

**ASOCIACION PERUANA DE INGENIERIA HIDRAULICA Y  
AMBIENTAL (APIHA)**

**INFORME FINAL**

**PROYECTO**

**El agua y su uso en minería y agricultura en el Peru, Una  
primera aproximación**

**Autor: José N. De Piérola C.**

**Lima, Enero del 2017**

**Informe preparado para la Cámara de Comercio Peruano-Alemana, Lima**

## CONTENIDO

---

### Resumen Ejecutivo

1. Introducción .....	1
2. Objetivos. ....	2
3. Escenario hídrico nacional y el uso del agua en el Perú.....	2
3.1. los recursos hídricos en el Perú: distribución geográfica.....	2
3.2. Usos del agua en el país. ....	4
3.3. Uso del agua en el sector minero.....	7
4. Evolución del uso del agua en el sector minero.....	9
4.1. uso del agua en el sector minero informal .....	10
4.2. uso del agua en el sector minero formal: mediana minería .....	11
4.3. uso del agua en el sector de la gran minería .....	12
5. Estado de gestión del agua y su impacto en la economía nacional .....	15
6. Nuevos elementos en el escenario nacional.....	17
7. temas de discusión y análisis .....	18
8. Bibliografía .....	19

### Lista de figuras

1. Agua en el Peru .....	3
2. Gestion del agua en el Perú por cuencas . .....	3
3. Esquema de uso de agua en el sector agrícola.....	5
4. Esquema de uso de agua en el sector minero.....	8
5. Medidores de flujo Invasivos: Turbina .....	12
6. Medidores de flujo y volumen Ultrasonido .....	13
7. Medidores de flujo y volumen electromagnéticos .....	13
8. Costo del agua Sector no agrícola: Minero.....	14
9. Consejo de cuencas ,una opcion de gestion organizada .....	16
10. Canon Minero 2006-2010.....	17

### Lista de cuadros

1. Agua en el Peru Uso del agua a nivel Nacional .....	4
2. Viviendas según tipo de abastecimiento de agua .....	6

## Resumen

El Perú tiene una desigual distribución del agua por las características geográficas que le da el sistema andino y por su ocupación latitudinal sur (3° a 17°S), la mayor cantidad de agua se ubica en la región oriental o selva donde la actividad y población es menor. El mayor uso del agua es el agrícola que por el tipo de cultivos y el escaso nivel tecnológico que utiliza alcanza más de 80% del volumen de uso y con eficiencia de riego que va entre 30% y 40%, lo que significa que una parte importante del recurso se pierde generando además problemas de drenaje, erosión y salinización de suelos.

El año 2009 con la emisión de la Ley de Recursos hídricos Ley N. 29338 se incorporan nuevos conceptos en el uso del agua como son: Gestión integrada, un Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos y además una Autoridad Nacional del Agua (ANA) para ordenar los canales y procedimientos de control, impulsar la incorporación de tecnología y desarrollo de las organizaciones de usuarios.

Actualmente la rentabilidad del uso del agua en el sector agrícola es muy baja a nivel nacional y solo existen relativamente pequeñas áreas dedicadas a la exportación que usan riego tecnificado y prácticas agrícolas que permiten rentabilidad y ahorro del agua. El sector minero que utiliza solo el 2% de total nacional en base a este limitado consumo permite la producción de metales que temporalmente le han dado una enorme rentabilidad al agua como insumo y han permitido disponer de recursos económicos en las zonas alrededor de la actividad minera a través del Canon y Regalías que aún no ha sido aprovechada adecuadamente. Además la minería viene trabajando en una mejora que permita la incorporación de tecnología al manejo del agua y es posible transferir parte de este conocimiento y práctica al sector agrícola de su entorno a través de alianzas de gestión en la cuenca, de esta forma se fortalece la autoridad del agua y se mejora la eficiencia global.

Se proponen medidas y acciones que permitan incorporar a los usuarios de la cuenca en un proceso de gestión integrada: uso sostenible y cuidado de la cuenca considerando a la actividad minera como la líder en la implementación estas medidas y políticas de manejo.

## 1. INTRODUCCIÓN

---

El agua es un elemento central en el proceso de producción minera, constituye un insumo que permite desarrollar los procesos de lixiviación y flotación y además permite el transporte de los excedentes del proceso como es el caso de los relaves (tailings) y también el control del polvo tanto en mina como en los trabajos de molienda y transporte de finos. Participa además en el proceso final de fundición y refinamiento de los metales.

La minería en el Perú está muy dispersa en cuanto ubicación geográfica por el diferente tipo de formación geológica asociada a la presencia de los cuerpos mineralizados y a la naturaleza de estos, sin embargo en general las formaciones de mayor interés se encuentran en las zonas andinas y alto-andinas que es donde por razones topográficas comienzan las cuencas a colectar el agua de los cauces y ríos los que luego desarrollan aguas abajo en función de la dinámica de las aguas precipitadas.

El agua es utilizada en minería en diversas fases del proyecto esto es desde la etapa de exploración a la de producción y a la de terminación de los productos finales del Cobre, Plata, Oro, Zinc, Hierro y otros. Una componente también de importancia – aunque de menor magnitud- está asociada al uso en los campamentos o poblaciones vinculadas a esta actividad.

La economía en el Peru como en américa latina experimento entre 2004 y 2014 un ciclo de alto crecimiento del PBI ( 4%) impulsado por los commodities -entre ellos los metales- en especial el incremento de la demanda de estos por parte del mundo asiático, la inversión privada y los altos precios en el mercado. Según CEPAL, América latina bajo su índice de pobreza de 48.4 en 1990 a 28% en el 2014, la minería fue uno de los pilares para este cambio.

Nuevas concepciones sobre el comportamiento del clima surgieron en las dos últimas décadas que apuntan a identificar un proceso de cambio climático en el planeta apoyadas en el incremento global de la temperatura como consecuencia del efecto invernadero; el estudio e identificación de cuanto y como va a impactar en el comportamiento del ciclo del agua viene trabajándose en distintas disciplinas.

La presente publicación ha sido elaborada a solicitud de la Cámara de Comercio Peruana-Alemana a la Asociación Peruana de Ingeniería Hidraulica y Ambiental (APIHA) con el propósito de resumir y mostrar la importancia del agua en el proceso productivo minero y el cuál tiene sus peculiares características en el Perú; país de fuerte tradición minera y cuyo crecimiento económico hoy en día está ligado al desarrollo de esta actividad y que tiene influencia decisiva en las regiones del país donde esta se realiza a través del impacto determinante en el desarrollo de infraestructura por los efectos del canon y las regalías mineras.

## 2. OBJETIVOS

---

- Identificar la participación del agua en el proceso productivo minero del Perú y su importancia en la gestión de esta actividad tanto en lo operativo como en lo económico y social. Establecer las características más saltantes de esta relación en lo que es el proceso de extracción y tratamiento del mineral así como analizar el papel del recurso en la relación de la minería con su entorno.

