

# La Elección Correcta

**Ingmar Holst, Claudius Peters  
Projects GmbH, Alemania,  
analiza la entrega de un silo  
de almacenamiento de cámara  
de expansión de 10 000 t de  
cemento en la planta de cemento  
Mawlamyine en Myanmar.**

## Introducción

Desde la perspectiva del cliente, un silo de almacenamiento de cemento debe diseñarse para contener una cierta cantidad de cemento, idealmente sin impactar el coste operacional de la planta de cemento o sin jugar un papel importante en el coste de la inversión. Un silo de cemento no tiene un rol obvio en el proceso de la planta de cemento, excepto para ofrecer un almacén amortiguador entre el molino de cemento y las instalaciones de despacho. No debe influir en la calidad del producto y, por lo tanto, es difícil valorar la inversión en un silo de cemento, haciendo referencia al cálculo del retorno de la inversión (ROI). Entonces, ¿qué diferencia hace invertir en un tipo de silo de almacenamiento de cemento frente al otro? ¿No debería el objetivo del cliente reducir el coste de inversión inicial en la medida de lo posible, porque no hay retorno de la inversión cuando se trata de un silo de almacenamiento?

## Eligiendo un silo

Pero, ¿es realmente así de fácil? Dado que los silos de almacenamiento de cemento tienen la tarea de amortiguar el volumen, que es igual al tiempo, entre la planta de molienda de cemento y la instalación de despacho, el volumen de almacenamiento es la característica clave del silo que cada planta debe determinar individualmente para sus necesidades. El volumen de almacenamiento define el tiempo de almacenamiento amortiguador que puede ser realizado por el silo teniendo en cuenta las capacidades de molienda y despacho. Si el silo es de tamaño insuficiente, siempre existe el riesgo de que las instalaciones de despacho,

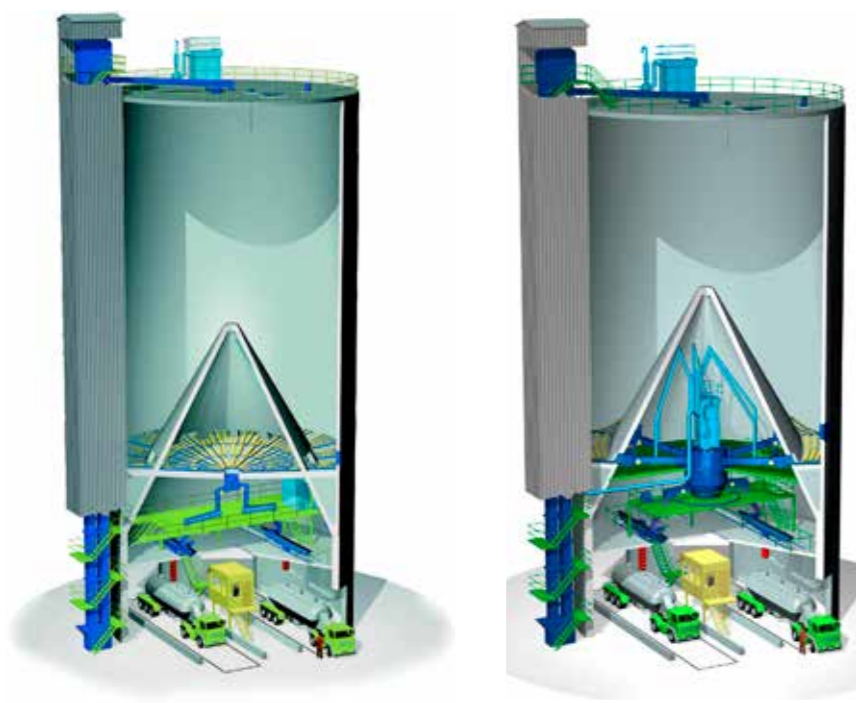


Figure 1. Silo EC (izquierda) y silo ME (derecha)

