



MECANISMO DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA: EL REÚSO DE AGUAS RESIDUALES EN LA ACTIVIDAD MINERA

CLEANER PRODUCTION MECHANISM: THE REUSE OF SEWAGE IN MINING

*José Antonio Vera Torrejón*¹
josvertor@gmail.com

Abogado por la Pontificia Universidad Católica del Perú

Recibido: 23 de setiembre de 2015

Aceptado: 30 de octubre de 2015

SUMARIO

Introducción

Producción más limpia en las actividades mineras

El reúso de aguas residuales en la actividad minera

Casos prácticos de uso de reúso de agua residual minera

Conclusiones

Bibliografía

RESUMEN

Los mecanismos de producción más limpia se sustentan en los principios de prevención y desarrollo sostenible, cuyo objetivo es la protección del ambiente, ya sea mediante la conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales o mediante la preservación de la calidad ambiental. Como uno de los mecanismos de producción más limpia en la gestión del recurso hídrico, el autor define y desarrolla el concepto de reúso de aguas residuales, enfatizando su aplicación en la actividad minera. Por último, se presentan casos de reúso de aguas residuales aplicados por las empresas mineras.

PALABRAS CLAVE

Producción más limpia; ecoeficiencia; actividad minera; recurso hídrico; agua residual; reúso de agua residual; instrumento de gestión ambiental; tratamiento; estándares ambientales; desarrollo sostenible; calidad ambiental.

ABSTRACT

The cleaner production mechanisms are based on principles of prevention and sustainable development, which objectives are to protect the environment -through conservation or sustainable use of natural resources- and to preserve environmental quality. As one of the mechanisms for cleaner production in water resources management, the author defines and develops the concept of wastewater reuse, emphasizing its application on mining. Finally, some reuse of wastewater experiences applied by mining companies are presented.

KEYWORDS

Cleaner production; eco-efficiency; mining; water resources, waste water; waste water reuse; environmental management tool; treatment; environmental standards; sustainable development; environmental quality.

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso líquido incoloro, inodoro e insípido compuesto por la combinación de un átomo de oxígeno y dos átomos de hidrógeno y al igual que el sol, el aire y el calor es un elemento necesario para la vida. Asimismo, el agua es considerada un recurso esencial para la producción de la mayoría de bienes y servicios, incluidos los alimentos, la energía y las manufacturas.

El crecimiento demográfico, la urbanización, las políticas de seguridad alimentaria y

1. Especialista en ciencias ambientales. Además, es máster en Ciencias del Medio Ambiente por la Universidad de Barcelona. Coordinador (e) de Aplicación de Sanciones por Incumplimiento de Medidas Correctivas de la Dirección de Fiscalización, Sanción y Aplicación de Incentivos del OEFA y miembro del Consejo de Egresados del Circulo de Derecho Administrativo (CDA).

energética, los procesos macroeconómicos como la globalización del comercio, los cambios en la alimentación y el aumento del consumo son factores que incrementan la demanda del agua a nivel mundial y, a su vez, alertan de un posible déficit global de agua cada vez mayor, a menos que se restablezca el equilibrio entre la demanda y el suministro limitado de agua.

De acuerdo con el Informe sobre los Recursos Hídricos en el Mundo 2015, emitido por la United Nations Educational Scientific and Cultural Organization (Unesco), las vías de desarrollo no sostenibles y los fracasos de la gobernanza han afectado la calidad y la disponibilidad de los recursos hídricos, lo cual repercute en la capacidad de generar beneficios sociales y económicos.

Frente a esta preocupación, el presente artículo desarrolla aspectos de la gestión del recurso hídrico en la actividad minera, específicamente del reúso de las aguas residuales domésticas o industriales. Este reúso permite una menor cantidad de agua en la actividad minera y, dependiendo del tipo de reúso, implicará la optimización de las inversiones en los procesos productivos de las empresas.

En esta línea, la premisa del presente artículo es que el reúso de aguas residuales involucra una inversión minera sensata, que parte de un cambio o mejora en sus procesos productivos. Por ello, en el artículo se presentan los mecanismos de producción más limpios en la actividad minera y cómo estos se relacionan con el reúso de aguas residuales y la ecoeficiencia que se busca en la gestión responsable del recurso hídrico.

Por su naturaleza de artículo jurídico-científico, se propone un desarrollo teórico con sustento técnico y legal, que parte por diferenciar lo que entendemos por principio de prevención y principio de desarrollo sostenible y en cuál de estos se sustenta la producción más limpia. Posteriormente, se procede a definir y sustentar los conceptos de recurso hídrico, agua residual y reúso de agua residual, para que así el lector evidencie la sucesión que existe entre dichos conceptos y su relación con la producción más limpia.

Para finalizar, se proponen casos reales de reúso de aguas residuales de la actividad minera con

la finalidad de que el lector pueda conocer algunas de las mineras que vienen aplicando este mecanismo de producción más limpia y en qué instrumento se puede profundizar la revisión del detalle técnico.

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN LAS ACTIVIDADES MINERAS

Los principios de desarrollo sostenible y de prevención

Los principios del derecho ambiental han sido desarrollados y recogidos en las siguientes fuentes del derecho internacional: i) las convenciones internacionales, sean generales o particulares, que establecen reglas expresamente reconocidas por los Estados litigantes; ii) la costumbre internacional, como prueba de una práctica generalmente aceptada como derecho; iii) los principios generales, reconocidos por las naciones civilizadas; iv) las decisiones judiciales y la doctrina, como medio auxiliar para la determinación de las reglas de derecho (Vera Esquivel, 2011).

De acuerdo con Vera Esquivel (2011), a la fecha se puede decir que existen seis principios ambientales en el derecho internacional, que han sido incorporados y repetidos en diversos instrumentos internacionales durante los últimos veinte años. Entre estos se encuentran el principio de soberanía de los recursos naturales, el principio de prevención, el principio precautorio, el principio de buena vecindad y cooperación internacional, el principio de las responsabilidades comunes pero diferenciadas y el principio de desarrollo sostenible.

Para efectos del presente artículo, se presentan dos de los seis principios señalados por dicho autor, los cuales (como veremos más adelante) están directamente relacionados con los mecanismos de producción más limpia. Estos son el principio de desarrollo sostenible o sustentable y el principio de prevención².

2. Estos dos principios se encuentran también regulados en la Ley N.º 28611, Ley General del Ambiente, como principio de prevención y principio de sostenibilidad. Asimismo, en el numeral 113.2 del artículo 113º se indica que son objetivos de la gestión ambiental en materia de calidad ambiental, entre otros, el preservar, conservar, mejorar y restaurar, según corresponda, la calidad del aire, el agua y los suelos y demás componentes del ambiente, identificando y controlando los factores de riesgo que los afecten.

El principio de desarrollo sostenible

El concepto de desarrollo sostenible o sustentable fue definido en 1987 por la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y Desarrollo, o Comisión Brundtland, de la siguiente manera: «El desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades». (Fúquene, 2007, p. 25)³

El desarrollo sostenible presenta varios matices como el económico, el social, el control de la natalidad, el antropogénico, entre otros; en función a su ámbito multifuncional, se ha constituido como la principal herramienta para la conservación sostenible de los recursos naturales.

