

## FACTORES QUE AFECTAN A LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA EN LOS MUROS DE ALBAÑILERÍA

Ing. Pablo Orihuela (porihuela@motiva.com.pe): Gerente General de Motiva S.A.

Ing. Fernando Inga (finga@motiva.com.pe): Ingeniero Civil de Motiva S.A.

Ing. Santiago Pacheco (spacheco@motiva.com.pe): Ingeniero Civil de Motiva S.A.

### Introducción

Después de asegurar la continuidad de los 7 flujos necesarios para que la producción de una obra de construcción no se detenga —tarea previa, materiales, mano de obra, equipos, información, cancha segura y condiciones externas—, y luego de asegurar la uniformidad de los mismos para evitar los cuellos de botella, es importante mejorar la productividad de los procesos constructivos. La productividad puede desglosarse, para cada partida, en productividad de la mano de obra, productividad de los materiales y productividad de los equipos.

La presente investigación se centra en el análisis de los factores que afectan la productividad de la mano de obra en una de las partidas más incidentes del presupuesto de una edificación: la correspondiente a los muros de albañilería.

### Incidencia Económica de la Tabiquería con Muros de Albañilería

Para comprobar la relevancia económica de la tabiquería de muros de albañilería en obras de edificación se analizaron 10 presupuestos de obra. Los proyectos analizados tienen características similares, como el uso de estructura aporticada, de concreto armado, la presencia de sótanos y el uso de muros de albañilería para la división de ambientes.

Con los 10 presupuestos se realizaron diagramas de pareto a un mismo nivel de desglose de estructura de trabajo y se observó que la partida tabiquería siempre está dentro de las partidas más significativas en todos estos presupuestos. La tabla 1 muestra el *ranking* promedio de las 10 partidas económicamente más incidentes, donde aparece la tabiquería con muros de albañilería.

Tabla 1. Partidas Más Incidentes en los Presupuestos de Edificaciones

Partidas Incidentes en los Presupuestos Analizados	
1.	Habilitación de acero en placas
2.	Habilitación de acero en columnas
3.	Vaciado de concreto en placas
4.	Encofrado y desencofrado de placas
5.	Encofrado y desencofrado de columnas
6.	Asentado de muros de tabiquería
7.	Tarrajeo de interiores
8.	Tarrajeo de exteriores
9.	Encofrado y desencofrado de vigas
10.	Vaciado de concreto en vigas

Por otro lado, de la información de los análisis de costos unitarios —tanto de presupuestos como de costos reales— se estima que el componente mano de obra, dentro de la partida de muros de albañilería, representa alrededor del 50% del costo.

Así, cualquier mejora de productividad en la mano de obra, en la partida de muros de albañilería, será significativa para la mejora del costo de construcción de estas obras de edificación, especialmente las de vivienda.

### **Alternativas de Mercado para la Tabiquería con Muros de Albañilería**

Existen muchos sistemas estructurales para las edificaciones. En nuestro país, los contemplados por la norma sísmica son: pórticos de acero, estructuras de concreto armado (pórticos de placas, duales o de muros de ductilidad limitada), albañilería armada, albañilería confinada y estructuras de madera (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016).

Por otro lado, las unidades de albañilería más usadas en el mercado proveedor de nuestro país son el ladrillo king kong de arcilla y el bloque tubular de arcilla, para la albañilería confinada —la cual requiere de tarrajeo posterior—; y los bloques alveolares de concreto y de sílice-cal para la albañilería armada, las cuales requieren solo de un solaqueo posterior, antes de la pintura.

### **Productividad de la Mano de Obra en los Muros de Albañilería**

Es conocido que los muros de albañilería presentan diversos factores que afectan a la productividad del proceso. Tanto los presupuestos comerciales, como la norma técnica Metrados para Obras de Edificación y Habilitaciones Urbanas, consideran diferenciar el costo de los muros por el tipo de amarre: de sogá, de cabeza o de canto (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2010). Adicionalmente, los rendimientos mínimos de mano de obra oficiales indican que el rendimiento que una cuadrilla debe tener en el asentado de muros depende de la longitud del mismo. Este documento diferencia los muros en longitudes menores a 2 metros, de entre 2 y 4 metros y mayores a 4 metros (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 1968).

Pero, además, existen otras características inherentes al muro que afectan la productividad del asentado:

1. El tipo de unidad de albañilería, que afecta por su peso y dimensión, como ya se mencionó, depende de la oferta de mercado.
2. La altura del paño, que influye por la mayor o menor comodidad en la posición adoptada por el operario y por la necesidad del uso de andamios, que pueden tener altura completa o media, en caso de alfeizares o parapetos.
3. La distribución en planta, que atañe a la complejidad de su colocación. Las distribuciones más frecuentes son formas rectas, en "L" y en "T".
4. El tipo de amarre, que afecta a la cantidad de unidades a colocar por metro cuadrado. Los tipos más usados son de sogá, de cabeza y de canto.
5. La presencia de vanos, que repercute en la continuidad de la colocación. Los paños pueden ser completos o con vanos intermedios.
6. Las interrupciones, que afectan también a la continuidad de la colocación. Los paños pueden ser libres o contener tuberías eléctricas o sanitarias. También pueden contener columnetas intermedias aun cuando los paños se hagan en forma corrida.
7. La ubicación, que influye en las medidas de seguridad. Pueden incluir muros interiores o perimétricos, los cuales requieren de un trabajo con líneas de vida.

