

CONCRETO
LANZADO

en la
industria
minera

UN ESPECIALISTA en la materia nos habla del concreto lanzado, en su modalidad de uso en la minería.





Ing. Raúl Bracamontes

www.facebook.com/revistacyt

Cortesía Raúl Bracamontes



E

l éxito del concreto lanzado en la minería mexicana es generalmente bajo; principalmente por la inadecuada atención que se otorga al diseño, a la aplicación, al entrenamiento y al control de calidad en todo el proceso.

Las pruebas en sitio para determinar las propiedades finales del concreto lanzado prácticamente no existen en la minería

mexicana por lo que es también un problema para otros métodos de soporte. Con ello, se sobreestima la seguridad de un sistema formado por concretos de mala calidad, baja resistencia, o espesores inadecuados. En este sentido, no prevemos situaciones de peligro y tomamos medidas de contingencia cuando alguna situación anormal se presenta, pudiendo evitarlas mediante acciones adecuadas. Cabe decir que sin





un entendimiento claro del sistema, un control de calidad y entrenamiento adecuado, estos requerimientos de seguridad no pueden lograrse.

El concreto lanzado es, a decir de la Norma ACI 506 R, "un mortero o concreto lanzado neumáticamente a una gran velocidad contra una superficie". Como se ve en la definición anterior, el concreto lanzado es sólo un sistema de colocación, por lo que los principios fundamentales de la tecnología del concreto convencional se aplican plenamente.

Esto significa que el concreto lanzado no debe de diseñarse al azar; se debe emplear una mezcla para cumplir los requerimientos técnicos a un costo razonable lo que implica considerar los materiales (cemento, agregados, agua, aditivos, fibras, acelerantes), las condiciones de aplicación, el método de aplicación (vía húmeda o vía seca), la logística del concreto dentro de la mina, los requerimientos de seguridad y salubridad, así como un control de calidad adecuado.

Aunque el concreto lanzado se utiliza en diversos trabajos como en la construcción de casas, en la aplicación de recubrimientos, en la reparación y reforzamiento de estructuras, en la construcción de albercas, etcétera, su principal aplicación es en el soporte de rocas y estabilización de taludes.

La tendencia mundial va hacia la implementación del concreto lanzado vía húmeda, que en los últimos 15 a 20 años, ha aumentado en forma exponencial en diversos trabajos subterráneos, en aplicaciones de soporte de rocas alrededor del mundo. Además del cambio a vía húmeda, está también transformándose la aplicación de la manera manual a la robótica; todo por cuestiones de rendimiento y seguridad al poder colocar más metros cúbicos por hora sin exponer al personal a terrenos inestables.

El éxito de la vía húmeda se debe a los avances en la tecnología de los equipos, así como al empleo de una nueva generación de aditivos que permiten obtener mejores

Problemas típicos del lanzador en construcción subterránea

- Escasa visibilidad a la hora del lanzado (mala iluminación).
- Uso inapropiado de equipo de seguridad, señales o ambos.
- Lanzar con un exceso de agua provocando escurrimientos.
- Arrojar con poco aire obteniendo una pobre compactación.
- Lanzar con mucho aire incrementando el rebote.
- Mala colocación y distancia de la boquilla, no colocarla perpendicular a la superficie.

propiedades en el concreto, ajustándolos a los requerimientos de la obra, los cuales con la vía seca no se pueden lograr, obteniendo mejores ambientes de trabajo al disminuir el polvo y un menor costo del metro cúbico colocado, al disponer de más metros cúbicos por hora.

Aunque aparentemente el costo de la vía húmeda es más elevado, inicialmente, que el costo por vía seca, es importante determinar el costo real del concreto ya colocado, debido a que intervienen factores clave como:





- Costo de materias primas (cemento, agregados, aditivos, fibras, etc.).
- Costos del equipo y mantenimiento.
- Costo de acarreo y fletes.
- Costos de operación.
- Costos de mano de obra.
- Eficiencia de aplicación (preparación, rebote, limpieza, etc.)

- Costos relacionados por el tiempo de ejecución de obra, entre otros.

Es importante mencionar que en algunas aplicaciones se han logrado ahorros significativos de hasta un 40%, por el simple hecho de disminución de rebote, ya que en el concreto lanzado vía húmeda se tiene un rebote menor al 10% contra un 30% de la vía seca.

Para que el concreto lanzado sea un soporte efectivo y eficiente, como lo es, se deben de considerar aspectos tales como: espesor de capa, resistencia cantidad y tipo de fibras, tiempo de aplicación, desarrollo de resistencias, por mencionar algunos.

SOBRE EL DISEÑO DE LA MEZCLA

México es un país de tradición minera, misma que se ha desarrollado desde hace muchos años y resulta una parte económica importante, en estos días ante la globalización que ha generado el arribo de compañías transnacionales que en su mayoría, han implementado al concreto lanzado vía húmeda para el soporte del terreno en combinación con anclaje para tener minas más seguras y productivas y disminuir los accidentes.