En el sector económico-industrial, la condición de sostenibilidad implica la reconversión tecnológica (aplicación de tecnologías limpias) en el uso de materiales, insumos y recursos naturales, y así lograr que los procesos sean más eficientes. En este sentido, diferentes sectores de la sociedad han trabajado para diseñar e implantar instrumentos de mejoramiento del desempeño ambiental, como por ejemplo, la norma ISO 14001⁴, que promueve sistemas de administración ambiental, referidos al análisis del ciclo de vida del producto, los indicadores de ecoeficiencia, el eco-etiquetado, entre otros. (Fúquene, 2007)

En el Perú, el principio de desarrollo sostenible se encuentra regulado en el artículo V del Título Preliminar de la Ley N.º 28611, Ley General del Ambiente, de la siguiente manera:

3. Asimismo, de acuerdo con los autores Barreira, Ocampo y Recio (2007), el desarrollo sostenible integra a su vez cuatro subprincipios:

- Principio de equidad intergeneracional: la necesidad de conservar los recursos naturales para el beneficio de las futuras generaciones.
- Principio de uso sostenible: el objetivo de explotar de forma sostenible, racional o adecuada.
- Principio de uso equitativo o equidad intrageneracional: uso equitativo de los recursos naturales, el uso por un estado debe tener en cuenta las necesidades de otros estados.
- Principio de integración: la necesidad de asegurar que las consideraciones ambientales se integran en los planes, programas y proyectos de desarrollo económico y social, y que las necesidades de desarrollo se tienen en cuenta a la hora de incluir objetivos ambientales. (p. 36)

4. Esta norma internacional especifica los requisitos para un sistema de gestión ambiental y se aplica a aquellos aspectos ambientales que la organización puede controlar e influenciar. No establece por sí misma criterios de desempeño ambiental específicos.

Artículo V. Del principio de sostenibilidad

La gestión del ambiente y de sus componentes, así como el ejercicio y la protección de los derechos que establece la presente ley, se sustentan en la integración equilibrada de los aspectos sociales, ambientales y económicos del desarrollo nacional, así como en la satisfacción de las necesidades de las actuales y futuras generaciones.

En tal sentido, el principio de desarrollo sostenible está enfocado en el derecho del hombre a explotar y usar los recursos naturales (recursos que le dan una satisfacción económica y crecimiento al país) y la indesligable obligación de tener que conservarlos en beneficio de generaciones futuras, lo cual implica implementar las tecnologías y estrategias necesarias para lograr dicho fin.

Principio de prevención

«Entre los principios generales más importantes que rigen la gestión ambiental en materia de calidad ambiental, se encuentra el principio de prevención, que está orientado a evitar o controlar directamente las causas de los problemas ambientales y así mantener la calidad del ambiente y de sus componentes» (Caferatta, 2003). En este sentido, la prevención está orientada, en primer orden, a evitar los impactos ambientales negativos o, en su defecto, a mitigarlos, recuperarlos o compensarlos.

A fin de garantizar este principio, los Estados han establecido procedimientos de autorización, compromisos sobre normas ambientales, métodos para acceder a la información y la necesidad de contar con estudios ambientales; por ejemplo, los organismos internacionales así como muchos convenios incorporaron los estudios ambientales como instrumentos de decisión.

Cabe señalar que el principio de prevención ha sido respaldado por instrumentos internacionales que previenen la introducción de contaminantes, por acuerdos en el campo del derecho económico internacional, y en la jurisprudencia internacional (Vera Esquivel, 2011).

En el Perú, el principio de prevención se encuentra regulado en el artículo VI de la Ley General del Ambiente de la siguiente manera:

Artículo VI. Del principio de prevención

La gestión ambiental tiene como objetivos prioritarios prevenir, vigilar y evitar la degradación ambiental. Cuando no sea posible eliminar las causas que la generan, se adoptan las medidas de mitigación, recuperación, restauración o eventual compensación, que correspondan.

De la mencionada norma, se infiere que el principio de prevención ambiental no solo está circunscrito para evitar o prevenir el impacto ambiental negativo⁵ (degradación ambiental), sino que también está orientado a mitigar, recuperar y eventualmente compensar el impacto negativo generado en el ambiente. En esta línea, se aprecia que la prevención es una herramienta de protección de la calidad ambiental.

Aplicación de los principios de desarrollo sostenible y prevención a la producción más limpia en las actividades mineras

Tal como se ha desarrollado anteriormente, el principio de desarrollo sostenible involucra la conservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el principio de prevención busca la protección o preservación de la calidad ambiental. En consideración a ello, se procede a analizar qué implica la producción más limpia y cómo se encuentra relacionada con dichos principios.

Producción más limpia

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - PNUMA (1999) definió la producción más limpia como «la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integrada a los procesos, a los productos y a los servicios para reducir los riesgos relevantes a los seres humanos y al ambiente» (p. 6). Tal como apreciamos de la definición, esta estrategia ambiental tiene una doble función: el mejoramiento de los procesos, productos y servicios y la reducción de los riesgos para el ser humano y el ambiente.

El mejoramiento de los procesos, productos o servicios es considerado como un valor

agregado al sistema productivo (Fúquene, 2007)⁶; el cual se materializa mediante la aplicación de diversos mecanismos, tales como el ahorro de materias primas, agua y energía, la eliminación de insumos peligrosos y la reducción de la cantidad y la toxicidad de las emisiones y los residuos (líquidos o sólidos) en la fuente. La aplicación de las técnicas de ahorro, eliminación y reducción abarca todo tipo de cambio de infraestructura y procesos antes de la generación de los residuos (sólidos o líquidos) o emisiones; como por ejemplo, la sustitución de insumos tóxicos o el uso de tecnologías más limpias y eficientes.

Cabe señalar que a largo plazo, la producción más limpia es más efectiva desde el punto de vista económico y más coherente desde el punto de vista ambiental, comparados a los métodos tradicionales de tratamiento «al final del proceso», los cuales están enfocados a qué hacer con los residuos (sólidos o líquidos) o emisiones después de que son generados y expulsados del proceso (Ministerio de Ambiente y Espacio Público, 2007).

La reducción de los riesgos para el ser humano y el ambiente involucra realizar un control y un tratamiento de los residuos y las emisiones que se generen por la operación de los procesos. Por ello, durante la implementación de los procesos, productos o servicios se debe realizar un control de la calidad de los insumos (toxicología ambiental) y materias primas usadas, como también un monitoreo constante de los residuos y emisiones.

En resumen, podemos señalar los siguientes impactos que comprende una producción más limpia:

<p>En los procesos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Conservación de materia prima y energía. • Eliminación del uso de materias primas tóxicas. • Control de la calidad de los insumos y materias primas usadas. • Reducción de los costos de producción, debido al ahorro producido • Reducción de los costos de tratamiento al final del proceso.
------------------------	--

5. «El impacto ambiental negativo es también conocido como degradación ambiental, concepto que está asociado a la idea de la pérdida o deterioro de la calidad ambiental». (Sánchez y Canossa, 2010, p. 26)

6. El mejoramiento de los *procesos, productos* o *servicios* puede ser considerado como un método excepcional a los comúnmente utilizados por las empresas.

En los productos	<ul style="list-style-type: none"> • Mejoramiento de la calidad del producto.
En los residuos	<ul style="list-style-type: none"> • Disminución de los costos de manejo de los residuos. • Disminución del riesgo de impacto ambiental de los residuos.
La producción más limpia mejora	<ul style="list-style-type: none"> • La eficiencia de los procesos. • La calidad del producto.

(Ministerio de Ambiente y Espacio Público, 2009, p. 9)

En el sector minero, la práctica de producción más limpia se ejecuta en cada proyecto de inversión del ámbito del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). En todo proyecto, hay un recurso natural usado para, finalmente, obtener un producto de este, tal como se aprecia a continuación:

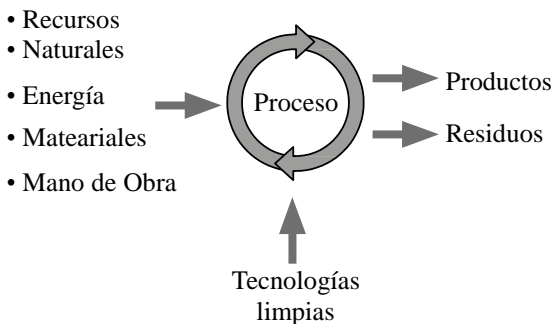


Figura 1. Proceso de producción más limpia

Fuente: Elaboración propia

Algunos ejemplos de producción más limpia en el sector minero son los siguientes: (i) diseño efectivo del proceso; (ii) sustitución de insumos no deseados; (iii) mejoras en la planta de procesado; (iv) mantenimiento preventivo de los equipos del proceso; (v) reusar, recuperar y reciclar los residuos, líquidos o sólidos según corresponda, usados en el proceso minero (valorización interna) (Oyarzún, J. y Oyarzún, R., 2011).