Adicionalmente a las variables físicas del muro, hay otra muy importante que es el factor humano, en la cual interviene la destreza, la motivación y la capacitación de cada operario. Así también, otro factor

importante que influye en la productividad son las herramientas y equipos utilizados durante la operación.

### Mediciones Efectuadas

El presente artículo presenta parte de una tesis de investigación (Inga, 2014), en la cual se tomó información de 450 paños en 4 edificios aporticados, uno con cada tipo de unidad de albañilería. Sin embargo, por su fin didáctico y por su corta extensión, aquí solo se presentan las mediciones realizadas en un edificio aporticado con tabiquería de bloques tubulares de arcilla, donde se efectuaron 295 mediciones.

Con el propósito de hacer comparaciones válidas, estas mediciones solo consideran el tiempo efectivo desde el inicio de la construcción del muro hasta su término, no los tiempos contributivos y no contributivos durante el traslado de personal y material de un paño a otro.

La figura 1 muestra la variación en la velocidad de asentado con distintos operarios, todos sobre paños de altura completa, con forma recta, amarre de sogas, sin vanos, sin interrupciones y en ubicaciones interiores.

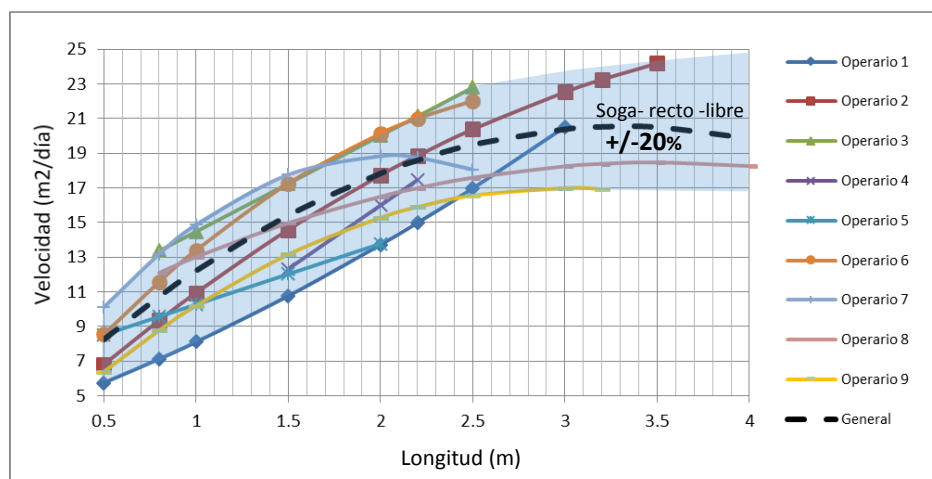


Figura 1. Longitud de Muro vs. Velocidad de Asentado para Distintos Operarios.

Como se ve, el factor humano puede llegar a generar una variación máxima de +/- 20% respecto al promedio. El operario 6, que obtuvo en este caso el mejor rendimiento, es un trabajador que tiene muchos años en la empresa, posee una actitud muy proactiva y muestra gran compromiso con su trabajo. Además, tiene un mayor radio de alcance en los brazos. Por el contrario, el operario 1 era un trabajador nuevo y sin mucha experiencia en la partida de albañilería. Se hace evidente lo importante que es una adecuada selección y capacitación del personal que, a este nivel en el rubro construcción, prácticamente no existe.

Tomando como base el promedio de velocidades de la figura anterior, se realizaron las mismas mediciones para paños con interrupciones de tuberías, para amarre de cabeza, para paños de parapetos y con el uso de una herramienta que mejora la velocidad y calidad del asentado (escaniplo). La figura 2 muestra estos resultados.

