



# Reporte Técnico

## ESTUDIO SOBRE LA COLOCACIÓN DEL ACERO DIMENSIONADO

### PARTE 1: FACTORES DE PRODUCTIVIDAD PARA LA INSTALACIÓN DEL ACERO

**Pablo Orihuela, Gerente General, MOTIVA S.A.**  
**Jenny Hokama, Ing. Asistente, MOTIVA S.A.**  
**Marino Peña, Ing. Asistente, MOTIVA S.A.**

**OCTUBRE 2005**

# FACTORES DE PRODUCTIVIDAD PARA LA COLOCACIÓN DEL ACERO

## 1. INTRODUCCION

El objetivo de esta primera parte del “Estudio sobre la Instalación del Acero Dimensionado” encargado por la Corporación Aceros Arequipa a la empresa MOTIVA S.A., es analizar cuáles deberían ser las medidas a tomar, para la que la colocación del Acero Dimensionado tenga el menor costo posible.

Para esto hemos considerado que la fijación del precio del kilo colocado de Acero Dimensionado depende de 4 grandes factores:

- La distribución de los diámetros
- La modalidad de la mano de obra
- La productividad del proceso
- La Capacitación

A continuación explicaremos los dos primeros factores, para luego efectuar propuestas en cada una de ellas.

## 2. LA DISTRIBUCION DE LOS DIAMETROS

Los análisis de costos unitarios para los presupuestos del trabajo en acero, consideran unos rendimientos por kilo de acero instalado, sin tener en cuenta algunos factores que inciden significativamente en los rendimientos. Lo mismo sucede con el precio por kilo instalado que cobran los sub-contratistas de acero, quienes manejan una tarifa personal. En el estudio anterior se presentó una tabla con precios de diferentes sub-contratistas de fierro, quienes manejan tarifas promedio independientemente de las características propias de cada obra.

La distribución de los diámetros de una determinada obra, es un factor externo a la producción que incide mucho en los rendimientos de la mano de obra. Abajo se muestra los resultados de 3 obras en las cuales se ha trabajado y controlado la colocación del Acero dimensionado con nuestro Sistema de Control de obras.

En la primera obra se usaron 50 toneladas con Acedim y 3 toneladas de acero tradicional, siendo su estructura de 5 pisos de Albañilería confinada, con platea de cimentación y losas macizas, la tabla muestra los pesos del acero, la cantidad de horas hombre, los rendimientos y las velocidades para cada uno de los elementos colocados; así podemos ver que el rendimiento global de colocación de Acedim en

toda la obra fue de 66 hh/ton, lo cual para una cuadrilla estándar de un operario y un oficial equivale a una velocidad de 258 kg/día.

La segunda obra se trata de una estructura aporticada de 7 pisos con zapatas aisladas, losas macizas y un piso blando en el primer nivel, en la cual se usaron 110 toneladas de acero dimensionado y 5 toneladas de acero tradicional, el rendimiento global fue de 52 hh/ton o una velocidad de 328 kg/día.

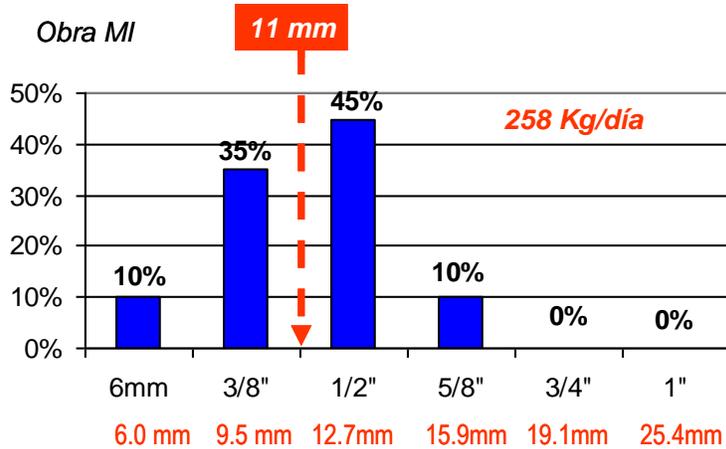
La tercera obra se trata también de una estructura aporticada de 7 pisos pero con un sótano que implica muros de contención y losas macizas que soportan 2 niveles de cocheras, en este proyecto se usaron 220 toneladas de acero dimensionado y 12 toneladas de acero tradicional. A la fecha de este estudio se tenían colocadas 150 toneladas de acero dimensionado, el rendimiento global obtenido a esta fecha viene siendo de 34 hh/ton o 506 kg/día.