La ecoeficiencia y su diferencia con la producción más limpia

La eco-eficiencia es una medida para determinar el nivel de desempeño ambiental de una organización. Se logra mediante indicadores

que permitan cuantificar y dimensionar la utilización de los recursos (Fúquene, 2007).

La práctica eco-eficiente en las actividades mineras involucra conductas enfocadas a lo siguiente: (i) utilización efectiva y eficiente de los materiales de trabajo; (ii) reducción de los residuos y mejora en el valor de subproductos; (iii) reducción del uso del agua⁷; (iv) reducción del consumo de energía y la emisión de gases de efecto invernadero; (v) mejora en el control de los metales pesados y otros materiales tóxicos⁸.

Como se observa, la eco-eficiencia es el valor final, la calificación que uno le da al resultado de un conjunto de procesos tecnológicos, en cambio, la producción más limpia son los medios para llegar a este resultado, el cual se enfoca a las mejoras tecnológicas que una empresa adopta para ser eco-eficiente (Oyarzún J. y Oyarzún, R., 2011).

En consideración a lo expuesto, mientras la ecoeficiencia se centra en el lado estratégico del negocio (producto-resultados), la producción limpia se encuentra referida a los aspectos operacionales (producción-medios); por ello, son considerados conceptos complementarios.

Con los conceptos desarrollados, resulta evidente que la producción más limpia es una práctica enfocada al uso eficiente de los recursos naturales para reducir los residuos y vertimientos generados. No obstante, se puede inferir que también tiene un matiz de prevención ambiental, pues busca evitar impactos negativos en el ambiente (reducción de residuos y emisiones) o, en su defecto, mitigarlos (tratamiento de residuos y emisiones).

Por tanto, para lograr una práctica de producción más limpia con resultados ecoeficientes, se buscará la reducción del uso del recurso natural y la protección de la calidad ambiental.

7. En el caso de uso de recursos hídricos, se evalúa la cantidad de agua utilizada en un periodo determinado y la cantidad de vertimientos al ambiente.

8. Cabe señalar que el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) impulsa la eco-eficiencia mediante los programas de apoyo a las agencias reguladoras para simplificar las normativas gubernamentales, y los programas para la transferencia de conocimientos técnicos de producción más limpia y mecanismos para el financiamiento de proyectos. Asimismo, la OECD, la UE y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) desarrollan indicadores para medir la eco-eficiencia y lineamientos para su implementación. De igual forma, analizan las experiencias en distintos países de Sudamérica, en donde las empresas privadas crean asociaciones y grupos para promover la eco-eficiencia. (Leal, 2005, pp.18-21)

EL REÚSO DE AGUAS RESIDUALES EN LA ACTIVIDAD MINERA

El agua en la actividad minera

Definición del agua

De acuerdo con la ciencia química, la molécula de agua es una combinación de dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno, cuya fórmula es H₂O. Dentro de sus propiedades físicas, se encuentra la de actuar como disolvente (medio de transporte) y su reacción con el calor (en estado sólido, líquido y gaseoso). Estas propiedades le permiten al agua cumplir un rol crucial como medio de vida, en el comportamiento ambiental y en usos industriales (Manahan, 2007).

El agua en la naturaleza cumple un ciclo hidrológico, que supone un movimiento o

transferencia de masas de agua, generado por un flujo energético de forma continua. Dicho ciclo hidrológico estaría conformado por las siguientes etapas: i) evaporación y transpiración (el agua de mar por el calor se evapora, como también las plantas transpiran el agua que absorben); ii) condensación (el agua evaporada forma nubes y comienza nuevamente el ciclo), iii) precipitaciones (líquida: aguas de lluvia, o sólida: nieve); iv) infiltración (precipitaciones se filtran en el suelo); v) escurrimiento (luego de filtrada el agua en el suelo, esta llega a una capa inferior donde se encuentra el agua subterránea, llamada acuífero; posteriormente, pueden formarse manantiales producto de la saturación del suelo con el agua subterránea, o desplazarse como escorrentía superficial hasta formar un río y desembocar finalmente en el mar) (Pulido Bosch, 2007).

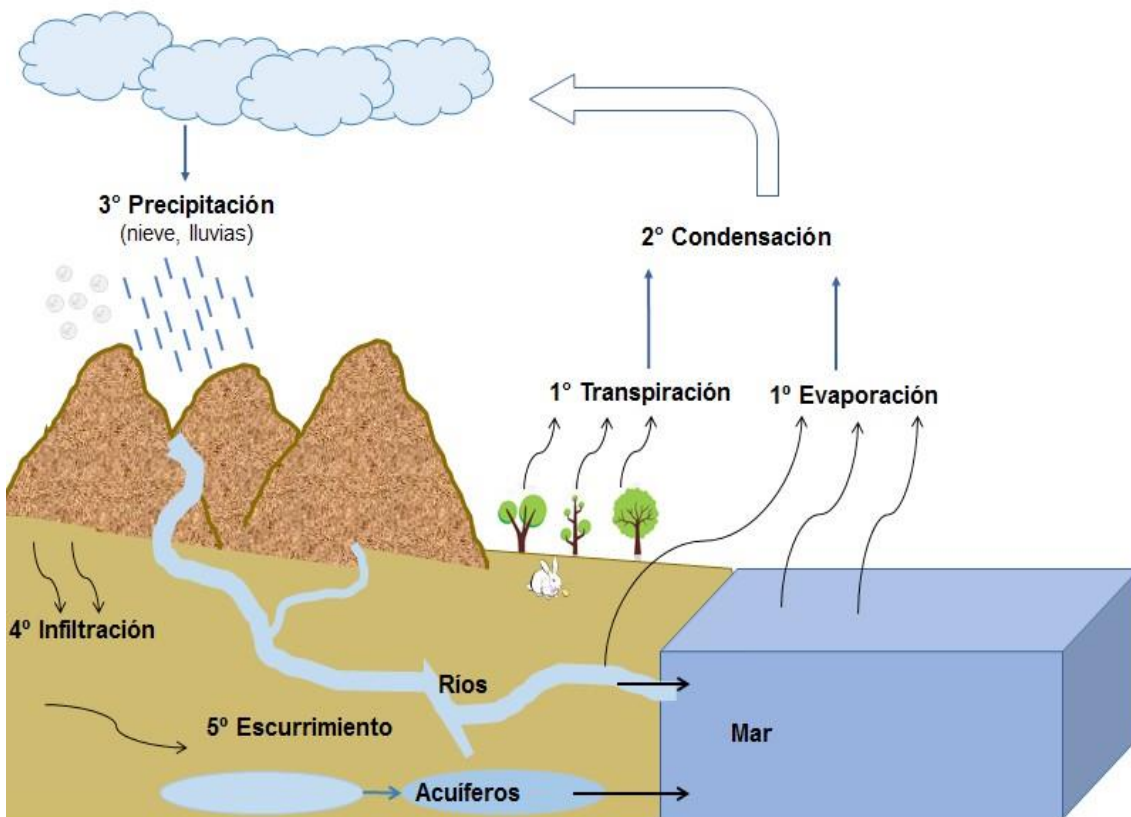


Figura 2. Ciclo hidrológico

Fuente: Elaboración propia

En el Perú, los temas referidos al agua están regulados por la Ley N.º 29338 - Ley de Recursos Hídricos. En el artículo 1º de la mencionada Ley se define el agua como un recurso natural renovable, indispensable para la vida, vulnerable y estratégico para el desarrollo sostenible, el mantenimiento de los sistemas y los ciclos naturales que la sustentan, y la seguridad de la nación.