## 3. ESCENARIO HÍDRICO NACIONAL Y EL USO DEL AGUA EN EL PERÚ

---

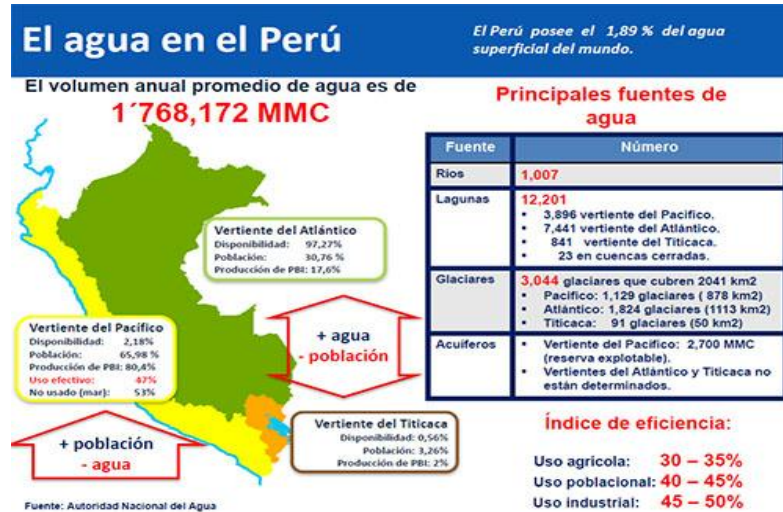
### 3.1. LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL PERÚ: DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

La desigual distribución del agua en el Perú es una característica saltante de la geografía tanto de oeste a este como de norte a sur. Debido a que el aporte de las precipitaciones que originan la escorrentía superficial y subterránea proviene fundamentalmente de las masas húmedas de aire que provienen del océano atlántico ante el empuje de los vientos originado por los centros de alta presión del norte y sur del mismo; es que encontramos una fuerte presencia de agua en el sector este de la cordillera de los andes la cuál actúa como una barrera natural a la presencia de las lluvias en el sector oeste, esto es la zona costera del Pacífico. La presencia de la corriente fría (proviene desde el extremo sur del continente) en el océano Pacífico que va paralela a la línea costera de sur a norte y que se denomina corriente Peruana o de Humboldt inhibe la presencia de lluvias entre la latitud 3° y 19° lo que hace a esta región costera una zona de árida a extremadamente árida.

En la zona costera del norte, esto es entre la Latitud 3 a 5° llega desde el este cada fin de año una corriente cálida que genera el denominado efecto de “El Niño” que se caracteriza por fuertes precipitaciones en las regiones de Tumbes, Piura y Lambayeque lo que las diferencia de los otros sectores de la costa pues permite la presencia de ríos con agua abundante en ese periodo casos de los ríos Tumbes, Chira, Piura, Jequetepeque.

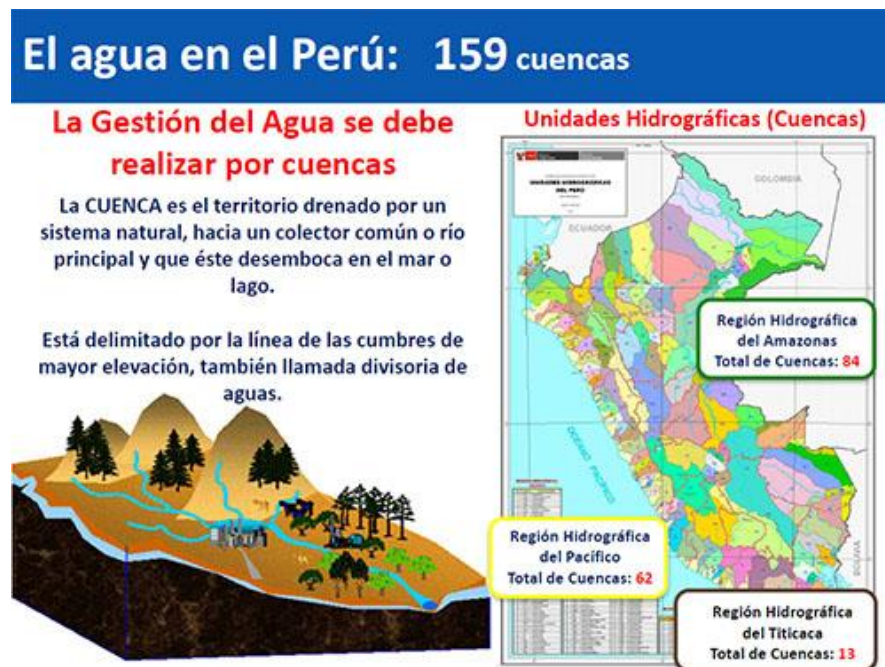
Hacia el sur de la costa los ríos cada vez se hacen más pequeños y escasos de agua hasta llegar al extremo sur al río Caplina cuyo flujo se mide en Litros por segundo y en muchos años no supera los 400 L/s como promedio. Luego se observa una enorme diferencia de presencia de agua entre el este y oeste así como entre norte y sur. También se observa una relación típica entre la altitud y la precipitación en la vertiente de las cuencas que da al Pacífico que en general muestran mayor precipitación con la altitud y presencia de lluvia efectiva sobre los 3000 msnm donde la isoyeta de 300 mm/a se hace evidente. En la

vertiente oriental de los andes esta relación se invierte en general mostrando más precipitación a menor altitud a medida que nos acercamos desde los andes hacia la planicie amazónica:



**Fig. N. 1:** El Perú cuenta con tres vertientes en su territorio, con una disponibilidad de casi 2 billones de metros cúbicos de agua cada año, sin embargo, por nuestra geografía, la vertiente del Pacífico –donde reside el 66 % de la población- sólo cuenta con una disponibilidad de 2,2 % de acceso al agua.

Fuente ANA



**Fig. N. 2:** Nuestra geografía ha determinado la existencia de 159 cuencas hidrográficas en nuestro territorio, cada una de ellas tiene sus singularidades y necesidades de gestión de recursos hídricos adecuados, por ello, la Autoridad Nacional del Agua, a través del Proyecto de Modernización de la Gestión de los Recursos Hídricos viene promoviendo la creación, instalación y gestión de los consejos de recursos hídricos por cuencas como uno de los modelos de gestión del agua más eficientes y adecuados para el país.

**Fuente ANA**

### CUADRO N. 1

**Uso del agua a nivel nacional por la población y los principales sectores productivos (2000/2001) en millones de metros cúbicos (MMC/año)**

Vertiente	USO CONSUNTIVO								Uso no consuntivo	
	Población		Agrícola		Industrial		Minero			TOTAL
Pacífico	2,086	12%	14,051	80%	1,103	6%	302	2%	17,542	4,245
Atlántico	345	14%	1,946	80%	49	2%	97	4%	2,437	6,881
Titicaca	27	30%	61	66%	3	3%	2	3%	93	13
<b>TOTAL</b>	<b>2,458</b>	<b>12%</b>	<b>16,058</b>	<b>80%</b>	<b>1,155</b>	<b>6%</b>	<b>401</b>	<b>2%</b>	<b>20,072</b>	<b>11,139</b>

Fuente: MINAM, 2009 (1)

### 3.2. USOS DEL AGUA EN EL PAÍS.

Desde marzo del 2009 el país cuenta con una Ley de Recursos Hídricos N. 29338 luego de 40 años de vigencia de la ley General de aguas N. 17752 promulgada por el gobierno militar del General Juan Velazco Alvarado en el año 1979. Esta norma es una nueva y moderna versión de lo que debe ser la gestión del agua y requiere y requerirá de un enorme esfuerzo para ponerla en práctica en todo su contenido. Los conceptos de gestión integrada y el de utilizar la cuenca como unidad de gestión son elementos centrales de este dispositivo cuyo reglamento fue aprobado con el D.S. 001-2010-AG para su implementación.

