

**Club de Suscriptores**  
PERÚ CONSTRUYE

PERÚ



REVISTA  
**PERÚ  
CONSTRUYE**

La revista comercial más importante de la construcción e infraestructura

www.peruconstruye.net

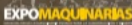


**DIRECTORIO DE 2017**  
PROVEEDORES DE CONSTRUCCIÓN

REVISTA OFICIAL DE:



REVISTA OFICIAL DE:



una solución lixiviada, que origina una reacción con el mineral y recupera la solución. "De esta manera la solución se colecta en tuberías y se lleva hacia una poza, para luego pasar a la planta de procesos, para finalmente convertirla en barras de cobre de oro, cobre, plata, entre los más comunes".

En tanto Rafael Luna, Ingeniero Geotécnico Senior del Grupo de Gestión de Residuos Mineros de Golder Associates, comentó que para la técnica de lixiviación "en general, el mineral extraído de la zona de explotación (p.e. tajo abierto) usualmente pasa por un proceso de chancado a fin de reducir su tamaño y obtener partículas más pequeñas, las cuales son luego aplazadas sobre el Pacd. Posteriormente, se procede a regar el mineral aplazado con solución, la cual percola hasta la base de la pila donde es colectada por el sistema de colección del Pacd, que deriva la solución enriquecida hacia una poza, desde donde luego se bombea y pasa a una planta de procesamiento".

## [ Diseño y construcción ]

José Sucapuca, gerente de proyecto de Cosapi comentó que para el diseño de un pacd de lixiviación se necesita los resultados del estudio de suelo para encontrar la distribución óptima del material a ser depositado y así disponer de amplias superficies de terreno. "Asimismo se debe considerar la altura y el tipo de material a ser aplazado, para determinar la geomembrana a utilizar y el espesor de la misma, así como establecer si es apta para soportar la carga y si resiste las condiciones del suelo en donde será instalado", dijo a la vez que agregó que se debe verificar la estabilidad de los taludes tomando en cuenta las condiciones sísmicas de la zona.

Tamayo, gerente de proyecto de Mota-Engil Perú S.A, indicó que el diseño de una pila de lixiviación debe ir de la mano con el diseño civil y el diseño hidráulico de la estructura del Pacd. "El primero de ellos proporciona la altura de la pila de lixiviación que permite definir el tipo y espesor necesarios de geomembrana. Esto se realiza preliminarmente en función a la volumetría requerida del mineral a lixiviar, mientras que el segundo provee la altura del nivel de solución dentro de la pila de lixiviación. Este nivel debe tener una altura constante, ya que afecta directamente a las propiedades de resistencia de la pila", dijo a la vez que agregó que una vez obtenido ambos resultados se procede con el diseño geotécnico.

Asimismo, señaló que se debe considerar una evaluación geológica-geotécnica antes de realizar una campaña de investigaciones geotécnicas de campo, así como un análisis de riesgo sísmico en la zona, para determinar, entre otras cosas, las aceleraciones de diseño a utilizar en los análisis geotécnicos. "También se tiene que realizar un estudio de canchales con nivel de detalle, ya que el sistema

de revestimiento dependerá de la disponibilidad de los materiales. Cuando se tiene un sistema de revestimiento con baja resistencia al corte, se deben adoptar menores pendientes de la sub-rasante, caso contrario se tendrá que analizar la posibilidad de construir bermas de contención o de estabilidad al pie del aplazamiento".

Cristián Clavería de Ausenco indicó que en lo que respecta al diseño mismo, se considera evitar la contaminación del terreno natural y pérdidas por fugas, así como soportar el peso del mineral a colocar, es decir, evitar roturas o colapsamiento del área. "Asimismo se debe contemplar la construcción de canales perimetrales y accesos provisionales, habilitación de zonas de botaderos y materiales de cover, eliminación del suelo vegetal y materiales inadecuados, así como la preparación de la subrasante, es decir, cortes y relleno".

Agregó que se tiene que construir los sistemas de subdrenaje, colocar la capa de protección de baja permeabilidad, instalar revestimientos impermeables (geomembrana), así como el de sistemas de colección y conducción de soluciones y la capa de protección permeable (cover), sobre el revestimiento impermeable.

Por su parte el representante de Anddes comentó que el diseño de este tipo de instalaciones deben pasar por sus diferentes etapas de ingeniería tales como: un estudio de alternativas, conceptual, de pre factibilidad, factibilidad, básica y de detalle, y luego durante su construcción debe contemplarse la realización del QC (calidad de la construcción) y QA (aseguramiento de calidad). Esto último con la finalidad de verificar que se realicen las mejores prácticas constructivas cumpliendo lo establecido en el diseño.