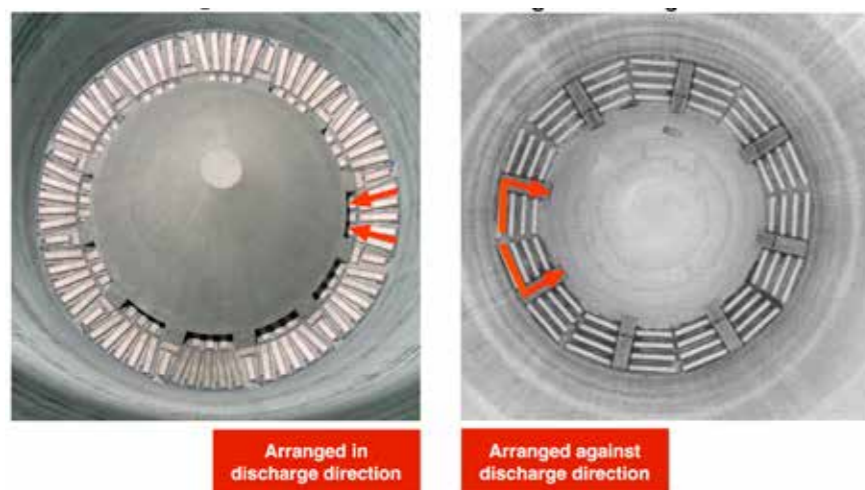


Figure 2. Disposición radial de un silo EC (izquierda). Disposición tangencial de un silo ME (derecha)

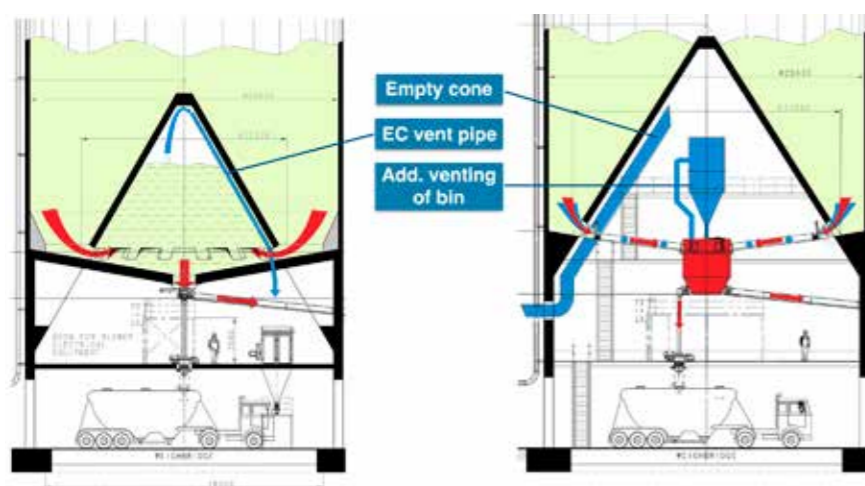


Figure 3. Comparación técnica: comportamientos operacionales del flujo de aire y cemento de un silo EC (izquierda) y silo ME (derecha)

ya sean cargadores de camiones o vagones de ferrocarril, estaciones de carga de Big Bags o plantas de ensacado, no se estén alimentando, o que la unidad de molienda deba detenerse porque las instalaciones de despacho no maneje cantidades suficientes de cemento. Ambos escenarios tienen un impacto negativo en la economía general de la planta, ya que las unidades de molienda son más efectivas si funcionan en su punto óptimo operacional, mientras que las instalaciones de despacho solo son efectivas, si el personal puede llevar el cemento a la red de distribución para entregar el producto al mercado. Sin embargo, el volumen también es un factor económico, ya que un silo sobredimensionado no es económico y el espacio puede ser un factor limitante tanto en altura como en superficie. El requisito de espacio es de particular interés en proyectos de zonas industriales cuando un silo de cemento debe integrarse en una instalación existente.

El volumen no es la única característica de un silo que influye en la disponibilidad general de una línea de cemento. También es la disponibilidad del silo en sí lo que juega un papel importante. ¿Qué determina la disponibilidad de una instalación de almacenamiento? El área más crucial del silo de cemento en términos de su disponibilidad es la descarga de cemento. Aquí las características físicas del cemento tienen un impacto significativo. Los minerales en polvo se pueden dividir en materiales de flujo libre, fluidos, cohesivos, muy cohesivos y no fluidos. Dependiendo de esta propiedad del material, se requerirá un diseño diferente para el silo. El cemento puede considerarse un material cohesivo. Los silos que están dimensionados como un silo de almacenamiento de cemento en una planta de cemento están equipados con un fondo aireado para fluidificar el material, de modo que fluya al punto de descarga. Se pueden encontrar diferentes diseños

de silo de cemento en el mercado, todos haciendo uso de la fluidización del material por aire para una descarga de material confiable. Los silos de extracción múltiple, cámara de inspección y cámara de expansión son solo algunos. Cada uno difiere en sus características operativas, así como en su disponibilidad técnica, debido al diseño. Todos estos deben considerarse exhaustivamente al seleccionar un diseño de silo sobre otro.

