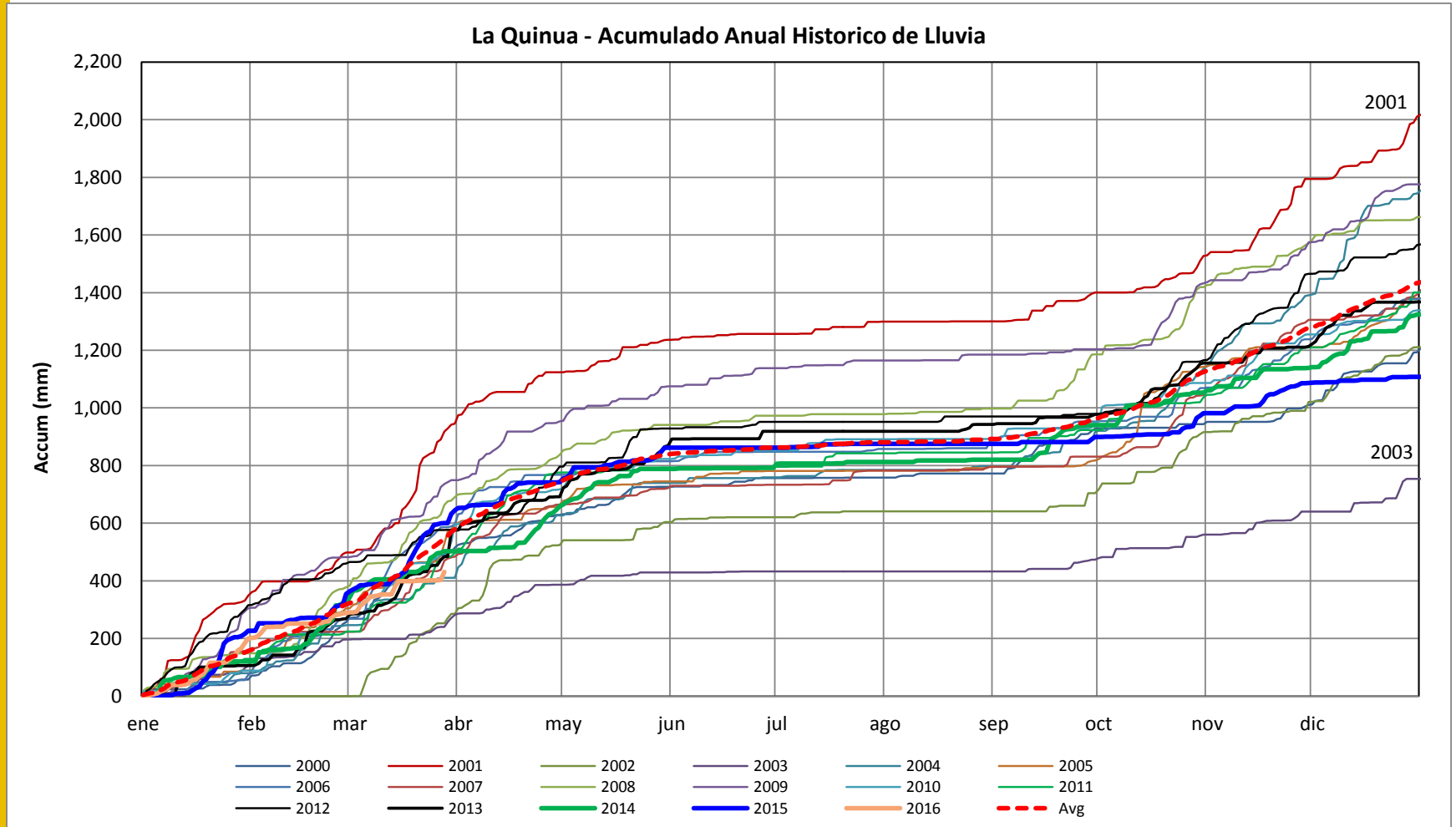
# Manejo Integral de Aguas en Yanacocha





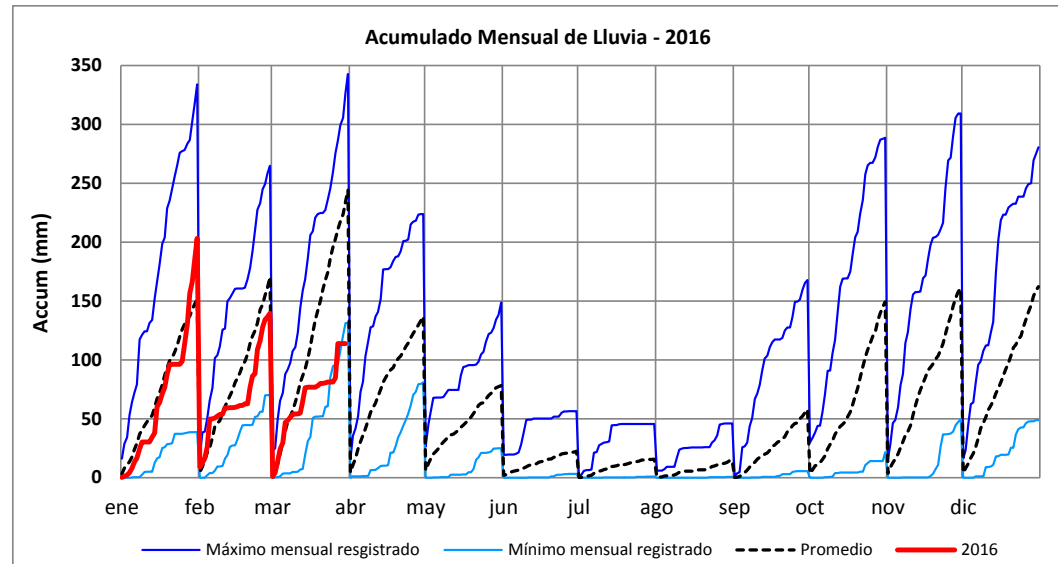
# Balance de Aguas

## Precipitación Histórica:

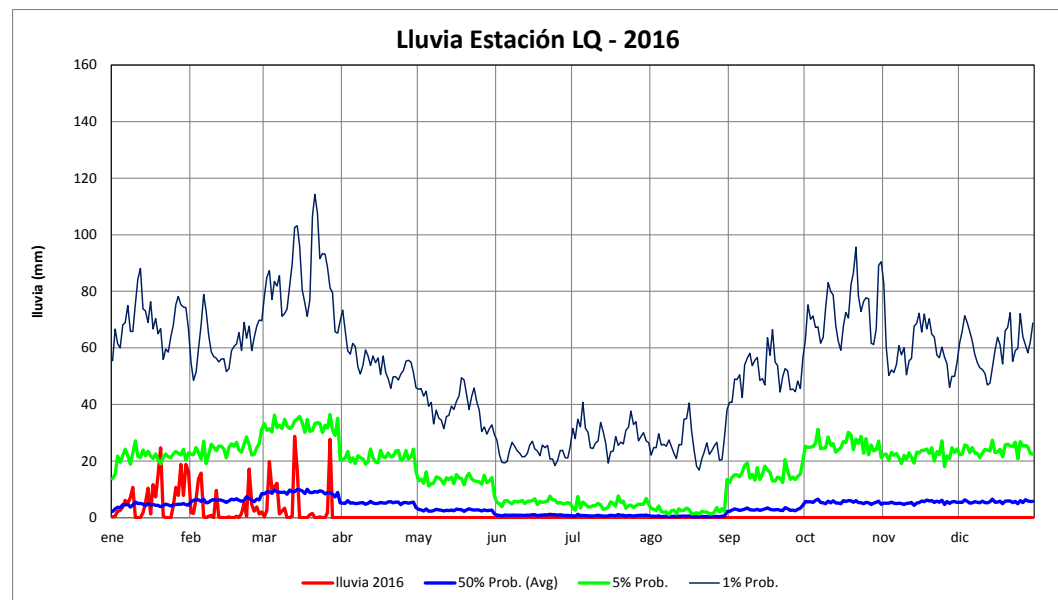


# Balance de Aguas

Precipitación mensual:

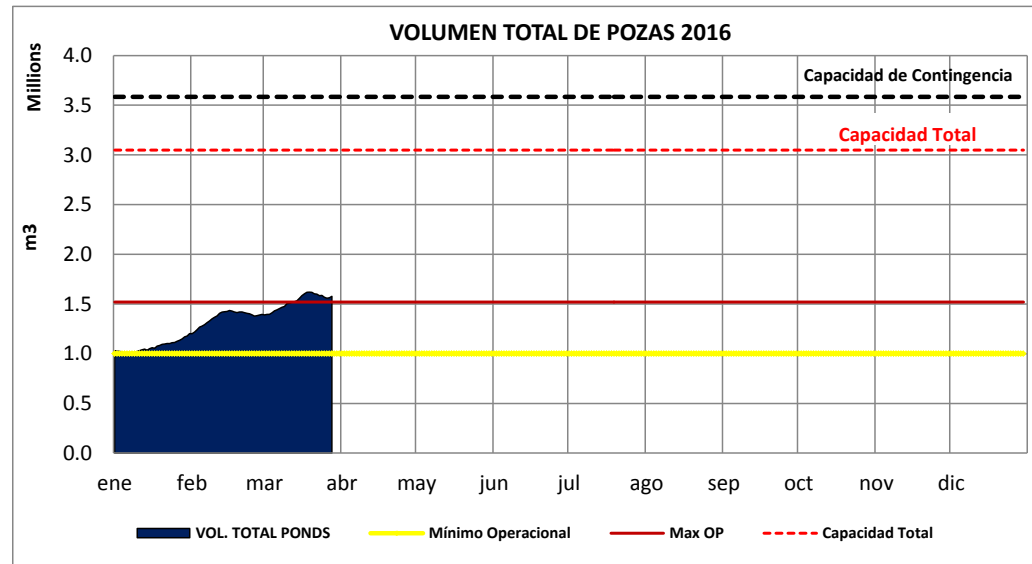


Proyección de la precipitación por cada zona geográfica, se usa un modelo estocástico para la predicción de lluvias.

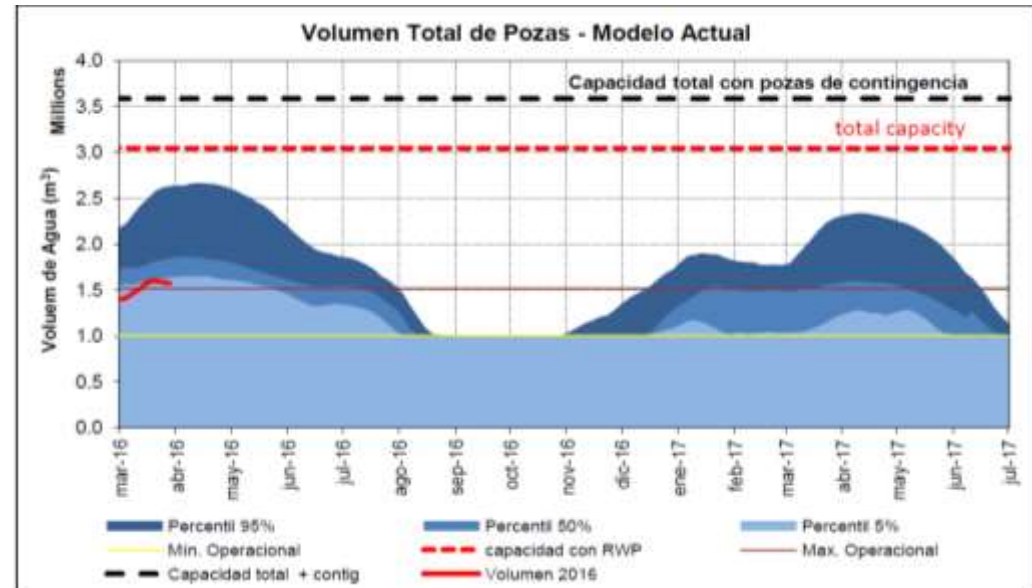


# Balance de Aguas

Control de volumen actual de agua en el sistema:

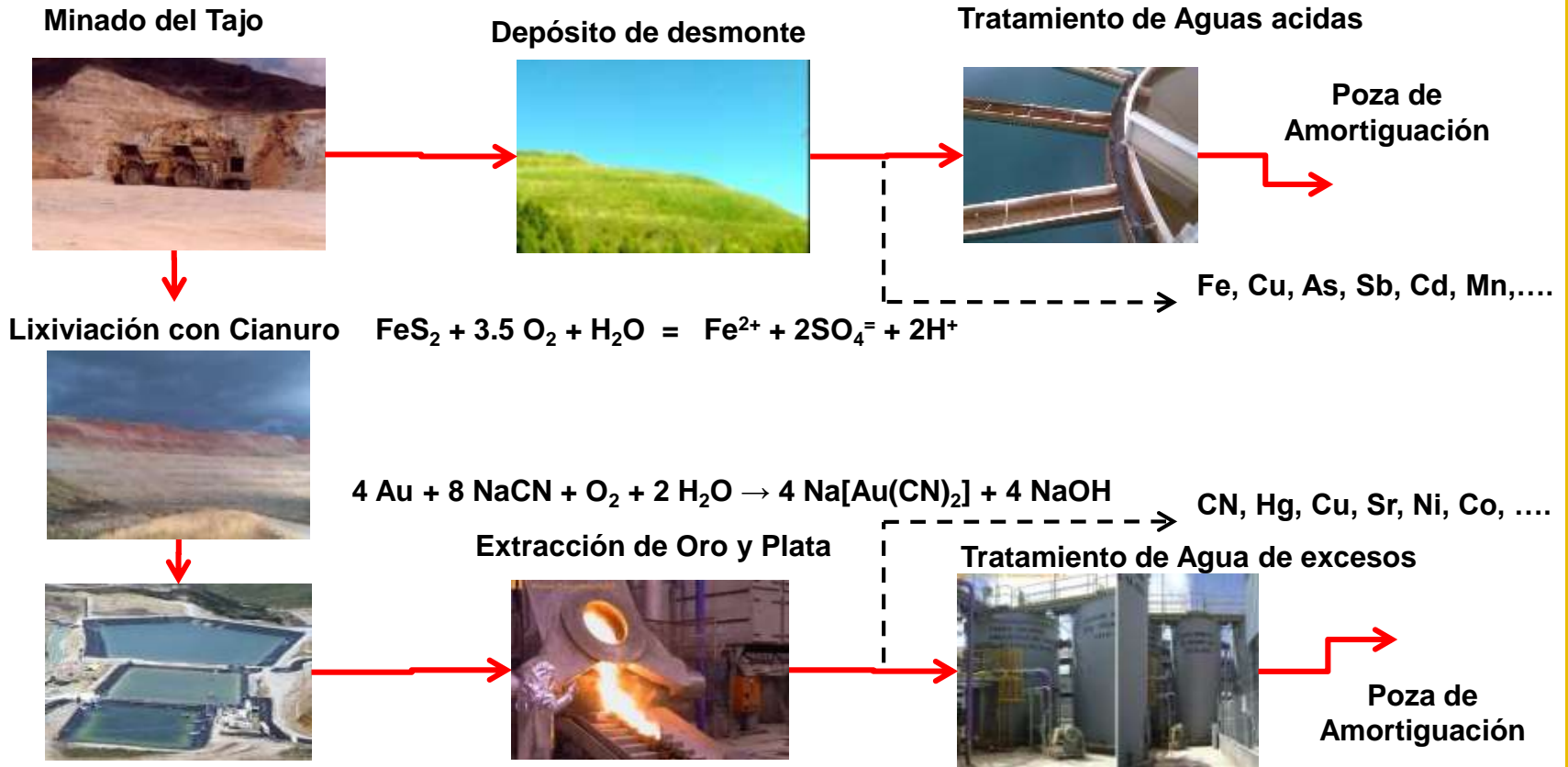


Proyección de volumen futuro de agua en el sistema, se modela cambios, optimizaciones, futuros proyectos:



# Procesos de Tratamiento de Agua

Generación de agua acida y agua de excesos:



Las plantas de procesos son para asegurar el cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles (LMP) en los puntos autorizados de vertimiento.