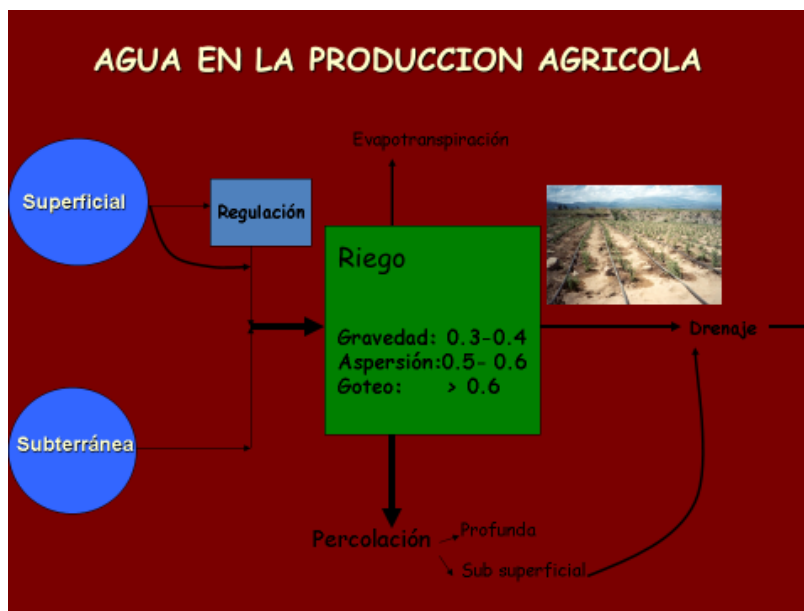
El Título I establece que el agua es un patrimonio nacional y es propiedad de todos los peruanos, no existe propiedad privada del agua por ser patrimonio de la Nación. Crea un Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos donde se señala a la Autoridad Nacional del Agua (ANA) como elemento central esta gestión y se asignan roles a los distintos ministerios e instituciones que participan de esta.

La actividad económica más importante en cuanto uso de mano de obra y uso del recurso agua es la agricultura (80% del promedio nacional) la cual está localizada tanto en los 51 valles costeros como en los valles interandinos hasta los 3500 msnm. En la zona costera se siembran un estimado de 981,000 has bajo riego mientras que en la sierra o sea valles interandinos se estiman 412,00 has con infraestructura (Informe del Banco Mundial: El



futuro del riego en el Perú, 2013). Una de las razones de pobreza en el sector rural del país radica en el muy poco uso de tecnología en el manejo agrícola y en especial en el riego que deriva en una eficiencia de uso del agua agrícola entre 0.3 y 0.4 dependiendo del tipo de agricultura y de los cultivos. La mayor parte del uso de agua agrícola en el país es por gravedad 92.4 % del total y solo 1.7 % es aspersión, 5.2 % goteo con 0.7% gravedad mejorada, ese consumo es con riego tecnificado está orientado más a cultivos de exportación en las regiones de Ica, La Libertad, Lambayeque y Arequipa (AN, 2008).

Este uso agrícola estaría permitiendo el aporte de solo 8 % del producto bruto Interno del país y daría trabajo al 27% de la PEA. El uso el sector agrícola está atravesado por el problema de una muy escasa incorporación de tecnología en el manejo del agua (distribución y conducción), déficit de sistemas de regulación, una enorme segmentación de la propiedad (minifundio) y a una deficiente institucionalización de las organizaciones de usuarios que suman 116 Juntas de usuarios con 819,000 usuarios de riego ((Informe del Banco Mundial: El futuro del riego en el Perú, 2013). En el año 2012 se estimaba que un 75% de los usuarios no tenían derechos de agua formalizados (Del Castillo, 2012)



**Fig. N.3 Esquema del uso del agua en el sector agrícola**

Los usos industrial y poblacional se localizan en los mayores centros poblados del país esto es Arequipa, Trujillo, Ica, Piura, Cajamarca, Puno pero no representan más allá del 12 y 7 % del total agua consumida respectivamente. El uso poblacional aunque en menor volumen del total en uso constituye un problema fundamental para el país toda vez que esta relacionado directamente al nivel de vida de la población. Actualmente solo el 87.7% de la población tiene conexión a la red de agua potable y el solo 70% a sistemas de

alcantarillado lo que implica que casi 9 millones de personas están sin este servicio. Un problema que afecta la sostenibilidad de los sistemas de abastecimiento de agua potable es la falta de medición y por ende facturación del agua entregada, se estima que sería aproximadamente un 46% el agua entregada y no facturada como media a nivel nacional lo que muestra que es muy bajo nivel de gestión del recurso de allí la insolvencia de muchas plantas operadoras de agua potable y desagüe en el país. El cuadro adjunto muestra el estado de conexión de la red.

**CUADRO Nº 02:** PERÚ, VIVIENDAS PARTICULARES, SEGÚN TIPO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA, SEGÚN DISPONEN DEL SERVICIO TODOS LOS DÍAS DE LA SEMANA POR ÁREA GEOGRÁFICA 2007

V: Servicio de agua - Todos los días de la semana	V: Tipo de área	V: Abastecimiento de agua en la vivienda			Total
		Red pública Dentro de la viv. (Agua potable)	Red Pública Fuera de la vivienda	Pilón de uso público	
SI tiene servicio de agua	Urbano	3035358	374164	119384	3528906
	Rural	184420	118522	46724	349666
	<b>Total</b>	<b>3219778</b>	<b>492686</b>	<b>166108</b>	<b>3878572</b>
NO tiene servicio de agua	Urbano	258806	54976	66538	380320
	Rural	26074	21138	10595	57807
	<b>Total</b>	<b>284880</b>	<b>76114</b>	<b>77133</b>	<b>438127</b>
TOTAL	Urbano	3294164	429140	185922	3909226
	Rural	210494	139660	57319	407473
	<b>Total</b>	<b>3504658</b>	<b>568800</b>	<b>243241</b>	<b>4316699</b>

Fuente: elaboración propia en base al sistema REDATAM del INEI - CPV 2007

Vemos que poco a poco se reduce nuestro número de viviendas que cumplen con los factores básicos y adecuados de abastecimiento de agua, de los que cumplen con la calidad (agua potable) representan el 67,4% de las viviendas, si de estas descartamos las que no cumplen el factor del emplazamiento (agua potable por cañería dentro de la vivienda), nos queda el 54,8% de las viviendas, si a continuación de este grupo descartamos a las que no cumplen con el factor de cantidad (agua todos los días de la semana) en porcentaje se reduce al 50,3%, llegando en el área urbana a 63,4% y el dramático 11,5% en las zonas rurales de nuestro país.