Un primer criterio que se viene manejando, es fijar el precio del kilo de acero colocado en función al rango del peso de fierro en la obra, por ejemplo, una determinada tarifa para obras menores a 50 toneladas, otra menor para el rango entre 50 y 200 toneladas y otra aún menor para pesos mayores a 200 toneladas; sin embargo podemos tener por ejemplo una obra de 500 toneladas, compuesta por viviendas unifamiliares en las que normalmente predominan varillas de poco diámetro, lo cual nos conduciría a un grave error.

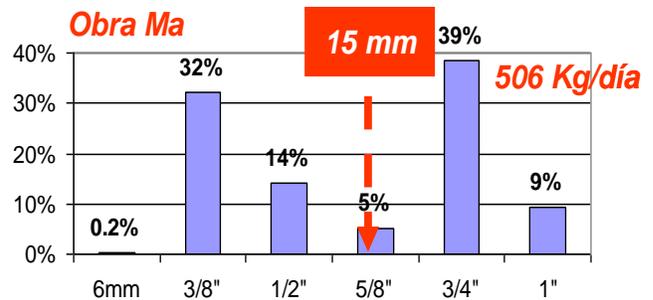
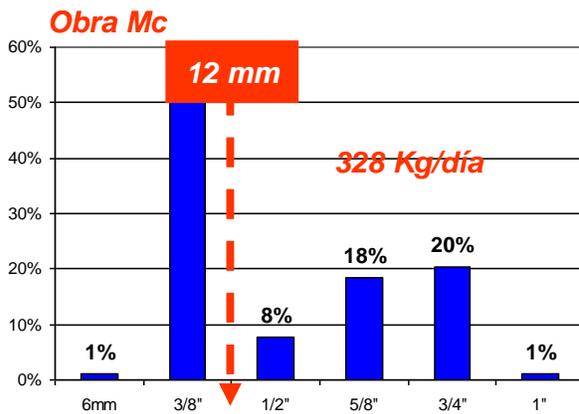
Por este motivo proponemos la correlación no del peso del acero, sino de la distribución de sus diámetros con rendimientos esperados, a los cuales fácilmente le podemos asociar también sus respectivos costos y precios. En el estudio se pudo ver que la velocidad de colocación de la primera obra es menor y sus diámetros fluctúan entre 3/8" y 1/2"; en la segunda obra si bien existe predominancia de varillas de 3/8" también existen varillas de 5/8" y 3/4", mientras que en la tercera obra, que tiene una velocidad mayor el componente predominante es de varillas de 3/4".

Para disponer de una mejor definición de la distribución de los diámetros proponemos el uso de un solo diámetro representativo por obra, el cual lo podemos calcular efectuando un promedio ponderado de estos, mediante la conversión de las unidades de pulgadas a milímetros.

Los siguientes gráficos nos ilustran el cálculo del diámetro promedio ponderado (Dp), este cálculo se ha efectuado para las 3 obras obteniéndose diámetros ponderados de 11, 12 y 15 mm. respectivamente:



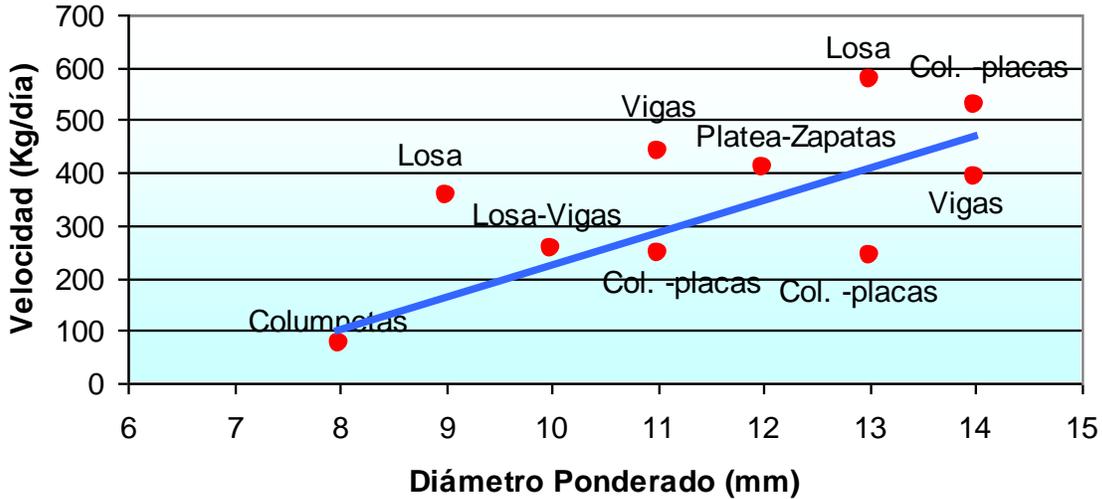
$$\text{Diámetro Ponderado} = \frac{6.0 \times 10 + 9.5 \times 35 + 12.7 \times 45 + 15.9 \times 10}{100} = 11$$