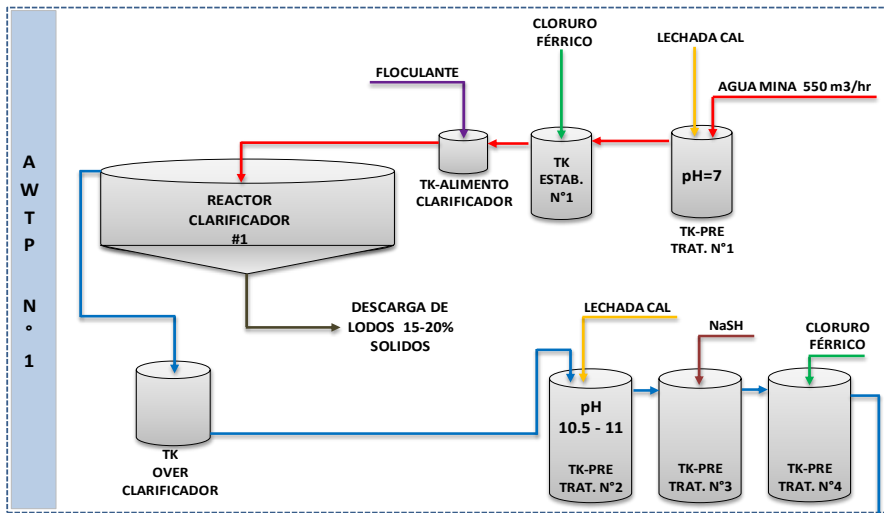
# Procesos de Tratamiento de Agua

Distribución geográfica de las operaciones de las plantas de tratamiento de agua: EWTP (2,250 m<sup>3</sup>/h + 500 m<sup>3</sup>/h) , AWTP (4,800 m<sup>3</sup>/h)

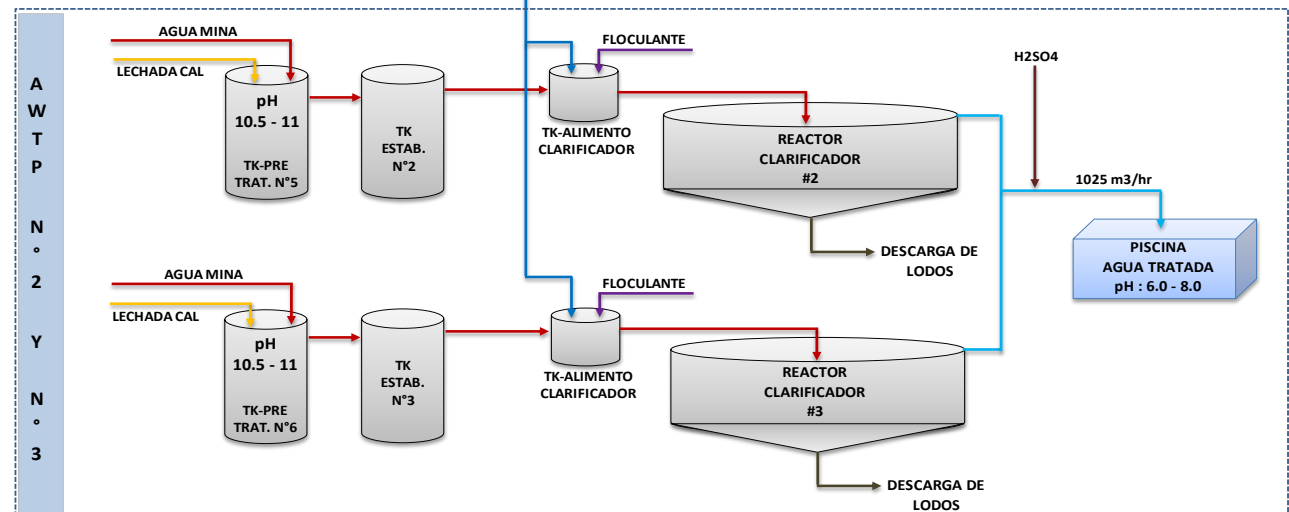


# Procesos de Tratamiento de Agua

## Plantas de Tratamiento de Agua Acida - AWTP:



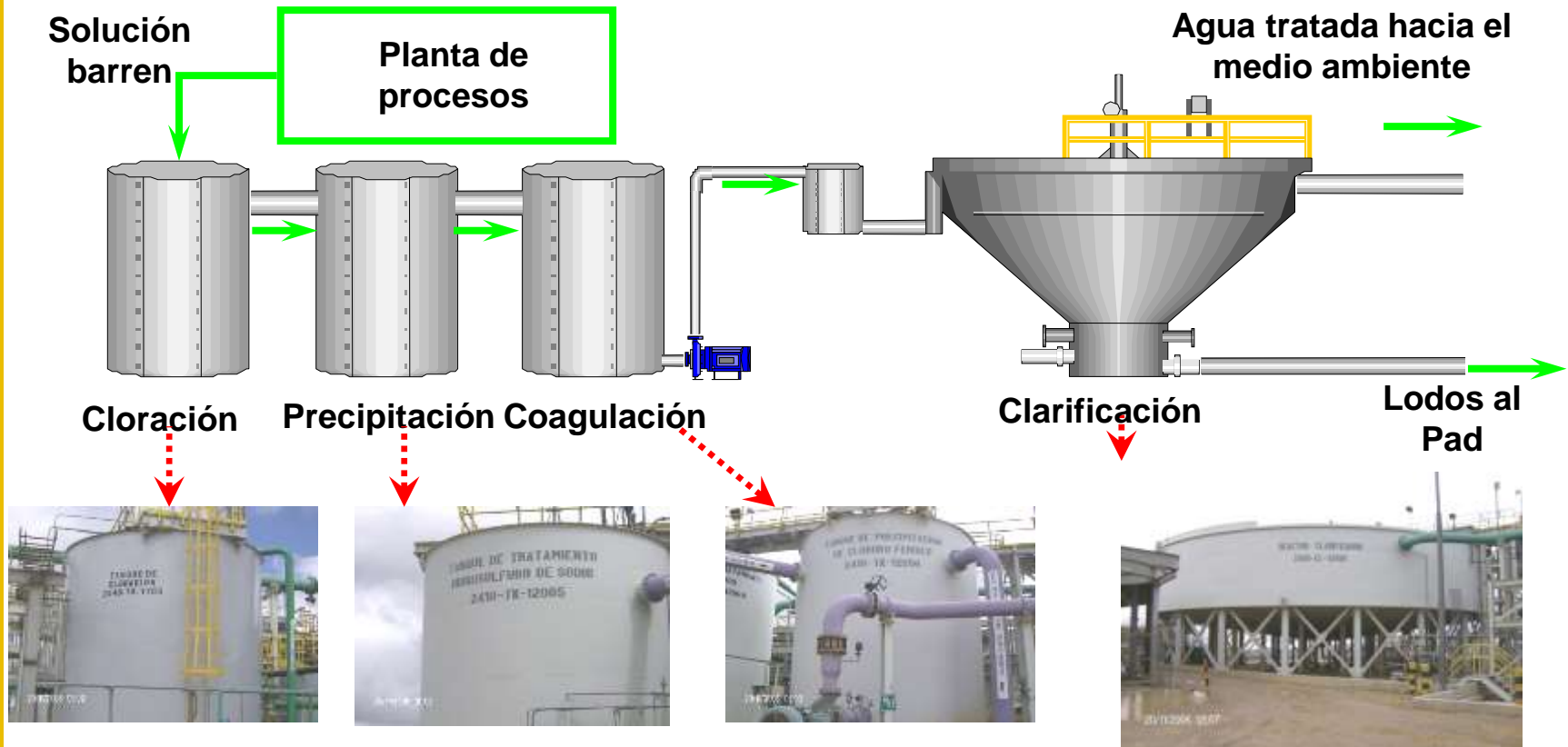
- Sistema de tratamiento convencional con dos etapas de precipitación de metales a pH 7 y pH 10.5 por la calidad de las aguas de alimento.
- Se tienen tres plantas en:
  - La Quinua – 2,800 m³/h
  - Pampalarga – 1,500 m³/h
  - Yanacocha – 500 m³/h