Leer más en la dirección que se adjunta: <http://www.monografias.com/trabajos96/agua-potable-peru/agua-potable-peru.shtml#ixzz4aUAqONPP>

El uso de agua en la actividad minera a nivel nacional al presente (ANA, 2016) representa solo un 2% del total de volumen anual utilizado, sin embargo la intensidad de uso es alta en términos de generación de producción en valor agregado y en eficiencia. La Minería artesanal hace uso del agua fresca o natural en menor proporción pero el cuidado aún está en un lento proceso de mejora y de adecuación a la normatividad existente sobre todo en cuanto uso en calidad. La reglamentación y control del agua en actividad minera

de nivel intermedio p.ej. mediana minería está también en proceso de implementación viene alcanzando importantes logros en cuanto el control de la calidad y de eficiencia de uso.

Es la gran minería la que viene haciendo esfuerzos importantes tanto para disminuir el consumo de agua fresca como para trabajar el tema de calidad de aguas ya utilizadas en el proceso minero y que son entregadas a cuerpos receptores cumpliendo no solo los LMP sino controlando los ECA que las fuentes deben mantener.

### **3.3. USO DEL AGUA EN EL SECTOR MINERO.**

Como se mencionó líneas arriba el consumo en el sector minero es muy diverso y tiene características propias de acuerdo a la magnitud de la operación: artesanal, mediana y grande; así como al tipo de mineral en extracción, proceso y nivel de procesado.

En la etapa de exploración normalmente el uso es mínimo o menor y puede variar de 2 a 40 m<sup>3</sup>/día dependiendo de la faena, esto es un equivalente a 0.02 L/s a 1.0 L/s además de ser un uso temporal.

En la etapa de explotación el agua en minería interviene tanto en la fase de extracción del mineral: riego de accesos en mina, limpieza de equipos de carguío y transporte así como en la molienda seca para el control de polvos y en la molienda húmeda del material mineralizado extraído de mina y que se procesa en las plantas concentradoras. También en el proceso de lixiviación, esto es en el riego del material lixiviable, extracción por solventes del PLS (Pregnant Leach Solution) y en la electro-depositación del metal así como además en la parte de proceso de filtración. Finalmente el agua también es parte importante en el proceso de fusión y electro refinación para la refrigeración.

Una parte del consumo de agua minera es la poblacional que corresponde a uso doméstico de campamentos, talleres, oficinas y el riego de jardines o vías.

En varios de estos procesos se utiliza agua recuperada y agua recuperada combinada con agua fresca según sea el caso, siendo la tendencia actual el utilizar el agua recuperada en mayor proporción donde las características de esta agua no tengan un efecto negativo sobre el producto y sobre el medio ambiente de trabajo. El agua utilizada es tratada antes de ser entregada al cuerpo receptor según lo establecido por los Límites máximos permisibles (LMP) definidos en el D.S 014-2010-MINAM esto es se trata para evitar el efecto hacia el medio ambiente.

Los ECA (Estándares de Calidad Ambiental) de agua se establecieron en el año 2008 con el D.S. 02-2008-MINAM y se modificaron luego el 19 de diciembre del año 2015 con el D.S. 015-2015-MINAM. La idea es detectar la calidad ambiental natural de los cursos de agua y monitorear su variación en el tiempo así como evaluar el efecto de las emisiones líquidas vertidas aguas arriba del punto de control y también controlar la calidad del agua que se utilice en agricultura y uso poblacional. Mucha gente sobre todo los usuarios agrarios

confunden los conceptos de LMP con los ECA al momento de efectuar el control de la calidad del agua de las fuentes y efluentes líquidos.

Según las estadísticas del año 2009 de ANA se estarían registrado como consumo de agua minero nacional del orden de 401 MM<sup>3</sup> lo que equivale a 12,730 L/s mientras que según A. Chaparro (2004) en Chile se estarían usando hasta 11,800 L/s en total solo en las regiones I,II y III.



**Fig. N. 4:** Esquema de uso de agua en el sector minero.

El Mayor uso se ubica en la parte del proceso de flotación, luego de desarrollado este en la etapa de celdas y separadores, el material que queda es llevado a lo que se conoce como espesadores para lograr un mayor nivel de sólidos en la mezcla o pulpa, normalmente se manejan entre 40 y 60% de sólidos en este flujo para ser llevado a las presas o depósitos de relave. En algunos casos esto se complementa con el filtrado para llevar la pasta a solo 10% de contenido de humedad a fin de extraer la mayor cantidad de agua posible de los relaves (tailings). El material que se envía a los depósitos de relaves normalmente es el material más fino ya que el material grueso se utiliza para ir construyendo el dique de retención de los mismos, de esta forma se recupera el material y se aprovecha en la construcción de los mismos. El agua que queda en los finos se decanta o recupera para

llevarla nuevamente a la flotación buscando como objetivo reemplazar el uso de agua fresca.

En la planta el uso de agua recuperada permite manejar “rates” de consumo de agua fresca por debajo de los 0.5 m<sup>3</sup>/ton molida, los valores ideales se deberían mover hacia 0.25 ó 0.30 m<sup>3</sup>/ton molida pero se pueden presentar también valores sobre 1.0 m<sup>3</sup>/ton molida cuando no es posible recuperar agua para el proceso, principalmente cuando la presa de reales se encuentra alejada y en una cota aguas debajo de la concentrados.

Cuando se dan grandes movimientos de material (50,000 Tn/día a 200,000 Tn/día) en la planta concentradora la cantidad de agua retenida en los depósitos de relaves es muy grande si se manejan humedades de material de entre 25 y 35%, esta agua retenida ya no es utilizable más.

Otros medios importantes de pérdida de agua son la evaporación a partir de la superficie libre del agua decantada así como del relave saturado y la filtración desde el depósito del embalse de relaves originado en parte por la compactación que experimenta el material y que también influye en una disminución de la permeabilidad en el depósito.

En relación a la producción de cobre según MINEM (2010) existirían 43 empresas que lo producen pero de estas solo 5% producen el 88,5% del total anual.

## **4. EVOLUCIÓN DEL USO DEL AGUA EN EL SECTOR MINERO**

---

La promulgación del código de minería de los años 1950 que reemplaza al código inicial del año 1901 instaura un nuevo escenario en el Perú y con este se dieron incentivos para la apertura de la gran minería, de esa década data el yacimiento de Toquepala, ubicada en Tacna y que en su momento fue uno de los más grande del mundo.

El sector minero en el país ha experimentado una evolución relativamente acelerada desde la década de los años 70 , originados en su mayor parte por Ley General de Minería de 1971 Decreto Ley 18880, la que luego dio lugar a la nacionalización de varios centros mineros por parte del estado entre estos debemos mencionar a Centromin ( Cerro de Pasco Corp.), Marcona (Hierro Perú), Tintaya, Cerro Verde y se mantuvieron pocos centros mineros privados importantes como es el caso de Southern Peru Copper , única gran sobreviviente a los proceso de nacionalización de esa época.