La figura 2 muestra este cálculo para cada uno de los diferentes elementos estructurales, llámese columnas, placas, vigas, losas, columnetas, etc.

Al correlacionar estos diámetros ponderados de los distintos elementos con sus respectivas velocidades de colocación, obtenemos una tendencia algo dispersa, tal como se puede observar.

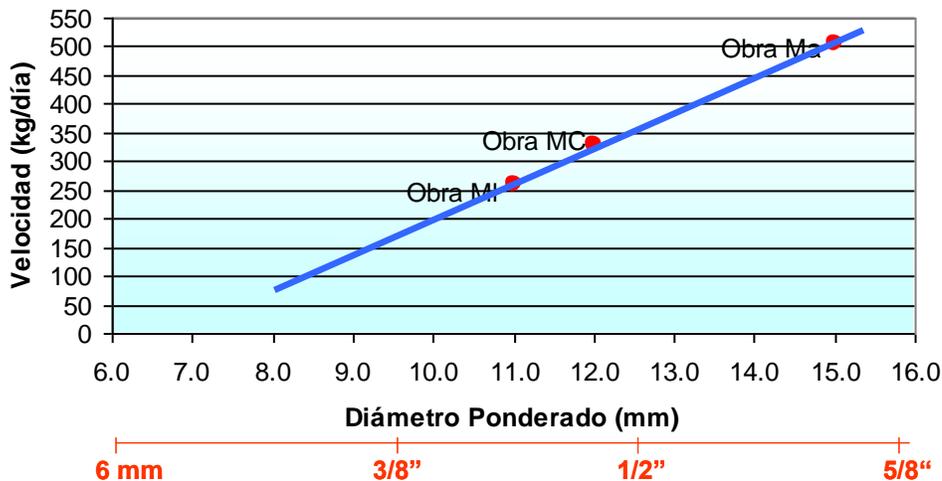
## INFLUENCIA DEL DIAMETRO EN EL RENDIMIENTO



Sin embargo, cuando efectuamos esta correlación por obra la tendencia es totalmente clara y orientadora, esto tiene lógica ya que dentro de una obra debe también existir cierta compensación entre sus elementos, por ejemplo, si una obra tiene un mayor espesor de losa y por ende una mayor cuantía de acero, probablemente requiera de una menor cuantía en sus vigas.

A continuación se presenta esta correlación y se propone su uso para una primera estimación de rendimientos por efecto de la distribución de sus diámetros.

## VELOCIDAD VS. DIAMETRO PONDERADO



### 3. MODALIDAD DE LA MANO DE OBRA

Una de las modalidades más usadas para el trabajo de acero es la sub-contratación de la mano de obra a través de los maestros fierros, quienes disponen de un grupo de obreros los cuales se responsabilizan de la habilitación y colocación. Estos sub-contratos se manejan por un precio de acero instalado que es valorizado cada cierto tiempo por el maestro, quien por lo general paga a sus obreros fuera de planilla, mientras que el constructor se asegura de contar con la respectiva factura.