Como se aprecia, la Ley de Recursos Hídricos se aboca a definir el agua como un recurso natural y no enfatiza la definición desde un punto de vista científico que incorpore sus propiedades químicas y físicas. Asimismo, de una lectura aislada, se puede señalar que la definición tiene un matiz económico, pues tiene por objeto que los beneficiarios aprovechen el recurso hídrico de manera sostenible y así asegurar este recurso de manera estratégica. En otras palabras, la definición del recurso hídrico de la mencionada ley está sustentada en el principio de desarrollo sostenible.

No obstante, de la lectura de los principios que rigen el uso y gestión integrada de los recursos hídricos regulados en esta ley, se aprecia que el principio de sostenibilidad regula la preservación de la calidad del agua y las condiciones de su entorno, como parte del ecosistema donde se encuentran:

Principio de sostenibilidad

El Estado promueve y controla el aprovechamiento y conservación sostenible de los recursos hídricos previniendo la afectación de su calidad ambiental y de las condiciones naturales de su entorno⁹, como parte del ecosistema donde se encuentran.

El uso y gestión sostenible del agua implica la integración equilibrada de los aspectos socioculturales, ambientales y económicos en el desarrollo nacional, así como la satisfacción de las necesidades de las actuales y futuras generaciones.

En tal sentido, el principio de sostenibilidad establecido en la Ley de Recursos Hídricos regula presupuestos de conservación y aprovechamiento sostenible de recursos

naturales (principio de desarrollo sostenible) y de preservación de la calidad del ambiente (principio de prevención); por lo que el concepto de producción más limpia está relacionado a tales aspectos, de la siguiente manera:

- Conservación o uso sostenible del recurso natural: mejoramiento del proceso minero y de las instalaciones que utilizan el recurso hídrico, lo que implica la sustitución de insumos tóxicos y/o el uso de tecnologías más limpias y eficientes, que reduzcan el uso y el consumo del agua.
- Preservación de la calidad ambiental: tratamiento (mediante instalaciones o plantas con dichos fines) de las aguas residuales domésticas o industriales con la finalidad de evitar la posible contaminación del agua. Este tratamiento implica que el agua pueda ser devuelta a su ciclo natural o pueda ser reutilizada para un determinado uso.

El uso del agua y la actividad minera

El uso de agua se refiere a la colecta o suministro de un flujo de agua superficial, subterránea o de manantial, agua potable o de escorrentía. El agua de la superficie se encuentra en estado líquido como el mar, lago, laguna, estuario o río (Maass, 2003). El de escorrentía corresponde al agua proveniente de precipitaciones o drenajes de agua, que escurre por el suelo y tiene contacto con elementos antropogénicos o minerales (Maass, 2003)¹⁰.

De acuerdo con una lectura sistemática de la Ley de Recursos Hídricos, el uso del agua puede ser clasificado por su consumo y por el beneficiario de esta.

10. Para determinar el tipo de drenaje es necesario hacer un estudio detallado de las condiciones físicas del medio, el clima del lugar y una caracterización de los efluentes de mina, para ello, se realizan muestreos de agua y sedimentos para su análisis en laboratorio y determinar las concentraciones metálicas presentes, también se recurre a la medición *in situ* de parámetros como: pH, contenido de oxígeno, potencial redox, conductividad, temperatura, Fe, acidez/alcalinidad, turbidez y otros. Independientemente de la fuente que da origen a los drenajes de mina, estos se pueden subdividir en dos grandes grupos: drenajes alcalinos y drenajes ácidos. (Aduvire, 2006, p. 6)

9. La negrita es nuestra.

- Por su consumo: puede ser consuntivo o no consuntivo.

Respecto a estas dos clasificaciones, existen varias definiciones y posturas en las ciencias ambientales y en la doctrina jurídica¹¹; sin embargo, para efectos del presente artículo y en aras de definir posteriormente el agua residual, se entenderá como uso consuntivo la cantidad total de agua utilizada en un periodo determinado de tiempo, la cual se extingue en su uso o es absorbida por un cuerpo natural¹².

Por el contrario, el uso no consuntivo del agua será cuando un porcentaje del agua no se extingue en su uso o no es absorbida por un cuerpo, lo cual permite que posteriormente sea utilizada en otras actividades o devuelta a su ciclo natural.

11. En las normas sobre materia de recursos hídricos no se ha desarrollado una definición del uso consuntivo o no consuntivo; sin embargo, en el artículo 73° del Reglamento de la Ley N.º 29338, Ley de Recursos Hídricos, aprobado mediante Decreto Supremo N.º 001-2010-AG, se establece que la licencia de uso de agua para uso consuntivo es aquella en la que el volumen de agua asignado se consume al desarrollar la actividad para la cual se otorgó.

12. Esta definición fue adaptada del libro *Encyclopedia of Water Science*. En la publicación «Consumptive Water Use» de dicha publicación, el autor define el término uso consuntivo del agua, en función al uso que le dan las plantas. El autor precisa que solo podría llamarse consuntivo cuando las plantas incorporan el agua en sus tejidos:

Consumptive water use is defined as the total quantity of water used in a given period of time as transpiration from the crop shoots and leaves, the water evaporated from the wetted soil or crop surfaces, and the small amount of water used in the building of plant tissue. In general, less than 1 % of the consumptive water use is incorporated into plant tissue, so consumptive water use is often used synonymously with the term evapotranspiration. The principal factors affecting the magnitude of consumptive water use are the amount and orientation of actively transpiring plant tissues, atmospheric conditions, soil – water reserves, and soil texture. (Lamm, 2003, p. 83)

Asimismo, en el texto *What is water use efficiency?*, se plasma una crítica a la definición de uso consuntivo del agua, pues indica que, en realidad, solo una pequeña parte del agua absorbida es absorbida por los hidratos de carbono o en la composición de tejido de la planta. Conforme a ello, no podríamos hablar exclusivamente de un uso consuntivo para riego de plantas, sino también de un uso no consuntivo, el cual resulta de la porción del agua que la planta no llegó a absorber.

The term water use is rather an unfortunate misnomer. Firstly, the water taken up by a plant canopy and transpired or lost in evaporation is only used in the very broadest sense in reality only a very small part of the water taken up is actually utilized in the construction of carbohydrates or even in the composition of plant tissue. Furthermore, as usually defined, it is not even a true efficiency, which is a term conventionally reserved for the dimensionless ratio between the output of a quantity and its input. (Jones, 2004, p. 29)

En este escenario, un tipo de uso de agua podría calificar como consuntivo o no consuntivo, o también existe la posibilidad de que cumpla simultáneamente con los supuestos de ambas clasificaciones. Por ejemplo, en el uso de agua para riego de vegetales, un porcentaje del agua será absorbido por la planta y el porcentaje restante será nuevamente devuelto al ciclo natural por infiltraciones de agua al subsuelo o evaporación. En este ejemplo, se aprecia un uso consuntivo (la absorción del agua) y un uso no consuntivo (su evapotranspiración o infiltración en el subsuelo y posterior desplazamiento al acuífero).

- Por el beneficiario: puede ser primario, poblacional o productivo.