## [ Especialidades que intervienen ]

Carlos César, de Anddes dijo que para estos trabajos intervienen diferentes especialidades como la geotecnia, que nos permitirá obtener información del terreno y verificar si las condiciones geológicas-geotécnicas son óptimas para soportar la carga de la pila. "Esta etapa es importante porque la plataforma del pacd tiene que ser estable. Para ello se hace un estudio completo de geotecnia, que incluye trabajos de campo (cálculos, perforaciones, geofísica, ensayos de laboratorio), análisis, etc."

Posteriormente, comentó, se hace el modelamiento geométrico a través de diferentes programas. "Vuelve nuevamente a geotecnia



Juan Tamayo, gerente de proyecto de Mota-Engil Perú S.A.



El diseño de una pila de lixiviación debe ir de la mano con el diseño civil e hidráulico de la estructura del Pacd.



Carlos César, gerente central de operaciones de Anddes.

para su verificación de estabilidad. Luego ingresan otras disciplinas como la hidráulica y mecánica-piping, en donde se calculan las tuberías de colección, conducción e impulsión y riego, así como las obras de drenaje superficial. Por otro lado, debido a que el Perú presenta condiciones topográficas agrestes, el diseño de cada Pad es todo un reto. Tenemos una topografía bastante compleja, a diferencia de otros países, donde su geografía no es accidentada”.

Según señala el especialista de Golder Associates, en el proceso intervienen las especialidades de geotécnica, geología, civil, ambiental e hidráulica. “Esta última área permite evaluar el manejo de la solución a irrigar en la parte alta de la pila, así como el sistema de colección en el Pad, incluyendo el dimensionamiento de las tuberías a emplearse, que pueden ser de HDPE de pared gruesa o de pared doble y corrugada” dijo, a la vez que indicó que el dimensionamiento de tuberías está principalmente asociado al flujo de solución enviado al Pad. La dimensión ambiental asegura que el diseño y el proceso de liovilización en pilas sea un proceso que respete los estándares ambientales sobre la calidad de agua y suelos, y que la operación y cierre de las pilas de liovilización no impliquen impactos significativos en el área del proyecto.

## [ Duración ]

Rafael Luna de Golder Associates, indicó que al planificar un proyecto minero, se define el cuerpo mineralizado a extraer y, de acuerdo a éste y a las reservas estimadas, se desarrolla el plan de minado para el proyecto. “Una vez definido el plan de minado, incluyendo la tasa

## Distancia del pad con la mina

Carlos César de Anddes dijo que la distancia entre el tajo y la mina es otro punto que se debe tomar en cuenta para el diseño de la misma. “Lo recomendable según nuestra experiencia es que debe estar a 500 m o 1 km máximo entre los límites del Pad y el tajo, más allá de eso se tiene que hacer una evaluación si les resulta rentable transportar el mineral al Pad”.

Del mismo modo Luis Loayza, director de proyectos de Cosapi precisó que la distancia debe de ser lo más cerca posible entre el tajo y la chancadora para evitar sobre costos de transporte e instalación de equipos.

En tanto el representante de Ausenco, Cristián Clavería comentó que la poza o piscina recolectora de soluciones generalmente están lo más cercano del Pad y en la cota más bajas. Su objetivo es acumular toda las soluciones drenante que fluyen del Pad gravitacionalmente.

de producción/explotación de mineral, se puede conceptualizar las fases de operación del Pad y su duración”.

Mientras que Carlos César de Anddes indicó que se diseña para un tiempo que puede ser variable. “Generalmente va en función a la capacidad de la mina, la ley del mineral, el valor de los metales, los aspectos sociales, y por el lado del cliente, el retorno de su inversión en el menor tiempo. Por ejemplo si tengo 100 millones de toneladas y deseo producir 50 mil toneladas día, el tiempo estimado es de 5,5 años.

## [ Afirmado, nivelación del terreno y construcción ]

El representante de Golder Associates indicó que dependiendo de la topografía natural del área destinada para la implementación del Pad, se propone el alcance de las actividades de movimiento de tierras requeridas para el terreno. “Comúnmente, se inicia con el desbroce y limpieza del área, seguido por el nivelado y preparación del terreno. Luego, se instala el Sistema de Recubrimiento del Pad (compuesto



Para la impermeabilización se utiliza geomembrana de polietileno de baja densidad (LLDF) debido a que es más flexible y se puede acomodar al terreno donde se ubica el Pad.





Cristian Claveria, Director Engineer Solutions de Ausenco.

por un arreglo que puede consistir de material de baja permeabilidad, material drenante y/o geosintéticos) propuesto específicamente para el proyecto con el fin de evitar filtraciones hacia el terreno. El Sistema de Colección de la solución enriquecida (arreglo de tuberías y material drenante) se instala sobre el sistema de recubrimiento instalado”, dijo a la vez que agregó que la altura de la pila sobre el Pad depende de la configuración del sitio, las propiedades geotécnicas/geológicas del terreno, las reservas estimadas de mineral, y los sistemas propuestos de revestimiento y de colección de solución”.