# Procesos de Tratamiento de Agua

## Plantas de Tratamiento de Agua de Excesos - EWTP:

- Sistema de tratamiento convencional, el cual dejó de operar en el año 2013 por el procesamiento de minerales complejos de Oro.



# Procesos de Tratamiento de Agua

## Plantas de Tratamiento de Agua de Excesos - EWTP:

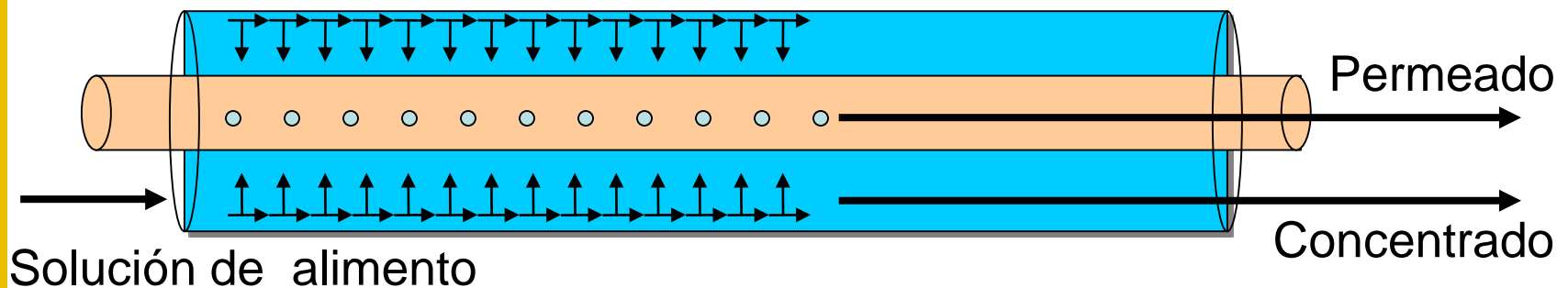
- Sistema de tratamiento por Osmosis Inversa actualmente en operación:
  - Pampalarga: 1,000 m<sup>3</sup>/h
  - Yanacocha Norte: 1,250 m<sup>3</sup>/h.
  - La Quinoa: 500 m<sup>3</sup>/h en construcción incluye sistemas de UF y SO<sub>2</sub>/aire
- El sistema de Osmosis Inversa permite:
  - La tecnología se desarrollo con el objetivo principal de mantener y asegurar siempre que las descargas de agua al medio ambiente cumpliendo los estándares y exigencias del gobierno e internas de Newmont (IFC).
  - Poder procesar minerales mas complejos.
  - Se realizaron pruebas a escala en el año 2,002 para demostrar la tecnología.
  - Resultado: Uso de tecnología de membranas Osmosis Inversa (RO)
  - La tecnología se patento en Perú siendo en Yanacocha donde se desarrollo la tecnología del uso de membranas para tratamiento de efluentes mineros iniciando operaciones en feb. 2,004 con 250 m<sup>3</sup>/h y actualmente se tiene una capacidad de diseño de 2,250 m<sup>3</sup>/h.
  - Actualmente es la tecnología mas avanzada de tratamiento de agua.



# Procesos de Tratamiento de Agua

Proceso de Osmosis Inversa:

## Flujo a través de la membrana



- \* La solución de alimento ingresa a la membrana bajo presión, produciendo un flujo que atraviesa la membrana llamado permeado el cual es la solución limpia.
- \* La solución de alimento que no logra atravesar la membrana se llama concentrado y contiene un mayor número de sales

# Procesos de Tratamiento de Agua

Proceso de Osmosis Inversa:

## De la membrana

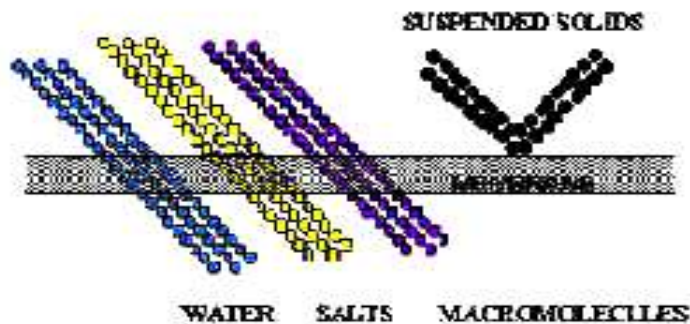
- \* Material: Poliamida
- \* Tipo: De enrollamiento en espiral



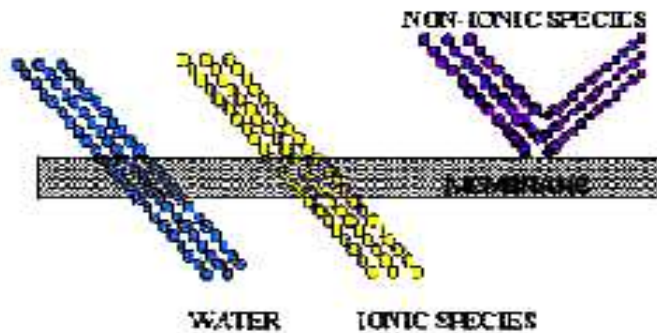
# Procesos de Tratamiento de Agua

Proceso de Osmosis Inversa:

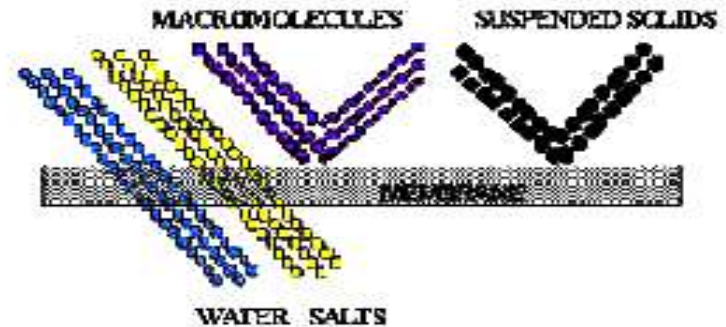
Tipos de filtración



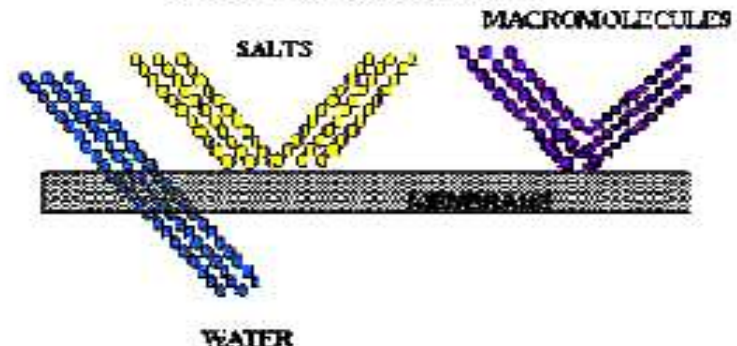
**Microfiltration**



**Nanofiltration**



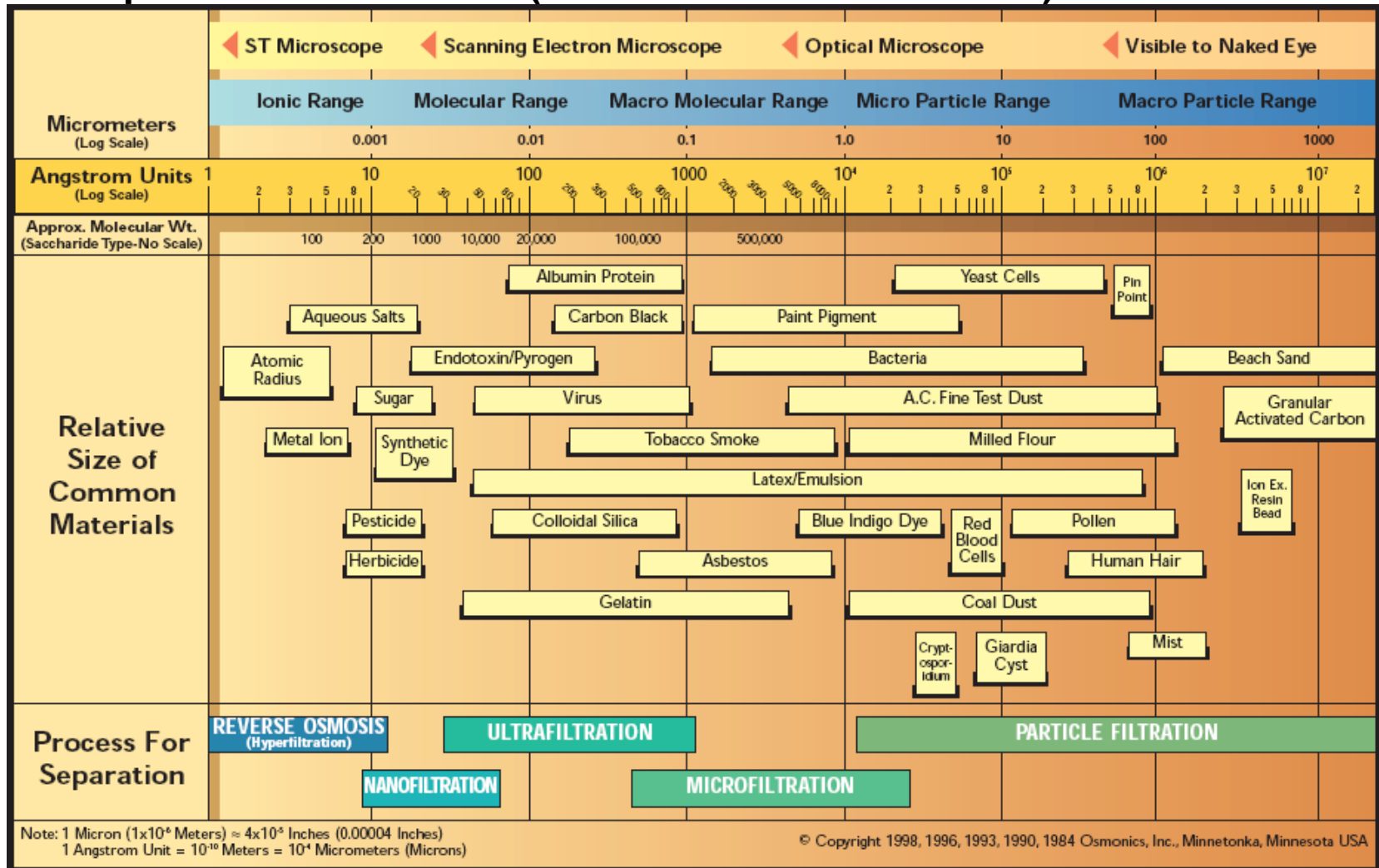
**Ultrafiltration**



**Reverse Osmosis**

# Procesos de Tratamiento de Agua

- Espectro de filtración – (Cortesía de Osmonics Inc.)

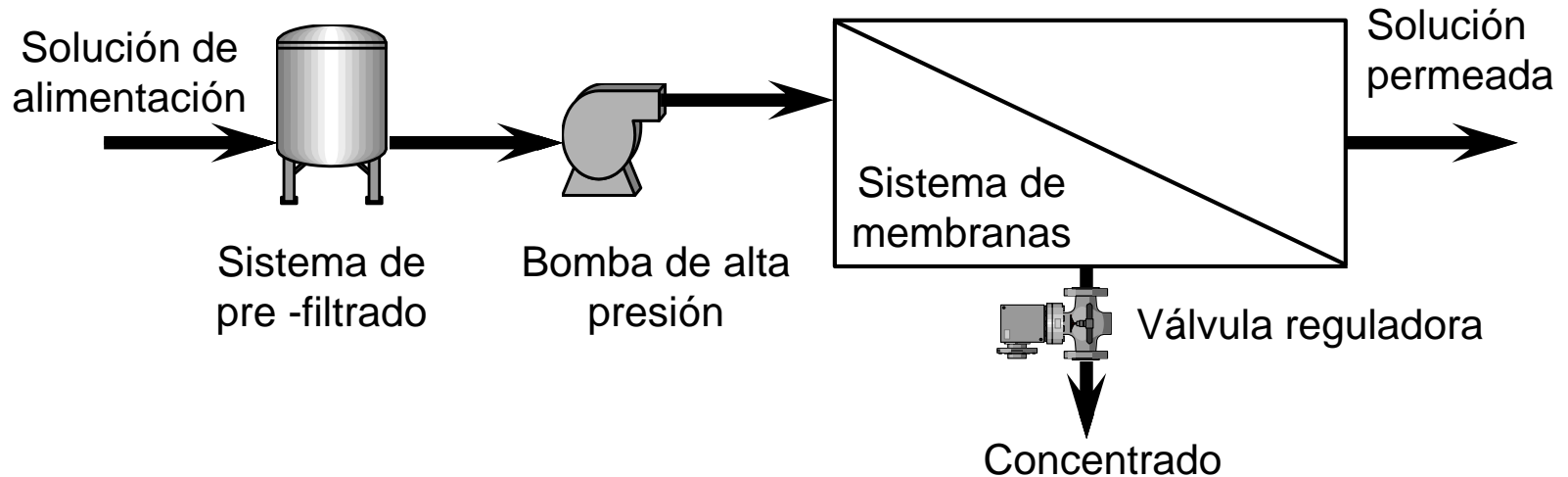




# Procesos de Tratamiento de Agua

Proceso de Osmosis Inversa:

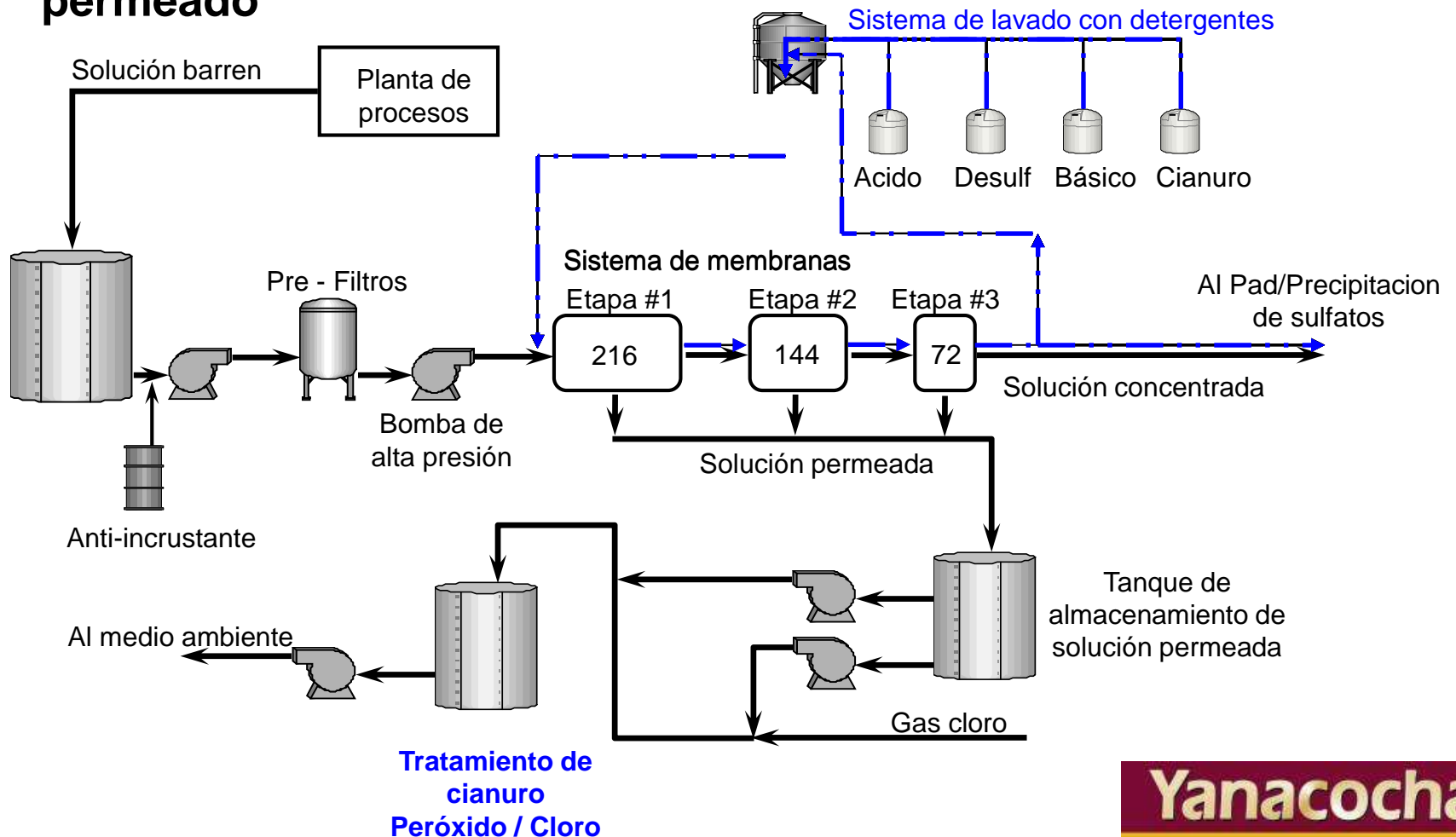
## Esquema básico de un sistema de Osmosis Inversa



# Procesos de Tratamiento de Agua

Proceso de Osmosis Inversa:

## Diagrama de flujo de una unidad de RO – 250m<sup>3</sup>/h de permeado

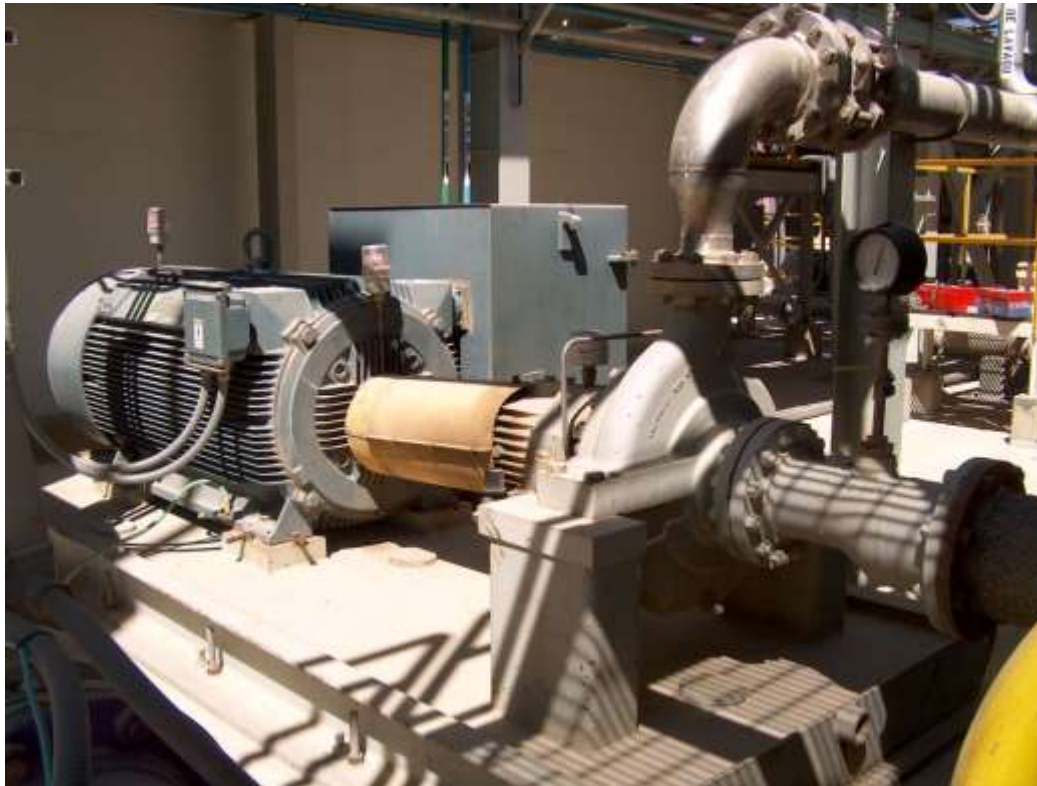


# Procesos de Tratamiento de Agua

Proceso de Osmosis Inversa:

## Principales equipos

- \* Bomba de alta presión; 600 HP - 380 PSI



# Procesos de Tratamiento de Agua

Proceso de Osmosis Inversa:

## Principales equipos

- \* Filtros de bolsa de 1 micra de abertura





# Procesos de Tratamiento de Agua

Proceso de Osmosis Inversa:

## Principales equipos

- \* Sistema de membranas



# Procesos de Tratamiento de Agua

Proceso de Osmosis Inversa:

## Principales equipos

- \* Sistema de lavado de membranas; detergentes ácido, básico, desulfurante y cianuro



# Procesos de Tratamiento de Agua

Proceso de Osmosis Inversa:

## Principales equipos

- \* Vista de planta



# Procesos de Tratamiento de Agua

Proceso de Osmosis Inversa:

## Calidad de Agua

- Cumple con todos los LMPs y en la mayoría de los casos alcanza valores muy por debajo de los estándares de calidad de agua requeridos por el MEM y el IFC. Disminuye de manera eficiente las concentraciones de otros parámetros como nitratos, nitritos y otros metales, inclusive en parámetros no son regulados por estas entidades.

	pH	CN WAD ppm	Metales Totales (mg/l)								Nitritos como N	Nitrato como N
			As	Cd	Cr_hex	Cu	Fe_(dis)	Pb	Hg	Zn	mg/l	mg/l
Limite máximo permisible en la descarga de la planta*	6.0-9.0	0.20	0.080	0.04	0.08	0.4	1.600	0.200	0.0016	1.200		
Sol. Permeada	8.0	<0.05	<0.010	<0.002	<0.010	0.1	<0.50	<0.005	<0.0005	0.3	0.09	0.64
Sol. Alimentación	10.1	46.7	0.4	<0.002	<0.010	3.1	<0.50	<0.005	0.0025	17.2	5.19	27.47
Sol. Concentrada	9.7	117.5	1.5	<0.002	<0.010	11.6	<0.50	<0.005	0.0076	65.1	17.11	89.83

\* Estandares del MEM e IFC para descarga de efluentes mineros



# Procesos de Tratamiento de Agua

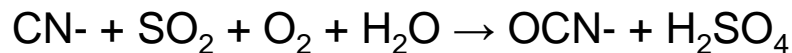
Desarrollo de Nuevas Tecnologías:

## Tratamiento de Cianuro por SO<sub>2</sub>/aire:

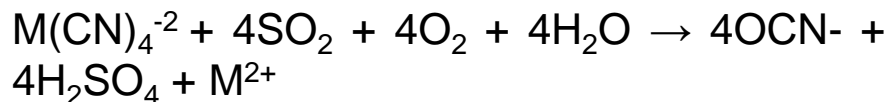
Se realizaron prueba a nivel laboratorio y piloto para validar la tecnología.