Respecto al beneficiario del uso del agua, en la Ley de Recursos Hídricos se indica que el agua puede ser usada con fines primarios, poblacionales o productivos¹³. En la actividad minera, los fines del uso del agua dependerán del tipo de actividad y en la etapa que se encuentre; por lo que se puede clasificarlos en dos clases de uso (Oyarzún, Roberto; Higuera, Pablo y Lillo Javier, 2011):

- Doméstico o poblacional de la actividad minera: uso del agua en el campamento de los trabajadores, como por ejemplo, el agua usada principalmente para aseo personal, bebida, cocina, limpieza, riego, entre otros. Se trata de volúmenes poco significativos respecto al total consumido en la actividad minera.

13. En la Ley de Recursos Hídricos, aprobada mediante Ley N.º 29338, se reconocen los siguientes usos de agua:

- Uso primario: el uso primario consiste en la utilización directa y efectiva de la misma, en las fuentes naturales y cauces públicos de agua, con el fin de satisfacer necesidades humanas primarias. Comprende el uso de agua para la preparación de alimentos, el consumo directo y el aseo personal; así como su uso en ceremonias culturales, religiosas y rituales.
- Uso poblacional: el uso poblacional consiste en la extracción del agua de una fuente a través de un sistema de captación, tratamiento y distribución, con el fin de satisfacer las necesidades humanas básicas (preparación de alimentos y hábitos de aseo personal).
- Uso productivo: el uso productivo del agua consiste en la utilización de la misma en procesos de producción o previos a los mismos. Se ejerce mediante derechos de uso de agua otorgados por la Autoridad Nacional. Entre estos tipos de uso se encuentra el agrario; acuícola y pesquero; energético; industrial; medicinal; minero; recreativo; turístico; y de transporte.

- Industrial o productivo de la actividad minera: uso del agua en los componentes mineros que forman parte del proceso productivo o extractivo del mineral. Pueden ser los siguientes:

Uso en la mina: el agua sirve para la perforación y reducción de polvo en suspensión.

Uso planta concentradora: el agua sirve para la concentración del mineral.

Uso en los procesos de lixiviación: el agua sirve para preparar la solución del ácido sulfúrico u otros y disolver el mineral.

Uso para el transporte de concentrados: el agua sirve de medio de transporte de los concentrados del mineral, mediante un minero-ducto.

Uso en las fundiciones: el agua sirve de refrigerante durante la operación de los hornos. (p. 191)

El agua residual en la actividad minera

Definición de agua residual minera

En el Reglamento para el otorgamiento de autorizaciones de vertimiento y reúso de aguas residuales tratadas aprobado mediante Resolución Jefatural N.º 224-2013-ANA, se definen las aguas residuales como «aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades antropogénicas, que tengan que ser vertidas a un cuerpo natural de agua o reusadas y que por sus características de calidad requieran de un tratamiento previo».

No obstante, para efectos del presente artículo, se define el agua residual como el porcentaje de agua no consumida luego de su uso en una determinada actividad, la cual necesita tratamiento debido a las alteraciones antropogénicas en su calidad. Esta definición se ha elaborado con base en tres elementos que se justifican a continuación:

- Agua usada en una determinada actividad (*análisis del uso del agua por beneficiario*): el agua usada (con fines domésticos o industriales) en una determinada actividad tendrá su correlativo con el agua residual. Por ejemplo, si el agua es usada para fines domésticos, el agua residual que se genere será doméstica.
- Porcentaje de agua no consumida (*análisis del uso del agua por consumo*): en algunos casos, del 100 % del agua usada en el desempeño de distintas actividades al servicio del hombre y del ecosistema, existe un porcentaje de agua que no fue consumida (uso no consuntivo); por lo que debería ser devuelta a su ciclo natural o ser reutilizada. Este porcentaje no consumido sería el residuo derivado del uso¹⁴.
- Agua usada en una determinada actividad (*análisis del uso del agua por beneficiario*): el agua residual provendrá del uso doméstico o industrial que se tenga en una determinada actividad.
- Tratamiento a las alteraciones antropogénicas en la calidad de agua (*análisis de la calidad del agua*): la actividad genera un cambio o modificación en el conjunto de las características químicas, físicas y biológicas del agua usada. Por ejemplo, el agua usada con fines domésticos contendrá un alto contenido de materia orgánica, detergentes y grasas; por su parte, el agua usada con fines industriales contendrá elementos propios de cada proceso industrial como por ejemplo tóxicos, iones metálicos, productos químicos, hidrocarburos, detergentes, entre otros (Ministerio de Sanidad y Política Social, 2009).

Ante estas alteraciones, se aplica tratamiento para que el agua cumpla con las condiciones de calidad. Luego de ello, el agua se encontrará apta para ser devuelta al ambiente.

14. Como se ha señalado anteriormente, el uso de agua por consumo comprende la posibilidad de que sean consuntivos y no consuntivos de manera simultánea.

Lo desarrollado se presenta en la siguiente figura:

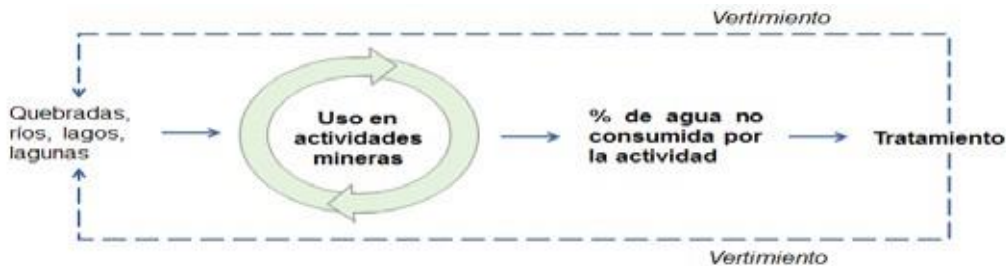


Figura 3. Proceso de formación del agua residual

Fuente. Elaboración propia

En consideración a lo desarrollado, la implementación de mecanismos de producción más limpia dependerá de la evaluación de la clase de uso del agua y del objeto de su disposición final. En tal sentido, la aplicación de tecnologías de producción más limpia deberá asegurar lo siguiente en un determinado periodo de tiempo: (i) reducción del uso consuntivo del agua, y (ii) reúso del agua residual en el proceso o en fines ambientales, lo cual es materia del presente artículo.

El reúso del agua residual minera

El reúso de agua residual se refiere al uso o aprovechamiento, para otros fines, del porcentaje del agua usada pero no consumida por una determinada actividad (Silva; Torres y Madera, 2008).

Según Alcalde (2012), el reúso de aguas residuales se perfila como una alternativa viable y beneficiosa para el ambiente, debido a lo siguiente:

- Se disminuye el uso del agua de calidad potable, liberando así recursos de agua de mejor calidad para usos más exigentes (abastecimiento público).
- Se reduce el volumen de vertidos de agua residuales al medio, incluyendo las aguas subterráneas.
- Se contribuye con usos ambientales, como el riego de plantas y vegetales.
- Se logra un uso sostenible de los recursos hídricos. (p. 4)

En la actividad minera, el reúso de aguas residuales puede ser (i) reúso industrial: agua de proceso, agua de transporte, control de polvo, torres de refrigeración, condensadores evaporativos, materiales de construcción, compactación de suelos, control de polvo en obras; (ii) reúso ambiental: riego en agricultura, riego de áreas verdes, riego para reforestación, recarga de acuíferos, silvicultura (áreas de cobertura vegetal), mantenimiento de humedales, mantenimiento de caudales mínimos, o (iii) reúso doméstico: consumo humano e higiene personal (Veliz, Llanes, Fernández y Bataller, 2009).

Para implementar estos tipos de reúso como mecanismos de producción más limpia, se deben tener en cuenta las características del agua residual, el tipo de tratamiento de esta, la calidad requerida en el uso posterior del agua y las condiciones naturales de la zona. Para ello, se debe realizar un estudio *in situ*, con el fin de elegir la tecnología que más se adapte a las condiciones económicas, ambientales y sociales de la zona (Manga, Logreira y Serralt, 2001).