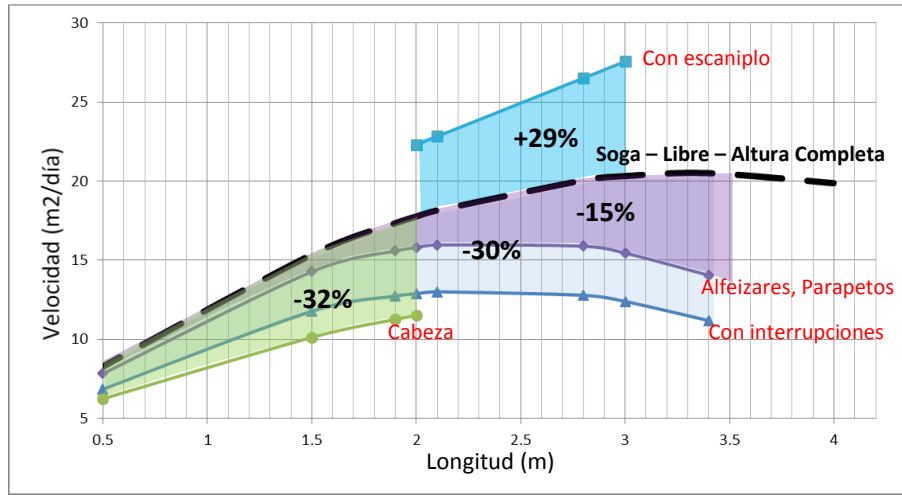


Figura 2. Longitud de Muro vs. Velocidad de Asentado para Distintos Factores

Se puede apreciar que para los paños de menor altura (parapetos) la velocidad de asentado disminuye en un 15% y, en el caso de paños con interferencia de tuberías, la velocidad de asentado disminuye en un promedio de 30%. Asimismo, al asentar muros de cabeza, la velocidad con que se asentaban los ladrillos se vio disminuida en 32%. Finalmente, el uso de una herramienta especializada para la colocación de ladrillos, como lo es el escaniplo, incrementó la velocidad de asentado en 29%.

El efecto de la variación de la longitud de paño se observa en todas las curvas presentadas tanto en la figura 1 como en la figura 2. En general, resalta el fuerte incremento en la velocidad de asentado en paños conforme aumenta la longitud del mismo, siguiendo la tendencia que indican los rendimientos mínimos oficiales. Sin embargo, contrario a lo que estos presentan, las curvas muestran que esta velocidad de asentado tiene un tope, después del cual comienza a disminuir —a pesar de incrementar la longitud del muro— lo cual se explica por la distancia horizontal que debe recorrer el operario para proceder con la colocación.

Por otro lado, se analizó la variación de la velocidad de asentado del paño con su altura. Para una comparación válida se ha considerado solo los tiempos productivos de cada hilada. La figura 3 presenta el promedio de estas mediciones en 4 paños:

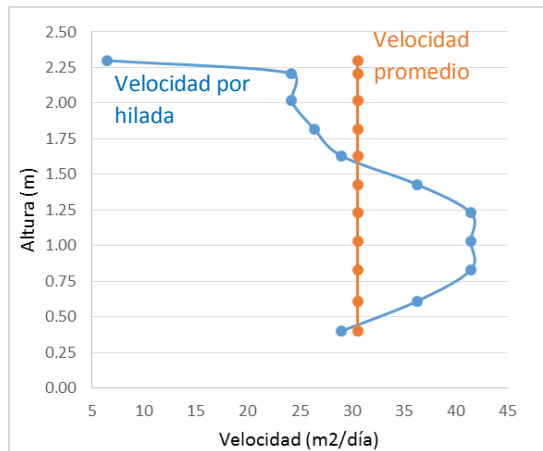


Figura 3. Efecto de la Altura en la Productividad

Los resultados muestran que la velocidad de asentado varía hasta en +/- 30% respecto al promedio. Destaca que las mayores velocidades se alcanzan entre 0.80m y 1.20m del suelo, dentro del rango en

el que el operario puede trabajar cómodamente. Por el contrario, las menores velocidades se obtienen tanto a ras del suelo como en las últimas hiladas, debido a la incomodidad del operario, especialmente en la última hilada donde la colocación del mortero de asentado se vuelve muy dificultosa.

## **Conclusiones**

El costo de la partida de tabiquería con muros de albañilería está entre los más significativos dentro del presupuesto de una obra de edificación de viviendas. El costo de la mano de obra representa alrededor del 50% de la inversión y existen varios factores inherentes al proyecto que afectan la productividad de esta hasta en un 30%, tal como se ha demostrado en este artículo.

Por estas razones, para mejorar la eficiencia de los presupuestos —luego de una revisión de las condiciones de los muros que predominan en un determinado proyecto a presupuestar—, esta partida se debería separar en varias de acuerdo a los principales factores de productividad expuestos.

Existen partidas con menos incidencia económica que son presupuestadas de esta forma, como por ejemplo la excavación manual, en la cual se asignan costos unitarios diferentes dependiendo de sus profundidades o del tipo de suelo a excavar. Con esta información, se busca que los presupuestos de la tabiquería con muros de albañilería puedan tener este desglose, para ser más precisos.

Por otro lado, también se ha hecho patente que el factor humano puede generar una variación hasta del 20% en la velocidad de asentado, por lo que la implementación de prácticas de selección y capacitación del personal en las obras de construcción debería resultar muy beneficiosa.

## **Referencias**

- Inga, F. (2014). Estudio de las Alternativas de Muros de Tabiquería disponibles en el mercado de la ciudad de Lima. Tesis PUCP. Asesorada por Pablo Orihuela.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (1968). RM N° 175 - Manual de Rendimientos Mínimos y Promedios de Mano de Obra en Lima y Callao.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2010). Norma Técnica - Metrados para obras de edificación y habilitaciones urbanas.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2016). Norma Técnica E.060 - Diseño Sismorresistente.