Carlos César, gerente central de operaciones de Andrés, manifestó que el tipo de Pad más común es del tipo relleno en valle (por estar en quebradas), en donde se necesita construir la plataforma con material de relleno, que implica la colocación de capas de relleno masivo



La función principal del Pad es contener el mineral para su procesamiento mediante la lixiviación. Para ello extrae uno o varios solutos de un sólido.

de espesor variable, y en la última plataforma, donde se apoyará el mineral, se coloca el relleno estructural (en base a suelo de baja permeabilidad) en capas de 30 cm. “El proceso constructivo es básico, y en principio en todo Pad, de tipo valle, lo que se hace es conformar una plataforma o dique donde cerramos la quebrada. Previamente se instala el sistema de subdrenaje en la base, la cual puede ser

## DESCUBRE EL VALOR EMPRESARIAL DE SER SOCIO AMCHAM PERÚ



Av. Víctor Andrés Belaúnde 177, San Isidro  
 Telef.: (51 - 1) 705 - 8000  
 amcham@amcham.org.pe  
 www.amcham.org.pe

¡Su socio estratégico de negocios!





Rafael Luna, Ingeniero Geotécnico Sênior del Grupo de Gestión de Residuos Mineros de Golden Associates.

diseñada con una doble función, como contención de filtración de la solución al subsuelo, así como la captación de aguas subterráneas y evacuarlas fuera del pad para que no altere la plataforma de lixiviación”.

Augusto Alza, gerente técnico corporativo del grupo TDM, indicó que la arcilla puede reemplazarse por un revestimiento geosintético (GCL) compuesto por dos geotextiles que confinan un núcleo de arcilla bentonítica, el cual funciona como barrera hidráulica, o sistema secundario de impermeabilización, en condiciones de instalación exigentes. “Este producto puede reemplazar al soil liner (arcilla natural), además resulta más económico debido a que algunas canteras de arcilla están muy lejos de la zona de operación, además son más rápidos de instalar”, dijo a la vez que agregó que puede ser colocados en taludes más empinados.

### [ Impermeabilización ]

En lo que respecta a la impermeabilización, José Sucapuca, gerente de proyecto de Cosapi refirió que este se compone por tres sistemas como lo son los sub drenajes que controla el agua subterránea (control de fugas); la capa de material de baja permeabilidad llamado soil liner; así como un espesor de lámina llamada geomembrana. “Su función es evitar la contaminación del terreno en caso de una posible rotura y evitar la pérdida en el proceso”.

Una vez definido el plan de mina, incluyendo la base de producción/ explotación de mineral, se puede conceptualizar las fases de operación del Pad y su duración.



Juan Tarrazo de Mota-Engil Perú S.A añadió que una vez esté conformado el terreno base, se coloca una capa de material impermeable, suave y altamente compactado, en una altura no mayor a 30 cm. “Luego, según diseño, se instala una lámina de polietileno de alta densidad, resistente a los productos químicos y con resistencia a la tracción, denominada HDPE”.

Clavería de Ausenco dijo que el sistema de impermeabilización está compuesto generalmente por una geomembrana impermeable, que puede ser HDPE, LLDPE y tuberías de drenaje y material de protección de la geomembrana (cover).

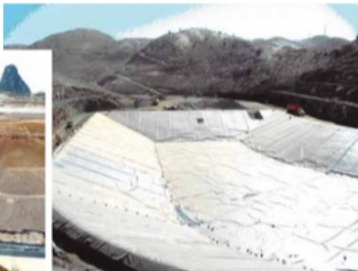
Por su parte Augusto Alza, gerente técnico corporativo del grupo TDM, indicó que los geosintéticos juegan un papel importante dentro de un Pad de lixiviación. “No solo se emplea la geomembrana, sino también –como reemplazo de las arcillas naturales que a veces son escasas– se utiliza el revestimiento geosintético de arcilla (GCL), además se emplea los geocompuestos de drenaje”.

En lo que respecta a la poza de solución Carlos César de Andides, dijo que ésta va contigua, inmediatamente después del punto más bajo del Pad. “Generalmente el diseño consiste en hacer un dique adelante, y cortes a los lados para generar la banqueta de anclaje del sistema de revestimiento. Igual se reviste completamente toda la superficie. El diseño de la poza incluye el sistema conducción de la solución que va desde el Pad hasta la poza”.

Asimismo, dijo que para la impermeabilización se utiliza geomembrana de polietileno de baja densidad (LLDPE) debido a que es más flexible y se puede acomodar al terreno donde se ubica el Pad, mientras que en la poza se utiliza la geomembrana de HDPE (polietileno de alta densidad) por tener mayor resistencia a los rayos UV.