### La planta Mawlamyine

En 2014, Siam Cement Group (SCG) comenzó a trabajar en la planta de Mawlamyine Greenfield, en Mon State, Myanmar, dirigida por Mawlamyine Cement Ltd (MCL). MCL es una empresa conjunta entre SCG y Pacific Link Cement Industries. En total, se invirtieron 400 millones de dólares para construir su primera planta de cemento "limpia y verde", que comenzó a funcionar en 2016. En el diseño original de la planta, el sitio debía tener dos silos de almacenamiento de cemento de 10 000 t con estaciones de carga de camión y una conexión a una planta de ensacado. Ambos elevadores de cangilones, que alimentarían a los dos silos con 600 t/h, se ubicarían entre los dos silos y tendrían la opción de alimentar el silo 1 o el 2 en un transporte por aerodeslizadores. Los dos silos que se erigieron habían sido diseñados como silos de extracción múltiple con un diámetro de 18 m. A lo largo del proyecto quedó claro que se requería capacidad de almacenamiento adicional. El diseño de la planta tenía espacio previsto para dos silos de almacenamiento adicionales para futuras ampliaciones. SCG decidió instalar 10 000 t adicionales de capacidad de almacenamiento, con un silo para cumplir con los nuevos requisitos utilizando una de las dos nuevas áreas disponibles para futuras ampliaciones. A primera vista, la solución ideal habría sido utilizar los planos de diseño existentes y la ingeniería civil de los dos silos que se habían erigido para la nueva extensión. Sin embargo, en las primeras etapas quedó claro que los elevadores de cangilones no tenían la altura suficiente para servir al nuevo silo 3 por medio de un transporte por aerodeslizadores sobre la distancia requerida de aproximadamente 45 m. SCG evaluó la opción de instalar un transporte horizontal basado en un principio mecánico, p. un transportador de correa, un transportador de tornillo horizontal, así como sistemas neumáticos, como el FluidCon, para superar la distancia entre los elevadores de cangilones y el nuevo silo. Sin embargo, el diseño estático de los silos existentes no habría podido soportar las cargas estáticas y dinámicas del sistema de transporte mecánico, ni habría sido capaz de soportar las soplantes necesarias para el transporte neumático. Después de una investigación exhaustiva, SCG reconoció que tenía que concentrarse en una solución que redujera el diseño del silo en altura, sin perder capacidad de almacenamiento. Además, era un requisito esencial mantener el nivel de descarga del silo, que se logró para los dos silos existentes,

para poder servir el transporte por aerodeslizadores existentes a la planta de ensacado, así como también los cargadores de camiones debajo del silo. Cada una de las cuatro líneas de envasado puede servir desde los silos 1, 2 y 3, con 120 t/h por línea. Además, cada silo tiene la capacidad de servir dos cargadores de camión con 200 t/h.

### Implementando la solución

El silo de cámara de expansión (EC) de Claudius Peters puede maximizar el uso del cuerpo del silo cuando se trata de almacenamiento, lo que le permite lograr la misma capacidad de almacenamiento en un cilindro inferior con el mismo diámetro. El silo de la cámara de expansión no requiere una tolva colectora, lo que significa que la parte inferior del silo puede ser más baja, sin perder altura para los puntos de descarga. En un silo de extracción múltiple, la tolva colectora es necesaria para la descarga uniforme del cuerpo del silo, mientras se mantiene un flujo de material continuo para el usuario final. Para poder controlar la descarga, múltiples aerodeslizadores se conectan al anillo del silo externo a la tolva colectora ubicada en el medio del cono invertido. Cada aerodeslizador está equipado con un flujo de compuerta de control neumática o motorizada, que incluye una compuerta de cierre manual para fines de mantenimiento. Los paneles de aireación para la fluidización del material en el anillo del silo exterior se instalan tangencialmente, con una inclinación negativa a los puntos de descarga. En los puntos de descarga, el material se redirige a los aerodeslizadores que conducen a la tolva central. Redirigir el material crea mucha presión y aumenta las fuerzas de compactación que afectan al cemento. Por lo tanto, puede ser aconsejable instalar triturador de grumos antes de las compuertas de control de flujo. La descarga uniforme del silo puede controlarse mediante la aireación en sección del anillo exterior y un patrón predefinido de puertas de control de flujo de apertura y cierre en la tolva colectora. El aire requerido para la fluidización del cemento se fuerza a través de las compuertas de control de flujo, lo que conduce a velocidades bastante altas y, por lo tanto, a un mayor desgaste en las unidades de control. La tolva central requiere una cierta altura, de modo que las compuertas de control de flujo en la parte inferior puedan controlar y lograr el rendimiento del material para la planta de ensacado y los cargadores de camiones.