En el “Estudio básico situacional de los Recursos Hídricos en el Perú” hecho por INRENA el año 1992 se muestra que el consumo de agua agrícola llegaba a 86% mientras que el uso minero solo representaba el 1% del consumo total del país que en ese entonces estaba en 16,502’670,000 m<sup>3</sup>. Es decir el consumo minero solo llegaba a 152’041,000 m<sup>3</sup>. En el año 2009 el consumo minero llegaba ya a los 401’000,000 m<sup>3</sup>/año es decir 2.6 veces más.

Trabajos realizado por Kuroiwa y Castro (2016) muestran que la huella hídrica extendida del cobre en el país estaría en 116 m<sup>3</sup>/ton de este total 81 m<sup>3</sup>/ton sería huella azul, huella gris 33m<sup>3</sup>/ton y huella verde 2 m<sup>3</sup>/ton. Como se observa el mayor uso sería de agua azul porque en el proceso se toma agua de fuentes naturales o aguas subterráneas y es el correspondiente al de flotación (84% de la producción Nacional utiliza este procedimiento).

La ley de Minería (D.S. 014-92-EM) establecía en su capítulo V : Facilidades de trabajo artículos del N. 325 al N. 338 las facilidades en cuanto cantidad y calidad de agua que debían dar la empresas a los trabajadores mineros por ejemplo: temperatura del agua entre 5 y 25° máximo, volumen diario de 50 Litros para uso sanitario, además de condiciones físico-químicas y bacteriológicas mínimas. Para las operaciones mineras en si no se establecían “rate” de consumo pero si se exigía que los sistemas de conducción y transporte sean seguros y con la mínima perdida además se establecía el uso del agua para los trabajadores y la limpieza de los equipos. Cerro Verde por ejemplo utilizaba 22 L/s para lixiviación y 50. L/s para concentradora.

La mayor cantidad de agua en la operación se utiliza en la planta concentradora dependiendo del método a utilizar, el más difundido en nuestro medio es del de flotación. Por este procedimiento se incorporan a la mezcla agua-mineral reactiva que permiten la separación del metal por flotación. Luego del proceso de extracción queda agua que es posible de recuperar tanto al final del mismo como a partir de aguas decantadas de los depósitos de relaves. Los reactivos utilizados en flotación por lo general dejan el pH del agua en niveles de 10 u 11. Normalmente se agrega Cal para manejar el pH en el orden de 7 que es un valor neutro. El contenido de sólidos en el proceso se ubica entre 20 y 40% para mantener esto se requieren nivel de consumo del orden de 1 a 3.5 m<sup>3</sup>/ton. de material.

El producto esperado de una concentradora es el concentrado de mineral que pueden ser solidos humedecidos que tienen entre 8 y 15 % de humedad y el nivel de riqueza de mineral se eleva a niveles de 20 a 40%. Este material es llevado a fundición y luego a refinería para obtener el metal con un alto grado de pureza.

#### **4.1. USO DEL AGUA EN EL SECTOR MINERO INFORMAL**

En el sector minero artesanal e informal la información sobre uso de agua fresca es muy limitada en cuanto volumen a nivel nacional siendo el aspecto más crítico el referente al agua utilizada y que es devuelta a los cuerpos receptores sin tratamiento. Este sector en general no conoce la normatividad ni procedimiento de cuidado de medio ambiente correspondiente a la actividad minera y muchas veces encontramos trabajadores que no tiene formación de mineros sino que llegaron a esta actividad por la falta de oportunidad y posibilidades laborales en otros sectores. Existe también una renuencia del minero informal a incorporar tecnología en sus procesos al visualizar básicamente la rentabilidad de la actividad como meta.

Un gran problema que surge de esta actividad minera en la zona andina principalmente es la generación de agua ácida (pH menor de 7) que surge de minas abandonadas, contacto de roca con formaciones mineralizadas expuestas y también con desechos mineros abandonados sin ningún criterio de protección o hermetización. Cuando algunos minerales sulfurosos entre ellos la pirita o la magnetita son expuestos a la oxidación p.ej. agua y oxígeno el proceso se inicia rápidamente y da lugar a sulfuro férrico o ferroso los cuales disminuyen el pH sensiblemente a valores que pueden llegar a 1.0, estas aguas tendrán entonces capacidad de poner en solución metales pesados tóxicos como: Plomo Pb, Mercurio Hg, Arsénico As, etc. terriblemente dañinos a los seres vivos y estos son arrastrados en el flujo y atacan la vida animal y vegetal. También es posible encontrar lagunas naturales con aguas ácidas sin actividad minera pues la formación de base de las mismas contiene los minerales que se oxidan naturalmente incorporando pH muy bajo en las zonas de contacto el cual se distribuye en el cuerpo de agua progresivamente.

Los problemas de calidad de agua asociados a minería proviene de las aguas de relaves, aguas ácidas no controladas de la zona de extracción, aguas del proceso metalúrgico y las aguas servidas de los campamentos y asentamientos humanos asociados a la actividad.

Los elementos vestigiales son importantes porque el contacto constante con estos - aunque en dosis menores- constituye un peligro grave a la salud para quienes lo tratan. Un ejemplo es el Mercurio inorgánico que por acción microbiana se puede transformar en Mercurio de metilo sustancia que es absorbida y se expande muy fácilmente en los tejidos orgánicos. Los mineros informales de Madre de Dios por ejemplo utilizan Mercurio en forma y en cantidades alarmantes además de dañar el paisaje, depredar el suelo, eliminar la flora y fauna e incorporar combustibles-lubricantes en el agua de los cauces de los ríos de esa zona. Cada año se estima que se producen entre 16,000 y 18,000 kg. de oro en Madre de Dios y por cada Kg. de oro ingresan al sistema de cauces y riberas 2.8 Kg. de mercurio afectando entre otros la salud de las comunidades nativas a través del consumo de pescado. Un nativo que consuma 2 kg. de pez Mota (típico de la zona baja) estaría superando en 24 veces el límite de Mercurio establecido por la OMS (5).

#### **4.2. USO DEL AGUA EN EL SECTOR MINERO FORMAL: MEDIANA MINERÍA**

La información disponible indica que el Perú existirían unas 10 empresas mineras del nivel de gran minería, 200 de la denominada mediana minería y alrededor de 800 de la pequeña minería formalizada. La mediana minería engloba a las empresas que procesan entre 500 y 5000 Tn/día. Realmente la mediana minería está en promedio en 1500 Tn/día y la gran minería se hallaría sobre los 12,000 Tn/día.



### 4.3. USO DEL AGUA EN EL SECTOR DE LA GRAN MINERÍA

Para medir la eficiencia de uso del agua en la gran minería existen varios indicadores cuya evolución permite identificar el impacto de acciones de mejora implementadas en los diferentes procesos por ejemplo:

Cantidad total de agua fresca utilizada en la operación,  $\frac{m^3}{Año}$

Volumen de agua fresca por cada tonelada de metal fino,  $\frac{m^3}{Tn}$

Volumen de agua fresca por tonelada de material molido,  $\frac{m^3}{Tn}$

Nivel de reutilización del agua en la operación:  $\frac{Total\ agua\ utilizada - agua\ fresca\ utilizada}{Total\ agua\ utilizada}$

Proporción del agua usada en las operaciones en relación al uso de otros actores de la cuenca: % del agua total utilizable de la cuenca.