El proceso de destrucción de cianuro por SO<sub>2</sub>/aire es mediante una reacción química donde involucra al ion cúprico. Se da la oxidación del cianuro libre, complejos débiles de metales según las siguientes reacciones:

Reacción 1:



Reacción 2:



También se tiene precipitación de metales como el cobre.

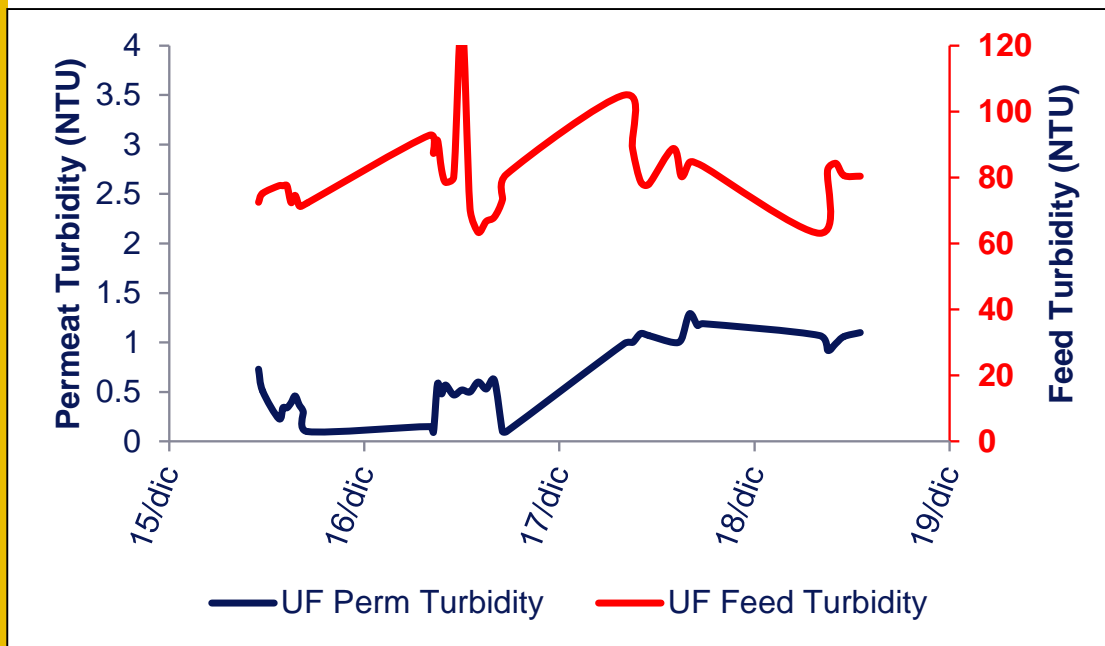
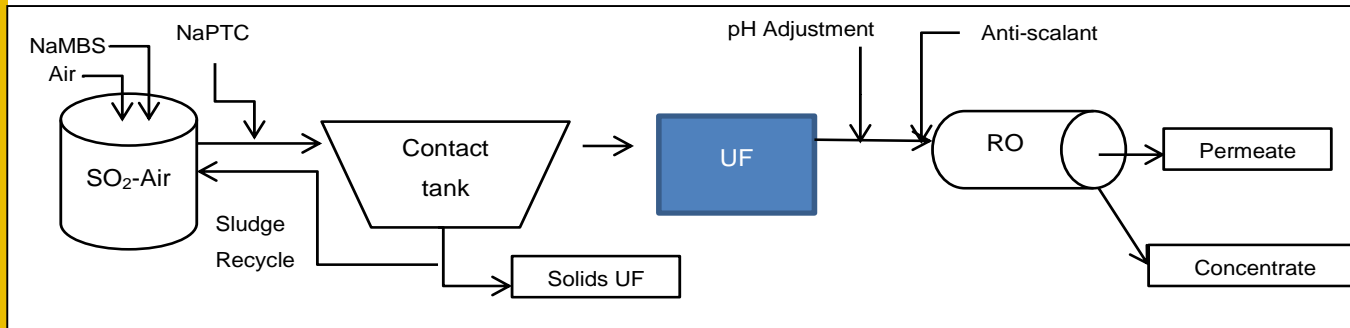




# Procesos de Tratamiento de Agua

Desarrollo de Nuevas Tecnologías:

## Ultrafiltración para separación Sólido/Líquido:



✓ Valores bajos y estables de turbidez en la solución permeado de la ultrafiltración aptos para una buena operación de los procesos de Osmosis Inversa.

# Procesos de Tratamiento de Agua

Desarrollo de Nuevas Tecnologías:

## Ultrafiltración para separación Sólido/Líquido:

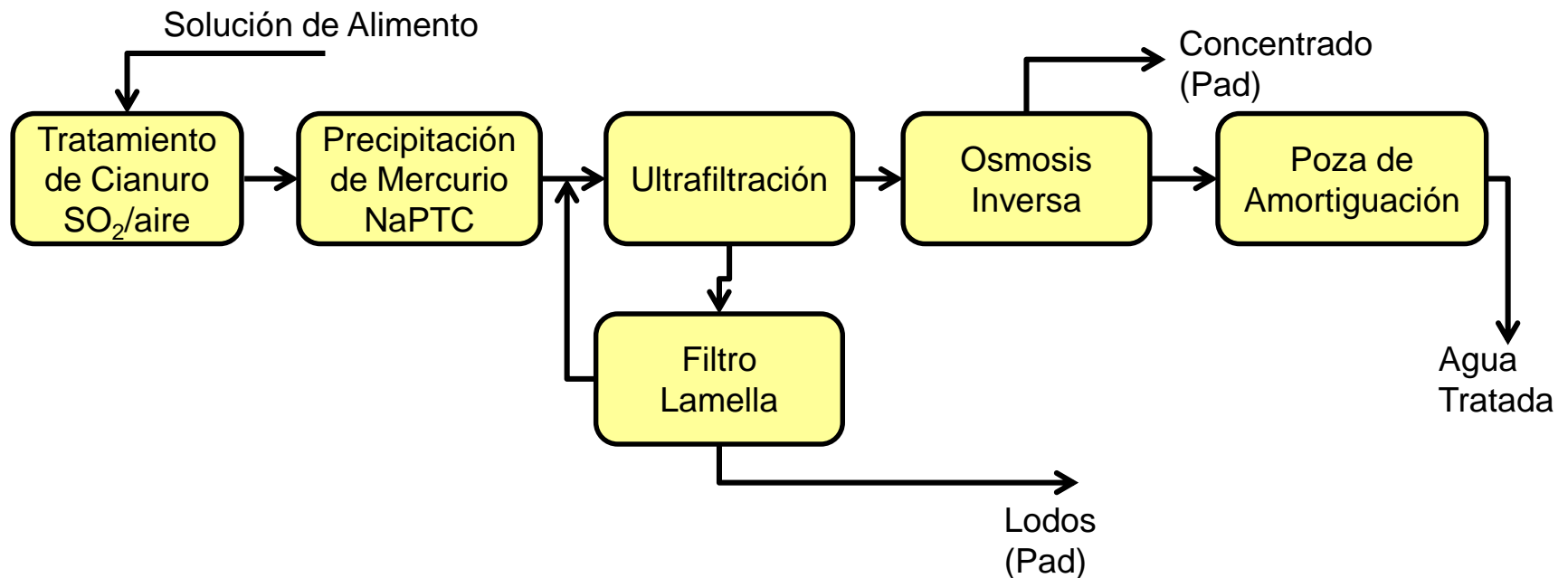
- ✓ Sistema móvil portátil instalado para validación del proceso, instalado en planta Yanacocha Norte. 200 m<sup>3</sup>/h