Con el silo EC, todas estas unidades de control no son necesarias. Consigue un flujo de material libre y sin obstrucciones desde el anillo del silo exterior hacia la cámara del silo interior (debajo del cono invertido). Casi el 40% del área alrededor de la base del cono se utiliza como una abertura. Un suministro de aire controlado hace que el material a granel presurizado fluya desde la zona principal del silo hacia el interior del área del cono. Las distancias cortas de flujo minimizan las áreas de material

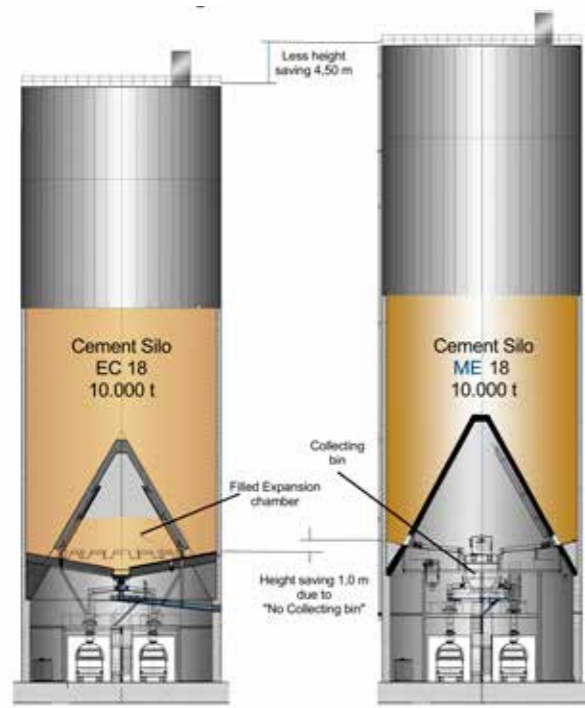


Figure 4. Comparación técnica: construcción y diseño de un silo EC (izquierda) y un silo ME (derecha).

muerto e inmóvil. Para restablecer las condiciones normales de presión, se permite que el exceso de aire escape al área de la cámara superior, donde se desempolva. Esto es importante para garantizar una descarga uniforme, e incluso un flujo de material libre de pulsaciones para su posterior carga o ensacado. Comparado con el material completamente aireado, el material parcialmente desaireado asegura una baja velocidad, lo que resulta en un desgaste altamente reducido en los transportadores. Además, el número de compuertas de control de flujo se limita a la cantidad de líneas de ensacado y cargadores de camiones servidas por el silo desde un punto de descarga central.

En general, el silo de la EC fue capaz de reducir la altura del silo en 4 m en comparación con los silos de extracción múltiple existentes. Esta diferencia de altura permitió al cliente conectar el nuevo silo 3 a los elevadores de cangilones existentes mediante un transporte de aerodeslizadores, con una velocidad de alimentación de 600 t/h, sin necesidad de realizar ningún otro cambio en el sistema existente. La ingeniería civil requerida para el nuevo silo, que debía instalarse en una placa base existente, y para los trabajos de acero requeridos para conectarla a la planta existente, ha sido suministrada por Claudius Peters, lo que permitió una reducción en las interfaces para SCG.

### Conclusión

Volviendo a la pregunta original referente a la inversión de un silo de cemento y los motivadores clave para uno en comparación con otro, es esencial entender un silo como parte de la planta de cemento que garantiza la disponibilidad general de la planta. Poder mantener el volumen necesario es la característica clave de un silo para mantener la disponibilidad general, al lograr un tiempo de amortiguación que permite a la planta de molienda funcionar en su punto óptimo operacional y al ejecutar las instalaciones de ensacado y despacho bajo un uso ideal. El volumen se puede lograr con casi todos los diseños de silo, pero la disponibilidad de un silo en sí mismo y su coste operativo dependen en gran medida de su diseño. El silo EC ofrece la máxima capacidad de almacenamiento a la altura más baja. Con su gran abertura de descarga y distancias cortas, se obtiene menos material muerto sin formación de grumos, lo que significa mayor disponibilidad. El cemento se desairea antes de ser descargado, lo que resulta en velocidades más bajas en el equipo de control de flujo y, por lo tanto, menor desgaste, menores costes operativos y mayor disponibilidad. Logró tasas de recuperación superiores al 99%, lo que permite una mayor disponibilidad y permite la reducción de costes debido a la menor altura de construcción que necesita menos equipos.