Ahora bien, debido a que el presente artículo aborda el tema del reúso de aguas de manera general (tanto el reúso industrial, ambiental o doméstico, detallados anteriormente), se considera conveniente aplicar y adaptar los requisitos de reúso de aguas establecidos en el Reglamento para el otorgamiento de autorizaciones de vertimiento y reúso de aguas residuales tratadas aprobado mediante

Resolución Jefatural N.º 224-2013-ANA¹⁵. Ello en función a que es pertinente que todo tipo de reúso de aguas cumpla con determinados requisitos para su implementación.

En atención a ello, se considera que los requisitos para reusar agua residual son los siguientes:

- Compromiso de reúso establecido en el instrumento de gestión ambiental: el reúso de aguas residuales debe estar previamente establecido en los instrumentos de gestión ambiental. En caso de que el instrumento de gestión ambiental sea un estudio de impacto ambiental detallado, la autoridad certificadora otorgará también la autorización del reúso a través de la certificación ambiental global¹⁶; por el contrario, si el instrumento de gestión ambiental es un estudio de impacto ambiental semidetallado o complementario, la Autoridad Nacional del Agua (ANA)

15. Reglamento para el otorgamiento de autorizaciones de vertimiento y reúso de aguas residuales tratadas aprobado mediante Resolución Jefatural N.º 224-2013-ANA.

Artículo 1º. Condiciones para autorizar el reúso de aguas residuales tratadas

La Autoridad Nacional del Agua podrá autorizar el reúso de aguas residuales tratadas únicamente cuando:

- Las aguas residuales sean sometidas a un tratamiento previo que permita el cumplimiento de los parámetros de calidad establecidos por la autoridad sectorial competente, cuando corresponda.
- Se cuente con la aprobación del instrumento de gestión ambiental otorgado por la autoridad ambiental sectorial competente, que considere específicamente la evaluación ambiental del reúso de aguas residuales tratadas. Cuando el solicitante es persona distinta al titular del sistema de tratamiento de aguas residuales bastará con presentar la certificación ambiental otorgada al titular del sistema de tratamiento.
- No se ponga en peligro la salud humana, el normal desarrollo de la flora y fauna o se afecte a otros usos.
- Se cuente con el derecho de uso de agua correspondiente para el desarrollo de la actividad generadora de aguas residuales a reutilizar.

16. Ley N.º 30327 - Ley de Promoción de las Inversiones para el Crecimiento Económico y el Desarrollo Sostenible

Artículo 4º. Definiciones

4.2 Certificación Ambiental Global. Es el acto administrativo emitido por el SENACE, a través del cual se aprueba el estudio ambiental de categoría III (EIA-d), integrando a esta los títulos habilitantes que correspondan a la naturaleza del proyecto y que están relacionados al procedimiento de certificación ambiental, en el marco del SEIA.
(...)

Artículo 10. Títulos habilitantes que se integran a la Certificación Ambiental Global

10.2 Los títulos habilitantes que forman parte de la Certificación Ambiental Global que corresponda, según

la naturaleza del proyecto de inversión, son los siguientes:
10.2.1 Recursos hídricos a cargo de la Autoridad Nacional del Agua (ANA):
(...)

Autorización para reúso de aguas residuales industriales, municipales y domésticas tratadas.

será la autoridad competente para otorgar la autorización de reúso de aguas.

Asimismo, el instrumento de gestión ambiental (sea estudio ambiental o instrumento de gestión ambiental complementario bajo la aplicación del SEIA) deberá establecer en su plan de manejo ambiental: (i) la finalidad del reúso, que puede ser industrial, ambiental o doméstico, conjuntamente con su descripción, coordenadas del punto de descarga del reúso y de control, fotografías, entre otros detalles; (ii) las infraestructuras de tratamiento; que será de acuerdo con el tipo de agua residual, y se debe señalar de igual manera el área, coordenadas, en qué consiste el proceso, entre otros detalles; (iii) el estándar ambiental a cumplir.

- Tratamiento previo para cumplir con determinados estándares ambientales: las aguas residuales serán sometidas a un tratamiento previo que permita cumplir con los estándares ambientales establecidos por la autoridad certificadora con la finalidad de no poner en peligro la salud humana y el normal desarrollo de los componentes del ambiente (abióticos y bióticos).

Al respecto, el tratamiento previo involucra procesos físicos (filtración), físico-químicos (neutralización), químicos (sorción, precipitación, complejación, degradación química) o biológicos (biodegradación). Por ejemplo, en el tratamiento de aguas residuales domésticas, se busca la remoción de sustancias flotantes, arenas, sólidos orgánicos e inorgánicos, como también la remoción de la demanda biológica de oxígeno (DBO) (Grau y Grau, 2010)⁽¹⁷⁾ mediante la reacción bioquímica de microorganismos; en cambio, en el tratamiento de aguas residuales industriales se busca la remoción de los sólidos, partículas y coloides de un líquido, como también la oxidación de los metales. El tratamiento previo permitirá que el agua residual cumpla con el estándar ambiental previsto para la finalidad del reúso (establecido en el instrumento de gestión ambiental), entre los cuales se encuentran los

17. La determinación de DBO, además de indicarnos la presencia y biodegradabilidad del material orgánico presente, es una forma de estimar la cantidad de oxígeno que se requiere para estabilizar el carbono orgánico y de saber con qué rapidez este material va a ser metabolizado por las bacterias que normalmente se encuentran presentes en las aguas residuales.

estándares de calidad ambiental (ECA) para el agua en su fuente natural¹⁸, los estándares de calidad de agua para consumo humano¹⁹ y los límites máximos permisibles (LMP) para efluentes minero-metalúrgicos.

Respecto a los ECA de agua, en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua aprobados mediante *Decreto Supremo N.º 002-2008-MINAM* (y también la Ley General de Aguas actualmente derogada) se clasifica el agua en determinados usos (riego de vegetales, bebida de animales, recreacional, entre otros); por lo que si el agua residual es reusada para alguno de los usos de agua establecidos en el *Decreto Supremo N.º 002-2008-MINAM*, deberá cumplir con sus ECA correspondientes. Así, por ejemplo, si el agua residual va a ser reusada para riego de vegetales, deberá cumplir con el ECA de la Categoría 3 según el *Decreto Supremo N.º 002-2008-MINAM*²⁰.

Respecto a los estándares de calidad de agua para consumo humano, corresponde indicar que sigue la misma lógica de los ECA de agua aprobados mediante *Decreto Supremo N.º 002-2008-MINAM*; así por ejemplo, si el agua residual es usada para higiene personal, deberá cumplir con

los valores máximos establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, aprobado mediante Decreto Supremo N.º 031-2010-SA.

Por último, si el agua residual no es reusada para alguno de los usos de agua establecidos en el *Decreto Supremo N.º 008-2008-MINAM* ni para consumo humano conforme al Decreto Supremo N.º 031-2010-SA, deberá ser comparada con los límites máximos permisibles (LMP) para efluentes líquidos de actividades minero-metalúrgicas, aprobados mediante Decreto Supremo N.º 010-2010-MINAM, siempre y cuando sea descargada al ambiente. En tal sentido, si el agua es recirculada y no descarga al ambiente, no se compararía con ningún estándar ambiental y posiblemente no necesitaría un tratamiento previo.

- Contar con derecho de uso de agua: se cuenta con el derecho de uso de agua correspondiente para el desarrollo de la actividad generadora de aguas residuales a reusar.