Hemos efectuado una recopilación de información respecto a los costos de mano de obra de algunos sub-contratistas, en donde hemos podido apreciar que el pago promedio semanal que pactan dichos sub-contratistas con sus trabajadores son los siguientes:

<b>CATEGORIA</b>	<b>SEMANAL</b>	<b>COSTO HH</b>
Operarios	S/.270	5.62
Oficiales	S/.255	5.30
Peones	S/.250	5.00

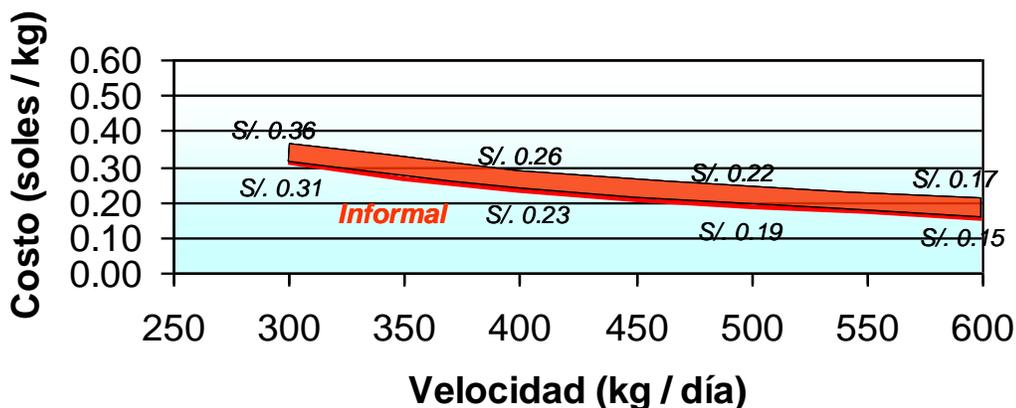
Con estos pagos no oficiales e informales y considerando una cuadrilla típica de un operario y un oficial, tenemos que la de mano de obra de una cuadrilla que en promedio coloca 300 kilos/día de 8.5 horas le cuesta S/. 92.82 diarios, con lo cual su costo unitario de colocación será de S/. 0.31 por kilo.

Este costo dependerá obviamente de la velocidad de colocación de la cuadrilla; si ha este costo, le añadimos por ejemplo, un 15% de utilidad, podríamos decir que el precio que el contratista debería cobrar por la colocación del acero dimensionado podría ser de S/. 0.36 por kilo.

El siguiente gráfico nos muestra la disminución tanto del costo como del precio con el aumento de la velocidad promedio que logren las cuadrillas, pudiendo ver que estos precios podrían fluctuar desde S/. 0.36 por kilo para velocidades de 300 kilos por día hasta S/. 0.17 por kilo si se llegaran a velocidades de 600 kilos por día.

COSTO HH (S/.)			COSTO CUAD.	VELOCIDAD	COSTO COLOC.	PRECIO COLOC.
OP	OF	PE	(Soles/día)	(K/Día)	(Soles/kg)	15% (Soles/kg)
5.62	5.30	5.00	92.82	300	0.31	0.36

### Costo de colocación de ACEDIM



Si el contratista quisiera pasar a la formalidad, tendría en primer lugar que incorporar a su personal dentro de una planilla oficial, lo cual implica pagar los jornales vigentes, las bonificaciones, las leyes sociales y las respectivas aportaciones por salud y por pensiones, con lo cual los nuevos costos por hora serían los siguientes:

CATEGORIA	JORNAL SEMANAL	VACAC.+ GRATIF. +BENEF. SOCIALES	APORTES EMPLEADOR	COSTO HH
Operarios	329.44	99.48	43.26	9.81
Oficiales	296.29	89.16	38.35	8.80
Peones	268.74	79.46	34.18	7.94

Con estas nuevas condiciones el costo diario de la misma cuadrilla que coloca los mismos 300 kilos/día será de S/.158.19, con lo cual el costo unitario de colocación subirá a S/. 0.54 por kilo. Considerando igualmente una utilidad del 15% y teniendo además que considerar que por entrar a formalidad deberá por lo menos pagar el 2% de impuesto a la renta a cuenta, el nuevo precio de colocación será de S/. 0.62.