Un diseño adecuado de mezcla es un factor clave que en muchas ocasiones no se le da la atención necesaria, ya que en ella radican las características propias del concreto tales como trabajabilidad, durabilidad, resistencia, máximo espesor de capa y rebote, que nos afectan directamente en el costo.

El diseño de mezcla no es la combinación de materiales colocados al azar; debe de realizarse con ayuda de un laboratorio que analice la materia prima disponible (agregados, agua, cemento, aditivos) y combine éstos, en cantidades adecuadas para un propósito determinado. Si no tenemos cuidado con nuestro diseño, podemos obtener un concreto que no se desempeñe como deseamos a un costo excesivo, y que una vez colocado, no tenga la resistencia ni la durabilidad que necesita nuestra mina o proyecto.



Existen cuatro aspectos vitales que no deben ser ignorados cuando se trata de concreto lanzado y minería:

- 1) La resistencia se debe de obtener en el concreto colocado sobre la roca y no sólo en el laboratorio.
- 2) Se debe de diseñar considerando el tiempo de trabajabilidad necesario para colocar cierto volumen de concreto.
- 3) La mezcla debe ser bombeable.
- 4) Debe valorarse el costo de la mezcla.

RESISTENCIA

El desarrollo de la resistencia del concreto debe de obtenerse mientras es lanzado. Esto significa que necesitamos una mezcla que sea bombeable, que tenga buena adherencia al sustrato, con un mínimo de rebote y que nos permita construir el espesor de capa deseado con las mínimas pasadas y que gane resistencia rápidamente.

Esto generalmente implica una mezcla cohesiva, con un revenimiento alto (12 cm o mayor) para poder ser bombeado, que al ser colocado pierda todo el revenimiento. Ese comportamiento lo podemos lograr con la adecuada combinación de aditivos, adiciones (por ejemplo: microsílíce, fibras) y acelerantes.

Algunas características de diseños de concreto lanzado vía húmeda aplicados en diversos trabajos alrededor del mundo:

- El consumo de cemento generalmente está en el orden de 400 a 500 kg/m³.
- Un agregado de calidad significa que cumpla con las especificaciones del ACI 506 "Gradation 2".
- El empleo de microsílíce (entre el 5 al 15% del peso del cemento) para mejorar la cohesión, reducir el rebote, y en estado endurecido miniomizar la porosidad de la pasta, obtener altas resistencias mecánicas, menor permeabilidad y mayor durabilidad, mayor resistencia a la corrosión y al ataque químico.
- El empleo de superplastificantes y reductores de agua normales para mantener la menor relación agua/cemento

(0.45 o menores), con lo que se mejora la trabajabilidad de la mezcla y las resistencias.

- El empleo de acelerantes libres de álcalis en la boquilla con lo que nos permiten obtener altas resistencias a tempranas edades, mayores espesores de capa (se pueden obtener espesores de 30 a 50 cm en aplicaciones sobre cabeza en una sola pasada) además de crear un mejor ambiente de trabajo y no tener problemas con la ecología.

- El empleo de fibras de acero (30 a 60 kg/m³) o sintéticas (2 a 12 kg/m³), sustituyendo la malla electrosoldada, ayuda a incrementar el ciclo de producción, permitiendo un mayor avance al disminuir las maniobras de manejo y colocación de malla.

EL TIEMPO

Éste resulta siempre una presión en la minería, y cuando el concreto lanzado está presente nos enfrentamos a dos problemas: el primero es el proveer el suficiente material para alimentar los equipos en el área de aplicación; el segundo es colocar el concreto lanzado como soporte del terreno en el menor tiempo posible, para no retardar el ciclo de producción en la mina.

La obtención de materiales de calidad no es el mayor reto; el mayor consiste en la logística de mover el concreto en el interior de la mina. En algunas minas como en Inco Stobie Mine, en los Estados Unidos de Norteamérica, establecieron un sistema de entrega de concreto muy eficiente. Dicho sistema consiste en una coordinación



EL CONCRETO lanzado es, a decir del la Norma ACI 506 R, "un mortero o concreto lanzado neumáticamente a una gran velocidad contra una superficie".



entre el personal que recibe el concreto en superficie y el del interior de la mina.

Después de haber pasado las pruebas de control de calidad en superficie (temperatura, revenimiento, etc.) 4.5 m³ de concreto se dejan caer por un tubo de 9" de diámetro, previamente lubricado. La caída es de 600 m (1,800 pies) de altura. La descarga es recibida por un camión

revolvedor que lo transporta hasta el sitio donde se encuentra el equipo de concreto lanzado vía húmeda. Con este método les permite manejar concreto de excelente calidad en cantidades casi ilimitadas sin afectar las rampas u ocupar los tiros para mover el concreto.