Eficiencia de uso del agua fresca:  $\frac{Total\ agua\ extraida - agua\ utilizada}{Total\ agua\ extraida}$

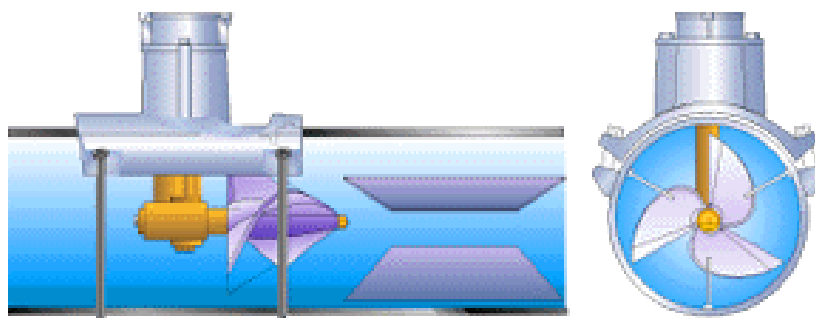
Tasa unitaria de consumo poblacional en campamentos:  $\frac{Litros}{(habitante-día)}$

Tasa de consumo de agua fresca de riego en mina:  $\frac{m^3}{(m^2-mes)}$

Gracias al desarrollo tecnológico de las últimas décadas hoy es posible implementar un control del volumen y flujo del agua en las fuentes de extracción y en los puntos de suministro de las operaciones de tal forma que es posible hacer seguimiento detallado a los indicadores mencionados líneas arriba así como detectar en tiempo real cambios que indiquen fugas, cambios los materiales, fallas en equipos de planta o malas prácticas en el manejo del agua.

Los medidores de flujo del tipo turbina han ido cediendo paso a los medidores de volumen (m<sup>3</sup>) y flujo (m<sup>3</sup>/s) del tipo electromagnético y los de ultrasonido, ambos no invasivos que alcanzan precisión de medición elevada (menores a 5%) pero que requieren de una calibración y control permanentes, se usan tanto en tuberías como en canales abiertos. Igualmente para la medición de niveles de embalses, cauces y reservorios, pozos de agua subterránea los los medidores de celdas de presión y detectores de ultrasonido son los más difundidos y según el rango de variación del nivel de agua y la necesidad de aproximación o precisión pueden ser instalados y acoplados a una red de control del tipo scada.





**Fig. N. 5: Medidores de flujo de turbina, invasivos.**



**Fig. N.6: Medidores de flujo y volumen de ultrasonido.**

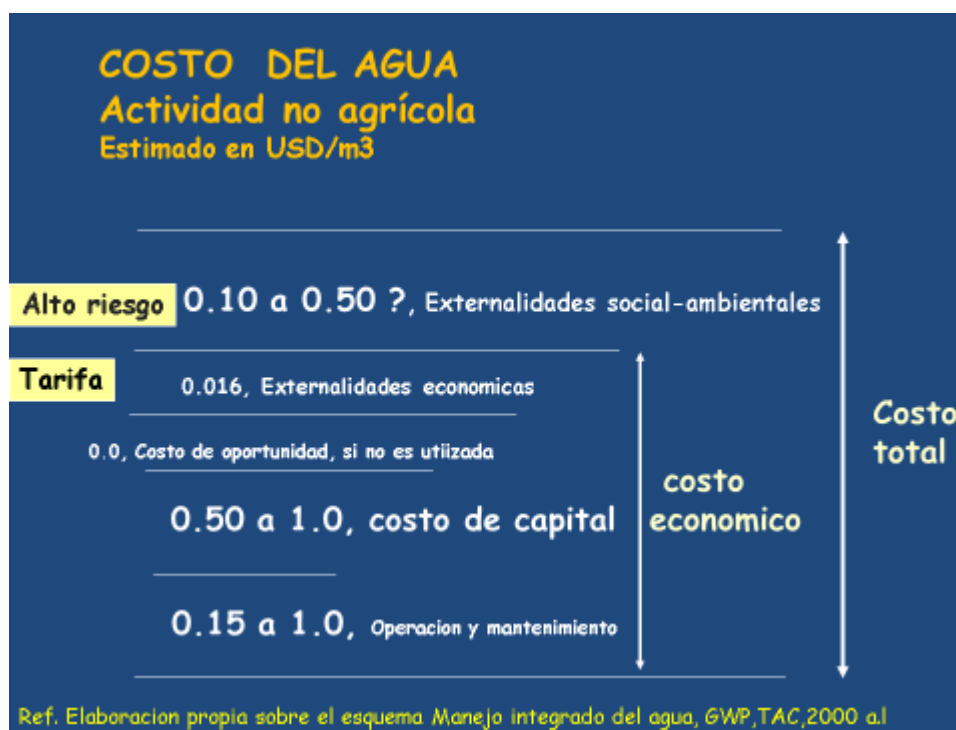


**Fig. N. 7: Medidores de flujo y volumen electromagnéticos**

Junto a la medición de valores de cantidad se puede hacer el registro de calidad del agua en línea incorporando sensores que permitan el registro de temperatura, pH, salinidad o

conductividad eléctrica, turbidez, DBO y otros parámetros de interés. Normalmente es necesario conocer la cantidad de flujo para interpretar adecuadamente la data de calidad

Otro tema de especial importancia en la gestión del agua es el costo de la misma el cual debe ser adecuadamente identificado para efectos de la toma de medidas que permitan además de su control su seguimiento e incorporación al sistema de control de costos de producción de la unidad operativa. La evaluación del nivel de gestión del agua fresca en la actividad minera requiere de un análisis del costo del agua, para esto se muestra un estimado de las componentes del mismo en el gráfico adjunto.



**Fig. N. 8: Costo del agua no agrícola-Minería**

De este gráfico conceptual se puede deducir que un costo importante esta -hoy en día en el país- asociado a las externalidades social-ambientales; esto es la inversión que se debe realizar en el entorno de las operaciones en temas de infraestructura y gestión del agua para viabilizar las mismas en el largo plazo utilizando para ello el concepto de Responsabilidad social.