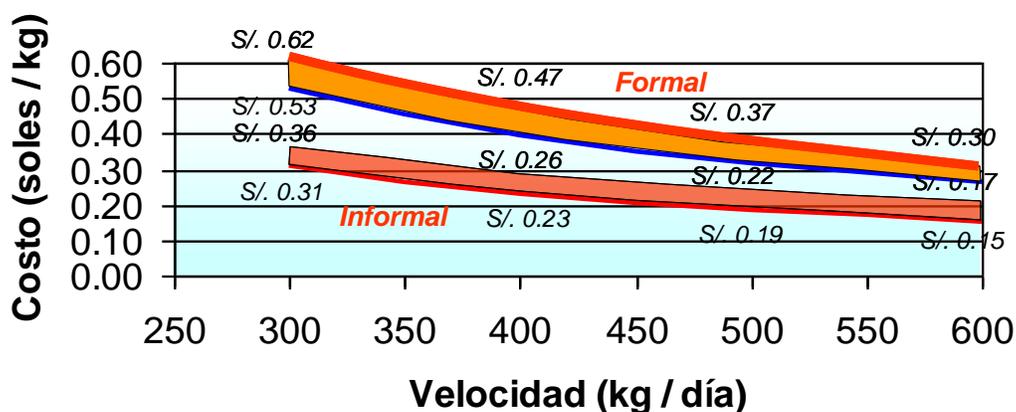
Igualmente, el siguiente gráfico nos muestra la variación del precio con el aumento de la velocidad promedio que logren las cuadrillas, pudiendo ver ahora que estos precios de colocación del acero dimensionado se incrementan significativamente

al pasar de una modalidad de operación informal a una formal pudiendo fluctuar desde S/. 0.62 por kilo para velocidades de 300 kilos por día, hasta S/. 0.30 por kilo si se llegaran a velocidades de 600 kilos por día.

COSTO HH (S/.)			COSTO CUAD. (Soles/día)	VELOCIDAD (K/Día)	COSTO COLOC. (Soles/kg)	PRECIO COLOC. (Soles/kg)
OP	OF	PE				
5.62	5.30	5.00	92.82	300	0.31	0.36
9.81	8.80	7.94	158.19	300	0.53	0.62

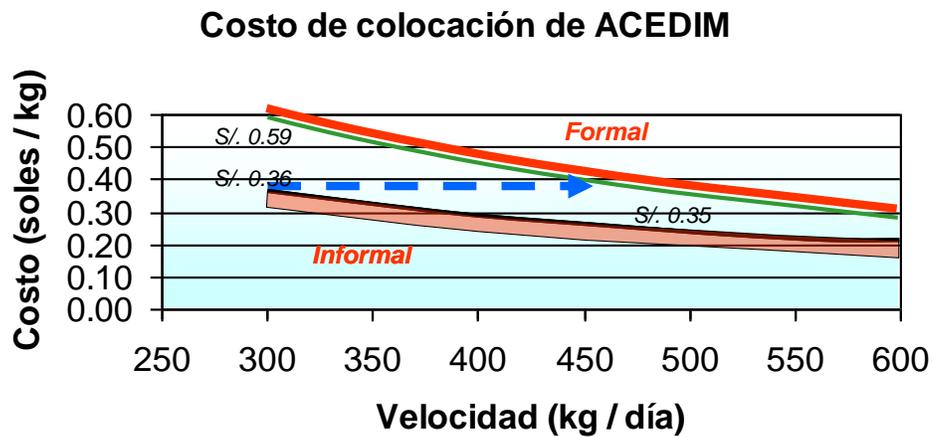
15% + 2%

### Costo de colocación de ACEDIM



La colocación del acero dimensionado podría trabajarse con una cuadrilla más sencilla que una cuadrilla de fierro convencional ya que no existen las operaciones de corte ni de doblado, pudiendo por esto usar una cuadrilla basada en operarios y peones, esto nos podría optimizar el costo diario de la cuadrilla a S/.150.88 diarios con lo cual el costo unitario de colocación bajaría a S/. 0.50 por kilo y el precio de colocación a S/. 0.59 por kilo. El siguiente grafico nos visualiza esta alternativa.

COSTO HH (S/.)			COSTO CUAD. (Soles/día)	VELOCIDAD (K/Día)	COSTO COLOC. (Soles/kg)	PRECIO COLOC. (Soles/kg)
OP	OF	PE				
5.62	5.30	5.00	92.82	300	0.31	0.36
9.81	8.80	7.94	158.19	300	0.53	0.62
9.81	8.80	7.94	150.88	300	0.50	0.59



Podemos concluir entonces que el hecho de pasar la sub-contratación a la formalidad, implica un aumento del precio de colocación de S/. 0.36 por kilo a S/. 0.59 por kilo (para una velocidad de 300 kilos por día). Así pues, para poder compensar este incremento de precio, lo único que nos quedaría es mejorar nuestra productividad en un orden del 50%.