Lo desarrollado se presenta en la siguiente figura:



Figura 4. Proceso de reúso de aguas residuales

Fuente: Elaboración propia

18. Los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, aprobados mediante *Decreto Supremo N.º 002-2008-MINAM*, fueron clasificados en cuatro categorías de acuerdo con su uso: Categoría 1, Poblacional y Recreacional; Categoría 2, Actividades Marino Costeras; Categoría 3, Riego de Vegetales y Bebida de Animales; y Categoría 4, Conservación del Ambiente Acuático.

19. De acuerdo con el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, aprobado mediante Decreto Supremo N.º 031-2010-SA, el agua para consumo humano es el agua tratada y apta para consumo humano, doméstico habitual e higiene personal.

20. En este escenario, el efluente minero metalúrgico, que es un agua residual de la actividad minera, debe ser comparado con los ECA establecidos en el instrumento de gestión ambiental y no con los límites máximos permisibles (LMP) vigentes.

Conforme a lo expuesto, el reúso de aguas residuales en la actividad minera cumple con todos los requisitos de una práctica productiva más limpia, pues su implementación favorece el uso sostenible del recurso natural al reducir el consumo del agua y la preservación de la calidad del agua al ser comparado con un determinado estándar ambiental (ECA para agua, estándar de calidad para consumo humano o LMP).

Incentivos económicos para reusar agua residual en la actividad minera

Mediante la Resolución de Consejo Directivo N° 040-2014-OEFA/CD publicada en el diario oficial *El Peruano* el 18 de diciembre del 2014, se aprobó el Reglamento de Incentivos del OEFA, el cual dispuso que a través de incentivos honoríficos y económicos se reconozca y premie anualmente a las empresas que desarrollen prácticas destinadas a prevenir o reducir en mayor medida los impactos negativos en el ambiente, cuyo parámetro de medición sea la superación de las obligaciones contenidas en la normativa ambiental o instrumentos de gestión ambiental.

De acuerdo con el OEFA (que es la autoridad competente para fiscalizar actividades mineras), el otorgamiento de incentivos honoríficos permitirá que los administrados cuenten con una buena reputación ambiental, lo cual puede ser considerado un activo de gran relevancia por su influencia en la creación de valor y en la generación de beneficios empresariales²¹. Por otro lado, mediante el otorgamiento de incentivos económicos, además de consolidar la buena reputación de las empresas, se busca retribuir las inversiones realizadas por estas para proteger en mayor medida el ambiente²².

En el artículo 6° del Reglamento de Incentivos del OEFA, se indica que las medidas de producción limpia implementadas para incrementar la eficiencia ecológica, manejar racionalmente los recursos naturales o reducir los riesgos sobre la población y el ambiente serían una de las conductas objeto de evaluación para el otorgamiento de incentivo. Como ejemplo de estas, *se indica que el reúso de aguas residuales, en el proceso de producción y en riego de terrenos para forestación, calificaría como conducta objeto de incentivos; siempre y cuando se compruebe que sea un sobrecumplimiento a lo establecido*

21. De acuerdo con el Documento de Trabajo N.º 001-2015-OEFA/DFSAI/DT – La aplicación de Incentivos en la Fiscalización Ambiental, los incentivos honoríficos son los siguientes: (i) integrar el Ranking de Excelencia Ambiental Anual (REAL), (ii) ser acreedor del reconocimiento anual Qumir Rapi u Hoja Verde y (iii) ser acreedor del sello anual Qumir Kawsay o Vida Verde si se supera determinado puntaje.

22. De acuerdo con el Documento de Trabajo N.º 001-2015-OEFA/DFSAI/DT mencionado anteriormente, se ha previsto el otorgamiento de un certificado de descuento de multas que representa un valor en unidades impositivas tributarias (UIT) que puede ser usado únicamente para pagar multas impuestas por el OEFA. Este certificado tiene carácter transferible entre unidades ambientales y otros administrados, y cuenta con una vigencia de cuatro (4) años.

en la norma o en los instrumentos de gestión ambiental.

Sobre ello, corresponde indicar que es favorable que en el ámbito de la fiscalización ambiental se promueva el reúso de aguas residuales, ya que así se busca que la empresa innove continuamente sus procesos mineros.

No obstante, es importante mencionar que estos mecanismos de incentivos deben ser trabajados, además, por la autoridad con competencias en certificación ambiental, de manera que las empresas del sector minero puedan evaluar la posibilidad de reusar las aguas residuales antes de empezar el proyecto de inversión. Ello resulta importante para evitar incentivos perversos, pues cabría la posibilidad de que las empresas no contemplen mecanismos de producción más limpia (reúso de aguas residuales) en su estudio ambiental y, recién en la ejecución del proyecto, implementen el reúso de aguas residuales para que sea calificado como sobrecumplimiento por parte del OEFA (debido a que el estudio no comprendía el reúso de aguas residuales).

CASOS PRÁCTICOS DE USO DE REÚSO DE AGUA RESIDUAL MINERA

En este capítulo, se presentarán algunos casos de reúso de aguas residuales de la actividad minera establecidos en los instrumentos de gestión ambiental.

Reúso para recirculación y consumo humano

Gold Fields La Cima S. A. A. (Gold Fields) es titular de la unidad minera Cerro Corona ubicada en el distrito y provincia de Hualgayoc, en el departamento de Cajamarca, a aproximadamente 90 km al noroeste de la ciudad de Cajamarca. Para el desarrollo de actividades mineras en dicho lugar, Gold Fields cuenta con el estudio de impacto ambiental del proyecto Cerro Corona (EIA de Cerro Corona), aprobado por el Ministerio de Energía y Minas (MEM) mediante Resolución Directoral N.º 514-2005-MEM/AAM del 2 de diciembre del 2005.

El EIA de Cerro Corona fue modificado mediante Resolución Directoral N.º 021-2010-MEM/AAM del 20 de enero del 2010 con la finalidad de implementar el proyecto de Nueva Planta de Óxidos, que consiste en construir una

planta que recupere los valores metálicos de los minerales oxidados, los cuales provienen de las pilas del proyecto (lugar donde se almacena el mineral extraído).

De acuerdo con la modificación del EIA de Cerro Corona, la planta de óxidos se operaría mediante el uso de un flujo de agua proveniente del depósito de relaves, el cual almacena aguas de lluvia y de proceso²³. Asimismo, las aguas residuales provenientes de la planta de óxidos serían tratadas para luego ser usadas como agua de proceso y agua potable.

En tal sentido, se aprecia que el proyecto de la Nueva Planta de Óxidos previó los siguientes sistemas de reúso de aguas:

- Reúso industrial: la modificación del EIA previó que, como primera etapa, el agua de proceso del depósito de relaves sea reusada (recirculada) en la planta de óxidos; y, como segunda etapa, que el 66 % de agua residual de la planta de óxidos sea reusada como agua de proceso, principalmente en las etapas de molienda, cianuración y espesamiento por solixiviación.
- Reúso doméstico: la modificación del EIA previó que parte del 34 % del agua residual de la planta de óxidos sea tratada y luego reusada como agua potable para los servicios higiénicos, laboratorio y lavaderos de ojos, luego de un tratamiento adicional por ósmosis²⁴.

Respecto al agua a ser reusada para consumo humano (reúso ambiental), la modificación del EIA de Cerro Corona estableció que esta debía cumplir con los estándares de calidad de agua potable, por lo cual se entiende que *deberá cumplir con los valores máximos establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano*, aprobado mediante Decreto Supremo N.º 031-2010-SA.

Reúso para recirculación y riego

La compañía minera Antamina S.A. (Antamina) es titular de la unidad minera Antamina ubicada en el distrito de San Marcos, provincia de Huari, en el departamento de Áncash. Para

23. Conforme a la modificación del EIA, el agua de proceso ya venía siendo recirculada a la planta concentradora de la unidad minera Cerro Corona.