APLICACIÓN

Al igual que todo método de construcción, el procedimiento de colocación del concreto lanzado se encuentra sometido a ciertos principios, notablemente en lo que respecta el manejo de la boquilla y la composición del concreto.

El objetivo de la colocación de mezclas proyectadas, es obtener un concreto o mortero compacto, resistente y bien adherido, reduciendo al mínimo la pérdida de material debido al rebote en una operación continua y uniforme. Esto depende de numerosos factores, entre ellos se puede mencionar:

- Fuerza de impacto y del ángulo de la boquilla.
- Adecuado diseño de mezcla.
- Alimentación idónea de concreto en el equipo.
- Existencia de servicios adecuados (Energía, agua, aire).
- Presencia de personal calificado.
- Correcta preparación de la superficie antes del lanzado.
- Correcta técnica de aplicación.
- Adecuado control de calidad y acciones correctivas.

ENTRENAMIENTO

El concreto lanzado se ha empleado en muchos trabajos alrededor del mundo y ha quedado demostrado plenamente que la calidad de la aplicación, así como los resultados del trabajo, dependen enormemente de la habilidad del lanzador; de ahí que se recomienda que la cuadrilla tenga experiencia en su aplicación.

El ACI 506.2 "Specifications for Shotcrete" sugiere la realización de pruebas previas para determinar la habilidad del lanzador y verificar que:

Bibliografía

- P.T. Seabrock; D.H. Grandy; Campbell, K.N., "Nozzleman certification for the shoal lake aqueduct rehabilitation", en *Concrete International Magazine*, noviembre de 2000.
- Spearing, Sam; Rispin, Mike, "Quality shotcreting in South Africa and internationally", para el XI Simposium Nacional de Minería, julio 1999.
- Melbye, Tom, "Shotcrete for Rock Support", *MBT International*, 1994.
- ACI 506.2 "Specification for Shotcrete".
- Garsholl Dundee, K.F., "Creating with concrete", 6-10 sep 1999 (Presentation).
- O'Hara, Brian, *Boltless Shotcrete*, Inco Ltd, Sudbury Canada.
- Knight, Brad; O' Donnell Denis; Renaud, Bob; Wallgren, Andy, "Implementation, application and quality control aspects of steel reinforced shotcrete at Inco's Tobie Mine", Inco Ltd, Sudbury, Canada.

- El contratista tiene varios lanzadores competentes.
- Evitar el entrenamiento en la obra y obtener un concreto de calidad deficiente.
- Precalificar el diseño de mezcla para las condiciones propias de la mina.
- Orientar al contratista a los requerimientos de obra, simulando las condiciones.
- Evaluar el método de colocación (vía seca vs vía húmeda).

En el concreto lanzado vía seca el lanzador desempeña un papel más crítico ya que él controla el agua en la boquilla, colocando, mezclando y compactando al concreto al mismo tiempo. Son importantes las prácticas de seguridad en la aplicación del concreto lanzado, tales como el empleo de equipo de seguridad, señales, etcétera.

En países como los Estados Unidos de Norteamérica o Canadá se exigen lanzadores certificados quienes han creado un programa de certificación, haciendo de esté una medida más de control de calidad. Esta certificación muy pronto se estará impartiendo en México para entrenar y acreditar a los lanzadores.

CONTROL DE CALIDAD

El control de calidad es vital y muchas veces no se valora; es un parámetro para garantizar la seguridad y el costo efectivo del soporte. El control de calidad debe ser:

- Representativo.
- Simple.
- Relativamente barato.
- Que sea realizado a tiempo.

Los principales objetivos que deben de revisar son: adherencia, resistencia, espesor de capa, etc. Cabe subrayar que es inaceptable contar con un control de calidad en la mina y no tomar las acciones correctivas necesarias, en su caso.

Los parámetros mínimos que se deben de revisar regularmente son:



- Diseño de mezcla (incluyendo el contenido de agua).
- Servicios (por ejemplo, el volumen y presión de aire).
- Resistencias (por ejemplo, lanzar en artesa y extraer núcleos de concreto).
- Espesor de capa.
- Equipo, mangueras, boquillas, etc.

CONCLUSIONES

El concreto lanzado vía húmeda, ha probado mundialmente sus enormes ventajas como método de soporte en trabajos de construcción subterránea. Técnica, económica y desde el punto de vista de la seguridad, la aplicación del concreto lanzado vía húmeda es la mejor opción para muchas minas mexicanas, pudiendo incrementar dramáticamente su producción, al disminuir el tiempo de colocación del sistema de soporte del terreno. No obstante que este sistema de aplicación no es nuevo, gracias a los avances en las nuevas generaciones de aditivos, éstos nos permiten realizar cosas que antes se consideraban imposibles. **C**



El desarrollo de la resistencia del concreto debe de obtenerse mientras es lanzado.