### [ Mantenimiento ]

Juan Tarrazo de Mota-Engil Perú S.A refirió que una vez que el Pad esté operando, es necesario hacer los siguientes controles: “monitoreo ambiental de las aguas de drenaje mediante pozos de inspección, para verificar la calidad del agua y ésta no presente rasgos de diáuro o solución mineralizada. Asimismo se debe hacer una detección de fugas, así como el mantenimiento de las pozas PLS y de las obras de drenaje de escorrentía superficial.





Augusto Alza, gerente técnico corporativo del Grupo TDM.

En tanto Luis Loayza, director de proyectos de Cosapi dijo que se requiere de un monitoreo geotécnico constante para corregir cualquier desviación de los parámetros de la pila.

César de Anddes comentó que durante la construcción se lleva a cabo un monitoreo por ser un requerimiento ambiental como parte de la reglamentación del Ministerio de Energía y Minas (MEM), que solicita un plan de manejo de contingencia. "Allí se indica los requisitos que se debe de cumplir, uno de ellos es el monitoreo de la instrumentación geotécnica, las cuales nos van generando información del comportamiento interno del pad en el tiempo. De acuerdo al manual de operaciones, el usuario o la unidad minera debe revisar esta información con cierta frecuencia y de acuerdo a los resultados se tomarán las medidas correctivas que apliquen".

Por su parte Rafael Luna de Golder Associate indicó que a las pozas se le hace una limpieza, a pesar que todo está revestido con geomembranas. "Y esto se da por dos razones: uno es para proteger lo que lleva encima, a fin de que no se le vaya la solución debido a que ahí está el mineral; y dos para salvaguardar al suelo".

En tanto el representante de Ausenco señaló que generalmente las pilas de soluciones o poza no tienen grandes mantenencias, debido a que están construidas con 2 hasta 4 capas de geomembranas de HDPE y tiene sus sistemas detectores de fugas. "Se debe evitar que



De acuerdo a los estudios se estima que estas mantas pueden durar unos 500 a 700 años bajo tierra.

algún elemento extraño a la operación las dañe. En algunas ocasiones estas pozas son cubiertas".

## [ Proceso de cierre ]

Cristián Clavería de Ausenco comentó que el proceso de cierre de un Pad de lixiviación, considera básicamente los compromisos ambientales que haya contraído la minera, como "la neutralización de las soluciones, vaciado y tapado de poza, cambiar los taludes del Pad, es decir, bajar su ángulo para que sea más estable y en algunos casos tapado del mismo con algún material".

Loayza de Cosapi mencionó que una vez terminado todo el proceso de recuperación de mineral se procede a lavar toda la cancha del Pad para evitar cualquier tipo de contaminación y luego se recubre con vegetación para el cierre de la mina.

Tamayo de Mota-Engil Perú S.A indicó que una vez la pila de mineral haya cumplido su ciclo de lixiviación, ésta se lavará hasta que se elimine todo riego de cianuro. "Luego se conformará taludes en los que puedan circular equipos, para cobocar una capa de arrolla y luego capa de top soil, en donde ya se pueda revegetar la pila y se reincorpore al medio ambiente, como un área verde". □

### Calidad de la geomembrana

Augusto Alza, gerente técnico corporativo del grupo TDM indicó que en la actualidad se vienen haciendo investigaciones profundas acerca de la durabilidad de una geomembrana enterrada. "De acuerdo a los estudios se estima que estas mantas pueden durar unos 500 a 700 años bajo tierra".

Adicionalmente, dijo se puede hacer pruebas geoeléctricas que permiten revisar -al final de la instalación, o cuando están expuestas o enterradas- si hay agujeros, permitiendo así su reparación. "La geomembrana obviamente evita que la solución de lixiviación filtre hacia el suelo. De esta manera se reduce al mínimo el riesgo de falla".

Por seguridad, explicó Alza, las pozas de tratamiento tienen doble capa de geomembranas con una geonet de drenaje al centro, que permite, en caso de una perforación, conducir la solución nuevamente hacia la poza, permitiendo su recuperación.

Las geomembranas deben estar hechas con resinas vírgenes, las mejores del mercado internacional y mundial. "Nosotros trabajamos con insumos de alta calidad, a ellos se suma que tenemos una planta, totalmente automatizada, la cual está prácticamente exenta del error humano; además tenemos un laboratorio que realiza pruebas de control de calidad y hemos desarrollado un sistema de gestión completo al realizar nosotros mismos la instalación del producto".

La calidad de la geomembrana y su instalación son aspectos críticos para el proceso de lixiviación y el cuidado del medio ambiente; por ello se debe demandar un control exigente a los organismos competentes.