Como se observa el costo de capital (amortización de capital más intereses) es el costo más importante por atender asociado al costo de Operación y mantenimiento. Si bien es cierto hace algunos años (1970-1990) el costo de externalidades económicas era casi inexistente (el costo de la llamada tarifa de uso de agua y de pago por vertimiento de agua residual trata era muy bajo) ahora son componentes a tener presente sobre todo

en el caso de uso de aguas subterráneas en zonas de baja disponibilidad. La ley de Recursos Hídricos (Art. 90, 91 y 92) y su reglamento establecen desde el año 2010 que ANA anualmente establecerá el monto de la retribución y de las tarifas de agua. Con el D.S. N. 021-2016 MINAGRI del 14 de diciembre 2016 se estableció la Retribución económica para el año 2017 por uso de agua superficial y subterránea para el sector minero definiéndose tres zonas: disponibilidad alta, media y baja con 0.0953, 0.1907 y 0.2861 soles/m<sup>3</sup> y en el caso de aguas subterráneas se establecen tres condiciones: acuífero sub explotado, en equilibrio y sobre explotado con montos de 0.0953, 0.1907 y 0.2861 soles/m<sup>3</sup>. Los valores son como se muestran no existe un error, los valores son coincidentes. También se puede observar que la retribución para uso minero esta entre 90 y 95 veces el pago para el uso agrícola.

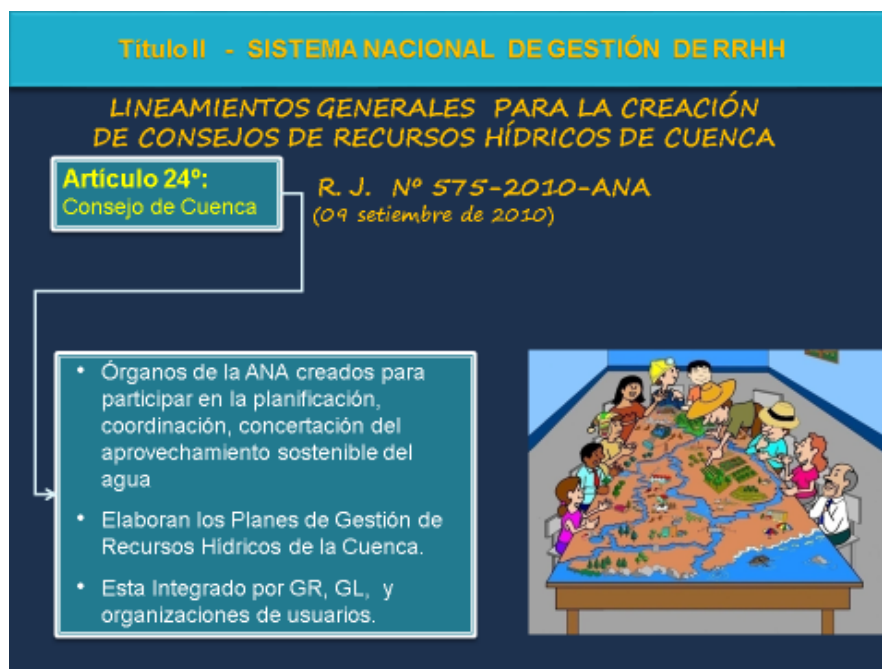
Por el uso del agua los usuarios en general deben pagar dos conceptos según la Ley de Recursos Hídricos Título VI. Régimen económico del agua: Retribución económica (por usos (Art. 91) y por Entrega de agua utilizada a un cuerpo receptor (Art.92) y Tarifa de uso de agua: por servicio de distribución de agua (Art. 90.3), por uso de infraestructura hidráulica menor o mayor (Art. 93) y por Servicio de monitoreo y gestión de uso de aguas subterránea (Art.94). En actividad minera prima el primer concepto: Retribución económica ya que los otros conceptos no aplican en la medida en que la minería ejecuta sus propias obras hidráulicas de captación y realiza/vigila su propio suministro y gestiona los acuíferos que aprovecha. La retribución económica se paga al estado por tratarse de un recurso natural de la nación y sirve para financiar la gestión del agua en cada cuenca y la tarifa se paga a quien opera el servicio de distribución y suministro.

## **5. ESTADO DE GESTIÓN DEL AGUA Y SU IMPACTO EN LA ECONOMÍA NACIONAL**

---

Un elemento importante que ha sido introducido en la gestión de los Recursos Hídricos en el país desde el año 2010 es el denominado Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca (R.J. 575-2010-ANA), actualmente se han instalado 06 proyectos piloto a nivel nacional en la zona occidental de los andes y en distintos escenarios, desde el norte con problemas eventuales de exceso de agua hasta el extremos sur con déficit casi permanente de la misma:

Chira-Piura  
Chancay-Lambayeque  
Chancay-Huaral  
Chillón-Rímac y Lurín  
Quilca-Chili  
Cajaluma-Locumba



**Fig. N.9: Consejo de cuencas una opción de gestión organizada**

En los tres últimos consejos la presencia de la actividad minera es importante y por ende su participación como actor decisivo de la gestión de los Recursos Hídricos en ese ámbito requiere de su atención permanente y proactiva con el objeto de participar del proceso de información y de la toma de decisiones.

Un problema común en la conformación de los Consejos de cuenca es la presencia en los mismos de más de una región política puesto que su implementación considera un proceso de rotación en la Presidencia de la misma (la cual debe ser establecida por el Gobierno Regional involucrado) casos como el del consejo Caplina-Locumba son aleccionadores pues involucra a las Regiones de Tacna, Moquegua y Arequipa. Otro aspecto importante por analizar corresponde al representante de los usuarios no agrarios puesto que este representa a los usos: industrial, poblacional y minero, actividades que no siempre coinciden en cuanto sus propios intereses.

El costo de funcionamiento de los consejos de cuenca es otro tema a considerar por cuanto requiere de recursos (económicos y humanos) que el estado no siempre dispone en magnitud y oportunidad lo cual limita sus actividades e iniciativas, pues no tienen iniciativa presupuestaria para implementar sus planes de trabajo. Esto amerita una revisión de su concepción como elemento fundamental de conciliación de intereses en el mediano plazo y como ente planificador.

En relación al impacto económico de la actividad minera es necesario revisar el concepto de canon minero. Analizando el caso del canon minero del año 2009 y el volumen de agua utilizado en minería -año en que se dispone de información más o menos clara- podemos

aproximar que el ingreso generado por m<sup>3</sup> fue del orden de 8.95 soles/m<sup>3</sup> (a soles del 2009) mientras que el año 2016 (estimados 2,500 millones de soles de canon) el aporte sería de solo 6.2 Soles/m<sup>3</sup>. El gran problema actual radica en que la mayor parte de este monto se distribuye en solo 6 ó 7 regiones mineras: Cajamarca, Ancash, Arequipa, La Libertad, Cuzco y Moquegua-Tacna.

El Plan nacional de gestión de los Recursos Hídricos elaborado por ANA considera una inversión hasta el año 2021 de 62,583 Millones de soles de los cuales los rubros de mayor importancia son: riego y saneamiento en zonas de pobreza 12%, regulación de aguas superficiales 8.5 %, Tratamiento de aguas residuales 24%. Como se observa el énfasis se encuentra en el suministro poblacional y la regulación del agua que se pierde cada año al mar en época húmeda (J. Chinchay, 2015). Habría que estar atentos a la implementación de esta cifra muy importante de inversión en el país.