24. Cabe señalar que parte del 34 % del agua tratada sería reusada como agua para la preparación de reactivos y lavado ácido del carbón activado.

el desarrollo de actividades mineras en dicho lugar, Antamina cuenta con el estudio de impacto ambiental del proyecto Incremento de Reservas y Optimización del Plan de Minado de Antamina (EIA de Antamina), aprobado por el MEM mediante Resolución Directoral N.º 091-2008-MEM/AAM del 22 de abril del 2008 y modificado mediante Resolución N.º 054-2011-MEM-AAM.

De acuerdo con el EIA de Antamina, las aguas residuales de las instalaciones de la planta de filtrado de Huarmey serían reusadas para el riego de forestación en un área de 157,96 ha. Asimismo, dicho EIA estableció que la planta concentradora operaría con agua reciclada proveniente del depósito de relaves y con agua proveniente de la presa de agua fresca (Dam D).

En tal sentido, se aprecia que el proyecto Incremento de Reservas y Optimización del Plan de Minado de Antamina previó los siguientes sistemas de reúso de aguas:

- Reúso industrial: el EIA de Antamina previó que el agua de proceso del depósito de relaves sea reusada en la planta concentradora (recirculación). Cabe señalar que el EIA estableció que se maximizaría el reúso del agua de proceso para reducir los requerimientos de agua fresca²⁵.
- Reúso ambiental: las aguas residuales de las instalaciones de la planta de filtrado de Huarmey serían tratadas y reusadas para el riego de forestación en un área de 157,96 ha, conformada por especies arbóreas tales como la *acacia saligna*, el algarrobo, los tamarix, la casuarina y el palo verde, mediante el sistema de riego por microaspersión.

Respecto al agua a ser reusada para riego de forestación (reúso ambiental), corresponde indicar que no está comprendida en las clasificaciones de ECA para agua y calidad de agua para consumo humano. En tal sentido, el agua residual debería ser comparada con los LMP.

25. El EIA de Antamina señala que el 98 % de agua que utiliza la concentradora es agua de relaves reciclada y que solo el 3 % proveniente del Dam D.

CONCLUSIONES

Las conclusiones del presente artículo son las siguientes:

Resulta evidente que la producción más limpia es una práctica enfocada a la conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, al buscar el uso eficiente de los recursos naturales y así reducir los residuos y vertimientos generados. No obstante, se puede inferir que también tiene un matiz de prevención ambiental, pues busca evitar impactos negativos en el ambiente (reducción de residuos y emisiones) o, en su defecto, mitigarlos (tratamiento de los residuos y emisiones). En tal sentido, para lograr una práctica de producción más limpia con resultados ecoeficientes, se buscará la reducción del uso del recurso natural y la protección de la calidad ambiental.

El concepto de producción más limpia se relaciona con la gestión del recurso hídrico de la siguiente manera:

- Conservación o uso sostenible del recurso natural: mejoramiento del proceso minero y de las instalaciones que utilizan el recurso hídrico, lo que implica la sustitución de insumos tóxicos y el uso de tecnologías más limpias y eficientes, que reduzcan el uso y consumo del agua.
- Preservación de la calidad ambiental: tratamiento (nuevos procesos, instalaciones o plantas con dichos fines) de las aguas residuales domésticas o industriales con la finalidad de evitar o mitigar los posibles impactos negativos. Este tratamiento implica que el agua pueda ser devuelta a su ciclo natural o pueda ser reutilizada para un determinado uso.

La implementación de mecanismos de producción más limpia dependerá de la evaluación de la clase de uso del agua y del objeto de su disposición final. En tal sentido, la aplicación de tecnologías de producción más limpia deberán asegurar lo siguiente en un determinado periodo de tiempo: (i) reducción del uso consuntivo del agua, y (ii) reusar el agua residual en el proceso o en fines ambientales.

El reúso de aguas residuales en la actividad minera cumple con todos los requisitos de una práctica productiva más limpia, pues su

implementación favorece el uso sostenible del recurso natural, la reducción del consumo del agua y la preservación de la calidad del agua al ser comparado con un determinado estándar ambiental (ECA para agua, estándar de calidad para consumo humano o LMP).

BIBLIOGRAFÍA

ADUVIRE, Osvaldo (2006). *Drenaje ácido de mina: generación y tratamiento*. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España.

AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL DEL MINISTERIO DE AMBIENTE Y ESPACIO PÚBLICO. (2009) *Producción más limpia: Programa Buenos Aires produce más limpio*. Buenos Aires: Alejandra Scafati.

ALCALDE, Laura (2012). *Evaluación y gestión del riesgo asociado a la reutilización de aguas residuales* (tesis de doctorado). Universitat de Barcelona, Barcelona.

BARREIRA, Ana; Ocampo, Paula y Recio, Eugenia (2007). *Medio ambiente y Derecho internacional: Una guía práctica*. Madrid: IDIMA-Caja Madrid.

CAFFERATTA, Néstor (2004). *Introducción al Derecho Ambiental*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; Instituto Nacional de Ecología y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

FÚQUENE, Carlos (2007). *Producción limpia, contaminación y gestión ambiental*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.

GRAU, Mario y GRAU, María (2010). *Riesgos ambientales en la industria*. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia.

JONES, Hamlyn (2004). «What is water wat efficiency?». En: *Water Use Efficiency in Plant Biology*. Oxford: Blackwell Publishing.

LAMM, Freddie (2003). *Consumptive Water Use*. En: *Encyclopedia of Water Science*. New York: Marcel Dekker. 113–116.

LEAL, José (2005). *Ecoeficiencia: marco de marco de análisis, indicadores y experiencia* (Medio Ambiente y Desarrollo n.º105). Santiago de Chile: CEPAL-Naciones Unidas.

- MAASS, Manuel (2003). «El agua como elemento integrador de los procesos funcionales del ecosistema». En: *Agua, medio ambiente y desarrollo en el siglo XXI*. México: Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente-Instituto Mexicano de Tecnología del Agua . 109-116.
- MANAHAN, Stanley (2007). *Introducción a la química ambiental*. México: Reverté Ediciones.
- MANGA, J.; LOGREIRA, N. y SERRALT, J. (2001). «Reúso de aguas residuales, un recurso hídrico disponible». En: *Ingeniería y Desarrollo* (9) 12-21.
- MINISTERIO DE SANIDAD Y POLÍTICA SOCIAL (2009). *Guía de desalación: aspectos técnicos y sanitarios en la producción de agua de consumo humano*. Madrid: Ministerio de Sanidad y Política Social.
- PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE (1999). *Producción más limpia. Un paquete de recursos de capacitación*. México: Autor.
- PULIDO BOSCH, Antonio (2007). *Nociones de hidrogeología para ambientólogos*. Almería: Universidad de Almería.
- OYARZÚN, Jorge y OYARZÚN, Roberto (2011). *Minera sostenible: principios y prácticas*. España: Ediciones GEMM.
- OYARZÚN, Roberto; Higuera, Pablo y Lillo, Javier (2011). *Minera ambiental: Una introducción a los impactos y su remediación*. España: Ediciones GEMM.
- SÁNCHEZ, Luis Enrique y CANOSSA, Marcelo (2010). *Evaluación del impacto ambiental: conceptos y métodos*. Sao Paulo: Oficina de Textos.
- SILVA, Jorge; TORRES, Patricia y MADERA, Carlos (2008). «Reúso de aguas residuales domésticas en agricultura. Una revisión». En: *Agronomía Colombiana*, 26(2). 347-359.
- VELIZ, Eliet; Llanes, José; Fernández, Lidia y Bataller, Mayra (2009). «Reúso de aguas residuales domésticas para riego agrícola. Valoración crítica». En: *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 40(1). 35-44.
- VERA ESQUIVEL, G. (2011). *Introducción al Derecho internacional del medio ambiente*. Lima: Ara Editores.