# Procesos de Tratamiento de Agua

Desarrollo de Nuevas Tecnologías:

Proceso de Tratamiento de Agua en Nueva Planta:



# Monitoreo de Calidad de Agua

## Monitoreo Interno y Externo

### Laboratorios de análisis

- Laboratorio de Yanacocha está acreditado en ISO 17025 (sólo control interno).
- Las muestras de agua se analizan en laboratorios certificados (Lima).
- Los resultados de análisis de calidad de agua se reportan a las autoridades (MEM, DIGESA ,Autoridad del Agua).



# Monitoreo de Calidad de Agua

## Monitoreo Participativo

- Participan los principales interesados, que son los usuarios del agua.
- Existe colaboración e independencia.
- Los propios interesados son capacitados, escogen los lugares de toma de muestras y los laboratorios.
- Esta actividad ha permitido detectar desviaciones puntuales que se han solucionado oportunamente





# Monitoreo de Calidad de Agua

## Monitoreo de Calidad de Agua Externo

### Vigilancia

Monitoreo Externo de Autoridades (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, Autoridad del Agua, entre otros)



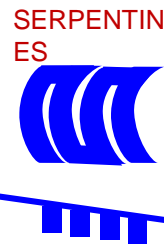
# Control de Erosión y Sedimentos

<p>Fuente</p> <p>CONTROL DE FUENTES</p>	<p>Ubicación Intermedia</p> <p>CONTROL DE SEDIMENTOS INTERMEDIOS</p>	<p>Límite de propiedad</p> <p>CONTROL DE DESCARGAS</p>
<p><i>Limita la erosión</i></p>	<p><i>Reduce la carga de sedimentos a las presas</i></p>	<p><i>Controla la concentración de la descarga de TSS</i></p>

- Manejo de aguas.
- Perturbación controlada.
- Coberturas (mantas, barreras, pacas, piedras).
- Restauración y revegetación.



- Serpentes.
- Trampas de rocas.
- Trampas de sedimentos.



- Presas  
Asentamiento, monitoreo.

DIQUES



90%

10%

Nota: (BMP) Best Management Practices

# Control de Erosión y Sedimentos

Manejo de aguas: Se debe separar las aguas de no contacto y las provenientes de la zona disturbada.



Coberturas para protección de áreas disturbadas: Con la finalidad de evitar arrastre de sedimentos.



# Control de Erosión y Sedimentos

Barreras: Para evitar el arrastre de sedimentos en las zonas disturbadas se debe implementar barreras de silt fences, pacas de arroz y de roca.



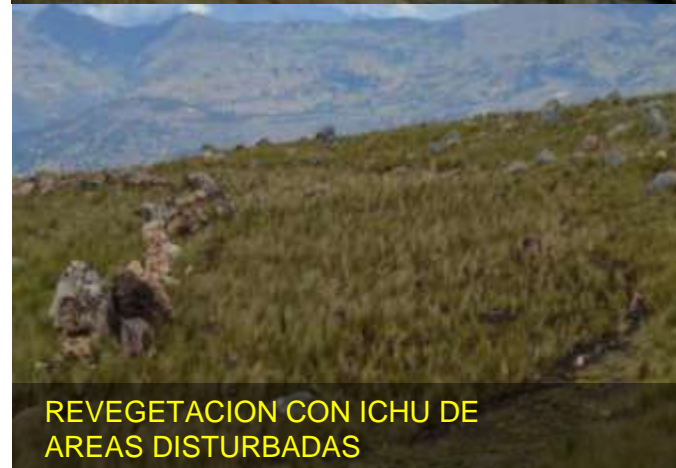
IMPLEMENTACION DE BARRERAS DE PACAS Y BARRERAS DE ROCA



IMPLEMENTACION DE BARRERAS DE SILTFENCES



REVEGETACION CON DE TALUDES EXPUESTA



REVEGETACION CON ICHU DE AREAS DISTURBADAS

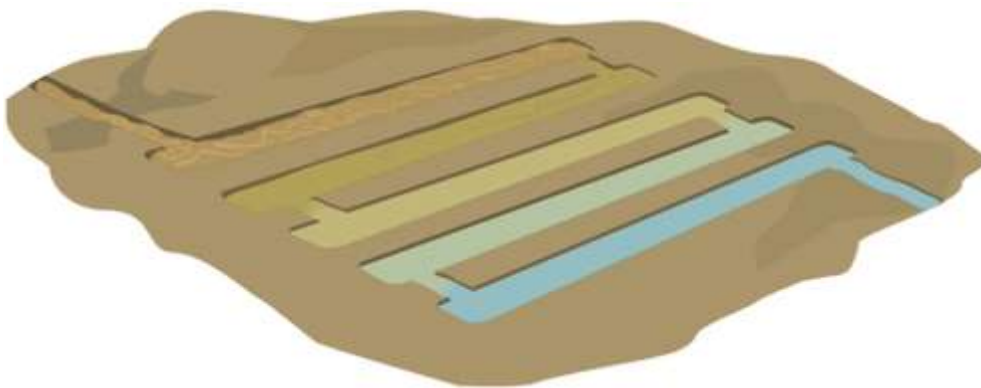
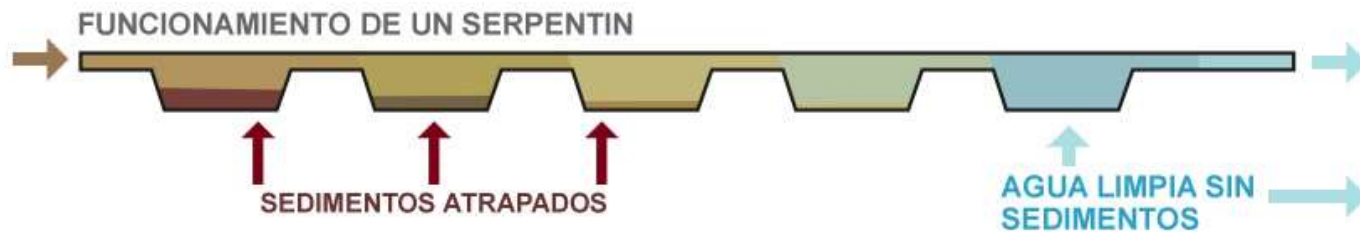
Nota: (SILTFENCES) Rafia de polipropileno



# Control de Erosión y Sedimentos

Serpentines:

Contamos con serpentines diseñados para captar el agua de las lluvias que discurren por las quebradas de nuestras operaciones.





# Control de Erosión y Sedimentos

Diques:

Los diques de control de sedimentos de Río Grande, Río Rejo y Río Azufre

**DIQUE GRANDE**



**DIQUE REJO**



# Usos del Agua – Granja Porcon

## Recreación



## Acuicultura



## Ganadería





# Usos del Agua – Zonas cercanas a la operación

## Ganadería



## Agricultura







**Muchas gracias!!!**

**Yanacocha**