	Total Exportaciones Mineras <1>	Total Canon Minero (*) <2>	Participación % del canon en las exportaciones mineras <3> = <2> / <1>
2006	43,001,392	1,746,378	4.1%
2007	46,852,062	5,157,003	11.0%
2008	50,404,799	4,552,718	9.0%
2009	44,669,280	3,590,680	8.0%
2010	58,844,258	4,048,289	6.9%

**Fig. N. 10:** Canon minero 2006-2010

(\*) A partir del año 2008, la estimación del canon se realiza utilizando datos del semestre final de cada año y el primer semestre del año siguiente.

**Fuente:** Aduanas (Varios Anuarios) // Transparencia Económica - MEF

## 6. NUEVOS ELEMENTOS EN EL ESCENARIO NACIONAL

---

En agosto del año 2013 la Congresista del Partido Nacionalista Natalie Condori promueve un Proyecto de ley ( P.L. 25367 del 23 de abril del 2013) que busca instituir el uso del agua desalinizada en los proyectos Mineros, obligando a a las empresas a esta opción en aquellas regiones que declarasen en veda de recursos hídricos por parte de la Autoridad Nacional del Agua, ANA, Este proyecto de Ley no tuvo éxito y quedo archivado. Esta no es más que una expresión del sentir de una parte de la población ante la idea surgida de grupos radicales de que el agua se está agotando en

el país y buscan abordar el tema con reglamentaciones que no conducen a un ambiente positivo a la inversión en minería.

La compañía minera Milpo S.A. en sus operaciones polimetálicas de Cerro Lindo (Chincha, Ica) ubicada a 60 km de la línea de costa y a 1820 msnm en la cuenca de la Qda. Topará, utiliza agua de mar desalinizada con capacidad de 36 L/s así como desarrolla un depósito de relaves seco y el concepto de vertimiento cero. La planta de desalinización utiliza osmosis inversa y luego mineralización para su derivación a mina. Los relaves son llevados a 12% de contenido de humedad para luego ser depositados en la mina: 60% en el tajo y 40 % como pasta en un depósito de relaves en seco sin el riesgo de filtraciones y derrames en la manipulación. Esta operación gana el Premio 2011 de la SNMPE al Desarrollo sostenible en el rublo Minería. Se estima que el costo del agua desalinizada estaría en 2.4 US/m<sup>3</sup>.

También desalinizo la constructora Andrade Gutierrez para la minera Vale do rio doce en sus trabajos de las operaciones de Bayovar en la Región Piura un flujo del orden de 10,400 m<sup>3</sup>/día (120 L/s), el más grande a la fecha trabajado en el del país. Esto se realiza gracias a una concesión por 27 años del tipo DBTO. Bayovar procesa 3.9 Millones de toneladas de roca mineralizada por año.

## 7. TEMAS DE DISCUSIÓN Y ANÁLISIS

---

Como consecuencia de la entrada en escenario desde hace ya varios años del tema de cambio climático, existen esfuerzos por incorporar este concepto a la interpretación del comportamiento del clima p.ej. precipitaciones, escorrentía, huaycos y eventos extremos como inundaciones y sequías así como también a la disponibilidad de agua futura para las actividades económicas entre estas la minería.

Esta búsqueda de explicación se ve fuertemente limitada por la falta de información lo suficientemente extensa en longitud: series de tiempo muy cortas y además varias de estas de baja calidad p.ej. representatividad de los eventos. Este punto de análisis es muy importante pues deberá, con la información adecuada y las evidencias científicas necesarias, incorporarse en algún momento este concepto de no estacionalidad o cambio climático al horizonte del planeamiento de los usos del agua y a los criterios de diseño de las obras de aprovechamiento y regulación así como a las políticas de extracción y control. Los horizontes de vida de los proyectos mineros en si se muestran cortos en comparación a los procesos de cambio climático de allí que queda un espacio de análisis y discusión muy importante a desarrollar en los próximos años sobre la pertinencia y el modo de incorporar el concepto de cambio climático. En esto la toma de información hidrometereológica continua y consistente es el elemento central de apoyo junto con una real concepción del proceso.

Los monitoreo participativo dirigido por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) con intervención de las JJ UU de riego y las autoridades locales ayudará mucho a conocer el origen de la baja eficiencia en la gestión del agua e identificar mecanismos reales para abordar el tema. Estos monitoreos que se gestaron como una forma de fiscalizar el uso del agua en la actividad minera en cuanto cantidad y calidad, pueden y deben servir para una explicación didáctica y en campo del origen del problema de déficit de agua a los usuarios y a las autoridades locales de la cuenca.

La Organización de un archivo central de reportes de uso de aguas de los usuarios y data de precipitaciones, temperaturas y caudales mensuales de los ríos de la cuenca que son utilizados como fuente de suministro, centralizados en un sistema de información constituirá una importante herramienta de gestión y planificación. Este sistema deberá ser operado por la autoridad en la cuenca con el debido mantenimiento y actualización para acceder a data confiable.

La participación de la actividad minera como apoyo activo en la elaboración de estudios hidrológicos y de diagnóstico en las cuencas de influencia, implementando modelos de gestión-optimización, previos a la materialización de los planes de inversión es un tema por abordar seriamente y de planificar adecuadamente.

Apoyar a la Autoridad Nacional del agua (ANA) y el SENAMHI (Agencia de control meteorológico e hidrológico) en regiones sin información y en los Planes de Mejora de las redes de Estaciones Meteorológicas e Hidrométricas es fundamental para el conocimiento adecuado de las disponibilidades en los distintos sectores de la cuenca.

Involucrarse en programa de investigación sobre Eventos extremos: Sequías e inundaciones que permitan su identificación y caracterización con el objeto de implementar medidas de control y mitigación a su impacto constituirá una forma de eliminar riesgos en las operaciones y transferir tecnología al sector rural.

Apoyar a la autoridad en proyectos de soporte a la formalización de derechos de agua para efectos de sincerar los balances hídricos de cuenca y el pago de derechos.

## 8. BIBLIOGRAFIA

---

1. **Ley de Recursos Hídricos N. 29338 y su reglamento.** ANA, Lima 2009
2. **Estudio de los usos de los Recursos Hídricos en la actividad minera** , CEPES Lima 1996
3. **Premio al Desarrollo Sostenible 2011, SNMPE- Milpo.Cerro Lindo** , Lima 2011
4. **La minería Peruana: Lo que sabemos y lo que nos falta por saber.** Manuel Glave y Juana Kunamoto, Lima 2005.

5. **Minería aurífera en Madre de Dios y contaminación con mercurio.** IIAP y MINAM, Lima, 2011
6. **Los procesos mineros y su vinculación con el Agua.** E. Chaparro CEPAL/DRNI, Santiago 2009
7. **Minería energía, agua, y cambio climático- Perú.** Julia Cuadros, CooperAccion, Lima Abril 2014.
8. **La gestión de los Recursos hídricos en Southern Peru.** José N. De Pierola, Tacna, Marzo 2012.
9. **Cambio climático en el Perú Regiones del sur.** Fundación M.J. Bustamante de la Torre . Lima 2009
10. **Huella Hídrica del mineral de cobre en el Perú.** Universidad Nacional de Ingeniería. J.M. Kuroiwa, L.F. Castro, J.I.Montenegro Lima, 2016